

Montréal, le 27 février 2008

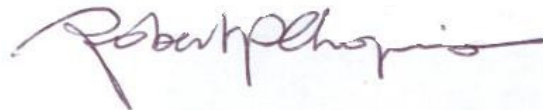
Monsieur Jean-Claude Marron, ing.
BFI Usine de Triage Lachenaie Ltée
3779, Chemin des 40-Arpens
Lachenaie (Québec)
J6V 1A3

Objet : Rapport d'avancement – Projet de recherche sur l'argile
Champlain

Monsieur Marron,

Suite à votre demande, voici un rapport d'avancement sur le projet de recherche qui étudie les lents écoulements de l'eau souterraine dans l'argile Champlain.

Nous vous prions de croire, Monsieur Marron, à nos meilleurs sentiments.



Robert P. Chapuis
Professeur titulaire
Département des génies civil, géologique et des mines

Projet de recherche sur l'argile Champlain

Rapport d'avancement - Février 2008

1. CONTEXTE

Pour les besoins d'obtention de ses différents certificats d'autorisation relatifs à son Lieu d'Enfouissement Sanitaire (L.E.S.) situé à Lachenaie, BFI Usine de Triage Lachenaie Ltée (BFI) a fait réaliser dans le passé de nombreuses études de son site, dont plusieurs études géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, et obtenu les autorisations gouvernementales requises.

Les études hydrogéologiques ont mis en évidence, sous le site, la présence d'une couche d'argile Champlain d'une épaisseur de l'ordre de 20 m. Les conductivités hydrauliques mesurées in-situ ont une valeur moyenne de 1×10^{-7} cm/s, ce qui est inférieur à la valeur maximale de 1×10^{-6} cm/s requise par le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles.

Par ailleurs, l'eau souterraine, localisée sous la couche d'argile, a fait l'objet de nombreuses campagnes d'échantillonnage réalisées dans le cadre du suivi de la qualité de la nappe d'eau souterraine. Il a été constaté, aussi bien en amont qu'en aval du site existant, que les eaux souterraines étaient très salées, avec des salinités comprises entre 10 g et 15 g par litre. Cette forte salinité rend l'eau impropre à la consommation et à l'utilisation pour des fins agricoles. Comme cette salinité existait avant l'exploitation du site, qu'elle est plus élevée que celle du lixiviat généré par le site (qui est collecté et traité), et que les ions largement dominants sont le chlorure et le sodium, on peut considérer que cette salinité est due aux eaux salines de la mer de Champlain qui était présente dans la région il y a environ dix mille ans.

Cependant, la présence d'eaux salées sous la couche d'argile a conduit certaines personnes à s'interroger sur l'origine de cette eau, ainsi que l'aptitude de la couche d'argile à protéger l'aquifère sous-jacent à la couche d'argile Champlain.

Dans une série d'engagements pris par BFI en mai 2006 figurait en particulier celui-ci:

« Étude scientifique complémentaire réalisée par une université québécoise ayant pour objet d'analyser les nombreuses études et suivis des eaux souterraines disponibles en regard du lieu d'enfouissement sanitaire (« LES ») de Lachenaie et de vérifier si les eaux souterraines présentes sous et autour du LES sont naturellement impropres à la consommation, si elles migrent très lentement et si l'épaisse couche d'argile présente sous le site est apte à protéger cette eau souterraine d'une contamination pouvant provenir du LES. ».

C'est donc dans ce contexte que BFI a mandaté l'École Polytechnique de Montréal afin de mettre sur pied et de réaliser un programme de recherche qui permettrait de répondre à ces différentes questions.

2. OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Le projet de recherche a pour objectif principal de bien comprendre les conditions d'écoulement souterrain très lent dans les argiles Champlain qui occupent la vallée du Saint-Laurent. Ces argiles sont utilisées pour faire des ouvrages "étanches", bassins de traitement d'eaux usées, cellules de stockage de déchets. Si l'on connaît bien les propriétés "étanches" du matériau argileux, par des essais de laboratoire ou de terrain, le rôle hydrogéologique que joue la couche d'argile sur deux plans, régional et historique, mérite d'être approfondi. Il existe deux théories sur ce rôle hydrogéologique. Les deux théories admettent que l'eau salée trouvée dans le till et le roc sous l'argile, eau chargée en chlorure et sodium, impropre à la consommation humaine et à l'irrigation, est une eau très ancienne. Elles sont en désaccord quant à savoir si l'eau de pluie, ou de fonte de neige, s'infiltré ou pas dans l'argile pour rejoindre le roc sous-jacent. Elles ont des explications différentes concernant l'eau salée dans l'argile elle-même, en particulier pour la variation de sa salinité en fonction de la profondeur. La méconnaissance des très faibles débits d'eau et d'ions dans les argiles Champlain a des incidences sur les projets d'ouvrages étanches, plusieurs questions restant sans réponse ou ayant deux réponses différentes. Il faut des développements scientifiques spécifiques pour répondre aux questions en suspens. Pour réaliser la recherche proposée, on combinera travaux de terrain et de laboratoire, et des approches théoriques, pour bien définir tous les aspects des problèmes et poser des équations réalistes, qui seront résolues par des méthodes numériques adéquates, ces problèmes étant jugés trop complexes pour être résolus analytiquement. La démarche scientifique proposée est originale parce qu'elle tisse des liens multiples entre les études numériques de migration d'eau, d'ions et d'isotopes, les études physiques des propriétés de l'argile et de leur variabilité, et les analyses chimiques, ce qui n'a que rarement été fait pour des études hydrogéologiques. Cette recherche prendra en compte les nombreuses données des études hydrogéologiques antérieures ainsi que les résultats du suivi des eaux souterraines réalisé depuis plusieurs années par BFI à partir d'un important réseau de puits d'observation existants.

Une demande de subvention de recherche et développement coopérative a été déposée par Polytechnique auprès du CRSNG. Cette demande a été évaluée par des personnes du CRSNG et par des arbitres externes choisis par le CRSNG pour leurs compétences scientifiques, au Canada et à l'étranger. La demande a été acceptée par le CRSNG fin 2007. Les dépenses relatives au projet de recherche seront financées conjointement par le CRSNG et par BFI Usine de Triage Lachenaie Ltée. Le projet débuté en 2007 se poursuivra jusqu'à la fin de 2010.

3. TRAVAUX DE FORAGE ET INSTALLATION DE PIÉZOMÈTRES

Les premiers travaux de forage, d'échantillonnage continu d'argile intacte et d'installation de piézomètres ont été complétés. Des piézomètres ont été installés dans le roc qui a été foré par carottage de calibre H sur des longueurs de 6.0 à 7.2 m. Comme l'eau utilisée pour forer le roc provenait de l'aqueduc, et que sa qualité ne correspondait pas à l'eau naturelle présente dans les fissures du roc, les piézomètres ont été purgés en utilisant la technique de faible débit et de faible rabattement, jusqu'à obtenir des paramètres physico-chimiques stabilisés. Un faible rabattement du niveau d'eau était requis afin d'éviter les modifications physico-chimiques liées à des gradients hydrauliques élevés et de fortes chutes de pression sur de courtes distances avant que l'eau souterraine atteigne la crépine. De faibles débits, de quelques dizaines de cm^3 à quelques centaines de cm^3 par minute, ont été utilisés et contrôlés à l'aide de pompes péristaltiques. La purge de chaque piézomètre a pris plusieurs jours pour être complétée. Les échantillons d'eau collectés dans les piézomètres installés dans le roc ont été analysés pour les principaux anions et cations. Leur teneur en sels est très élevée, entre 14 et 16 g/L, et cette eau contient surtout des chlorures et du sodium, comme l'eau de mer (dont la salinité est voisine de 30 g/L).

4. ANALYSE DE L'EAU SOUTERRAINE SOUS L'ARGILE

Les analyses de carbone 14 (^{14}C) dans l'eau souterraine ont été effectuées par le Laboratoire Isotracer de l'Université de Toronto, le seul laboratoire à pouvoir réaliser ces analyses au Canada.

Les résultats des premières analyses du carbone 14 indiquent des âges compris entre 25 000 et 42 000 ans pour l'eau souterraine prélevée dans les nouveaux piézomètres au roc, et des âges compris entre 9 000 et 20 000 ans pour l'eau souterraine prélevée dans d'anciens piézomètres installés dans le till directement sous l'argile. Cette datation sera précisée par des analyses ultérieures qui seront réalisées pour entre 2008 et 2010, lorsque tous les forages et tous les piézomètres requis pour l'étude auront été complétés.

5. ANALYSE DE L'EAU CIRCULANT LENTEMENT DANS L'ARGILE

Les forages ayant servi à installer des piézomètres dans le roc ont servi également à prélever des échantillons d'argile intacte à l'aide de tubes à paroi mince. Des échantillons cylindriques d'argile ont été extraits des tubes par une technique visant à éviter tout remaniement de la structure interne de l'argile. Présentement on utilise des techniques spéciales pour extraire l'eau contenue dans l'argile. Cette eau est relativement abondante mais elle circule très lentement à une vitesse de l'ordre du centimètre par année. Les analyses chimiques des échantillons d'eau extraits de l'argile ont débuté. Pour l'instant, les résultats des analyses chimiques confirment que dans l'argile l'eau est de plus en plus salée avec la profondeur. En fait, l'eau de pluie et de fontes des neiges,

depuis environ dix mille ans, lessive très lentement les ions de l'eau de mer initialement contenue dans la couche d'argile. La très lente migration des ions vers le bas explique que l'eau soit fortement salée dans le till et le roc sous-jacent à l'argile, et que cette salinité soit semblable à celle d'une eau de mer.

6. CONCLUSIONS

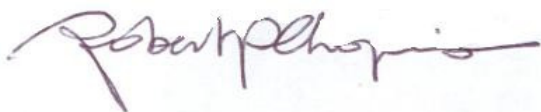
Les premières analyses du carbone 14 dans l'eau souterraine échantillonnée dans le roc et le till sous le dépôt d'argile confirment bien l'hypothèse selon laquelle les eaux très salées du roc et du till sont des eaux très anciennes.

À cause de cette ancienneté, et comme le confirment les premières analyses chimiques réalisées sur l'eau interstitielle de l'argile Champlain, la salinité est d'origine naturelle. Sa valeur actuelle découle de processus de désalinisation très lents, étalés sur environ dix mille ans. Les analyses ultérieures prévues au projet de recherche permettront de mieux reconstituer et quantifier les détails scientifiques des processus impliqués.

Par ailleurs, pour que l'eau du roc et du till ait pu conserver une grande partie de sa salinité au cours des derniers millénaires, il a fallu que les apports d'eau souterraine à travers la couche argile soient restés très faibles sur toute sa durée de vie (environ 10 000 ans). Ceci confirme la faible perméabilité de l'argile, qui est une caractéristique requise pour garantir la protection de la nappe d'eau souterraine salée vis-à-vis des activités du site d'enfouissement.

La suite du projet de recherche permettra de comprendre et de déterminer les mécanismes physico-chimiques et hydrogéologiques qui ont conduit à dessaler progressivement les argiles Champlain et de mieux comprendre la situation actuelle et future (sur des temps géologiques) de ce type de dépôt d'argile.

Rapport complété à Montréal le 27 février 2008.



Robert P. Chapuis, ing., D.Sc.A.
Professeur titulaire