

Étude de faisabilité NFL long terme
études d'exploitation, de faisabilité technique
et d'insertion territoriale

Réseau Ferré de France
DR Rhône Alpes Auvergne

Rapport final
Section Saint-Clair - Guillotière /
scénario B : étude hydrogéologique

Identification

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	G0855P01	RT02	C	78

	Établi par	Vérfié par	Approuvé par
Nom	Sébastien Floriat	Lionel Demongodin	Lionel Demongodin
Fonction	Chef de Projet	Responsable de service	Responsable de service
Date	04/07/2014	05/07/2014	05/07/2014



Objet du document

La présente note concerne l'étude hydrogéologique associée à l'analyse de faisabilité technique du scénario B (souterrain) de la section Saint-Clair - Guillotière

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Sébastien Floriat	04/07/2014	Emission initiale
B	Sébastien Floriat	09/09/2014	Prise en compte des demandes de modification de RFF en date du 22 août 2014
C	Sébastien Floriat	16/01/2015	Version finale



Sommaire

1	Introduction.....	7
2	Contexte général.....	8
2.1	Localisation du projet.....	8
2.2	Géologie et hydrogéologie.....	9
3	Méthode et outil.....	12
3.1	Principe de la démarche.....	12
3.1.1	Collecte et analyse des données.....	12
3.1.2	Conception et construction du modèle.....	13
3.1.3	Calage du modèle : définition de l'état initial.....	13
3.1.4	Exploitation du modèle : simulation de l'état final.....	13
3.2	Outil de modélisation.....	13
4	Périmètre et limites de la modélisation.....	15
5	Conception et construction du modèle.....	16
5.1	Extension du domaine.....	16
5.2	Structure et maillage.....	17
5.3	Paramètres hydrodynamiques.....	20
6	Collecte et synthèse des données d'entrée.....	21
6.1	Infrastructures souterraines.....	21
6.1.1	Métro (tunnels et stations).....	21
6.1.2	Trémies (tunnels et stations).....	22
6.1.3	Parkings souterrains.....	22
6.1.4	Sous-sol.....	23
6.1.5	Aménagements du Port Édouard Herriot.....	23
6.1.6	Drain CNR.....	24
6.1.7	Synthèse.....	25
6.2	Piézométrie.....	27
6.2.1	Piézomètres Grand Lyon.....	28
6.2.1	Piézomètres CNR.....	30
6.2.1	Esquisse piézométrique d'ensemble.....	32
6.3	Prélèvements et rejets à la nappe.....	36
6.4	Conditions aux limites.....	40
6.4.1	Typologie.....	40
6.4.2	Niveaux de référence des cours d'eau.....	40
6.4.3	Conditions internes.....	42
6.5	Recharge.....	43



6.6	Géothermie	44
7	Calage du modèle : état initial.....	46
7.1	Piézométrie de référence.....	46
7.2	Intégration des objets	46
7.3	Résultats.....	46
8	Simulation : état projet	52
8.1	Description des variantes.....	52
8.2	Hypothèse et principe d'intégration des objets.....	56
8.3	Impact sur la piézométrie initiale (actuelle) de la nappe.....	57
8.3.1	Variante Rouge monotube	58
8.3.1	Variante Jaune bitube.....	63
8.3.2	Variante Bleu monotube	66
8.4	Préconisations et dispositions constructives pour le projet	68
9	Conclusion et perspectives.....	69
10	Sources et documents de références.....	71



Liste des figures

Figure 1 – Situation générale du projet NFL _____	8
Figure 2 – Coupe géologique Est-Ouest à travers la plaine alluviale (source : BRGM) _____	10
Figure 3 – Extension du modèle NFL _____	18
Figure 4 – Limites et maillage du modèle (couche 5) _____	19
Figure 5 – Localisation des infrastructures souterraines intégrées au modèle _____	26
Figure 6 – Carte piézométrique moyenne (2006-2013) sur le réseau de suivi du Grand Lyon et de la CNR _____	33
Figure 7 – Suivi piézométrique de septembre 2006 à octobre 2013 sur le réseau du Grand Lyon _____	35
Figure 8 – Suivi piézométrique de septembre 2006 à septembre 2013 sur le réseau de la CNR _____	35
Figure 9 – Localisation des points de prélèvement d’eau souterraine à l’échelle du modèle _____	39
Figure 10 – Profil en long moyen du Rhône entre Croix-Luizet et l’entrée de la darse du PLEH _____	42
Figure 11 – Diagramme de validation du calage _____	49
Figure 12 – Carte piézométrique simulée pour l’état initial (actuel) _____	50
Figure 13 – Carte de perméabilité obtenue après calage du modèle (cas de la couche 3) _____	51
Figure 14 – Tracé de la variante Rouge monotube _____	53
Figure 15 – Tracé de la variante Jaune bitube _____	54
Figure 16 – Tracé de la variante Bleue monotube _____	55
Figure 17 – Exemple de maillage obtenu sur le secteur de la Guillotière (variante Jaune bitube) _____	57
Figure 18 – Variante Rouge monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale - Cas A (puits et tranchées) _____	60
Figure 19 – Variante Rouge monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale - Cas B (tunnel) _____	61
Figure 20 – Variante Rouge monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale - Cas C (tous les ouvrages) _____	62
Figure 21 – Variante Jaune bitube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale - Cas C (tous les ouvrages) _____	64
Figure 22 – Variante Jaune bitube : agrandissement de la zone d’impact sur le secteur de la Guillotière _____	65
Figure 23 – Variante Bleue monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale - Cas C (tous les ouvrages) _____	67



Liste des tableaux

Tableau 1 – Inventaire thématique des données requises pour les besoins de l'étude	12
Tableau 2 – Définition des cotes des 9 couches	17
Tableau 3 – Inventaire des données collectées pour le métro	22
Tableau 4 – Inventaire des données collectées pour les parkings enterrés	23
Tableau 5 – Inventaire des données collectées pour les sous-sols	23
Tableau 6 – Inventaire des données collectées pour les aménagements du PLEH	24
Tableau 7 – Inventaire des données collectées pour la piézométrie	27
Tableau 8 – Inventaire des données piézométriques collectées auprès de la Direction de l'Eau du Grand Lyon	29
Tableau 9 – Statistiques sur les des données piézométriques Grand Lyon, période sept.2006 - sept.2013	30
Tableau 10 – Inventaire des données piézométriques collectées auprès de la CNR	31
Tableau 11 – Statistiques sur les des données piézométrique CNR pour la période sept.2006 - sept.2013	32
Tableau 12 – Inventaire des données collectées pour la piézométrie	37
Tableau 13 – Inventaire des données collectées pour le niveau du Rhône	41
Tableau 14 – Recharge brute et nette estimée pour une RFU de 80 mm	44
Tableau 15 – Écarts entre niveaux piézométriques observés et simulés sur les points de référence	48
Tableau 16 – Définition de 3 variantes retenues pour les simulations hydrodynamiques	56
Tableau 17 – Variante Rouge monotube : impact du projet sur la piézométrie initiale	58
Tableau 18 – Variante Jaune bitube : impact du projet sur la piézométrie initiale	63
Tableau 19 – Variante Bleue monotube : impact du projet sur la piézométrie initiale	66



1 Introduction

Dans le cadre des études de faisabilité NFL long terme, RFF a souhaité qu'une attention particulière soit portée à la thématique hydrogéologique qui est apparue comme une composante potentiellement sensible pour l'analyse du scénario souterrain (scénario B) et de ses variantes.

Dans son principe, le scénario B qui se développe depuis le quartier Saint-Clair au Nord jusqu'à la Guillotière au Sud, prévoit la réalisation d'une gare souterraine à l'aplomb de l'actuelle gare de La Part Dieu, d'un tunnel de raccordement aux voies existantes et d'un ensemble d'ouvrages associés (tranchées ouvertes, tranchées couvertes, puits d'accès, puits de ventilation,...).

Ces ouvrages qui interceptent la nappe sont par nature étanches (= très peu perméables par rapport au milieu encaissant) et feront obstacle aux écoulements souterrains, lesquels se rétabliront naturellement mais en s'accompagnant d'un basculement piézométrique : remontée de niveau à l'amont, baisse à l'aval. Ce phénomène connu sous le terme d'effet barrage peut être préjudiciable dans les deux sens. Une remontée excessive de niveau peut entraîner l'inondation d'ouvrages souterrains existants (caves, parkings) voire même rendre inondable de manière plus ou moins pérenne des secteurs entiers qui ne l'étaient pas. A contrario, une baisse importante de niveau peut provoquer un tassement des terrains et affecter la stabilité du bâti existant. Elle peut aussi réduire la productivité d'ouvrages de captage ou encore altérer le bon fonctionnement de puits géothermiques.

L'effet barrage est un phénomène complexe que seule une approche par modélisation permet d'aborder de manière globale et précise en tenant compte des conditions internes (structure et propriétés hydrauliques du milieu aquifère) et externes (géométrie des ouvrages) qui contrôlent l'écoulement souterrain. Dans le milieu fortement urbanisé où s'insère le projet NFL, l'approche est par ailleurs rendue encore plus complexe par de possibles interférences avec les effets liés aux nombreuses infrastructures existantes (parkings métros, trémies routières,...).

Dans ce contexte, l'objectif de l'étude hydrogéologique est de développer un modèle numérique calé permettant de simuler l'amplitude et la portée des mouvements piézométriques générés par le projet. Sa vocation ne se limite pas à rendre compte de cet impact, elle est aussi d'examiner la nécessité d'envisager des solutions constructives adaptées (et le cas échéant de les pré-dimensionner) pour atténuer les effets dans les secteurs où ils atteignent un degré jugé critique (notion de transparence hydraulique). En définitive, ce modèle doit permettre d'accompagner RFF dans la définition progressive du projet en lui apportant un ensemble d'éléments pertinents pour l'analyse du scénario B et de ses variantes.

Le modèle à développer s'appuie en grande partie sur le modèle réalisé en 2012 par EGIS Géotechnique pour le compte de la Mission Part-Dieu du Grand Lyon dans le cadre de l'étude du projet urbain Part-Dieu 2020 [19]. Mais ce modèle ne couvre pas la totalité du domaine à représenter et doit être étendu principalement au Nord (secteur Caluire / de Saint-Clair) et au Sud (secteur Lyon / La Guillotière). Précisons qu'un accord a été passé entre le Grand Lyon et RFF afin d'autoriser l'utilisation du modèle existant pour les besoins de l'étude NFL.

2 Contexte général

2.1 Localisation du projet

Le projet NFL est centré sur le quartier de la Part-Dieu, dans le 3^e arrondissement de Lyon (**Figure 1**). Le scénario B (en souterrain), objet de la présente étude, peut être découpé en 3 entités géographiques et fonctionnelles (en bleu sur la figure) :

- Le tunnel nord, qui s'étend depuis le raccordement aux voies de surface existantes dans le quartier de Saint Clair à Caluire, en rive droite du Rhône, jusqu'au tympan nord de la gare souterraine de la Part-Dieu. Cette section courante franchit le Rhône.
- Le tunnel sud, qui s'étend depuis le tympan sud de la gare souterraine jusqu'au raccordement aux voies de surface existantes, dans le quartier de la Guillotière ;
- La gare souterraine de la Part-Dieu.

Le périmètre réel du projet est bien plus étendu puisqu'il intègre le tronçon Saint-Fons - Grenay qui ne sera cependant pas pris en compte ici puisqu'il s'agit d'une section aérienne.

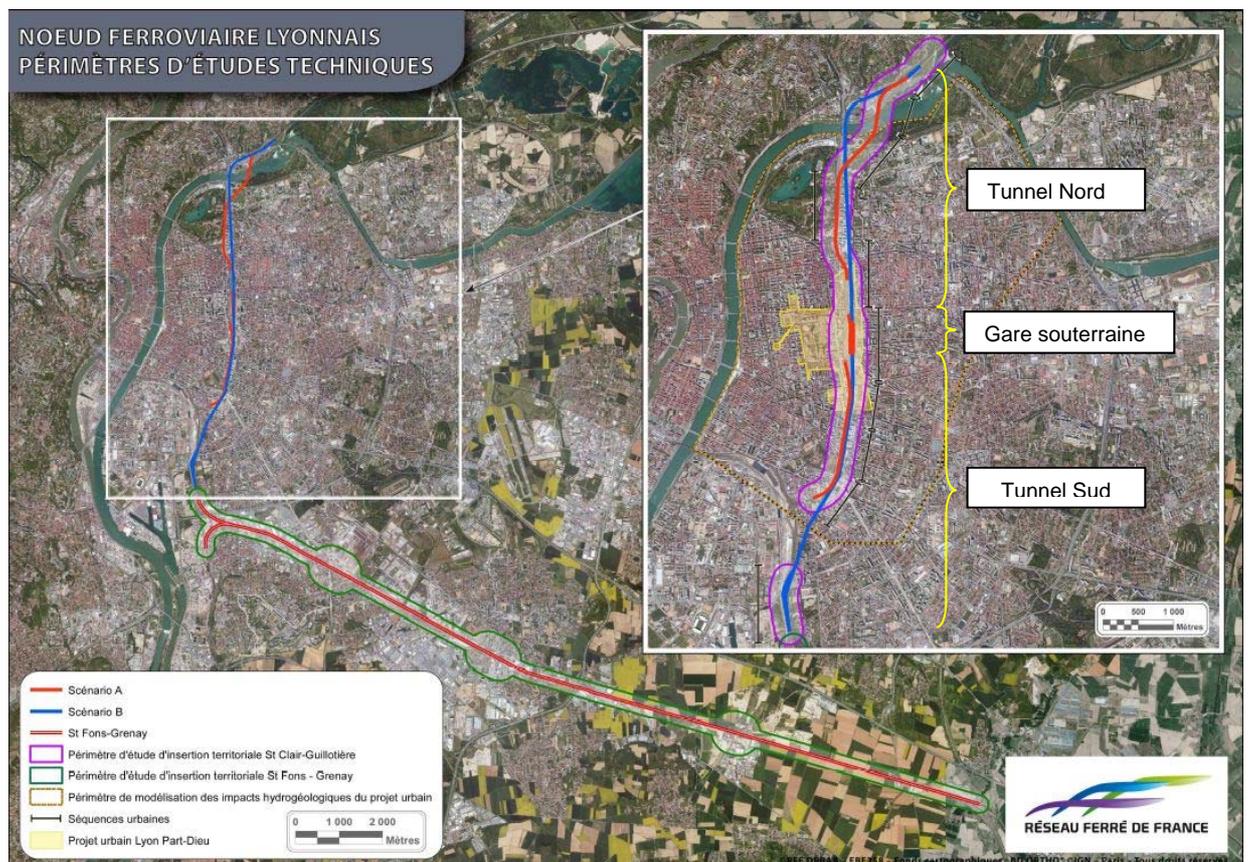


Figure 1 – Situation générale du projet NFL



2.2 Géologie et hydrogéologie

Ce paragraphe décrit le contexte géologique et hydrogéologique à l'échelle du secteur d'étude qui couvre les communes de Lyon et de Villeurbanne, ainsi qu'une partie des communes de Saint-Fons et Vénissieux.

Au plan géologique, la série stratigraphique comprend dans un ordre chronologique :

- Antécambrien – Crétacé. Ces terrains antérieurs à la formation du fossé rhodanien constituent le socle du futur fossé d'effondrement. Ils affleurent sous leur faciès cristallin en rive droite de la Saône (colline de Fourvière) et du Rhône (après la confluence) ainsi qu'au nord de la Presqu'île (pentes de la colline de la Croix Rousse) ;
- Crétacé terminal - Quaternaire. Ces séries de comblement du fossé qui regroupent l'Éocène, l'Oligocène, le Miocène et le Pliocène. Si les trois premiers termes sont peu représentés à l'échelle du secteur, le Miocène lyonnais est par contre plus largement observé sous forme de sédiments à dominante sableuse jaune ou gris, à grain fin. Ces sables d'origine alpine sont essentiellement calcaires et micacés et souvent consolidés en **molasse**. Cette molasse se retrouve principalement en rive gauche du Rhône et s'étend sous la plaine de l'Est lyonnais ;
- Quaternaire. A cette période les glaciers alpins ont envahi la totalité du secteur. Le fossé est alors comblé de dépôts essentiellement morainiques qui viennent aussi recouvrir les paléo-reliefs. À l'aval du front glaciaire (Lyon) et suite à la succession d'épisodes de retrait, se sont déposés des matériaux fluvio-glaciaires résultant principalement des eaux de fonte des glaciers. Dans cet ensemble, cinq principaux termes peuvent être individualisés :
 - Les formations morainiques qui résultent de la dernière glaciation du Würm. Sur la région de Lyon, elles sont de 2 types : soit les moraines argileuses « argiles à blocs », soit les moraines caillouteuses. Elles se retrouvent essentiellement sur les paléo-reliefs du Tertiaire (Miocène) dont les buttes témoins de Bron et de Décines en sont le parfait exemple. Plus à l'ouest, les moraines recouvrent encore de manière conséquente les collines de la Croix Rousse et de Fourvière.
 - Les formations fluvio-glaciaires : elles se sont déposées lors des différents stades de retrait du glacier würmien. Elles résultent d'un alluvionnement lié aux eaux de fusion des glaciers. Ces alluvions ont alors rempli les anciennes vallées ou dépressions de la région. Elles sont toujours rencontrées sur le secteur avec la même composition : une base constituée de dépôts glaciaires, surmontés par des dépôts glacio-lacustres, fluvio-glaciaires ou issus de moraines remaniées ; enfin, au sommet, le caractère fluvio-glaciaire s'accroît, les dépôts sont de plus en plus lessivés par les eaux de fusion.
 - Les alluvions fluviales würmiennes : ces formations fluviales disposées en terrasses accompagnent les stades de retraits des glaciers et constituent un prolongement des nappes fluvio-glaciaires. Sur le secteur d'étude, elles sont représentées par les terrasses de Villeurbanne et de la Guillotière.
 - Les alluvions fluviales modernes. Elles sont principalement présentes dans les plaines alluviales du Rhône et de la Saône, principalement sous un faciès sablo-graveleux avec quelques niveaux tourbeux et argileux souvent superficiels.

La **Figure 2** donne une approche schématique et synthétique de la disposition des différentes unités géologiques présentes sur l'agglomération lyonnaise. Cette disposition résulte principalement de la dernière glaciation (Würm).

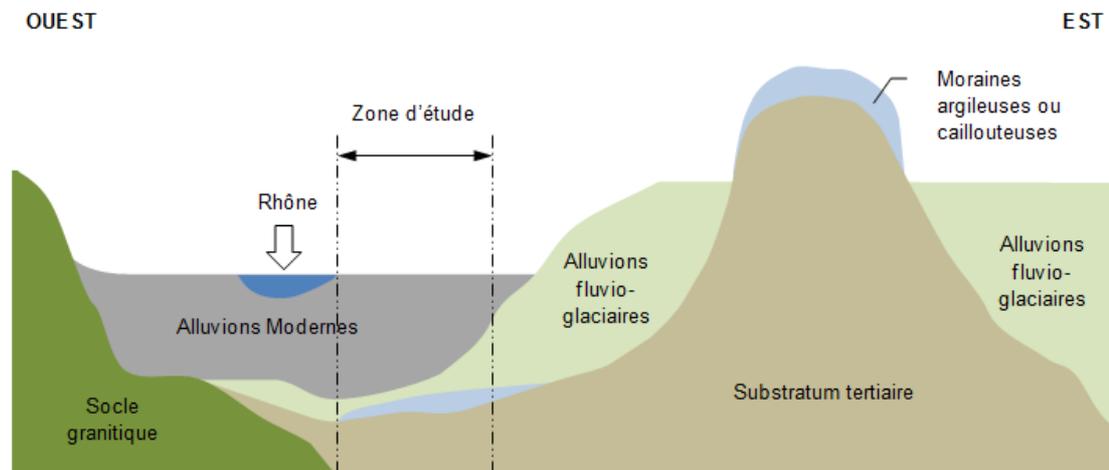


Figure 2 – Coupe géologique Est-Ouest à travers la plaine alluviale (source : BRGM)

Selon ce schéma, on constate que le secteur d'étude est relativement limité en extension et permet de ce fait quelques simplifications hydrogéologiques. On peut ainsi considérer que le réservoir aquifère est constituée quasiment en intégralité par les alluvions modernes (du Rhône) qui se trouve soutenu par le substratum molassique. En effet, les alluvions glaciaires présentes dans l'Est lyonnais s'amincissent et disparaissent progressivement vers l'ouest sous les alluvions modernes. On retrouve alors les alluvions modernes sur la molasse tertiaire, avec localement quelques mètres d'alluvions fluvioglaciales et/ou de moraines argileuses (ces moraines sont peu présentes sur Lyon et Villeurbanne mais elles peuvent être rencontrées en limite sud du secteur, à St Fons et Vénissieux.)

Au plan hydrogéologique, l'organisation du système aquifère reste d'une relative simplicité à l'échelle de l'étude :

- Les alluvions modernes constituent l'aquifère principal et renferment une nappe à surface libre ;
- Cet aquifère repose sur un substratum molassique peu perméable et qui peut être considéré comme étanche ;
- La nappe alluviale est alimentée par l'infiltration de la pluie efficace (limitées aux quelques espaces verts dans un contexte urbain dense et largement imperméabilisé) mais surtout par les aquifères amont (nappes des couloirs fluvioglaciales de l'Est lyonnais) ;
- La nappe s'écoule vers l'Ouest en direction du Rhône puis s'incurve vers le Sud en relation avec le fleuve ;
- En situation normale, le Rhône draine la nappe alluviale. Son niveau étant régulé à la traversée de Lyon par le barrage de Pierre Bénite à l'aval, le fleuve présente peu de variations de niveau, hormis lors des épisodes de crues dont la durée n'excède cependant pas quelques jours et restent sans effet durable et de longue portée sur l'orientation des écoulements souterrains ;



- Sur le secteur de Gerland – Saint Fons, le fonctionnement hydrogéologique naturel est fortement perturbé par plusieurs grands aménagements : le Port Édouard Herriot (darses) et le drain CNR. Le drain CNR en particulier est une structure ancienne et de grande dimension dont la fonction est justement de protéger le secteur d'une remontée de nappe consécutive à la mise en eau de la retenue de Pierre-Bénite en 1966. Ces effets sur la piézométrie locale sont importants avec des rabattements de plusieurs mètres.

Selon [1][6][7], il est admis que les alluvions fluvio-glaciaires de l'Est lyonnais ne sont présentes qu'au sud du canal de Jonage, à l'est d'une ligne reliant Cusset à Montplaisir (puis Saint-Fons). Par conséquent, ces dépôts ne seront pas pris en compte dans notre étude, qui se limitera à l'aquifère des alluvions modernes.

3 Méthode et outil

3.1 Principe de la démarche

La modélisation s'est organisée selon quatre étapes successives dont les objectifs et le contenu sont précisés ci-après.

3.1.1 Collecte et analyse des données

Le but de cette première étape est de réunir et valider l'ensemble des données et informations utiles à la réalisation du modèle. Le tableau ci-après précise les thèmes qui ont été abordés pour les besoins de l'étude.

Thème	Description des données	Objectif
Géologie	Coupes de forages, cartes géologiques, modèles, numériques résultats de campagnes géophysiques...	Reconstituer la géométrie 3D du système aquifère
Topographie	Carte IGN, MNT,...	Définir précisément le toit du système aquifère
Paramètres hydrodynamiques	Résultats d'essais de nappe, de modélisation...	Définir les gammes de perméabilité des alluvions et des niveaux de molasse pris en compte par le modèle
Piézométrie	Inventaire des puits et piézomètres existants, mesure disponibles + coupes géologiques et techniques	Disposer de valeurs de référence pour le choix des conditions aux limites et le calage du modèle en régime permanent
Infrastructures souterraines	Classification, localisation et géométrie des infrastructures souterraines (métro, parkings, drains, trémies, sous-sol).	Prise en compte des ouvrages souterrains ayant une influence potentielle sur l'écoulement de la nappe.
Prélèvements / injection	Localisation, usage et estimation des débits prélevés et/ou restitués à la nappe.	Prise en compte des prélèvements/rejets ayant une influence potentielle ou avérée sur la dynamique de la nappe
Recharge	Précipitations et évapotranspirations potentielles	Estimer la pluie efficace participant à la réalimentation du système sur les espaces non urbanisés
Hydrologie	Niveau du Rhône et du canal de Jonage	Représenter les cours d'eau et définir les conditions aux limites à charge imposée.
Projets	Géométrie des infrastructures souterraines projetées.	Prise en compte des ouvrages souterrains associés au projet, définition de l'état final.

Tableau 1 – Inventaire thématique des données requises pour les besoins de l'étude

Partant des entrants déjà recueillis et analysés en 2012 pour la réalisation du modèle Part-Dieu 2020 (réf), cette étape s'est focalisée sur les deux zones d'extension du modèle : au Nord, en rive droite du Rhône, dans le secteur de Saint Clair, et au Sud, à partir de l'avenue Berthelot pour schématiser.

Dans ces deux secteurs, les informations ont été recherchées auprès des différents acteurs publics et privés déjà sollicités pour le modèle initial ainsi qu'auprès de la CNR pour les données relatives au drain.

3.1.2 Conception et construction du modèle

Le but de cette étape est de définir le mode de représentation le mieux adapté pour traiter le problème en fonction des spécificités du système (structure hydrogéologique essentiellement) et des objectifs visés. Son but est d'aboutir à la définition du système en termes :

- d'extension : en recherchant des limites géologiques ou hydrogéologiques stables et acceptables du point de vue de la taille du modèle ;
- de conditions aux limites (charge ou flux imposé) et internes (recharge, prélèvements...) ;
- de structure géologique et hydrogéologique : toit et mur des formations composant le système ;
- de caractéristiques hydrodynamiques des formations ;
- de fonctionnement hydrodynamique, notamment pour ce qui est des relations nappe-cours d'eau (le Rhône et le canal de Jonage).

La construction du modèle numérique consiste ensuite à discrétiser le domaine ainsi défini puis à introduire les paramètres hydrodynamiques et conditions aux limites retenus. Partant ici d'un modèle déjà existant la phase de conception a pu précéder la phase de collecte et d'analyse des données.

3.1.3 Calage du modèle : définition de l'état initial

Son objectif est de disposer d'un modèle représentatif du champ d'écoulement réel de la nappe, en direction et en vitesse. En pratique, il s'agit de reproduire « au mieux » une situation piézométrique observée et supposée représentative d'un état stabilisé (régime permanent). Pour cela, les perméabilités sont ajustées dans une gamme de variation compatible avec les données de terrain disponibles. C'est le résultat de ce calage qui fournit l'état de référence ou état initial (transmissivité et piézométrie associée).

3.1.4 Exploitation du modèle : simulation de l'état final

Une fois calé, le modèle est modifié en intégrant les éléments du projet (tranchées, tunnel, gare, puits d'accès et de ventilation). Il est ensuite exploité pour simuler la piézométrie en configuration finale. L'impact hydrogéologique est enfin apprécié et analysé par comparaison des écarts entre les piézométries finale et initiale.

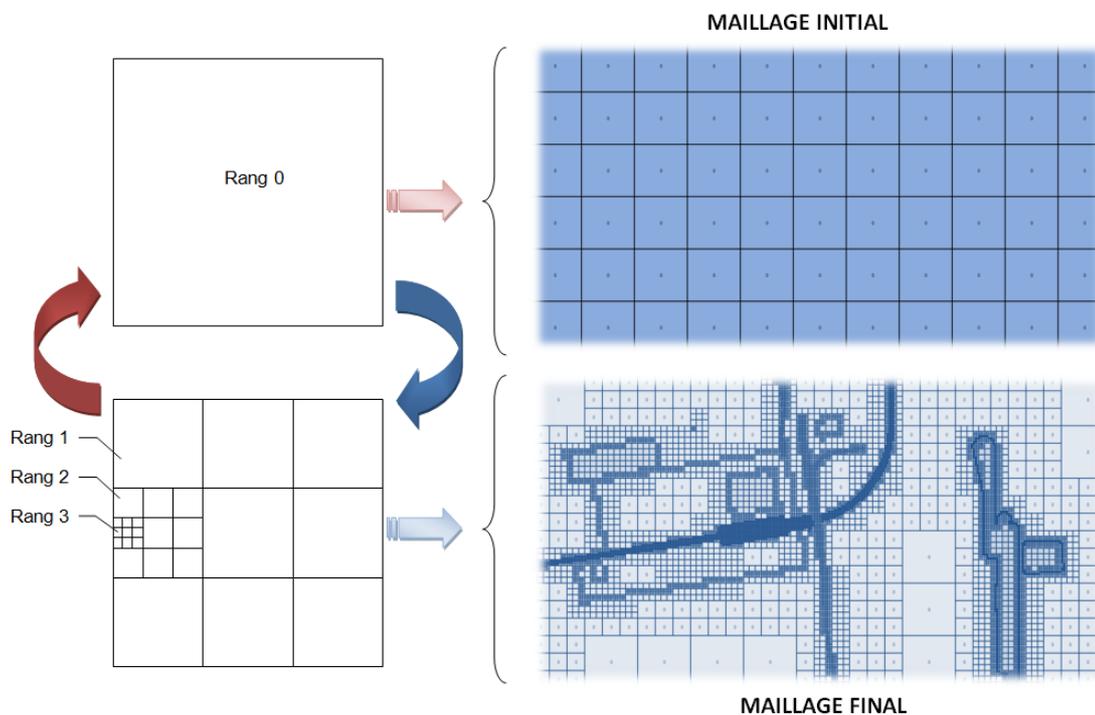
3.2 Outil de modélisation

Le modèle numérique a été réalisé au moyen du logiciel TALISMAN.

TALISMAN est un code de calcul aux volumes finis conçu pour la modélisation des écoulements et du transport de substances dissoutes et de chaleur en milieu poreux. Il est développé par EGIS Géotechnique depuis plus de 15 ans avec le concours du Laboratoire de Mathématiques de l'Université d'Orsay. Cette collaboration s'est traduite par le financement de nombreux travaux scientifiques, la réalisation de deux thèses successives et d'un post doctorat qui se sont concrétisés par l'intégration de résultats numériques particulièrement novateurs.

TALISMAN a notamment été utilisé pour la réalisation de modèles de gestion de nappe (nappe de Beauce, nappes profondes de l'Albien-Néocomien du bassin de Paris, nappe côtière de l'Astien, champs captant de la vallée de la Seine, ...) et de nombreuses études d'impact de projets d'aménagement (infrastructures enterrées, carrières,...).

Outre ses capacités numériques et ergonomiques, l'une de ses forces est de disposer d'une fonctionnalité de maillage originale permettant une représentation précise et rapide des différents composants d'un modèle. Une maille ou un groupe de mailles primaires (de rang 0) peut être divisé de manière réversible en 9 sous-maillages régulières (rang 1), elles-mêmes encore divisibles jusqu'au rang 9. Ce principe, est associé à un gestionnaire d'objets permettant d'intégrer différentes catégories d'éléments (surface, ligne, point) de manière automatisée. Un exemple de résultat produit est donné ci-après (cas du secteur de la gare de la Part-Dieu).



Par ailleurs, bien que la méthode de discrétisation spatiale considère un maillage structuré, TALISMAN permet également la représentation de structures obliques par déformation locale de la géométrie verticale des couches. Cette capacité est ici rendue indispensable pour représenter des 'objets' tels que des tunnels ou encore des tranchées dont les parois sont ancrées à des profondeurs variables.

4 Périmètre et limites de la modélisation

Cette étude est menée dans l'objectif de fournir des éléments d'appréciation et de comparaison des impacts hydrogéologiques associés aux différentes variantes envisagées pour le scénario B (souterrain) du projet NFL.

S'agissant d'une étude de faisabilité, certains éléments de détail n'ont pas été ou pu être intégrés au modèle soit par parce que les données n'étaient pas disponibles dans un format exploitable au moment de l'étude, soit parce qu'elles n'ont pas été jugées pertinentes à ce stade du projet. C'est notamment le cas pour :

- Certains espaces verts comme le parc du Sergent Blandan dont la prise en compte aurait sensiblement accru le nombre de mailles déjà très élevé, alors que l'analyse des bilans montrent que la recharge de la nappe par les espaces verts (parc de la Tête d'Or) est totalement marginale à l'échelle du modèle.
- Les bassins et puits d'infiltration (autres que géothermiques) qui sont au demeurant peu nombreux sur le domaine étudié et qui ne contribuent également que de manière marginale à l'alimentation de la nappe.
- Les constructions récentes à la sortie Sud du tunnel, qui ne sont pas de nature à modifier l'écoulement de la nappe mais se trouvent dans une zone d'impact potentiel du projet.
- Les réseaux d'assainissement (EP/EU) pour la plupart situés hors nappe, donc sans interaction possible avec le projet même si certains peuvent se trouver dans la zone d'impact du projet. Il en est de même pour les fuites des réseaux dont l'éventuelle prise en compte nécessiterait de disposer d'une cartographie précise associée à une estimation du débit de fuite, au moins par tronçon. La pertinence de cette action reste néanmoins à examiner en fonction de l'importance des volumes perdus au regard du bilan de masse général du modèle.
- Certains doublets géothermiques dont l'inventaire reste encore incomplet à l'échelle de l'agglomération de Lyon et dont les débits réels d'exploitation sont très rarement connus.

Par ailleurs et comme précisé au § 6.6, les aspects géothermiques au sens des interactions thermiques ne sont pas abordés dans le cadre de cette étude. Les effets hydrodynamiques des pompages et rejets en nappe sont par contre pris en compte dans les limites des connaissances de l'inventaire actuel.

Enfin, l'analyse de l'effet du projet sur la stabilité du bâti existant en conséquence des variations du niveau de nappe (principalement risque de tassement lié à la baisse du niveau d'eau ; le risque de gonflement par remontée de nappe étant ici très peu probable au regard de la nature des terrains) ne fait pas partie du périmètre de l'étude. Il pourra toutefois être traité dans la cadre d'une étude spécifique sous réserve de disposer des entrants nécessaires.

5 Conception et construction du modèle

La définition du modèle conceptuel répond à des choix qui sont guidés par une analyse des caractéristiques du système mais aussi des objectifs visés. En effet, un modèle n'est performant que dans les limites définies lors de sa conception et pour lesquelles il est élaboré. Dans ce sens un modèle est toujours une construction ciblée.

5.1 Extension du domaine

L'extension du domaine a été définie en privilégiant autant que possible des limites naturelles, qu'il s'agisse de limites d'affleurement (cas de secteur Saint-Clair) où des grands cours d'eau (Rhône et canal de Jonage).

Le domaine ainsi représenté est délimité :

- à l'Ouest et sur une partie Nord, par le Rhône qui peut être assimilé à une condition de charge imposée. Le colmatage des berges qui conditionne les débits échangés avec la nappe est pris en compte par un coefficient de perméabilité plus faible que l'encaissant alluvionnaire,
- au Nord par la limite d'affleurement des alluvions de rive droite du Rhône (secteur Saint-Clair). Afin de tenir compte des apports de bordure en provenance du plateau de Caluire, cette limite est représentée par une condition de flux dont la valeur est tirée du modèle général réalisé par le BRGM [2],
- au Nord et sur une partie Nord-est, par le canal de Jonage qui peut être également considérée comme une limite à charge imposée,
- à l'Est, par une condition de charge imposée issue de l'analyse des données et cartes piézométriques disponibles ;
- au Sud, par une ligne de courant (condition de flux nul) passant par l'entrée de la darse du Port Édouard Herriot.

NB : Le choix de limiter une partie du domaine au canal de Jonage se fonde principalement sur l'analyse du modèle BRGM [3]. En effet, les cartes piézométriques simulées montrent que les pompages du champ captant de Crépieux-Charmy (au Nord-Est) n'ont pas d'influence visible au-delà du Rhône et du canal de Jonage. La zone d'influence des captages, matérialisée par le cône de rabattement, se trouve en quelques sortes insularisée par les limites que constituent les deux cours d'eau, lesquels assurent l'essentiel de l'alimentation du champ captant. Ces considérations conduisent à admettre, d'une part, que le Rhône et le canal de Jonage jouent effectivement le rôle de limite à potentiel imposé, d'autre part que le champ captant de Crépieux-Charmy n'est pas à intégrer au modèle.

Le domaine ainsi défini couvre une superficie d'environ 32.6 km² et s'étend sur une largeur maximale de 4.5 km d'Est en Ouest et une hauteur maximale de 10 km du Nord au Sud. L'emprise du projet NFL qui s'étend du Nord au Sud est approximativement située dans la partie centrale du domaine.

5.2 Structure et maillage

Le modèle est composé d'un empilement de 9 couches stratiformes représentant l'ensemble des dépôts alluvionnaires modernes avec localement quelques lentilles résiduelles d'alluvions fluvio-glaciaires et quelques passages de substratum molassique. Chaque couche présente une épaisseur constante de 5 m, jusqu'à la couche 1 (ou 2 lorsque la couche 1 n'existe pas) dont le toit est alors défini par la topographie fournie par le modèle numérique de terrain (MNT). Ce système est délimité à sa base par une surface horizontale fixée à la cote de +130 m NGF et au sommet par la topographie.

Outre la cohérence avec le modèle général du BRGM, ce choix conceptuel permet :

- de simplifier la construction du modèle en évitant d'avoir à caler les interfaces entre 2 niveaux lithologiquement et hydrauliquement distincts,
- de disposer d'une structure simple, qui pourra être facilement adaptée pour prendre en compte les nombreux objets à représenter (tunnels du métro, sous-sols, etc.).

Le principe de cette décomposition verticale est résumé dans le **Tableau 2**.

N° couche	Cote du substratum (m NGF)	Cote du toit (m NGF)
1	+170.0	Topographie
2	+165.0	+170 ou topographie si couche 1 absente
3	+160.0	+165.0
4	+155.0	+160.0
5	+150.0	+155.0
6	+145.0	+150.0
7	+140.0	+145.0
8	+135.0	+140.0
9	+130.0	+135.0

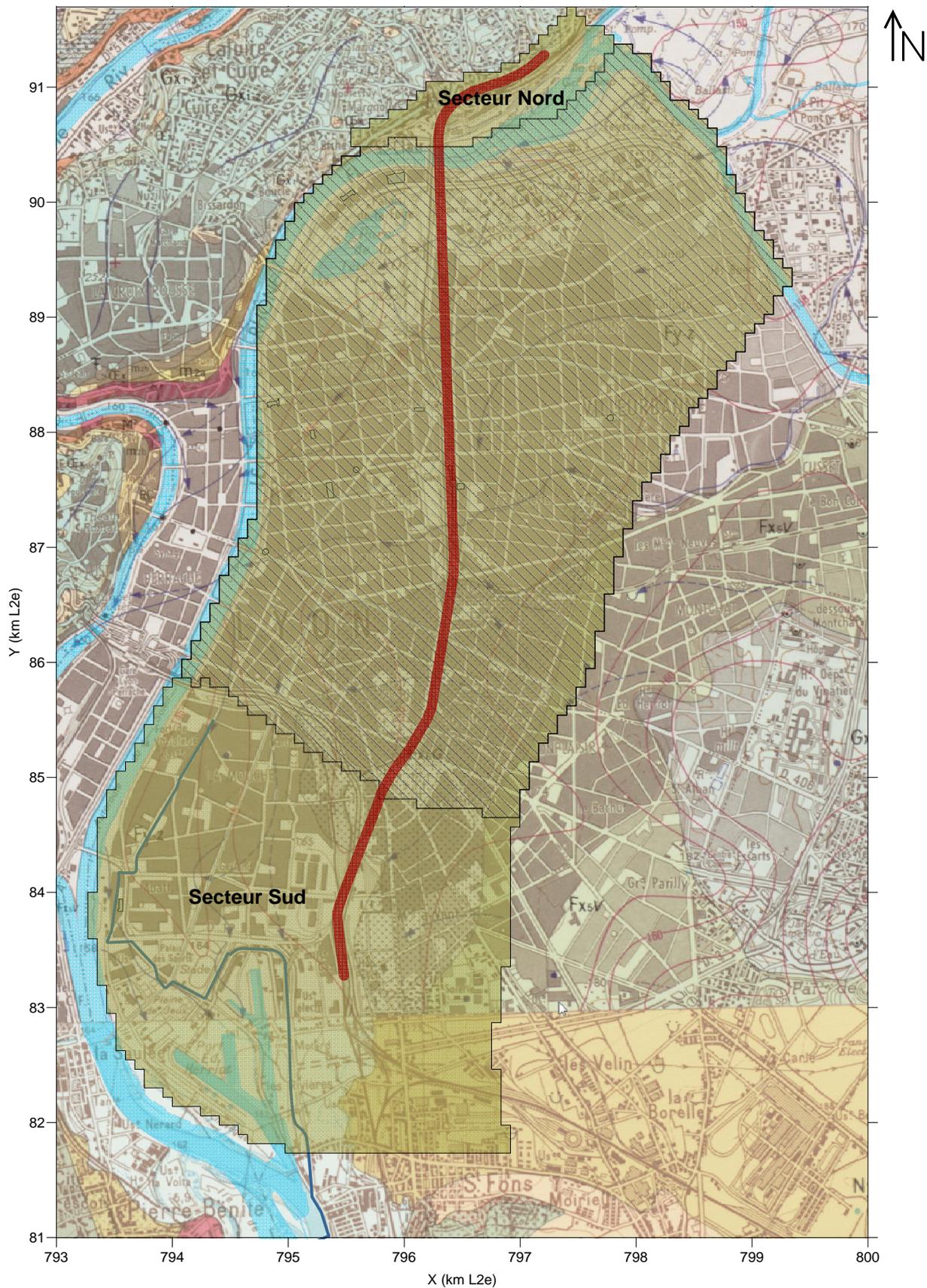
Tableau 2 – Définition des cotes des 9 couches

La molasse n'est donc pas (ou peu) représentée dans le modèle, d'une part, pour rester cohérent avec le modèle conceptuel du BRGM (cf. [2][3]), d'autre part, en raison du fort contraste de perméabilité avec les alluvions sus-jacentes. Ainsi, il faut comprendre que les fluctuations de niveau dans la molasse sont amorties par les alluvions.

Les formations morainiques ne sont pas présentes sur le domaine considéré pour cette étude et ne sont donc pas représentées.

Le modèle est discrétisé selon une grille principale de mailles carrées de 81 m de côté, localement raffinées en mailles de 27, 9, 3 et 1 m (cf. § 3.2) pour une représentation précise des différents objets à intégrer (tunnels, sous-sols, parois étanches, forages, piézomètres, points d'observation, ...). Il comprend dans sa configuration initiale (avant intégration des éléments du projet) un total de 513 000 mailles dont 481 500 mailles divisées.

L'extension du modèle NFL est matérialisé **Figure 3** sur fond de carte géologique. La **Figure 4** présente les limites et le maillage du modèle (cas de la couche n°5).

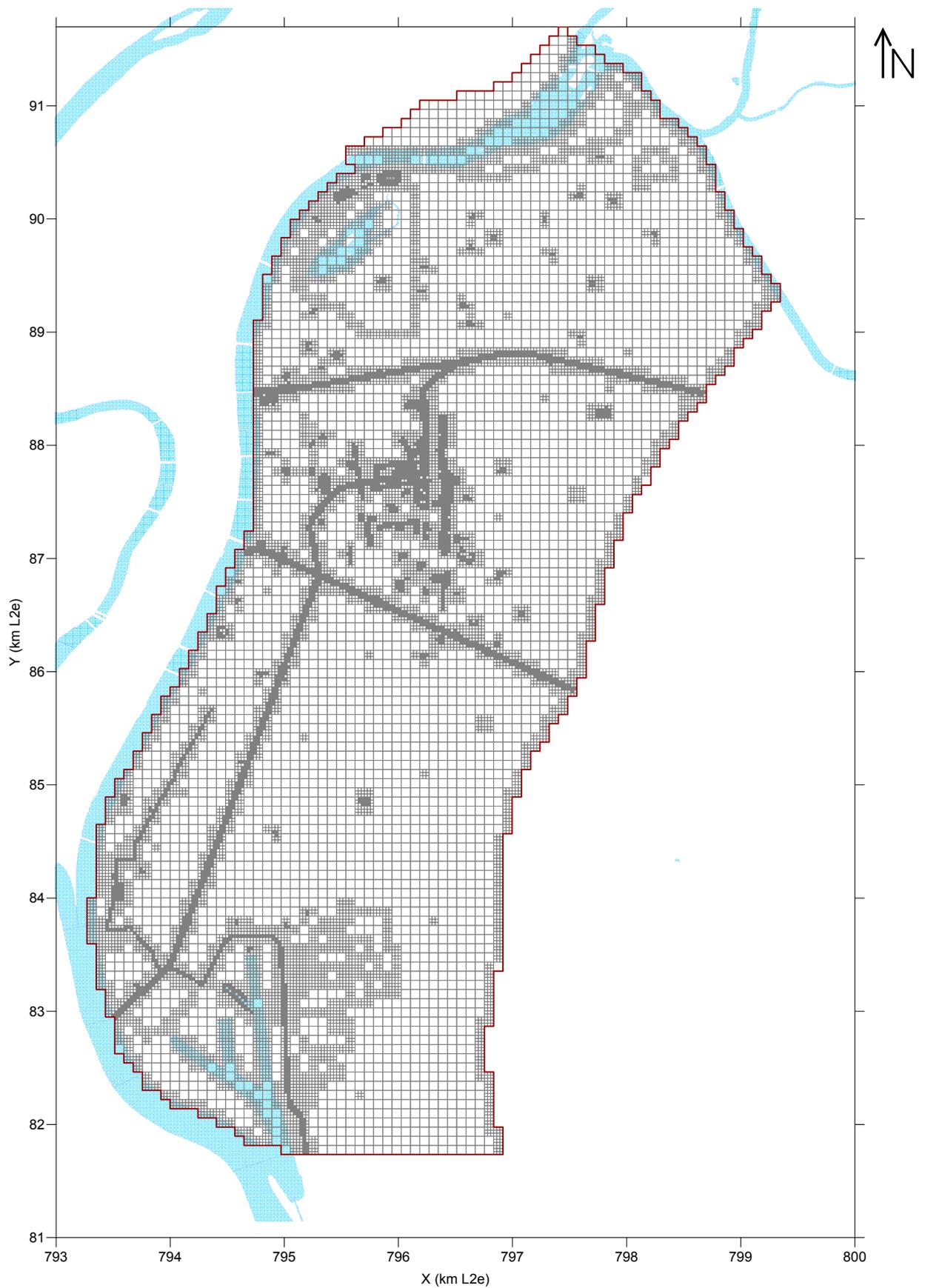


Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

LEGENDE

-  Extension modèle NFL
-  Extension modèle Part-Dieu
-  Enveloppe projet NFL

Figure 3 - Extension du modèle NFL



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

LEGENDE

-  Limite du modèle
-  Maillage

Figure 4 - Limites et maillage du modèle (couche 5)



5.3 Paramètres hydrodynamiques

Le modèle de perméabilité est issu du modèle général BRGM [3]. Il est basé sur les caractéristiques hydrodynamiques des différentes formations géologiques présentes sur le secteur modélisé, à savoir :

- Les alluvions modernes : leur perméabilité est estimée à 1.10^{-3} m/s lorsqu'elles sont à dominante argilo-sableuse ou 4.10^{-3} m/s lorsqu'elles sont à dominante sablo-graveleuse ;
- Les alluvions fluvio-glaciaires : leur perméabilité varie entre 2.10^{-3} m/s (si elles sont argileuses) et 8.10^{-3} m/s (si elles sont graveleuses) ;
- La molasse : sa perméabilité est hétérogène mais elle est estimée à 5.10^{-5} m/s.

Étant donné le mode de représentation retenu, la perméabilité de chaque maille du modèle est déterminée par le calcul de la perméabilité équivalente. En effet, si plusieurs formations géologiques coexistent dans une même maille, la perméabilité équivalente est obtenue par un modèle de moyenne géométrique faisant intervenir les perméabilités et les épaisseurs relatives des formations.

6 Collecte et synthèse des données d'entrée

Pour les raisons évoquées précédemment (cf. § 3.1.1), il s'agit donc ici de compléter les données sur les deux secteurs d'extension du modèle initial de 2012, à savoir :

- au Nord, en rive droite du Rhône, dans le secteur de Saint Clair,
- au Sud, à partir de l'avenue Berthelot.

Sur ces deux secteurs, cette phase de recherche et de collecte s'est articulée autour des thématiques suivantes :

- Infrastructures enterrées (tunnels, tranchées couvertes, trémies, sous-sols, parkings, enceintes de confinement) ;
- Piézométrie (cartes disponibles à l'échelle de l'agglomération, chroniques de niveau sur les piézomètres des différents réseaux de suivi) ;
- Inventaire des points de prélèvement et de rejet à la nappe ;
- Topographie (modèle numérique de terrain),
- Conditions aux limites (niveau du Rhône et du canal de Jonage) ;
- Recharge (pluie et évapotranspiration sur la station Météo France la plus proche).

Toujours par souci de cohérence, les données relatives à la structure du modèle (topographie, limites des couches géologiques, etc.) ont été extraites de l'étude générale réalisée par le BRGM [1][2][3][4].

Les chapitres suivants décrivent les données qui ont pu être recueillies pour chaque thématique sur les deux secteurs en précisant leur origine, leur format (plan, rapport, données brutes, etc.) et les éventuelles lacunes. Les données de base utilisées dans le cadre de l'étude initiale réalisée en 2012 pour le Grand Lyon sont consultables dans le rapport d'étude [19].

Une mise à jour du modèle pourra être envisagée ultérieurement si des informations nouvelles et sensibles venaient à être identifiées.

6.1 Infrastructures souterraines

La typologie de ces infrastructures permet de distinguer six catégories : métros, trémies routières, parkings, sous-sol et les aménagements du port Edouard Herriot et le drain CNR.

6.1.1 Métro (tunnels et stations)

La nature du réseau conduit à différencier deux types d'objets en vue de la modélisation : d'une part, les tunnels, ou inter-stations, et d'autre part, les stations. Ces deux types d'objets n'ont a priori pas le même effet sur les écoulements souterrains puisque les tunnels présentent un diamètre relativement réduit et une forme (circulaire) qui permet plus facilement aux écoulements de contourner l'obstacle. En revanche, les stations constituent des structures étanches de dimension plus importante et qui sont nécessairement plus impactantes sur les écoulements.

Néanmoins, la présence d'une nappe à faible profondeur a conduit les constructeurs du métro à mettre en œuvre des dispositifs d'étanchéité destinés à protéger l'ouvrage des venues d'eau souterraine. Ces dispositifs sont variables dans leur implantation, notamment en profondeur (ancrés dans la molasse ou simplement présents sur quelques mètres dans les alluvions), mais également dans leur nature (paroi moulée, palplanches, radier injecté, paroi préfabriquée, béton immergé, etc.). Enfin, tout le réseau n'est pas protégé par ces dispositifs puisque les tronçons réalisés au tunnelier ne le nécessitent pas.

Partant du modèle initial de 2012 [19], seule la ligne B a dû être complétée depuis l'inter station entre Jean Macé et Jean Jaurès jusqu'au franchissement du Rhône en direction d'Oullins. Une synthèse des données identifiées et collectées est présentée **Tableau 3**.

Document consulté	Source	Données collectées	Observation
Plans (stations et inter-stations)	EGIS Rail (ex SEMALY)	Profil en long, Implantation et cotes des parois étanches	Pas de géoréférencement (en X, Y)
Plan de l'emprise du métro	DSIT du Grand Lyon	Enveloppe géoréférencé (X, Y) du tunnel et des stations	Pas de cote en Z
Rapports d'étude [4]	Etude BRGM	Digitalisation du tracé et profondeur des parois étanches (cote haut et bas des parois)	Discretisation assez schématique (peu détaillée)

Tableau 3 – Inventaire des données collectées pour le métro

Une fois recoupées puis validées, ces informations ont permis de disposer de données relativement fiables et précises quant à la géolocalisation de l'enveloppe de l'infrastructure et de données assez approximatives quant à la hauteur des parois étanches (cotes haut et bas), aussi bien le long du tracé qu'autour des statuations. Cette imprécision constitue la principale incertitude au niveau du métro.

6.1.2 Trémies (tunnels et stations)

Aucune trémie supplémentaire n'a été identifiée dans les 2 secteurs d'extension du modèle en complément des 7 trémies routières déjà représentées dans le modèle initial.

6.1.3 Parkings souterrains

Ces infrastructures sont nombreuses sur le territoire de la ville de Lyon. Elles sont gérées par des organismes privés, constructeurs et/ou exploitants qui ont été contactés pour collecter les données nécessaires à leur intégration dans le modèle numérique.

Au niveau des 2 extensions du modèle, seul un parking souterrain disposant de plus de 2 niveaux enterrés et atteignant donc la nappe, a été identifié dans le secteur de Gerland (Parc Tony Garnier, appartenant à LPA).

Le **Tableau 4** reprend les différents documents collectés auprès des services contactés.

Document consulté	Source	Données collectées	Lacunes
Plans des parkings LPA (en plan et en coupe)	LPA	Implantation des parkings et cotes des parois étanches et des radiers	Cote de base des parois

Tableau 4 – Inventaire des données collectées pour les parkings enterrés

A l'échelle de l'étude, ce parking s'ajoute aux 12 parkings enterrés déjà recensés et intégrés au modèle.

Ce parking est assez bien connu pour son implantation et sa profondeur. L'incertitude principale concerne son dispositif de drainage des eaux souterraines et son fonctionnement (radier drainant, pompes d'exhaure, puits de réinjection...).

6.1.4 Sous-sol

Dans le périmètre des 2 zones d'extension (Nord et Sud), l'étude BRGM [1] indique l'existence de :

- 2 bâtiments avec 3 niveaux de sous-sol dans l'extension Sud,
- 1 bâtiment avec 3 niveaux de sous-sol dans l'extension Nord.

Face au grand nombre de sous-sols existants, seuls les sous-sols d'au moins 3 niveaux ont été retenus et intégrés au modèle. Il s'agit là d'une hypothèse également admise par le BRGM [2] et qui revient à considérer que les sous-sols de 2 niveaux (soit compris entre 5 et 6 m de profondeur par rapport au terrain naturel) ne perturbent pas les écoulements souterrains. Cette hypothèse est vérifiée sur le modèle initial au regard des impacts relevés sur des infrastructures bien plus profondes.

Le **Tableau 5** fait la synthèse des données collectées.

Document consulté	Source	Données collectées	Observation
Localisation des sous-sols	Etude BRGM	Extension des sous-sols et nombre de sous-sols	Pas de géoréférencement (X, Y) ni de profondeur

Tableau 5 – Inventaire des données collectées pour les sous-sols

Cette thématique est la moins bien connue pour diverses raisons : difficulté d'accès aux données, dispersion des données auprès des maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage, absence de centralisation des données (hormis l'atlas urbain du Grand Lyon, qui ne concerne pas les 2 zones d'extension du modèle), très grand nombre de bâtiments disposant d'un sous-sol... Au final, l'accent a été mis en 2012 sur le secteur central du projet, à savoir le quartier de la Part-Dieu, afin de disposer d'un état initial le plus complet possible, rendant compte des contraintes actuelles d'occupation du sous-sol.

6.1.5 Aménagements du Port Édouard Herriot

Au cœur de l'extension Sud du modèle, le Port Lyon Édouard Herriot (ou PLEH) constitue un aménagement potentiellement très impactant pour les écoulements souterrains. Il dispose de quatre darses équipées de quais de

chargement sur une partie seulement des berges du Rhône. Quatre types d'aménagement peuvent être distingués :

- caissons HAVE : cet aménagement consiste à juxtaposer des pieux cylindriques verticaux de 8 m de diamètre, en béton et remplis de terre, sur lesquels le quai viendra reposer ;
- palplanches : comme les caissons HAVE, elles permettent de gagner du terrain sur le fleuve jusqu'à obtenir une profondeur suffisante pour l'accostage des embarcations fluviales ;
- perrés : cet aménagement consiste uniquement à renforcer les berges mais ne permet pas la création d'un quai puisque la berge reste avec sa pente naturelle ;
- berges nues.

Le **Tableau 6** recense les éléments qui ont pu être réunis sur cette thématique.

Document consulté	Source	Données collectées	Lacunes
Plan général du PLEH	CNR	Support cartographique	Pas de géoréférencement (X, Y)
Profils en travers des darses, perrés et murs de quai	CNR	Cotes de fond des aménagements	Pas de géoréférencement (X, Y)
Réunion du 21/10/13	CNR	Délimitation en plan des différents types de berges	Pas de géoréférencement (X, Y)

Tableau 6 – Inventaire des données collectées pour les aménagements du PLEH

Les caractéristiques du PLEH restent assez mal connues pour diverses raisons : difficulté d'accès aux données CNR, maître d'ouvrage, absence de plan de synthèse des aménagements des berges, de plans géoréférencés, de coupes cotées... Au final, l'information disponible est très probablement partielle, ce qui pourrait impacter la représentativité du modèle dans ce secteur.

6.1.6 Drain CNR

Le drain CNR situé en rive gauche du Rhône se développe sur une longueur d'environ 6400 m depuis l'intersection du boulevard Yves Farge et de la rue Lortet jusqu'à la retenue de Pierre-Bénite où il rejoint le Rhône par un canal situé en tête aval de l'écluse. Créé dans les années 1960 suite à la mise en eaux de la retenue, sa fonction est d'éviter des inondations par remontée de nappe dans cette partie sud de la ville de Lyon.

Cet ouvrage complexe et de grande dimension est constitué d'une galerie visitable de gros diamètre à l'aval (à 5 m) qui se réduit ensuite à l'amont à une section de 2.5 m à 1.30 m (partie dite non visitable). Le collecteur principal est équipé d'un réseau dense de barbacanes (environ 6000) disposées soit latéralement en piédroit ou ouverte directement sur la voute en amont du regard 19. Les informations transmises par la CNR, peu nombreuses et partielles, ne permettent pas de reconstituer la géométrie du drain (position et longueur des barbacanes) et encore moins d'en préciser le mode de fonctionnement et de gestion (par tronçon visiblement). En définitive seule la structure du collecteur principal est connue.



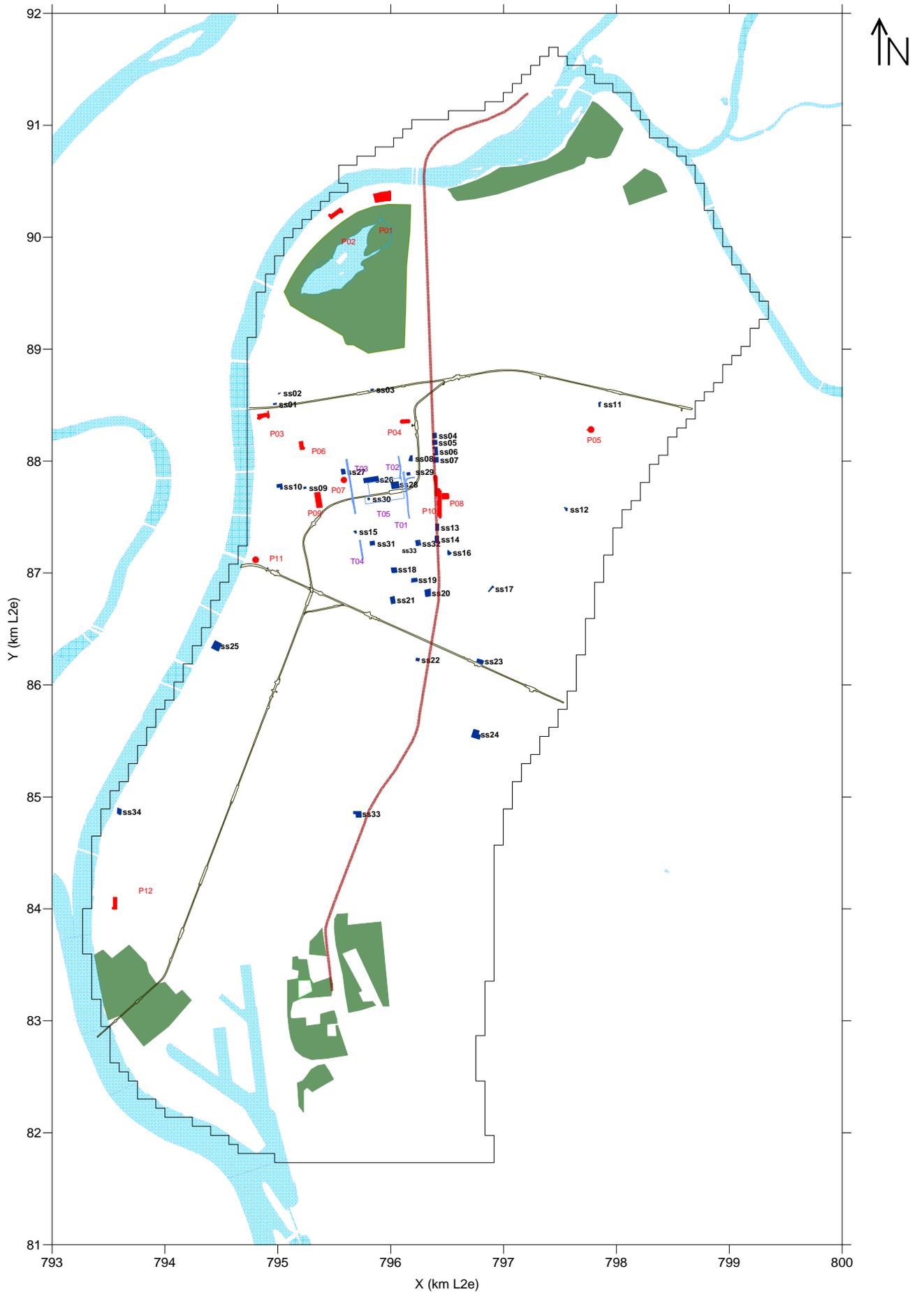
Le débit drainé par l'ouvrage a fortement évolué depuis sa mise en service, passant d'une valeur maximale de plus de 9000 m³/h en 1970 à moins de 5000 m³/h pour les dernières décennies.

6.1.7 Synthèse

La connaissance des ouvrages souterrains est un point sensible de l'étude puisque la piézométrie actuelle à l'échelle du modèle et plus particulièrement à celle du projet NFL est le résultat de l'ensemble des contraintes exercées par ces infrastructures en interaction avec la nappe.

Au bilan, les caractéristiques de ces ouvrages ne sont pas suffisamment bien connues pour en permettre une représentation fiable et précise. Au demeurant, il convient de souligner que ce défaut d'inventaire ou de connaissance n'est pas toujours impactant. En effet, les études de 2012 ont permis de démontrer que les ouvrages de faible dimension tels que les parkings, les sous-sols, les stations de métro ou encore certains tunnels de métro, n'ont en règle générale que très peu d'influence sur l'écoulement de la nappe. La raison tient principalement à la forte perméabilité des alluvions modernes. Le cas des du port Édouard Herriot et du drain CNR est bien entendu très différent.

La **Figure 5** présente une synthèse des infrastructures identifiées et prises en compte dans le cadre de l'extension du modèle initial. Une liste détaillée est donnée en **Annexe 1**.



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 5 - Carte de synthèse des infrastructures enterrées intégrées au modèle

LEGENDE

- Limites du modèle
- Tracé du projet NFL
- Métro
- Parking enterré
- Sous-sol
- Trémie
- Espaces verts

6.2 Piézométrie

La piézométrie, ou niveau de la surface de la nappe dans le sol, est une donnée essentielle de l'étude puisqu'elle est ici la seule référence à partir de laquelle le modèle peut être calé. Par conséquent, il est indispensable de disposer de mesures suffisamment nombreuses, fiables et favorablement réparties à l'échelle du domaine représenté.

Les données utilisées pour le modèle général développé par le BRGM en 2004-2007 [2][3][4], ne sont plus suffisamment complètes puisque les chroniques s'arrêtent en mai 2008. De même, les cartes piézométriques disponibles datent de 2004 (mai et novembre).

Dans le cadre de l'étude du projet urbain Part-Dieu [19], une importante phase de collecte et de synthèse a été menée au dernier trimestre 2012 afin de mettre à jour ces données et d'en extraire des éléments fiables et exploitables pour le calage du modèle. Le domaine modélisé se trouvant ici élargi au Nord et au Sud il a donc été nécessaire :

- d'abord, de mettre à jour les données collectées en 2012,
- de collecter et de synthétiser les données disponibles dans les deux zones d'extension : au Nord, secteur Saint Clair, en rive droite du Rhône, au Sud secteur allant de la Guillotière au Port Édouard Herriot.

Pour l'extension Nord aucune donnée n'a pu être identifiée. Il semble que ce secteur ne dispose pas d'ouvrage pérenne destiné au suivi piézométrique de la nappe. Ce constat n'est pas surprenant dans la mesure où les alluvions ne sont présentes ici que sur une très mince bande de terrain confinée entre le Rhône et les pentes du plateau de Caluire.

Pour l'extension Sud, le Grand Lyon ne dispose d'aucun ouvrage de suivi piézométrique dans le secteur. En revanche, la CNR possède un réseau de 22 piézomètres permettant de suivre et de gérer le fonctionnement du drain. Les données acquises auprès de la CNR sont résumées dans **Tableau 7**. Notons que cet achat supporté par RFF a fait l'objet d'un contrat limitant l'utilisation des données à cette seule étude.

Document consulté	Source	Données collectées	Lacunes
Cartes piézométriques	Etude BRGM	Cartes de mai et novembre 2004	Cartes anciennes, pas d'actualité
Suivi piézométrique sur le réseau du Grand Lyon	Etude BRGM	Suivi de septembre 2006 à mai 2008	Pas à jour
Suivi piézométrique sur le réseau du Grand Lyon	Dir. Eau - Grand Lyon	Suivi de janvier 2008 à mi-octobre 2013 (voir détails dans Tableau 8)	Pas de données sur le piézomètre UCJG et suivi incomplet sur Salle G. Philippe et Saint Alban
Suivi des piézomètres CNR	CNR	Suivi de 1998 ou 1999 à 2013 (ou avant en cas de panne) sur 22 piézomètres	Pas de mesure limité (souvent trimestriel), données non validées
Suivi du piézomètre Baraban	ANTEA	Suivi d'avril 2000 à août 2012 sur le piézomètre Baraban	

Tableau 7 – Inventaire des données collectées pour la piézométrie

Plusieurs dysfonctionnements ou anomalies ont été relevés :

- certains ouvrages disposent de très peu de données (moins de 10 mesures) et ne permettent donc pas de définir un niveau moyen,
- certaines chroniques de suivi montrent des sauts ou des discontinuités, probablement dues à des recalages du niveau de référence, rendant la définition d'un niveau moyen compliquée et globalement peu représentative,
- certaines chroniques ne sont pas corrélées malgré la proximité des ouvrages, traduisant soit une erreur de calage des niveaux sur un des ouvrages, soit l'existence d'une condition spécifique justifiant ces écarts. En l'absence d'éléments d'analyse complémentaire, il reste très difficile de trancher dans ces cas d'incohérence entre piézomètres voisins.

Au final, l'interprétation de ces données se révèle complexe, d'autant que les données transmises sont des données brutes, non validées et non interprétées par la CNR. Les chroniques débutent en 1998 ou 1999 et sont le plus souvent trimestrielles, excepté pour 2 ouvrages suivis en automatique. Le suivi est interrompu à des dates variables, parfois dès 1999, ou en 2004 ou 2005, et se poursuit sur d'autres ouvrages en 2013.

La synthèse piézométrique réalisée ici relève donc d'une double analyse, d'une part sur les données du réseau de suivi piézométrique du Grand Lyon, qui s'étend sur la majeure partie du domaine modélisé, et d'autre part sur les données de la CNR pour le secteur sud, de Guillotière au Port Édouard Herriot. Ce secteur ne disposant pas d'ouvrages géré par le Gand Lyon, les analyses ont été réalisées et sont présentées séparément dans les paragraphes suivants.

L'exploitation des données a permis de mettre en évidence des tendances moyennes mais également certaines particularités locales (amplitude de battement importante, impact des cours d'eau voisins, etc.) ou certaines anomalies.

6.2.1 Piézomètres Grand Lyon

Le **Tableau 8** synthétise les données disponibles sur le réseau Grand Lyon qui totalise 17 piézomètres mais dont seulement 16 sont suivis, le piézomètre UCJG étant visiblement abandonné (aucune mesure sur la période considérée).



Piézomètre	Code BSS	X L2 (m)	Y L2 (m)	Début suivi	Fin suivi	Période de lacune	
Bvd des Belges	06986B0234/S	795580	89040	06/10/2006	14/09/2013	17/03/2009 20/10/2009 15/09/2013	06/04/2009 10/05/2010 16/10/2013
Bvd Deruelle	06986P0292/PZ	795950	87890	06/10/2006	16/10/2013	23/08/2009	10/05/2010
CNR rue Domer	06986R0089/S	795726	86187	06/10/2006	31/12/2011	29/06/2009	10/05/2010
Eglise St Pothin	06986X0172/PZ3	795185	88230	27/09/2006	16/10/2013		
Eglise St André / Guillotière	06986X0173/PZ4	794857	86690	26/09/2006	16/10/2013	19/03/2013 17/05/2013 14/06/2013	25/03/2013 29/05/2013 15/06/2013
Stade des Channées	06986X0174/PZ6	794132	84936	26/09/2006	16/10/2013	06/06/2008	10/05/2010
La Doua	06987A0186/S	796607	89749	26/09/2006	16/10/2013	06/06/2008 20/05/2010 07/10/2010 23/12/2012 12/02/2013 12/07/2013	30/04/2009 01/06/2010 26/10/2010 02/01/2013 06/05/2013 13/07/2013
Salle Gérard Philippe	06987I0210/PAC	797282	88377	05/10/2006	07/06/2007		
Place Wilson	06987I0214/PZ	796933	89113	27/09/2006	31/12/2011	11/01/2007 03/07/2007 15/09/2007 04/02/2008 24/10/2008 09/01/2009 08/05/2009 03/06/2009	01/07/2007 01/08/2007 29/11/2007 07/02/2008 13/11/2008 07/04/2009 19/05/2009 10/06/2010
Cimetière militaire	06987J0104/PZ	798127	90284	05/10/2006	16/10/2013	08/06/2007 30/04/2008	22/06/2007 19/05/2009
Rue Baraban	06987M0008/S3	796910	87380	26/09/2006	23/08/2012	24/08/2012	16/10/2013
UCJG	06987N0017/F	798625	87077				
Stade des Iris	06987X0292/PZ2	799356	88577	26/09/2006	11/09/2013	12/09/2013	16/10/2013
Stade Jules Verne	06987X0293/PZ5	797704	86605	26/09/2006	18/09/2013	11/09/2007 30/11/2007 05/05/2008 19/09/2013	27/11/2007 06/04/2008 05/08/2008 16/10/2013
Eglise St Alban / Laennec	06987X0295/PZ1 1	798193	85326	02/02/2010	16/10/2013		
Eglise St François	06987X0296/PZ1 4	797987	88850	28/09/2006	14/10/2013	07/06/2008	01/02/2010
Jardin public Varichon	06987X0297/PZ1 5	797289	84655	26/09/2006	16/10/2013		

Tableau 8 – Inventaire des données piézométriques collectées auprès de la Direction de l'Eau du Grand Lyon

Une analyse statistique a été menée afin de définir les principales valeurs caractéristiques : moyenne (z_m), médiane et écart type (σ). Les résultats sont présentés dans le **Tableau 9**. Les termes HE et BE désignent

respectivement les situations de plus hautes et de plus basses eaux sur la période. Elles sont statistiquement définies en considérant que ces deux états correspondent aux valeurs maximales et minimales en excluant les 5 % de valeurs observées les plus extrêmes. Elles correspondent donc aux limites de l'intervalle comprenant 95 % des valeurs observées et sont définies par :

- $Z_{HE} = Z_m + 2\sigma$
- $Z_{BE} = Z_m - 2\sigma$

Piézomètre	X L2 (m)	Y L2 (m)	Moyenne (m)	Médiane (m)	Ecart-type (m)	Nb valeurs	Z HE (m)	Z BE (m)
Bvd des Belges	795580	89040	163.06	162.97	0.27	2312	163.60	162.53
Bvd Deruelle	795950	87890	162.81	162.75	0.23	2307	163.28	162.34
CNR rue Domer	795726	86187	162.28	162.27	0.31	1597	162.89	161.67
Eglise St Pothin	795185	88230	162.82	162.78	0.20	2577	163.23	162.41
Eglise St André / Guillotière	794857	86690	161.97	162.05	0.18	2556	162.33	161.62
Stade des Channées	794132	84936	159.89	159.88	0.19	1874	160.26	159.51
La Doua	796607	89749	163.06	162.92	0.34	2115	163.74	162.38
Salle Gérard Philippe	797282	88377	163.67	163.67	0.16	0	163.99	163.36
Place Wilson	796933	89113	163.40	163.41	0.30	1176	164.00	162.79
Cimetière militaire	798127	90284	164.35	164.21	0.36	2168	165.08	163.62
Rue Baraban	796910	87380	163.51	163.51	0.21	2159	163.93	163.09
UCJG	798625	87077				0		
Stade des Iris	799356	88577	165.87	165.79	0.45	2543	166.77	164.98
Stade Jules Verne	797704	86605	164.00	163.94	0.24	2249	164.48	163.53
Eglise St Alban / Laennec	798193	85326	167.20	167.16	0.14	1353	167.47	166.93
Eglise St François	797987	88850	164.39	164.27	0.30	1969	165.00	163.78
Jardin public Varichon	797289	84655	167.21	167.19	0.12	2578	167.45	166.98

Tableau 9 – Statistiques sur les des données piézométriques Grand Lyon, période sept.2006 - sept.2013

6.2.1 Piézomètres CNR

Le **Tableau 10** synthétise les données disponibles sur le réseau de suivi CNR. Sur les 22 ouvrages, 6 d'entre eux ne disposent d'aucune mesure sur la période allant de septembre 2006 à septembre 2013 (période de recouvrement avec les données Grand Lyon) : P394bis, P100S, P109S, P104S, P477 et p454. L'analyse statistique sur 16 piézomètres restant a été menée de la même manière que précédemment. Les résultats sont présentés **Tableau 11**.

Les résultats font apparaître quels quelques lacunes ou anomalies dans les données fournies :



- le piézomètre P6 ne dispose que d'une seule mesure sur la période de suivi, ce qui le rend inexploitable dans cette analyse ;
- le piézomètre SE8 présente des fluctuations de niveau importantes et non corrélées aux piézomètres voisins, ce qui amène à s'interroger sur la fiabilité des mesures.

Piézomètre	Code BSS	X L2 (m)	Y L2 (m)	Début suivi	Fin suivi	Nb mesures
P548	06986R0089	795 728	86 186	02/03/98	04/09/13	62
P187bis	06987Q0056	796 264	85 078	02/03/98	20/03/13	48
P464	06986T0052	795 199	85 430	02/03/98	04/09/13	61
476		793 415	84 365	02/03/98	20/05/09	44
P394bis	06986O0305	794 275	85 805	02/03/98	02/01/05	28
100S		793 380	84 157	02/03/98	02/01/05	29
P6	06986S0123	793 578	84 477	02/03/98	03/10/06	35
109S		793 600	84 483	02/03/98	24/01/06	32
104S		793 563	84 125	02/03/98	16/09/99	7
P477	06986S0191	793 912	84 443	02/03/98	10/09/04	28
P469bis	06986T0102	794 466	83 108	02/03/98	04/09/13	62
P413S		794 325	83 250	01/01/99	20/06/13	24646
414b		794 859	83 648	02/03/98	04/09/13	58
P482	07222H0171	795 627	82 277	02/03/98	04/09/13	60
P521	06986T0103	794 930	83 015	02/03/98	04/09/13	62
P535	06986T0105	794 663	83 823	02/03/98	04/09/13	61
414		794 831	83 673	02/03/98	04/09/13	60
534		794 667	83 730	02/03/98	12/03/12	56
P339		795 889	81 323	02/03/98	04/09/13	60
P503		795 448	81 600	01/01/99	20/06/13	47356
SE8		795 170	81 805	02/03/98	04/09/13	56
454		795 530	81 262	02/03/98	16/09/99	6

Tableau 10 – Inventaire des données piézométriques collectées auprès de la CNR

Piézomètre	X L2 (m)	Y L2 (m)	Moyenne (m)	Médiane (m)	Ecart- type (m)	Nb valeurs	Z HE (m)	Z BE (m)
P548	795 728	86 186	161.85	161.83	0.24	28	162.32	161.37
P187bis	796 264	85 078	161.30	161.32	0.30	17	161.91	160.70
P464	795 199	85 430	161.14	161.17	0.22	28	161.57	160.70
476	793 415	84 365	160.84	160.83	0.12	10	161.08	160.59
P6	793 578	84 477	160.22	160.22		1		
P469bis	794 466	83 108	159.43	159.44	0.14	28	159.70	159.16
P413S	794 325	83 250	159.43	159.42	0.12	9081	159.67	159.18
414b	794 859	83 648	159.05	159.10	0.22	28	159.49	158.62
P482	795 627	82 277	159.37	159.30	0.32	28	160.01	158.73
P521	794 930	83 015	159.02	159.03	0.17	28	159.37	158.67
P535	794 663	83 823	158.69	158.71	0.17	27	159.02	158.36
414	794 831	83 673	158.66	158.71	0.12	26	158.91	158.41
534	794 667	83 730	158.60	158.65	0.18	22	158.97	158.23
P339	795 889	81 323	158.49	158.41	0.37	26	159.22	157.75
P503	795 448	81 600	158.26	158.30	0.43	10908	159.11	157.40
SE8	795 170	81 805	157.81	157.88	0.57	22	158.94	156.68

Tableau 11 – Statistiques sur les des données piézométrique CNR pour la période sept.2006 - sept.2013

6.2.1 Esquisse piézométrique d'ensemble

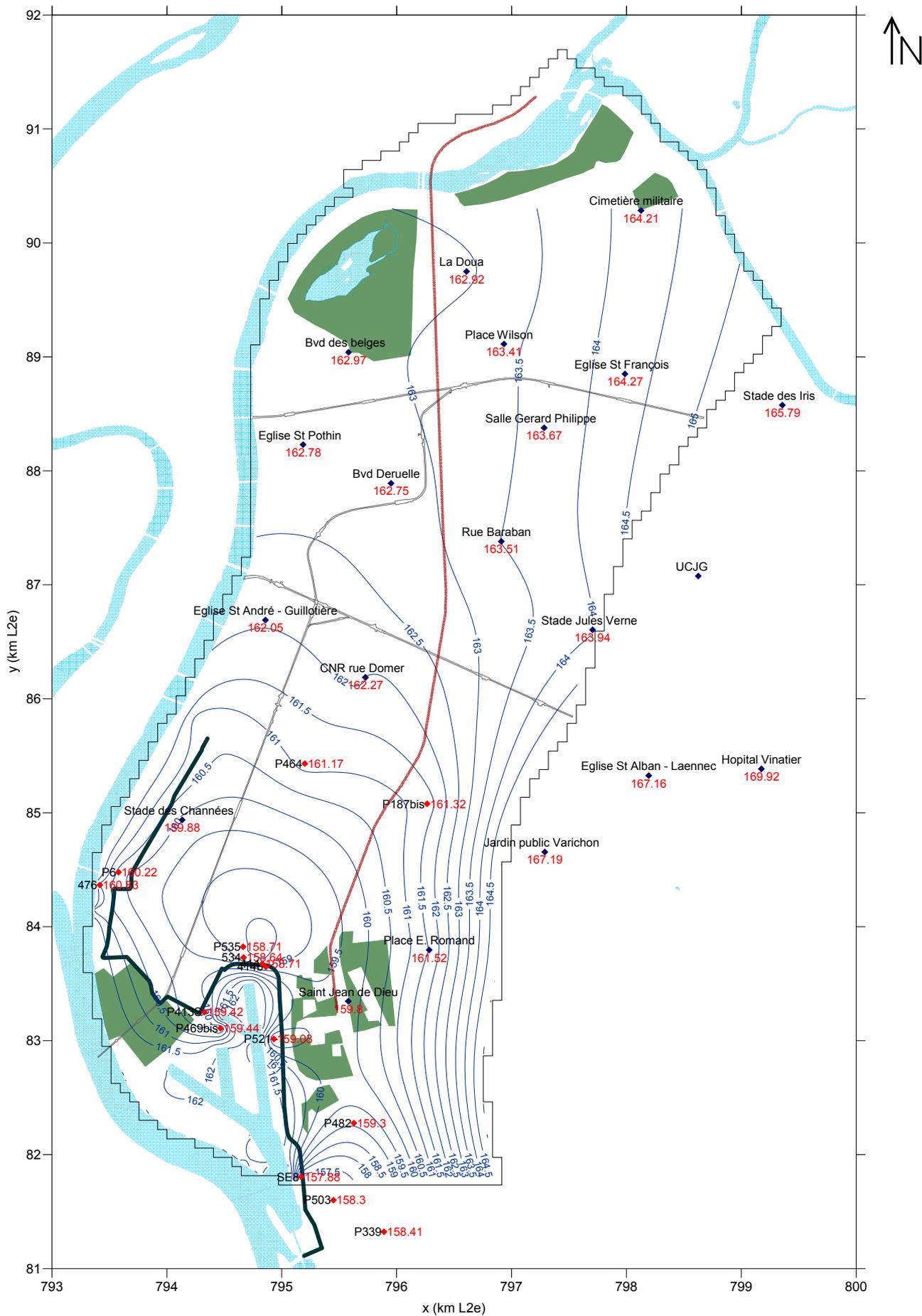
La **Figure 6** propose une esquisse piézométrique globale établie à partir des données issues des réseaux de suivi Grand Lyon et CNR en considérant la moyenne des valeurs observées sur la période 2006-2013.

Cette cartographie confirme les directions et les gradients d'écoulement fournis par l'étude BRGM de 2006 [2] comme par les cartes piézométriques plus anciennes de 2004 et 1973. Cette cohérence d'ensemble atteste la remarquable stabilité des écoulements souterrains.

De manière synthétique, les écoulements s'orientent :

- Dans la partie nord du modèle (au Nord de Part-Dieu), d'Est en Ouest en direction du Rhône ;
- Dans la partie centrale du modèle (pour $84\,500 < Y < 87\,500$ m), d'abord d'Est en Ouest puis s'incurvent progressivement en direction du Sud-Ouest, parallèlement au Rhône (effet de drainage par le fleuve) ;
- Dans la partie sud du modèle (au Sud de la Guillotière), en fonction de la nature des aménagements existants (drain CNR et darse du PLEH) qui impactent significativement la nappe : apparition d'un cône de rabattement dans le périmètre du drain CNR, effet de charge imposée à +162.0 m NGF en périphérie de la darse et du Rhône.

Concernant les battements de nappe, la **Figure 7** montre des tendances assez différentes selon les piézomètres. On peut ainsi distinguer :



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 6 - Carte piézométrique moyenne (2006-2013)
 sur le réseau de suivi du Grand Lyon et de la CNR

LEGENDE

- Limites du modèle
- Tracé du projet NFL
- Métro
- Drain CNR
- ◆ Piézomètre Grand Lyon
- ◆ Piézomètre CNR
- 161.65 Cote piézométrique moyenne (m NGF)
- 163 — Isopièze (m NGF)
- Espace vert

- Un groupe de 5 piézomètres qui présentent une amplitude de variation moyenne comprise entre 65 et 90 cm : St François, Bd des Belges, St Pothin, Bd Deruelle et Rue Baraban. Ces ouvrages sont tous localisés dans le secteur central du modèle, à savoir en amont hydraulique immédiat du quartier de la Part-Dieu ;
- Un groupe de 5 piézomètres avec une amplitude de variation moyenne comprise entre 50 et 65 cm : CNR rue Domer, St André-Guillotière, Stade Jules Verne, Stade des Channées et Salle G. Philippe. Ces ouvrages sont localisés dans la partie aval (Sud) du secteur d'étude, hormis celui de la Salle G. Philippe, qui présente une forte incertitude du fait de la durée très réduite du suivi (moins de 9 mois). Ce point est donc à écarter de l'analyse.
- Un groupe de 2 piézomètres dont l'amplitude de variation annuelle moyenne est inférieure à 30 cm : Jardin Public Varichon et St Alban-Laennec. Ces 2 ouvrages sont situés tous les 2 en limite Sud-Est du modèle et présentent des niveaux piézométriques équivalents. Il semble que ce secteur se caractérise donc par des niveaux assez élevés (autour de +167.0 m NGF) mais un battement très faible. Cette tendance résulte vraisemblablement de l'influence de la butte morainique de Bron dont l'affleurement disparaît immédiatement à l'Est des deux piézomètres, constituant ainsi une limite stable pour les écoulements.

La variabilité de comportement peut introduire une déformation locale des isopièzes à l'échelle du modèle selon que l'on considère une période de hautes, moyennes ou basses eaux. Mais les tendances générales restent pour autant respectées.

Concernant le secteur sud et plus précisément les piézomètres CNR, les chroniques de la **Figure 8** montrent également des amplitudes de variation contrastées. Toutefois, étant donné la faible fréquence de mesure (trimestrielle la plupart du temps), il est difficile d'en déduire des comportements type comme sur les piézomètres du réseau du Grand Lyon. On peut néanmoins observer sur les 2 piézomètres équipés d'enregistreurs de niveau en continu (P413S et P503) des comportements distincts puisque l'amplitude de variation du niveau de la nappe est très différente, avec 59 cm sur P413S et 1.86 m sur P503. De telles variations peuvent être bien entendu liées au mode d'exploitation du drain, certains tronçons pouvant être activés ou au contraire désactivés par le gestionnaire en fonction des besoins (travaux souterrains par exemple) et de l'état de la nappe.

Il faut enfin noter ici que la carte piézométrique présentée **Figure 6** est établie à partir des seuls points de suivi disponibles dont la densité se trouve relativement limitée eu égard à l'extension du domaine considéré. Il est par conséquent évident que cette carte ne peut prétendre représenter avec exactitude et de manière détaillée la structure réelle des écoulements et qu'elle ne fournit qu'une vision globale dont la précision est étroitement liée à la densité du réseau d'observation.

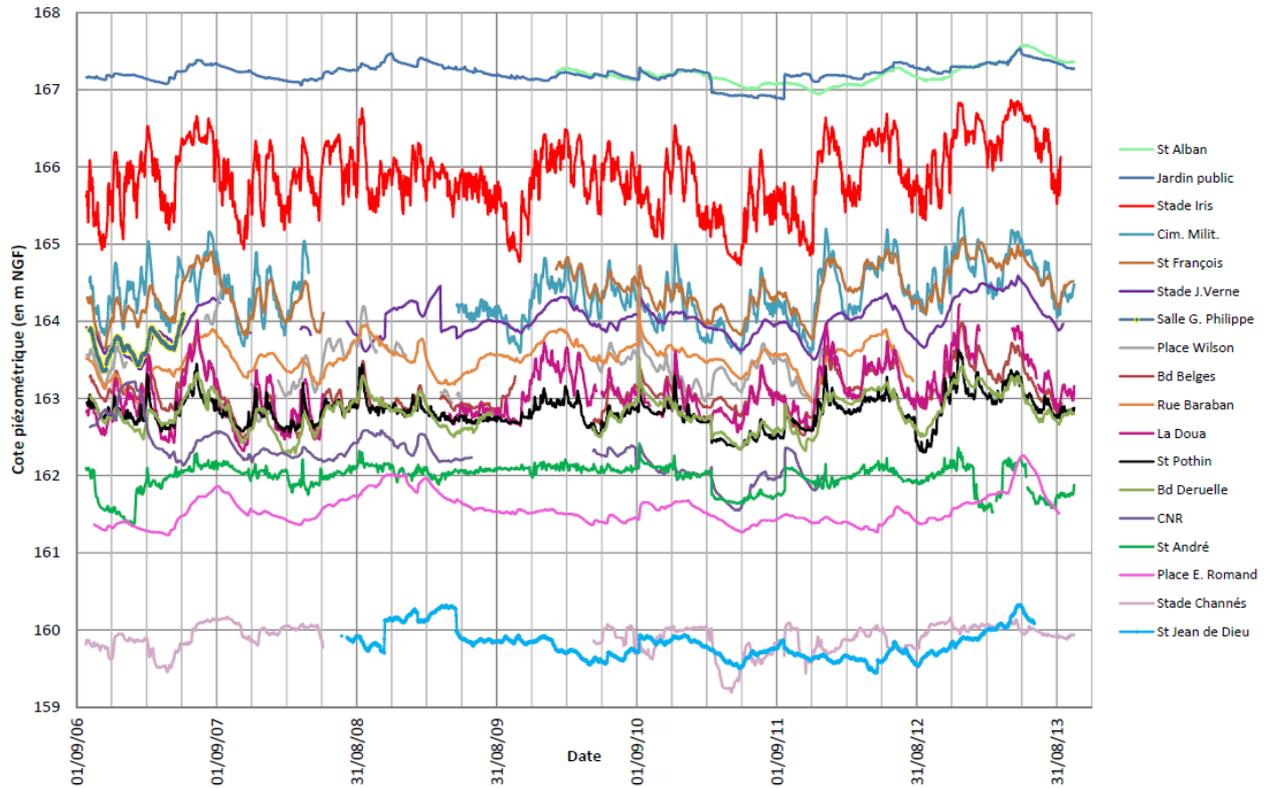


Figure 7 – Suivi piézométrique de septembre 2006 à octobre 2013 sur le réseau du Grand Lyon

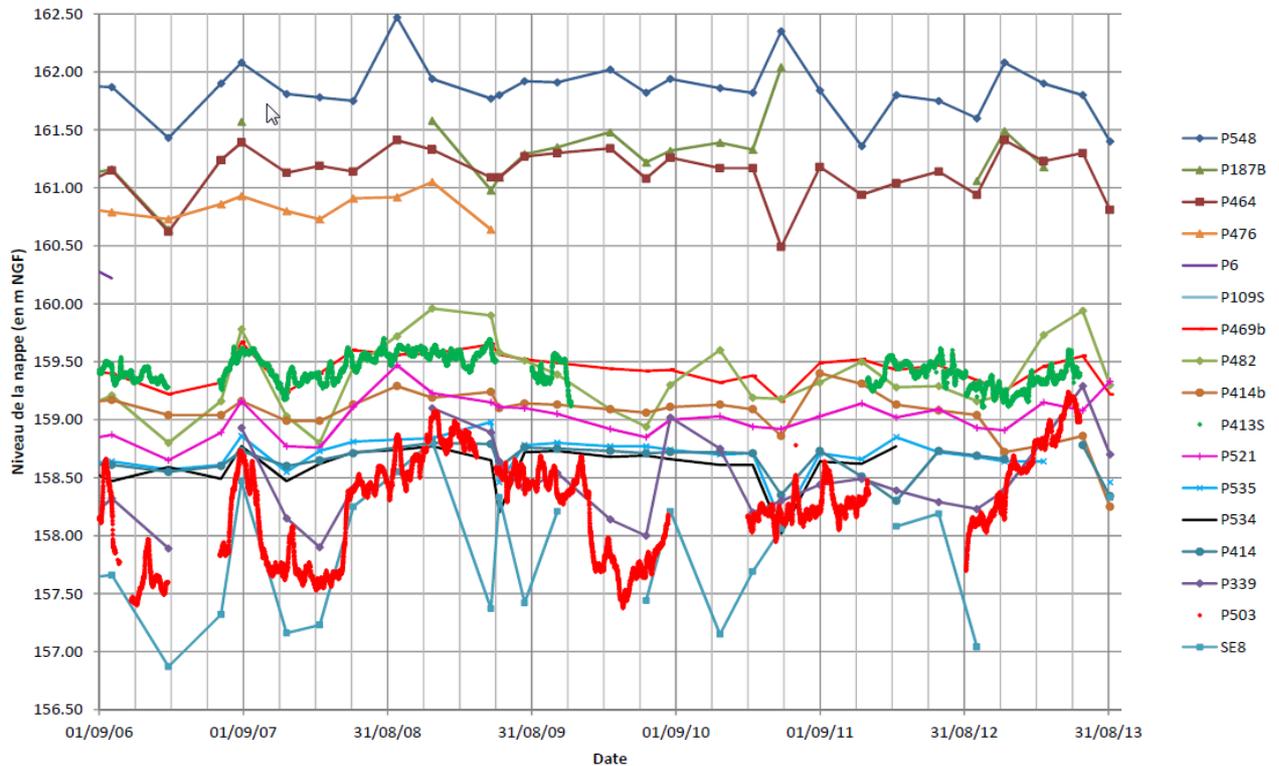


Figure 8 – Suivi piézométrique de septembre 2006 à septembre 2013 sur le réseau de la CNR

6.3 Prélèvements et rejets à la nappe

Les prélèvements comme les rejets en nappe sont des données d'entrée incontournables de la modélisation puisqu'ils influencent au moins localement la structure des écoulements. Une attention particulière a donc été portée afin d'établir un inventaire aussi complet et précis que possible des ouvrages existants et des débits exploités.

Le **Tableau 12** recense les différentes sources d'informations consultées. Les données recueillies ont été rassemblées dans une base Excel structurée en 4 principaux champs : localisation des ouvrages, type (pompage ou rejet), usage, volume prélevé ou injecté. Un tri a été ensuite réalisé afin de vérifier la cohérence et la validité des données :

- En termes de localisation des ouvrages, notamment par rapport aux adresses postales indiquées, y compris pour les doublets géothermiques avec pompage et réinjection ;
- En termes de volumes prélevés ou réinjectés, par recoupement entre les différentes sources d'information.

Quelques corrections ont été nécessaires, notamment au niveau des doublets géothermiques dont les ouvrages de pompage et de rejet sont généralement identifiés avec les mêmes coordonnées. Si au bilan les débits pompés et réinjectés sont équilibrés, l'effet sur la piézométrie est pour autant très contrasté : rabattement au point de pompage, remontée au point de rejet. Il est donc nécessaire de connaître la position des puits pour en représenter correctement les effets. Les coordonnées de certains ouvrages ont ainsi été modifiées en prenant pour hypothèse les principes de création de ce type de doublets, à savoir que le rejet est généralement placé en aval du pompage (sauf indication contraire). Cette distinction a été faite pour l'ensemble des doublets recensés qui représentent 298 points à l'échelle du domaine modélisé.

Par ailleurs, il a été admis par simplification que les doublets dont le débit d'exploitation est inférieur à $15 \text{ m}^3/\text{h}$ (en considérant un fonctionnement continu 24h/24 sur 365 jours à partir des débits annuels fournis), n'impactent pas ou peu la nappe. Il a donc été choisi de ne pas les représenter, ce qui conduit à retirer 70 points.

En outre, 38 autres puits de prélèvement ont été retirés soit en l'absence d'information sur le débit exploité, soit lorsque le débit prélevé était nul sur la période 2009 et 2010 (dispositif supposé à l'arrêt).

Au final, la base de données corrigée et filtrée comprend 196 ouvrages dont :

- 110 ouvrages de pompage :
 - 66 puits à usage géothermique (PAC ou refroidissement) ;
 - 33 radiers drainants ou puits de drainage, qui correspondent à 10 parkings enterrés ;
 - 5 puits à usage industriel ;
 - 1 puits utilisé pour la piscine municipale (piscine du Rhône) ;
 - 1 puits pour l'alimentation du lac de la Tête d'Or ;
 - 1 puits à usage d'irrigation
 - 3 puits à usage inconnu.

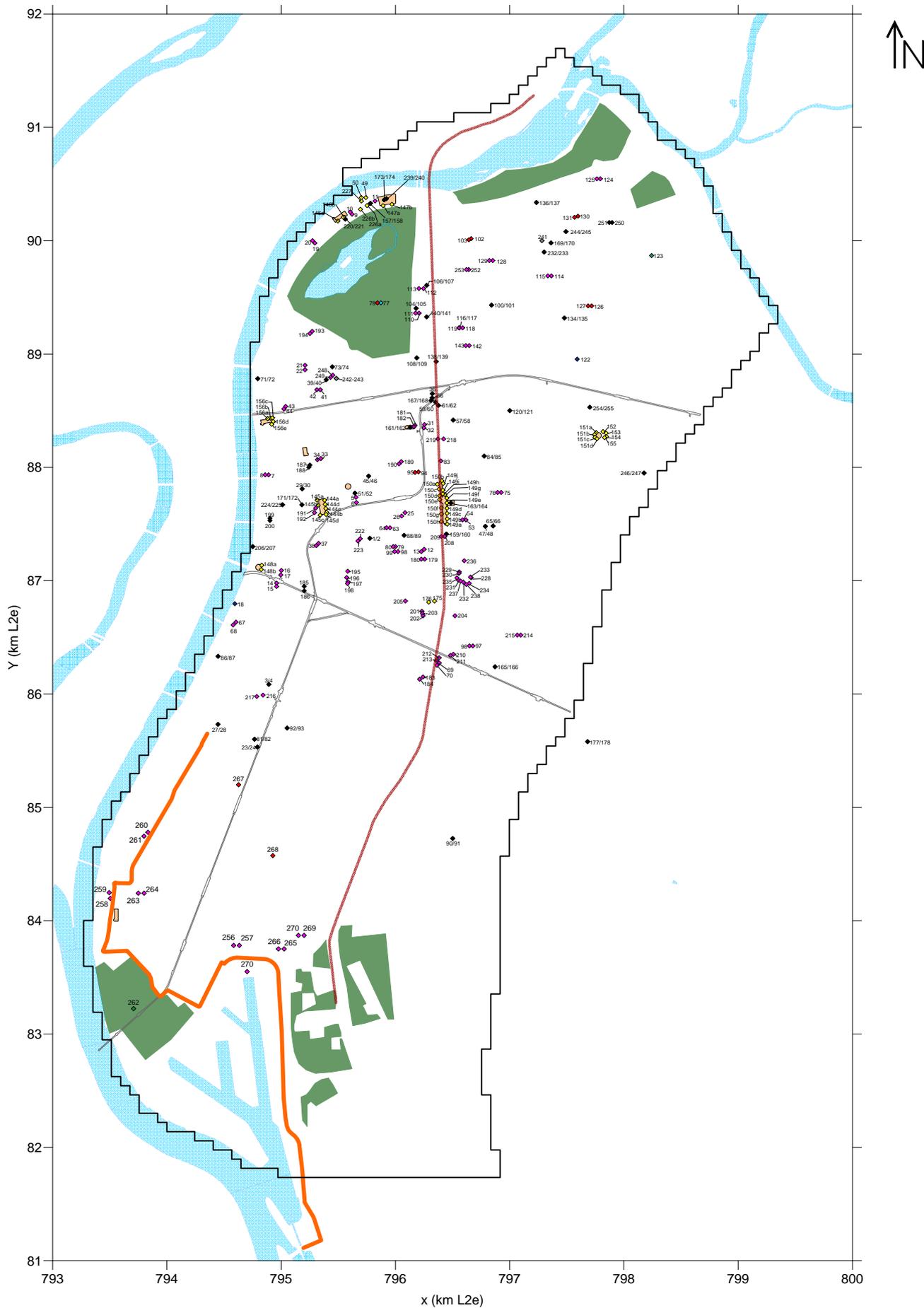
Document consulté	Source	Données collectées	Lacunes
Fichiers prélèvements 2005 à 2010	Agence de l'Eau RMC	Inventaire des prélèvements recensés par l'Agence de l'Eau sur la période 2005 à 2010 (identification et coordonnées du point de prélèvement, usage, débit prélevé).	Qualité des coordonnées (X, Y) des points de prélèvements souvent médiocre. Absence de coordonnées dans le fichier de 2010. Nomenclature des usages des eaux prélevées peu explicite dans les fichiers des années 2008 à 2010. Un seul jeu de coordonnées (X, Y) par "site" quand plusieurs puits sont exploités. Pas d'informations fiables quant à la nature de l'aquifère capté (alluvions, molasse)
Inventaire des prélèvements en 2004	Etude BRGM [2][3]		Non à jour
Inventaire des pompages PAC de la Ville de Lyon	Ville de Lyon	Inventaire des pompages PAC en fonctionnement et arrêtées (Lyon 03 et 06).	Aucune information, hormis l'adresse des PAC recensées dans cet inventaire
Rapport portant sur la connaissance de la Molasse Miocène (2005)	Etude ANTEA	Identification de 10 points de prélèvement exploitant la nappe de la molasse	Non à jour
Rapport de Synthèse hydrogéologique et thermique des forages pompes à chaleur (2000)	Etude HORIZONS		Plus à jour (date de 2000) et repris dans l'étude BURGEAP de 2007
Rapport portant sur l'étude de la nappe phréatique de Lyon (2006)	Etude BURGEAP	Inventaire des pompages PAC sur la ville de Lyon déclarés entre 2000 et 2006. Coordonnées des différents ouvrages de pompages et de rejet d'une exploitation renseignés	-
Inventaire des pompages PAC	DREAL / SNRS	Inventaire des pompages PAC sur Lyon et Villeurbanne	Inventaire non exhaustif, nombreux champs non renseignés ou imprécis (localisation, volumes prélevés ou coupes des ouvrages)
Débits d'exhaure 2010 et 2011 des parkings LPA, plans des parkings	LPA	Débits d'exhaure de l'ensemble des parkings LPA. Localisation des radiers drainants / puits de pompage. Localisation des puits de réinjection (Parking Hôtel de Ville Villeurbanne uniquement)	Débit d'exhaure du parking P2 en 2010
Plans des parkings LPA et rapports de suivi de fonctionnement des dispositifs drainants (année 2011)	LPA	Localisation des points de prélèvements et de rejet pour le maintien à sec des parkings	Localisation des puits de rejets (hormis pour le parking Hôtel de Ville Villeurbanne)

Tableau 12 – Inventaire des données collectées pour la piézométrie



- 86 ouvrages de réinjection :
 - 61 puits géothermiques (PAC ou refroidissement) ;
 - 19 puits de réinjection pour drainage ou radier drainant ;
 - 4 puits de réinjection à usage industriel ;
 - 2 puits à usage inconnu.

La liste des puits répertorié est donnée en **Annexe 2**. La cartographie des points de prélèvement et de rejets retenus à l'échelle du modèle est présentée **Figure 9**.



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 9 - Carte des prélèvements d'eau souterraine à l'échelle du modèle

LEGENDE

- Limites du modèle
- Drain CNR
- Usage principal des captages pris en compte dans le modèle
- ◆ Drainage / maintien à sec
- ◆ Industriel
- ◆ Piscine
- ◆ Inconnu
- Captages non pris en compte dans le modèle ◆
- Tracé du projet NFL
- Espace vert
- ◆ Métro
- ◆ PAC ou refroidissement
- ◆ Irrigation
- ◆ Alimentation d'un canal

6.4 Conditions aux limites

6.4.1 Typologie

Plusieurs conditions aux limites interviennent au niveau du modèle, que ce soit verticalement ou horizontalement. Si elles sont conceptuellement et géographiquement définies (cf. 5.1), certaines doivent être quantifiées pour être correctement introduites dans le modèle. On peut distinguer les conditions aux limites ou externes (charge imposées, recharge) et les conditions internes ou conditions de débordement (cas du drain CNR).

6.4.2 Niveaux de référence des cours d'eau

Le modèle est délimité, de l'aval vers l'amont, par le Rhône, depuis le PK 3.0 (situé en rive droite en face de l'entrée de la darse) jusqu'à la confluence avec le canal de Jonage (en amont du seuil de la Feyssine), puis par le canal de Jonage jusqu'à la limite est du modèle, localisé en aval du barrage hydroélectrique de Cusset.

Plusieurs stations de mesure existent sur ce linéaire et les données de niveau ont été récupérées ou acquises auprès des gestionnaires (DREAL et CNR). Les stations concernées sont les suivantes :

- PK 3.0 : niveau du Rhône, géré par la CNR ;
- Perrache (pont Gallieni) : niveau du Rhône, géré par la CNR ;
- Pont Morand : niveau du Rhône, géré par la DREAL ;
- Villeurbanne (seuil sur le Rhône, au niveau de la Feyssine, sous le périphérique Nord) : niveau du Rhône à l'aval du seuil, géré par la CNR ;

NB : la station de mesure est implantée à l'amont du seuil et les premières informations qui nous ont été fournies, d'abord oralement avant commande des données, puis lors de la transmission des données, indiquaient une mesure à l'amont du seuil. Mais à l'analyse, des doutes sont apparus et nous avons recontacté la CNR qui a confirmé l'implantation à l'amont. Face à notre insistance, nous avons réussi à joindre un autre interlocuteur, M. Pantel, qui nous a indiqué que si la station d'enregistrement est physiquement implantée à l'amont du seuil, la prise de pression est par contre située à l'aval du seuil. Cette station mesure donc bien le niveau du Rhône à l'aval du seuil. Notons que ce point particulier ne semble pas avoir été correctement pris en compte dans les études BRGM de 2004-2007 [1][2][3].

- Pont de Croix Luizet : niveau du Rhône (canal de Jonage), également géré par la CNR).

Les données effectivement recueillies sont listées dans le **Tableau 13**.

Objet	Source	Données collectées	Lacunes
Niveau du Rhône au PK 3.0	CNR	Moyennes mensuelles de janvier 2006 à septembre 2013	Une seule valeur (moyenne) par mois
Niveau du Rhône à Perrache	CNR	Moyennes mensuelles de janvier 2006 à septembre 2013	Une seule valeur (moyenne) par mois
Niveau du Rhône au pont Morand	DREAL	Niveau journalier du 01/01/2007 au 24/09/2013	
Niveau du Rhône à Villeurbanne (seuil)	CNR	Moyennes mensuelles de janvier 2006 à septembre 2013	Une seule valeur (moyenne) par mois
Niveau du canal de Jonage à Croix Luizet	CNR	Moyennes mensuelles de janvier 2006 à septembre 2011	Une seule valeur (moyenne) par mois
Fil d'eau du Rhône	Étude BRGM [2]	Charge imposée sur le Rhône dans le modèle	Une valeur tous les 100 m avec de fortes incertitudes (gradient, saut de niveau absent au niveau du seuil, etc.)

Tableau 13 – Inventaire des données collectées pour le niveau du Rhône

Une analyse statistique a été conduite afin de définir la moyenne et l'écart type des niveaux du Rhône au droit des différentes stations. Avec seulement 90 données sur les 3 stations gérées par la CNR, la validité de l'analyse reste limitée et doit être considérée avec précaution (l'échantillon n'étant pas assez étendu pour être représentatif). Mais ces résultats constituent la seule source de données exploitable pour le modèle.

Un découpage a pu être défini sur différents tronçons du Rhône :

- En amont du seuil du Rhône,
- Du seuil au pont Poincaré (à la Cité Internationale) ;
- Du pont Poincaré au pont Gallieni (Rhône chenalisé, profond mais peu étroit lors de traversée de la ville de Lyon) ;
- Du pont Gallieni à l'entrée de la darse du PLEH.

En régime moyen, la hauteur du saut au niveau du seuil, a été admise à 2 m. A partir de cette hypothèse et des niveaux moyens observés sur les 5 stations de mesure, le profil en long du Rhône a pu être reconstitué. Les résultats sont présentés **Figure 10**.

Il ressort de cette analyse sectorielle que :

- le gradient hydraulique est plutôt faible en amont du seuil et lors de la traversée de la ville de Lyon, jusqu'à la darse du Port Édouard Herriot ;
- il est plus important de l'aval du seuil au pont Poincaré, principalement en raison de la morphologie du fleuve.

Les hauteurs du Rhône et du canal ainsi définies ont été intégrées au modèle sous la forme de conditions de charge imposée.

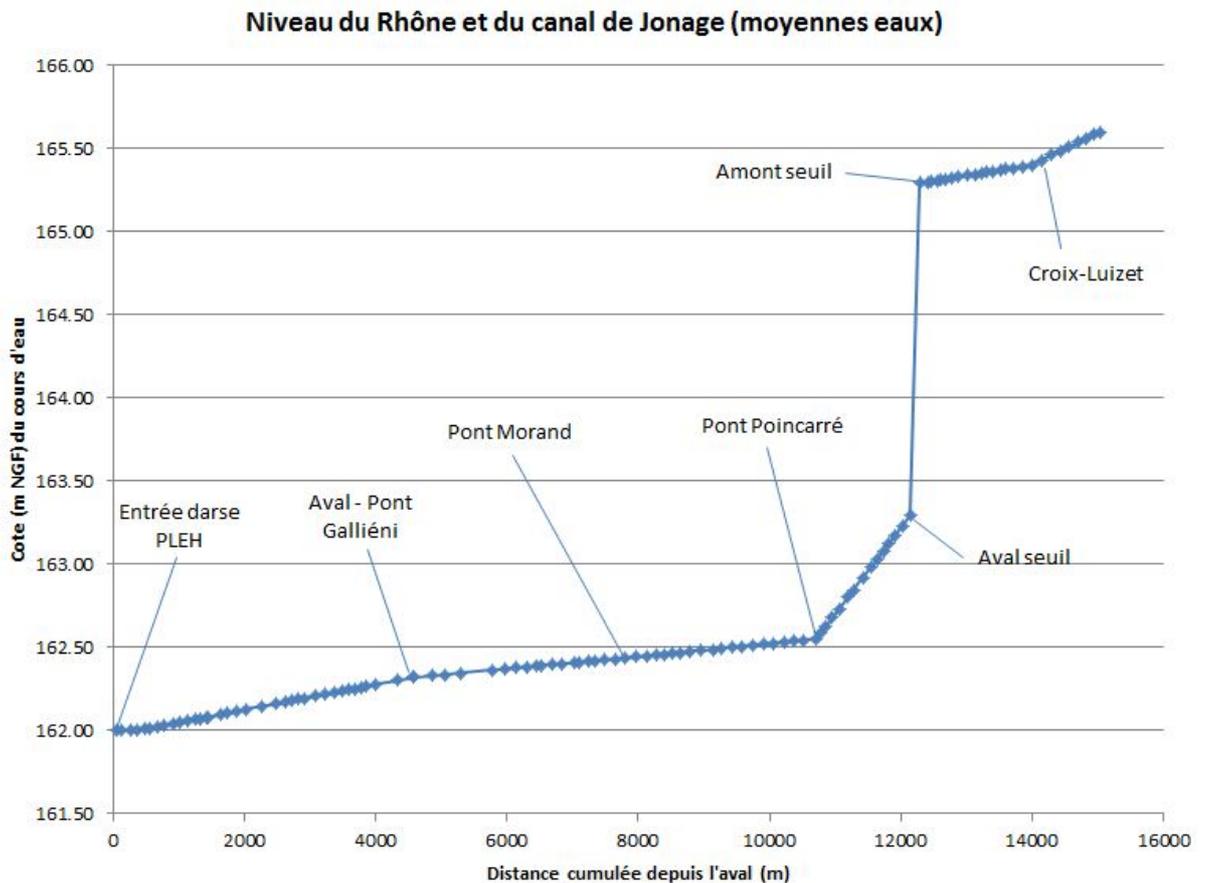


Figure 10 – Profil en long moyen du Rhône entre Croix-Luizet et l'entrée de la darse du PLEH

6.4.3 Conditions internes

Si aucune condition interne n'est définie dans le modèle de base de 2012, l'extension Sud du modèle intègre le drain CNR situé en rive gauche du Rhône.

Ce drain est représenté dans le modèle par une condition dite de débordement. Ce type de condition associe deux paramètres :

- Le cote de débordement, considérée ici comme la cote radier du drain, fournie par la CNR ;
- La conductance hydraulique de contact qui permet de réguler le débit drainé indépendamment de la perméabilité de l'encaissant alluvionnaire.

Compte tenu des informations peu nombreuses, peu précises et partielles fournies par la CNR, il a été très difficile de représenter fidèlement cet ouvrage complexe dont la géométrie semble mal connue. Par conséquent, le calage s'est limité à ajuster le modèle dans les secteurs où des mesures piézométriques sont disponibles, principalement en agissant sur la conductance hydraulique du drain. La cote radier du drain a été considérée comme une donnée de base (la seule connue et fiable) qui n'a pas été modifiée, même si le fonctionnement et le mode d'exploitation réel du drain laissent supposer que d'autres repères seraient peut-être plus pertinents. Par conséquent, la prise en compte du drain CNR est nécessairement schématique et le seul objectif de son

intégration est de permettre une représentation de l'effet de rabattement conformément aux observations disponibles, mais sans aucune certitude sur les hypothèses qui ont été nécessairement prises.

Selon le principe retenu, l'altitude du radier qui fixe la cote de débordement prise en compte dans le modèle, varie de l'amont à l'aval de +158.30 m NGF à +154.11 m NGF en limite sud du modèle. Les conductances hydrauliques ajustées se situent entre 2.10^{-6} s^{-1} et 5.10^{-4} s^{-1} .

Le drain est présenté (en orange) sur la **Figure 9**.

6.5 Recharge

En contexte urbain, les zones de recharge sont en règle générale très limitées. À l'échelle du modèle, la majeure partie du territoire est ici imperméabilisée (voiries, bâtiments) et les eaux de pluie sont récupérées dans leur quasi-totalité par les réseaux collecteurs (unitaire ou séparatif) sans pouvoir atteindre la nappe. Les espaces verts sont peu nombreux à permettre une infiltration de l'eau de pluie vers la nappe. Ces zones se limitent à quelques secteurs moins densément urbanisés, à savoir :

- dans la partie Nord du modèle, du Parc de la Tête d'Or, du Parc de la Feysine et du cimetière militaire,
- dans la partie Sud du modèle, du Parc de Gerland, du square et du parc Saint Jean de Dieu ainsi que des espaces industriels enherbés et des jardins ouvriers situés entre le boulevard Chambaud de la Bruyère à l'Ouest, le boulevard périphérique au Sud et les voies ferrées à l'Est.

D'autres espaces verts existent à l'échelle de Lyon et Villeurbanne mais leur surface cumulée est bien trop réduite pour contribuer significativement à la recharge de la nappe. Ils n'ont donc pas été pris en compte.

Cette recharge a été estimée par la méthode du bilan hydroclimatique Thornthwaite à partir des données de précipitation et d'évapotranspiration potentielle (ETP) moyennant une hypothèse sur la RFU (réserve en eau des sols facilement utilisable) et le coefficient de ruissellement.

Rappelons que cette méthode permet de calculer l'évapotranspiration réelle (ETR) et de déduire la part des précipitations infiltrées correspondant à l'excédent de pluie après avoir satisfait les besoins de l'ETP et de la réserve en eau du sol. Le ruissellement, quand il est possible, ne peut alors avoir lieu que s'il existe un excédent de pluie efficace.

Les données utilisées couvrent la période allant de septembre 1990 à août 2012, soit 22 années, et proviennent :

- De la station de Lyon Tête d'Or (poste Météo France n°69123002) pour les précipitations mensuelles,
- De la station de Lyon-Bron (poste Météo France n°69029001) pour l'évapotranspiration potentielle décadaire.

Il a été considéré une RFU de 80 mm (valeur moyenne admise pour le type de sol rencontré) et un ruissellement variable selon les zones de recharge :

- 5% sur le Parc de la Feysine, le Parc de Gerland, le square et le parc Saint Jean de Dieu ainsi que sur les espaces industriels enherbés et les jardins ouvriers ;

- 25% sur le parc de la Tête d'Or et le cimetière militaire qui présentent des surfaces imperméabilisées et en partie drainées (allées, bâtiments,...).

Les résultats obtenus après cumul sur des années hydrologiques (septembre année N à août année N+1) sont reportés **Tableau 14**. Ils montrent que la recharge brute fluctue très sensiblement : de 33 mm en 2001-2002 à 638 mm en 1993-1994 pour une moyenne d'environ 190 mm.

Pour l'étude, nous retiendrons une valeur moyenne de :

- 140 mm sur les zones où un coefficient de ruissellement de 25 % s'applique ;
- 180 mm sur les zones où un coefficient de ruissellement de 5 % s'applique.

Date	Pluie (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Recharge brute (mm)	Ruissellement C = 25% (mm)	Rch. nette C = 25% (mm)	Ruissellement C = 5% (mm)	Rch. nette C = 5% (mm)
1990-91	761.8	960.2	526.3	235.5	58.9	176.7	11.8	223.8
1991-92	974.3	877.2	800.6	173.7	43.4	130.3	8.7	165.0
1992-93	716.8	858.7	603.5	113.3	28.3	85.0	5.7	107.7
1993-94	1208.2	883.0	570.2	638.0	159.5	478.5	31.9	606.1
1994-95	818.8	909.5	595.3	223.5	55.9	167.7	11.2	212.4
1995-96	827.8	885.5	605.0	222.8	55.7	167.1	11.1	211.6
1996-97	801.3	965.4	535.5	265.8	66.4	199.3	13.3	252.5
1997-98	697.6	982.5	604.0	93.6	23.4	70.2	4.7	88.9
1998-99	844.7	951.0	704.5	140.2	35.1	105.2	7.0	133.2
1999-00	837.8	1000.7	693.8	144.0	36.0	108.0	7.2	136.8
2000-01	936.6	965.3	685.5	251.1	62.8	188.3	12.6	238.5
2001-02	716.7	929.3	684.1	32.6	8.2	24.5	1.6	31.0
2002-03	752.3	1094.0	507.5	244.8	61.2	183.6	12.2	232.6
2003-04	954.6	996.5	633.9	275.8	69.0	206.9	13.8	262.0
2004-05	749.8	1005.2	590.5	204.2	51.1	153.2	10.2	194.0
2005-06	691.1	1001.5	611.9	79.2	19.8	59.4	4.0	75.2
2006-07	1030.7	943.1	879.7	120.7	30.2	90.5	6.0	114.7
2007-08	827.5	914.9	805.7	52.1	13.0	39.1	2.6	49.5
2008-09	788.4	987.1	529.5	258.9	64.7	194.2	12.9	246.0
2009-10	798.5	949.4	639.4	159.1	39.8	119.3	8.0	151.1
2010-11	841.4	972.1	640.1	201.3	50.3	151.0	10.1	191.2
2011-12	869.1	950.0	790.7	78.4	19.6	58.8	3.9	74.5
Moyenne	838.4	953.7	647.1	191.3	47.8	143.5	9.6	181.7
Médiane	823.2	955.6	622.9	187.5	46.9	140.6	9.4	178.1

Tableau 14 – Recharge brute et nette estimée pour une RFU de 80 mm

6.6 Géothermie

L'usage géothermique de la nappe alluviale n'est traité ici que du point de vue hydrodynamique par la prise en compte des débits exploités par les nombreux doublets identifiés à l'échelle du secteur (cf. § 6.3). L'aspect thermique proprement dit ne fait pas partie du périmètre de l'étude que ce soit pour la représentation des effets



thermiques des doublets et a fortiori pour l'analyse des impacts que pourraient avoir le projet NFL sur le fonctionnement de ces doublets.

Notons que, outre les incertitudes sur l'exhaustivité de l'inventaire, une telle approche nécessiterait de disposer de nombreuses données complémentaires notamment sur l'état thermique général de la nappe (par exemple sur le réseau de piézomètres du Grand Lyon) mais aussi sur le mode d'exploitation réel des doublets, en termes de débits (par définition très variable selon les saisons) et de ΔT (écart de température entre eau pompée et rejetée).

7 Calage du modèle : état initial

7.1 Piézométrie de référence

La situation de référence considérée est fournie par le jeu de valeurs correspondant à la moyenne des niveaux mesurés sur le réseau de piézomètres Grand Lyon entre 2006 et 2013, complété des quelques piézomètres CNR pour lesquels des mesures sont disponibles sur cette même période. Au référentiel est associée la carte piézométrique obtenue à partir de ces mêmes points (cf. **Figure 6**).

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

Rappelons que, compte tenu des caractéristiques hydrogéologiques et du fonctionnement de l'aquifère, mais également du nombre limité de piézomètres disponibles pour établir les cartes de référence, il n'est pas possible de définir précisément des situations de hautes et basses eaux. Par conséquent, il a été choisi de travailler sur la base de valeurs moyennes, justement représentatives de la situation de moyennes eaux telles que définies sur la **Figure 6**.

Au besoin, des simulations complémentaires de hautes et basses eaux pourront être envisagées dans une phase ultérieure en agissant sur les conditions aux limites (amont et Rhône) et en vérifiant la cohérence des niveaux calculés avec les niveaux observés.

7.2 Intégration des objets

De nombreux objets (infrastructures et ouvrages souterrains) ont dû être intégrés au modèle pour rendre compte de leurs effets réels sur la piézométrie. Cette opération est relativement délicate et nécessite une grande précision au niveau du maillage pour représenter les différents éléments dans les 3 dimensions sans approximation préjudiciable. Elle requiert également des contrôles a posteriori pour vérifier la cohérence des structures et des maillages de couche en couche.

Les infrastructures enterrées (métro, parkings, sous-sols), étanches par construction, ont été représentées avec une précision géométrique optimale (divisions de rang 3 et 4 selon le formalisme présenté au § 3.2, soit des mailles de 3 à 1 m de coté) par des éléments de très faible perméabilité faible (1.10^{-7} m/s). De même, les prélèvements et les rejets en nappe sont très nombreux et impactent différemment la piézométrie selon le débit soutiré ou réinjecté à la nappe. Leur intégration dans le modèle est relativement plus simple mais nécessite également une grande précision pour éviter des problèmes de superposition avec d'autres objets.

7.3 Résultats

Le calage s'est révélé délicat en raison des temps de calcul imposés par le grand nombre de mailles (plus de 500 000). La proximité ou le contact des alluvions (perméabilité de 4.10^{-3} m/s) et des zones ouvrages souterrains (perméabilité 1.10^{-7} m/s) présentant un très fort contraste de perméabilité constitue un facteur d'instabilité

numérique qui a nécessité de procéder par étapes successives pour assurer une convergence plus sûre et plus rapide.

Le seuil de convergence a été fixé à 0.5 cm de façon à garantir une précision minimale de 1.0 cm (± 0.5 cm) sur la charge calculée pour la totalité des mailles du modèle.

Le modèle de perméabilité initial des alluvions et, localement, de la molasse a été tiré des études BRGM de 2004-2007 [2][3].

Les résultats du calage sont présentés ci-après sous forme de :

- tableau comparatif entre valeurs observées et calculées sur les points de référence (**Tableau 15**),
- de diagramme de validation (**Figure 11**),
- carte piézométrique simulée (**Figure 12**),
- carte de perméabilité (**Figure 13**).

La qualité du calage est appréciée par comparaison entre la piézométrie observée et calculée sur les 30 piézomètres inscrits dans le domaine modélisé, les piézomètres externes à ce périmètre ayant seulement servi à l'établissement de la carte de référence.

Le diagramme de validation (**Figure 11**) montre une très bonne corrélation entre les niveaux observés et simulés : 28 des 30 points de référence se situent dans l'intervalle ± 50 cm dont 24 dans l'intervalle ± 30 cm. L'écart moyen est de seulement +4 cm pour des valeurs extrêmes de -0.60 m (Bd des Belges) et +0.74 m (P187bis). La faible valeur de l'écart moyen et l'homogénéité de la dispersion des points autour de la droite de référence (valeur calculée = valeur observée) démontre l'absence de dérive systématique, aussi bien à l'échelle locale qu'à celle du domaine modélisé.

À l'échelle du modèle, la piézométrie simulée reproduit correctement la structure générale des écoulements, aussi bien en direction qu'en gradient. Seuls quelques objets impactent très visiblement la piézométrie simulée en raison des forts débits de pompage / rejet associés au fonctionnement des radiers drainants. C'est notamment le cas du parking de la Part-Dieu dont les débits de pompage atteignent près de 1000 m³/h. Mais la déformation de la piézométrie reste très locale et n'impacte pas le comportement de la nappe à grande échelle.

Outre les tendances à grande échelle, la comparaison entre la **Figure 12** et l'esquisse piézométrique de la **Figure 6** fait ressortir des différences qui, indépendamment des imperfections du calage et des considérations évoquées ci-avant, tiennent essentiellement à un effet de densité d'échantillonnage. En effet, la carte la **Figure 6** a été obtenue par interprétation des mesures piézométriques disponibles sur une trentaine de points alors que la carte piézométrique de la **Figure 12** résulte de l'interpolation des valeurs calculées sur plusieurs dizaines de milliers de mailles.

L'ensemble de ces résultats confirme le rôle sensible des infrastructures enterrées et des puits de pompage/rejets dans la mesure où leur intégration permet d'améliorer sensiblement la qualité du calage initial proposé par le BRGM sans avoir à retoucher le modèle de perméabilité. Ils confirment également la validité des conditions aux limites retenues, en particulier sur le Rhône.

On peut donc considérer que le modèle obtenu au terme de cette phase présente un niveau de représentativité et de précision tout à fait compatible avec son exploitation par simulation pour rendre compte des effets du projet.

N°	Dénomination	X (km)	Y. (km)	H mesuré (m NGF)	H simulé (m NGF)	Ecart (m)
1	Cimetière militaire	798.127	90.284	164.21	164.67	0.46
2	La Doua	796.607	89.749	162.92	162.79	-0.13
3	Place Wilson	796.933	89.113	163.41	163.15	-0.27
4	Bd des Belges	795.580	89.040	162.97	162.37	-0.60
5	Eglise St François	797.987	88.850	164.27	164.28	0.01
6	Salle G. Philippe	797.282	88.377	163.67	163.53	-0.13
7	Eglise St Pothin	795.185	88.230	162.78	162.38	-0.40
8	Bd Deruelle	795.950	87.890	162.75	162.64	-0.11
9	Rue Baraban	796.910	87.380	163.51	163.15	-0.36
10	Eglise St André	794.857	86.690	162.05	161.96	-0.09
11	Stade Jules Verne	797.704	86.605	163.94	164.16	0.22
12	CNR rue Domer	795.726	86.187	162.27	162.27	0.00
13	P394bis	794.275	85.805	160.64	160.53	-0.11
14	P464	795.199	85.430	161.17	161.31	0.14
15	P187bis	796.264	85.078	161.32	162.06	0.74
16	Stade des Channées	794.132	84.936	159.88	160.11	0.23
17	P6	793.578	84.477	160.22	160.30	0.08
18	109S	793.600	84.483	160.14	160.24	0.11
19	P477	793.912	84.443	159.68	159.92	0.25
20	476	793.415	84.365	160.83	160.59	-0.24
21	100S	793.380	84.157	160.63	160.66	0.03
22	P535	794.663	83.823	158.71	158.98	0.27
23	Place E. Romand	796.282	83.795	161.52	161.97	0.45
24	534	794.667	83.730	158.65	158.88	0.23
25	414	794.831	83.673	158.71	158.85	0.14
26	St Jean de Dieu	795.578	83.345	159.80	159.65	-0.15
27	P413S	794.325	83.250	159.42	159.56	0.14
28	P521	794.930	83.015	159.03	158.93	-0.10
29	P482	795.627	82.277	159.30	159.46	0.16
30	SE8	795.170	81.805	157.88	158.11	0.23

Tableau 15 – Écart entre niveaux piézométriques observés et simulés sur les points de référence

Abstraction faite du tracé du métro et de l'emplacement des parkings souterrains qui se matérialisent par des zones de très faible perméabilité (1.10^{-7} m/s par hypothèse), la perméabilité d'ensemble (**Figure 13**) est peu contrastée avec une grande majorité de valeurs comprises entre 9.10^{-3} et 9.10^{-4} m/s (par comparaison, la molasse présente des perméabilités 100 à 1000 fois inférieures). Ce sont des perméabilités fortes qui attestent du caractère sablo-graveleux des alluvions et de l'absence de fraction fines (limons, argiles). De manière schématique, on distingue une zone de plus forte perméabilité formant un large couloir orienté NE-SO et venant se dissiper au Sud du quartier de La Part-Dieu. Le secteur sud-ouest du modèle et notamment du port Edouard Herriot présente à contrario des perméabilités plus faibles.

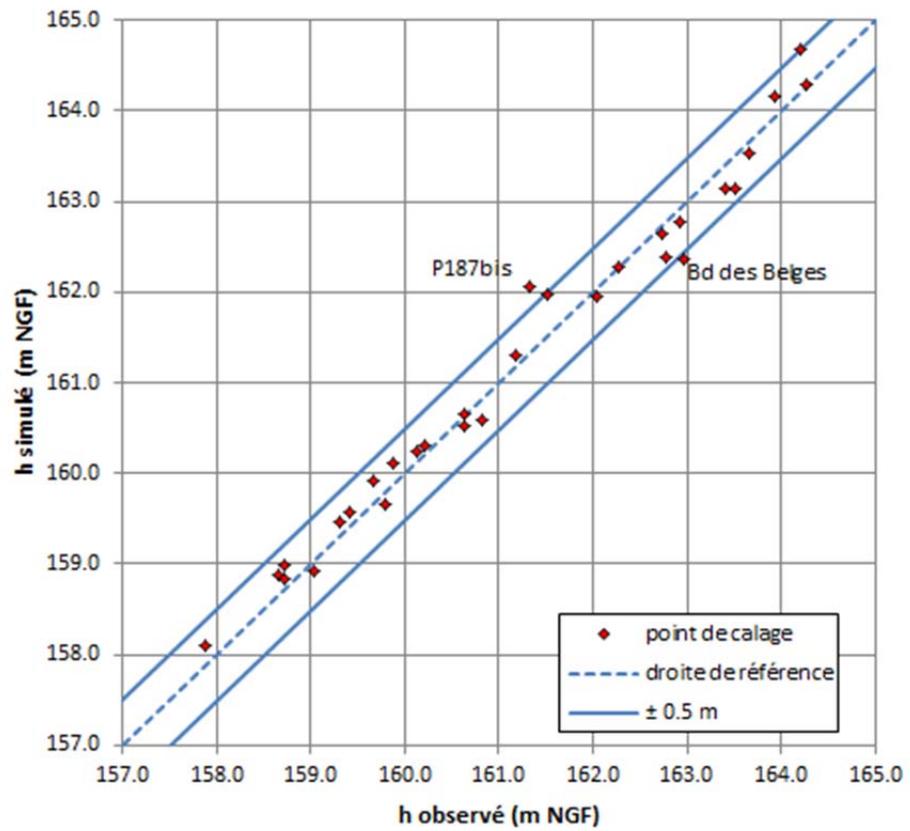
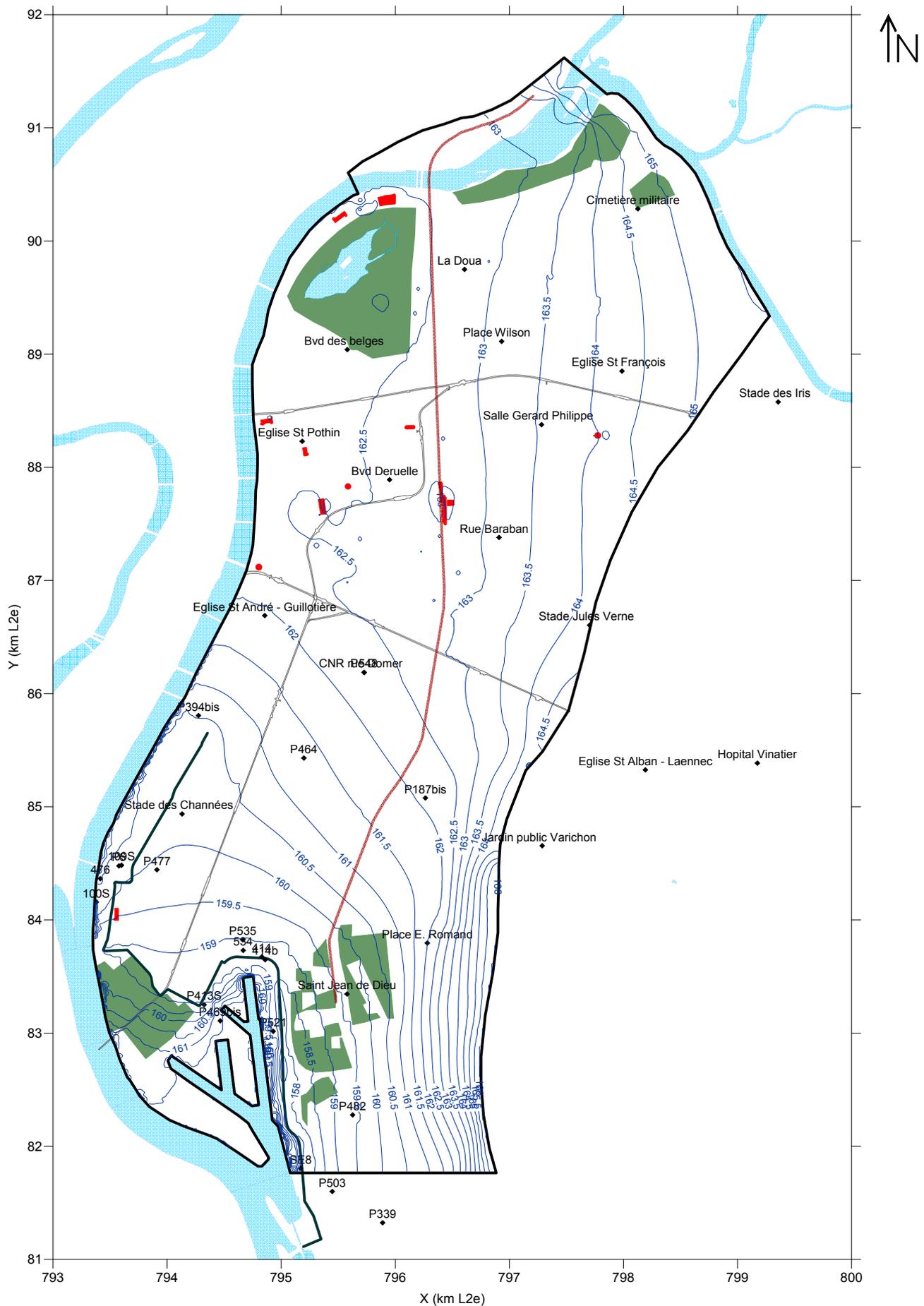


Figure 11 – Diagramme de validation du calage

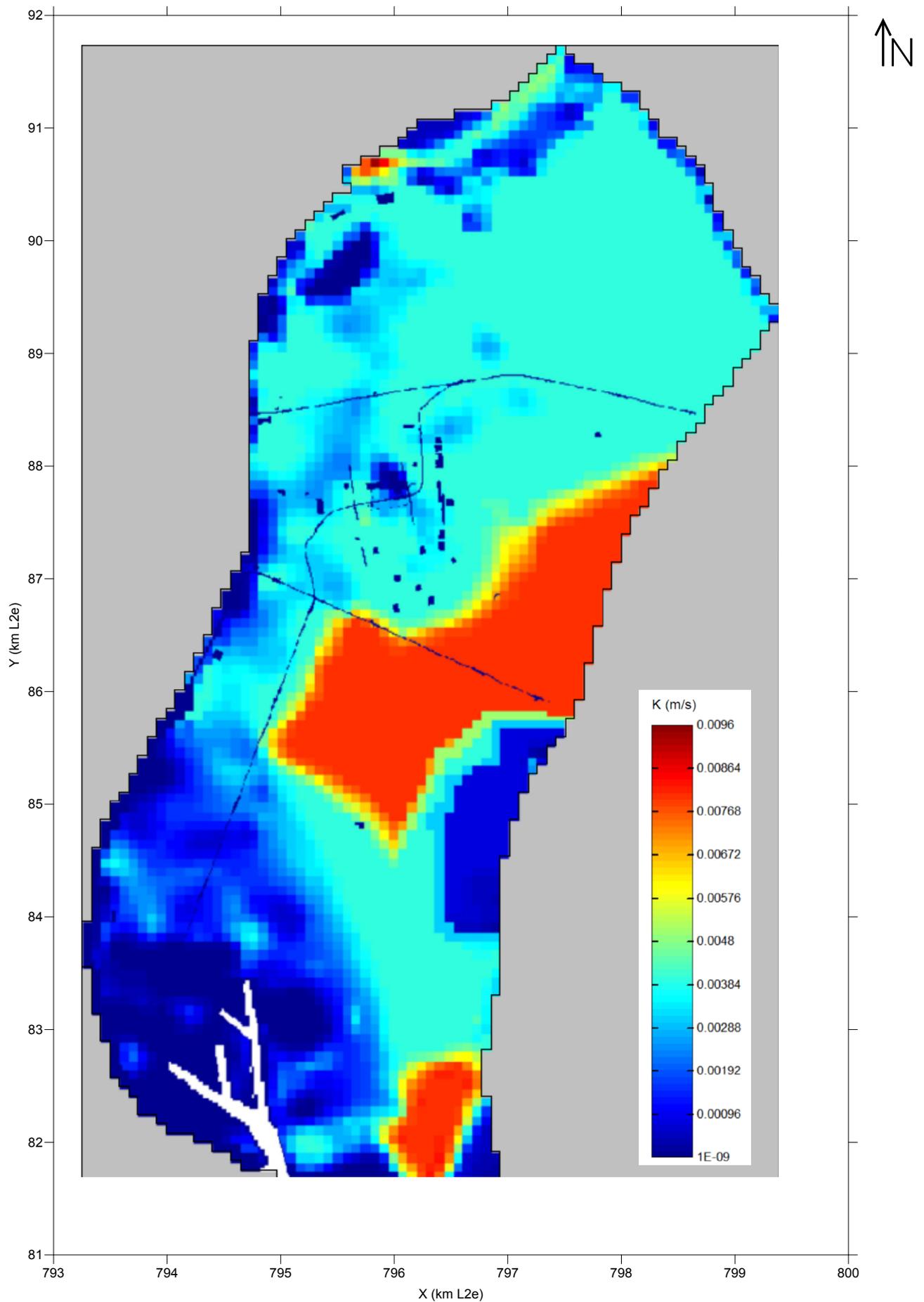


Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 12 - Carte piézométrique simulée pour l'état initial (actuel)

LEGENDE

- Limites du modèle
- Tracé du projet NFL
- Métro
- Drain CNR
- ◆ Piézomètre de référence
- 163 — Isopièze (m NGF)
- Parking souterrain
- Espace vert



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

LEGENDE

Figure 13 - Carte de perméabilité obtenue après calage du modèle (couche 3)

8 Simulation : état projet

Cette phase de modélisation qui prolonge et complète les précédentes consiste à exploiter le modèle pour simuler l'impact hydrogéologique des infrastructures associées au scénario B (en souterrain) du projet NFL.

Compte tenu du nombre de variantes envisagées (2 types de tunnel monotube/bitube, 3 positionnements de gare et 2 types d'émergence au sud*) pour ce scénario, seules trois d'entre elles ont été retenues en privilégiant les plus significatives ou les plus (potentiellement) impactantes de point de vue de leur géométrie :

- Variante Rouge monotube
- Variante Jaune bitube
- Variante Bleue monotube

Le code de couleur correspond à la nomenclature définie dans le rapport général.

* : pour monotube, émergence B0 au sud ; pour bitube, émergence B4 au sud.

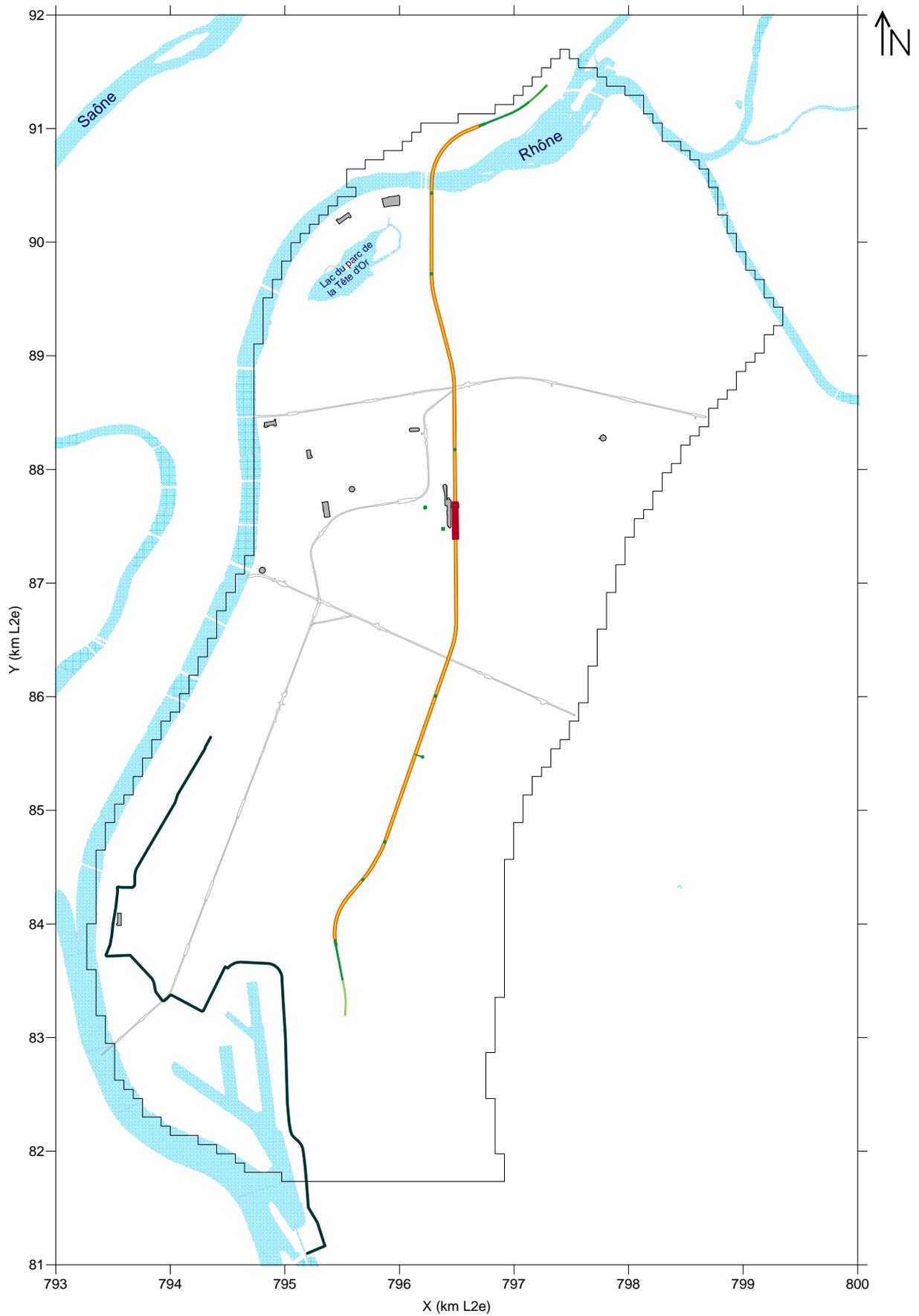
Dans tous les cas, ces variantes intègrent les mêmes types d'éléments (ouvrages) :

- Section courante en tunnel (monotube ou bitube),
- Tranchées ouvertes et couvertes creusées à l'abri de parois moulées et situées de part et d'autre des émergences du tunnel : secteurs Saint-Clair au Nord et La Guillotière au Sud,
- Gare souterraine qui sera creusée en traditionnel dans la molasse, donc sans avoir recours à des parois moulées,
- Puits et installations de chantier (dont la structure restera en place au terme de la phase travaux), puits de ventilation et d'accès à la gare souterraine.

8.1 Description des variantes

Les caractéristiques des trois variantes sont résumées **Tableau 16**. Les tracés correspondants sont matérialisés **Figure 14** à **Figure 16**. Elles diffèrent principalement par :

- la position de la gare souterraine,
- le tracé de la section courante en tunnel,
- la position et la géométrie des émergences Sud,
- le nombre et la position de puits.

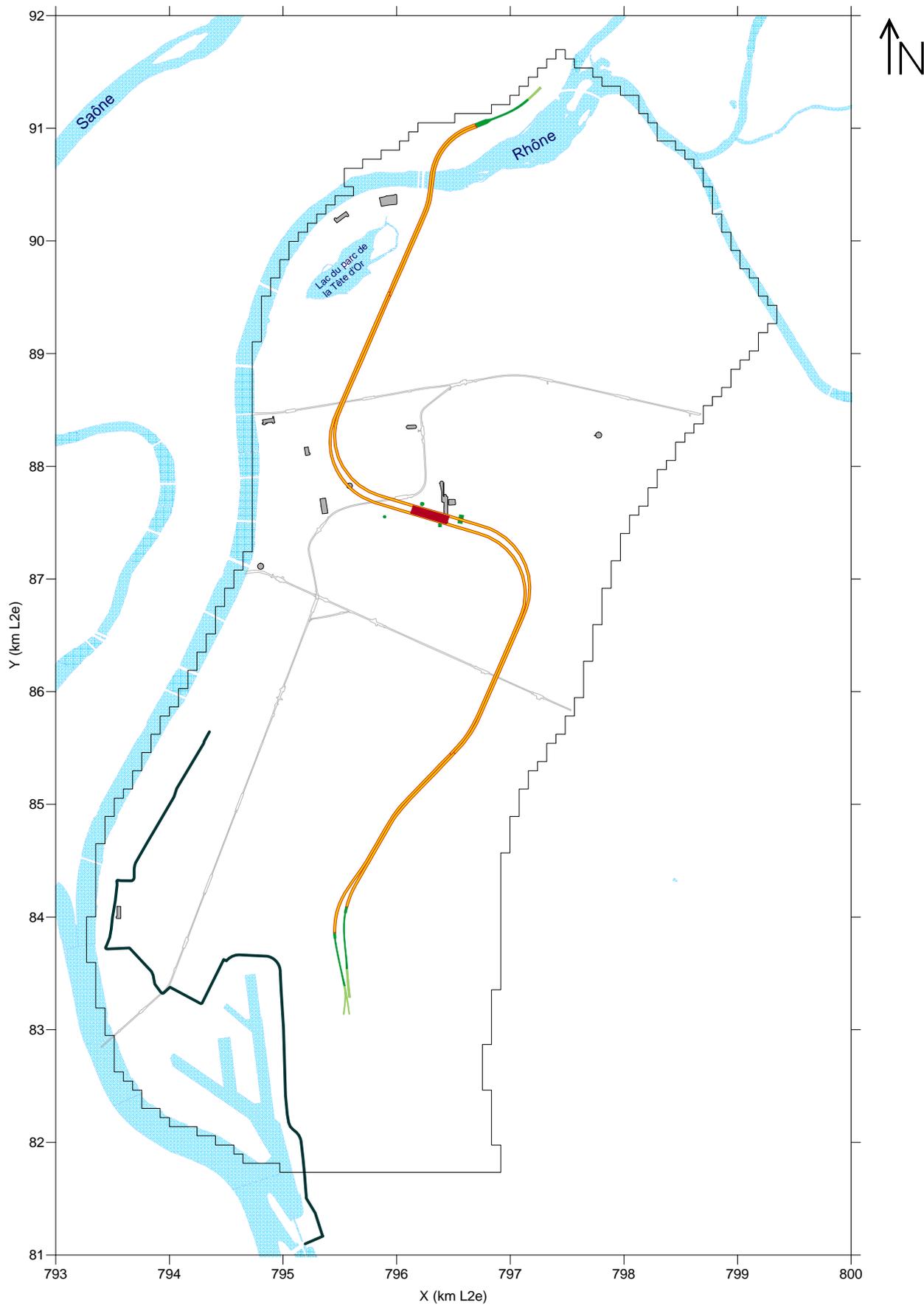


Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 14 - Tracé de la variante Rouge monotube

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR

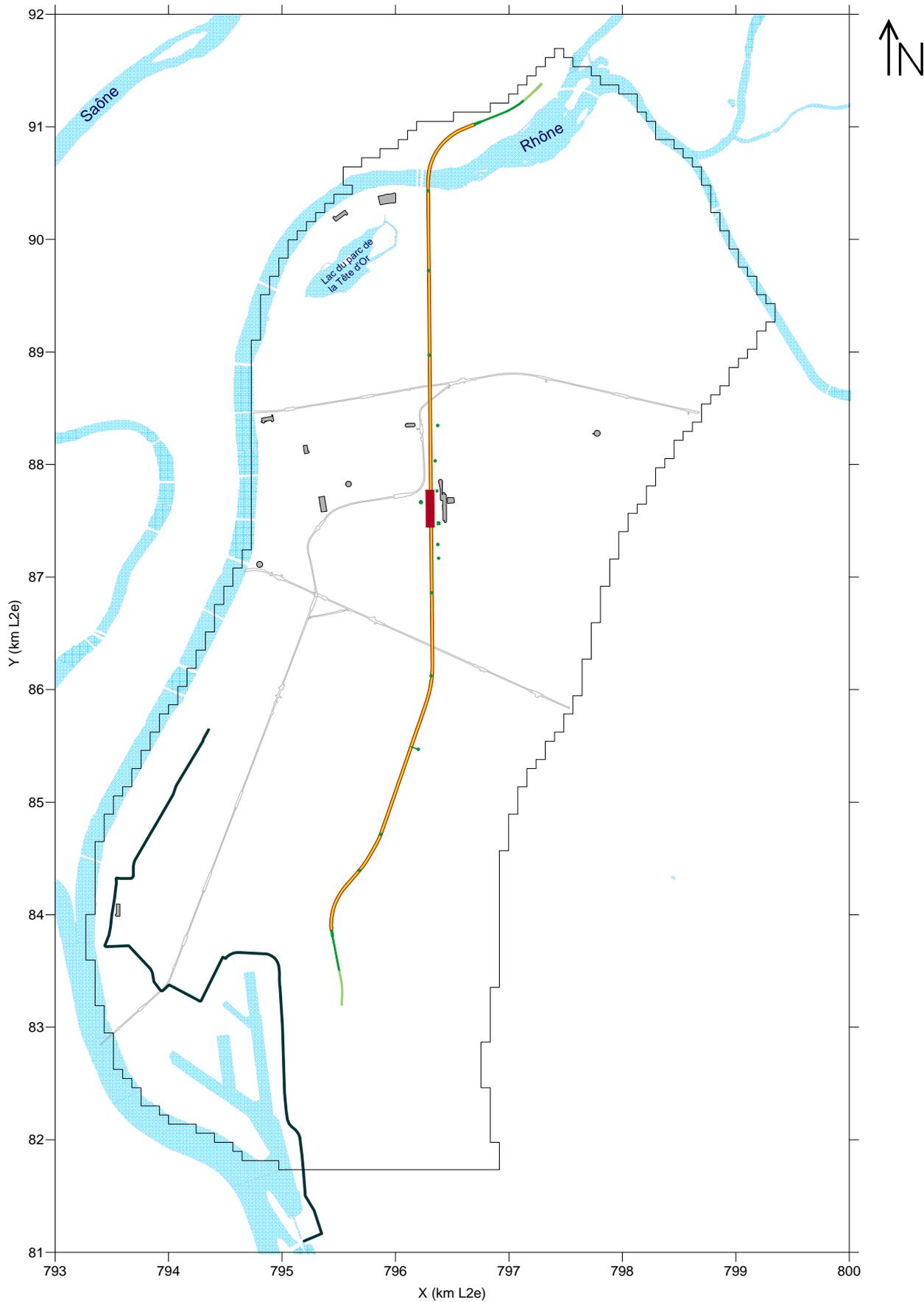


Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR

Figure 15 - Tracé de la variante Jaune bitube



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR

Figure 16 - Tracé de la variante Bleue monotube

Ouvrage	Variante rouge	Variante jaune	Variante bleue
Emergence Nord (Saint-Clair)	Monobranche avec tranchée ouverte (220 m) puis couverte (485 m)	Monobranche avec tranchée ouverte (150 m) puis couverte (520 m)	Monobranche avec tranchée ouverte (220 m) puis couverte (485 m)
Emergence Sud (La Guillotière)	Monobranche avec tranchées couverte (368 m) puis ouverte (310 m)	Bibranche Ouest : tranchées couverte (490 m) puis ouverte (250 m) / Est : tranchées couverte (560 m) puis ouverte (250 m)	Monobranche avec tranchées couverte (368 m) puis ouverte (310 m)
Type et diamètre tunnel	Monotube Ø 12.5 m	Bitube Ø 9.6 m	Monotube Ø 12.5 m
Pente max. tunnel section Nord	28 ‰	28 ‰	28 ‰
Pente max. tunnel section Sud	28 ‰	de 10 ‰ à 23 ‰	28 ‰
Puits d'accès	2	2	2
Puits de ventilation	9	-	9
Puits et installations de chantier	3	3	3
Position de la gare souterraine	A l'aplomb de l'actuelle gare de la Part-Dieu	Oblique par rapport à l'actuelle gare de la Part-Dieu	A l'Ouest de l'actuelle gare de la Part-Dieu

Tableau 16 – Définition de 3 variantes retenues pour les simulations hydrodynamiques

8.2 Hypothèse et principe d'intégration des objets

Le modèle conceptuel (cf. § 5.2) admet comme limite inférieure une surface plane calée à la cote +130 m NGF (mur de la couche 9). La molasse n'est donc pas représentée sinon par endroit et sur des étendues très limitées. Dans ces conditions les ouvrages ou parties d'ouvrages situés dans la molasse et/ou sous le niveau de base du modèle ne sont donc pas représentés et sont par conséquent supposés sans impact sur la piézométrie de la nappe alluviale. Sont concernés :

- la gare souterraine NFL, creusée en totalité dans la molasse,
- les sections en tunnel dont la voûte est située sous la cote +130 m NGF.

Cette hypothèse se justifie par le fort contraste de perméabilité (facteur 100) entre les alluvions modernes et la molasse. Notons à ce propos que le modèle Part-Dieu [19] qui considérait une gare souterraine réalisée en parois moulées ancrées dans la molasse, donc dans une configuration potentiellement bien plus pénalisante que celle envisagée ici, avait conduit à des impacts maximaux de ± 10 à 20 cm. De telles variations, faibles comparativement au battement naturel de la nappe, sont sans effet possible sur le fonctionnement de la nappe et sur les ouvrages souterrains existant.

Structurellement, deux familles d'objets peuvent être distinguées :

- Les tunnels dont la géométrie est délimitée à la fois vers le haut et vers le bas selon le diamètre du tube. Pour des raisons géotechniques, la profondeur de la voûte ne peut être inférieure à la section du tube.
- Les autres ouvrages (tranchées et puits) dont les fondations réalisées depuis la surface recoupent les terrains jusqu'à la base des fiches de paroi.

Ce distinguo sera utilisé pour examiner l'effet respectif des deux types d'ouvrages.

Pour les tranchées couvertes et les puits (sans distinction fonctionnelle), les parois sont ancrées dans la molasse. Ces ouvrages recoupent donc toute l'épaisseur des alluvions et de la nappe. Les tranchées ouvertes sont de moindre profondeur, les parois étant fichées dans les alluvions.

Pour chaque variante, les objets ont été introduits dans le modèle initial selon le principe décrit au § 7.2 et en leur affectant une perméabilité de 10^{-7} m/s. Un exemple de maillage est présenté **Figure 17**.

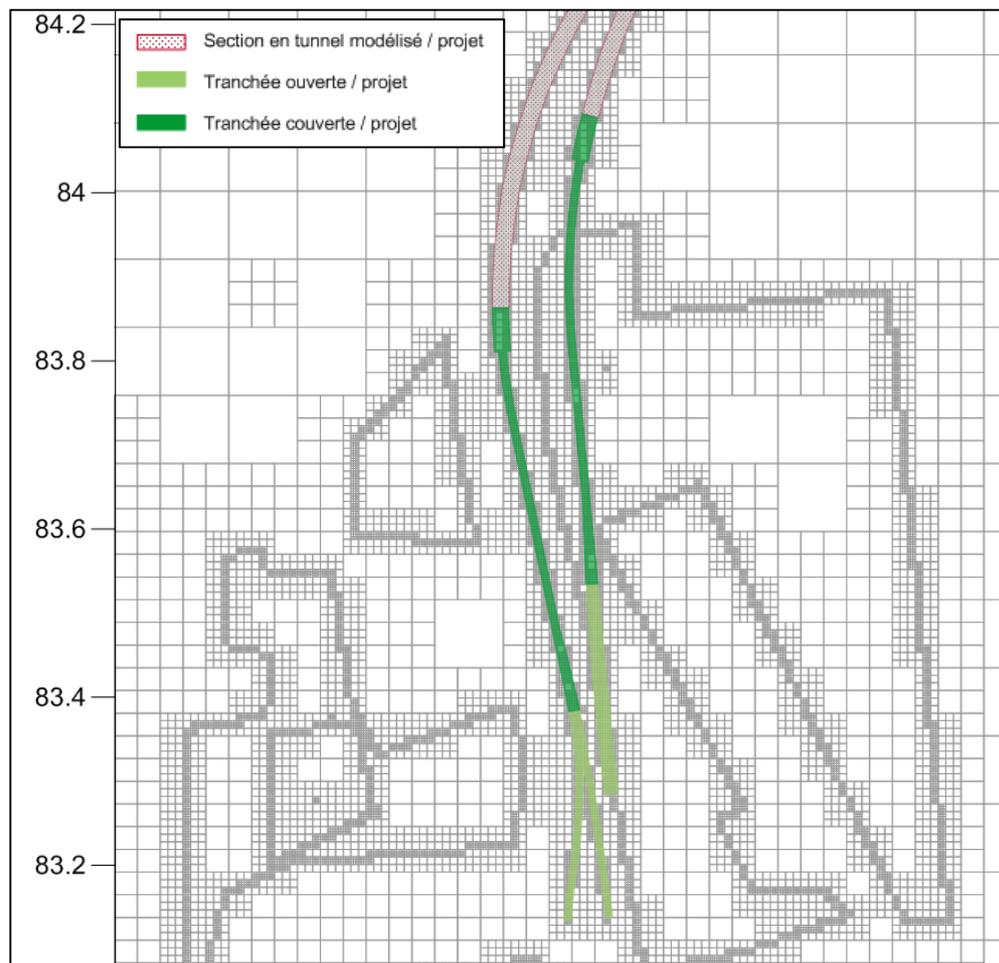


Figure 17 – Exemple de maillage obtenu sur le secteur de la Guillotière (variante Jaune bitube)

8.3 Impact sur la piézométrie initiale (actuelle) de la nappe

La portée et l'amplitude de l'impact hydrogéologique lié à un ouvrage souterrain dépendent de plusieurs facteurs :

- Le coefficient de pénétration de l'ouvrage qui correspond au ratio de la hauteur de nappe recoupée (fonction de la profondeur d'ancrage des fondations s'il s'agit d'une boîte étanche ou du diamètre du tube

s'il s'agit d'un tunnel) et de l'épaisseur totale de la nappe. L'effet sera d'autant plus important que le ratio sera proche de 1.

- L'angle d'incidence défini par l'angle formé par l'axe principal de l'ouvrage et la direction d'écoulement de la nappe. L'effet est d'autant plus important que l'angle est proche de 90°.
- Le gradient hydraulique qui conditionne le débit d'écoulement de la nappe. Plus il sera élevé plus le débit intercepté par l'ouvrage sera important et plus l'impact sera fort.
- Le contraste de perméabilité entre la structure (de l'ordre de 1.10^{-6} à 1.10^{-8} m/s selon le type de fondation) et le milieu hôte. L'effet de ce paramètre est plus complexe. Il admet en effet un maximum pour des valeurs intermédiaires.
- La géométrie en plan de l'ouvrage. Plus l'ouvrage sera long, plus l'impact sera fort.

Dans le cas présent, certains ouvrages (puits et tranchées couvertes) présentent un coefficient de pénétration maximal. De plus, tous les ouvrages linéaires (tunnel et tranchées) sont orientés perpendiculairement aux écoulements souterrains, donc avec un angle d'incidence proche de 90°. Cette situation particulière peut laisser penser que l'effet barrage sera important. Cependant la forte perméabilité qui caractérise les alluvions moderne, est de toute évidence un facteur d'atténuation très sensible.

Ces considérations fournissent une base de compréhension et d'analyse des résultats qui seront obtenus.

8.3.1 Variante Rouge monotube

Pour cette première variante, trois cas ont été distingués afin d'apprécier l'effet respectif du tunnel et des autres composantes :

- Tranchées et puits seuls
- Tunnel seul
- Tous les ouvrages (effet cumulé)

Les résultats sont présentés sous forme :

- De carte d'écart à la piézométrie initiale (couche 5) qui matérialise l'impact des infrastructures : **Figure 18** à **Figure 20** Cet écart est défini par la différence entre état projet et état initial de sorte qu'une hausse de niveau piézométrique soit comptée positivement et une baisse négativement.
- D'écart extrême : **Tableau 17**

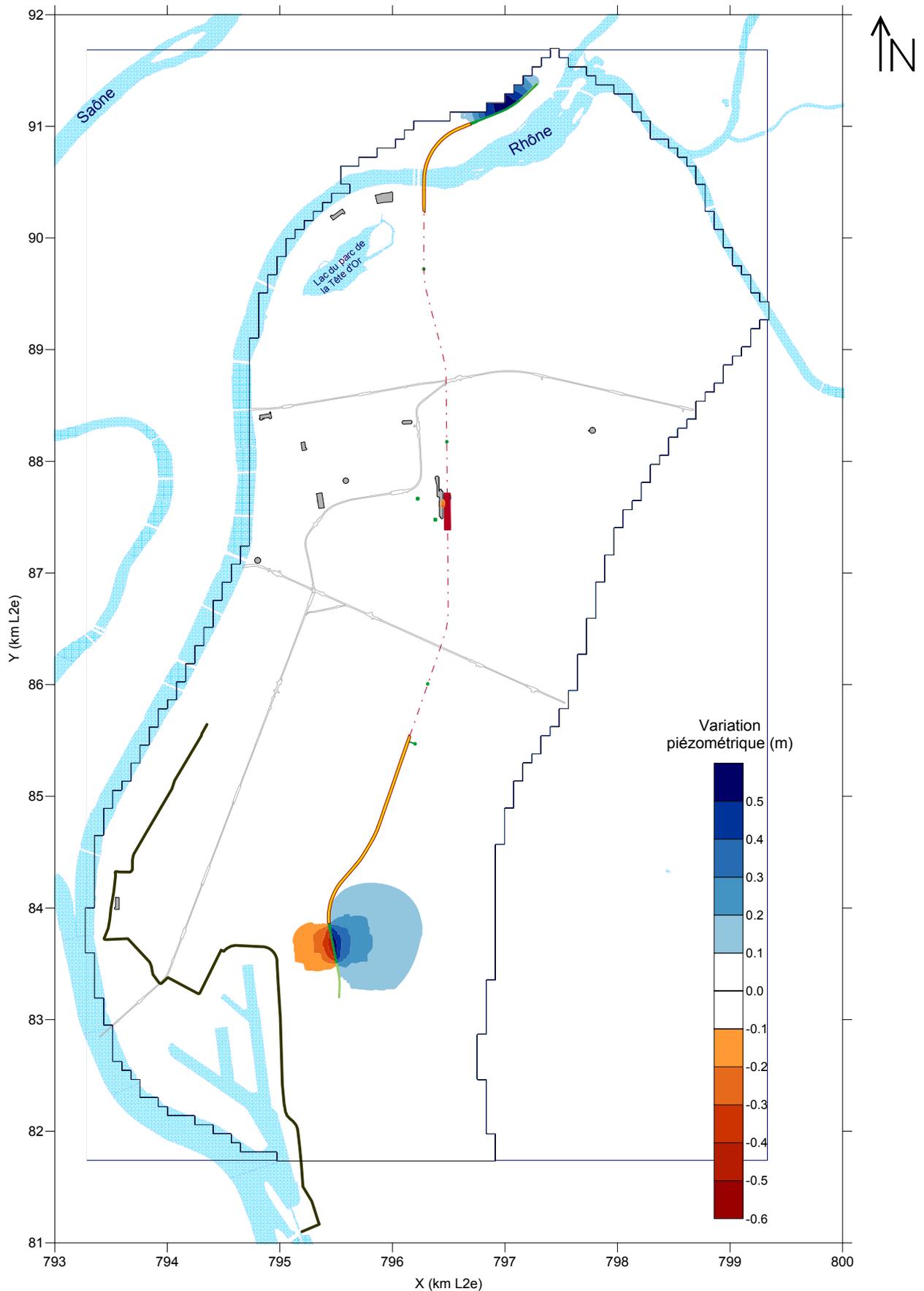
Simulation	Ecart min (m)	Ecart max (m)
Cas A	-0.500	+0.577
Cas B	-0.028	+0.025
Cas C	-0.526	+0.619

Tableau 17 – Variante Rouge monotube : impact du projet sur la piézométrie initiale



Pour l'essentiel, ces résultats montrent que :

- L'effet barrage se concentre de part et d'autre des tranchées couvertes nord (secteur Saint-Clair) et sud (secteur la Guillotière). L'impact des puits, des tranchées ouvertes comme du tunnel est très peu perceptible (de l'ordre du centimètre au plus).
- L'amplitude des variations est faible avec des valeurs extrêmes de l'ordre de 50 à 60 cm en valeur absolue.
- Sur le secteur de la Guillotière, l'effet présente une forte symétrie bien qu'en partie altérée à l'aval par la présence du drain CNR. En considérant l'isovaleur ± 0.20 m, la portée de l'impact est d'environ 400 m.
- A contrario, la remontée de nappe est prédominante sur le secteur Saint-Clair. Ce comportement tient à la fois à la proximité de la condition de flux à l'amont (arrivée d'un débit d'alimentation de la nappe indépendant du niveau de la nappe alluviale) et de la condition de charge imposée sur le Rhône à l'aval (niveau du fil d'eau du fleuve auquel se raccorde la nappe).

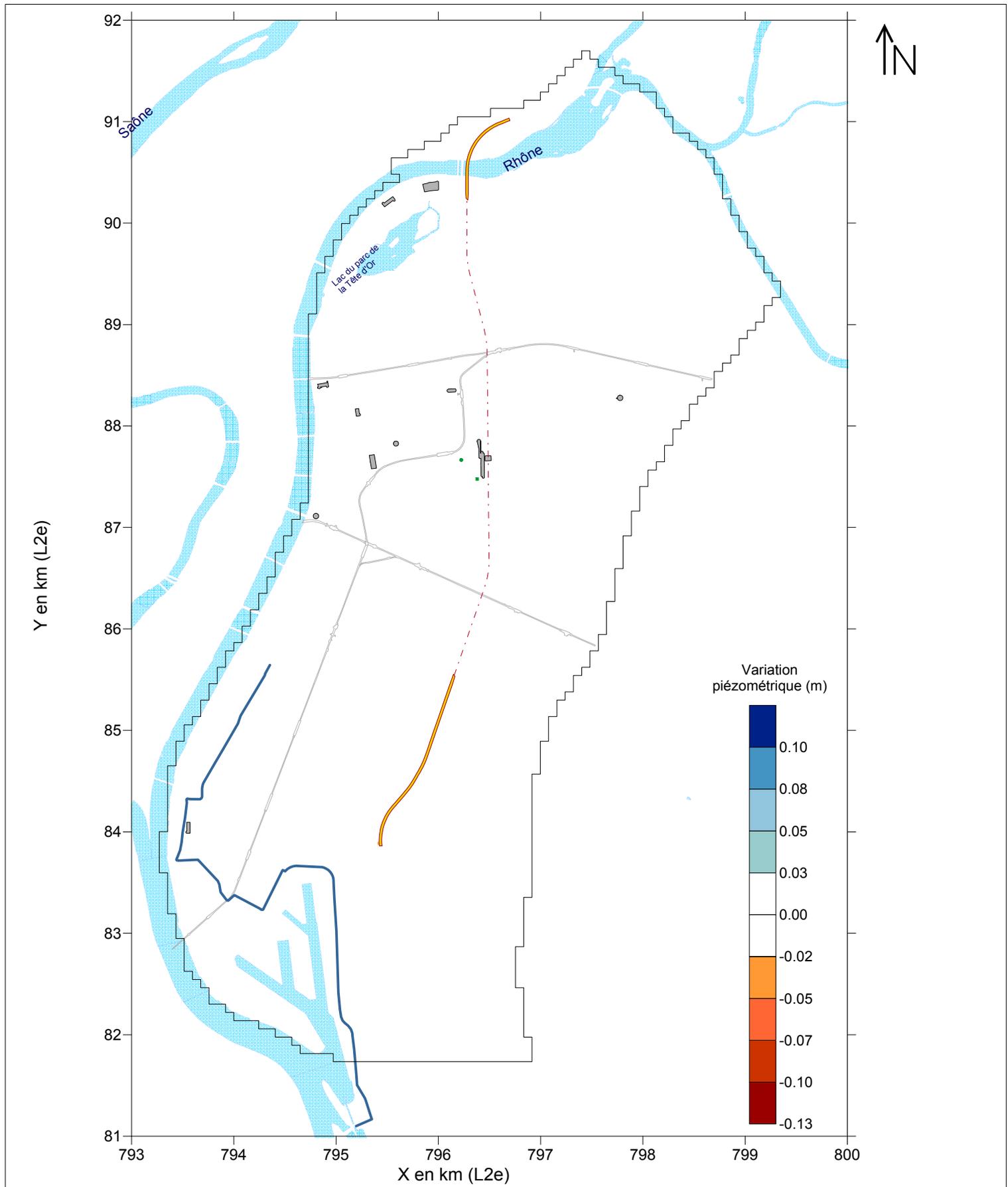


Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 18 - Variante Rouge monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale
 Cas A (puits et tranchées)

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Section en tunnel hors modèle / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR

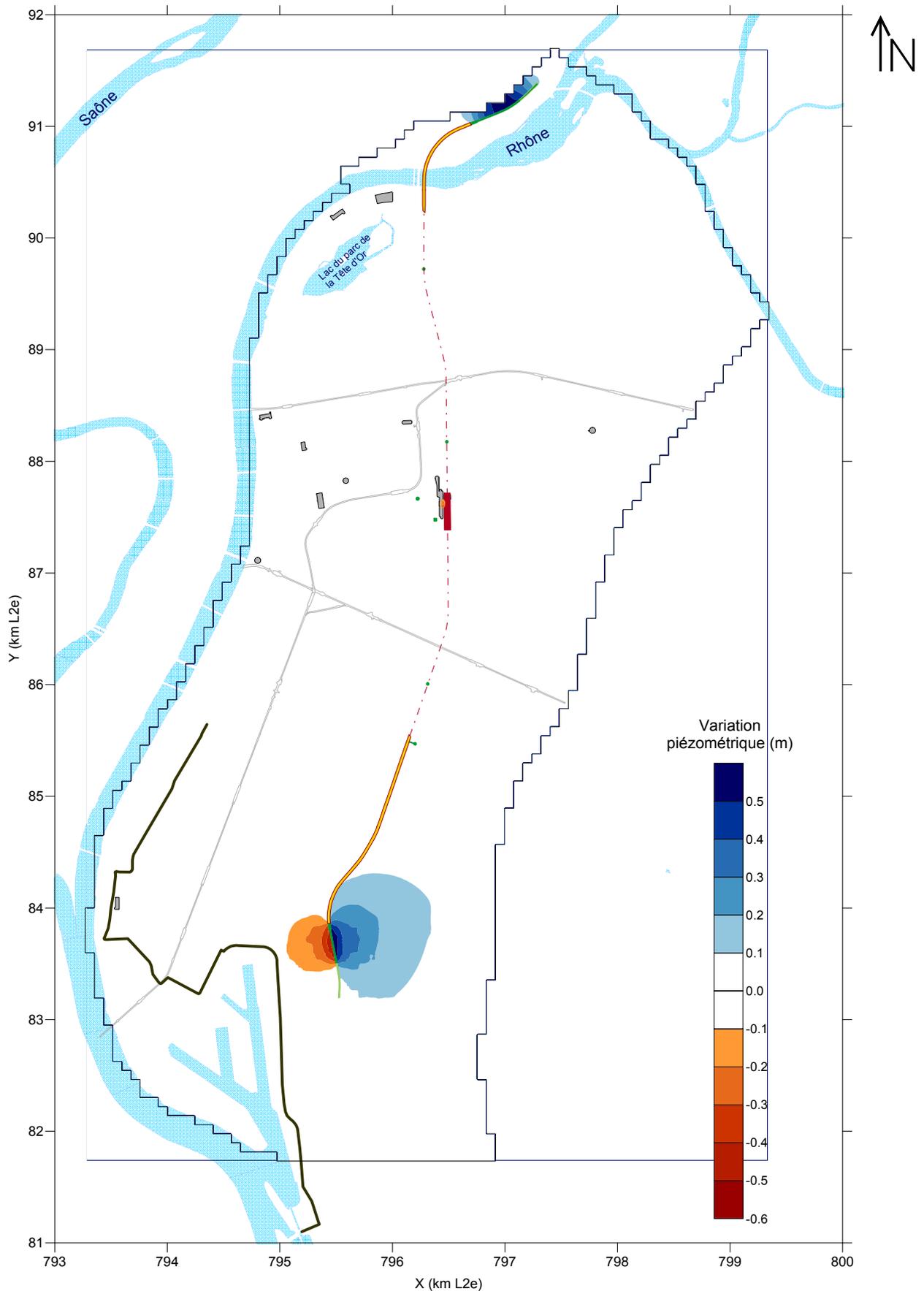


Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière.
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 19 - Variante Rouge monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale Cas B (tunnel seul)

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel modélisé / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR
- - - Section en tunnel hors modèle / projet



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 20 - Variante Rouge monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale Cas C (tous les ouvrages)

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Section en tunnel hors modèle / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR

8.3.1 Variante Jaune bitube

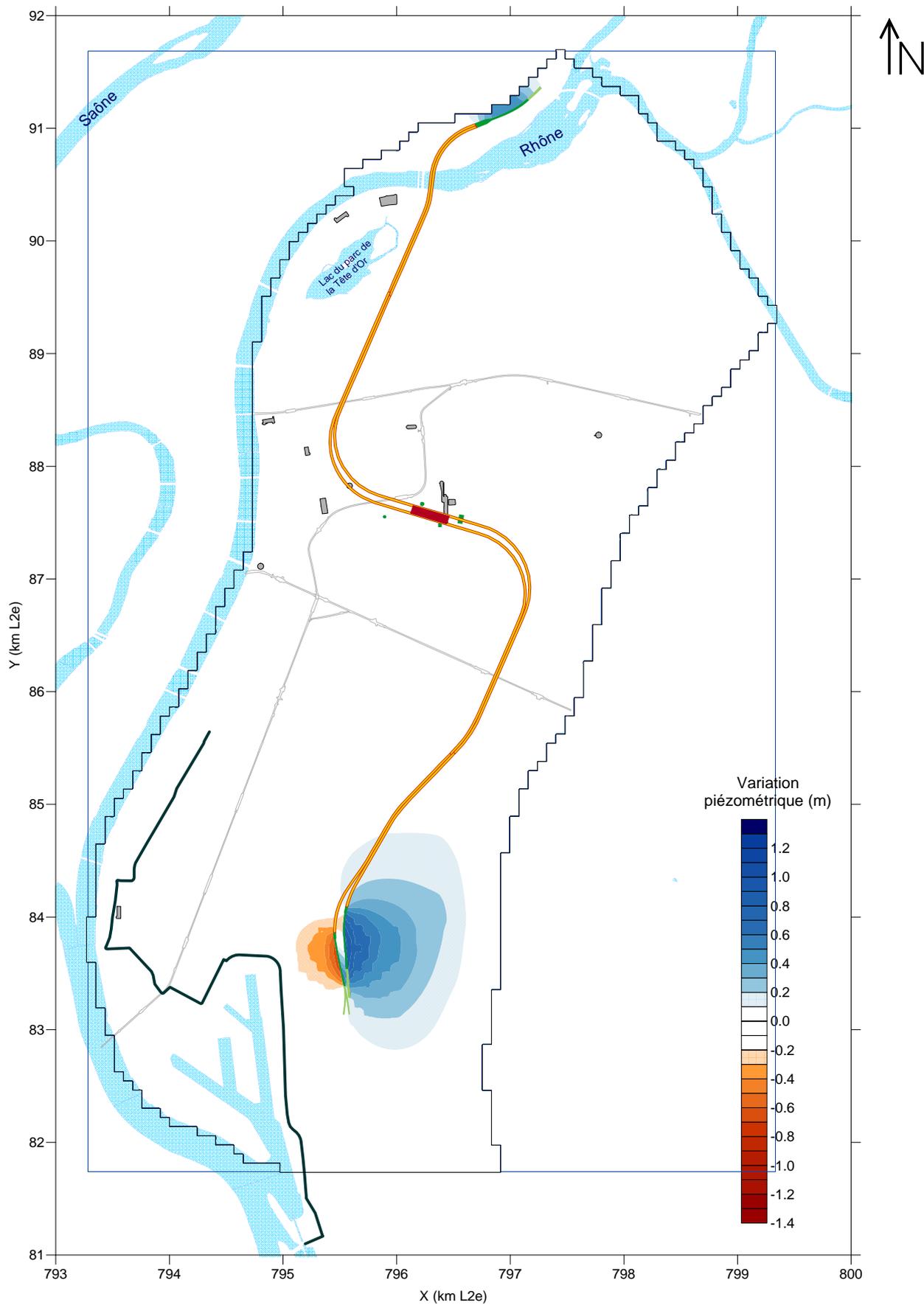
Les simulations ont été réalisées selon le même programme que précédemment. Toutefois, compte tenu des résultats obtenus pour la variante rouge, seule la carte du cas C est présentée ici (**Figure 21**). Les écarts extrêmes sont résumés dans le **Tableau 18**.

Simulation	Ecart min (m)	Ecart max (m)
Cas A	-0.689	+1.285
Cas B	-0.022	+0.017
Cas C	-0.691	+1.290

Tableau 18 – Variante Jaune bitube : impact du projet sur la piézométrie initiale

On relève que :

- Comme précédemment, le tunnel, les tranchées ouvertes et les puits sont sans effet significatif sur la piézométrie,
- Dans le secteur Saint-Clair, l'impact est logiquement le même que pour la variante Rouge puisque les infrastructures sont identiques,
- Le secteur sud de la Guillotière concentre l'essentiel de l'impact, lequel présente une forte dissymétrie avec une amplitude maximale de près de +1.3 à l'amont et de seulement -0.7 m à l'aval. Toujours en considérant l'isovaleur ± 0.20 m, la portée de l'impact est d'environ 900 m à l'amont (Est) et de 350m à l'aval (Ouest). L'agrandissement de la **Figure 22** qui ne considère que les variations de plus de 0.6 m en valeur absolue montre cependant que les valeurs extrêmes restent localisées au voisinage immédiat de la tranchée couverte la plus amont (Est).



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR

Figure 21 - Variante Jaune bitube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale
 Cas C (tous les ouvrages)

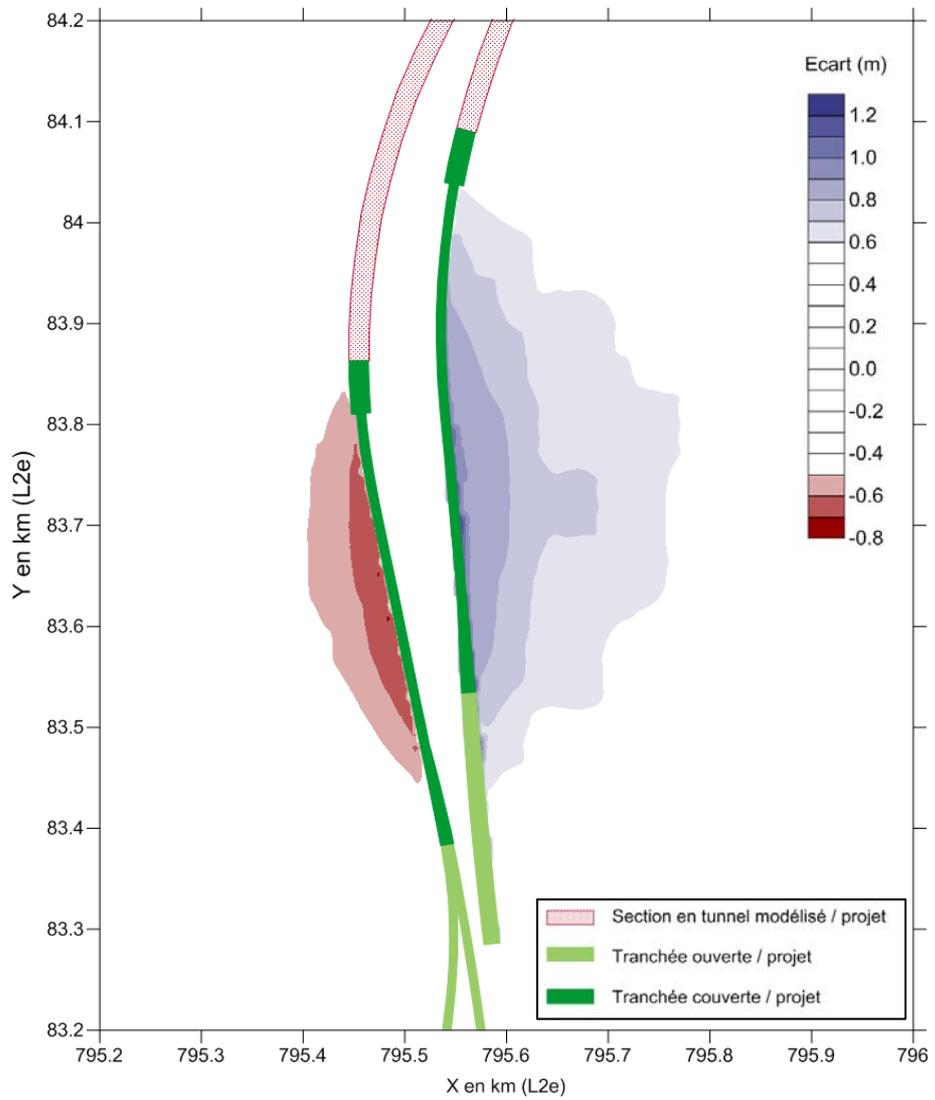


Figure 22 – – Variante Jaune bitube : agrandissement de la zone d’impact sur le secteur de la Guillotière

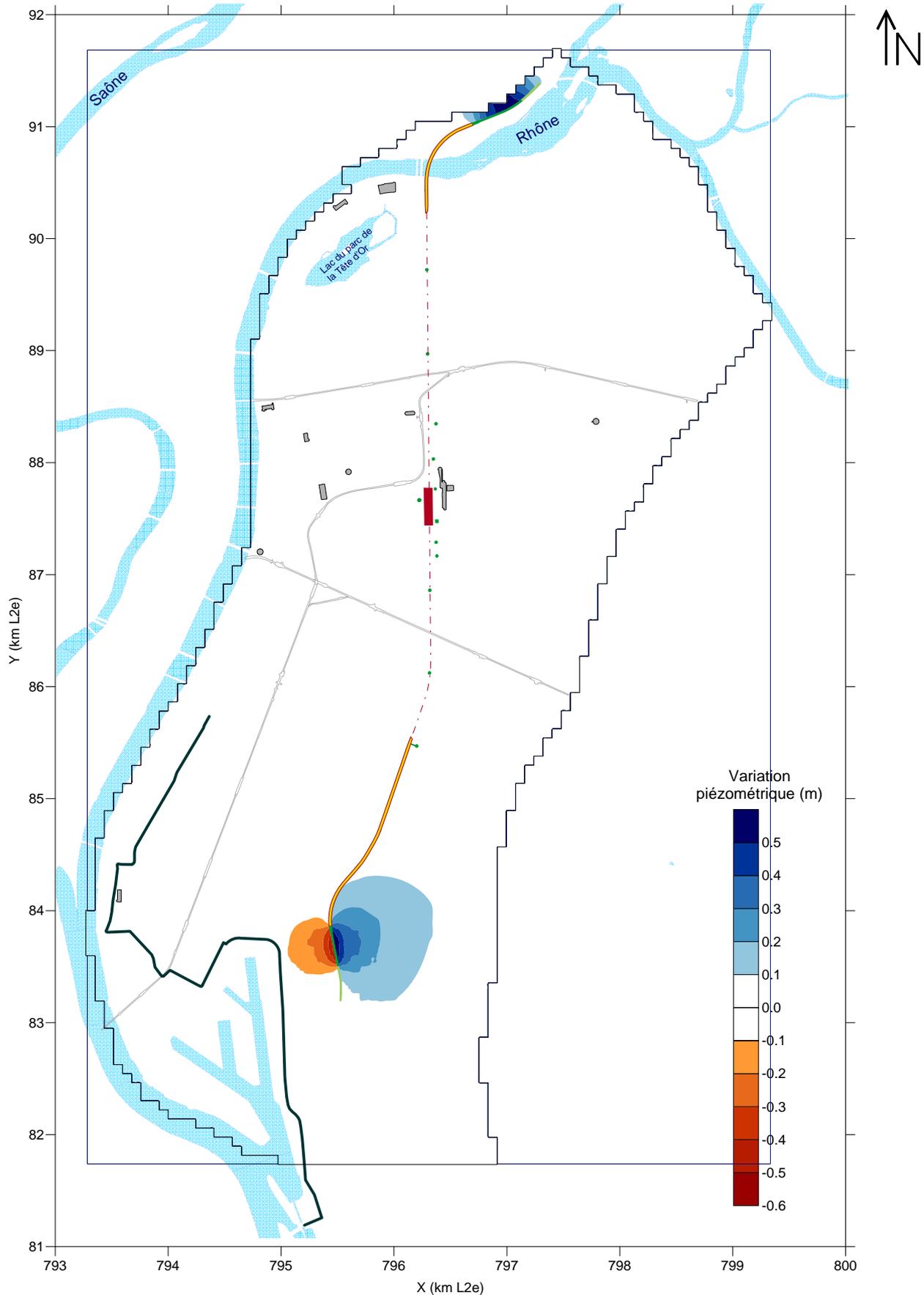


8.3.2 Variante Bleu monotube

Cette dernière variante qui ne diffère de la variante Rouge monotube que par le tracé de la section courante en tunnel entre la traversée du Rhône et le tympan nord de la gare souterraine. Les résultats présentés **Figure 23** pour la carte des écarts et **Tableau 19** pour les valeurs extrêmes sont logiquement analogues à ceux obtenus pour la première variante.

Simulation	Ecart min (m)	Ecart max (m)
Cas A	-0.500	+0.576
Cas B	-0.028	+0.025
Cas C	-0.525	+0.619

Tableau 19 – Variante Bleue monotube : impact du projet sur la piézométrie initiale



Réseau Ferré de France - Noeud Ferroviaire Lyonnais
 Etude de faisabilité technique long terme
 Section Saint-Clair - Guillotière
 Scénario B : étude hydrogéologique

Figure 23 - Variante Bleue monotube : impact sur la piézométrie de la nappe alluviale
 Cas C (tous les ouvrages)

LEGENDE

- Puits (travaux/aération) / projet
- Gare / projet
- Section en tunnel / projet
- Tranchée ouverte / projet
- Tranchée couverte / projet
- Section en tunnel hors modèle / projet
- Parkings souterrains
- Métro
- Drain CNR



8.4 Préconisations et dispositions constructives pour le projet

En règle générale, des dispositions constructives doivent être envisagées pour assurer une transparence hydraulique satisfaisante d'un ouvrage souterrain si les mouvements piézométriques sont de nature à engendrer des désordres :

- Soit par un effet de remontée de nappe susceptible d'inonder des cavités souterraines (caves, parkings, sous-sols) voire d'atteindre la surface,
- Soit par une baisse de niveau pouvant s'accompagner d'un tassement de sol si les terrains sont suffisamment compressibles.

Pour les variantes Rouge et Bleue en monotube, l'amplitude maximale (± 0.6 m) et la portée des variations piézométriques sont plutôt modérées et ne nécessitent pas de disposition constructive particulière d'autant que :

- les terrains sont globalement assez peu compressibles,
- sur les secteurs Saint-Clair et la Guillotière i) la nappe se trouve à une profondeur de plus de 5 m par rapport au TN, donc sans risque d'inondation en surface, et ii) aucun ouvrage souterrain vulnérable n'y est répertorié.

Pour la variante Jaune bitube, l'impact est plus marqué en amont de la tranchée couverte de la Guillotière avec un maximum +1.2 m au voisinage immédiat de l'ouvrage. Mais pour les mêmes raisons que précédemment, l'effet ne semble pas justifier la mise en œuvre de mesure de transparence hydraulique.

Cette analyse restera bien entendu à préciser en phase AVP si le scénario souterrain du projet NFL venait à être retenu.

9 Conclusion et perspectives

Cette étude qui vient compléter l'étude de faisabilité long terme du projet de Nœud Ferroviaire Lyonnais (NFL) avait pour objectif d'évaluer l'impact du scénario souterrain (scénario B) de la section Saint-Clair – Guillotière sur la nappe alluviale du Rhône et d'identifier les variantes les plus favorables de point de vue de la transparence hydraulique des ouvrages projetés. Il était aussi d'examiner si des solutions constructives devaient être envisagées pour compenser les mouvements piézométriques susceptibles de générer des nuisances ou des désordres.

L'étude s'est appuyée sur le développement d'un modèle numérique basé sur le modèle réalisé en 2012 pour le Grand Lyon dans le cadre du projet Part-Dieu 2020, moyennant son extension au Nord, dans le secteur Saint-Clair à Caluire, et au Sud jusqu'au port Edouard Herriot. La mise au point de ce modèle a nécessité l'intégration de nombreux éléments et données notamment pour la prise en compte des aménagements portuaires et du drain CNR situé en rive droite du Rhône. Elle a permis dans ce sens d'établir un bilan des connaissances sur de nombreuses thématiques : occupation du sous-sol, comportement de la nappe, niveau du Rhône, état des prélèvements et des rejets à la nappe...

La représentation des infrastructures souterraines (métro, parkings, trémies, sous-sol) de géométrie parfois complexe a été facilitée par le choix d'un outil numérique puissant et doté de fonctionnalités de maillage bien adaptées à ce type d'exercice.

Le modèle a été calé en régime permanent sur une situation de référence moyenne fournie par l'analyse des mesures 2006-2013 issues du réseau piézométrique du Grand Lyon complété de quelques piézomètres CNR. Malgré les incertitudes sur certaines catégories de données (nature des aménagements portuaires, géométrie et fonctionnement du drain CNR...), la qualité du calage est globalement très satisfaisante.

Le modèle ainsi calé a été exploité pour simuler l'impact du projet sur une sélection de trois variantes du scénario B : 2 variantes (Rouge et Bleue) monotube (émergence B0) et une variante Jaune bitube (émergence B4). Pour chacune d'elles, une distinction a été faite entre les différents types d'ouvrages projetés : tranchées ouvertes et couvertes situées au niveau des émergences du tunnel, puits (d'aération, d'accès, de chantier) et tunnel. Selon les hypothèses admises, la gare souterraine ainsi que les sections courantes en tunnel creusées plus en profondeur dans le substratum molassique ne sont pas prises en compte.

Pour l'essentiel, les résultats obtenus indiquent que :

- Seules les tranchées couvertes dont les parois sont ancrées dans la molasse ont un effet sensible sur la nappe alluviale. L'impact se manifeste par un basculement piézométrie avec une hausse des niveaux en amont et une baisse en aval de l'ouvrage (effet barrage).
- Pour les variantes en monotube (Rouge et Bleue, émergence B0), l'impact atteint une amplitude maximale de ± 0.6 m au voisinage immédiat des tranchées pour une portée d'environ 400 m en considérant l'isovaleur ± 0.2 m. En raison de conditions locales, il est plus marqué sur le secteur de la Guillotière que sur celui de Saint-Clair.
- Pour la variante Jaune en bitube (émergence B4), l'effet est sensiblement plus important au niveau de tranchées couvertes associés à l'émergence des deux tunnels dans le secteur de la Guillotière. En amont de



la tranchée est, la hausse maximale de la nappe atteint près de 1.2 m au voisinage immédiat pour une portée d'environ 900 m en considérant l'isovaleur ± 0.2 m. L'impact aval reste par contre du même ordre de grandeur que pour les variantes monotube.

Au regard du contexte hydrogéologique (nappe relativement profonde située à plus de 5 m sous le TN), géotechnique (faible compressibilité des alluvions modernes) et urbain (absence d'ouvrage souterrains sensibles), ces impacts ne sont pas de nature à pouvoir générer des nuisances (inondation d'ouvrages souterrains par exemple) ou des désordres sur la bâti existant.

En définitive, il ressort de cette étude que la forte perméabilité des alluvions rend la nappe globalement très peu sensible aux effets barrage. Ce constat confirme d'ailleurs les résultats obtenus dans le cadre du projet urbain Part Dieu.

En l'état, aucune disposition constructive ne semble donc a priori nécessaire pour assurer une meilleure transparence hydraulique des ouvrages. Cette analyse restera bien entendu à vérifier et préciser en phase AVP si le scénario souterrain du projet NFL venait à être retenu.



10 Sources et documents de références

- [1] Grand Lyon - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise – Rapport d'étape – Phase 1 – BRGM – RP-53569-FR – Décembre 2004
- [2] Grand Lyon - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise – Rapport d'étape – Phase 3 – Construction du modèle hydrodynamique et calage en régime permanent – BRGM – RP-54379-FR – Janvier 2006
- [3] Grand Lyon - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise – Rapport d'étape – Phase 3 – Calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire et suivi du réseau piézométrique – BRGM – RP-55065-FR – Décembre 2007
- [4] Grand Lyon - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise – Rapport d'étape – Phase 4 – Modélisation hydrodynamique en régime transitoire au pas de temps journalier et simulation de l'impact sur la nappe de 3 scénarios de crues du Rhône et de la Saône - BRGM – RP-56676-FR – Octobre 2008
- [5] Conseil Général du Rhône – Connaissance de la Molasse Miocène dans l'Est lyonnais – ANTEA - 35539/B – Janvier 2005
- [6] SAGE Est Lyonnais – Acquisition de connaissances sur la nappe de la molasse du territoire du SAGE de l'Est Lyonnais – BRGM – RP-57474-FR – Octobre 2009
- [7] Modélisation hydrodynamique de l'agglomération lyonnaise – BRGM – R 31479 RHA 4S 90 – 1990
- [8] Etude de l'impact de l'aménagement des portes du Rhône sur la piézométrie de l'île de Miribel-Jonage (69) – BRGM – R 35139 RHA 4S 92 – Juin 1992
- [9] Ville de Lyon / Direction de l'Ecologie Urbaine – Etude de la nappe phréatique de Lyon – BURGEAP – RLy.2331b – Novembre 2007
- [10] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement souterrain Bonnel-Servient à Lyon (69), année 2011 – ANTEA – Rapport n°66561/A – Février 2012
- [11] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement souterrain P0 de la Cité Internationale, année 2011 – ANTEA – Rapport n°66573/A – Février 2012
- [12] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement souterrain P2 de la Cité Internationale, année 2011 – ANTEA – Rapport n°66577/A – Février 2012
- [13] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement souterrain de la Fosse aux Ours à Lyon, année 2011 – ANTEA – Rapport n°66592/A – Février 2012
- [14] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement de l'Hôtel de Ville à Villeurbanne (69) – ANTEA – Rapport n°66642/A – Février 2012
- [15] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement souterrain Morand à Lyon (69) – ANTEA – Rapport n°66189/A – Février 2012



- [16] Lyon Parc Auto – Suivi du fonctionnement du dispositif drainant du parc de stationnement souterrain de la Gare de la Part Dieu à Lyon (69) – ANTEA – Rapport n°66384/A – Février 2012
- [17] CROUS Lyon Saint-Etienne - Centre Universitaire des Quais Ilot St Joseph, Lyon 7ème : étude de faisabilité pour l'alimentation en eau souterraine d'une pompe à chaleur – ANTEA – Rapport 54440/B – Mai 2009
- [18] Grand Lyon - Etude prospective sur l'organisation et la gestion du stationnement à la Part-Dieu – Phases III à VI – SARECO – Rapport SA342D – Septembre 2012
- [19] Grand Lyon – Mission Part-Dieu – Modèle de gestion dynamique des impacts hydrogéologiques du projet – EGIS Géotechnique – Rapport G0734P01T01-RT01-0 – Novembre 2012



ANNEXES



Annexe 1 - Base de données des infrastructures enterrées



Base de données des parkings enterrés

N° Fig. 5	Nom	X L2 réd (m)	Y L2 réd (m)	Cote radier (m NGF)	Couches du modèle	Observations
P01	Cité Internationale P1+P2	795800	90345	151.30	1 à 5	P1 géré par VINCI et P2 par LPA
P02	Cité Internationale P0	795490	90222	145.29	2 à 6	Géré par LPA
P03	Morand	794832	88410	138.82	2 à 8	Géré par LPA
P04	Brotteaux	796090	88350	151.25	2 à 5	Géré par Q-Park
P05	Hôtel de Ville Villeurbanne	797762	88275	141.06	2 à 7	Géré par LPA
P06	Vendôme	795160	88147	161.95	2 à 3	Géré par LPA
P07	Halle	795540	87826	157.72	2 à 4	Géré par LPA
P08	Francfort	796445	87680	150.80	2 à 5	Géré par Q-Park
P09	Bonnel Servient	795317	87664	148.35	2 à 6	Géré par LPA
P10	Gare Part Dieu	796335	87626	149.20	2 à 6	Géré par LPA
P11	Fosse aux Ours	794768	87112	138.83	2 à 8	Géré par LPA
P12	Tony Garnier	793550	84060	142.5	3 à 7	Géré par LPA

*D'autres parkings existent sur le secteur modélisé mais ils n'ont pas été intégrés :

- Soit parce qu'ils ne possèdent qu'un niveau de sous-sol (Parking LPA Berthelot et parking EFFIA Vilette),
- Soit parce qu'ils sont aériens (Parking LPA centre commercial Part-Dieu, notamment).

Base de données des trémies

N° Fig. 5	Nom
T01	Trémie Vivier-Merle
T02	Trémie Bonnel-Servient
T03	Trémie Nord Garibaldi
T04	Trémie Sud Garibaldi
T05	Enceinte Bonnel-Servient



Base de données des sous-sols

N° Fig. 5	X L2 réd (m)	Y L2 réd (m)	Nb Niveaux	Cote radier (m NGF)	Observations
ss01	794974	88510	6	150.49	
ss02	795014	88604	6	150.49	
ss03	795836	88639	3	159.40	
ss04	796390	88227	4	155.58	
ss05	796388	88166	4	155.04	
ss06	796397	88087	3	157.66	
ss07	796403	88010	4	155.52	
ss08	796181	88023	3	159.50	
ss09	795241	87761	4	154.99	
ss10	795019	87772	4	155.13	
ss11	797851	88509	3	160.44	Villeurbanne Hôtel de Ville
ss12	797555	87570	3	162.48	Paroisse catholique Cœur Immaculée de marie (angle Av St Exupéry et rue Ed. Aymard)
ss13	796410	87406	5	151.49	
ss14	796411	87299	5	152.28	
ss15	795686	87367	4	155.28	
ss16	796514	87181	4	155.40	
ss17	796890	86861	3	159.30	
ss18	796030	87030	3	157.78	
ss19	796210	86936	3	158.34	
ss20	796329	86819	4	155.47	
ss21	796019	86757	3	157.93	
ss22	796238	86225	3	165.41	
ss23	796797	86210	3	161.66	
ss24	796761	85556	3	162.24	
ss25	794458	86348	3	158.57	
ss26	795827	87833	3	160.3	Le Britannia
ss27	795580	87905	2	160.35	Tour INCITY
ss28	796043	87789	6	151.1	Tour Oxygène et extension Centre Commercial
ss29	796159	87890	2	160.3	Tour Suisse (locaux techniques au droit de la tour)
ss30	795804	87661	6	144.5	Tour Part-Dieu
ss31	795845	87261	2	158.45	Communauté Urbaine de Lyon
ss32	796244	87264	3	158.37	CIRCO
ss33	796244	87264	3	159.62	CIRCO
ss34	795712	84846	3	163.45	Le Confluent (dans l'extension Sud)
ss35	793592	84868	3	154.00	Résidence Jardin du Presbytère (dans l'extension Sud)



Base de données des aménagements du PLEH

N° Fig. 5	X L2 réd (m)	Y L2 réd (m)	Cote base (m NGF)	Couches du modèle	Observations
Pal.1	794860	82710	155.0	3 à 4	Quai en palplanches – Darse n°2 - Est
Pal.2	794454	82740	155.0	3 à 4	Quai en palplanches – Darse n°1 - Ouest
Pal.3	794185	82160	155.0	3 à 4	Quai en palplanches de 60 m– Rhône
Pal.4	793985	82250	155.0	3 à 4	Quai en palplanches de 80 m- Rhône
Pal.5	793800	82400	155.0	3 à 4	Quai en palplanches de 120 m – Rhône
Pal.6	793620	82730	155.0	3 à 4	Quai en palplanches de 220 m - Rhône
HAVE.1	795040	81930	160.0	3	Quai en caissons HAVE – Entrée Darse - Est
HAVE.2	794790	83300	160.0	3	Quai en caissons HAVE – Darse n°2 – Est
HAVE.3	794592	83166	160.0	3	Quai en caissons HAVE – Darsette - Nord
HAVE.4	794490	83225	160.0	3	Quai en caissons HAVE - Darsette - Ouest
HAVE.5	794600	83090	160.0	3	Quai en caissons HAVE – Darsette - Sud



Annexe 2 - Base de données des prélèvements en nappe

N°	Code AERMC	Adresse	Nom ouvrage	X Lamb. II (m)	Y (Lamb. II (m)	Usage	Volume (milliers de m ³ / an)	Année de référence	Aquifère sollicité
1	169123002	Lyon	Hôtel du Grand Lyon	795775	87374	PAC ou refroidissement	-12.3	2010	alluvions
2	169123002	Lyon	Hôtel du Grand Lyon	795775	87374	PAC ou refroidissement	12.3	2010	alluvions
3	169123003	Lyon, rue Jaboulay	Immeuble Assurance rue Jaboulay	794890	86085	PAC ou refroidissement (**)	-18.2	2010	alluvions
4	169123003	Lyon, rue Jaboulay	Immeuble Assurance rue Jaboulay	794890	86085	PAC ou refroidissement (**)	18.2	2010	alluvions
5	169123008	Lyon, rue Garibaldi, n°165	Cité Administrative - Dir. Générale Comptabilité Publique annexe DNID	795653	87736	PAC ou refroidissement	-1529.5	2010	alluvions
6	169123008	Lyon, rue Garibaldi, n°165	Cité Administrative - Dir. Générale Comptabilité Publique annexe DNID	795656	87690	PAC ou refroidissement	1529.5	2010	alluvions
7	169123009	Lyon	Hôtel du Département - CG	794888	87934	PAC ou refroidissement	-262.1	2010	alluvions
8	169123009	Lyon	Hôtel du Département - CG	794858	87934	PAC ou refroidissement	262.1	2010	alluvions
9	169123012	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°81	Musée d'Art Contemporain	795618	90233	PAC ou refroidissement	-262.8	2010	alluvions
10	169123012	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°81	Musée d'Art Contemporain	795603	90253	PAC ou refroidissement	262.8	2010	alluvions
11	169123013	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°70	Hôtel Hilton	795820	90349	PAC ou refroidissement	-1095.0	2010	alluvions
12	169123014	Lyon	Immeuble Caisse d'Allocations Familiales	796250	87276	PAC ou refroidissement	-956.3	2010	alluvions
13	169123014	Lyon	Immeuble Caisse d'Allocations Familiales	796225	87256	PAC ou refroidissement	956.3	2010	alluvions
14	169123016	Lyon, place Gabriel Péri, n°6	Restaurant rapide - FERI SARL	794958	86979	PAC ou refroidissement	-196.0	2010	alluvions
15	169123016	Lyon, place Gabriel Péri, n°6	Restaurant rapide - FERI SARL	794958	86949	PAC ou refroidissement	196.0	2010	alluvions
16	169123018	Lyon, cours de la Liberté, n°83	Immeuble CLIP - Communauté Urbaine de Lyon	795000	87090	PAC ou refroidissement	-317.1	2010	alluvions
17	169123018	Lyon, cours de la Liberté, n°83	Immeuble CLIP - Communauté Urbaine de Lyon	794995	87050	PAC ou refroidissement	317.1	2010	alluvions
18	169123019	Lyon, quai Claude Bernard	Centre Nautique du Rhône	794593	86797	Piscine	-58.5	2010	alluvions
19	169123020	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°200	Immeuble INTERPOL	795293	89980	PAC ou refroidissement	-188.3	2010	alluvions
20	169123020	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°200	Immeuble INTERPOL	795273	90000	PAC ou refroidissement	188.3	2010	alluvions
21	169123021	Lyon, rue Duquesne, n°52	Immeuble la Lutèce - Generali Assurances	795207	88901	PAC ou refroidissement (**)	-214.8	2010	alluvions
22	169123021	Lyon, rue Duquesne, n°52	Immeuble la Lutèce - Generali Assurances	795207	88861	PAC ou refroidissement (**)	214.8	2010	alluvions
23	169123023	Lyon, avenue Jean Jaurès, n°120	SONEPAR Sud-Est Comptoir Lyonnais Electricité	794791	85532	PAC ou refroidissement (**)	-60.0	2010	alluvions
24	169123023	Lyon, avenue Jean Jaurès, n°120	SONEPAR Sud-Est Comptoir Lyonnais Electricité	794791	85532	PAC ou refroidissement (**)	60.0	2010	alluvions
25	169123024	Lyon, boulevard Vivier Merle, n°30	Bibliothèque Municipale de Lyon Part-Dieu	796082	87600	PAC ou refroidissement	-876.0	2010	alluvions
26	169123024	Lyon, boulevard Vivier Merle, n°30	Bibliothèque Municipale de Lyon Part-Dieu	796052	87570	PAC ou refroidissement	876.0	2010	alluvions
27	169123025	Lyon, rue Lortet, n°20	Immeuble le CRAP - NEXITY	794446	85732	PAC ou refroidissement	-130.4	2010	alluvions
28	169123025	Lyon, rue Lortet, n°20	Immeuble le CRAP - NEXITY	794446	85732	PAC ou refroidissement	130.4	2010	alluvions
29	169123026	Lyon, avenue de Saxe, n°3	Immeuble le Maréchal - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	795183	87811	PAC ou refroidissement	-98.1	2009	alluvions
30	169123026	Lyon, avenue de Saxe, n°3	Immeuble le Maréchal - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	795183	87811	PAC ou refroidissement	98.1	2009	alluvions
31	169123028	Lyon, place Jules Ferry	Immeuble Espace Brotteaux - Neoelectra France	796253	88377	PAC ou refroidissement	-308.9	2010	alluvions
32	169123028	Lyon, place Jules Ferry	Immeuble Espace Brotteaux - Neoelectra France	796247	88348	PAC ou refroidissement	308.9	2010	alluvions
33	169123029	Lyon, rue Vendôme, n°141	Immeuble le Vendôme - Jacques Bornet SAS	795345	88077	PAC ou refroidissement	-633.9	2010	alluvions
34	169123029	Lyon, rue Vendôme, n°141	Immeuble le Vendôme - Jacques Bornet SAS	795315	88067	PAC ou refroidissement	633.9	2010	alluvions
35	169123031	Lyon, rue des Emeraudes, n°11	Immeuble les Emeraudes	796321	88650	PAC ou refroidissement	-49.4	2010	alluvions
36	169123031	Lyon, rue des Emeraudes, n°11	Immeuble les Emeraudes	796321	88650	PAC ou refroidissement	49.4	2010	alluvions
37	169123032	Lyon, rue Duguesclin, n°241-245	Immeubles le Thifaine/Mirabeau	795326	87329	PAC ou refroidissement	-208.4	2010	alluvions
38	169123032	Lyon, rue Duguesclin, n°241-245	Immeubles le Thifaine/Mirabeau	795306	87309	PAC ou refroidissement	208.4	2010	alluvions
39	169123033	Lyon, rue Boileau, n°31-33	Immeuble le Montgolfier 1	795392	88773	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
40	169123033	Lyon, rue Boileau, n°31-33	Immeuble le Montgolfier 1	795392	88773	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
41	169123034	Lyon, rue Boileau, n°39-41-43	Immeuble le Montgolfier 2	795340	88685	PAC ou refroidissement	-132.2	2010	alluvions
42	169123034	Lyon, rue Boileau, n°39-41-43	Immeuble le Montgolfier 2	795310	88685	PAC ou refroidissement	132.2	2010	alluvions
43	169123035	Lyon, avenue Foch, n°55	Immeuble le Foch	795037	88537	PAC ou refroidissement	-788.4	2009	alluvions
44	169123035	Lyon, avenue Foch, n°55	Immeuble le Foch	795022	88515	PAC ou refroidissement	788.4	2009	alluvions
45	169123042	Lyon, cours Lafayette, n°136	Immeuble le Rochambeau - UFG Property Managers Tour Crédit Lyonnais	795764	87923	PAC ou refroidissement	-106.6	2010	alluvions
46	169123042	Lyon, cours Lafayette, n°136	Immeuble le Rochambeau - UFG Property Managers Tour Crédit Lyonnais	795764	87923	PAC ou refroidissement	106.6	2010	alluvions
47	169123044	Lyon, avenue Georges Pompidou, n°36	EDF - Immeuble Vilette	796786	87480	PAC ou refroidissement (**)	0.0	2009-2010	alluvions
48	169123044	Lyon, avenue Georges Pompidou, n°36	EDF - Immeuble Vilette	796786	87480	PAC ou refroidissement (**)	0.0	2009-2010	alluvions
49	169123045	Lyon, quai Charles de Gaulle	Immeuble ASL 1 - OPM Gestion	795740	90381	Drainage / maintien à sec	-1502.1	2010	alluvions
50	169123045	Lyon, quai Charles de Gaulle	Immeuble ASL 1 - OPM Gestion	795700	90381	Drainage / maintien à sec	1501.3	2010	alluvions
51	169123047	Lyon, rue Garibaldi, n°112	Immeuble Mutuelle rue Garibaldi - Energie Lyon Villeurbanne	795644	87773	PAC ou refroidissement	-36.9	2010	alluvions

			E.L.V.Y.A						
52	169123047	Lyon, rue Garibaldi, n°112	Immeuble Mutuelle rue Garibaldi - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	795644	87773	PAC ou refroidissement	36.9	2010	alluvions
53	169123049	Lyon, boulevard Vivier Merle, n°83-85	Agence d'Intérim - Foncière Ariane	796615	87537	PAC ou refroidissement	-520.9	2009	alluvions
54	169123049	Lyon, boulevard Vivier Merle, n°83-85	Agence d'Intérim - Foncière Ariane	796585	87537	PAC ou refroidissement	520.9	2009	alluvions
55	169123050	Lyon, cours Vitton	Immeuble les Topazes	796320	88613	PAC ou refroidissement	-66.0	2010	alluvions
56	169123050	Lyon, cours Vitton	Immeuble les Topazes	796320	88613	PAC ou refroidissement	66.0	2010	alluvions
57	169123052	Lyon, rue Bellecombres, n°30	EDF - Immeuble	796504	88417	PAC ou refroidissement (**)	0.0	2009-2010	alluvions
58	169123052	Lyon, rue Bellecombres, n°30	EDF - Immeuble	796504	88417	PAC ou refroidissement (**)	0.0	2009-2010	alluvions
59	169123053	Lyon, avenue Thiers, n°154	EDF - Immeuble Godinot	796349	88575	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
60	169123053	Lyon, avenue Thiers, n°154	EDF - Immeuble Godinot	796349	88575	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
61	169123054	Lyon, avenue Thiers, n°154	EDF - Immeuble Godinot ATIC	796374	88547	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
62	169123054	Lyon, avenue Thiers, n°154	EDF - Immeuble Godinot ATIC	796374	88547	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
63	169123055	Lyon, rue des Cuirassiers, n°15	EDF - Immeuble	795951	87467	PAC ou refroidissement	-718.1	2010*	alluvions
64	169123055	Lyon, rue des Cuirassiers, n°15	EDF - Immeuble	795921	87467	PAC ou refroidissement	646.3	2010*	alluvions
65	169123062	Lyon, avenue Georges Pompidou, n°40	Immeuble le Président	796853	87483	PAC ou refroidissement	-57.2	2010	alluvions
66	169123062	Lyon, avenue Georges Pompidou, n°40	Immeuble le Président	796853	87483	PAC ou refroidissement	57.2	2010	alluvions
67	169123063	Lyon, quai Claude Bernard, n°15	Université Lyon 3 Jean Moulin	794603	86635	PAC ou refroidissement	-159.2	2010	alluvions
68	169123063	Lyon, quai Claude Bernard, n°15	Université Lyon 3 Jean Moulin	794578	86610	PAC ou refroidissement	159.2	2010	alluvions
69	169123064	Lyon, cours Albert Thomas, n°6	Université Lyon 3 Jean Moulin	796382	86273	PAC ou refroidissement	-464.9	2010	alluvions
70	169123064	Lyon, cours Albert Thomas, n°6	Université Lyon 3 Jean Moulin	796362	86253	PAC ou refroidissement	464.9	2010	alluvions
71	169123065	Lyon, rue Garibaldi, n°28-38	Immeuble Pré des Blames	794794	88782	PAC ou refroidissement	-75.0	2010	alluvions
72	169123065	Lyon, rue Garibaldi, n°28-38	Immeuble Pré des Blames	794794	88782	PAC ou refroidissement	75.0	2010	alluvions
73	169123072	Lyon, rue Garibaldi, n°20	Immeuble	795447	88887	PAC ou refroidissement	0.0	2010	alluvions
74	169123072	Lyon, rue Garibaldi, n°20	Immeuble	795447	88887	PAC ou refroidissement	0.0	2010	alluvions
75	169123080	Lyon, rue Baraban, n°52	Patinoire Baraban	796923	87778	PAC ou refroidissement	-700.8	2010*	alluvions
76	169123080	Lyon, rue Baraban, n°52	Patinoire Baraban	796893	87778	PAC ou refroidissement	560.6	2010*	alluvions
77	169123082	Lyon, Parc de la Tête d'Or	Parc de la Tête d'or	795871	89451	Alimentation d'un canal (**)	-4324.2	2010*	alluvions
78	169123082	Lyon, Parc de la Tête d'Or	Parc de la Tête d'or	795841	89451	Industriel (**)	960.5	2010*	alluvions
79	169123085	Lyon, rue des Cuirassiers, n°5	EDF	795999	87300	PAC ou refroidissement	-528.6	2010*	alluvions
80	169123085	Lyon, rue des Cuirassiers, n°5	EDF	795979	87300	PAC ou refroidissement	475.7	2010*	alluvions
81	169123086	Lyon, rue de la Grande Famille, n°11	SONEPAR Sud-Est Comptoir Lyonnais Electricité	794765	85601	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
82	169123086	Lyon, rue de la Grande Famille, n°11	SONEPAR Sud-Est Comptoir Lyonnais Electricité	794765	85601	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
83	169123101	Lyon, avenue Thiers, n°196	Immeuble le Thiers-Lafayette - SCI Nephrite	796397	88056	PAC ou refroidissement	-1384.2	2010	alluvions
84	169123158	Lyon, cours Lafayette, n°267	Hospices Civils de Lyon - Services Généraux	796776	88100	Industriel (**)	-70.9	2010	alluvions
85	169123158	Lyon, cours Lafayette, n°267	Hospices Civils de Lyon - Services Généraux	796776	88100	Industriel (**)	70.9	2010	alluvions
86	169123164	Lyon, rue du professeur Grignard, n°9	Hôpital St Joseph / St Luc	794446	86333	Inconnu (**)	-61.1	2010	alluvions
87	169123164	Lyon, rue du professeur Grignard, n°9	Hôpital St Joseph / St Luc	794446	86333	Inconnu (**)	61.1	2010	alluvions
88	169123188	Lyon, rue des Cuirassiers, n°14	France 3 Rhône-Alpes	796075	87400	PAC ou refroidissement	-119.6	2010	alluvions
89	169123188	Lyon, rue des Cuirassiers, n°14	France 3 Rhône-Alpes	796075	87400	PAC ou refroidissement	119.6	2010	alluvions
90	169123247	Lyon	Usine de principes actifs - Givaudan-Lavirotte	796500	84725	Industriel (**)	-72.8	2010	alluvions
91	169123247	Lyon	Usine de principes actifs - Givaudan-Lavirotte	796500	84725	Industriel (**)	72.8	2010	alluvions
92	169123302	Lyon	SNCF - Gare Ferroviaire Lyon Mouche	795050	85700	Industriel (**)	-7.2	2010	alluvions
93	169123302	Lyon	SNCF - Gare Ferroviaire Lyon Mouche	795050	85700	Industriel (**)	7.2	2010	alluvions
94	169123679	Lyon, cours Lafayette, n°186	Immeuble Centrale Comm. Crs Lafayette - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	796200	87949	Industriel (**)	-161.5	2010	alluvions
95	169123679	Lyon, cours Lafayette, n°186	Immeuble Centrale Comm. Crs Lafayette - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	796170	87949	Industriel (**)	161.5	2010	alluvions
96	169123745	Lyon, rue du Dauphiné, n°8	France Telecom - Centre Téléphonie 8 rue du Dauphiné	796646	86424	PAC ou refroidissement (**)	-224.0	2010	alluvions
97	169123745	Lyon, rue du Dauphiné, n°8	France Telecom - Centre Téléphonie 8 rue du Dauphiné	796676	86424	PAC ou refroidissement (**)	224.0	2010	alluvions
98	169123985	Lyon, rue des Cuirassiers, n°3bis	EDF	796021	87256	PAC ou refroidissement	-453.3	2010	alluvions
99	169123985	Lyon, rue des Cuirassiers, n°3bis	EDF	795991	87256	PAC ou refroidissement	453.3	2010	alluvions
100	169266002	Villeurbanne, avenue Condorcet, n°23	Immeuble BTP	796839	89431	PAC ou refroidissement	-9.5	2010	alluvions
101	169266002	Villeurbanne, avenue Condorcet, n°23	Immeuble BTP	796839	89431	PAC ou refroidissement	9.5	2010	alluvions
102	169266003	Villeurbanne, boulevard du 11 Novembre 1918, n°43	Institut Recherche Physique Nucléaire - CNRS IN2P3	796661	90018	Industriel (**)	-236.3	2009*	alluvions
103	169266003	Villeurbanne, boulevard du 11 Novembre 1918, n°43	Institut Recherche Physique Nucléaire - CNRS IN2P3	796641	90008	Industriel (**)	165.4	2009*	alluvions
104	169266005	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°103-107	Immeuble Portes de Villeurbanne	796179	89404	PAC ou refroidissement	-11.0	2010	alluvions

105	169266005	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°103-107	Immeuble Portes de Villeurbanne	796179	89404	PAC ou refroidissement	11.0	2010	alluvions
106	169266006	Villeurbanne, rue Louis Guérin, n°17-19	Immeuble les Vikings	796271	89606	PAC ou refroidissement	-0.5	2010	alluvions
107	169266006	Villeurbanne, rue Louis Guérin, n°17-19	Immeuble les Vikings	796271	89606	PAC ou refroidissement	0.5	2010	alluvions
108	169266007	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°149	Immeuble le Palais d'Hiver	796185	88965	PAC ou refroidissement	-50.0	2010	alluvions
109	169266007	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°149	Immeuble le Palais d'Hiver	796185	88965	PAC ou refroidissement	50.0	2010	alluvions
110	169266008	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°109	Immeuble le Front de Parc - Global Property Management	796205	89361	PAC ou refroidissement	-301.1	2010	alluvions
111	169266008	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°109	Immeuble le Front de Parc - Global Property Management	796175	89361	PAC ou refroidissement	301.1	2010	alluvions
112	169266009	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°81	Immeuble Park Avenue	796244	89578	PAC ou refroidissement	-514.9	2010	alluvions
113	169266009	Villeurbanne, boulevard Stalingrad, n°81	Immeuble Park Avenue	796204	89578	PAC ou refroidissement	514.9	2010	alluvions
114	169266010	Villeurbanne, rue de la Doua, n°4	Immeuble - SCI Villeurbanne Université	797363	89689	PAC ou refroidissement	-182.1	2010	alluvions
115	169266010	Villeurbanne, rue de la Doua, n°4	Immeuble - SCI Villeurbanne Université	797333	89689	PAC ou refroidissement	182.1	2010	alluvions
116	169266011	Villeurbanne, rue Allende, n°12-14	Immeuble le Couperin	796558	89232	PAC ou refroidissement	-36.2	2010	alluvions
117	169266011	Villeurbanne, rue Allende, n°12-14	Immeuble le Couperin	796558	89232	PAC ou refroidissement	36.2	2010	alluvions
118	169266015	Villeurbanne, rue Allende	Immeuble le Tonkin - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	796587	89232	PAC ou refroidissement	-292.8	2010	alluvions
119	169266015	Villeurbanne, rue Allende	Immeuble le Tonkin - Energie Lyon Villeurbanne E.L.V.Y.A	796557	89232	PAC ou refroidissement	292.8	2010	alluvions
120	169266017	Villeurbanne, rue d'Alsace, n°50	SYTRAL	797000	88500	PAC ou refroidissement	-50.0	2009	alluvions
121	169266017	Villeurbanne, rue d'Alsace, n°50	SYTRAL	797000	88500	PAC ou refroidissement	50.0	2009	alluvions
122	169266022	Villeurbanne, rue Francis de Pressense, n°95	Piscine Bouilloche	797589	88954	Piscine	-13.0	2010	alluvions
123	169266031	Villeurbanne, rue Emile Dunière, n°5	Stade Matéo	798240	89869	Irrigation	-3.8	2010	alluvions
124	169266034	Villeurbanne, boulevard du 11 Novembre 1918, n°27	Centre de Partenariat Recherche & Développement - INSAVALOR	797792	90546	PAC ou refroidissement	-320.7	2010	alluvions
125	169266034	Villeurbanne, boulevard du 11 Novembre 1918, n°27	Centre de Partenariat Recherche & Développement - INSAVALOR	797762	90546	PAC ou refroidissement	320.7	2010	alluvions
126	169266125	Villeurbanne	Fabrique de Pièces Automobiles - ACI Villeurbanne	797715	89425	Industriel (**)	-44.2	2010*	alluvions
127	169266125	Villeurbanne	Fabrique de Pièces Automobiles - ACI Villeurbanne	797685	89425	Industriel (**)	24.3	2010*	alluvions
128	169266132	Villeurbanne	Université Claude Bernard	796850	89825	PAC ou refroidissement (**)	-679.9	2010*	alluvions
129	169266132	Villeurbanne	Université Claude Bernard	796820	89825	PAC ou refroidissement (**)	666.3	2010*	alluvions
130	169266193	Villeurbanne, campus universitaire de la Doua	Ecole d'Ingénieurs INSA	797596	90217	Industriel (**)	-234.4	2010	alluvions
131	169266193	Villeurbanne, campus universitaire de la Doua	Ecole d'Ingénieurs INSA	797566	90207	Industriel	234.4	2010	alluvions
132	169266195	Villeurbanne	CNRS Délégation Rhône Auvergne	797301	89900	Industriel	-65.2	2010	alluvions
133	169266195	Villeurbanne	CNRS Délégation Rhône Auvergne	797301	89900	Industriel	65.2	2010	alluvions
134	169266256	Villeurbanne	Etablissements Etienne Brun SA	797478	89318	Industriel	-29.7	2010	alluvions
135	169266256	Villeurbanne	Etablissements Etienne Brun SA	797478	89318	Industriel	29.7	2010	alluvions
136	169266331	Villeurbanne	Ecole d'ingénieurs en chimie - CPE Lyon	797233	90337	Industriel	-50.5	2010	alluvions
137	169266331	Villeurbanne	Ecole d'ingénieurs en chimie - CPE Lyon	797233	90337	Industriel	50.5	2010	alluvions
138	169266340	Villeurbanne, avenue Dutriévoz, n°12-14	EDF - Immeuble SEPTEN	796354	88934	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
139	169266340	Villeurbanne, avenue Dutriévoz, n°12-14	EDF - Immeuble SEPTEN	796354	88934	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
140	169266341	Villeurbanne, rue Louis Guérin, n°35-37	EDF - Immeuble rue L. Guérin	796272	89327	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
141	169266341	Villeurbanne, rue Louis Guérin, n°35-37	EDF - Immeuble rue L. Guérin	796272	89327	PAC ou refroidissement	0.0	2009-2010	alluvions
142	169266343	Villeurbanne, rue du Bat Yam	Immeuble HLM rue du Bat Yam - ICF Sud-Est Méditerranée	796644	89074	PAC ou refroidissement	-175.1	2010	alluvions
143	169266343	Villeurbanne, rue du Bat Yam	Immeuble HLM rue du Bat Yam - ICF Sud-Est Méditerranée	796614	89074	PAC ou refroidissement	175.1	2010	alluvions
144a	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795378	87710	Drainage / maintien à sec	-804.3	2010	molasse
144b	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795396	87603	Drainage / maintien à sec	-804.3	2010	molasse
144c	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795389	87637	Drainage / maintien à sec	-804.3	2010	molasse
144d	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795383	87674	Drainage / maintien à sec	-804.3	2010	molasse
145a	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795313	87711	Drainage / maintien à sec	804.3	2010	alluvions
145b	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795322	87667	Drainage / maintien à sec	804.3	2010	alluvions
145c	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795340	87578	Drainage / maintien à sec	804.3	2010	alluvions
145d	169123010	Lyon, rue de Créqui, n°183	Parking LPA Bonnel Servient	795391	87584	Drainage / maintien à sec	804.3	2010	alluvions
146a	169123010	Lyon, quai Charles de Gaulle	Parking LPA P0 Cité Internationale	795495	90173	Drainage / maintien à sec	-395.5	2010	molasse
146b	169123010	Lyon, quai Charles de Gaulle	Parking LPA P0 Cité Internationale	795543	90208	Drainage / maintien à sec	-395.5	2010	molasse
147a	169123010	Lyon, quai Charles de Gaulle	Parking LPA P2 Cité Internationale	795890	90309	Drainage / maintien à sec	-363.1	2010	molasse
147b	169123010	Lyon, quai Charles de Gaulle	Parking LPA P2 Cité Internationale	795968	90321	Drainage / maintien à sec	-363.1	2010	molasse
148a	169123010	Lyon, place Antonin Jutard, °1 bis	Parking LPA Fosse aux Ours	794829	87136	Drainage / maintien à sec	-348.5	2010	molasse
148b	169123010	Lyon, place Antonin Jutard, °1 bis	Parking LPA Fosse aux Ours	794824	87098	Drainage / maintien à sec	-348.5	2010	molasse
149a	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796452	87499	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149b	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796452	87545	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149c	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796450	87594	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse

149d	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796450	87639	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149e	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796449	87686	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149f	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796449	87729	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149g	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796432	87759	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149h	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796413	87766	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149i	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796414	87798	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
149j	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796416	87857	Drainage / maintien à sec	-838.6	2010	molasse
150a	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796365	87851	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150b	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796403	87882	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150c	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796380	87808	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150d	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796385	87749	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150e	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796385	87715	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150f	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796400	87642	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150g	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796400	87588	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
150h	169123010	Lyon, rue de la Villette, n°38	Parking LPA Part-Dieu Gare SNCF	796400	87520	Drainage / maintien à sec	1048.3	2010	alluvions
151a	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797755	88307	Drainage / maintien à sec	-684.2	2010	molasse
151b	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797740	88288	Drainage / maintien à sec	-684.2	2010	molasse
151c	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797744	88264	Drainage / maintien à sec	-684.2	2010	molasse
151d	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797762	88252	Drainage / maintien à sec	-684.2	2010	molasse
152	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797815	88315	Drainage / maintien à sec	684.2	2010	alluvions
153	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797843	88301	Drainage / maintien à sec	684.2	2010	alluvions
154	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797845	88270	Drainage / maintien à sec	684.2	2010	alluvions
155	169123010	Villeurbanne, rue Michel Servet, n°38 bis	Parking LPA Hôtel de Ville Villeurbanne	797828	88262	Drainage / maintien à sec	684.2	2010	alluvions
156a	169123010	Lyon, place maréchal Lyautey, n°11 bis	Parking LPA Morand	794880	88430	Drainage / maintien à sec	-769.3	2010	molasse
156b	169123010	Lyon, place maréchal Lyautey, n°11 bis	Parking LPA Morand	794904	88434	Drainage / maintien à sec	-769.3	2010	molasse
156c	169123010	Lyon, place maréchal Lyautey, n°11 bis	Parking LPA Morand	794922	88437	Drainage / maintien à sec	-769.3	2010	molasse
156d	169123010	Lyon, place maréchal Lyautey, n°11 bis	Parking LPA Morand	794928	88405	Drainage / maintien à sec	-769.3	2010	molasse
156e	169123010	Lyon, place maréchal Lyautey, n°11 bis	Parking LPA Morand	794915	88380	Drainage / maintien à sec	-769.3	2010	molasse
157	-	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°64	Parking Vinci P1 Cité Internationale	795780	90330	Drainage / maintien à sec	nc	-	molasse
158	-	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°64	Parking Vinci P1 Cité Internationale	795780	90330	Drainage / maintien à sec	nc	-	alluvions
159	-	Lyon, rue de la Villette, n°75	Parking EFFIA Villette	796444	87412	Drainage / maintien à sec	nc	-	-
160	-	Lyon, rue de la Villette, n°75	Parking EFFIA Villette	796444	87412	Drainage / maintien à sec	nc	-	-
161	-	Lyon, place Général Brosset	Parking Q-Park Brotteaux	796128	88354	Drainage / maintien à sec	nc	-	-
162	-	Lyon, place Général Brosset	Parking Q-Park Brotteaux	796128	88354	Drainage / maintien à sec	nc	-	-
163	-	Lyon, rue d'Aubigny, n°2	Parking Q-Park Francfort	796484	87685	Drainage / maintien à sec	nc	-	-
164	-	Lyon, rue d'Aubigny, n°2	Parking Q-Park Francfort	796484	87685	Drainage / maintien à sec	nc	-	-
165	-	Lyon	SCI Green Park	796870	86240	Inconnu	-131.4	2002	alluvions
166	-	Lyon	SCI Green Park	796870	86240	Inconnu	131.4	2002	alluvions
167	-	Lyon, cours Vitton, n°92	RIE	796310	88590	Inconnu	-109.5	2002	alluvions
168	-	Lyon, cours Vitton, n°92	RIE	796310	88590	Inconnu	109.5	2002	alluvions
169	-	Villeurbanne	CNRS	797360	89980	Inconnu	-102.2	2002	alluvions
170	-	Villeurbanne	CNRS	797360	89980	Inconnu	102.2	2002	alluvions
171	-	Lyon, rue Bonnel, n°28	Immeuble AGF	795180	87670	Drainage / maintien à sec	nc	-	molasse + alluvions
172	-	Lyon, rue Bonnel, n°28	Immeuble AGF	795180	87670	Drainage / maintien à sec	nc	-	molasse + alluvions
173	-	Lyon	Cité B Amont + Salle 3000	795900	90360	Drainage / maintien à sec	nc	-	molasse + alluvions
174	-	Lyon	Cité B Amont + Salle 3000	795900	90360	Drainage / maintien à sec	nc	-	molasse + alluvions
175	-	Lyon, boulevard Vivier-Merle, n°103-123	ATRIUM Part-Dieu	796340	86820	Drainage / maintien à sec	-3285.0	nc	molasse + alluvions
176	-	Lyon, boulevard Vivier-Merle, n°103-123	ATRIUM Part-Dieu	796290	86810	Drainage / maintien à sec	3285.0	nc	molasse + alluvions
177	-	Lyon, Boulevard Jean XXIII	Centre Léon Bérard	797680	85580	PAC ou refroidissement	nc	-	molasse
178	-	Lyon, Boulevard Jean XXIII	Centre Léon Bérard	797680	85580	PAC ou refroidissement	nc	-	molasse
179	-	Lyon, boulevard Vivier-Merle, n°75	Hôtel Première Classe	796255	87190	PAC ou refroidissement	-525.6	<=2006	alluvions
180	-	Lyon, boulevard Vivier-Merle, n°75	Hôtel Première Classe	796225	87190	PAC ou refroidissement	525.6	<=2006	alluvions
181	-	Lyon, place Jules Ferry, n°3	Restaurant Le Splendid	796170	88370	PAC ou refroidissement	-832.2	<=2006	alluvions
182	-	Lyon, place Jules Ferry, n°3	Restaurant Le Splendid	796160	88360	PAC ou refroidissement	832.2	<=2006	alluvions
183	-	Lyon, boulevard des Tchécoslovaques, n°21	Lyonnaise de Banque	796240	86150	PAC ou refroidissement	-420.5	<=2006	alluvions
184	-	Lyon, boulevard des Tchécoslovaques, n°21	Lyonnaise de Banque	796210	86130	PAC ou refroidissement	420.5	<=2006	alluvions

185	-	Lyon, rue Bonnefoi	Immeuble Eldorado	795200	86950	PAC ou refroidissement	-109.5	<=2006	alluvions
186	-	Lyon, rue Bonnefoi	Immeuble Eldorado	795200	86910	PAC ou refroidissement	109.5	<=2006	alluvions
187	-	Lyon, rue de Créqui, n°128	AGF Immobilier	795250	88020	PAC ou refroidissement	-131.4	<=2006	alluvions
188	-	Lyon, rue de Créqui, n°128	AGF Immobilier	795240	88000	PAC ou refroidissement	131.4	<=2006	alluvions
189	-	Lyon, boulevard des Brotteaux, n°53-55	CAPRI	796050	88050	PAC ou refroidissement	-350.4	<=2006	alluvions
190	-	Lyon, boulevard des Brotteaux, n°53-55	CAPRI	796030	88030	PAC ou refroidissement	350.4	<=2006	alluvions
191	-	Lyon, angle rues de Créqui et Dunoir	COGEDIM RIC	795300	87640	PAC ou refroidissement	-525.6	<=2006	alluvions+molasse?
192	-	Lyon, angle rues de Créqui et Dunoir	COGEDIM RIC	795290	87600	PAC ou refroidissement	525.6	<=2006	alluvions+molasse?
193	-	Lyon, boulevard des Belges, n°24-26	Résidence Hôtelière Reine Astrid	795270	89200	PAC ou refroidissement	-613.2	<=2006	alluvions
194	-	Lyon, boulevard des Belges, n°24-26	Résidence Hôtelière Reine Astrid	795250	89180	PAC ou refroidissement	613.2	<=2006	alluvions
195	-	Lyon, rue Saint Amour	RTE	795581	87083	PAC ou refroidissement	-1664.4	<=2006	alluvions
196	-	Lyon, rue Saint Amour	RTE	795572	87028	PAC ou refroidissement	-1664.4	<=2006	alluvions
197	-	Lyon, rue Saint Amour	RTE	795583	86991	PAC ou refroidissement	1664.4	<=2006	alluvions
198	-	Lyon, rue Saint Amour	RTE	795579	86975	PAC ou refroidissement	1664.4	<=2006	alluvions
199	-	Lyon, rue Serviant, n°3	Centre de la Vue - SCI Les Prunelles	794900	87550	PAC ou refroidissement	-52.6	<=2006	alluvions
200	-	Lyon, rue Serviant, n°3	Centre de la Vue - SCI Les Prunelles	794900	87530	PAC ou refroidissement	52.6	<=2006	alluvions
201	-	Lyon, ZAC de la Buire	APRIL - ZAC de la Buire	796230	86730	PAC ou refroidissement	-1168.0	<=2006	alluvions
202	-	Lyon, ZAC de la Buire	APRIL - ZAC de la Buire	796235	86710	PAC ou refroidissement	-1168.0	<=2006	alluvions
203	-	Lyon, ZAC de la Buire	APRIL - ZAC de la Buire	796240	86690	PAC ou refroidissement	-1168.0	<=2006	alluvions
204	-	Lyon, ZAC de la Buire	APRIL - ZAC de la Buire	796520	86690	PAC ou refroidissement	1752.0	<=2006	alluvions
205	-	Lyon, ZAC de la Buire	APRIL - ZAC de la Buire	796085	86820	PAC ou refroidissement	1752.0	<=2006	alluvions
206	-	Lyon, quai Augagneur, n°19	SAS La Canadienne	794750	87300	PAC ou refroidissement	-105.1	<=2006	alluvions
207	-	Lyon, quai Augagneur, n°19	SAS La Canadienne	794750	87300	PAC ou refroidissement	105.1	<=2006	alluvions
208	-	Lyon, rue Villette, 72-84	SNC Villette Pompidou	796430	87390	PAC ou refroidissement	-2628.0	<=2006	-
209	-	Lyon, rue Villette, 72-84	SNC Villette Pompidou	796400	87390	PAC ou refroidissement	2628.0	<=2006	-
210	-	Lyon, cours Albert Thomas	Ecole Nationale de Gestion de l'Espace Urbain	796505	86350	PAC ou refroidissement	-657.0	<=2006	-
211	-	Lyon, cours Albert Thomas	Ecole Nationale de Gestion de l'Espace Urbain	796480	86340	PAC ou refroidissement	657.0	<=2006	-
212	-	Lyon, cours Albert Thomas, n°6	Université Lyon 3 Jean Moulin	796380	86320	PAC ou refroidissement	-1226.4	<=2006	alluvions
213	-	Lyon, cours Albert Thomas, n°6	Université Lyon 3 Jean Moulin	796355	86295	PAC ou refroidissement	1226.4	<=2006	alluvions
214	-	Lyon, rue Montbrillant, n°7-9	SNC CAPRI	797095	86520	PAC ou refroidissement	-657.0	<=2006	-
215	-	Lyon, rue Montbrillant, n°7-9	SNC CAPRI	797065	86520	PAC ou refroidissement	657.0	<=2006	-
216	-	Lyon, rue du professeur Grignard, n°9	Hôpital St Joseph / St Luc	794840	85990	PAC ou refroidissement	-1576.8	<=2006	-
217	-	Lyon, rue du professeur Grignard, n°9	Hôpital St Joseph / St Luc	794785	85978	PAC ou refroidissement	1576.8	<=2006	-
218	-	Lyon, avenue Thiers/Lafayette, n°198/206	EDF	796420	88250	PAC ou refroidissement	-2014.8	<=2006	alluvions
219	-	Lyon, avenue Thiers/Lafayette, n°198/206	EDF	796370	88250	PAC ou refroidissement	2014.8	<=2006	alluvions
220	-	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°70	Bureau Aval	795560	90190	PAC ou refroidissement	nc	-	-
221	-	Lyon, quai Charles de Gaulle, n°70	Bureau Aval	795560	90190	PAC ou refroidissement	nc	-	-
222	-	Lyon, angle rues Garibaldi (n°208) et Chaponnay n°(128)	Société SDIC	795690	87370	PAC ou refroidissement	-1051.2	<=2006	alluvions
223	-	Lyon, angle rues Garibaldi (n°208) et Chaponnay n°(128)	Société SDIC	795670	87350	PAC ou refroidissement	1051.2	<=2006	alluvions
224	-	Lyon, rue Molière, n°97	Préfecture du Rhône	795010	87670	PAC ou refroidissement	nc	-	-
225	-	Lyon, rue Molière, n°97	Préfecture du Rhône	795010	87670	PAC ou refroidissement	nc	-	-
226a	-	Lyon, Cité Internationale	SACVL - Cité Internationale	795750	90310	Drainage / maintien à sec	-3372.6	<=2006	-
226b	-	Lyon, Cité Internationale	SACVL - Cité Internationale	795692	90277	Drainage / maintien à sec	-3372.6	<=2006	-
227	-	Lyon, Cité Internationale	SACVL - Cité Internationale	795700	90350	Drainage / maintien à sec	6745.2	<=2006	-
228	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796661	87027	PAC ou refroidissement	-1314.0	<=2006	alluvions
229	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796556	87077	PAC ou refroidissement	-1314.0	<=2006	alluvions
230	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796553	87064	PAC ou refroidissement	-1314.0	<=2006	alluvions
231	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796549	87005	PAC ou refroidissement	-1314.0	<=2006	alluvions
232	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796592	86988	PAC ou refroidissement	-1314.0	<=2006	alluvions
233	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796655	87032	PAC ou refroidissement	-1314.0	<=2006	alluvions
234	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796644	86977	PAC ou refroidissement	972.4	<=2006	alluvions
235	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796537	87025	PAC ou refroidissement	972.4	<=2006	alluvions
236	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796600	87176	PAC ou refroidissement	972.4	<=2006	alluvions
237	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796568	86997	PAC ou refroidissement	972.4	<=2006	alluvions
238	-	Lyon, avenue Félix Faure, n°131	France Telecom	796619	86967	PAC ou refroidissement	972.4	<=2006	alluvions

239	-	Lyon, quai Charles de Gaulle	Bureau Amont 3 + Salle 3000	795920	90370	PAC ou refroidissement	nc	-	alluvions
240	-	Lyon, quai Charles de Gaulle	Bureau Amont 3 + Salle 3000	795920	90370	PAC ou refroidissement	nc	-	alluvions
241	-	Villeurbanne, la Doua	Centrale de la Doua	797280	90000	Inconnu	-400.0	nc	-
242	-	Lyon, rue Duguesclin, n°48	France Telecom	795481	88784	Inconnu	-153.2	nc	alluvions
243	-	Lyon, rue Duguesclin, n°48	France Telecom	795481	88784	Inconnu	153.2	nc	alluvions
244	-	Villeurbanne, avenue Albert Einstein, n°8	8 av. Einstein	797490	90080	Inconnu	-109.5	nc	alluvions
245	-	Villeurbanne, avenue Albert Einstein, n°8	8 av. Einstein	797490	90080	Inconnu	109.5	nc	alluvions
246	-	Villeurbanne, rue Docteur Papillon, n°10	EDF	798175	87950	Inconnu	-60.2	nc	alluvions
247	-	Villeurbanne, rue Docteur Papillon, n°10	EDF	798175	87950	Inconnu	60.2	nc	alluvions
248	-	Lyon, rue Garibaldi, n°30	Société COFRADEL	795450	88813	PAC ou refroidissement	-358.8	-	alluvions
249	-	Lyon, rue Garibaldi, n°30	Société COFRADEL	795450	88813	PAC ou refroidissement	358.8	-	alluvions
250	-	Villeurbanne, avenue Albert Einstein	Centre Scientifique et Technique d'Entreprises	797870	90160	PAC ou refroidissement	-279.9	-	alluvions
251	-	Villeurbanne, avenue Albert Einstein	Centre Scientifique et Technique d'Entreprises	797870	90160	PAC ou refroidissement	279.9	-	alluvions
252	-	Villeurbanne, boulevard du 11 Novembre 1918, n°141	Immeuble ATRIUM	796620	89745	PAC ou refroidissement	-180.0	-	alluvions
253	-	Villeurbanne, boulevard du 11 Novembre 1918, n°141	Immeuble ATRIUM	796620	89745	PAC ou refroidissement	180.0	-	alluvions
254	-	Villeurbanne, avenue Henri Barbusse, n°28	Pharmacie des Gratte-Ciel	797700	88530	PAC ou refroidissement	-14.8	-	alluvions
255	-	Villeurbanne, avenue Henri Barbusse, n°28	Pharmacie des Gratte-Ciel	797700	88530	PAC ou refroidissement	14.8	-	alluvions
256	169123004	Lyon – Avenue Tony Garnier	Centre Technique du Cuir	794583	83781	PAC ou refroidissement	-149.5	2010	alluvions
257	169123004	Lyon - Avenue Tony Garnier	Centre Technique du Cuir	794633	83781	PAC ou refroidissement	149.5	2010	alluvions
258	169123067	Lyon – Rue Jonas SALK	SCI GOLFE PASTEUR	793504	84197	PAC ou refroidissement	-335.0	2010	alluvions
259	169123067	Lyon – Rue Jonas SALK	SCI GOLFE PASTEUR	793494	84247	PAC ou refroidissement	335.0	2010	alluvions
260	169123068	Lyon – Bd Yves FARGE	Association des Paralysés de France – Foyer de Lyon Gerland	793833	84780	PAC ou refroidissement	-532.3	2010	alluvions
261	169123068	Lyon – Bd Yves FARGE	Association des Paralysés de France – Foyer de Lyon Gerland	793798	84745	PAC ou refroidissement	532.3	2010	alluvions
262	169123077	Lyon – Parc de Gerland	Monsieur la Maire de LYON	793706	83224	irrigation	-292.1	2010	alluvions
263	169123100	Lyon - Ecole Normale Supérieure de Lyon	Ecole Normale Supérieure de Lyon	793749	84242	PAC ou refroidissement	-876.0	2010	alluvions
264	169123100	Lyon - Ecole Normale Supérieure de Lyon	Ecole Normale Supérieure de Lyon	793799	84242	PAC ou refroidissement	876.0	2010	alluvions
265	169123141	Lyon – Bd Jules Carteret	Laboratoire AGUETTANT	795025	83750	PAC ou refroidissement	-1081.9	2010	alluvions
266	169123141	Lyon – Bd Jules Carteret	Laboratoire AGUETTANT	794975	83750	PAC ou refroidissement	1081.9	2010	alluvions
267	169123145	Lyon – Avenue Jean Jaurès	NEXANS FRANCE	794625	85199	industriel	-193.6	2010	alluvions
268	169123148	Lyon – Avenue Jean-François Raclat	FAGORBRANDT SAS	794925	84574	industriel	-532.4	2010	alluvions
269	169123770	Lyon – Bd Jules Carteret	BASF BEAUTY CARE SOLUTIONS FRANCE SAS	795199	83870	PAC ou refroidissement	-262.8	2010	alluvions
270	169123770	Lyon – Bd Jules Carteret	BASF BEAUTY CARE SOLUTIONS FRANCE SAS	795149	83870	PAC ou refroidissement	262.8	2010	alluvions
271	169123772	Lyon – Rue de Dole (Port Edouard Herriot)	Communauté Urbaine de Lyon	794700	83550	PAC ou refroidissement	-6653.2	2010	alluvions

Légende :

Débits inférieurs à 131 400 m ³ / an, soit 15 m ³ /h, qui est le seuil minimal considéré pour les prélèvements à intégrer dans le modèle
Débit nul ou non connu => puits non intégré dans le modèle

Les puits qui ne sont pas référencés dans les fichiers 2009 et 2010 de l'Agence de l'Eau n'ont pas été retenus

Les puits qui ne sont pas référencés dans le fichier de 2010 mais dans celui de 2009 ont été conservés. Le volume pompé en 2009 a été retenu

(*) Les puits pour lesquels plusieurs usages (et plusieurs volumes) ont été identifiés jusqu'en 2007, mais pour lesquels un seul usage générique (et un seul volume) est mentionné en 2010 suite au changement de nomenclature se voient attribuer en 2010, les deux usages mentionnés en 2007, auxquels sont associés les débits de 2010 avec une répartition identique à celle de 2007

(**) Usage insuffisamment explicite - Supposé réinjecté dans la nappe (même aquifère)

En l'absence de précision sur les débits réinjectés en nappe, ces derniers sont supposés égaux à ceux prélevés

Sur les pompages ou les réinjections qui ont été répartis sur plusieurs puits (indices a, b, etc), le débit total a été réparti à part égale sur chaque ouvrage