



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

**GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA  
OPEN FILE 8105**

**Hydraulic Conductivity Database  
Simcoe County, Southern Ontario**

**P. Pasquier, N. Benoit, Y. Delahaye, L. Gagnon and R. Mulligan**

**2016**

**Canada**



**GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA  
OPEN FILE 8105**

**Hydraulic Conductivity Database, Simcoe County,  
Southern Ontario**

**P. Pasquier<sup>1</sup>, N. Benoit, Y. Delahaye<sup>1</sup>, L. Gagnon<sup>1</sup> and R. Mulligan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec.

<sup>2</sup>Ontario Geological Survey, Sudbury, Ontario.

**2016**

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Natural Resources, 2016

Information contained in this publication or product may be reproduced, in part or in whole, and by any means, for personal or public non-commercial purposes, without charge or further permission, unless otherwise specified.

You are asked to:

- exercise due diligence in ensuring the accuracy of the materials reproduced;
  - indicate the complete title of the materials reproduced, and the name of the author organization; and
  - indicate that the reproduction is a copy of an official work that is published by Natural Resources Canada (NRCan) and that the reproduction has not been produced in affiliation with, or with the endorsement of, NRCan.
- Commercial reproduction and distribution is prohibited except with written permission from NRCan. For more information, contact NRCan at [nrcan.copyrightdroitdauteur.nrcan@canada.ca](mailto:nrcan.copyrightdroitdauteur.nrcan@canada.ca).

doi:10.4095/299048

This publication is available for free download through GEOSCAN (<http://geoscan.nrcan.gc.ca/>).

**Recommended citation**

P. Pasquier, N. Benoit, Y. Delahaye, L. Gagnon, and R. Mulligan, 2016. Hydraulic Conductivity Database, Simcoe County, Southern Ontario. Geological Survey of Canada, Open File 8105, 68 p. doi:10.4095/299048

Publications in this series have not been edited; they are released as submitted by the author.

## Introduction

There remains a dearth of hydraulic information on Quaternary aquifer and aquitard units in southern Ontario. Most commonly modelling studies rely on standard book value (e.g., table 2.2, Freeze and Cherry, 1997) estimates of hydraulic conductivity values rather than field data. Hydrogeologists have three principal options for obtaining K value estimates i) in situ hydraulic tests, ii) laboratory tests, and iii) estimation based on grain-size distribution (Freeze and Cherry, 1997). The lack of hydraulic information for Southern Ontario aquifers is documented as an issue in the OGS Gap analysis (Russell et al., 2015). The results presented in this report were obtained to support a collaborative study in the Natasawaga River watershed, Central Simcoe County by the Geological Survey of Canada and the Ontario Geological Survey of Canada (Fig. 1).

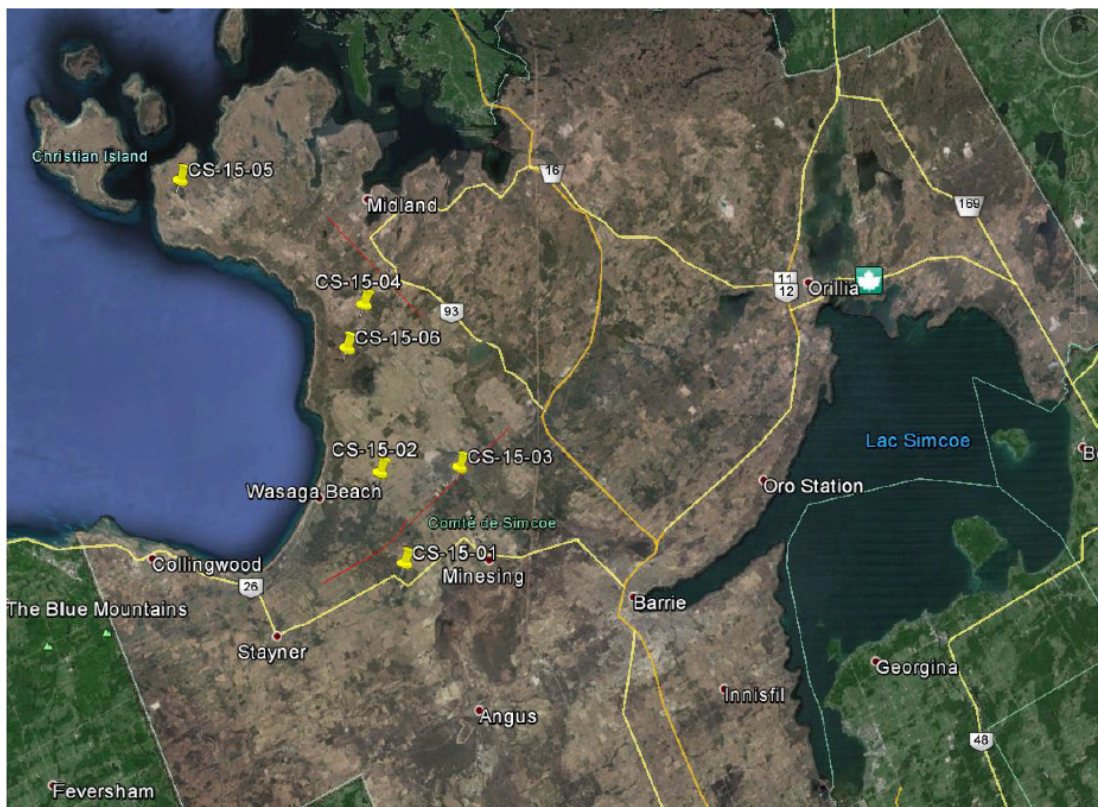


Fig. 1 : Borehole locations in the Central Simcoe County, Ontario.

The complete methodology, the interpretation of the tests and their results are presented in Gagnon et al. (2015). This publication aims to promote dissemination of the test's results and make the database publicly available. Therefore, the hydraulic conductivity measured on 28 samples coming from Simcoe County, Southern Ontario, is summarized in Table 1 along with the geographical location and depth of each sample. The original report is presented in Appendix A. The following text provides the general context of sample collection and analysis.

## **Sample Collection**

The Ontario Geological Survey began a multi-year study in 2014 (e.g., Mulligan 2015) aimed at mapping the distribution and properties of subsurface sediment units in Simcoe County, southern Ontario. The project involved surficial sediment and landform mapping as well as regional geophysical surveys (seismic reflection, downhole geophysics conducted in the summers of 2014 - 2016). These were followed by a sediment drilling program during the fall of 2015 and summer of 2016. The sediment drilling investigations involve continuous coring of boreholes using mud rotary drilling technique with a wireline core barrel retrieval system to obtain PQ diameter (85 mm) cores of 5-foot length. Borehole sediments were logged, photographed and sampled on-site to record the major facies changes and record the physical properties of subsurface sediment units. The drilling investigations aim to characterize the Quaternary sediment properties and stratigraphic architecture, define the bedrock surface in a broad, deeply buried valley and identify potential surface water-groundwater interactions in the region.

## **Sample Analysis**

A total of 52 samples from six cored boreholes were shipped to Polytechnique Montréal to conduct permeability tests and evaluate their hydraulic conductivity. The samples were unconsolidated sand, compact silt, and till samples.

Each sand sample was submitted to a constant head test and a falling head test conducted according to the ASTM D5856 standard (ASTM International, 2002) with a rigid-wall permeameter. Due to their low hydraulic conductivity, a flexible wall permeameter was used to perform falling head tests on the silt and till samples according to the ASTM D5084 standard (ASTM International, 2015). The hydraulic conductivities obtained vary from  $1.52 \times 10^{-4}$  to  $1.16 \times 10^{-2}$  cm/s for the unconsolidated sand samples, and from  $9.17 \times 10^{-9}$  to  $1.22 \times 10^{-7}$  cm/s for the compact silt and till samples. The hydraulic conductivities obtained correspond to the tested materials (Freeze and Cherry, 1997). Constant head tests are usually used to measure the hydraulic conductivity of granular soils such as sand and gravel, since the pressure losses are measured directly in the sample and do not include losses in porous discs. It is therefore recommended to preferably use the results of the constant head tests over the falling head tests for the unconsolidated sand samples as they are deemed more reliable.

**Table 1: Hydraulic conductivity measurements for 28 samples coming from the Simcoe County, Southern Ontario.**

| Sample ID    | Coordinate (WGS84) |         |               | Test Method | Hydraulic conductivity at 20°C (cm/s) |                       |
|--------------|--------------------|---------|---------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------|
|              | x (m)              | y (m)   | Depth (m)     |             | Constant head                         | Variable head         |
| CS-15-01-05  | 584006             | 4921863 | 77.80-82.40   | ASTM D5856  | 8.95x10 <sup>-3</sup>                 | 4.65x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-02-02  | 583439             | 4930305 | 14.85-15.10   | ASTM D5856  | 3.40x10 <sup>-3</sup>                 | 4.91x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-02-03  | 583439             | 4930305 | 23.75-25.00   | ASTM D5856  | 1.34x10 <sup>-2</sup>                 | 7.16x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-02-05  | 583439             | 4930305 | 40.80-41.15   | ASTM D5856  | 9.17x10 <sup>-3</sup>                 | 6.79x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-02-06  | 583439             | 4930305 | 48.35-48.60   | ASTM D5856  | 3.92x10 <sup>-2</sup>                 | 6.64x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-03-01  | 590587             | 4929374 | 1.75-2.25     | ASTM D5856  | 7.44x10 <sup>-3</sup>                 | 7.65x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-03-08  | 590587             | 4929374 | 107.10-107.40 | ASTM D5856  | 6.32x10 <sup>-3</sup>                 | 4.75x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-03-09  | 590587             | 4929374 | 114.90-115.30 | ASTM D5856  | 1.88x10 <sup>-3</sup>                 | 2.29x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-04-01  | 584956             | 4945423 | 3.50-4.00     | ASTM D5856  | 4.16x10 <sup>-3</sup>                 | 2.22x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-04-02  | 584956             | 4945423 | 19.00-19.75   | ASTM D5856  | 1.24x10 <sup>-2</sup>                 | 2.62x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-04-03  | 584956             | 4945423 | 35.60-36.10   | ASTM D5856  | 1.39x10 <sup>-2</sup>                 | 5.47x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-04-07  | 584956             | 4945423 | 87.85-88.35   | ASTM D5856  | 1.84x10 <sup>-3</sup>                 | 1.38x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-04-09  | 584956             | 4945423 | 99.20-99.70   | ASTM D5856  | 3.56x10 <sup>-3</sup>                 | 2.52x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-05-01  | 570827             | 4959645 | 1.70-2.30     | ASTM D5856  | 2.93x10 <sup>-4</sup>                 | 2.43x10 <sup>-4</sup> |
| CS-15-05-04  | 570827             | 4959645 | 32.80-33.30   | ASTM D5856  | 3.36x10 <sup>-3</sup>                 | 3.24x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-05-07  | 570827             | 4959645 | 67.20-68.70   | ASTM D5856  | 1.16x10 <sup>-2</sup>                 | 6.98x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-06-01  | 582692             | 4941869 | 8.20-8.70     | ASTM D5856  | 7.32x10 <sup>-4</sup>                 | 4.63x10 <sup>-4</sup> |
| CS-15-06-02  | 582692             | 4941869 | 18.65-19.15   | ASTM D5856  | 7.96x10 <sup>-4</sup>                 | 1.07x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-06-03  | 582692             | 4941869 | 32.40-32.90   | ASTM D5856  | 1.52x10 <sup>-4</sup>                 | 2.47x10 <sup>-4</sup> |
| CS-15-06-04  | 582692             | 4941869 | 46.00-46.50   | ASTM D5856  | 2.42x10 <sup>-3</sup>                 | 2.14x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-06-05  | 582692             | 4941869 | 64.55-65.05   | ASTM D5856  | 1.65x10 <sup>-3</sup>                 | 2.29x10 <sup>-3</sup> |
| CS-15-06-06  | 582692             | 4941869 | 76.60-77.10   | ASTM D5856  | 2.94x10 <sup>-4</sup>                 | 1.50x10 <sup>-4</sup> |
| CS-15-02-04  | 583439             | 4930305 | 34.50-34.75   | ASTM D5084  | 1.22x10 <sup>-7</sup>                 |                       |
| CS-15-02-07b | 583439             | 4930305 | 52.80-53.05   | ASTM D5084  | 1.92x10 <sup>-7</sup>                 |                       |
| CS-15-04-05  | 584956             | 4945423 | 68.60-68.85   | ASTM D5084  | 9.17x10 <sup>-9</sup>                 |                       |
| CS-15-04-06  | 584956             | 4945423 | 80.15-80.40   | ASTM D5084  | 4.39x10 <sup>-8</sup>                 |                       |
| CS-15-04-08  | 584956             | 4945423 | 101.10-101.55 | ASTM D5084  | 1.71x10 <sup>-7</sup>                 |                       |
| CS-15-04-10  | 584956             | 4945423 | 104.65-104.90 | ASTM D5084  | 2.27x10 <sup>-8</sup>                 |                       |

## **Acknowledgements**

The authors would like to thank H. Russell for project support, and Y. Michaud for support as Program Manager of the Groundwater Geoscience Program, Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada. Support of the Ontario Geological Survey and specifically A. Bajc is much appreciated for his constructive discussions. S. Hosatte from CANMET loaned the Triaxial Cell equipment. An internal review by Daniel Paradis helped to clarify the report. This report is a contribution of the Aquifer Assessments and Support to Mapping - Groundwater Inventory Project of the Groundwater Geoscience Program. This work is a contribution of the GSC-OGS Southern Ontario project on groundwater 2014-2019.

## **DISCLAIMER - RESOURCE/RESERVES DATA**

Her Majesty the Queen in Right of Canada, represented by the Minister of Natural Resources (NRCan), does not warrant or guarantee the accuracy, completeness or fitness for any purpose of Reserve and Resource information (Data) contained in this database, including whether the Data is compliant with any securities regulations or standards, and NRCan does not assume any liability with respect to any damage or loss incurred as a result of the use made of the Data. Resource and reserve figures are historical in nature. The Data source provided with each set of figures should be cited if the Data are re-reported.

## **DISCLAIMER - APPLICATIONS AND DATABASE**

The Geological Survey of Canada (GSC) has endeavored to develop and produce this database with a minimum of errors. GSC does not, however, warrant that the database is error free nor will GSC or its Minister and officials accept liability for any loss of profits or revenue, or any other form of loss or damage relating to the use of this database.

## References

ASTM International. (2002). *Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Porous Material Using a Rigid-Wall, Compaction Mold Permeameter*. Norme ASTM D5856-95. URL : <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5856-15>

ASTM International. (2015). *Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter*. Norme ASTM D5084-10. URL : <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5084-10>

ASTM International. (2000). *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*. Norme D2434-68.

Crow, H.L., Brewer, K.D., Bajc, A.F., Pugin, A.J.-M., Mulligan, R.P.M., and Russell, H.A.J., 2015. Downhole geophysical data from two boreholes in south Simcoe County, Ontario; Geological Survey of Canada, Open File 7883, 1 .zip file. doi:10.4095/296884

Freeze, A, and J. Cherry, Groundwater, 1997, Prentice Hall

Gagnon, L., Delahaye, Y., Pasquier, P., Benoit, N., and Mulligan, R., (2016), Détermination en laboratoire de la conductivité hydraulique d'échantillons provenant du Comté de Simcoe, Ontario. Report EP-15-05, Polytechnique Montréal.

Mulligan R.P.M., 2015. Project Unit 14-015. An Update on Three-Dimensional Mapping of Quaternary Deposits in the Central Part of the County of Simcoe, Southern Ontario; *in* Summary of Field Work and Other Activities 2015, Ontario Geological Survey, *Open File Report 6313, p.28-1 to 28-14.*

Russell, H.A.J., Priebe, E.H. and Parker, J.R. 2015. Workshop summary and gap analysis report: Unifying groundwater science in southern Ontario; Ontario Geological Survey, Open File Report 6310, 64p.

**APPENDIX A**





## Détermination en laboratoire de la conductivité hydraulique d'échantillons provenant du Comté de Simcoe, Ontario.



Juin 2016

Rapport EP-05-05

### Rapport préparé par :

**L. Gagnon<sup>1</sup>, Y. Delahaye<sup>1</sup>, P. Pasquier<sup>1</sup>, N. Benoit<sup>2</sup> et R. Mulligan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Polytechnique Montréal

<sup>2</sup> Commission Géologique du Canada, division Québec

<sup>3</sup> Ontario Geological Survey

## Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. MANDAT.....</b>                         | <b>2</b>  |
| <b>2. MÉTHODOLOGIE.....</b>                   | <b>2</b>  |
| <b>2.1. DESCRIPTION DES ECHANTILLONS.....</b> | <b>2</b>  |
| 2.2. Essais en colonne .....                  | 3         |
| Protocole expérimental.....                   | 4         |
| <b>2.3. ESSAIS EN CELLULE TRIAXIALE .....</b> | <b>6</b>  |
| 2.3.1 Théorie .....                           | 6         |
| 2.3.2 Protocole expérimental.....             | 7         |
| <b>3. RÉSULTATS.....</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>RÉFÉRENCES.....</b>                        | <b>11</b> |
| <b>ANNEXE A .....</b>                         | <b>12</b> |
| <b>ANNEXE B.....</b>                          | <b>14</b> |
| <b>ANNEXE C.....</b>                          | <b>15</b> |

## 1. MANDAT

Le 21 juillet 2015, Polytechnique Montréal a été mandatée par la Commission géologique du Canada pour effectuer une série d'essais de perméabilité. Les échantillons à analyser provenaient du comté de Simcoe en Ontario (Figure 1), un secteur ayant fait l'objet d'une importante campagne de caractérisation géologique réalisée par l'Ontario Geological Survey. Ce rapport présente succinctement la méthodologie utilisée pour déterminer la conductivité hydraulique de certains échantillons prélevés pendant cette campagne.

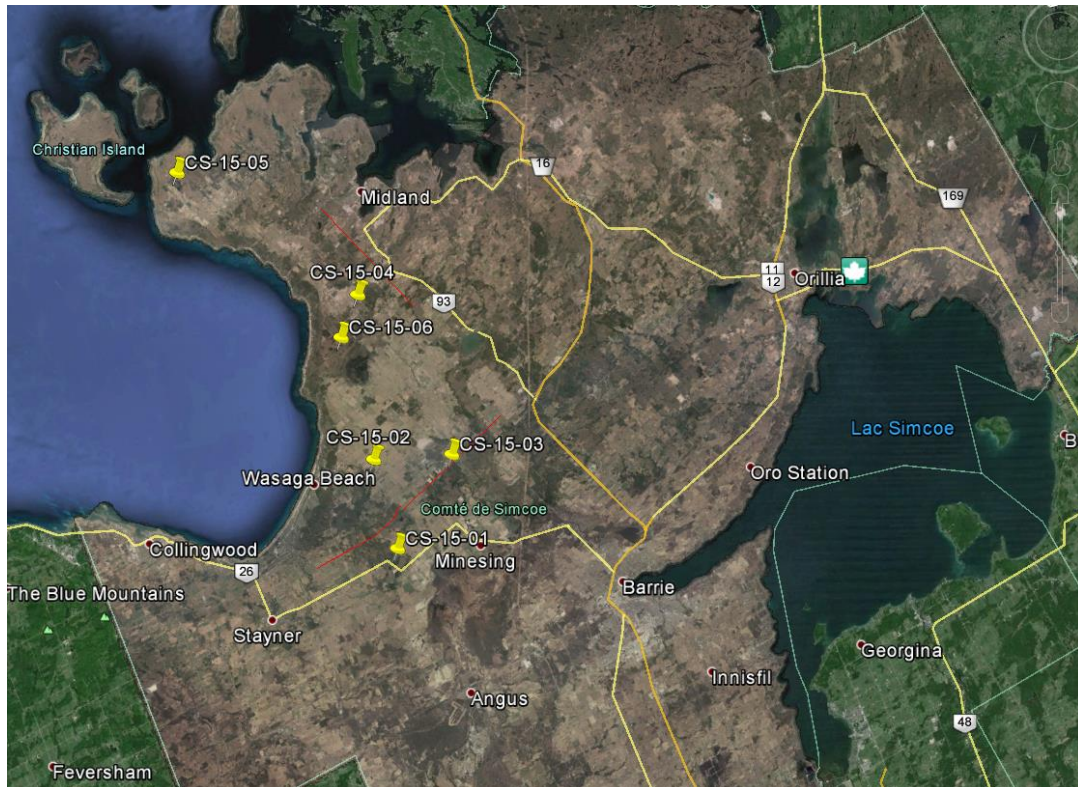


FIGURE 1 LOCALISATION DES ECHANTILLONS PRELEVES POUR LES ESSAIS HYDRAULIQUES (COMTE DE SIMCOE, ONTARIO).

## 2. MÉTHODOLOGIE

### 2.1. DESCRIPTION DES ECHANTILLONS

En date du 7 décembre 2015, 52 échantillons avaient été envoyés par la Commission géologique du Canada et reçus par Polytechnique Montréal. Ces échantillons peuvent être séparés en deux catégories, soit des échantillons de sable non consolidé reçus dans des sacs de plastique, et des échantillons de till et de silt très compacts reçus sous forme de carotte (Figure 2). Les carottes mesurent en moyenne 25 cm de longueur et ont un diamètre d'environ 8 cm. Au total, 21 échantillons de sable non consolidé et 31 échantillons de till et de silt ont été reçus. L'Annexe A fait la synthèse des échantillons reçus.

Des essais de perméabilité en colonne ont été réalisés selon la norme ASTM D5856 pour les échantillons non consolidés de sable tandis que des essais triaxiaux ont été réalisés selon la norme ASTM D5084 sur les échantillons consolidés reçus sous forme de carotte. Il est à noter que chaque échantillon de sable a été soumis à un essai à charge constante et à un essai à charge variable.

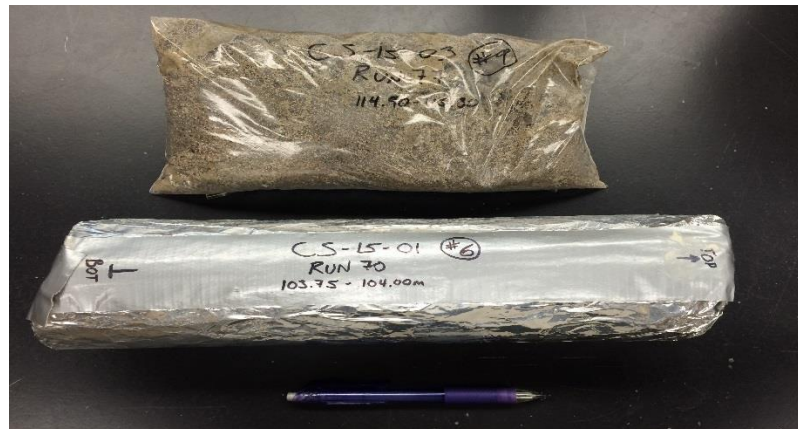


FIGURE 2. LES DEUX TYPES D'ÉCHANTILLONS REÇUS.

## 2.2. Essais en colonne

### Essais à charge constante

Un essai de perméabilité à charge constante consiste à faire circuler l'eau dans l'échantillon en gardant la différence de charge constante, et donc le gradient hydraulique constant dans l'échantillon présent dans le moule tel qu'illustré à la Figure 3. Pour les sols perméables, tels ceux testés dans ce projet, les pertes de charge dans la tuyauterie et les disques poreux ne sont pas négligeables. Le gradient hydraulique utilisé dans le calcul de la conductivité hydraulique est donc obtenu à l'aide de burettes connectées aux prises latérales du moule.

Le volume recueilli par unité de temps est mesuré, ce qui permet d'obtenir la conductivité hydraulique à l'aide de l'équation 1 :

$$K = \frac{QL_{12}}{A\Delta H} \quad [1]$$

avec :

Q : le débit (cm<sup>3</sup>/s),

L<sub>12</sub> : la distance entre les prises latérales de chaque burette (cm),

A : la section de l'échantillon (cm<sup>2</sup>),

ΔH : la différence de charge entre la burette de tête et la burette de base (cm).

### Essais à charge variable

Un essai à charge variable consiste à faire circuler l'eau dans l'échantillon en faisant varier la différence de charge dans le temps à l'aide du montage illustré à la Figure 3. L'eau circule du haut de l'échantillon vers le bas.



Les volumes d'entrée et de sortie sont notés en fonction du temps. La conductivité hydraulique est alors calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$K = \frac{a_{entr\acute{e}e} a_{sortie} L}{A(t_2 - t_1) (a_{entr\acute{e}e} + a_{sortie})} \ln \left( \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} \right) \quad [2]$$

avec :

$L$  : la longueur de l'échantillon (cm) ;

$A$  : la section de l'échantillon (cm<sup>2</sup>) ;

$a_{entr\acute{e}e}$  et  $a_{sortie}$  : la section des burettes d'entrée et de sortie (cm<sup>2</sup>) ;

$\Delta h_1$  : la différence de charge hydraulique (cm) entre les deux burettes au temps  $t_1$  (s) ;

$\Delta h_2$  : la différence de charge hydraulique (cm) entre les deux burettes au temps  $t_2$  (s).

Il faut noter que la différence de charge ( $\Delta h$ ) est obtenue après avoir converti en hauteur de colonne d'eau les volumes d'entrée et de sortie mesurés dans les burettes.

### Protocole expérimental

Les essais en colonne ont été réalisés à l'aide d'un moule à parois rigide et de burettes de 100 ml. Pour les essais à charge constante, une cellule de Mariotte a également été utilisée afin de garder une différence de charge constante. L'équipement utilisé est présenté à la figure 2.

Les manipulations comportent plusieurs étapes qui seront détaillées ci-dessous : mise en place de l'échantillon, préparation du montage, prise de mesures et fin des essais.



FIGURE 3. ÉQUIPEMENT UTILISÉ POUR LES ESSAIS DE PERMEABILITÉ EN COLONNE.

### Mise en place de l'échantillon

La mise en place de l'échantillon dans le moule comporte plusieurs étapes. Celles-ci sont identiques pour les essais à charge constante et les essais à charge variable. La fiche utilisée pour le montage des moules est illustrée à l'Annexe B.

#### 1. Mesures initiales :

Avant d'intégrer le sol dans le moule, les dimensions de ce dernier ont été mesurées pour connaître la longueur, le diamètre, la surface et le volume de l'échantillon. Les mesures suivantes ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse :

- Diamètre intérieur (4 mesures)
- Hauteur après avoir inséré le premier disque poreux et la première géomembrane (4 mesures)
- Distance entre les prises latérales (2 mesures : extérieur et intérieur)

Les mesures du diamètre et de la longueur sont prises 4 fois afin de s'assurer de la régularité de la géométrie du moule. La moyenne de ces quatre mesures est utilisée dans les calculs. La masse du moule au montage a aussi été notée. De plus, un petit échantillon de sol humide a été pesé et étuvé afin de déterminer la teneur en eau initiale de l'échantillon.

#### 2. Intégration du sol dans le moule :

La compaction du sol dans le moule s'est faite en cinq couches. La première couche a été déposée directement sur la géomembrane. La surface a ensuite été uniformisée avec un pinceau puis compactée à l'aide de 25 coups de masse standard. Entre chaque couche, la surface a été striée à l'aide d'un couteau afin d'assurer une bonne adhérence entre les couches.

#### 3. Mesures secondaires :

Le moule rempli a été pesé afin d'obtenir la masse des sols. Deux autres mesures ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse, soit :

- Épaisseur combinée du disque poreux et de la géomembrane (4 mesures)
- Hauteur entre le disque poreux et la partie supérieure du moule (4 mesures)

La moyenne de ces quatre mesures est utilisée dans les calculs.

#### 4. Fermeture du moule et saturation :

Le moule a été fermé à l'aide d'un mécanisme à ressort empêchant le sol de se déplacer lors de la saturation et de l'essai. Une fois le moule fermé, l'échantillon a été mis sous vide pour 30 minutes.

La saturation de l'échantillon a été effectuée du bas vers le haut pendant 12h à l'aide d'eau désaérée. À cette fin, la cellule de Mariotte a été branchée au bas de l'échantillon alors que celui-ci était encore sous vide. Une fois que l'eau a atteint le disque poreux supérieur, l'échantillon a été mis à pression atmosphérique. Une nouvelle pesée du moule a été effectuée au bout de 12h.

### Préparation du montage

#### *Essai à charge constante*

1. L'extrémité supérieure de l'échantillon a été connectée à la cellule de Mariotte tandis que l'extrémité inférieure a été connectée à un tube de sortie assez long pour être maintenue sur le dessus du moule.
2. De plus, des burettes ont été branchées aux prises latérales afin de mesurer la perte de charge réelle de l'échantillon.
3. Pour chaque essai l'eau a circulé au moins 1 heure dans l'échantillon afin que le niveau d'eau dans les burettes se stabilise.

*Essai à charge variable*

1. Les extrémités supérieure et inférieure du moule sont connectées à des burettes.
2. La burette connectée à l'extrémité supérieure (burette de tête) a été remplie d'eau jusqu'à ce que le ménisque atteigne 0 ml. La burette connectée à l'extrémité inférieure (burette de base) a été remplie jusqu'à ce que le ménisque atteigne 80 ml.

*Prise de mesures**Essai à charge constante*

1. Les hauteurs du niveau d'eau dans les burettes connectées aux prises latérales ont été mesurées en fonction d'une même référence. La hauteur du tube dans la cellule de Mariotte ainsi que la hauteur du tube de sortie ont également été mesurées. Ceci a permis de calculer la différence de charge ( $\Delta h$ ) dans l'échantillon et dans le montage.
2. Un cylindre gradué de 100 ml a été utilisé pour mesurer le volume d'eau de sortie à dix reprises.
3. La température de la pièce ainsi que la température de l'eau dans le cylindre gradué ont été notées à la fin de chaque essai.

*Essai à charge variable*

1. Les hauteurs correspondant à 0 ml et à 100 ml ont été notées pour chaque burette.
2. Durant l'essai, le volume de la burette d'entrée et de sortie a été noté en fonction du temps à dix reprises.
3. La température de la pièce a été notée à la fin de chaque essai.

*Fin des essais*

À la fin des essais, les moules ont été pesés. Par la suite, le contenu des moules (sol et eau) a été étuvé afin d'obtenir la teneur en eau finale de l'échantillon.

## 2.3. ESSAIS EN CELLULE TRIAXIALE

Les essais triaxiaux ont été réalisés selon la norme ASTM D5084 sur les échantillons consolidés reçus sous forme de carotte.

### 2.3.1 Théorie

*Essais à charge variable*

Un essai à charge variable effectué à l'aide d'un perméamètre à cellule triaxiale consiste à faire circuler l'eau dans l'échantillon en faisant varier la différence de charge dans le temps tout en appliquant une pression latérale. L'eau circule du bas de l'échantillon vers le haut grâce à des pressions différentes appliquées à la base et à la tête. Les volumes d'entrée et de sortie ainsi que le temps à chaque lecture sont notés. La conductivité hydraulique est alors calculée à l'aide de l'équation 3.

$$K = \frac{aL}{2A(t_2 - t_1)} \ln \left( \frac{P + \Delta h_1}{P + \Delta h_2} \right) \quad [3]$$

$L$  : longueur de l'échantillon (cm) ;  
 $A$  : section de l'échantillon en (cm<sup>2</sup>) ;  
 $a$  : section des burettes d'entrée et de sortie (cm<sup>2</sup>) ;  
 $\Delta h_1$  : différence de charge hydraulique (cm) entre les deux burettes au temps  $t_1$  (s) ;  
 $\Delta h_2$  : différence de charge hydraulique (cm) entre les deux burettes au temps  $t_2$  (s) ;  
 $P$  : pression absolue (cm).

### 2.3.2 Protocole expérimental

#### Mise en place de l'échantillon

Les échantillons reçus en carotte mesurent en moyenne 8 cm de diamètre. Ils doivent donc être taillés afin que leurs diamètres soient le même que le diamètre de la base de la cellule triaxiale qui est de 7 cm. De plus, les carottes mesurent environ 25 cm de longueur. Dans le but de créer un double, les carottes sont coupées approximativement en deux. Pour que l'essai soit optimal, les extrémités des échantillons doivent être droites. Les retailles sont utilisées pour mesurer la teneur en eau initiale de l'échantillon.

Une fois taillé, le diamètre ainsi que la longueur de l'échantillon sont mesurés. L'échantillon est ensuite mis en place dans la cellule triaxiale. Les étapes de mise en place dans la cellule sont :

1. Déposer l'échantillon taillé sur la pierre poreuse inférieure.
2. Glisser deux joints d'étanchéité sur le gabarit afin de faire le vide et introduire la membrane élastique en latex dans le gabarit de PVC et la tendre sur le pourtour du gabarit.
3. Brancher le port «vacuum » situé à l'avant du panneau de contrôle du perméamètre à l'embout du gabarit de PVC pour retirer l'air situé entre le gabarit et la membrane de latex.
4. Glisser le gabarit de PVC sur l'échantillon en faisant bien attention pour que les joints d'étanchéité soient du côté inférieur de l'embout.
5. Débrancher le port «vacuum» afin que la membrane de latex se colle aux parois de l'échantillon
6. Déplier les extrémités de la membrane de latex du gabarit de PVC et glisser les joints d'étanchéité sur le bouchon inférieur de la cellule. Retirer le gabarit de PVC et replier l'excès de membrane de latex par-dessus les joints d'étanchéité.
7. Replier le haut de la membrane en latex afin qu'elle soit au même niveau que le haut de l'échantillon. Déposer la deuxième pierre poreuse saturée suivie du bouchon supérieur sur le haut de l'échantillon.
8. Déplier la membrane en latex par-dessus le bouchon supérieur et mettre deux joints d'étanchéité pour la bloquer. Replier l'excès de membrane par-dessus les joints d'étanchéité.
9. Brancher les deux petits tubes de l'intérieur de la cellule au bouchon supérieur.
10. Fermer la cellule, la remplir d'eau et désaérer la tubulure selon les indications dans le manuel d'utilisation du perméamètre.

#### Préparation du montage

Les différents panneaux et le système de désaération doivent être branchés selon les indications du manuel d'utilisation du perméamètre. L'eau contenue dans le réservoir de désaération doit être désaérée à l'aide de la pompe à vide et d'un agitateur magnétique. Par la suite, cette eau est transférée dans les burettes des panneaux de contrôle et doit à nouveau être désaérée pour s'assurer qu'elle ne contient plus du tout d'air.

La saturation se fait en faisant circuler l'eau de la base de l'échantillon à la tête. La burette de base est remplie au complet tandis que la burette de tête est remplie au  $\frac{1}{4}$ . La saturation se fait par paliers de pression. On laisse le niveau d'eau dans la burette de base et la burette de tête s'égaliser pour chaque palier. La pression latérale est toujours 50 kPa plus élevés que la pression appliquée à la tête et à la base. La pression appliquée à la base et à la tête est la même. Les paliers utilisés sont présentés au Tableau 1.



Tableau 1. Paliers de pression utilisés pour la saturation des échantillons

| <b>Pression latérale (psi)</b> | <b>Pression à la tête et à la base (psi)</b> |
|--------------------------------|--|
| 7,25                           | 0  |
| 14,50                          | 7,25   |
| 21,75                          | 14,50  |
| 29,00                          | 21,75  |
| 36,25                          | 29,00  |
| 43,51                          | 36,25  |
| 50,76                          | 43,51  |
| 58,01                          | 50,76  |
| 65,26                          | 58,01  |
| 72,51                          | 65,26  |
| 79,77                          | 72,51  |

Les échantillons reçus étant très peu perméables, quelques modifications ont été effectuées à ces pressions de départ pour favoriser la saturation et la consolidation. La première modification fût d'augmenter la pression à la base de 1,42 psi. Cette valeur correspond à une différence de charge entre la base et la tête de 1 mètre. Par la suite, la pression à la tête fût diminuée de 1,42 psi pour simuler une différence de charge de 2 mètres.

Tableau 2. Paliers de pression utilisés pour accélérer la saturation et la consolidation des échantillons

| <b>Pression latérale (psi)</b> | <b>Pression de tête (psi)</b> | <b>Pression à la base (psi)</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 10                             | 0,2                           | 0,2                             |
| 20                             | 8,58                          | 11,42                           |
| 30                             | 18,58                         | 21,42                           |
| 40                             | 28,58                         | 31,42                           |
| 50                             | 38,58                         | 41,42                           |
| 60                             | 48,58                         | 51,42                           |
| 70                             | 58,58                         | 61,42                           |
| 80                             | 68,58                         | 71,42                           |
| 90                             | 78,58                         | 81,42                           |
| 100                            | 88,58                         | 91,42                           |

#### Prise de mesures

Lorsque tous les paliers sont complétés et que l'échantillon est complètement saturé et consolidé, on remplit la burette de base au complet et la burette de tête au 1/4. Pendant l'essai, on applique une pression latérale de 65.0 psi, une pression à la burette de tête de 43.51 psi et une pression à la burette de base de 61.64 psi. Le temps est enregistré en continu. Des lectures du niveau d'eau dans les burettes de base et de tête sont effectuées à des intervalles réguliers en notant le temps écoulé. La prise de mesure est effectuée jusqu'à l'obtention de 10 mesures. La Figure 4 illustre l'équipement utilisé pour la réalisation des essais.

Fin des essais

Lorsque l'essai est terminé, la pression est enlevée et la cellule est drainée avant d'être ouverte. L'échantillon doit être sorti de la membrane de latex en faisant attention de ne pas briser les pierres poreuses. Le contenu est placé dans un plat allant à l'étuve préalablement pesé. Le sol humide est pesé et mis à l'étuve dans le but de calculer la teneur en eau finale.



Figure 4. «Tri-Flex 2 Three Cell Permeability Test System » de ELE International

### 3. RÉSULTATS

Le protocole expérimental présenté à la section 2.2 a été utilisé pour réaliser les essais de perméabilité sur les échantillons de sable. Ces résultats ont été interprétés à l'aide des équations 1 et 2 présentées à la section 2. Afin de pouvoir comparer les résultats, les conductivités hydrauliques, de différents échantillons ont été rapportés à 20°C. Les résultats obtenus sont résumés au tableau 3 suivant.

Les conductivités hydrauliques obtenues varient de  $1,52 \times 10^{-4}$  à  $1,16 \times 10^{-2}$  cm/s, ce qui correspond aux matériaux testés, à savoir des sables fins à moyen. Les essais à charge constante sont davantage utilisés pour mesurer la conductivité hydraulique de sols granulaires tels que les sables et graviers puisque les pertes de charge sont mesurées directement dans l'échantillon et n'intègrent pas les pertes de charge dans les disques poreux. Il est donc recommandé d'utiliser préférentiellement les résultats des essais à charge constante.

Le protocole expérimental présenté à la section 2.3 a été utilisé pour réaliser les essais de perméabilité sur les échantillons consolidés. Ces résultats ont été interprétés à l'aide d'une régression effectuée sur l'équation 3. Les résultats obtenus sont colligés au tableau 4.

TABLEAU 3. RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE REALISES DANS LE PERMEAMETRE A PAROI RIGIDE A 20°C.

| Échantillon | Conductivité hydraulique à 20°C (cm/s) |                       |
|-------------|--|-----------------------|
|             | Charge constante                       | Charge variable       |
| CS-15-01-05 | $8,95 \times 10^{-3}$                  | $4,65 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-02-02 | $3,40 \times 10^{-3}$                  | $4,91 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-02-03 | $1,34 \times 10^{-2}$                  | $7,16 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-02-05 | $9,17 \times 10^{-3}$                  | $6,79 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-02-06 | $3,92 \times 10^{-2}$                  | $6,64 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-03-01 | $7,44 \times 10^{-3}$                  | $7,65 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-03-08 | $6,32 \times 10^{-3}$                  | $4,75 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-03-09 | $1,88 \times 10^{-3}$                  | $2,29 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-04-01 | $4,16 \times 10^{-3}$                  | $2,22 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-04-02 | $1,24 \times 10^{-2}$                  | $2,62 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-04-03 | $1,39 \times 10^{-2}$                  | $5,47 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-04-07 | $1,84 \times 10^{-3}$                  | $1,38 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-04-09 | $3,56 \times 10^{-3}$                  | $2,52 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-05-01 | $2,93 \times 10^{-4}$                  | $2,43 \times 10^{-4}$ |
| CS-15-05-04 | $3,36 \times 10^{-3}$                  | $3,24 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-05-07 | $1,16 \times 10^{-2}$                  | $6,98 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-06-01 | $7,32 \times 10^{-4}$                  | $4,63 \times 10^{-4}$ |
| CS-15-06-02 | $7,96 \times 10^{-4}$                  | $1,07 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-06-03 | $1,52 \times 10^{-4}$                  | $2,47 \times 10^{-4}$ |
| CS-15-06-04 | $2,42 \times 10^{-3}$                  | $2,14 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-06-05 | $1,65 \times 10^{-3}$                  | $2,29 \times 10^{-3}$ |
| CS-15-06-06 | $2,94 \times 10^{-4}$                  | $1,50 \times 10^{-4}$ |

TABLEAU 4. RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE REALISES DANS LE PERMEAMETRE A PAROI SOUPLE A 20°C.

| Échantillon  | Conductivité hydraulique à 20°C (cm/s) |
|--------------|--|
|              | Charge variable                        |
| CS-15-02-04  | $1,22 \times 10^{-7}$                  |
| CS-15-02-07b | $1,92 \times 10^{-7}$                  |
| CS-15-04-05  | $9,17 \times 10^{-9}$                  |
| CS-15-04-06  | $4,39 \times 10^{-8}$                  |
| CS-15-04-08  | $1,71 \times 10^{-7}$                  |
| CS-15-04-10  | $2,27 \times 10^{-8}$                  |

## Références

- ASTM International. (2002). *Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Porous Material Using a Rigid-Wall, Compaction Mold Permeameter*. Norme ASTM D5856-95. URL : <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5856-15>
- ASTM International. (2015). *Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter*. Norme ASTM D5084-10. URL : <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5084-10>
- ASTM International. (2000). *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*. Norme D2434-68. <http://compass.astm.org/Standards/HISTORICAL/D2434-68R00.htm>
- ASTM international. (2015). *Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and contained Fluids*. Norme ASTM D653-14. URL : <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D653-14>
- HÉNAULT, B. (2014). *Mesure de la conductivité hydraulique de coulis géothermiques à l'aide d'un perméamètre à paroi flexible*. École Polytechnique de Montréal, Montréal, Qc.
- Bahda, F. (1997). *Étude du comportement du sable à l'appareil triaxial : expérience et modélisation*. (Thèse de doctorat, École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France)
- MACIVER, B.N. & HALE, G.P. (1980), *Laboratory soils testing*, Departement of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- VJ Tech. (2015). *How to prepare a clay sample for Triaxial Testing*. Tiré de <https://www.youtube.com/watch?v=7Hh45k1gqjU>
- OLSON, R.E. & DANIEL, D.E.(1981). *Measurement Of Hydraulic Conductivity of Fine-Grained Soils, Permeability and Groundwater Contaminant Transport*. Pages 18 à 64.
- DANIEL, D.E. & TRAUTWEIN, S.J. (1994). *Hydraulic Conductivity and Waste Contaminant Transport in Soil*.
- FETTER, C.W. (2001). *Applied Hydrogeology, Fourth Edition*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

## ANNEXE A

Synthèse des échantillons reçus

| Forage   | Échantillon | Run   | Profondeur (m) | Commentaires                               | État de l'échantillon |
|----------|-------------|-------|----------------|--|-----------------------|
| cs-15-01 | 1           | 11    | 14,55-14,80    | newmarket till                             | carotte               |
| cs-15-01 | 2           | 21    | 30,00-30,25    | sandy silt diamict (lower newmarket till?) | carotte               |
| cs-15-01 | 3           | 41    | 60,20-60,45    | silt + I.R.D                               | carotte               |
| cs-15-01 | 4           | 47    | 69,45-69,70    | silt/clay ryth + I.R.D                     | carotte               |
| cs-15-01 | 5           | 52-57 |                | average of interval, med coarse sand       | sac                   |
| cs-15-01 | 6           | 70    | 103,75-104,00  | silt - Rich till                           | carotte               |
| cs-15-02 | 1           | 2     | 1,50-1,75      | Newmarket/Allenwood Till                   | carotte               |
| cs-15-02 | 2           | 11    | 14,85-15,10    | f sand                                     | sac                   |
| cs-15-02 | 3           | 17    | 23,75-25,0     | med-coarse sand                            | sac                   |
| cs-15-02 | 4           | 24    | 34,5-34,75     | -  | carotte               |
| cs-15-02 | 5           | 28    | 40,80-41,15    | f-fm sand                                  | sac                   |
| cs-15-02 | 6           | 33    | 48,35-48,60    | m-c sand                                   | sac                   |
| cs-15-02 | 7           | 36    | 52,80-53,05    | -  | carotte               |
| cs-15-02 | 8           | 46    | 68,20-68,45    | -  | carotte               |
| cs-15-03 | 1           | 2     | 1,75-2,25      |  | sac                   |
| cs-15-03 | 2           | 8     | 10,20-10,45    |  | carotte               |
| cs-15-03 | 3           | 31    | 45,25-45,50    |  | carotte               |
| cs-15-03 | 4           | 39    | 57,35-57,60    |  | carotte               |
| cs-15-03 | 5           | 54    | 79,70-79,95    |  | carotte               |
| cs-15-03 | 6           | 56    | 82,95-83,20    |  | carotte               |
| cs-15-03 | 7           | 67    | 100,30-100,55  |  | carotte               |
| cs-15-03 | 8           | 72    | 107,1-107,4    |  | sac                   |
| cs-15-03 | 9           | 77    | 114,9-115,30   |  | sac                   |
| CS-15-04 | 1           | 4     | 3,5-4,0        | m-c snd                                    | sac                   |
| CS-15-04 | 2           | 15    | 19-19,75       | granular sand                              | sac                   |
| CS-15-04 | 3           | 25    | 35,6-36,10     | course snd                                 | sac                   |
| CS-15-04 | 4           | 32    | 45,05-46,25    |  | carotte               |
| CS-15-04 | 5           | 45    | 68,60-68,85    | Silt/till                                  | carotte               |
| CS-15-04 | 6           | 54    | 80,15-80,40    |  | carotte               |
| CS-15-04 | 7           | 59    | 87,85-88,35    | med snd                                    | sac                   |
| CS-15-04 | 8           | 64    | 101,10-101,55  |  | carotte               |
| CS-15-04 | 9           | 67    | 99,20-99,70    | m-mc snd                                   | sac                   |
| CS-15-04 | 10          | 70    | 104,65-104,90  |  | carotte               |
| CS-15-05 | 1           | 2     | 1,70-2,30      |  | sac                   |
| CS-15-05 | 2           | 6     | 6,60-6,85      |  | carotte               |
| CS-15-05 | 3           | 12    | 16,25-16-50    |  | carotte               |
| CS-15-05 | 4           | 23    | 32,80-33,30    |  | sac                   |
| CS-15-05 | 5           | 31    | 45,60-45,85    |  | carotte               |
| CS-15-05 | 6           | 40    | 59-59,25       |  | carotte               |
| CS-15-05 | 7           | 45    |                |  | sac                   |
| CS-15-05 | 8           | 54    | 80,35-80,60    |  | carotte               |
| CS-15-05 | 9           | 63    | 93,85-94,10    |  | carotte               |
| CS-15-05 | 10          | 79    | 117,8-118,1    |  | carotte               |
| CS-15-06 | 1           | 7     | 8,20-8,70      |  | sac                   |
| CS-15-06 | 2           | 14    | 18,65-19,15    |  | sac                   |
| CS-15-06 | 3           | 23    | 32,40-32,90    |  | sac                   |
| CS-15-06 | 4           | 32    | 46,00-46,50    |  | sac                   |
| CS-15-06 | 5           | 44    | 64,55-65,05    |  | sac                   |
| CS-15-06 | 6           | 52    | 76,60-77,10    |  | sac                   |
| CS-15-06 | 7           | 56    | 83,30-83,56    |  | carotte               |
| CS-15-06 | 8           | 64    | 95,40-95,65    |  | carotte               |
| CS-15-06 | 9           | 72    | 107,70-107,95  |  | carotte               |

## ANNEXE B

Fiche de résultats détaillés des essais en colonne

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-01-05 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mardi 20 octobre 15               | <b>PERMEAMETRE:</b> P1          |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Longueur                  | L= 10,96 cm              |
| Diamètre                  | D= 10,16 cm              |
| Surface                   | A= 81,05 cm <sup>2</sup> |
| Volume                    | V= 888,1 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M= 1776,77 g             |
| Distance entre les prises | L12= 6,39 cm             |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 16,20 %                    |
| Masse volumique sèche     | $\rho_s = 1,72 \text{ g/cm}^3$ |
| Porosité                  | n = 0,369 -                    |
| Indice des vides          | e = 0,586 -                    |
| Volume des pores          | Vp = 328,0 cm <sup>3</sup>     |
| Degré de saturation final | Sr = 103,6 %                   |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

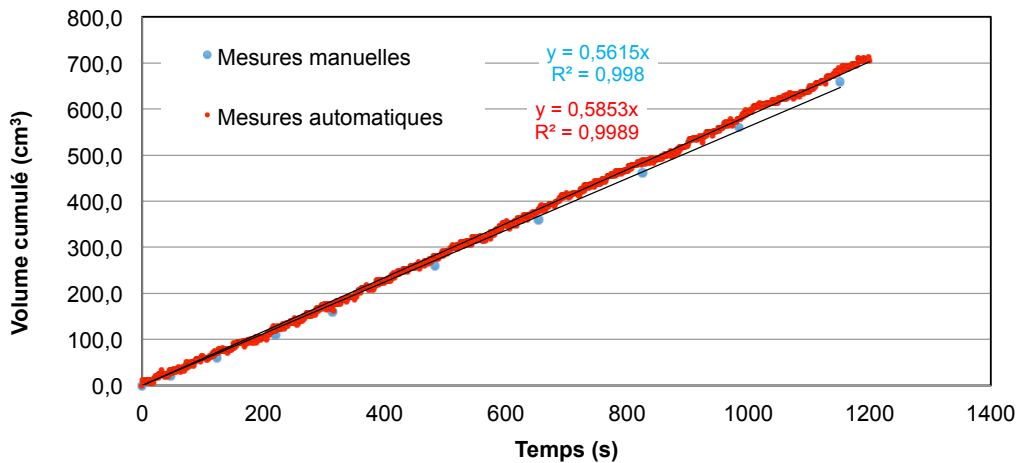
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique   |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|----------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                  |             | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit Q            | K        | K à 20°C |
|                                  |             | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| <b>Calcul du gradient total:</b> |             |                             |               |            |          |            |                    |          |          |
| Mariotte:                        | 31,9 cm     | 0,00                        | 340,00        | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie:                          | 17,0 cm     | 46,80                       | 360,00        | 46,80      | 20,00    | 20,00      | 0,43               | 7,49E-03 | 6,81E-03 |
| $\Delta h$ :                     | 14,9 cm     | 123,44                      | 400,00        | 76,64      | 60,00    | 40,00      | 0,52               | 9,14E-03 | 8,32E-03 |
| dh/dl:                           | 1,360 cm/cm | 219,39                      | 450,00        | 95,95      | 110,00   | 50,00      | 0,52               | 9,13E-03 | 8,31E-03 |
| <b>Calcul du gradient réel:</b>  |             | 313,86                      | 500,00        | 94,47      | 160,00   | 50,00      | 0,53               | 9,27E-03 | 8,44E-03 |
| Sommet:                          | 26,5 cm     | 482,80                      | 600,00        | 168,94     | 260,00   | 100,00     | 0,59               | 1,04E-02 | 9,44E-03 |
| Base:                            | 22,0 cm     | 654,00                      | 700,00        | 171,20     | 360,00   | 100,00     | 0,58               | 1,02E-02 | 9,31E-03 |
| $\Delta h$ :                     | 4,5 cm      | 825,23                      | 800,00        | 171,23     | 460,00   | 100,00     | 0,58               | 1,02E-02 | 9,31E-03 |
| dh/dl:                           | 0,704 cm/cm | 984,94                      | 900,00        | 159,71     | 560,00   | 100,00     | 0,63               | 1,10E-02 | 9,98E-03 |
|                                  |             | 1151,78                     | 1000,00       | 166,84     | 660,00   | 100,00     | 0,60               | 1,05E-02 | 9,56E-03 |

| Conductivité hydraulique             | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |
|--------------------------------------|---|
| <b>Mesures manuelles</b>             |   |
| $Q_m$                                | 0,5615 cm <sup>3</sup> /s                         |
| K                                    | 9,84E-03 cm/s                                     |
| K (20°C)                             | 8,95E-03 cm/s                                     |
| <b>Mesures automatiques</b>          |   |
| $Q_m$                                | 0,5853 cm <sup>3</sup> /s                         |
| K                                    | 1,03E-02 cm/s                                     |
| K (20°C)                             | 9,33E-03 cm/s                                     |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |   |
| Date: jeudi 22 octobre 15            |   |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |   |
| Date: mardi 10 novembre 15           |   |



Commentaires:



## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-01-05 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mardi 20 octobre 15               | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P1          |

**Sol testé:** Sable fin et moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Longueur                  | L = 10,96 cm              |
| Diamètre                  | D = 10,16 cm              |
| Surface                   | A = 81,05 cm <sup>2</sup> |
| Volume                    | V = 888,1 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M = 1776,77 g             |
| Distance entre les prises | L12 = 6,39 cm             |



Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 16,20 %                       |
| Masse volumique sèche     | $\rho_s = 1,72$ g/cm <sup>3</sup> |
| Porosité                  | n = 0,369 -                       |
| Indice des vides          | e = 0,586 -                       |
| Volume des pores          | Vp = 328,0 cm <sup>3</sup>        |
| Degré de saturation final | Sr = 103,6 %                      |

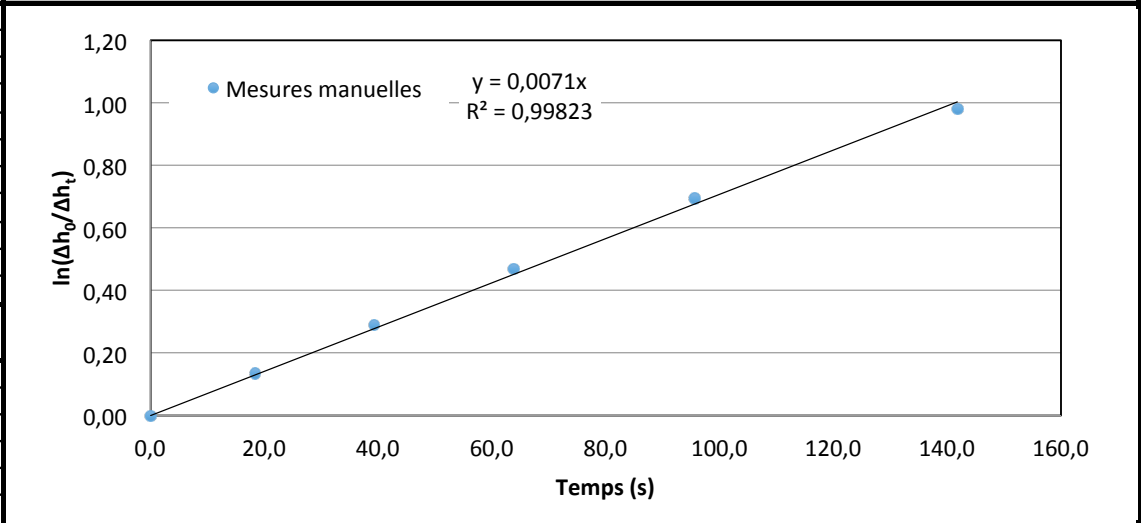
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RESULTATS - ESSAI DE PERMEABILITE A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | $\Delta t$ | Burette d'entrée | Burette sortie | $\Delta h$ | $\ln(\Delta h_0/\Delta h_t)$ | K        | K à 20°C |
|---|---------|------------|------------------|----------------|------------|------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s          | ml               | ml             | cm         | -                            | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 500     | 0,00       | 0,0              | 400,0          | 37,44      | 0,00                         | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 62,5    | 18,35      | 25,0             | 375,0          | 32,76      | 0,13                         | 5,26E-03 | 4,78E-03 |
| Distance au max. ml                       | 15,7    | 39,26      | 50,0             | 350,0          | 28,08      | 0,29                         | 5,29E-03 | 4,82E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
|   |         | 63,92      | 75,0             | 325,0          | 23,40      | 0,47                         | 5,31E-03 | 4,83E-03 |
| Volume maximal (ml)                       | 500     | 95,68      | 100,0            | 300,0          | 18,72      | 0,69                         | 5,23E-03 | 4,76E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 63,5    | 141,77     | 125,0            | 275,0          | 14,04      | 0,98                         | 5,00E-03 | 4,55E-03 |
| Distance au max. ml                       | 16,7    |            |                  |                |            |                              |          |          |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| $a_{in}$                                  | 10,68   |            |                  |                |            |                              |          |          |
| $a_{out}$                                 | 10,68   |            |                  |                |            |                              |          |          |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du rapport moyen $\ln(\Delta h_0/\Delta h_t)/t$ |
|--------------------------|--|
|--------------------------|--|

| Mesures manuelles    |               |
|----------------------|---------------|
| m                    | 0,00707 1/s   |
| K                    | 5,11E-03 cm/s |
| K (20°C)             | 4,65E-03 cm/s |
| Mesures automatiques |               |
| m                    | - 1/s         |
| K                    | - cm/s        |
| K (20°C)             | - cm/s        |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: mardi 20 octobre 15  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: mardi 10 novembre 15

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-02 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> vendredi 23 octobre 15            | <b>PERMEAMETRE:</b> P9          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 14,22 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,03 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 78,94 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 1122,2 cm <sup>3</sup> |
|   | Masse initiale            | M=         | 2157,66 g              |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 4,50 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 18,56 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,62 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,406 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,683 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 455,5 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr =       | 93,8 %                 |



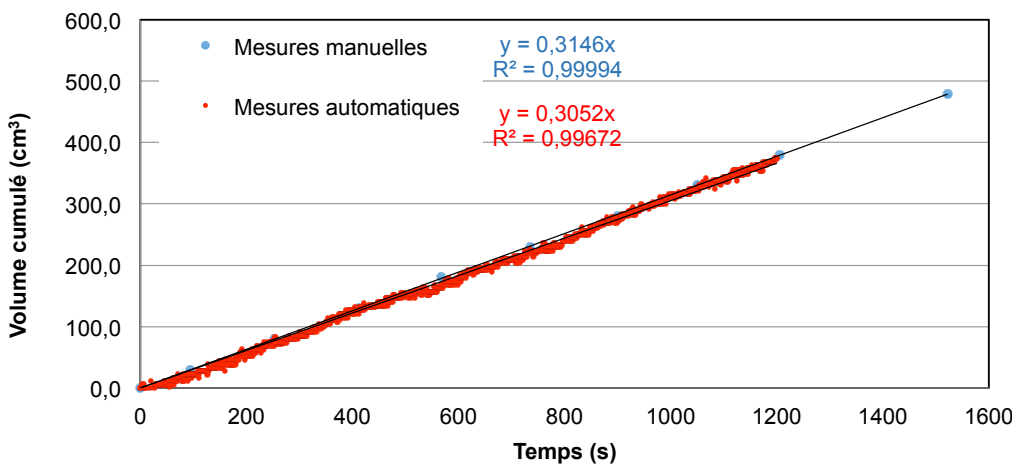
**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |                  |        |             |        |                    |          |          |  |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------|--------|-------------|--------|--------------------|----------|----------|--|
|                                | Temps<br>t                  | Volume<br>cumulé | Δt     | Volume<br>V | ΔV     | Débit<br>Q         | K        | K à 20°C |  |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml               | s      | ml          | ml     | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |  |
| Mariotte: 31,0 cm              | 0,00                        | 220,00           | -      | 0,00        | -      | -                  | -        | -        |  |
| Sortie: 22,0 cm                | 93,78                       | 250,00           | 93,78  | 30,00       | 30,00  | 0,32               | 3,80E-03 | 3,46E-03 |  |
| Δh: 9,0 cm                     | 251,81                      | 300,00           | 158,03 | 80,00       | 50,00  | 0,32               | 3,76E-03 | 3,42E-03 |  |
| dh/dl: 0,633 cm/cm             | 413,06                      | 350,00           | 161,25 | 130,00      | 50,00  | 0,31               | 3,68E-03 | 3,35E-03 |  |
| Calcul du gradient réel:       | 567,95                      | 400,00           | 154,89 | 180,00      | 50,00  | 0,32               | 3,83E-03 | 3,49E-03 |  |
| Sommet: 28,7 cm                | 734,46                      | 450,00           | 166,51 | 230,00      | 50,00  | 0,30               | 3,57E-03 | 3,25E-03 |  |
| Base: 23,9 cm                  | 899,35                      | 500,00           | 164,89 | 280,00      | 50,00  | 0,30               | 3,60E-03 | 3,28E-03 |  |
| Δh: 4,8 cm                     | 1050,43                     | 550,00           | 151,08 | 330,00      | 50,00  | 0,33               | 3,93E-03 | 3,58E-03 |  |
| dh/dl: 1,066 cm/cm             | 1205,49                     | 600,00           | 155,06 | 380,00      | 50,00  | 0,32               | 3,83E-03 | 3,49E-03 |  |
|                                | 1522,13                     | 700,00           | 316,64 | 480,00      | 100,00 | 0,32               | 3,75E-03 | 3,41E-03 |  |

| Conductivité hydraulique   | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
|--|---|--|----------------|---------------------------|---|---------------|----------|---------------|----------------------|--|----------------|---------------------------|---|---------------|----------|---------------|--|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Mesures manuelles</th> </tr> <tr> <td>Q<sub>m</sub></td> <td>0,3146 cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>3,74E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>3,40E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Mesures automatiques</th> </tr> <tr> <td>Q<sub>m</sub></td> <td>0,3052 cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>3,63E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>3,30E-03 cm/s</td> </tr> </table> | Mesures manuelles   |  | Q <sub>m</sub> | 0,3146 cm <sup>3</sup> /s | K | 3,74E-03 cm/s | K (20°C) | 3,40E-03 cm/s | Mesures automatiques |  | Q <sub>m</sub> | 0,3052 cm <sup>3</sup> /s | K | 3,63E-03 cm/s | K (20°C) | 3,30E-03 cm/s |  <p>The graph plots cumulative volume (cm<sup>3</sup>) on the y-axis (0 to 600) against time (s) on the x-axis (0 to 1600). Manual measurements (blue dots) follow the regression line <math>y = 0,3146x</math> with <math>R^2 = 0,99994</math>. Automatic measurements (red dots) follow the regression line <math>y = 0,3052x</math> with <math>R^2 = 0,99672</math>. Both series show a strong linear relationship.</p> |
| Mesures manuelles  |   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| Q <sub>m</sub>   | 0,3146 cm <sup>3</sup> /s                                 |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| K  | 3,74E-03 cm/s   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| K (20°C)   | 3,40E-03 cm/s   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| Mesures automatiques   |   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| Q <sub>m</sub>   | 0,3052 cm <sup>3</sup> /s                                 |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| K  | 3,63E-03 cm/s   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| K (20°C)   | 3,30E-03 cm/s   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |
| Essai réalisé par :<br>Laurence Gagnon<br>Date: vendredi 23 octobre 15<br>Vérifié par:<br>Philippe Pasquier, ing.<br>Date: mardi 10 novembre 15  |   |  |                |                           |   |               |          |               |                      |  |                |                           |   |               |          |               |  |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-02 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> vendredi 23 octobre 15            | <b>PERMEAMÈTRE:</b> P9          |


**Sol testé:** Sable fin et moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| Longueur                  | L = 14,22 cm               |
| Diamètre                  | D = 10,03 cm               |
| Surface                   | A = 78,94 cm <sup>2</sup>  |
| Volume                    | V = 1122,2 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M = 2157,66 g              |
| Distance entre les prises | L12 = 4,50 cm              |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Teneur en eau initiale    | W = 18,56 %                            |
| Masse volumique sèche     | $\rho_d = 1,62$ g/cm <sup>3</sup>      |
| Porosité                  | n = 0,406 -                            |
| Indice des vides          | e = 0,683 -                            |
| Volume des pores          | V <sub>p</sub> = 455,5 cm <sup>3</sup> |
| Degré de saturation final | S <sub>r</sub> = 93,8 %                |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

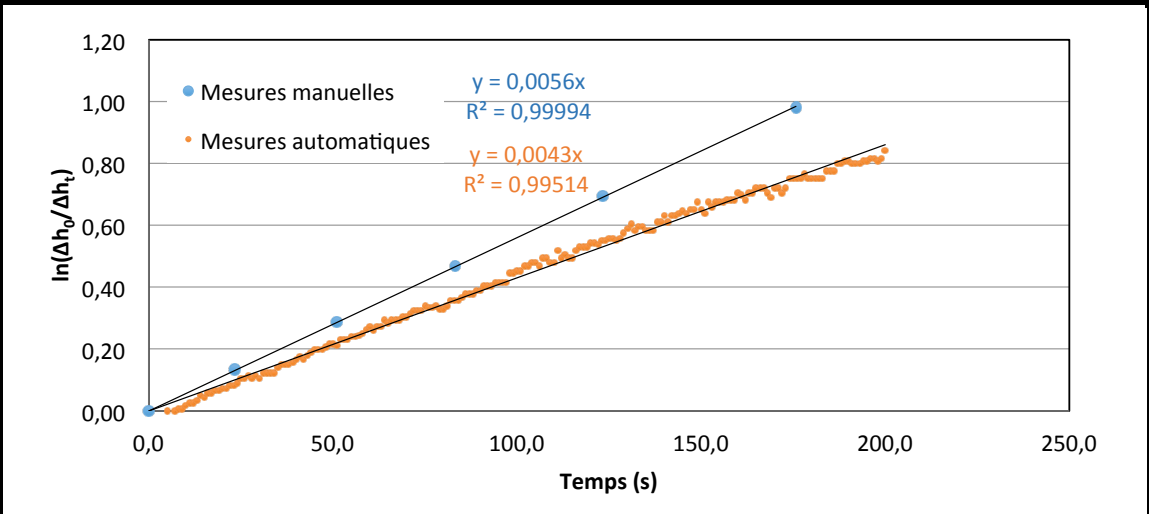
### RESULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt     | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|--------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s      | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |        |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 500     | 0,00   | 0,0              | 400,0          | 37,44 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 62,5    | 23,41  | 25,0             | 375,0          | 32,76 | 0,13                                  | 5,49E-03 | 4,99E-03 |
| Distance au max. ml                       | 15,7    | 51,02  | 50,0             | 350,0          | 28,08 | 0,29                                  | 5,42E-03 | 4,94E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |        |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 500     | 123,35 | 100,0            | 300,0          | 18,72 | 0,69                                  | 5,41E-03 | 4,92E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 63,5    | 175,74 | 125,0            | 275,0          | 14,04 | 0,98                                  | 5,37E-03 | 4,89E-03 |
| Distance au max. ml                       | 16,7    | 253,86 | 150,0            | 250,0          | 9,36  | 1,39                                  | 5,25E-03 | 4,78E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |        |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub>                           | 10,68   |        |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>out</sub>                          | 10,68   |        |                  |                |       |                                       |          |          |

**Conductivité hydraulique**

**Évaluation du rapport moyen ln(Δh<sub>0</sub>/Δh<sub>t</sub>)/t**

| Mesures manuelles    |               |
|----------------------|---------------|
| m                    | 0,00560 1/s   |
| K                    | 5,39E-03 cm/s |
| K (20°C)             | 4,91E-03 cm/s |
| Mesures automatiques |               |
| m                    | 0,004304 1/s  |
| K                    | 4,14E-03 cm/s |
| K (20°C)             | 3,77E-03 cm/s |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: Vendredi 23 octobre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: mardi 10 novembre 15

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-03 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mercredi 4 novembre 15            | <b>PERMEAMETRE:</b> G           |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Longueur                  | L = 12,63 cm              |
| Diamètre                  | D = 8,15 cm               |
| Surface                   | A = 52,16 cm <sup>2</sup> |
| Volume                    | V = 659,0 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M = 1297,35 g             |
| Distance entre les prises | L12 = 6,63 cm             |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 19,28 %                       |
| Masse volumique sèche     | $\rho_s = 1,65$ g/cm <sup>3</sup> |
| Porosité                  | n = 0,395 -                       |
| Indice des vides          | e = 0,654 -                       |
| Volume des pores          | Vp = 260,5 cm <sup>3</sup>        |
| Degré de saturation final | Sr = 102,2 %                      |



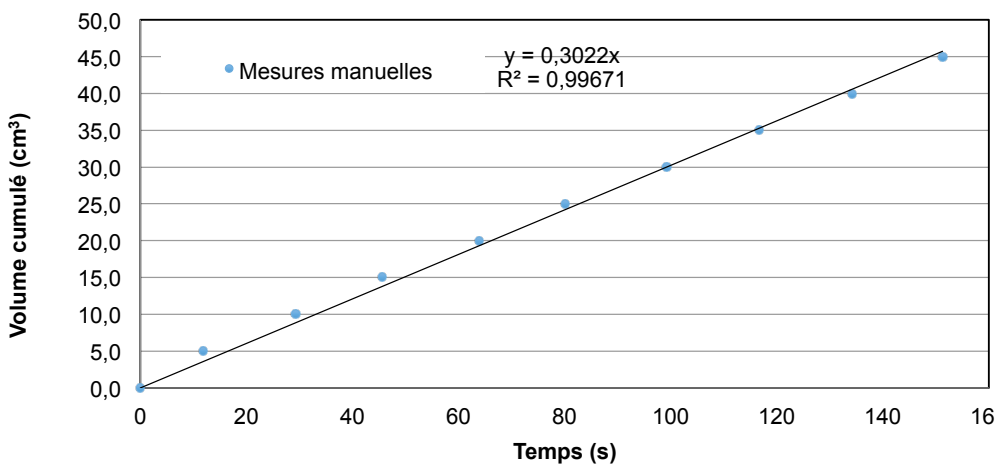
**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                |             | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit              | Q        | K        |
| Calcul du gradient total:      |             | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte:                      | 28,5 cm     | 0,00                        | 0,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie:                        | 21,5 cm     | 11,89                       | 5,00          | 11,89      | 5,00     | 5,00       | 0,42               | 2,06E-02 | 1,87E-02 |
| $\Delta h$ :                   | 7,0 cm      | 29,25                       | 10,00         | 17,36      | 10,00    | 5,00       | 0,29               | 1,41E-02 | 1,28E-02 |
| dh/dl:                         | 0,554 cm/cm | 45,59                       | 15,00         | 16,34      | 15,00    | 5,00       | 0,31               | 1,50E-02 | 1,36E-02 |
| Calcul du gradient réel:       |             | 63,94                       | 20,00         | 18,35      | 20,00    | 5,00       | 0,27               | 1,33E-02 | 1,21E-02 |
| Sommet:                        | 25,3 cm     | 80,09                       | 25,00         | 16,15      | 25,00    | 5,00       | 0,31               | 1,51E-02 | 1,38E-02 |
| Base:                          | 22,7 cm     | 99,26                       | 30,00         | 19,17      | 30,00    | 5,00       | 0,26               | 1,28E-02 | 1,16E-02 |
| $\Delta h$ :                   | 2,6 cm      | 116,63                      | 35,00         | 17,37      | 35,00    | 5,00       | 0,29               | 1,41E-02 | 1,28E-02 |
| dh/dl:                         | 0,392 cm/cm | 134,19                      | 40,00         | 17,56      | 40,00    | 5,00       | 0,28               | 1,39E-02 | 1,27E-02 |
|                                |             | 151,27                      | 45,00         | 17,08      | 45,00    | 5,00       | 0,29               | 1,43E-02 | 1,30E-02 |


| Conductivité hydraulique  | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
|---|---|--|-----------------|---------------------------|-------|------------------------|--------------|---------------|-------------------------|--|-------|----------------------|---|--------|----------|--------|--|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Mesures manuelles</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>0,3022 cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>1,48E-02 cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>1,34E-02 cm/s</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Mesures automatiques</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>- cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>- cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>- cm/s</td> </tr> </table> | Mesures manuelles                                 |  | $Q_m$           | 0,3022 cm <sup>3</sup> /s | K     | 1,48E-02 cm/s          | K (20°C)     | 1,34E-02 cm/s | Mesures automatiques    |  | $Q_m$ | - cm <sup>3</sup> /s | K | - cm/s | K (20°C) | - cm/s |  |
| Mesures manuelles   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| $Q_m$   | 0,3022 cm <sup>3</sup> /s                         |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K   | 1,48E-02 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K (20°C)  | 1,34E-02 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Mesures automatiques  |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| $Q_m$   | - cm <sup>3</sup> /s                              |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K   | - cm/s  |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K (20°C)  | - cm/s  |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Essai réalisé par :</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Laurence Gagnon</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>mercredi 4 novembre 15</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vérifié par:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Philippe Pasquier, ing.</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>mardi 10 novembre 15</td> </tr> </table>  | Essai réalisé par :                               |  | Laurence Gagnon |                           | Date: | mercredi 4 novembre 15 | Vérifié par: |               | Philippe Pasquier, ing. |  | Date: | mardi 10 novembre 15 |   |        |          |        |  |
| Essai réalisé par :   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Laurence Gagnon   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Date:   | mercredi 4 novembre 15                            |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Vérifié par:  |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Philippe Pasquier, ing.   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Date:   | mardi 10 novembre 15                              |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |

**Commentaires:**

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-03 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mercredi 4 novembre 15            | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> G           |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L =        | 12,63 cm               |
|   | Diamètre                  | D =        | 8,15 cm                |
|   | Surface                   | A =        | 52,16 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V =        | 659,0 cm <sup>3</sup>  |
|   | Masse initiale            | M =        | 1297,35 g              |
|   | Distance entre les prises | L12 =      | 6,63 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 19,28 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_a =$ | 1,65 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,395 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,654 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 260,5 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr =       | 102,2 %                |



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

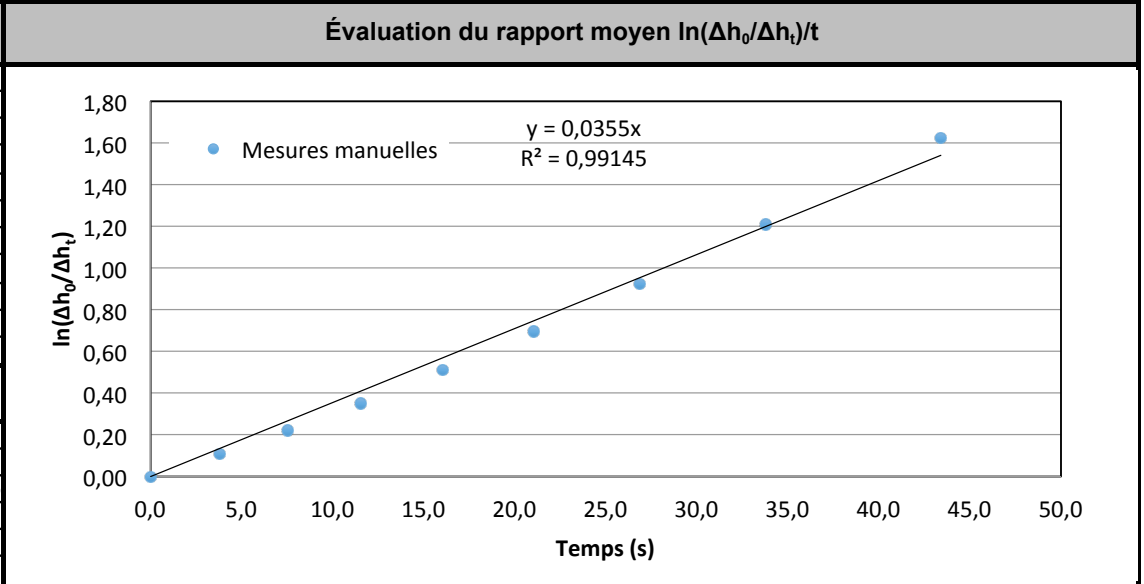
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RESULTATS - ESSAI DE PERMEABILITE A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 43,30 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 3,82  | 4,0              | 76,0           | 38,93 | 0,11                                  | 6,17E-03 | 5,62E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,7    | 7,55  | 8,0              | 72,2           | 34,67 | 0,22                                  | 6,53E-03 | 5,94E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 11,52 | 12,0             | 68,6           | 30,51 | 0,35                                  | 6,73E-03 | 6,12E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 66,5    | 21,05 | 20,0             | 60,3           | 21,61 | 0,70                                  | 7,32E-03 | 6,66E-03 |
| Distance au max. ml                       | 11,5    | 26,86 | 24,0             | 56,2           | 17,18 | 0,92                                  | 7,63E-03 | 6,94E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,84                      | 33,76   | 6,90  | 28,0             | 52,40          | 12,92 | 1,21                                  | 7,94E-03 | 7,22E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,82                     | 43,40   | 9,64  | 32,0             | 48,40          | 8,54  | 1,62                                  | 8,28E-03 | 7,54E-03 |
|   | 57,84   | 14,44 | 36,0             | 44,40          | 4,17  | 2,34                                  | 8,96E-03 | 8,16E-03 |

| Conductivité hydraulique    |               |
|-----------------------------|---------------|
| <b>Mesures manuelles</b>    |               |
| m                           | 0,03551 1/s   |
| K                           | 7,87E-03 cm/s |
| K (20°C)                    | 7,16E-03 cm/s |
| <b>Mesures automatiques</b> |               |
| m                           | - 1/s         |
| K                           | - cm/s        |
| K (20°C)                    | - cm/s        |



|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                          |
| Date:                                | mercredi 4 novembre 2015 |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                          |
| Date:                                | mardi 10 novembre 15     |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-05 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> jeudi 5 novembre 15               | <b>PERMEAMETRE:</b> G           |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Longueur                  | L = 12,38 cm              |
| Diamètre                  | D = 8,15 cm               |
| Surface                   | A = 52,16 cm <sup>2</sup> |
| Volume                    | V = 646,0 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M = 1244,32 g             |
| Distance entre les prises | L12 = 6,63 cm             |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 17,41 %                       |
| Masse volumique sèche     | $\rho_s = 1,64$ g/cm <sup>3</sup> |
| Porosité                  | n = 0,399 -                       |
| Indice des vides          | e = 0,664 -                       |
| Volume des pores          | Vp = 257,7 cm <sup>3</sup>        |
| Degré de saturation final | Sr = 98,5 %                       |

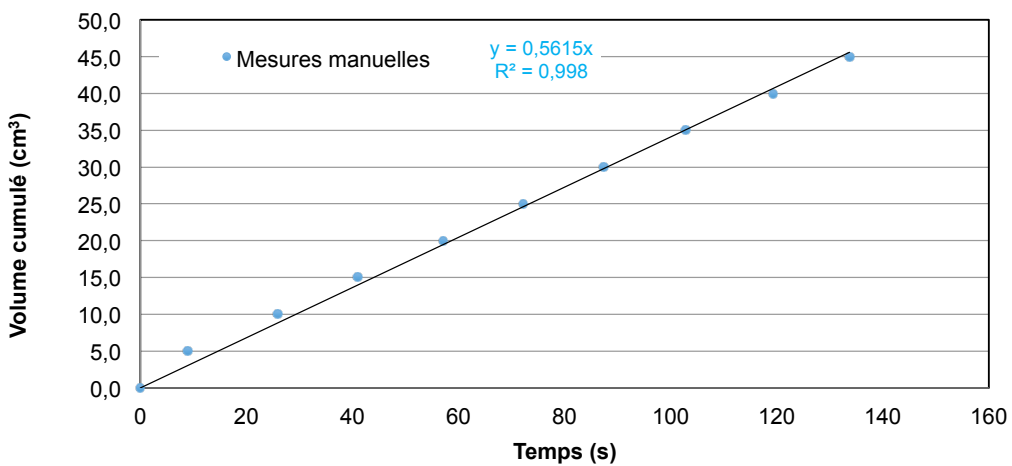


**POLYTECHNIQUE MONTRÉAL**  
LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |       |       |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|-------|-------|
|                                |             | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit              | Q     | K     |
| Calcul du gradient total:      |             | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s  | cm/s  |
| Mariotte:                      | 30,7 cm     | 0,00                        | 0,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -     | -     |
| Sortie:                        | 22,3 cm     | 8,89                        | 5,00          | 8,89       | 5,00     | 5,00       | 0,56               | 0,017 | 0,015 |
| $\Delta h$ :                   | 8,4 cm      | 25,85                       | 10,00         | 16,96      | 10,00    | 5,00       | 0,29               | 0,009 | 0,008 |
| dh/dl:                         | 0,678 cm/cm | 40,99                       | 15,00         | 15,14      | 15,00    | 5,00       | 0,33               | 0,010 | 0,009 |
| Calcul du gradient réel:       |             | 57,04                       | 20,00         | 16,05      | 20,00    | 5,00       | 0,31               | 0,009 | 0,008 |
| Sommet:                        | 28,0 cm     | 72,23                       | 25,00         | 15,19      | 25,00    | 5,00       | 0,33               | 0,010 | 0,009 |
| Base:                          | 23,7 cm     | 87,44                       | 30,00         | 15,21      | 30,00    | 5,00       | 0,33               | 0,010 | 0,009 |
| $\Delta h$ :                   | 4,3 cm      | 102,90                      | 35,00         | 15,46      | 35,00    | 5,00       | 0,32               | 0,010 | 0,009 |
| dh/dl:                         | 0,649 cm/cm | 119,33                      | 40,00         | 16,43      | 40,00    | 5,00       | 0,30               | 0,009 | 0,008 |
|                                |             | 133,72                      | 45,00         | 14,39      | 45,00    | 5,00       | 0,35               | 0,010 | 0,009 |

| Conductivité hydraulique  | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
|---|---|--|-----------------|---------------------------|-------|---------------------|--------------|---------------|-------------------------|--|-------|----------------------|---|--------|----------|--------|---|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Mesures manuelles</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>0,3409 cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>1,01E-02 cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>9,17E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Mesures automatiques</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>- cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>- cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>- cm/s</td> </tr> </table> | Mesures manuelles                                 |  | $Q_m$           | 0,3409 cm <sup>3</sup> /s | K     | 1,01E-02 cm/s       | K (20°C)     | 9,17E-03 cm/s | Mesures automatiques    |  | $Q_m$ | - cm <sup>3</sup> /s | K | - cm/s | K (20°C) | - cm/s |  <p style="text-align: center;">y = 0,5615x<br/>R<sup>2</sup> = 0,998</p> |
| Mesures manuelles   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| $Q_m$   | 0,3409 cm <sup>3</sup> /s                         |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K   | 1,01E-02 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K (20°C)  | 9,17E-03 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Mesures automatiques  |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| $Q_m$   | - cm <sup>3</sup> /s                              |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K   | - cm/s  |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K (20°C)  | - cm/s  |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Essai réalisé par :</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Laurence Gagnon</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>jeudi 5 novembre 15</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vérifié par:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Philippe Pasquier, ing.</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>mardi 10 novembre 15</td> </tr> </table>   | Essai réalisé par :                               |  | Laurence Gagnon |                           | Date: | jeudi 5 novembre 15 | Vérifié par: |               | Philippe Pasquier, ing. |  | Date: | mardi 10 novembre 15 |   |        |          |        |   |
| Essai réalisé par :   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Laurence Gagnon   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Date:   | jeudi 5 novembre 15                               |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Vérifié par:  |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Philippe Pasquier, ing.   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Date:   | mardi 10 novembre 15                              |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |

**Commentaires:**

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-05 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> jeudi 5 novembre 15               | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> G           |

|                                    |                           |       |                       |
|------------------------------------|---------------------------|-------|-----------------------|
| <b>Sol testé:</b>                  | Sable fin à moyen         |       |                       |
| <b>Caractéristiques du moule :</b> | Longueur                  | L =   | 12,38 cm              |
|                                    | Diamètre                  | D =   | 8,15 cm               |
|                                    | Surface                   | A =   | 52,16 cm <sup>2</sup> |
|                                    | Volume                    | V =   | 646,0 cm <sup>3</sup> |
|                                    | Masse initiale            | M =   | 1244,32 g             |
|                                    | Distance entre les prises | L12 = | 6,63 cm               |



Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 17,41 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_a =$ | 1,64 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,399 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,664 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 257,7 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr =       | 98,5 %                 |

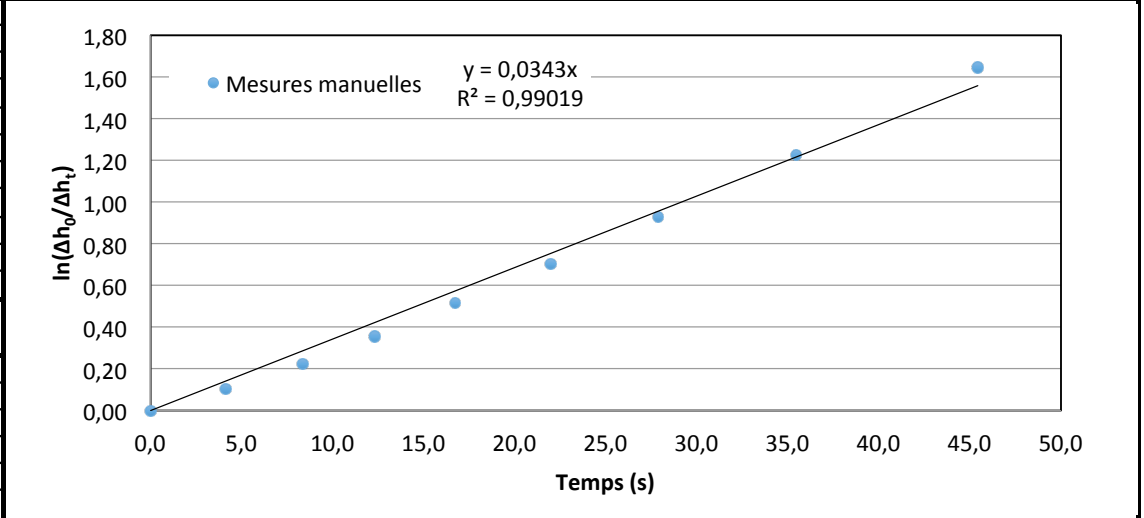
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RESULTATS - ESSAI DE PERMEABILITE A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K      | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|--------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s   | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |        |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 42,96 | 0,00                                  | -      | -        |
| Distance au 0 ml                          | 66,7    | 4,12  | 4,0              | 76,2           | 38,70 | 0,10                                  | 0,0055 | 0,0050   |
| Distance au max. ml                       | 12,7    | 8,35  | 8,0              | 72,2           | 34,33 | 0,22                                  | 0,0058 | 0,0053   |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |        |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 12,30 | 12,0             | 68,4           | 30,08 | 0,36                                  | 0,0063 | 0,0057   |
| Distance au 0 ml                          | 66,7    | 16,73 | 16,0             | 64,3           | 25,65 | 0,52                                  | 0,0067 | 0,0061   |
| Distance au max. ml                       | 11,5    | 21,96 | 20,0             | 60,2           | 21,23 | 0,70                                  | 0,0070 | 0,0063   |
| Distance au max. ml                       | 11,5    | 27,86 | 24,0             | 56,4           | 16,97 | 0,93                                  | 0,0072 | 0,0066   |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |        |          |
| a <sub>in</sub> 1,85                      | 35,46   | 7,60  | 28,0             | 52,40          | 12,60 | 1,23                                  | 0,0075 | 0,0068   |
| a <sub>out</sub> 1,81                     | 45,43   | 9,97  | 32,0             | 48,50          | 8,29  | 1,64                                  | 0,0079 | 0,0072   |
|   | 60,55   | 15,12 | 36,0             | 44,40          | 3,87  | 2,41                                  | 0,0086 | 0,0079   |

| Conductivité hydraulique    |               |
|-----------------------------|---------------|
| <b>Mesures manuelles</b>    |               |
| m                           | 0,03431 1/s   |
| K                           | 7,46E-03 cm/s |
| K (20°C)                    | 6,79E-03 cm/s |
| <b>Mesures automatiques</b> |               |
| m                           | - 1/s         |
| K                           | - cm/s        |
| K (20°C)                    | - cm/s        |

### Évaluation du rapport moyen ln(Δh<sub>0</sub>/Δh<sub>t</sub>)/t



|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |  |
| Date: jeudi 5 novembre 15            |  |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |  |
| Date: mardi 10 novembre 15           |  |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-06 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mercredi 28 octobre 15            | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Longueur                  | L= 12,52 cm              |
| Diamètre                  | D= 10,03 cm              |
| Surface                   | A= 78,94 cm <sup>2</sup> |
| Volume                    | V= 988,3 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M= 1964,03 g             |
| Distance entre les prises | L12= 4,50 cm             |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 16,56 %                       |
| Masse volumique sèche     | $\rho_d = 1,70$ g/cm <sup>3</sup> |
| Porosité                  | n = 0,375 -                       |
| Indice des vides          | e = 0,601 -                       |
| Volume des pores          | Vp = 371,1 cm <sup>3</sup>        |
| Degré de saturation final | Sr = 102,8 %                      |



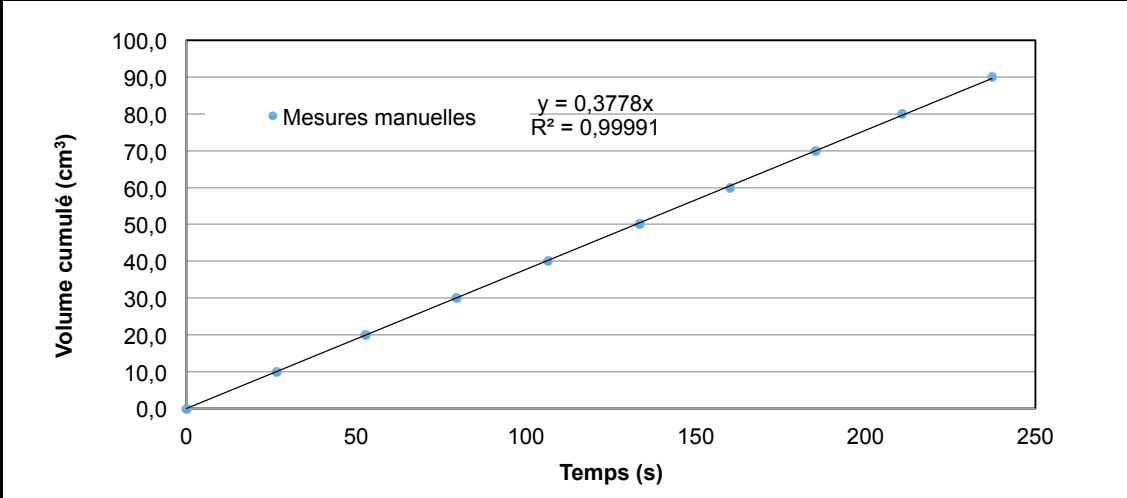
Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                |             | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      |             | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte:                      | 28,4 cm     | 0,00                        | 80,00         | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie:                        | 19,5 cm     | 26,61                       | 90,00         | 26,61      | 10,00    | 10,00      | 0,38               | 4,29E-02 | 3,90E-02 |
| $\Delta h$ :                   | 8,9 cm      | 52,92                       | 100,00        | 26,31      | 20,00    | 10,00      | 0,38               | 4,33E-02 | 3,94E-02 |
| dh/dl:                         | 0,711 cm/cm | 79,60                       | 110,00        | 26,68      | 30,00    | 10,00      | 0,37               | 4,27E-02 | 3,89E-02 |
| Calcul du gradient réel:       |             | 106,39                      | 120,00        | 26,79      | 40,00    | 10,00      | 0,37               | 4,26E-02 | 3,87E-02 |
| Sommet:                        | 24,5 cm     | 133,43                      | 130,00        | 27,04      | 50,00    | 10,00      | 0,37               | 4,22E-02 | 3,84E-02 |
| Base:                          | 24,0 cm     | 160,13                      | 140,00        | 26,70      | 60,00    | 10,00      | 0,37               | 4,27E-02 | 3,89E-02 |
| $\Delta h$ :                   | 0,5 cm      | 185,34                      | 150,00        | 25,21      | 70,00    | 10,00      | 0,40               | 4,52E-02 | 4,12E-02 |
| dh/dl:                         | 0,111 cm/cm | 210,76                      | 160,00        | 25,42      | 80,00    | 10,00      | 0,39               | 4,49E-02 | 4,08E-02 |
|                                |             | 237,16                      | 170,00        | 26,40      | 90,00    | 10,00      | 0,38               | 4,32E-02 | 3,93E-02 |

| Conductivité hydraulique    |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Mesures manuelles</b>    |                           |
| Q <sub>m</sub>              | 0,3778 cm <sup>3</sup> /s |
| K                           | 4,31E-02 cm/s             |
| K (20°C)                    | 3,92E-02 cm/s             |
| <b>Mesures automatiques</b> |                           |
| Q <sub>m</sub>              | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                           | - cm/s                    |
| K (20°C)                    | - cm/s                    |

### Évaluation du débit de filtration moyen (Q<sub>m</sub>)



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: mercredi 28 octobre 15  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: mardi 10 novembre 15


Commentaires:



## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-02-06 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mercredi 28 octobre 15            | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L =        | 12,52 cm               |
|   | Diamètre                  | D =        | 10,03 cm               |
|   | Surface                   | A =        | 78,94 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V =        | 988,3 cm <sup>3</sup>  |
|   | Masse initiale            | M =        | 1964,03 g              |
|   | Distance entre les prises | L12 =      | 4,50 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 16,56 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,70 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,375 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,601 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 371,1 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr =       | 102,8 %                |



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

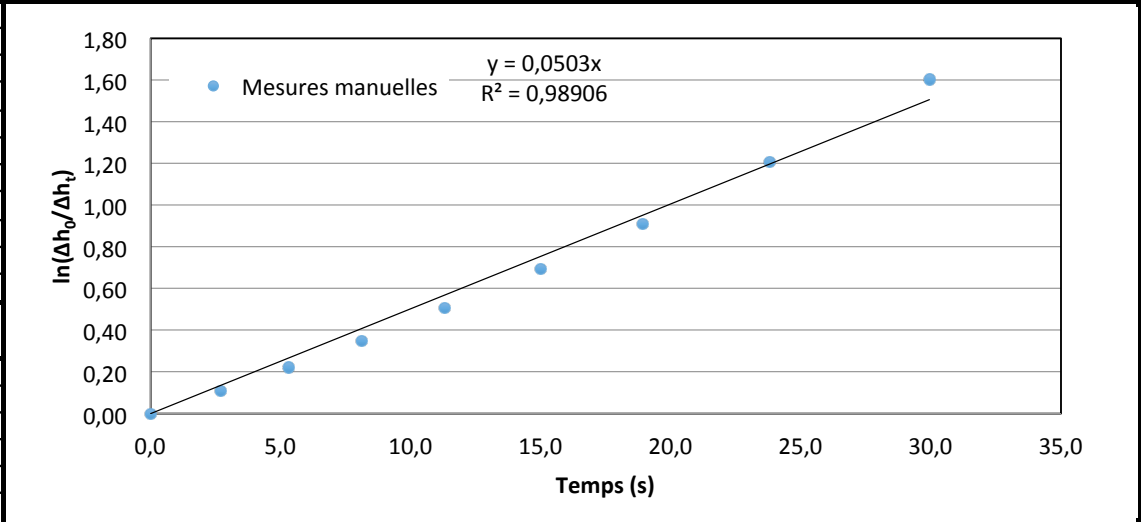
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RESULTATS - ESSAI DE PERMEABILITE A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,00             | 80,00          | 43,40 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67,7    | 2,70  | 4,00             | 76,00          | 39,02 | 0,11                                  | 5,71E-03 | 5,19E-03 |
| Distance au max. ml                       | 13,3    | 5,32  | 8,00             | 72,20          | 34,76 | 0,22                                  | 6,05E-03 | 5,51E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 8,12  | 12,00            | 68,60          | 30,60 | 0,35                                  | 6,24E-03 | 5,68E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 66,5    | 11,33 | 16,00            | 64,40          | 26,12 | 0,51                                  | 6,50E-03 | 5,91E-03 |
| Distance au max. ml                       | 11,5    | 14,99 | 20,00            | 60,20          | 21,63 | 0,70                                  | 6,73E-03 | 6,13E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,84                      | 23,81   | 4,90  | 28,00            | 52,40          | 12,99 | 1,21                                  | 7,35E-03 | 6,68E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,82                     | 29,94   | 6,13  | 32,00            | 48,60          | 8,72  | 1,60                                  | 7,77E-03 | 7,07E-03 |
|   | 39,95   | 10,01 | 36,00            | 44,60          | 4,35  | 2,30                                  | 8,35E-03 | 7,60E-03 |

| Conductivité hydraulique |               |
|--------------------------|---------------|
| Mesures manuelles        |               |
| m                        | 0,05031 1/s   |
| K                        | 7,29E-03 cm/s |
| K (20°C)                 | 6,64E-03 cm/s |
| Mesures automatiques     |               |
| m                        | - 1/s         |
| K                        | - cm/s        |
| K (20°C)                 | - cm/s        |

### Évaluation du rapport moyen ln(Δh<sub>0</sub>/Δh<sub>t</sub>)/t



|                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                        |
| Date:                                | mercredi 28 octobre 15 |
| Vérfié par : Philippe Pasquier, ing. |                        |
| Date:                                | mardi 10 novembre 15   |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-03-01 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> vendredi 30 octobre 15            | <b>PERMEAMETRE:</b> P-2         |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| Longueur                  | L = 13,18 cm               |
| Diamètre                  | D = 10,02 cm               |
| Surface                   | A = 78,87 cm <sup>2</sup>  |
| Volume                    | V = 1039,3 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M = 1738,93 g              |
| Distance entre les prises | L12 = 7,58 cm              |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 2,22 %                        |
| Masse volumique sèche     | $\rho_s = 1,64$ g/cm <sup>3</sup> |
| Porosité                  | n = 0,400 -                       |
| Indice des vides          | e = 0,668 -                       |
| Volume des pores          | Vp = 416,2 cm <sup>3</sup>        |
| Degré de saturation final | Sr = 88,8 %                       |



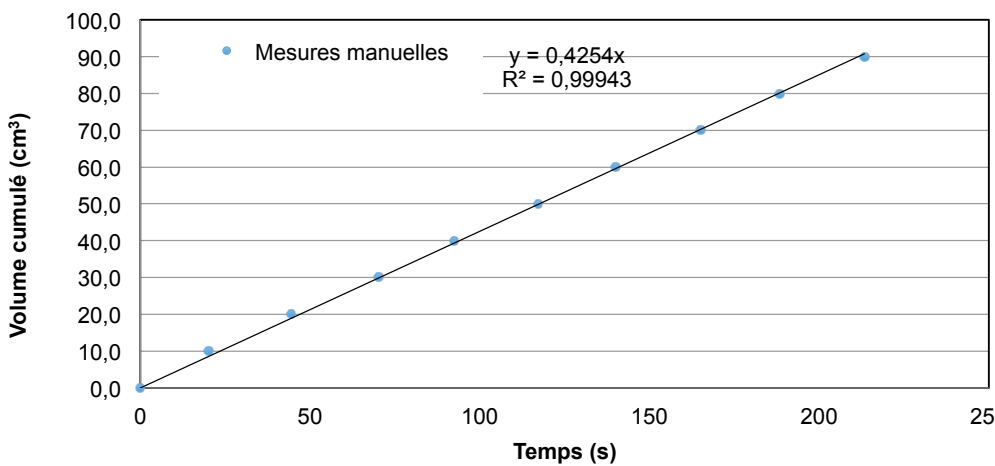
**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                |             | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit              | Q        | K        |
| Calcul du gradient total:      |             | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte:                      | 28,5 cm     | 0,00                        | 0,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie:                        | 23,5 cm     | 20,04                       | 10,00         | 20,04      | 10,00    | 10,00      | 0,50               | 9,59E-03 | 8,73E-03 |
| $\Delta h$ :                   | 5,0 cm      | 44,44                       | 20,00         | 24,40      | 20,00    | 10,00      | 0,41               | 7,88E-03 | 7,17E-03 |
| dh/dl:                         | 0,379 cm/cm | 70,30                       | 30,00         | 25,86      | 30,00    | 10,00      | 0,39               | 7,43E-03 | 6,76E-03 |
| Calcul du gradient réel:       |             | 92,48                       | 40,00         | 22,18      | 40,00    | 10,00      | 0,45               | 8,67E-03 | 7,89E-03 |
| Sommet:                        | 29,7 cm     | 117,19                      | 50,00         | 24,71      | 50,00    | 10,00      | 0,40               | 7,78E-03 | 7,08E-03 |
| Base:                          | 24,7 cm     | 140,02                      | 60,00         | 22,83      | 60,00    | 10,00      | 0,44               | 8,42E-03 | 7,66E-03 |
| $\Delta h$ :                   | 5,0 cm      | 165,13                      | 70,00         | 25,11      | 70,00    | 10,00      | 0,40               | 7,65E-03 | 6,97E-03 |
| dh/dl:                         | 0,660 cm/cm | 188,39                      | 80,00         | 23,26      | 80,00    | 10,00      | 0,43               | 8,26E-03 | 7,52E-03 |
|                                |             | 213,33                      | 90,00         | 24,94      | 90,00    | 10,00      | 0,40               | 7,71E-03 | 7,01E-03 |


| Conductivité hydraulique  | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
|---|---|--|-----------------|---------------------------|-------|------------------------|--------------|---------------|-------------------------|--|-------|----------------------|---|--------|----------|--------|--|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Mesures manuelles</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>0,4254 cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>8,18E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>7,44E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Mesures automatiques</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>- cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>- cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>- cm/s</td> </tr> </table> | Mesures manuelles                                 |  | $Q_m$           | 0,4254 cm <sup>3</sup> /s | K     | 8,18E-03 cm/s          | K (20°C)     | 7,44E-03 cm/s | Mesures automatiques    |  | $Q_m$ | - cm <sup>3</sup> /s | K | - cm/s | K (20°C) | - cm/s |  <p style="text-align: center;">• Mesures manuelles    <math>y = 0,4254x</math><br/><math>R^2 = 0,99943</math></p> |
| Mesures manuelles   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| $Q_m$   | 0,4254 cm <sup>3</sup> /s                         |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K   | 8,18E-03 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K (20°C)  | 7,44E-03 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Mesures automatiques  |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| $Q_m$   | - cm <sup>3</sup> /s                              |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K   | - cm/s  |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| K (20°C)  | - cm/s  |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Essai réalisé par :</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Laurence Gagnon</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>vendredi 30 octobre 15</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vérifié par:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Philippe Pasquier, ing.</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>mardi 10 novembre 15</td> </tr> </table>  | Essai réalisé par :                               |  | Laurence Gagnon |                           | Date: | vendredi 30 octobre 15 | Vérifié par: |               | Philippe Pasquier, ing. |  | Date: | mardi 10 novembre 15 |   |        |          |        |  |
| Essai réalisé par :   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Laurence Gagnon   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Date:   | vendredi 30 octobre 15                            |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Vérifié par:  |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Philippe Pasquier, ing.   |   |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |
| Date:   | mardi 10 novembre 15                              |  |                 |                           |       |                        |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |  |

**Commentaires:**

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-03-01 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> vendredi 30 octobre 15            | <b>PERMEAMÈTRE:</b> P-2         |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 13,18 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,02 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 78,87 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 1039,3 cm <sup>3</sup> |
|   | Masse initiale            | M=         | 1738,93 g              |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 7,58 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 2,22 %                 |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_d =$ | 1,64 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n=         | 0,400 -                |
|   | Indice des vides          | e=         | 0,668 -                |
|   | Volume des pores          | Vp=        | 416,2 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr=        | 88,8 %                 |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

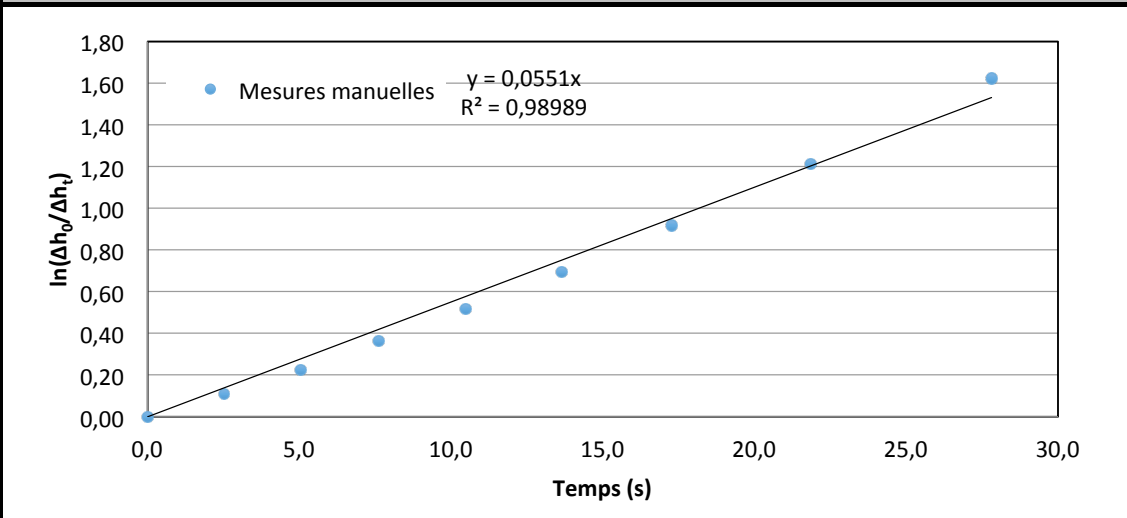
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 43,50 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67,2    | 2,53  | 4,0              | 75,8           | 39,01 | 0,11                                  | 6,57E-03 | 5,98E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,7    | 5,03  | 8,0              | 72,0           | 34,74 | 0,22                                  | 6,82E-03 | 6,21E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 7,62  | 12,0             | 67,8           | 30,25 | 0,36                                  | 7,27E-03 | 6,62E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 67,7    | 10,49 | 16,0             | 63,9           | 25,93 | 0,52                                  | 7,53E-03 | 6,85E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,7    | 13,65 | 20,0             | 60,2           | 21,71 | 0,69                                  | 7,77E-03 | 7,07E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,83                      | 21,85   | 4,57  | 28,0             | 52,20          | 12,95 | 1,21                                  | 8,46E-03 | 7,70E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,82                     | 27,81   | 5,96  | 32,0             | 48,20          | 8,57  | 1,62                                  | 8,91E-03 | 8,11E-03 |
|   | 36,56   | 8,75  | 36,0             | 44,00          | 4,08  | 2,37                                  | 9,88E-03 | 8,99E-03 |

| Conductivité hydraulique    |               |
|-----------------------------|---------------|
| <b>Mesures manuelles</b>    |               |
| m                           | 0,05507 1/s   |
| K                           | 8,40E-03 cm/s |
| K (20°C)                    | 7,65E-03 cm/s |
| <b>Mesures automatiques</b> |               |
| m                           | - 1/s         |
| K                           | - cm/s        |
| K (20°C)                    | - cm/s        |

### Évaluation du rapport moyen ln(Δh<sub>0</sub>/Δh<sub>t</sub>)/t



|                              |  |
|------------------------------|--|
| Essai réalisé par :          |  |
| Laurence Gagnon              |  |
| Date: vendredi 30 octobre 15 |  |
| Vérifié par:                 |  |
| Philippe Pasquier, ing.      |  |
| Date: mardi 10 novembre 15   |  |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-03-08 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mardi 3 novembre 15               | <b>PERMEAMETRE:</b> P1          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 13,22 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,16 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 81,05 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 1071,7 cm <sup>3</sup> |
|   | Masse initiale            | M=         | 1893,79 g              |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 6,39 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W=         | 21,18 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s$ = | 1,46 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n=         | 0,466 -                |
|   | Indice des vides          | e=         | 0,872 -                |
|   | Volume des pores          | Vp=        | 499,2 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr=        | 102,5 %                |



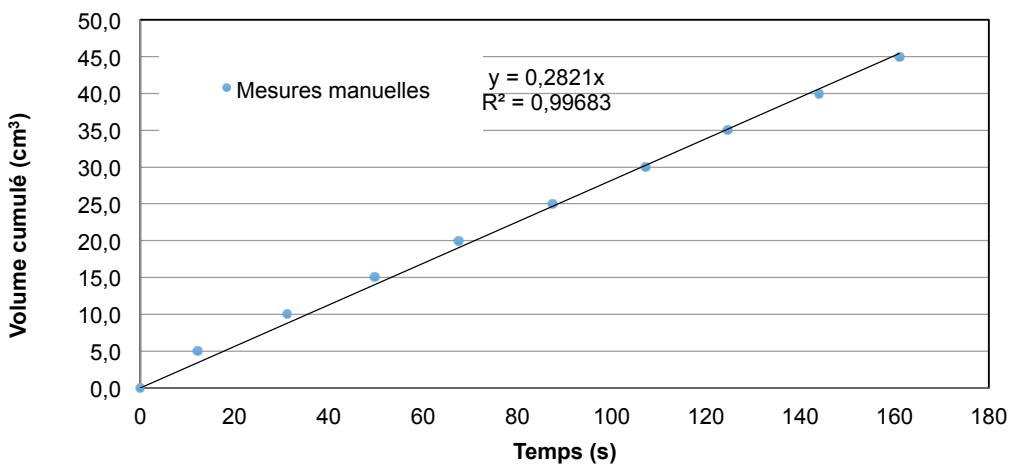
**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |                  |            |             |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------|------------|-------------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                |             | Temps<br>t                  | Volume<br>cumulé | $\Delta t$ | Volume<br>V | $\Delta V$ | Débit<br>Q         | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      |             | s                           | ml               | s          | ml          | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte:                      | 31,0 cm     | 0,00                        | 0,00             | -          | 0,00        | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie:                        | 22,5 cm     | 12,17                       | 5,00             | 12,17      | 5,00        | 5,00       | 0,41               | 1,01E-02 | 9,21E-03 |
| $\Delta h$ :                   | 8,5 cm      | 31,19                       | 10,00            | 19,02      | 10,00       | 5,00       | 0,26               | 6,48E-03 | 5,89E-03 |
| dh/dl:                         | 0,643 cm/cm | 49,67                       | 15,00            | 18,48      | 15,00       | 5,00       | 0,27               | 6,67E-03 | 6,07E-03 |
| Calcul du gradient réel:       |             | 67,54                       | 20,00            | 17,87      | 20,00       | 5,00       | 0,28               | 6,89E-03 | 6,27E-03 |
| Sommet:                        | 27,7 cm     | 87,41                       | 25,00            | 19,87      | 25,00       | 5,00       | 0,25               | 6,20E-03 | 5,64E-03 |
| Base:                          | 24,5 cm     | 107,15                      | 30,00            | 19,74      | 30,00       | 5,00       | 0,25               | 6,24E-03 | 5,68E-03 |
| $\Delta h$ :                   | 3,2 cm      | 124,59                      | 35,00            | 17,44      | 35,00       | 5,00       | 0,29               | 7,06E-03 | 6,43E-03 |
| dh/dl:                         | 0,501 cm/cm | 144,06                      | 40,00            | 19,47      | 40,00       | 5,00       | 0,26               | 6,33E-03 | 5,76E-03 |
|                                |             | 161,01                      | 45,00            | 16,95      | 45,00       | 5,00       | 0,29               | 7,27E-03 | 6,61E-03 |

| Conductivité hydraulique  | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
|---|---|--|-----------------|---------------------------|-------|---------------------|--------------|---------------|-------------------------|--|-------|----------------------|---|--------|----------|--------|---|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Mesures manuelles</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>0,2821 cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>6,95E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>6,32E-03 cm/s</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Mesures automatiques</th> </tr> <tr> <td><math>Q_m</math></td> <td>- cm<sup>3</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>- cm/s</td> </tr> <tr> <td>K (20°C)</td> <td>- cm/s</td> </tr> </table> | Mesures manuelles                                 |  | $Q_m$           | 0,2821 cm <sup>3</sup> /s | K     | 6,95E-03 cm/s       | K (20°C)     | 6,32E-03 cm/s | Mesures automatiques    |  | $Q_m$ | - cm <sup>3</sup> /s | K | - cm/s | K (20°C) | - cm/s |  <p>Graph showing cumulative volume (cm<sup>3</sup>) versus time (s). The regression line is <math>y = 0,2821x</math> with <math>R^2 = 0,99683</math>. The data points are labeled 'Mesures manuelles'.</p> |
| Mesures manuelles   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| $Q_m$   | 0,2821 cm <sup>3</sup> /s                         |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K   | 6,95E-03 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K (20°C)  | 6,32E-03 cm/s                                     |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Mesures automatiques  |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| $Q_m$   | - cm <sup>3</sup> /s                              |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K   | - cm/s  |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| K (20°C)  | - cm/s  |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Essai réalisé par :</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Laurence Gagnon</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>mardi 3 novembre 15</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vérifié par:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Philippe Pasquier, ing.</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>mardi 10 novembre 15</td> </tr> </table>   | Essai réalisé par :                               |  | Laurence Gagnon |                           | Date: | mardi 3 novembre 15 | Vérifié par: |               | Philippe Pasquier, ing. |  | Date: | mardi 10 novembre 15 |   |        |          |        |   |
| Essai réalisé par :   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Laurence Gagnon   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Date:   | mardi 3 novembre 15                               |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Vérifié par:  |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Philippe Pasquier, ing.   |   |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |
| Date:   | mardi 10 novembre 15                              |  |                 |                           |       |                     |              |               |                         |  |       |                      |   |        |          |        |   |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-03-08 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> mardi 3 novembre 15               | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P1          |

|                                    |                           |       |                        |
|------------------------------------|---------------------------|-------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                  | Sable fin à moyen         |       |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b> | Longueur                  | L =   | 13,22 cm               |
|                                    | Diamètre                  | D =   | 10,16 cm               |
|                                    | Surface                   | A =   | 81,05 cm <sup>2</sup>  |
|                                    | Volume                    | V =   | 1071,7 cm <sup>3</sup> |
|                                    | Masse initiale            | M =   | 1893,79 g              |
|                                    | Distance entre les prises | L12 = | 6,39 cm                |



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 21,18 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,46 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,466 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,872 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 499,2 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr =       | 102,5 %                |

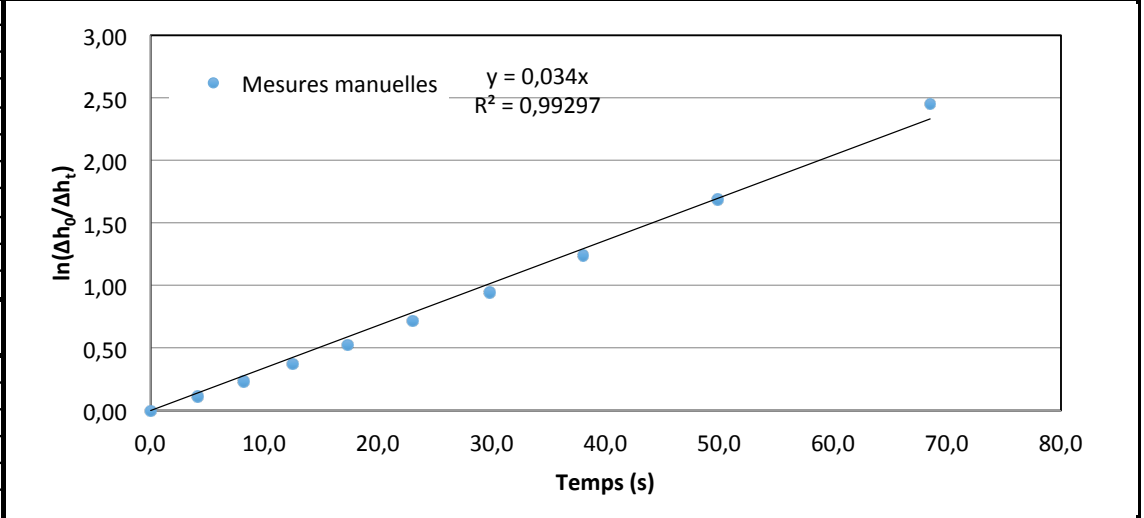
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RESULTATS - ESSAI DE PERMEABILITE A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 41,94 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 65,2    | 4,19  | 4,0              | 75,8           | 37,57 | 0,11                                  | 4,02E-03 | 3,66E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 8,13  | 8,0              | 71,8           | 33,31 | 0,23                                  | 4,34E-03 | 3,95E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 12,47 | 12,0             | 67,4           | 28,84 | 0,37                                  | 4,60E-03 | 4,19E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 66,5    | 17,37 | 16,0             | 63,9           | 24,85 | 0,52                                  | 4,62E-03 | 4,20E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,7    | 23,01 | 20,0             | 59,8           | 20,53 | 0,71                                  | 4,76E-03 | 4,33E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,90                      | 38,00   | 8,18  | 28,0             | 52,00          | 12,12 | 1,24                                  | 5,00E-03 | 4,55E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,86                     | 49,85   | 11,85 | 32,0             | 47,80          | 7,75  | 1,69                                  | 5,19E-03 | 4,72E-03 |
|   | 68,50   | 18,65 | 36,0             | 44,00          | 3,60  | 2,46                                  | 5,49E-03 | 5,00E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du rapport moyen ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> )/t |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |               |
|----------------------|---------------|
| m                    | 0,03404 1/s   |
| K                    | 5,22E-03 cm/s |
| K (20°C)             | 4,75E-03 cm/s |
| Mesures automatiques |               |
| m                    | - 1/s         |
| K                    | - cm/s        |
| K (20°C)             | - cm/s        |



|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |  |
| Date: mardi 3 novembre 15            |  |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |  |
| Date: mardi 10 novembre 15           |  |

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-03-09 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> lundi 2 novembre 15               | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Longueur                  | L= 14,16 cm               |
| Diamètre                  | D= 10,03 cm               |
| Surface                   | A= 78,94 cm <sup>2</sup>  |
| Volume                    | V= 1118,2 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M= 2143,59 g              |
| Distance entre les prises | L12= 4,50 cm              |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Teneur en eau initiale    | W = 18,91 %                       |
| Masse volumique sèche     | $\rho_d = 1,61$ g/cm <sup>3</sup> |
| Porosité                  | n = 0,409 -                       |
| Indice des vides          | e = 0,693 -                       |
| Volume des pores          | Vp = 457,8 cm <sup>3</sup>        |
| Degré de saturation final | Sr = 97,8 %                       |

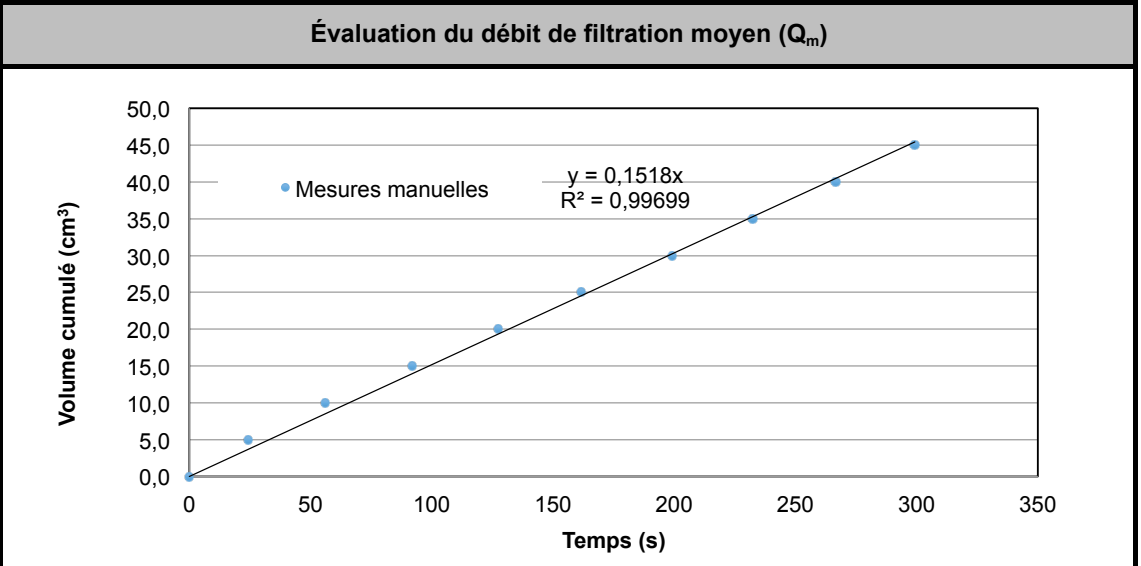


Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique |             | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                |             | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      |             | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte:                      | 35,7 cm     | 0                           | 0,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie:                        | 24,5 cm     | 24,17                       | 5,00          | 24,17      | 5,00     | 5,00       | 0,21               | 2,81E-03 | 2,56E-03 |
| $\Delta h$ :                   | 11,2 cm     | 56,20                       | 10,00         | 32,03      | 10,00    | 5,00       | 0,16               | 2,12E-03 | 1,93E-03 |
| dh/dl:                         | 0,791 cm/cm | 92,04                       | 15,00         | 35,84      | 15,00    | 5,00       | 0,14               | 1,89E-03 | 1,72E-03 |
| Calcul du gradient réel:       |             | 127,27                      | 20,00         | 35,23      | 20,00    | 5,00       | 0,14               | 1,93E-03 | 1,75E-03 |
| Sommet:                        | 29,5 cm     | 161,69                      | 25,00         | 34,42      | 25,00    | 5,00       | 0,15               | 1,97E-03 | 1,79E-03 |
| Base:                          | 25,3 cm     | 199,32                      | 30,00         | 37,63      | 30,00    | 5,00       | 0,13               | 1,80E-03 | 1,64E-03 |
| $\Delta h$ :                   | 4,2 cm      | 232,28                      | 35,00         | 32,96      | 35,00    | 5,00       | 0,15               | 2,06E-03 | 1,87E-03 |
| dh/dl:                         | 0,933 cm/cm | 266,63                      | 40,00         | 34,35      | 40,00    | 5,00       | 0,15               | 1,98E-03 | 1,80E-03 |
|                                |             | 299,27                      | 45,00         | 32,64      | 45,00    | 5,00       | 0,15               | 2,08E-03 | 1,89E-03 |

| Conductivité hydraulique |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| Mesures manuelles        |                           |
| Q <sub>m</sub>           | 0,1518 cm <sup>3</sup> /s |
| K                        | 2,06E-03 cm/s             |
| K (20°C)                 | 1,88E-03 cm/s             |
| Mesures automatiques     |                           |
| Q <sub>m</sub>           | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                        | - cm/s                    |
| K (20°C)                 | - cm/s                    |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: lundi 2 novembre 15  
Vérfié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: mardi 10 novembre 15

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> CS-15-03-09 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> lundi 2 novembre 15               | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L =        | 14,16 cm               |
|   | Diamètre                  | D =        | 10,03 cm               |
|   | Surface                   | A =        | 78,94 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V =        | 1118,2 cm <sup>3</sup> |
|   | Masse initiale            | M =        | 2143,59 g              |
|   | Distance entre les prises | L12 =      | 4,50 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 18,91 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,61 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,409 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,693 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 457,8 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation final | Sr =       | 97,8 %                 |



Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

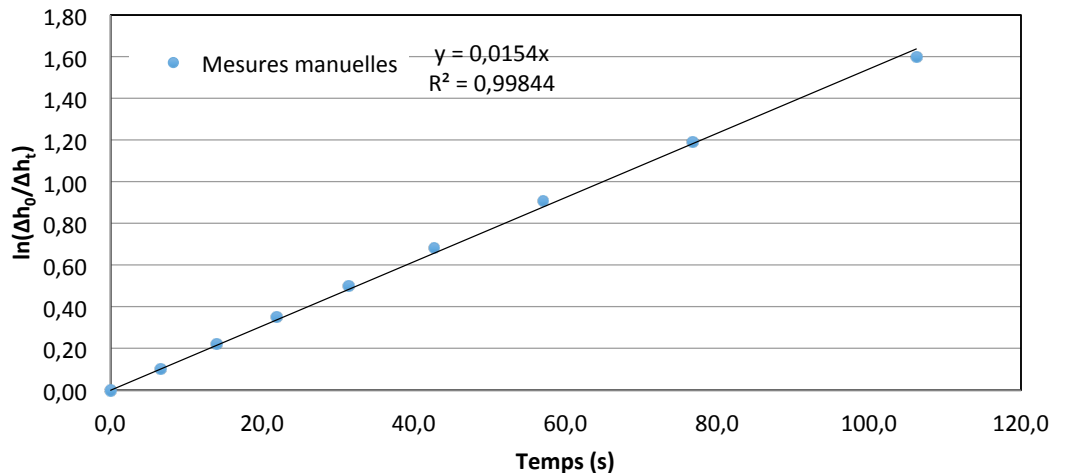
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RESULTATS - ESSAI DE PERMEABILITE A CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,00             | 80,00          | 43,46 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 6,57  | 4,00             | 76,30          | 39,24 | 0,10                                  | 2,54E-03 | 2,32E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 13,90 | 7,33             | 8,00           | 72,30 | 34,85                                 | 2,60E-03 | 2,36E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 21,89 | 7,99             | 12,00          | 68,60 | 30,63                                 | 2,61E-03 | 2,38E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 67,7    | 31,35 | 9,46             | 16,00          | 64,70 | 26,29                                 | 2,62E-03 | 2,39E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 42,66 | 11,31            | 20,00          | 60,80 | 21,96                                 | 2,62E-03 | 2,38E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,83                      | 76,74   | 19,69 | 28,00            | 52,80          | 13,19 | 1,19                                  | 2,54E-03 | 2,31E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,81                     | 106,20  | 29,46 | 32,00            | 48,80          | 8,80  | 1,60                                  | 2,46E-03 | 2,24E-03 |

| Conductivité hydraulique |               |
|--------------------------|---------------|
| Mesures manuelles        |               |
| m                        | 0,01542 1/s   |
| K                        | 2,52E-03 cm/s |
| K (20°C)                 | 2,29E-03 cm/s |
| Mesures automatiques     |               |
| m                        | - 1/s         |
| K                        | - cm/s        |
| K (20°C)                 | - cm/s        |

### Évaluation du rapport moyen ln(Δh<sub>0</sub>/Δh<sub>t</sub>)/t



|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Essai réalisé par :     |                      |
| Laurence Gagnon         |                      |
| Date:                   | lundi 2 novembre 15  |
| Vérifié par:            |                      |
| Philippe Pasquier, ing. |                      |
| Date:                   | mardi 10 novembre 15 |

Commentaires:



# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-04-01 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 25 novembre 2015                  | PERMÉAMÈTRE: P9          |

Sol testé: Sable fin à moyen

|                             |                           |                           |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 12,71 cm               |
|                             | Diamètre                  | D= 10,02 cm               |
|                             | Surface                   | A= 78,80 cm <sup>2</sup>  |
|                             | Volume                    | V= 1001,5 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 1748,1 g               |
|                             | Distance entre les prises | L12= 7,56 cm              |

|                                    |                        |                                   |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 17,64 %                       |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,48$ g/cm <sup>3</sup> |
|                                    | Porosité               | n = 0,456 -                       |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,840 -                       |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 457,1 cm <sup>3</sup>        |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 88,3 %                       |



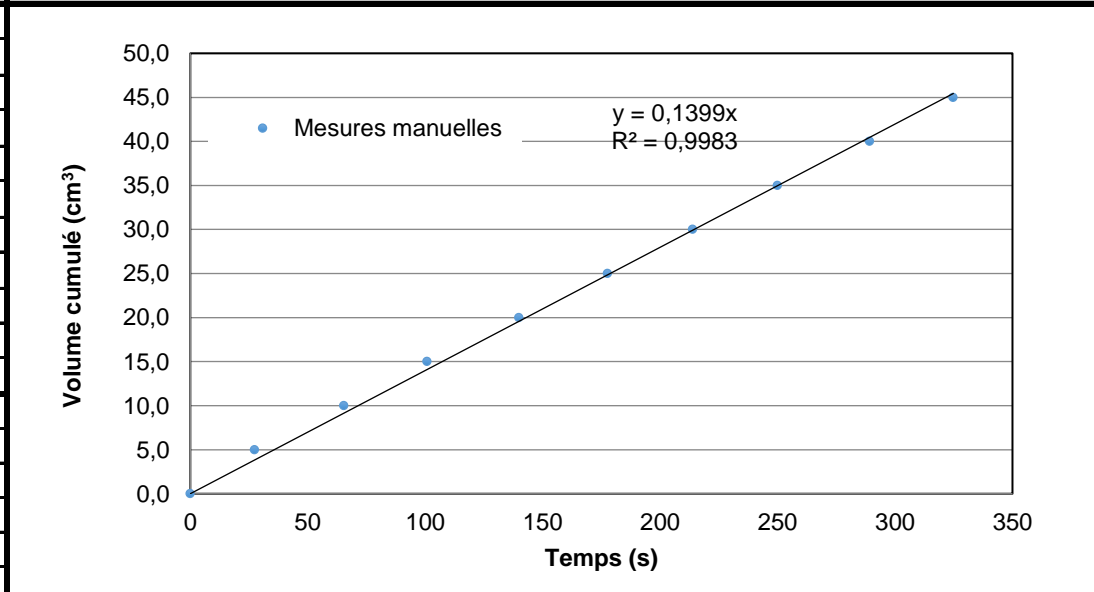
Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>26 °C |
| Facteur de correction:<br>0,869  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 31,0 cm              | 0,00                        | 0,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 21,0 cm                | 27,41                       | 5,00          | 27,41 | 5,00     | 5,00 | 0,18               | 6,25E-03 | 5,43E-03 |
| Δh: 10,0 cm                    | 65,46                       | 10,00         | 38,05 | 10,00    | 5,00 | 0,13               | 4,50E-03 | 3,91E-03 |
| dh/dl: 0,787 cm/cm             | 100,79                      | 15,00         | 35,33 | 15,00    | 5,00 | 0,14               | 4,85E-03 | 4,21E-03 |
| Calcul du gradient réel:       | 139,91                      | 20,00         | 39,12 | 20,00    | 5,00 | 0,13               | 4,38E-03 | 3,80E-03 |
| Sommet: 27,5 cm                | 177,61                      | 25,00         | 37,70 | 25,00    | 5,00 | 0,13               | 4,54E-03 | 3,95E-03 |
| Base: 24,7 cm                  | 213,95                      | 30,00         | 36,34 | 30,00    | 5,00 | 0,14               | 4,71E-03 | 4,09E-03 |
| Δh: 2,8 cm                     | 250,05                      | 35,00         | 36,10 | 35,00    | 5,00 | 0,14               | 4,74E-03 | 4,12E-03 |
| dh/dl: 0,371 cm/cm             | 289,31                      | 40,00         | 39,26 | 40,00    | 5,00 | 0,13               | 4,36E-03 | 3,79E-03 |
|                                | 324,82                      | 45,00         | 35,51 | 45,00    | 5,00 | 0,14               | 4,82E-03 | 4,19E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>       | 0,1399 cm <sup>3</sup> /s |
| K                    | 4,79E-03 cm/s             |
| K (20°C)             | 4,16E-03 cm/s             |
| Mesures automatiques |                           |
| Q <sub>m</sub>       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                    | - cm/s                    |
| K (20°C)             | - cm/s                    |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: 25 novembre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: 15 décembre 2015


Commentaires:



## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-04-01 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 25 novembre 2015                  | PERMÉAMÈTRE: P9          |

|                                    |                           |            |                        |
|------------------------------------|---------------------------|------------|------------------------|
| Sol testé:                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| Caractéristiques du moule :        | Longueur                  | L=         | 12,71 cm               |
|                                    | Diamètre                  | D=         | 10,02 cm               |
|                                    | Surface                   | A=         | 78,80 cm <sup>2</sup>  |
|                                    | Volume                    | V=         | 1001,5 cm <sup>3</sup> |
|                                    | Masse initiale            | M=         | 1748,1 g               |
|                                    | Distance entre les prises | L12=       | 7,56 cm                |
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale    | W =        | 17,64 %                |
|                                    | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,48 g/cm <sup>3</sup> |
|                                    | Porosité                  | n=         | 0,456 -                |
|                                    | Indice des vides          | e=         | 0,840 -                |
|                                    | Volume des pores          | Vp=        | 457,1 cm <sup>3</sup>  |
|                                    | Degré de saturation       | Sr=        | 88,3 %                 |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

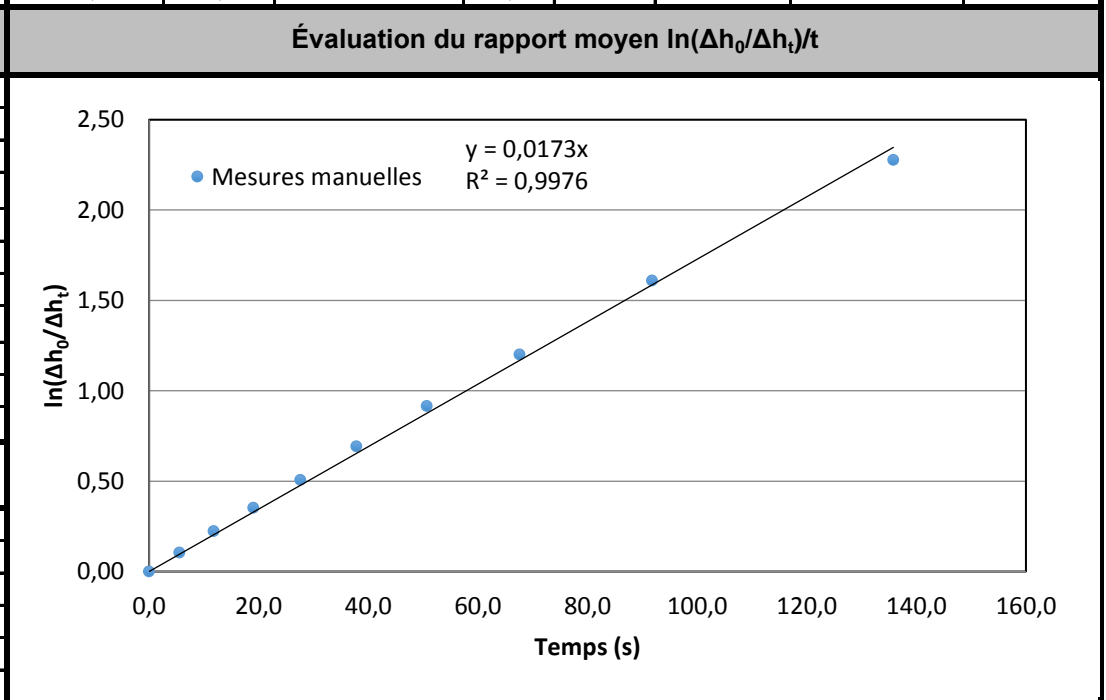
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>26 °C |
| Facteur de correction:<br>0,869  |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | $\Delta t$ | Burette d'entrée | Burette sortie | $\Delta h$ | $\ln(\Delta h_0/\Delta h_t)$ | K        | K à 20°C |
|---|---------|------------|------------------|----------------|------------|------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s          | ml               | ml             | cm         | -                            | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00       | 0,0              | 80,0           | 43,60      | 0,00                         | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67,2    | 5,54       | 4,0              | 76,1           | 39,29      | 0,10                         | 2,78E-03 | 2,41E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,7    | 11,77      | 8,0              | 72,0           | 34,88      | 0,22                         | 2,80E-03 | 2,44E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 19,06      | 12,0             | 68,2           | 30,63      | 0,35                         | 2,74E-03 | 2,38E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 27,59      | 16,0             | 64,2           | 26,27      | 0,51                         | 2,72E-03 | 2,36E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 37,81      | 20,0             | 60,0           | 21,80      | 0,69                         | 2,71E-03 | 2,36E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| $a_{in}$ 1,83                             |         | 67,62      | 28,0             | 52,10          | 13,13      | 1,20                         | 2,63E-03 | 2,28E-03 |
| $a_{out}$ 1,83                            |         | 91,82      | 32,0             | 48,00          | 8,72       | 1,61                         | 2,59E-03 | 2,25E-03 |
|   |         | 135,81     | 36,0             | 44,20          | 4,47       | 2,28                         | 2,48E-03 | 2,16E-03 |

| Conductivité hydraulique    |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Mesures manuelles</b>    |                         |
| m                           | 0,01728 1/s             |
| K                           | 2,56E-03 cm/s           |
| K (20°C)                    | 2,22E-03 cm/s           |
| <b>Mesures automatiques</b> |                         |
| m                           | - 1/s                   |
| K                           | - cm/s                  |
| K (20°C)                    | - cm/s                  |
|                             |                         |
|                             |                         |
|                             |                         |
|                             |                         |
| Essai réalisé par :         | Laurence Gagnon         |
| Date:                       |                         |
| Vérfié par:                 | Philippe Pasquier, ing. |
| Date:                       | 15 décembre 2015        |



# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-04-02 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 26 novembre 2015                  | PERMÉAMÈTRE: P9          |

Sol testé: Sable fin à moyen

|                             |                           |                           |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 13,41 cm               |
|                             | Diamètre                  | D= 10,03 cm               |
|                             | Surface                   | A= 78,94 cm <sup>2</sup>  |
|                             | Volume                    | V= 1058,3 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 2136,3 g               |
|                             | Distance entre les prises | L12= 7,56 cm              |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

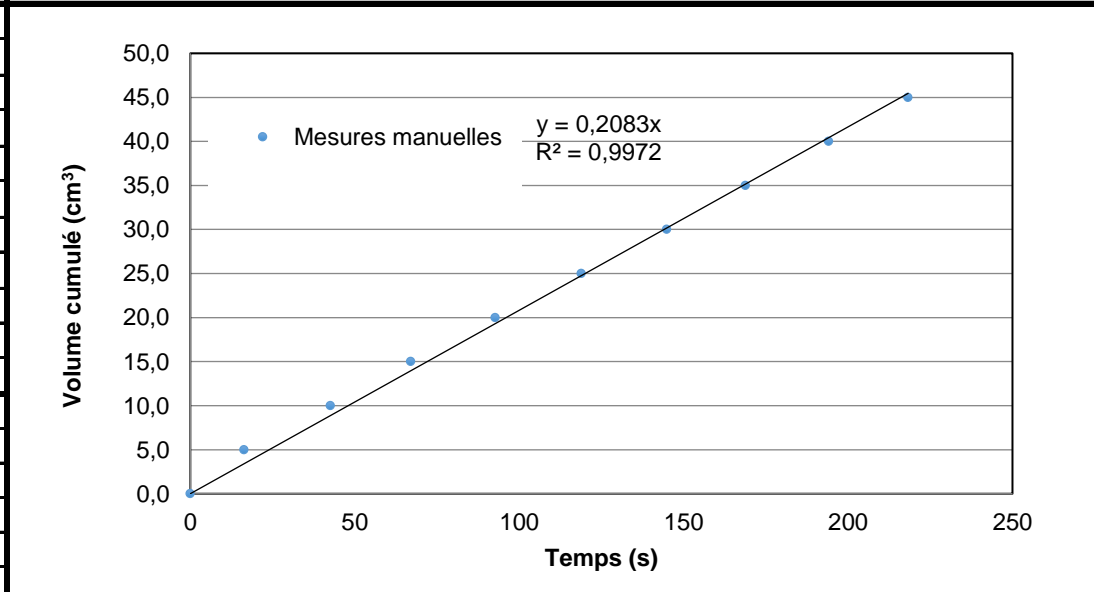
|                                    |                        |                                |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 14,983 %                   |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,76 \text{ g/cm}^3$ |
|                                    | Porosité               | n = 0,357 -                    |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,555 -                    |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 377,8 cm <sup>3</sup>     |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 90,3 %                    |

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 38,0 cm              | 0,00                        | 0,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 20,5 cm                | 16,38                       | 5,00          | 16,38 | 5,00     | 5,00 | 0,31               | 1,95E-02 | 1,81E-02 |
| Δh: 17,5 cm                    | 42,64                       | 10,00         | 26,26 | 10,00    | 5,00 | 0,19               | 1,22E-02 | 1,13E-02 |
| dh/dl: 1,305 cm/cm             | 67,10                       | 15,00         | 24,46 | 15,00    | 5,00 | 0,20               | 1,30E-02 | 1,21E-02 |
| Calcul du gradient réel:       | 92,72                       | 20,00         | 25,62 | 20,00    | 5,00 | 0,20               | 1,25E-02 | 1,16E-02 |
| Sommet: 26,0 cm                | 118,90                      | 25,00         | 26,18 | 25,00    | 5,00 | 0,19               | 1,22E-02 | 1,13E-02 |
| Base: 24,5 cm                  | 144,91                      | 30,00         | 26,01 | 30,00    | 5,00 | 0,19               | 1,23E-02 | 1,14E-02 |
| Δh: 1,5 cm                     | 168,81                      | 35,00         | 23,90 | 35,00    | 5,00 | 0,21               | 1,34E-02 | 1,24E-02 |
| dh/dl: 0,198 cm/cm             | 194,13                      | 40,00         | 25,32 | 40,00    | 5,00 | 0,20               | 1,26E-02 | 1,17E-02 |
|                                | 218,28                      | 45,00         | 24,15 | 45,00    | 5,00 | 0,21               | 1,32E-02 | 1,23E-02 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>       | 0,2083 cm <sup>3</sup> /s |
| K                    | 1,33E-02 cm/s             |
| K (20°C)             | 1,24E-02 cm/s             |
| Mesures automatiques |                           |
| Q <sub>m</sub>       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                    | - cm/s                    |
| K (20°C)             | - cm/s                    |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: 26 novembre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: 15 décembre 2015

Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-04-02 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 26 novembre 2015                  | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

**Caractéristiques du moule :**

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Longueur                  | L= 13,41 cm               |
| Diamètre                  | D= 10,03 cm               |
| Surface                   | A= 78,94 cm <sup>2</sup>  |
| Volume                    | V= 1058,3 cm <sup>3</sup> |
| Masse initiale            | M= 2136,3 g               |
| Distance entre les prises | L12= 7,56 cm              |

**Caractéristiques de l'échantillon:**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Teneur en eau initiale | W = 14,98 %                            |
| Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,76$ g/cm <sup>3</sup>      |
| Porosité               | n = 0,357 -                            |
| Indice des vides       | e = 0,555 -                            |
| Volume des pores       | V <sub>p</sub> = 377,8 cm <sup>3</sup> |
| Degré de saturation    | S <sub>r</sub> = 90,3 %                |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

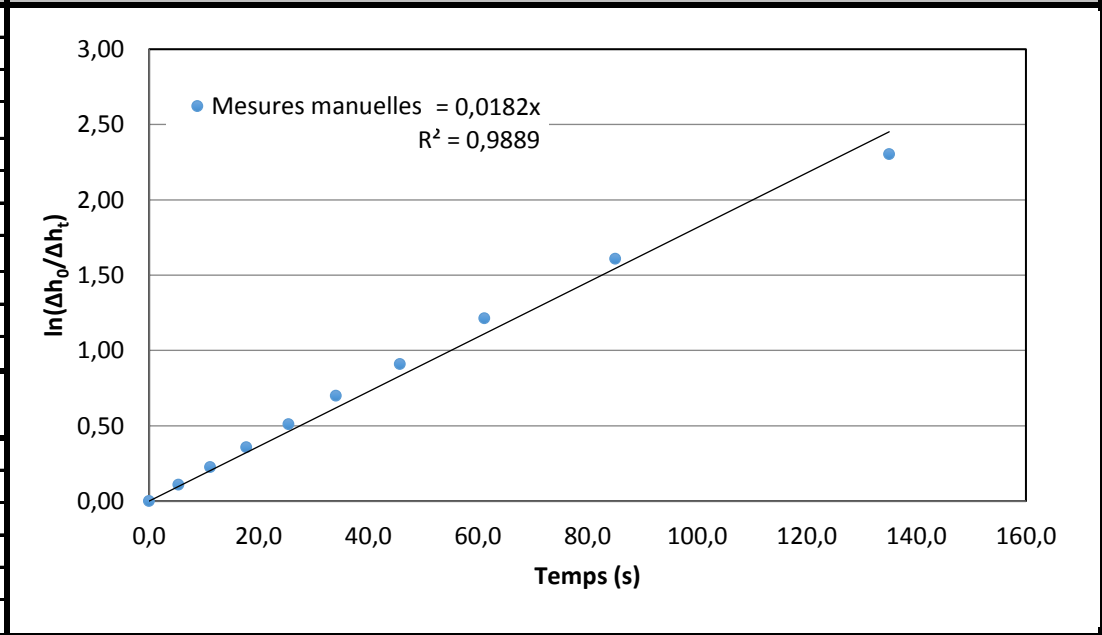
| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 43,84 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67,3    | 5,37  | 4,0              | 75,8           | 39,35 | 0,11                                  | 3,12E-03 | 2,91E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 11,17 | 8,0              | 71,8           | 34,96 | 0,23                                  | 3,14E-03 | 2,92E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 17,76 | 12,0             | 68,0           | 30,69 | 0,36                                  | 3,11E-03 | 2,90E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 67,3    | 25,45 | 16,0             | 64,0           | 26,30 | 0,51                                  | 3,11E-03 | 2,90E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 34,11 | 20,0             | 59,8           | 21,81 | 0,70                                  | 3,17E-03 | 2,95E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 45,77 | 24,0             | 56,2           | 17,65 | 0,91                                  | 3,08E-03 | 2,87E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,82                      | 61,21   | 15,44 | 28,0             | 51,80          | 13,04 | 1,21                                  | 3,07E-03 | 2,86E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,82                     | 85,06   | 23,85 | 32,0             | 48,00          | 8,77  | 1,61                                  | 2,93E-03 | 2,73E-03 |
|   | 135,05  | 49,99 | 36,0             | 44,00          | 4,38  | 2,30                                  | 2,64E-03 | 2,46E-03 |

**Conductivité hydraulique**

| Mesures manuelles    |          |      |
|----------------------|----------|------|
| m                    | 0,01816  | 1/s  |
| K                    | 2,81E-03 | cm/s |
| K (20°C)             | 2,62E-03 | cm/s |
| Mesures automatiques |          |      |
| m                    | -        | 1/s  |
| K                    | -        | cm/s |
| K (20°C)             | -        | cm/s |

Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: 26 novembre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: 15 décembre 2015

### Évaluation du rapport moyen ln(Δh<sub>0</sub>/Δh<sub>t</sub>)/t



# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-04-03 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 26 novembre 2015                  | PERMÉAMÈTRE: P1          |

Sol testé: Sable fin à moyen

|                             |                           |                          |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 11,27 cm              |
|                             | Diamètre                  | D= 10,17 cm              |
|                             | Surface                   | A= 81,21 cm <sup>2</sup> |
|                             | Volume                    | V= 915,0 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 1859,1 g              |
|                             | Distance entre les prises | L12= 6,38 cm             |

|                                    |                        |  |
|------------------------------------|------------------------|--|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 16,92 %                            |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,74 \text{ g/cm}^3$         |
|                                    | Porosité               | n = 0,363 -                            |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,571 -                            |
|                                    | Volume des pores       | V <sub>p</sub> = 332,5 cm <sup>3</sup> |
|                                    | Degré de saturation    | S <sub>r</sub> = 113,8 %               |



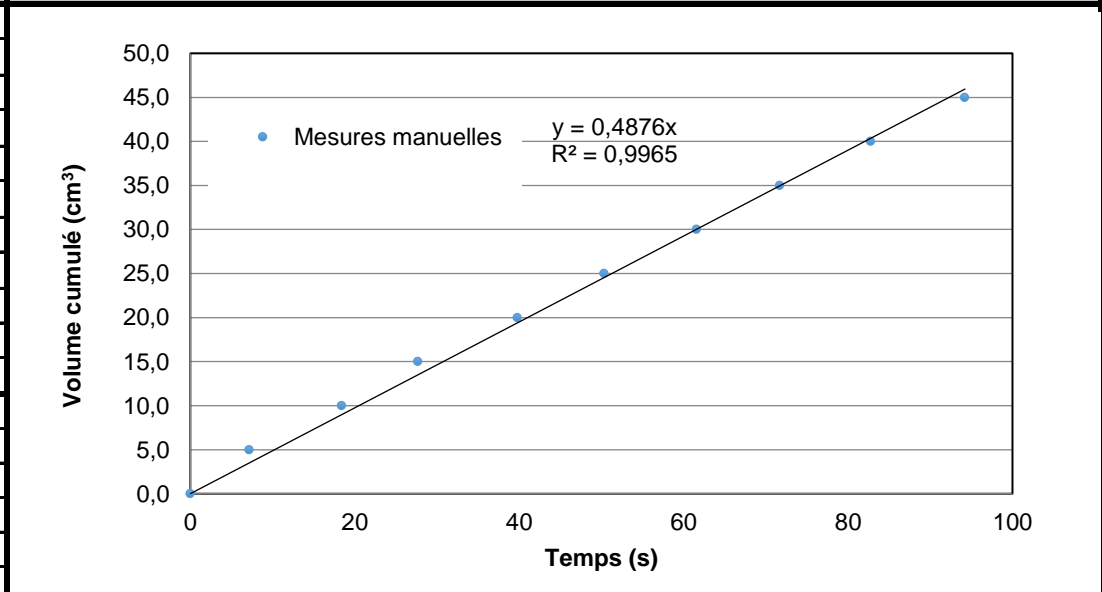
Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>24 °C |
| Facteur de correction:<br>0,91   |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 30,5 cm              | 0,00                        | 0,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 20,5 cm                | 7,18                        | 5,00          | 7,18  | 5,00     | 5,00 | 0,70               | 2,19E-02 | 1,99E-02 |
| Δh: 10,0 cm                    | 18,44                       | 10,00         | 11,26 | 10,00    | 5,00 | 0,44               | 1,40E-02 | 1,27E-02 |
| dh/dl: 0,888 cm/cm             | 27,67                       | 15,00         | 9,23  | 15,00    | 5,00 | 0,54               | 1,70E-02 | 1,55E-02 |
| Calcul du gradient réel:       | 39,78                       | 20,00         | 12,11 | 20,00    | 5,00 | 0,41               | 1,30E-02 | 1,18E-02 |
| Sommet: 25,5 cm                | 50,34                       | 25,00         | 10,56 | 25,00    | 5,00 | 0,47               | 1,49E-02 | 1,35E-02 |
| Base: 23,0 cm                  | 61,60                       | 30,00         | 11,26 | 30,00    | 5,00 | 0,44               | 1,40E-02 | 1,27E-02 |
| Δh: 2,5 cm                     | 71,71                       | 35,00         | 10,11 | 35,00    | 5,00 | 0,49               | 1,55E-02 | 1,41E-02 |
| dh/dl: 0,392 cm/cm             | 82,75                       | 40,00         | 11,04 | 40,00    | 5,00 | 0,45               | 1,42E-02 | 1,30E-02 |
|                                | 94,22                       | 45,00         | 11,47 | 45,00    | 5,00 | 0,44               | 1,37E-02 | 1,25E-02 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>       | 0,4876 cm <sup>3</sup> /s |
| K                    | 1,53E-02 cm/s             |
| K (20°C)             | 1,39E-02 cm/s             |
| Mesures automatiques |                           |
| Q <sub>m</sub>       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                    | - cm/s                    |
| K (20°C)             | - cm/s                    |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: 26 novembre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: 15 décembre 2015

Commentaires:




# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-04-07 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 27 novembre 2015                  | PERMÉAMÈTRE: P1          |

Sol testé: Sable fin à moyen

|                             |                           |                          |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 11,81 cm              |
|                             | Diamètre                  | D= 10,18 cm              |
|                             | Surface                   | A= 81,40 cm <sup>2</sup> |
|                             | Volume                    | V= 961,6 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 1921,8 g              |
|                             | Distance entre les prises | L12= 6,39 cm             |

|                                    |                        |                                |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 18,58 %                    |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,69 \text{ g/cm}^3$ |
|                                    | Porosité               | n = 0,383 -                    |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,620 -                    |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 368,0 cm <sup>3</sup>     |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 100,5 %                   |



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

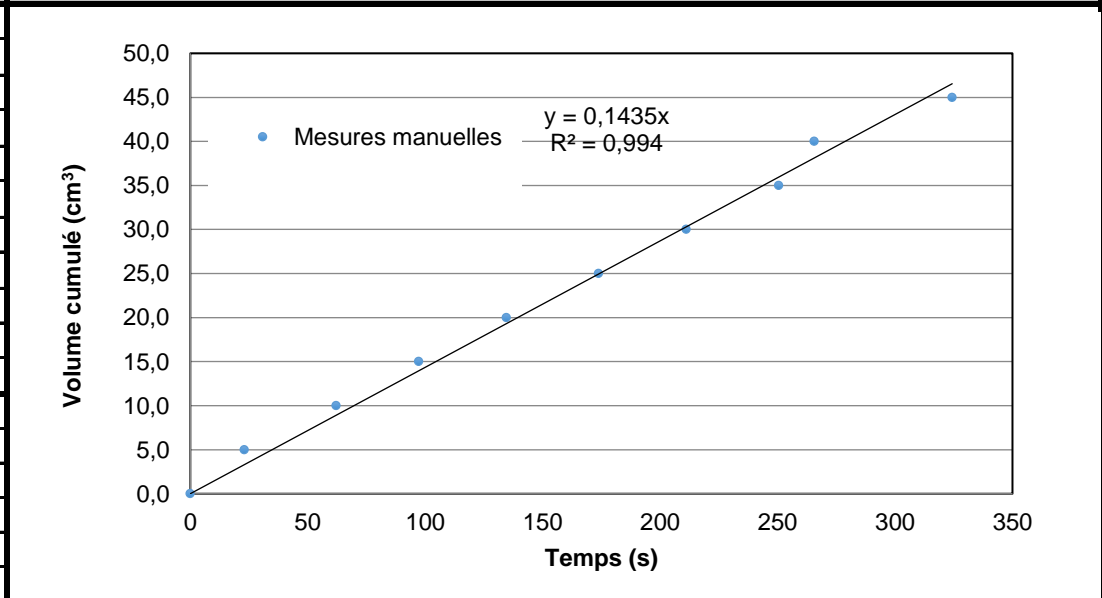
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 36,5 cm              | 0,00                        | 0,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie: 22,0 cm                | 23,11                       | 5,00          | 23,11      | 5,00     | 5,00       | 0,22               | 2,98E-03 | 2,77E-03 |
| $\Delta h$ : 14,5 cm           | 62,17                       | 10,00         | 39,06      | 10,00    | 5,00       | 0,13               | 1,76E-03 | 1,64E-03 |
| dh/dl: 1,228 cm/cm             | 97,27                       | 15,00         | 35,10      | 15,00    | 5,00       | 0,14               | 1,96E-03 | 1,82E-03 |
| Calcul du gradient réel:       | 134,65                      | 20,00         | 37,38      | 20,00    | 5,00       | 0,13               | 1,84E-03 | 1,71E-03 |
| Sommet: 28,7 cm                | 173,81                      | 25,00         | 39,16      | 25,00    | 5,00       | 0,13               | 1,76E-03 | 1,64E-03 |
| Base: 23,0 cm                  | 211,20                      | 30,00         | 37,39      | 30,00    | 5,00       | 0,13               | 1,84E-03 | 1,71E-03 |
| $\Delta h$ : 5,7 cm            | 250,51                      | 35,00         | 39,31      | 35,00    | 5,00       | 0,13               | 1,75E-03 | 1,63E-03 |
| dh/dl: 0,893 cm/cm             | 265,65                      | 40,00         | 15,14      | 40,00    | 5,00       | 0,33               | 4,54E-03 | 4,23E-03 |
|                                | 324,34                      | 45,00         | 58,69      | 45,00    | 5,00       | 0,09               | 1,17E-03 | 1,09E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles                    |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| $Q_m$                                | 0,1435 cm <sup>3</sup> /s |
| K                                    | 1,97E-03 cm/s             |
| K (20°C)                             | 1,84E-03 cm/s             |
| Mesures automatiques                 |                           |
| $Q_m$                                | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                                    | - cm/s                    |
| K (20°C)                             | - cm/s                    |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                           |
| Date: 27 novembre 2015               |                           |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                           |
| Date: 15 décembre 2015               |                           |



Commentaires:





# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-04-09 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 27 novembre 2015                  | PERMÉAMÈTRE: P9          |

Sol testé:

|                             |                           |                           |  |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 12,85 cm               |  |
|                             | Diamètre                  | D= 10,03 cm               |  |
|                             | Surface                   | A= 78,98 cm <sup>2</sup>  |  |
|                             | Volume                    | V= 1014,7 cm <sup>3</sup> |  |
|                             | Masse initiale            | M= 2004,7 g               |  |
|                             | Distance entre les prises | L12= 7,55 cm              |  |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

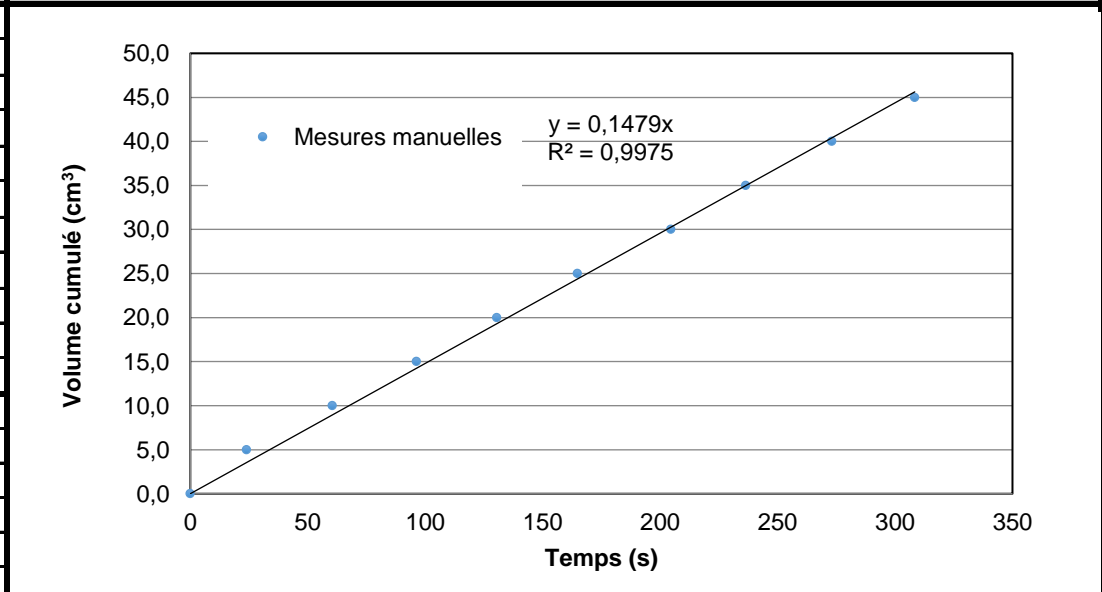
|                                    |                        |                                   |  |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 17,595 %                      |  |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,68$ g/cm <sup>3</sup> |  |
|                                    | Porosité               | n = 0,385 -                       |  |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,625 -                       |  |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 390,3 cm <sup>3</sup>        |  |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 97,2 %                       |  |

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 34,0 cm              | 0,00                        | 0,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 23,5 cm                | 24,04                       | 5,00          | 24,04 | 5,00     | 5,00 | 0,21               | 5,38E-03 | 5,01E-03 |
| Δh: 10,5 cm                    | 60,52                       | 10,00         | 36,48 | 10,00    | 5,00 | 0,14               | 3,54E-03 | 3,30E-03 |
| dh/dl: 0,817 cm/cm             | 96,29                       | 15,00         | 35,77 | 15,00    | 5,00 | 0,14               | 3,61E-03 | 3,36E-03 |
| Calcul du gradient réel:       | 130,50                      | 20,00         | 34,21 | 20,00    | 5,00 | 0,15               | 3,78E-03 | 3,52E-03 |
| Sommet: 28,7 cm                | 164,85                      | 25,00         | 34,35 | 25,00    | 5,00 | 0,15               | 3,76E-03 | 3,50E-03 |
| Base: 25,0 cm                  | 204,67                      | 30,00         | 39,82 | 30,00    | 5,00 | 0,13               | 3,25E-03 | 3,02E-03 |
| Δh: 3,7 cm                     | 236,52                      | 35,00         | 31,85 | 35,00    | 5,00 | 0,16               | 4,06E-03 | 3,78E-03 |
| dh/dl: 0,490 cm/cm             | 273,20                      | 40,00         | 36,68 | 40,00    | 5,00 | 0,14               | 3,52E-03 | 3,28E-03 |
|                                | 308,40                      | 45,00         | 35,20 | 45,00    | 5,00 | 0,14               | 3,67E-03 | 3,42E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>       | 0,1479 cm <sup>3</sup> /s |
| K                    | 3,82E-03 cm/s             |
| K (20°C)             | 3,56E-03 cm/s             |
| Mesures automatiques |                           |
| Q <sub>m</sub>       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                    | - cm/s                    |
| K (20°C)             | - cm/s                    |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: 27 novembre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: 15 décembre 2015

Commentaires:





# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-05-01 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 1 décembre 2015                   | PERMÉAMÈTRE: P9          |

Sol testé: Sable Fin

|                             |                           |                          |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 12,58 cm              |
|                             | Diamètre                  | D= 10,03 cm              |
|                             | Surface                   | A= 78,94 cm <sup>2</sup> |
|                             | Volume                    | V= 993,0 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 1994,9 g              |
|                             | Distance entre les prises | L12= 7,60 cm             |

|                                    |                        |                                |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 23,92 %                    |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,62 \text{ g/cm}^3$ |
|                                    | Porosité               | n = 0,406 -                    |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,684 -                    |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 403,3 cm <sup>3</sup>     |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 93,6 %                    |



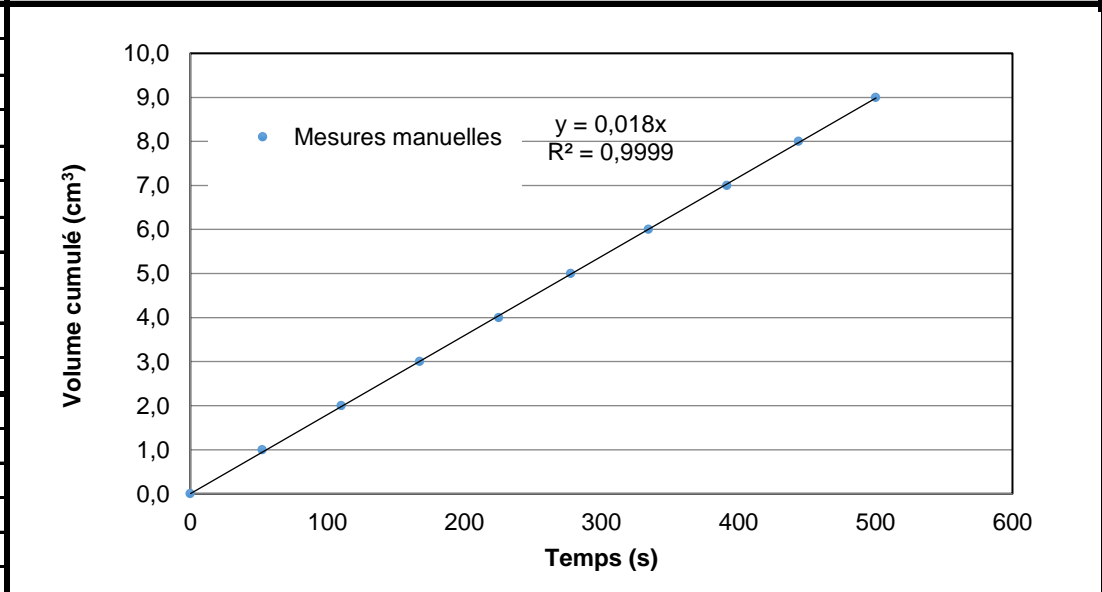
Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 37,5 cm              | 0,00                        | 6,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 24,0 cm                | 52,58                       | 7,00          | 52,58 | 1,00     | 1,00 | 0,02               | 3,33E-04 | 3,10E-04 |
| Δh: 13,5 cm                    | 110,31                      | 8,00          | 57,73 | 2,00     | 1,00 | 0,02               | 3,03E-04 | 2,82E-04 |
| dh/dl: 1,073 cm/cm             | 167,40                      | 9,00          | 57,09 | 3,00     | 1,00 | 0,02               | 3,06E-04 | 2,85E-04 |
| Calcul du gradient réel:       | 225,21                      | 10,00         | 57,81 | 4,00     | 1,00 | 0,02               | 3,03E-04 | 2,82E-04 |
| Sommet: 29,0 cm                | 277,65                      | 11,00         | 52,44 | 5,00     | 1,00 | 0,02               | 3,34E-04 | 3,11E-04 |
| Base: 23,5 cm                  | 334,47                      | 12,00         | 56,82 | 6,00     | 1,00 | 0,02               | 3,08E-04 | 2,87E-04 |
| Δh: 5,5 cm                     | 391,59                      | 13,00         | 57,12 | 7,00     | 1,00 | 0,02               | 3,06E-04 | 2,85E-04 |
| dh/dl: 0,724 cm/cm             | 443,98                      | 14,00         | 52,39 | 8,00     | 1,00 | 0,02               | 3,34E-04 | 3,11E-04 |
|                                | 500,40                      | 15,00         | 56,42 | 9,00     | 1,00 | 0,02               | 3,10E-04 | 2,89E-04 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>       | 0,0180 cm <sup>3</sup> /s |
| K                    | 3,14E-04 cm/s             |
| K (20°C)             | 2,93E-04 cm/s             |
| Mesures automatiques |                           |
| Q <sub>m</sub>       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                    | - cm/s                    |
| K (20°C)             | - cm/s                    |



Essai réalisé par :  
Laurence Gagnon  
Date: 1 décembre 2015  
Vérifié par:  
Philippe Pasquier, ing.  
Date: 15 décembre 2015

Commentaires:



# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-05-04 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 1 décembre 2015                   | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P1          |

**Sol testé:** Sable fin à moyen

|                                    |                           |                          |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Caractéristiques du moule :</b> | Longueur                  | L= 11,47 cm              |
|                                    | Diamètre                  | D= 10,19 cm              |
|                                    | Surface                   | A= 81,49 cm <sup>2</sup> |
|                                    | Volume                    | V= 935,1 cm <sup>3</sup> |
|                                    | Masse initiale            | M= 1853,6 g              |
|                                    | Distance entre les prises | L12= 6,13 cm             |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

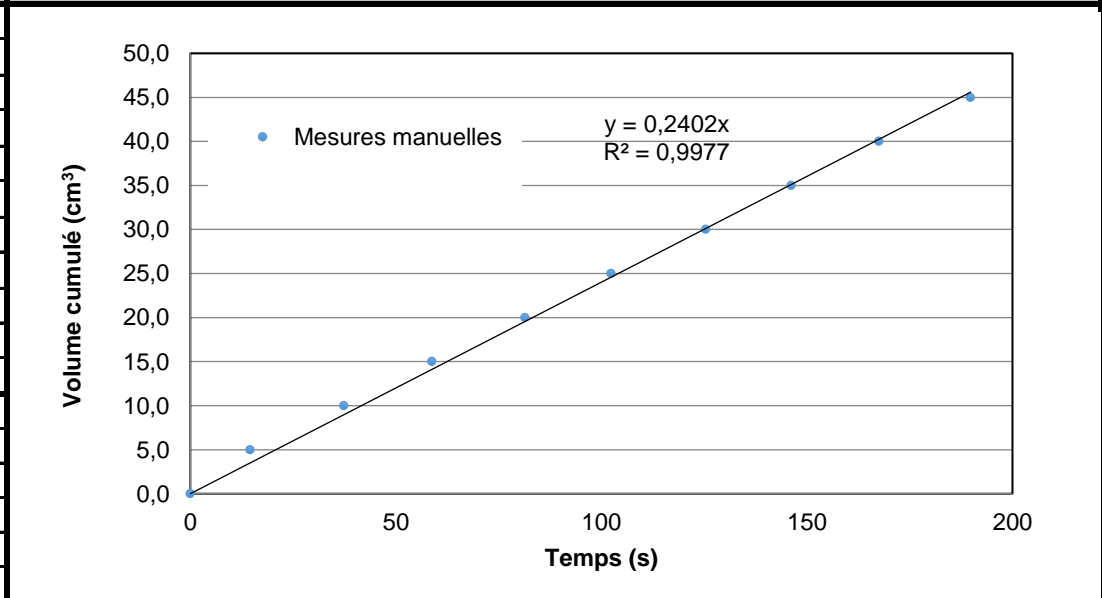
|   |                        |                                |
|---|------------------------|--------------------------------|
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale | W = 18,35 %                    |
|   | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,67 \text{ g/cm}^3$ |
|   | Porosité               | n = 0,386 -                    |
|   | Indice des vides       | e = 0,630 -                    |
|   | Volume des pores       | Vp = 361,4 cm <sup>3</sup>     |
|   | Degré de saturation    | Sr = 98,7 %                    |

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 31,5 cm              | 0,00                        | 0,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 20,0 cm                | 14,60                       | 5,00          | 14,60 | 5,00     | 5,00 | 0,34               | 5,15E-03 | 4,80E-03 |
| Δh: 11,5 cm                    | 37,40                       | 10,00         | 22,80 | 10,00    | 5,00 | 0,22               | 3,30E-03 | 3,07E-03 |
| dh/dl: 1,002 cm/cm             | 58,83                       | 15,00         | 21,43 | 15,00    | 5,00 | 0,23               | 3,51E-03 | 3,27E-03 |
| Calcul du gradient réel:       | 81,46                       | 20,00         | 22,63 | 20,00    | 5,00 | 0,22               | 3,32E-03 | 3,09E-03 |
| Sommet: 26,0 cm                | 102,36                      | 25,00         | 20,90 | 25,00    | 5,00 | 0,24               | 3,60E-03 | 3,35E-03 |
| Base: 21,0 cm                  | 125,46                      | 30,00         | 23,10 | 30,00    | 5,00 | 0,22               | 3,26E-03 | 3,03E-03 |
| Δh: 5,0 cm                     | 146,21                      | 35,00         | 20,75 | 35,00    | 5,00 | 0,24               | 3,63E-03 | 3,37E-03 |
| dh/dl: 0,816 cm/cm             | 167,55                      | 40,00         | 21,34 | 40,00    | 5,00 | 0,23               | 3,52E-03 | 3,28E-03 |
|                                | 189,84                      | 45,00         | 22,29 | 45,00    | 5,00 | 0,22               | 3,37E-03 | 3,14E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles                    |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>                       | 0,2402 cm <sup>3</sup> /s |
| K                                    | 3,61E-03 cm/s             |
| K (20°C)                             | 3,36E-03 cm/s             |
| Mesures automatiques                 |                           |
| Q <sub>m</sub>                       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                                    | - cm/s                    |
| K (20°C)                             | - cm/s                    |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                           |
| Date: 1 décembre 2015                |                           |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                           |
| Date: 15 décembre 2015               |                           |




Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-05-04 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 1 décembre 2015                   | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P1          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 11,47 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,19 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 81,49 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 935,1 cm <sup>3</sup>  |
|   | Masse initiale            | M=         | 1853,6 g               |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 6,13 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 18,35 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,67 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n=         | 0,386 -                |
|   | Indice des vides          | e=         | 0,630 -                |
|   | Volume des pores          | Vp=        | 361,4 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation       | Sr=        | 98,7 %                 |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

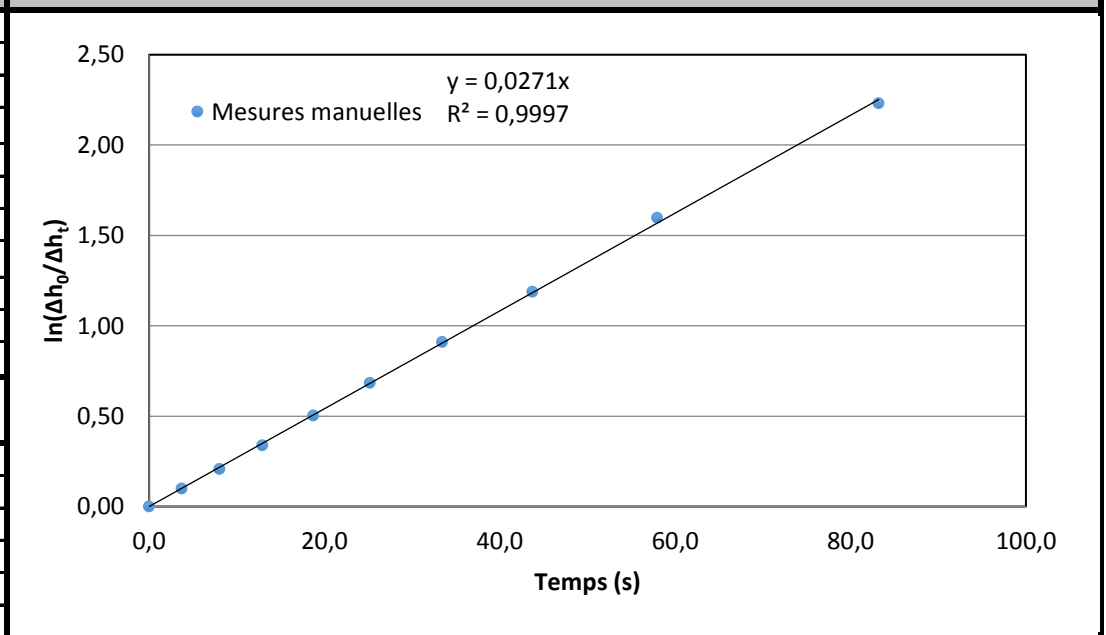
| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|---|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 43,84 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67,3    | 3,72  | 4,0              | 76,4           | 39,68 | 0,10                                  | 3,45E-03 | 3,21E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 8,02  | 8,0              | 73,0           | 35,62 | 0,21                                  | 3,33E-03 | 3,10E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 12,91 | 12,0             | 69,0           | 31,24 | 0,34                                  | 3,37E-03 | 3,14E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 67,3    | 18,72 | 16,0             | 64,4           | 26,52 | 0,50                                  | 3,45E-03 | 3,21E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 25,19 | 20,0             | 60,4           | 22,14 | 0,68                                  | 3,48E-03 | 3,24E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 33,43 | 24,0             | 56,2           | 17,65 | 0,91                                  | 3,50E-03 | 3,26E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |       |                  |                |       |                                       |          |          |
| a <sub>in</sub> 1,82                      | 43,71   | 10,28 | 28,0             | 52,40          | 13,37 | 1,19                                  | 3,49E-03 | 3,25E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,82                     | 57,96   | 14,25 | 32,0             | 48,20          | 8,88  | 1,60                                  | 3,54E-03 | 3,30E-03 |
|   | 83,21   | 25,25 | 36,0             | 44,60          | 4,71  | 2,23                                  | 3,44E-03 | 3,21E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du rapport moyen ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> )/t |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles    |               |
|----------------------|---------------|
| m                    | 0,02706 1/s   |
| K                    | 3,48E-03 cm/s |
| K (20°C)             | 3,24E-03 cm/s |
| Mesures automatiques |               |
| m                    | - 1/s         |
| K                    | - cm/s        |
| K (20°C)             | - cm/s        |
|                      |               |
|                      |               |



|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Essai réalisé par :</b>    |  |
| Laurence Gagnon               |  |
| <b>Date:</b> 1 décembre 2015  |  |
| <b>Vérfié par:</b>            |  |
| Philippe Pasquier, ing.       |  |
| <b>Date:</b> 15 décembre 2015 |  |

# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-05-07 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 2 décembre 2015                   | PERMÉAMÈTRE: P1          |

Sol testé: Sable fin à moyen

|                             |                           |                          |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 11,62 cm              |
|                             | Diamètre                  | D= 10,17 cm              |
|                             | Surface                   | A= 81,18 cm <sup>2</sup> |
|                             | Volume                    | V= 943,1 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 1849,6 g              |
|                             | Distance entre les prises | L12= 6,35 cm             |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

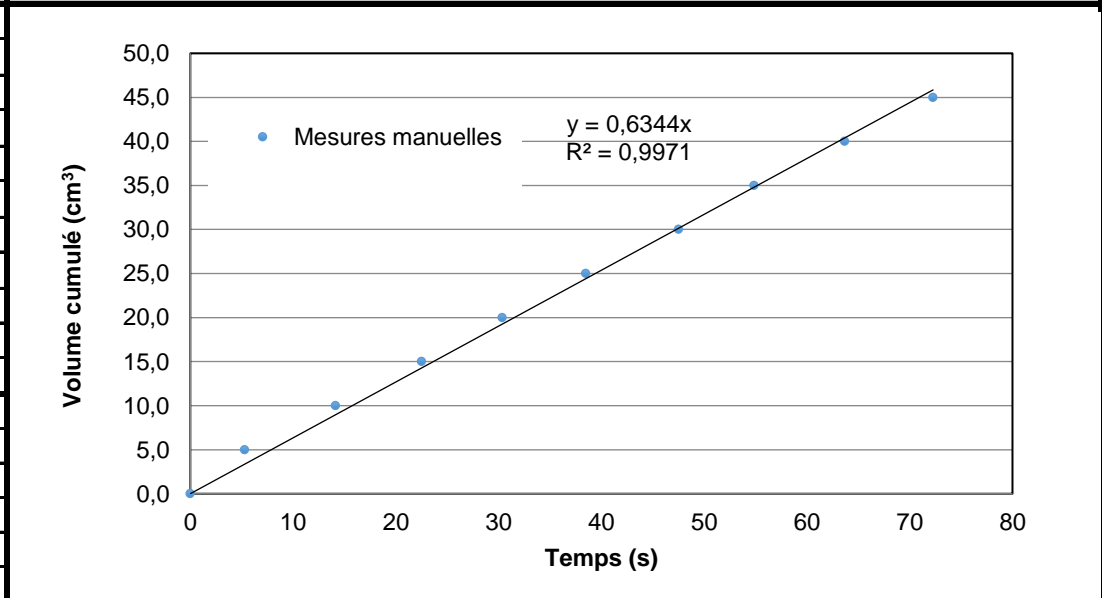
|                                    |                        |                                   |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 16,27 %                       |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,69$ g/cm <sup>3</sup> |
|                                    | Porosité               | n = 0,382 -                       |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,619 -                       |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 360,4 cm <sup>3</sup>        |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 105,1 %                      |

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |      |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt   | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s    | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 33,5 cm              | 0,00                        | 0,00          | -    | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 23,5 cm                | 5,30                        | 5,00          | 5,30 | 5,00     | 5,00 | 0,94               | 1,85E-02 | 1,72E-02 |
| Δh: 10,0 cm                    | 14,16                       | 10,00         | 8,86 | 10,00    | 5,00 | 0,56               | 1,10E-02 | 1,03E-02 |
| dh/dl: 0,861 cm/cm             | 22,52                       | 15,00         | 8,36 | 15,00    | 5,00 | 0,60               | 1,17E-02 | 1,09E-02 |
| Calcul du gradient réel:       | 30,38                       | 20,00         | 7,86 | 20,00    | 5,00 | 0,64               | 1,24E-02 | 1,16E-02 |
| Sommet: 27,0 cm                | 38,51                       | 25,00         | 8,13 | 25,00    | 5,00 | 0,62               | 1,20E-02 | 1,12E-02 |
| Base: 23,0 cm                  | 47,52                       | 30,00         | 9,01 | 30,00    | 5,00 | 0,55               | 1,09E-02 | 1,01E-02 |
| Δh: 4,0 cm                     | 54,88                       | 35,00         | 7,36 | 35,00    | 5,00 | 0,68               | 1,33E-02 | 1,24E-02 |
| dh/dl: 0,630 cm/cm             | 63,67                       | 40,00         | 8,79 | 40,00    | 5,00 | 0,57               | 1,11E-02 | 1,04E-02 |
|                                | 72,27                       | 45,00         | 8,60 | 45,00    | 5,00 | 0,58               | 1,14E-02 | 1,06E-02 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles                    |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>                       | 0,6344 cm <sup>3</sup> /s |
| K                                    | 1,24E-02 cm/s             |
| K (20°C)                             | 1,16E-02 cm/s             |
| Mesures automatiques                 |                           |
| Q <sub>m</sub>                       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                                    | - cm/s                    |
| K (20°C)                             | - cm/s                    |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                           |
| Date: 2 décembre 2015                |                           |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                           |
| Date: 15 décembre 2015               |                           |



Commentaires:






# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-06-01 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 3 décembre 2015                   | PERMÉAMÈTRE: P1          |

Sol testé: Sable Fin

|                             |                           |                          |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 11,33 cm              |
|                             | Diamètre                  | D= 10,17 cm              |
|                             | Surface                   | A= 81,22 cm <sup>2</sup> |
|                             | Volume                    | V= 920,0 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 1818,2 g              |
|                             | Distance entre les prises | L12= 6,38 cm             |

|                                    |                        |                                |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 18,28 %                    |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,67 \text{ g/cm}^3$ |
|                                    | Porosité               | n = 0,388 -                    |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,634 -                    |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 357,0 cm <sup>3</sup>     |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 95,4 %                    |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

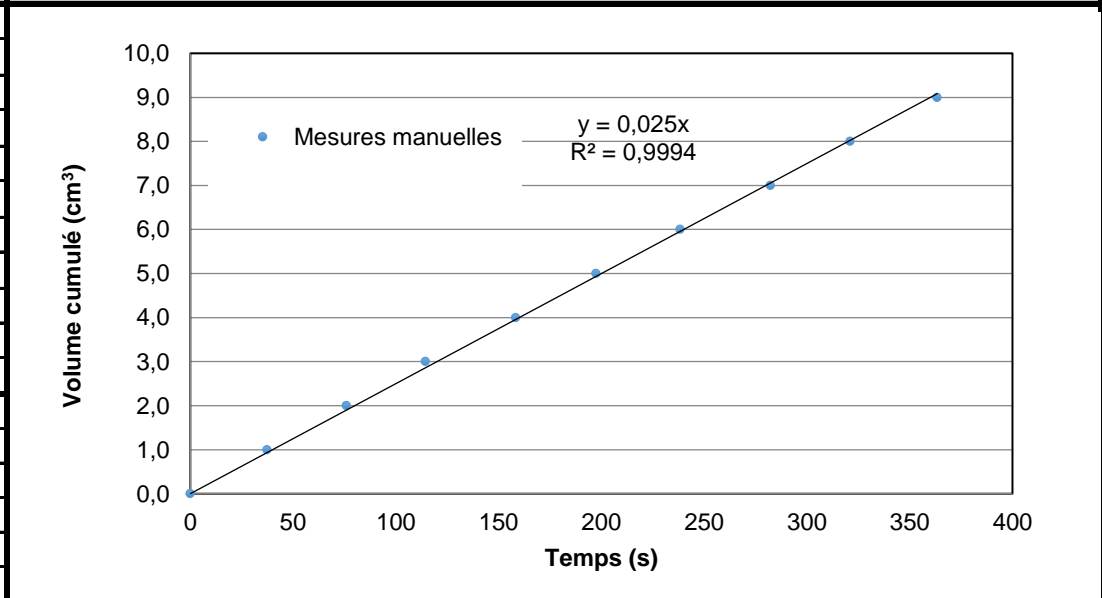
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 33,5 cm              | 0,00                        | 5,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -        | -        |
| Sortie: 22,5 cm                | 37,39                       | 6,00          | 37,39      | 1,00     | 1,00       | 0,03               | 8,41E-04 | 7,83E-04 |
| $\Delta h$ : 11,0 cm           | 76,08                       | 7,00          | 38,69      | 2,00     | 1,00       | 0,03               | 8,13E-04 | 7,56E-04 |
| dh/dl: 0,971 cm/cm             | 114,42                      | 8,00          | 38,34      | 3,00     | 1,00       | 0,03               | 8,20E-04 | 7,63E-04 |
| Calcul du gradient réel:       | 158,33                      | 9,00          | 43,91      | 4,00     | 1,00       | 0,02               | 7,16E-04 | 6,67E-04 |
| Sommet: 23,0 cm                | 197,51                      | 10,00         | 39,18      | 5,00     | 1,00       | 0,03               | 8,02E-04 | 7,47E-04 |
| Base: 20,5 cm                  | 238,33                      | 11,00         | 40,82      | 6,00     | 1,00       | 0,02               | 7,70E-04 | 7,17E-04 |
| $\Delta h$ : 2,5 cm            | 282,28                      | 12,00         | 43,95      | 7,00     | 1,00       | 0,02               | 7,15E-04 | 6,66E-04 |
| dh/dl: 0,392 cm/cm             | 321,13                      | 13,00         | 38,85      | 8,00     | 1,00       | 0,03               | 8,09E-04 | 7,53E-04 |
|                                | 363,43                      | 14,00         | 42,30      | 9,00     | 1,00       | 0,02               | 7,43E-04 | 6,92E-04 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles                    |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| $Q_m$                                | 0,0250 cm <sup>3</sup> /s |
| K                                    | 7,86E-04 cm/s             |
| K (20°C)                             | 7,32E-04 cm/s             |
| Mesures automatiques                 |                           |
| $Q_m$                                | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                                    | - cm/s                    |
| K (20°C)                             | - cm/s                    |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                           |
| Date: 3 décembre 2015                |                           |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                           |
| Date: 15 décembre 2015               |                           |




Commentaires:



## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-06-01 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 3 décembre 2015                   | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P1          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable Fin                 |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 11,33 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,17 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 81,22 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 920,0 cm <sup>3</sup>  |
|   | Masse initiale            | M=         | 1818,2 g               |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 6,38 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 18,28 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,67 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n=         | 0,388 -                |
|   | Indice des vides          | e=         | 0,634 -                |
|   | Volume des pores          | Vp=        | 357,0 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation       | Sr=        | 95,4 %                 |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

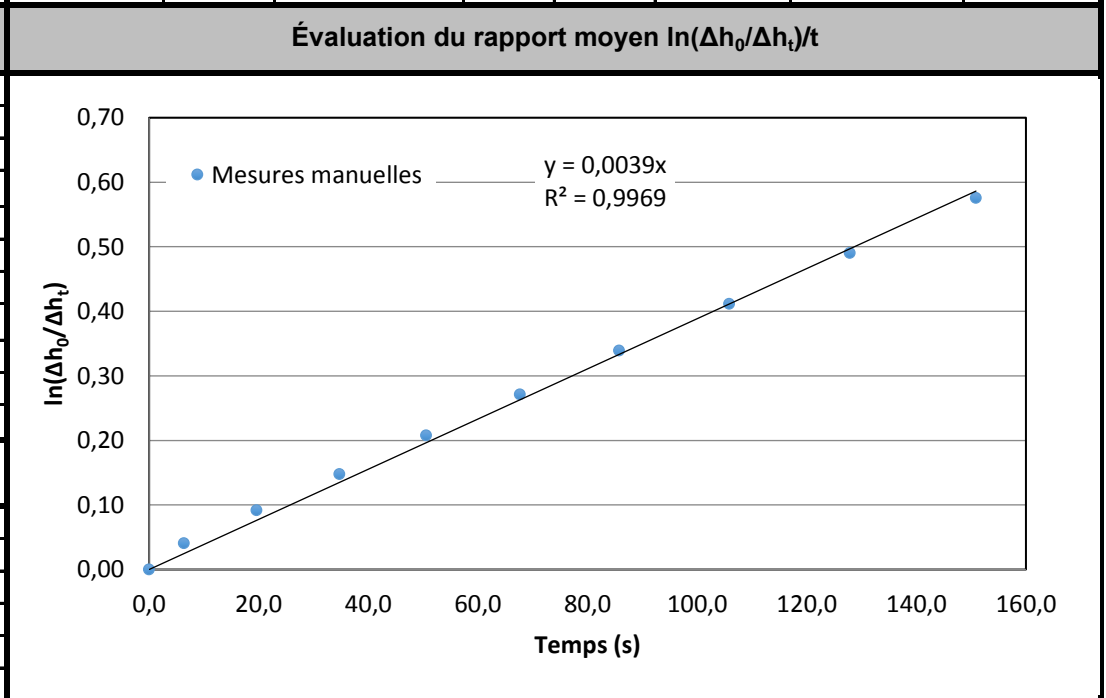
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | $\Delta t$ | Burette d'entrée | Burette sortie | $\Delta h$ | $\ln(\Delta h_0/\Delta h_t)$ | K        | K à 20°C |
|---|---------|------------|------------------|----------------|------------|------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s          | ml               | ml             | cm         | -                            | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00       | 0,0              | 80,0           | 43,60      | 0,00                         | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 6,36       | 2,0              | 78,8           | 41,86      | 0,04                         | 8,21E-04 | 7,65E-04 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 19,64      | 4,0              | 77,0           | 39,79      | 0,09                         | 5,97E-04 | 5,55E-04 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 50,59      | 8,0              | 73,0           | 35,43      | 0,21                         | 5,25E-04 | 4,89E-04 |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 67,69      | 10,0             | 71,0           | 33,25      | 0,27                         | 5,13E-04 | 4,77E-04 |
| Distance au max. ml                       | 12,5    | 85,79      | 12,0             | 69,0           | 31,07      | 0,34                         | 5,06E-04 | 4,71E-04 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| $a_{in}$ 1,83                             | 127,87  | 22,01      | 16,0             | 65,00          | 26,71      | 0,49                         | 4,91E-04 | 4,57E-04 |
| $a_{out}$ 1,83                            | 150,88  | 23,01      | 18,0             | 63,00          | 24,53      | 0,58                         | 4,88E-04 | 4,54E-04 |

| Conductivité hydraulique               |               |
|--|---------------|
| <b>Mesures manuelles</b>               |               |
| m                                      | 0,00389 1/s   |
| K                                      | 4,97E-04 cm/s |
| K (20°C)                               | 4,63E-04 cm/s |
| <b>Mesures automatiques</b>            |               |
| m                                      | - 1/s         |
| K                                      | - cm/s        |
| K (20°C)                               | - cm/s        |
|  |               |
| Essai réalisé par :<br>Laurence Gagnon |               |
| Date: 3 décembre 2015                  |               |
| Vérfié par:<br>Philippe Pasquier, ing. |               |
| Date: 15 décembre 2015                 |               |




# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-06-02 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 3 décembre 2015                   | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

**Sol testé:** Sable Fin

|                                    |                           |                           |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Caractéristiques du moule :</b> | Longueur                  | L= 12,82 cm               |
|                                    | Diamètre                  | D= 10,02 cm               |
|                                    | Surface                   | A= 78,89 cm <sup>2</sup>  |
|                                    | Volume                    | V= 1011,4 cm <sup>3</sup> |
|                                    | Masse initiale            | M= 1947,8 g               |
|                                    | Distance entre les prises | L12= 7,55 cm              |

|   |                        |                                |
|---|------------------------|--------------------------------|
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale | W = 18,86 %                    |
|   | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,62 \text{ g/cm}^3$ |
|   | Porosité               | n = 0,406 -                    |
|   | Indice des vides       | e = 0,685 -                    |
|   | Volume des pores       | Vp = 411,1 cm <sup>3</sup>     |
|   | Degré de saturation    | Sr = 94,3 %                    |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

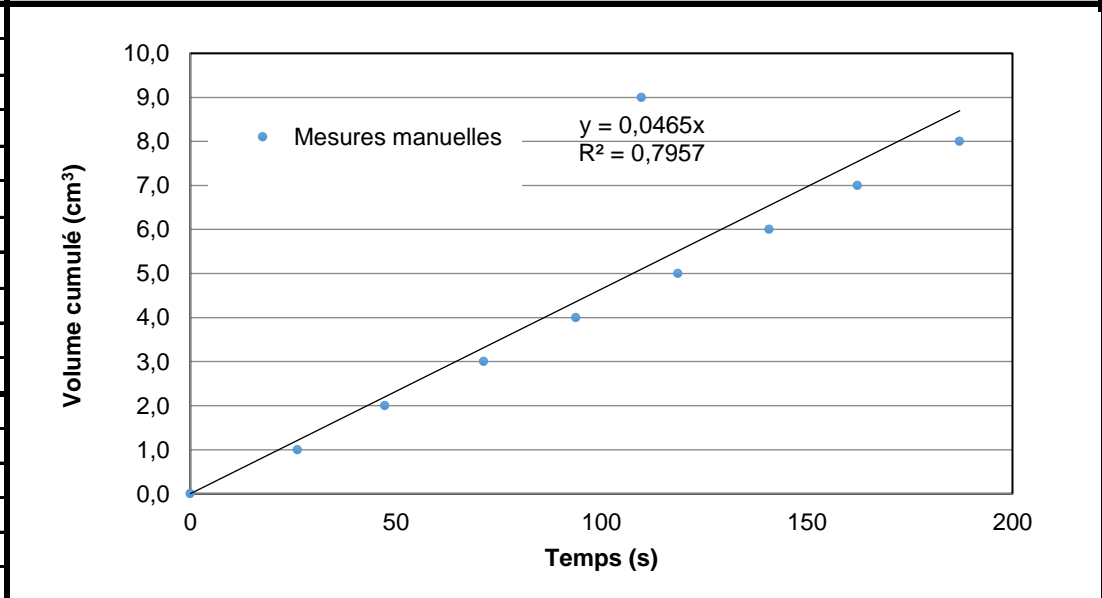
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |            |          |            |                    |           |           |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|------------|----------|------------|--------------------|-----------|-----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | $\Delta t$ | Volume V | $\Delta V$ | Débit Q            | K         | K à 20°C  |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s          | ml       | ml         | cm <sup>3</sup> /s | cm/s      | cm/s      |
| Mariotte: 34,0 cm              | 0,00                        | 5,00          | -          | 0,00     | -          | -                  | -         | -         |
| Sortie: 23,5 cm                | 26,09                       | 6,00          | 26,09      | 1,00     | 1,00       | 0,04               | 7,05E-04  | 6,56E-04  |
| $\Delta h$ : 10,5 cm           | 47,37                       | 7,00          | 21,28      | 2,00     | 1,00       | 0,05               | 8,64E-04  | 8,05E-04  |
| dh/dl: 0,819 cm/cm             | 71,40                       | 8,00          | 24,03      | 3,00     | 1,00       | 0,04               | 7,65E-04  | 7,13E-04  |
| Calcul du gradient réel:       | 93,84                       | 9,00          | 22,44      | 4,00     | 1,00       | 0,04               | 8,20E-04  | 7,63E-04  |
| Sommet: 29,7 cm                | 118,62                      | 10,00         | 24,78      | 5,00     | 1,00       | 0,04               | 7,42E-04  | 6,91E-04  |
| Base: 24,5 cm                  | 140,87                      | 11,00         | 22,25      | 6,00     | 1,00       | 0,04               | 8,27E-04  | 7,70E-04  |
| $\Delta h$ : 5,2 cm            | 162,33                      | 12,00         | 21,46      | 7,00     | 1,00       | 0,05               | 8,57E-04  | 7,98E-04  |
| dh/dl: 0,689 cm/cm             | 187,18                      | 13,00         | 24,85      | 8,00     | 1,00       | 0,04               | 7,40E-04  | 6,89E-04  |
|                                | 109,79                      | 14,00         | -77,39     | 9,00     | 1,00       | -0,01              | -2,38E-04 | -2,21E-04 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen ( $Q_m$ ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles                    |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| $Q_m$                                | 0,0465 cm <sup>3</sup> /s |
| K                                    | 8,55E-04 cm/s             |
| K (20°C)                             | 7,96E-04 cm/s             |
| Mesures automatiques                 |                           |
| $Q_m$                                | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                                    | - cm/s                    |
| K (20°C)                             | - cm/s                    |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                           |
| Date: 3 décembre 2015                |                           |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                           |
| Date: 15 décembre 2015               |                           |




Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-06-02 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 3 décembre 2015                   | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P9          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable Fin                 |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 12,82 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,02 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 78,89 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 1011,4 cm <sup>3</sup> |
|   | Masse initiale            | M=         | 1947,8 g               |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 7,55 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 18,86 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,62 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n=         | 0,406 -                |
|   | Indice des vides          | e=         | 0,685 -                |
|   | Volume des pores          | Vp=        | 411,1 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation       | Sr=        | 94,3 %                 |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

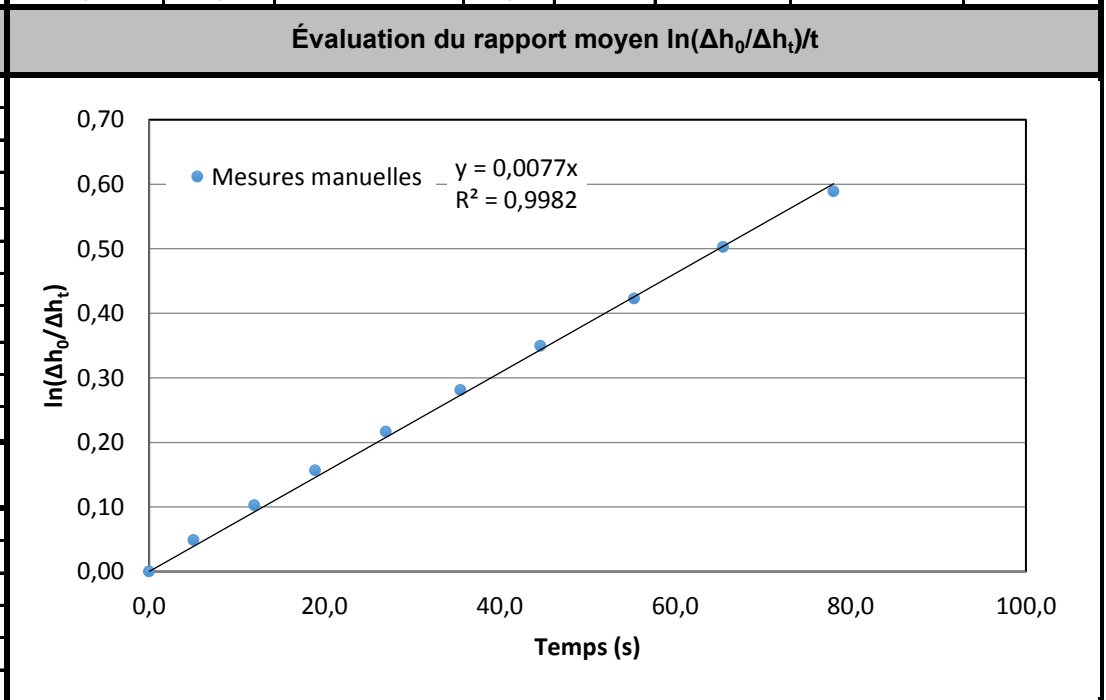
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)   | Temps t | Δt    | Burette d'entrée | Burette sortie | Δh    | ln(Δh <sub>0</sub> /Δh <sub>t</sub> ) | K        | K à 20°C |
|--------------------------------------|---------|-------|------------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|----------|
| Burette d'entrée                     | s       | s     | ml               | ml             | cm    | -                                     | cm/s     | cm/s     |
| Volume maximal (ml) 100              | 0,00    | 0,00  | 0,0              | 80,0           | 43,60 | 0,00                                  | -        | -        |
| Distance au 0 ml 67                  | 5,08    | 5,08  | 2,0              | 78,2           | 41,53 | 0,05                                  | 1,43E-03 | 1,33E-03 |
| Distance au max. ml 12,5             | 12,02   | 6,94  | 4,0              | 76,2           | 39,35 | 0,10                                  | 1,27E-03 | 1,18E-03 |
| Burette de sortie                    | 18,95   | 6,93  | 6,0              | 74,4           | 37,28 | 0,16                                  | 1,23E-03 | 1,15E-03 |
| Volume maximal (ml) 100              | 26,99   | 8,04  | 8,0              | 72,4           | 35,10 | 0,22                                  | 1,20E-03 | 1,12E-03 |
| Distance au 0 ml 67                  | 35,52   | 8,53  | 10,0             | 70,4           | 32,92 | 0,28                                  | 1,18E-03 | 1,10E-03 |
| Distance au max. ml 12,5             | 44,64   | 9,12  | 12,0             | 68,4           | 30,74 | 0,35                                  | 1,17E-03 | 1,09E-03 |
| Aire des Burettes (cm <sup>2</sup> ) | 55,33   | 10,69 | 14,0             | 66,40          | 28,56 | 0,42                                  | 1,14E-03 | 1,06E-03 |
| a <sub>in</sub> 1,83                 | 65,48   | 10,15 | 16,0             | 64,40          | 26,38 | 0,50                                  | 1,14E-03 | 1,07E-03 |
| a <sub>out</sub> 1,83                | 78,06   | 12,58 | 18,0             | 62,40          | 24,20 | 0,59                                  | 1,12E-03 | 1,05E-03 |

| Conductivité hydraulique               |          |      |
|--|----------|------|
| Mesures manuelles                      |          |      |
| m                                      | 0,00770  | 1/s  |
| K                                      | 1,15E-03 | cm/s |
| K (20°C)                               | 1,07E-03 | cm/s |
| Mesures automatiques                   |          |      |
| m                                      | -        | 1/s  |
| K                                      | -        | cm/s |
| K (20°C)                               | -        | cm/s |
|  |          |      |
| Essai réalisé par :<br>Laurence Gagnon |          |      |
| Date: 3 décembre 2015                  |          |      |
| Vérfié par:<br>Philippe Pasquier, ing. |          |      |
| Date: 15 décembre 2015                 |          |      |



# ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE CONSTANTE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| PROJET: EP-15-05                        | ÉCHANTILLON: CS-15-06-04 |
| CLIENT: Commission géologique du Canada | PROVENANCE:              |
| DATE: 4 décembre 2015                   | PERMÉAMÈTRE: P1          |

Sol testé: Sable fin à moyen

|                             |                           |                           |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Caractéristiques du moule : | Longueur                  | L= 12,80 cm               |
|                             | Diamètre                  | D= 10,02 cm               |
|                             | Surface                   | A= 78,80 cm <sup>2</sup>  |
|                             | Volume                    | V= 1008,2 cm <sup>3</sup> |
|                             | Masse initiale            | M= 2010,7 g               |
|                             | Distance entre les prises | L12= 7,53 cm              |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

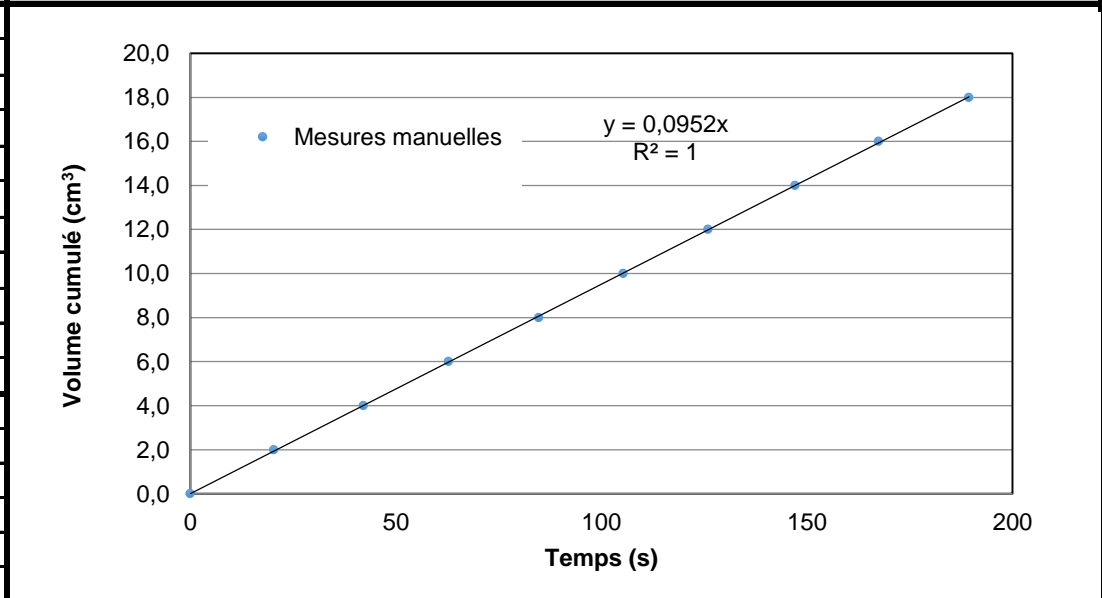
|                                    |                        |                                |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Caractéristiques de l'échantillon: | Teneur en eau initiale | W = 20,96 %                    |
|                                    | Masse volumique sèche  | $\rho_d = 1,65 \text{ g/cm}^3$ |
|                                    | Porosité               | n = 0,396 -                    |
|                                    | Indice des vides       | e = 0,656 -                    |
|                                    | Volume des pores       | Vp = 399,3 cm <sup>3</sup>     |
|                                    | Degré de saturation    | Sr = 95,7 %                    |

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

| Calcul du gradient hydraulique | DONNÉES - MESURES MANUELLES |               |       |          |      |                    |          |          |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------|------|--------------------|----------|----------|
|                                | Temps t                     | Volume cumulé | Δt    | Volume V | ΔV   | Débit Q            | K        | K à 20°C |
| Calcul du gradient total:      | s                           | ml            | s     | ml       | ml   | cm <sup>3</sup> /s | cm/s     | cm/s     |
| Mariotte: 33,0 cm              | 0,00                        | 3,00          | -     | 0,00     | -    | -                  | -        | -        |
| Sortie: 23,0 cm                | 20,30                       | 5,00          | 20,30 | 2,00     | 2,00 | 0,10               | 2,69E-03 | 2,51E-03 |
| Δh: 10,0 cm                    | 42,11                       | 7,00          | 21,81 | 4,00     | 2,00 | 0,09               | 2,50E-03 | 2,33E-03 |
| dh/dl: 0,782 cm/cm             | 62,81                       | 9,00          | 20,70 | 6,00     | 2,00 | 0,10               | 2,64E-03 | 2,46E-03 |
| Calcul du gradient réel:       | 84,77                       | 11,00         | 21,96 | 8,00     | 2,00 | 0,09               | 2,49E-03 | 2,32E-03 |
| Sommet: 27,5 cm                | 105,32                      | 13,00         | 20,55 | 10,00    | 2,00 | 0,10               | 2,66E-03 | 2,47E-03 |
| Base: 24,0 cm                  | 125,99                      | 15,00         | 20,67 | 12,00    | 2,00 | 0,10               | 2,64E-03 | 2,46E-03 |
| Δh: 3,5 cm                     | 147,18                      | 17,00         | 21,19 | 14,00    | 2,00 | 0,09               | 2,58E-03 | 2,40E-03 |
| dh/dl: 0,465 cm/cm             | 167,47                      | 19,00         | 20,29 | 16,00    | 2,00 | 0,10               | 2,69E-03 | 2,51E-03 |
|                                | 189,43                      | 21,00         | 21,96 | 18,00    | 2,00 | 0,09               | 2,49E-03 | 2,32E-03 |

| Conductivité hydraulique | Évaluation du débit de filtration moyen (Q <sub>m</sub> ) |
|--------------------------|---|
|--------------------------|---|

| Mesures manuelles                    |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Q <sub>m</sub>                       | 0,0952 cm <sup>3</sup> /s |
| K                                    | 2,60E-03 cm/s             |
| K (20°C)                             | 2,42E-03 cm/s             |
| Mesures automatiques                 |                           |
| Q <sub>m</sub>                       | - cm <sup>3</sup> /s      |
| K                                    | - cm/s                    |
| K (20°C)                             | - cm/s                    |
| Essai réalisé par : Laurence Gagnon  |                           |
| Date: 4 décembre 2015                |                           |
| Vérifié par: Philippe Pasquier, ing. |                           |
| Date: 15 décembre 2015               |                           |




Commentaires:

## ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>PROJET:</b> EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> CS-15-06-04 |
| <b>CLIENT:</b> Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>              |
| <b>DATE:</b> 4 décembre 2015                   | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> P1          |

|   |                           |            |                        |
|---|---------------------------|------------|------------------------|
| <b>Sol testé:</b>                         | Sable fin à moyen         |            |                        |
| <b>Caractéristiques du moule :</b>        | Longueur                  | L=         | 12,80 cm               |
|   | Diamètre                  | D=         | 10,02 cm               |
|   | Surface                   | A=         | 78,80 cm <sup>2</sup>  |
|   | Volume                    | V=         | 1008,2 cm <sup>3</sup> |
|   | Masse initiale            | M=         | 2010,7 g               |
|   | Distance entre les prises | L12=       | 7,53 cm                |
| <b>Caractéristiques de l'échantillon:</b> | Teneur en eau initiale    | W =        | 20,96 %                |
|   | Masse volumique sèche     | $\rho_s =$ | 1,65 g/cm <sup>3</sup> |
|   | Porosité                  | n =        | 0,396 -                |
|   | Indice des vides          | e =        | 0,656 -                |
|   | Volume des pores          | Vp =       | 399,3 cm <sup>3</sup>  |
|   | Degré de saturation       | Sr =       | 95,7 %                 |



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

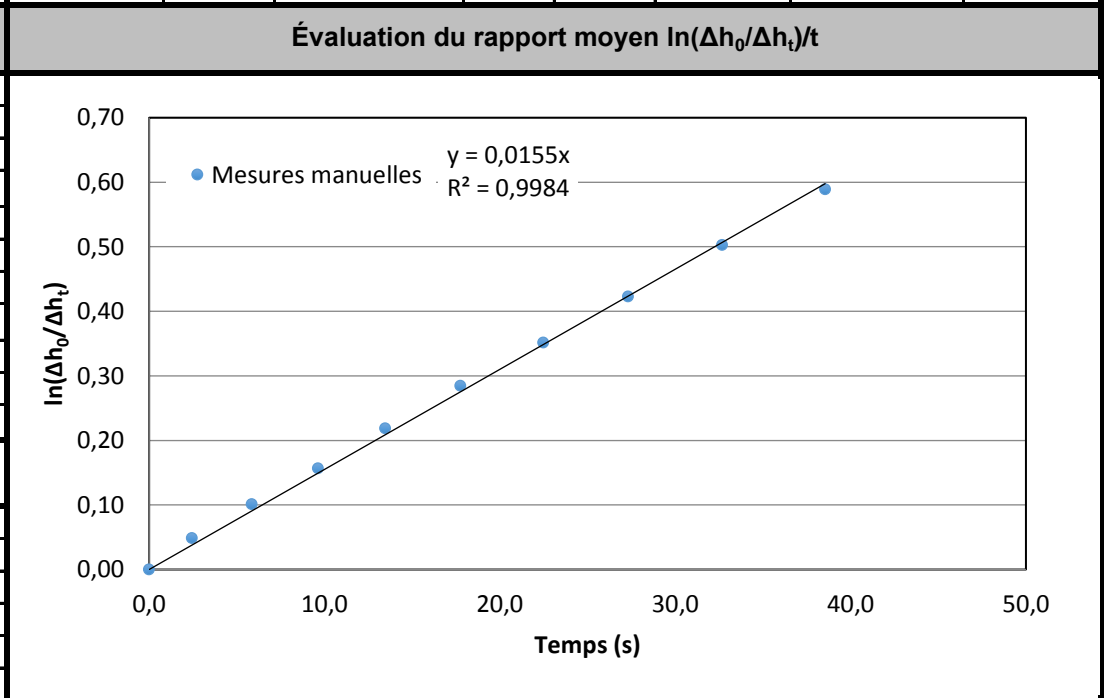
Département des génies civil,  
géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

| Température                      |
|----------------------------------|
| Température de l'essai:<br>23 °C |
| Facteur de correction:<br>0,931  |
| Essai corrigé à 20°C             |

### RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

| Caractéristiques des burettes (cm)        | Temps t | $\Delta t$ | Burette d'entrée | Burette sortie | $\Delta h$ | $\ln(\Delta h_0/\Delta h_t)$ | K        | K à 20°C |
|---|---------|------------|------------------|----------------|------------|------------------------------|----------|----------|
|   | s       | s          | ml               | ml             | cm         | -                            | cm/s     | cm/s     |
| <b>Burette d'entrée</b>                   |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 0,00       | 0,0              | 80,0           | 43,76      | 0,00                         | -        | -        |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 2,45       | 2,0              | 78,2           | 41,68      | 0,05                         | 2,95E-03 | 2,74E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,3    | 5,86       | 4,0              | 76,3           | 39,55      | 0,10                         | 2,56E-03 | 2,39E-03 |
| <b>Burette de sortie</b>                  |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| Volume maximal (ml)                       | 100     | 9,64       | 6,0              | 74,4           | 37,41      | 0,16                         | 2,41E-03 | 2,25E-03 |
| Distance au 0 ml                          | 67      | 13,47      | 8,0              | 72,3           | 35,17      | 0,22                         | 2,41E-03 | 2,24E-03 |
| Distance au max. ml                       | 12,3    | 17,76      | 10,0             | 70,2           | 32,93      | 0,28                         | 2,38E-03 | 2,21E-03 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> |         |            |                  |                |            |                              |          |          |
| $a_{in}$ 1,83                             | 27,32   | 4,84       | 14,0             | 66,40          | 28,66      | 0,42                         | 2,30E-03 | 2,14E-03 |
| $a_{out}$ 1,83                            | 32,69   | 5,37       | 16,0             | 64,40          | 26,47      | 0,50                         | 2,28E-03 | 2,12E-03 |
|   | 38,55   | 5,86       | 18,0             | 62,40          | 24,29      | 0,59                         | 2,27E-03 | 2,11E-03 |

| Conductivité hydraulique               |               |
|--|---------------|
| Mesures manuelles                      |               |
| m                                      | 0,01551 1/s   |
| K                                      | 2,30E-03 cm/s |
| K (20°C)                               | 2,14E-03 cm/s |
| Mesures automatiques                   |               |
| m                                      | - 1/s         |
| K                                      | - cm/s        |
| K (20°C)                               | - cm/s        |
| Essai réalisé par :<br>Laurence Gagnon |               |
| Date: 4 décembre 2015                  |               |
| Vérfié par:<br>Philippe Pasquier, ing. |               |
| Date: 15 décembre 2015                 |               |



## ANNEXE C

Fiche de résultats détaillés des essais en cellule triaxiale

**EsESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

|                |                                 |                     |             |
|----------------|---------------------------------|---------------------|-------------|
| <b>PROJET:</b> | EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> | CS-15-02-04 |
| <b>CLIENT:</b> | Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>  |             |
| <b>DATE:</b>   | 2016-02-10                      | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> | Cellule 2   |

|                  |                        |    |        |                 |
|------------------|------------------------|----|--------|-----------------|
| <b>Géométrie</b> | Longueur               | L= | 13,16  | cm              |
|                  | Diamètre               | D= | 7,14   | cm              |
|                  | Surface                | A= | 40,06  | cm <sup>2</sup> |
|                  | Volume                 | V= | 527,35 | cm <sup>3</sup> |
| <b>Masse</b>     | Teneur en eau initiale | W= | 28,78  | %               |
|                  | Teneur en eau finale   | W= | 27,05  | %               |



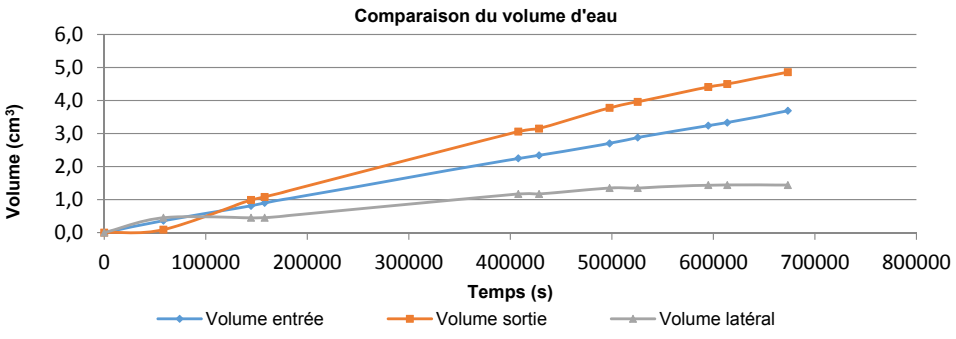
Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

**Température**

|                        |       |
|------------------------|-------|
| Température :          | 22 °C |
| Facteur de correction: | 0,953 |
| Essai corrigé à 20°C   |       |

**Pression**

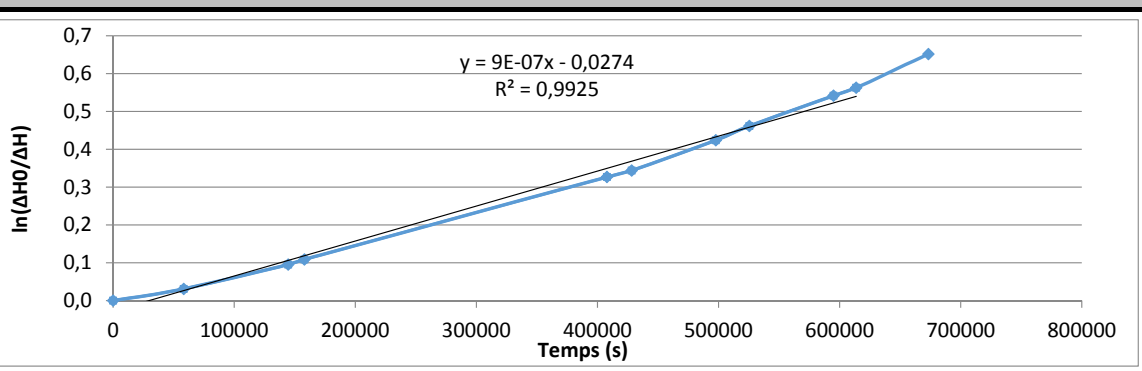
|                   |      |     |
|-------------------|------|-----|
| Pression latérale | 65   | Psi |
| Pression tête     | 43,5 | Psi |
| Pression base     | 61,6 | Psi |



**RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

| Hauteurs initiales                        | Temps cumulé | ΔT       | Lecture latérale | Lecture entrée | Lecture sortie | Lecture sortie corrigé | ΔH    | ln(ΔH <sub>0</sub> /ΔH) | Volume latéral  | Volume entrée   | Volume sortie   | k        |
|---|--------------|----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| <b>Burette entrée</b>                     | s            | s        | ml               | ml             | ml             | ml                     | cm    | -                       | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm/s     |
| H <sub>0</sub> (ml)                       | 5,2          | 0,0      | 3,5              | 5,2            | 21,7           | 21,7                   | -16,5 | 0,0                     | 0,0             | 0,0             | 0,0             | -        |
| H <sub>final</sub> (ml)                   | 9,3          | 58294,2  | 4,0              | 5,6            | 21,1           | 21,6                   | -16,0 | 0,0                     | 0,5             | 0,4             | 0,1             | 7,81E-08 |
|   |              | 144568,2 | 4,0              | 6,1            | 20,6           | 21,1                   | -15,0 | 0,1                     | 0,5             | 0,8             | 1,0             | 9,75E-08 |
| <b>Burette sortie</b>                     |              | 157966,2 | 4,0              | 6,2            | 20,5           | 21,0                   | -14,8 | 0,1                     | 0,5             | 0,9             | 1,1             | 1,02E-07 |
| H <sub>0</sub> (ml)                       | 21,7         | 407833,2 | 4,8              | 7,7            | 18,3           | 19,6                   | -11,9 | 0,3                     | 1,2             | 2,3             | 3,1             | 1,19E-07 |
| H <sub>final</sub> (ml)                   | 16,3         | 428264,4 | 4,8              | 7,8            | 18,2           | 19,5                   | -11,7 | 0,3                     | 1,2             | 2,3             | 3,2             | 1,19E-07 |
|   |              | 497762,4 | 5,0              | 8,2            | 17,5           | 19,0                   | -10,8 | 0,4                     | 1,4             | 2,7             | 3,8             | 1,26E-07 |
| <b>Aire des Burettes (cm<sup>2</sup>)</b> | 525464,4     | 525464,4 | 5,0              | 8,4            | 17,3           | 18,8                   | -10,4 | 0,5                     | 1,4             | 2,9             | 4,0             | 1,30E-07 |
| Latéral                                   | 0,90         | 594950,4 | 5,1              | 8,8            | 16,8           | 18,4                   | -9,6  | 0,5                     | 1,4             | 3,2             | 4,4             | 1,35E-07 |
| Entrée                                    | 0,90         | 613679,4 | 5,1              | 8,9            | 16,7           | 18,3                   | -9,4  | 0,6                     | 1,4             | 3,3             | 4,5             | 1,36E-07 |
| Sortie                                    | 0,90         | 673337,4 | 5,1              | 9,3            | 16,3           | 17,9                   | -8,6  | 0,7                     | 1,4             | 3,7             | 4,9             | 1,43E-07 |

**Évaluation du rapport moyen ln(ΔH<sub>0</sub>/ΔH)/t**



|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| <b>Conductivité hydraulique</b>    |          |
| <b>Mesures</b>                     |          |
| m (1/s)                            | 8,67E-07 |
| k (cm/s)                           | 1,28E-07 |
| k (20°C) (cm/s)                    | 1,22E-07 |
| k (20°C) (m/s)                     | 1,22E-09 |
| Essai réalisé par : Yoris Delahaye |          |
| Vérifié par: Philippe Pasquier     |          |
| Heure de départ : 17:28:03         |          |
| Date: 2016-02-10                   |          |

Commentaires :

**ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

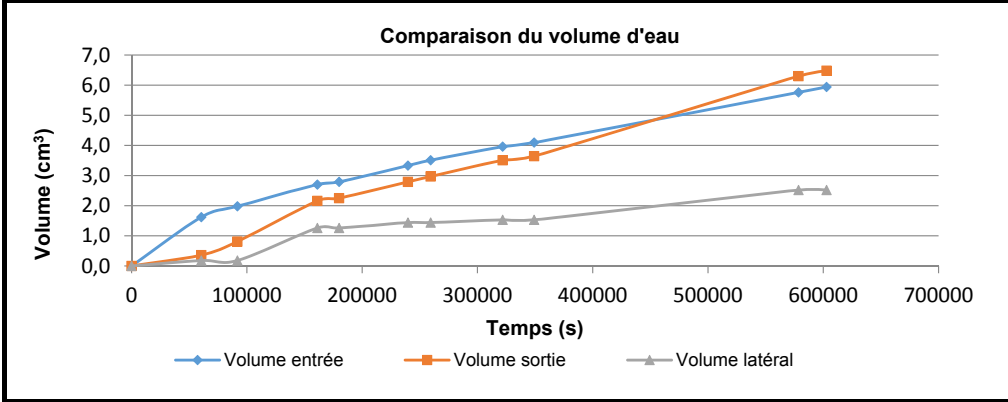
|                |                                 |                     |              |
|----------------|---------------------------------|---------------------|--------------|
| <b>PROJET:</b> | EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> | CS-15-02-07b |
| <b>CLIENT:</b> | Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>  |              |
| <b>DATE:</b>   | 2016-02-15                      | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> | Cellule 1    |

|                  |                        |    |        |                 |
|------------------|------------------------|----|--------|-----------------|
| <b>Géométrie</b> | Longueur               | L= | 10,553 | cm              |
|                  | Diamètre               | D= | 7,124  | cm              |
|                  | Surface                | A= | 39,86  | cm <sup>2</sup> |
|                  | Volume                 | V= | 420,6  | cm <sup>3</sup> |
| <b>Masse</b>     | Teneur en eau initiale | W= | 23,50  | %               |
|                  | Teneur en eau finale   | W= | 23,95  | %               |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

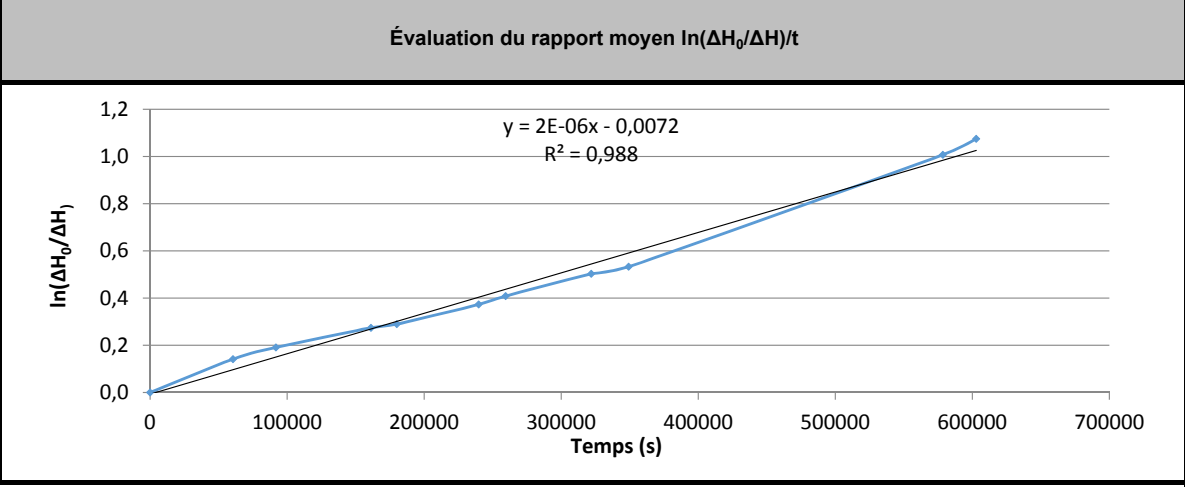
|                        |          |
|------------------------|----------|
| <b>Température</b>     |          |
| Température :          |          |
| 22 °C                  |          |
| Facteur de correction: |          |
| 0,953                  |          |
| Essai corrigé à 20°C   |          |
| <b>Pression</b>        |          |
| Pression latérale      | 65 Psi   |
| Pression tête          | 43,5 Psi |
| Pression base          | 61,6 Psi |



**RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

| Hauteurs initiales             | Temps cumulé | ΔT       | Lecture latérale | Lecture entrée | Lecture sortie | Lecture sortie corrigé | ΔH    | ln(ΔH <sub>0</sub> /ΔH) | Volume latéral  | Volume entrée   | Volume sortie   | k        |
|--------------------------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| <b>Burette entrée</b>          | s            | s        | ml               | ml             | ml             | ml                     | cm    | -                       | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm/s     |
| H <sub>0</sub> (ml)            | 5,2          | 0,0      | 0,7              | 5,2            | 21,9           | 21,9                   | -16,7 | 0,0                     | 0,0             | 0,0             | 0,0             | -        |
| H <sub>final</sub> (ml)        | 11,8         | 60499,8  | 0,9              | 7,0            | 21,3           | 21,5                   | -14,5 | 0,1                     | 0,2             | 1,6             | 0,4             | 2,78E-07 |
|                                |              | 91785,0  | 0,9              | 7,4            | 21,0           | 21,2                   | -13,8 | 0,2                     | 0,2             | 2,0             | 0,8             | 2,48E-07 |
| <b>Burette sortie</b>          | 161172,0     | 161172,0 | 2,1              | 8,2            | 19,5           | 20,9                   | -12,7 | 0,3                     | 1,3             | 2,7             | 2,2             | 2,02E-07 |
| H <sub>0</sub> (ml)            | 21,9         | 180030,0 | 2,1              | 8,3            | 19,4           | 20,8                   | -12,5 | 0,3                     | 1,3             | 2,8             | 2,3             | 1,92E-07 |
| H <sub>final</sub> (ml)        | 14,7         | 239739,0 | 2,3              | 8,9            | 18,8           | 20,4                   | -11,5 | 0,4                     | 1,4             | 3,3             | 2,8             | 1,85E-07 |
|                                |              | 259428,0 | 2,3              | 9,1            | 18,6           | 20,2                   | -11,1 | 0,4                     | 1,4             | 3,5             | 3,0             | 1,88E-07 |
| <b>Aire des Burettes (cm²)</b> | 321888,0     | 321888,0 | 2,4              | 9,6            | 18,0           | 19,7                   | -10,1 | 0,5                     | 1,5             | 4,0             | 3,5             | 1,86E-07 |
| Latéral                        | 0,90         | 349188,0 | 2,4              | 9,8            | 17,9           | 19,6                   | -9,8  | 0,5                     | 1,5             | 4,1             | 3,6             | 1,82E-07 |
| Entrée                         | 0,90         | 578517,0 | 3,5              | 11,6           | 14,9           | 17,7                   | -6,1  | 1,0                     | 2,5             | 5,8             | 6,3             | 2,07E-07 |
| Sortie                         | 0,90         | 602826,0 | 3,5              | 11,8           | 14,7           | 17,5                   | -5,7  | 1,1                     | 2,5             | 5,9             | 6,5             | 2,12E-07 |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>Conductivité hydraulique</b>       |                 |
| <b>Mesures</b>                        |                 |
| m (1/s)                               | 1,69E-06        |
| k (cm/s)                              | 2,02E-07        |
| k (20°C) (cm/s)                       | 1,92E-07        |
| <b>k (20°C) (m/s)</b>                 | <b>1,92E-09</b> |
| Essai réalisé par :<br>Yoris Delahaye |                 |
| Vérifié par:<br>Philippe Pasquier     |                 |
| Heure de départ :<br>16:55:00         |                 |
| Date:<br>2016-02-15                   |                 |



Commentaires :



**ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

|                |                                 |                     |             |
|----------------|---------------------------------|---------------------|-------------|
| <b>PROJET:</b> | EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> | CS-15-04-05 |
| <b>CLIENT:</b> | Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>  |             |
| <b>DATE:</b>   | 2016-04-14                      | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> | Cellule 3   |

|                  |                        |    |         |                 |
|------------------|------------------------|----|---------|-----------------|
| <b>Géométrie</b> | Longueur               | L= | 7,179   | cm              |
|                  | Diamètre               | D= | 11,1633 | cm              |
|                  | Surface                | A= | 97,8749 | cm <sup>2</sup> |
|                  | Volume                 | V= | 702,6   | cm <sup>3</sup> |
| <b>Masse</b>     | Teneur en eau initiale | W= | 12,62   | %               |
|                  | Teneur en eau finale   | W= | 16,20   | %               |



Département des génies civil, géologique et des mines

C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

**Température**

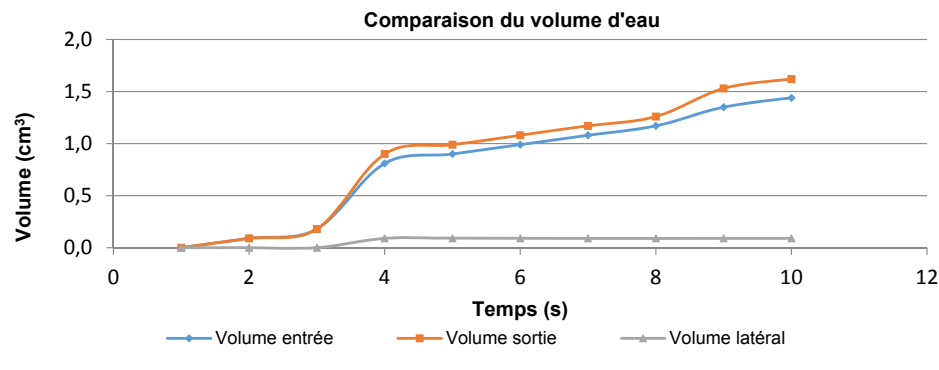
Température :  
22 °C

Facteur de correction:  
0,953

Essai corrigé à 20°C

**Pression**

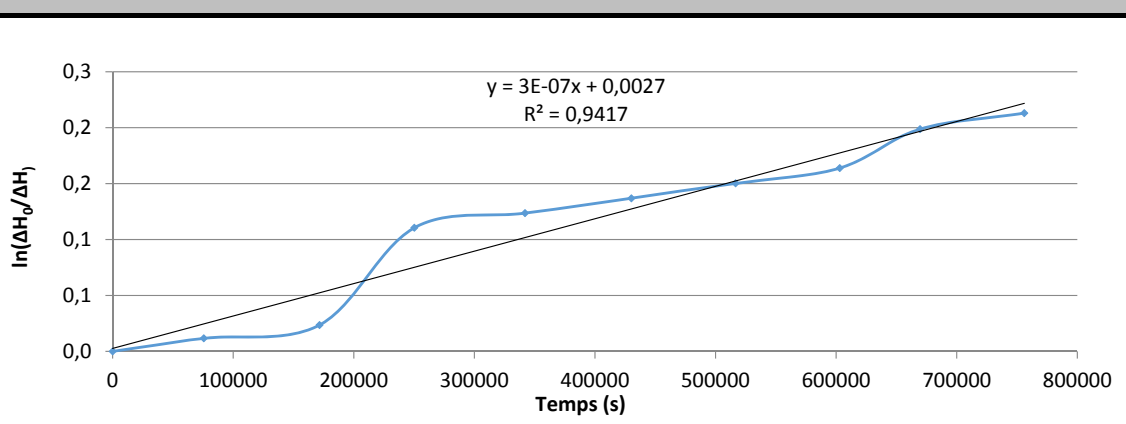
|                   |      |     |
|-------------------|------|-----|
| Pression latérale | 65   | Psi |
| Pression tête     | 43,5 | Psi |
| Pression base     | 61,6 | Psi |



**RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

| Hauteurs initiales          | Temps cumulé | ΔT       | Lecture latérale | Lecture entrée | Lecture sortie | Lecture sortie corrigé | ΔH    | ln(ΔH <sub>0</sub> /ΔH) | Volume latéral  | Volume entrée   | Volume sortie   | k        |
|-----------------------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| Burette entrée              | s            | s        | ml               | ml             | ml             | ml                     | cm    | -                       | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm/s     |
| H <sub>0</sub> (ml) 5,0     | 0,0          | 0,0      | 0,6              | 5,0            | 22,2           | 22,2                   | -17,2 | 0,0                     | 0,0             | 0,0             | 0,0             | -        |
| H <sub>final</sub> (ml) 0,0 | 75600,0      | 75600,0  | 0,6              | 5,1            | 22,1           | 22,1                   | -17,0 | 0,0                     | 0,0             | 0,1             | 0,1             | 5,11E-09 |
|                             | 171600,0     | 171600,0 | 0,6              | 5,2            | 22,0           | 22,0                   | -16,8 | 0,0                     | 0,0             | 0,2             | 0,2             | 4,53E-09 |
| Burette sortie              | 250200,0     | 250200,0 | 0,7              | 5,9            | 21,2           | 21,3                   | -15,4 | 0,1                     | 0,1             | 0,8             | 0,9             | 1,46E-08 |
| H <sub>0</sub> (ml) 22,2    | 342000,0     | 342000,0 | 0,7              | 6,0            | 21,1           | 21,2                   | -15,2 | 0,1                     | 0,1             | 0,9             | 1,0             | 1,19E-08 |
| H <sub>final</sub> (ml) 0,0 | 430200,0     | 430200,0 | 0,7              | 6,1            | 21,0           | 21,1                   | -15,0 | 0,1                     | 0,1             | 1,0             | 1,1             | 1,05E-08 |
|                             | 516600,0     | 516600,0 | 0,7              | 6,2            | 20,9           | 21,0                   | -14,8 | 0,2                     | 0,1             | 1,1             | 1,2             | 9,60E-09 |
| Aire des Burettes (cm²)     | 603000,0     | 603000,0 | 0,7              | 6,3            | 20,8           | 20,9                   | -14,6 | 0,2                     | 0,1             | 1,2             | 1,3             | 8,97E-09 |
| Latéral 0,90                | 669600,0     | 669600,0 | 0,7              | 6,5            | 20,5           | 20,6                   | -14,1 | 0,2                     | 0,1             | 1,4             | 1,5             | 9,80E-09 |
| Entrée 0,90                 | 756000,0     | 756000,0 | 0,7              | 6,6            | 20,4           | 20,5                   | -13,9 | 0,2                     | 0,1             | 1,4             | 1,6             | 9,30E-09 |
| Sortie 0,90                 |              |          |                  |                |                |                        |       |                         |                 |                 |                 |          |

**Évaluation du rapport moyen ln(ΔH<sub>0</sub>/ΔH)/t**



| Conductivité hydraulique              |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| Mesures                               |                 |
| m (1/s)                               | 2,95E-07        |
| k (cm/s)                              | 9,73E-09        |
| k (20°C) (cm/s)                       | 9,27E-09        |
| <b>k (20°C) (m/s)</b>                 | <b>9,27E-11</b> |
| Essai réalisé par :<br>Yoris Delahaye |                 |
| Vérifié par:<br>Philippe Pasquier     |                 |
| Heure de départ :<br>16:30:00         |                 |
| Date:<br>2016-04-14                   |                 |

Commentaires :

**ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

|                |                                 |                     |             |
|----------------|---------------------------------|---------------------|-------------|
| <b>PROJET:</b> | EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> | CS-15-04-06 |
| <b>CLIENT:</b> | Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>  |             |
| <b>DATE:</b>   | 2016-03-17                      | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> | Cellule 3   |

|                  |                        |    |         |                 |
|------------------|------------------------|----|---------|-----------------|
| <b>Géométrie</b> | Longueur               | L= | 11,6235 | cm              |
|                  | Diamètre               | D= | 7,01325 | cm              |
|                  | Surface                | A= | 38,6303 | cm <sup>2</sup> |
|                  | Volume                 | V= | 449,0   | cm <sup>3</sup> |
| <b>Masse</b>     | Teneur en eau initiale | W= | 22,84   | %               |
|                  | Teneur en eau finale   | W= | 28,08   | %               |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

**Température**

Température :

22 °C

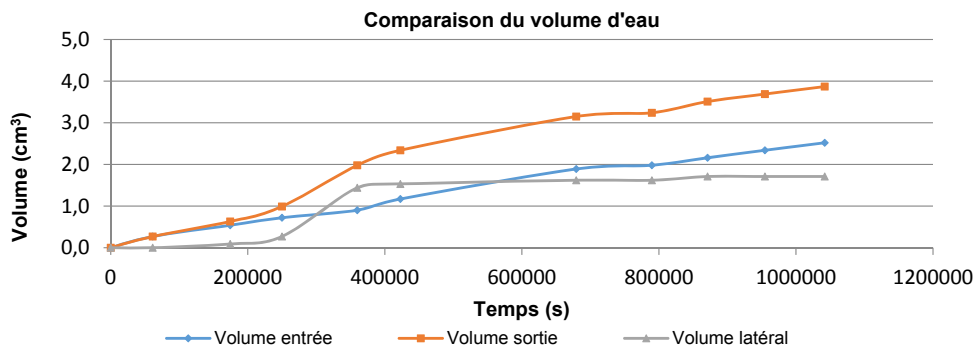
Facteur de correction:

0,953

Essai corrigé à 20°C

**Pression**

|                   |      |     |
|-------------------|------|-----|
| Pression latérale | 65   | Psi |
| Pression tête     | 43,5 | Psi |
| Pression base     | 61,6 | Psi |



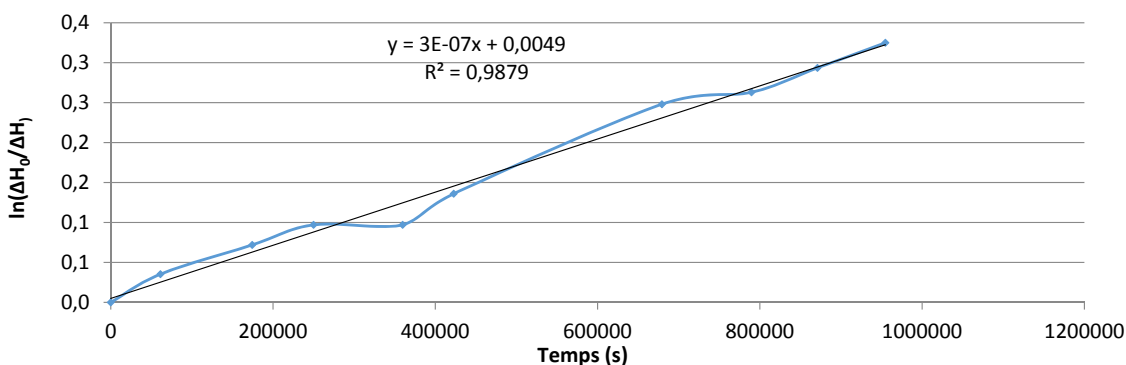
**RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

| Hauteurs initiales                   | Temps cumulé | ΔT        | Lecture latérale | Lecture entrée | Lecture sortie | Lecture sortie corrigé | ΔH    | ln(ΔH <sub>0</sub> /ΔH) | Volume latéral  | Volume entrée   | Volume sortie   | k        |
|--------------------------------------|--------------|-----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| Burette entrée                       | s            | s         | ml               | ml             | ml             | ml                     | cm    | -                       | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm/s     |
| H <sub>0</sub> (ml) 4,7              | 0,0          | 0,0       | 0,8              | 4,7            | 22,0           | 22,0                   | -17,3 | 0,0                     | 0,0             | 0,0             | 0,0             | -        |
| H <sub>final</sub> (ml) 7,5          | 61200,0      | 61200,0   | 0,8              | 5,0            | 21,7           | 21,7                   | -16,7 | 0,0                     | 0,0             | 0,3             | 0,3             | 7,81E-08 |
|                                      | 174300,0     | 174300,0  | 0,9              | 5,3            | 21,3           | 21,4                   | -16,1 | 0,1                     | 0,1             | 0,5             | 0,6             | 5,58E-08 |
| Burette sortie                       | 249909,0     | 249909,0  | 1,1              | 5,5            | 20,9           | 21,2                   | -15,7 | 0,1                     | 0,3             | 0,7             | 1,0             | 5,26E-08 |
| H <sub>0</sub> (ml) 22,0             | 359718,0     | 359718,0  | 2,4              | 5,7            | 19,8           | 21,4                   | -15,7 | 0,1                     | 1,4             | 0,9             | 2,0             | 3,65E-08 |
| H <sub>final</sub> (ml) 17,7         | 422676,0     | 422676,0  | 2,5              | 6,0            | 19,4           | 21,1                   | -15,1 | 0,1                     | 1,5             | 1,2             | 2,3             | 4,36E-08 |
|                                      | 679296,0     | 679296,0  | 2,6              | 6,8            | 18,5           | 20,3                   | -13,5 | 0,2                     | 1,6             | 1,9             | 3,2             | 4,94E-08 |
| Aire des Burettes (cm <sup>2</sup> ) | 789696,0     | 789696,0  | 2,6              | 6,9            | 18,4           | 20,2                   | -13,3 | 0,3                     | 1,6             | 2,0             | 3,2             | 4,51E-08 |
| Latéral 0,90                         | 870996,0     | 870996,0  | 2,7              | 7,1            | 18,1           | 20,0                   | -12,9 | 0,3                     | 1,7             | 2,2             | 3,5             | 4,56E-08 |
| Entrée 0,90                          | 954696,0     | 954696,0  | 2,7              | 7,3            | 17,9           | 19,8                   | -12,5 | 0,3                     | 1,7             | 2,3             | 3,7             | 4,61E-08 |
| Sortie 0,90                          | 1041996,0    | 1041996,0 | 2,7              | 7,5            | 17,7           | 19,6                   | -12,1 | 0,4                     | 1,7             | 2,5             | 3,9             | 4,65E-08 |

**Conductivité hydraulique**

| Mesures                               |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| m (1/s)                               | 3,41E-07        |
| k (cm/s)                              | 4,61E-08        |
| k (20°C) (cm/s)                       | 4,39E-08        |
| <b>k (20°C) (m/s)</b>                 | <b>4,39E-10</b> |
| Essai réalisé par :<br>Yoris Delahaye |                 |
| Vérfié par:<br>Philippe Pasquier      |                 |
| Heure de départ :<br>17:00:00         |                 |
| Date:<br>2016-03-17                   |                 |

**Évaluation du rapport moyen ln(ΔH<sub>0</sub>/ΔH)/t**



Commentaires :

**ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

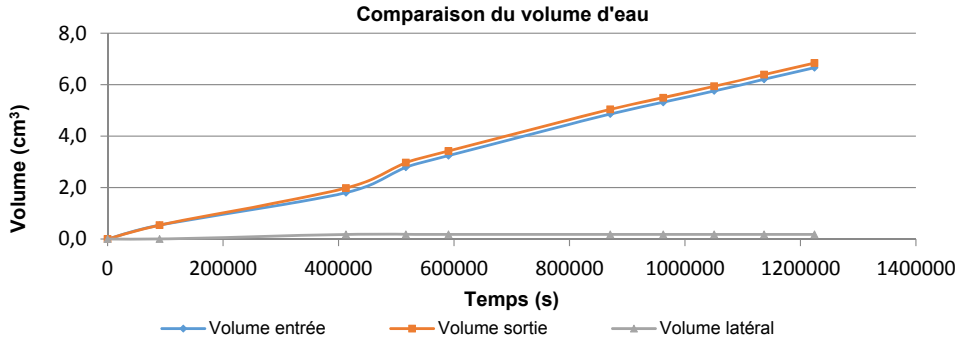
|                |                                 |                     |             |
|----------------|---------------------------------|---------------------|-------------|
| <b>PROJET:</b> | EP-15-05                        | <b>ÉCHANTILLON:</b> | CS-15-04-08 |
| <b>CLIENT:</b> | Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>  |             |
| <b>DATE:</b>   | 2016-04-12                      | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> | Cellule 2   |

|                  |                        |    |         |                 |
|------------------|------------------------|----|---------|-----------------|
| <b>Géométrie</b> | Longueur               | L= | 12,4643 | cm              |
|                  | Diamètre               | D= | 7,029   | cm              |
|                  | Surface                | A= | 38,804  | cm <sup>2</sup> |
|                  | Volume                 | V= | 483,7   | cm <sup>3</sup> |
| <b>Masse</b>     | Teneur en eau initiale | W= | 24,23   | %               |
|                  | Teneur en eau finale   | W= | 33,10   | %               |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

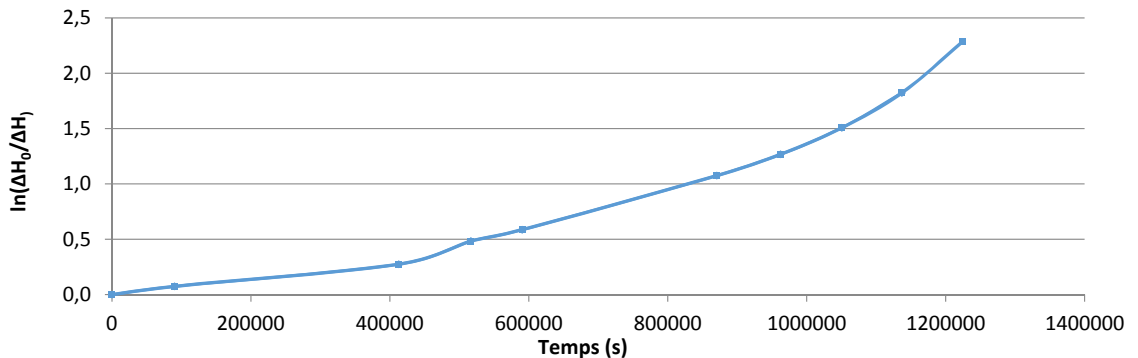
|                        |          |
|------------------------|----------|
| <b>Température</b>     |          |
| Température :          | 22 °C    |
| Facteur de correction: | 0,953    |
| Essai corrigé à 20°C   |          |
| <b>Pression</b>        |          |
| Pression latérale      | 65 Psi   |
| Pression tête          | 43,5 Psi |
| Pression base          | 61,6 Psi |



**RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

| Hauteurs initiales             |           | Temps cumulé | ΔT        | Lecture latérale | Lecture entrée | Lecture sortie | Lecture sortie corrigé | ΔH    | ln(ΔH <sub>0</sub> /ΔH) | Volume latéral  | Volume entrée   | Volume sortie   | k        |
|--------------------------------|-----------|--------------|-----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
|                                |           | s            | s         | ml               | ml             | ml             | ml                     | cm    | -                       | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm/s     |
| <b>Burette entrée</b>          |           |              |           |                  |                |                |                        |       |                         |                 |                 |                 |          |
| H <sub>0</sub> (ml)            | 5,1       | 0,0          | 0,0       | 1,1              | 5,1            | 21,8           | 21,8                   | -16,7 | 0,0                     | 0,0             | 0,0             | 0,0             | -        |
| H <sub>final</sub> (ml)        | 12,5      | 90000,0      | 90000,0   | 1,1              | 5,7            | 21,2           | 21,2                   | -15,5 | 0,1                     | 0,0             | 0,5             | 0,5             | 1,20E-07 |
|                                |           | 412800,0     | 412800,0  | 1,3              | 7,1            | 19,6           | 19,8                   | -12,7 | 0,3                     | 0,2             | 1,8             | 2,0             | 9,59E-08 |
| <b>Burette sortie</b>          |           |              |           |                  |                |                |                        |       |                         |                 |                 |                 |          |
| H <sub>0</sub> (ml)            | 21,8      | 516609,0     | 516609,0  | 1,3              | 8,2            | 18,5           | 18,5                   | -10,3 | 0,5                     | 0,2             | 2,8             | 3,0             | 1,35E-07 |
| H <sub>final</sub> (ml)        | 14,2      | 870576,0     | 870576,0  | 1,3              | 10,5           | 16,2           | 16,2                   | -5,7  | 1,1                     | 0,2             | 4,9             | 5,0             | 1,78E-07 |
|                                |           | 962376,0     | 962376,0  | 1,3              | 11,0           | 15,7           | 15,7                   | -4,7  | 1,3                     | 0,2             | 5,3             | 5,5             | 1,90E-07 |
| <b>Aire des Burettes (cm²)</b> |           |              |           |                  |                |                |                        |       |                         |                 |                 |                 |          |
|                                | 1050576,0 | 1050576,0    | 1050576,0 | 1,3              | 11,5           | 15,2           | 15,2                   | -3,7  | 1,5                     | 0,2             | 5,8             | 5,9             | 2,07E-07 |
| Latéral                        | 0,90      | 1136976,0    | 1136976,0 | 1,3              | 12,0           | 14,7           | 14,7                   | -2,7  | 1,8                     | 0,2             | 6,2             | 6,4             | 2,32E-07 |
| Entrée                         | 0,90      | 1224276,0    | 1224276,0 | 1,3              | 12,5           | 14,2           | 14,2                   | -1,7  | 2,3                     | 0,2             | 6,7             | 6,8             | 2,70E-07 |
| Sortie                         | 0,90      |              |           |                  |                |                |                        |       |                         |                 |                 |                 |          |

**Évaluation du rapport moyen ln(ΔH<sub>0</sub>/ΔH)<sub>t</sub>**



|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>Conductivité hydraulique</b>       |                 |
| <b>Mesures</b>                        |                 |
| m (1/s)                               | 1,24E-06        |
| k (cm/s)                              | 1,80E-07        |
| k (20°C) (cm/s)                       | 1,71E-07        |
| <b>k (20°C) (m/s)</b>                 | <b>1,71E-09</b> |
| Essai réalisé par :<br>Yoris Delahaye |                 |
| Vérifié par:<br>Philippe Pasquier     |                 |
| Heure de départ :<br>15:00:00         |                 |
| Date:<br>2016-04-12                   |                 |

Commentaires :

**ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

|                |                                 |                     |             |
|----------------|---------------------------------|---------------------|-------------|
| <b>PROJET:</b> | EP-15-05                        | <b>ECHANTILLON:</b> | CS-15-04-10 |
| <b>CLIENT:</b> | Commission géologique du Canada | <b>PROVENANCE:</b>  |             |
| <b>DATE:</b>   | 2016-03-17                      | <b>PERMÉAMÈTRE:</b> | Cellule 1   |

|                  |                        |    |         |                 |
|------------------|------------------------|----|---------|-----------------|
| <b>Géométrie</b> | Longueur               | L= | 12,7825 | cm              |
|                  | Diamètre               | D= | 7,13525 | cm              |
|                  | Surface                | A= | 39,986  | cm <sup>2</sup> |
|                  | Volume                 | V= | 511,1   | cm <sup>3</sup> |
| <b>Masse</b>     | Teneur en eau initiale | W= | 8,74    | %               |
|                  | Teneur en eau finale   | W= | 19,17   | %               |



Département des génies civil, géologique et des mines  
C.P. 6079, succ Centre-ville  
Montréal (Québec) H3C 3A7

**Température**

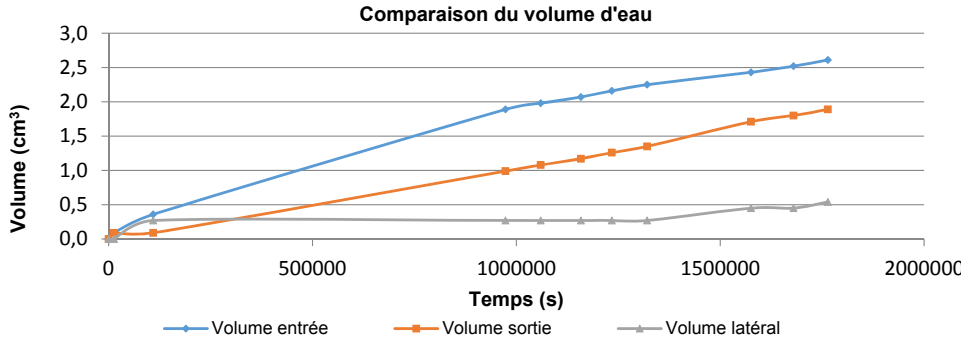
Température :  
22 °C

Facteur de correction:  
0,953

Essai corrigé à 20°C

**Pression**

|                   |      |     |
|-------------------|------|-----|
| Pression latérale | 65   | Psi |
| Pression tête     | 43,5 | Psi |
| Pression base     | 61,6 | Psi |



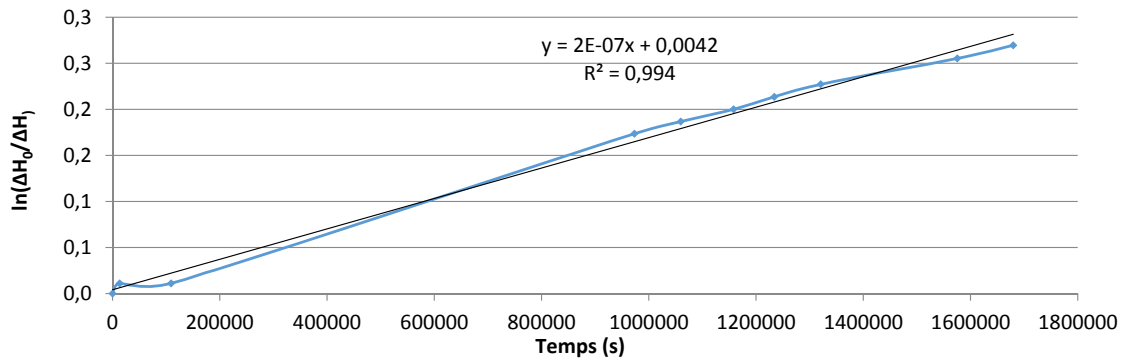
**RÉSULTATS - ESSAI DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE - CELLULE TRIAXIALE**

| Hauteurs initiales                   |      | Temps cumulé | ΔT        | Lecture latérale | Lecture entrée | Lecture sortie | Lecture sortie corrigé | ΔH    | ln(ΔH <sub>0</sub> /ΔH) | Volume latéral  | Volume entrée   | Volume sortie   | k        |
|--------------------------------------|------|--------------|-----------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| Burette entrée                       |      | s            | s         | ml               | ml             | ml             | ml                     | cm    | -                       | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm/s     |
| H <sub>0</sub> (ml)                  | 4,0  | 0,0          | 0,0       | 1,0              | 4,0            | 22,2           | 22,2                   | -18,2 | 0,0                     | 0,0             | 0,0             | 0,0             | -        |
| H <sub>final</sub> (ml)              | 6,9  | 13200,0      | 13200,0   | 1,0              | 4,1            | 22,1           | 22,1                   | -18,0 | 0,0                     | 0,0             | 0,1             | 0,1             | 1,20E-07 |
|                                      |      | 109200,0     | 109200,0  | 1,3              | 4,4            | 22,1           | 22,4                   | -18,0 | 0,0                     | 0,3             | 0,4             | 0,1             | 1,46E-08 |
| Burette sortie                       |      | 973200,0     | 973200,0  | 1,3              | 6,1            | 21,1           | 21,4                   | -15,3 | 0,2                     | 0,3             | 1,9             | 1,0             | 2,57E-08 |
| H <sub>0</sub> (ml)                  | 22,2 | 1059600,0    | 1059600,0 | 1,3              | 6,2            | 21,0           | 21,3                   | -15,1 | 0,2                     | 0,3             | 2,0             | 1,1             | 2,54E-08 |
| H <sub>final</sub> (ml)              | 20,1 | 1158240,0    | 1158240,0 | 1,3              | 6,3            | 20,9           | 21,2                   | -14,9 | 0,2                     | 0,3             | 2,1             | 1,2             | 2,48E-08 |
|                                      |      | 1234029,0    | 1234029,0 | 1,3              | 6,4            | 20,8           | 21,1                   | -14,7 | 0,2                     | 0,3             | 2,2             | 1,3             | 2,49E-08 |
| Aire des Burettes (cm <sup>2</sup> ) |      | 1320576,0    | 1320576,0 | 1,3              | 6,5            | 20,7           | 21,0                   | -14,5 | 0,2                     | 0,3             | 2,3             | 1,4             | 2,48E-08 |
| Latéral                              | 0,90 | 1575363,0    | 1575363,0 | 1,5              | 6,7            | 20,3           | 20,8                   | -14,1 | 0,3                     | 0,5             | 2,4             | 1,7             | 2,33E-08 |
| Entrée                               | 0,90 | 1679703,0    | 1679703,0 | 1,5              | 6,8            | 20,2           | 20,7                   | -13,9 | 0,3                     | 0,5             | 2,5             | 1,8             | 2,31E-08 |
| Sortie                               | 0,90 | 1763970,0    | 1763970,0 | 1,6              | 6,9            | 20,1           | 20,7                   | -13,8 | 0,3                     | 0,5             | 2,6             | 1,9             | 2,26E-08 |

**Conductivité hydraulique**

| Mesures                               |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| m (1/s)                               | 1,66E-07        |
| k (cm/s)                              | 2,39E-08        |
| k (20°C) (cm/s)                       | 2,27E-08        |
| <b>k (20°C) (m/s)</b>                 | <b>2,27E-10</b> |
| Essai réalisé par :<br>Yoris Delahaye |                 |
| Vérifié par:<br>Philippe Pasquier     |                 |
| Heure de départ :<br>13:40:00         |                 |
| Date:<br>2016-03-17                   |                 |

**Évaluation du rapport moyen ln(ΔH<sub>0</sub>/ΔH)/t**



Commentaires :