

MUNICIPALITÉ DE NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL

Travaux hydrogéologiques NDBC

Rapport final

3 août 2009

Présenté par

N/Réf. : 053-P022958-0130-EN-0001-00

DESSAU

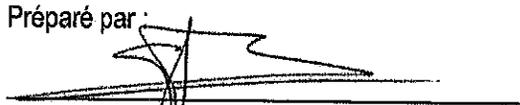


MUNICIPALITÉ DE NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL

Travaux hydrogéologiques NDBC

Rapport final

Préparé par :


Simon Bouchard, M. Sc. A.
Hydrogéologue

Approuvé par :


Michaël Verreault, Ing. M. Sc. A.
Hydrogéologue
Responsable d'expertise - hydrogéologie

Dessau inc.

245, rue Riverin, bureau 101
Chicoutimi (Québec) Canada G7H 4R6
Téléphone : 418.615.0411
Télécopieur : 418.615.0417
Site Web : www.dessau.com

TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN SITUATION	2
2	DESCRIPTION DES TRAVAUX	3
3	MÉTHODE D'ANALYSE (SIMULATION NUMÉRIQUE)	4
4	TRAVAUX D'INVESTIGATION ET RÉSULTATS DE CES TRAVAUX	6
4.1	Sondages au piézocône	6
4.2	Arpentage	6
4.3	Essai de Traçage	7
4.4	Essai de perméabilité	8
5	RÉSULTATS DES TRAVAUX DE TERRAIN	9
5.1	Dépôts meubles	9
5.2	Essai de traçage	9
5.3	Essais de perméabilité	10
6	MODÉLISATION NUMÉRIQUE	11
6.1	Modèle conceptuel	11
6.2	Résultats de calage	14
7	SIMULATION	15
7.1	Écoulement souterrain	15
7.2	Calage de l'écoulement en solution	16
7.3	Aires d'alimentation et de protection (Qmoy actuel)	16
8	SOURCES POTENTIELLES DE CONTAMINATION	17
9	EAU SOUTERRAINE SOUS L'INFLUENCE DES EAUX DE SURFACES (ESSIDES)	18
10	DISCUSSION ET RECOMMANDATION	19
11	CONCLUSIONS	21

Tableaux

Tableau 4.1 :	Sommaire des informations reliées aux sondages	7
Tableau 4.2 :	Sommaire des données d'injection.....	8
Tableau 5.1 :	Sommaire des résultats de l'essai de traçage	9
Tableau 5.2 :	résultats des piézomètres.....	10
Tableau 5.3 :	conductivités hydrauliques	10

Annexes

Annexe 1	Figures
Annexe 2	Descriptions et stratigraphies des sondages
Annexe 3	Essai de perméabilité

Ce document est l'oeuvre de Dessau et est protégé par la loi. Ce rapport est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute reproduction ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite de Dessau et son client.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants de Dessau qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment qualifiés selon la procédure relative à l'approvisionnement de notre manuel qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet.

REGISTRÉ DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS		
N° DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION DE LA MODIFICATION ET/OU DE L'ÉMISSION
00	2009-08-03	Rapport final

DESSAU

INTRODUCTION

Les services professionnels de *DESSAU Inc.* ont été retenus par *la municipalité de Notre-Dame-du-Bon-Conseil (NDBC)* afin d'estimer les aires d'alimentation et de protection des puits de captage.

Ce rapport présente une description des travaux effectués, les résultats obtenus ainsi que les conclusions et recommandations associées au projet.

1 MISE EN SITUATION

La municipalité de NDBC s'alimente actuellement en eau potable à partir d'un puits de pompage, soit le puits P-3. Un deuxième puits, le P-4 devrait être mis en opération prochainement. Ces derniers sont situés à moins de 5 mètres l'un de l'autre et la présence de deux puits n'est requise que pour des considérations mécaniques.

En 2006, la firme HGE a effectué une analyse pour estimer les aires d'alimentation et de protection des puits P-1, P-2 et P-3. Cette analyse a été effectuée à partir de relations analytiques développées pour un milieu simple (isotrope, homogène, d'extension latérale infinie, d'épaisseur constante,...), ce qui n'est pas le cas du secteur de NDBC. De plus, les niveaux d'eau utilisés pour effectuer l'analyse induisait nécessairement une erreur considérable dans l'analyse puisqu'un des puits d'observation était un des puits de captage, qui pompait l'eau souterraine à ce moment.

Étant donné la modification complète du système d'exploitation et de distribution de l'eau, la municipalité de NDBC a décidé d'investir un montant plus important pour estimer ces aires mais surtout pour assurer la protection de l'eau souterraine tout en effectuant une saine gestion du territoire.

Les puits de la municipalité sont situés à proximité d'une zone agricole en exploitation. Cette activité nécessite l'utilisation d'engrais et parfois de pesticides. Lorsque mal planifiée, l'utilisation de ces produits peut altérer la qualité de l'eau souterraine. La présence de ces terres justifie tout à fait l'effort déployé pour estimer les aires d'alimentation et de protection, notamment à l'aide de la simulation numérique.

2 DESCRIPTION DES TRAVAUX

Les travaux effectués pour ce projet doivent être séparés en deux types, soit les travaux d'investigation sur le terrain et les travaux d'analyse. Ceux-ci sont les suivants :

Travaux d'analyse :

- # Estimation des aires d'alimentation et de protection par modélisation numérique.

Travaux de terrain :

- # La réalisation de forages au piézocône avec installation piézométrique;
- # Réalisation d'essais de perméabilité;
- # Réalisation d'un second essai de traçage;
- # Arpentage des sondages et de cours d'eau

3 MÉTHODE D'ANALYSE (SIMULATION NUMÉRIQUE)

Afin d'effectuer l'analyse, la modélisation numérique par ordinateur a été utilisée. Il s'agit d'une méthode efficace qui permet d'effectuer des prédictions sur l'écoulement souterrain. Un modèle numérique est une reproduction informatique et mathématique d'un aquifère; il peut être comparé à une maquette de l'aquifère où toute l'information est mathématique.

Le logiciel utilisé est FEFLOW, version 5,209 développé par Wasy (2005). Il s'agit d'un logiciel qui utilise le principe des éléments finis. L'analyse numérique utilise les principes suivants :

- ⊕ la conservation de la masse d'un fluide et d'un solide est continue;
- ⊕ la conservation de la masse de tous composés chimiques est continue;
- ⊕ la conservation du moment de la masse d'un fluide est continue.

La principale équation mathématique pour l'écoulement souterrain est la suivante :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Où :	Kxx, Kyy et Kzz :	Conductivité hydraulique dans les axes x, y et z
	h :	Charge hydraulique
	W :	Flux volumétrique par unité de volume qui représente la source d'eau
	Ss :	Coefficient d'emmagasinement spécifique
	T :	Temps

En observant l'équation précédente, on constate que le logiciel FEFLOW est en mesure de représenter l'anisotropie et l'hétérogénéité d'un milieu. L'approche des éléments finis utilisée par FEFLOW consiste en une quantité de points localisés dans l'espace où les dérivés partiels sont remplacés par les termes calculés aux différences de charges hydrauliques de ces points.

Les mailles correspondent à des prismes triangulaires dont tous les côtés peuvent être de longueur différente. Ce concept facilite la construction de la géométrie d'un modèle numérique. En effet, même si les couches verticales doivent être constantes sur tout le modèle, elles peuvent être d'épaisseur minime (1 cm) et donc avoir un effet négligeable sur le résultat.

DESSAU

Des valeurs représentant des caractéristiques hydrogéologiques sont attribuées à chaque élément (prisme triangulaire). Comme il y a plusieurs éléments sur le modèle, il peut y avoir de l'hétérogénéité. Sur différents nœuds, il est possible d'attribuer des conditions aux limites et de représenter, par exemple, une rivière. Les caractéristiques détaillées du modèle numérique sont décrites au paragraphe 5.1.

Une fois le modèle numérique construit, il est possible d'effectuer diverses simulations, tel l'effet du pompage sur l'écoulement souterrain ou le transport d'un contaminant dans l'espace et dans le temps. Dans le cas présent, l'écoulement souterrain en condition de pompage, de même que le bilan hydrologique de l'aquifère ont été simulés.

4 TRAVAUX D'INVESTIGATION ET RÉSULTATS DE CES TRAVAUX

Divers travaux d'investigation ont été effectués afin d'obtenir suffisamment d'information pour effectuer des simulations numériques de l'écoulement souterrain et l'évaluation du bilan hydrologique. En voici les détails :

4.1 Sondages au piézocône

Au mois de décembre 2008 et janvier 2009, huit (8) sondages au piézocône ont été effectués dans des secteurs ciblés sur le territoire. Le piézocône consiste en une pointe conique installée à l'extrémité d'un tube en acier. Plusieurs récepteurs électroniques sont situés sur la pointe et à certains endroits sur le tube permettant ainsi d'évaluer la stratigraphie des dépôts meubles de façon assez précise ainsi que la charge hydraulique en tous points. Afin d'effectuer un relevé au piézocône, le cône est enfoncé à une vitesse constante, puis, à l'aide d'un ordinateur, certains paramètres sont emmagasinés dont la résistance en pointe, la pression interstitielle et la friction sur les parois du cône. À l'aide d'abaques, on évalue la stratigraphie à chaque centimètre. Aussi, à l'aide d'essais de dissipation de la pression interstitielle, il est simple d'estimer la charge hydraulique à chaque profondeur voulue. Les sondages au piézocône ont donc permis d'accroître l'information sur la nature des sols ainsi que sur le niveau de la nappe dans des secteurs peu connus et ce, à coûts restreints.

Dans quatre de ces sondages, des piézomètres d'une profondeur de 3 mètres ont été installés. Ces piézomètres permettent de mesurer la profondeur de l'eau souterraine à différentes périodes et ont permis la réalisation d'essais de perméabilité.

Rappelons, qu'entre juillet et septembre 2007, quatre sondages avec installation piézométrique (PZ1 à PZ-4) ainsi qu'un forage pilote avaient été réalisés. La position de l'ensemble de ces sondages est illustrée à la figure 1 de l'annexe I alors que leurs descriptions stratigraphiques sont présentées à l'annexe II.

4.2 Arpentage

Dans la semaine du 15 décembre 2008 un relevé d'arpentage a été effectué à l'aide d'un GPS de précision. Les sondages ont été arpentés afin de référencer ces données dans l'espace pour la

réalisation du modèle numérique. Aussi, plusieurs points ont été relevés dans des cours d'eau pour permettre l'implantation de conditions aux limites appropriées dans le modèle numérique. Le tableau 1 donne les principales informations concernant la localisation des sondages considérés dans l'analyse. Ce tableau inclut notamment les sondages réalisés lors des travaux précédents.

TABLEAU 4.1 : SOMMAIRE DES INFORMATIONS RELIÉES AUX SONDAGES

Identification	Coordonnées X (MTM Nad 83 Z8)	Coordonnées Y (MTM Nad 83 Z8)	Élévation sol (m)	Élévation nappe (m)
P3	394 349.42	5 095 693.69	83.222	---
P4	394 348.17	5 095 698.27	85.815	74.475
PZ1	394 377.24	5 095 718.78	87.064	75.464
PZ4	393 946.87	5 095 620.26	82.115	79.12
PZ2	394 645.54	5 096 055.77	84.382	78.82
PZ3	394 072.88	5 096 208.41	83.139	76.969
C1	395 997.58	5 094 980.29	85.769	83.199
C12	394 542.82	5 094 522.55	81.953	79.984
C11	395 622.15	5 093 676.49	81.924	80.66
C5	396 484.91	5 093 760.25	85.907	84.165
C6	397 363.41	5 093 874.67	85.404	84.104
C3	397 863.05	5 094 526.29	82.125	81.125
C4	398 719.51	5 094 005.43	91.006	88.647
C8	396 976.05	5 094 511.71	84.445	82.845

La localisation des points d'arpentages est présentée à la figure 2 de l'annexe 1.

4.3 Essai de Traçage

Un essai de traçage convergent a été effectué vers le puits P-3. Un essai de traçage consiste à injecter un traceur dans l'eau souterraine et à le suivre dans l'espace et dans le temps. Les résultats obtenus grâce à ces essais sont directs et ne proviennent donc pas d'hypothèses émises. L'injection du traceur a été effectuée dans le piézomètre PZ-1 situé à 45 mètres au nord-est du puits de pompage P-3. Les principaux objectifs de cet essai de traçage étaient notamment d'évaluer :

- 1) le temps de transfert entre le puits de captage et le point d'injection à un débit d'exploitation de 1800 l/min;
- 2) les propriétés dispersives du milieu;
- 3) Le calage des données de l'écoulement en solution.

Les caractéristiques des essais sont les suivantes :

TABLEAU 4.2 : SOMMAIRE DES DONNÉES D'INJECTION

	Essai 1 PZ-1
Masse injectée	197 g
Date d'injection	19 déc. 2008
Durée de l'injection	20 min.
Débit de pompage du puits	1800 l/min
Durée de l'essai	6 jours
Distance du puits pompé	45 m

4.4 Essai de perméabilité

Afin de mesurer la conductivité hydraulique (K) des sols en place, des essais de perméabilité de type HVORSLEV ont été effectués en PZ-2, PZ-3, C-3, C-4, C-6 et C-11. Ce type d'essai consiste à soutirer de l'eau du piézomètre durant une courte période de temps et à mesurer la remontée de la nappe suite au pompage. Cette remontée est mesurée à l'aide d'une sonde à niveau d'eau à toutes les minutes suivant l'arrêt du pompage. Les courbes représentatives de ces essais sont jointes à l'annexe 3.

5 RÉSULTATS DES TRAVAUX DE TERRAIN

Voici les résultats des principaux travaux de terrain :

5.1 Dépôts meubles

Dans le secteur étudié, on observe différentes morphologies dans les dépôts meubles. Des dépôts fluvio-glaciaires composés principalement de sable et de gravier sont présents, notamment autour des puits de pompage. Pour le reste du secteur, il s'agit principalement de dépôts marins, tantôt composés d'argile, tantôt composés de sable. Les sondages au piézocône ont aussi permis de déterminer le type de dépôt meuble présents sur les premiers mètres au droit des forages réalisés et de confirmer les résultats obtenus avec la carte des dépôts meubles.

5.2 Essai de traçage

Les principales données recueillies lors de cet essai sont indiquées au tableau suivant.

TABLEAU 5.1 : SOMMAIRE DES RÉSULTATS DE L'ESSAI DE TRAÇAGE

Item	Essai 1 PZ-1
Masse récupérée	192.48 g
Pourcentage récupéré	97.7 %
Temps de première arrivée	900 min
Temps du pic de concentration	2370 min
Temps de transfert moyen	2982 min
Dispersivité longitudinale	1.12 m
Coefficient de dispersion	0.283 e-3 m ² /s
Nombre de Peclet	40.161

La courbe de restitution de l'essai est présentée à la figure 3 de l'annexe 1. Cette courbe est représentative d'un milieu relativement homogène et les alternances présente sur la courbe sont peut être liées à des variations temporaires de débits. La sorption semble plutôt faible puisque la queue de la courbe est relativement courte. La valeur du nombre de Peclet (40.161) indique que la dispersion contrôle l'écoulement de manière bien plus importante que la diffusion, ce qui est tout à fait normal dans cette situation. Le pourcentage de traceur récupéré est d'environ 98 %, soit presque la totalité de la masse injectée. Le coefficient de dispersion ainsi que les valeurs de dispersivité

obtenues ont été utilisées dans le modèle numérique afin de caler l'écoulement en solution et ainsi estimer avec davantage de précision, les aires d'alimentation et de protection.

5.3 Essais de perméabilité

Le tableau suivant illustre les piézomètres testés et les résultats alors que les graphiques sont illustrés à l'annexe 3.

TABLEAU 5.2 : RÉSULTATS DES PIÉZOMÈTRES

Identification	Conductivité hydraulique (m/min)
PZ-3	$1.48 \cdot 10^{-4}$
PZ-2	$3.89 \cdot 10^{-5}$
C11	$1.57 \cdot 10^{-5}$
C4	$3.23 \cdot 10^{-4}$
C3	$8.44 \cdot 10^{-6}$
C6	$3.84 \cdot 10^{-6}$

Ces valeurs sont représentatives pour la plupart, d'un milieu géologique moyennement à peu perméable.

Aussi, afin d'optimiser le modèle numérique, l'essai de pompage réalisé en décembre 2007 a été considéré. Celui-ci avait été réalisé sur le puits P-4 à un débit de 1514 l/min. L'interprétation des courbes de rabattement avait permis d'estimer les valeurs de conductivités hydrauliques suivantes dans le secteur du puits :

TABLEAU 5.3 : CONDUCTIVITÉS HYDRAULIQUES

Identification	Conductivité hydraulique (m/min)
PZ-1	$3.9 \cdot 10^{-2}$
PZ-2	$5.1 \cdot 10^{-1}$
PZ-3	1,9
PZ-4	$4.7 \cdot 10^{-1}$
P-4	$2.2 \cdot 10^{-2}$
P-3	$2.7 \cdot 10^{-2}$

Ces valeurs de conductivité hydraulique sont celles dans le secteur des puits et sont beaucoup plus élevées. Toutes ces valeurs ont été considérées pour la création du modèle numérique.

6 MODÉLISATION NUMÉRIQUE

6.1 Modèle conceptuel

Le modèle conceptuel est la base des simulations numériques. Celui-ci consiste en la création virtuelle des différentes strates (sable, argile, socle rocheux, etc.), de la topographie, des puits de pompage et d'observation, des conditions aux limites, de la recharge par infiltration verticale, des rivières, etc. Une fois le modèle conceptuel réalisé, différentes simulations peuvent être effectuées telles que l'écoulement souterrain ou l'analyse du bilan hydrogéologique.

- ⊕ **Géométrie et topographie** : La géométrie du modèle est un des points les plus influents sur les résultats d'une simulation numérique. Le modèle a été construit avec quatre couches numériques. Il y a sur le modèle cinq (5) supers éléments, 98 300 éléments et 62 635 nœuds. Le type d'élément choisi pour générer le maillage consiste en un prisme triangulaire à trois (3) nœuds. Les éléments sont plus petits dans certains super éléments et à certains endroits afin d'obtenir une meilleure précision lors de la reproduction numérique de l'écoulement (figure 4). Un maillage localement serré permet d'augmenter la vitesse de calcul des itérations. La topographie sur l'ensemble du territoire simulé est celle provenant des données numériques au 1/20 000 du Ministère des Ressources Naturelles, combinées aux données provenant de l'arpentage;

Le modèle est limité au nord et à l'est par la rivière Nicolet et au sud et à l'ouest par le ruisseau du Nègre (figure 2, annexe I). Le modèle possède une dimension de 35.6 km².

- ⊕ **Stratigraphie** : Plusieurs valeurs de conductivité hydraulique représentant des couches stratigraphiques ont été imposées dans le modèle. Les couches du modèle représentent les unités stratigraphiques suivantes :

Couches 1 : Dépôt marin constitué de sable et silt présent sur deux parties distinctes à l'est et à l'ouest du site. Dépôt marin constitué de sable et d'argile présent sur deux parties distinctes au nord et au sud du site. Dépôt fluvio-glaciaire composé de sable fin à grossier au centre du site notamment autour des puits de pompages.

Couches 2: Dépôt fluvio-glaciaire composé de sable fin à grossier au centre du site. Le reste de cette couche, est composé du dépôt marin constitué de sable et d'argile.

Couche 3 : Dépôt fluvio-glaciaire composé de sable fin à grossier au centre du site. Le reste de cette couche est composé d'un dépôt glaciaire constitué d'un till compacte présentant une proportion variable en sable, gravier, silt et argile.

Couche 4 : Roc homogène sédimentaire.

Ces zones ont été déterminées à l'aide de l'information disponible, mais aussi à l'aide du calage du modèle numérique. Aucune anisotropie n'a été attribuée aux matériaux géologiques. Par conséquent, les valeurs de conductivité hydraulique sont les mêmes dans tous les axes.

Au niveau du dépôt de sable et silt, deux principales zones de conductivité distinctes ont été attribuées, soit 1) $1,4 \text{ E}^{-4} \text{ m/s}$ à l'est et 2) $1 \text{ E}^{-5} \text{ m/s}$ à l'ouest. Au niveau des dépôts constitués de sables et d'argiles, une perméabilité variant entre 1 E^{-6} et $5 \text{ E}^{-5} \text{ m/s}$ a été attribuée. Pour ce qui est du dépôt de sable fin à grossier, une valeur de conductivité hydraulique de $4 \text{ E}^{-4} \text{ m/s}$ a été attribuée.

Les valeurs de conductivité attribuées pour le till et le socle rocheux cristallin sont respectivement de 5 E^{-7} et de $1 \text{ E}^{-8} \text{ m/s}$. La profondeur du socle rocheux a été interpolée à l'aide des forages disponibles. Aussi, les données ont été ajustées en fonction d'une interprétation géologique à certains endroits.

- # **Puits d'observation (piézomètres)** : Les piézomètres provenant des études antérieures et les sondages au piézocône ont été implantés aux endroits appropriés. Au total, 12 piézomètres et un puits (étant donné la faible distance entre les deux puits de pompage P3 et P4, un seul puits a été introduit dans le modèle) ont été intégrés au modèle pour effectuer l'analyse.

Les piézomètres servent à caler le modèle, c'est-à-dire qu'ils permettent de comparer les élévations de l'eau souterraine mesurées de celles simulées. Lorsque les résultats du calage ne sont pas satisfaisants, des correctifs doivent être apportés pour que ces valeurs soient dans un certain intervalle de confiance. Ainsi, les valeurs initiales introduites varient légèrement lors du

calage du modèle. L'ordre de grandeur des valeurs simulées doit être le même que les valeurs mesurées.

Les cinq supers éléments ont été conçus initialement pour permettre le calage automatique du modèle à l'aide du module PEST. Cependant, les forts contrastes de conductivité entre l'argile et le sable limitent la convergence du modèle. Par conséquent, le calage a été effectué manuellement.

✦ **Conditions aux limites** : Les conditions aux limites du modèle contrôlent en partie l'écoulement souterrain. Elles doivent être implantées de façon à éviter des variations trop importantes de balance de masse lors des diverses simulations. Divers types de limites permettent de simuler l'écoulement souterrain. Parmi celles-ci, mentionnons :

- 1) les charges constantes;
- 2) les flux constants;
- 3) les limites de transfert.

Chaque type de limite s'applique à une situation particulière. Dans le présent modèle, seulement les charges constantes ont été utilisées. Ces dernières ont été implantées sur la totalité de la bordure du modèle et pour certains des cours d'eau situés à l'intérieur du domaine.

Les données d'élévation provenant des relevés d'arpentage (figure 2) ont permis de fixer l'élévation des conditions aux limites (principaux cours d'eau et lacs) avec une bonne précision.

✦ **Recharge par infiltration verticale** : Quatre (4) zones de recharge par infiltration verticale ont été imposées dans le modèle numérique. Avec le logiciel FEFLOW, il est nécessaire d'introduire la valeur d'infiltration directement en soustrayant l'évapotranspiration. En effet, le logiciel ne permet pas d'intégrer une profondeur d'extinction pour la transpiration des végétaux. Les valeurs de recharge attribuées sont les suivantes :

- | | |
|--|-----------------|
| - Zone de sable et silt à l'est du modèle : recharge variant entre | 70 et 185 mm/an |
| - zone sableuse au centre du modèle : | 330 mm/an |
| - zone de sable et d'argile au nord et au sud du modèle : | 4 mm/an |

Ces données ont été déterminées en utilisant les équations développées par Thornthwait mais aussi à l'aide du calage du modèle numérique.

- # **Balance de masse** : Le logiciel FEFLOW permet d'analyser la balance de masse du modèle numérique complet ou de certains éléments. Par exemple, il est possible de connaître la capacité de drainage de chaque cours d'eau qui correspond dans certains cas, au débit du cours d'eau. Aussi, il est possible de connaître la balance de masse d'une surface déterminée et par conséquent, évaluer les possibilités d'exploitation totale de l'aquifère.
- # **Contrôle temporel et saturation** : Le modèle numérique a été exécuté en régime permanent et en considérant le milieu saturé. Par contre, les simulations de l'écoulement en solution (masse d'une substance) ont été effectuées en régime transitoire.

6.2 Résultats de calage

Le calage du modèle numérique a été effectué en considérant un pompage de 1994 m³ / jour, débit moyen auquel le puits P-3 était pompé en 2007. C'est aussi le moment où la plus grande source d'information sur les niveaux piézométriques étaient disponible.

Des calculs statistiques permettent notamment d'évaluer si le calage d'un modèle est adéquat. Le principal indicateur consiste en la racine de la moyenne des carrés normalisée (Normalized RMS). Le *United States Geological Survey* (USGS), qui est le concepteur du code MODFLOW suggère d'obtenir une valeur du Normalized RMS inférieure à 10 % pour considérer qu'un modèle est calé convenablement (McDonald et Harbaugh, 1996). Selon Hille et Tiedman, (2006), il n'y a pas de résultat unique pour évaluer l'efficacité d'un modèle. Effectivement, d'autres paramètres doivent être considérés, dont notamment, 1) la balance de masse, 2) l'importance de certaines zones dans le modèle et 3) l'effet du pompage simulé sur l'écoulement. Il existe une panoplie de méthodes statistiques qui permettent d'effectuer l'analyse de l'efficacité du modèle. Dans le cas présent, la valeur du calage indique un résultat du Normalized RMS de 5,88 %, ce qui indique un modèle calé convenablement (figure 5). Le résultat du calage est jugé suffisant et les efforts supplémentaires octroyés pour tenter de diminuer l'erreur pourraient s'avérer coûteux et peu utiles. De plus, il est quasi-impossible d'obtenir une erreur égale à zéro et difficile de la diminuer sous la valeur de 5 %. Lorsque le modèle est difficile à caler, il est approprié d'effectuer une étude de sensibilité de certains paramètres afin d'évaluer la variation du résultat recherché, ce qui a été fait.

Le résiduel moyen est de -0.328 mètre, c'est-à-dire qu'en moyenne, la nappe simulée est de 0,328 mètre en dessous de la nappe mesurée. Le résiduel absolu (négligeant les signes + ou -) est de 0.72 mètre. L'écart le plus important entre la charge simulée et celle observée est en PZ-4 avec -1.59 mètres, tandis que l'écart minimum est de 0,09 mètre en P-4.

Il n'existe aucune solution unique pour caler un modèle. En fait, une diminution de la conductivité hydraulique peut générer une augmentation de l'élévation de la nappe, alors qu'une augmentation de la recharge peut générer le même effet. Il s'agit de trouver la solution la plus plausible.

Le modèle permet d'obtenir un débit entrant et sortant de l'ordre de 10 000 m³/jour. Il n'y a aucune différence entre le débit entrant et sortant. La recharge de l'aquifère est principalement causée par l'infiltration liée à la pluie et pour une plus faible partie par la rivière Nicolet et certains de ses affluents. En règle générale, la décharge s'effectue vers les cours d'eau simulés et dans une moindre quantité vers les puits de pompage.

7 SIMULATION

Une simulation a été effectuée afin d'évaluer l'effet du pompage sur l'écoulement souterrain et principalement afin d'estimer les aires d'alimentation et de protection des puits de captage au débit moyen actuel pompé par les puits de 2310 l/min. Une autre simulation a été effectuée afin de caler l'écoulement en solution en tentant de reproduire l'essai de traçage.

Afin d'estimer les aires d'alimentation des puits de pompage, le sens de l'écoulement a été inversé dans Feflow afin de pouvoir simuler du transport inversé. L'utilisation de cette méthode permet de considérer la dispersion dans l'analyse.

7.1 Écoulement souterrain

De façon générale, l'écoulement souterrain s'effectue d'est en ouest (figure 6). Cet écoulement ressemble à la topographie de surface, ce qui est tout à fait logique. Au centre du secteur étudié, il y a une ligne de partage des eaux, soit vers le nord en direction de la rivière Nicolet soit vers le sud en direction de son affluent. Un dôme est aussi présent sur la partie est du secteur. L'eau s'écoule dans toutes les directions à partir de celui-ci.

L'écoulement est fortement contrôlé par les cours d'eau de surface et converge généralement vers ceux-ci. En effet, l'élévation de la nappe est souvent plus haute que le niveau des rivières.

7.2 Calage de l'écoulement en solution

L'essai de traçage effectué a été simulé sur le modèle en considérant les conditions qui étaient présentes au moment de l'essai. Le résultat de la courbe de restitution est illustré à la figure 7.

Afin d'obtenir ce résultat, il est nécessaire de modifier les variables dans l'équation utilisée pour définir la dispersivité ainsi que la porosité de l'aquifère. La conductivité hydraulique ne doit pas être une variable puisque celle-ci a été fixée à l'aide des essais de pompage et avec le calage du modèle au niveau de l'écoulement souterrain.

La dispersivité longitudinale a été fixée à 1.12 m d'après les résultats de l'essai de traçage. La porosité a été fixée à 5 %, ce qui est relativement bas, mais nécessaire pour obtenir une courbe simulée semblable à celle mesurée. Avec ces données, les aires de protection bactériologique et virologique ont été estimées par transport inverse pour une période respective de 200 et 550 jours. Aussi, les propriétés dispersives du milieu ont permis d'obtenir un résultat plus précis des aires d'alimentation estimées par transport inverse.

7.3 Aires d'alimentation et de protection (Qmoy actuel)

L'aire d'alimentation estimée par transport inverse fait une surface totale de 3,5 km² (figure 8). Elle englobe une partie du village de NDBC situé au sud de la rivière Nicolet avec notamment les divers commerces et résidences présents. Vers le sud-est, elle englobe surtout des parcelles de terres agricoles en culture. Mentionnons aussi qu'au nord-est une partie de la rivière Nicolet est incluse dans l'aire d'alimentation.

Les aires de protection bactériologique et virologique (figure 8 et 9) estimées englobent le secteur proche des puits, dont une partie du village et une autre partie agricole. L'aire de protection virologique est légèrement plus grande que l'aire de protection bactériologique. Des parcelles agricoles, des résidences ainsi que des commerces font parties de ces aires de protection.

8 SOURCES POTENTIELLES DE CONTAMINATION

À l'aide des photographies aériennes du secteur ainsi qu'à l'aide des informations fournies par la municipalité de NDBC, les principales sources de contamination potentielle ont été identifiées et les contaminants associés sont mentionnés. Il est certain que tous les pollueurs potentiels ne peuvent être identifiés par notre firme. Cependant, les principaux qui risquent d'affecter la qualité de l'eau pompée sont notés ci-après.

- # **Agriculture** : De part l'utilisation d'engrais et de pesticide, l'agriculture est une source potentielle de contamination de l'eau souterraine. Les terres agricoles sont présentes sur une grande surface des aires d'alimentation. D'après les informations recueillies par la municipalité, l'agriculture pratiquée dans ce secteur correspond principalement à de la grande culture de pomme de terre, de soja et de maïs. Par conséquent, il est possible de retrouver des nitrites-nitrates, d'autres dérivés de l'engrais ou encore des pesticides dans les puits.
- # **Commerces** : Des activités commerciales sont pratiquées sur le secteur à l'étude et certaines à l'intérieur des aires de protections des puits de captage. On y retrouve des entreprises de peinture, de produit de nettoyage, d'asphalte ainsi que de la mécanique automobile. De l'huile à chauffage ainsi que des hydrocarbures pétroliers pourraient être rejeté et possiblement contaminer l'eau souterraine.
- # **Résidences** : Plusieurs résidences situées au sud du puits, le long de la rue Biron sont situées dans les aires de protection bactériologique et virologique. Ces résidences ne sont pas reliées au réseau municipal et possèdent leurs propres fosses septiques et par conséquent peuvent apporter de la contamination bactériologique (coliformes totaux, coliformes fécaux...) ou virologique dans l'eau souterraine.

9 EAU SOUTERRAINE SOUS L'INFLUENCE DES EAUX DE SURFACES (ESSIDES)

Le MDDEP a établi une procédure afin d'évaluer les ouvrages de captage qui sont sous l'influence directe des eaux de surface. Cette procédure a pour objectif de cibler des ouvrages qui pourraient éventuellement être contaminés par de l'eau provenant de la surface. Si un ouvrage est sous l'influence des eaux de surface (aux yeux du MDDEP), un traitement complet doit être prévu, ce qui augmente considérablement les coûts d'un projet. En cas de doute, le MDDEP suggère un protocole qui permet d'évaluer cet aspect plus en détails. Dans l'ensemble, les principaux critères à considérer sont les suivants :

- ⊕ Eau de surface fortement contaminée se trouvant à proximité du captage;
- ⊕ Captage peu profond;
- ⊕ Présence d'eau usée déjà enfouie dans le sol;
- ⊕ Présence de roc affleurant près du puits de captage;
- ⊕ Mauvaise construction et/ou détérioration du puits qui permettrait à l'eau de surface de s'introduire le long du puits.

Les puits P3 et P4 sont situés à environ 600 mètres de la rivière Nicolet, et d'après notre étude, il apparaît qu'environ 5 % de l'eau pompée dans le puits provienne de la rivière. Cependant, la rivière est située à l'extérieur des aires bactériologique et virologique. La profondeur de la crépine n'est pas particulièrement faible, ce qui fait que l'ouvrage n'est pas particulièrement peu profond. Il n'y a pas de roc immédiatement à côté du puits. Finalement, le puits n'est pas mal construit n'y détérioré. Selon ces critères, l'eau souterraine captée dans ce secteur n'est pas sous l'influence directe des eaux de surface.

10 DISCUSSION ET RECOMMANDATION

La méthode choisie par la municipalité pour estimer l'aire d'alimentation des puits de pompage est la modélisation numérique. Cette méthode permet de considérer l'anisotropie et l'hétérogénéité du milieu dans l'analyse. Cependant, l'aire d'alimentation d'un puits n'est jamais connue parfaitement, mais plutôt estimée. Aussi, sa forme peut changer dans le temps en fonction de divers éléments, tels la recharge par infiltration verticale ou le débit d'exploitation des puits. Ce changement potentiel risque d'être minime car les sols ne changeront pas et la recharge varie en général de moins de 20 % par rapport à la moyenne sur 30 ans.

Afin d'effectuer le modèle numérique, l'information sur l'aquifère doit être connue avec une certaine précision. Plusieurs travaux ont été effectués à NDBC. Le nombre de points de référence qui ont servi à caler le modèle (piézomètres, essais de traçage, etc.) induit une bonne précision au modèle et par conséquent, aux aires d'alimentation et de protection.

L'exploitation agricole effectuée dans les aires d'alimentation représente une grande proportion de la surface des aires. Par conséquent, cette activité pourrait générer de la contamination dans l'eau pompée par les puits. Le développement futur de terres agricoles devra être analysé avec soin de façon à limiter l'impact sur la qualité de l'eau souterraine. Plusieurs pesticides cancérigènes ne peuvent pas être utilisés dans l'aire d'alimentation des puits. Des exemples de pesticides associés aux dangers potentiels découlant de leurs utilisations sont fournis à l'annexe IV. Ils représentent les principaux pesticides utilisés pour la culture de la pomme de terre. Un agronome serait en mesure de préciser et de définir quels sont les produits dangereux utilisés pour l'ensemble des cultures à l'intérieur de l'aire d'alimentation.

La municipalité devra dans un court délai, raccorder au réseau d'égout municipal, les résidences situées dans l'aire de protection bactériologique (notamment le long de la rue Biron) afin d'éliminer les installations septiques présentes dans cette aire. Pour les résidences présentes dans l'aire virologique, les fosses septiques représentent un moindre danger de contamination des eaux pompés, le raccordement au réseau d'égout municipal pourra être effectué dans de plus long délai. Celui-ci est tout de même recommandé.

La municipalité devra respecter les dispositions du RCES, dont notamment l'interdiction d'épandre des fumiers, lisiers et compost à l'intérieur de l'aire de protection bactériologique.

La municipalité devra analyser et gérer tout développement important qui pourrait avoir un impact sur la qualité de l'eau souterraine dans l'aire d'alimentation. En cas de doute, la municipalité pourra réutiliser le modèle numérique construit dans cette étude afin d'effectuer des simulations prédictives de différents scénarios.

Il est possible de soutirer d'un aquifère à peu près la valeur de sa recharge par infiltration verticale (développement durable). Dans ce modèle numérique, la recharge par infiltration verticale est de 5 400 l/min. Il serait donc théoriquement possible de pomper ce débit si un ensemble de puits était installé sur l'ensemble de l'aquifère. Évidemment, en cas de besoin additionnel, des essais sur le terrain seront nécessaires afin de confirmer cette hypothèse. Mentionnons qu'une augmentation considérable du débit d'exploitation pourrait augmenter la proportion de l'eau provenant de l'exfiltration de la rivière Nicolet, ce qui pourrait altérer la qualité de l'eau à long terme. Advenant la nécessité d'augmenter considérablement le débit d'exploitation, cet aspect devra être analysé à l'aide du modèle numérique.

11 CONCLUSIONS

La municipalité de Notre-Dame-du-Bon-Conseil exploite actuellement deux (2) puits de pompage à différents débits dans un aquifère sableux. Il était requis de connaître la forme des aires d'alimentation et de protection des puits afin de mieux gérer le territoire et pour assurer la protection de la ressource.

La modélisation numérique à l'aide du logiciel Feflow a été utilisée afin de simuler l'écoulement souterrain. Cette méthode d'analyse permet de considérer divers facteurs qui sont inhérents à un aquifère, dont les cours d'eau, l'hétérogénéité du milieu, l'infiltration, la géométrie, etc.

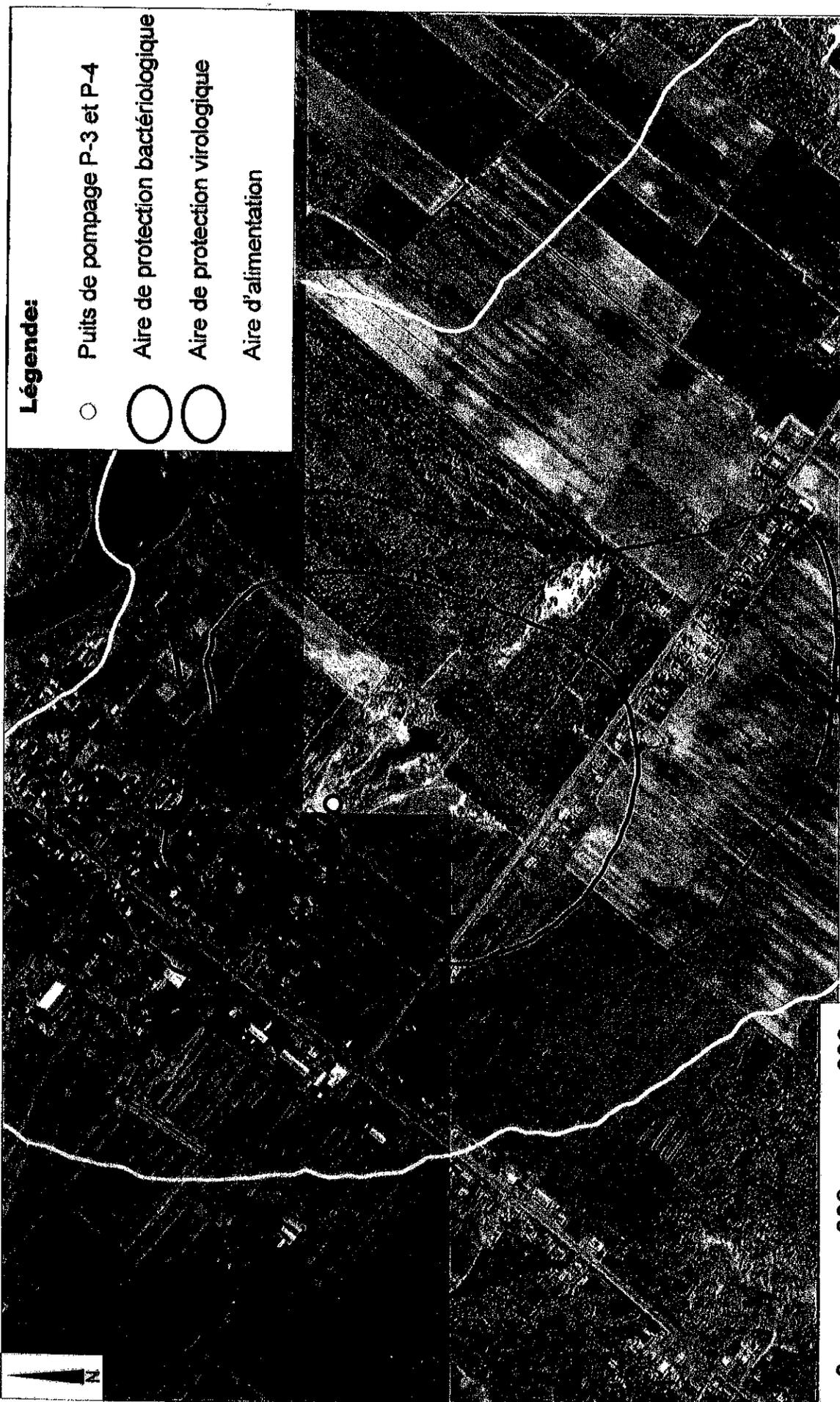
Divers travaux de terrain ont été effectués afin d'appuyer l'analyse, dont des sondages stratigraphiques avec pose de piézomètres, des sondages au piézocône, un essai de traçage, des essais de perméabilité et des relevés d'arpentage.

Le modèle a été calé à partir des données observées sur le terrain. Notamment, la racine de la moyenne des carrées normalisée est de 5,88 % et le résiduel moyen est de -0.328 mètre. La position des points d'observation comparée suit l'axe principal de comparaison (45 degrés) sur un graphique des charges mesurées versus celles observées.

L'écoulement souterrain simulé suit généralement la topographie. Par conséquent, l'écoulement se fait principalement d'est en ouest et en direction des cours d'eau présents. L'aire d'alimentation estimée par transport inverse s'étend surtout vers le sud-est du puits et inclue principalement de terres agricoles et des résidences

Des précautions devront être prises dans le futur comme la planification de l'utilisation de terres agricoles et le retrait des installations septiques dans l'aire de protection bactériologique et idéalement virologique. En cas de doute sur le risque que pourrait entraîner l'implantation d'une nouvelle activité sur la qualité de l'eau souterraine pompée, le modèle numérique construit dans le cadre de cette étude pourra être réutilisé afin d'effectuer des simulations prédictives.

Annexe 1 Figures



Légende:

○ Puits de pompage P-3 et P-4

○ Aire de protection bactériologique

○ Aire de protection virologique

Aire d'alimentation



Commentaires:

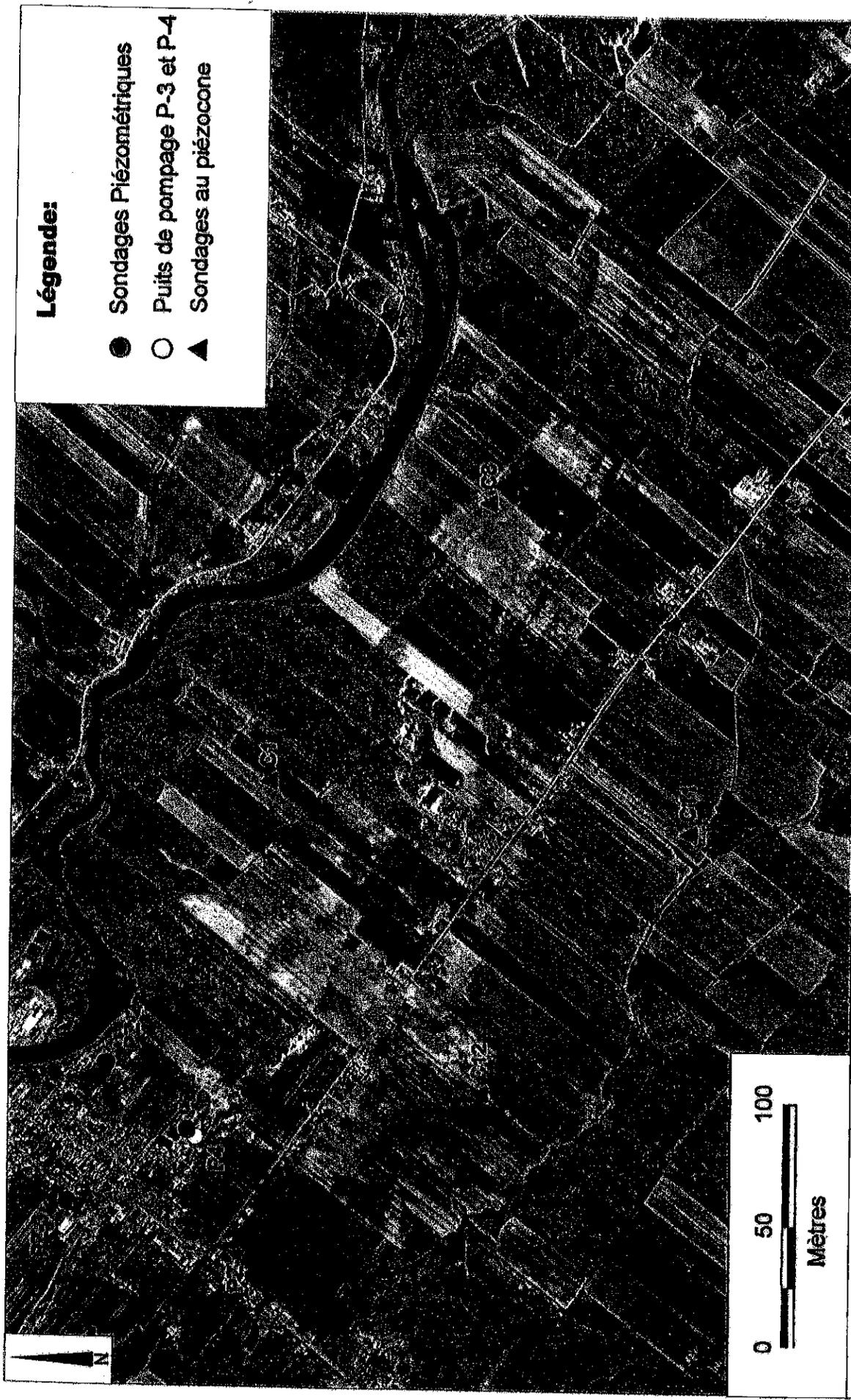
DESSAU

Titre: Zoom sur les aires de protection

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

Figure no 9 Vérifié par: M.V.

Date: 13-04-2009



Légende:

- Sondages Piézométriques
- Puits de pompage P-3 et P-4
- ▲ Sondages au piézocône

Commentaires:

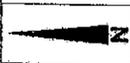
DESSAU

Titre: Localisation des sondages

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

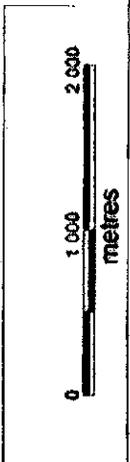
Figure no 1 Vérifié par: M.V.

Date: 13-04-2009



Légende:

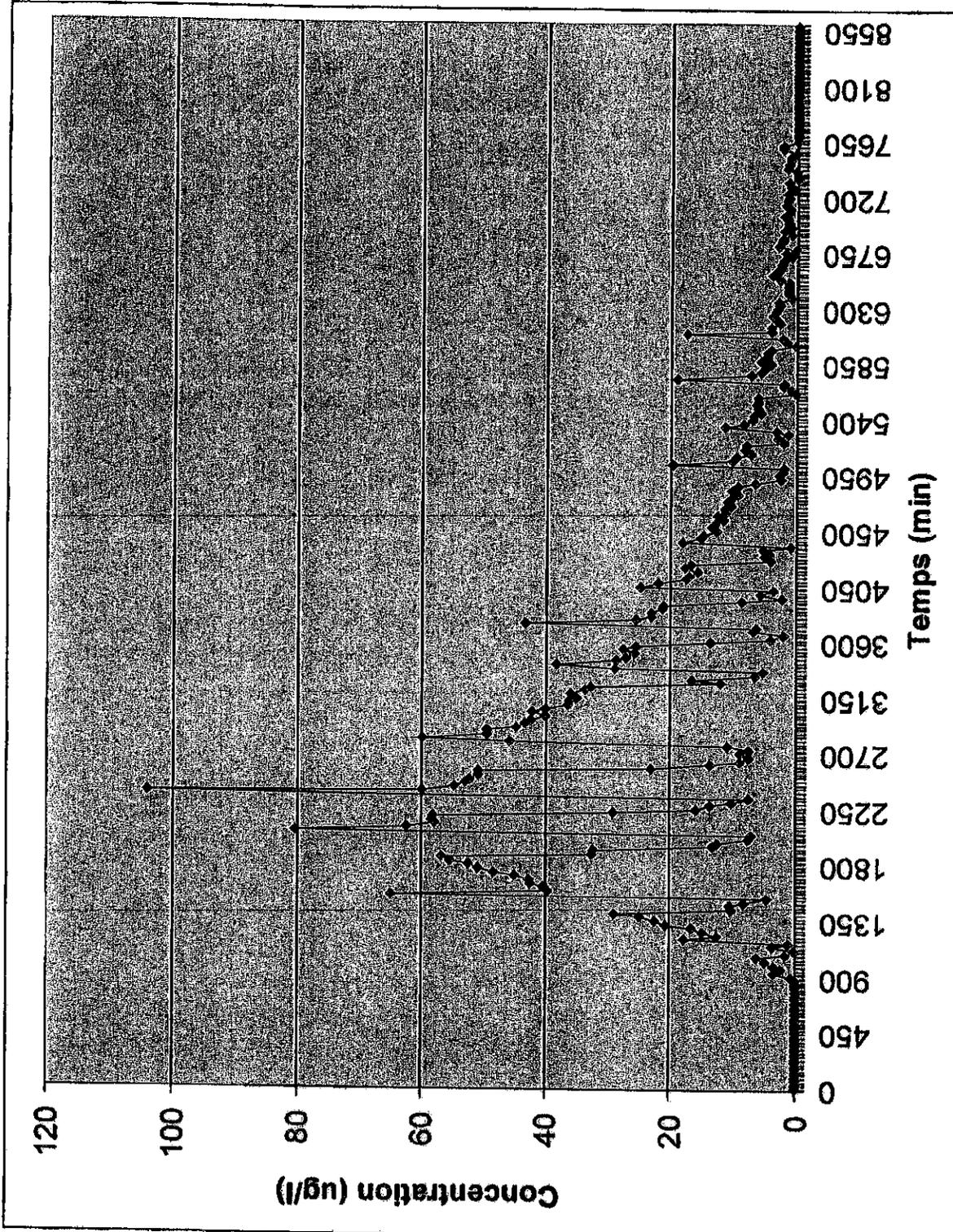
- Point d'arpentage
- Cours d'eau
- Limite du modèle
- Élévation :
 - De 55 à 65 mètres
 - De 65 à 75 mètres
 - De 75 à 85 mètres
 - De 85 à 95 mètres
 - De 95 à 105 mètres



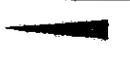
Commentaires:

Titre: Topographie du site à l'étude	
Dossier: P022958	Traité par: S.B.
Figure no 2	Vérifié par: M.V.
Date: 13-04-2009	

DESSAU

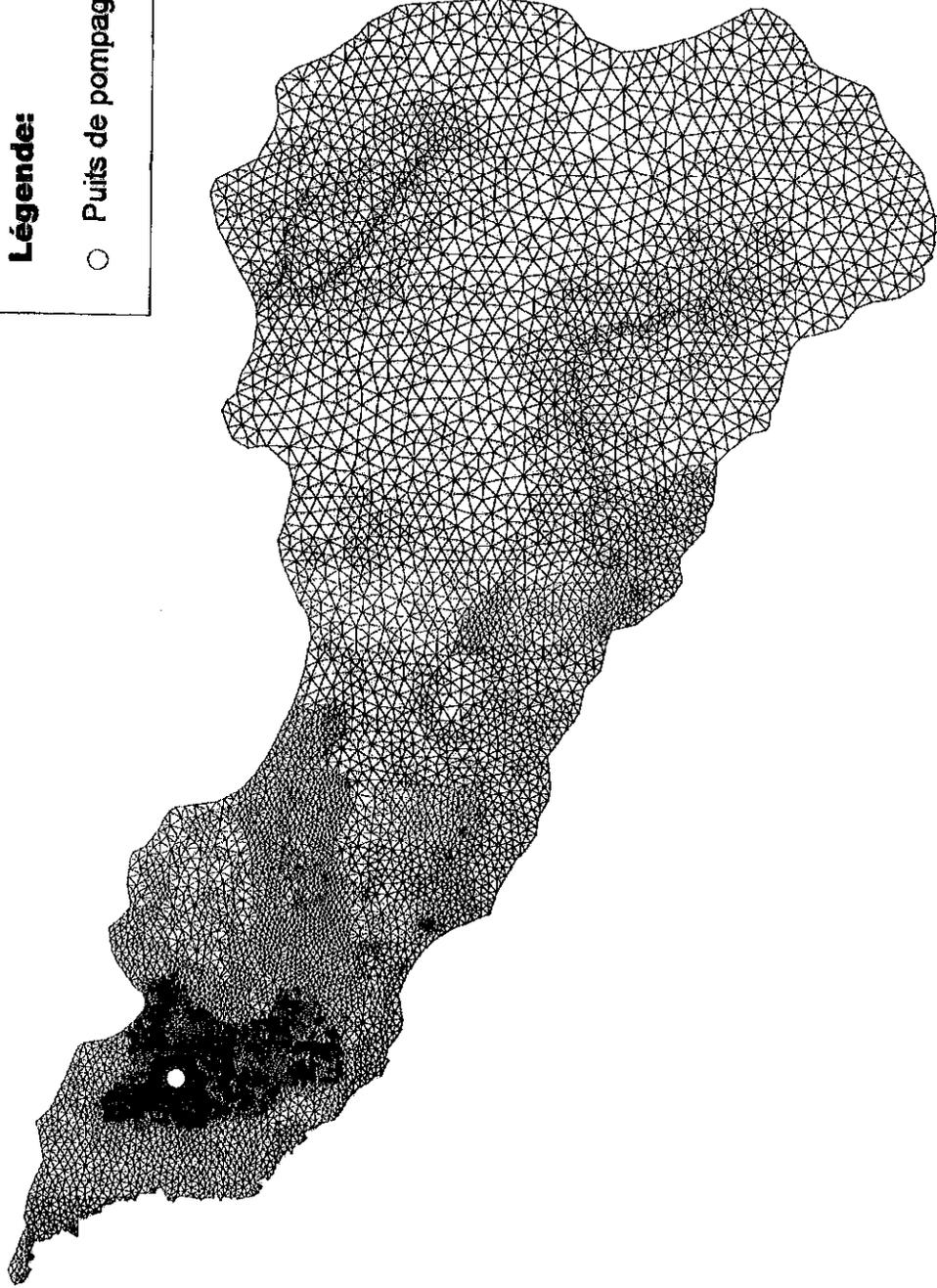


DESSAU	Commentaires:	
	Titre: Courbe de restitution de l'essai de traçage Dossier: P022958 Figure no 3	
	Traité par: S.B.	Date: 13-04-2009
	Vérfié par: M.V.	



Légende:

- Puits de pompage P-3 et P-4



Commentaires:

Titre: Maillage du domaine

Dossier: P022958

Traité par: S.B.

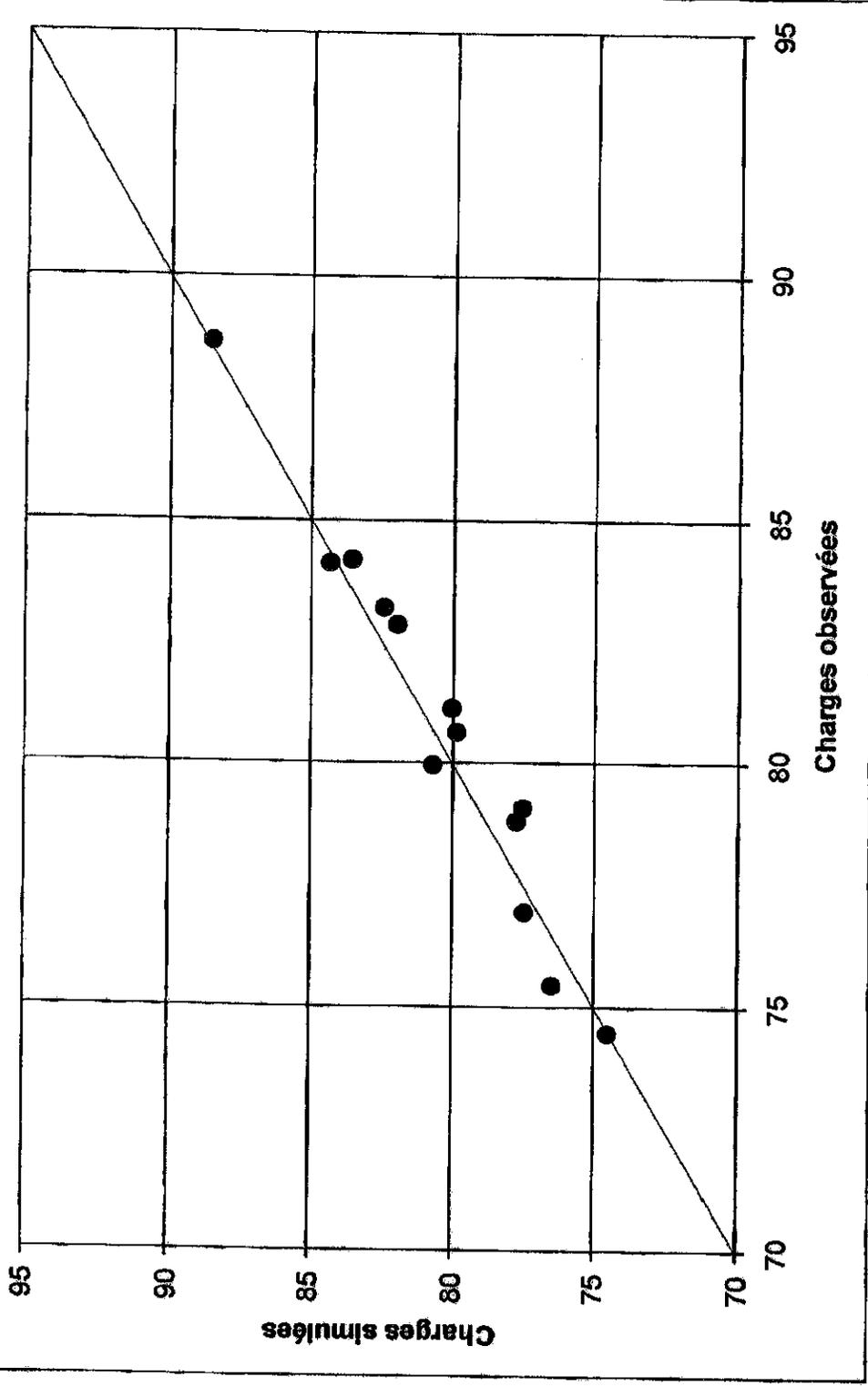
Figure no.: 4

Vérifié par: M.V.

Date: 13-04-2009

DESSAU

Calage du modèle numérique sur FEFLOW



RMS normalisé (%) : 5.88301821 Moyenne : -0.32685154 Résiduel Max (m) : 1.59172
 RMS : 0.83374134 Moyenne abs (m) : 0.72646538 Résiduel Min (m) : 0.09637

Commentaires:

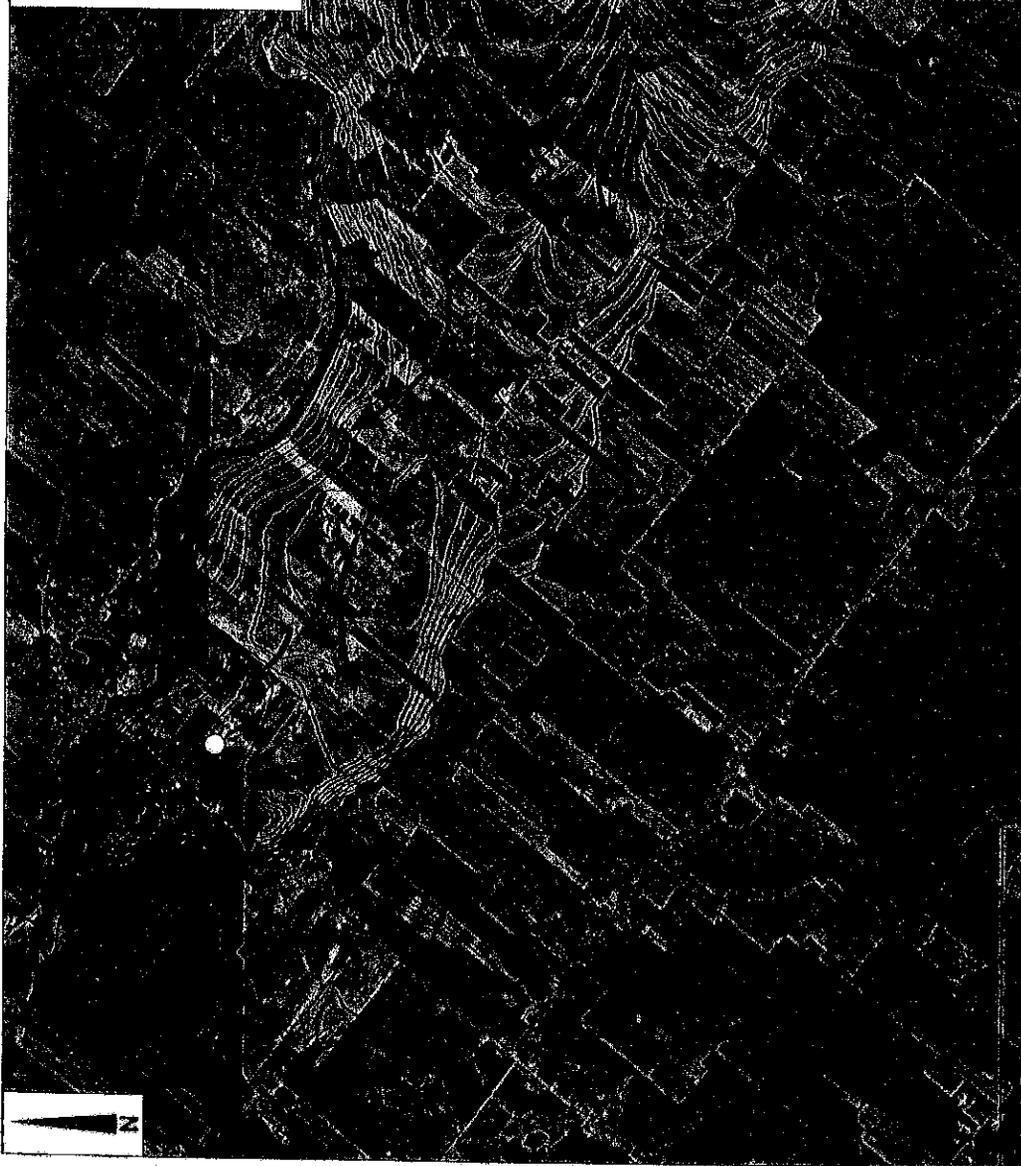
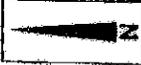
Titre: Graphique du calage de l'écoulement du modèle

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

Figure no 5

Date: 13-04-2009

DESSAU

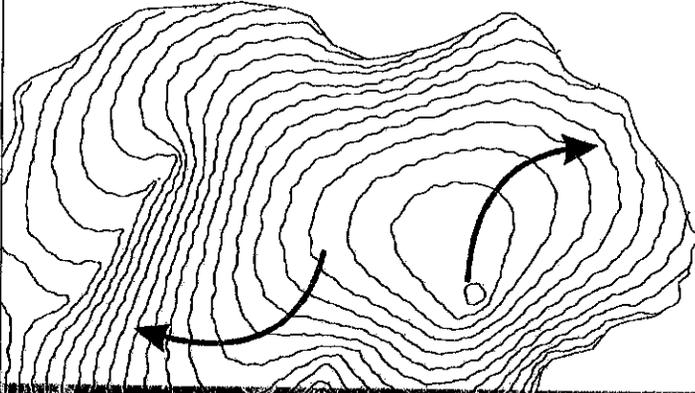


Légende:

○ Puits de pompage P-3 et P-4

— Ligne equipotentielle

➔ Direction d'écoulement



DESSAU

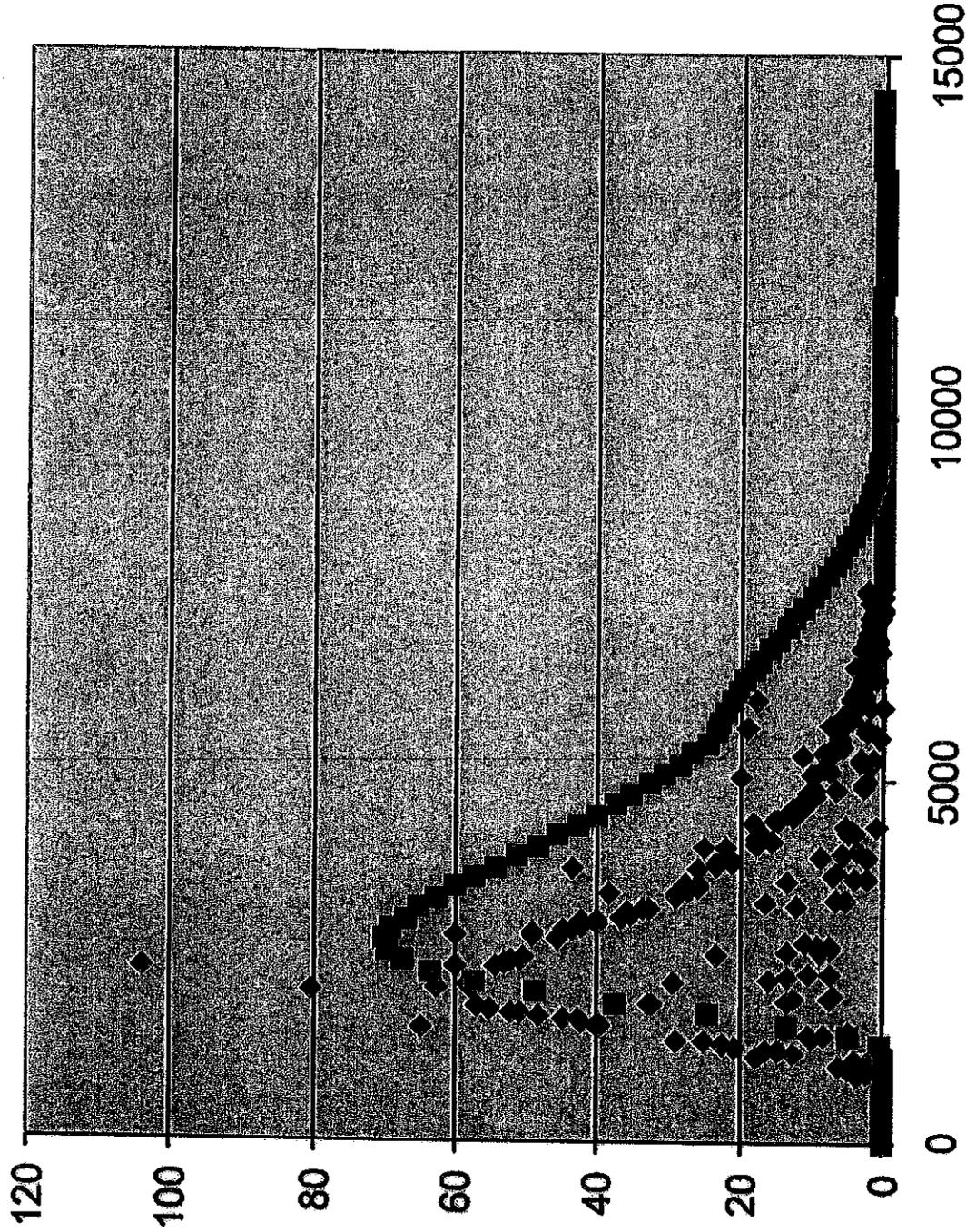
Commentaires:

Titre: Écoulement souterrain naturel simulé

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

Figure no 6 Vérifié par: M.V.

Date: 13-04-2009



◆ Courbe mesurée
 ■ Courbe simulée

Commentaires:

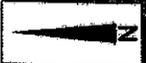
DESSAU

Titre: Courbe de restitution de l'essai de traçage réel et modélisé

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

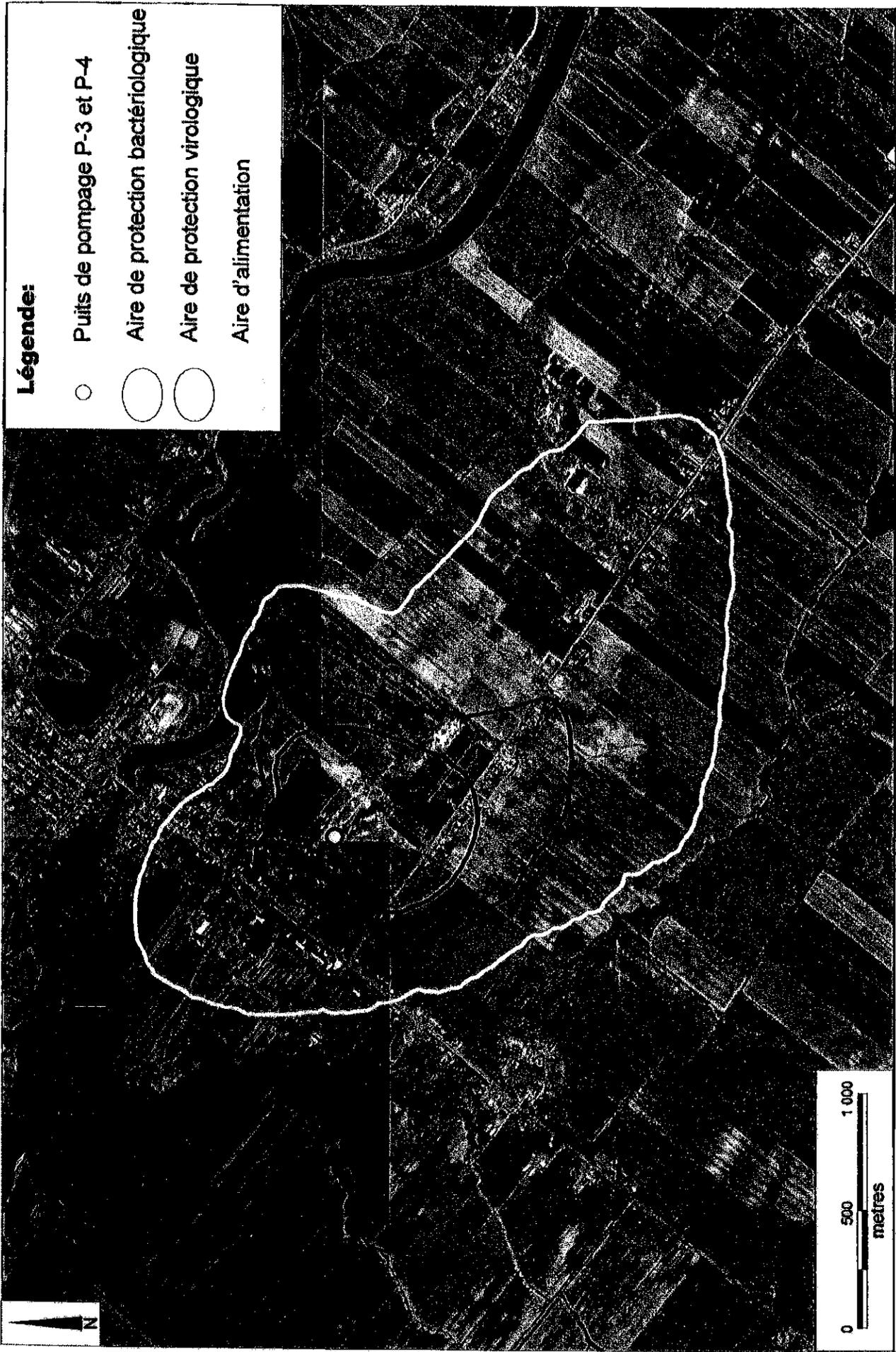
Figure no 7 Vérifié par: M.V.

Date: 13-04-2009



Légende:

- Puits de pompage P-3 et P-4
- Aire de protection bactériologique
- Aire de protection virologique
- Aire d'alimentation



Commentaires:	Titre: Aire d'alimentation et de protection des puits P-3 et P-4	
	Dossier: P022958	Traité par: S.B.
	Figure no 8	Vérifié par: M.V.
		Date: 13-04-2009

DESSAU

Annexe 2 Descriptions et stratigraphies des sondages

DESSAU

Client :
MUNICIPALITÉ DE NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
Sondage n°: **PZ-1**
Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
Est (X)
Élévation (Z)
Prof. du roc: m Prof. de fin: 18.30 m

État des échantillons

 Intact  Remanié  Perdu  Carotte

Examens organoleptiques sur les sols:

Aspect visuel: Inexistant(I); Disséminé(D); Imbibé(IM)
Odeur: Inexistante(I); Légère(L); Moyenne(M); Persistante(P)

Type d'échantillon

CF Carottier fendu
TM Tube à paroi mince
PS Tube à piston fixe
CR Tube carottier
TA À la tarière
MA À la main
PW Carottier LVM-Technisol

Abréviations

L Limites de consistance
W_L Limite de liquidité (%)
W_p Limite de plasticité (%)
I_p Indice de plasticité (%)
I_L Indice de liquidité
W Teneur en eau (%)
AG Analyse granulométrique
S Sédimentométrie
R Refus à l'enfoncement
VBS Valeur au Bleu du sol
M.O. Matière organique (%)
K Perméabilité (cm/s)
PV Poids volumique (kN/m³)
A Absorption (l/min. m)
U Compression uniaxiale (MPa)
RQD Indice de qualité du roc (%)
AC Analyse chimique
P_L Pression limite, essai pressiométrique (kPa)
E_m Module pressiométrique (MPa)
E_r Module de réaction du roc (MPa)
SP Potentiel de ségrégation (mm²/H °C)

▼ Niveau d'eau
N Pénétration standard (Nb coups/150mm)
Nc Pénétration dyn. (Nb coups/300mm) ●
P^c Pression de préconsolidation (kPa)
TAS Taux d'agressivité des sols

Résistance au cisaillement

Cu Intact (kPa)
Cur Remanié (kPa)

Chantier 
Laboratoire 

PROFONDEUR - pi	PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS						ESSAIS			
		ÉLÉVATION - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS
	0.00	0.00	INCONNU.											
1	0.00	0.00	INCONNU.											
2														
3														
4														
5		-1.52	SABLE FIN À GROSSIER, TRACES DE GRAVIER FIN.											
6		1.52	SABLE FIN À GROSSIER, TRACES DE GRAVIER FIN.											
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15		-4.58	SABLE FIN À MOYEN AVEC TRACES DE SILT.											
16		4.58	SABLE FIN À MOYEN AVEC TRACES DE SILT.											
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant**

Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD**

Vérfié par: **SIMON BOUCHAND**

2009-07-15

Page: 1 de 2

DESSAU

Client :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PZ-1**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
 Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: m Prof. de fin: 18.30 m

PROFONDEUR - p1		STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS						ESSAIS			
PROFONDEUR - m	ÉLEVATION - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL
PROF. - m	PROF. - m													20 40 60 80 100 120
														RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (kPa) OU PÉNÉTRATION DYNAMIQUE
														20 40 60 80 100 120
30														
31														
32														
33	-10				MA-6									
34														
35														
36	-11				MA-7									
37														
38														
39	-12				MA-8									
40														
41														
42														
43	-13				MA-9									
44														
45														
46	-14				MA-10									
47														
48														
49	-15													
50	-15.25													
51	15.25	SABLE MOYEN À GROSSIER AVEC TRACES DE SILT.			MA-11									
52														
53	-16				MA-12									
54														
55	-16.77													
56	16.77	SABLE MOYEN À GROSSIER AVEC UN PEU DE GRAVIER FIN.												
57														
58	-17													
59	-18													
60	-18.30													
61	18.30	FIN DU FORAGE A 18,30m.												
62														
63	-19													
64														
65														
66	-20													
67														
68														
69	-21													
70														
71														
72	-22													

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant**

Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD**

Vérfié par: **SIMON BOUCHAND**

2009-07-15

Page: 2 de 2

DESSAU

Cliant :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PZ-1**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
 Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: m Prof. de fin: 18.30 m

PROFONDEUR - pi PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS							ESSAIS		
	ÉLÉVATION - m PROF. - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH. ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL
													20 40 60 80 100 120
													RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (kPa) DU PÉNÉTRATION DYNAMIQUE
													20 40 60 80 100 120
30													
31													
32													
33	-10				MA-6								
34													
35													
36	-11				MA-7								
37													
38													
39	-12				MA-8								
40													
41													
42													
43	-13				MA-9								
44													
45													
46	-14				MA-10								
47													
48													
49	-15												
50	-15.25 15.25	SABLE MOYEN À GROSSIER AVEC TRACES DE SILT.			MA-11								
51													
52	-16				MA-12								
53													
54													
55	-16.77 16.77	SABLE MOYEN À GROSSIER AVEC UN PEU DE GRAVIER FIN.											
56													
57													
58	-17												
59													
60	-18.30 18.30	FIN DU FORAGE À 18,30m.											
61													
62	-18												
63													
64	-19												
65													
66	-20												
67													
68													
69	-21												
70													
71													
72	-22												

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant**

Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD**

Vérfié par: **SIMON BOUCHAND**

2009-07-15

Page: 2 de 2

DESSAU

Client : MUNICIPALITÉ DE NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: P022958-130
 Sondage n°: PZ-2
 Date: 2007-09-05

Projet: AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION
 Endroit: NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 15.80 m Prof. de fin: 17.00 m

État des échantillons

Intact
 Remanié
 Perdu
 Carotte

Examens organoleptiques sur les sols:

Aspect visuel: Inexistant(I); Disséminé(D); Imbibé(IM)
 Odeur: Inexistante(I); Légère(L); Moyenne(M); Persistante(P)

Type d'échantillon

CF Carottier fendu
TM Tube à paroi mince
PS Tube à piston fixe
CR Tube carottier
TA À la tarière
MA À la main
PW Carottier LVM-Technisol

Abréviations

L Limites de consistance
 M.O. Matière organique (%)
W_L Limite de liquidité (%)
 K Perméabilité (cm/s)
W_p Limite de plasticité (%)
 PV Poids volumique (kN/m³)
i_p Indice de plasticité (%)
 A Absorption (l/min. m)
i_L Indice de liquidité
 U Compression uniaxiale (MPa)
W Teneur en eau (%)
 RQD Indice de qualité du roc (%)
AG Analyse granulométrique
 AC Analyse chimique
S Sédimétrie
 P_l Pression limite, essai pressiométrique (kPa)
R Refus à l'enfoncement
 E_m Module pressiométrique (MPa)
YBS Valeur au Bleu du sol
 E_r Module de réaction du roc (MPa)

 SP Potentiel de ségrégation (mm²/H °C)

▼ Niveau d'eau
N Pénétration standard (Nb coups/150mm)
N_c Pénétration dyn. (Nb coups/300mm) ●
P_c Pression de préconsolidation (kPa)
TAS Taux d'agressivité des sols

Résistance au cisaillement

Cu Intact (kPa)
Cur Remanié (kPa)

Chantier Laboratoire
 ▲ ■
 △ □

PROFONDEUR - pi	PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE				ÉCHANTILLONS						ESSAIS																		
		ÉLÉVATION - m PROF. - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.		RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL 20 40 60 80 100 120	RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (kPa) OU PÉNÉTRATION DYNAMIQUE 20 40 60 80 100 120													
													Odeur	Visuel																
0.00	0.00	0.00	SABLE SILTEUX, BRUN-JAUNE, SEC AVEC PRÉSENCE DE MATIÈRES ORGANIQUES. SABLE ET SILT, BRUN-JAUNE.			MA-1	X																							
-0.10	-0.10	0.10																MA-2	X											
-2.33	2.33	2.33																MA-3	X											
			SILT ARGILEUX A SILT ET ARGILE, GRIS.			MA-4	X																							
						MA-5	X																							
						MA-6	X																							
						MA-7	X																							
						MA-8	X																							
						MA-9	X																							

Remarques:

Type de forage: Forage au diamant

Équipement de forage:

Préparé par: JONATHAN SIMARD

Vérifié par: SIMON BOUCHAND

2009-07-15

Page: 1 de 2

DESSAU

Client :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PZ-2**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
 Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 15.80 m Prof. de fin: 17.00 m

PROFONDEUR - pi		STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS						ESSAIS			
PROFONDEUR - m	ÉLEVATION - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organop.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%)
PROF. - m	PROF. - m											Odeur	Visuel	Wp W WL
														20 40 60 80 100 120
														RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (kPa) OU PÉNÉTRATION DYNAMIQUE
														20 40 60 80 100 120
30														
31														
32														
33	-10.00	10.00	SILT ET ARGILE AVEC UN PEU DE SABLE ET DE GRAVIER, GRIS.		MA-10									
34														
35														
36	-11.00	11.00	GRAVIER GROSSIER AVEC UN PEU DE GRAVIER FIN, SILT ET ARGILE.		MA-11									
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43	-13.00	13.00	GRAVIER GROSSIER AVEC UN PEU DE GRAVIERFIN, SILT ET D'ARGILE.		MA-12									
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52	-15.80	15.80	ROC SÉDIMENTAIRE.		MA-13									
53														
54														
55														
56	-17.00	17.00	FIN DU FORAGE A 17,00m.		MA-14									
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant** Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD** Vérifié par: **SIMON BOUCHAND** 2009-07-15 Page: 2 de 2

DESSAU

Client : MUNICIPALITÉ DE NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: P022958-130
 Sondage n°: PZ-3
 Date: 2007-09-05

Projet: AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION
 Endroit: NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 13.00 m Prof. de fin: 14.00 m

État des échantillons

 Intact
  Remanié
  Perdu
  Carotte

Examens organoleptiques sur les sols:

Aspect visuel: Inexistant(I); Disséminé(D); Imbibé(IM)
 Odeur: Inexistante(I); Légère(L); Moyenne(M); Persistante(P)

Type d'échantillon

CF Carottier fendu
 TM Tube à paroi mince
 PS Tube à piston fixe
 CR Tube carottier
 TA À la tarière
 MA À la main
 PW Carottier LVM-Technisol

Abréviations

L Limites de consistance
 W_L Limite de liquidité (%)
 W_p Limite de plasticité (%)
 I_p Indice de plasticité (%)
 I_L Indice de liquidité
 W Teneur en eau (%)
 AG Analyse granulométrique
 S Sédimentométrie
 R Refus à l'enfoncement
 VBS Valeur au Bleu du sol
 M.O. Matière organique (%)
 K Perméabilité (cm/s)
 PV Poids volumique (kN/m³)
 A Absorption (l/mn. m)
 U Compression uniaxiale (MPa)
 RQD Indice de qualité du roc (%)
 AC Analyse chimique
 P_L Pression limite, essai pressiométrique (kPa)
 E_M Module pressiométrique (MPa)
 E_r Module de réaction du roc (MPa)
 SP₀ Potentiel de ségrégation (mm²/H °C)

Niveau d'eau
 N Pénétration standard (Nb coups/150mm)
 Nc Pénétration dyn. (Nb coups/300mm) ●
 P_c Pression de préconsolidation (kPa)
 TAS Taux d'agressivité des sols

Résistance au cisaillement

Cu Intact (kPa) ▲
 Cur Remanié (kPa) ■

Chantier ▲
 Laboratoire ■

PROFONDEUR - pi		STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS						ESSAIS			
PROFONDEUR - m	ÉLEVATION - m	PROF. - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS
	0.00													
	-0.10	0.10	SOL ORGANIQUE AVEC SABLE ET SILT. SABLÉ SILTEUX, BRUN.			MA-1								
						MA-2								
						MA-3								
						MA-4								
	-4.00	4.00	SABLÉ SILTEUX, BRUN AVEC UN PEU DE GRAVIER ET TRACES DE CAILLOUX.			MA-5								
						MA-6								
	-5.00	5.00	SABLÉ ET GRAVIER AVEC UN PEU DE SILT, TRACES D'ARGILE ET DE CAILLOUX.			MA-7								
						MA-8								
	-8.00	8.00	GRAVIER, CAILLOUX, BLOCS, TRACES DE SABLE ET D'ARGILE.			MA-9								

Remarques:

Type de forage: Forage au diamant

Équipement de forage:

Préparé par: JONATHAN SIMARD

Vérfié par: SIMON BOUCHAND

2009-07-15

Page: 1 de 2

DESSAU

Ciient :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PZ-3**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
 Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 13.00 m Prof. de fin: 14.00 m

PROFONDEUR - p1 PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS							ESSAIS			
	ÉLÉVATION - m PROF. - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL 20 40 60 80 100 120
30														
31					MA-10									
32														
33	-10													
34					MA-11									
35														
36														
37														
38	-11				MA-12									
39														
40														
41														
42														
43	-13.00 13.00	ROC SÉDIMENTAIRE.			MA-13									
44														
45														
46	-14.00 14.00	FIN DU FORAGE À 14.00m.			MA-14									
47														
48														
49														
50	-15													
51														
52														
53	-16													
54														
55														
56	-17													
57														
58														
59	-18													
60														
61														
62	-19													
63														
64														
65	-20													
66														
67														
68														
69	-21													
70														
71														
72	-22													

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant**

Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD**

Vérfié par: **SIMON BOUCHAND**

2009-07-15

Page: 2 de 2

DESSAU

Client :
**MUNICIPALITÉ DE
NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
Sondage n°: **PZ-4**
Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**

Coordonnées (m): Nord (Y)
Est (X)
Élévation (Z)
Prof. du roc: 13.80 m Prof. de fin: 15.00 m

Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

État des échantillons

 Intact
  Remanié
  Perdu
  Carotte

Examens organoleptiques sur les sols:

Aspect visuel: Inexistant(I); Disséminé(D); Imbibé(IM)
Odeur: Inexistant(I); Légère(L); Moyenne(M); Persistante(P)

Type d'échantillon

CF Carottier fendu
TM Tube à paroi mince
PS Tube à piston fixe
CR Tube carottier
TA À la tarière
MA À la main
PW Carottier LVM-Technisol

Abréviations

L Limites de consistance
W_L Limite de liquidité (%)
W_p Limite de plasticité (%)
I_p Indice de plasticité (%)
I_L Indice de liquidité
W Teneur en eau (%)
AG Analyse granulométrique
S Sédimentométrie
R Refus à l'enfoncement
VBS Valeur au Bleu du sol
M.O. Matière organique (%)
K Perméabilité (cm/s)
PV Poids volumique (kN/m³)
A Absorption (l/min. m)
U Compression uniaxiale (MPa)
RQD Indice de qualité du roc (%)
AC Analyse chimique
P_L Pression limite, essai pressiométrique (kPa)
E_m Module pressiométrique (MPa)
E_r Module de réaction du roc (MPa)
SP Potential de ségrégation (mm²/H °C)

▼ Niveau d'eau
N Pénétration standard (Nb coups/150mm)
Nc Pénétration dyn. (Nb coups/300mm) ●
P_c Pression de préconsolidation (kPa)
TAS Taux d'agressivité des sols

Résistance au cisaillement

Cu Intact (kPa)
Cur Remanié (kPa)

Chantier
 Laboratoire
 
 

PROFONDEUR - pi	PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS						ESSAIS				
		ÉLÉVATION - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%)	
	PROF. m										Odeur	Visuel		Wp W WL	
	0.00	0.00	SOL ORGANIQUE	 NIVEAU D'EAU / DATE él. -3.00 m 2007-09-05	MA-1										
	-0.10	-0.10	SABLE ET GRAVIER, SILTEUX, TRACES D'ARGILE.		MA-2										
	0.10	1.00	SABLE SILTEUX, UN PEU DE GRAVIER.		MA-3										
	-1.00	1.00	SABLE SILTEUX, UN PEU DE GRAVIER.		MA-4										
	1.00	2.00	SILT ARGILEUX À SILT ET ARGILE, TRACES DE SABLE ET GRAVIER.		MA-5										
	-2.00	2.00	SILT ARGILEUX À SILT ET ARGILE, TRACES DE SABLE ET GRAVIER.		MA-6										
	2.00				MA-7										
					MA-8										
					MA-9										

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant**

Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD**

Vérfié par: **SIMON BOUCHAND**

2009-07-15

Page: 1 de 2

DESSAU

Client :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PZ-4**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
 Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 13.80 m Prof. de fin: 15.00 m

PROFONDEUR - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS							ESSAIS						
	PROFONDEUR - m	ÉLEVATION - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL	RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (kPa) OU PÉNÉTRATION DYNAMIQUE	
30																	
31																	
32																	
33		-10.00	SABLE FIN SILTEUX, TRACES D'ARGILE ET DE SABLE MOYEN.			MA-10											
34		10.00				MA-11											
35						MA-12											
36						MA-13											
37						MA-14											
38						MA-15											
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45		-13.80	ROC SÉDIMENTAIRE.														
46		13.80															
47																	
48																	
49		-15.00	FIN DU FORAGE À 15,00m.														
50		15.00															
51																	
52																	
53																	
54																	
55																	
56																	
57																	
58																	
59																	
60																	
61																	
62																	
63																	
64																	
65																	
66																	
67																	
68																	
69																	
70																	
71																	
72																	

Remarques:

DESSAU

Cifent :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PILOTE**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**
 Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 24.00 m Prof. de fin: 25.00 m

État des échantillons

Intact
 Remanié
 Perdu
 Carotte

Examens organoleptiques sur les sols:

Aspect visuel: Inexistant(I); Disséminé(D); Imbibé(IM)
 Odeur: Inexistante(!); Légère(L); Moyenne(M); Persistante(P)

Type d'échantillon

CF Carottier fendu
TM Tube à paroi mince
PS Tube à piston fixe
CR Tube carottier
TA À la tarière
MA À la main
PW Carottier LVM-Technisol

Abréviations

L Limites de consistance	M.O. Matière organique (%)	▼ Niveau d'eau
W_L Limite de liquidité (%)	K Perméabilité (cm/s)	N Pénétration standard (Nb coups/150mm)
W_p Limite de plasticité (%)	PV Poids volumique (kN/m³)	No Pénétration dyn. (Nb coups/300mm) ●
I_p Indice de plasticité (%)	A Absorption (t/min. m)	P_c Pression de préconsolidation (kPa)
I_L Indice de liquidité	U Compression uniaxiale (MPa)	TAS Taux d'agressivité des sols
W Teneur en eau (%)	RQD Indice de qualité du roc (%)	Résistance au cisaillement
AG Analyse granulométrique	AC Analyse chimique	Cu Intact (kPa) ▲ ■
S Sédimentométrie	P_L Pression limite, essai pressiométrique (kPa)	Cur Remanié (kPa) △ □
R Refus à l'enfoncement	E_m Module pressiométrique (MPa)	
VBS Valeur au Bleu du sol	E_r Module de réaction du roc (MPa)	
	SP Potentiel de ségrégation (mm²/H °C)	

PROFONDEUR - pi	PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS							ESSAIS								
		ÉLÉVATION - m PROF. - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.		RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL 20 40 60 80 100 120	RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT (kPa) OU PÉNÉTRATION DYNAMIQUE 20 40 60 80 100 120			
													Odeur	Visuel						
1	0.00	0.00	SABLE FIN À GROSSIER, UN PEU DE GRAVIER, TRACES À UN PEU DE SILT.																	
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant**

Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD**

Vérifié par: **SIMON BOUCHAND**

2009-07-15

Page: 1 de 3

DESSAU

Client :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: P022958-130
 Sondage n°: PILOTE
 Date: 2007-09-05

Projet: AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION

Coordonnées (m): Nord (Y)
 Est (X)
 Élévation (Z)
 Prof. du roc: 24.00 m Prof. de fin: 25.00 m

Endroit: NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL

PROFONDEUR - PI	PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS							ESSAIS				
		ÉLÉVATION - m PROF. - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%) Wp W WL 20 40 60 80 100 120	
30			SABLE FIN À GROSSIER, UN PEU DE GRAVIER, TRACES À UN PEU DE SILT.													
31																
32																
33	-10						MA-10									
34							MA-11									
35							MA-12									
36	-11						MA-13									
37							MA-14									
38							MA-15									
39	-12						MA-16									
40							MA-17									
41							MA-18									
42	-13						MA-19									
43							MA-20									
44	-14						MA-21									
45							MA-22									
46	-15															
47																
48	-16															
49																
50	-17															
51																
52	-18															
53																
54	-19															
55	19.00		GRAVIER, CAILLOUX, BLOCS, UN PEU DE SABLE, TRACES DE SILT.													
56																
57	-20															
58																
59	-21															
60																
61	-22															
62																
63																
64																
65																
66																
67																
68																
69																
70																
71																
72																

Remarques:

Type de forage: Forage au diamant Équipement de forage:

DESSAU

Client :
**MUNICIPALITÉ DE
 NOTRE-DAME-DU-BON-CONSEIL**

RAPPORT DE FORAGE

Dossier n°: **P022958-130**
 Sondage n°: **PILOTE**
 Date: **2007-09-05**

Projet: **AIRE D'ALIMENTATION ET DE PROTECTION**

Coordonnées (m): Nord (Y)

Endroit: **NOTRE-DAME-DU BON-CONSEIL**

Est (X)

Élévation (Z)

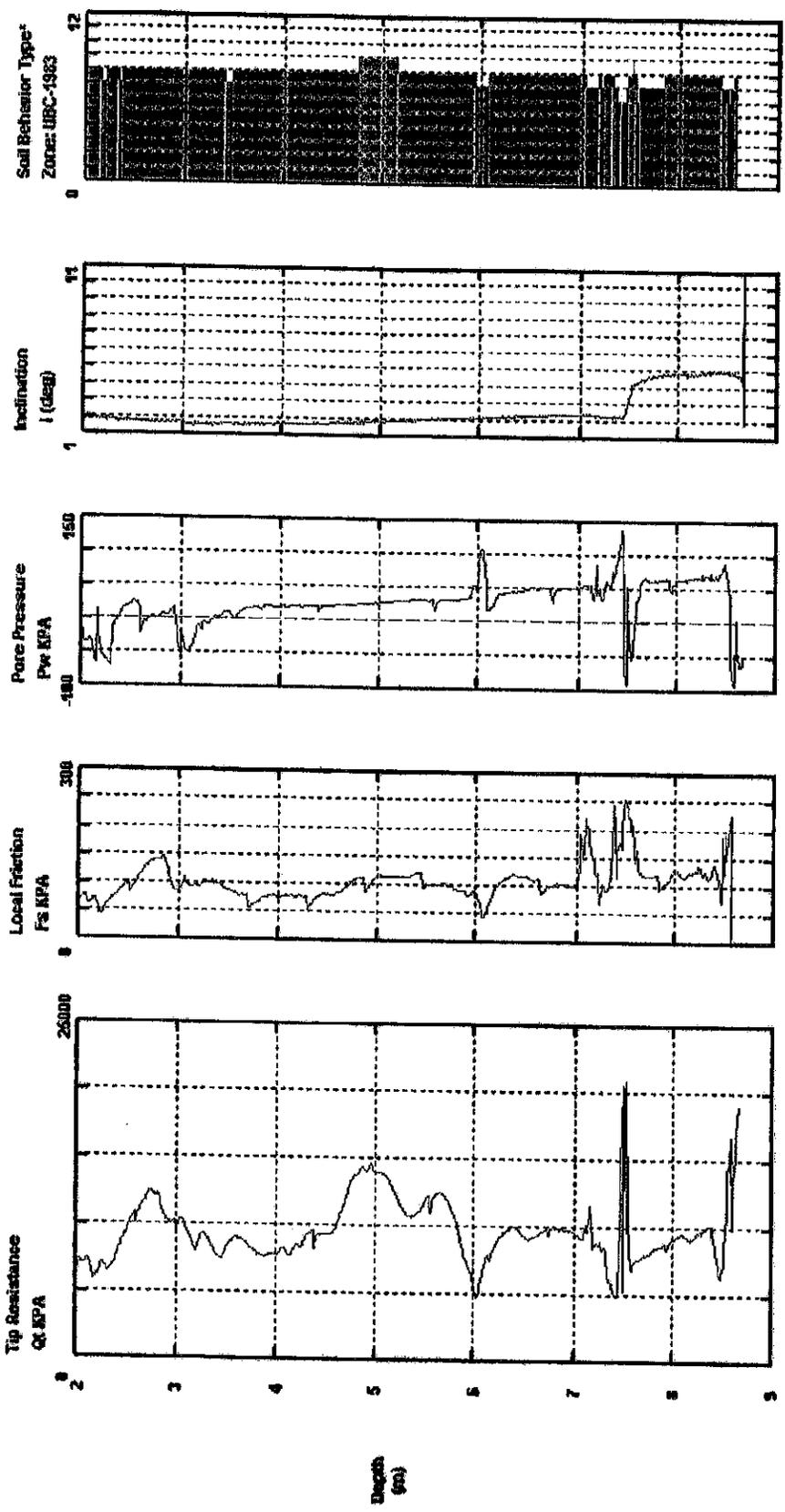
Prof. du roc: 24.00 m Prof. de fin: 25.00 m

PROFONDEUR - p/	PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS							ESSAIS			
		ÉLEVATION - m	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLES	NIVEAU D'EAU (m) / DATE	TYPE ET NUMÉRO	SOUS-ÉCH.	ÉTAT	CALIBRE	RÉCUPÉRATION %	Nb coups/150mm	"N" ou RQD	Examens organo.	RÉSULTATS	TENEUR EN EAU ET LIMITES (%)
		PROF. - m										Odeur	Visuel		Wp W WL
74															
75															
76	-23					MA-23		X							
77															
78						MA-24		X							
79	-24	-24.00 24.00	ROC SÉDIMENTAIRE.												
80															
81						MA-25		X							
82	-25	-25.00 25.00	FIN DU FORAGE À 25,00m.												
83															
84															
85	-26														
86															
87															
88															
89	-27														
90															
91															
92	-28														
93															
94															
95	-29														
96															
97															
98	-30														
99															
100															
101															
102	-31														
103															
104															
105	-32														
106															
107															
108	-33														
109															
110															
111															
112	-34														
113															
114															
115	-35														
116															

Remarques:

Type de forage: **Forage au diamant** Équipement de forage:

Préparé par: **JONATHAN SIMARD** Vérifié par: **SIMON BOUCHAND** 2009-07-15 Page: 3 de 3



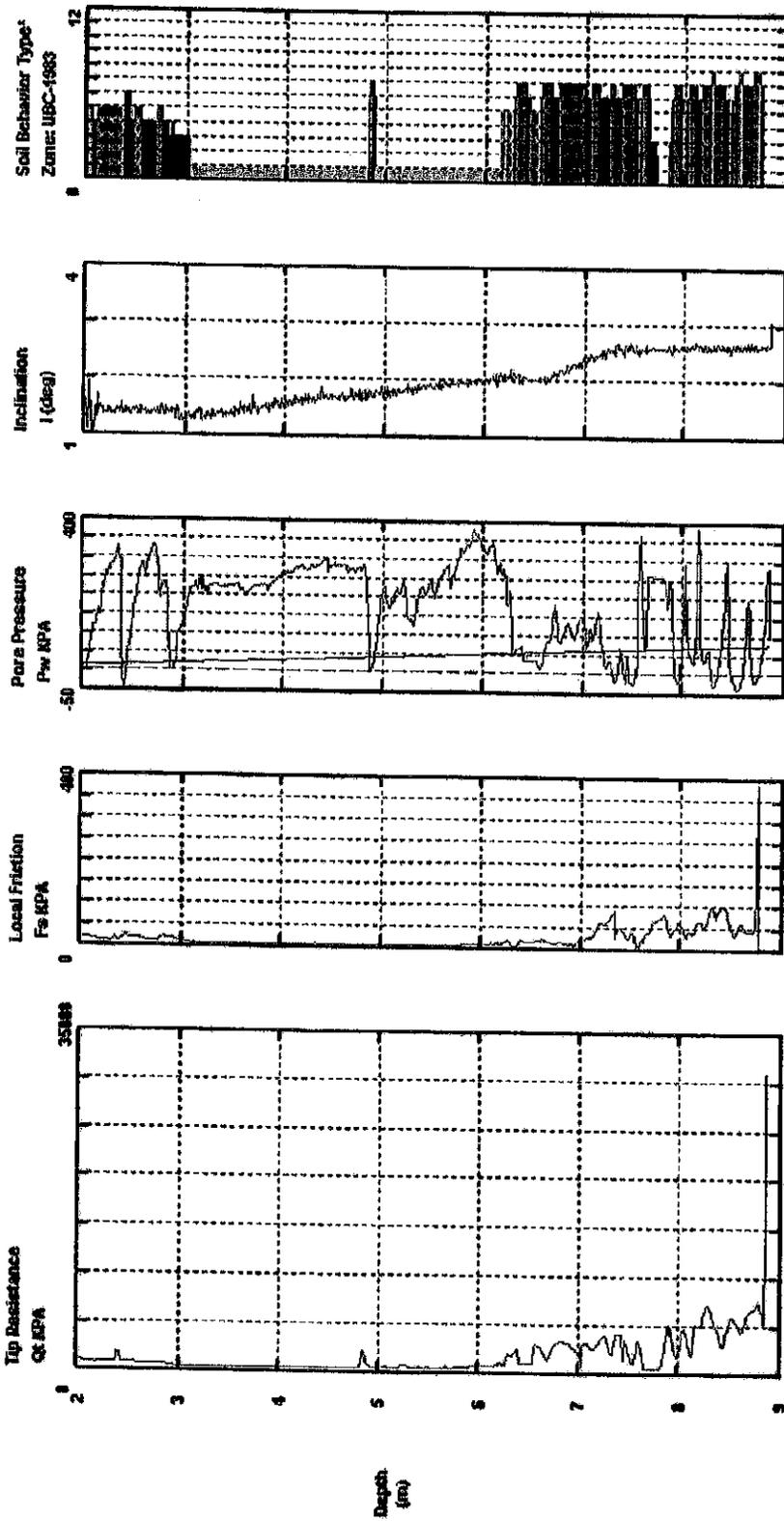
Commentaires:

DESSAU

Titre: Sondage au Piézocône

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

C1 Vérifié par: M.V.



Minimum Depth = 2.16 meters

- 1 sensitive fine grained
- 2 organic material
- 3 clay
- 4 silty clay to clay
- 5 clayey silt to silty clay
- 6 sandy silt to clayey silt

Depth increment = 0.01 meters

- 7 silty sand to sandy silt
- 8 sand to silty sand
- 9 sand
- 10 gravelly sand to sand
- 11 very stiff fine grained (?)
- 12 sand to clayey sand (?)

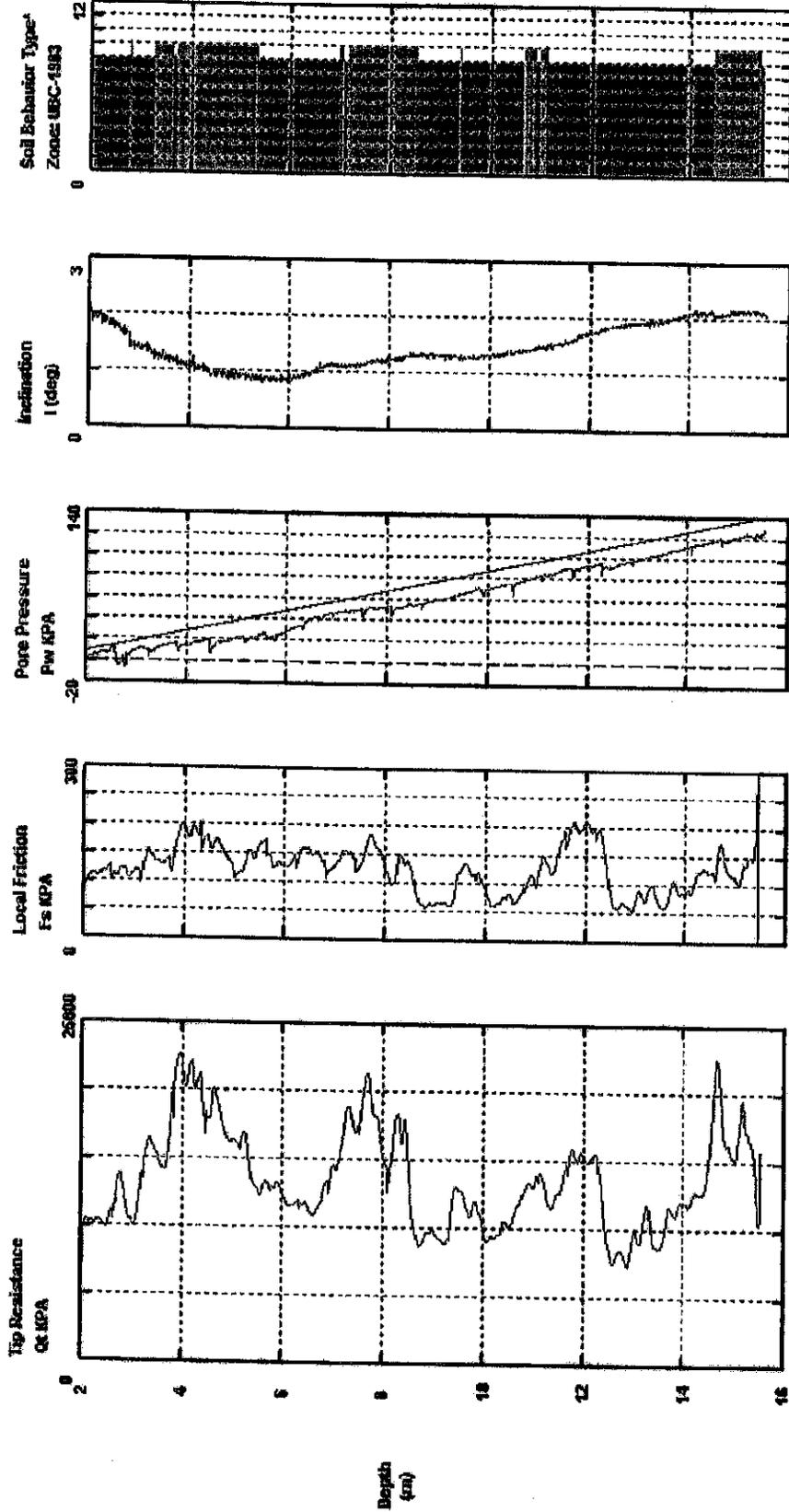
Commentaires:

Titre: Sondage au Piézocône

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

C3 Vérifié par: M.V.

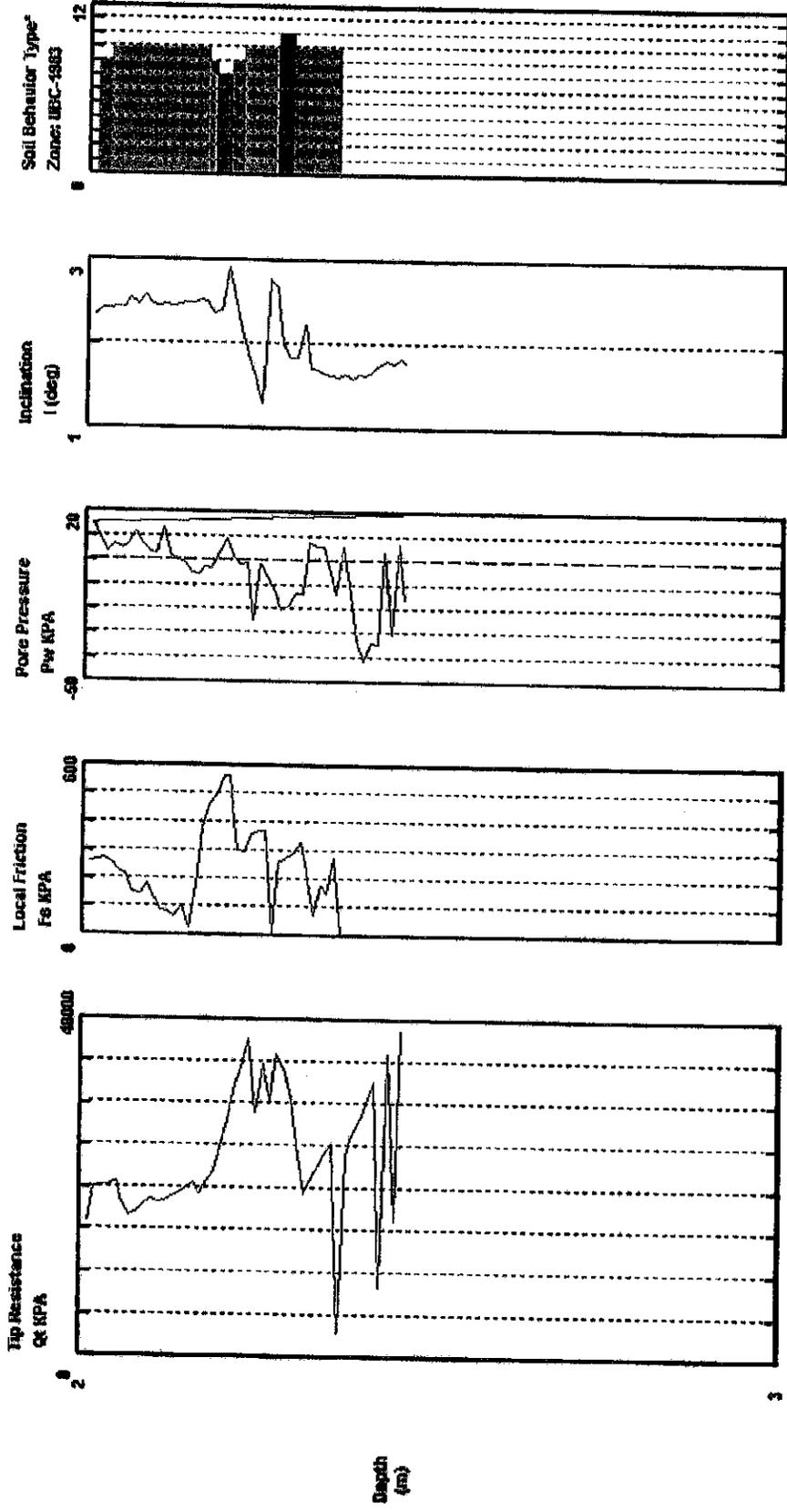
DESSAU



Maximum Depth = 15.54 meters

- 1 sensitive fine grained
- 2 organic material
- 3 clay
- 4 silty clay to clay
- 5 clayey silt to silty clay
- 6 sandy silt to clayey silt
- 7 silty sand to sandy silt
- 8 sand to silty sand
- 9 sand
- 10 gravely sand to sand
- 11 very stiff fine grained (?)
- 12 sand to clayey sand (?)

DESSAU	Commentaires:	
	Titre: Sondage au Piézocône	
C4	Dossier: P022958	
	Traité par: S.B.	
Vérifié par: M.V.		



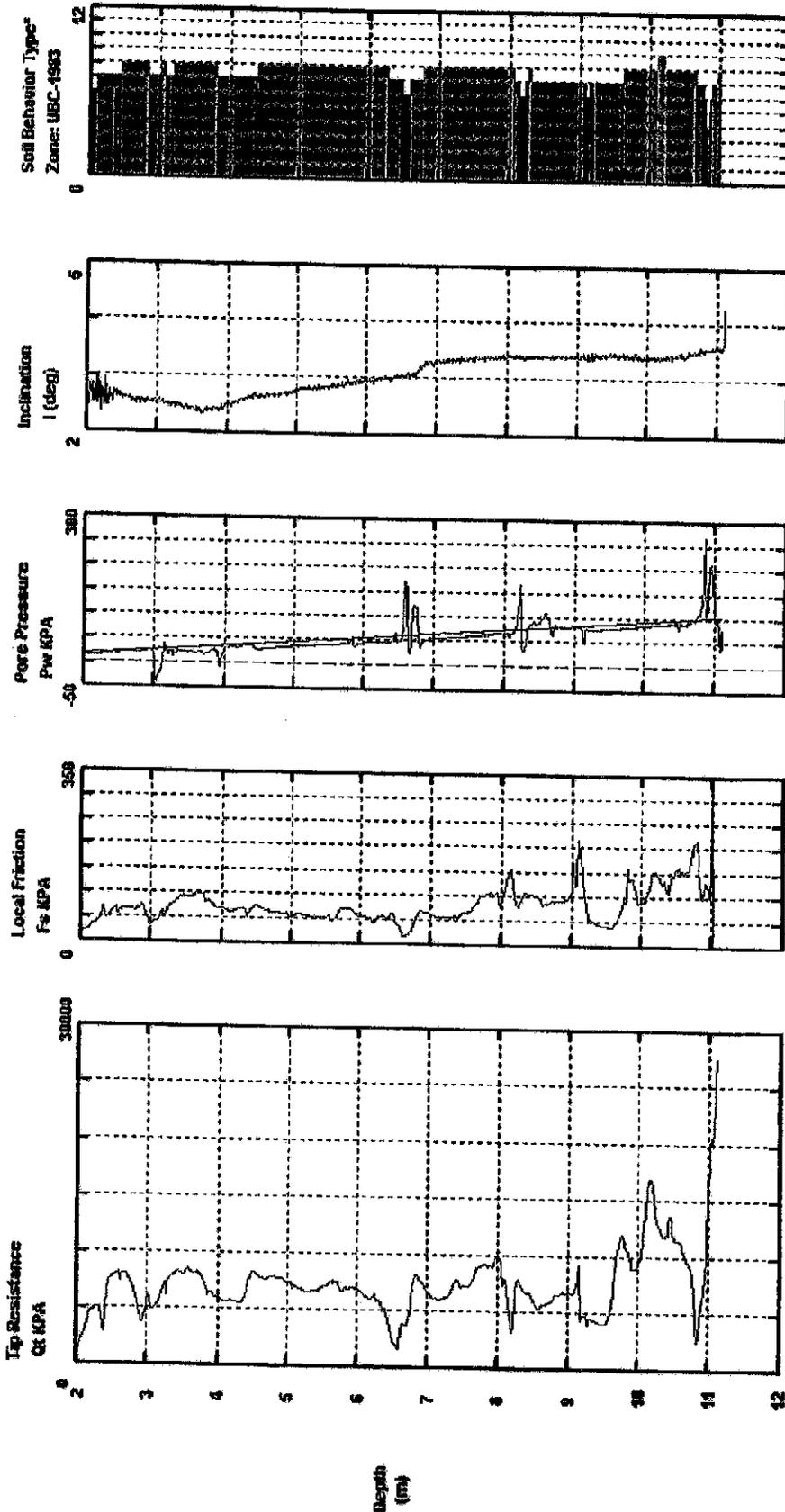
Commentaires:

DESSAU

Titre: Sondage au Piézocône

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

C5 Vérifié par: M.V.

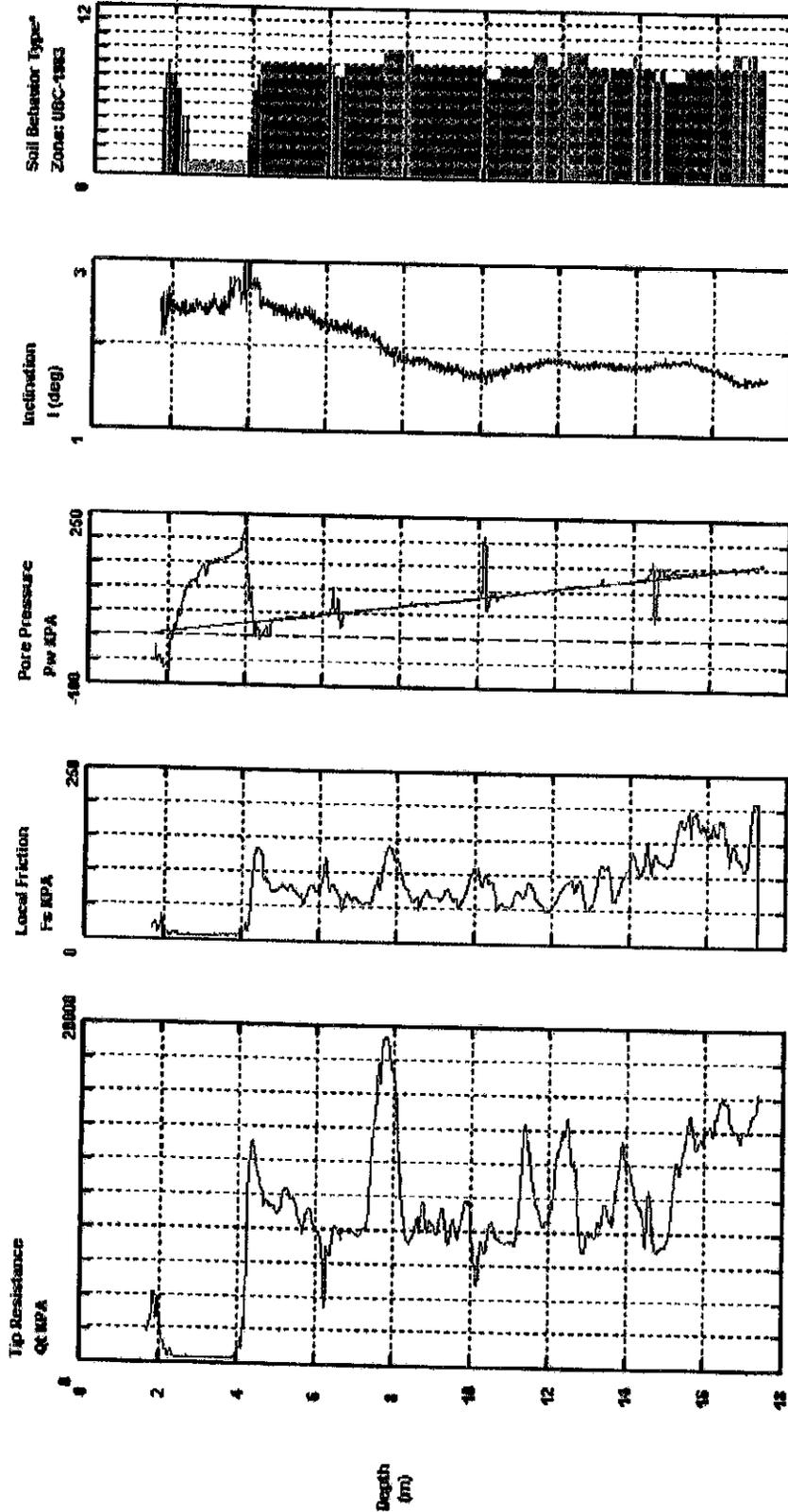


Maximum Depth = 11.18 meters

- M1 sensitive fine grained
- M2 organic material
- M3 clay
- M4 silty clay to clay
- M5 clayey silt to silty clay
- M6 sandy silt to clayey silt
- M7 silty sand to sandy silt
- M8 sand to silty sand
- M9 sand
- M10 gravelly sand to sand
- M11 very stiff fine grained (?)
- M12 sand to clayey sand (?)

Depth Increment = 0.01 meters

<h1>DESSAU</h1>	Commentaires:	
	Titre: Sondage au Piézocône	C6
		Dossier: P022958
		Traité par: S.B.
		Vérfié par: M.V.



Commentaires:

DESSAU

Titre: Sondage au Piezocône

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

C8

Vérfié par: M.V.

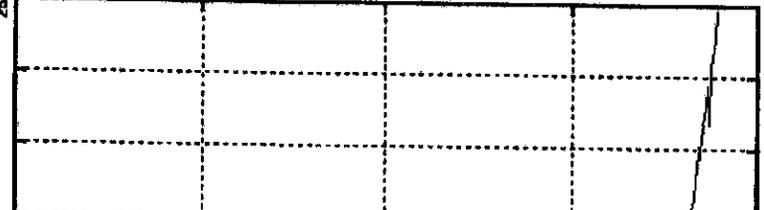
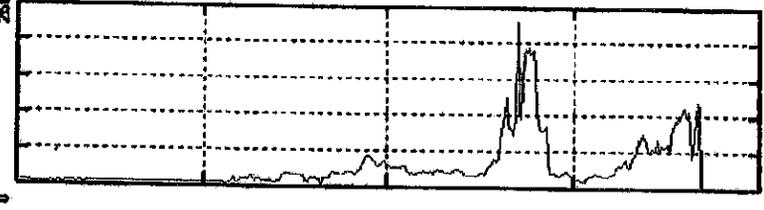
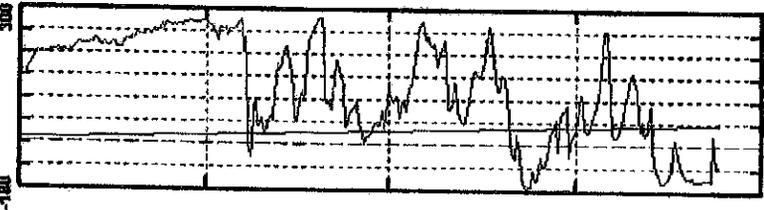
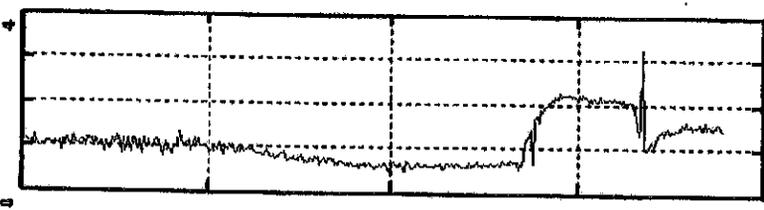
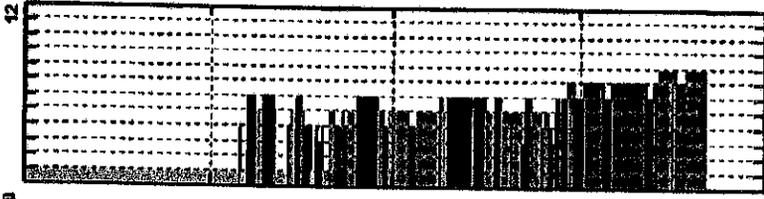
Soil Behavior Type*
Zone: UBC-1983

Inclination
I (deg)

Pore Pressure
Pw kPa

Local Friction
Fs kPa

Tip Resistance
Ct kPa



Depth
(m)

Depth Increment = 0.01 meters

Maximum Depth = 5.78 meters

- 10 gravelly sand to sand
- 11 very stiff fine grained (s)
- 12 sand to clayey sand (s)

- 7 silty sand to sandy silt
- 8 sand to silty sand
- 9 sand

- 4 silty clay to clay
- 5 clayey silt to silty clay
- 6 sandy silt to clayey silt

- 1 sensitive fine grained
- 2 organic material
- 3 clay

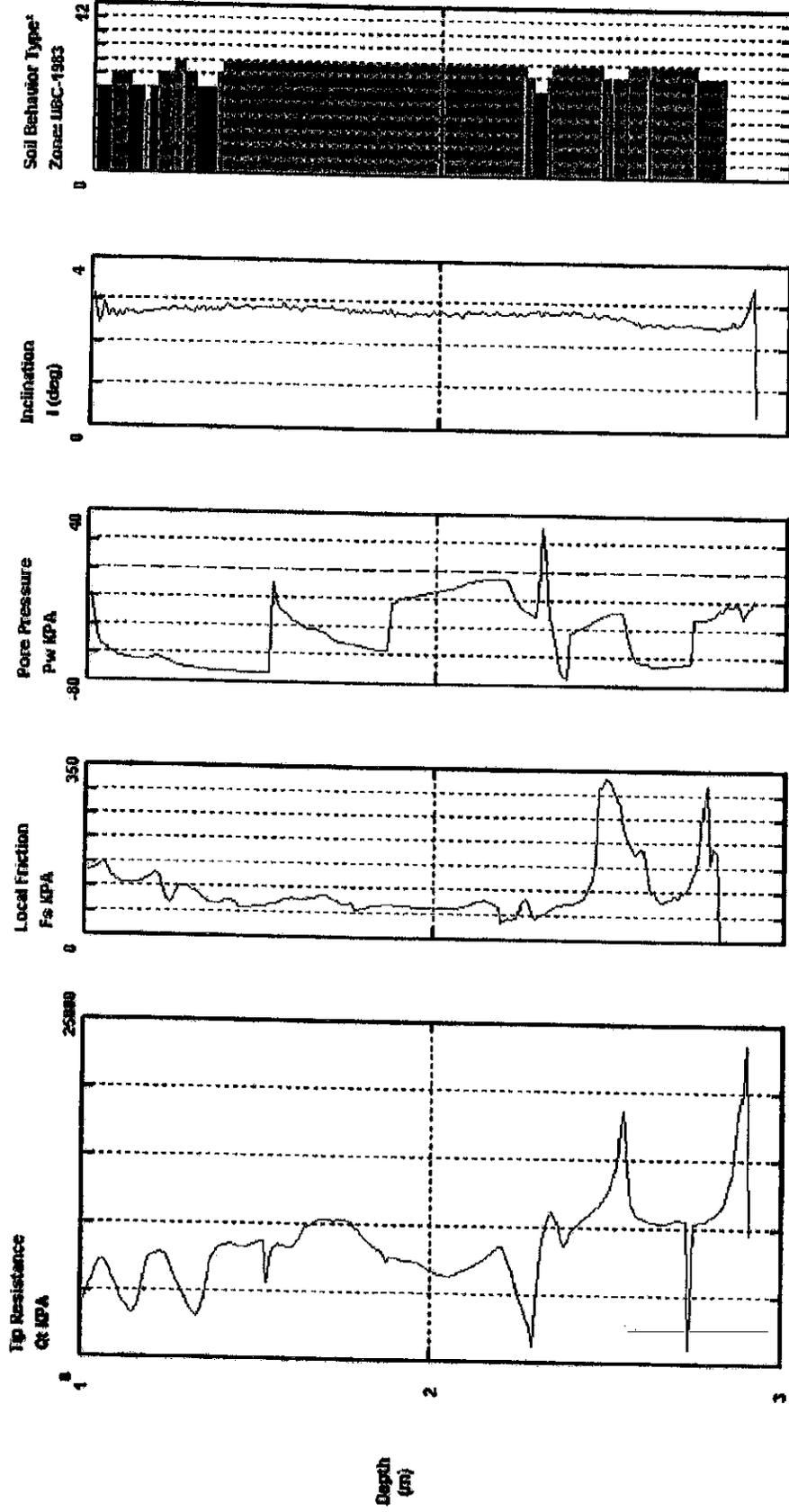
DESSAU

Commentaires:

Titre: Sondage au Piézocône

Dossier: P022958 Traité par: S.B.

C11 Vérifié par: M.V.



Soil Behavior Type:
Zone: USC-1983

Depth increment = 0.01 meters

M10 grey silty sand to sand
M11 very stiff fine grained (*)
M12 sand to clayey sand (*)

M7 silty sand to sandy silt
M8 sand to silty sand
M9 sand

Maximum Depth = 2.91 meters

M1 sensitive fine grained
M2 organic material
M3 clay

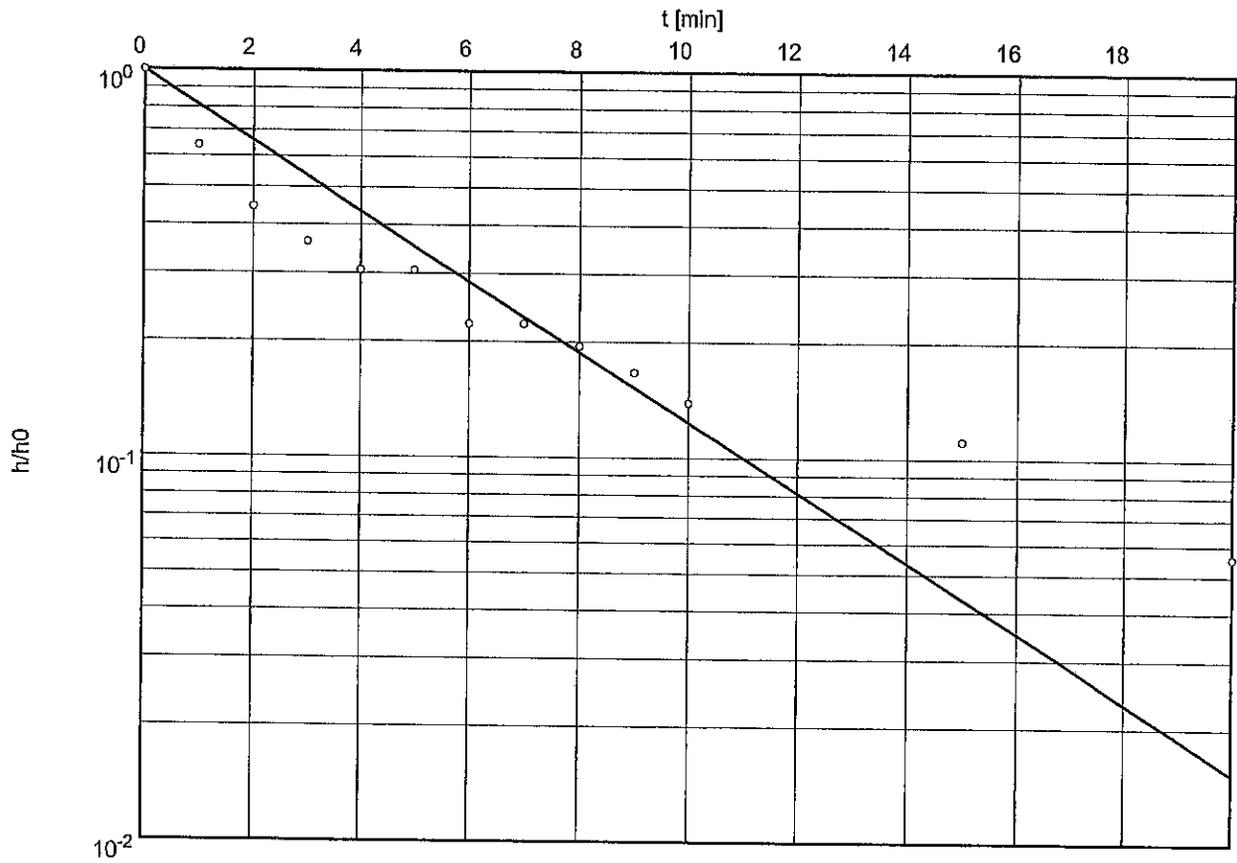
<h1>DESSAU</h1>	Commentaires:	
	Titre: Sondage au Piézocône	
	Dossier: P022958	Traité par: S.B.
	C12	Vérfié par: M.V.

Annexe 3 Essai de perméabilité

Essai #.

Réalisé le : décembre 2008

PZ-3



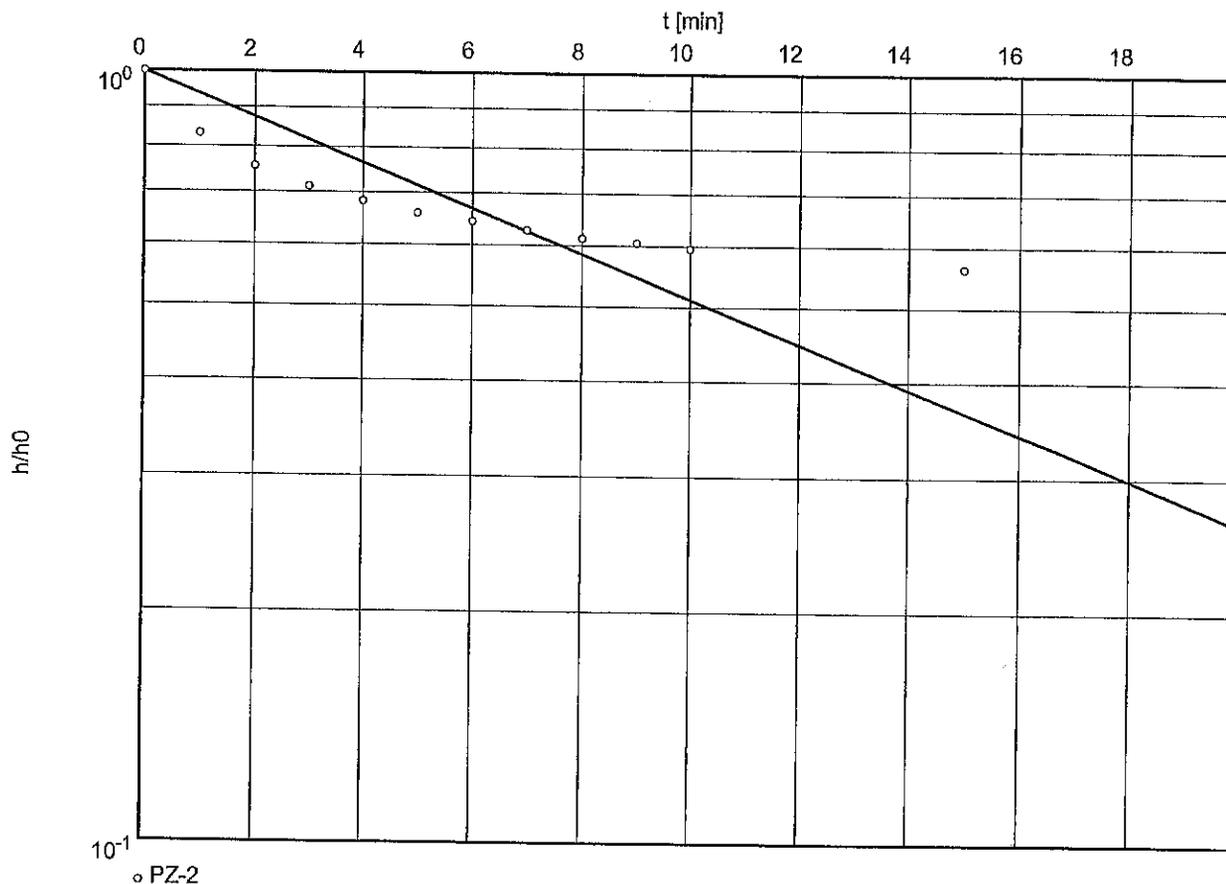
○ PZ-3

Conductivité hydraulique [m/min]: 3.06×10^{-3}

Essai #.

Réalisé le : décembre 2008

PZ-2

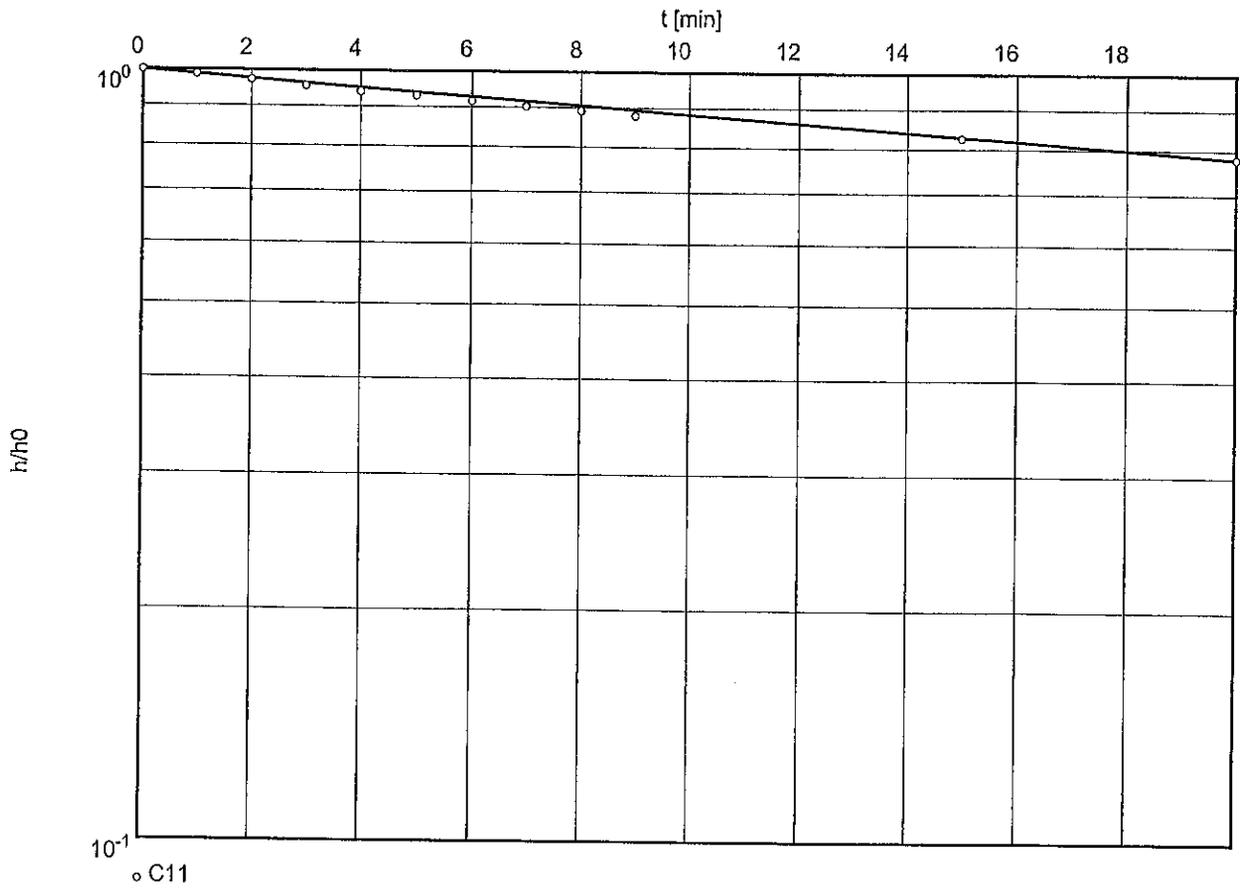


Conductivité hydraulique [m/min]: 9.83×10^{-4}

Essai #.

Réalisé le : décembre 2008

C11

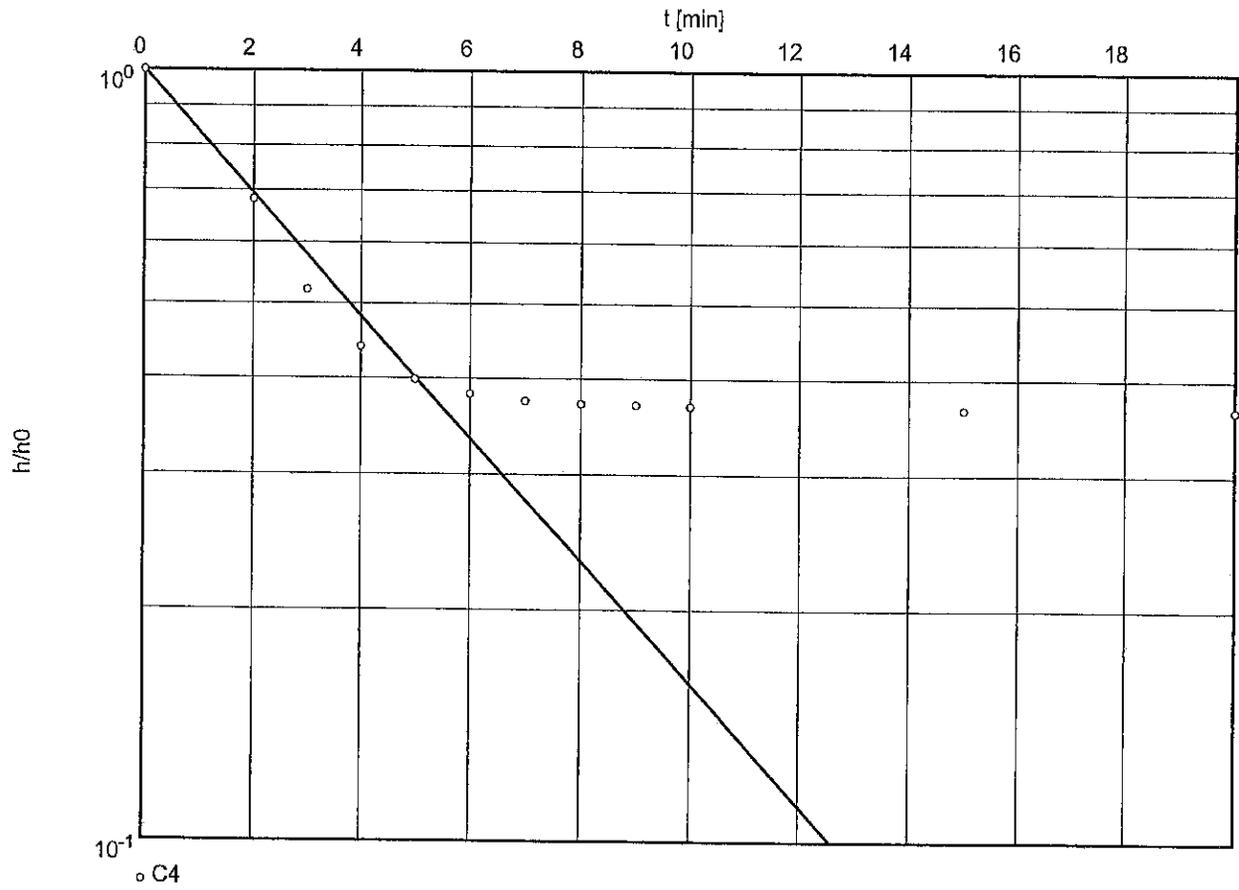


Conductivité hydraulique [m/min]: 8.58×10^6

Essai #.

Réalisé le : décembre 2008

C4

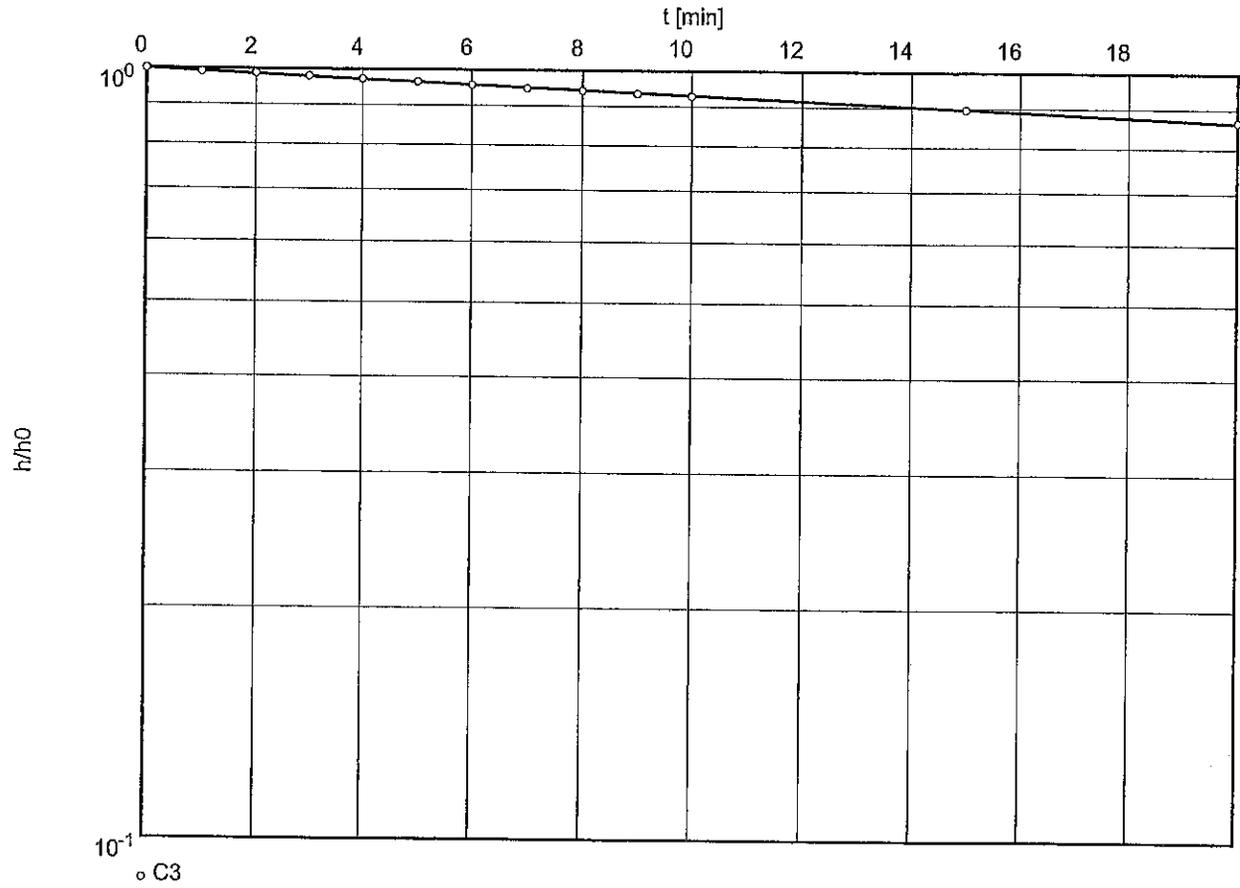


Conductivité hydraulique [m/min]: 1.25×10^4

Essai #.

Réalisé le : décembre 2008

C3

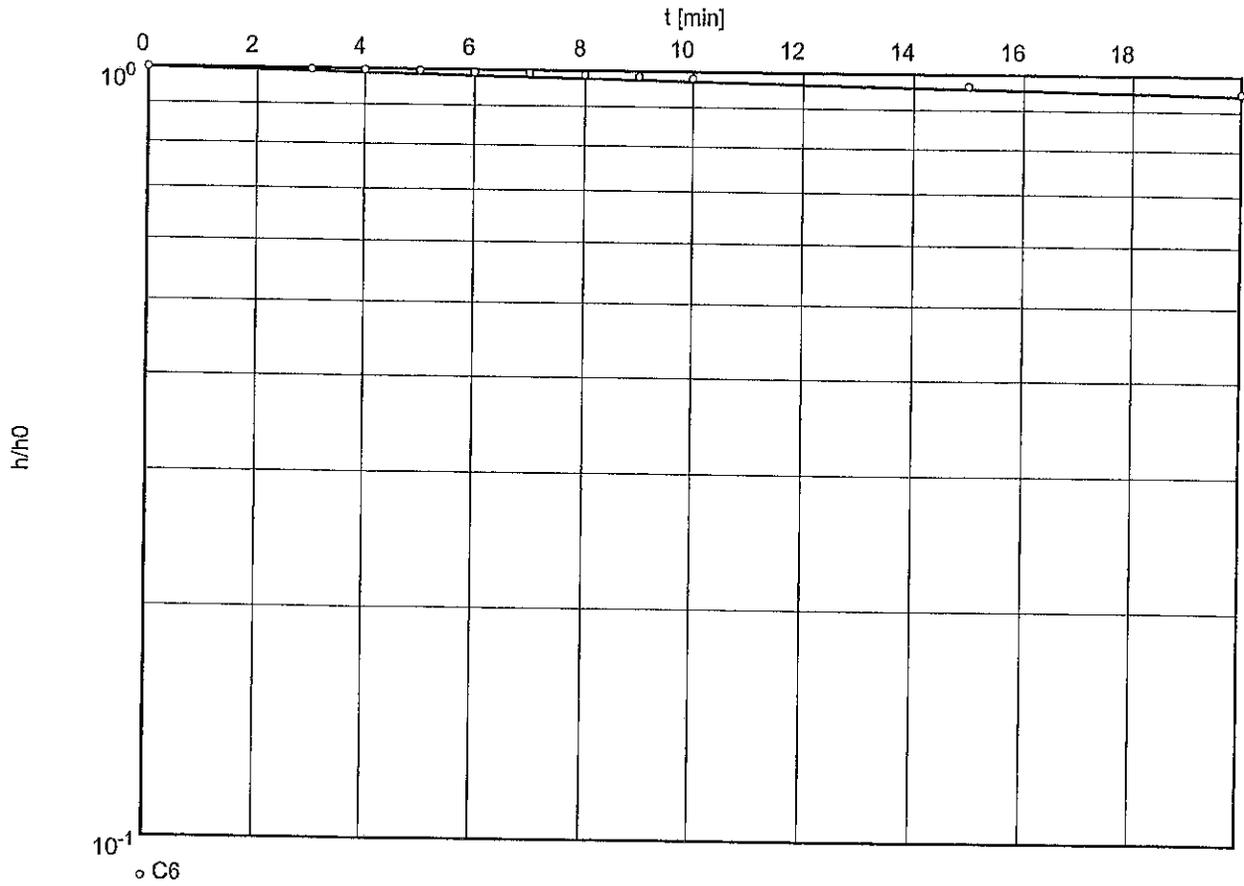


Conductivité hydraulique [m/min]: 5.01×10^{-6}

Essai #.

Réalisé le : décembre 2008

C6



Conductivité hydraulique [m/min]: 1.96×10^{-6}

Annexe IV Pesticides utilisés pour la culture de la pomme de terre

Exemples des produits couramment utilisés et recommandés pour la culture de pomme de terre :

- Deux insecticides ;
- Deux fongicides ;
- Un herbicide ;
- Un défanant

Nom commercial	Actara 240SC	Admire 240	Bravo 500	Quadris	Sencor 75DF	Règlone
Fabricant	Syngenta	Bayer CropScience Inc.	Syngenta	Syngenta	Bayer CropScience Inc.	Syngenta
Type	Insecticide	Insecticide	Fongicide	Fongicide	Herbicide	Défanant
Produit actif	Thiamethoxam	Imidaclopride	Chlorothalonil	Azoxystrobine	Métrifubuzine	Ions de diquat (sous forme de dibromure)
Concentration	240g/L	240g/L	500g/L	250/L	75%	240g/L
Groupe de produit	Néonicotinoïdes	Chloronicotinyl	Triazinone			
Dose à l'hectare	Groupe 4 Insecticide 378 - 488,9 mL	Groupe 4 Insecticide 850 mL - 1,3L Max 1 165L par an	Groupe M2 Fongicide 1,2 - 2,4L Intervalle 7-10 jrs	Groupe 11 Fongicide 500 - 800mL Max 2,4L/an	Groupe 5 Herbicide 550 - 1 500g 1 fois par an	Groupe 22 Herbicide 1,25 - 3,5L 1 fois par an
Période d'application	Dans le sillon à la plantation Mai début juin 48-249	Dans le sillon à la plantation Mai début juin	Application foliaire Juillet à septembre 10-60	Application foliaire Juillet-août 54-135	En pulvérisation pré ou post levé Mai début juin TD50 30-60 jrs	Sur tous le feuillage (Forte dose si feuillage recouvre tout le rang) Septembre Persistant
Temps résiduel dans le sol			8	187-239		1-2
Temps résiduel dans l'eau						
Norme sur la qualité eau potable	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Métrifubuzine 80ug/L	Diquat 80ug/L

<p>Hydrosolubilité</p>	<p>4,1g/L @ 25 °C (Thiaméthoxame technique)</p>		<p>0,81 mg/L @ 25 °C (chlorothalonile technique)</p>	<p>6 mg/L @ 20 °C (azoxystrobine technique).</p>	<p>1100 ppm @ 20 deg C</p>	<p>718,000 mg/L @ 20 °C and pH 7,2 (dibromure de diquat de qualité technique).</p>
<p>Potentiel cancérogène</p>	<p>Thiaméthoxame technique : On a constaté des tumeurs du foie aux doses élevées chez les souris; effet non pertinent chez les humains. Pas de tumeurs liées au traitement chez les rats.</p>	<p>CE PRODUIT N'EST PAS ENUMERE PAR PNT, CIRC OU NIOSH OU REGLE COMME UN CARCINOGENE PAR OSHA</p>	<p>Aucune preuve de potentiel carcinogène chez le chien après jusqu'à une année d'administration. On a observé des augmentations des cas d'adénome tubulaire rénal et de carcinome associées au traitement chez les souris mâles et le rat. On a également observé des cas d'adénome et de carcinome des cellules squameuses du secteur gastrique antérieur chez ces deux espèces. Cependant, les tumeurs du secteur gastrique antérieur observées dans les études sur des rongeurs n'ont aucun lien avec les humains, ces derniers ne</p>	<p>Aucun effet cancérogène n'a été observé chez les rats ou les souris jusqu'à la dose maximale tolérée.</p>	<p>LE QUARTZ (SILICE CRISTALLINE) EST UN PRODUIT QUE L'ON SOUPCONNE D'ETRE CANCERIGENE (SELON L'ARC ET LE PTN)</p> <p>TERATOGENESE : AUCUN EFFET TERATOGENE N'A ETE OBSERVE QUELLE QUE SOIT LA DOSE UTILISEE. MUTAGENESE : NEGATIF</p>	<p>Pas de preuves de potentiel cancérogène dans les études menées chez le rat et la souris.</p>

Devenir dans l'environnement	<p>La matière active, le thiaméthoxame, affiche un potentiel de bioaccumulation modéré, une faible mobilité et une persistance modérée dans le sol et dans l'eau. La demi-vie de dissipation dans le sol est de 48 à 239 jours. La dégradation est assurée principalement par les microorganismes et la formation de résidus liés.</p>	<p>Ce produit chimique possède les propriétés et les caractéristiques associées aux produits chimiques décelés dans l'eau souterraine. L'utilisation de l'insecticide systémique en suspension aqueuse ADMIRE 240 aux endroits où les sols sont perméables, surtout là où la nappe phréatique est peu profonde, risque de contaminer l'eau souterraine.</p> <p>Aucune autre culture de rotation destinée à l'alimentation humaine ou animale ne peut être semée moins de 12 mois après le dernier traitement</p>	<p>Le chlorothalonil, qui est la matière active de ce produit, affiche un faible potentiel de bioaccumulation, est peu mobile dans le sol et ne persiste pas dans le sol ou dans l'eau. Dans le sol, le TD₅₀ est de 10 à 60 jours et dans l'eau, de moins de 8 jours. La dégradation est surtout assurée par les micro-organismes et par la fixation des résidus.</p> <p>Le fongicide Bravo 500 en vrac cale dans l'eau (au bout de 24 h)</p>	<p>La matière active, l'azoxystrobine, affiche un faible potentiel de bioaccumulation, une mobilité dans le sol de faible à modérée, mais est de modérément persistante à persistante dans le sol ou dans l'eau. La demi-vie de dissipation dans le sol est de 54 à 135 jours et, dans l'eau, de 187 à 239 jours. La dégradation est principalement assurée par les micro-organismes, par hydrolyse et par liaison des résidus.</p> <p>Le fongicide QUADRIS en vrac cale dans l'eau (au bout de 24 h) et se dissout éventuellement pour former une émulsion.</p>	<p>La matière active, le dibromure de diquat, présente un faible potentiel de bioaccumulation, est peu mobile dans le sol et affiche une persistance élevée dans le sol mais non dans l'eau. Une fois pulvérisé dans les champs, il faudra trois ans avant qu'il ne se dégrade; il est persistant, se lie de manière irréversible au sol et résiste à la dégradation microbienne. Sa demi-vie de dissipation dans l'eau est de 1 à 2 jours. La matière active de l'herbicide Reglone en vrac cale dans l'eau au bout de 24 h.</p>
Attente avant Récolte					NE PAS traiter les plants de pommes de
					NE PAS traiter les plants de pommes de

	terre moins de sept jours avant la récolte.	terre moins d'une journée avant la récolte.	terre moins d'une journée avant la récolte	

Notes :

