

2160-22364



**HYDROGÉOLOGIE
ENVIRONNEMENT**

VILLE DE CARIGNAN

Caractérisation hydrogéologique

Secteur centre – Entre la rue Marie-Andrée et le chemin Bellerive, Carignan

projet n°
09-6028-3974

présenté par
LAFOREST NOVA AQUA INC.
65, rue du Pacifique Est, local 103
Bromont (Québec) J2L 1J4
www.LNAqua.com

date :
12 février 2020

VILLE DE CARIGNAN

Caractérisation hydrogéologique

Secteur centre – Entre la rue Marie-Andrée et le chemin Bellerive, Carignan

soumis à :

Monsieur Vincent Tanguay
Directeur général
Ville de Carignan
2555, chemin Bellevue
Carignan (Québec) J3L 6G8

projet n° :

09-6028-3974

Préparé par :

Julie Gauthier, ing., M. Sc. A., géo., hydrogéologue
N° OIQ : 129489 | N° OGQ : 2078

LAFORÉST NOVA AQUA INC.

65, rue du Pacifique Est, local 103
Bromont (Québec) J2L 1J4
Téléphone : 450 266-4101 | 1 877 657-7999
Télécopieur : 450 919-1050
www.LNAqua.com

date :

12 février 2020

Confidentialité et utilisation du rapport

Le présent rapport a été préparé à la demande du ou des clients mentionnés à la page couverture, dans le contexte déterminé par les termes spécifiques du mandat accordé à Laforest Nova Aqua inc. et selon l'entente intervenue entre les deux parties. Aucune copie en tout ou en partie de ce rapport ne peut être divulguée par un tiers sans le consentement explicite de Laforest Nova Aqua inc. Le ou les clients conviennent et s'engagent à obtenir l'autorisation écrite et préalable de Laforest Nova Aqua inc. avant de transmettre ce rapport à un tiers. À défaut, le ou les clients s'engagent à tenir indemnes Laforest Nova Aqua inc. de tout dommage pouvant résulter d'une divulgation du rapport à un tiers.

Toute opinion concernant l'application ou la conformité aux lois et règlements apparaissant dans ce rapport est exprimée sous toute réserve et ne doit, en aucun temps, être considérée comme un avis juridique ou se substituer à un tel avis.

Liste de distribution

Client

Monsieur Vincent Tanguay
Directeur général
Ville de Carignan

Coordonnées

2555, chemin Bellevue
Carignan (Québec) J3L 6G8
v.tanguay@villedecarignan.org

- 1 version PDF
- 2 versions papier

Équipe de projet

Julie Gauthier, ing., M. Sc. A., géo., hydrogéologue	Direction de projet et rédaction du rapport
Carl Lacroix, technicien senior	Travaux de terrain
Andrzej Wisniowski, technicien	Travaux de terrain
Jérémy Targosz	Support géomatique
Alexandre Vaugeois, ing. jr, M. Sc.	Visite du site
Martin Gascon, dessinateur	Production des figures
Karine Bertrand, adjointe administrative	Édition

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
1.1. Mise en contexte	1
1.2. Résumé des travaux.....	1
1.3. Calendrier d'exécution.....	2
2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE À L'ÉTUDE	3
2.1. Milieu physique.....	3
2.2. Dépôts de surface	3
2.3. Géologie du socle.....	4
3. MODÈLE CONCEPTUEL	5
3.1. Forage et piézomètre.....	5
3.1.1. Stratigraphie et aménagement du PZ1-A-19	6
3.1.2. Stratigraphie et aménagement du PZ1-B-19.....	6
3.1.3. Stratigraphie et aménagement du PZ2-A-19	7
3.1.4. Stratigraphie et aménagement du PZ2-B-19.....	7
3.1.5. Stratigraphie et aménagement du PZ3-A-19	8
3.1.6. Stratigraphie et aménagement du PZ4-A-19	9
3.2. Eau de surface.....	9
3.3. Coupes géologiques	10
4. INSTRUMENTATION, ESSAIS DE PERMÉABILITÉ ET DONNÉES DE SUIVI	11
4.1. Instrumentation.....	11
4.2. Essais de perméabilité	11
4.3. Données de suivi	12
5. CONCLUSIONS	15
6. RÉFÉRENCES	16

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Échéancier des travaux	2
Tableau II : Localisation des piézomètres.....	5
Tableau III : Résultats des essais de perméabilité	11
Tableau IV : Élévations et profondeurs du niveau d'eau requises pour le calcul du gradient hydraulique	12

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Figure 1 : Localisation générale du site à l'étude	
Figure 2 : Localisation des piézomètres d'observation	
Figure 3 : Géologie des dépôts quaternaires	
Figure 4 : Géologie du socle rocheux	
Figure 5 : Coupes géologiques	
Figure 6 : Piézométrie et direction d'écoulement	
Figure 7 : Suivi du niveau de la rivière l'Acadie en fonction du débit de la rivière	
Figure 8 : Élévation des niveaux d'eau et du débit de la rivière Acadie en fonction du temps	
Figure 9 : Suivi des variations du niveau d'eau souterraine et du débit de la rivière Acadie en fonction du temps	
Annexe B : Rapports de forage	
Annexe C : Analyses granulométriques	
Annexe D : Essais de perméabilité	

ABRÉVIATIONS

- BDGA** : Base de données géographiques et administratives
- BTEX** : Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes
- CDPNQ** : Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec
- CMA** : Concentration maximale acceptable
- CPTAQ** : Commission de protection du territoire agricole du Québec
- EMV** : Espèce menacée ou vulnérable
- EPA** : Environmental Protection Agency
- ESMV** : Espèce susceptible d'être désignée comme menacée ou vulnérable
- ESSIDES** : Eau souterraine sous l'influence directe d'une eau de surface
- Guide d'intervention** : Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés
- HAM-HAC** : Composés organiques volatils
- HAP** : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
- HP C₁₀-C₅₀** : Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀
- LNA** : Laforest Nova Aqua inc.
- LQE** : Loi sur la qualité de l'environnement
- LPTAA** : Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles
- MELCC** : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
- MERN** : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
- MFFP** : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
- MRC** : Municipalité régionale de comté
- NWWA** : National Water Works Association
- PACES** : Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines
- PVC** : Polychlorure de vinyle
- RCES** : Règlement sur le captage des eaux souterraines
- RPEP** : Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection
- RQEP** : Règlement sur la qualité de l'eau potable
- SIGÉOM** : Système d'information géomineière du Québec
- SIH** : Système d'information hydrogéologique

UNITÉS DE MESURE

CaCO₃ : carbonate de calcium

COT : carbone organique total

gal : gallon

gal US : gallon américain

GUSPM : gallons us par minute

h : heure

km : kilomètre

kPa : kilopascal

L : litre

L/min : litre par minute

lb/po² : livre par pouce carré

log : logarithme de base 10

μ : micro

μg/L : microgramme par litre

μS/cm : microsiemens par centimètre

m : mètre

mg/L : milligramme par litre

min : minute

m³/jour : mètre cube par jour

mm : millimètre

pi : pied

po : pouce

ppm : partie par million

s : seconde

UFC : unité formant des colonies

UTN : unité de turbidité néphélométrique

UVC : unité de couleur vraie

1. INTRODUCTION

1.1. Mise en contexte

La Ville de Carignan souhaite orienter le développement résidentiel en fonction des contraintes liées à l'élévation maximale du niveau de l'eau souterraine. Afin d'établir le lien hydraulique entre les variations du niveau de la rivière l'Acadie et les eaux souterraines du secteur à l'étude, Laforest Nova Aqua inc. (LNA) a été mandaté par la Ville de Carignan afin de conduire une caractérisation hydrogéologique du secteur centre, entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive. L'offre de service n° 3974 proposée par LNA a été octroyée le 14 janvier 2019 par la Ville de Carignan (bon de commande n° 8135, résolution n° 18-12-412).

LNA a été mandaté afin de localiser des cibles de forages, préparer des documents d'appel d'offres pour l'aménagement de six piézomètres dédiés au suivi de l'eau souterraine, superviser ces travaux, mettre en place un suivi des niveaux d'eau souterraine et de surface, interpréter les résultats du suivi et rédiger un rapport hydrogéologique permettant de répondre aux objectifs du mandat.

1.2. Résumé des travaux

Tout d'abord, la documentation géoscientifique et hydrogéologique disponible pour le secteur à l'étude a été consultée. En février 2019, une visite du secteur a été faite en vue de déterminer la localisation des forages et l'accès à ceux-ci. Les cibles de forages ont été validées par le personnel technique de la Ville de Carignan afin de prévoir les infrastructures nécessaires pour l'accès aux cibles. Par la suite, des documents d'appel d'offres relativement au forage de huit piézomètres ont été préparés par LNA et transmis au Chef de service, Génie et infrastructures afin que la Ville lance le processus d'appel d'offres. Parmi les soumissionnaires invités, Groupe ABS a été sélectionné afin de faire les travaux de forages. En parallèle, des équipements de suivi ont été proposés à la Ville de Carignan et cette dernière a acheté des sondes automatisées afin de permettre un suivi en continu des niveaux dans les piézomètres.

Suite à l'adjudication du contrat, les travaux de forage se sont déroulés du 7 au 11 mars 2019. Le personnel de LNA a supervisé les travaux de forage et d'aménagement des piézomètres. Après quoi, l'instrumentation nécessaire au suivi des niveaux d'eau a été installée aux quatre sites de suivi de l'eau souterraine. En mai 2019, un site dédié au suivi de l'eau de surface a été aménagé sur une passerelle piétonnière de la rivière l'Acadie. Ce site dédié au suivi de l'eau surface a également été équipé d'une sonde de niveau d'eau automatisée.

Le suivi des niveaux d'eau s'est déroulé jusqu'au début du mois de décembre 2019; les données ont été relevées à 5 reprises. Des essais de perméabilité *in situ* ont été effectués pour les six piézomètres à la fin septembre. Préalablement à ces essais, des analyses granulométriques avaient été réalisées par un laboratoire spécialisé. Des travaux d'arpentage ont aussi été réalisés par la Ville de Carignan concomitamment au premier relevé des données des instruments de suivi.

Suite au relevé final, les données de suivi ont été compilées et les graphiques ont été montés. Aussi, des coupes géologiques impliquant la stratigraphie rencontrée, le fond de la rivière et les niveaux d'eau ont été créés afin d'avoir une vision du modèle conceptuel du secteur à l'étude. Au final, la présente caractérisation hydrogéologique rassemble les informations recueillies, les analyses et expose les conclusions du projet.

1.3. Calendrier d'exécution

Le tableau I présente l'échéancier des principaux travaux qui ont été réalisés pour permettre l'exécution de la caractérisation hydrogéologique.

Tableau I : Échéancier des travaux

Travaux	Date de réalisation
Localisation des cibles de forage.	12 février 2019
Gestion de l'accès et préparation des documents d'appel d'offres pour les foreurs.	Février à mars 2019
Supervision des travaux de forages et d'aménagement de piézomètres.	7 au 11 mars 2019
Installation des équipements de mesures dans les piézomètres; début du suivi.	12 mars 2019
Aménagement du site dédié au suivi de l'eau de surface de la rivière l'Acadie et installation d'une sonde de niveau d'eau automatisée instruments.	Fin avril 2019
Relevé intermédiaire des données, réalisation d'essais de perméabilité et arpentage des piézomètres par le personnel de la Ville de Carignan.	25 avril 2019
Relevé intermédiaire des données.	2 juillet 2019
Essai de perméabilité <i>in situ</i> au droit des piézomètres.	27 septembre 2019
Relevé final des données; fin du suivi.	10 décembre 2019
Compilation des données, élaboration d'un modèle conceptuel et préparation d'un rapport hydrogéologique.	11 décembre 2019 au 14 février 2020

2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE À L'ÉTUDE

2.1. Milieu physique

Le secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive (ci-après nommé secteur Centre) se trouve sur le territoire de la ville de Carignan, ce dernier fait partie de la municipalité régionale de comté (MRC) de la Vallée-du-Richelieu. Le site à l'étude est bordé à l'est par la rivière l'Acadie. Sur cette portion de son tracé, la rivière s'écoule vers le nord-est et se déverse dans la rivière Richelieu à la pointe nord de l'île Goyer. Sur le territoire de Carignan, le tracé de la rivière l'Acadie constitue un point bas topographique. De part et d'autre de cette dépression, les hauts topographiques sont caractérisés par une faible épaisseur ou l'absence de dépôts meubles; cette situation favorise la recharge de l'aquifère de roc. Autrement, une épaisseur de dépôts meubles plus importante est présente au droit du secteur à l'étude, le long du tracé de la rivière l'Acadie. À cet endroit, l'élévation du niveau du roc est inférieure à celle des points hauts topographiques. Ainsi, l'eau provenant d'un point avec une élévation supérieure s'y dirige; des zones de résurgences préférentielles sont situées aux points bas le long de la rivière l'Acadie. La prémisse de base était que la piézométrie de l'aquifère au contact du roc induit un gradient hydraulique vertical ascendant au travers des différents horizons de dépôt meubles surmontant le roc. Les travaux réalisés ont permis de réfuter cette hypothèse et d'avoir un portrait plus réel du contexte. Aussi, quelques marécages se retrouvent dans la portion ouest du secteur à l'étude et celui-ci est délimité au nord et au sud par des terres agricoles.

La figure 1 de l'annexe A présente la localisation générale du site à l'étude ainsi que l'emplacement des stations hydrométriques à partir desquelles ont été extraites des données pour les besoins de la caractérisation hydrogéologique. Quant à la figure 2, elle présente la localisation détaillée des piézomètres aménagés sur l'île, la topographie du site, les milieux humides, la direction d'écoulement des cours d'eau, les cotes d'inondation 25 et 100 ans et la localisation des deux coupes géologiques utilisées pour l'élaboration du modèle conceptuel.

2.2. Dépôts de surface

La diffusion cartographique des résultats du *Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines* (PACES) pour la région de la Montérégie Est a été consultée. L'épaisseur totale de dépôts meubles pour la zone à l'étude varie entre 2,5 et 12 m. Les épaisseurs des dépôts meubles concordent avec la stratigraphie observée en forage pour chacun des piézomètres. Le Système d'information géominière du Québec (SIGÉOM) du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) a aussi été consulté. D'après les données consultées, les dépôts de surface du secteur Centre sont constitués principalement de sédiments marins fins d'eau profonde. Les dépôts de surface de la portion ouest du secteur à l'étude sont constitués principalement de till remanié en couverture continue et de till en couverture généralement continu. La figure 3 de l'annexe A présente la géologie des dépôts de surface.

L'horizon de sédiments marins fins d'eau profonde (argile ou silt), d'une épaisseur variant entre 6 et 12 m, agirait donc comme aquitard (formation semi-perméable); les aquifères granulaire ou fracturé sous-jacents seraient donc confinés sous cette couche de dépôts superficiels. L'horizon sous celui des sédiments marins fins d'eau profonde, identifié comme étant un till ou des sédiments indifférenciés (sable et gravier) aurait une épaisseur comprise entre deux et sept mètres.

2.3. Géologie du socle

Le socle rocheux du secteur à l'étude est constitué de shale gris et mudstone avec interlits de grès lithique, de siltstone, de calcarénite, de dolarénite et quelques lits de conglomérat, selon la compilation disponible sur SIGÉOM produite par le MERN. La figure 4 de l'annexe A présente la géologie du socle rocheux.

3. MODÈLE CONCEPTUEL

Afin de confirmer la stratigraphie du secteur Centre, de construire un modèle conceptuel et de suivre la variation piézométrique des niveaux d'eau souterraine et de surface à l'aide des sondes de niveau d'eau automatisées, sept piézomètres ont été aménagés : six pour l'eau souterraine et un pour l'eau de surface. La description des travaux, la stratigraphie et l'aménagement des piézomètres sont décrits ci-après. La localisation des piézomètres est présentée au tableau suivant :

Tableau II : Localisation des piézomètres

Piézomètre	Coordonnées (m) – MTM NAD 83, zone 8	
	X (est)	Y (nord)
PZ1-A-19	319215	5034544
PZ1-B-19	319216	5034543
PZ2-A-19	318501	5034524
PZ2-B-19	318500	5034524
PZ3-A-19	316901	5033682
PZ4-A-19	316184	5034410
Rivière l'Acadie	Passerelle de la route verte au-dessus de la rivière	

3.1. Forage et piézomètre

Entre le 6 et le 11 mars 2019, l'entrepreneur spécialisé en forage *Forage Grenville* a aménagé les 6 piézomètres de suivi de l'eau souterraine sous la supervision du personnel technique de LNA. Les forages ont été réalisés à l'aide d'une foreuse à tarière montée sur chenille. En tout, quatre sites de forages ont été initialement sélectionnés pour la caractérisation des sols et le suivi de l'eau souterraine. Sur chacun des sites, on devait aménager un piézomètre en profondeur, dans l'aquifère de sable, et un en surface, dans le matériel moins perméable constitué d'argile. Les couples de piézomètres nommés ainsi A, pour profond, et B pour la surface, sont distants d'environ un mètre. Afin d'éviter tout problème pour l'interprétation, 2 forages distincts de 150 mm de diamètre ont été privilégiés au lieu d'un piézomètre multiniveaux. L'objectif de ce type d'aménagement est de vérifier le gradient hydraulique vertical à l'endroit des sites de suivi et la différence de variation de la nappe phréatique dans chacune des unités géologiques. Des échantillons ont été prélevés en continu afin de déterminer la stratigraphie au droit des forages. Les rapports de forage et de leur aménagement sont présentés à l'annexe B. Sur l'ensemble des échantillons prélevés à la cuillère fendue, certains ont été sélectionnés pour subir des analyses granulométriques et sédimentométriques. Les résultats de ces analyses sont présentés à l'annexe C.

3.1.1. Stratigraphie et aménagement du PZ1-A-19

Le piézomètre PZ1-A-19 a été réalisé le 6 mars 2019. Le forage a permis de confirmer la profondeur du socle rocheux soit 10,78 m. Les échantillons ont été prélevés afin de définir la stratigraphie au droit du forage. Une couche de surface de 0,61 m composée de sable silteux et de racines repose sur un horizon d'argile silteuse qui se situe de 0,61 à 3,66 m. Sous cette argile silteuse, un horizon d'argile est présent de 3,66 m jusqu'à 8,23 m. Toute cette unité est associée à des sédiments marins d'eau profonde (Ma) et définie comme de l'argile dans les coupes géologiques. Sous cette couche d'argile et jusqu'au socle rocheux, on retrouve le till glaciaire composé essentiellement de sable silteux. La crépine du piézomètre a été aménagée dans cette unité. Le piézomètre est aménagé avec un tubage en polychlorure de vinyle (PVC) plein de 50 mm de diamètre puis crépiné dont l'espace annulaire a été comblé avec du sable de silice du fond jusqu'à une profondeur de 7,93 m. Un bouchon de bentonite, d'une épaisseur de 0,61 m, a été mis en place au-dessus de la lanterne de sable et permet de sceller l'horizon crépiné. Au-dessus du bouchon de bentonite, de la pierre 0-3/4 po propre a servi de matériel de remplissage jusqu'à 0,61 m de profondeur où un bouchon de bentonite a été mis en place jusqu'à la surface du sol. Enfin, un tubage protecteur en acier de 150 mm de diamètre muni d'un couvercle et d'un cadenas a été enfoncé autour du tubage de PVC. La hauteur hors sol de ce protecteur est de 1,03 m.

Sur l'ensemble des échantillons de sol prélevés durant le forage, l'échantillon CF-16 prélevé entre 9,15 et 9,76 m de profond a été sélectionné pour subir des analyses granulométriques et sédimentométriques. Il est représentatif de l'horizon de till glaciaire. Cet échantillon est défini comme étant un sable silteux contenant un peu de gravier et des traces d'argile. Le résultat de l'analyse de sol est disponible à l'annexe C.

3.1.2. Stratigraphie et aménagement du PZ1-B-19

Le piézomètre PZ1-B-19 a été réalisé le 7 mars 2019 à proximité du PZ1-A-19. Sa profondeur est de 6,00 m. Les échantillons prélevés ont permis de définir la stratigraphie au droit du piézomètre PZ1-B-19. Une couche de surface de 0,61 m composée de terre végétale dans une matrice de sable silteux repose sur un horizon d'argile silteuse présente de 0,61 jusqu'à 2,44 m. Sous cette argile silteuse, un horizon d'argile avec trace de silt, se situe de 2,44 m jusqu'à la fin du sondage, soit une profondeur de 6,00 m. L'ensemble de cette unité est associé à de l'argile dans le modèle géologique. L'aménagement du piézomètre a consisté en l'installation d'un tubage en polychlorure de vinyle (PVC) plein de 50 mm de diamètre puis d'une section crépinée entre 3,00 m et 6,00 m. Du sable de silice remplit l'espace annulaire entre les parois du forage et la crépine jusqu'à une profondeur de 2,77 m. Un bouchon de bentonite d'une épaisseur de 0,63 m a été mis en place au-dessus de la lanterne de sable et permet de sceller l'horizon crépiné. Au-dessus du bouchon de bentonite, de la pierre 0-3/4 po propre a servi de matériel de remplissage jusqu'à 0,45 m de profondeur où un bouchon de bentonite a été mis en place jusqu'à la surface du sol. Enfin, un tubage protecteur en acier de 150 mm de diamètre muni d'un couvercle et d'un cadenas a été enfoncé autour du tubage de PVC; la hauteur hors sol de ce protecteur est de 1,13 m.

Sur l'ensemble des échantillons de sol prélevés durant le forage, l'échantillon CF-8 prélevé entre 4,26 et 4,88 m de profond a été sélectionné pour subir des analyses granulométriques et sédimentométriques. Il est représentatif de l'horizon d'argile. Cet échantillon est défini comme étant de l'argile avec un peu de silt et des traces de sable. Le résultat de l'analyse de sol est disponible à l'annexe C.

3.1.3. Stratigraphie et aménagement du PZ2-A-19

Le piézomètre PZ2-A-19 a été réalisé le 7 mars 2019. Sa profondeur, jusqu'à l'atteinte du socle rocheux, est de 11,59 m. Les échantillons prélevés ont permis de définir la stratigraphie au droit du forage. Une couche de surface de 0,61 m composée de terre végétale dans une matrice de sable silteux repose sur un horizon d'argile silteuse qui se situe de 0,61 m jusqu'à 6,10 m. Sous cet horizon associé à l'argile, on retrouve une unité de till glacière constituée de silt et de sable. Les ouvertures du piézomètre recoupent cet horizon plus perméable de silt et de sable. Il est noté qu'une problématique importante de remontée de sable a compliqué l'aménagement du piézomètre. Ce dernier a tout de même pu être installé jusqu'à 10,09 m de profond.

L'aménagement du piézomètre a consisté en l'installation d'un tubage en polychlorure de vinyle (PVC) plein de 50 mm de diamètre puis crépiné entre 5,59 m et 10,09 m de profond. Un tubage en PVC plein prolonge le piézomètre jusqu'à 1,00 m hors du sol. Du sable de silice remplit l'espace annulaire entre les parois du forage et la crépine jusqu'à une profondeur de 5,10 m. Un bouchon de bentonite d'une épaisseur de 0,45 m a été mis en place au-dessus de la lanterne de sable et permet de sceller l'horizon crépiné. Au-dessus du bouchon de bentonite, de la pierre 0-3/4 po propre a servi de matériel de remplissage jusqu'à 3,10 m de profondeur sur lequel un bouchon de bentonite a été mis en place jusqu'à 2,00 m. De la pierre 0-3/4 po propre a servi de matériel de remplissage jusqu'à la surface du sol. Enfin, un tubage protecteur en acier de 150 mm de diamètre muni d'un couvercle et d'un cadenas a été enfoncé autour du tubage de PVC; la hauteur hors sol de ce protecteur est de 1,13 m.

Sur l'ensemble des échantillons de sol prélevés durant le forage, 2 échantillons ont été sélectionnés pour subir des analyses granulométriques et sédimentométriques : le CF-7 prélevé entre 3,66 et 4,27 m de profond et représentatif de l'horizon d'argile puis le CF-13 prélevé entre 7,32 et 7,93 m de profond et représentatif de l'horizon de till. Respectivement, ces échantillons sont définis comme étant de l'argile silteuse avec des traces de sable puis du silt et sable avec des traces de gravier. Les résultats des analyses de sol sont disponibles à l'annexe C.

À titre indicatif, ce piézomètre a été abandonné par l'entrepreneur responsable de la construction de la nouvelle rue, probablement en décembre 2019.

3.1.4. Stratigraphie et aménagement du PZ2-B-19

Le piézomètre PZ2-B-19 a été réalisé le 8 mars 2019. Sa profondeur est de 5,28 m. La stratigraphie est la même que celle rencontrée au PZ2-A-19 qui est situé à proximité. Le piézomètre a été aménagé dans la couche peu perméable considérée comme étant de l'argile dans le modèle géologique.

L'aménagement du piézomètre a consisté en l'installation d'un tubage en polychlorure de vinyle (PVC) crépiné de 50 mm de diamètre et ce dernier se situait à une profondeur, par rapport au sol, entre 2,28 m et 5,28 m. Un tubage en PVC plein prolonge le piézomètre jusqu'à 0,84 m hors du sol. Du sable de silice remplissait l'espace annulaire entre les parois du forage et la crépine jusqu'à une profondeur de 1,83 m. Un bouchon de bentonite d'une épaisseur de 0,62 m a été mis en place au-dessus de la lanterne de sable et permet de sceller l'horizon crépiné. Au-dessus du bouchon de bentonite, de la pierre 0-3/4 po propre a servi de matériel de remplissage jusqu'à 0,61 m de profondeur où un bouchon de bentonite a été mis en place jusqu'à la surface du sol. Enfin, un tubage protecteur en acier de 150 mm de diamètre et muni d'un couvercle et d'un cadenas a été enfoncé autour du tubage de PVC; la hauteur hors sol de ce protecteur est de 1,00 m.

À titre indicatif, ce piézomètre a été abandonné par l'entrepreneur responsable de la construction de la nouvelle rue, probablement en décembre 2019.

3.1.5. Stratigraphie et aménagement du PZ3-A-19

Le piézomètre PZ3-A-19 a été réalisé le 11 mars 2019. Sa profondeur est de 7,42 m. Sur la base des échantillons de sol, on retrouve en surface des dépôts de sable silteux jusqu'à une profondeur de 3,66 m. Malgré le caractère plus perméable de cet horizon, il a tout de même été associé au dépôt de sédiments marins fins d'eau profonde (Ma) sauf pour une version plus silteuse. On retrouve sous cet horizon plus silteux, entre 3,66 et 4,27 m de profond, la couche d'argile grise recoupée en surface dans les PZ1 et PZ2. La partie plus au sud et à l'ouest du dépôt de sédiments marins fins d'eau profonde est donc plus silteuse en surface, mais reste dans la même catégorie que l'argile, c'est-à-dire faiblement perméable. Sous l'argile, entre 4,27 et 6,45 m de profond, on recoupe l'horizon de till constitué d'un sable fin à grossier et silt avec un peu de gravier et des traces d'argile c'est-à-dire un dépôt hétérogène avec un faible coefficient d'uniformité. La crépine du piézomètre a été aménagée dans le till qui demeure l'horizon le plus perméable des dépôts meubles. Considérant la faible épaisseur des dépôts meubles et la profondeur du niveau saturé en forage, il a été décidé de ne pas mettre de piézomètre de surface à ce site.

L'aménagement du piézomètre a consisté en l'installation d'un tubage en polychlorure de vinyle (PVC) crépiné de 50 mm de diamètre et ce dernier se situait à une profondeur, par rapport au sol, entre 4,98 m et 7,42 m. Un tubage en PVC plein prolonge le piézomètre jusqu'à 0,92 m hors du sol. Du sable de silice remplissait l'espace annulaire entre les parois du forage et la crépine jusqu'à une profondeur de 4,35 m. Un bouchon de bentonite d'une épaisseur de 0,70 m a été mis en place au-dessus de la lanterne de sable et a permis de sceller l'horizon crépiné. Au-dessus du bouchon de bentonite, de la pierre 0-3/4 po propre a servi de matériel de remplissage jusqu'à 0,61 m de profondeur sur lequel un bouchon de bentonite a été mis en place jusqu'à la surface du sol. Enfin, un tubage protecteur en acier de 150 mm de diamètre muni d'un couvercle et d'un cadenas a été enfoncé autour du tubage de PVC; la hauteur hors sol de ce protecteur est de 1,00 m.

Sur l'ensemble des échantillons de sol prélevés durant le forage, l'échantillon CF-11 prélevé entre 6,10 et 6,71 m de profond a été sélectionné pour subir des analyses granulométriques et sédimentométriques. Il est représentatif de l'horizon de till. Cet échantillon est défini comme étant un sable et silt avec un peu de gravier et traces d'argile. Le résultat de l'analyse de sol est disponible à l'annexe C.

3.1.6. Stratigraphie et aménagement du PZ4-A-19

Le piézomètre PZ4-A-19 a été réalisé le 11 mars 2019. Sa profondeur est celle du socle rocheux, soit de 3,50 m. Les échantillons prélevés ont permis de définir la stratigraphie au droit du piézomètre PZ4-A-19. De la surface jusqu'à une profondeur de 0,61 m, un horizon de silt sableux repose sur un horizon de silt avec un peu de sable de 0,61 m jusqu'à 1,22 m. Il s'en suit un horizon de sable silteux situé entre 1,22 m et 2,44 m. Sous ce sable silteux, un horizon de sable avec un peu de silt se poursuit jusqu'à la fin du sondage à une profondeur de 3,50 m. Malgré ces différences, l'ensemble des dépôts rencontrés à ce site de forage est considéré comme étant du till glaciaire. Considérant la faible épaisseur des dépôts meubles et la profondeur du niveau saturé en forage, il a été décidé de ne pas mettre de piézomètre de surface à ce site.

L'aménagement du piézomètre a consisté en l'installation d'un tubage en polychlorure de vinyle (PVC) crépiné de 50 mm de diamètre et ce dernier se situait à une profondeur, par rapport au sol, entre 2,00 m et 3,50 m. Un tubage en PVC plein prolonge le piézomètre jusqu'à 0,92 m hors du sol. Du sable de silice remplit l'espace annulaire entre les parois du forage et la crépine jusqu'à une profondeur de 1,35 m. Un bouchon de bentonite d'une épaisseur de 1,35 m a été mis en place jusqu'à la surface du sol. Enfin, un tubage protecteur en acier de 150 mm de diamètre a été enfoncé autour du tubage de PVC; la hauteur hors sol de ce protecteur est de 1,06 m.

Sur l'ensemble des échantillons de sol prélevés durant le forage, l'échantillon CF-5 prélevé entre 2,44 et 3,05 m de profond a été sélectionné pour subir des analyses granulométriques et sédimentométriques. Il est représentatif de l'horizon de till. Cet échantillon est défini comme étant un sable silteux graveleux avec traces d'argile. Le résultat de l'analyse de sol est disponible à l'annexe C.

3.2. Eau de surface

Un piézomètre dédié au suivi de l'eau de surface a été aménagé afin de suivre le niveau la rivière l'Acadie. Une conduite protectrice de 100 mm de diamètre a été installée sur la passerelle piétonnière et cyclable de la rivière l'Acadie, à une distance de 7,59 m de la rive gauche de la rivière. Une sonde de niveau d'eau automatisée fut installée à 0,33 m du fond estimé de la rivière. Bien que la sonde automatisée ne fût pas submergée pendant plus de deux mois et demi en période d'étiage, le fait de poursuivre le suivi jusqu'au début décembre a permis de recueillir suffisamment de données pour établir la présence ou non d'un lien hydraulique. Le plan de l'aménagement du suivi de la rivière l'Acadie est présenté à l'annexe B.

3.3. Coupes géologiques

Afin de visualiser le lien entre la rivière l'Acadie et l'eau souterraine, nous avons produit les coupes géologiques AA' et BB' présentées à la figure 5 de l'annexe A. La localisation de ces coupes est présentée à la figure 2. La coupe AA' passe le PZ4 et le PZ3 ainsi que la rivière. En surface, ce secteur est plus silteux, mais reste associé à la même unité faiblement perméable de sédiments marins fins d'eau profonde. La coupe BB' passe par le PZ4, le PZ2, le PZ1 et la rivière. La séquence stratigraphique que l'on rencontre est la suivante : socle rocheux, till glaciaire et sédiments marins fins d'eau profonde. Nous n'avons pas rencontré d'horizon de sable et gravier de grande perméabilité. Le seul endroit légèrement plus perméable que les autres est au niveau du till glaciaire du PZ2. De plus, les coupes géologiques permettent de voir que la rivière s'écoule dans les sédiments peu perméables sans lien direct avec le till en profondeur. Il n'y a donc pas d'horizon granulaire sous pression alimenté directement par la rivière.

Nous avons aussi extrapolé le niveau de la nappe phréatique à partir des niveaux mesurés dans les piézomètres. Cette extrapolation explique la présence de milieux humides cartographiés. La présence d'argile en surface combinée à un haut niveau piézométrique dans le dénivelé topographique entre le PZ4 et le plateau du PZ2 et PZ1 est un contexte idéal pour la présence de ces milieux humides.

4. INSTRUMENTATION, ESSAIS DE PERMÉABILITÉ ET DONNÉES DE SUIVI

4.1. Instrumentation

Huit appareils de suivi ont été achetés par la Ville de Carignan. Sept de ces instruments, des sondes de niveaux automatisées de type *leveloggers* M100 de *Solinst*, permettent de mesurer et d'enregistrer la hauteur de la colonne d'eau au-dessus de l'instrument et la température de l'eau. Ces sondes permettent une précision des hauteurs d'eau enregistrées de plus ou moins 50 mm. Le huitième appareil, un *barologger* M1.5 permet de mesurer et enregistrer la pression barométrique nécessaire au suivi des niveaux d'eau et la température de l'air. La précision pour la pression barométrique est de plus ou moins 5 mm. Ces instruments ont été remis à LNA le 12 mars 2019. Les sondes ont été installées au fond des six piézomètres PZ1-A-19, PZ1-B-19, PZ2-A-19, PZ2-B-19, PZ3-A-19 et PZ4-A-19, le *barologger* a été installé entre le protecteur d'acier et le tubage de PVC au PZ2-A-19. La sonde automatisée pour le suivi du niveau de la rivière l'Acadie a été installée le 29 avril 2019. Les sondes étaient programmées pour enregistrer une lecture toutes les 60 min. Le suivi a débuté le 12 mars 2019 et s'est terminé le 10 décembre 2019.

Les travaux d'arpentage nécessaires à la mise en relation des lectures de niveaux d'eau ont été effectués par la Ville de Carignan.

4.2. Essais de perméabilité

Le 27 septembre 2019, des essais de perméabilités *in situ* ont été réalisés par le personnel de LNA dans les 6 piézomètres : PZ1-A-19 à PZ4-A-19. Le principe de ces essais consistait à faire varier le niveau d'eau du piézomètre en le remplissant jusqu'au débordement du tubage de PVC, et ce, de manière quasi instantanée. Le retour à l'équilibre du niveau d'eau était suivi manuellement, à l'aide d'une sonde de niveau d'eau manuelle, avec des mesures de niveau d'eau toutes les 10 s. L'interprétation des données a été faite par la méthode dite de Hvorslev (Hvorslev, 1951). Les résultats des essais de perméabilité sont présentés au tableau III ci-bas. Les données et graphiques des essais de perméabilité sont présentés à l'annexe D.

Tableau III : Résultats des essais de perméabilité

Essais	Conductivité hydraulique K (m/jour)
PZ1-A-19	0,448
PZ1-B-19	0,033
PZ2-A-19	0,074
PZ2-B-19	0,000232
PZ3-A-19	0,058
PZ4-A-19	0,040

Sur la base de ces essais de perméabilité, il semble que le PZ1-A-19 soit le plus perméable. Si l'on compare à la conductivité hydraulique type, elle correspond à celle d'un sable silteux. L'unité la moins perméable est l'argile dans le PZ2-B-19. Les autres valeurs de conductivité hydraulique sont sensiblement les mêmes variant entre 0,033 et 0,074 m/jour ce qui correspond à une unité plutôt silteuse.

4.3. Données de suivi

Des relevés intermédiaires des données ont été réalisés le 25 avril, le 2 juillet, le 27 septembre, le 1^{er} novembre et le 10 décembre 2019. La période de suivi des niveaux d'eau s'est terminée le 10 décembre 2019 avec le retrait des instruments de suivi automatique. Des mesures manuelles de niveau ont été effectuées lors des relevés intermédiaires et finaux; ces données ont permis de calibrer les mesures enregistrées par les sondes automatisées.

Nous avons calculé le gradient hydraulique suite au relevé des données piézométriques du 1^{er} novembre 2019. La formule du gradient hydraulique est la suivante :

$$i = \frac{\Delta H}{L}$$

i : gradient hydraulique

ΔH : perte de charge; c'est-à-dire la différence d'élévation entre les niveaux piézométriques

L : distance horizontale

Le tableau IV présente les données utilisées pour le calcul du gradient.

Tableau IV : Élévations et profondeurs du niveau d'eau requises pour le calcul du gradient hydraulique

Piézomètres	Élévation du sol (m)	Profondeur du niveau de l'eau par rapport au sol (m) au 1 ^{er} novembre 2019	Élévation de la nappe phréatique (m)
PZ1-A-19	13,168	2,90	10,268
PZ3-A-19	13,870	0,72	13,15
PZ4-A-19	21,300	0,36	20,94

La figure 6 présente le positionnement des piézomètres, le gradient hydraulique et la direction d'écoulement de l'eau souterraine. Sur la base de cette triangulation, le gradient hydraulique est de 0,8 % vers le sud-est, c'est-à-dire vers la rivière l'Acadie et perpendiculairement à celle-ci.

Les données de suivi de débit enregistrées à la station hydrométrique du ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MELCC) de la rivière l'Acadie (station 030421 ou 02OJ026 du fédéral) ont été intégrées aux données de suivi des piézomètres. Cette station est localisée en amont du secteur à l'étude, plus précisément à 3 km en amont du pont de l'autoroute 10. Ces données sont disponibles sur le site internet du Centre d'expertise hydrique du Québec. La station hydrométrique enregistre une mesure de débit (m³/s) de la rivière l'Acadie toutes les 15 min.

Les graphiques issus du suivi des niveaux d'eau et du débit de la rivière sont présentés aux figures 7, 8 et 9 de l'annexe A. Dans ce rapport, nous ne fournissons pas la totalité des données à partir desquelles les graphiques ont été construits, car il y a plus de 5600 lectures pour chacun des piézomètres. Toutefois, l'ensemble du fichier contenant les données de suivi est disponible électroniquement (sous version Excel) sur demande.

Sur la figure 7, on note la corrélation entre le niveau de la rivière Acadie et le débit de la rivière. Lorsqu'il y a une forte pluie, le niveau de la rivière monte ainsi que le débit. Entre le mois de juillet jusqu'à la mi-septembre 2019, le niveau d'eau de la rivière est trop bas pour être mesuré par la sonde. Il remonte en septembre et prend des valeurs disproportionnées en novembre lors des très fortes précipitations. Les hauteurs d'eau enregistrées ont été coupées en ordonnée à 3,0 m, car les valeurs enregistrées vont jusqu'à 160 m et impact l'échelle de présentation des résultats. Ces valeurs sont biaisées par la pression induite par le fort courant de la rivière et n'ont pas été retenues. Néanmoins, on peut corréler les pics de niveau d'eau avec les précipitations.

Sur la figure 8, on remarque que les niveaux d'eau du PZ1-A-19 et PZ2-A-19 ne varient pas en fonction du niveau de la rivière l'Acadie. La nappe phréatique reste sensiblement à la même élévation alors qu'elle varie dans les piézomètres PZ2-B-19, PZ3-A-19 et PZ4-A-19 simultanément aux changements de débit de la rivière ou aux variations de niveau d'eau de surface. La différence entre le premier groupe PZ1-A/PZ2-A et le deuxième groupe PZ2-B/PZ3-A/PZ4-A est l'élévation de l'installation de la crépine du piézomètre. Le premier groupe a mesuré la pression d'eau circulant plus profondément, entre 2 et 6 m d'élévation approximativement. À titre indicatif, l'élévation du fond de la rivière à l'endroit où celle-ci a été suivie est d'approximativement 7 m. Pour le deuxième groupe, la crépine est située plus haute en élévation, soit supérieure à 7 m.

Si l'on regarde plus spécifiquement le PZ2, il est intéressant de constater qu'il y a une crépine dans le till plus perméable, sous l'élévation de la rivière (PZ2-A-19), et une autre en surface dans l'unité la moins perméable soit l'argile (PZ2-B-19). La différence de réponse entre ces deux piézomètres est éloquente; celui du bas ne réagit pas alors que celui du haut réagit même s'il est dans un horizon d'argile. Le temps de réponse de ce piézomètre est plus lent que les autres de son groupe, ce qui appuie les résultats des essais de perméabilité. Il y a un pic que l'on observe au PZ2-B-19 et qui est absent des autres courbes; ce pic correspond à la lecture de la sonde le 27 septembre 2019. Vu la faible vitesse d'écoulement dans cette unité, cette simple manipulation a eu un effet prolongé dans le temps qui est non visible sur les autres courbes.

On peut donc conclure que les variations du niveau de la rivière de l'Acadie influencent la nappe phréatique lorsque celle-ci est à une élévation supérieure à l'élévation de la rivière, peu importe la nature plus argileuse ou silteuse du dépôt en place. Les variations de niveau piézométrique ou de pression ne sont toutefois pas directement proportionnelles aux variations du niveau d'eau de surface. Il faut aussi considérer dans l'équation la durée et l'intensité des précipitations, car elles auront un impact sur le ruissellement et l'infiltration des eaux de pluie dans les dépôts de surface. La remontée la plus importante mesurée de l'élévation de la nappe phréatique est de 60 cm lors de l'évènement du début d'octobre 2019. Autrement, les importantes précipitations de novembre et le haut niveau de la rivière n'ont pas eu l'effet de faire remonter le niveau de la nappe jusqu'à la surface du sol. En 2019, pour tous les points de lecture, on observe que la période de nappe haute est au début avril, à la fonte de neiges, et que la période de nappe basse est à la fin d'août/début septembre. Le tableau suivant présente la différence entre la nappe haute et la nappe basse.

Piézomètre	Différence entre la nappe haute et nappe basse (m)
PZ1-A-19	1,09
PZ2-A-19	0,50
PZ2-B-19	1,28
PZ3-A-19	1,48
PZ4-A-19	1,51

L'amplitude des variations entre la nappe haute et la nappe basse ne dépasse pas 1,51 m ce qui est normal par rapport au reste du Québec.

La figure 9 de l'annexe A illustre de façon plus accentuée les variations du niveau d'eau, car les variations sont présentées sur la profondeur d'eau au lieu de l'élévation de la nappe. On voit bien sur cette figure le faible lien entre l'aquifère profond et les variations de débits de la rivière.

5. CONCLUSIONS

L'objectif de ce mandat était essentiellement de dresser un portrait du lien avec l'eau de surface et l'eau souterraine. Ce portrait devrait servir pour orienter le développement résidentiel en fonction des contraintes liées à la présence d'eau souterraine dans le secteur. Pour comprendre la géologie du secteur, quatre sites de forages ont été sélectionnés pour l'implantation de piézomètres. Chaque site de forage devait comporter deux piézomètres; un en profondeur et l'autre en surface. Toutefois, le troisième et quatrième site ont accueillis uniquement un piézomètre, car l'épaisseur saturée de dépôt était trop mince. La réalisation de ces six forages a permis d'établir la stratigraphie du secteur ainsi que l'élévation du socle rocheux. L'arpentage des forages et de la rivière a permis de produire les coupes géologiques et d'établir le modèle conceptuel du secteur. Sur la base des informations recueillies, il n'y a pas d'horizon fortement perméable alimenté par la rivière sous la couche d'argile en surface. Nous sommes plutôt en présence d'un till glaciaire ayant une conductivité hydraulique comparable à un sable silteux à 0,448 m/jour à l'endroit le plus perméable (PZ2). Si l'on analyse les données de suivi, nous n'avons pas de lien hydraulique entre les variations de niveau d'eau de la rivière l'Acadie et l'horizon plus perméable en profondeur. Nous remarquons une variation de la nappe phréatique dans les dépôts plus superficiels, au-dessus de l'élévation de la rivière, mais la plus forte variation est de l'ordre de 60 cm et elle s'inscrit dans une variation saisonnière normale d'environ 1,5 m entre la nappe haute et la nappe basse.

La problématique du secteur à l'étude est surtout par rapport au type de dépôt en place. En surface, on retrouve essentiellement de l'argile et les fondations sont construites dans un dépôt peu perméable qui emmagasine l'eau lors des épisodes de précipitations. Le drainage de l'eau dans ce type de matériel est de l'ordre de 0,000232 m/jour dans le pire des cas. Le faible dénivelé du secteur n'aide pas et de l'accumulation d'eau peut rapidement se créer si les fossés de drainage sont inadéquats. Pour la profondeur de la nappe phréatique, cette dernière est plus près de la surface en s'éloignant de la rivière, vers le PZ4 en amont. La présence de milieux humides représente bien le contexte de la présence de matériel peu perméable combiné à une dénivellation accentuée.

En conclusion, la hauteur de l'eau dans la rivière l'Acadie n'influence pas significativement le niveau de la nappe phréatique dans le secteur. Les précipitations et le type de dépôt sont les principaux éléments responsables des variations de la hauteur de la nappe phréatique.

6. RÉFÉRENCES

- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. (2011). Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 3 : Échantillonnage des eaux souterraines. Gouvernement du Québec.
- Hansbo, S. (1975). Jordmateriallära. Stockholm : Almqvist et Wiksell Förlag.
- Hvorslev, M. (1951). Time-lag and soil permeability in ground water observations. U.S. Army Engineering Waterways Experimental Station.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2013). Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est : Atlas hydrogéologique de la Montérégie Est, Québec, Canada (Rapport de recherche R-1432).
- SMi. (2013). Plan directeur de conservation et de protection des milieux naturels de la Ville de Carignan - Rapport final.
- Todd, D. K. (1976). Groundwater hydrogeology, 2 édition. New York : John Wiley & sons.

ANNEXE A

FIGURE 1 : LOCALISATION GÉNÉRALE DU SITE À L'ÉTUDE

FIGURE 2 : LOCALISATION DES PIÉZOMÈTRES D'OBSERVATION

FIGURE 3 : GÉOLOGIE DES DÉPÔTS QUATERNAIRES

FIGURE 4 : GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

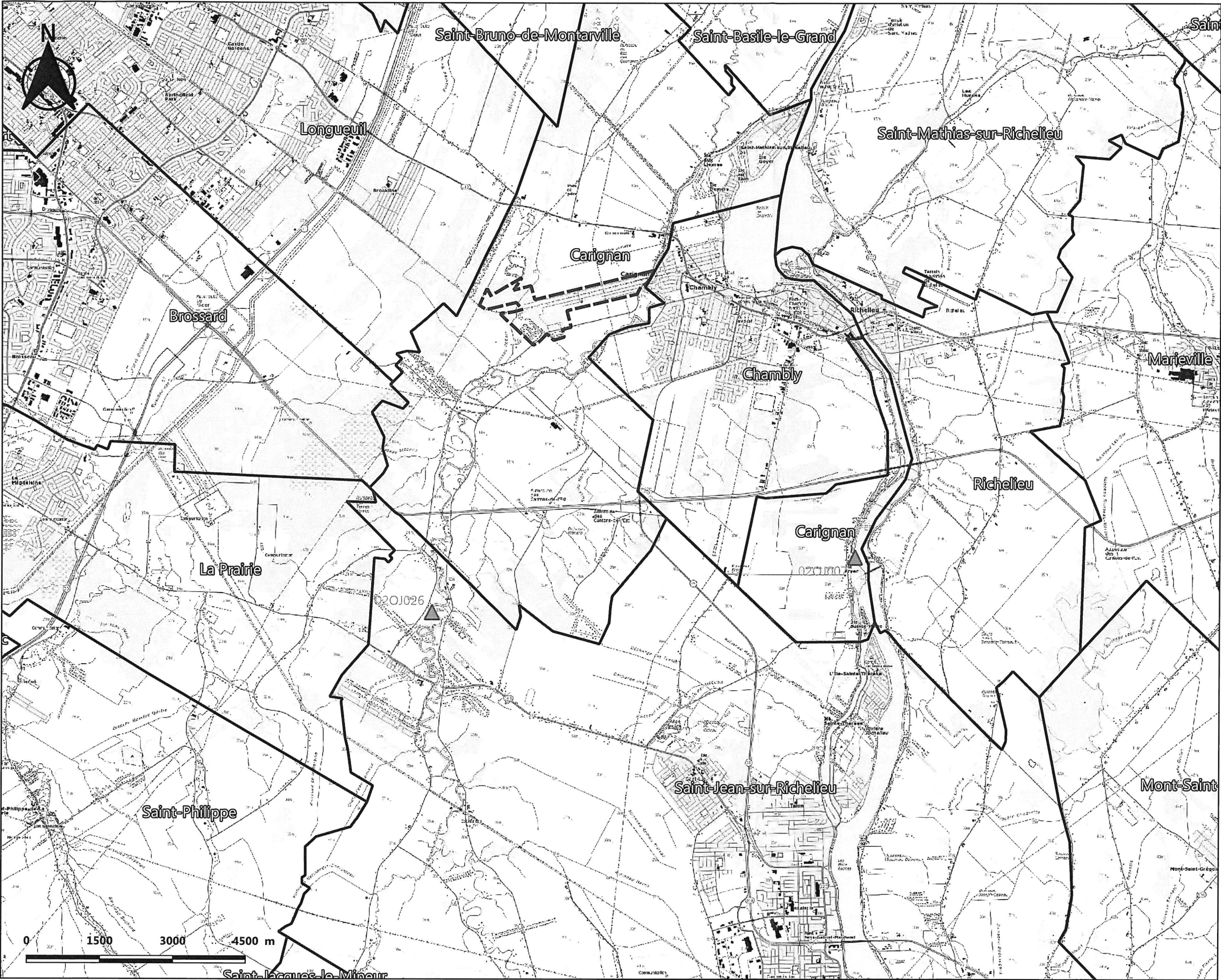
FIGURE 5 : COUPES GÉOLOGIQUES

FIGURE 6 : PIÉZOMÉTRIE ET DIRECTION D'ÉCOULEMENT

FIGURE 7 : SUIVI DU NIVEAU DE LA RIVIÈRE L'ACADIE EN FONCTION
DU DÉBIT DE LA RIVIÈRE

FIGURE 8 : ÉLÉVATION DES NIVEAUX D'EAU ET DU DÉBIT DE LA
RIVIÈRE ACADIE EN FONCTION DU TEMPS

FIGURE 9 : SUIVI DES VARIATIONS DU NIVEAU D'EAU SOUTERRAINE
ET DU DÉBIT DE LA RIVIÈRE ACADIE EN FONCTION DU TEMPS



Ville de Carignan

Caractérisation hydrogéologique du secteur
Marie-Anne - Bellerive

Localisation générale

LÉGENDE

- ▲ Station hydrométrique fédérale
- ▭ Secteur à l'étude
- ▭ Limites municipales

Nom du fichier : 09-6028-3974_fig1_loc_gen
Fond cartographique : BDTQ 50k
Projection NAD83 UTM18

Échelle :	1 : 75 000	Date :	2019-04-16
Figure :	1	Dossier :	09-6028-3974
Dessinée par :	Raphaël Parent		
Préparée par :	Julie Gauthier, ing., M. Sc. A., hydrogéologue		
 HYDROGÉOLOGIE ENVIRONNEMENT		1470, rue Esther Blondin, bur. 230 Québec (Québec) G1Y 3N7 Téléphone : 418 657-7999 Sans frais : 1 877 657-7999 Télécopieur : 418 657-5777	



Ville de Carignan

Caractérisation hydrogéologique du secteur
Marie-Anne - Bellerive

Localisation détaillée

LÉGENDE

- Piézomètre
- Site de suivi d'eau de surface

Coupe :

- A-A'
- B-B'
- Réseau routier
- Étendue et cours d'eau
- Secteur à l'étude

Zones inondables :

- 100 ans
- 2 ans
- 20 ans

Milieus humides :

- Marais
- Marécage

Nom du fichier : 09-6028-3974_fig2_loc_details
Fond photographique : Bing
Milieu humide : Canard Illimités
Zone inondable : Représentation de la plaine
inondable Rivière l'Acadie (Carignan),
Gouvernement du Québec (MDDEP et MRNF), 2005
Projection NAD83 UTM18

Échelle :	1 : 17 000	Date :	2020-02-06
Figure :	2	Dossier :	09-6028-3974
Dessinée par :	Raphaël Parent		
Préparée par :	Julie Gauthier, ing., M. Sc. A., hydrogéologue		
		1470, rue Esther Blondin, bur. 230 Québec (Québec) G1Y 3N7 Téléphone : 418 657-7999 Sans frais : 1 877 657-7999 Télécopieur : 418 657-5777	
HYDROGÉOLOGIE ENVIRONNEMENT			



Ville de Carignan

Caractérisation hydrogéologique du secteur
Marie-Anne - Bellerive

Dépôts de surface

LÉGENDE

Piézomètre

Site de suivi d'eau de surface

Dépôts de surface :

Alluvion actuelle (Ap)

Alluvion de terrasse fluviale (At)

Alluvion de terrasse fluviale ancienne (Ax)

Sédiment lacustre littoral et pré littoral (Lb)

Sédiment marin fin d'eau profonde (Ma)

Sédiment marin littoral et pré littoral (Mb)

Till en couverture généralement continue (Tc)

Till remanié en couverture continue (Tr)

Till remanié en couverture discontinue (Trm)

Nom du fichier : 09-6028-3974_fig3_dep_surf

Fond photographique : Bing

Fond géologique : Sigéom

Projection NAD83 UTM18

Échelle :	1 : 20 000	Date :	2019-04-19
Figure :	3	Dossier :	09-6028-3974
Dessinée par :	Raphaël Parent		
Préparée par :	Julie Gauthier, ing., M. Sc. A., hydrogéologue		
LNA HYDROGÉOLOGIE ENVIRONNEMENT		1470, rue Esther Blondin, bur. 230 Québec (Québec) G1Y 3N7 Téléphone : 418 657-7999 Sans frais : 1 877 657-7999 Télécopieur : 418 657-5777	



Ville de Carignan

Caractérisation hydrogéologique du secteur
Marie-Anne - Bellerive

Géologie du socle rocheux

LÉGENDE

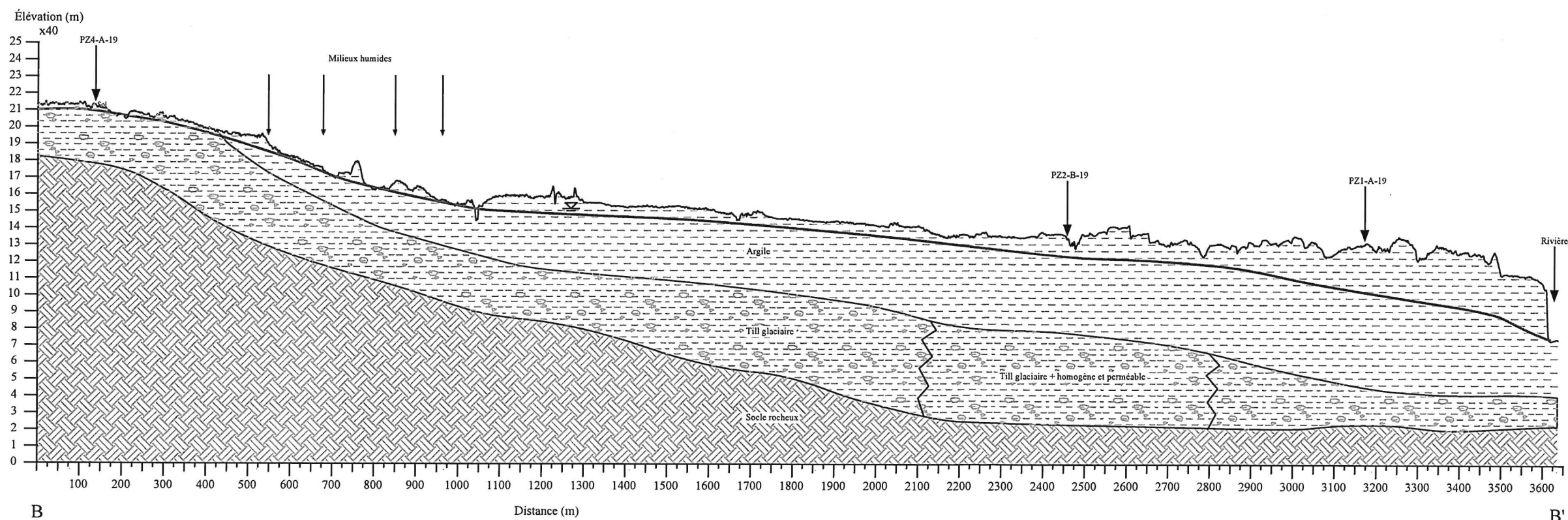
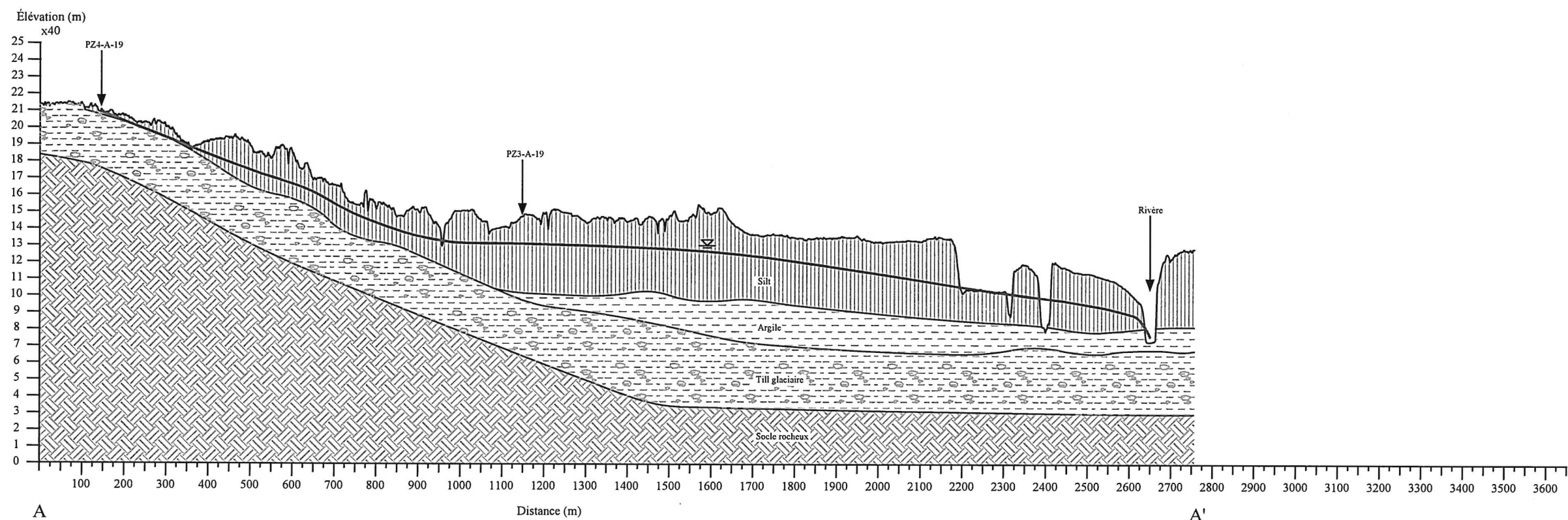
- ⊕ Piézomètre
- ⊕ Site de suivi d'eau de surface

Socle rocheux :

- Shale gris et mudstone avec interlits de grès lithique, de siltstone, de calcarénite et de dolarénite; quelques lits de conglomérat (S6E-S6D-S1E-S6A-S7C(S1)-S8(S1)-S4)
- Dyke basique ou acide (I3-I1)

Nom du fichier : 09-6028-3974_fig4_soc_roc
Fond photographique : Bing
Fond géologique : Sigéom
Projection NAD83 UTM18

Échelle :	1 : 20 000	Date :	2019-04-19
Figure :	4	Dossier :	09-6028-3974
Dessinée par :	Raphaël Parent		
Préparée par :	Julie Gauthier, ing., M. Sc. A., hydrogéologue		
 HYDROGÉOLOGIE ENVIRONNEMENT		1470, rue Esther Blondin, bur. 230 Québec (Québec) G1Y 3N7 Téléphone : 418 657-7999 Sans frais : 1 877 657-7999 Télécopieur : 418 657-5777	



Légende

— Nappe phréatique estimée

Exagération verticale : x40

Ville de Carignan
Caractérisation hydrogéologique
du secteur Marie-Anne-Bellerive

Coupes géologiques

Échelle : n/a

Figure : 5

Date : 11 février 2020

Dossier : 09-6028-3974

Préparé par : Julie Gauthier, ing.

Dessiné par : Martin Gascon



1470, rue Esther-Blondin, bureau 230
Québec (Québec) G1Y 3N7
Téléphone : 418 657-7999
Sans frais : 1 877 657-7999
Télécopieur : 418 657-5999



Légende

- PZ1-A-19
[Symbol] Piézomètre
- [Symbol] Niveau d'eau en mètre (1 novembre 2019)
20,00 m
- [Symbol] 14 - Isopièze
- [Symbol] Direction présumée de l'écoulement de l'eau souterraine
- i* Gradient hydraulique

Ville de Carignan
Caractérisation hydrogéologique
du secteur Marie-Anne-Bellerive

Piézométrie

Échelle :	1 : 10 000
Figure :	6
Date :	11 février 2020
Dossier :	09-6028-3974

Préparé par : Julie Gauthier, ing.

Dessiné par : Martin Gascon



1470, rue Esther-Blondin, bureau 230
Québec (Québec) G1Y 3N7
Téléphone : 418 657-7999
Sans frais : 1 877 657-7999
Télécopieur : 418 657-5999

Figure 7
Carignan - Étude hydrogéologique du secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Suivi du niveau de la rivière l'Acadie en fonction du débit de la rivière

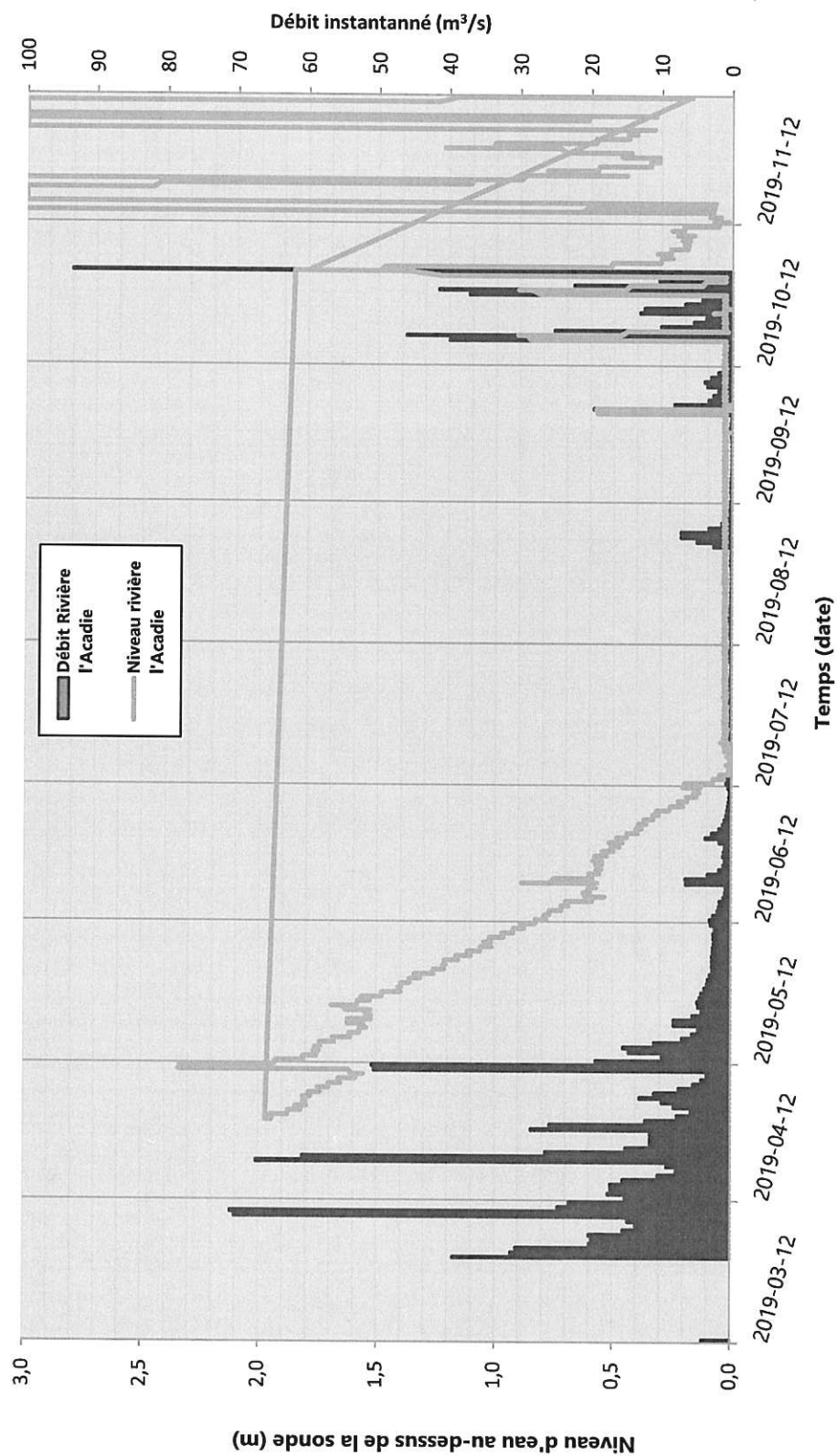


Figure 8
Carignan - Étude hydrogéologique du secteur Centre entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Élévation des niveaux d'eau et du débit de la rivière Acadie en fonction du temps

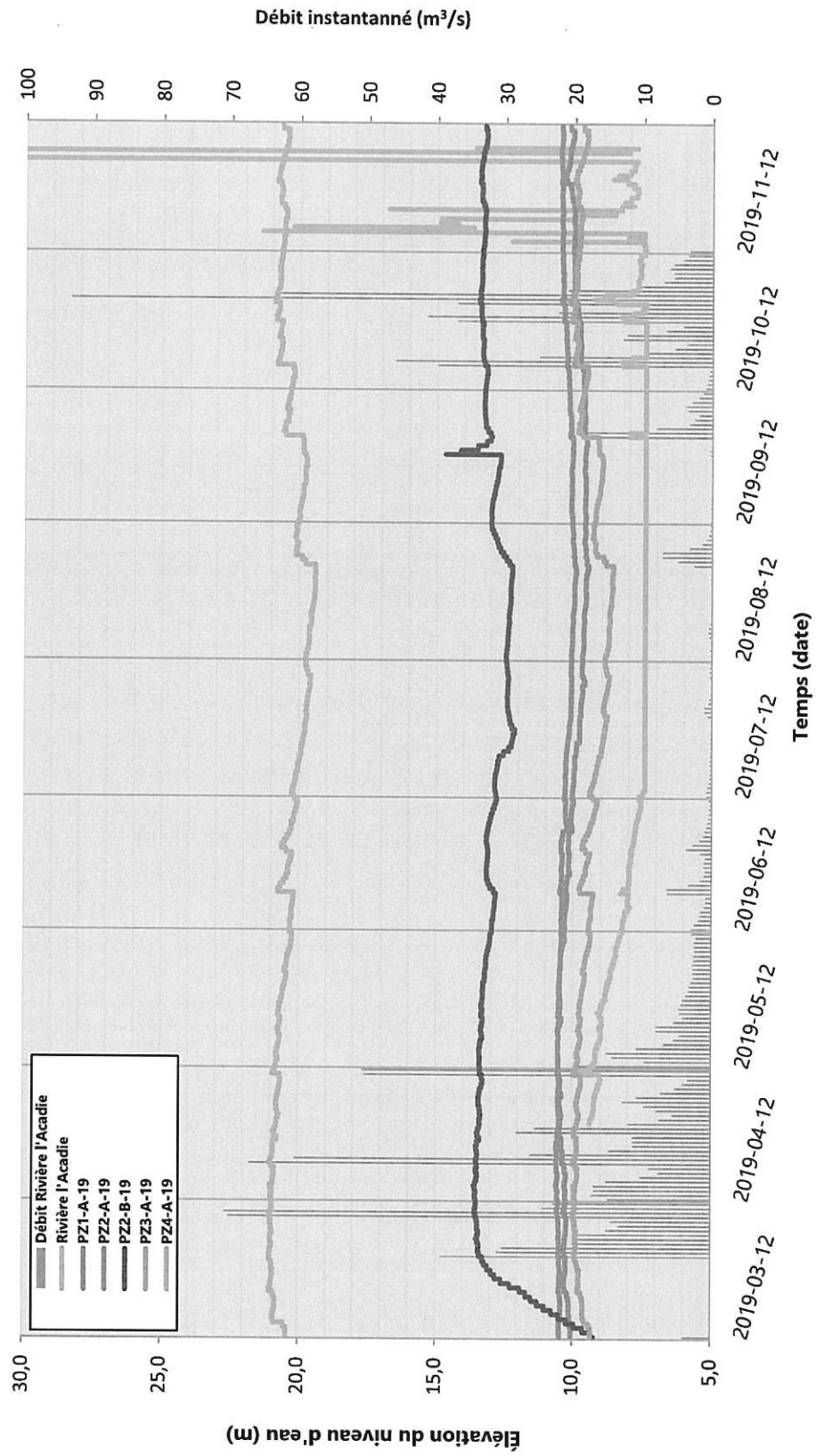
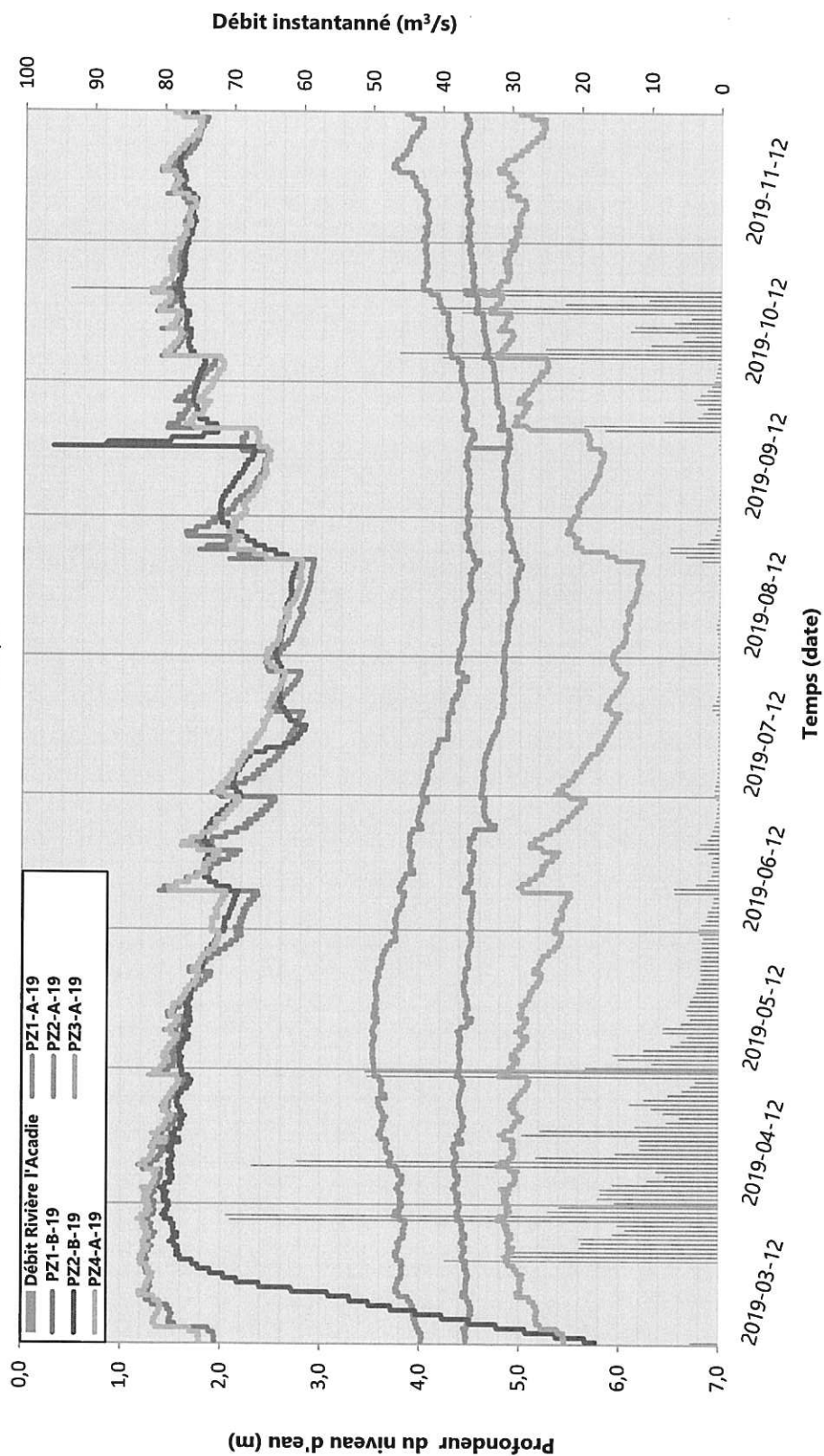
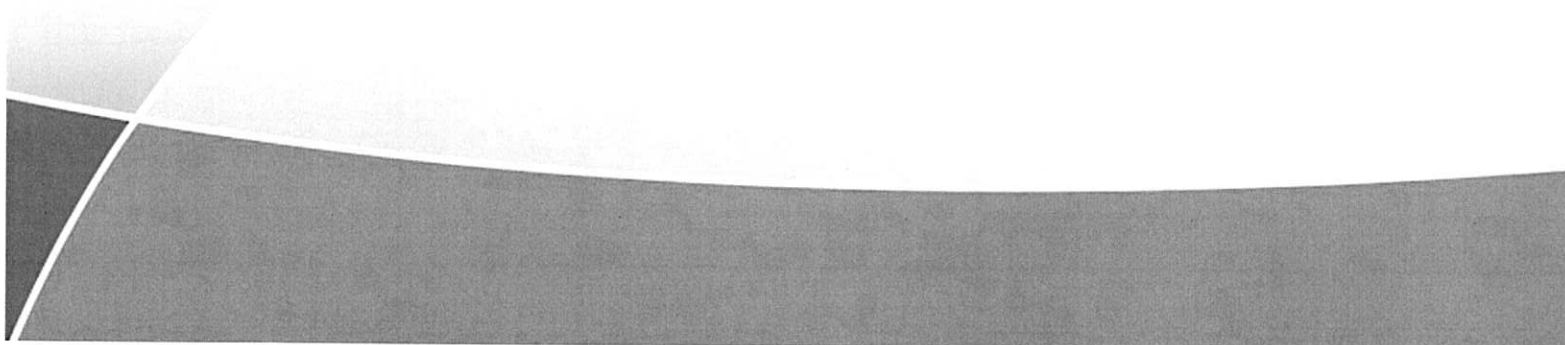


Figure 9
Carignan - Étude hydrogéologique du secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Suivi des variations du niveau d'eau souterraine et du débit de la rivière Acadie en fonction du temps



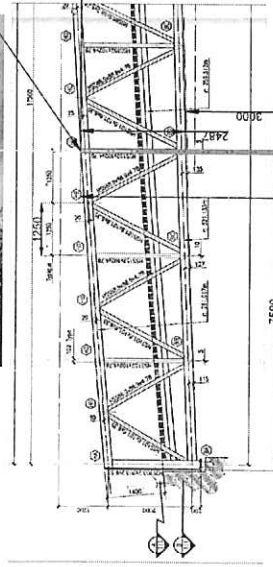
ANNEXE B

RAPPORTS DE FORAGE



Percer la conduite (PEHD ou PVC DR35, 100 mm) sur au moins toute la hauteur submergée (7,087 m et 9,500 m)
FAQ-01 : Diamètre Ø désiré des percements ?

LNA-150419 :
Ajouter un couvercle cadénassable à l'extrémité supérieure de la conduite (PEND ou PVC DR35, 100 mm) au niveau du parapet



---NIVEAU DU DESSUS DU PARAPET TRAVÉE #3 = 15.087m

NIVEAU D'EAU RIVIÈRE L'ACADIE AU 040419 = 8.910m
NIVEAU D'EAU RIVIÈRE L'ACADIE AU 090419 = 8.757m
NIVEAU D'EAU RIVIÈRE L'ACADIE AU 120419 = 8.097m

NIVEAU MOYEN DU FOND PRESUMÉ DE LA RIVIÈRE L'ACADIE = 7,
Z-AUX TRAVERSES #3 ET #4

PEHD Ø 100mm (4 po.) proposé ou

PVC DR35 Ø 100mm (4 po.)

Niveau extrémité du tuyau submergé : 7,087 m

Niveau extrémité de la sonde de niveau : 7,387 m

Détails de l'assemblage :

LNA-150419 :

Prolonger la conduite (PEHD ou PVC DR35, 100 mm) de manière à ce que le bouchon arrive au niveau du fond présumé de la rivière l'Acadie (approximativement 7,087 m)

HSS 152 X 102 EXIST.

/TIGE (3) ET BOULON (6) PROPOSÉ À ÉQUIDISTANCE (C/C 1245mm ou 48 po.)

Ø12.5mm TYPE

QUANTITÉ REQUISE : 3 UNITÉS

1. **Introduction**

/TIGE EN "U" PR

QUANTITÉ REQUISE : 3 UNITÉS

PARAPET

INSTALLER FER ANGLE À PARTIR DU DESSOUS DU PARAPET

JUSQU'À 3000mm OU 120 PO. EN DESSOUS DU TABLIER

INSTALLER DES BARRES RÉFLÉCHISSANTES HORIZONTALES

À TOUS LES DEMI-MÈTRES.

24 1000 LBS. BEWINDING TAPES:
https://fr.uline.ca/Grp_242/3M-Single-Coated-Tapes

PEHD Ø 100mm (4 po.) proposé ou

PVC DR35 Ø 100mm (4 po.)

Niveau extrémité de la sonde de niveau : 7,387 m

Niveau extrémité du tuyau submergé : 7.067m

LNA-150419 :
Installer la sonde environ 0,3 m par rapport au fond
présumé de la rivière (approximativement 7,387 m)

YNA-150419:

Ajouter un bouchon sur l'extrémité inférieure de la conduite (PEHD ou PVC DR35, 100 mm) afin de prévenir la perte de la sonde





Client : Ville de Carignan
Projet : Caractérisation hydrogéologique du secteur Marie-Anne - Bellerive
Site : Rue Thérèse, Carignan (Québec)
Date(s) de sondage : 07 mars 2019
Puisatier : Forage Grenville
Méthode de forage : Tarière

RAPPORT DE SONDAGE

Sondage N° : PZ1-B-19
Dossier : 09-6028-3974

Coordonnées géographiques MTM 8 NAD83
 Nord : 5034543 m Est : 319216 m

Niveau de référence :

Profondeur		Stratigraphie		PROF. (m)	AMÉNAGEMENT
pi	m	DESCRIPTION	SYMBOLE ET DÉTAILS D'AMÉNAGEMENT		
	15,15				
-4	-1			-1,13 m	Forage Diamètre : 150 mm Profondeur : 6,00 m
-2					Tubage protecteur Type : Acier Longueur : 2 m Diamètre : 152 mm Margelle : -1,13 m
0	0	13,15 Surface du terrain naturel		0,00 m	
2		0,00 Terre végétale dans une matrice de sable silteux, humide.		0,45 m	
4	1	12,54 Argile silteuse, traces de sable, gris-beige, sec.			Tubage Type : PVC Longueur : 3,96 m Diamètre : 50 mm Margelle : -0,96 m
6	2	0,61			
8		11,32 Argile silteuse, gris-beige, humide.		2,14 m	
10	3	1,83			Crépine Type : PVC Diamètre : 50 mm Longueur : 3 m Ouverture : 0,254 mm Prof. du bas : 6 m
12		10,71 Argile, un peu de silt, gris, humide, molle.		2,77 m	
14	4	2,44		3,00 m	
16		9,49 Argile, un peu de silt, traces de sable, gris, saturé, molle.			
18	5	3,66			
20	6	7,15 Fin du sondage à 6,00 m.		6,00 m	
22	7				
24	8				
26	9				
28	10				
30	11				
32	12				
34	13				

↙ Niveau statique p/r au terrain naturel

— Crépine

▨ Remblai

▨ Bentonite

▨ Sable de silice

Remarques :

Technicien : Carl Lacroix, tech. sr.
Compilé par : Martin Gascon

Approuvé par : Julie Gauthier, ing., géo.

Date : 2020-02-07

Client : Ville de Carignan
Projet : Caractérisation hydrogéologique du secteur Marie-Anne - Bellerive
Site : Route verte, entre rues Marie-Anne Est et Ouest, Carignan (Québec)
Date(s) de sondage : 07 mars 2019
Puisatier : Forage Grenville
Méthode de forage : Tarière

RAPPORT DE SONDAGE

Sondage N° : PZ2-A-19

Dossier : 09-6028-3974

Coordonnées géographiques MTM 8 NAD83

Nord : 5034524 m Est : 318501 m

Niveau de référence :

Profondeur		Stratigraphie			PROF. (m)	AMÉNAGEMENT
pl	m	ÉLÉV. PROF.	DESCRIPTION	SYMBOLE ET DÉTAILS D'AMÉNAGEMENT		
		15,93				
-4	-1				-1,13 m	Forage Diamètre : 150 mm Profondeur : 11,59 m
-2						Tubage protecteur Type : Acier Longueur : 2 m Diamètre : 152 mm Margelle : -1,13 m
0	0	13,93	Surface du terrain naturel		0,00 m	
2		13,32	Terre végétale dans matrice de sable silteux, gris-beige, sec.			
4	1	0,61	Argile silteuse, un peu de sable, gris-beige, sec.			
6		12,10				Tubage Type : PVC Longueur : 6,59 m Diamètre : 50 mm Margelle : -1,00 m
8	2	1,83	Argile silteuse, traces de sable, gris-beige, humide.		2,00 m	
10		11,49				
12	3	2,44	Argile, silteuse, gris, humide.		3,10 m	
14		10,27				Crépine Type : PVC Diamètre : 50 mm Longueur : 4,5 m Ouverture : 0,254 m Prof. du bas : 10,09 m
16	4	3,66	Argile, silteuse, traces de sable, gris, saturé.			
18		8,44				CF-7
20	5	5,49	Argile silteuse, un peu de sable, gris, saturé.		4,65 m	
22		7,83				
24	6	6,10	Silt et sable, traces de gravier, gris, humide.		5,10 m	
26		7,22				
28	7	6,71	Silt et sable, traces de gravier, gris, saturé.		5,59 m	
30		6,00				
32	8	7,93	Silt et sable, traces à un peu de gravier, gris-brun à gris, saturé.			
34		4,78				CF-13
36	9	9,15	Silt et sable, un peu à traces de gravier, gris, saturé.			
38		4,17				
40	10	9,76	Silt et sable, un peu de gravier, gris, humide.		10,09 m	
42		3,56				
	11	10,37	Silt et sable, gris, humide à saturé.			
		2,34				
	12	11,59	Fin du sondage à 11,59 m. Refus sur roc probable.		11,59 m	
		2,34				
	13	11,59				

* Problèmes avec les remontées de sable.

▽ Niveau statique p/r au terrain naturel

Crépine

Remblai

Bentonite

Sable de silice

Remarques :

Technicien : Carl Lacroix, tech. sr.

Compilé par : Martin Gascon

Approuvé par : Julie Gauthier, ing., géo.

Date: 2020-02-07

Page 1 de 1

Client : Ville de Carignan
Projet : Caractérisation hydrogéologique du secteur Marie-Anne - Bellerive
Site : Route verte, entre rues Marie-Anne Est et Ouest, Carignan (Québec)

Date(s) de sondage : 08 mars 2019
Puisatier : Forage Grenville
Méthode de forage : Tarière

RAPPORT DE SONDAGE

Sondage N° : PZ2-B-19
Dossier : 09-6028-3974

Coordonnées géographiques MTM 8 NAD83
Nord : 5034524 m Est : 318500 m

Niveau de référence :

Profondeur		Stratigraphie			
pi	m	ÉLÉV. PROF.	DESCRIPTION	SYMBOLE ET DÉTAILS D'AMÉNAGEMENT	PROF. (m)
		16,15			
-4	-1				-1,00 m
-2					
0	0	14,15	Surface du terrain naturel		
		0,00	Terre végétale dans matrice de sable silteux, gris-beige, sec.		0,00 m
2		13,54			
	1	0,61	Argile silteuse, un peu de sable, gris-beige, sec.		0,61 m
4					
	2	12,32			1,21 m
6		1,83	Argile silteuse, traces de sable, gris-beige, humide.		1,83 m
8		11,71			
	3	2,44	Argile silteuse, gris, humide.		2,28 m
10					
	4	10,49			
12		3,66	Argile silteuse, traces de sable, gris, saturé.		
14					
	5				
16		8,87			
18		5,28	Fin du sondage à 5,28 m.		5,28 m
20	6				
22					
	7				
24					
	8				
26					
	9				
28					
	10				
30					
	11				
32					
	12				
34					
	13				
36					
38					
40					
42					

Forage
Diamètre : 150 mm
Profondeur : 5,28 m

Tubage protecteur
Type : Acier
Longueur : 2 m
Diamètre : 152 mm
Margelle : -1,00 m

Tubage
Type : PVC
Longueur : 3,12 m
Diamètre : 50 mm
Margelle : -0,84 m

Crépine
Type : PVC
Diamètre : 50 mm
Longueur : 3 m
Ouverture : 0,254 mm
Prof. du bas : 5,28 m

↙ Niveau statique p/r au terrain naturel

— Crépine

Remblai

Bentonite

Sable de silice

Remarques :

Technicien : Carl Lacroix, tech. sr.
Compilé par : Martin Gascon

Approuvé par : Julie Gauthier, ing., géo.

Date: 2020-02-07

Client : Ville de Carignan
Projet : Caractérisation hydrogéologique du secteur Marie-Anne - Bellerive
Site : Parc Forget, Carignan (Québec)
Date(s) de sondage : 11 mars 2019
Puisatier : Forage Grenville
Méthode de forage : Tarière

RAPPORT DE SONDAGE

Sondage N° : PZ3-A-19
Dossier : 09-6028-3974

Coordonnées géographiques MTM 8 NAD83
Nord : 5033682 m Est : 316901 m

Niveau de référence :

Profondeur		Stratigraphie			
pi	m	ÉLÉV. PROF.	DESCRIPTION	SYMBOLE ET DÉTAILS D'AMÉNAGEMENT	PROF. (m)
		15,87			
-4	-1				-1,00 m
-2					
0	0	13,87	Surface du terrain naturel		
		0,00	Sable silteux, un peu de gravier, brun, humide.		0,00 m
2		13,26			
	1	0,61	Sable silteux, brun, humide.		0,61 m
4		12,65			
	2	1,22	Sable silteux, traces de gravier, brun, humide.		
6		12,04			
	2	1,83	Sable silteux, brun-gris, humide.		
8		11,43			
	3	2,44	Sable silteux, traces de gravier, brun-gris, saturé à humide.		
10					
12		10,21			
	4	3,66	Argile silteuse, un peu de sable, gris, saturé.		3,65 m
14		9,60			
		4,27	Sable, fin à grossier, et silt, gris, saturé.		4,35 m
16		8,99			
	5	4,88	Sable, fin à grossier, silteux, gris, saturé.		4,98 m
18		8,38			
	6	5,49	Sable, fin à grossier, et silt, un peu de gravier, traces d'argile, gris, saturé.		
20					
22					
24		6,55			
	7	7,32	Roc.		
26		6,45			
	8	7,42	Fin du sondage à 7,42 m. Refus sur roc.		7,42 m
28					
30					
32					
34					
36					
38					
40					
42					
	13				

Forage
Diamètre : 150 mm
Profondeur : 7,42 m

Tubage protecteur
Type : Acier
Longueur : 2 m
Diamètre : 152 mm
Margelle : -1,00 m

Tubage
Type : PVC
Longueur : 5,9 m
Diamètre : 50 mm
Margelle : -0,92 m

Crépine
Type : PVC
Diamètre : 50 mm
Longueur : 2,44 m
Ouverture : 0,254 mm
Prof. du bas : 7,42 m

CF-11

↙ Niveau statique p/r au terrain naturel

☐ Crépine

▨ Remblai
▨ Bentonite
▨ Sable de silice

Remarques :

Technicien : Carl Lacroix, tech. sr.
Complé par : Martin Gascon

Approuvé par : Julie Gauthier, ing., géo.

Date : 2020-02-07

Page 1 de 1

Client : Ville de Carignan
Projet : Caractérisation hydrogéologique du secteur Marie-Anne - Bellerive
Site : Prolongement sud rue Laurent-Monty, Carignan (Québec)

Date(s) de sondage : 11 mars 2019
Puisatier : Forage Grenville
Méthode de forage : Tarière

RAPPORT DE SONDAGE

Sondage N° : PZ4-A-19
Dossier : 09-6028-3974

Coordonnées géographiques MTM 8 NAD83
Nord : 5034410 m Est : 316184 m

Niveau de référence :

Profondeur		Stratigraphie		PROF. (m)	AMÉNAGEMENT
pi	m	DESCRIPTION	SYMBÔLE ET DÉTAILS D'AMÉNAGEMENT		
	23,30				
-4	-1			-1,06 m	Forage Diamètre : 150 mm Profondeur : 3,50 m
0	0	Surface du terrain naturel		0,00 m	Tubage protecteur Type : Acier Longueur : 1,2 m Diamètre : 152 mm Margelle : -1,06 m
2	0,61	Silt, un peu de sable, brun, humide.			
4	1,22	Sable silteux, brun, sec. Présence de blocs.		1,35 m	Tubage Type : PVC Longueur : 2,92 m Diamètre : 50 mm Margelle : -0,92 m
6	2,44	Sable silteux et graveleux, traces d'argile, gris, humide.		2,00 m	
8	17,80				Crépine Type : PVC Diamètre : 50 mm Longueur : 1,5 m Ouverture : 0,254 mm Prof. du bas : 3,5 m
10	3,50	Fin du sondage à 3,50 m. Refus sur roc ou bloc.		3,50 m	
12					
14					
16					
18					
20					
22					
24					
26					
28					
30					
32					
34					
36					
38					
40					
42					
44					
46					
48					
50					
52					
54					
56					
58					
60					
62					
64					
66					
68					
70					
72					
74					
76					
78					
80					
82					
84					
86					
88					
90					
92					
94					
96					
98					
100					

↙ Niveau statique p/r au terrain naturel

— Crépine

Remblai

Bentonite

Sable de silice

Remarques :

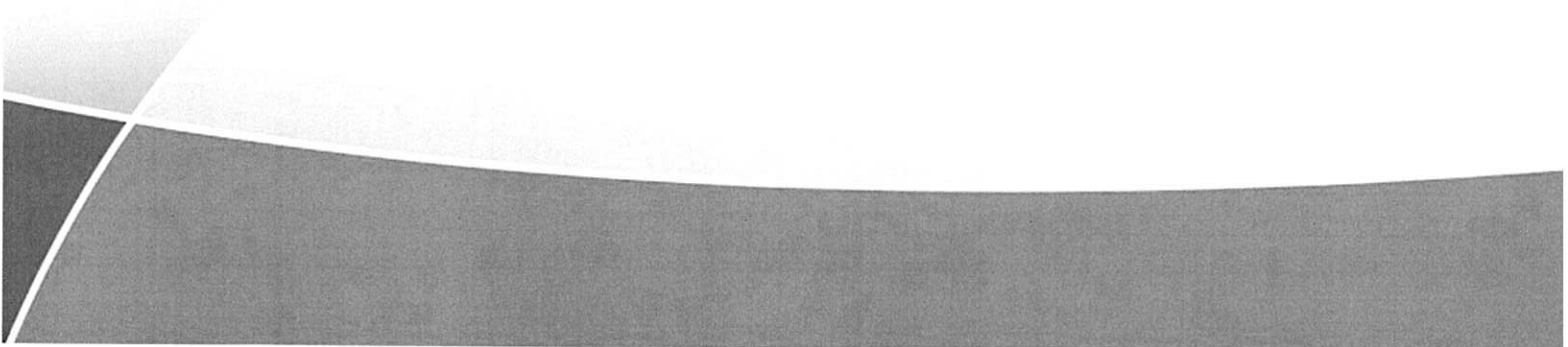
Technicien : Carl Lacroix, tech. sr.
Compilé par : Martin Gascon

Approuvé par : Julie Gauthier, ing., géo.

Date: 2020-02-07

ANNEXE C

ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES



Cliant : LNA - Laforest Nova Aqua inc.
Projet : Essais de laboratoire
Endroit : Secteur Marie-Anne-Bellerive

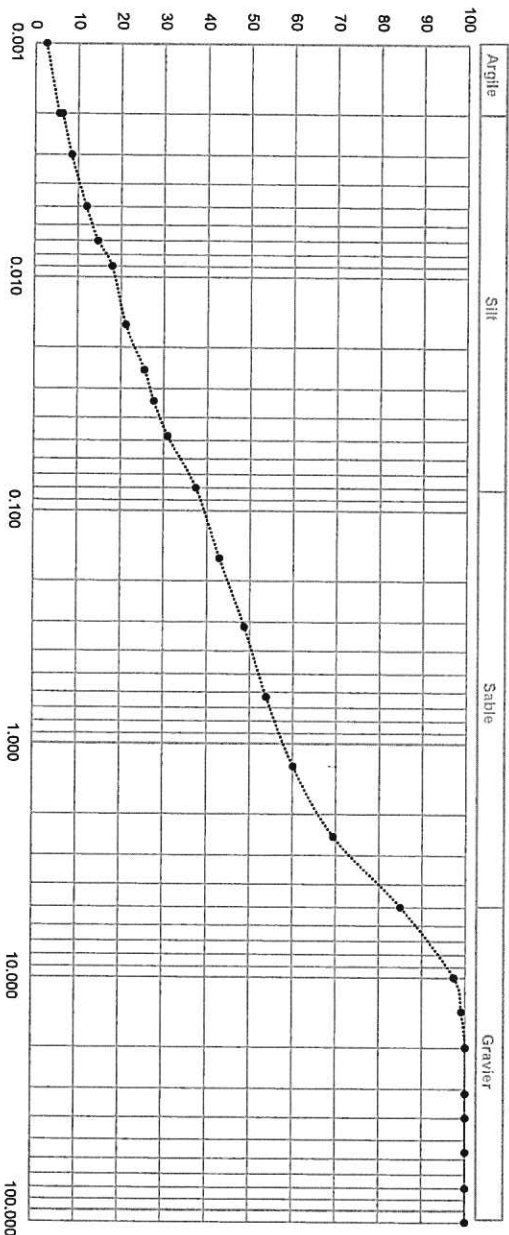
Dossier : GT-15472-1
Réf. client : 09-6028-3974
Rapport n° 1 Rév. : 0
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon labo : MT-1829
N° d'échantillon client :
N° du sondage / Échantillon : F-1 - A - CF-16

Prélevé le : 2019-03-06
Prélevé par : Le client
Reçu le : 2019-04-08

Analyse granulométrique (LC 21-040)



Cu =

Cc =

MF =

D₁₀ =

D₃₀ =

D₆₀ =

Tamis (mm)	Tamisé (%)	Tamis (mm)	Tamisé (%)
112	100	2.5	69
80	100	1.25	60
56	100	0.630	54
40	100	0.315	49
31.5	100	0.160	43
20	100	0.080	37.5
14	99		

Diamètre effectif (mm)	% Passant	Diamètre effectif (mm)	% Passant
0.048	30.9	0.0020	5.5
0.034	27.6	0.0010	2.5
0.025	25.5		
0.016	21.1		
0.009	17.9		
0.007	14.6		
0.005	11.9		

Composition granulométrique du sol

- Cailloux : 0 %
- Gravier : 15 %
- Sable : 48 %
- Silt : 31.2 %
- Argile : 6.3 %

Client : LNA - Laforest Nova Aqua inc.
Projet : Essais de laboratoire
Endroit : Secteur Marie-Anne-Bellerive

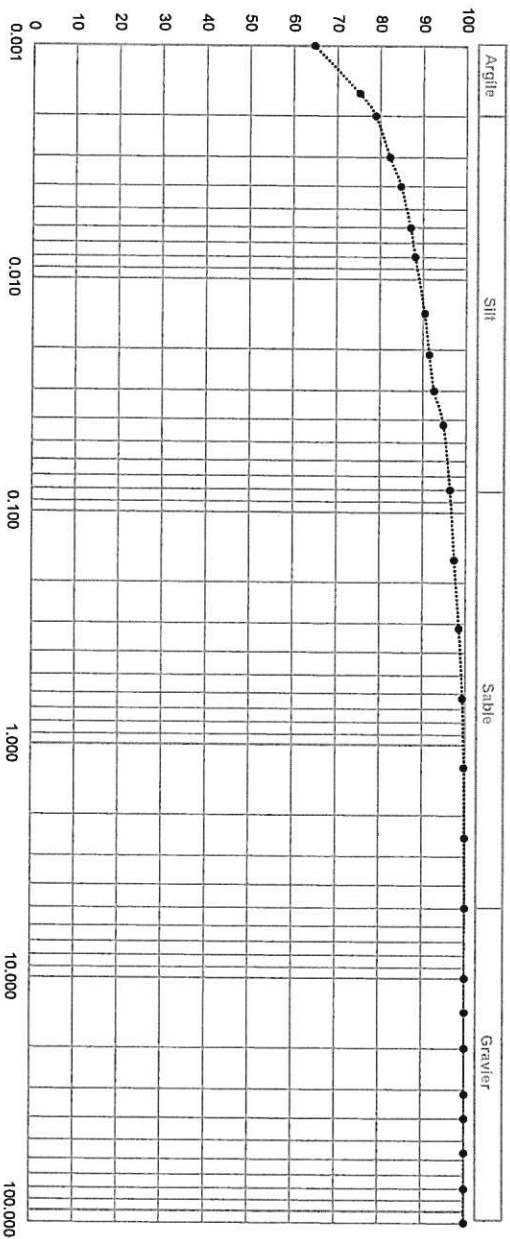
Dossier : GT-15472-1
Réf. client : 09-6028-3974
Rapport n° 1 Rév. : 0
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon labo : MT-1830
N° d'échantillon client :
N° du sondage / Échantillon : F-1 - B - CF-8

Prélevé le : 2019-03-07
Prélevé par : Le client
Reçu le : 2019-04-08

Analyse granulométrique (LC 21-040)



Cu = Cc = MF = D₁₀ = D₃₀ = D₆₀ =

Tamis (mm)	Tamisé (%)	Tamis (mm)	Tamisé (%)
112	100	2.5	100
80	100	1.25	100
56	100	0.630	99
40	100	0.315	98
31.5	100	0.160	97
20	100	0.080	96.3
14	100		

Diamètre effectif (mm)	% Passant	Diamètre effectif (mm)	% Passant
0.042	94.8	0.0016	75.2
0.030	92.6		
0.021	91.5		
0.014	90.4		
0.008	88.2		
0.006	87.1		
0.004	84.9		

Composition granulométrique du sol

- Cailloux : 0 %
- Gravier : 0 %
- Sable : 4 %
- Silt : 17.4 %
- Argile : 78.9 %

Client : LNA - Laforest Nova Aqua Inc.
Projet : Essais de laboratoire
Endroit : Secteur Marie-Anne-Bellerive

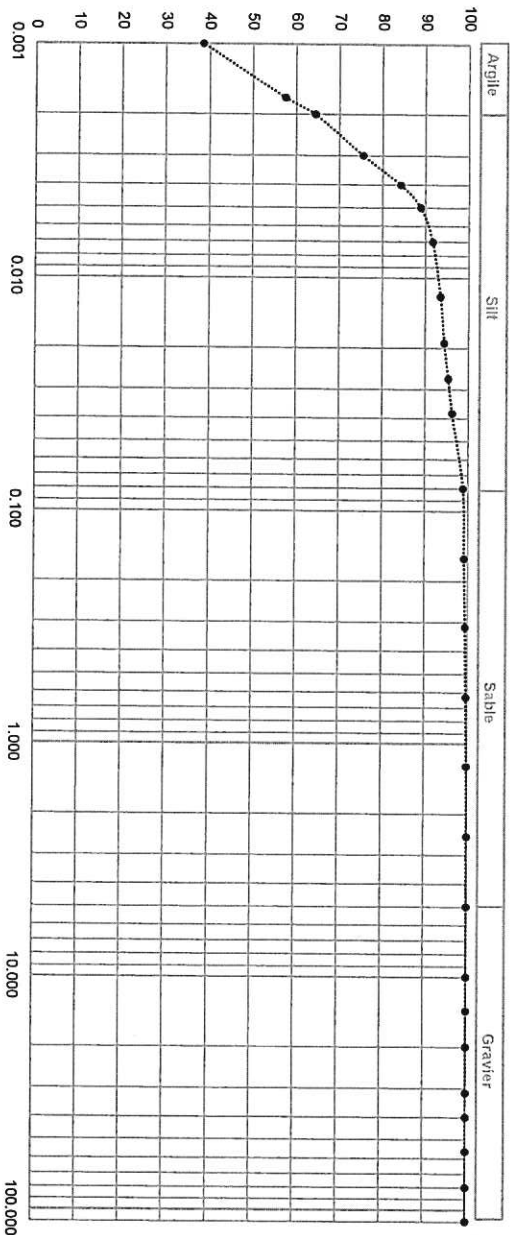
Dossier : GT-15472-1
Réf. client : 09-6028-3974
Rapport n° 1 Rév. : 0
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon labo : MT-1831
N° d'échantillon client :
N° du sondage / Échantillon : F-2 - A - CF-7

Prélevé le : 2019-03-07
Prélevé par : Le client
Reçu le : 2019-04-08

Analyse granulométrique (LC 21-040)



Cu =

Cc =

MF =

D₁₀ =

D₃₀ =

D₆₀ =

Tamis (mm)	Tamisé (%)	Tamis (mm)	Tamisé (%)
112	100	2.5	100
80	100	1.25	100
56	100	0.630	100
40	100	0.315	99
31.5	100	0.160	99
20	100	0.080	98.9
14	100		

Diamètre effectif (mm)	% Passant	Diamètre effectif (mm)	% Passant
0.038	96.3	0.0017	57.6
0.027	95.4	0.0010	38.6
0.019	94.4		
0.012	93.5		
0.007	91.7		
0.005	88.9		
0.004	84.2		

Composition granulométrique du sol

- Cailloux : 0 %
- Gravier : 0 %
- Sable : 1 %
- Silt : 34.4 %
- Argile : 64.4 %

Client : LNA - Laforest Nova Aqua inc.
Projet : Essais de laboratoire
Endroit : Secteur Marie-Anne-Bellerive

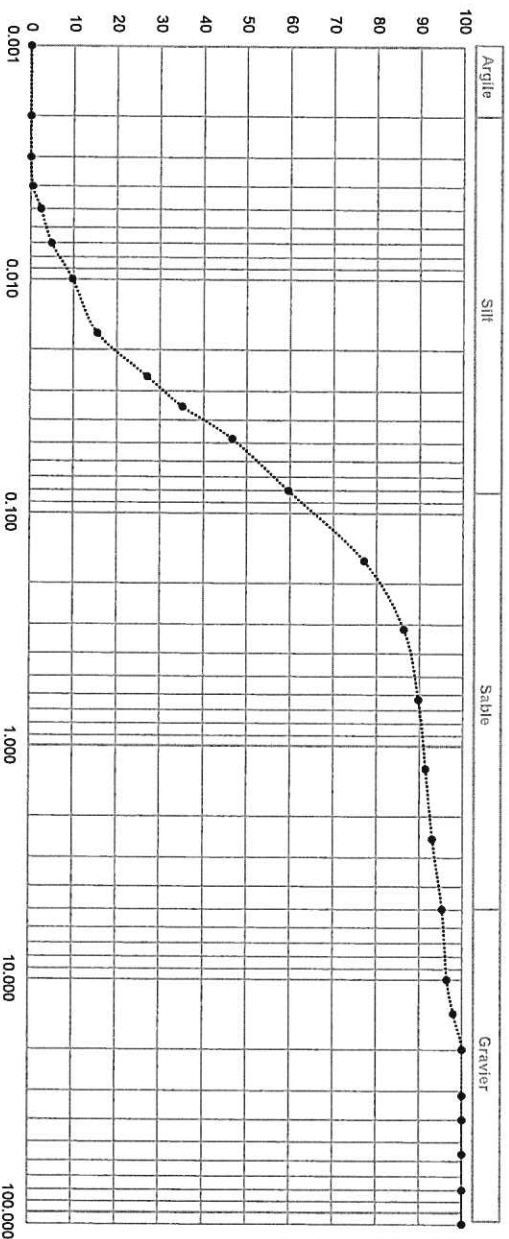
Dossier : GT-15472-1
Réf. client : 09-6028-3974
Rapport n° 1
Rév. : 0
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon labo : MT-1832
N° d'échantillon client :
N° du sondage / Échantillon : F-2 - A - CF-13

Prélevé le : 2019-03-07
Prélevé par : Le client
Reçu le : 2019-04-08

Analyse granulométrique (LC 21-040)



Cu =

Cc =

MF =

D₁₀ =

D₃₀ =

D₆₀ =

Tamis (mm)	Tamisé (%)	Tamis (mm)	Tamisé (%)
112	100	2.5	93
80	100	1.25	91
56	100	0.630	90
40	100	0.315	86
31.5	100	0.160	77
20	100	0.080	59.6
14	98		

Diamètre effectif (mm)	% Passant	Diamètre effectif (mm)	% Passant
0.048	46.7	0.0020	0.0
0.035	35.2	0.0010	0.0
0.026	27.0		
0.017	15.5		
0.010	9.8		
0.007	4.8		
0.005	2.4		

Composition granulométrique du sol

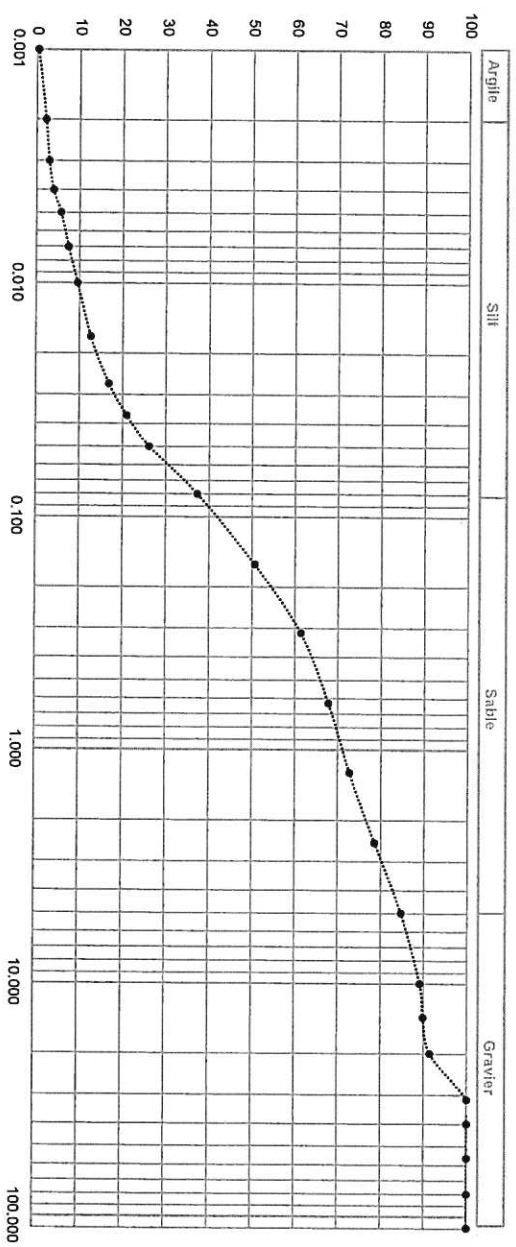
- Cailloux : 0 %
- Gravier : 5 %
- Sable : 36 %
- Silt : 59.6 %
- Argile : 0 %

Client : LNA - Laforest Nova Aqua inc.
Projet : Essais de laboratoire
Endroit : Secteur Marie-Anne-Bellerive

Dossier : GT-15472-1
Réf. client : 09-6028-3974
Rapport n° 1 Rév. : 0
Page 1 de 1

N° d'échantillon labo : MT-1833
N° d'échantillon client :
N° du sondage / Échantillon : F-3 - A - CF-11
Échantillonnage
Prélevé le : 2019-03-11
Prélevé par : Le client
Reçu le : 2019-04-08

Analyse granulométrique (LC 21-040)



Client : LNA - Laforest Nova Aqua inc.
Projet : Essais de laboratoire
Endroit : Secteur Marie-Anne-Bellerive

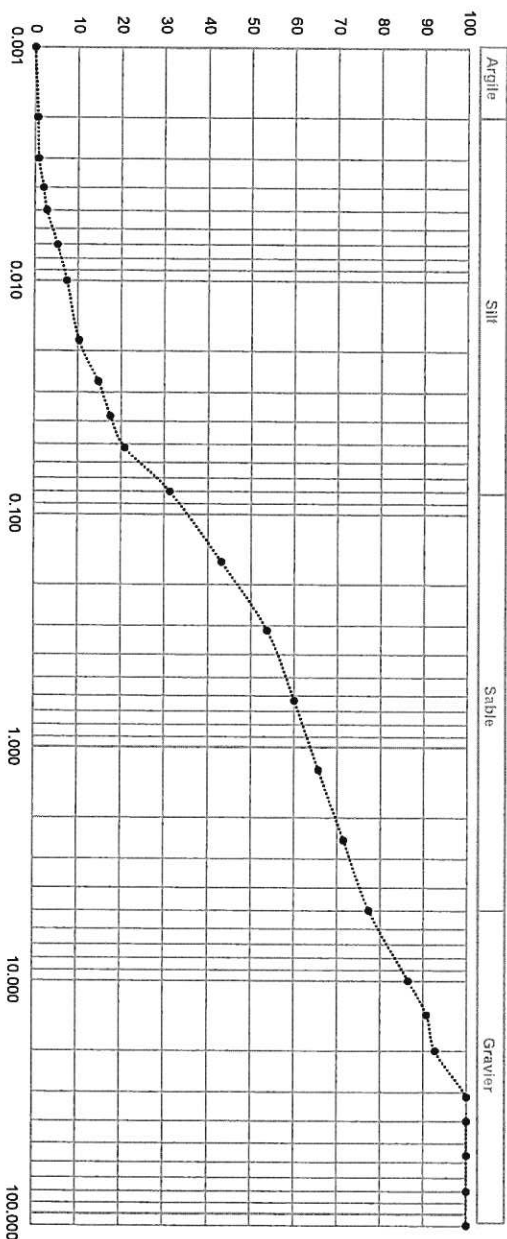
Dossier : GT-15472-1
Réf. client : 09-6028-3974
Rapport n° 1
Rév. : 0
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon labo : MT-1834
N° d'échantillon client :
N° du sondage / Échantillon : F-4 - A - CF-5

Prélevé le : 2019-03-11
Prélevé par : Le client
Reçu le : 2019-04-08

Analyse granulométrique (LC 21-040)



Cu =

Cc =

MF =

D₁₀ =

D₃₀ =

D₆₀ =

Tamais (mm)	Tamaisat (%)	Tamais (mm)	Tamaisat (%)
112	100	2.5	71
80	100	1.25	66
56	100	0.630	60
40	100	0.315	54
31.5	100	0.160	43
20	93	0.080	31.2
14	91		

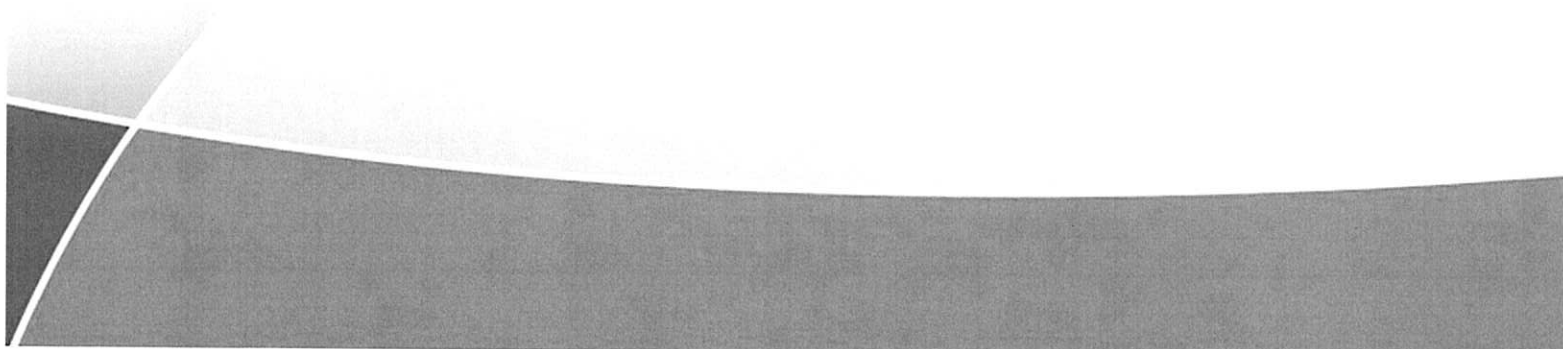
Diamètre effectif (mm)	% Passant	Diamètre effectif (mm)	% Passant
0.052	20.9	0.0020	0.6
0.038	17.5	0.0010	0.0
0.027	14.7		
0.018	10.2		
0.010	7.4		
0.007	5.2		
0.005	2.7		

Composition granulométrique du sol

- Cailloux : 0 %
- Gravier : 23 %
- Sable : 46 %
- Silt : 30.6 %
- Argile : 0.6 %

ANNEXE D

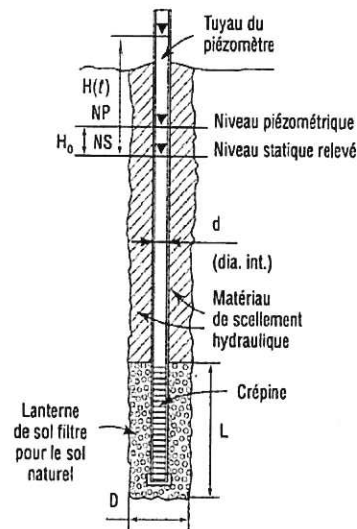
ESSAIS DE PERMÉABILITÉ



Essai de perméabilité *in situ* selon la méthode de Hvorslev (1951)

Projet:	09-6028-3974
Piezomètre:	PZ1-A-19
Niveau statique (cm):	429
Diamètre (D) en cm:	15
Longueur (L) en cm:	255
Diamètre (d) en cm:	5
L/D =	17,00
c =	454,35
S _{inj} =	19,64
p=	0,012
K (cm/s)=	5,19E-04
K (m/j)=	0,448

Temps (sec)	Profondeur (cm)	H (cm)
30	131	298
35	166	263
40	180	249
50	204	225
55	215	214
60	230	199
65	240	189
70	250	179
75	260	169
80	270	159
85	279	150
90	288	141
95	296	133
100	304	125
105	310	119
110	318	111
115	325	104
120	332	97
125	337	92
130	342	87
135	348	81
140	352	77
145	357	72
150	361	68
155	365	64
160	369	60
165	374	55
170	377	52
175	379	50
180	382	47
190	387	42
200	391	38
210	395	34
220	399	30
230	402	27
240	404	25
250	406	23
260	408	21
270	409	20
280	410	19
290	411	18
300	412	17
315	413,5	15,5
330	414,5	14,5
345	415,5	13,5
360	416,5	12,5
375	417	12
390	417,5	11,5
405	418	11
420	418,5	10,5
450	419,5	9,5
480	420	9
510	420,5	8,5
540	421	8
570	421,5	7,5
600	422	7



$$S_{inj} = \pi d^2 / 4 = \pi r^2$$

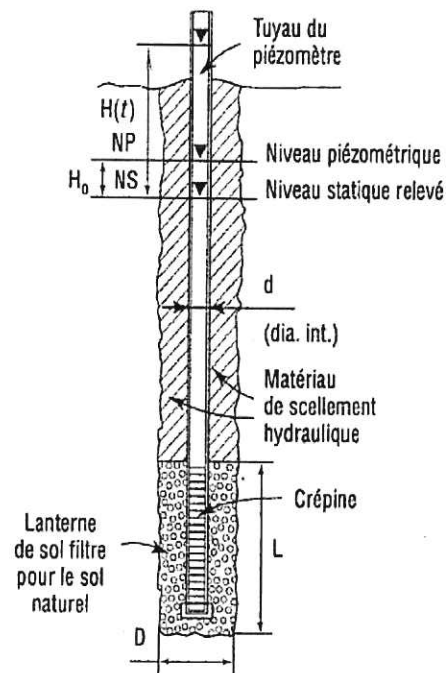
$$c = 2\pi L / \ln(2L/D) \quad \text{quand } L/D \geq 4$$

$$K = p S_{inj} / c$$

Essai de perméabilité *in situ* selon la méthode de Hvorslev (1951)

Projet:	09-6028-3974
Piezomètre:	PZ1-B-19
Niveau statique (cm):	197
Diamètre (D) en cm:	15
Longueur (L) en cm:	300
Diamètre (d) en cm:	5
L/D =	20,00
c =	510,98
S _{inj} =	19,64
p=	0,001
K (cm/s)=	3,84E-05
K (m/j)=	0,033

Temps (sec)	Profondeur (cm)	H (cm)
60	29	168
70	31	166
80	33	164
90	35	162
100	37,5	159,5
110	40	157
120	42	155
130	44	153
150	47,5	149,5
160	49,5	147,5
180	53	144
195	56	141
210	58	139
225	60	137
240	62,5	134,5
255	65	132
270	67	130
285	69	128
300	71	126
315	73	124
330	75	122
345	77	120
360	79	118
390	83	114
420	86	111
450	89,5	107,5
480	92	105
510	95,5	101,5
540	99	98
570	101	96
600	104	93



$$S_{inj} = \pi d^2 / 4 = \pi r^2$$

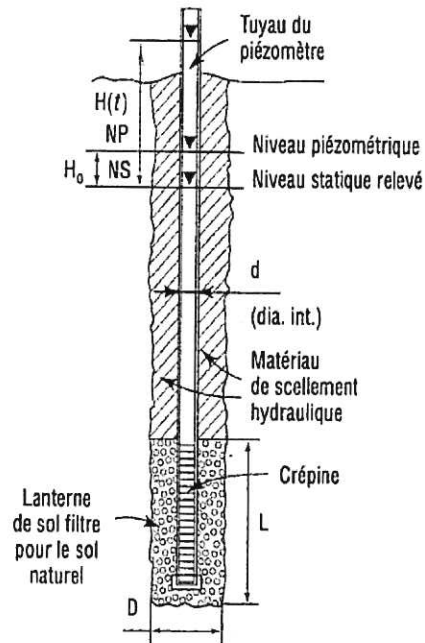
$$c = 2\pi L / \ln (2L/D) \quad \text{quand } L/D \geq 4$$

$$K = p S_{inj} / c$$

Essai de perméabilité *in situ* selon la méthode de Hvorslev (1951)

Projet:	09-6028-3974
Piézomètre:	PZ2-A-19
Niveau statique (cm)	295
Diamètre (D) en cm:	15
Longueur (L) en cm:	450
Diamètre (d) en cm:	5
L/D =	30,00
c =	690,57
S _{inj} =	19,64
p=	0,003
K (cm/s)=	8,53E-05
K (m/j)=	0,074

Temps (sec)	Profondeur (cm)	H (cm)
10	39	256
20	49	246
30	57	238
35	60	235
40	65	230
50	72	223
60	78	217
70	84	211
80	89	206
90	95	200
100	99	196
110	104	191
120	108	187
130	111	184
140	114	181
150	117	178
160	120	175
170	123	172
180	126	169
190	128	167
200	131	164
220	135	160
230	138	157
240	140	155
255	143	152
270	146	149
285	148,5	146,5
300	150,5	144,5
315	154	141
330	156	139
345	159	136
360	161	134
375	163,5	131,5
390	166	129
405	168	127
420	170	125
435	172	123
450	173,5	121,5
465	175,5	119,5
480	177,5	117,5
510	180,5	114,5
540	184	111
570	187	108
600	190,5	104,5



$$S_{inj} = \pi d^2 / 4 = \pi r^2$$

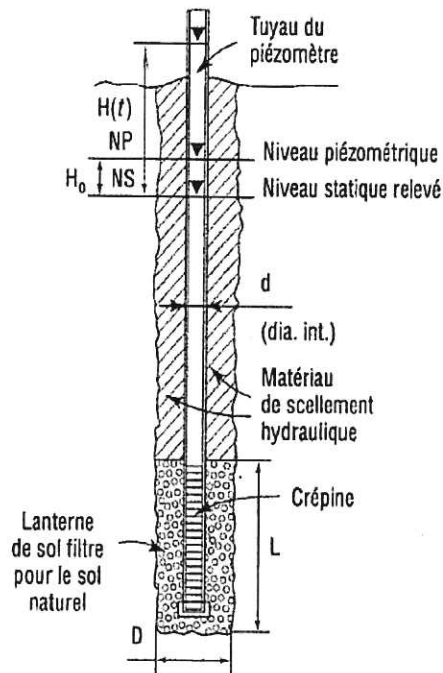
$$c = 2\pi L / \ln (2L/D) \quad \text{quand } L/D \geq 4$$

$$K = p S_{inj} / c$$

Essai de perméabilité *in situ* selon la méthode de Hvorslev (1951)

Projet:	09-6028-3974
Piézomètre:	PZ2-B-19
Niveau statique (cm)	222
Diamètre (D) en cm:	15
Longueur (L) en cm:	300
Diamètre (d) en cm:	5
L/D =	20,00
c =	510,98
S _{inj} =	19,64
p=	0,000
K (cm/s)=	2,69E-07
K (m/j)=	2,32E-04

Temps (sec)	Profondeur (cm)	H (cm)
0	29,44	192,56
3600	36,18	185,82
7200	42,29	179,71
10800	48,13	173,87
14400	53,2	168,8
18000	58,16	163,84
21600	63,18	158,82
25200	67,54	154,46
28800	72,11	149,89
32400	76,09	145,91
36000	80,38	141,62
39600	84,71	137,29
43200	88,16	133,84
46800	91,68	130,32
50400	95,22	126,78
54000	98,8	123,2
57600	101,72	120,28
61200	104,78	117,22
64800	108,01	113,99
68400	110,66	111,34
72000	113,61	108,39
75600	116,44	105,56
79200	119,65	102,35
82800	121,96	100,04
86400	124,23	97,77
90000	126,76	95,24
93600	129,27	92,73
97200	131,38	90,62
100800	133,77	88,23
104400	136,02	85,98
108000	138,31	83,69
111600	140,31	81,69
115200	142,14	79,86
118800	144,37	77,63
122400	146,44	75,56
126000	148,39	73,61
129600	150,21	71,79
133200	152,38	69,62
136800	154,06	67,94
140400	155,93	66,07
144000	157,77	64,23
147600	159,22	62,78



$$S_{inj} = \pi d^2 / 4 = \pi r^2$$

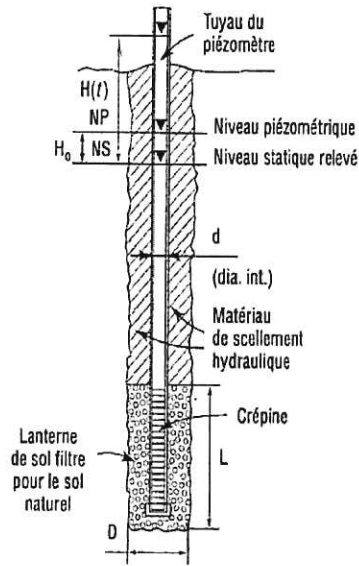
$$c = 2\pi L / \ln(2L/D) \quad \text{quand } L/D \geq 4$$

$$K = p S_{inj} / c$$

Essai de perméabilité *in situ* selon la méthode de Hvorslev (1951)

Projet:	09-6028-3974
Piézomètre:	PZ3-A-19
Niveau statique (cm):	274
Diamètre (D) en cm:	15
Longueur (L) en cm:	244
Diamètre (d) en cm:	5
L/D =	16,27
c =	440,26
Sinj =	4,91
p =	0,006
K (cm/s) =	6,69E-05
K (m/j) =	0,058

Temps (sec)	Profondeur (cm)	H (cm)
35	89	185
40	96	178
45	102	172
50	108	166
55	115	159
60	122	152
65	128	146
70	133	141
75	138	136
80	142	132
85	147	127
90	151	123
95	156	118
100	159	115
105	163	111
110	166	108
115	171	103
120	178	96
130	179	95
140	185	89
150	191	83
160	195	79
170	199	75
180	203	71
190	207	67
200	210	64
210	214	60
220	217	57
240	222	52
255	225	49
270	228,5	45,5
285	231,5	42,5
300	234	40
315	236	38
330	238,5	35,5
345	240,5	33,5
360	242	32
375	244	30
390	245,5	28,5
405	247	27
420	248	26
450	251	23
480	252,5	21,5
510	254,5	19,5
540	256	18
570	257	17
600	258,5	15,5



$$S_{inj} = \pi d^2 / 4 = \pi a^2$$

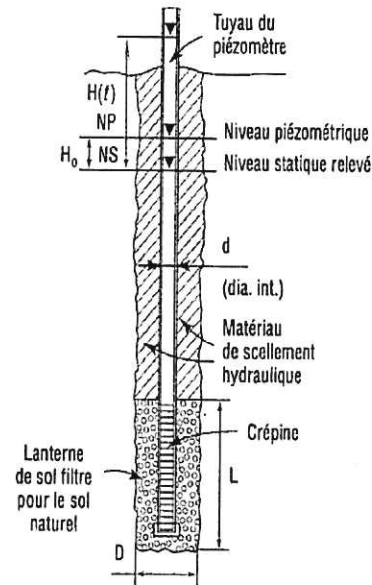
$$c = 2\pi L / \ln (2L/D) \quad \text{quand } L/D \geq 4$$

$$K = p S_{inj} / c$$

Essai de perméabilité *in situ* selon la méthode de Hvorslev (1951)

Projet:	09-6028-3974
Piézomètre:	PZ4-A-19
Niveau statique (cm)	232
Diamètre (D) en cm:	15
Longueur (L) en cm:	150
Diamètre (d) en cm:	5
L/D =	10,00
c =	314,61
S _{inj} =	4,91
p=	0,003
K (cm/s)=	4,68E-05
K (m/j)=	0,040

Temps (sec)	Profondeur (cm)	H (cm)
15	136	96
30	142	90
45	147	85
60	152	80
75	156	76
90	160	72
105	164	68
120	168	64
135	171	61
150	174	58
165	177	55
180	179	53
195	181	51
210	184	48
225	186	46
240	188	44
255	190	42
270	192	40
300	195	37
315	196	36
330	198	34
345	199	33
360	200	32
375	202	30
405	204	28
435	205	27
465	207	25
480	208	24
495	209	23
510	209,5	22,5
525	210	22
540	210,5	21,5
570	212,5	19,5
600	213	19

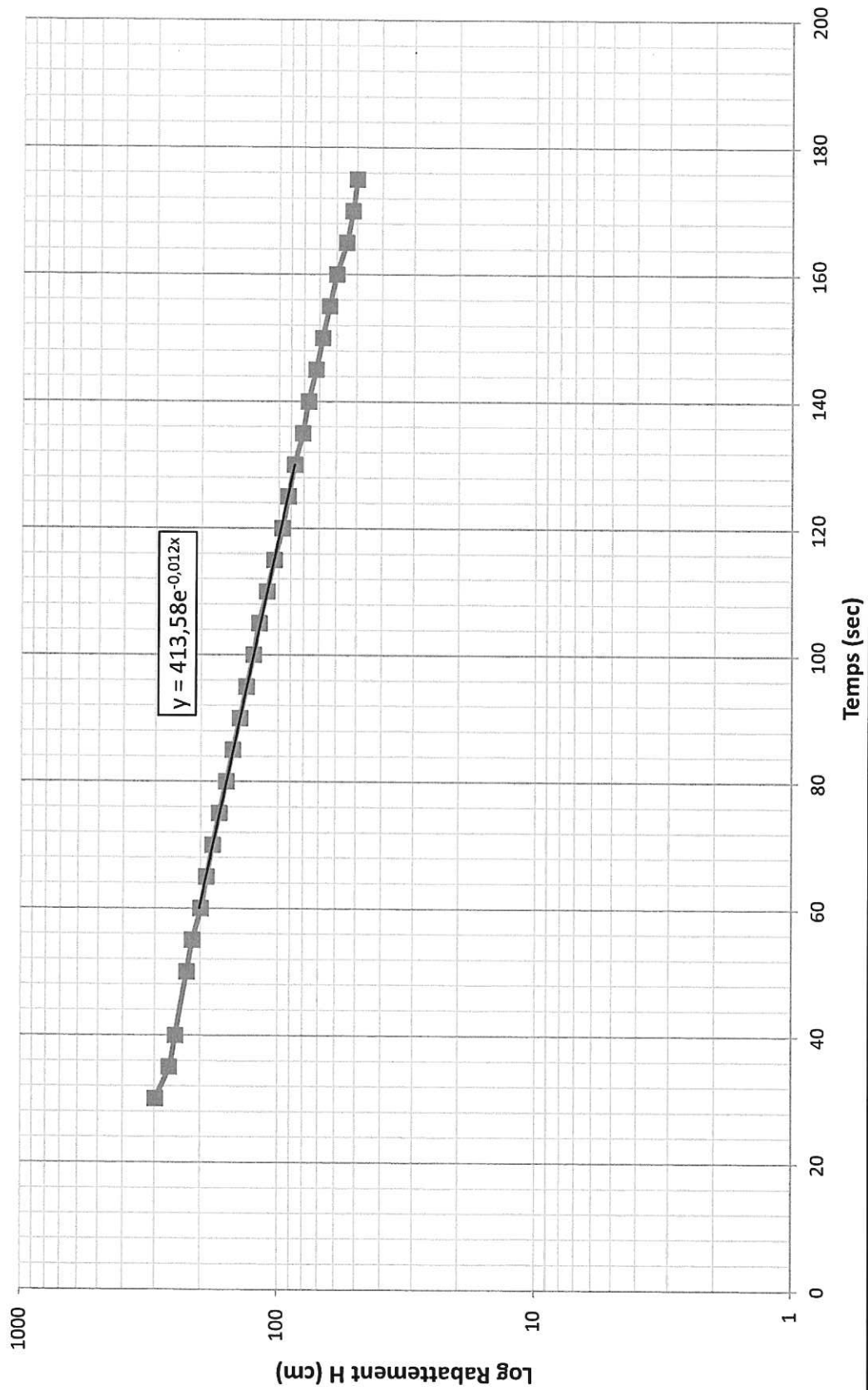


$$S_{inj} = \pi d^2 / 4 = \pi r^2$$

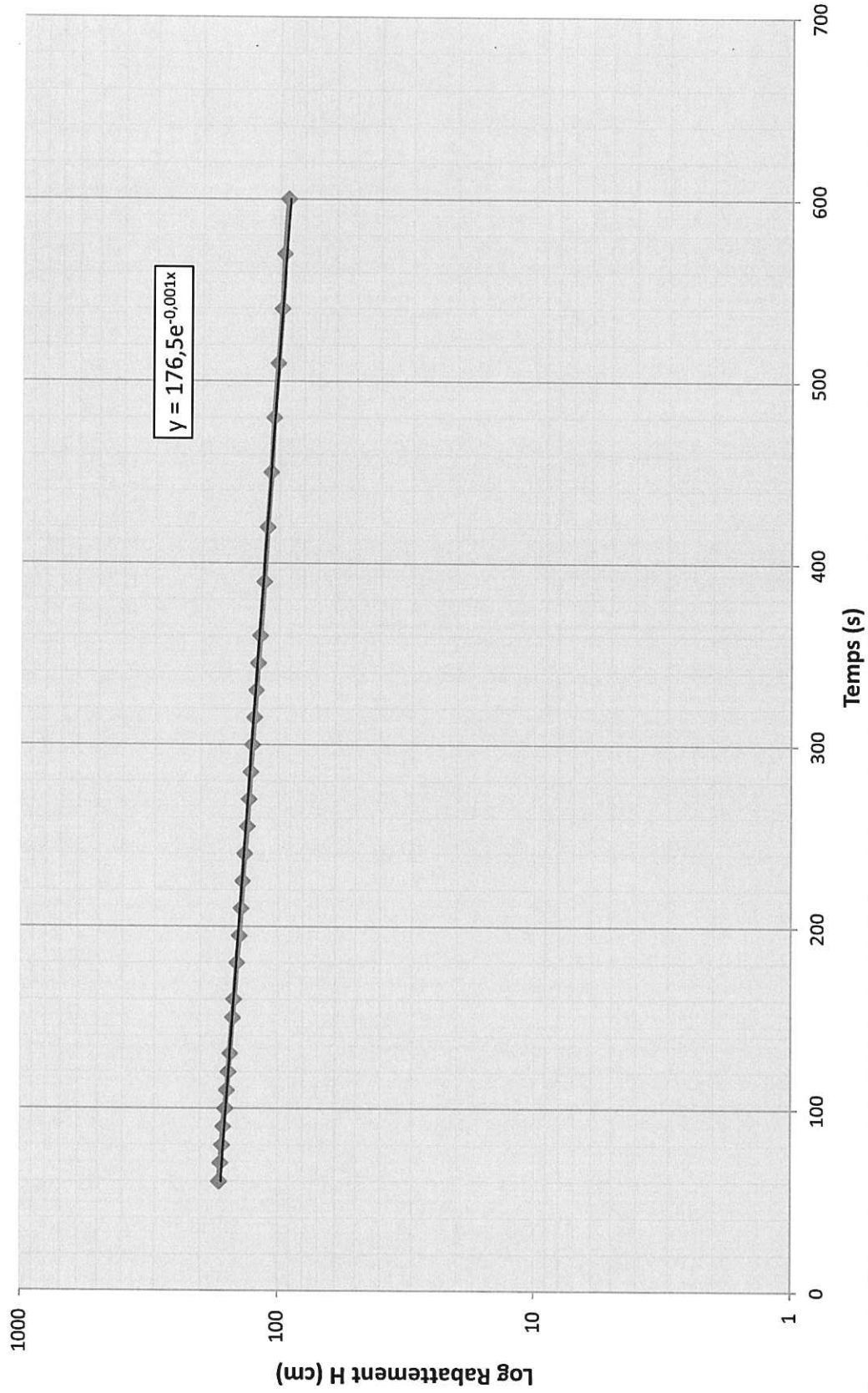
$$c = 2\pi L / \ln (2L/D) \quad \text{quand } L/D \geq 4$$

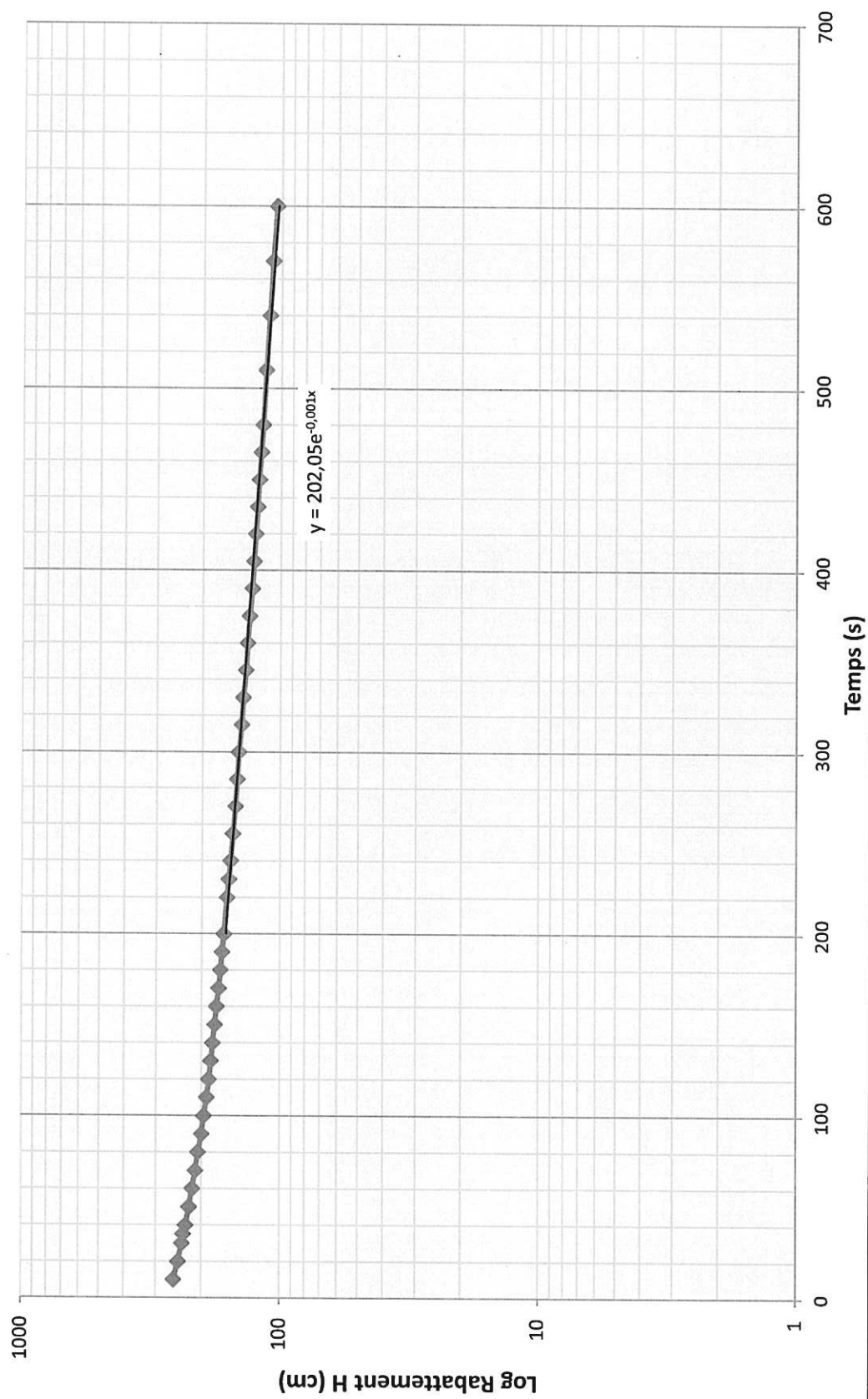
$$K = p S_{inj} / c$$

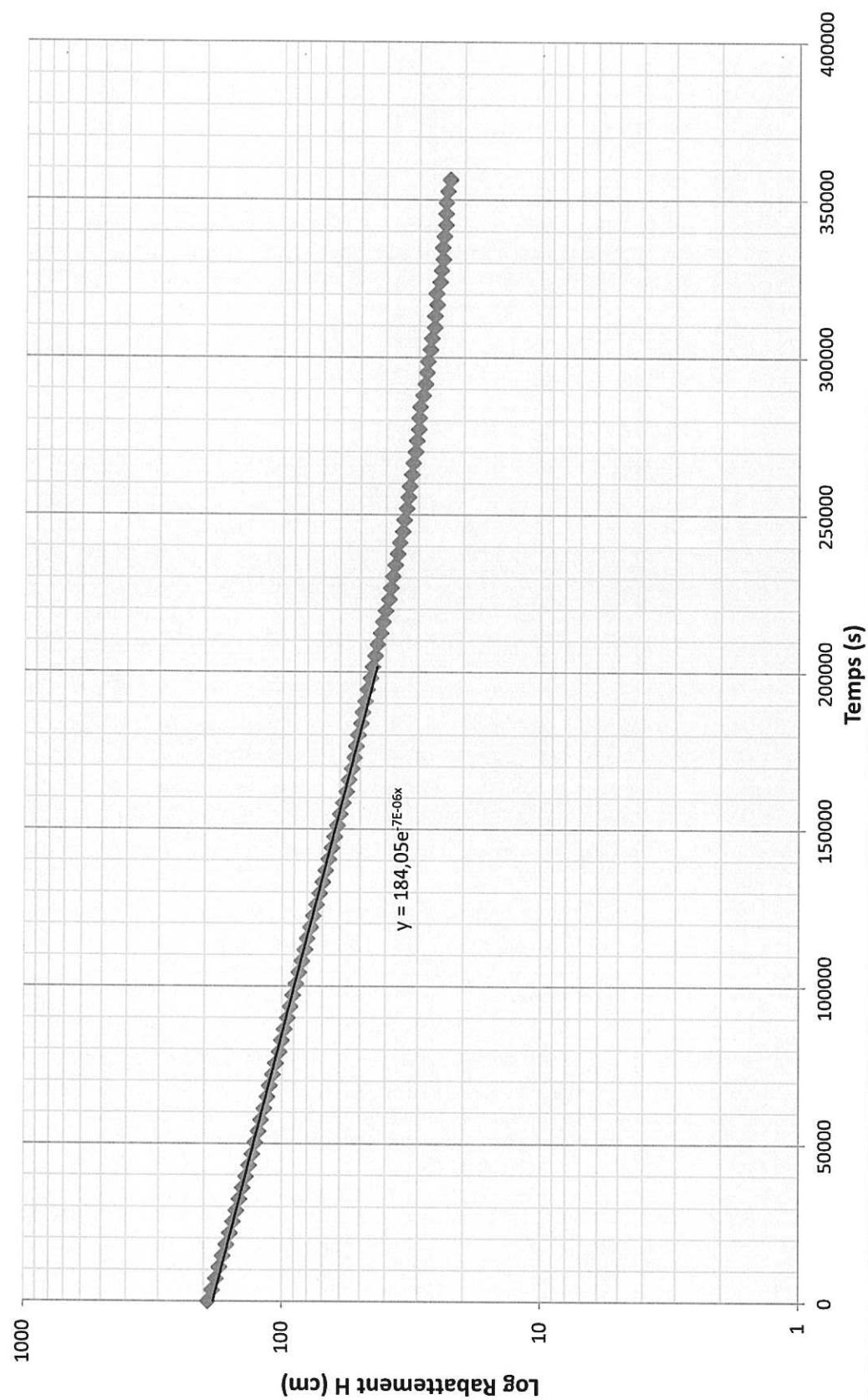
Carignan - Étude hydrogéologique du secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Essai de perméabilité *in situ* au puits PZ1-A-19



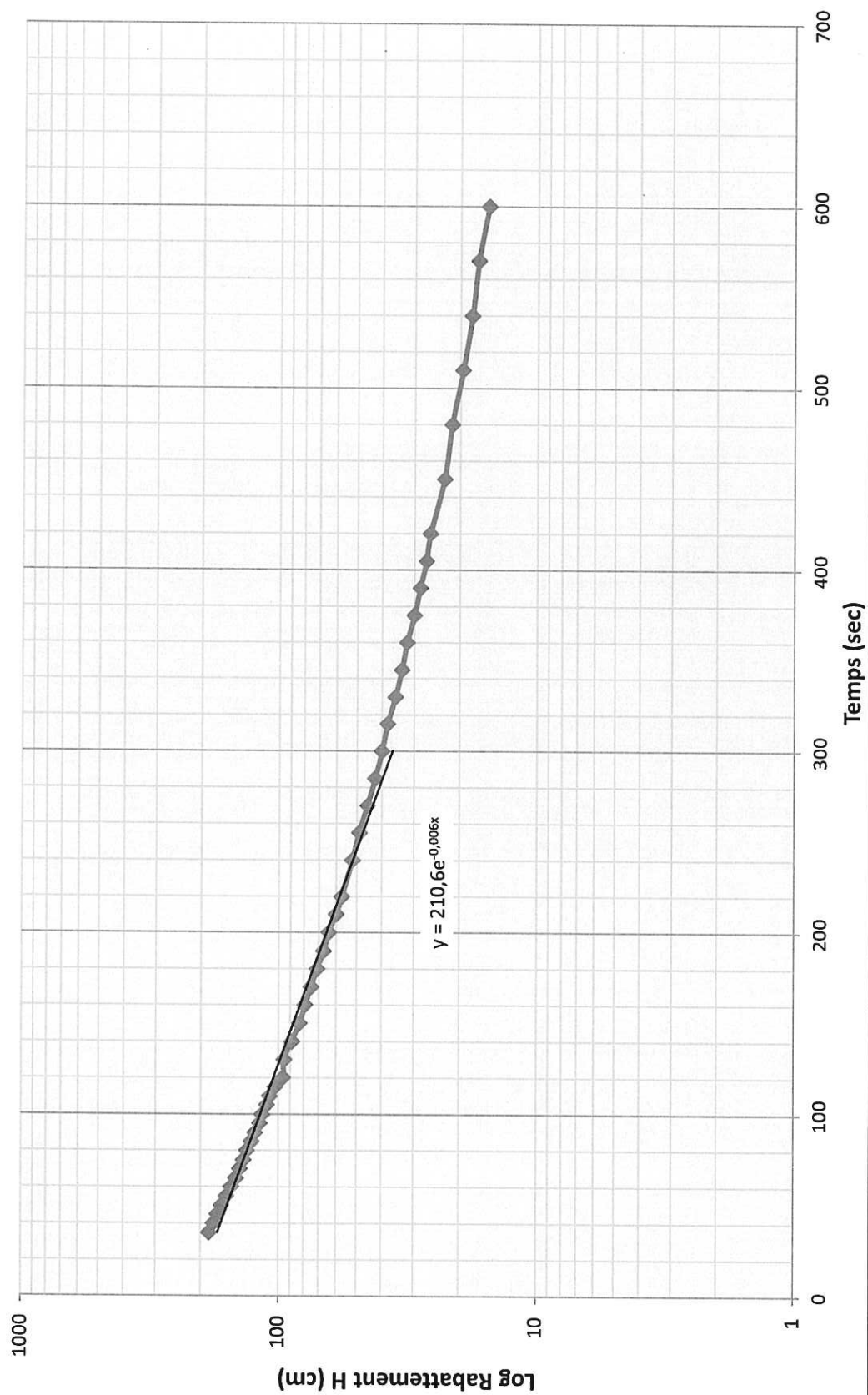
Ville de Carignan - Étude hydrogéologique du secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Essai de perméabilité *in situ* au puits PZ1-B-19



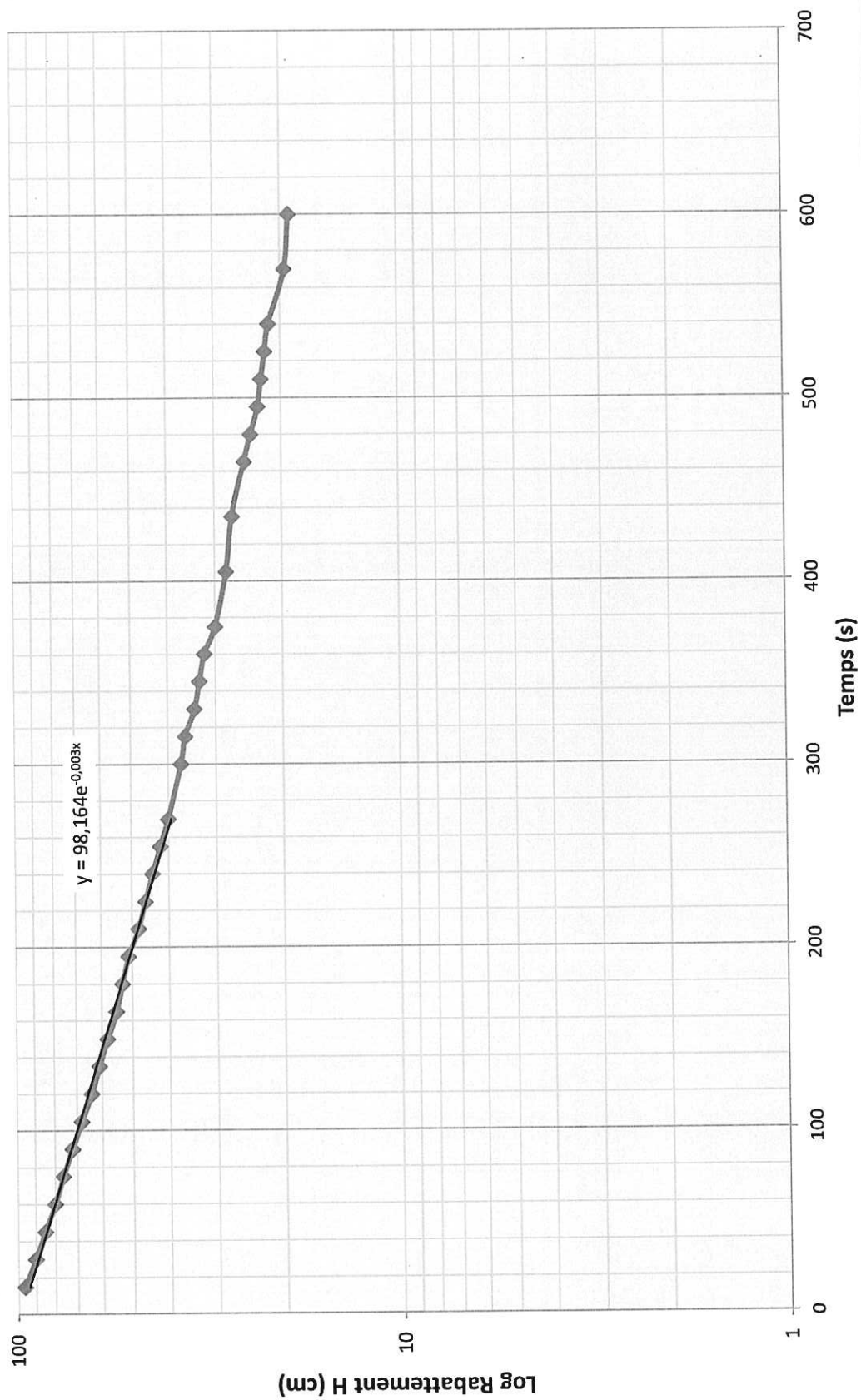




Ville de Carignan - Étude hydrogéologique du secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Essai de perméabilité *in situ* au puits PZ3-A-19



Ville de Carignan - Étude hydrogéologique du secteur entre la rue Marie-Anne et le chemin Bellerive
Essai de perméabilité *in situ* au puits PZ4-A-19





**HYDROGÉOLOGIE
ENVIRONNEMENT**

www.LNAQUA.com

QUÉBEC

1470, rue Esther Blondin, bureau 230
Québec (Québec) G1Y 3N7
Tél : 418 657-7999
Téléc. : 418 657-5999
Sans frais : 1 877 657-7999

BROMONT

65, rue du Pacifique Est, local 103
Bromont (Québec) J2L 1J4
Tél : 450 266-4101
Téléc. : 450 919-1050
Sans frais : 1 877 657-7999