

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

Réseau Ferré de France
DR Rhône Alpes Auvergne

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

Identification

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	G0855P01	RT03	C	13

	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
Nom	Sébastien Floriat	Lionel Demongodin	Lionel Demongodin
Fonction	Chef de Projet	Responsable de service	Responsable de service
Date	08/06/2015	08/06/2015	08/06/2015



Objet du document

La présente note constitue un complément au rapport G0855P01-RT02 relatif à l'étude hydrogéologique associée à l'analyse de faisabilité technique du scénario B (souterrain) de la section Saint-Clair – Guillotière

Ce complément se rapporte à l'analyse d'une nouvelle variante pour la construction de la gare.

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Sébastien Floriat	06/05/2015	Emission initiale
B	Sébastien Floriat	19/05/2015	Corrections suite aux remarques et observations reçues par mail le 12/05
C	Sébastien Floriat	08/06/2015	Corrections suite aux remarques du Grand Lyon transmises par mail le 08/06



Sommaire

1	Introduction.....	4
2	Sources et documents de références.....	4
3	Simulation : état projet.....	5
3.1	Description de la variante.....	5
3.2	Impact sur la piézométrie initiale (actuelle) de la nappe.....	5
3.2.1	Impact du projet en configuration réelle.....	6
3.2.2	Impact du projet dans la configuration sans le parking gare Part-Dieu.....	9
3.2.3	Synthèse des simulations.....	11
3.3	Analyse et interprétation.....	11
3.4	Préconisations et dispositions constructives pour le projet.....	12
4	Conclusion et perspectives.....	13

Liste des figures

Figure 1	– Plan de localisation des puits de rejet du parking gare Part-Dieu.....	6
Figure 2	– Impact du projet sur la piézométrie actuelle (couche 5).....	8
Figure 3	– Impact du projet sur la piézométrie initiale (couche 5) en l’absence du parking gare Part-Dieu.....	10



1 Introduction

Cette note vient en complément du rapport de faisabilité NFL de janvier 2015 [1]. Elle concerne l'analyse des impacts hydrodynamiques d'une nouvelle variante relative à la construction de la gare souterraine.

Les simulations réalisées à cet effet se sont déroulées selon la même méthodologie que précédemment et à partir du même modèle numérique.

L'état initial (avant-projet) reste inchangé mais a été ajusté sur la base des éléments récents transmis par Lyon Parc Auto [2]. Ces nouvelles données précisent la localisation des puits de rejet du dispositif de radier drainant du parking de la gare Part-Dieu. La localisation exacte de ces puits est essentielle à la simulation à réaliser puisque ces ouvrages sont tous situés à proximité immédiate du projet étudié et peuvent donc interagir fortement. Toutefois, les précisions apportées ne modifient en rien la piézométrie du secteur et ne remettent pas en cause la validité du modèle existant.

Le présente note décrit successivement les scénarios modélisés, les résultats obtenus puis conclut par une analyse des impacts et de la faisabilité hydrogéologique de la variante.

2 Sources et documents de références

- [1] Réseau Ferré de France – Etude de faisabilité NFL long terme – Etudes d'exploitation, de faisabilité technique et d'insertion territoriale – Rapport final – Section Saint-Clair – Guillotière / scénario B : étude hydrogéologique – G0855P01-RT02-C – EGIS – Janvier 2015
- [2] Données Lyon Parc Auto sur les dispositifs de pompage (radier drainant) et de rejet des eaux au niveau du parking gare Part-Dieu – Données transmises par mail le 22 avril 2015
- [3] Nœud Ferroviaire Lyonnais – Secteur Part-Dieu – Scénario C – Variante 4 – Vue en plan et profil en long – indice 3 - EGIS – Janvier 2015
- [4] Lyon Parc Auto – Réalisation de 4 forages de réinjection - Parc Gare Part-Dieu – Lyon 3 – Dossier des Ouvrages Exécutés, chantier N°493 – Réf. 572 indice A - RESURGENCE – Janvier 2011

3 Simulation : état projet

3.1 Description de la variante

Les caractéristiques de la variante étudiée sont les suivantes :

- la gare souterraine est positionnée immédiatement à l'Est de l'actuelle gare de La Part Dieu,
- elle est délimitée par une enceinte rectangulaire en parois moulées ancrées dans la molasse (à une cote inférieure à 130 m NGF) et recoupant toute la hauteur des alluvions,
- longueur de l'enceinte : 900 m selon l'axe Nord-Sud (donc perpendiculairement à la direction des écoulements
- largeur de l'enceinte : 30 à 40 m.

Les tunnels ne sont pas représentés compte tenu de l'effet négligeable démontré sur les précédentes simulations (cf. [1]).

Les seules modifications relatives aux tunnels se situent à proximité immédiate de la gare où les tunnels remontent sensiblement pour rejoindre les voies hautes dans la gare. Toutefois, ces remontées ne sont pas prises en compte car :

- au Nord : le tunnel supérieur recoupe les alluvions sur un linéaire de 160 m (entre les Pk 506.931 et 507.091) et une hauteur variant entre 0 (au Pk 506.931) et 3.75 m (au Pk 507.091) ; les alluvions présentant ici une puissance de l'ordre de 20 m, la hauteur interceptée par le tunnel aura un effet tout à fait négligeable sur les écoulements (encore plus au regard de l'effet de la paroi moulée de la gare, voisine) ;
- au Sud : le tunnel recoupe les alluvions sur un linéaire de 50 m entre les Pk 508.013 et 508.062) et une hauteur variant entre 0 (au Pk 508.062) et 1.0 m (au Pk 508.013) ; l'impact est donc encore plus limité qu'au Nord.

Ces éléments de référence sont issus du plan et du profil en long de la variante [3].

La paroi moulée est intégrée au modèle par l'insertion d'un « objet » :

- allant de la cote du TN à la base du modèle (130 m NGF),
- de perméabilité $K = 1.10^{-9}$ m/s (paroi étanche).

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

Pour cette variante, l'impact sur la piézométrie est lié à la présence d'une enceinte étanche venant intercepter toute la hauteur de la nappe des alluvions sur une longueur de plus de 900 m perpendiculairement aux écoulements souterrains.

Mais des interactions hydrodynamiques fortes sont attendues avec les infrastructures souterraines (parking gare Part-Dieu) et les puits de captage ou de rejet en nappe présents à proximité immédiate du projet. A titre de démonstration et afin de matérialiser ces interférences, deux configurations ont été examinées :

- La première correspond à la situation actuelle, autrement dit avec l'ensemble des ouvrages existants,
- La seconde pour laquelle le parking gare Part-Dieu et les puits de rejets associés ont été retirés.

Les entrants fournis par LPA [2] ont permis d'ajuster le modèle au niveau du parking Part-Dieu. Ce parking ancré en profondeur est équipé d'un dispositif de rabattement par radier drainant qui capte environ 950 m³/h dans la nappe de la molasse. Par hypothèse, ce débit est ensuite réinjecté dans la nappe superficielle des alluvions au moyen de 8 puits de rejet d'une capacité unitaire de 120 m³/h. L'implantation des puits de rejet est présentée sur la **Figure 1**.

Figure 1 – Plan de localisation des puits de rejet du parking gare Part-Dieu



3.2.1 Impact du projet en configuration réelle

Cette première configuration correspond à la situation actuelle. Deux simulations ont été réalisées :

- la première pour représenter l'état initial, c'est-à-dire la situation actuelle de la piézométrie,
- la seconde pour représenter l'état projet, après intégration de la gare souterraine.

L'impact du projet est mesuré par l'écart entre la piézométrie projet et la piézométrie initiale. Les résultats présentés **Figure 2** correspondent à la couche 5 du modèle où les écarts sont les plus importants. Cette couche est la plus profonde du modèle occupée intégralement par les alluvions et recevant, par hypothèse, les débits de



réinjection. Elle se situe à une cote comprise entre 150 et 155 m NGF, soit à une profondeur de 15 à 20 m sous le terrain naturel.

Pour cette couche, les valeurs extrêmes sont de :

- -47 cm, au contact de la paroi moulée, à l'aval du projet ;
- +91 cm au contact de la paroi moulée, à l'amont du projet.

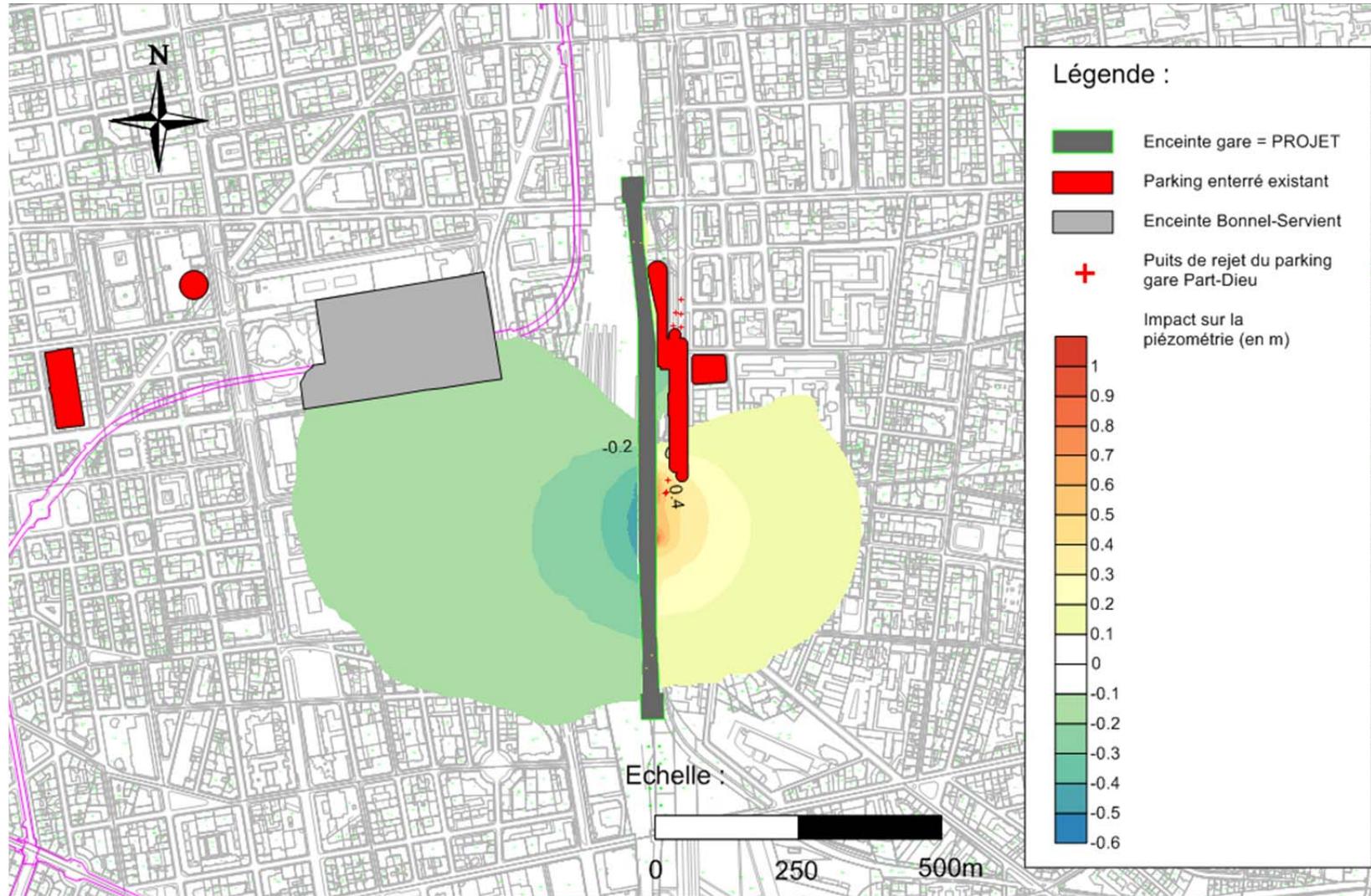
L'amplitude de l'impact est donc relativement limitée.

En considérant l'enveloppe de variation ± 10 cm, l'extension de la zone d'impact s'étend sur environ 1 km d'Ouest en Est, dont 600 m à l'aval du projet (Ouest) et 360 m à l'amont (Est). L'extension latérale, ou perpendiculairement à l'axe d'écoulement de la nappe, est également limitée puisque l'enveloppe s'étend sur 650 m au maximum alors que l'enceinte mesure plus de 900 m.

Plus dans le détail, il apparaît que l'impact se limite à la partie sud du projet, la partie nord n'occasionnant aucun impact sur la nappe, ni à l'amont, ni à l'aval. Cette forte dysmétrie tient certainement à un effet d'interférence avec le parking gare Part-Dieu et ses aménagements annexes. Ce point est examiné à travers le scénario de simulation présenté au chapitre suivant.



Figure 2 – Impact du projet sur la piézométrie actuelle (couche 5)



3.2.2 Impact du projet dans la configuration sans le parking gare Part-Dieu

Comme indiqué précédemment, l'objectif de ce scénario est de confirmer l'interférence positive entre les impacts liés au projet et ceux du parking Part-Dieu en isolant l'effet propre à la gare souterraine. A cet effet, l'ensemble des éléments liés à la structure du parking et à son fonctionnement ont été retirés du modèle :

- Le parking Part-Dieu lui-même, représenté par une enceinte de perméabilité 10^{-9} m/s : la perméabilité initiale du milieu a été restaurée ;
- Les puits de pompage associés au radier drainant et cumulant un débit d'environ $950 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Les puits de rejet (cf. Figure 1) qui cumulent un débit identique réinjecté en couche 5 du modèle.

Deux simulations ont été réalisées :

- Une première pour reconstituer l'état initial, avant intégration du projet. En effet, il n'était pas possible de partir du même initial que pour la simulation précédente puisque la suppression du parking Part Dieu et des puits modifie les écoulements ;
- Une seconde pour représenter l'état projet, toujours en l'absence du parking gare Part-Dieu et des puits associés.

Les résultats présentés **Figure 3** correspondent toujours à la couche 5 du modèle où les écarts restent les plus importants. Les variations extrêmes sont de :

- -38 cm, au contact de la paroi moulée, à l'aval du projet ;
- +80 cm au contact de la paroi moulée, à l'amont du projet.

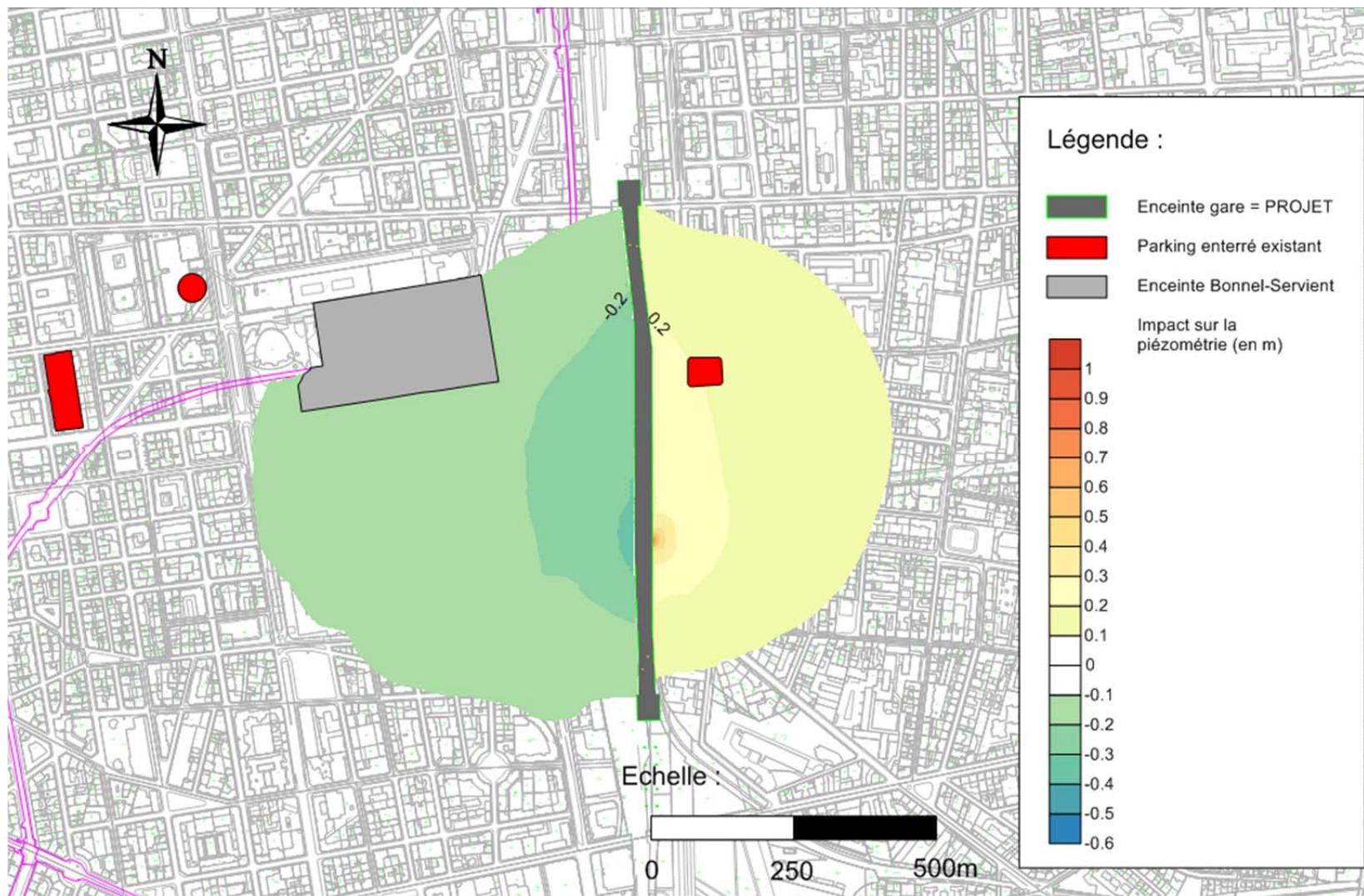
L'amplitude de l'impact reste donc faible.

En considérant la même enveloppe de variation que précédemment (± 10 cm), l'étendue de la zone d'impact est d'environ :

- 1.1 km d'Ouest en Est, dont 675 m à l'aval du projet (Ouest) et 425 m à l'amont (Est) ;
- 850 m du Nord au Sud.



Figure 3 – Impact du projet sur la piézométrie initiale (couche 5) en l'absence du parking gare Part-Dieu





3.2.3 Synthèse des simulations

Ces résultats confirment que le projet étudié a bien un impact sur les écoulements souterrains. Néanmoins, le projet n'induit aucun impact additionnel à celui du parking gare Part-Dieu sur le niveau de la nappe dans le secteur nord. En définitive, seule la moitié Sud du projet génère un impact sensible sur la nappe mais néanmoins très limité :

- en amplitude avec une hausse maximale du niveau piézométrique inférieure à 1 m à l'amont et une baisse maximale inférieure à 50 cm à l'aval, ces extrema étant atteints au voisinage immédiat de la paroi,
- en extension avec une limite d'impact de ± 10 cm de moins de 1 km en cumulé (amont et aval).

Sachant que l'amplitude de variation annuelle de la nappe dans le secteur est de l'ordre de 1.2 m (± 0.6 m par rapport à la moyenne annuelle), cet impact peut être considéré comme est tout à fait acceptable.

En outre, on peut également signaler que l'impact du côté amont est amplifié par la présence d'un doublet (appartenant à la SNC Vilette Pompidou, situé au 72/84 rue de la Vilette) avec un puits de rejet situé à environ 10 m de l'enceinte du projet. Cette proximité, associée au débit important affecté à ce doublet (300 m³/h), explique le niveau de variation atteint localement.

Les 3 puits de rejet Sud (PS9, PS9bis et PS10) du parking gare Part-Dieu jouent le même rôle un peu plus au Nord. L'impact est moins important puisque le débit de réinjection est moindre (120 m³/h par puits).

Ces résultats permettent de confirmer que l'impact du projet est très limité puisque, même en présence de puits de rejet à débit important à proximité immédiate de la paroi, l'amplitude de variation maximale de niveau de la nappe côté amont est inférieure à 1 m et reste très localisée.

3.3 Analyse et interprétation

Il ressort de ces simulations que l'impact du projet est globalement très faible. Ce résultat qui peut paraître surprenant compte tenu des dimensions importantes et de l'orientation défavorable du projet tient à la très forte transmissivité de la nappe dans ce secteur.

C'est d'ailleurs ce que confirment les essais par pompage réalisés en 2011 lors de la réalisation des nouveaux forages de réinjection du parking gare Part-Dieu cf. [4]. Ces essais ont en effet montré des rabattements de :

- 0.75 m pour un débit de pompage de 380 m³/h sur PN1bis,
- 0.59 m pour un débit de pompage de 326 m³/h sur PN2bis,
- 0.99 m pour un débit de pompage de 400 m³/h sur PN3bis,
- 0.57 m pour un débit de pompage de 360 m³/h sur PN5.

Ces rabattements sont très faibles au regard des débits testés, d'autant qu'ils intègrent les pertes de charges liées aux puits. Ils indiquent une transmissivité de l'ordre de 1 à 2.10^{-1} m²/s soit, pour une épaisseur mouillée d'environ 20 m, une perméabilité estimée entre 5 et 9.10^{-3} m/s au droit des puits de réinjection. Ces valeurs sont concordantes avec celles du modèle. Avec de telles caractéristiques, les écoulements trouvent facilement des



cheminements (latéraux en l'occurrence) pour contourner un obstacle sans s'accompagner de variation de niveau importante. Le milieu étant « hyper » transmissif, l'eau s'écoule très librement.

Le faible gradient hydraulique de la nappe concourt également à atténuer l'amplitude des impacts. D'après la synthèse piézométrique réalisée en 2012, la nappe présente en effet un gradient de l'ordre de 1 ‰ sur le secteur Part Dieu, tendance que restitue d'ailleurs très bien le modèle.

3.4 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 la variante de gare étudiée ici, l'impact est très limité et essentiellement lié à la présence des puits de rejet à proximité immédiate du projet, notamment dans sa partie Sud. Hormis ces effets locaux, l'impact de l'enceinte ne dépasse pas +60 cm à l'amont immédiat et -30 cm à l'aval immédiat. Par ailleurs, l'enveloppe de la zone d'impact (± 20 cm par exemple) est très peu étendue.

Le seuil de déclenchement de mesures de réduction d'impact pris pour hypothèse à ce stade des études correspond à une amplitude de variation ne dépassant pas 1.5 fois le battement annuel de la nappe qui est de 1.2 m dans ce secteur, soit ± 0.9 m. Au regard de ce critère, aucune disposition constructive ne semble nécessaire à ce stade pour éviter, réduire ou compenser l'impact de cette variation. Les études ultérieures pourront le cas échéant revenir sur la définition de ce critère et sur les mesures à prendre en conséquence.



4 Conclusion et perspectives

Cette note qui vient compléter l'étude de faisabilité long terme du projet de Nœud Ferroviaire Lyonnais (NFL) avait pour objectif d'évaluer l'impact hydrogéologique d'une nouvelle variante pour la gare souterraine et d'examiner si des solutions constructives devaient être envisagées pour compenser les mouvements piézométriques susceptibles de générer des nuisances ou des désordres.

Pour l'essentiel, les résultats obtenus indiquent que :

- Cette variante a bien un impact sur les écoulements souterrains mais dans des proportions très limitées tant en amplitude qu'en portée ;
- Cet impact est influencé par la proximité du parking souterrain de la gare Part-Dieu et par les puits de rejet associés au parking (au Nord et au Sud) et des puits géothermiques (SNC Vilette-Pompidou) situés en amont du projet. En définitive, seule la moitié Sud du projet génère un impact significatif ($> \pm 20$ cm) ;
- les variations du niveau de nappe sont partout inférieures au seuil de déclenchement de mesures considéré à ce stade des études (soit ± 0.9 m dans le cas présent).

Ces résultats à première vue surprenants au regard de la grande dimension de l'ouvrage (950 m) et de son orientation défavorable (perpendiculaire à l'écoulement) tiennent essentiellement à la très forte transmissivité de la nappe alluviale dans ce secteur.

Dans ces conditions, il ne semble donc pas nécessaire d'envisager de dispositions constructives particulières pour éviter, réduire ou compenser l'impact hydrogéologique de cette variante.

Si ce projet venait à être retenu, il conviendrait néanmoins d'approfondir les reconnaissances par un inventaire aussi complet que possible des puits existant au droit et à proximité immédiate de l'enceinte. L'inventaire actuel n'est peut-être pas exhaustif même s'il a été réalisé en intégrant l'ensemble des données disponibles à sa date de réalisation.

—