

**CONSTRUCTION ET
INSTRUMENTATION D'UNE
COUVERTURE MULTICOUCHE
AU SITE
LES TERRAINS AURIFÈRES
QUÉBEC, CANADA**

Rapport NEDEM 2.22.4af

**Ce programme de recherche a été réalisé dans le cadre du NEDEM 2000 avec la participation de
Barrick Gold Corporation,
du Ministère des Ressources naturelles du Québec et du
Centre Canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) par le biais de l'entente Canada-Québec sur le développement minéral**

février 1999

***CONSTRUCTION ET INSTRUMENTATION
D'UN RECOUVREMENT MULTICOUCHE
LES TERRAINS AURIFÈRES***

RAPPORT NEDEM 2.22.4a
Contrat No. 23440-6-1024/001/SQ

Présenté à:

Ressources Naturelles du Canada
CANMET
555 rue Booth
Ottawa, Ontario
K1A 0G1

SOMMAIRE

Depuis janvier 1997, le site Les Terrains Aurifères (LTA) fait l'objet d'une étude détaillée dans le cadre du programme NEDEM (projet 2.22.4) dans le but d'étudier la performance de la couverture multicouche construite sur le parc à résidus potentiellement générateurs d'acide. Il s'agit d'un recouvrement multicouche construit à grande échelle (sur 60 hectares) à l'hiver 1996. La couche fine utilisée est principalement composée de résidus miniers alcalins. En plus d'être la premier recouvrement de ce type (barrière à oxygène) à être construit au Canada (et probablement ailleurs), ce projet présente l'avantage de revaloriser des résidus miniers.

L'objectif principal de ce rapport consiste à exposer les différents aspects requis pour mener le projet du stade de conception à celui de produit fini et ce, en présentant les diverses étapes réalisées lors du projet. Les aspects théoriques du fonctionnement des couvertures multicouches ⁽¹⁾ ainsi que les méthodes de conception ⁽²⁾ ont déjà été traitées abondamment dans la littérature. Le présent rapport se veut plutôt un exemple pratique d'application de ce type de technologie.

Ce rapport présente la problématique initiale, le schéma décisionnel utilisé puis décrit la campagne exhaustive d'essais de laboratoire ainsi que les propriétés fondamentales des matériaux qui ont été utilisés lors de la construction. La séquence des événements et les défis de construction seront présentés par la suite, incluant une description des instruments utilisés pour le monitoring. Les résultats analytiques présentés dans ce rapport permettent une comparaison préliminaire des propriétés observées in situ avec ceux obtenus en laboratoire. Les conclusions sont élaborées autour d'une discussion sur l'applicabilité de cette technologie pour d'autres sites. Un rapport de suivi du comportement (projet 2.22.4b) sera disponible en 1999.

(1) Nicholson et al., 1989, 1991; Collin et Rasmuson, 1990; Anon, 1991; Aubertin et Chapuis, 1991; SRK, 1991; Aachib et al., 1993; 1994; Aubertin, et al., 1995.

(2) Baccini, 1988; EPA, 1989; Bagchi, 1990; Nicholson et al., 1991; Hutchison et Ellison, 1992; Daniel, 1993; Wing, 1993, 1994; Aubertin et al., 1995; Woyshner et Yanful, 1995, Ricard et al., 1997.

SUMMARY

Since January 1997, Barrick Gold Corporation's Les Terrains Aurifères (LTA) tailings site has been the subject of a detailed study - MEND Project 2.22.4 - aimed at assessing the performance of a composite cover placed on the acid-generating tailings impoundment. The full-scale composite cover was built in the winter of 1996 on the 60-hectare site. Alkaline tailings were used for the fine material layer. In addition to being the first full-scale cover of this type (e.g. oxygen barrier) in Canada (and possibly elsewhere), this project offers the added advantage of using mine tailings, a waste product.

The main objective of this report is to describe the various phases of the LTA project, from the initial conceptual design of the cover to the final construction and monitoring. The theory behind composite covers ⁽¹⁾ and design methods ⁽²⁾ have already been thoroughly discussed in the literature; the present report will, therefore, be a practical field application example of this technology.

This report will describe initial concerns, the flow charts used in the decision process, the laboratory work performed as well as the fundamental properties of all the materials used for construction. Sequence of events, construction difficulties will be presented subsequently along with monitoring instruments used. Analytical results outlined in this report will allow preliminary comparison of properties observed in laboratory and in situ. Conclusions will be formulated and discussed to assess the applicability of this technology to other sites. A final monitoring report will be available in 1999.

(1) Nicholson et al., 1989, 1991; Collin and Rasmuson, 1990; Anon, 1991; Aubertin and Chapuis, 1991; SRK, 1991; Aachib et al., 1993; 1994; Aubertin, et al., 1995.

(2) Baccini, 1988; EPA, 1989; Bagchi, 1990; Nicholson et al., 1991; Hutchison and Ellison, 1992; Daniel, 1993; Wing, 1993, 1994; Aubertin et al., 1995; Woyshner and Yanful, 1995; Ricard and al. 1997.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire	SOM-1
Summary	SUM-1

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1.0 INTRODUCTION.....	1
1.1 Description et historique du site.....	1
1.2 Problèmes requérant une évaluation.....	3
1.3 Modélisation géochimique.....	3
1.4 Analyse de risque.....	6
1.5 Étude de faisabilité.....	7
1.6 Système de recouvrement.....	9
2.0 DESCRIPTION DES PROCÉDURES DE CARACTÉRISATION CHOISIES	10
2.1 Essais en laboratoire.....	11
2.1.1 Analyse granulométrique.....	11
2.1.2 Densité relative des grains (Gs).....	12
2.1.3 Essai de compactage.....	12
2.1.4 Limites d'Atterberg.....	12
2.1.5 Essais de perméabilité.....	12
2.1.6 Essais de rétention d'eau.....	13
2.1.7 Diffusion d'oxygène (De).....	14
2.1.8 Essai de migration des particules.....	15
2.1.9 Essai de perméabilité en conditions de gel-dégel.....	15
2.2 Essais en chantier.....	16
3.0 PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX FORMANT LE RECOUVREMENT MULTICOUCHE.....	17
3.1 Caractéristiques de base.....	17
3.2 Propriétés hydrauliques.....	19
3.2.1 Coefficient de conductivité hydraulique à l'état saturé.....	19
3.2.2 Courbes de rétention d'eau.....	20
3.3 Diffusion de l'oxygène.....	21

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
3.4 Stabilité à long terme.....	22
3.5 Modélisation de la performance.....	23
3.6 Commentaires généraux sur les propriétés des matériaux du revêtement multicouche	25
4.0 CONSTRUCTION DU RECOUVREMENT	27
4.1 Logistique.....	27
4.2 Phase I - automne 1995	28
4.3 Phase II - automne 1995 et hiver 1996.....	30
4.3.1 Description du revêtement	31
4.3.2 Description des activités.....	32
4.4 Phase II - été 1996	36
5.0 PROGRAMME DE SUIVI DU COMPORTEMENT	38
6.0 CONCLUSIONS.....	39
7.0 PROJETS FUTURS.....	42
RÉFÉRENCES.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1	Résultats des essais de laboratoire
Tableau 2	Rapport des essais de calcul de densité - Résidus MRN, cellules expérimentales
Tableau 3	Sommaire des essais de perméabilité
Tableau 4	Sommaire des essais de perméabilité en place
Tableau 5	Sommaire des essais de rétention d'eau
Tableau 6	Quantités approximatives de matériaux mis en place

 TABLE DES MATIÈRES (SUITE)
Liste des figures

Figure 1	Vue du plan du site.
Figure 2	Coupe A-A'—conditions existantes.
Figure 3	Stratigraphie du recouvrement.
Figure 4	Courbes granulométriques des matériaux du site LTA.
Figure 5	Conductivité hydraulique saturée - résidus du MRN.
Figure 6	Conductivité hydraulique saturée - sable du banc d'emprunt
Figure 7	Conductivité hydraulique saturée - résidus LTA
Figure 8	Conductivité hydraulique saturée - silt du banc d'emprunt.
Figure 9	Courbes caractéristiques de succion - résidus MRN.
Figure 10	Courbes caractéristiques de succion du silt du banc d'emprunt #1.
Figure 11	Valeur du coefficient de diffusion d'oxygène en fonction du degré de saturation des résidus MRN.
Figure 12	Courbes granulométriques des matériaux de la colonne 1.
Figure 13	Courbes granulométriques des matériaux de la colonne 2.
Figure 14	Conductivité hydraulique saturée des résidus MRN avec cycles de gel-dégel.
Figure 15	Conductivité hydraulique saturée du silt du banc d'emprunt.
Figure 16	Plan de localisation des stations d'instrumentation de la couverture.
Figure 17	Plan de localisation des stations d'instrumentation.
Figure 18	Profil typique d'une station d'instrumentation.

Liste des photographies

Photographie 1	Début des travaux. Mise en place de la Zone 1 (sable) sur une épaisseur de 0,5 m. Direction sud-est.
Photographie 2	Zone 1 (sable) mise en place, compactée et nivelée. Direction sud-est.
Photographie 3	Mise en place des résidus MRN (Zone 2) sur la Zone 1 (sable). Secteur sud-est.
Photographies 4/5	Infiltration des résidus à travers la couche de sable (Zone 1).
Photographie 6	Étalement des résidus MRN dans la zone sud-est.
Photographie 7	Compactage des résidus MRN dans la zone sud-est.
Photographie 8	Mesure de la densité sur le terrain
Photographies 9/10	Banc d'emprunt – stratification.
Photographies 11/12	Digue sud-est – nivellement de la pente.
Photographie 13	Digue est - nivellement de la pente.
Photographies 14/15	Construction du chemin d'accès.

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Liste des photographies (suite et fin)

Photographies 16/17	Épandage de la chaux sur parois des digues est, sud-est et nord.
Photographie 18	Mise en place et compactage de la couche de sable et gravier (Zone 1)
Photographie 19	Équipement de terrain.
Photographie 20	Mise en place et compactage des résidus du MRN (Zone 2) sur la Zone 1 (sable).
Photographie 21	Mise en place de la Zone 2. Direction sud.
Photographie 22	Zone 3 - mise en place et compactage.
Photographie 23	Mise en place et compactage de la Zone 3 (sable et gravier) sur les résidus du MRN.
Photographie 24	Reprofilage de la digue ouest avant la mise en place de la Zone 1 (sable).
Photographies 25/26	Digue ouest. Mise en place et compactage de la Zone 1 (sable) de 0,5 m d'épaisseur.
Photographie 27	Digue ouest. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la pente de la digue reprofilée.
Photographie 28	Digue nord. Reprofilage de la Zone 2 placée en hiver 1996. Vue ouest.
Photographie 29	Digue nord. Compactage de la Zone 2 (résidus) reprofilée.
Photographies 30/31	Pente de la digue nord. Mise en place de la Zone 3 (sable et gravier).
Photographies 32/33	Digue ouest. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la Zone 1 (sable).
Photographie 34	Démantèlement du chemin d'accès sur le sommet du parc à résidus.
Photographie 35	Chemin d'accès. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la Zone 1 constituée du sable du chemin.
Photographie 36	Chemin d'accès sur le sommet du parc à résidus. Mise en place de la Zone 2 (silt).
Photographie 37	Chemin d'accès sur le sommet du parc à résidus. Construction de la couverture.
Photographie 38	Mise en place d'une station de mesure de consommation d'oxygène.
Photographie 39	Station de mesure de consommation d'oxygène.
Photographie 40	Mise en place d'une sonde TDR.
Photographie 41	Mise en place d'une sonde Watermark.

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Liste des annexes

Annexe A	Données géotechniques du sable d'emprunt ouest
Annexe B	Données géotechniques du résidu MRN
Annexe C	Données géotechniques du résidu LTA
Annexe D	Données géotechniques du silt du banc d'emprunt #1
Annexe E	Essais de migration des particules
Annexe F	Essais de perméabilité avec cycles gel-dégel sur le résidu MRN et le silt du banc d'emprunt #1
Annexe G	Résultats du suivi du compactage (automne 95 - hiver 96)
Annexe H	Résultats du suivi du compactage (été 96)

1.0 INTRODUCTION

1.1 Description et historique du site

Le site Les Terrains Aurifères (LTA) est situé approximativement à 8,5 km au sud-est de la Ville de Malartic en Abitibi. Une mine souterraine, inactive depuis 1965, un concentrateur et un parc de disposition des résidus sont les éléments principaux de la propriété laquelle possède une superficie d'environ 140 hectares. Celle-ci appartient à la compagnie Barrick Gold.

L'installation de gestion des résidus de LTA est bordée à l'est par le parc à résidus de l'ancienne mine Malartic Goldfield lequel est actuellement propriété du Ministère des Ressources Naturelles du Québec (MRN) (voir figure 1). À l'origine, le parc à résidus de la mine Malartic Goldfield couvrait l'actuel site de LTA. Tel que montré à la figure 2, le parc de LTA est construit sur les résidus de Malartic Goldfield. Le parc à résidus de LTA est bordé à l'ouest par un banc d'emprunt de sable et gravier (banc d'emprunt ouest montré sur la figure 1) lequel appartient également au MRN.

Historiquement, le site du parc à résidus de la mine Malartic Goldfield été choisi en raison de sa proximité par rapport au concentrateur (100 m au sud) et de son emplacement sis dans une dépression naturelle, permettant ainsi un confinement sans construction massive de digues. Pendant les années d'opération de la mine Malartic Goldfield (1930-1965), environ 10 Mt de résidus alcalins ont été mis en place sur le site, selon une épaisseur moyenne de 5 m.

Le site a été rouvert en 1977; cependant, seul le concentrateur était opérationnel et seule la moitié du parc à résidus a alors été utilisée. Presque 8,0 Mt de résidus générateurs d'acide ont été produits et mis en place sur les résidus alcalins de la Malartic Goldfield (voir figure 2). L'épaisseur moyenne des résidus de LTA est de 12 m. Le site LTA est

bordé au nord, à l'est et à l'ouest par des digues construites de résidus générateurs d'acide. Il est bordé au sud par la topographie naturelle. La hauteur moyenne des digues est de 15 m.

En résumé, le parc à résidus de LTA contient deux types de résidus chimiquement distincts. En effet, la couche inférieure (5 m d'épais) contient peu de minéraux sulfureux et plus de 10 % de calcite (CaCO_3). Les essais en laboratoire ont démontré que ces résidus neutralisent 100 kg/t d'acide (éq. CaCO_3). Les résidus de LTA (provenant en fait de la propriété voisine Bousquet qui appartient à Barrick) sont sulfureux. Un nombre considérable d'essais portant sur la minéralogie, le décompte acide-base et la composition minéralogique a été effectué. Les résultats ont démontré que les résidus de LTA contiennent environ 6 % de soufre sulfureux pour lequel le pyrite est le minéral sulfureux prédominant. Les autres sulfures présents dans de moindres proportions incluent la pyrrhotite, la chalcopryrite, la sphalérite et l'arsénopyrite. Le potentiel net de production d'acide est en moyenne d'environ 200 kg/t (éq. CaCO_3).

Les résidus ont été maintenus à des conditions de pH neutre à alcalin jusqu'à la fermeture du site à l'automne 1994, en raison de la contribution alcaline du processus de concentration affectant les résidus déposés ainsi que l'eau interstitielle qui y est associée. Ces résidus possèdent néanmoins un potentiel de génération d'acide important. Il était donc prévisibles qu'ils deviennent générateurs d'acide dans un avenir rapproché et qu'ils produisent un écoulement de surface et des exfiltrations acides pour des centaines d'années à venir.

1.2 Problèmes requérant une évaluation

Conscient du potentiel de génération acide des résidus, de nombreuses questions ont dû être abordées lors du développement d'un plan de fermeture qui soit économiquement viable pour le parc en question. Ces questions incluaient:

- i) Quelle quantité d'acide sera générée?
- ii) Sur quelle période de temps?
- iii) Qu'en coûtera-t-il de collecter et de traiter l'eau acide?
- iv) Qu'est-ce qui peut être fait pour contrôler la production d'acide?
- v) Quels sont les coûts des options alternatives de fermeture?

L'utilisation d'une modélisation géochimique (génération d'acide) comme outil de prédiction quant à la qualité de l'eau a permis de répondre aux questions i) à v) ci-haut énumérées.

1.3 Modélisation géochimique

La modélisation de l'écoulement du drainage minier acide (DMA) a été exécuté par SENES Consultants. Le modèle utilisé est complexe et intègre les facteurs physiques et géochimiques qui contrôlent la production d'acide. Les paramètres clé servant d'intrants au modèle sont la minéralogie, les coefficients de diffusion d'oxygène, la distribution des dimensions de particule et la profondeur des diverses couches à modéliser. Le modèle utilise les coefficients de diffusion d'oxygène pour calculer la quantité d'oxygène qui pénètre dans chaque couche et qui est disponible pour oxyder les minéraux sulfureux. La superficie disponible de sulfures pouvant réagir est calculée à partir de la distribution granulométrique des particules. Le modèle établit le taux d'oxydation des sulfures en

fonction de la température, du pH, de l'oxygène et d'autres conditions. L'oxydation chimique et biologique sont toutes prises en considération. Les réactions géochimiques des minéraux sulfureux, leurs sous-produits d'oxydation et l'effet des minéraux tampon sont évalués; le modèle calcule la géochimie résultante de l'eau interstitielle. Les processus chimiques tels la dissolution, la précipitation et la sorption sont considérés. Les équations d'équilibre de masse permettent d'établir les phases aqueuse et solide.

Les prédictions portant sur la qualité de l'eau ont été faites pour trois scénarios d'intervention distincts:

- 1) Recouvrir la surface reprofilée du parc à résidus de LTA avec un mince recouvrement de matériel d'emprunt (sable et gravier) pour obtenir une stabilisation et une protection de base contre l'érosion. La surface finale doit alors être végétée. Les exfiltrations acides doivent être récupérées et traitées avec de la chaux;
- 2) Recouvrir le parc à résidus de LTA avec un recouvrement mono-couche constitué de résidus alcalins provenant du parc à résidus adjacent du MRN; la surface finale doit alors être végétée; et
- 3) Recouvrir le parc à résidus de LTA avec un recouvrement multicouche formé d'une couche de protection de surface, constituée de sable et gravier, recouvrant une couche de résidus alcalins du MRN laquelle agit comme une couche pouvant retenir l'humidité, et une couche inférieure de sable qui joue le rôle de bris capillaire. La surface finale doit alors être végétée.

Des détails supplémentaire concernant la description de la modélisation géochimique et les hypothèses de base utilisées se retrouvent dans l'article de McMullen et al., 1997.

Les conclusions principales de la modélisation du DMA étaient:

Option # 1: Protection de base de la surface. Les résidus Bousquet entreposés au site de LTA sont fortement générateurs d'acide et, si laissés à découvert, ils produiront rapidement du ruissellement contaminé et, par la suite, des exfiltrations acides. Cependant, en raison de la présence de minéraux tampons dans et sous les résidus, la majorité de l'exfiltration ne deviendra pas acide avant environ 60 ans. Les niveaux anticipés de cuivre et de zinc, à court terme, ont été estimés entre 40 et 50 mg/L. Un

recouvrement de base de protection contre l'érosion doté de végétation produira ainsi des niveaux inacceptables d'acidité et de métaux dans le ruissellement de surface et les exfiltrations. En conséquence, l'émission non traitée de l'effluent final aurait un impact considérable. L'évaluation a conclu que la construction d'une usine de traitement visant la neutralisation du DMA deviendrait nécessaire dans un avenir rapproché, parce qu'on s'attend à ce que le ruissellement ainsi qu'une certaine exfiltration acide commenceront à se manifester à court terme, en plus des exigences à plus long terme décrites ci-dessus. L'estimation des coûts de fermeture du parc à résidus faisant usage du scénario de collecte et de traitement inclut les coûts résultant de la construction d'un recouvrement de sol (supposé comme étant de 0,5 m d'épaisseur) sur les résidus nivelés, la construction de déversoirs et de fossés périphériques, la revégétation du site et le pompage relié à la collecte et au traitement dans une nouvelle usine des exfiltrations acides.

Le coût en immobilisation associé aux éléments pré-cités est estimé à 4,28 M\$ CAN (dollars de 1995). La valeur actuelle nette des coûts opérationnels futurs totalise 8,3 M\$ CAN ou 5,0 M\$ CAN selon que le taux d'intérêt soit de 3 % ou 5 % respectivement. Le coût total de la fermeture pour cette alternative varie donc de 12,58 M\$ CAN à 9,28 M\$ CAN.

Option #2: Le recouvrement monocouche constitué de résidus du MRN. La mise en oeuvre d'un recouvrement alcalin simple de 2 m d'épaisseur sur les résidus sulfureux de Bousquet devrait éliminer le ruissellement de surface acide et retarder l'apparition d'eau acide dans les exfiltrations pour 100 à 150 années. Les concentrations maximales ultimes en cuivre et en zinc dans l'eau d'exfiltration seraient de l'ordre de 20 à 30 mg/L. En dépit de taux de production d'acide inférieurs, on s'attend à ce qu'une usine de traitement soit requise, mais seulement dans 100 années, comparativement à l'option #1.

Le coût en immobilisation de ce type de recouvrement a été estimé à 5,3 M\$ CAN. La valeur actuelle nette des coûts futurs en capital et en frais d'opération totalisent 0,35 M\$ CAN, pour un total de 5,65 M\$ CAN.

Option #3: Recouvrement multicouche. Le recouvrement multicouche éliminerait efficacement toute émission de l'effluent acide avec un contenu élevé en métaux dissous pour plusieurs centaines d'années à venir. Il a été estimé que la mise en place proposée de la barrière au flux d'oxygène réduirait les taux d'oxydation par deux ordres de grandeur. Cette option éliminerait l'émission d'acide pour plus de 400 années. Les niveaux de cuivre et de zinc dans l'eau d'exfiltration seraient maintenus à moins de 1 ppm. De plus, cette option éliminerait tout besoin de traitement et pratiquement aucun impact notable ne devrait se produire en aval, soit sur la rivière Piché (effluent final).

Le coût en immobilisation de la mise en oeuvre du recouvrement multicouche a été estimé à 5,2 M\$ CAN. De façon intéressante, le coût en immobilisation de cette option se compare à celui de l'option #2, puisque les volumes des matériaux à déplacer sont comparables. Puisqu'il est prévu que la qualité de l'eau soit adéquate, aucun coût additionnel futur en frais d'immobilisation et d'opération pour une usine de traitement n'est anticipé selon ce scénario.

1.4 Analyse de risque

Si l'on fait abstraction des coûts relatifs au traitement à long terme, le coût en immobilisation de l'option #3 est équivalent à celui de l'option #2; l'option #3 offre en plus un potentiel beaucoup plus grand d'obtenir une solution à faible coût d'entretien à long terme. Le coût en immobilisations pour les activités directes recommandées en regard de la fermeture du parc à résidus était plus élevé par 0,9 M\$ pour l'option #3 (total de 5,2 M\$) comparativement à l'option #1 (i.e. statu-quo: collecte et traitement: 4,28 M\$). Une analyse de sensibilité a été réalisée pour comparer l'option #3 à l'option #1, en prenant en considération les frais estimés de traitement qui sont récurrents à long terme, en supposant que l'option #3 pourrait ne pas être aussi efficace que ce qui avait été escompté à l'origine. Des valeurs actuelles nettes semblables à celle de l'option #1 furent obtenues si:

- 1) L'option #3 retarde l'apparition de DMA de 12 années comparativement aux 400 années prédites lors de la modélisation, ce qui représente seulement 3 % de la période de performance anticipée, et qui suppose que les charges de produits à traiter à la treizième année et subséquemment seraient équivalentes à celle de l'option #1.
- 2) L'option #3 a permis de différer l'apparition du DMA de 2 à 7 années, considérant que les charges de produits à traiter, lorsque rencontrées, seraient réduites de 50% par rapport à l'option #1 et que les coûts soient capitalisés à 5 et 8 % respectivement.
- 3) L'option 3 a permis de différer l'apparition du DMA par 18 à 20 années, en supposant que les charges de produits à traiter soient 100 % de celles de l'option #1 et en utilisant des taux d'intérêt de 5 et 8 % respectivement.

En conclusion, l'option #3 ne requiert aucun traitement à long terme alors que l'option #1 nécessite pour 8,3 M\$ (capitalisé à 3 %) de dépenses futures. L'option #2, qui fait usage des résidus du MRN uniquement, possède une valeur actuelle nette relativement basse pour les frais futurs (0,35 M\$), mais a été abandonnée parce qu'elle ne recèle aucun avantage particulier par rapport à l'option #3. En fait, l'option #2 était moins susceptible de fonctionner correctement à très long terme. Par conséquent, le risque rattaché au projet (option #3 vs option #1) était approximativement 0,9 M\$ et l'option #3 offrait beaucoup plus de points positifs que négatifs. Donc l'option de fermeture sélectionnée pour le parc à résidus de LTA fut l'option #3. Les conclusions de l'analyse précédente ont démontré que seules de légères améliorations sur l'option #1 sont requises pour justifier la recommandation de choisir l'option #3. La précision des modèles utilisés se situera vraisemblablement à l'intérieur de ces limites.

D'autre part, toutes les pentes devaient être reprofilées à 3H:IV pour la construction du recouvrement. Des drains de pied devaient être inclus le long des pentes nord et ouest de façon à intercepter les exfiltrations de la nappe d'eau souterraine propre au parc.

1.5 Étude de faisabilité

Sur la base d'une modélisation géochimique préliminaire, un recouvrement multicouche a été recommandé comme l'option de fermeture pour le parc à résidus.

L'efficacité d'un recouvrement est déterminée par son efficacité à réduire le flux d'oxygène. La valeur du flux d'oxygène est fonction du coefficient de diffusion de l'oxygène (D_e) du matériel et de l'épaisseur de la couche en question. Le plus faible est ce coefficient ou le plus épais est la couche, meilleur est alors le recouvrement à l'égard de la réduction du flux d'oxygène, et donc la réduction de l'oxydation des résidus. La valeur du coefficient de diffusion de l'oxygène dépend surtout de la saturation du matériel. Plus la saturation est élevée plus faible est le coefficient D_e pour un matériel donné. L'efficacité du concept de recouvrement multicouche tient donc du fait que celui-ci agit comme une structure de rétention de l'humidité (D_e faible), fournissant donc une barrière de faible diffusion pour l'oxygène atmosphérique, en même temps qu'il permet la construction d'une couche plus mince (économie de coût).

Les matériaux préférés pour la construction de tels recouvrements sont des matériaux fins (silt, argile), parce qu'ils possèdent généralement d'excellentes propriétés de rétention d'eau et une faible perméabilité. L'objectif principal d'un recouvrement multicouche est d'isoler les résidus générateurs d'acide de l'oxygène et de l'eau lesquels sont deux éléments nécessaires pour la production d'écoulement minier acide. La modélisation géochimique a démontré qu'un recouvrement multicouche doté d'une couche de 0,8 m d'épaisseur de matériel fin, ayant un coefficient de diffusion de l'oxygène de $1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, inhiberait la production de l'acide (SENES, 1995).

La capacité de rétention d'eau est possible parce que le système de recouvrement multicouche assure que le matériel fin de faible perméabilité, placé entre deux couches de matériaux plus grossiers, demeure saturé presque indéfiniment. Puisque la couche grossière ne retient pas l'eau facilement, sa conductivité hydraulique non saturée est

faible. Par conséquent, la couche de matériel fin placé au centre demeure donc saturée, puisque l'eau est attirée vers cette couche par de plus grandes forces capillaires, et parce que l'écoulement vers le bas est grandement réduit en raison de la faible conductivité hydraulique non saturée de la couche grossière du bas (Nicholson et al., 1989; Collin et Rasmuson, 1990; Anon, 1991; Aubertin et Chapuis, 1991; SRK, 1991; Aachib et al., 1993; 1994; Aubertin, al., 1995a, b).

Finalement, une couche de protection physique et permettant de limiter l'évaporation est ajoutée au système.

Dans le cas de LTA, de grandes quantités de matériaux grossiers étaient disponibles dans le banc d'emprunt ouest (sable et gravier) et dans le parc à résidus du MRN (à l'est) en ce qui concerne les matériaux fins (figure 1). Cependant, les caractéristiques touchant la performance hydrogéologique du recouvrement (sa capacité à demeurer saturé) demeuraient à être évaluées.

1.6 Système de recouvrement

Comme mentionné précédemment à la section 1.5, le recouvrement multicouche construit sur le parc à résidus LTA consiste en trois couches (voir figure 3). La première couche en est une de 0,5 m d'épaisseur de sable et est identifiée comme la Zone 1. Cette couche empêche l'humidité de s'échapper de la couche sus-jacente par l'effet de bris capillaire.

La deuxième couche correspond à une couche compactée de matériel fin de 0,8 m d'épaisseur, possédant une faible perméabilité et une bonne capacité de rétention d'eau. Elle agit comme une barrière à la diffusion de l'oxygène. Les résidus du MRN ont été utilisés pour cette couche qui est identifiée comme étant la Zone 2. La figure 1 représente la mise en place du banc d'emprunt de résidus du MRN qui fut utilisé au cours de l'automne 1995.

La troisième couche en est une de sable et gravier compacté de 0,3 m d'épaisseur, provenant du banc d'emprunt ouest. Celle-ci est identifiée comme la Zone 3. Elle agit comme une couche de protection, de même que comme une couche de limitation de l'évaporation pour la Zone 2 sous-jacente.

Pour compléter l'étude de faisabilité, plusieurs tâches devaient être exécutées. Les sections suivantes présentent les procédures de caractérisation des matériaux, les propriétés géotechniques et hydrogéologiques des matériaux utilisés et la modélisation de la performance. Ces sections n'ont pas pour objectif de servir de livre de référence lors de la conception de recouvrements, mais plutôt de servir de point de départ lors de la préparation d'études semblables pour d'autres sites.

2.0 DESCRIPTION DES PROCÉDURES DE CARACTÉRISATION CHOISIES

Les caractéristiques des matériaux utilisés pour la construction du recouvrement multicouche ont été déterminées par la réalisation d'essais in situ de compactage de même que par des programmes d'essais en laboratoire exécutés à l'École Polytechnique de Montréal (laboratoires d'hydrogéologie et d'environnement minier) et à l'unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Abitibi-Témiscamingue (URSTM) à Rouyn-Noranda.

2.1 Essais en laboratoire

Quatre types de matériaux ont été soumis à des programmes d'essais en laboratoire lors des diverses phases du projet LTA. Ces matériaux incluaient: les résidus alcalins du MRN , les résidus générateurs d'acide de LTA, le sable du banc d'emprunt ouest et le silt du banc d'emprunt No. 1 (figure 1). Des échantillons de tous les matériaux considérés ont été soumis aux essais suivants:

- analyse granulométrique;
- densité relative des grains;
- compactage;
- limites Atterberg;
- perméabilité;
- rétention d'eau;
- diffusion de l'oxygène;
- migration des particules; et
- perméabilité en conditions de gel-dégel.

2.1.1 Analyse granulométrique

La granulométrie des résidus du MRN, celle des résidus de LTA et celle des matériaux silteux a été déterminée à l'aide d'une analyse hydrométrique (plus précise dans le cas des sols fins), alors que la distribution granulométrique du sable a été déterminée à l'aide d'une analyse granulométrique par tamisage. La norme ASTM D422 fournit une description détaillée des procédures d'essai.

2.1.2 Densité relative des grains (Gs)

La densité relative des grains, propre à chaque matériel, a été obtenue en utilisant un pycnomètre, comme décrit dans la norme ASTM D854-91.

2.1.3 Essai de compactage

La méthode Proctor Standard a été utilisée pour la détermination du degré de compactage. Chaque échantillon a été testé selon la norme ASTM D1557-78 A pour au moins quatre teneurs en eau différentes.

2.1.4 Limites d'Atterberg

L'appareil Casagrande a servi à déterminer la limite liquide (w_L) des résidus du MRN, des résidus de LTA et du silt. Les caractéristiques de l'appareil aussi bien que le mode de réalisation de l'essai sont décrits dans la norme ASTM D4318-84. Les essais sur la limite plastique (w_p) des sols ont également été effectués.

Puisque la plupart de ces matériaux n'ont pas fait état d'une plasticité considérable, une interprétation prudente des résultats était de mise.

2.1.5 Essais de perméabilité

La perméabilité des quatre types des matériaux a été déterminée par la méthode à charge variable qui se réalise en cellule triaxiale avec une membrane flexible, tel que décrit dans la norme ASTM D5084-90.

Les perméamètres ont permis de tester des échantillons 7,25 cm de diamètre et jusqu'à 15 cm de hauteur. Lors de la mise en place dans l'appareil, un échantillon de 1 kg d'un matériel ayant une teneur en eau d'environ 10%, se rapprochant donc de la teneur en eau optimum telle que déterminée par l'essai de compactage, a été préparé. Le matériel a alors été mis en place en 5 à 10 couches à l'intérieur d'un moule fendu. Chaque couche a été compactée en utilisant un marteau de compactage de 850 g lorsqu'un indice des vides élevé ($e = 0,65$ à $1,1$) était requis ou avec un marteau de compactage de 4,5 kg pour l'obtention d'un indice des vides plus faible ($e = 0,5$ à $0,65$). Des indices des vides variant d'environ 0,5 à 1,1 pouvaient par conséquent être obtenus. Une fois la densification complétée, l'échantillon était saturé dans la cellule triaxiale par l'augmentation progressive de la contre-pression, tel que décrit dans la norme ASTM D5084-90. Les essais de perméabilité ont débuté une fois l'échantillon saturé et une fois que le débit d'entrée était devenu égal au débit de sortie. La conductivité hydraulique a été corrigée pour la température dans le cas de tous les essais.

2.1.6 Essais de rétention d'eau

Les essais de rétention d'eau ont été entrepris afin de déterminer la capacité des matériaux à entreposer ou à relâcher de l'eau. Les courbes de rétention d'eau ont été obtenues en utilisant la norme d'essai ASTM D3152-72. Davantage d'information sur les courbes de rétention d'eau peut être obtenu dans Aubertin et al. (1995b) et dans NEDEM (1997). L'échantillon de sol a été déposé sur une plaque poreuse dans une cellule pressurisée de type Tempe où il a été soumis à une pression positive alors que l'eau à sa sortie était soumise à la pression atmosphérique. L'air était ainsi comprimé dans la cellule et, à l'équilibre, la quantité d'eau demeurant dans l'échantillon représentait sa capacité de rétention d'eau en relation à la pression appliquée. La courbe de rétention d'eau a été générée sur la base des résultats de plusieurs essais à niveaux de pression variable. La valeur d'entrée de l'air (VEA) a été estimée être la pression fournissant une saturation de 90 % (Ψ_{90}) dans les matériaux testés, ceci pour simplifier l'analyse des résultats, tel que

décrit dans Aubertin et al. (1998). Les valeurs de VEA sont généralement déterminées de façon graphique. Une discussion sur la détermination des VEA est présentée dans Aubertin et al. (1998).

2.1.7 Diffusion d'oxygène (D_e)

La diffusion de l'oxygène a été mesurée sous plusieurs niveaux de saturation. La procédure d'essai nécessite une colonne où la concentration d'oxygène à la source diminue avec le temps alors que celle de l'unité réceptrice augmente proportionnellement. Cet essai a été réalisé à l'aide d'un cylindre de PVC transparent de 10 cm de diamètre et de 20 cm de hauteur, auquel étaient attachées des sondes à oxygène.

De l'eau fut ajoutée au sol jusqu'à l'obtention du niveau de saturation choisi. Le matériel a alors été mis en place dans la colonne et compacté. Avant de débiter l'essai, la colonne a été purgée avec de l'azote pour enlever tout l'oxygène de l'échantillon. Après la purge, le réservoir supérieur (source) a été ouvert, pour le remplir d'air ambiant (approximativement 21 % d'oxygène), puis refermé. Le système une fois fermé permet à la diffusion de l'oxygène de se produire au sein de l'échantillon. Des mesures de la concentration d'oxygène ont été prises en fonction du temps jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint.

La courbe de diminution de l'oxygène en fonction du temps dans le réservoir supérieur permet le calcul du coefficient effectif de diffusion de l'oxygène (D_e) du matériel. Davantage de détails au sujet de cet essai et de son interprétation sont disponibles dans Aubertin et al. (1995a).

2.1.8 Essai de migration des particules

L'essai a été exécuté pour évaluer la compatibilité des matériaux en ce qui concerne la migration des particules fines. Une couche de sable de 29,5 cm d'épaisseur a été mise en place dans une colonne de plexiglas clair de 15 cm de diamètre et de 120 cm de longueur. Une couche de résidus du MRN de 12,2 cm d'épaisseur a été déposée sous un état lâche au-dessus du sable. Périodiquement, de l'eau fut versée sur l'échantillon, produisant un écoulement gravitaire à travers le système bi-couches. La quantité d'eau ajoutée fut graduellement augmentée de 1 000 à 10 000 cm³ lors de chaque cycle. La distribution granulométrique initiale et finale des matériaux a été analysée, selon la méthode décrite précédemment, de façon à déterminer si l'écoulement de l'eau à travers les couches avait modifié la distribution des particules. Si tel est le cas, cela suggérerait que certaines particules fines auraient migré.

2.1.9 Essai de perméabilité en conditions de gel-dégel

L'essai a été exécuté pour évaluer la perméabilité des résidus du MRN et celle des matériaux silteux face à des cycles de gel-dégel. Entre deux essais de perméabilité à charge constante effectué dans un perméamètre à paroi rigide (ASTM D5084-90), l'échantillon fut soumis à un cycle de gel-dégel, en plaçant le perméamètre dans un congélateur pour 24 heures, puis en le laissant dégel pour 24 heures à la température de la pièce. La variation des résultats de perméabilité suite au gel et au dégel indique la sensibilité structurelle du matériel face au gel.

2.2 Essais en chantier

Puisque le parc à résidus sur lequel le recouvrement devait être mis en place était très humide et mou, la détermination des niveaux de compactage pouvant être atteints pour les divers matériaux proposés pour la construction du recouvrement était requise. De plus, puisque la représentativité des valeurs utilisées pour la modélisation de la performance s'avérait critique, la combinaison des résultats de laboratoire et des essais de chantier devait fournir ces valeurs (les résultats sont discutés à la section 3.5).

Cette évaluation a été réalisée à l'aide de deux cellules d'essai in situ, d'une superficie de 400 m² chacune. Ces cellules furent construites sur la pente externe de la digue sud-est et en crête de la digue nord. La cellule 1 a consisté en une couche de résidus du MRN de 800 mm d'épaisseur, étendue et compactée en une seule levée et reposant sur une couche de sable de 500 mm d'épaisseur, elle aussi compactée en une levée unique. La cellule 2 comportait deux passes compactées de 400 mm de résidus du MRN déposés sur 500 mm de sable compacté. Les matériaux dans les deux cellules d'essai furent densifiés en utilisant un compacteur à paroi lisse et le nombre de passes a soigneusement été consigné.

De plus, des essais furent exécutés sur les matériaux des cellules d'essai, fournissant une comparaison entre les résultats de chantier et ceux obtenus en laboratoire. Ces activités furent entreprises au début de l'automne 1995 et consistèrent en:

- l'échantillonnage des résidus du MRN;
- l'échantillonnage du sable et gravier (banc d'emprunt ouest); et
- la détermination de la masse volumique des cellules d'essai en utilisant un nucléodensimètre.

Les échantillons de sols récupérés des cellules d'essai furent soumis à des analyses granulométriques, des essais de compactage et de teneur en eau. Ces essais furent exécutés au laboratoire de Golder Associés à Val d'Or, Québec, en utilisant les procédures décrites à la section 2.1. Puisque des conditions de gel prévalaient au cours de la nuit, un échantillon fut récupéré immédiatement après compactage, alors qu'un autre fut prélevé le lendemain pour évaluer l'effet du gel sur la masse volumique du matériel de la cellule d'essai.

3.0 PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX FORMANT LE RECOUVREMENT MULTICOUCHE

Les propriétés des matériaux, telles qu'observées au laboratoire et en chantier, sont décrites dans les sections suivantes. À cette description, s'ajoute une discussion des paramètres de conception du site de LTA, provenant de l'étude de faisabilité. L'information a été regroupée selon les caractéristiques de base des sols, leurs propriétés hydrauliques, leurs propriétés comme barrière à la diffusion de l'oxygène et leur stabilité à long terme.

3.1 Caractéristiques de base

Le tableau 1 résume les résultats des essais de laboratoire effectués à l'École Polytechnique et à l'URSTM. Les résultats complets des essais entrepris sur le sable du banc d'emprunt ouest, sur les résidus du MRN, les résidus de LTA et le silt du banc d'emprunt no. 1 de silt sont fournis aux annexes A, B, C et D respectivement.

La revue des caractéristiques de base des matériaux démontre que les résidus du MRN et ceux de LTA peuvent être décrits comme des silts inorganiques selon le système unifié de classification des sols, alors que le sable du banc d'emprunt ouest est décrit comme un sable graveleux uniforme avec un peu à traces de particules fines. Le silt du banc

d'emprunt de silt no. 1 chevauche deux catégories, soit un silt inorganique non plastique et un silt organique non plastique.

Tel qu'illustré à la figure 4, des analyses granulométriques ont permis de tracer des courbes enveloppe pour les résidus du MRN et le sable du banc d'emprunt ouest. Cette figure démontre que ces deux matériaux se situent à l'intérieur des limites observées sur le matériel de recouvrement des cellules d'essai.

Les essais de compactage en laboratoire sur les résidus du MRN (Golder Associés, Val d'Or) ont permis d'établir une masse volumique maximum sèche de 1650 kg/m^3 et une teneur en eau optimum de 15,7 %. Les résultats de masse volumique des deux cellules d'essai (début de l'automne 1995) sont fournis au tableau 2. La masse volumique sèche moyenne était de 1560 kg/m^3 selon une teneur en eau de 16,1 %, ce qui représente 94,5 % du Proctor STD, soit un indice des vides de 0,768.

Même si de meilleures valeurs avaient été obtenues des essais in situ, un indice des vides conservateur de 0,8 (92 % du Proctor STD) a été supposé représenter les conditions pouvant être atteintes lors d'un essai à grande échelle pour le matériel de la Zone 2, lorsque compacté sur une fondation molle. Cet indice des vides de 0,8 fut utilisé lors de la modélisation de la performance, tel que présenté à la section 3.5. Le contrôle de l'indice des vides plutôt que celui du niveau de compactage est souhaitable puisque l'indice des vides est directement relié à l'efficacité du recouvrement à retenir l'eau et qu'il affecte grandement les propriétés hydrauliques d'un matériel. De cette façon, différents matériaux fins peuvent être utilisés, sous plusieurs niveaux de compactage, tant et aussi longtemps que le critère de l'indice des vides est rencontré.

3.2 Propriétés hydrauliques

Les propriétés hydrauliques les plus importantes des matériaux sont celles qui influencent la rétention d'eau du recouvrement et, par conséquent, sa capacité à agir comme barrière à la diffusion de l'oxygène. Le coefficient de conductivité hydraulique saturé (communément appelé perméabilité) et la VEA sont les deux paramètres clé pour la conception d'un recouvrement.

3.2.1 Coefficient de conductivité hydraulique à l'état saturé

Lors de travaux de chantier antérieurs, réalisés sur le site (Golder Associés, 1995), des essais de la perméabilité avaient été exécutés dans des piézomètres (en utilisant la méthode de Horslev) afin de déterminer la conductivité hydraulique saturée des résidus de LTA de même que celle des sols sous-jacents.

Les figures 5 à 8 représentent les courbes de coefficient de conductivité hydraulique en fonction de l'indice des vides pour les divers matériaux testés en laboratoire, alors que le tableau 3 résume ces résultats. Les résultats des essais de perméabilité de 1995 sont compilés au tableau 4 (Golder Associés, 1995).

Pour un indice des vides de 0,8, tel que discuté à la section 3.1, la conductivité hydraulique saturée des divers matériaux investigués s'établit comme suit:

- les résidus du MRN: $5 * 10^{-5}$ cm/s ($e = 0,80$);
- le sable du banc d'emprunt ouest: $1,21 * 10^{-1}$ cm/s ($e = 0,60$);
- les résidus de LTA: $2,5 * 10^{-5}$ cm/s ($e > 0,75$); et
- le silt du banc d'emprunt no. 1: $1,0 * 10^{-6}$ cm/s ($e < 0,75$).

Ces valeurs ont été utilisées pour la modélisation.

3.2.2 Courbes de rétention d'eau

Les courbes de rétention d'eau représentent la capacité d'un matériel à retenir de l'eau par action capillaire en relation avec la charge hydraulique négative appliquée. Ces courbes sont dérivées des essais de rétention, décrits à la section 2.1.

Les figures 9 et 10 illustrent les courbes de rétention d'eau en fonction de l'indice des vides pour les divers matériaux testés en laboratoire, alors que le tableau 5 résume ces résultats. Comme mentionné plus haut, la valeur d'entrée de l'air (VEA) a été estimée comme étant la pression qui assure une saturation de 90 % (Ψ_{90}) des matériaux testés. En utilisant Ψ_{90} pour mesurer la VEA, l'information disponible dans la littérature peut alors être utilisée pour comparer les résultats et les incertitudes expérimentales qui peuvent exister dans le cas des résidus alcalins du MRN.

L'équation empirique suivante est basée sur les valeurs typiques observées à plusieurs autres sites miniers au Québec (Ricard, 1994; Aubertin et al., 1995b):

$$\Psi_{90} = \frac{C \text{ (mm)}^2}{e D_{10} \text{ (mm)}} \quad \text{où } C \text{ est une constante que varie entre 4 et 10}$$

L'équation estime la valeur de Ψ_{90} d'un matériel non plastique fin (résidus) ayant un indice des vides de 0,8 et soumis à une pression d'eau variable, comprise entre 1,0 et 2,5 m. Lorsque l'on compare les résultats présentés au tableau 5 pour les résidus du MRN, les résultats des essais en laboratoire paraissent être concordants avec la plage des valeurs prédite par l'approche empirique.

Aussi, à ce même tableau 5, les résultats de laboratoire montrent que le silt du banc d'emprunt no. 1 possède une bien meilleure capacité de rétention d'eau que les résidus du MRN. Par exemple, le silt retient 90 % de son eau sous une pression excédant 4 m, alors que les résidus du MRN retiennent la même quantité d'eau que sous une tête d'environ 1,5 à 2,5 m d'eau. Sur la base de ces résultats, l'usage de silt serait une bonne alternative à celle des résidus du MRN dans des secteurs où la rétention d'eau s'avère problématique. Bien que de trop faibles volumes de silt ne soient disponibles pour que celui-ci soit utilisé comme matériel fin principal lors de la construction du recouvrement de LTA, ce dernier offre certains avantages qui sont expliqués à la section 4.0.

3.3 Diffusion de l'oxygène

La figure 11 illustre les résultats des divers essais de diffusion d'oxygène exécutés sur les résidus du MRN. Pour les fins de contrôle de la qualité, une courbe empirique pour $e = 0,8$ (ou une porosité $n = 0,44$) a été tracée en utilisant le modèle décrit par Milington et Shearer (1971).

Les résultats du modèle empirique paraissent corroborer les résultats expérimentaux. Les résultats les plus intéressants, pour les fins de la conception, correspondent à un niveau de saturation de 80 à 95 %, là où la diffusion de l'oxygène diminue de presque deux ordres de grandeur. Les résultats des travaux de laboratoire sont concordants avec ceux retrouvés dans la littérature et ont démontré, qu'à des niveaux de saturation d'au moins 90 %, l'efficacité d'un recouvrement multicouche est équivalente à celle d'un recouvrement aqueux (Aachib et al., 1994).

3.4 Stabilité à long terme

La migration des particules et l'effet du gel-dégel sur la perméabilité ont été étudiés pour évaluer la stabilité à long terme du recouvrement multicouche.

Les calculs préliminaires du critère de filtre entre les résidus du MRN et le sable ont indiqué que les critères typiques de filtre utilisés pour la construction de digues n'étaient pas été rencontrés. Cependant, les conditions hydrauliques d'un système de recouvrement sont très différentes de celles prévalant contre une digue. Néanmoins, des essais en colonne ont été exécutés dans le but de simuler les conditions du site et d'étudier la migration possibles des particules.

Environ 90 à 95 litres d'eau ont été circulés à travers deux colonnes identiques, tel que décrit à la section 2.1.8. Cela représente approximativement cinq années de précipitation pour cette région. Pour le dernier cycle, 10 litres d'eau ont été ajoutés, tout d'une fois, à chaque colonne. Cela représentait un gradient huit fois plus élevé que celui résultant de la précipitation journalière maximale enregistrée à Val d'Or, soit 67,8 mm.

Les figures 12 et 13 illustrent les courbes de distribution granulométrique du sable et des résidus respectivement, avant et après les essais en colonne. Une variation notable de la distribution granulométrique du sable et de celle des résidus aurait été facilement identifiable par une augmentation des particules fines ($< 0,1$ mm) dans le sable si les systèmes avaient été instables. L'étude attentive des courbes de distribution granulométrique n'indique pas l'occurrence de migration de particules (voir l'annexe E pour les résultats complets). Compte tenu des conditions extrêmes auxquelles les colonnes ont été soumises, la migration des particules n'est pas anticipée comme étant un problème sur le site.

Les essais de gel-dégel ont été exécutés pour évaluer la sensibilité des résidus du MRN et

du silt à subir un dommage structural en raison des cycles de gel-dégel. Les figures 14 et 15 présentent les résultats de ces essais pour les résidus du MRN et pour le silt respectivement. Tel que noté à la figure 14, les résidus du MRN ne sont pas sensibles aux cycles de gel-dégel, ce qui est anticipé de la plupart des matériaux silteux non plastiques.

Le silt naturel qui possède une plasticité notable, peut potentiellement être affecté par les cycles de gel-dégel (figure 15). Comme prévu, la perméabilité moyenne du silt a augmenté de $1 \cdot 10^{-6}$ cm/s à $5 \cdot 10^{-6}$ cm/s après 10 cycles de gel-dégel. On ne s'attend toutefois pas à ce que cela corresponde à une inquiétude majeure.

3.5 Modélisation de la performance

La modélisation de la performance du recouvrement multicouche a été basée sur une analyse de sensibilité en considérant la rétention de l'eau lors de périodes de sécheresse (2 mois), la résistance face à l'érosion de surface, la capacité à subir une précipitation extrême, de même que l'endommagement potentiel résultant des cycles de gel-dégel (Baccini, 1988; EPA, 1989; Bagchi, 1990; Nicholson et al., 1991; Hutchison et Ellison, 1992; Daniel, 1993; Wing, 1993, 1994; Aubertin et al., 1995a; Woysner et Yanful, 1995, Ricard et al., 1997).

Les procédures et propriétés des matériaux, présentées aux sections 2.0 et 3.0, ont été utilisées pour les analyses de sensibilité. Une des difficultés de l'étude de faisabilité était d'identifier les paramètres qui pourraient être modélisés et qui fourniraient en même temps des indices sur l'efficacité du recouvrement.

Au cours de la phase de modélisation géochimique décrite plus tôt à la section 1.5, le coefficient requis de diffusion efficace d'oxygène (D_e) permettant d'assurer une oxydation minimale avait été identifié comme étant d'environ $1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ pour une couche fine de 0,8 m d'épaisseur (SENES, 1995). La figure 11 montre qu'une saturation d'au moins 85 % est requise pour obtenir cette valeur. Cette valeur de 85% fut la cible choisie pour l'analyse de la performance du recouvrement, suite à une modélisation hydrogéologique effectuée à l'aide d'un logiciel spécialisé.

La modélisation de l'évaluation hydrogéologique du recouvrement a été faite par Golder Associés à Pointe-Claire, Québec, avec la collaboration du Professeur Michel Aubertin de l'École Polytechnique. La conception a été basée sur les résultats des essais de laboratoire et sur ceux obtenus en chantier. En raison du comportement hydraulique complexe d'un système de recouvrement multicouche, la configuration optimum a été déterminée en utilisant des modèles numériques. Le bilan hydrique et plusieurs paramètres d'écoulement et d'exfiltration pour le site ont été évalués en utilisant les logiciels HELP et SEEP/W. Ces programmes avaient été utilisés lors d'études antérieures relatives à d'autres sites (Woyshner et Yanful, 1995).

Les résultats initiaux faisaient état de niveaux de saturation sous les 85% dans la partie supérieure de la digue nord. La modélisation a également démontré que le mouvement de l'eau à l'intérieur du recouvrement est essentiellement gouverné par les conditions transitoires, ce qui signifie que des conditions permanentes quasi stables ne sont jamais atteintes. De façon à obtenir des conditions adéquates d'humidité partout sur le parc à résidus, les conditions de recharge doivent être plus élevées que les exfiltrations et l'évaporation combinées. Dans le cas de la digue nord, cela a été obtenu en utilisant des barrières hydrauliques, destinées à réduire les exfiltrations latérales le long des pentes du recouvrement. Selon la modélisation, l'obtention d'une humidité adéquate, même suite à une période de sécheresse de deux mois, n'était pas reliée à l'épaisseur de la couche de la Zone 2, mais plutôt à l'espacement des barrières hydrauliques le long des pentes externes.

Ces résultats furent assez encourageants, d'un point de vue technique, pour permettre au projet de se poursuivre.

Le choix final de l'épaisseur des couches a été fait sur la base des analyses de sensibilité. En simplifiant, les diverses couches du recouvrement multicouche (voir figure 3) sont:

- Zone 1 (bris capillaire) composée de 0,5 m d'épaisseur de sable provenant du banc d'emprunt de sable et gravier situé à l'est du parc à résidus de LTA (figure 1);
- Zone 2 (barrière contre la diffusion d'oxygène) composée de 0,8 m d'épaisseur de résidus alcalins provenant du site adjacent du MRN (figure 1); et
- Zone 3 (protection) composée de 0,3 m d'épaisseur de sable et gravier, provenant également du banc d'emprunt de sable est (figure 1).

3.6 Commentaires généraux sur les propriétés des matériaux du recouvrement multicouche

Tel que décrit dans les sections antérieures, les propriétés géotechniques des résidus du MRN, soit le matériel proposé pour être utilisé comme couche fine au sein du recouvrement multicouche de LTA, ne sont ni rares ni exceptionnelles. La couche fine d'un système de recouvrement multicouche, élément clé de la réduction du flux d'oxygène, détermine l'efficacité ultime du recouvrement. Néanmoins, le matériel sélectionné, soit les résidus du MRN, possède les caractéristiques d'un sable silteux typique ou d'un silt sablonneux. Dans beaucoup de régions, les matériaux pouvant être utilisés pour constituer la couche fine sont rares. Des matériaux alternatifs, tels que les résidus et les matériaux qui varient d'un silt sablonneux à un sable silteux, pourraient être utilisés s'ils ont les propriétés nécessaires et s'ils sont disponibles en quantités suffisantes. On ne s'attendrait pas que ces matériaux soient aussi efficaces que le silt ou l'argile, mais avec une conception adéquate du système, ceux-ci pourraient être

suffisamment efficaces pour retenir l'humidité, suite à un choix approprié quant à l'épaisseur de la couche servant de bris capillaire.

Ces considérations indiquent qu'au moins trois caractéristiques sont requises pour effectuer la conception optimale d'un recouvrement multicouche:

- La valeur du flux d'oxygène maximum admissible (obtenue par une modélisation géochimique ou par des essais en colonne) qui conduirait à une oxydation négligeable;
- Le coefficient de diffusion efficace (D_e) en fonction de la saturation du matériel considéré pour la construction du recouvrement (aussi obtenu d'essais en laboratoire). En connaissant le flux maximum disponible, le calcul de l'épaisseur de la couche fine (Zone 2 du projet LTA) peut être effectué en utilisant la méthode présentée dans Elberling et al., 1994; et
- La capacité de rétention d'eau de tous les matériaux considérés pour la construction du recouvrement, de façon à permettre la conception de barrières capillaire et hydraulique (dans certains cas pour prévenir l'écoulement d'eau à l'intérieur du recouvrement) et qui assureront une saturation adéquate de la couche critique de matériel de recouvrement.

Tel que décrit, le processus conduisant à une conception adéquate d'un recouvrement multicouche peut être direct si on suit un plan de travail adéquat. Cependant, lors de la construction, plusieurs défis peuvent se poser sur le site. Le fait d'essayer de construire un recouvrement multicouche sur un parc à résidus mou et très humide, ce qui était le cas du projet LTA, a demandé une approche innovatrice. Celle-ci sera présentée à la section suivante.

4.0 CONSTRUCTION DU RECOUVREMENT

4.1 Logistique

La construction d'un recouvrement multicouche sur un parc à résidus, tel que celui proposé pour LTA, exige la mise en place d'une masse de sol de 1,6 m d'épaisseur sur une superficie de près de 60 hectares. Ce travail ne peut pas se faire d'une façon économiquement viable sans l'usage de machinerie lourde. Cependant, la circulation de tout genre, surtout celle du matériel lourd pendant la construction, est apparue comme étant un défi en raison de la nappe phréatique élevée au sein des résidus. Toute circulation aurait élevé le niveau de l'eau jusqu'à la surface des résidus et la traficabilité aurait été presque impossible.

Depuis le début de l'étude de faisabilité, il était évident que la mise en place de couches relativement minces, exigeant du compactage et une homogénéité à grande échelle sur une fondation molle, serait un défi. Cependant, le parc à résidus de LTA offre des avantages pour ce qui est de la circulation de l'équipement et la construction subséquente. Puisque les résidus ont été empilés, les digues périphériques sont relativement perméables et seul un côté du parc est confiné par la topographie naturelle. Les résidus sont généralement bien drainés et secs. Dans ces secteurs, la circulation relative à la construction n'est pas problématique.

En raison des incertitudes concernant la faisabilité et la logistique de construction, le projet a été divisé en phases bien distinctes. La phase I, programmée pour débuter tard à l'automne 1995, consistait en l'installation des cellules d'essai semblables à celles décrites à la section 2.2, la construction débutant sur la digue sud-est (figure 1), un secteur sec, pour se poursuivre sur le parc à résidus vers l'intérieur (en direction ouest), soit vers des secteurs plus humides. La phase II a débuté à l'hiver 1996 avec la mise en place du recouvrement multicouche et elle se terminera à l'hiver 1999. Cette phase inclut la construction du recouvrement sur la totalité du site, étape qui se termina en septembre

1996, ainsi qu'une période de suivi de comportement qui prit fin en septembre 1998.

4.2 Phase I - automne 1995

Les objectifs principaux de la phase I étaient de vérifier l'accessibilité du site pour le matériel de construction, de bien définir les risques inhérents à la construction et de confirmer qu'un compactage adéquat des matériaux de la Zone 2 (résidus du MRN) était possible. Un compactage adéquat est obtenu lorsque l'indice des vides rencontre le critère du conception, établi à 0,8.

La construction de la cellule de suivi de 2,5 hectares (voir figure 1) à l'extrémité sud-est du site consista en:

- 1) la mise en place de la couche de sable de 0,5 m d'épaisseur (Zone 1) qui est requise pour prévenir l'érosion et permettre la croissance végétale au cas où la construction du recouvrement se serait avérée irréalisable; et
- 2) la mise en place des deux autres couches.

La mise en place de la première couche dans le banc d'essai (voir photographies 1 à 7) a débuté vers la fin de l'automne 1995. En raison des conditions climatiques normales pour la région (température d'environ +6°C pendant le jour et -5°C la nuit, résultant en un gel des résidus à une profondeur inférieure à 15 cm, la mise en place du matériel de la Zone 1 (sable) a conduit, comme prévu, à des problèmes de circulation des équipements, en particulier vers le centre du parc à résidus. Comme montré sur les photographies 4 et 5, un certain mélange des résidus plus fins de LTA fut observé au début dans la couche de sable (0,5 m) en raison de la boullance. Le compactage de la Zone 1 de matériel n'était pas considéré critique pour le système de recouvrement. L'homogénéité et les caractéristiques de drainage de cette couche sont considérablement plus importantes afin d'assurer un effet de bris capillaire et la présence des particules plus fines dans le matériel plus grossier doit être bien contrôlée. Le mélange en raison de la boullance a cessé suite à

la baisse de la température alors que les résidus plus profonds ont gelé.

Au cours des travaux de la planche d'essai décrits à la section 2.2, des cellules d'essai destinées à vérifier les exigences du compactage pour le matériel de la Zone 2 ont été installées dans des secteurs relativement secs du site, à savoir les digues nord et sud-est. Pendant les travaux de la phase I, une valeur de compactage de 90 % du Proctor STD a été exigée sur les fondations plus molles afin d'obtenir l'indice des vides cible de 0,8, comme présenté à la section 3.1.

Essentiellement, la même procédure utilisée dans le cas des cellules d'essai (deux levées de 0,4 m d'épaisseur en comparaison de une levée de 0,8 m) a été conservée, les niveaux de compactage étant vérifiés à l'aide d'un nucléodensimètre (voir photographie 8). Cet essai a été exécuté immédiatement après le compactage de même que le lendemain afin d'évaluer l'effet du gel. Les résultats ont montré qu'une seule levée de 0,8 m d'épaisseur de matériel de Zone 2, ayant subi quatre à six passes avec un compacteur à rouleau vibrant, était la meilleure alternative. Les valeurs de compactage obtenues étaient supérieures à 90 % du Proctor STD.

Tel que noté plus haut, les objectifs principaux de la phase I étaient de vérifier l'accessibilité du site pour le matériel de construction et de confirmer qu'un compactage adéquat de la Zone 2 (résidus du MRN) était possible. Les résultats de la phase I ont démontré que pour permettre la circulation du matériel lourd et pour prévenir la boulangerie des particules de résidus à l'intérieur de la couche de bris capillaire (Zone 1 - couche grossière), la couche de la Zone 1 devait être mise en place et compactée en hiver, alors que la surface des résidus sous-jacents était gelée.

Les travaux de la phase I ont également démontré qu'il était possible d'atteindre des niveaux acceptables de compactage pour des matériaux à grains fins (Zone 2) même sous des conditions de gel, à condition que ces matériaux ne soient pas trop humides (environ 15 – 18 % de teneur en eau) et qu'ils soient compactés immédiatement. Les travaux de la phase I ont par conséquent démontré que la construction du recouvrement multicouche est faisable, en autant que le travail soit exécuté en hiver quand les résidus à recouvrir sont gelés.

4.3 Phase II - automne 1995 et hiver 1996

Avec les travaux de la phase I complétés, un certain niveau de confiance avait été acquis relativement aux aspects de constructibilité du concept, lorsque celui-ci est appliqué à une grande échelle. La phase II a donc été entreprise. Celle-ci a consisté dans le recouvrement des secteurs de résidus les plus mous en premier lieu et ce, de préférence au cours de l'hiver de 1995-96. Un programme complet d'AQ/CQ était nécessaire pour s'assurer que les standard minimum requis étaient effectivement atteints. Le programme incluait:

- 1) l'enlèvement de la neige avant la mise en place de matériel;
- 2) la mise en place de matériel et son compactage immédiat (avant qu'il ne gèle);
- 3) des essais de compactage en continu, un échantillonnage, des analyses en laboratoire et une vérification de l'épaisseur des levées;
- 4) la gestion de la neige et de la glace dans les bancs d'emprunt et au site de façon à minimiser la manutention des matériaux gelés et à éviter leur mélange subséquent avec de la neige et ou de la glace; et
- 5) la gestion du matériel: les matériaux gelés non utilisés pendant la construction hivernale furent mis de côté pour un usage subséquent possible pendant les autres saisons de construction.

Cette section décrit les activités qui ont eu lieu au site LTA au cours de l'automne 1995 et

à l'hiver 1996. Les activités sont présentées par ordre chronologique. De brèves descriptions des matériaux utilisés pour la construction du recouvrement sont également fournies. La séquence des événements n'inclut pas toutes les activités exécutées sur le site; cette séquence est concentrée sur la construction réelle du système du recouvrement. Des photographies sont incluses pour compléter la présentation.

L'entrepreneur général fut Construction Norascon Inc. alors que Golder Associés dirigea et surveilla les travaux de chantier.

4.3.1 Description du recouvrement

Comme mentionné précédemment à la section 1.5, le recouvrement multicouche construit sur le parc à résidus de LTA consiste en trois couches (voir figure 3). La première couche en est une de sable, sur 0,5 m d'épaisseur, et est identifiée comme la Zone 1. Cette couche empêche l'humidité de s'échapper de la couche sus-jacente par l'effet de bris capillaire. Le matériel utilisé provient du banc d'emprunt localisé à l'ouest du parc à résidus de LTA (voir figure 1). Ce banc a également servi comme source de matériel pour rehausser les digues et pour construire les drains de pied. Le volume estimé de sable et gravier était de 500 000 m³. La stratigraphie du banc d'emprunt ouest est illustrée aux photographies 9 et 10. La couche (Zone 1) a été étendue en une seule levée et a été compactée uniquement en utilisant le matériel d'épandage.

La deuxième couche correspond à 0,8 m d'épaisseur de matériel fin compacté, ayant une faible perméabilité, une bonne capacité de rétention d'eau et agissant comme barrière à la diffusion de l'oxygène. Les résidus du MRN ont été utilisés pour constituer cette couche laquelle est identifié comme Zone 2. La figure 1 identifie le site des résidus du MRN et le banc d'emprunt utilisé à l'automne 1995. Approximativement 1 Mm³ de résidus utilisables étaient disponibles pour la construction du recouvrement. Les résidus utilisables sont définis comme étant fins, non gelés, pas trop humides, et tombant à

l'intérieur de l'enveloppe granulométrique de conception. Cette couche a été étendue en une seule levée et compactée avec quatre à six passes d'un rouleau compacteur vibrant.

La troisième couche, identifiée comme la Zone 3, correspond à 0,3 m d'épaisseur de sable et gravier compacté, provenant du banc d'emprunt ouest. Cette couche agit comme une couche de protection physique et comme couche de protection contre l'évaporation à partir de la Zone 2 sous-jacente. Elle fut étendue en une seule levée et compactée avec un rouleau vibrant.

4.3.2 Description des activités

Puisque le parc à résidus de LTA correspond à un empilement hors-sol, ses digues périphériques sont également composées de matériaux générateurs d'acide. Ces digues devaient donc être recouvertes. Par conséquent, une des premières tâches à considérer consistait dans le reprofilage des pentes externes des digues qui étaient trop escarpées pour être stables à long terme. Cette tâche n'était pas reliée directement à la reconfiguration découlant de la conception du recouvrement, mais devait être exécutée avant d'entreprendre la construction du recouvrement.

Les travaux de réhabilitation de la phase II ont débuté tard à l'automne 1995 par le profilage de la digue sud-est (voir photographies 11 à 13), laquelle était constituée uniquement de résidus. La pente a été réduite à une valeur maximum de 3H:1V en s'éloignant du parc à résidus. Le travail de reprofilage fut par la suite complété sur les digues est, nord et ouest. Les pentes intérieures et les crêtes des digues ont aussi été profilées selon une pente maximum de 3H:1V pour les fins du recouvrement.

Une route d'accès fut également construite (voir photographies 14 et 15). Cette route joint le banc d'emprunt ouest où sont situés les matériaux des Zones 1 et 3 au parc à résidus de LTA en passant par l'étang de sédimentation (voir figure 1). Cette route de

7,5 m de largeur a été construite afin de faciliter la circulation de l'équipement lourd sur la surface de l'étang de sédimentation en hiver. Avant le gel, toute circulation était impossible. Cette route a été prolongée jusqu'à la propriété du MRN là où se trouve le matériel de la Zone 2. Une rampe d'accès a été construite, en utilisant des résidus secs, afin de connecter le parc à résidus de LTA à la propriété du MRN en traversant la digue est (voir figure 1).

Au cours de cette période, de la chaux a été étendue sur la pente aval des digues périphériques (voir photographies 16 et 17). Cette opération débuta sur la digue sud-est et se poursuivit sur les digues est et nord. De la chaux agricole fut étendue comme mesure préventive dans le but de retarder toute génération d'acide qui pourrait se produire puisque la crête des digues n'était pas encore recouverte. Au total, approximativement 350 tonnes de chaux ont été étendues sur les pentes et la crête des digues est, sud-est et nord, selon un taux de 100 t/ha.

La mise en place du matériel de la Zone 1 a débuté par la crête de la digue nord et s'est poursuivie en direction des digues est et sud-est, de même que vers les secteurs plus mous situés au sud-ouest. Le sable a été excavé à l'aide d'une pelle hydraulique Hitachi EX-700, a été chargé au moyen d'un chargeur de type CAT 980 et transporté à l'aide de quatre à six camions hors route Volvo d'une capacité de 35 t. Le nombre d'engins utilisés a varié dépendant des conditions de travail et des équipes (équipe de jour ou de nuit). Les résidus ont été étendus à l'aide d'un ou deux boteurs CAT7/D6 et compactés par un ou deux rouleaux vibrants à paroi lisse. Puisqu'aucun compactage n'était requis pour la Zone 1, uniquement une niveleuse de type routier a été utilisée pour égaliser la couche de la Zone 1 en préparation pour la mise en place de la couche de la Zone 2 (voir photographies 18 et 19).

Avec l'établissement d'une bonne surface de travail pour la Zone 1, la mise en place des résidus du MRN (Zone 2) sur la digue sud-est a pu débuter (voir photographies 20 et 21). La construction hivernale a fait en sorte qu'une partie des matériaux d'emprunt étaient

gelés. Les résidus gelés au site du MRN ont été excavés et entreposés principalement sur les pentes externes de la digue nord pour usage futur. Le matériel gelé a représenté approximativement 30 % du volume total excavé. Le matériel non gelé du site du MRN a été transporté au site LTA pour être mis en place et compacté comme matériel de la Zone 2. Même si près de 10 Mt de résidus alcalins étaient présents sur le site du MRN, seulement environ 10 % avaient des caractéristiques convenables comme matériel de construction du recouvrement multicouche. Seule une gestion efficace de ces matériaux a permis de compléter ces travaux.

La mise en place de la Zone 1 (couche de sable de 0,5 m d'épaisseur) sur la pleine superficie du parc à résidus de LTA a été complétée vers la fin mars 1996. Le seul secteur laissé à découvert fut la digue ouest. La pente aval de cette digue requérait un reprofilage à 3H:1V avant la mise en place du recouvrement, programmé pour l'été 1996.

Vers la fin mars 1996, la plupart des résidus acceptables déjà identifiés au site du MRN (non gelés et une teneur en eau moyenne de 18%) avaient été utilisés. La teneur en eau des résidus augmentait avec la profondeur, réduisant donc graduellement l'obtention d'un compactage adéquat pour le recouvrement.

Un second banc d'emprunt, situé au nord-est de la propriété du MRN, a été utilisé pour fournir les matériaux de la Zone 2 (identifié hiver 1996 sur la figure 1). Ces résidus ont été observés comme étant plus fins et beaucoup plus secs (15 % de teneur en eau en moyenne). Le reste de la construction de la Zone 2 a été effectué en utilisant ce matériel. Des routes d'accès temporaires à ce nouveau banc d'emprunt ont été construites sur la propriété du MRN.

La construction de la Zone 3 (couche finale de protection) a débuté dès que le matériel de la Zone 2 a été mis en place. Donc, une grande partie du recouvrement multicouche était complétée à la mi-mars 1996 (voir photographies 22 et 23). Cette couche a été étendue

selon une épaisseur de 0,3 m et compactée en une seule levée en utilisant le matériel d'épandage.

Les travaux prévus pour la période automne 1995 et hiver 1996 ont été complétés vers la fin mars 1996. Pendant ce temps, la pleine superficie des résidus de LTA, à l'exception de la route d'accès et de la pente aval de la digue ouest, a été recouverte avec le système à trois couches. La digue sud-est a également été pleinement recouverte, mais uniquement avec le matériel de la Zone 1, alors que la digue nord a été complétée avec la couche de la Zone 1 de même qu'avec des empilements de résidus gelés du MRN (matériel de la Zone 2).

Un programme strict de contrôle de la qualité a été mis en oeuvre lors de la réalisation du recouvrement multicouche. Un bon compactage de la couche de la Zone 2 était essentiel pour l'efficacité du recouvrement. Le programme de contrôle de la qualité était particulièrement important puisque la construction était exécutée en conditions hivernales difficiles, soit une première pour ce type de travaux.

Pour les résidus du MRN (Zone 2), le compactage moyen in situ obtenu, tel que vérifié par le nucléodensimètre, était de 94,7 % du Proctor Standard. Cela correspond à un indice des vides moyen de 0,778 lequel est meilleur que l'indice des vides de 0,8 considéré lors de l'étude de faisabilité. Le travail exécuté pendant la période de l'automne 1995 et de l'hiver 1996 peut par conséquent être considéré conforme aux critères de conception.

Les résultats complets de tous les essais de compactage réalisés au cours de la période d'automne 1995 et d'hiver 1996 sont présentés à l'annexe G.

Le tableau 6 fournit une évaluation du volume de matériel mis en place. Approximativement 0,97 Mm³ des matériaux ont été utilisés au cours de cette période pour la construction du recouvrement multicouche.

4.4 Phase II - été 1996

La construction sur le site de LTA a été retardée au printemps de 1996 en raison de la fonte des neiges qui a rendu la circulation impossible. Le travail a repris tôt en juillet avec l'enlèvement de l'eau accumulée et des débris qui s'étaient déposés dans les fossés existants, afin de restaurer le drainage adéquat de la surface du site.

Pendant la construction hivernale, les résidus du MRN avaient été utilisés pour la couche fine de la Zone 2. Le dégel printanier avait rendu le site du MRN non traficable. De façon à compléter la Zone 2 du recouvrement multicouche, du silt en provenance du banc d'emprunt no. 1 a été utilisé (voir figure 1). Bien que la disponibilité de ce matériel ait été limitée, le silt a démontré de meilleures capacités de rétention d'eau que les résidus du MRN, utilisés précédemment au cours de l'hiver 1996. Une bande de silt de 3 m d'épaisseur a donc été extraite du banc d'emprunt pour compléter le recouvrement.

La digue ouest nécessitait un reprofilage de sa pente avant de pouvoir recevoir le recouvrement multicouche. Ce fut une des premières tâches exécutées sur le site au cours de l'été 1996. La pente externe de la digue fut reprofilée selon une inclinaison de 3H:1V et recouverte immédiatement d'une couche de matériel de la Zone 1 (voir photographies 24 à 26), suivi par la couche de silt de la Zone 2 (voir photographie 27).

Pendant la phase I, la mise en place du recouvrement sur la digue nord n'avait pas été complétée. Les résidus gelés du MRN (matériel de la Zone 2) avaient plutôt été entreposés à cet endroit. La digue nord fut reprofilée en premier lieu, puisque la fonte printanière avait créé le ravinement de la pente (voir photographies 28 et 29); les résidus entreposés ont par la suite été étendus et compactés. Le matériel de la Zone 3 a été mis en place immédiatement par la suite (voir photographies 30 et 31).

La mise en place de la couche de silt de la Zone 2 sur les digues nord et ouest a été complétée à la mi-août 1996 et suivie par celle de la couche de la Zone 3 (voir photographies 32 et 33). En raison de la pluie et de la teneur en eau relativement élevée du silt, la couche de la Zone 2 a dû quelquefois être compactée plusieurs jours plus tard, soit après avoir permis au matériel de sécher à l'air. Un compactage adéquat a alors été accompli en utilisant un compacteur vibrant à paroi lisse.

Les matériaux de construction ont été excavés en utilisant une pelle hydraulique Hitachi EX-700, chargés par un chargeur CAT 980, puis transportés par quatre à six camions hors route Volvo de 35 t. Le nombre de camions utilisés a varié selon les conditions de travail (équipe de jour ou de nuit). Les matériaux ont été étendus à la surface des résidus et sur les pentes des digues par un ou deux boteurs CAT7/D6 et compactés par la suite à l'aide d'un ou deux rouleaux vibrants à paroi lisse.

L'érosion des pentes des digues est et sud-est, en raison du ruissellement printanier, constituait également un problème. Un reprofilage s'avérait nécessaire avant la mise en place des matériaux des Zones 2 et 3.

Les travaux se sont poursuivis sur le parc à résidus où la route d'accès a été enlevée pour faire place au recouvrement multicouche. Cette opération a débuté à l'extrémité est de la route et a progressé vers l'ouest, en direction du banc d'emprunt ouest (voir photographies 34 à 37).

Il est à remarquer que les résidus de LTA, même au coeur de l'été, possédaient une teneur en eau élevée. Ils demeuraient presque pleinement saturés et la circulation avait engendré un effet d'instabilité. Comme il avait été observé dans ces conditions lors de la phase I, le compactage des résidus avec l'équipement standard était pratiquement impossible. Cela aurait créé une instabilité accrue qui aurait induit le déplacement des résidus de LTA à l'intérieur de la couche de sable de la Zone 1. Par conséquent, le compactage a été

accompli uniquement en utilisant le godet de la pelle. Une attention particulière a été portée au mélange approprié du reste de la couche de la Zone 2 avec la couche partielle de Zone 2, mise en place pendant la construction hivernale. Puisque l'équipement lourd ne pouvait pas circuler sur le recouvrement multicouche, le démantèlement de la route d'accès et la mise en place du recouvrement ont été exécutés en sections consécutives de 50 m de longueur. Cela permet de conserver un accès continu à la zone des travaux par la route d'accès. Tous les travaux ont été complétés en octobre 1996.

Par conséquent, la décision de poursuivre en hiver la construction du recouvrement sur les résidus mous s'avérait justifiée. En fait, les difficultés rencontrées pendant les mois d'été ont démontré qu'un tel travail aurait été impossible à exécuter complètement au cours de la saison estivale. En outre, il a été démontré par expérience que la couche protectrice de la zone 3 doit être mise en place aussitôt que possible puisque la fonte et le ruissellement printaniers peuvent engendrer une érosion considérable, au point même de compromettre l'intégrité du recouvrement multicouche.

Les résultats des essais de compactage sont présentés à l'annexe H. Pour la zone de silt no. 2, le compactage moyen fut de 92 % du Proctor Standard, ce qui correspond à un indice des vides de 0,762. Cela demeure mieux que l'indice des vides cible de 0,80.

Le tableau 6 fournit une évaluation du volume de matériel utilisé pour la construction du recouvrement multicouche. Approximativement 100 000 m³ de divers matériaux ont été utilisés pour couvrir le parc à résidus au cours de l'été 1996. Pour les années 1995 et 1996 combinées, un total d'environ 1,0 Mm³ de matériel a été utilisé pour la construction du recouvrement.

5.0 PROGRAMME DE SUIVI DU COMPORTEMENT

La phase A du programme de suivi a consisté en l'installation de 20 stations à la grandeur du site pour connaître avec suffisamment de précision l'efficacité du recouvrement

multicouche. Ces stations sont en plus des piézomètres existants sur le site.

La première série des stations de suivi, identifiée CS96-1 à CS96-10 (sommets du parc à résidus) et PS96-1 à PS96-3 (pentes externes), a été installée en juin 1996. La série PS96-4 à PS-96-10 (digue nord) a été mise en place en août 1996. Les sites des stations de suivi sont montrés à la figure 16. La différence d'élévation entre les stations est montrée à la figure 17.

Une station typique de suivi est illustrée à la figure 18. Les sondes à oxygène permettent la mesure de la consommation d'oxygène qui est convertie en flux d'oxygène à travers le recouvrement multicouche (photographies 38 et 39). Les sondes TDR (Time Domain Reflectometry) sont utilisées pour évaluer la teneur en eau in situ d'un matériel donné (photographie 40) et les sondes Watermark sont utilisées pour mesurer le potentiel capillaire des sols (photographie 41). Une corrélation entre la teneur en eau, les forces capillaires et le flux d'oxygène à travers la couche saturée de même que l'efficacité du recouvrement peut être déterminée en utilisant ces trois types d'instruments. Davantage d'information sur les caractéristiques des instruments est fournie dans NEDEM 1994.

Les stations de suivi de la phase A ont été installés dans la couche de la Zone 2 (résidus du MRN) du recouvrement multicouche. Étant donné la courte période de temps qui sépare la fin de la construction et l'obtention des premiers résultats de la campagne de suivi, l'interprétation des résultats, en prenant en considération les conditions saisonnières variables, sera inclus dans le dernier rapport de suivi lequel est prévu pour le mois de mars 1999.

6.0 CONCLUSIONS

Le projet de LTA a augmenté le corpus des connaissances relatives aux techniques de construction d'application à grande échelle de recouvrements multicouches. Les

observations initiales effectuées sur le site indiquent que le recouvrement a été mis en place en conformité avec les objectifs de la construction. La conception, la construction, et le programme de suivi du recouvrement de sol de LTA fournissent une occasion unique d'évaluer la performance d'un recouvrement de sol construit en climat nordique.

Plusieurs nouveaux concepts et techniques de construction ont été développés lors de ce projet, tel l'utilisation de résidus présents localement pour servir à constituer la couche fine quand des argiles ne sont pas disponibles. Ce concept pourrait être applicable à un grand nombre d'autres sites générateurs d'acide.

Les propriétés géotechniques des résidus du MRN, utilisés pour la couche fine du recouvrement multicouche, ne sont ni rares ni exceptionnelles. Les résidus du MRN possèdent les mêmes caractéristiques qu'un sable silteux ou un silt sableux relativement commun peuvent avoir. Souvent, la difficulté ne consiste pas à identifier des matériaux appropriés qui soient disponibles localement mais plutôt à déterminer l'épaisseur requise des couches de recouvrement qui feront en sorte d'assurer des conditions d'oxydation minimales, soit le matériel fin quasi saturé, doté d'une couche de bris capillaire.

Au moins trois éléments clé sont requis pour assurer la conception optimale d'un recouvrement multicouche:

- La valeur du flux d'oxygène maximum admissible (obtenue par une modélisation géochimique ou par des essais en colonne) laquelle fournirait une oxydation négligeable;

- Le coefficient de diffusion efficace (D_e) contre la saturation du matériel considéré pour la construction du recouvrement (aussi obtenu à partir d'essais en laboratoire). En connaissant le flux maximum disponible, le calcul de l'épaisseur de la couche fine (Zone 2 du projet LTA) peut être fait en utilisant la méthode présentée dans Elberling et al., 1994.
- La capacité de rétention d'eau de tous les matériaux qui sont considérés pour la construction du recouvrement. Cela permettra d'effectuer la conception du bris capillaire et hydraulique (dans certains cas pour prévenir l'écoulement d'eau à l'intérieur du recouvrement) afin d'assurer la saturation adéquate de la couche fine du système de recouvrement.

En outre, trois paramètres importants de conception qui affectent l'impact financier du projet doivent être considérés.

Le premier aspect, soit la modélisation géochimique des conditions spécifiques au site, est un des paramètres les plus importants affectant le coût de la réhabilitation. Dans cette étude de cas, l'établissement précis des besoins du site a permis l'utilisation des résidus du MRN au lieu d'autres matériaux plus dispendieux.

Un second paramètre critique est la connaissance et l'identification des matériaux disponibles. L'utilisation d'un recouvrement de sol comme option de fermeture est économiquement viable lorsque les coûts de transport sont conservés à un minimum. Le projet LTA a confirmé que le fait d'utiliser un matériel localement disponible, tel que les résidus, pour la construction du recouvrement constitue une option de fermeture viable. Le projet a aussi démontré que les résultats des essais en laboratoire étaient représentatifs des conditions de chantier (Aubertin et al., 1995a, b). Lorsque les coûts de transport sont gardés à un minimum, le coût d'un système de recouvrement, tel que celui utilisé à LTA, est viable.

Le dernier paramètre dans la détermination du coût total de construction sont les conditions de chantier car la mise en place du recouvrement requiert l'obtention d'une masse volumique spécifiée sur une fondation souvent molle. Des solutions innovatrices

sont parfois requises. Dans le cas de LTA, la construction hivernale a été jugée la solution la plus appropriée.

Le coût définitif du recouvrement multicouche de LTA, sur une superficie de presque 60 hectares, fut de 3,9 M\$ CAN ou 45 000 \$/hectare et par mètre d'épaisseur (excluant le coût de la revégétation). L'évaluation préliminaire de tous les coûts de la réhabilitation (y compris ceux des digues, des drains de pied, des déversoirs, etc.) fut d'environ 93 500 \$/hectare.

7.0 PROJETS FUTURS

Le suivi des stations de la phase A se poursuivra. Des stations de suivi additionnelles seront installées lors de la Phase B. Celles-ci seront soigneusement mises en place de façon à minimiser les perturbations du recouvrement multicouche. Des sondes TDR pour la mesure de la teneur en eau et des tensiomètres pour corroborer les lectures des sondes Watermark seront installées au sein de la couche de la Zone 2. Cette phase permettra une distribution spatiale des résultats de même que la détermination d'une valeur moyenne de saturation à travers la pleine épaisseur de la couche fine. Ces résultats compléteront les profils verticaux obtenus des stations de suivi établies lors de la phase A. La phase B a débuté au printemps 1997.

Pour calculer l'infiltration, un bilan hydraulique plus détaillé est requis. Une station météorologique implantée sur le site, de même que les postes météorologiques de l'aéroport de Val d'Or et celui de École Polytechnique au site de Norebec-Manitou (localisé à 10 km à l'est de Val d'Or), fourniront toutes les données requises concernant les précipitations et l'évaporation. Une station de mesure du débit sera installée au déversoir sud pour suivre l'évolution du ruissellement.

Les impacts de l'érosion de surface et de la pénétration des racines sur l'efficacité du

recouvrement constituent des secteurs de recherche dans le cadre d'études futures.

Le rapport de suivi du comportement, qui inclura les données et leur interprétation, sera disponible au début de 1999.

AUTEURS:

Pascal Garand, Golder Associés Ltée
Mayana Kissiova, Golder Associés Ltée
Jean-François Ricard, Golder Associés Ltée

RÉVISEURS TECHNIQUES:

Michel Aubertin, École Polytechnique de Montréal
Pierre Pelletier, Corporation Barrick Gold
Phillipe Poirier, Corporation Barrick Gold
Gilles Tremblay, Ressources Naturelles Canada (Canmet)

REMERCIEMENTS À:

Michel Julien, Golder Associés Ltée
Frederick W. Firlotte, Golder Associates Ltd.
Jacques McMullen, Corporation Barrick Gold
Paul Viannello, Golder Associates Ltd.

RÉFÉRENCES

- Aachib, M., Aubertin, M., Chapuis R.P. 1993. Étude en laboratoire de la performance des barrières de recouvrement constituées de rejets miniers pour limiter le drainage minier acide - Un état de la question. Rapport EPM/RT-93/32.
- Aachib M., Aubertin, M., Chapuis R.P. 1994. A Laboratory Investigation of Milling Wastes Properties Used to Build Cover Systems in Column Tests. Proc. of the Int. Land Reclamation and Mine Drainage Conf. and the Third Int. Conf. on the Abatement of Acidic Drainage, Piitsburg, PA, Bureau of Mines Special Pub. SP 06B-94, Vol. 2, pp. 128-137.
- Anon, 1991. The Use of Low-Permeability Covers on Acid-Forming Waste Material. A Literature Search Conducted for the Membership of AMIC, ASSMR, CLRA and REGRO (Oc.1991), 23 pages.
- ASTM (American Society for Testing Material), 1995. Annual Book of ASTM Standards, seat. 4, vol. 04-08. ASTM, Philadelphie.
- Aubertin, M., Chapuis, R.P., 1991. Considérations hydrogéotechniques pour l'entreposage de résidus miniers dans le nord-ouest du Québec. C.R. 2e Conf. Int. Réduction des eaux de drainages acides.
- Aubertin, M., Chapuis, R.P., Aachib, M., Bussière, B., Ricard, J.F., Tremblay, L., 1995a. Évaluation en laboratoire de barrières sèches construits à partir de résidus miniers. Projet P1622, C.D.T. École Polytechnique, novembre 1995.
- Aubertin, M., Ricard, J.F., Chapuis, R.P. 1995b. A Study of Capillary Properties of Mine Tailings: Measurements and Modeling. Proc. 48th Can. Geoth. Conf. Vancouver, pp. 17-24.
- Baccini, P., ed., 1988. The Landfill Reactor and Final Storage, Springer-Verlag.
- Bagchi, A., 1990. Design, Construction and Monitoring of Sanitary Landfill, John Wiley and Sons.
- Bussière, B., Benzaazoua, M., 1997. Valorisation des résidus miniers: Une approche intégrée (Phase II, rapport d'étape 5). URSTM, mars 1997.

- Collin M., Rasmuson, A., 1990 Mathematical Modeling of Water and Oxygen Transportation in Layered Soil Covers for Deposits of Pyritic Mine Tailings, Acid Mine Drainage: Designing for Closure. GAC-MAC Annual Meeting. pp. 311-333.
- Daniel, D.E., Editor, 1993. Geotechnical Practice for Waste Disposal. Chapman & Hall.
- EPA, 1989 Final Covers on Hazardous Waste Landfills and Surface Impoundments, Technical Guidance Document, EPA/530/SW/89-047.
- Hutchison, I. P., et Ellison, R. D. eds., 1992. Mine Waste Management. California Mining Association.
- McMullen, J., Firlotte, R., Knapp, R., Aubertin, M., 1997. Les Terrains Aurifères Property Site Closure and Rehabilitation Conceptual to Construction. 29th Annual CMP Operators Conference, Jan.21-23, 1997.
- Millington, B.J. Sharer,, B. C. 1971. Diffusion in Aggregated Porous Media. Soils Science, vol. III, no. 6. pp 372-378.
- Nicholson, R.V., Gillham, R.W., Cherry, J.A., Reardon, E.J, 1989 Reduction of Acid Generation in Mine Tailings Through the Use of Moisture-retaining Covers as Oxygen Barriers. Can. Geotech. J. Vol. 26, pp. 1-8.
- Nicholson, R.V., Akindunni, F.F., Sydor, R.C. et Gilham, R.W., 1991. Saturated Tailings Covers Above the Water Table: The Physics and Criteria for Design. Deuxième Confér. Int. sur la réduction des eaux de drainage acides, pp. 443-460.
- Nicholson, R.V. et Tibble, P.A., 1996. An Oxygen Consumption Survey of the Barrick Gold Covered Tailings Impoundment, December, 19, 1996.
- Ricard, J.F., 1994. Étude en laboratoire de la relation capillaire et de la conductivité hydraulique de résidus miniers. Mémoire M.Sc. A., Département de génie Minéral, École Polytechnique de Montréal, 207 pages.
- Ricard, J.F., Aubertin, M., Firlotte, F.W., Knapp, R., McMullen, J., Julien, M., 1997. Design and Construction of a Dry Cover Made of Tailings for the Closure of Les Terrains Aurifères Site, Québec, Canada. Proc 4th ICAR Conference, Vancouver, mai-juin 1997.

-
- SENES Consultants Ltd., 1995. A Review of ADM Control Strategies for Les Terrains Aurifères, Malartic, Québec. Rapport no. 31638, juillet 1995.
- SRK, 1991. Guide technique préliminaire sur le drainage rocheux acide (une traduction de «Draft Acid Rock Drainage Technical Guide». 1989, BCAMD Task Force). Vol. I et II, Centre de recherches minérales, Québec
- Wing, N. R., 1993. Permanent Isolation Surface Barrier: Functional Performance. Report Prepared for the U.S. Department of Energy, Westinghouse Handford Company, WHC-EP-0650.
- Wing, N. R., 1994. Permanent Isolation of Surface Barrier Development plan. Report Prepared for the U.S.. Department of Energy, Westinghouse Handford Company, WHC-EP-0673.
- Woyshner, M.R., Yanful, E.K., 1995., Modeling and Field Measurements of Water Percolation Through and Experimental Soil Cover on Mine Tailings. Can. Geotech. J., 32: 601-609.

TABLEAU 1**RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE**

ITEM	RÉSIDUS MRN	SABLE	SILT	RÉSIDUS LTA
Granulométrie				
D ₆₀ (mm)	0.030	0.870	0.0095	0.030
D ₃₀ (mm)	0.012	0.517	0.003	0.010
D ₁₀ (mm)	0.005	0.300	<0.001	0.002
Cu	6.0	2.90	>9.5	15
Cc	0.96	1.02	>0.95	1.67
Densité relative G _s	2.819	2.751	2.747	2.934
Essais Compactage				
Densité (kg/m ³) γ _d	1650	1845	1943	1810
Teneur en eau W ₀	15.7%	14.2%	13.3%	15.5%
Indice des vides e	0.708	0.491	0.414	0.621
Limites de consistances:				
Limite liquidité w _l	23.0	----	25.1	23.0
Limite plasticité w _p	19.5	----	19.06	21.9
Indice de plasticité I _p	3.5	----	6.05	1.1
Type de sol	ML	SP	ML-CL	ML
Classification USC				

TABLEAU 2

**RAPPORT DES ESSAIS DE CALCUL DE DENSITÉ - RÉSIDUS MRN
CELLULES EXPÉRIMENTALES**

Description Cellules d'essai de compaction - matériaux MRN - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard	Compacteur	rouleau
Gs	Résultats du Proctor standard		
2.819	Densité optimale (Mg/m³)	1.650	Teneur en eau optimale 15.7

Test no.	Couche (m)	γ_d (kg/m ³)	W %	% du Proctor standard	Indice des vides	Notes de terrain
110	MRN	1550	17	93.9%	0.774	
111	MRN	1537	22.7	93.2%	0.789	
112	MRN	1536	19.4	93.1%	0.790	
113	MRN	1552	17.1	94.1%	0.772	
114	MRN	1481	19.3	89.8%	0.857	
115	MRN	1487	17.1	90.1%	0.849	
116	MRN	1530	13.1	92.7%	0.797	
117	MRN	1480	12.6	89.7%	0.858	
118	MRN	1555	13.1	94.2%	0.768	
119	MRN	1543	19.9	93.5%	0.782	
120	MRN	1580	10.8	95.8%	0.741	
121	MRN	1527	17.5	92.5%	0.801	
122	MRN	1539	14.5	93.3%	0.787	
123	MRN	1528	16.3	92.6%	0.800	
132	MRN	1564	17.6	94.8%	0.758	
133	MRN	1593	16.2	96.5%	0.726	
134	MRN	1535	18.6	93.0%	0.792	
135	MRN	1506	17.8	91.3%	0.826	
136	MRN	1534	14.4	93.0%	0.793	
137	MRN	1611	15.3	97.6%	0.707	
138	MRN	1510	14.7	91.5%	0.821	
139	MRN	1561	17.3	94.6%	0.762	
140	MRN	1581	16.2	95.8%	0.739	
141	MRN	1517	12.8	91.9%	0.813	
142	MRN	1623	17.6	98.4%	0.694	
143	MRN	1635	10.6	99.1%	0.682	
144	MRN	1577	18.6	95.6%	0.744	
145	MRN	1594	19.3	96.6%	0.725	
146	MRN	1658	10.9	100%	0.659	
147	MRN	1608	15.2	97.5%	0.710	
148	MRN	1519	12.7	92.1%	0.810	
149	MRN	1580	16.1	95.8%	0.741	
150	MRN	1651	10.8	100.1%	0.666	
151	MRN	1535	18.1	93.0%	0.792	
152	MRN	1521	17.7	92.2%	0.808	
153	MRN	1483	19.5	89.9%	0.854	
154	MRN	1594	18.9	96.6%	0.725	
155	MRN	1488	18.2	90.2%	0.848	
156	MRN	1610	14.3	97.6%	0.708	
157	MRN	1655	16.1	100.3%	0.662	
158	MRN	1641	12.7	99.5%	0.676	
159	MRN	1637	16.8	99.2%	0.680	
Moyenne		1560	16.1	94.4%	0.768	

TABLEAU 3**SOMMAIRE DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ EN LABORATOIRE**

Indice des vides	RÉSIDUS MRN (cm/s)	SABLÉ (cm/s)	SILT (cm/s)	RÉSIDUS LTA (cm/s)
0.582			2.91*10 ⁻⁶	
0.586		8.57*10 ⁻²		
0.598		1.17*10 ⁻¹		
0.614		1.55*10 ⁻¹		
0.615		1.64*10 ⁻¹		
0.666			1.05*10 ⁻⁶	
0.684			1.46*10 ⁻⁶	
0.712	3.06*10 ⁻⁵			
0.725				9.30*10 ⁻⁶
0.795	4.96*10 ⁻⁵			
0.824				2.39*10 ⁻⁵
0.833				1.85*10 ⁻⁵
0.844	8.61*10 ⁻⁵			
0.919			7.63*10 ⁻⁷	
1.014	1.94*10 ⁻⁴			
1.028	1.93*10 ⁻⁴			
1.037				3.85*10 ⁻⁵

TABLEAU 4**SOMMAIRE DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ EN PLACE**

Sondage	Piézomètre	Profondeur (pi)	Stratigraphie	Perméabilité (cm/s)
BH94-01	1	86.5 - 91.5	Silt	$4 \cdot 10^{-6}$
BH94-02	1	50.0 - 55.5	Sable silteux	$9 \cdot 10^{-5}$
BH94-03	1	49.0 - 54.0	Silt sablonneux	$2 \cdot 10^{-5}$
BH94-06	1	47.5 - 52.5	Sable silteux	$5 \cdot 10^{-5}$
BH94-07	1	15.0 - 20.0	Silt	$8 \cdot 10^{-6}$
BH94-09	1	2.0 - 12.0	Résidus MRN	$8 \cdot 10^{-6}$
BH93-01	1	40.0 - 50.0	Sable	$9 \cdot 10^{-4}$
BH93-03	1	25.0 - 35.0	Sable silteux	$4 \cdot 10^{-4}$
BH93-04	1	55.0 - 65.0	Sable	$9 \cdot 10^{-3}$

TABLEAU 5
SOMMAIRE DES ESSAIS DE RÉTENTION D'EAU

MATÉRIAU	INDICE VIDE	AEV-Ψ_{90} m eau	Ψ_r m eau
Résidu MRN	0,86	2,21	----
Résidu MRN	0,90	2,80	----
Résidu MRN	0,94	0,74	----
Résidu MRN	0,94	1,36	----
Sable	0,55	----	1,04
Sable	0,64	----	0,97
Sable	0,66	----	0,97
Silt-Poly	0,56	2,81	----
Silt-Poly	0,58	4,22	25,31
Silt-URSTM	0,70	13,5	----
Silt-URSTM	0,80	> 45	----
Résidu LTA	0,83	4,66	----
Résidu LTA	1,08	1,10	----

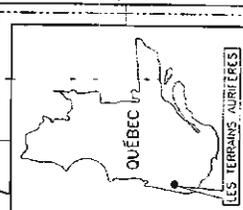
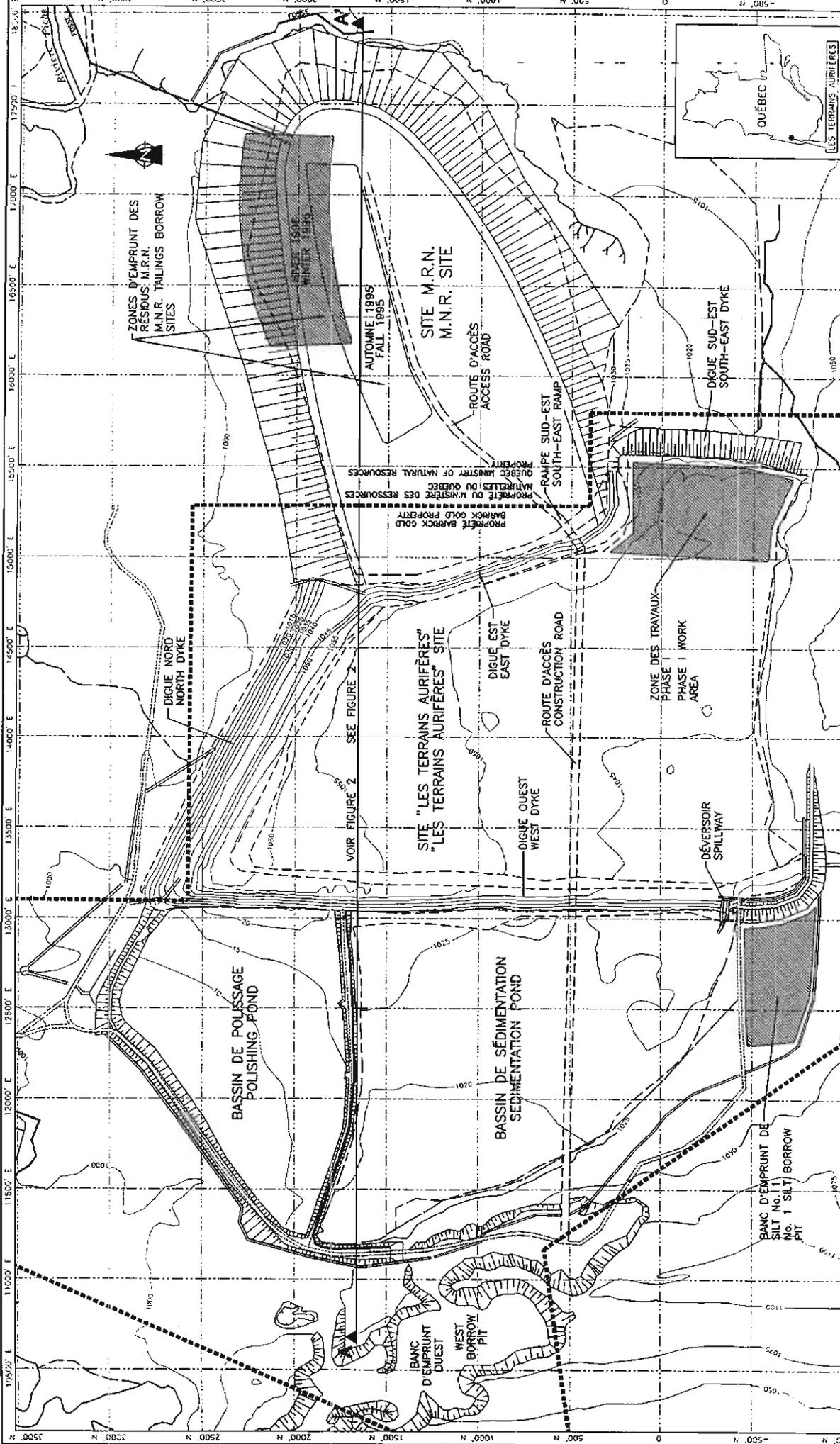
AEV : Pression d'entrée d'air, méthode Brooks et Corey utilisée pour le silt.

Ψ_{90} : Pression de succion à 90% de saturation, méthode utilisée pour les résidus.

Ψ_r : Pression de succion à la teneur en eau résiduelle (typiquement 5 à 10 % de saturation).

TABLEAU 6**QUANTITÉS APPROXIMATIVES DE MATÉRIAUX MIS EN PLACE**

Item	Unité	Automne 95 Hiver 96	Été 1996	Total
Zone 1	m ³	323 220	28 760	351 980
		épaisseur moyenne (m)		0.59
Zone 2-MRN	m ³	335 155	0	335 155
Zone 2 (MRN-gelés)	m ³	153 990	0	153 990
Zone 2 (Silt)	m ³	0	30 000	30 000
		épaisseur moyenne (m)		0.87
Zone 3	m ³	153 990	34 005	187 995
		épaisseur moyenne (m)		0.31
Total		966 355	92 765	1 059 120



VUE EN PLAN DU SITE
SITE PLAN VIEW

1

PROPRIÉTÉ "LES TERRAINS AURIFÈRES" / PROPERTY
PARC À RÉSIDUS / TAILINGS BASIN

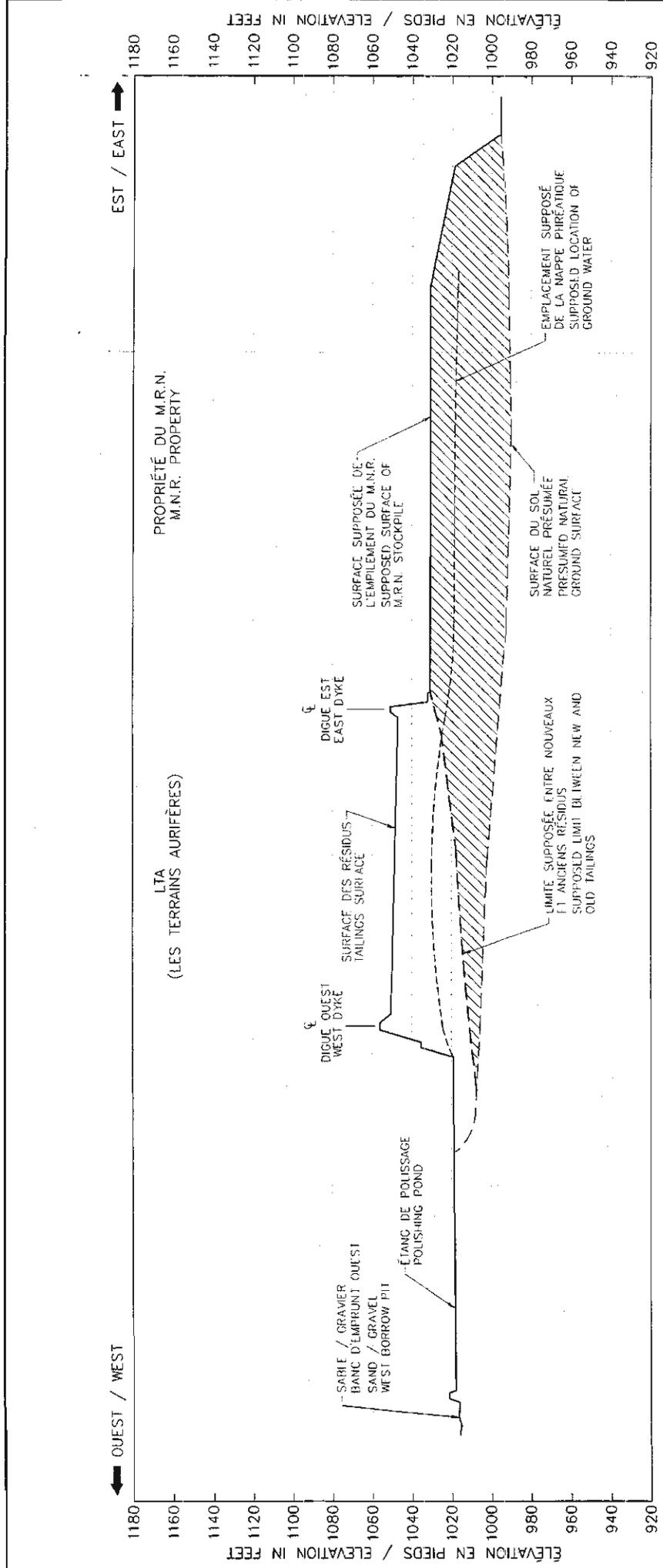


Scale: 1" = 500'

Drawn by: M.T.	Checked by: J.-F.R.
Designed by: M.K.	Approved by: P.C.
Project no.: 9730101C	No. de projet: 971-2301

Golder Associés

53, Place Frontenac, Pointe-Clair, Qué., H8R 4Z7
 Tel.: (514) 630-0890 Fax: (514) 630-1178



LÉGENDE / LEGEND :

-  ANCIENS RÉSIDUS MINIER M.R.N. / OLD TAILINGS MINER M.R.N.
-  NOUVEAUX RÉSIDUS MINIER LTA / NEW TAILINGS LTA

ÉCHELLE / SCALE :

HORIZONTALE / HORIZONTAL: 1" = 500'
 VERTICALE / VERTICAL: 1" = 50'



Golder Associates
 63, Place Frontenac, Pointe-Claire, Qué.,
 H9P 4Z7
 Tel : (514) 630-0990 Fax: (514) 630-1178

Date:	98-11-11	ÉCHELLE INDIQUÉE/AS SHOWN
Dessiné par:	M.T.	Scale:
Drawn by:	J.-F.R.	Project no.:
Approuvé par:	M.R.J.	
Checked by:	J.-F.R.	
No. de dessin:	9730102C	
Drawing no.:		

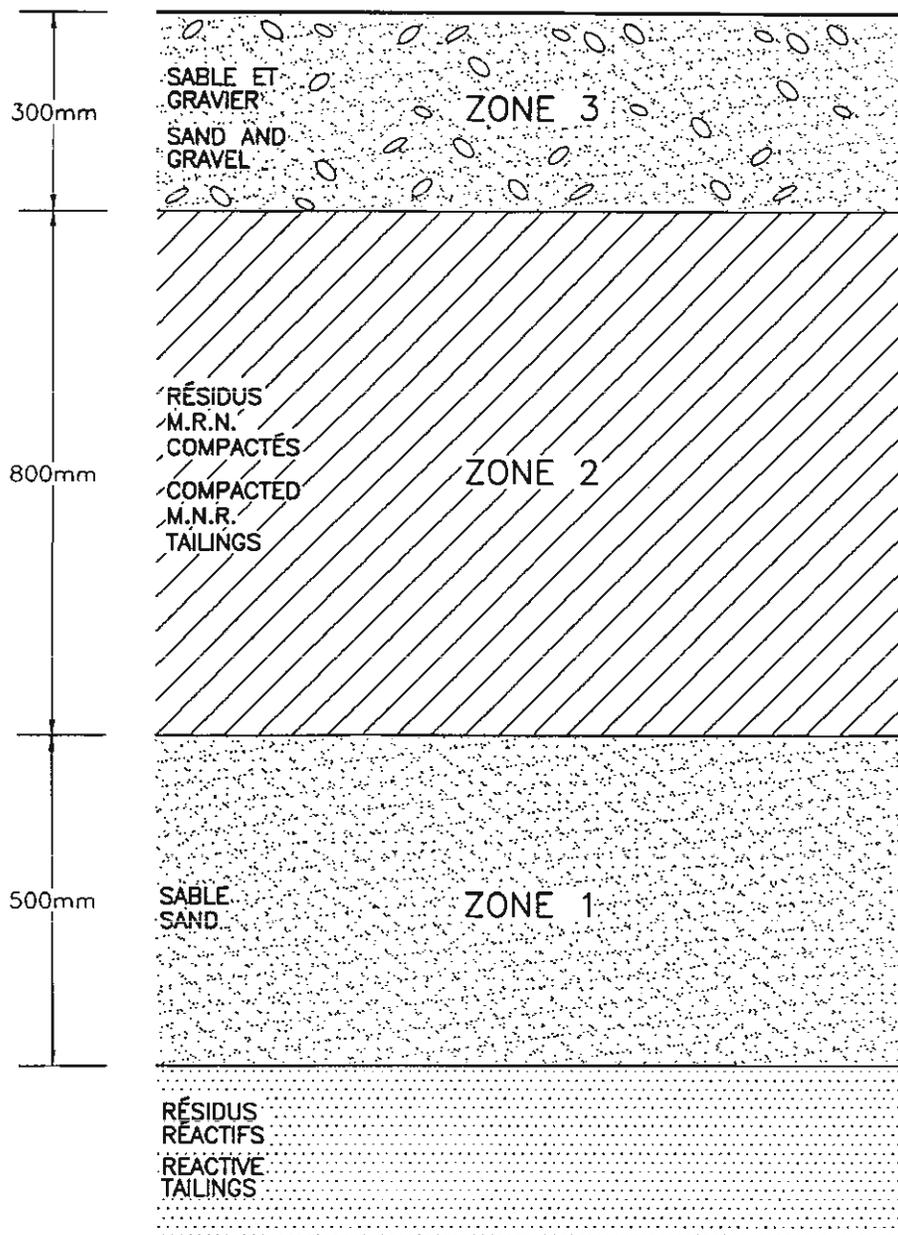


CANMET

COUPE A-A' - CONDITIONS EXISTANTES
 CROSS-SECTION A-A' - EXISTING CONDITIONS

PROPRIÉTÉ "LES TERRAINS AURIFÈRES" / PROPERTY
 PARC À RÉSIDUS / TAILINGS BASIN

NOUVEAU
 1 2



Date:	98-11-11	Échelle: Scale:	AUCUNE
Dessiné par: Drawn by:	M.T.	Projeté par: Planned by:	J.-F.R.
Véifié par: Checked by:	J.-F.R.	Approuvé par: Approved by:	P.C.
No. de dessin: Drawing no.:	9730103C	No. de projet: Project no.:	971-7301

CANMET 

PROPRIÉTÉ "LES TERRAINS AURIFÈRES" PROPERTY
PARC À RÉSIDUS / TAILINGS BASIN



Golder Associés

63, Place Frontenac, Pointe-Claire, Qué.
H9R 4Z7
Tel.: (514) 630-0990 Fax: (514) 630-1178

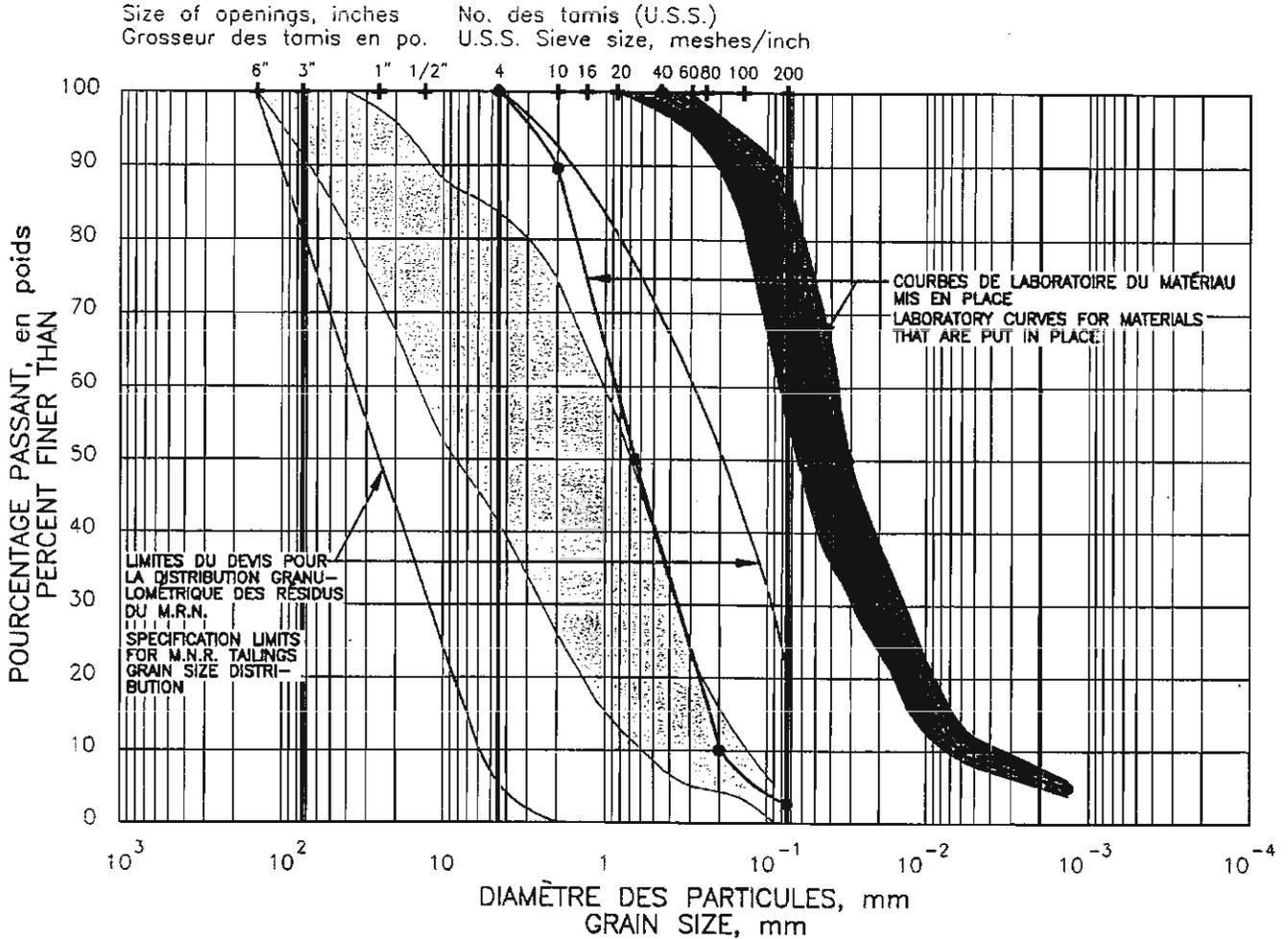
STRATIGRAPHIE DU RECOUVREMENT
DRY COVER LAYOUT

FIGURE

3

COURBES GRANULOMÉTRIQUES DES MATÉRIAUX DU SITE LTA
LTA SITE MATERIAL GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE 4



SYSTÈME UNIFIÉ DE CLASSIFICATION DES SOLS
UNIFIED SYSTEM OF SOIL CLASSIFICATION

BLOCAUX BOULDERS	CAILLOUX COBBLES	GRAVIER / GRAVEL		SABLE / SAND			SILT	ARGILE CLAY
		GROS COARSE	FIN FINE	GROS COARSE	MOYEN MEDIUM	FIN FINE		

FORAGE No. BOREHOLE No.	ÉCHANTILLON No. SAMPLE No.	PROFONDEUR (m) DEPTH (m)	DATE
----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	------

LIMITES GRANULOMÉTRIQUES
 BANC DE SABLE ET GRAVIER
 GRAIN SIZE LIMITS
 SAND AND GRAVEL BORROW PIT

LIMITES GRANULOMÉTRIQUES
 RÉSIDUS M.R.N.
 GRAIN SIZE LIMITS
 M.N.R. TAILINGS

9730104C.DWG

Date: 98-11-11
Projet / Project: 971-7301

Golder Associés

Dessiné par / Drawn by: M.T.
Projeté par / Planned by: J.F.R.

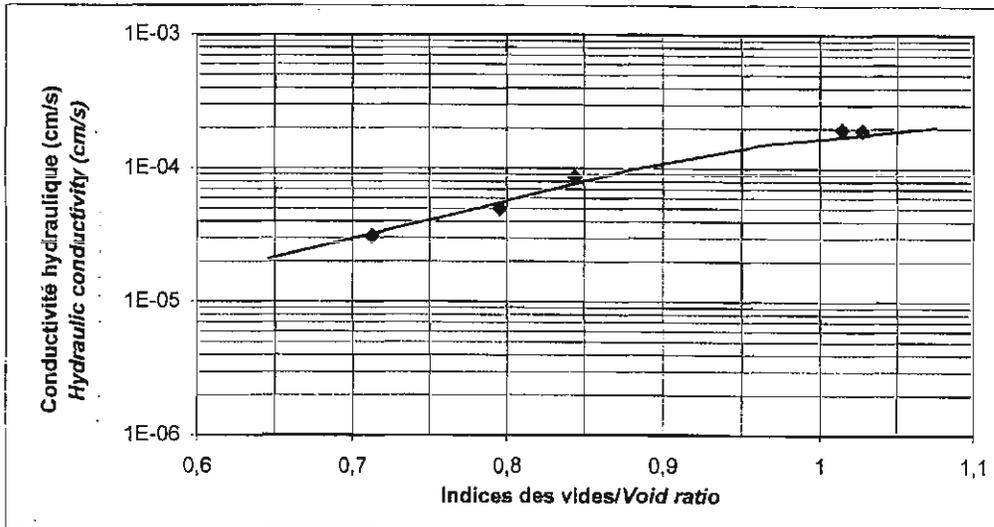


Figure 5: Conductivité hydraulique saturée - résidus MRN.
Figure 5: Saturated hydraulic conductivity - MRN tailings.

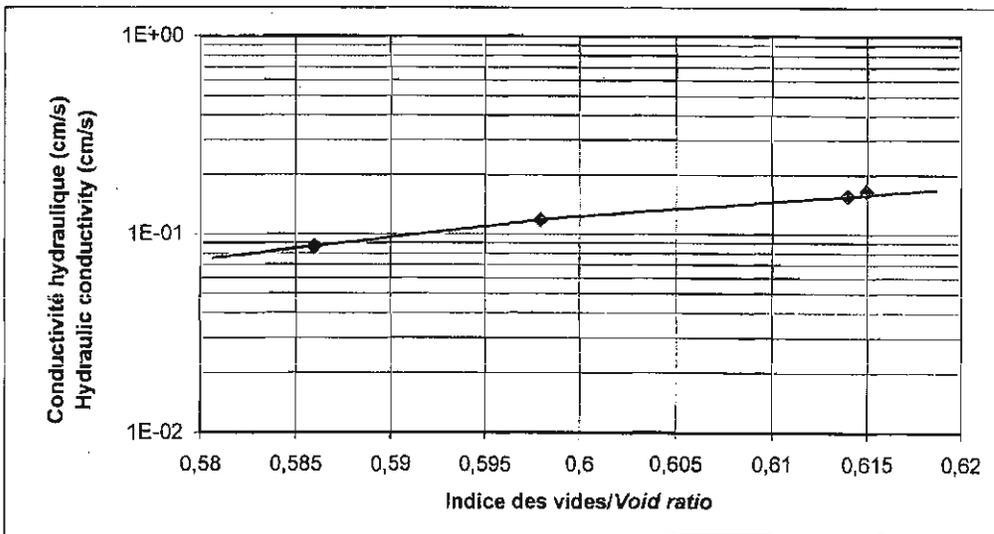


Figure 6: Conductivité hydraulique saturée - sable du banc d'emprunt.
Figure 6: Saturated hydraulic conductivity - sand from the borrow pit.

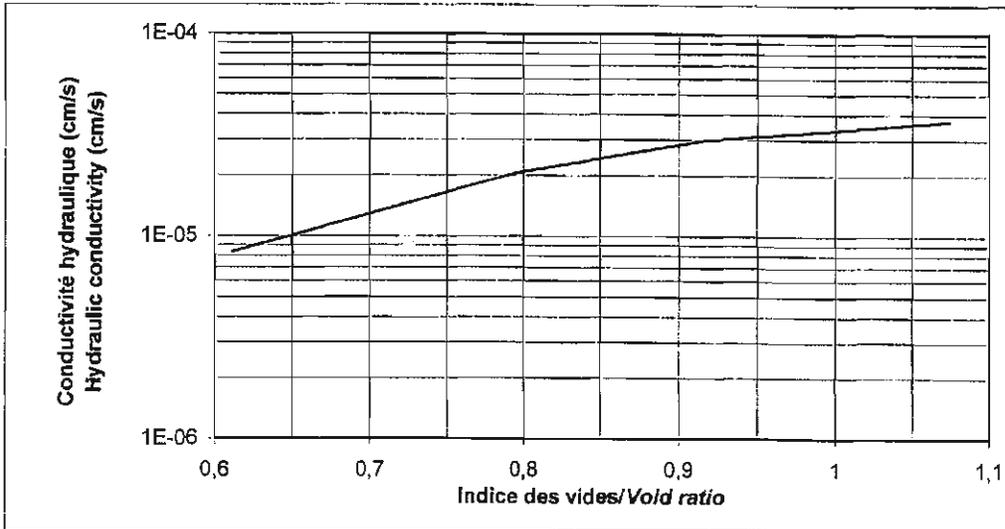


Figure 7: Conductivité hydraulique saturée - résidus LTA.
Figure 7: Saturated hydraulic conductivity - LTA tailings.

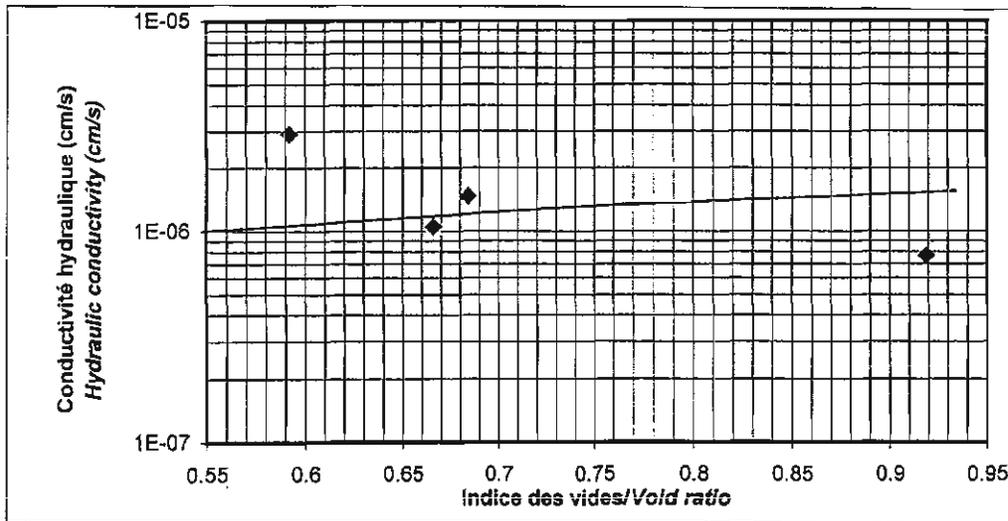


Figure 8: Conductivité hydraulique saturée - silt du banc d'emprunt.
Figure 8: Saturated hydraulic conductivity - silt from the borrow pit.

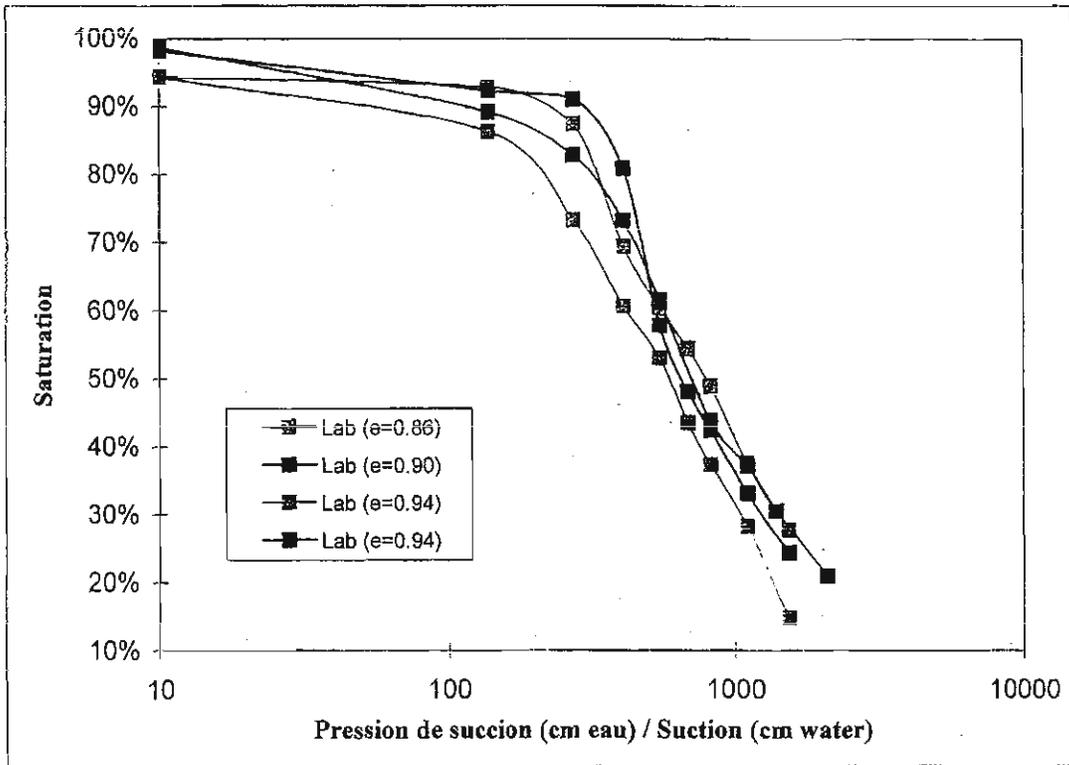


Figure 9 : Courbes caractéristiques de succion - résidus MRN
 Figure 9: Water retention curves - MNR tailings.

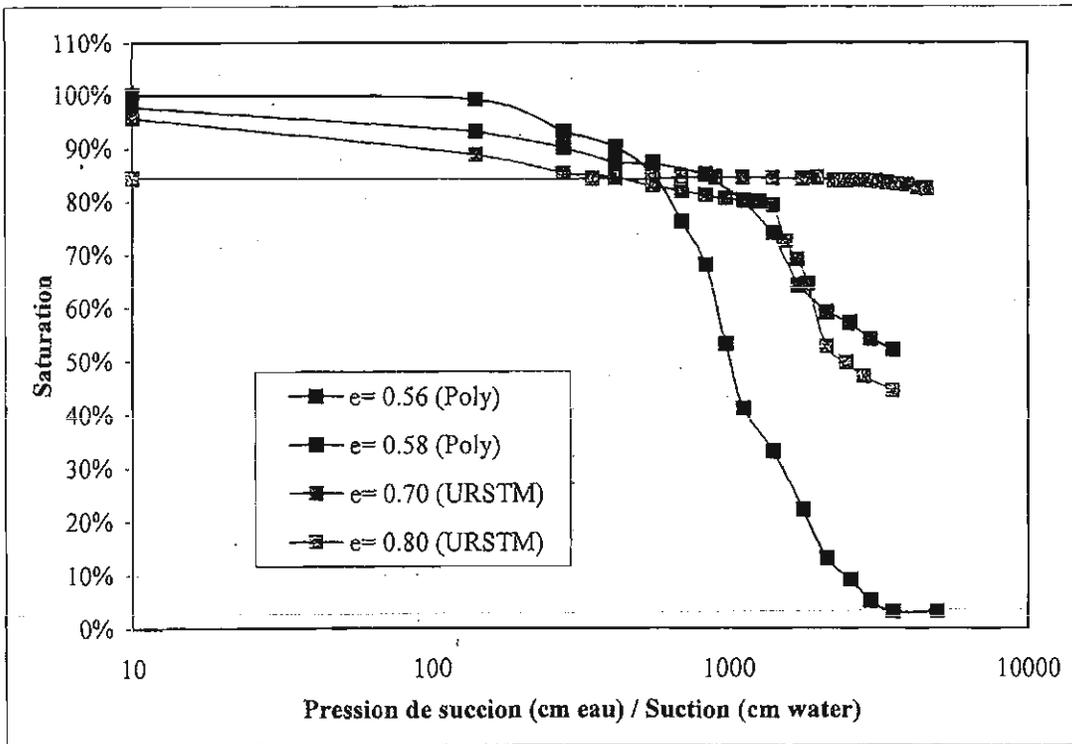


Figure 10: Courbes caractéristiques de succion du silt du banc d'emprunt no.1
 Figure 10: Water retention curves of the silt from borrow pit #1.

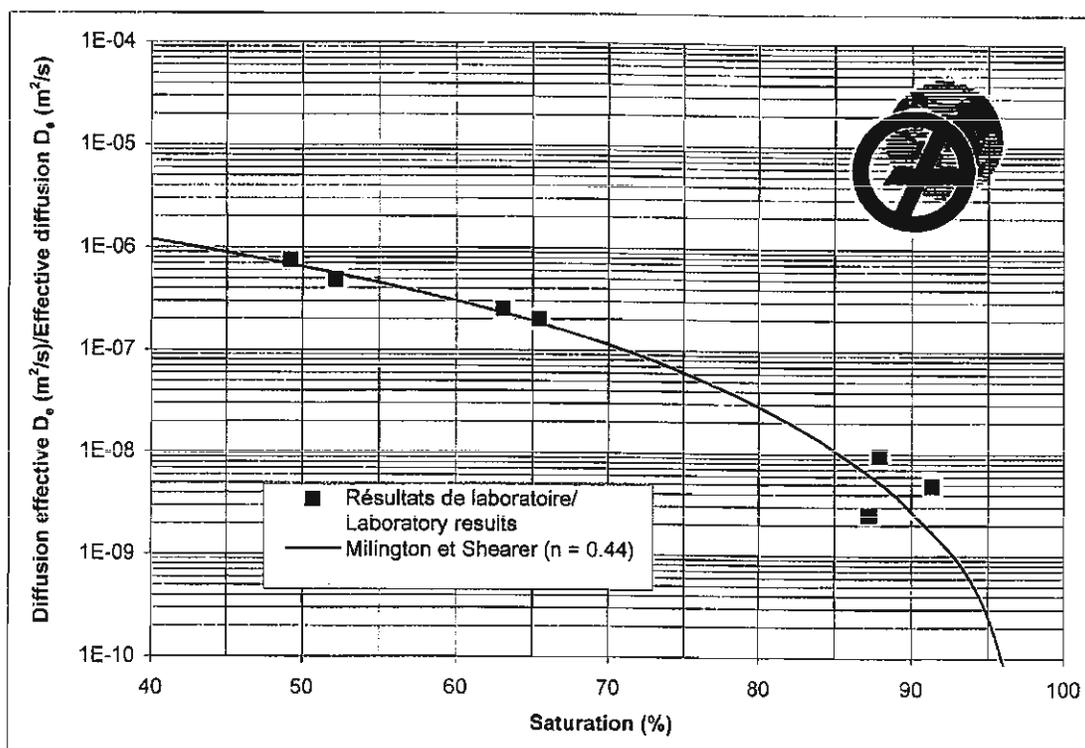
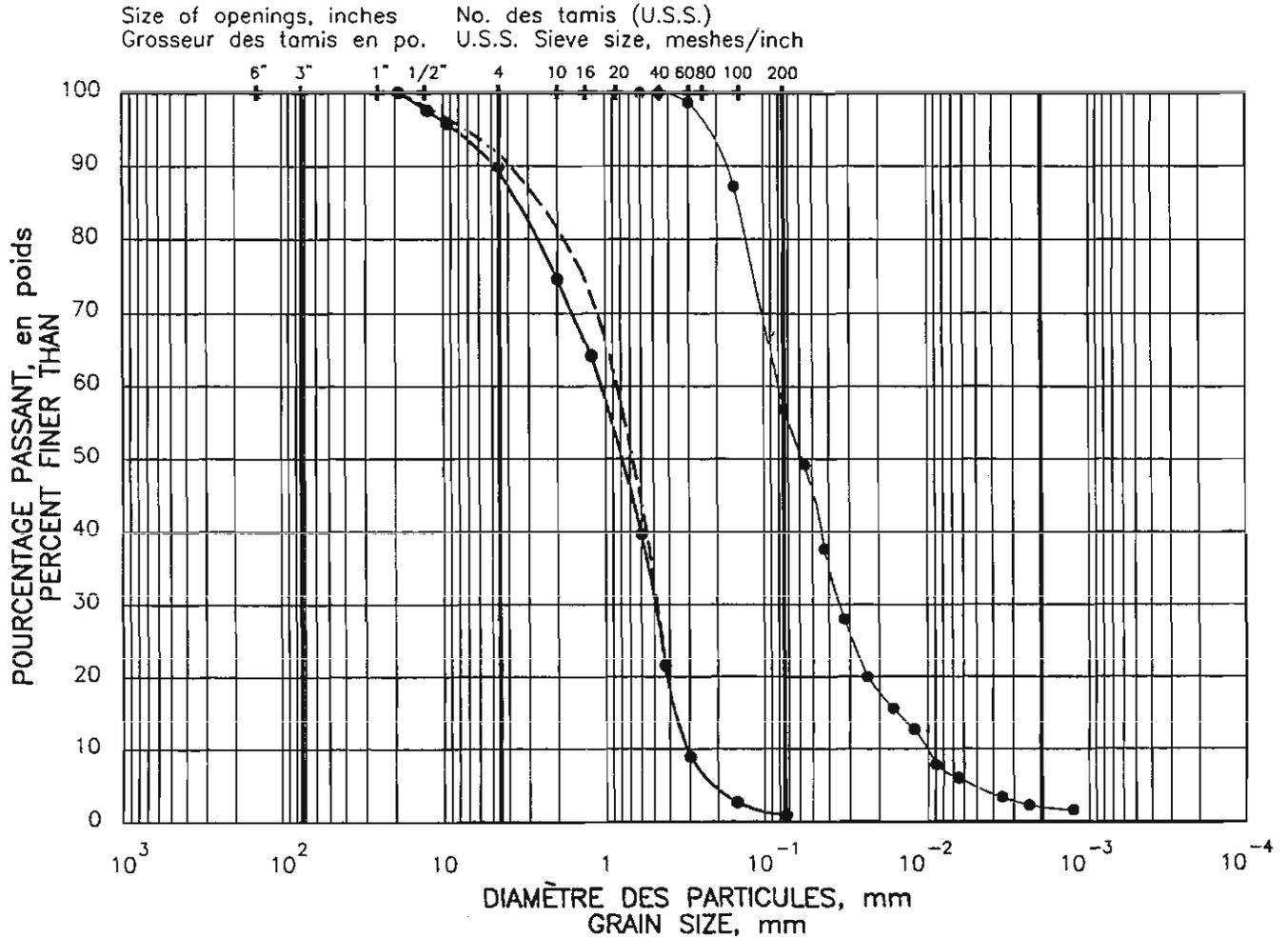


Figure 11: Valeur du coefficient de diffusion d'oxygène en fonction du degré de saturation du résidu MRN.

Figure 11: Oxygen diffusion coefficient vs saturation of the MNR tailings.

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES DES MATÉRIAUX
DE LA COLONNE 1
COLUMN 1 MATERIAL GRAIN SIZE DISTRIBUTION**

FIGURE 12



SYSTÈME UNIFIÉ DE CLASSIFICATION DES SOLS
UNIFIED SYSTEM OF SOIL CLASSIFICATION

BLOCAUX BOULDERS	CAILLOUX COBBLES	GRAVIER / GRAVEL		SABLE / SAND			SILT	ARGILE CLAY
		GROS COARSE	FIN FINE	GROS COARSE	MOYEN MEDIUM	FIN FINE		

FORAGE No. BOREHOLE No.	ÉCHANTILLON No. SAMPLE No.	PROFONDEUR (m) DEPTH (m)	DATE

- COURBE GRANULOMÉTRIQUE — M.N.R. AU MONTAGE
GRAIN SIZE CURVE — M.N.R. AT THE SETTING
- COURBE GRANULOMÉTRIQUE — GOLDER ASSOCIÉS AU MONTAGE
GRAIN SIZE CURVE — GOLDER ASSOCIÉS AT THE SETTING
- .-.- COURBE GRANULOMÉTRIQUE — SABLE À L'INTERFACE APRÈS ESSAIS
GRAIN SIZE CURVE — SAND AT INTERFACE AFTER TESTS

97301F12.DWG

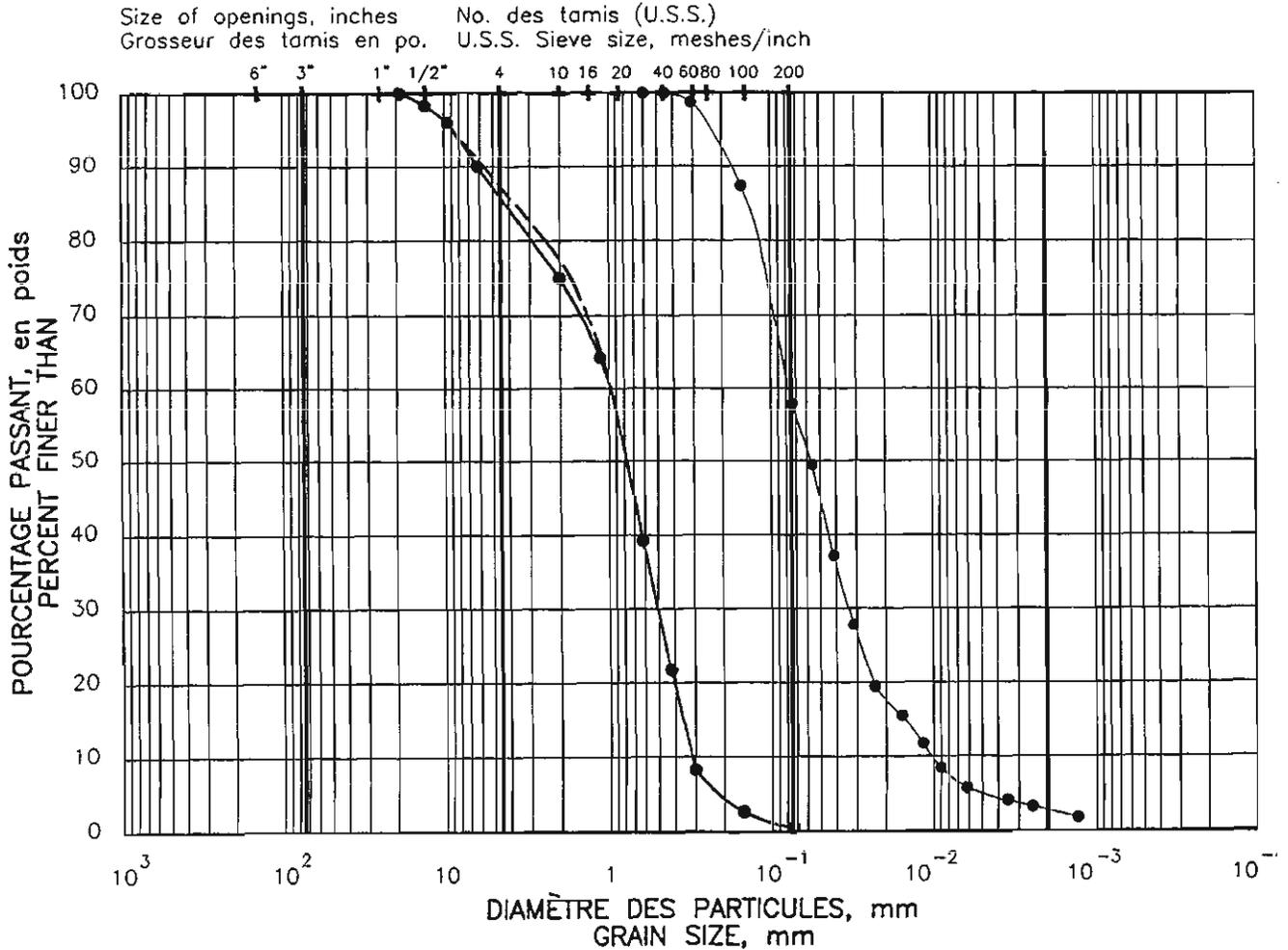
Date: 97-03-26
Projet / Project: 971-7301

Golder Associés

Dessiné par / Drawn by: M.T.
Projeté par / Planned by: J.F.R.

COURBES GRANULOMÉTRIQUES DES MATÉRIAUX DE LA COLONNE 2
 COLUMN 2 MATERIAL GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE 13



SYSTÈME UNIFIÉ DE CLASSIFICATION DES SOLS
 UNIFIED SYSTEM OF SOIL CLASSIFICATION

BLOCAUX BOULDERS	CAILLOUX COBBLES	GRAVIER / GRAVEL		SABLE / SAND			SILT	ARGILE CLAY
		GROS COARSE	FIN FINE	GROS COARSE	MOYEN MEDIUM	FIN FINE		

FORAGE No. BOREHOLE No.	ÉCHANTILLON No. SAMPLE No.	PROFONDEUR (m) DEPTH (m)	DATE

- COURBE GRANULOMÉTRIQUE — M.R.N. AU MONTAGE
 GRAIN SIZE CURVE — M.N.R. AT THE SETTING
- COURBE GRANULOMÉTRIQUE — GOLDER ASSOCIÉS AU MONTAGE
 GRAIN SIZE CURVE — GOLDER ASSOCIÉS AT THE SETTING
- COURBE GRANULOMÉTRIQUE — SABLE À L'INTERFACE APRÈS ESSAIS
 GRAIN SIZE CURVE — SAND AT INTERFACE AFTER TESTS

97301F13.DWG

Date: 97-03-26
 Projet / Project: 971-7301

Golder Associés

Dessiné par / Drawn by: M.T.
 Projeté par / Planned by: J.F.R

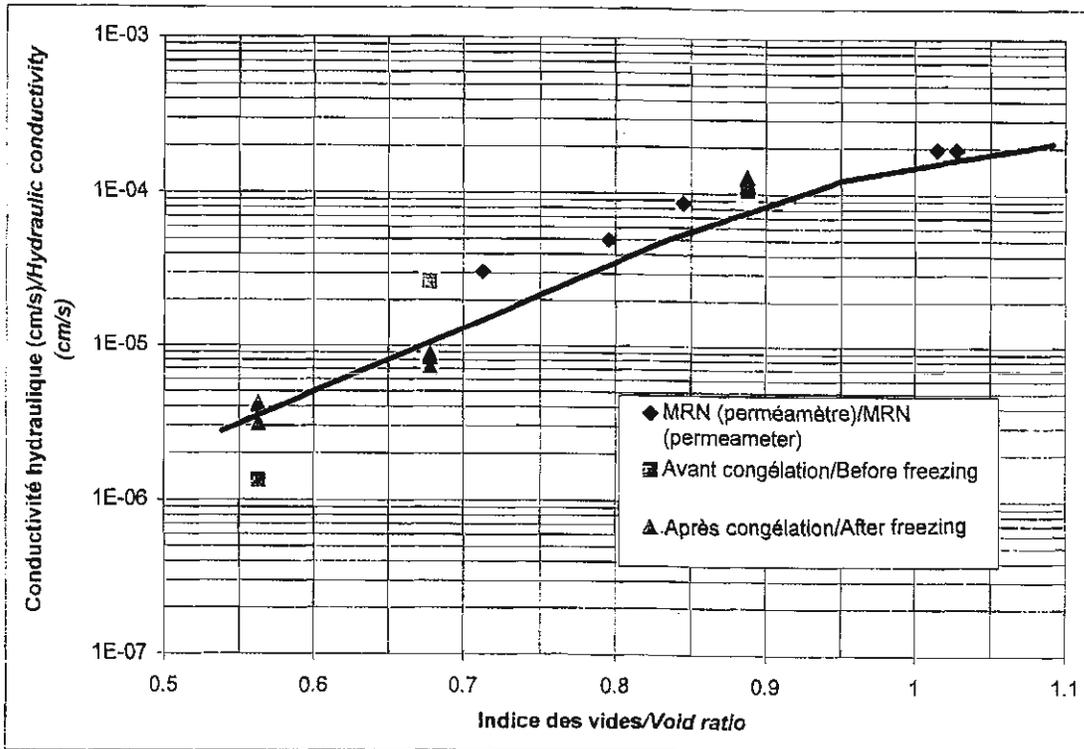


Figure 14: Conductivité hydraulique saturée du résidu MRN avec cycles de gel-dégel
 Figure 14: Saturated hydraulic conductivity of the MNR tailings with freeze-thaw cycles.

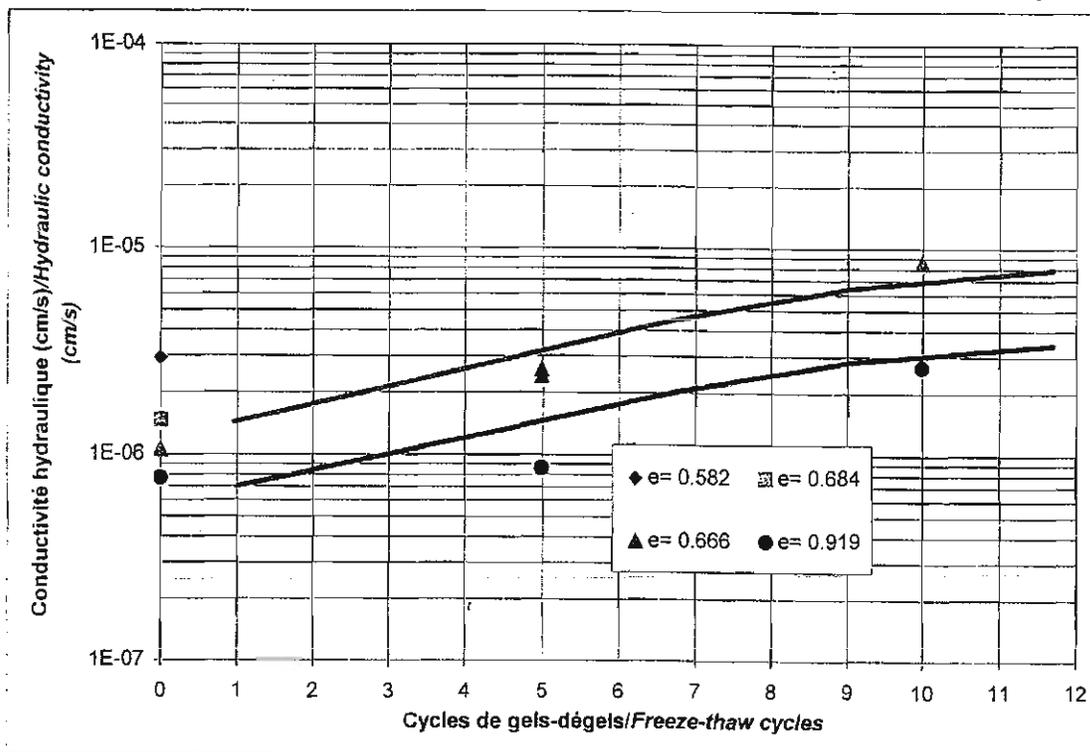
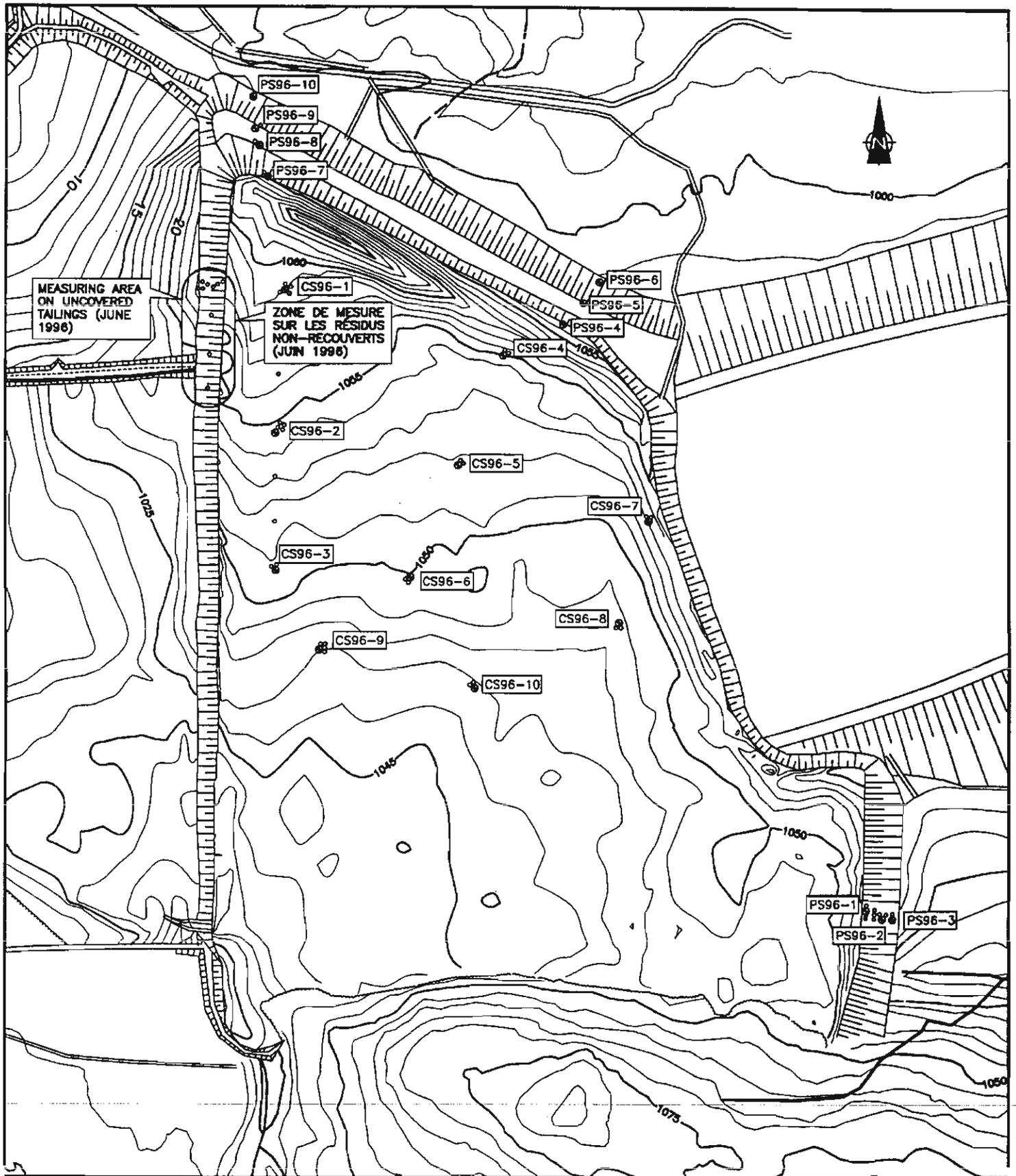


Figure 15: Conductivité hydraulique saturée du silt du banc d'emprunt.
 Figure 15: Saturated hydraulic conductivity of the silt from the borrow pit.



Date:	97-03-24	Échelle: Scale:	1" = 500'
Dessiné par: Drawn by:	M.T.	Projeté par: Planned by:	J.-F.R.
Vérifié par: Checked by:	J.-F.R.	Approuvé par: Approved by:	P.G.
No. de dessin: Drawing no.:	97301F16	No. de projet: Project no.:	971-7301

CANMET

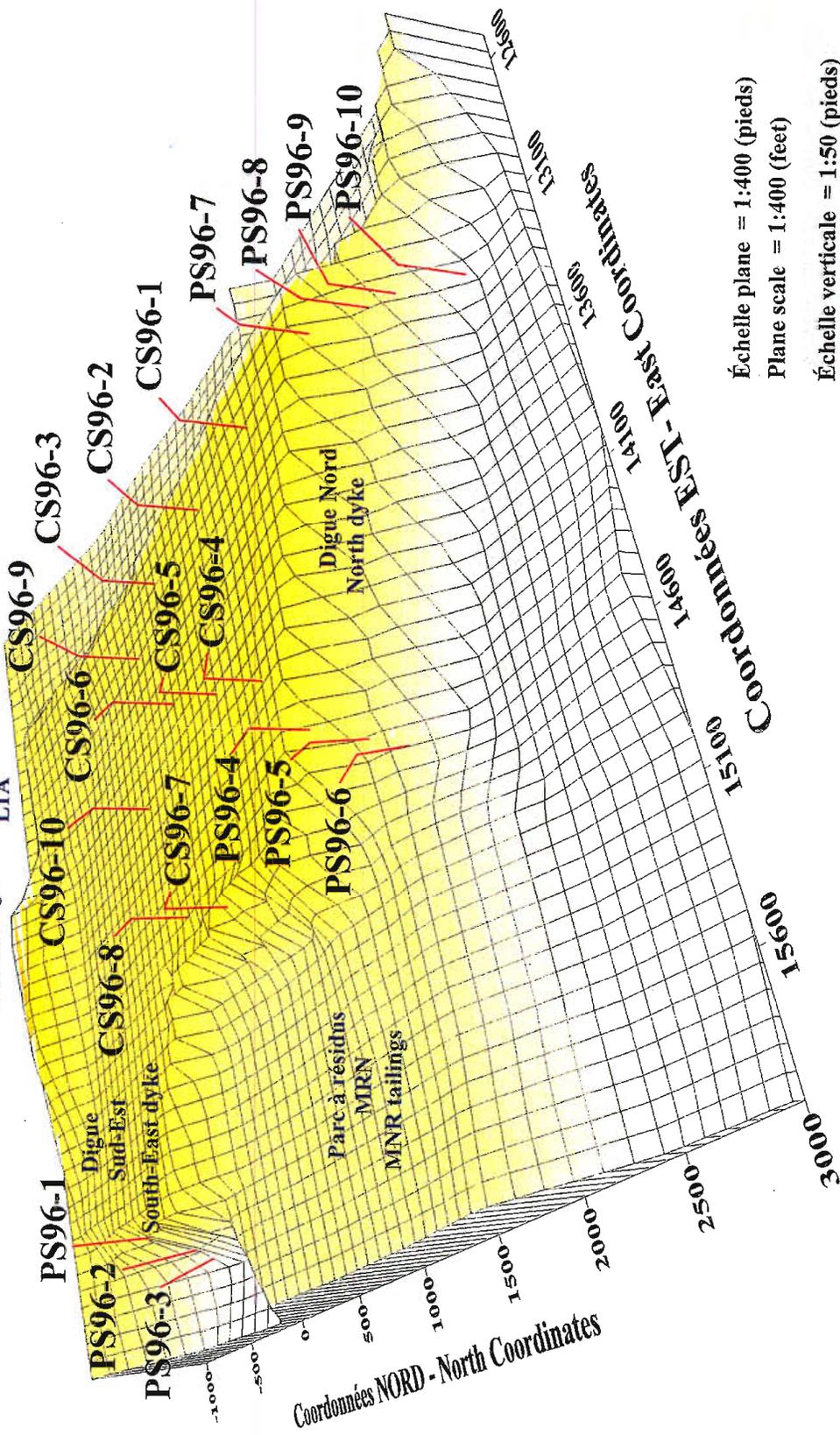
PROPRIÉTÉ "LES TERRAINS AURIFÈRES" PROPERTY
PARC À RÉSIDUS / TAILINGS BASIN

Golder Associés
63, Place Frontenac, Pointe-Claire, Qué.
H9R 4Z7
Tel.: (514) 630-0990 Fax: (514) 630-1178

**PLAN DE LOCALISATION DES STATIONS
D'INSTRUMENTATION DE LA COUVERTURE
DRY COVER MONITORING STATION
LOCATION PLAN**

FIGURE
16

LTA tailings
LTA
Parc à résidus



Échelle plane = 1:400 (pieds)
Plane scale = 1:400 (feet)
Échelle verticale = 1:50 (pieds)
Vertical scale = 1:50 (feet)



Golder Associates
63, Place Frontenac, Pointe-Clair, Qué.,
H9R 4Z7
Tél.: (514) 630-0660 Fax: (514) 630-1178

Date:	97-03-31	Echelle:	As quinqués / Scale:	No. quinqués / or indicated
Drawn by:	S.R.	Planned by:	J.F.R.	
Validated by:	J.F.R.	Approved by:	R.G.	
No. de dossier:	9730117	No. de page:	974-7304	



SJM de la performance de la couverture sèche d'UTA Dry cover monitoring at UTA site		FIGURE 17
Plan de localisation des stations d'instrumentation Monitoring station location		

Mars/March 1997

971-7301



PHOTOGRAPHIE 1: Début des travaux. Mise en place de la Zone 1 (sable) de 0,5 m d'épaisseur. Direction sud-est.
PHOTOGRAPH 1: Start of work. Placing the 0,5 m thick Zone 1 (sand). South-east direction.



PHOTOGRAPHIE 2: Zone 1 (sable) mise en place, compactée et nivelée. Direction sud-est.
PHOTOGRAPH 2: Zone 1 (sand)-placed, compacted and leveled. South-east direction.



PHOTOGRAPHIE 3: Mise en place des résidus MRN (Zone 2) sur la Zone 1 (sable). Secteur sud-est.
PHOTOGRAPH 3: Placing the MRN tailings (Zone 2) over the Zone 1(sand). South-east sector.



PHOTOGRAPHIE 4: Infiltration des résidus à travers la couche de sable (Zone 1).

PHOTOGRAPH 4: Tailings infiltration through the sand layer (Zone 1).



PHOTOGRAPHIE 5: Infiltration des résidus à travers la couche de sable (Zone 1).

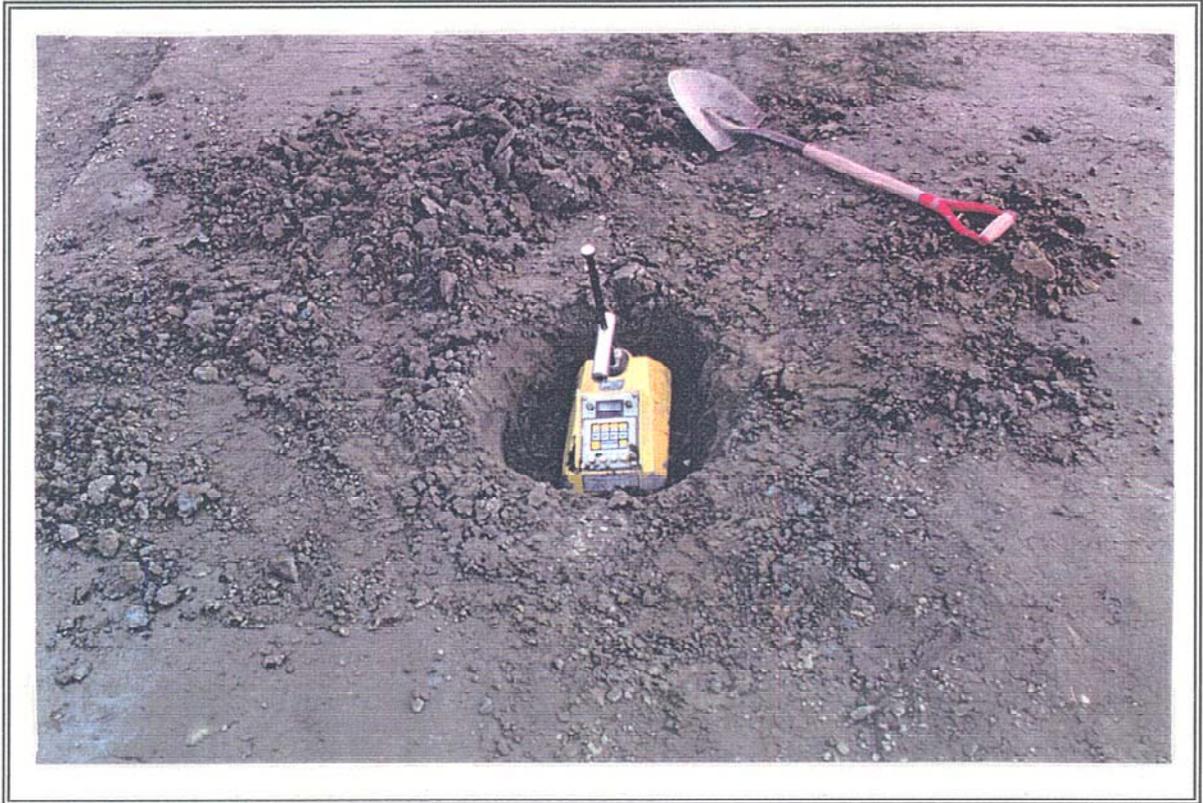
PHOTOGRAPH 5: Tailings infiltration through the sand layer (Zone 1).



PHOTOGRAPHIE 6: Étalement des résidus du MRN dans la zone sud-est.
PHOTOGRAPH 6: Flattening the MRN tailings in the south-east zone.



PHOTOGRAPHIE 7: Compactage des résidus du MRN dans la zone sud-est.
PHOTOGRAPH 7: Compacting the MRN tailings in the south-east zone.

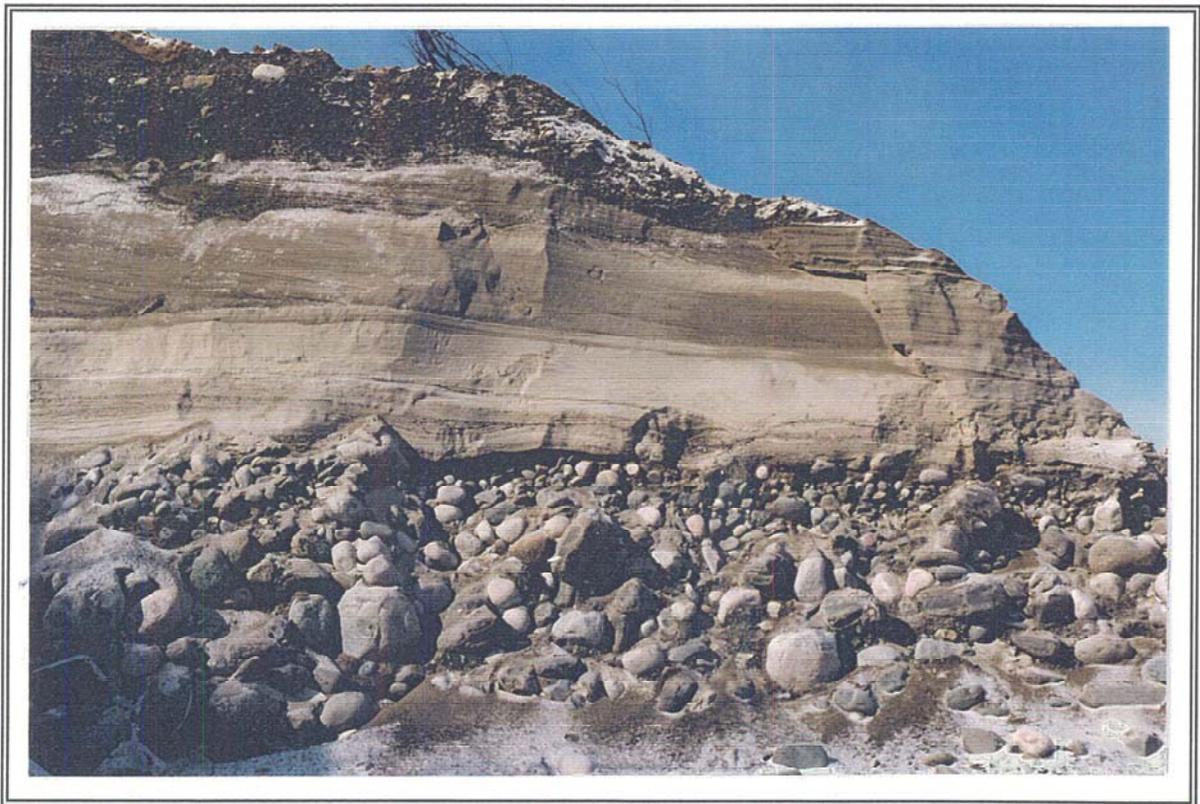


PHOTOGRAPHIE 8: Mesure de la densité sur le terrain.
PHOTOGRAPH 8: Density measurements in the field.



PHOTOGRAPHIE 9: Banc d'emprunt - stratification.

PHOTOGRAPH 9: Borrow pit - stratification.



PHOTOGRAPHIE 10: Banc d'emprunt - stratification.

PHOTOGRAPH 10: Borrow pit - stratification.



PHOTOGRAPHIE 11: Digue sud-est - nivellement de la pente.
PHOTOGRAPH 11: South-east dyke - levelling of the slope.

Mars/March 1997

971-7301



PHOTOGRAPHIE 12: Digue sud-est - nivellement de la pente.
PHOTOGRAPH 12: South-east dyke: levelling of the slope.



PHOTOGRAPHIE 13: Digue est- nivellement de la pente.

PHOTOGRAPH 13: South dyke - levelling of the slope.



PHOTOGRAPHIE 14: Construction du chemin d'accès.
PHOTOGRAPH 14: Haul road construction.



PHOTOGRAPHIE 15: Construction du chemin d'accès.
PHOTOGRAPH 15: Haul road construction.



PHOTOGRAPHIE 16: Épandage de la chaux sur les parois des digues est, sud-est et nord.
PHOTOGRAPH 16: Lime spreading on the slopes of the east, south-east and north dykes.



PHOTOGRAPHIE 17: Épandage de la chaux sur les parois des digues est, sud-est et nord.
PHOTOGRAPH 17: Lime spreading on the slopes of the east, south-east and north dykes.



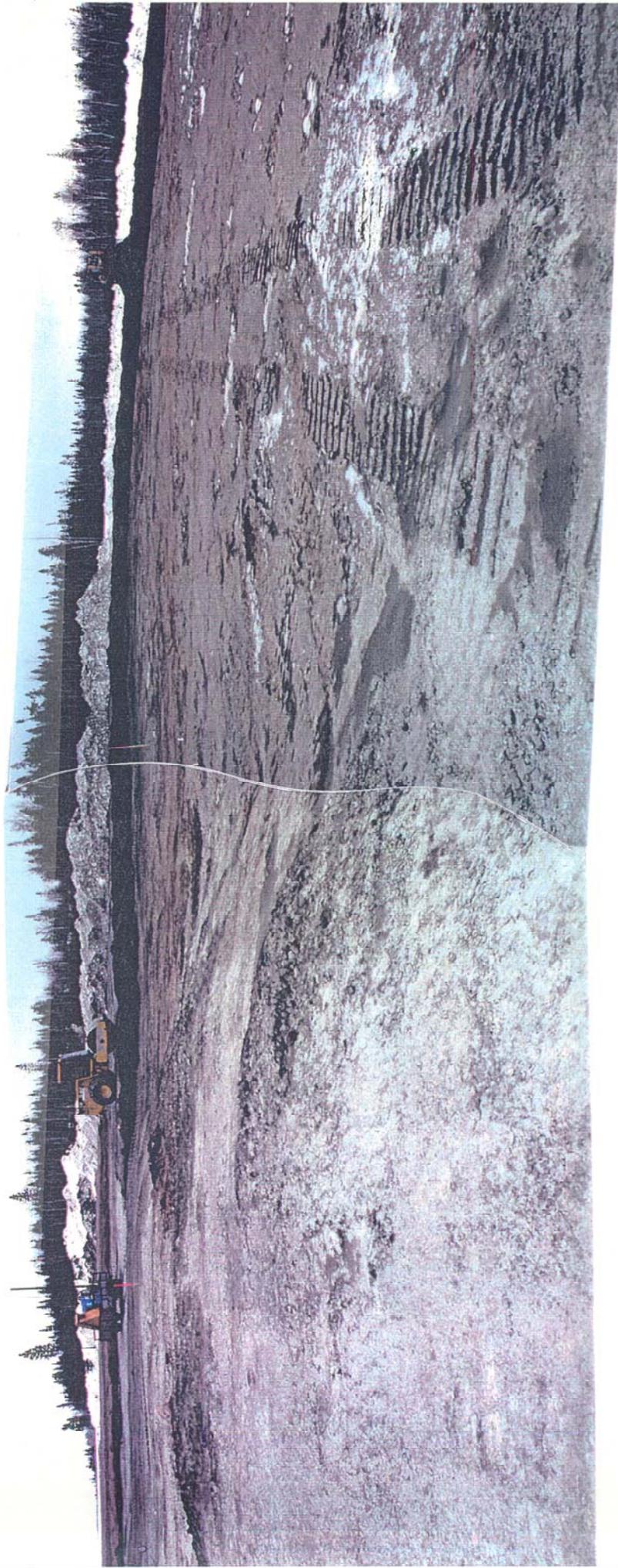
PHOTOGRAPHIE 18: Zone 1 - mise en place et compactage de la couche de sable et gravier.
PHOTOGRAPH 18: Zone 1 - placing and compacting of the sand and gravel layer.



PHOTOGRAPHIE 19: Équipement de terrain
PHOTOGRAPH 19: Field machinery



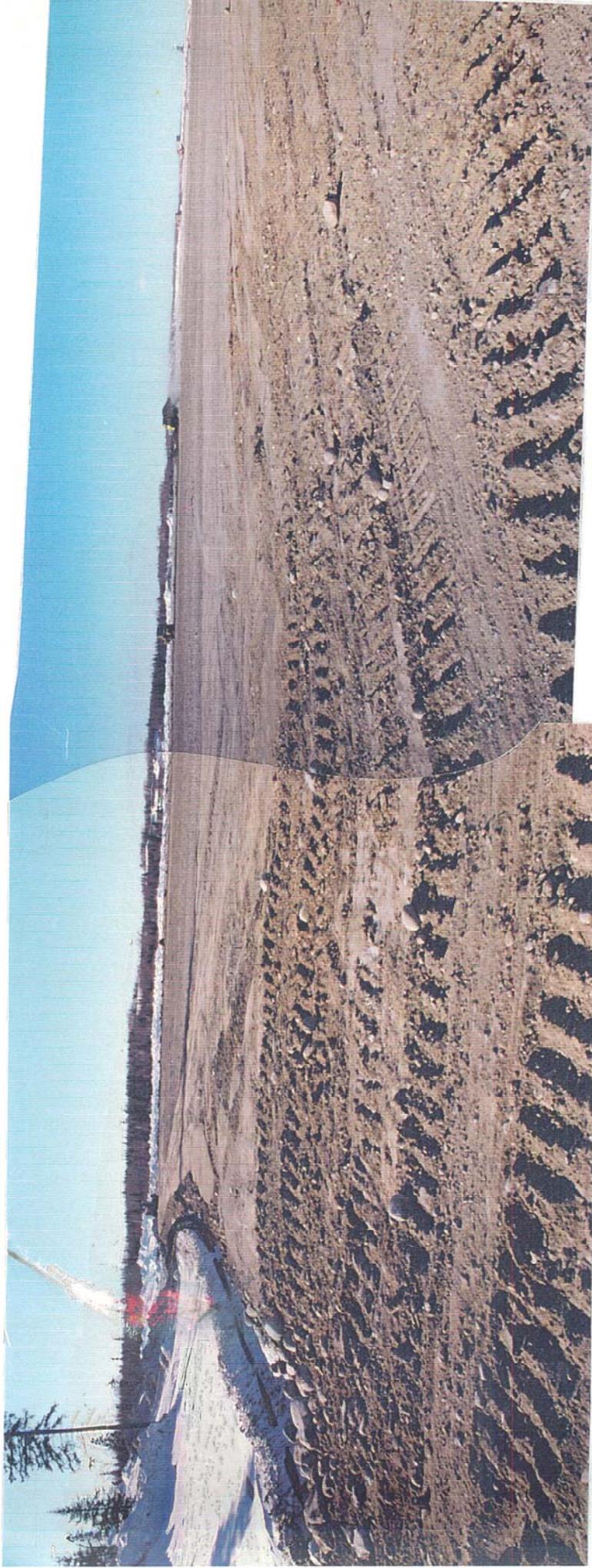
PHOTOGRAPHIE 20: Mise en place et compactage des résidus du MRN (Zone 2) sur la Zone 1 (sable).
PHOTOGRAPH 20: Placing and compacting the MRN tailings (Zone 2) over the Zone 1 (sand).



PHOTOGRAPHIE 21: Mise en place de la Zone 2. Direction sud.
PHOTOGRAPH 21: Placing the Zone 2. South direction.

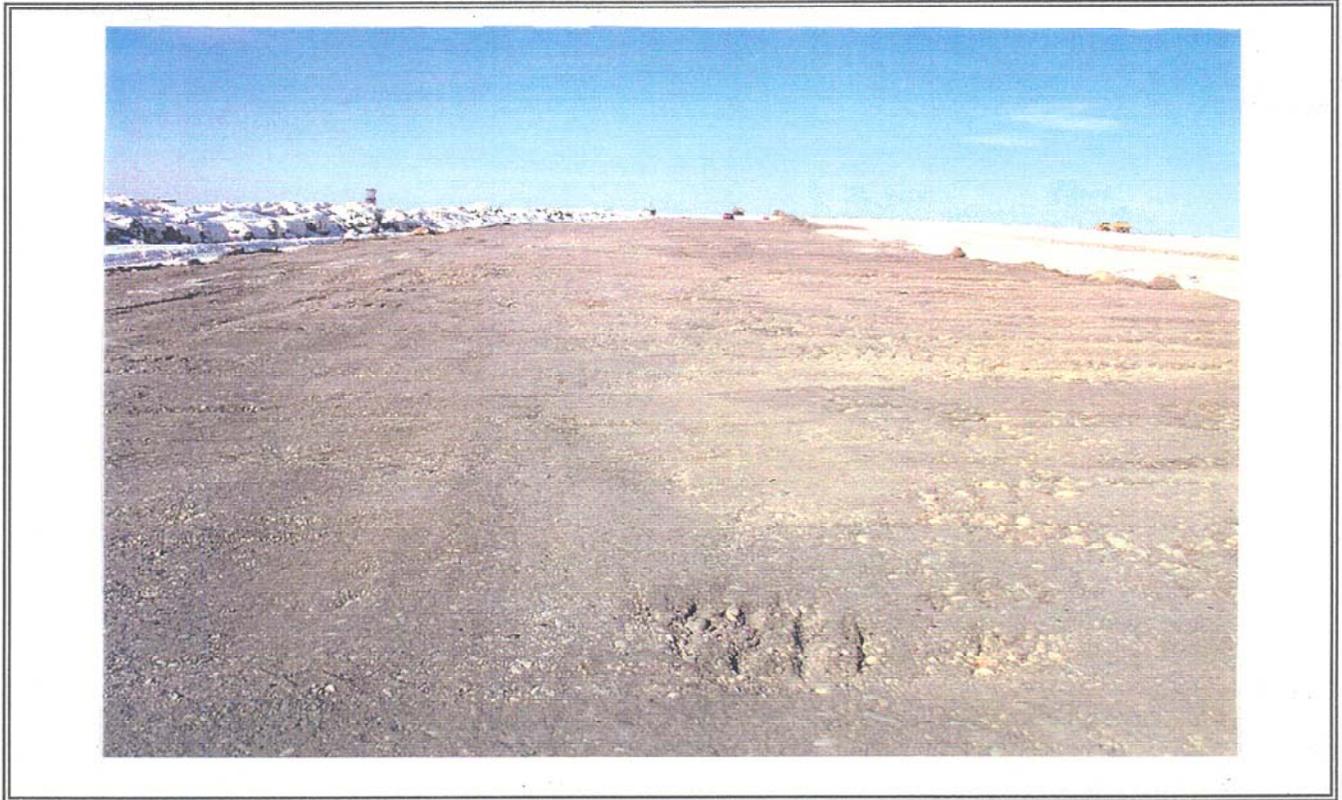
Mars/March 1997

971-7301



PHOTOGRAPHIE 22: Zone 3 - mise en place et compactage.

PHOTOGRAPH 22: Zone 3 - placing and compacting.

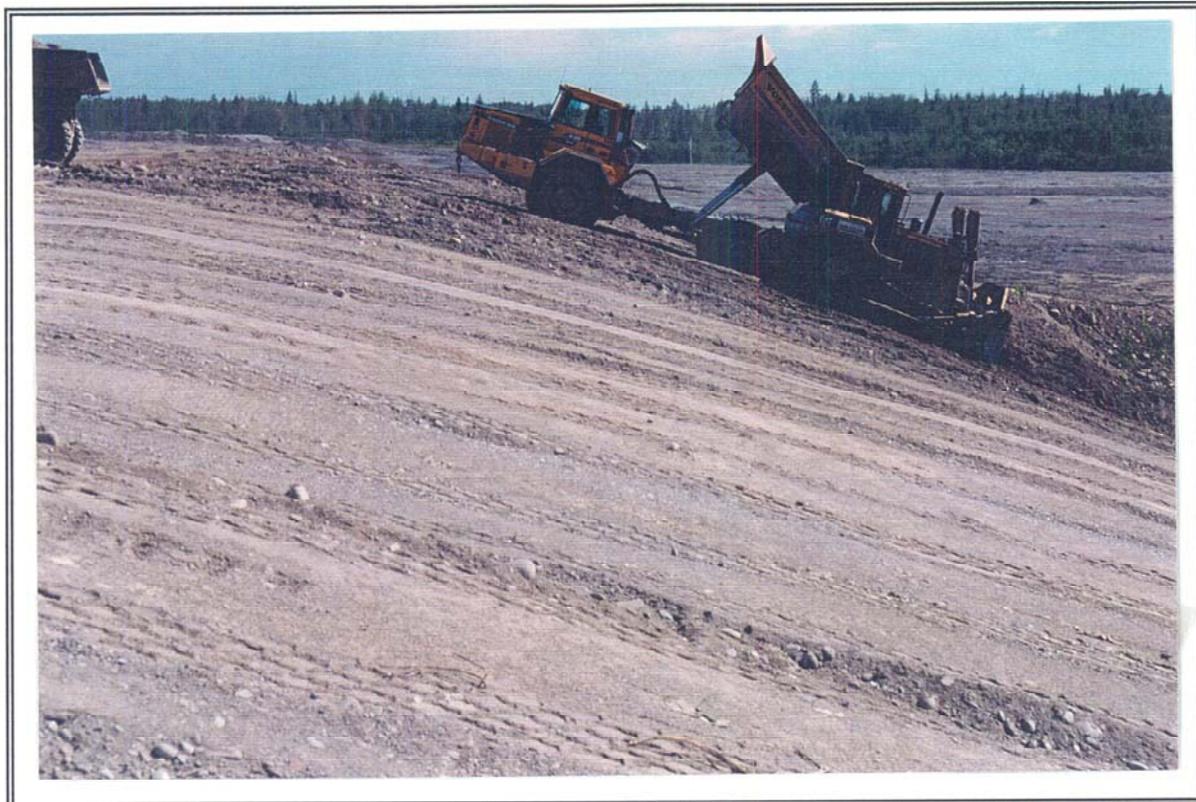


PHOTOGRAPHIE 23: Mise en place et compactage de la Zone 3 (sable et gravier) sur les résidus du MRN.
PHOTOGRAPH 23: Placing and compacting the Zone 3 (sand and gravel) over the MRN tailings.



PHOTOGRAPHIE 24: Reprofilage de la digue ouest avant la mise en place de la Zone 1 (sable).

PHOTOGRAPH 24: Reprofilng the west dyke prior to placing the Zone 1 (sand).



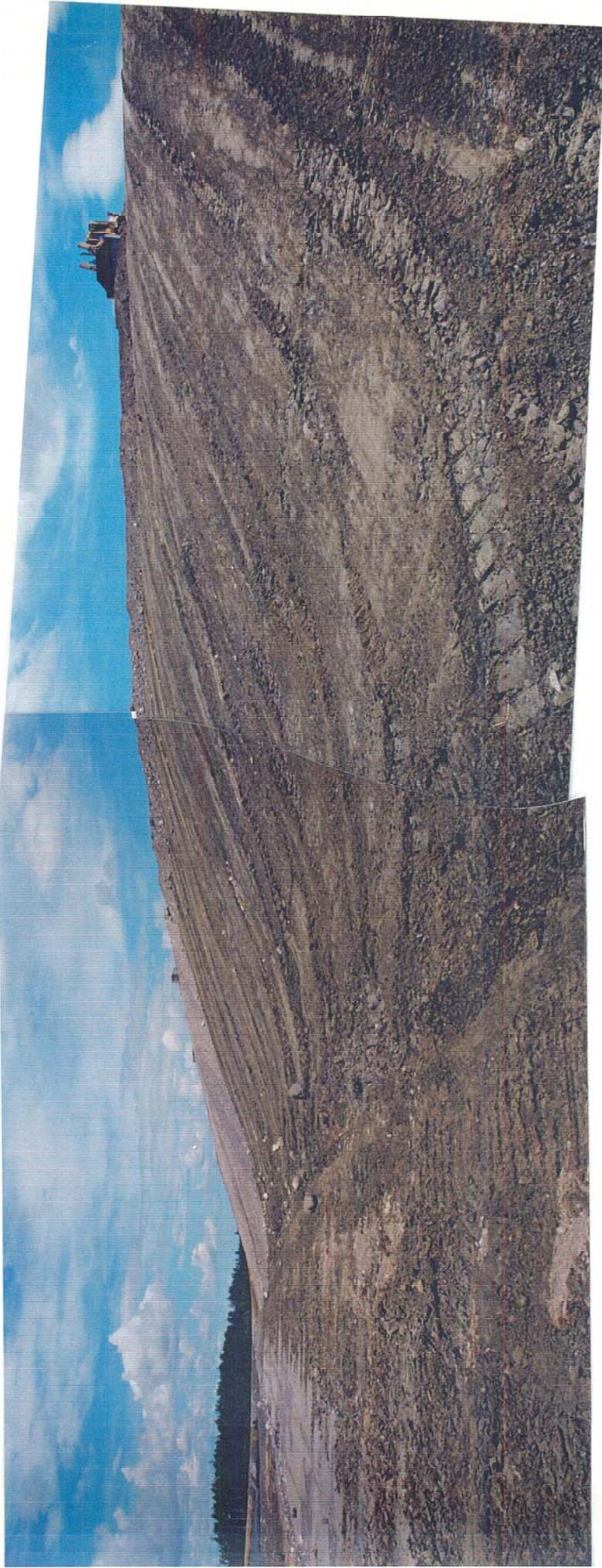
PHOTOGRAPHIE 25: Digue ouest. Mise en place et compactage de la Zone 1 (sable) de 0,5 m d'épaisseur.
PHOTOGRAPH 25: West dyke. Placing and compacting the 0,5 m thick Zone 1 (sand).



PHOTOGRAPHIE 26: Digue ouest. Mise en place et compactage de la Zone 1 (sable) de 0,5 m d'épaisseur.
PHOTOGRAPH 26: West dyke. Placing and compacting the 0,5 m thick Zone 1 (sand).

Mars/March 1997

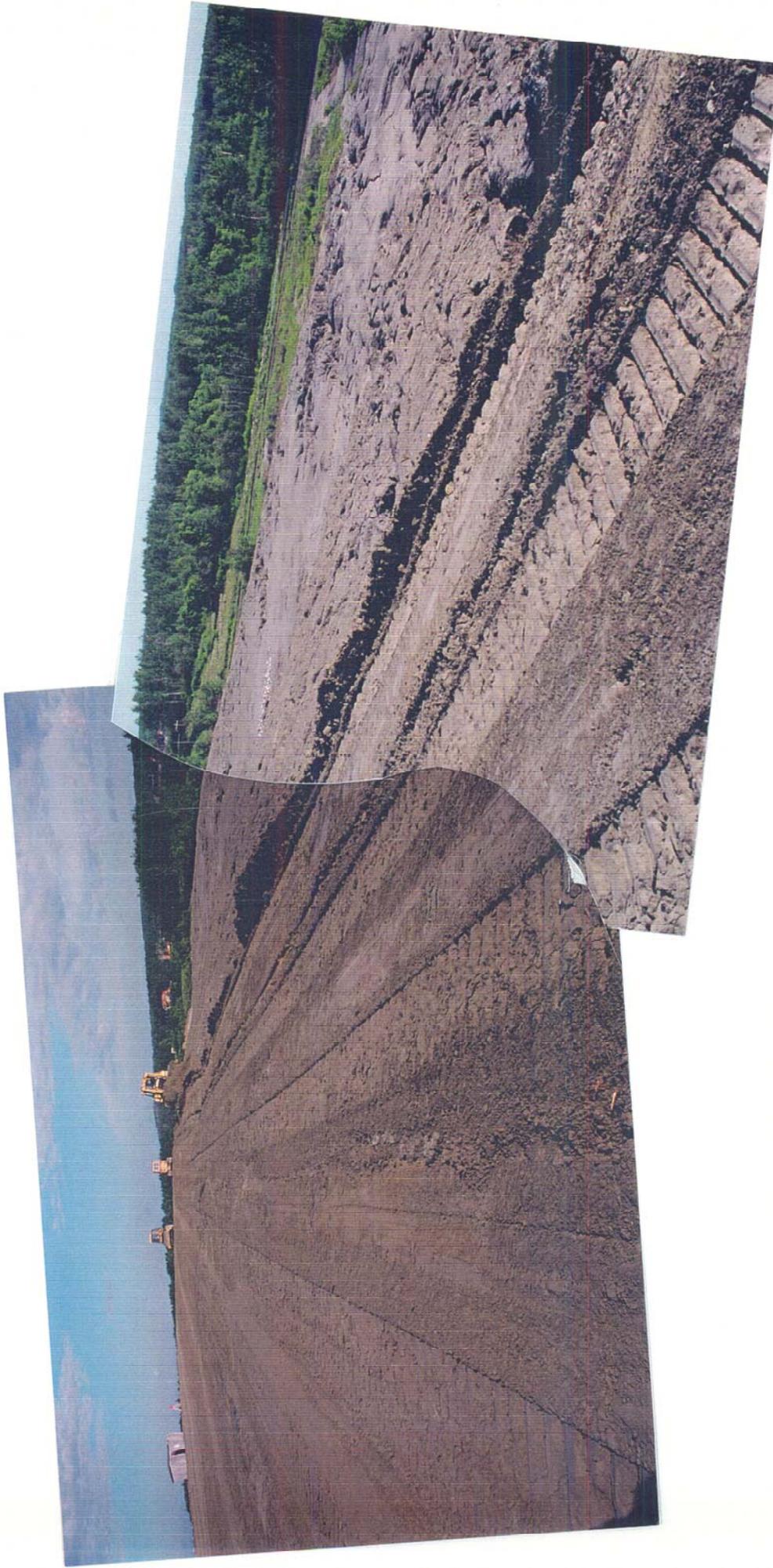
971-7301



PHOTOGRAPHIE 27: Digue ouest. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la pente de la digue reprofilée.
PHOTOGRAPH 27: West dyke. Placing the Zone 2 (silt) on the reprofiled slopes.

Mars/March 1997

971-7301



PHOTOGRAPHIE 28: Digue nord. Reprofilage de la Zone 2 (résidus) placée en hiver 1996. Vue ouest.
PHOTOGRAPH 28: North dyke. Reprofilage the Zone 2 (tailings) placed in winter 1996. View west.



PHOTOGRAPHIE 29: Digue nord. Compactage de la Zone 2 (résidus) reprofilée.
PHOTOGRAPH 29: North dyke. Compacting the reprofiled Zone 2 (tailings).



PHOTOGRAPHIE 30: Pente de la digue nord. Mise en place de la Zone 3 (sable et gravier).
PHOTOGRAPH 30: North dyke slope. Placing the Zone 3 (sand and gravel).



PHOTOGRAPHIE 31: Pente de la digue nord. Compactage de la Zone 3 (sable et gravier).
PHOTOGRAPH 31: North dyke slope. Compacting the Zone 3 (sand and gravel).



PHOTOGRAPHIE 32: Digue ouest. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la Zone 1 (sable).
PHOTOGRAPH 32: West dyke. Placing the Zone 2 (silt) over the Zone 1 (sand).



PHOTOGRAPHIE 33: Digue ouest. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la Zone 1 (sable).
PHOTOGRAPH 33: West dyke. Placing the Zone 2 (silt) over the Zone 1 (sand).



PHOTOGRAPHIE 34: Démantèlement du chemin d'accès sur le sommet du parc à résidus.
PHOTOGRAPH 34: Dismantling the haul road on the top of the tailings basin.

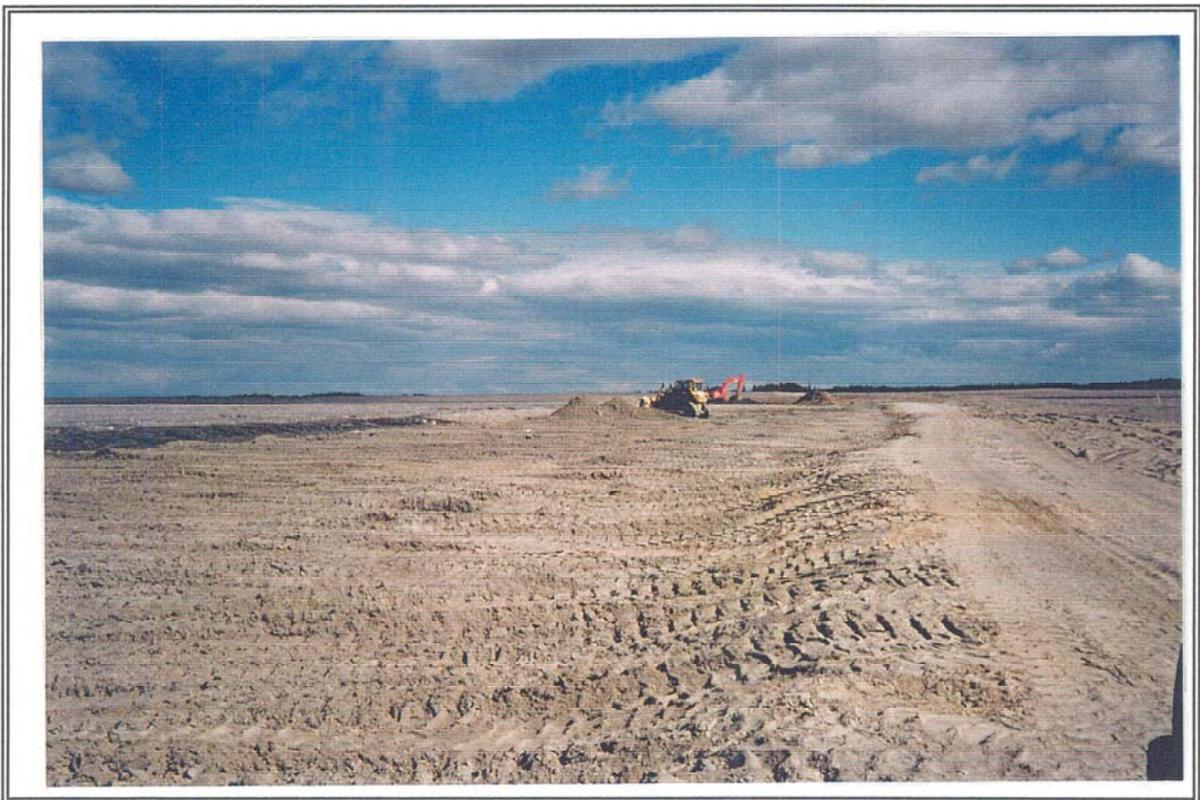


PHOTOGRAPHIE 35: Chemin d'accès. Mise en place de la Zone 2 (silt) sur la Zone 1 constituée du sable du chemin.
PHOTOGRAPH 35: Placing Zone 2 (silt) over haul road Zone 1 layer.



PHOTOGRAPHIE 36: Chemin d'accès sur le sommet du parc à résidus. Mise en place de la Zone 2 (silt).

PHOTOGRAPH 36: Haul road on the top of the tailings basin. Placing the Zone 2 (silt).



PHOTOGRAPHIE 37: Chemin d'accès sur le sommet du parc à résidus. Construction de la couverture.

PHOTOGRAPH 37: Haul road on the top of the tailings basin. Cover construction.



PHOTOGRAPHIE 38: Mise en place d'une station de mesure de consommation d'oxygène.

PHOTOGRAPH 38: Placing a station for oxygen consumption measurements.



PHOTOGRAPHIE 39: Station de mesure de consommation d'oxygène.

PHOTOGRAPH 39: Oxygen consumption measurements station.



PHOTOGRAPHIE 40: Mise en place d'une sonde TDR.

PHOTOGRAPH 40: Placing a TDR probe.



PHOTOGRAPHIE 41: Mise en place d'une sonde Watermark.

PHOTOGRAPH 41: Placing a Watermark probe.

GLOSSARY

French to English Translation of technical terms used in the document

% passant	:	% passing
analyse granulométrique	:	sieve analysis
anneau	:	ring
argile	:	clay
banc d'emprunt	:	borrow pit
cellule	:	cell
charge	:	load
chocs	:	impacts
compacté	:	compacted
congélation	:	freeze
corrigée	:	corrected
couche	:	layer
débit	:	flow
dégel	:	thawing
degré de saturation	:	saturation level
densité relative des grains	:	grain density
diamètre	:	diameter
diamètre des grains	:	grain size
eau	:	water
écart type	:	standard deviation
échantillon	:	sample
entrée	:	input
épaisseur	:	thickness
essai	:	test
gel	:	freeze
gravier	:	gravel
grs - grammes	:	grams
hauteur	:	height
humide	:	humid
indice des vides	:	void ratio
indice de régression	:	regression index
lectures	:	readings
limite de liquidité	:	liquidity limit
limite de plasticité	:	plasticity limit
limites de consistance d'Atterberg	:	Atterberg's limits
longueur	:	length

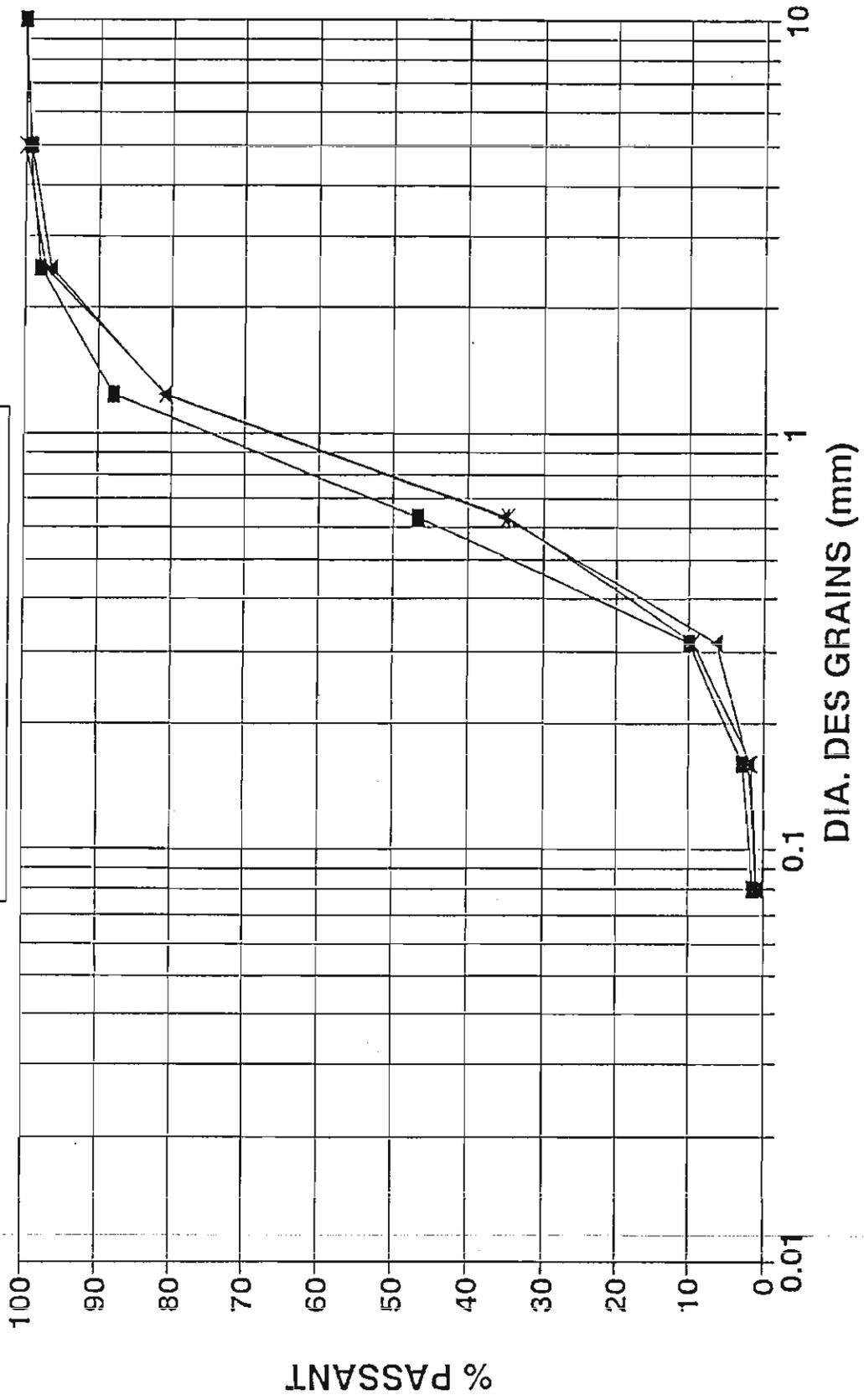
GLOSSARY
(continued)

**French to English Translation of technical terms used
in the document**

masse volumique	:	density
moule	:	mold
moyenne	:	average
nb. - nombre	:	number
pds - poids	:	mass
perméabilité	:	hydraulic conductivity
porosité	:	porosity
profondeur	:	depth
résidus	:	tailings
rétenion capillaire	:	water retention
rouleau	:	drum compactor
sable	:	sand
sec	:	dry
sèche	:	dry
sol	:	soil
sortie	:	output
temps	:	time
teneur en eau	:	water content
terrain	:	field
tev - teneur en eau volumique	:	volumetric water content
trou	:	hole
valeurs	:	values

APPENDIX A
GEOTECHNICAL DATA OF THE WEST BORROW PIT
(École Polytechnique)

Analyse granulométrique
BANC D'EMPRUNT OUEST



—■— OXY #1 —▲— OXY #2 —×— OXY #3

ECOLE POLYTECHNIQUE, Dépt. de Génie Minéral

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION....	GOLDER
TROU NO.....	
PROFONDEUR.....	SABLE
SECTION.....	
FICHER: GOLDER\DD\SABLE	DATE: 06-11-1995

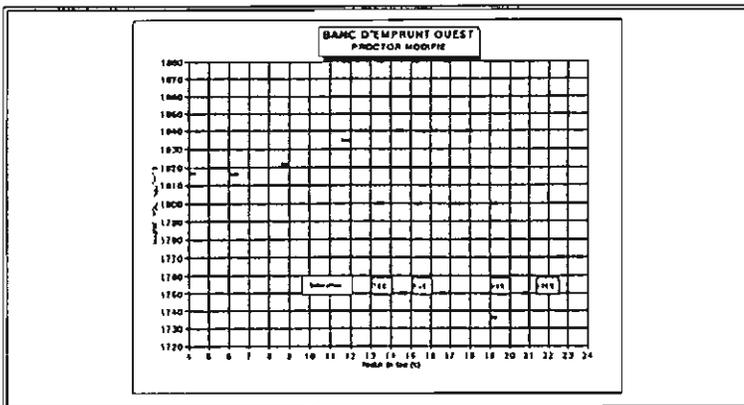
PYCNOMETRE NO	1	3	4
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	755.38	733.38	739.35
TEMPERATURE D'ESSAI	23.4	23.3	23.3
PDS PYCNOMETRE +EAU GRS (M2T2)	675.65	665.68	665.00
TARE NO	8	9	10
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	296.39	274.58	290.27
PDS DE LA TARE	171.20	168.26	173.50
PDS DU SOL SEC GRS	125.19	106.32	116.77
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0.99746	0.99748	0.99748
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 °C	0.99823	0.99823	0.99823
DENSITE RELATIVE (DR)	2.754	2.753	2.753
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2.752	2.751	2.751
MOYENNE:		2.751	

ESSAI PROCTOR

IDENTIFICATION: Sable fin Banc d'emprunt Ouest
 ECHANTILLONNAGE 09-95 PAR J. FRANCOIS

	1	2	3	4	5	6
MOULE SOL COMPACTE	6134.2	6169.7	6218.0	6281.9	6357.7	6300.0
MOULE	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7
PDS SOL COMPACTE	1782.5	1818.0	1866.3	1930.2	2006.0	1948.3
MASSE VOL. HUMIDE	1892.9	1930.6	1981.8	2049.7	2130.2	2068.9
MASSE VOL. SECHE	1816.8	1816.1	1821.7	1834.5	1839.9	1736.0
NO TARE	14	1	6	4	3	5
MASSE T. + SOL HUM.	1949.3	2013.0	2059.7	2127.2	2555.1	2587.9
MASSE T. + SOL SEC	1877.8	1905.4	1909.1	1925.0	2235.1	2202.6
MASSE EAU	71.5	107.6	150.6	202.2	320.0	385.3
MASSE TARE	170.9	198.1	196.5	200.9	206.9	193.6
MASSE SOL SEC	1706.9	1707.3	1712.6	1724.1	2028.2	2009.0
TENEUR EN EAU %	4.2	6.3	8.8	11.7	15.8	19.2
INDICE DES VIDES:	0.514	0.515	0.510	0.500	0.495	0.585
POROSITE: %	34.0	34.0	33.8	33.3	33.1	36.9

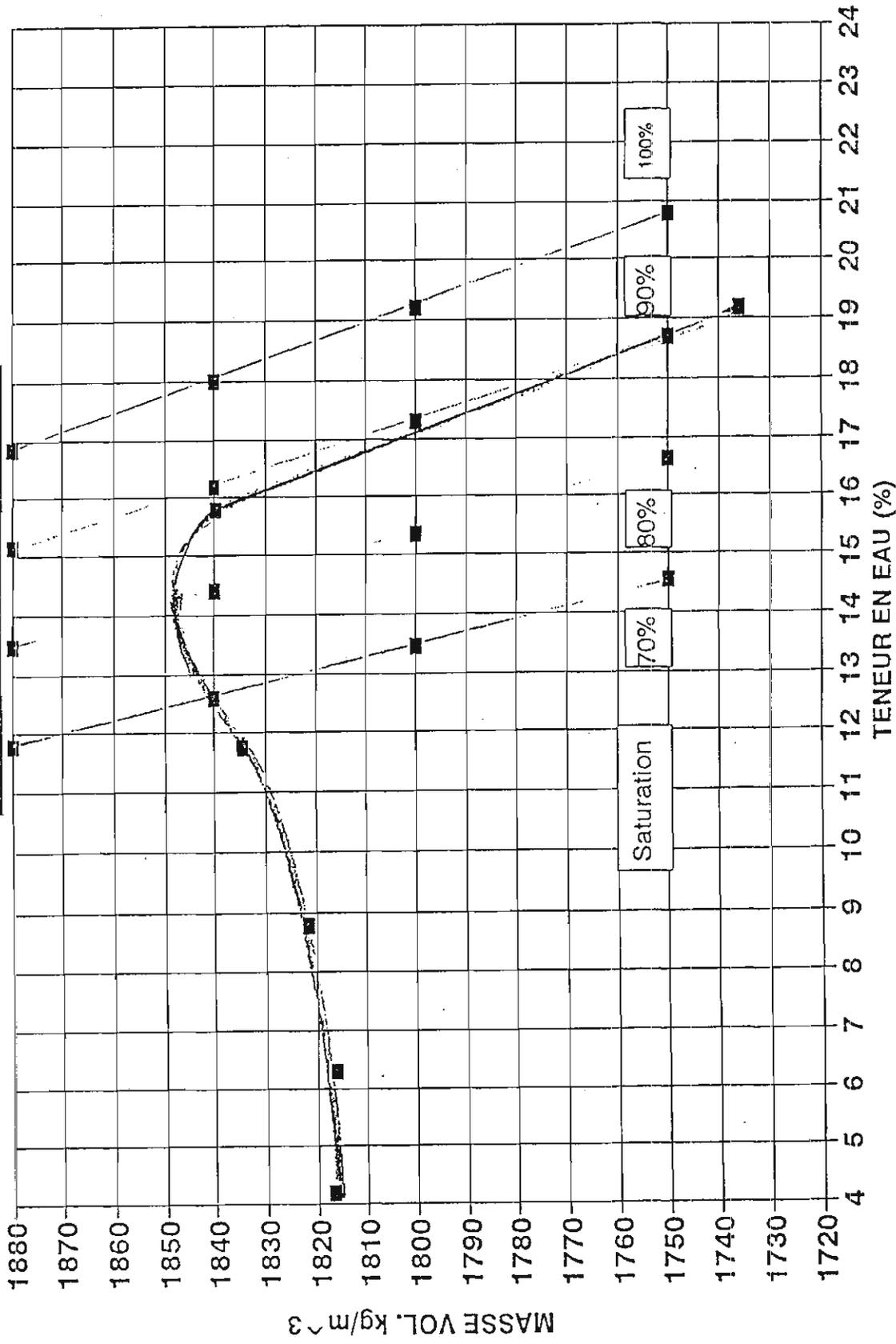
VOL. DU MOULE: 941.7 cm³ opt. proctor:
 Gs: 2.751 teneur en eau opt. 14.2 % 1845.0 kg/m³
 % SAT: 22.4 33.7 47.4 64.6 87.7 90.2



DÉGRE SATURATION:

MASSE VOL. Pd:	1700.0	1750.0	1800.0	1840.0	1880.0	1840.0
SAT. 100	22.47	20.79	19.21	18.00	16.84	18.00
SAT. 95	21.35	19.75	18.24	17.10	16.00	17.10
SAT. 90	20.23	18.71	17.28	16.20	15.16	16.20
SAT. 85	19.10	17.67	16.32	15.30	14.31	15.30
SAT. 80	17.98	16.63	15.36	14.40	13.47	14.40
SAT. 75	16.85	15.59	14.40	13.50	12.63	13.50
SAT. 70	15.73	14.55	13.44	12.60	11.79	12.60

**BANC D'EMPRUNT OUEST
PROCTOR MODIFIE**



TEST DE PERMEABILITE A DIFFERENCE DE CHARGE CONSTANTE

Date du test:	13-11-1995		
Nom de l'échantillon:	sable fin Banc d'emprunt Ouest		
Nom du fichier:	golder\perméa\sable		
GEOMETRIE (appareil #5)			
Longueur echant. (cm):	11.739	FINAL	206
L1:	16.068	PDS SOL hum +TA	
L2:	3.601	PDS SOL sec + T	1270.7
t:	0.728	TARE	234.1
Diamètre du moule: (cm)	8.125	SOL SEC	1036.6
Surface (cm):	51.849	Teneur en eau (%)	
Volume (cm ³):	608.637		
Dist. des m. des mano. (cm.)	7.664		
MASSSES (gr)	DEGRE DE SATURATION		
Tare (perméa):	2428.0	Gs du solide:	2.751
Tare + sol sec:	3464.6	Volume des vides:	231.8
Sol sec:	1036.6		
Tare + eau:	4094.9		
Tare+eau+sol:	4728.4	Sr initial (%):	88.7
Sol humide:	1040.5	Sr finale (%):	90.0
Eau dans sol:	3.9		
Mms:	1242.1	Indice des vides:	0.615
		Masse volumique:	
		Humide (g/cm ³):	1.710
		Sèche (g/cm ³):	1.703
		OPT. PROCTOR (g/cm ³):	----
		Teneur en eau opt. (%):	----
		% opt. Proctor:	----
Masse finale:	4731.4	Teneur en eau compact.:	0.4 %
Masse eau initiale	205.5	Teneur en eau initiale:	19.8 %
Masse eau finale	208.5	Teneur en eau finale:	20.1 %

TEST NO.	Charge cm	Vol. cm ³	Débit cm ³ /s	Temps s	Q/A?t	Gradient	T °C	k cm/s	k20 cm/s
14-11-95									
1	1.4	47.7	1.59000	30	0.91999	0.1827	23.8	1.7E-01	1.52E-01
2	1.3	47.4	1.58000	30	0.91420	0.1722	23.8	1.8E-01	1.60E-01
3	1.2	46.7	1.45938	32	0.90070	0.1618	23.8	1.7E-01	1.58E-01
4	1.2	45.6	1.52000	30	0.87948	0.1527	23.8	1.9E-01	1.74E-01
5	1.1	43.9	1.46333	30	0.84670	0.1435	23.8	2.0E-01	1.78E-01
							k=	MOY:	1.64E-01

TEST DE PERMEABILITE A DIFFERENCE DE CHARGE CONSTANTE

Date du test:	13-11-1995		
Nom de l'échantillon:	sable fin Banc d'emprunt Ouest		
Nom du fichier:	golde\rperméa\sable		
GEOMETRIE (appareil #1)			
		FINAL	25
Longueur echant. (cm):	12.277	PDS SOL hum +TARE	
L1:	15.913	PDS SOL sec + T	1274.7
L2:	2.860	TARE	162.6
t:	0.776	SOL SEC	1112.1
Diamètre du moule: (cm)	8.155	Teneur en eau (%)	
Surface (cm):	52.232		
Volume (cm ^3):	641.241		
Dist. des . des mano. (cm.)	7.229		
MASSES (gr)		DEGRE DE SATURATION	
Tare (perméa):	2231.9	Gs du solide:	2.751
Tare + sol sec:	3344.0	Volume des vides:	237.0
Sol sec:	1112.1		
Tare + eau:	3606.0		
Tare+eau+sol:	4293.8	Sr initial (%):	91.5
Sol humide:	1115.0	Sr finale (%):	94.0
Eau dans sol:	2.9		
Mms:	1329.0	Indice des vides:	0.586
		Masse volumique:	
		Humide (g/cm ^3):	1.739
		Sèche (g/cm ^3):	1.734
		OPT. PROCTOR (g/cm ^3):	----
		Teneur en eau opt. (%):	----
		% opt. Proctor:	----
Masse finale:	4299.6	Teneur en eau compact.:	0.3 %
Masse eau initiale	216.9	Teneur en eau initiale:	19.5 %
Masse eau finale	222.7	Teneur en eau finale:	20.0 %

TEST NO.	Charge cm	Vol. cm3	Débit cm ^3/s	Temps s	Q/A?t	Gradient	T °C	k cm/s	k20 cm/s
15-11-95									
1	3.3	67.5	2.25000	30	1.29231	0.4565	23.8	9.44E-02	8.55E-02
2	3.3	67.5	2.25000	30	1.29231	0.4496	23.8	9.58E-02	8.68E-02
3	3.2	64.2	2.14000	30	1.22913	0.4427	23.8	9.26E-02	8.39E-02
4	3.2	63.6	2.12000	30	1.21764	0.4357	23.8	9.31E-02	8.44E-02
5	3.1	65.2	2.17333	30	1.24827	0.4288	23.8	9.70E-02	8.79E-02
							k=	MOY:	8.57E-02

TEST DE PERMEABILITE A DIFFERENCE DE CHARGE CONSTANTE

Date du test:	13-11-1995		
Nom de l'échantillon:	sable fin Banc d'emprunt Ouest		
Nom du fichier:	golder\perméa\sable		
GEOMETRIE (appareil #7)		FINAL	200
Longueur echant. (cm):	12.301	PDS SOL hum +T	
L1:	16.075	PDS SOL sec + T	1331.8
L2:	3.014	TARE	236.4
t:	0.76	SOL SEC	1095.4
Diamètre du moule: (cm)	8.155	Teneur en eau (%)	
Surface (cm):	52.232		
Volume (cm ^3):	642.521		
Dist. des . des mano. (cm.)	7.437		
MASSES (gr)		DEGRE DE SATURATION	
Tare (perméa):	2430.6	Gs du solide:	2.751
Tare + sol sec:	3526.0	Volume des vides:	244.3
Sol sec:	1095.4		
Tare + eau:	4121.0		
Tare+eau+sol:	4786.8	Sr initial (%):	87.1
Sol humide:	1098.1	Sr finale (%):	91.2
Eau dans sol:	2.7		
Mms:	1308.3	Indice des vides:	0.614
		Masse volumique:	
		Humide (g/cm ^3):	1.709
		Sèche (g/cm ^3):	1.705
		OPT. PROCTOR (g/cm ^3):	----
		Teneur en eau opt. (%):	----
		% opt. Proctor:	----
Masse finale:	4796.7	Teneur en eau compact.:	0.2 %
Masse eau initiale	212.9	Teneur en eau initiale:	19.4 %
Masse eau finale	222.8	Teneur en eau finale:	20.3 %

TEST NO.	Charge cm	Vol. cm3	Débit cm ^3/s	Temps s	Q/A?t	Gradient	T °C	k cm/s	k20 cm/s
15-11-95									
1	1.3	43.3	1.44333	30	0.82899	0.1748	23.8	1.58E-01	1.43E-01
2	1.2	42.9	1.43000	30	0.82133	0.1667	23.8	1.64E-01	1.49E-01
3	1.2	41.7	1.39000	30	0.79836	0.1560	23.8	1.71E-01	1.55E-01
4	1.1	40.4	1.34667	30	0.77347	0.1452	23.8	1.78E-01	1.61E-01
5	1.0	42.3	1.28182	33	0.80985	0.1345	23.8	1.82E-01	1.65E-01
							k=	MOY:	1.55E-01

TEST DE PERMEABILITE A DIFFERENCE DE CHARGE CONSTANTE

Date du test:	13-11-1995		
Nom de l'échantillon:	sable fin Banc d'emprunt Ouest		
Nom du fichier:	golder\perméa\sable		
GEOMETRIE (appareil #8)			
		FINAL	3
Longueur echant. (cm):	12.595	PDS SOL hum +TARE	
L1:	16.340	PDS SOL sec + T	1291.8
L2:	2.980	TARE	159.2
t:	0.765	SOL SEC	1132.6
Diamètre du moule: (cm)	8.155	Teneur en eau (%)	
Surface (cm):	52.232		
Volume (cm ³):	657.877		
Dist. des , des mano. (cm.)	8.286		
MASSES (gr)		DEGRE DE SATURATION	
Tare (perméa):	2376.6	Gs du solide:	2.751
Tare + sol sec:	3509.2	Volume des vides:	246.2
Sol sec:	1132.6		
Tare + eau:	3988.5		
Tare+eau+sol:	4685.8	Sr initial (%):	90.4
Sol humide:	1135.9	Sr finale (%):	91.1
Eau dans sol:	3.3		
Mms:	1355.2	Indice des vides:	0.598
		Masse volumique:	
		Humide (g/cm ³):	1.727
		Sèche (g/cm ³):	1.722
		OPT. PROCTOR (g/cm ³):	----
		Teneur en eau opt. (%):	----
		% opt. Proctor:	----
Masse finale:	4687.5	Teneur en eau compact.:	0.3 %
Masse eau initiale	222.6	Teneur en eau initiale:	19.7 %
Masse eau finale	224.3	Teneur en eau finale:	19.8 %

TEST NO.	Charge cm	Vol. cm ³	Débit cm ³ /s	Temps s	Q/A?t	Gradient	T °C	k cm/s	k20 cm/s
15-11-95									
1	1.7	40.1	1.33667	30	0.768	0.2052	23.8	1.25E-01	1.13E-01
2	1.7	39.7	1.32333	30	0.760	0.1991	23.8	1.27E-01	1.15E-01
3	1.6	39.0	1.30000	30	0.747	0.1931	23.8	1.29E-01	1.17E-01
4	1.6	38.0	1.26667	30	0.728	0.1871	23.8	1.30E-01	1.17E-01
5	1.5	37.8	1.26000	30	0.724	0.1810	23.8	1.33E-01	1.21E-01
								k= MOY:	1.17E-01

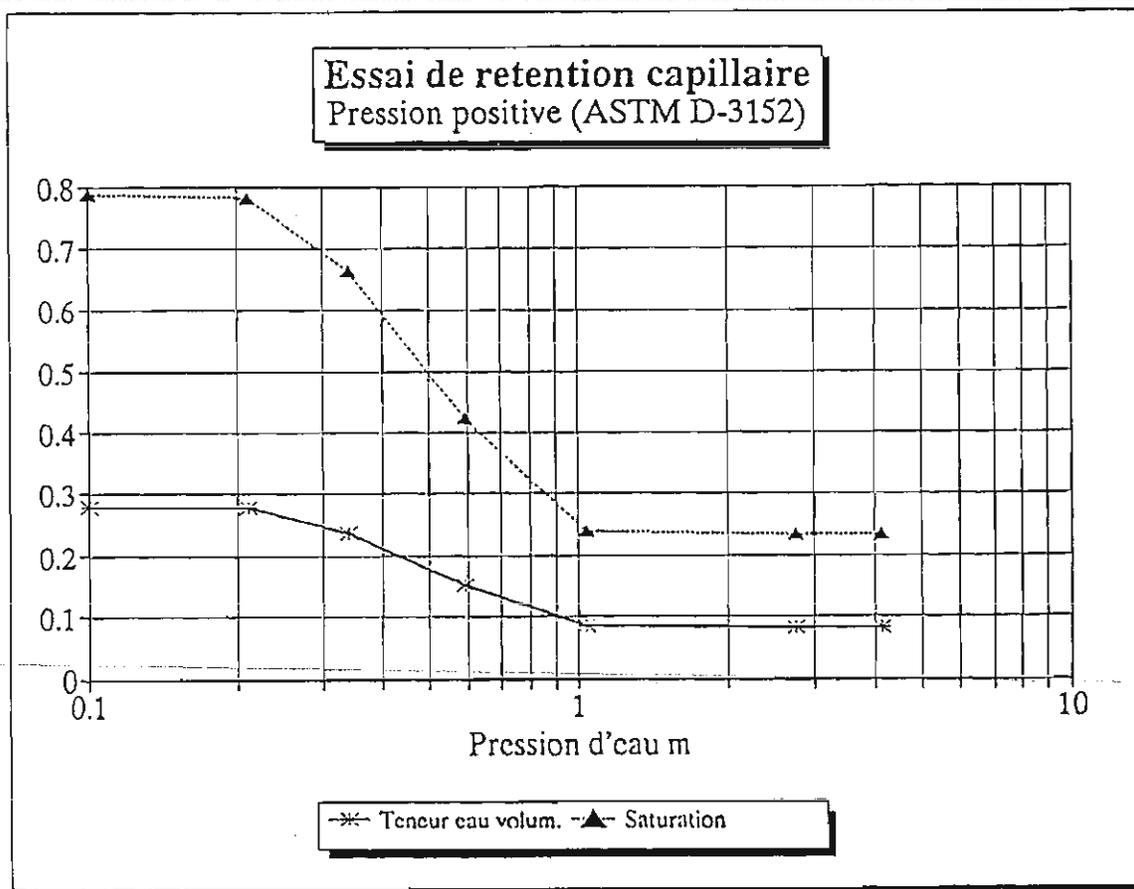
ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

Échantill U-2		Résidus sable fin	Date montage 20 decembre 95	
---------------	--	-------------------	-----------------------------	--

Dr	2.751
Volume anneau	98.99
Anneau+plaque	100.94
Masse humide initial	304.44
Masse humide finale	284.81
Tare	127.50
Tare+sol sec	303.20
Indice des vides	0.55
TEV initiale	0.28
Saturation initiale	79.15
TEV finale	0.0825
Saturation finale	23.26

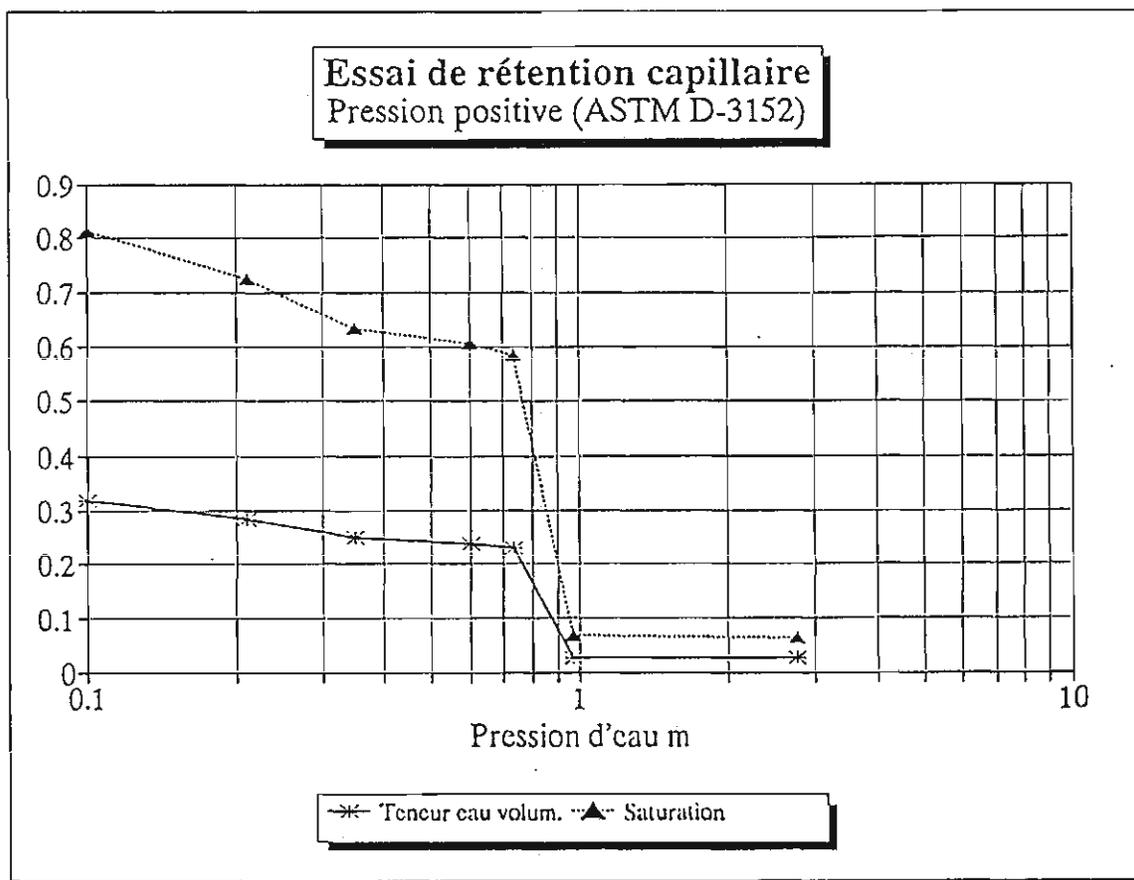
kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
0.0000	2003.0	0.10	0.280	0.79
2.1000	2002.8	0.21	0.278	0.78
3.4000	1998.7	0.34	0.236	0.67
5.9000	1990.2	0.59	0.150	0.42
10.3500	1983.7	1.04	0.085	0.24
27.6000	1983.5	2.76	0.083	0.23
41.4000	1983.5	4.14	0.083	0.23
55.2000	1983.5	5.52	0.083	0.23
69.0000	1983.5	6.9	0.083	0.23



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

Échantill P-1		Résidus sable fin	Date montage		20 decembre 95		
Dr	2.751		kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Volume anneau	97.63		0.0000	1898.7	0.10	0.319	0.81
Anneau+plaque	100.14		2.1000	1895.2	0.21	0.283	0.72
Masse humide initial	294.74		3.5000	1891.8	0.35	0.248	0.63
Masse humide finale	266.05		6.0000	1890.7	0.60	0.237	0.61
			7.4000	1889.9	0.74	0.229	0.58
			9.7000	1870.1	0.97	0.026	0.07
Tare	129.50		27.6000	1870.0	2.76	0.025	0.06
Tare+sol sec	293.00		41.4000	1870.0	4.14	0.025	0.06
			55.2000	1870.0	5.52	0.025	0.06
Indice des vides	0.64						
TEV initiale	0.32						
Saturation initiale	81.42						
TEV finale	0.0247						
Saturation finale	6.31						



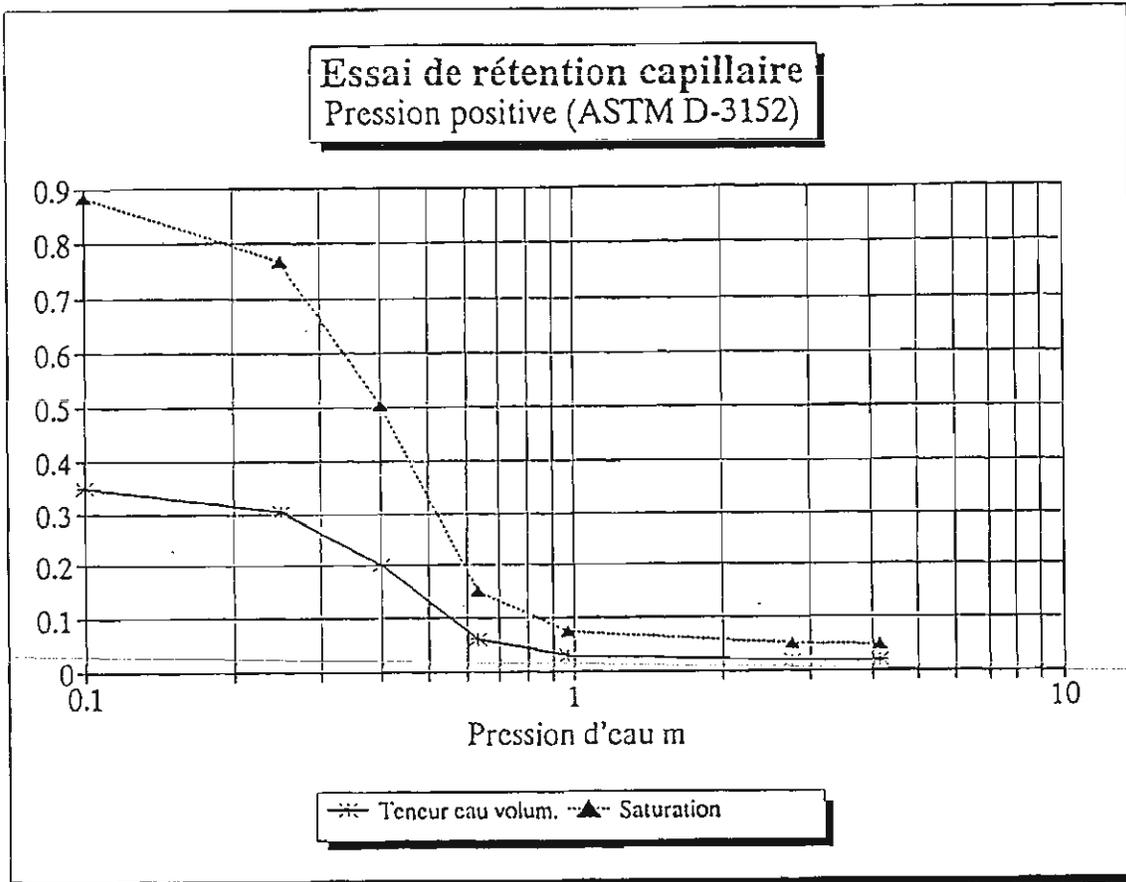
ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

Échantill P-4		Résidus sable fin	Date montage 20 décembre 95	
---------------	--	-------------------	-----------------------------	--

Dr	2.751
Volume anneau	97.94
Anneau+plaque	102.44
Masse humide initial	299.20
Masse humide finale	266.05
Tare	129.70
Tare+sol sec	292.20
Indice des vides	0.66
TEV initiale	0.35
Saturation initiale	88.14
TEV finale	0.0113
Saturation finale	2.86

kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
0.0000	2018.5	0.10	0.350	0.88
2.5000	2014.0	0.25	0.304	0.77
4.0000	2003.8	0.40	0.200	0.50
6.3000	1990.0	0.63	0.059	0.15
9.7000	1987.0	0.97	0.029	0.07
27.6000	1986.1	2.76	0.020	0.05
41.4000	1986.0	4.14	0.018	0.05
55.2000	1985.7	5.52	0.015	0.04
69.0000	1985.3	6.9	0.011	0.03

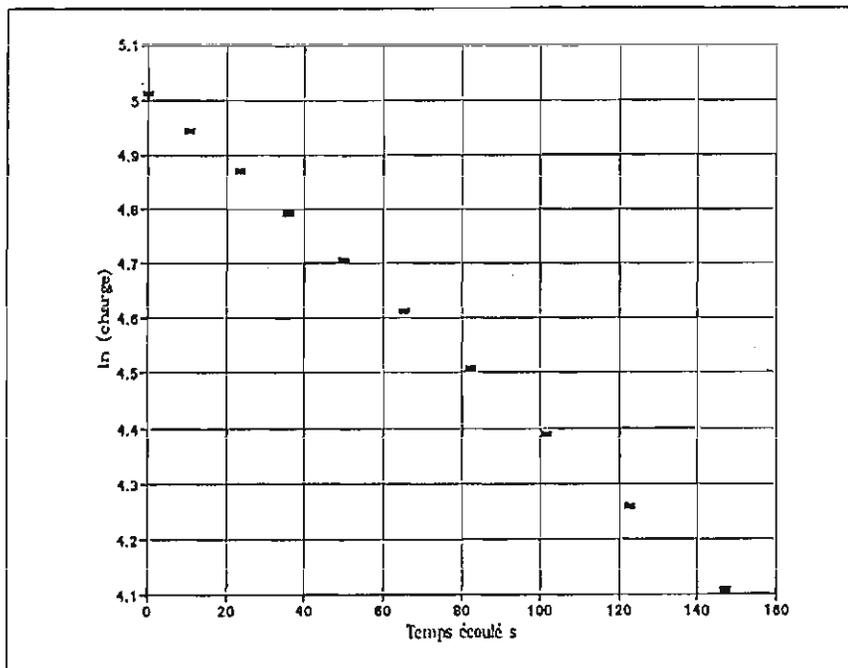


03-11-95		06-11-199		Colonne No 1		Banc d'emprunt Ouest			
Prov. Echant.:		SABLE FIN							
Essai No. SABLE 1		Densité des grains		2.751		DATE	HRE	%oxy	
						NOV 95		nb/min	
Tare No.....105	128.80	Tare No.....3	181.40	06-11	10.30	0	0		
Tare + sol hum.	466.20	Tare + sol hum.	652.40			0.5	20.8		
sol humide	337.40	sol humide	471.00			1	14.2		
Tare + sol sec	454.00	Tare + sol sec	639.90			1.5	13.7		
sol sec	325.20	sol sec (ws)	458.50			2	13.2		
eau dans le sol	12.20	eau dans le sol	12.50			3	12.4		
						4	11.7		
Wi = %	3.75	Wf = %	2.73			5.5	11.0		
Pds colonne vide	2029.80	température °C	22.4						
Pds colonne + sol hum.	2565.90								
Pds colonne + sol sec	2546.52								
Pds sol hum.	536.10								
Pds sol sec	516.72								
		indice des vides:	0.619						
Hauteur totale colonne	164.055								
Hauteur bas	44.820	porosité:	0.382						
Hauteur restante	119.235								
Hauteur de la plaque	0.635								
Hauteur après compact.	61.143								
Hauteur sol humide	57.458								
		Saturation:	16.61						
Diam. de la colonne	8.215	n. air ϕ_a	0.319						
Surface de la colonne	53.004								
		$D_e (m^2/s)$	$2,8 \times 10^{-6}$						
Volume de sol (cm ³)	304.546								
Volume source (cm ³)	327.443								
Volume res. bas (cm ³)	237.562								
Rho hum.: gr/cm ³	1.760								
Rho sec: gr/cm ³	1.697								
Rho eau: gr/cm ³ (20°)	0.99823								

DATE: 07-11-199 Colonne No 2							
Prov. Echant.: SABLE FIN							
Essai No. SABLE 4		Denité des grai	2.751	DATE	HRE		%oxy
				NOV 95		nb/min	
Tare No.....20	182.30	Tare No.....	92.50	09-11	8.50	0	0
Tare + sol hum.	593.60	Tare + sol hum.	501.50			1.30	20.8
sol humide	411.30	sol humide	409.00			2	20.0
Tare + sol sec	557.20	Tare + sol sec	457.20			2.50	19.5
sol sec	374.90	sol sec (ws)	364.70			3	19.4
eau dans le sol	36.40	eau dans le sol	44.30			4.50	18.8
						9	17.7
Wi = %	9.71	Wf = %	12.15			11	17.2
						15	16.4
Pds colonne vide	2241.10	température °C	22.2			19	16.1
Pds colonne + sol hum.	2694.60					24.50	15.2
Pds colonne + sol sec	2654.47					31	14.7
Pds sol hum.	453.50					39	14.3
Pds sol sec	413.37					48	14.2
	167.69	indice des vides	0.879			66	14.0
Hauteur totale colonne	153.063					97	14.0
Hauteur bas	43.500	porosité:	0.468			143	14.0
Hauteur restante	109.563						
Hauteur de la plaque	0.650						
Hauteur après compact.	72.990						
Hauteur sol humide	50.550						
		Saturation:	30.28				
Diam. de la colonne	8.440	n. air	0.326				
Surface de la colonne	55.947						
		$D_e (m^2/l)$	2.0×10^{-6}				
Volume de sol (cm ³)	282.811						
Volume source (cm ³)	411.993						
Volume res. bas (cm ³)	243.369						
Rho hum.: gr/cm ³	1.604						
Rho sec: gr/cm ³	1.462						
Rho eau: gr/cm ³ (20°)	0.99823						

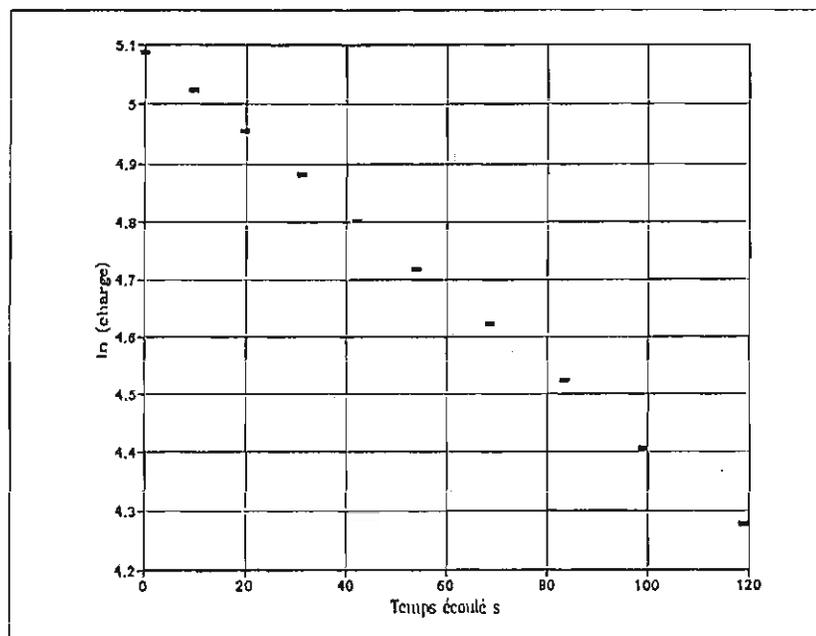
Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	160.0	10.0	0	0	150.5	0.00	-	-
0.18	155.0	15.0	1.63	1.63	140.5	10.80	2.10E-04	2.00E-04
0.39	150.0	20.0	3.25	3.25	130.5	23.40	1.93E-04	1.84E-04
0.60	145.0	25.0	4.88	4.88	120.5	36.00	2.09E-04	1.99E-04
0.83	140.0	30.1	6.50	6.53	110.4	49.80	2.09E-04	1.99E-04
1.09	135.0	34.9	8.13	8.09	100.6	65.40	1.97E-04	1.87E-04
1.37	130.0	39.9	9.75	9.72	90.6	82.20	2.06E-04	1.96E-04
1.69	125.0	44.8	11.38	11.31	80.7	101.40	1.99E-04	1.89E-04
2.04	120.0	49.8	13.00	12.94	70.7	122.40	2.08E-04	1.98E-04
2.45	115.0	54.7	14.63	14.53	60.8	147.00	2.02E-04	1.92E-04

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



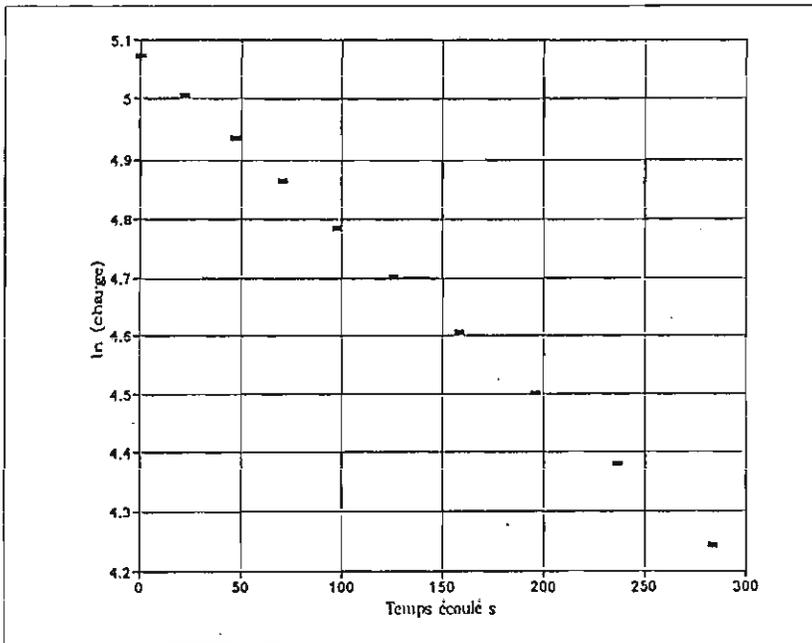
Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	165.0	7.0	0	0	161.9	0.00	-	-
0.16	160.0	12.0	1.63	1.63	151.9	9.60	1.99E-04	1.88E-04
0.33	155.0	17.0	3.25	3.25	141.9	19.80	2.00E-04	1.89E-04
0.52	150.0	22.0	4.88	4.88	131.9	31.20	1.92E-04	1.82E-04
0.70	145.0	27.1	6.50	6.53	121.8	42.00	2.21E-04	2.09E-04
0.90	140.0	32.0	8.13	8.13	111.9	54.00	2.12E-04	2.00E-04
1.14	135.0	37.1	9.75	9.78	101.8	68.40	1.97E-04	1.86E-04
1.39	130.0	41.8	11.38	11.31	92.1	83.40	2.00E-04	1.89E-04
1.65	125.0	46.9	13.00	12.97	82.0	99.00	2.23E-04	2.11E-04
1.98	120.0	51.8	14.63	14.56	72.1	118.80	1.95E-04	1.84E-04

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	160.0	1.8	0	0	159.6	0.00	-	-
0.37	155.0	7.0	1.63	1.69	149.4	22.20	9.28E-05	8.77E-05
0.78	150.0	12.1	3.25	3.35	139.3	46.80	8.87E-05	8.39E-05
1.18	145.0	16.7	4.88	4.84	129.7	70.80	9.28E-05	8.78E-05
1.63	140.0	21.6	6.50	6.44	119.8	97.80	9.17E-05	8.67E-05
2.10	135.0	26.4	8.13	8.00	110.0	126.00	9.44E-05	8.93E-05
2.64	130.0	31.3	9.75	9.59	100.1	158.40	9.08E-05	8.59E-05
3.27	125.0	36.3	11.38	11.21	90.1	196.20	8.68E-05	8.21E-05
3.94	120.0	41.5	13.00	12.90	79.9	236.40	9.32E-05	8.81E-05
4.73	115.0	46.7	14.63	14.59	69.7	283.80	8.99E-05	8.50E-05

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



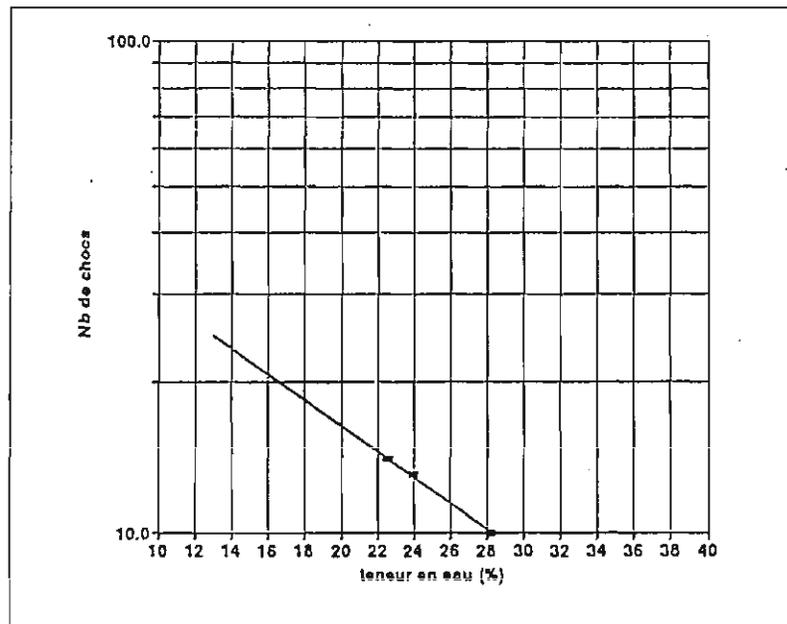
Limites de consistance d'atterberg (ASTM D4318-84)

Échantillon: Golder ass. date: 2 decembre 1995
 Résidus MRN

Tare	Limite de liquidité			Limite de Plasticité	
	3	10	25	12	22
Wt+t	20.82	16.35	16.04	7.51	7.53
Ws+t	17.65	14.42	14.28	7.33	7.35
Ww	3.17	1.93	1.76	0.18	0.18
t	6.40	6.37	6.48	6.41	6.42
Ws	11.25	8.05	7.80	0.92	0.93
W%	28.18	23.98	22.56	19.57	19.35

Nb. Chocs	10	13	14		
-----------	----	----	----	--	--

LL	13.0
LP	19.5
lp	NP

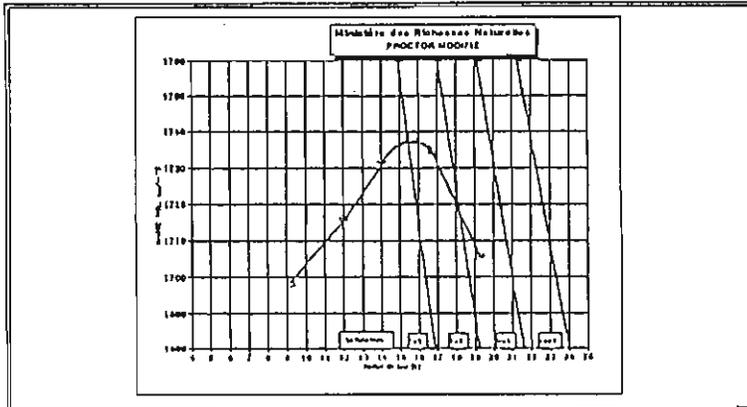


ESSAI PROCTOR

IDENTIFICATION: MINISTERE DES RICHESSES NATURELLES
ECHANTILLONNAGE 09-95 PAR J. FRANCOIS

	1	2	3	4	5
MOULE SOL COMPACTE	6098.3	6161.8	6210.9	6258.5	6268.0
MOULE	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7
PDS SOL COMPACTE	1746.6	1810.1	1859.2	1906.8	1916.3
MASSE VOL. HUMIDE	1854.7	1922.2	1974.3	2024.8	2034.9
MASSE VOL. SECHE	1698.1	1715.9	1731.6	1734.3	1705.9
NO TARE	P24	16	17	20	P25
MASSE T.+SOL HUM.	1907.0	1910.9	2021.4	2112.1	2074.7
MASSE T.+SOL SEC	1760.0	1717.1	1793.9	1835.2	1765.6
MASSE EAU	147.0	193.8	227.5	276.9	309.1
MASSE TARE	166.4	104.6	171.0	182.5	162.9
MASSE SOL SEC	1593.6	1612.5	1622.9	1652.7	1602.7
TENEUR EN EAU %	9.2	12.0	14.0	16.8	19.3
INDICE DES VIDES:	0.660	0.643	0.628	0.625	0.652
POROSITE: %	39.8	39.1	38.6	38.5	39.5

VOL. DU MOULE: 941.7 cm³ opt. proctor:
Gs: 2.819 teneur en eau opt. 15.7 % 1735.0 kg/m³
% SAT: 39.4 52.7 62.9 75.5 83.3



DEGRE SATURATION:

MASSE VOL. Pd:	1640.0	1680.0	1720.0	1760.0	1800.0	1715.0
SAT. 100	25.50	24.05	22.67	21.34	20.08	22.84
SAT. 95	24.23	22.85	21.53	20.28	19.08	21.69
SAT. 90	22.95	21.65	20.40	19.21	18.07	20.55
SAT. 85	21.68	20.44	19.27	18.14	17.07	19.41
SAT. 80	20.40	19.24	18.13	17.08	16.07	18.27
SAT. 75	19.13	18.04	17.00	16.01	15.06	17.13
SAT. 70	17.85	16.84	15.87	14.94	14.06	15.98

ECOLE POLYTECHNIQUE, Dépt. de Génie Minéral

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION....	GOLDER
TROU NO.....	
PROFONDEUR.....	MIN. RICHESSE NATURELLE
SECTION.....	
FICHER: GOLDER\DD\SERIE1	DATE: 06-10-1995

PYCNOMETRE NO	1	3	4
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	726.77	722.67	720.22
TEMPERATURE D'ESSAI	22.2	22.2	22.5
PDS PYCNOMETRE + EAU GRS (M2T2)	675.80	665.76	665.05
TARE NO	13	14	15
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	258.58	269.58	276.84
PDS DE LA TARE	179.77	181.44	191.41
PDS DU SOL SEC GRS	78.81	88.14	85.43
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0.99771	0.99771	0.99765
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 °C	0.99823	0.99823	0.99823
DENSITE RELATIVE (DR)	2.831	2.822	2.823
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2.829	2.821	2.822
		2.824	

APPENDIX B
GEOTECHNICAL DATA OF THE MNR TAILINGS
(École Polytechnique)

PROJET:

GOLDER\TX\MRN-1

DATE:

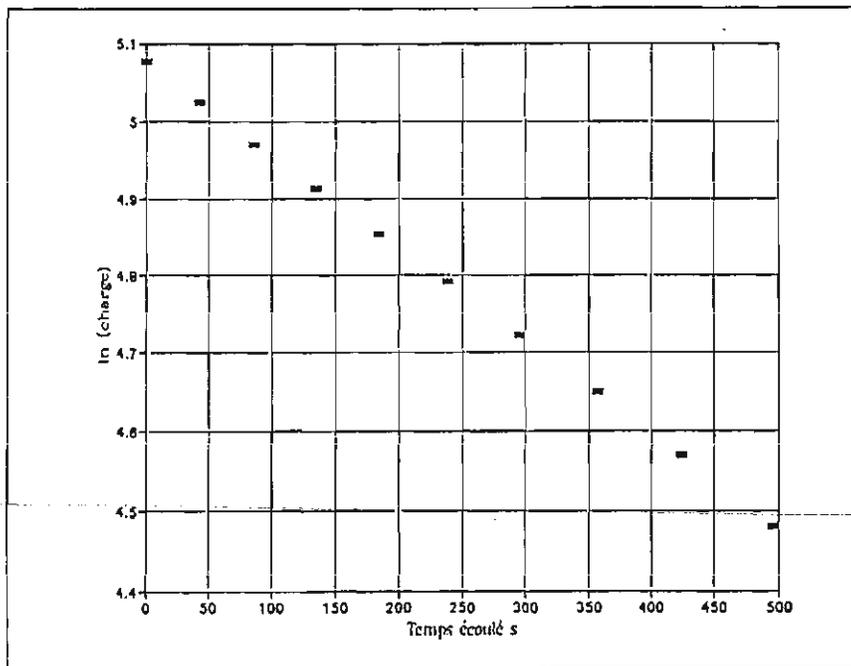
03-10-1995

Cellule No. 5

MIN. RICHESSE NATURELLE

Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	164.0	4.3	0	0	160.2	0.00	-	-
0.71	160.0	8.4	1.30	1.33	152.1	42.60	3.30E-05	3.12E-05
1.44	156.0	12.4	2.60	2.63	144.1	86.40	3.34E-05	3.16E-05
2.24	152.0	16.3	3.90	3.90	136.2	134.40	3.18E-05	3.01E-05
3.07	148.0	20.2	5.20	5.17	128.3	184.20	3.25E-05	3.07E-05
3.97	144.0	24.0	6.50	6.40	120.5	238.20	3.14E-05	2.97E-05
4.93	140.0	28.1	7.80	7.74	112.4	295.80	3.27E-05	3.09E-05
5.95	136.0	32.0	9.10	9.00	104.5	357.00	3.22E-05	3.05E-05
7.07	132.0	36.1	10.40	10.34	96.4	424.20	3.25E-05	3.07E-05
8.26	128.0	40.2	11.70	11.67	88.3	495.60	3.33E-05	3.15E-05

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

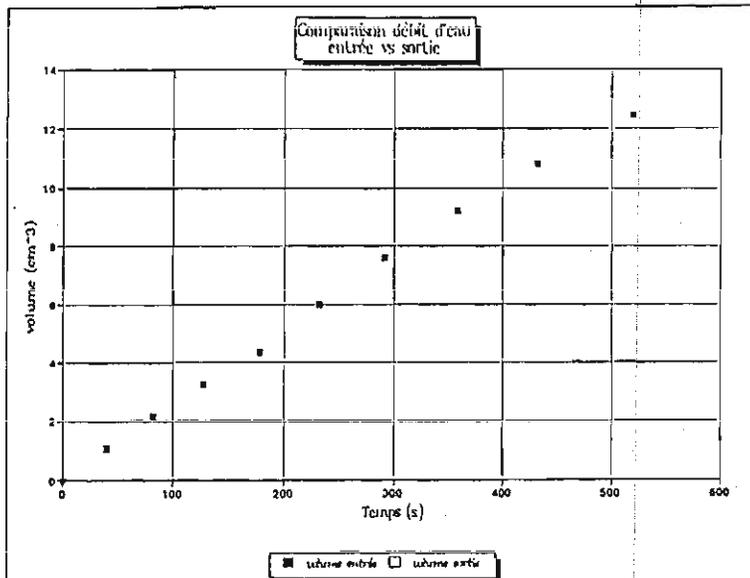
Date de montage	02-10-1995	Cellule No. 7
Nom de l'échantillon:	MIN. RICHESSE NATURELLE	Burette No. 3
Nom du fichier:	GOLDER\TX\MRN-1	

ASTM: D-5084-90

Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	7.766	masse initiale humide (g)	557.0
diamètre (cm.)	7.205	masse finale humide (g)	630.7
surface (cm ²)	40.77	masse finale sèche (g)	497.3
Volume (cm ³)	316.63	Gs	2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.759
CapL. pression (%)	94.2	mas. vol. sec. g/cm ³	1.571
Par séchage (%)	95.1	Opt. Proctor g/cm ³	1.735
Teneur en eau initiale (%)	12.0	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale (%)	26.8	% opt. Proctor	90.5

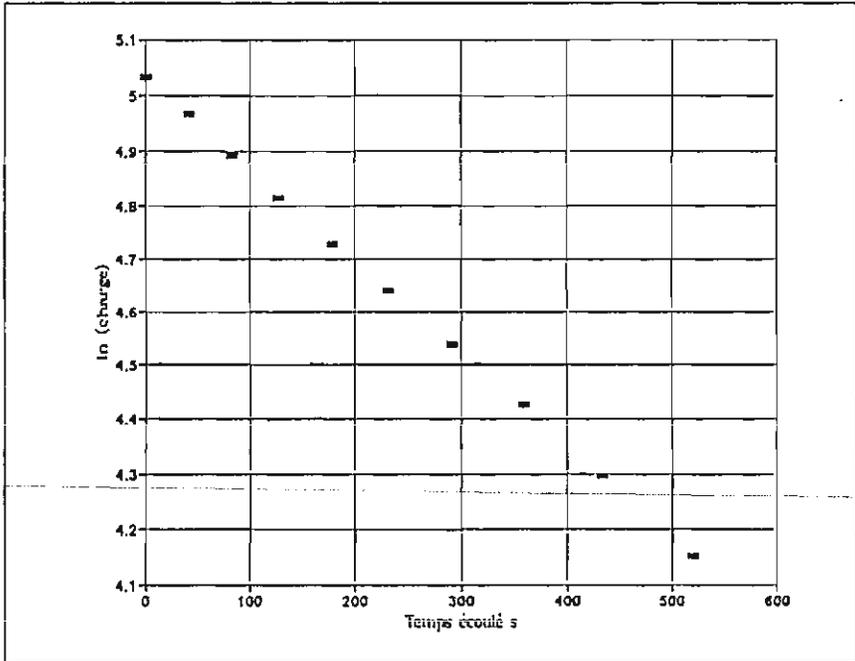
Calibration						
o/s tête	19.80	burette utilisée	large	0	section burette	0.325
o/s base	21.50	med	petite	0	température	22.4



Résultat de l'essai	
Pression (psi)	
cellule:	50
in/out:	45
Indice des vides:	0.795
Cond. hydraul. cm/s.	4.96E-05
écart type	1.07E-07
ind. reg.	1.000

Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	165.0	9.8	0	0	153.5	0.00	-	-
0.68	160.0	14.7	1.63	1.59	143.6	40.80	5.06E-05	4.78E-05
1.37	155.0	19.9	3.25	3.28	133.4	82.20	5.51E-05	5.21E-05
2.13	150.0	25.0	4.88	4.94	123.3	127.80	5.34E-05	5.05E-05
2.98	145.0	30.1	6.50	6.60	113.2	178.80	5.19E-05	4.91E-05
3.87	140.0	34.9	8.13	8.16	103.4	232.20	5.25E-05	4.96E-05
4.86	135.0	39.8	9.75	9.75	93.5	291.60	5.24E-05	4.96E-05
5.98	130.0	44.7	11.38	11.34	83.6	358.80	5.15E-05	4.88E-05
7.21	125.0	49.7	13.00	12.97	73.6	432.60	5.34E-05	5.05E-05
8.67	120.0	54.7	14.63	14.59	63.6	520.20	5.16E-05	4.88E-05

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



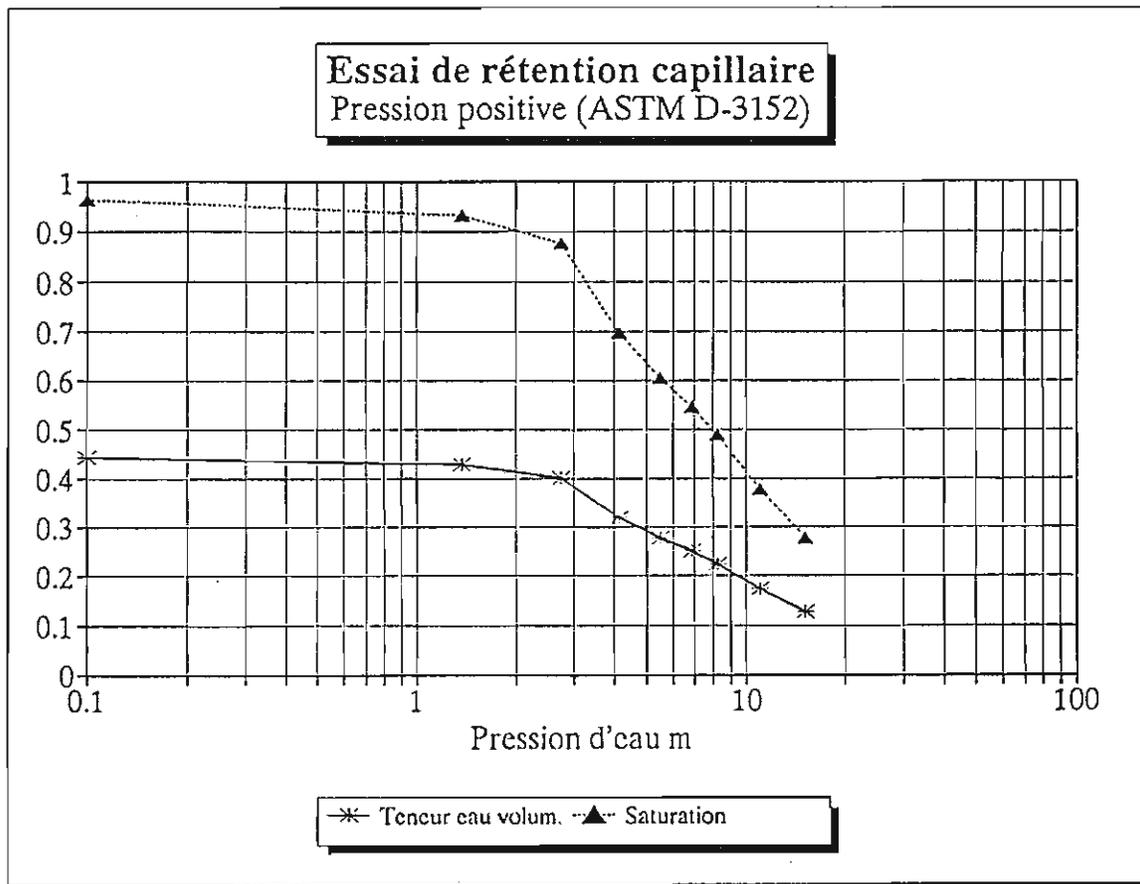
ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

Échantillon P-4	Résidus MRN	Date montage	9 novembre '95
-----------------	-------------	--------------	----------------

Dr	2.819	kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Volume anneau	97.94	0.0000	1862.0	0.10	0.444	0.96
Anneau+plaque	102.55	1.3800	1860.6	1.38	0.429	0.93
Masse humide initial	293.55	27.6000	1858.1	2.76	0.404	0.88
Masse humide finale	263.80	41.5000	1850.0	4.14	0.321	0.70
		55.2000	1845.9	5.52	0.279	0.61
		70.0000	1843.2	6.90	0.252	0.55
		82.8000	1840.7	8.28	0.226	0.49
		110.6000	1835.6	11.04	0.174	0.38
		151.8000	1831.1	15.18	0.128	0.28

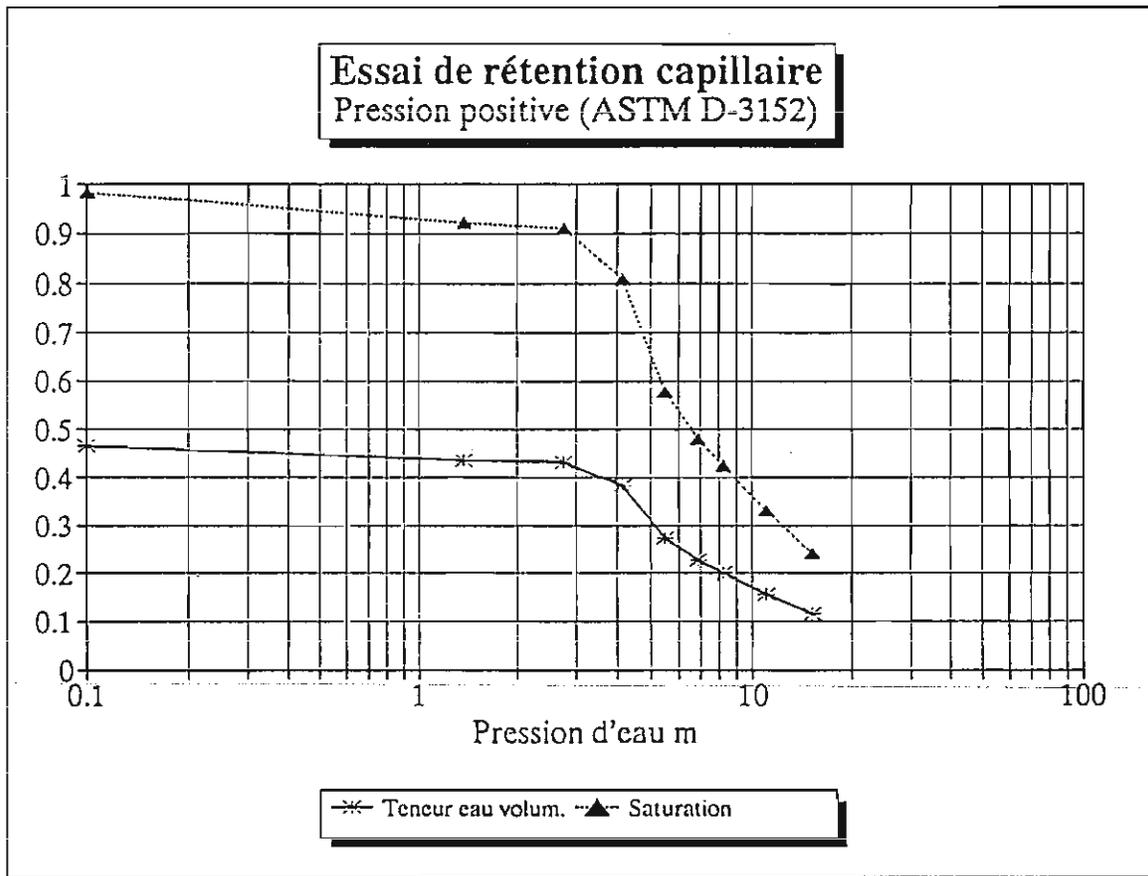
Tare	129.00	Indice des vides	0.86
Tare+sol sec	277.70	TEV initiale	0.43
		Saturation initiale	93.60
		TEV finale	0.1281
		Saturation finale	27.77



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

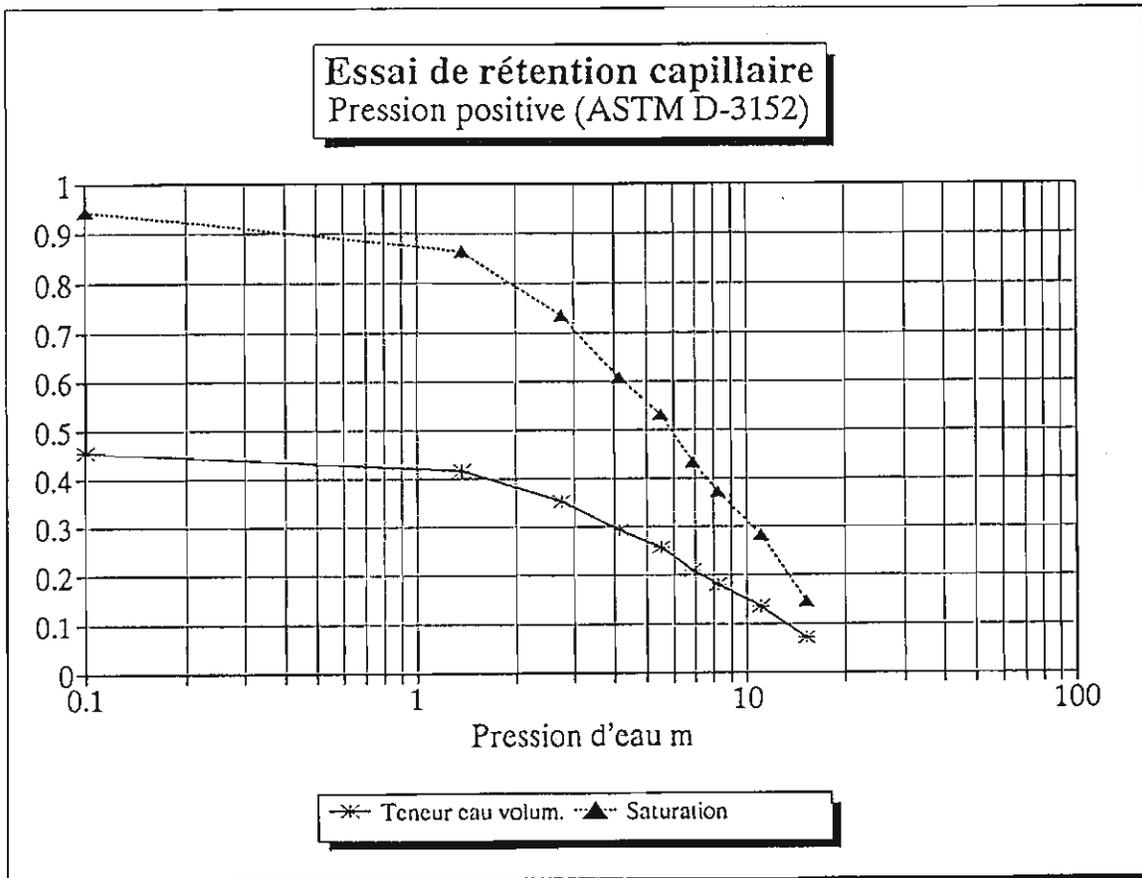
Échantill	P-3	Résidus MRN	Date montage	9 novembre `95	
Dr		2.819	kPa	Montage	m.eau
Volume anneau		98.68	0.0000	1851.9	0.10
Anneau+plaque		102.85	1.3800	1849.1	1.38
Masse humide initial		295.07	27.6000	1848.5	2.76
Masse humide finale		260.46	41.5000	1843.8	4.14
			55.2000	1833.0	5.52
			70.0000	1828.5	6.90
Tare		126.60	82.8000	1825.8	8.28
Tarc+sol sec		272.88	110.6000	1821.5	11.04
			151.8000	1817.3	15.18
Indice des vides		0.90			TEV
TEV initiale		0.47			Saturation
Saturation initiale		98.18			
TEV finale		0.1148			
Saturation finale		24.21			



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

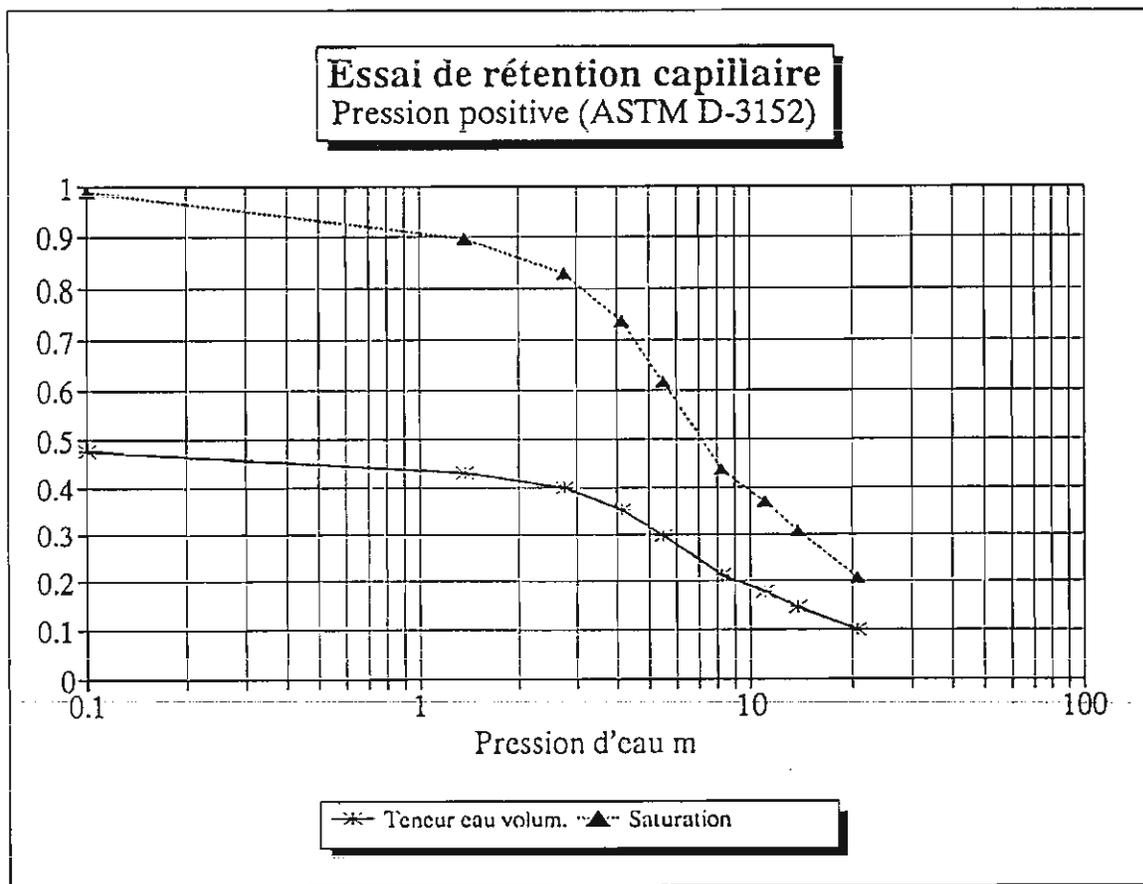
Échantill	P-1	Résidus MRN	Date montage	9 novembre '95			
Dr		2.819	kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Volume anneau		97.63	0.0000	1882.6	0.10	0.457	0.94
Anneau+plaque		93.42	1.3800	1878.8	1.38	0.418	0.86
Masse humide initial		279.33	27.6000	1872.7	2.76	0.355	0.73
Masse humide finale		242.40	41.5000	1866.7	4.14	0.294	0.61
			55.2000	1863.1	5.52	0.257	0.53
			70.0000	1858.6	6.90	0.211	0.44
Tarc		123.80	82.8000	1855.7	8.28	0.181	0.37
Tarc+sol sec		265.80	110.6000	1851.4	11.04	0.137	0.28
			151.8000	1845.0	15.18	0.0715	0.15
Indice des vides		0.94					
TEV initiale		0.45					
Saturation initiale		92.92					
TEV finale		0.0715					
Saturation finale		14.77					



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

Échantill P-3 Résidus MRN		Date montage 20 decembre 95				
Dr	2.819	kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Volume anneau	98.68	0.0000	1849.0	0.10	0.478	0.99
Anneau+plaque	102.80	1.3800	1844.5	1.38	0.432	0.89
Masse humide initial	294.07	27.6000	1841.4	2.76	0.401	0.83
Masse humide finale	256.50	41.4000	1836.9	4.14	0.355	0.73
		55.2000	1831.3	5.52	0.298	0.62
		82.8000	1822.8	8.28	0.212	0.44
Tare	133.00	110.4000	1819.6	11.04	0.180	0.37
Tare+sol sec	276.76	138.0000	1816.5	13.80	0.148	0.31
		207.0000	1811.8	20.7	0.101	0.21
Indice des vides	0.94					
TEV initiale	0.48					
Saturation initiale	99.64					
TEV finale	0.1007					
Saturation finale	20.85					



Date: 07-11-199		Colonne No 1							
Prov. Echant.: Min. des Richesses Naturelles									
Essai No. : MRN-1		Densité des grains 2.802		DATE	HRE		%oxy		
				NOV 95		nb/min			
Tare No.....109	133.90	Tare No.....13	167.70	09-11	8.58	0	0		
Tare + sol hum.	623.70	Tare + sol hum.	549.00			0.5	20.8		
sol humide	489.80	sol humide	381.30			1	20.7		
Tare + sol sec	571.90	Tare + sol sec	510.80			2	20.4		
sol sec	438.00	sol sec (ws)	343.10			3	19.6		
eau dans le sol	51.80	eau dans le sol	38.20			4	19.4		
						8	16.7		
Wi = %	11.83	Wf = %	11.13			10	16.0		
						17.5	14.2		
Pds colonne vide	2034.10	température °C	22.5			24	13.4		
Pds colonne + sol hum.	2565.90					32	12.8		
Pds colonne + sol sec	2509.66					41	12.6		
Pds sol hum.	531.80					59	12.5		
Pds sol sec	475.56					90	12.5		
				indice des vides:	0.631			135	12.5
Hauteur totale colonne	164.055								
Hauteur bas	44.820	porosité:	0.387						
Hauteur restante	119.235								
Hauteur de la plaque	0.635								
Hauteur après compact.	66.273								
Hauteur sol humide	52.328								
		Saturation:	52.25						
Diam. de la colonne	8.215	n. air							
Surface de la colonne	53.004	$D_e (m^2/d)$	4.8×10^{-7}						
Volume de sol (cm ^3)	277.355								
Volume source (cm ^3)	354.634								
Volume res. bas (cm ^3)	237.562								
Rho hum.: gr/cm3	1.917								
Rho sec: gr/cm3	1.715								
Rho eau: gr/cm3 (20°)	0.99823								

17-11-1995				Colonne No 2 N			
Prov. Echant.:				MINIST. DES RICH. NATURELLES			
Essai No. MRN#3				DATE	HRE		%oxy
Denité des grains				NOV 95		nb/min	
			2.821				
Tare No.....117	125.00	Tare No.....105	129.20	22	7.48	0	0
Tare + sol hum.	301.30	Tare + sol hum.	557.70			2	20.8
sol humide	176.30	sol humide	428.50			3	20.7
Tare + sol sec	275.70	Tare + sol sec	496.40			4	20.5
sol sec	150.70	sol sec (ws)	367.20			8	19.6
eau dans le sol	25.60	eau dans le sol	61.30			12	18.7
						18	17.6
W i = %	16.99	W f = %	16.69			23	17.2
						34	16.0
Pds colonne vide	2219.90					42	15.4
Pds colonne + sol sable s	2369.90	température °C	23.4			53	14.8
Pds colonne + sol hum.	2807.80					101	13.8
Pds sable sec	150.00					127	13.7
Pds sol hum.	437.90					172	13.6
Pds sol sec	374.31	indice des vides:	0.728			207	13.5
						330	13.6
Hauteur totale colonne	13.081						
Hauteur bas	3.401	porosité:	0.421				
Hauteur restante	9.681						
Hauteur de la plaque	0.234						
Hauteur dessus du sable	2.148						
Hauteur après compact.	7.299						
Hauteur de la plaque	0.64						
Hauteur sol humide	4.106						
		Saturation:	65.53				
Diam. de la colonne	8.440	n. air					
Surface de la colonne	55.947	De (m ² /s)	2.0 x 10 ⁻⁷				
		W f sable					
Volume de sol (cm ³)	229.718	Tare No.....125	127.60				
Volume source (cm ³)	421.448	Tare + sol hum.	263.10				
Volume res. bas (cm ³)	190.247	sol humide	135.50				
		Tare + sol sec	261.70				
Rho hum.: gr/cm ³	1.906	sol sec (ws)	134.10				
Rho sec: gr/cm ³	1.629	eau dans le sol	1.40				
Rho eau: gr/cm ³ (20°)	0.99823						
		W i = %	1.04				

Date: 22-11-95		Colonne No 2 N					
Prov. Echant.:		MINIST. DES RICH. NATURELLES					
Essai No. MRN#4		Densité des grains		2.821	DATE	HRE	%oxy
					NOV 95		nb/min
Tare no. 119	129.40	Tare.....119	129.60	22	7.48	0	0
Tare + sol hum.	246.20	Tare + sol hum.	600.40			2	20.8
sol humide	116.80	sol humide	470.80			3	20.7
Tare + sol sec	229.60	Tare + sol sec	545.40			4	20.5
sol sec	100.20	sol sec (ws)	415.80			8	19.6
eau dans le sol	16.60	eau dans le sol	55.00			12	18.7
						18	17.6
W i = %	16.57	W f = %	13.23			23	17.2
						34	16.0
Pds colonne vide	2224.90	température °C	23.4			42	15.4
Pds colonne + sol sable	2377.30					53	14.8
Pds colonne + sol hum.	2848.90					101	13.8
Pds sable sec	152.40					127	13.7
Pds sol hum.	471.60					172	13.6
Pds sol sec	404.57	indice des vides:	0.737			207	13.5
						330	13.6
Hauteur totale colonne	11.948						
Hauteur bas	3.401	porosité:	0.424				
Hauteur restante	8.547						
Hauteur de la plaque	0.640						
Hauteur dessus du sabl	9.624						
Hauteur après compact.	5.164						
Hauteur de la plaque	0.64						
Hauteur sol humide	4.461						
		Saturation:	63.14				
Diam. de la colonne	8.440	n. air					
Surface de la colonne	55.947	$D_e (m^2/s)$	2.5×10^{-7}				
		teneur en eau	sable				
Volume de sol (cm ³)	249.565	Tare.....3	181.70				
Volume source (cm ³)	324.688	Tare + sol hum.	327.70				
Volume res. bas (cm ³)	190.247	sol humide	146.00				
		Tare + sol sec	324.50				
Rho hum.: gr/cm3	1.890	sol sec (ws)	142.80				

Date: 29-11-1995				Colonne No 1 N			
Prov. Echant.:				MINIST. DES RICH. NATURELLES			
Essai No. MRN 5		Densité des grains		2.821	DATE	HRE	%oxy
				dec 95		nb/min	
Tare No.....107	123.80	Tare No.....114	127.40	04-12-95	10.00	0	0
Tare + sol hum.	356.70	Tare + sol hum.	607.70			3	20.8
sol humide	232.90	sol humide	480.30			4	20.8
Tare + sol sec	308.40	Tare + sol sec	508.20			7	20.8
sol sec	184.60	sol sec (ws)	380.80			30	20.0
eau dans le sol	48.30	eau dans le sol	99.50			65	18.9
						114	18.3
Wi = %	26.16	Wf = %	26.13			151	17.8
						208	17.2
Pds colonne vide	2126.30	température °C	23.4			337	16.2
Pds colonne + sol hum	2611.00					487.	15.3
Pds colonne + sol sec	2510.48					589	14.7
Pds sol hum.	484.70					1266	13.2
Pds sol sec	384.18					1445	13.0
		indice des vides:	0.842			1600	12.9
Hauteur totale colonne	15.374					1750	12.9
→ Hauteur bas	4.498	porosité:	0.457			2770	12.4
Hauteur restante	10.876						
Hauteur de la plaque	0.650						
Hauteur après compact	5.735						
→ Hauteur sol humide	4.492						
		Saturation:	87.33				
Diam. de la colonne	8.440	n. air	0.058				
Surface de la colonne	55.947						
		De (m ² /s)	2.46x10 ⁻⁹				
Volume de sol (cm [^])	251.285	SANS table					
Volume source (cm [^])	357.193						
Volume res. bas (cm [^])	251.649						
Rho hum.: gr/cm3	1.929						
→ Rho sec: gr/cm3	1.529						
Rho eau: gr/cm3 (20°)	0.99823						

6.384 cm →

SANS
table

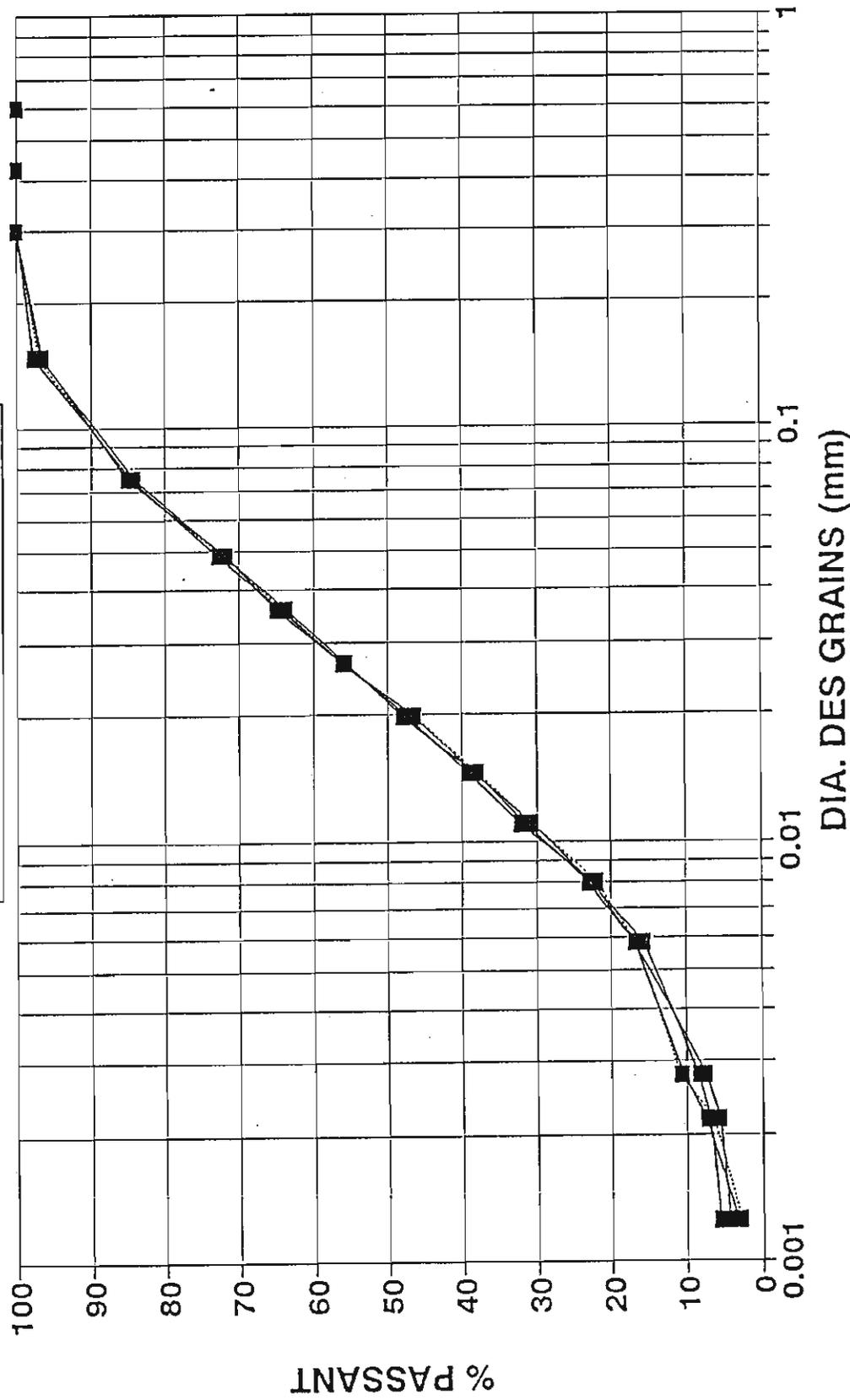
Date: 29-11-1995		Colonne No 2 N					
Prov. Echant.:		MINIST. DES RICH. NATURELLES					
Essai No. MRN#6		Densité des grains	2.821	DATE	HRE		%oxy
				dec 95		nb/min	
Tare no. 107	123.80	Tare No.....126	127.80	04-12-	10.00	0	0
Tare + sol hum.	356.70	Tare + sol hum.	552.20			1.5	20.8
sol humide	232.90	sol humide	424.40			2	20.4
Tare + sol sec	308.40	Tare + sol sec	467.50			3	20.2
sol sec	184.60	sol sec (ws)	339.70			6	19.8
eau dans le sol	48.30	eau dans le sol	84.70			30	19.5
						65	19.2
Wi = %	26.16	Wf = %	24.93			113	18.8
						150	18.5
Pds colonne vide	2225.80					208	17.6
Pds colonne + sol sable se	2475.70	température °C	23.4			337	16.6
Pds colonne + sol hum.	2918.20					487	15.9
Pds sable sec	249.90					589	13.4
Pds sol hum.	442.50					1266	12.6
Pds sol sec	350.73	indice des vides:	0.835			1445	12.4
						1750	12.4
Hauteur totale colonne	15.349					2770	11.9
Hauteur bas	3.401	porosité:	0.455				
Hauteur restante	11.949						
Hauteur de la plaque	0.650						
Hauteur dessus du sable	8.721						
Hauteur après compact.	4.636						
Hauteur de la plaque	0.650						
Hauteur sol humide	4.086						
		Saturation:	88.03				
Diam. de la colonne	8.440	n. air					
Surface de la colonne	55.947	De (m ² /s)	9.4x10 ⁻⁹				
		teneur en eau	sable				
Volume de sol (cm ³)	228.571	Tare No.....125	127.50				
Volume source (cm ³)	295.707	Tare + sol hum.	362.60				
Volume res. bas (cm ³)	190.247	sol humide	235.10				
		Tare + sol sec	360.10				
Rho hum.: gr/cm ³	1.936	sol sec (ws)	232.60				
Rho sec: gr/cm ³	1.534	eau dans le sol	2.50				
Rho eau: gr/cm ³ (20°)	0.99823						
		Wf = %	1.07				

2 Conchos (br. Sol + plaque)

Date: 08-12-1995				Colonne No 2 N				
Prov. Echant.:				MINIST. DES RICH. NATURELLES				
Essai No. MRN#7	Densité des grains			DATE	HRE		%oxy	
	2.821			dec 95		nb/min		
Tare no. 107	123.80	Tare No.....11	168.60	14	9.05	0	0	
Tare + sol hum.	356.70	Tare + sol hum.	670.40			1.2	20.8	
sol humide	232.90	sol humide	501.80			2	20.4	
Tare + sol sec	308.40	Tare + sol sec	570.20			4	20.2	
sol sec	184.60	sol sec (ws)	401.60			9	20.0	
eau dans le sol	48.30	eau dans le sol	100.20			25	19.6	
						37	19.2	
Wi = %	26.16	Wf = %	24.95			76	18.8	
						354	16.0	
Pds colonne vide	2227.20	température °C	23.4			1350	11.5	
Pds colonne + sol sable sec	2497.10							
Pds colonne + sol hum.	3018.00							
Pds sable sec	269.90							
Pds sol hum.	520.90							
Pds sol sec	412.87	indice des vides:	0.804					
Hauteur totale colonne	15.361	porosité:	0.446					
Hauteur bas	3.401							
Hauteur restante	11.960							
Hauteur de la plaque	0.650							
Hauteur dessus du sable	8.446							
Hauteur du sable	4.165							
Hauteur après compact.	3.717							
Hauteur de la plaque	0.650							
Hauteur sol humide	4.728							
				Saturation:	91.41			
Diam. de la colonne	8.440	n. air						
Surface de la colonne	55.947	$D_e (m^2/s)$	$4,85 \times 10^{-9}$					
		teneur en eau	sable					
Volume de sol (cm ³)	264.531	Tare No.....9	167.30					
Volume source (cm ³)	244.334	Tare + sol hum.	425.00					
Volume res. bas (cm ³)	190.247	sol humide	257.70					
		Tare + sol sec	422.30					
Rho hum.: gr/cm ³	1.969	sol sec (ws)	255.00					
Rho sec: gr/cm ³	1.561	eau dans le sol	2.70					
Rho eau: gr/cm ³ (20°)	0.99823							
		Wf = %	1.06					

APPENDIX C
GEOTECHNICAL DATA OF THE LTA TAILINGS
(École Polytechnique)

Analyse granulométrique
RESIDU SULFUREUX



—■— CT-5 —■— CT-3 —■— CT-2 CT-7

ECOLE POLYTECHNIQUE, Dépt. de Génie Minéral

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION.... GOLDER

TROU NO.....

PROFONDEUR..... RESIDU SULFUREUX

SECTION.....

FICHER: GOLDER\DD\SULFURE1

DATE: 08-11-1995

PYCNOMETRE NO	1	3	4
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	750.69	740.58	746.53
TEMPERATURE D'ESSAI	23.2	23.6	22.8
PDS PYCNOMETRE +EAU GRS (M2T2)	675.68	665.65	665.03
TARE NO	7	8	12
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	287.08	287.09	294.89
PDS DE LA TARE	173.40	173.29	171.12
PDS DU SOL SEC GRS	113.68	113.80	123.77
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0.99750	0.99742	0.99758
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 °C	0.99823	0.99823	0.99823
DENSITE RELATIVE (DR)	2.940	2.928	2.928
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2.938	2.925	2.926
		2.930	

ECOLE POLYTECHNIQUE, Dépt. de Génie Minéral

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION....	GOLDER
TROU NO.....	
PROFONDEUR.....	RESIDU SULFUREUX
SECTION.....	
FICHIER: GOLDER\DD\SULFURE1	DATE: 08-11-1995

PYCNOMETRE NO	1	3	4
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	754.14	741.20	740.84
TEMPERATURE D'ESSAI	22.2	23.2	22.2
PDS PYCNOMETRE +EAU GRS (M2T2)	675.80	665.68	665.07
TARE NO	9	10	11
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	290.88	290.91	285.91
PDS DE LA TARE	172.08	176.56	171.07
PDS DU SOL SEC GRS	118.80	114.35	114.84
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0.99771	0.9975	0.99771
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 °C	0.99823	0.99823	0.99823
DENSITE RELATIVE (DR)	2.936	2.945	2.939
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2.935	2.943	2.938
		2.938	

ESSAI PROCTOR

IDENTIFICATION: Résidu Sulfureux

ECHANTILLONNAGE 09-95 PAR J. FRANCOIS

	1	2	3	4	5	6
MOULE SOL COMPACTE	6143.0	6220.0	6268.7	6323.6	6323.3	6236.8
MOULE	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7	4351.7
PDS SOL COMPACTE	1791.3	1868.3	1917.0	1971.9	1971.6	1885.1
MASSE VOL. HUMIDE	1902.2	1984.0	2035.7	2094.0	2093.7	2001.8
MASSE VOL. SECHE	1747.1	1769.9	1791.3	1800.0	1785.9	1657.9
NO TARE	5	4	3	9	1	4
MASSE T.+SOL HUM.	1977.9	2048.1	2116.1	2119.2	2176.9	2078.5
MASSE T.+SOL SEC	1832.4	1848.6	1886.9	1845.2	1886.1	1756.0
MASSE EAU	145.5	199.5	229.2	274.0	290.8	322.5
MASSE TARE	193.8	198.7	207.0	167.5	198.3	201.1
MASSE SOL SEC	1638.6	1649.9	1679.9	1677.7	1687.8	1554.9
TENEUR EN EAU %	8.9	12.1	13.6	16.3	17.2	20.7
INDICE DES VIDES:	0.679	0.658	0.638	0.630	0.643	0.770
POROSITE: %	40.5	39.7	38.9	38.7	39.1	43.5

VOL. DU MOULE: 941.7 cm³

opt. proctor:

Gs: 2.934 teneur en eau opt.

15.5 %

1810.0 kg/m³

% SAT: 38.3

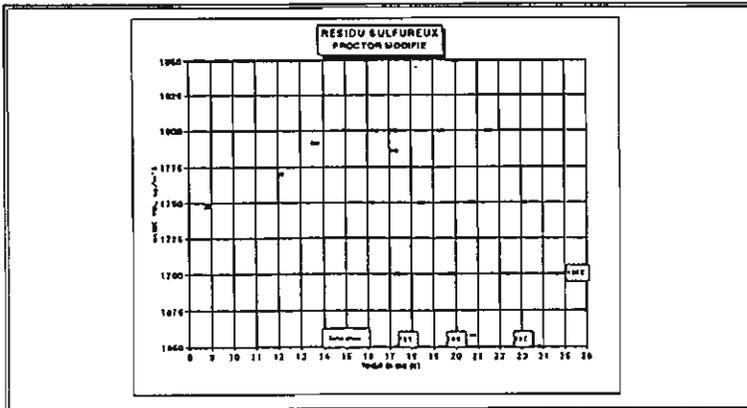
53.9

62.8

76.1

78.6

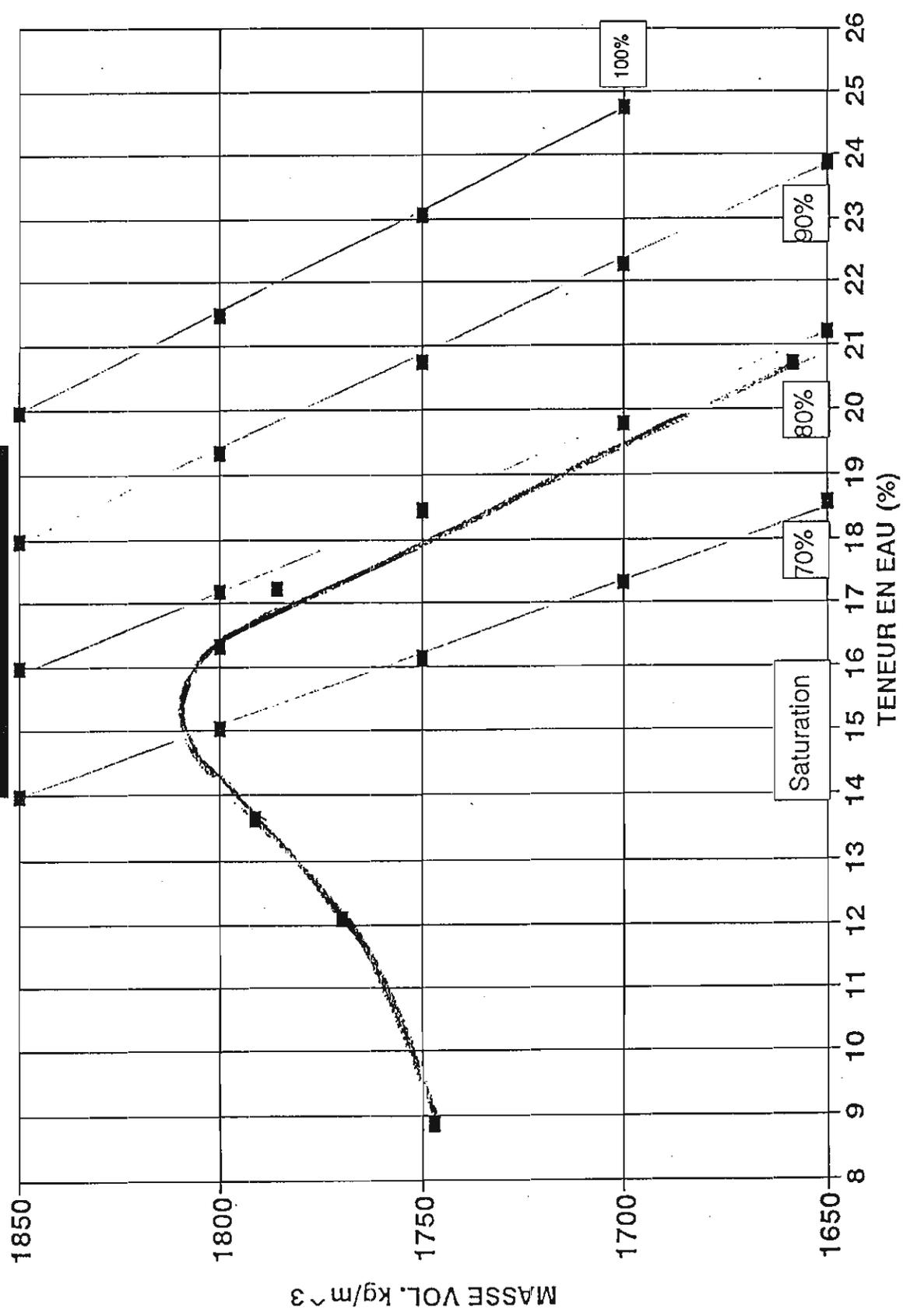
79.1



DEGRE SATURATION:

MASSE VOL. Pd:	1650.0	1700.0	1750.0	1800.0	1850.0	1840.0
SAT. 100	26.52	24.74	23.06	21.47	19.97	20.26
SAT. 95	25.20	23.50	21.91	20.40	18.97	19.25
SAT. 90	23.87	22.27	20.75	19.33	17.97	18.24
SAT. 85	22.54	21.03	19.60	18.25	16.98	17.22
SAT. 80	21.22	19.79	18.45	17.16	15.98	16.21
SAT. 75	19.89	18.56	17.29	16.10	14.98	15.20
SAT. 70	18.57	17.32	16.14	15.03	13.98	14.19

RESIDU SULFUREUX
PROCTOR MODIFIE



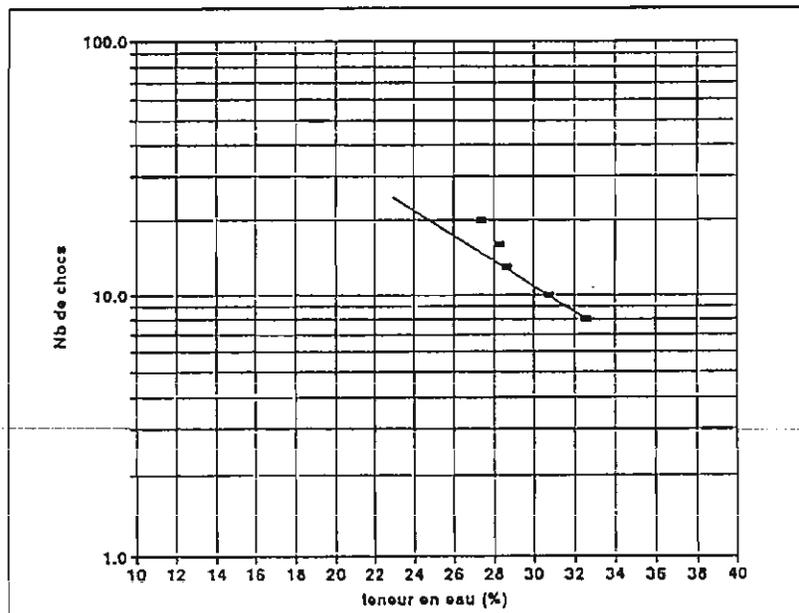
Limites de consistance d'atterberg (ASTM D4318-84)

Échantillon: Golder ass. date: 2 decembre 1995
 Résidus sulfureux

Tare	Limite de liquidité					Limite de Plasticité	
	2	15	20	28	29	34	35
Wt+t	13.95	14.58	13.48	13.35	13.37	7.39	6.68
Ws+t	12.11	12.66	11.90	11.82	11.89	7.13	6.54
Ww	1.84	1.92	1.58	1.53	1.48	0.26	0.14
t	6.46	6.42	6.39	6.41	6.49	5.91	5.92
Ws	5.65	6.24	5.51	5.41	5.40	1.22	0.62
W%	32.57	30.77	28.68	28.28	27.41	21.31	22.58

Nb. Chocs	8	10	13	16	20
-----------	---	----	----	----	----

LL	23.0
LP	21.9
lp	1.1
CL-ML	



TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

Date de montage	22-11-1995	Cellule No. 2
Nom de l'échantillon:	RESIDU SULFUREUX	Burette No. 3
Nom du fichier:	GOLDER\TX\SULFUREUX	

ASTM: D-5084-90

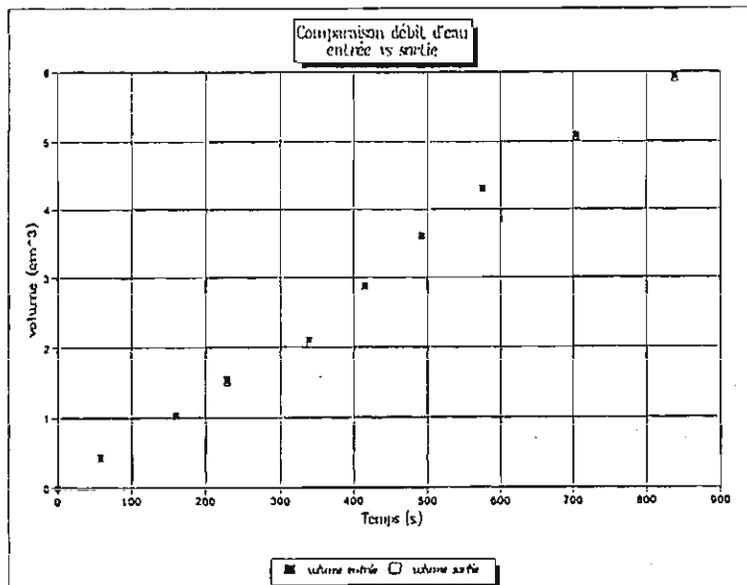
Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	5.977	masse initiale humide (g)	474.0
diamètre (cm.)	7.210	masse finale humide (g)	517.6
surface (cm ²)	40.83	masse finale sèche (g)	415.2
Volume (cm ³)	244.03	Gs	2.935

Conditions de l'essai

Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.942
CapL. pression (%)	93.0	mas. vol. sec. g/cm ³	1.701
Par séchage (%)	99.8	OpL. Proctor g/cm ³	1.810
Teneur en eau initiale (%)	14.2	teneur eau opt. (%)	15.5
Teneur en eau finale (%)	24.7	% opt. Proctor	94.0

Calibration

o/s tête	19.80	burette utilisée	large	0	section burette	0.325	
o/s base	21.50	med	1	petite	0	température	23.3



Résultat de l'essai

Pression (psi)

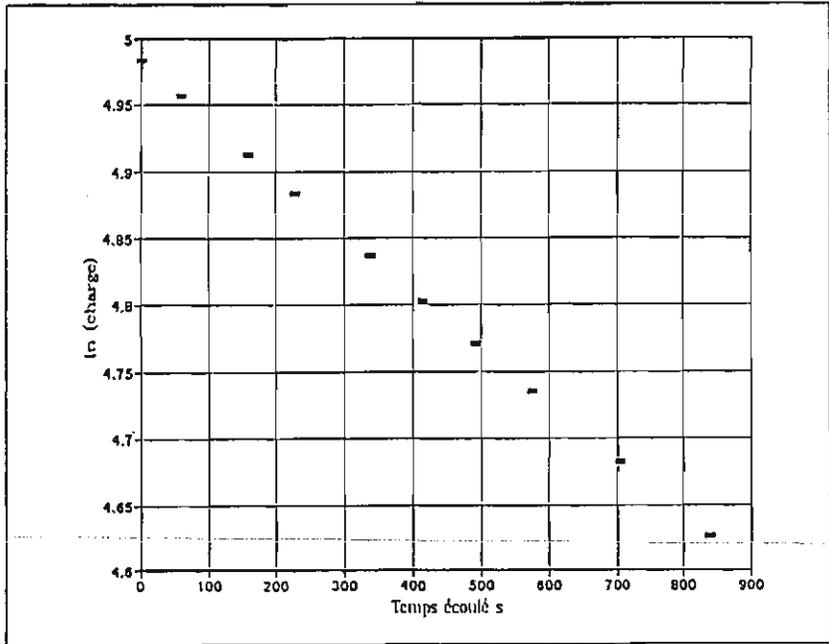
cellule:	70
in/out:	65

Indice des vides: 0.725

Cond. hydraul. cm/s	9.30E-06
écart type	2.93E-08
ind. reg.	1.000

Lectures								
Temps Min	hauteur lête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	159.0	11.4	0	0	145.9	0.00	-	-
0.98	157.0	13.3	0.65	0.62	142.0	58.80	1.10E-05	1.01E-05
2.66	154.0	16.4	1.63	1.62	135.9	159.60	1.04E-05	9.57E-06
3.80	152.0	18.2	2.28	2.21	132.1	228.00	9.86E-06	9.11E-06
5.64	149.0	21.3	3.25	3.22	126.0	338.40	1.02E-05	9.41E-06
6.91	147.0	23.5	3.90	3.93	121.8	414.60	1.06E-05	9.78E-06
8.21	145.0	25.3	4.55	4.52	118.0	492.60	9.67E-06	8.93E-06
9.60	143.0	27.4	5.20	5.20	113.9	576.00	1.01E-05	9.32E-06
11.74	140.0	30.3	6.18	6.14	108.0	704.40	9.85E-06	9.10E-06
13.97	137.0	33.2	7.15	7.09	102.1	838.20	9.99E-06	9.23E-06

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

Date de montage	22-11-1995	Cellule No. 3
Nom de l'échantillon:	RESIDU SULFUREUX	Burette No. 4
Nom du fichier:	GOLDERTX\SULFUREUX	

ASTM: D-5084-90

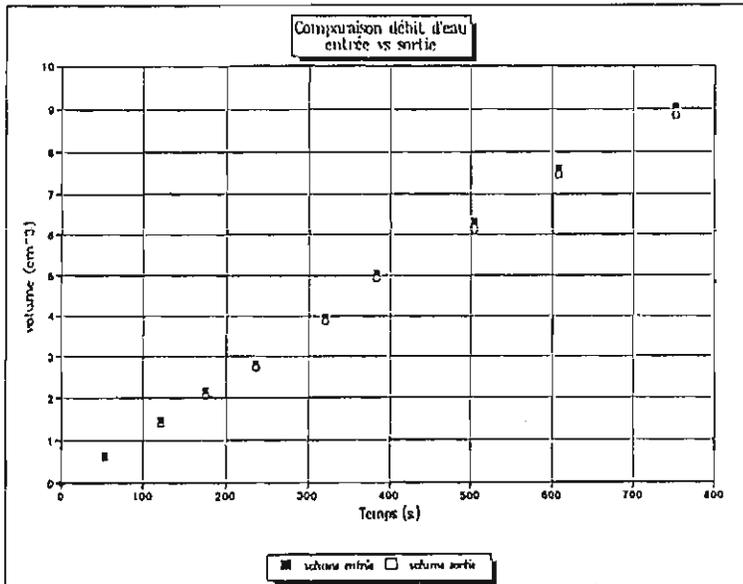
Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	6.236	masse initiale humide (g)	476.7
diamètre (cm.)	7.190	masse finale humide (g)	520.1
surface (cm ²)	40.60	masse finale sèche (g)	405.5
Volume (cm ³)	253.19	Gs	2.935

Conditions de l'essai

Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.883
Capl. pression (%)	93.0	mas. vol. sec. g/cm ³	1.602
Par séchage (%)	99.6	Opt. Proctor g/cm ³	1.810
Teneur en eau initiale (%)	17.6	teneur eau opt. (%)	15.5
Teneur en eau finale (%)	28.3	% opt. Proctor	88.5

Calibration

o/s tête	22.30	burette utilisée	large	0	section burette	0.325	
o/s base	20.90	med	1	petite	0	température	23.3



Résultat de l'essai

Pression (psi)	
cellule:	70
in/out:	65
Indice des vides:	0.833
Cond. hydraul. cm/s	1.85E-05
écart type	3.76E-08
ind. reg.	1.000

TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

Date de montage	13-11-95	Cellule No. 5
Nom de l'échantillon:	RESIDU SULFUREUX	Burette No. 4
Nom du fichier:	GOLDER\TX\SULFUREUX	

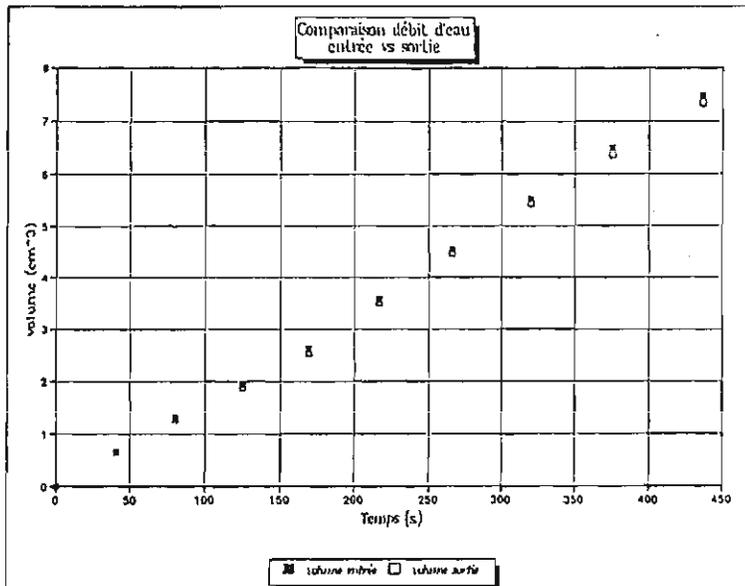
ASTM: D-5084-90

Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	6.077	masse initiale humide (g)	447.4
diamètre (cm.)	7.185	masse finale humide (g)	508.5
surface (cm ²)	40.55	masse finale sèche (g)	396.4
Volume (cm ³)	246.40	Gs	2.934

Conditions de l'essai			
Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.816
Capl. pression (%)	95.8	mas. vol. sec. g/cm ³	1.609
Par séchage (%)	100.7	Opt. Proctor g/cm ³	1.810
Teneur en eau initiale (%)	12.9	teneur eau opt. (%)	15.5
Teneur en eau finale (%)	28.3	% opt. Proctor	88.9

Calibration

o/s tête	19.50	burette utilisée	large	0	section burette	0.325	
o/s base	19.00	med	1	petite	0	température	22.7



Résultat de l'essai

Pression (psi)	
cellule:	70
in/out:	65
Indice des vides: 0.824	
Cond. hydraul. cm/s:	2.39E-05
écart type	7.12E-08
ind. reg.	1.000

TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

Date de montage	13-11-95	Cellule No. 7
Nom de l'échantillon:	RESIDU SULFUREUX	Burette No. 3
Nom du fichier:	GOLDERTXSULFUREUX	

ASTM: D-5084-90

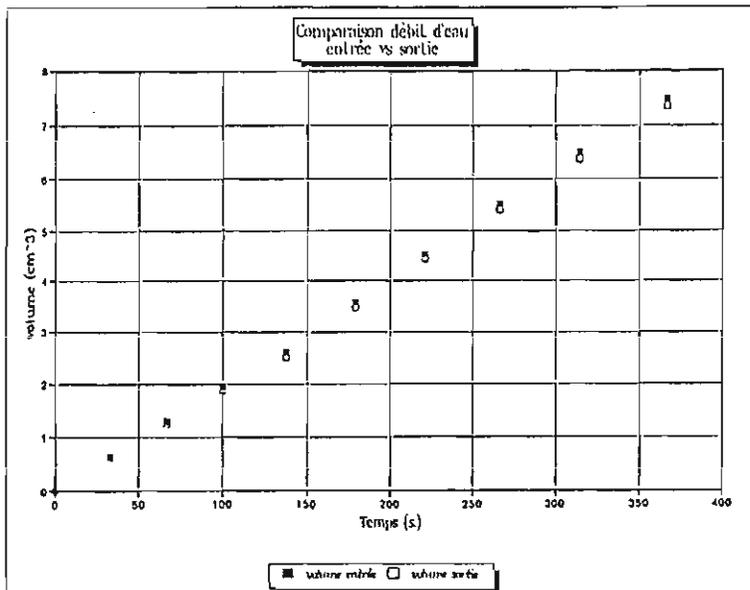
Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	6.834	masse initiale humide (g)	449.2
diamètre (cm.)	7.168	masse finale humide (g)	528.3
surface (cm ²)	40.35	masse finale sèche (g)	397.3
Volume (cm ³)	275.78	Gs	2.935

Conditions de l'essai

Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.629
Capt. pression (%)	93.0	mas. vol. sec. g/cm ³	1.441
Par séchage (%)	93.3	Opt. Proctor g/cm ³	1.810
Teneur en eau initiale (%)	13.1	Teneur eau opt. (%)	15.5
Teneur en eau finale (%)	33.0	% opt. Proctor	79.6

Calibration

o/s tête	19.00	burette utilisée	large	0	section burette	0.325	
o/s base	21.50	med	1	petite	0	température	22.7

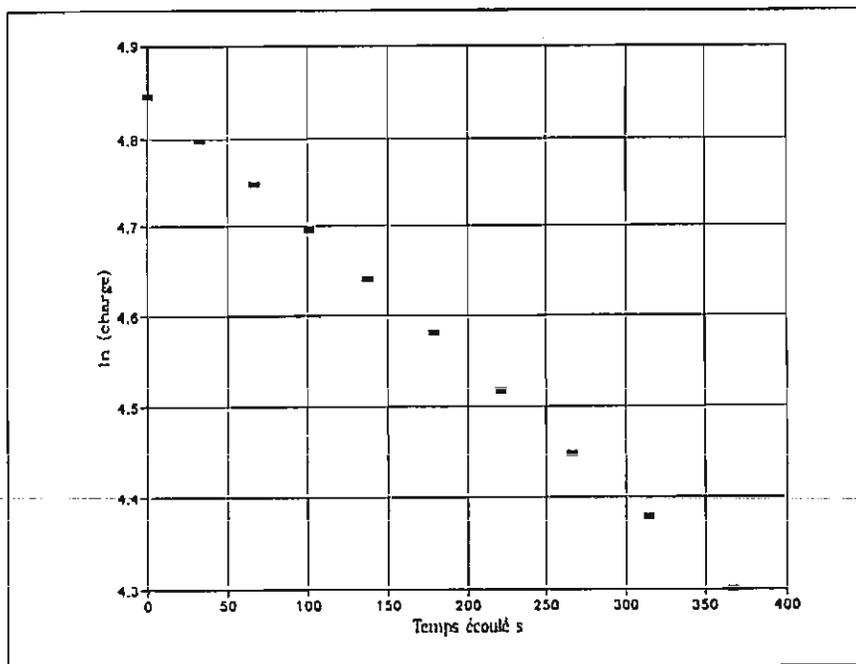


Résultat de l'essai

Pression (psi)	
cellule:	70
in/out:	65
Indice des vides:	1.037
Cond. hydraul. cm/s	3.85E-05
écart type	8.89E-08
ind. reg.	1.000

Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entré	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	160.0	31.1	0	0	127.2	0.00	-	-
0.55	157.0	34.0	0.98	0.94	121.3	33.00	3.96E-05	3.72E-05
1.11	154.0	36.9	1.95	1.88	115.4	66.60	4.08E-05	3.83E-05
1.67	151.0	39.8	2.93	2.83	109.5	100.20	4.30E-05	4.03E-05
2.29	148.0	42.7	3.90	3.77	103.6	137.40	4.10E-05	3.84E-05
2.98	145.0	45.7	4.88	4.75	97.6	178.80	3.97E-05	3.72E-05
3.68	142.0	48.8	5.85	5.75	91.5	220.80	4.23E-05	3.97E-05
4.44	139.0	51.8	6.83	6.73	85.5	266.40	4.09E-05	3.84E-05
5.24	136.0	54.6	7.80	7.64	79.7	314.40	4.03E-05	3.78E-05
6.12	133.0	57.6	8.78	8.61	73.7	367.20	4.08E-05	3.83E-05

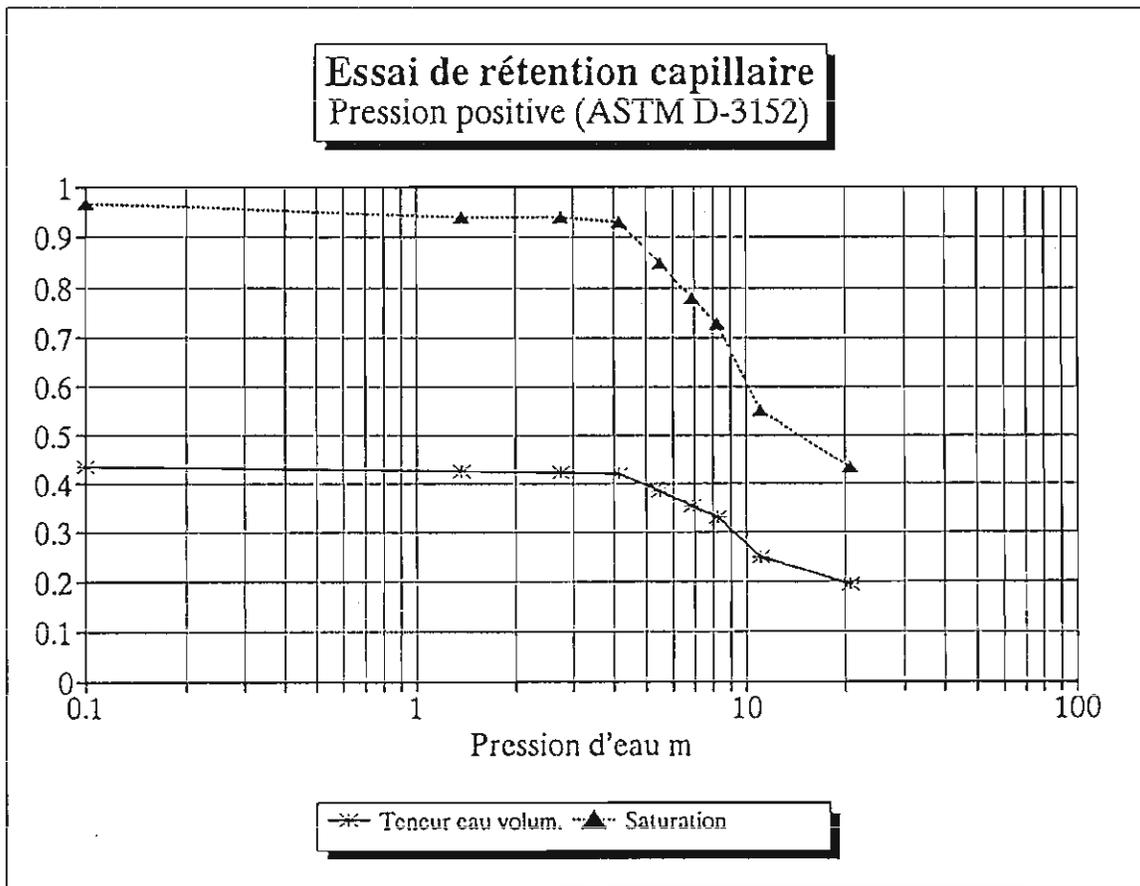
Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

Échantill	U-2	Résidus: SULF	Date montage	9 novembre '95			
Dr	2.934		kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Volume anneau	98.99		0.0000	1851.5	0.10	0.437	0.96
Anneau+plaque	101.00		1.3800	1850.4	1.38	0.426	0.94
Masse humide initial	302.43		27.6000	1850.3	2.76	0.425	0.94
Masse humide finale	279.15		41.4000	1849.9	4.14	0.421	0.93
			55.2000	1846.3	5.52	0.385	0.85
			70.0000	1843.2	6.90	0.353	0.78
			82.8000	1840.9	8.28	0.330	0.73
Tare	119.86		110.4000	1833.0	11.04	0.250	0.55
Tare+sol sec	278.54		179.4000	1827.7	20.7	0.197	0.43
Indice des vides	0.83						
TEV initiale	0.43						
Saturation initiale	95.20						
TEV finale	0.1967						
Saturation finale	43.36						



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

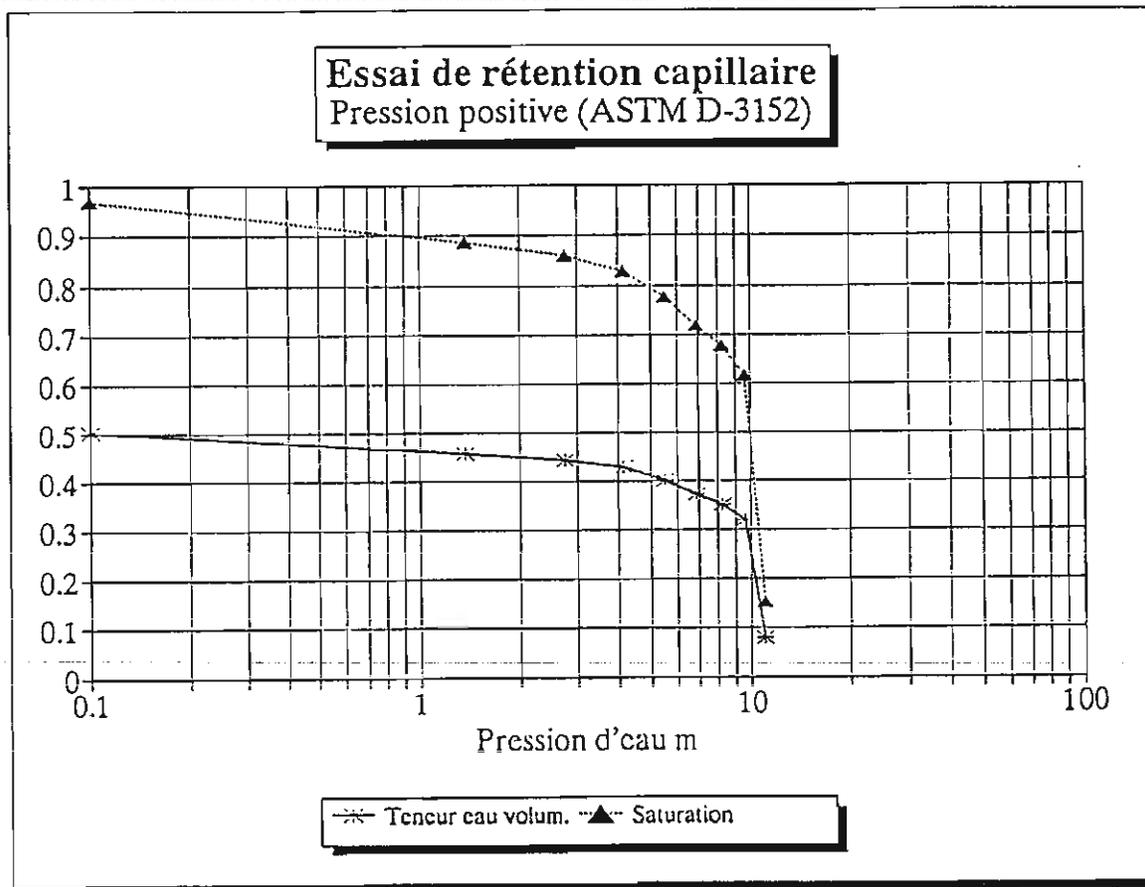
Échantill	P-2	résidus: SULF	Date montage	9 novembre '95
-----------	-----	---------------	--------------	----------------

Dr	2.934
Volume anneau	98.32
Anneau+plaque	101.54
Masse humide initial	289.69
Masse humide finale	248.05

Tare	181.49
Tare+sol sec	320.16

Indice des vides	1.08
TEV initiale	0.50
Saturation initiale	96.91
TEV finale	0.0797
Saturation finale	15.36

kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
0.0000	1885.3	0.10	0.502	0.97
1.3800	1881.1	1.38	0.459	0.88
27.6000	1879.7	2.76	0.445	0.86
41.4000	1878.3	4.14	0.431	0.83
55.2000	1875.6	5.52	0.403	0.78
70.0000	1872.7	6.90	0.374	0.72
82.8000	1870.6	8.28	0.352	0.68
96.6000	1867.4	9.66	0.320	0.62
110.4000	1843.8	11.04	0.080	0.15



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

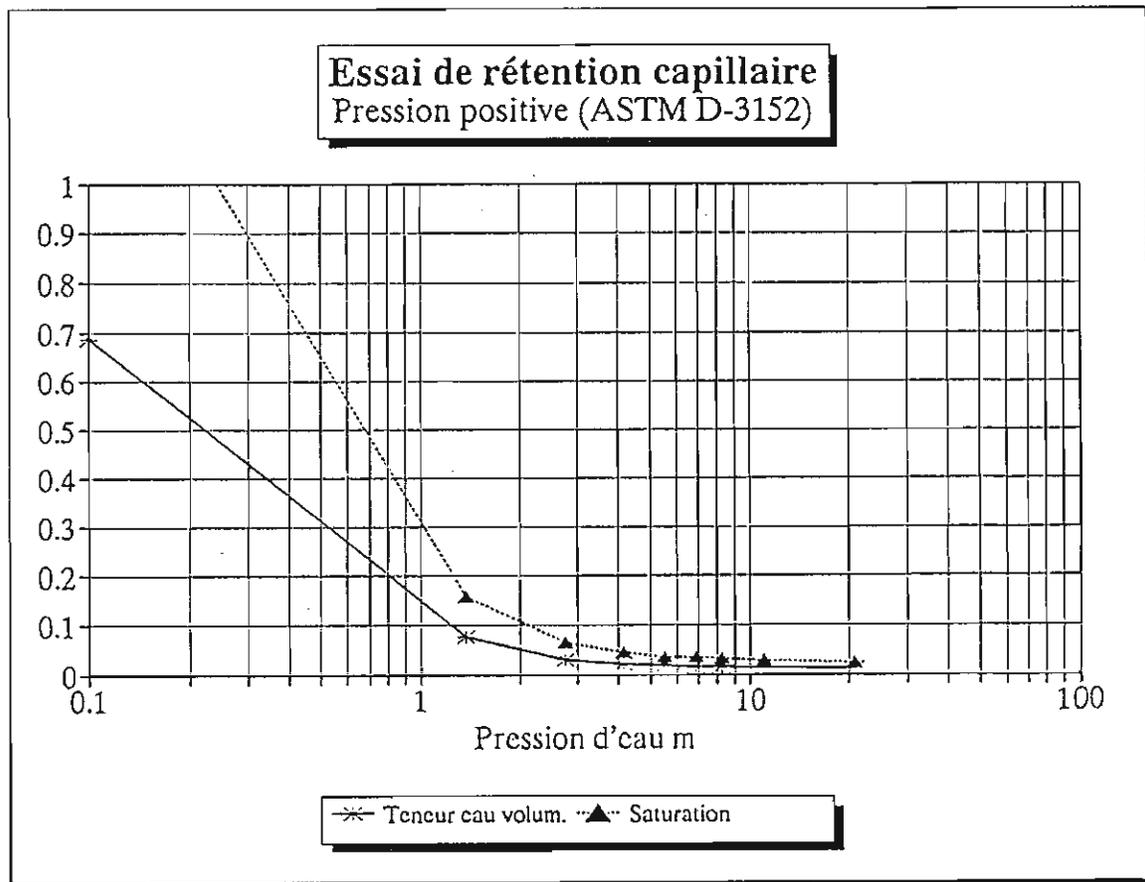
Pression positive (ASTM D-3152)

Échantill	U-1	Résidus	SULF	Date montage	9 novembre '95
-----------	-----	---------	------	--------------	----------------

	kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Dr	0.0000	1847.2	0.10	0.687	1.43
Volume anneau	1.3800	1786.7	1.38	0.076	0.16
Anneau + plaque	27.6000	1782.2	2.76	0.031	0.06
Masse humide initial	41.4000	1781.3	4.14	0.022	0.04
Masse humide finale	55.2000	1780.9	5.52	0.017	0.04
	70.0000	1780.8	6.90	0.016	0.03
	82.8000	1780.7	8.28	0.015	0.03
	110.4000	1780.5	11.04	0.013	0.03
	179.4000	1780.3	20.7	0.011	0.02

Tare	127.80
Tare+sol sec	279.10

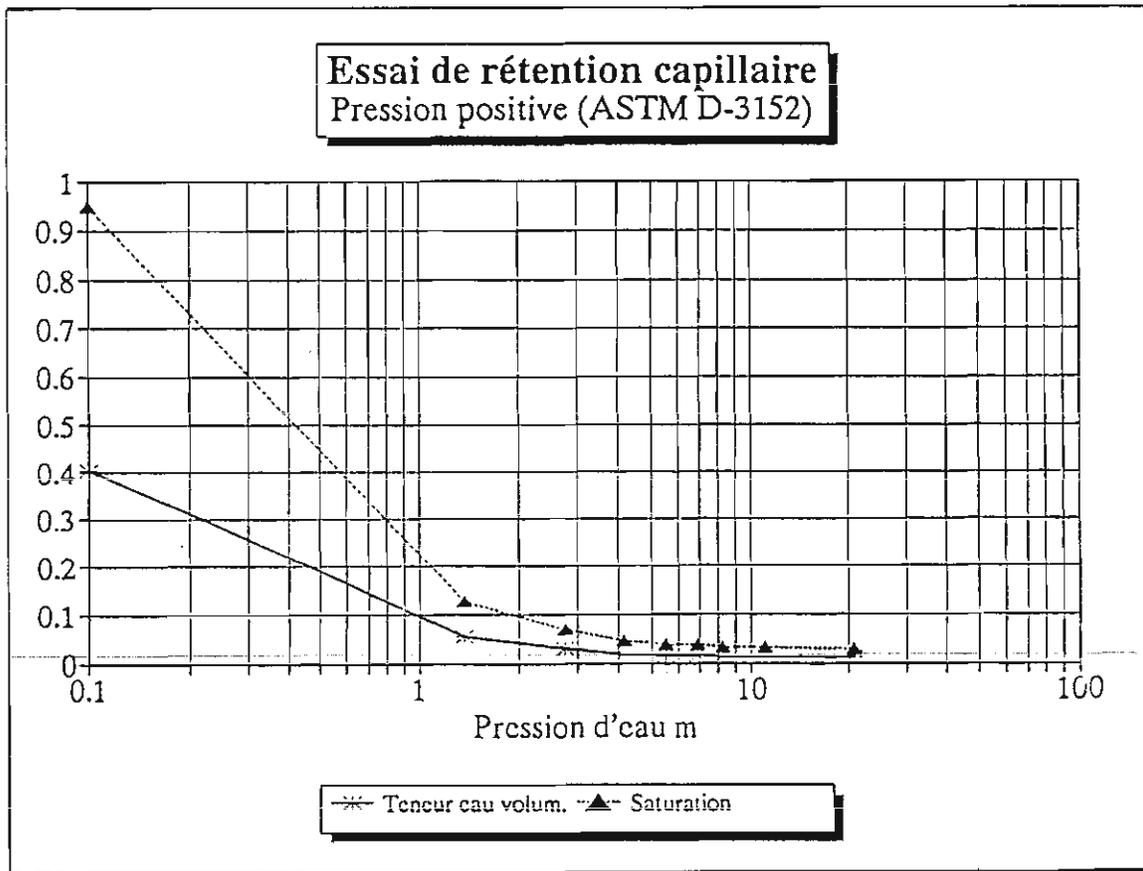
Indice des vides	0.92
TEV initiale	0.45
Saturation initiale	93.16
TEV finale	0.0114
Saturation finale	2.38



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

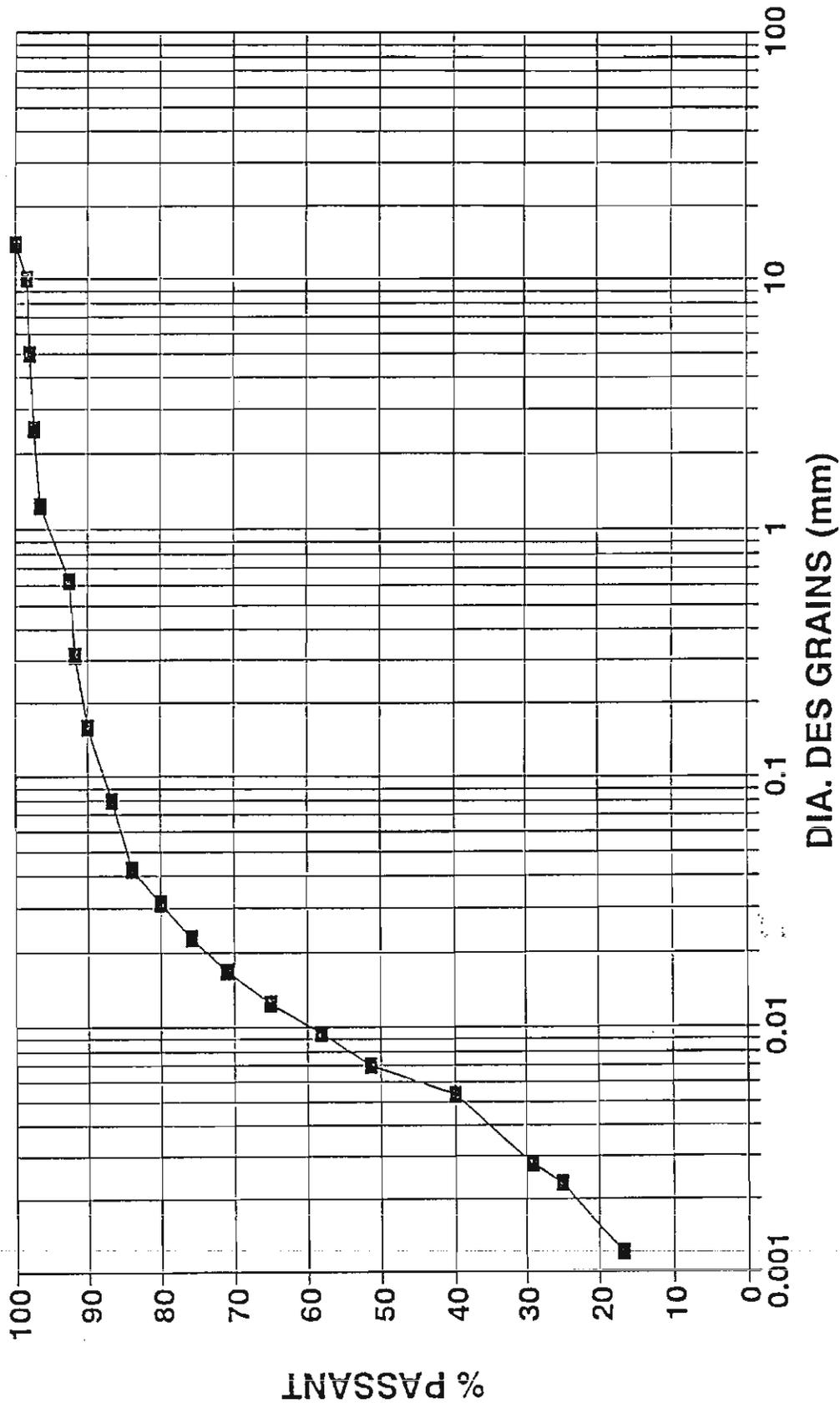
Échantill U-3 Résidus: SULF		Date montage 9 novembre '95				
Dr	2.934	kPa	Montage	m.cau	TEV	Saturation
Volume anneau	98.97	0.0000	1850.1	0.10	0.406	0.95
Anneau+plaque	97.50	1.3800	1815.3	1.38	0.055	0.13
Masse humide initial	303.31	27.6000	1812.8	2.76	0.029	0.07
Masse humide finale	264.70	41.4000	1811.8	4.14	0.019	0.04
		55.2000	1811.5	5.52	0.016	0.04
		70.0000	1811.5	6.90	0.016	0.04
Tare	127.20	82.8000	1811.3	8.28	0.014	0.03
Tare+sol sec	293.20	110.4000	1811.3	11.04	0.014	0.03
		179.4000	1811.1	20.7	0.012	0.03
Indice des vides	0.75					
TEV initiale	0.40					
Saturation initiale	93.91					
TEV finale	0.0121					
Saturation finale	2.83					



Date: 22-11-95		- Colonne No 1					
Prov. Echant.:		RESIDU SULFUREUX					
Essai No. : S-1		Densité des grains	2.934	DATE	HRE		%oxy
				NOV 95		nb/min	
Tare No.....114	126.90	Tare No.....114	127.00				
Tare + sol hum.	326.00	Tare + sol hum.	598.80	27	8.24	0	0
sol humide	199.10	sol humide	471.80			3.5	20.8
Tare + sol sec	300.00	Tare + sol sec	547.90			4	20.7
sol sec	173.10	sol sec (ws)	420.90			5	20.3
eau dans le sol	26.00	eau dans le sol	50.90			6	19.8
						9	18.7
Wi = %	15.02	Wf = %	12.09			15	16.5
						25	14.5
Pds colonne vide	2124.80	température °C	22.5			45	13.1
Pds colonne + sol hum.	2607.70					75	12.7
Pds colonne + sol sec	2544.64					130	12.3
Pds sol hum.	482.90					280	11.7
Pds sol sec	419.84					360	11.4
		indice des vides:	0.892			500	11.2
Hauteur totale colonne	15.374					1800	11.2
Hauteur bas	4.498	porosité:	0.471				
Hauteur restante	10.876						
Hauteur de la plaque	0.640						
Hauteur après compact.	5.120						
Hauteur sol humide	5.116						
		Saturation:	49.23				
Diam. de la colonne	8.215	n. air :					
Surface de la colonne	53.004						
		$D_e (m^2/A)$	$6,1 \times 10^{-7}$				
Volume de sol (cm ^3)	271.180						
Volume source (cm ^3)	305.288						
Volume res. bas (cm ^3)	238.411						
Rho hum.: gr/cm3	1.781						
Rho sec: gr/cm3	1.548						
Rho eau: gr/cm3 (20°)	0.99823						

APPENDIX D
GEOTECHNICAL DATA OF BORROW PIT #1 SILT
(École Polytechnique and URSTM)

Analyse granulométrique
LTA - Sift



CT-6

ECOLE POLYTECHNIQUE, Dépt. de Génie Minéral

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION.... GOLDER

TROU NO.....

PROFONDEUR..... LTA - Silt

SECTION.....

FICHIER: GOLDER\LTA\DD\SERIE1

DATE: 96-10-07

PYCNOMETRE NO	1	3	4	7
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	735.80	741.80	725.30	733.28
TEMPERATURE D'ESSAI	23.2	23.2	23.2	23.3
PDS PYCNOMETRE +EAU GRS (M2T2)	675.68	682.63	665.03	677.67
TARE NO	1	3	4	12
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	299.92	305.49	305.72	259.36
PDS DE LA TARE	205.93	212.63	210.85	171.48
PDS DU SOL SEC GRS	93.99	92.86	94.87	87.88
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0.99750	0.99750	0.9975	0.99748
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 °C	0.99823	0.99823	0.99823	0.99823
DENSITE RELATIVE (DR)	2.775	2.756	2.742	2.723
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2.773	2.754	2.740	2.721
MOYENNE:			2.747	

Limite de liquidité

Golder ass.

Provenance:

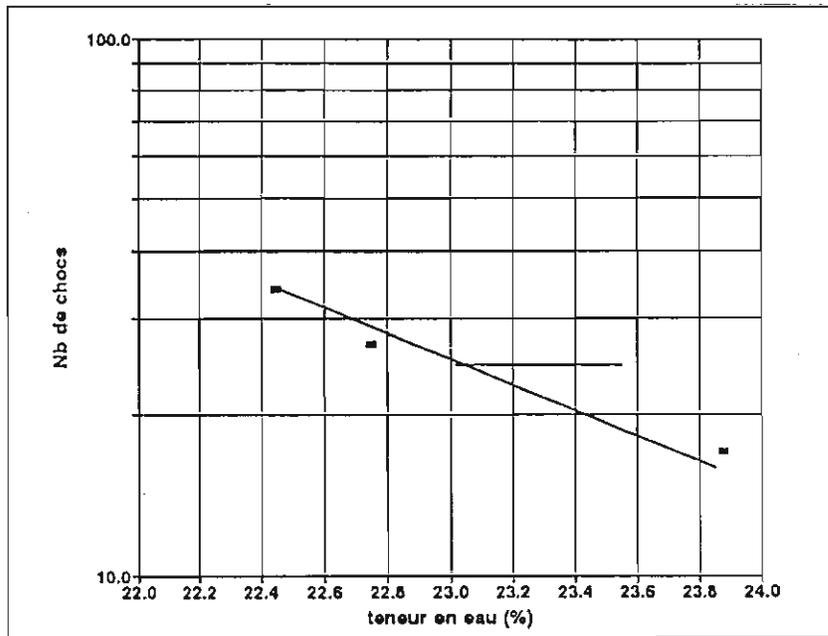
LTA-silt

Limite de Plasticité

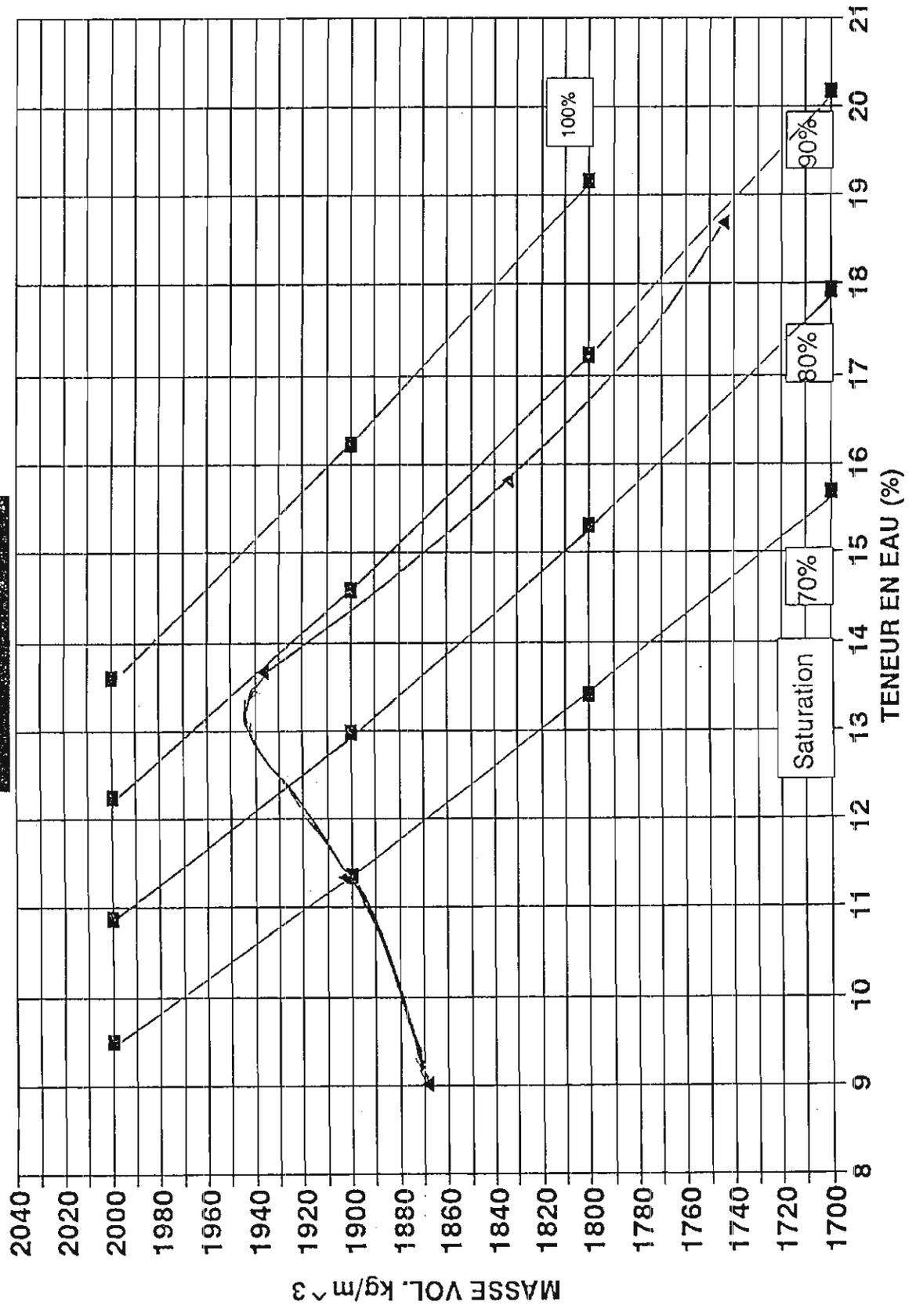
Tare	26	21	6			13	28
Wt+t	60.46	68.69	67.46			22.48	27.70
Ws+t	54.98	61.77	60.80			19.89	24.34
Ww	5.48	6.92	6.66			2.59	3.36
tare	32.03	31.35	31.13			6.31	6.32
Ws	22.95	30.42	29.67			13.58	18.02
W%	23.88	22.75	22.45			19.07	18.65

Nb. Choc	17	27	34		
----------	----	----	----	--	--

LL	23.0
LP	18.9
lp	4.1



L. T. A.-Silt
PROCTOR MODIFIE



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	96-10-07	SANS CONGELATION
Nom de l'échantillon:	LTA-Si/f	ETAPE 1
Nom du fichier:	GOLDER\LTA\CONGEL\SERIE1	

Géométrie		moule # 7
épaisseur initiale	cm	10.760
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		575.87

16.506
5.016

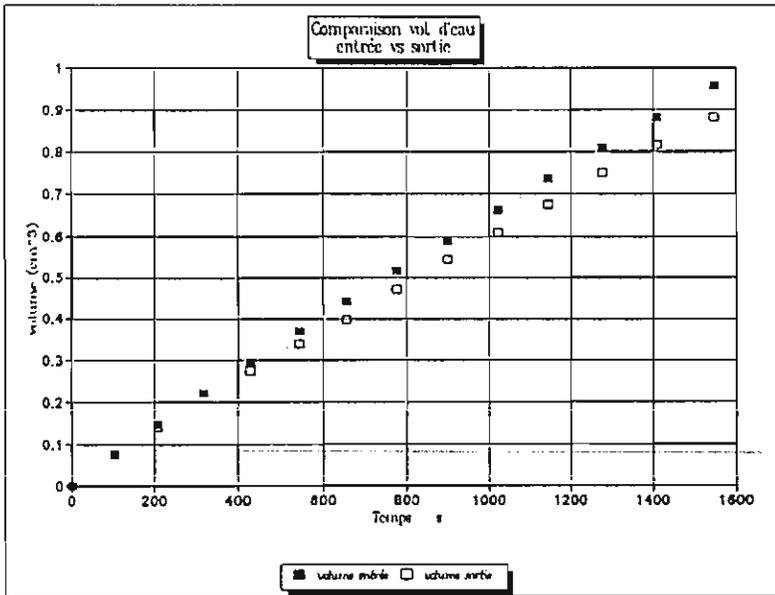
Masses g	
masse initiale humide	1081.2
masse finale humide	1171.1
masse finale sèche	960.9
Gs	2.780

Conditions de l'essai

Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.877
Par séchage (%) init.	52.3	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.669
Par séchage (%) fin.	91.3	OpL Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.5	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.9	% opt. Proctor	85.9

Calibration

o/s tête	128.20	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	23.30	med	0	petite	1	température	22.8



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.666

Perméabilité (cm/s) 1.05E-06

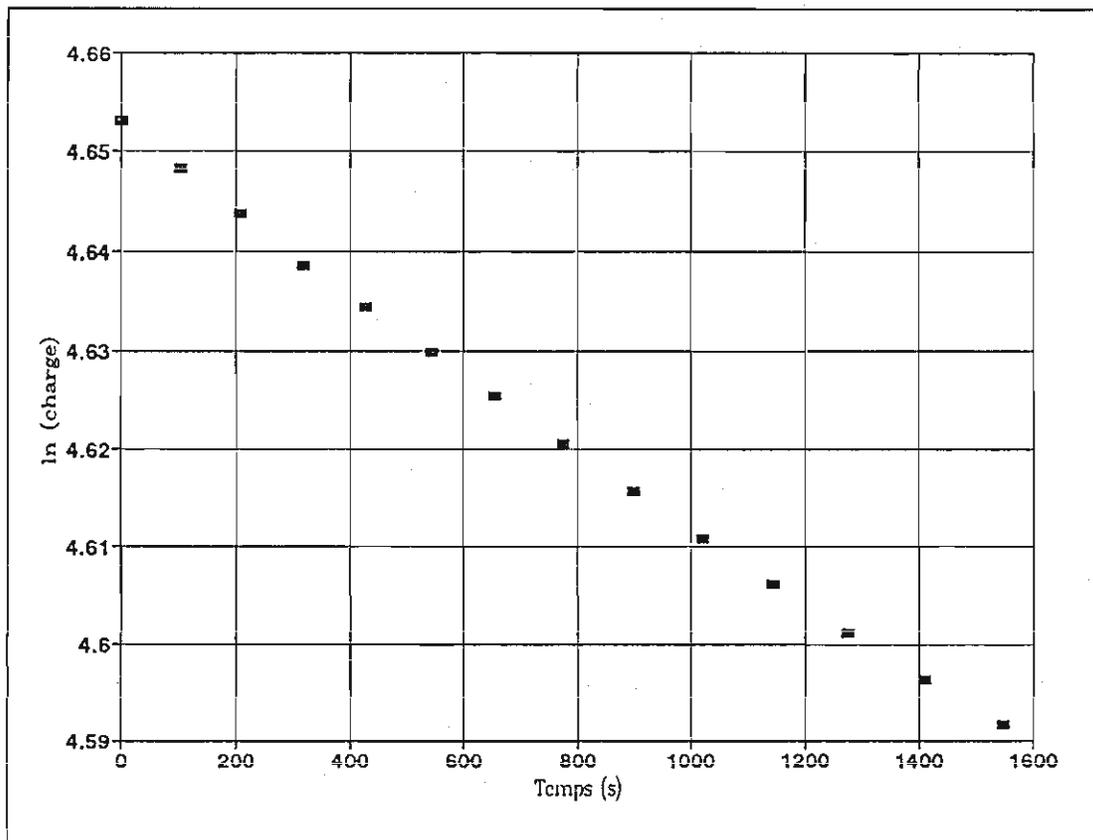
écart type 1.31E-08

ind. reg. 0.998

COMMENTAIRES

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0	104.9	0.00	-	-
1.71	-0.25	0.25	0.07	0.07	104.4	102.60	1.38E-06	1.29E-06
3.47	-0.50	0.48	0.15	0.14	103.9	208.20	1.28E-06	1.19E-06
5.30	-0.75	0.75	0.22	0.22	103.4	318.00	1.36E-06	1.28E-06
7.15	-1.00	0.93	0.29	0.27	103.0	429.00	1.10E-06	1.03E-06
9.07	-1.25	1.15	0.37	0.34	102.5	544.20	1.19E-06	1.11E-06
10.92	-1.50	1.35	0.44	0.40	102.0	655.20	1.17E-06	1.10E-06
12.93	-1.75	1.60	0.51	0.47	101.5	775.80	1.20E-06	1.13E-06
14.99	-2.00	1.85	0.59	0.54	101.0	899.40	1.18E-06	1.10E-06
17.04	-2.25	2.08	0.66	0.61	100.6	1022.40	1.13E-06	1.06E-06
19.08	-2.50	2.30	0.74	0.68	100.1	1144.80	1.14E-06	1.07E-06
21.28	-2.75	2.55	0.81	0.75	99.6	1276.80	1.12E-06	1.05E-06
23.49	-3.00	2.78	0.88	0.82	99.1	1409.40	1.07E-06	9.98E-07
25.78	-3.25	3.00	0.96	0.88	98.7	1546.80	1.03E-06	9.67E-07
37.93	-4.50	4.20	1.32	1.24	96.2	2275.80	1.02E-06	9.55E-07



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	96-10-07	SANS CONGÉLATION
Nom de l'échantillon:	ITA - Si / T	ETAPE 1
Nom du fichier:	GOLDERN\ITA\CONGEL\SERIE1	

Géométrie		moule # 2
épaisseur initiale	cm	12.466
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		667.19

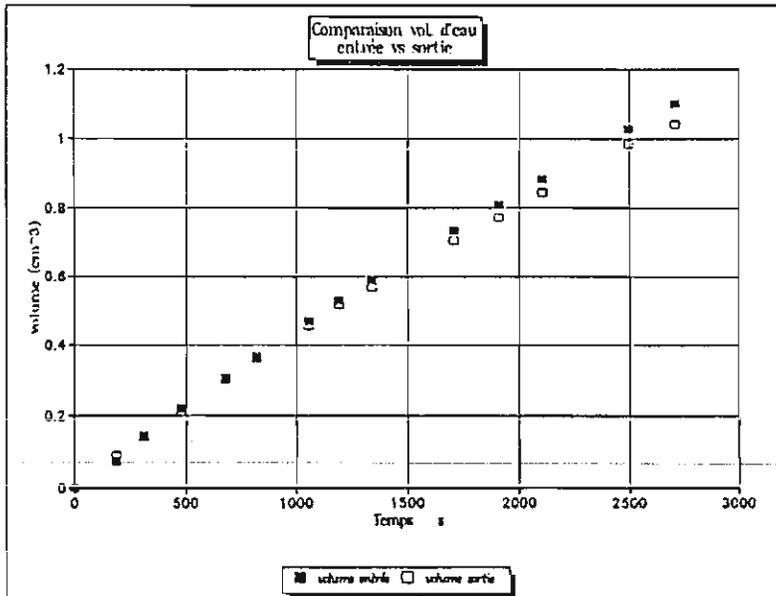
17.378
4.182

Masses g	
masse initiale humide	1084.7
masse finale humide	1174.0
masse finale sèche	966.4
Gs	2.780

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.626
Par séchage (%) init.	37.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.448
Par séchage (%) fin.	65.0	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.2	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.5	% opt. Proctor	74.6

Calibration

o/s tête	128.50	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	24.80	med	0	petite	1	température	23.5



Résultat de l'essai

charge variable

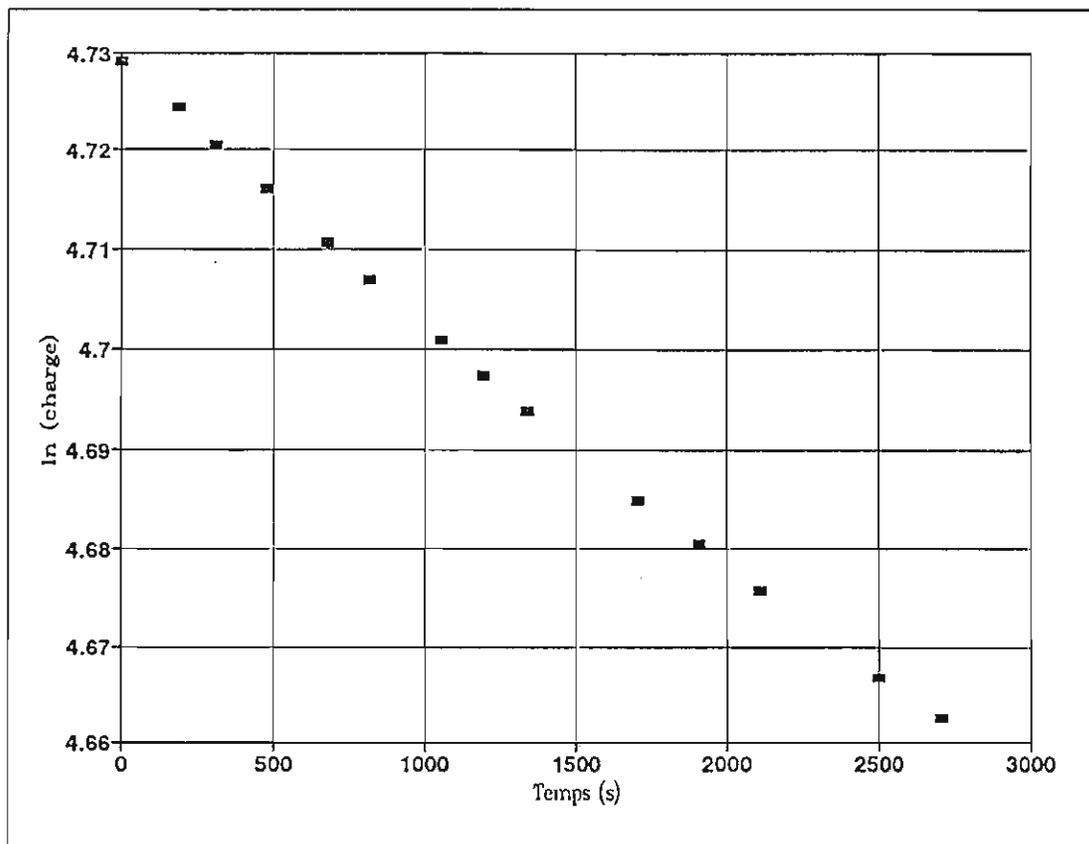
Indice des vides 0.919

Perméabilité (cm/s) 7.63E-07
écart type 8.78E-09
ind. reg. 0.998

COMMENTAIRES

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	-9.50	0.00	0	113.2	0.00	-	-
3.15	-0.25	-9.20	0.07	0.09	112.7	189.00	8.83E-07	8.11E-07
5.20	-0.50	-9.03	0.15	0.14	112.2	312.00	1.05E-06	9.67E-07
7.97	-0.75	-8.78	0.22	0.21	111.7	478.20	9.20E-07	8.46E-07
11.32	-1.05	-8.48	0.31	0.30	111.1	679.20	9.18E-07	8.43E-07
13.66	-1.25	-8.28	0.37	0.36	110.7	819.60	8.80E-07	8.08E-07
17.61	-1.60	-7.95	0.47	0.46	110.1	1056.60	8.84E-07	8.12E-07
19.90	-1.80	-7.75	0.53	0.51	109.7	1194.00	9.08E-07	8.34E-07
22.31	-2.00	-7.58	0.59	0.57	109.3	1338.60	8.12E-07	7.46E-07
28.42	-2.50	-7.10	0.74	0.71	108.3	1705.20	8.37E-07	7.69E-07
31.78	-2.75	-6.88	0.81	0.77	107.8	1906.80	7.47E-07	6.86E-07
35.10	-3.00	-6.63	0.88	0.85	107.3	2106.00	7.99E-07	7.34E-07
41.63	-3.50	-6.15	1.03	0.99	106.4	2497.80	7.98E-07	7.33E-07
45.13	-3.75	-5.95	1.10	1.04	105.9	2707.80	6.92E-07	6.35E-07
48.69	-4.00	-5.70	1.18	1.12	105.4	2921.40	7.59E-07	6.97E-07



TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

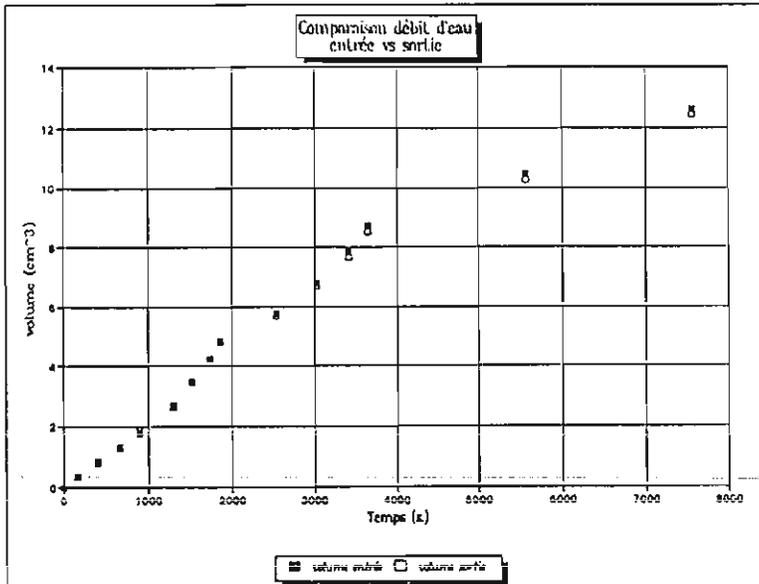
Date de montage	1996-10-08	Cellule No. 6
Nom de l'échantillon:	LTA - silt	Burette No. 1
Nom du fichier:	GOLDERLTA\TX\serie1	

ASTM D-5084-90

Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	5.910	masse initiale humide (g)	462.6
diamètre (cm.)	7.165	masse finale humide (g)	499.8
surface (cm ²)	40.32	masse finale sèche (g)	413.7
Volume (cm ³)	238.29	Gs	2.747

Conditions de l'essai			
Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.941
CapL pression (%)	95.6	mas. vol. sec. g/cm ³	1.736
Par séchage (%)	98.2	Opt. Proctor g/cm ³	1.942
Teneur en eau initiale (%)	11.8	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale (%)	20.8	% opt. Proctor	89.4

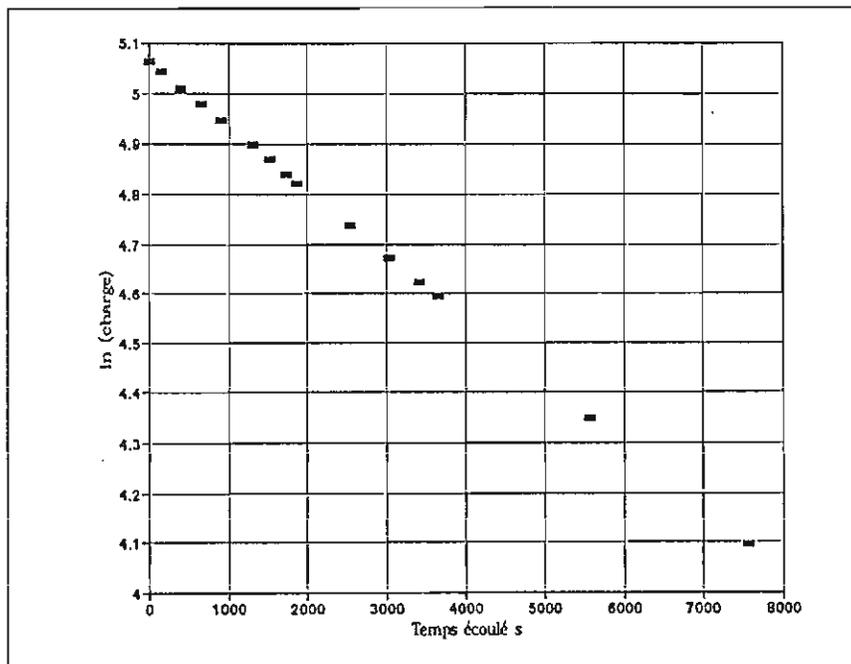
Calibration							
o/s tête	22.30	burette utilisée	large	0	section burette	0.325	
o/s base	20.90	med	1	petite	0	température	22.2



Résultat de l'essai	
Pression (psi)	
cellule:	50
in\out:	45
Indice des vides	0.582
Cond. hydraul. cm/s	2.91E-06
écart type	5.09E-09
ind. reg.	1.000

Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	164.0	7.3	0	0	158.1	0.00	-	-
2.75	162.5	9.0	0.49	0.55	154.9	165.00	2.95E-06	2.81E-06
6.75	160.0	11.5	1.30	1.37	149.9	405.00	3.26E-06	3.10E-06
11.00	157.8	13.7	2.01	2.08	145.5	660.00	2.78E-06	2.65E-06
14.99	155.4	16.0	2.79	2.83	140.8	899.40	3.27E-06	3.11E-06
21.75	152.0	19.3	3.90	3.90	134.1	1305.00	2.86E-06	2.72E-06
25.33	150.0	21.2	4.55	4.52	130.2	1519.80	3.27E-06	3.11E-06
28.83	148.2	23.0	5.14	5.10	126.6	1729.80	3.18E-06	3.02E-06
31.06	147.0	24.1	5.53	5.46	124.3	1863.60	3.26E-06	3.10E-06
42.26	141.8	29.0	7.21	7.05	114.2	2535.60	3.00E-06	2.86E-06
50.54	138.1	32.6	8.42	8.22	106.9	3032.40	3.17E-06	3.01E-06
56.95	135.5	35.2	9.26	9.07	101.7	3417.00	3.09E-06	2.94E-06
60.76	134.0	36.5	9.75	9.49	98.9	3645.60	2.91E-06	2.77E-06
92.80	123.4	47.5	13.20	13.07	77.3	5568.00	3.05E-06	2.90E-06
126.10	114.8	56.2	15.99	15.89	60.0	7566.00	3.02E-06	2.87E-06

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



TEST PERMEABILITE ESSAI TRIAXIAL

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral

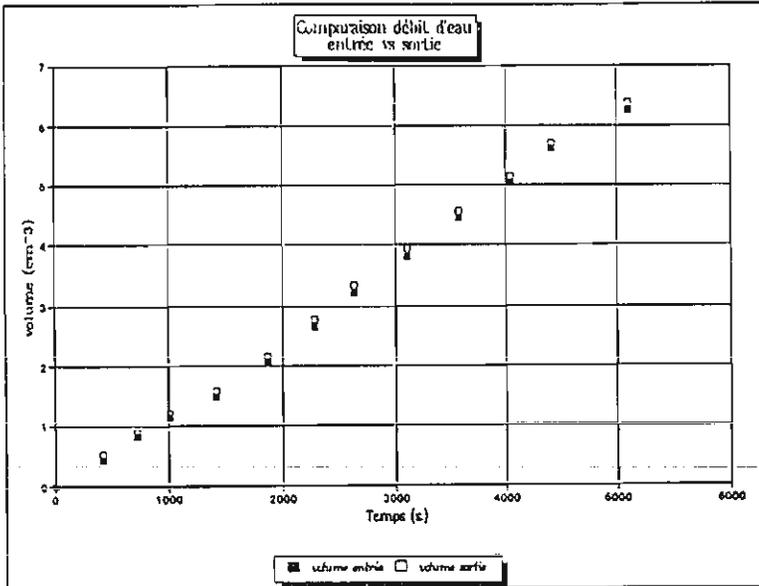
Date de montage	1996-10-08	Cellule No. 5
Nom de l'échantillon:	ITA - Silt	Burette No. 1
Nom du fichier:	GOLDER\ITA\TX\seriel	

ASTM: D-5084-90

Géométrie		Masses (g)	
épaisseur initiale (cm.)	6.158	masse initiale humide (g)	452.6
diamètre (cm.)	7.165	masse finale humide (g)	498.9
surface (cm ²)	40.32	masse finale sèche (g)	405.1
Volume (cm ³)	248.29	Gs	2.747

Conditions de l'essai			
Degré de saturation final		mas. vol. hum. g/cm ³	1.823
Capl. pression (%)	91.2	mas vol. sec. g/cm ³	1.632
Par séchage (%)	93.0	opt Proctor g/cm ³	1.942
Teneur en eau initiale (%)	11.7	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale (%)	23.2	% opt. Proctor	84.0

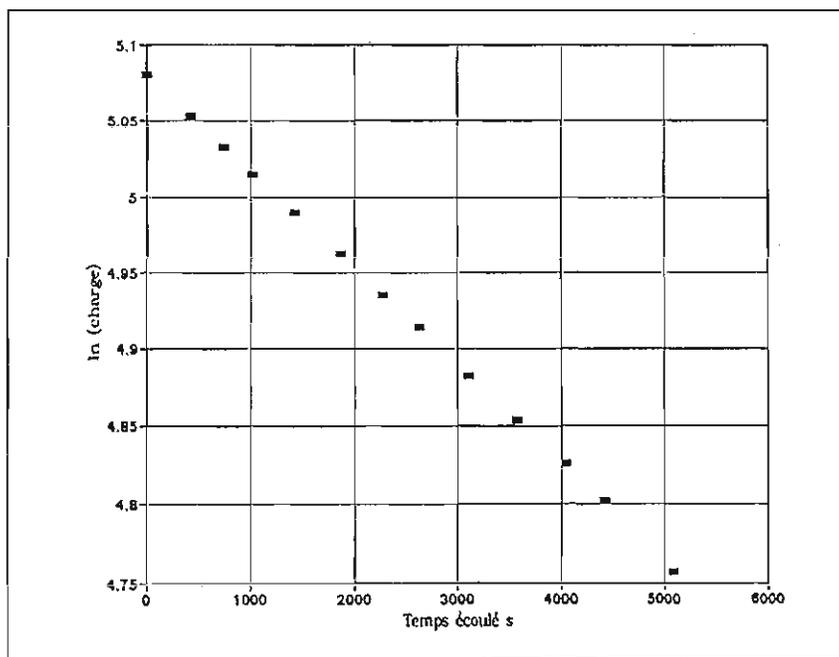
Calibration							
o/s tête	21.80	burette utilisée	large	0	section burette	0.325	
o/s base	17.90	med	1	petite	0	température	22.9



Résultat de l'essai	
Pression (psi)	
cellule:	50
in\out:	45
Indice des vides	0.684
Cond. hydraul. cm/s	1.46E-06
écart type	3.61E-09
ind. reg.	1.000

Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volumc entrée	Volumc Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	161.0	4.0	0	0	160.9	0.00	-	-
7.05	159.0	6.4	0.65	0.78	156.5	423.00	1.63E-06	1.52E-06
12.24	157.3	7.8	1.20	1.24	153.4	734.40	1.59E-06	1.49E-06
16.92	156.0	9.2	1.63	1.69	150.7	1015.20	1.57E-06	1.47E-06
23.67	154.2	11.2	2.21	2.34	146.9	1420.20	1.57E-06	1.46E-06
31.13	152.2	13.1	2.86	2.96	143.0	1867.80	1.49E-06	1.39E-06
38.01	150.4	15.2	3.44	3.64	139.1	2280.60	1.66E-06	1.55E-06
43.94	148.8	16.5	3.96	4.06	136.2	2636.40	1.47E-06	1.37E-06
51.84	146.7	18.7	4.65	4.78	131.9	3110.40	1.68E-06	1.57E-06
59.60	144.8	20.5	5.26	5.36	128.2	3576.00	1.52E-06	1.42E-06
67.38	143.0	22.3	5.85	5.95	124.6	4042.80	1.51E-06	1.41E-06
73.64	141.5	23.7	6.34	6.40	121.7	4418.40	1.56E-06	1.45E-06
84.92	139.0	26.5	7.15	7.31	116.4	5095.20	1.63E-06	1.52E-06

Ecole Polytechnique de Montréal, Dépt. de Génie Minéral



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

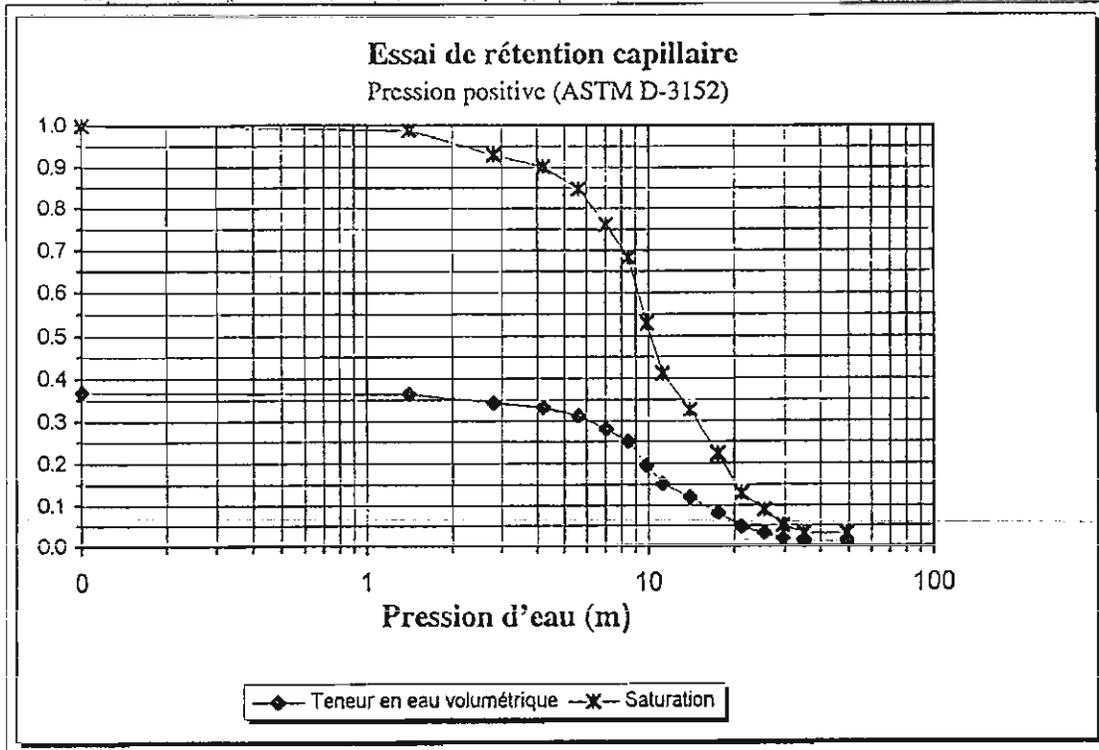
Pression positive (ASTM D-3152)

Échantillon: LTA - S: 1f	Date: 16 octobre 1996
Numero de moule: P-6 HP	Projet: Golder

Dr	2.747
Vol. anneau	104.65
Anneau + plaque	100.67
Mh initial	320.90
Mh final	283.68
Tare	126.55
Tare + sol sec	308.33
Indice des vides	0.58
TEV initiale	0.37
Sr initiale	99.93
TEV finale	0.012
Sr finale	3.20

Psi	kPa	Montage	m. eau	TEV	Sr
0	0.00	3151.9	0.10	0.367	0.9988
2	13.79	3151.5	1.41	0.363	0.99
4	27.58	3149.2	2.81	0.341	0.93
6	41.37	3148.1	4.22	0.331	0.90
8	55.16	3146.1	5.63	0.312	0.85
10	68.95	3142.7	7.03	0.279	0.76
12	82.74	3139.7	8.44	0.251	0.68
14	96.53	3133.8	9.84	0.194	0.53
16	110.32	3129.3	11.25	0.151	0.41
20	137.90	3126.0	14.06	0.120	0.33
25	172.38	3122.0	17.58	0.082	0.22
30	206.85	3118.4	21.10	0.047	0.13
36	248.22	3116.9	25.31	0.033	0.09
42	289.59	3115.4	29.53	0.018	0.05
50	344.75	3114.7	35.16	0.012	0.03
70	482.65	3114.7	49.22	0.012	0.03

NOTES:



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Pression positive (ASTM D-3152)

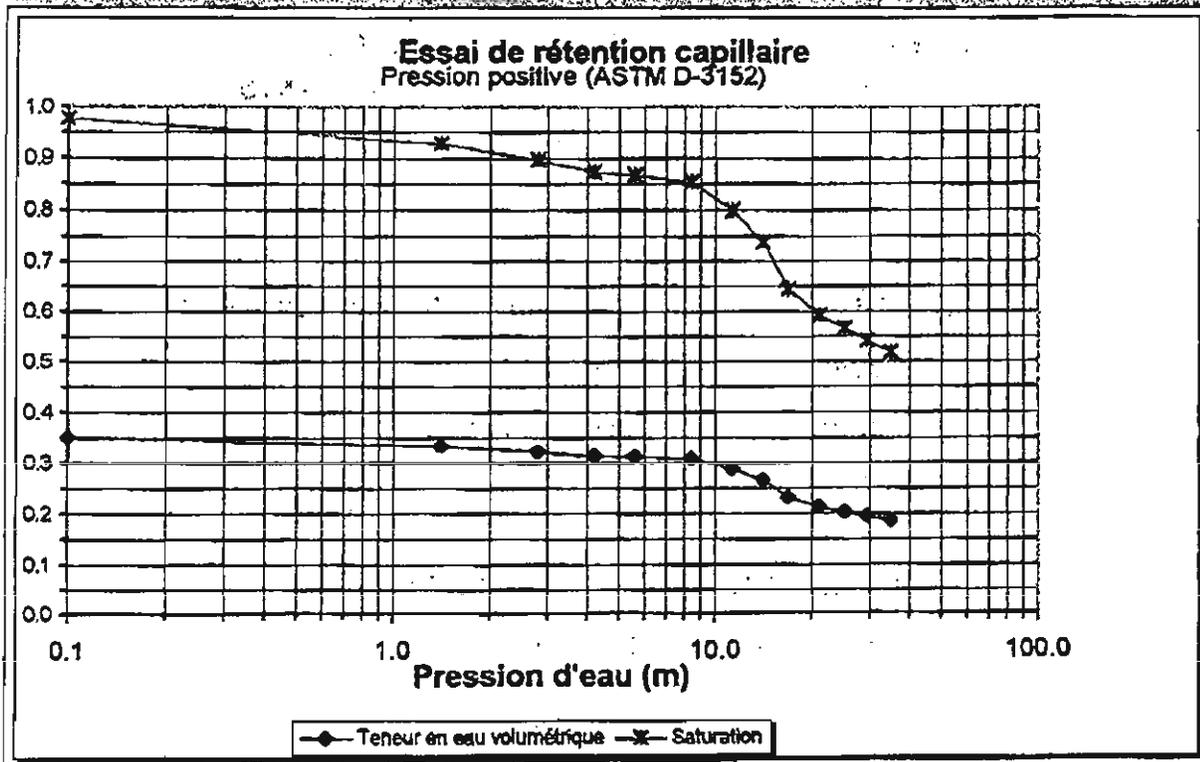
Echantillon: LTA	Date: 28 janvier 1997
Numero de moule: P-1	Projet: Golder

Dr	2.747
Vol. anneau	97.12
Anneau + plaque	100.00
Mh initial	305.01
Mh final	289.01

Tare	315.58
Tare + sol sec	486.54

Indice des vides	0.56
TEV initiale	0.35
Sr initiale	97.62
TEV finale	0.186
Sr finale	51.75

Psi	kPa	Montage	m. eau	TEV	Sr
0	0.00	1928.2	0.10	0.351	0.976
2	13.79	1926.5	1.41	0.333	0.93
4	27.58	1925.4	2.81	0.322	0.90
6	41.37	1924.6	4.22	0.314	0.87
8	55.16	1924.4	5.63	0.311	0.87
12	82.74	1923.9	8.44	0.306	0.85
16	110.32	1922.0	11.25	0.287	0.80
20	137.90	1919.8	14.06	0.264	0.74
24	165.48	1916.6	16.88	0.231	0.64
30	206.85	1914.8	21.10	0.213	0.59
36	248.22	1913.9	25.31	0.203	0.57
42	289.59	1913.0	29.53	0.194	0.54
50	344.75	1912.2	35.16	0.186	0.52





RAPPORT FINAL



*Essais de laboratoire sur des matériaux provenant
d'un banc d'emprunt près du site minier LTA*

Pour :

Golder et Associés ltée

M. Jean-François Ricard, ing., M.Sc.A.

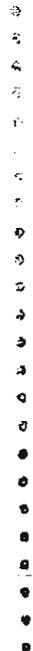
Par :

Bruno Bussière, ing., M.Sc.A.

URSTM

Unité de recherche et de service en technologie minérale

145, boul. de l'Université, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 5E4
Téléphone : (819) 762-0971 Télécopieur : (819) 797-4727



LE 18 MARS 1997



TABLE DES MATIÈRES

1. MANDAT ET PORTÉE DE L'ÉTUDE	1
2. NATURE DES TRAVAUX	1
3. TENEURS EN EAU NATURELLES, ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DENSITÉ RELATIVE.....	1
4. LIMITES DE CONSISTANCE	2
5. DÉTERMINATION DES COURBES CARACTÉRISTIQUES DE SUCCION	2
7. CONCLUSION	3
RÉFÉRENCES	4
ANNEXE.....	5

1. MANDAT ET PORTÉE DE L'ÉTUDE

Le mandat consiste à réaliser des essais géotechniques sur des matériaux d'origine naturelle utilisés lors de la construction d'une couverture multicouche sur le site LTA. Les essais à réaliser ont été déterminés lors d'une rencontre entre M. Jean-François Ricard de Golder et Associés ltée et l'auteur de ce document, à l'automne 96. Les résultats obtenus et présentés dans ce rapport sont valables pour les échantillons de matériaux amenés à l'UQAT par Golder et Associés ltée.

2. NATURE DES TRAVAUX

Les travaux réalisés dans ce projet sont les suivants :

1. détermination des teneurs en eau naturelles (5) et sélection de deux échantillons ;
2. réalisation d'analyses granulométriques et d'essais de densité relative sur les échantillons LTA-2 et LTA-4 provenant des bancs d'emprunts situés près du site minier LTA ;
3. détermination des limites de consistance des deux échantillons sélectionnés ;
4. réalisation d'essais de succion (2) sur les matériaux sélectionnés.
5. rédaction du rapport.

3. TENEURS EN EAU NATURELLES, ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DENSITÉ RELATIVE

Dans un premier temps, des teneurs en eau ont été réalisées sur les échantillons amenés par Golder et Associés ltée, soit les échantillons LTA-1, LTA-2, LTA-3, LTA-4 et LTA-5. À partir des teneurs en eau et des caractéristiques visuelles des matériaux, la sélection des échantillons LTA-2 et LTA-4 a été faite conjointement par l'URSTM et Golder et Associés ltée. Des analyses granulométriques ont été réalisées par la suite sur les deux échantillons sélectionnés. La méthodologie utilisée pour l'analyse granulométrique est celle proposée par la norme ASTM D422, soit du tamisage pour la fraction du sol dont le diamètre des grains est supérieur à 74 µm et par l'utilisation de la sédimentométrie pour la fraction plus petite que 74 µm. Pour réaliser des essais de sédimentométrie, on doit connaître la densité relative des grains solides D_r du matériau. Dans ce projet, deux essais pour la détermination de D_r ont été réalisés selon les standards établis dans la norme NQ 2501-070. Les principaux résultats obtenus en terme de granulométrie, de

densité relative et des teneurs en eau naturelles sont présentés au tableau 1. On présente également la courbe granulométrique complète des deux matériaux en annexe.

Tableau 1 : Principaux résultats des essais de teneurs en eau naturelles, de densité relative et des analyses granulométriques.

	LTA-1	LTA-2	LTA-3	LTA-4	LTA-5
D_r	---	2,72	---	2,72	---
% passant au tamis #200	---	100	---	100	---
Teneur en eau naturelle	36,4	23,86	34,93	35,89	38,83

4. LIMITES DE CONSISTANCE

Les limites de consistance ont été déterminées au laboratoire sur les matériaux LTA-2 et LTA-4 à l'aide de l'appareil de Casagrande. La norme suivie pour la réalisation de cet essai est ASTM D4318. Les résultats obtenus sont présentés au tableau 2. Les résultats détaillés de l'essai sont présentés en annexe.

Tableau 2 : Principaux résultats des limites de consistance

Échantillon	w_L	w_P	I_p
LTA-2	21,90	17,96	3,94
LTA-4	30,45	20,33	10,12

5. DÉTERMINATION DES COURBES CARACTÉRISTIQUES DE SUCCION

La procédure d'essai utilisée pour l'obtention des courbes caractéristiques de succion est définie par la norme ASTM D3152. L'échantillon de sol est placé sur une plaque céramique poreuse (qui retient l'eau jusqu'à une pression de 5 bars) dans une cellule pressurisée (appelée communément Tempe Cell) où l'échantillon est soumis à une pression d'air positive tandis que l'eau de sortie subit une pression équivalente à la pression atmosphérique. La pression dans la cellule devient en équilibre avec le sol qui se draine jusqu'à équilibre. En procédant par palier de pression et en mesurant chaque fois la quantité d'eau évacuée, on peut déterminer la courbe caractéristique de

succion qui consiste en un graphique de la teneur en eau (ou la saturation) versus la pression appliquée. Dans ce projet, la valeur du AEV (Air Entry Value) est évaluée en utilisant la méthode des deux droites proposée par Fredlund et Xing (1994).

Deux essais de succion ont été réalisés dans cette étude, soit un essai sur le matériau LTA-2 et un essai sur la matériau LTA-4. Les résultats obtenus sont résumés au tableau 3, tandis que les résultats détaillés sont présentés en annexe.

Tableau 3 : Principaux résultats des essais de succion

	LTA-2	LTA-4
AEV (m d'eau)	13,5	>45
Indice des vides	0,70	0,80

6. CONCLUSION

En ce qui concerne les matériaux LTA-2 et LTA-4 provenant d'un banc d'emprunt situé près du parc à résidus miniers LTA, les analyses granulométriques ont montré que l'on est en présence de matériaux fins ayant 100 % passant au tamis 200 et un pourcentage élevé de particules < 2 μ m (environ 25 % pour LTA-2 et environ 50 % pour LTA-4). Les limites de consistance effectuées sur ces matériaux ont donné des résultats différents, avec une limite de liquidité et un indice de plasticité plus élevés pour l'échantillon LTA-4. En ce qui concerne les caractéristiques de rétention d'eau, la pression à l'entrée d'air (AEV) de l'échantillon LTA-2 a été mesurée à environ 13,5 m d'eau. La courbe mesurée a été comparée avec celle prédite par le modèle de Kovacs modifié (Aubertin et *al.*, 1997) et les résultats ont montré une excellente corrélation (voir annexe). Quant aux caractéristiques de rétention d'eau du matériau LTA-4, il a été impossible d'atteindre la pression à l'entrée d'air du matériau avec la TEMPE Cell. En effet, à des pressions inférieures à 45 m d'eau (limite de l'appareil), le matériau ne se draine pas. D'ailleurs, à partir des caractéristiques du matériau LTA-4, le modèle de Kovacs modifié prédit une pression à l'entrée d'air d'environ 100 m d'eau (voir figure en annexe). La seule conclusion que l'on peut tirer de l'essai de succion réalisé sur LTA-4 est que la pression à l'entrée d'air est supérieure à 45 m d'eau.

RÉFÉRENCES

AUBERTIN, M., RICARD, J.F. et CHAPUIS, R.P. 1996. A predictive model for the water retention curve : application to tailings from hard rock mines. Submitted to the Canadian Geotechnical Journal.

FREDLUND, D.G. et XING, A. 1994. Equations for the soil-water characteristic curve. Canadian Geotechnical Journal, 31: 521-532.

ANNEXE

DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU

NQ 2501-170

Projet: Golder	Effectuée par: Darcy Jolette
Date: 96-08-28	Provenance: Terrain Aurifère

Echantillon:	LTA-1	LTA-2	LTA-3	LTA-4	LTA-5
Pds de la tare:	12.3	12.1	12.0	12.1	12.3
Pds de la tare + sol humide:	231.5	299.7	484.8	235.1	301.2
Pds de la tare + sol sec:	173.0	244.3	362.4	176.2	220.4
Pds du sol sec:	160.7	232.2	350.4	164.1	208.1
Pds de l'eau:	58.5	55.4	122.4	58.9	80.8
Teneur en eau naturelle (W%):	36.40	23.86	34.93	35.89	38.83

Observation:

La date de prélèvement est inconnue.

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION	Terrain Aurifère
DATE	4 sept. 1996
ECHANTILLON	LTA-2

DR-1

PYCNOMETRE NO	1	2
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	720,3	724,98
TEMPERATURE D'ESSAI	23,3	23,3
PDS PYCNOMETRE +EAU GRS (M2T2)	681,32	687,18
TARE NO		
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	285,19	281,54
PDS DE LA TARE	223,52	221,88
PDS DU SOL SEC GRS	61,67	59,66

MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0,99702	0,99699
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 C	0,99823	0,99823

DENSITE RELATIVE (DR)	2,718	2,729
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2,715	2,725

MOYENNE

2,72

LABORATOIRE URSTM

DENSITE RELATIVE DES GRAINS

LOCALISATION	Terrain Aurifère
DATE	13-03-97
ECHANTILLON	LTA 4

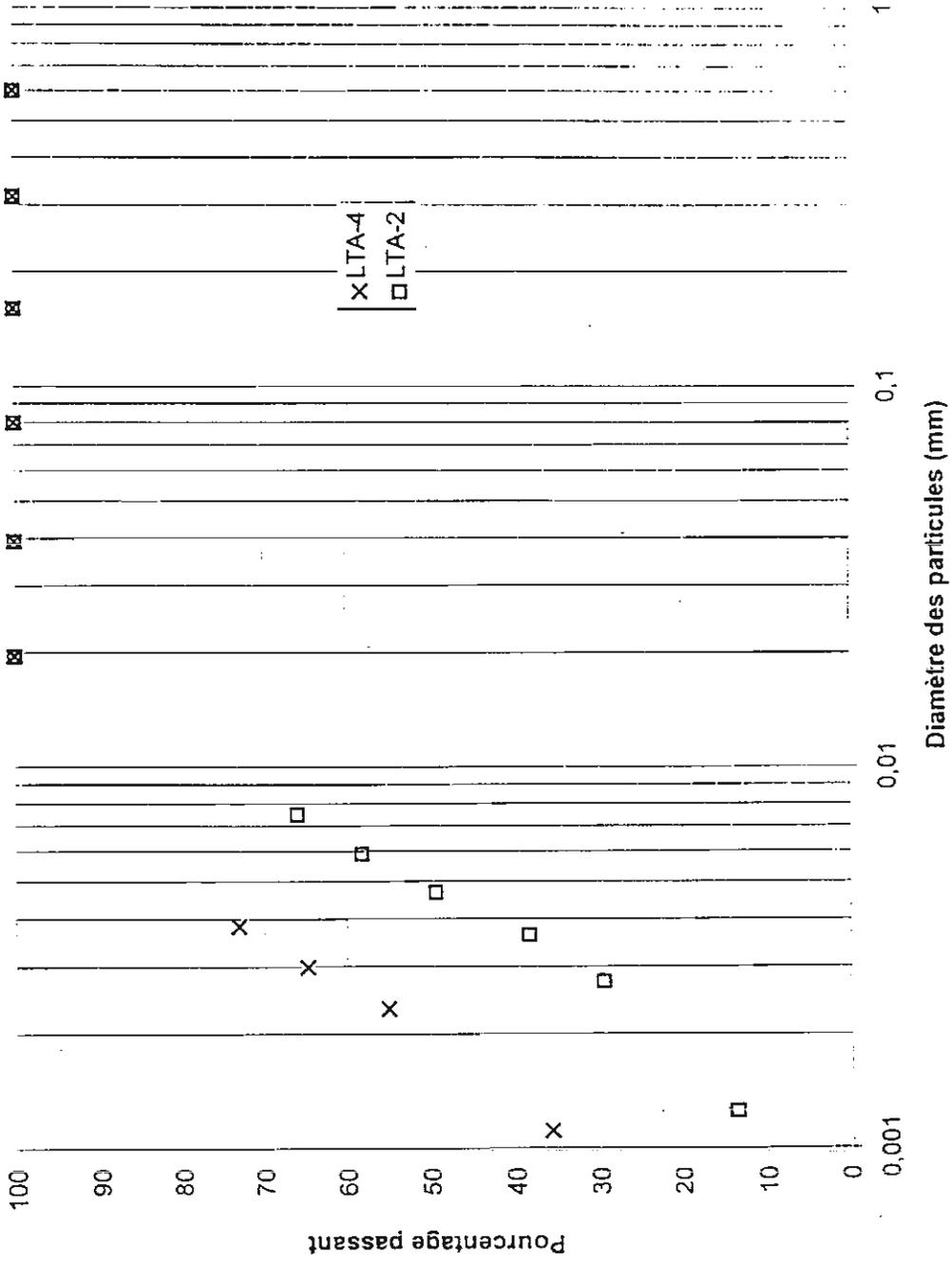
PYCNOMETRE NO	1	2
PDS PYCNOMETRE + EAU + SOL GRS (M3T2)	718.98	725.14
TEMPERATURE D'ESSAI	23.8	24.1
PDS PYCNOMETRE +EAU GRS (M2T2)	681.26	687.10
TARE NO	1	2
PDS DE LA TARE + SOL SEC GRS. (MS)	283.78	283.56
PDS DE LA TARE	224.16	223.52
PDS DU SOL SEC GRS	59.62	60.04

MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU D'ESSAI (PWT2)	0.99702	0.99699
MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU @ 20 C	0.99823	0.99823

DENSITE RELATIVE (DR)	2.723	2.729
DENSITE RELATIVE CORRIGE	2.719	2.726

MOYENNE

2.72



ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Nom de l'échantillon:	LTA-2
Numéro du moule:	U1
Date du montage:	18/11/1996

Caractéristiques de l'essai

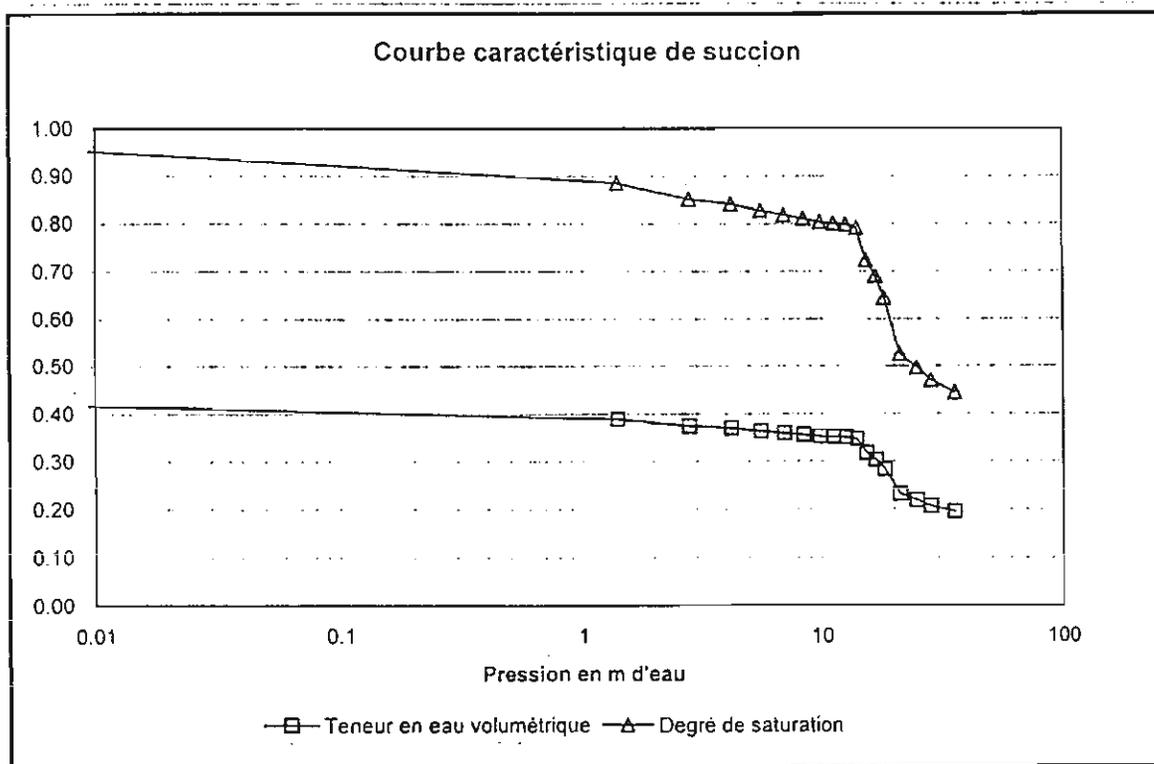
Dr	2.72
Volume de l'anneau:	98.97
Volume du sol final	94.28
Anneau + plaque:	365.7
Masse humide initiale:	192.58
Masse humide finale:	181.69
Teneur en eau initiale	27.5%
Tare:	86.22
Tare + sol sec	237.27
Masse sec finale	151.05

Indice des vides final:	0.70
Indice des vides initial:	0.78
TEV initiale:	0.42
Saturation initiale:	95.6%
TEV finale:	0.18
Saturation finale:	44.4%

Résultats

Psi	kPa	m H2O	Montage (g)	TEV	% saturation
0	0.07	0.01	1846.8	0.42	95.6%
2	13.79	1.41	1843.9	0.39	88.6%
4	27.58	2.81	1842.5	0.37	85.2%
6	41.37	4.22	1842.1	0.37	84.3%
8	55.16	5.62	1841.5	0.36	82.8%
10	68.95	7.03	1841.1	0.36	81.8%
12	82.74	8.44	1840.8	0.36	81.1%
14	96.53	9.84	1840.5	0.35	80.4%
16	110.32	11.25	1840.4	0.35	80.1%
18	124.11	12.66	1840.3	0.35	79.9%
20	137.90	14.06	1840.0	0.35	79.2%
22	151.69	15.47	1837.2	0.32	72.4%
24	165.48	16.87	1835.8	0.30	69.0%
26	179.27	18.28	1833.9	0.28	64.4%
30	206.85	21.09	1829	0.23	52.6%
35	241.33	24.61	1827.8	0.22	49.7%
40	275.80	28.12	1826.7	0.21	47.0%
50	344.75	35.15	1825.6	0.19	44.4%

Courbe caractéristique de succion



LABORATOIRE URSTM

SATURATION AU PERMEAMETRE	
GEOMETRIE	
Echantillon:	LTA-2
Diamètre:	8.258 cm
Hauteur :	7.20 cm
Surface:	53.634 cm ²
Volume :	386.163 cm ³
Masse initial	755.5 g.
W%	15%
MASSE	
Tare (Perméamètre sec)	1524.90 g.
Tare + sol sec	2133.60 g.
Sol sec	608.70 g.
Tare + eau	2219.00 g.
Tare + eau + sol	2588.60 g.
Sol humide	755.76 g.
Eau dans le sol	147.06 g.
DEGRE DE SATURATION	
Densité des solides	2.72
Volume des vides	162.376 cm ³
Degré de saturation	0.906
Indice des vides	0.73
Masse volumique hum.	1.957 g/cm ³
Masse volumique sec.	1.576 g/cm ³

ESSAI DE RÉTENTION CAPILLAIRE

Nom de l'échantillon:	LTA-4
Numéro du moule:	U1
Date du montage:	97-02-06

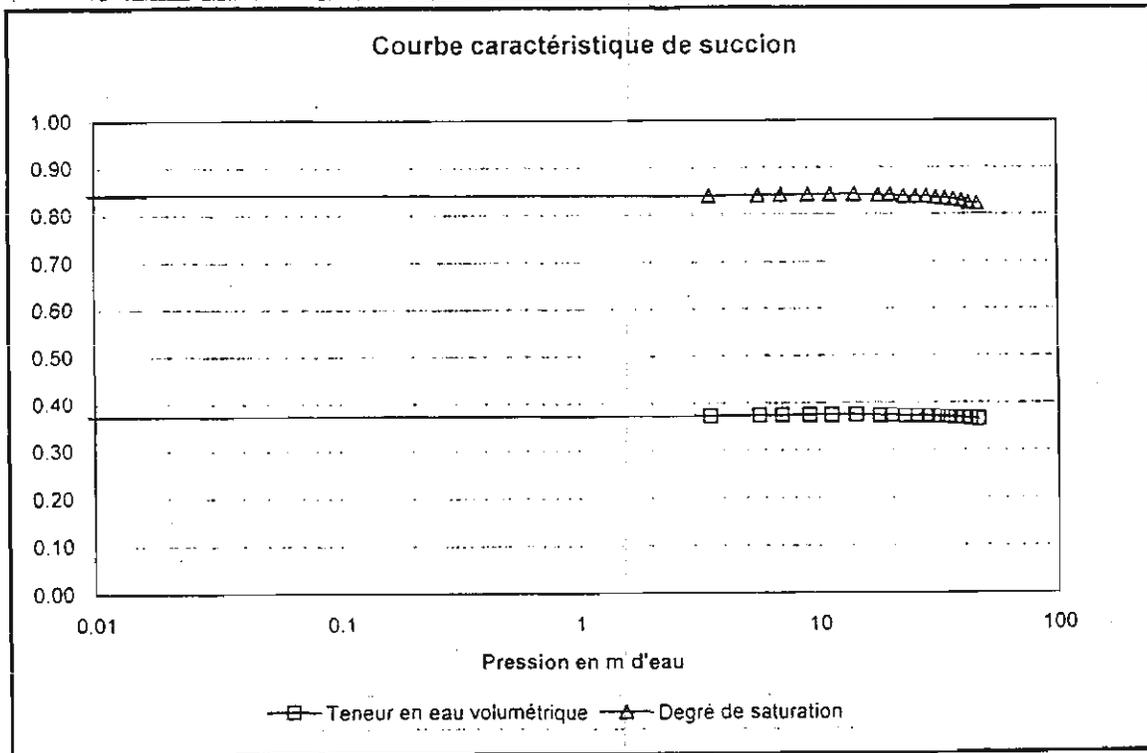
Caractéristiques de l'essai

Dr	2.72
Volume de l'anneau:	98.99
Volume du sol final	98.99
Anneau + plaque:	365.67
Masse humide initiale:	186.80
Masse humide finale:	184.15
Teneur en eau initiale	24.7%
Tare:	84.97
Tare + sol sec	234.77
Masse sec finale	149.80

Indice des vides final:	0.80
Indice des vides initial:	0.80
TEV initiale:	0.37
Saturation initiale:	84.3%
TEV finale:	0.36
Saturation finale:	82.2%

Résultats

Psi	kPa	m H2O	Montage (g)	TEV	% saturation
0	0.07	0.01	1842.3	0.37	84.3%
5	34.48	3.52	1842.2	0.37	84.0%
8	55.16	5.62	1842.2	0.37	84.0%
10	68.95	7.03	1842.3	0.37	84.3%
13	89.64	9.14	1842.3	0.37	84.3%
16	110.32	11.25	1842.3	0.37	84.3%
20	137.90	14.06	1842.3	0.37	84.3%
25	172.38	17.58	1842.2	0.37	84.0%
28	193.06	19.69	1842.3	0.37	84.3%
32	220.64	22.50	1842.1	0.37	83.8%
36	248.22	25.31	1842.1	0.37	83.8%
40	275.80	28.12	1842.1	0.37	83.8%
44	303.38	30.94	1842	0.37	83.6%
48	330.96	33.75	1841.9	0.37	83.3%
52	358.54	36.56	1841.8	0.37	83.1%
56	386.12	39.37	1841.7	0.37	82.9%
60	413.70	42.18	1841.5	0.37	82.4%
65	448.18	45.70	1841.4	0.36	82.2%



LABORATOIRE URSTM

SATURATION AU PERMEAMETRE	
GEOMETRIE	
Echantillon:	LTA-4
Diamètre:	8.258 cm
Hauteur :	8.15 cm
Surface:	53.634 cm ²
Volume :	437.115 cm ³
Masse initial	812.8 g.
W%	15%
MASSE	
Tare (Perméamètre sec)	1432.20 g.
Tare + sol sec	2138.98 g.
Sol sec	706.78 g.
Tare + eau	2229.00 g.
Tare + eau + sol	2670.10 g.
Sol humide	878.22 g.
Eau dans le sol	171.43 g.
DEGRE DE SATURATION	
Densité des solides	2.72
Volume des vides	177.269 cm ³
Degré de saturation	0.967
Indice des vides	0.68
Masse volumique hum.	2.009 g/cm ³
Masse volumique sec.	1.617 g/cm ³

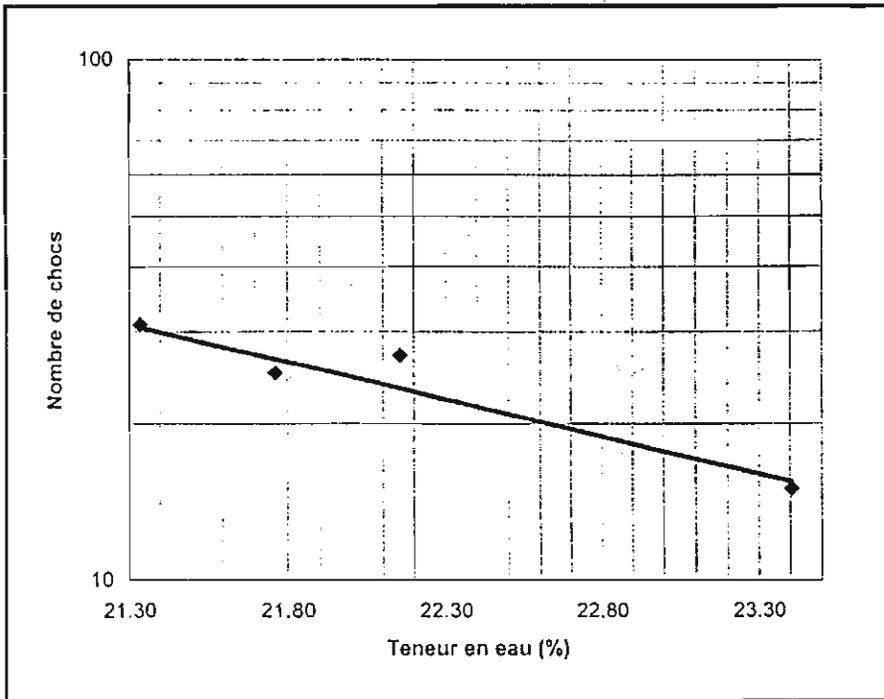
LIMITES DE CONSISTANCE D'ATTERBERG

NQ 2501-090

PROJET: Golder	Effectué par: Darcy Jolette
Échantillon: LTA-2	Date de l'essai: 10-01-1997

Capsule #	1	2	3	4
$W_T + \text{tare (g)}$	36.70	36.90	33.80	31.70
$W_S + \text{tare (g)}$	32.30	32.70	30.10	28.50
$W_w \text{ (g)}$	4.40	4.20	3.70	3.20
Tare(g)	13.50	13.40	13.40	13.50
$W_S \text{ (g)}$	18.80	19.30	16.70	15.00
W %	23.40	21.76	22.16	21.33
Nb. de chocs	15	25	27	31

5	6
25.00	27.80
23.20	25.70
1.80	2.10
13.50	13.60
9.70	12.10
18.56	17.36



Capsule #	X
$W_T + \text{tare (g)}$	299.70
$W_S + \text{tare (g)}$	244.30
$W_w \text{ (g)}$	55.40
Tare(g)	12.10
$W_S \text{ (g)}$	232.20
W %	23.86

$W_L \%$	21.90
$W_P \%$	17.96
$I_P \%$	3.94
$W_N \%$	23.86

OBSERVATION:

L'échantillon a été préparé selon la méthode de l'article 5.1.
 La réalisation de l'essai a été effectuée par assèchement.
 L'article 5.1.1 de la norme 2501-90 a été modifié car l'échantillon a été séché préalablement.

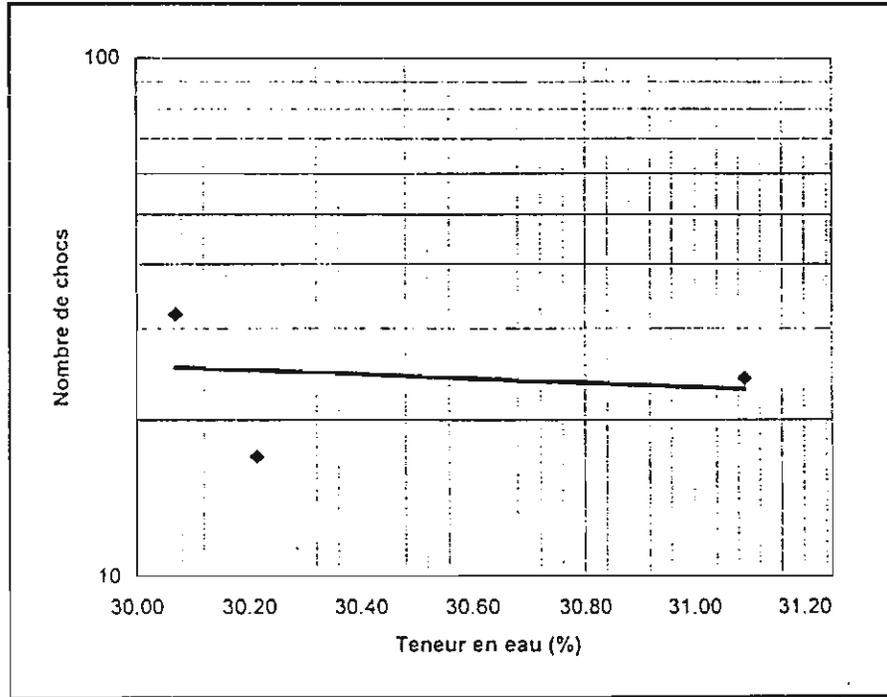
LIMITES DE CONSISTANCE D'ATTERBERG

NQ 2501-090

PROJET: Golder	Effectué par: Darcy Jollette
Échantillon: LTA-4	Date de l'essai: 13-03-1997

Capsule #	1	2	3
$W_T + \text{tare (g)}$	31.14	35.64	38.19
$W_S + \text{tare (g)}$	27.04	30.37	32.48
$W_w \text{ (g)}$	4.10	5.27	5.71
Tare(g)	13.47	13.42	13.49
$W_s \text{ (g)}$	13.57	16.95	18.99
W %	30.21	31.09	30.07
Nb. de chocs	17	24	32

4	5
27.30	27.37
24.96	25.04
2.34	2.33
13.48	13.55
11.48	11.49
20.38	20.28



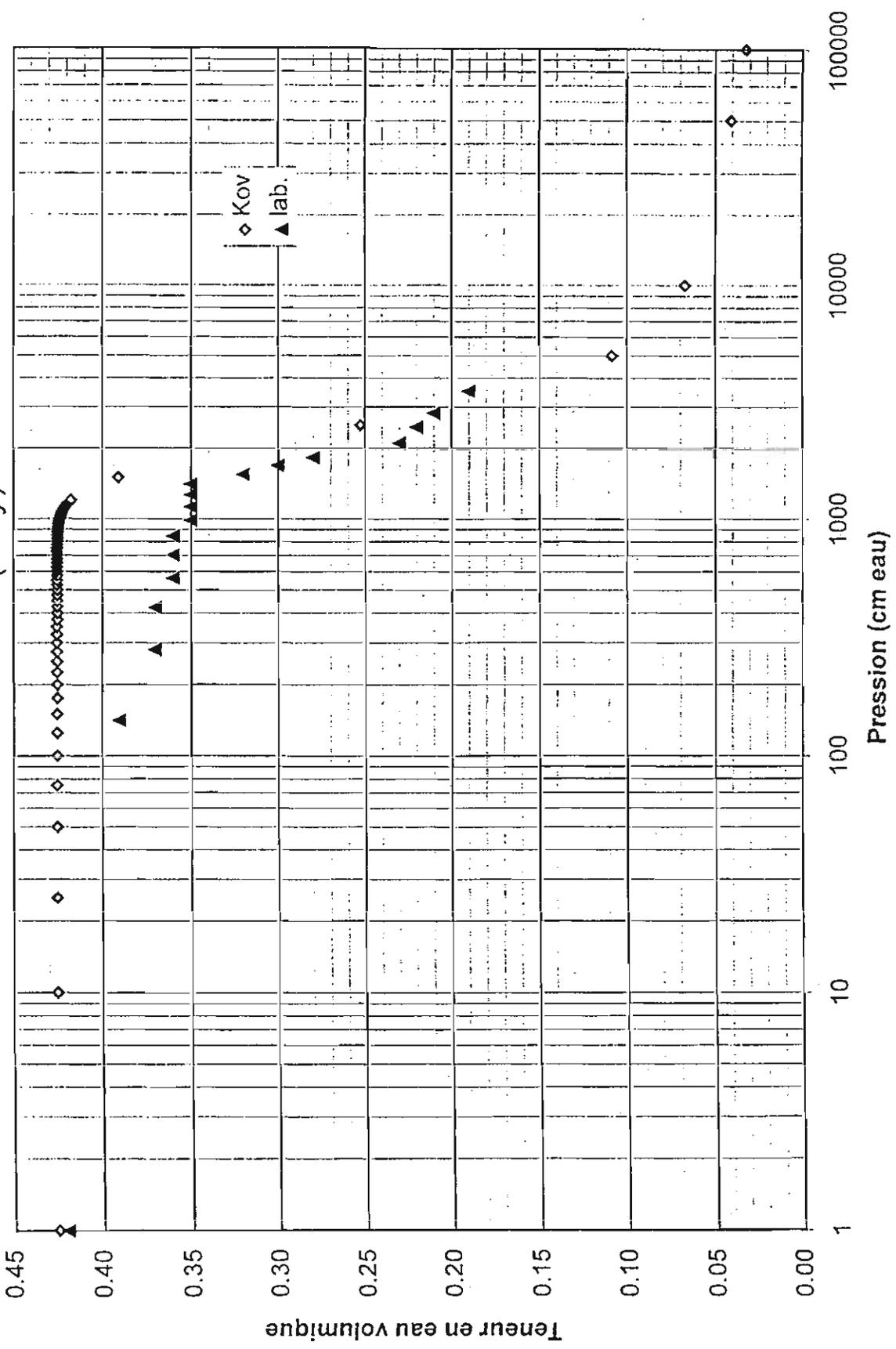
Capsule #	X
$W_T + \text{tare (g)}$	235.10
$W_S + \text{tare (g)}$	176.20
$W_w \text{ (g)}$	58.90
Tare(g)	12.10
$W_s \text{ (g)}$	164.10
W %	35.89

$W_L \%$	30.45
$W_P \%$	20.33
$I_P \%$	10.12
$W_N \%$	35.89

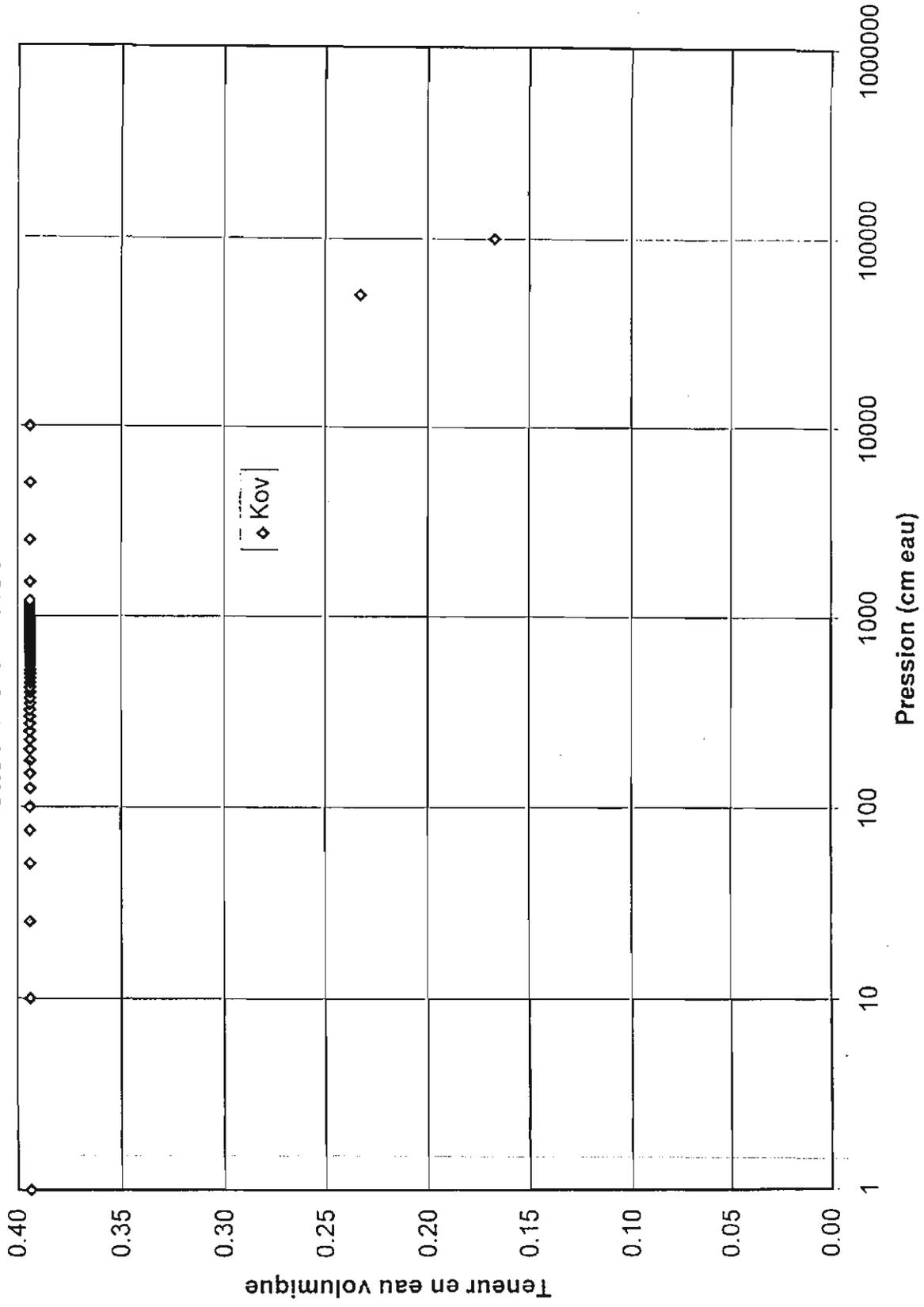
OBSERVATION:

L'échantillon a été préparé selon la méthode de l'article 5.1.
 La réalisation de l'essai a été effectuée par assèchement.
 L'article 5.1.1 de la norme 2501-90 a été modifié car l'échantillon a été séché préalablement.

Silt LTA-2 e = 0.74 (moy)



Silt LTA-4 = 0.80



APPENDIX E
PARTICLE MIGRATION TESTS RESULTS
(École Polytechnique)

GOLDER ET ASS.
ESSAI DE MIGRATION DES PARTICULES
COLONNE no. 1

Pds filtre init.	24.7	24.7	date	heure	min.	QTE eau cc Ajouté	tare + eau	eau net	QTE eau cc Sothe	QTE eau cc Entrée	Diff. entre eau in/out
Pds filtre finale						Total					
HAUTEUR INIT. SABLE	49.7	Gs	27-11-95	10:30	0	1300	321	0	0	1300	1300
DIAM. DE LA COLONNE	15.2			11:30	60	1000	421	110	110	2300	2190
Pds des couches de sabl	998	teneur en eau auxil.		12:42	132	1000	1407	986	1096	3300	2204
	999	Tare	28-11-95	16:30	360	1000	2424	1017	2113	4300	2187
	1002	Pds sol hum. + tare		14:20	2890	1000	3842	1218	3331	5300	1989
	1004	Pds sol sec + tare	29-11-95	20:00	3030	1000	1285	564	4295	6300	2005
	1000	Pds tare		7:30	3030		OUBLIE VALVE FERMEE				
	1005	teneur en eau		10:00	3030	1000	2083	798	5093	6300	2005
	1008		30-11-95	17:30	3630	1000	3378	1295	6388	8300	1912
	540			7:45	4485	1000	1384	1063	7451	9300	1849
	9557		01-12-95	13:35	4835	1000	2282	1219	8670	10300	1630
	19.5		02-12-95	8:00	5940	1000	3358	1078	9748	11300	1554
	30.2		03-12-95	8:20	7400	1000	1355	1034	10780	12300	1520
	5480.1			12:20	7840	1000	2308	953	11733	13300	1567
	1744			8:20	8840	1000	3478	1168	12901	14300	1399
	1668			10:40	8980	1000	1202	881	13782	15300	1518
	0.687		04-12-95	7:30	10230	1000	2292	1090	14872	16300	1428
	0.407			11:05	10445	1000	3111	819	15691	17300	1609
				18:00	10860	1000	1373	1052	16743	18300	1557
				20:00	10880	1000	2280	907	17650	19300	1650
				7:30	14550	2000	2070	25845	28300	2455	
				10:00	14700	2000	4084	1693	27538	30300	2782
				14:10	14830	2000	2412	2091	29629	32300	2671
				8:00	19180	2000	4608	2196	31825	34300	2475
				14:50	18590	2000	2232	1911	33736	36300	2584
				8:40	20580	2000	4260	2028	35764	38300	2538
				14:50	20950	2000	2106	1785	37549	40300	2751
				7:20	21940	2000	4273	1617	39718	42300	2584
				11:05	22165	2000	2000	1679	41395	44300	2905
				13:30	22310	2000	3995	1995	43390	46300	2910
				9:00	23480	2000	2733	2412	45802	48300	2498
				11:30	23690	2000	4475	1742	47544	50300	2758
				15:05	23845	2000	2315	1994	49538	52300	2762
				9:15	24935	4000	4318	3997	53535	56300	2785
				8:00	29180	4000	4268	3947	57482	60300	2818
				10:20	29320	4000	3735	3414	60895	64300	3404
				14:30	29570	4000	4865	4544	65440	68300	2860
				7:30	30590	4000	4333	4012	69452	72300	2848
				11:35	30835	4000	4321	4000	73452	76300	2848
				8:30	32090	4000	4314	3993	77445	80300	2855
				9:00	32080	10000			77445	90300	
				8:00	33470		8819	8819	86264	90300	4038

GOLDER & ASS. ESSAI DE PERCOLATION

COLONNE no. 1

TENEUR EN EAU

SABLE

13 et 14 CONJOINT

INTERFACE

A PARTIR DU FOND

HAUTEUR ESTIME	P25	P58	20	16	111	122	30	14	13
TARE no.	2548.6	1697.0	1496.8	1139.8	1265.1	958.7	879.2	741.9	884.4
PDS HUM. + TARE	2208.5	1474.9	1318.0	1003.4	1161.7	911.6	839.8	712.3	846.6
PDS SEC + TARE	162.7	213.5	182.6	104.6	120.8	120.2	94.9	171.1	167.9
PDS SOL SEC	2045.8	1261.4	1135.4	898.8	1040.9	791.4	744.9	541.2	678.7
TENEUR EN EAU (%)	16.6	17.6	15.7	15.2	9.9	6.0	5.3	5.5	5.6
HAUTEUR EN cm.	6.76	10.93	14.68	17.65	21.09	23.71	26.17	27.96	30.20

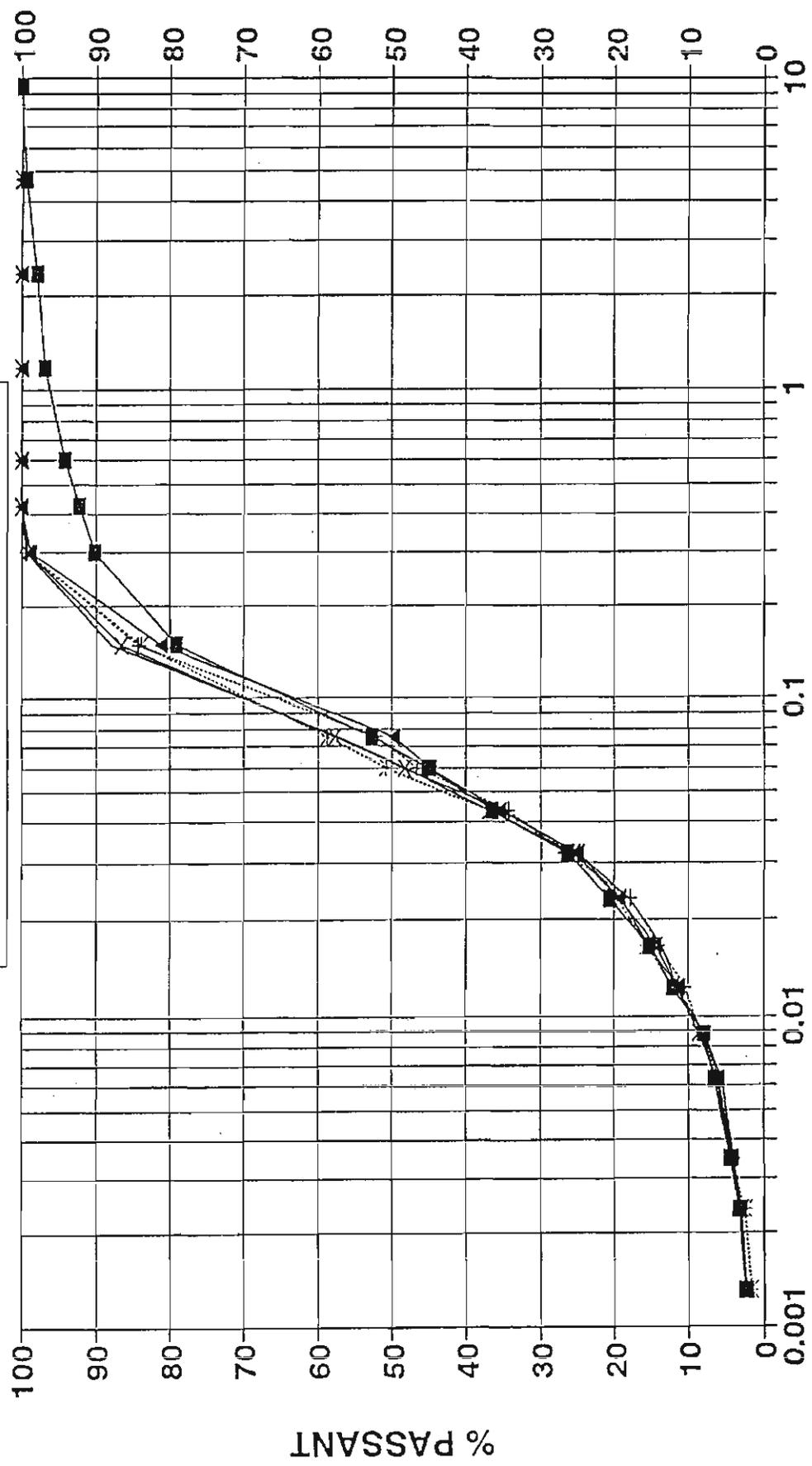
TAMIS (mm) GRANULOMETRIE

19.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.700	28.2	6.9	6.4	10.3	22.0	22.9	15.0	14.8	11.2
9.500	75.8	29.2	41.9	28.9	46.4	36.4	27.3	40.1	30.8
4.750	175.0	104.5	117.6	91.2	115.2	80.7	78.2	89.2	70.5
2.000	33.8	52.3	39.9	52.0	48.7	51.5	49.6	51.9	47.0
1.180	71.7	98.7	81.9	102.0	92.1	90.5	96.2	87.2	79.1
0.595	179.1	214.9	187.1	222.6	204.3	178.7	200.7	170.3	143.4
0.420	256.0	293.0	264.1	306.6	284.6	241.2	270.1	228.1	185.2
0.300	312.8	349.6	320.1	366.3	348.1	286.3	318.6	270.0	224.0
0.150	342.3	379.9	350.5	398.1	381.4	310.4	344.0	292.3	227.8
0.075	344.7	383.4	352.8	400.5	384.1	312.2	345.9	293.9	229.0
Masse Utilisée	347.7	384.8	356.4	403.8	387.0	314.4	348.2	296.6	231.1

MOYENNE

% PASSANT	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
19.000	98.6	99.5	99.4	98.9	97.9	97.1	98.0	97.3	98.3
12.700	96.3	97.7	96.3	96.8	95.5	95.4	96.3	92.6	95.8
9.500	91.4	91.7	89.6	89.9	88.9	89.8	89.5	83.5	89.3
4.750	82.6	79.3	79.6	78.3	77.7	75.1	76.8	68.9	76.6
2.000	72.6	68.2	69.0	67.2	67.8	64.0	64.8	59.0	65.7
1.180	44.3	40.5	42.6	40.3	42.0	38.8	37.9	35.6	39.6
0.595	24.1	21.9	23.2	21.6	23.5	20.9	20.1	19.3	21.4
0.420	9.2	8.4	9.1	8.3	8.9	8.0	7.6	7.5	7.8
0.300	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	1.1	1.1	1.2	1.3
0.150	0.8	0.3	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.7
0.075	0.8	0.3	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.7

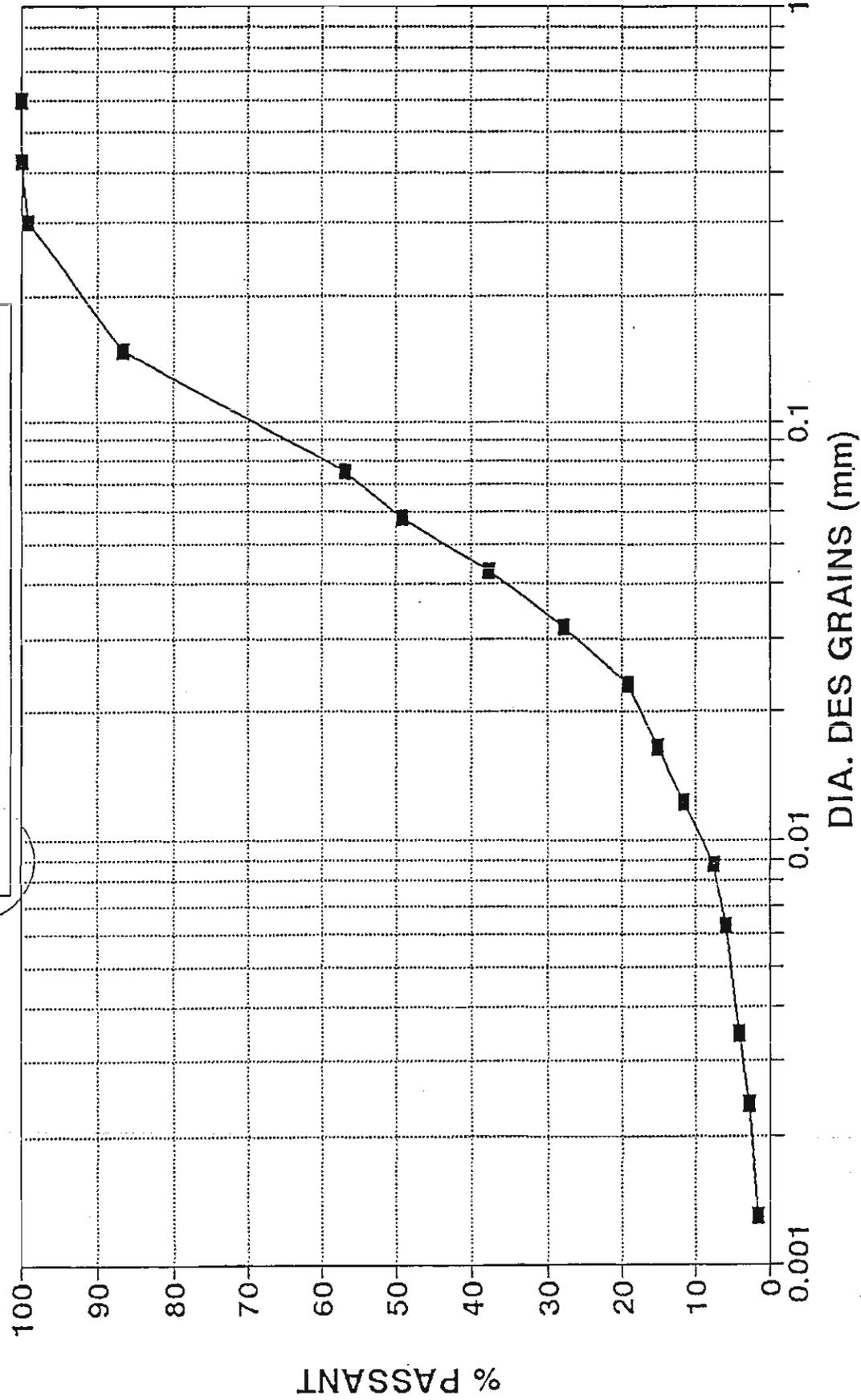
Analyse granulométrique
MIN. DES RICHESSES NATURELLES



0.00 = interface sable et résidu

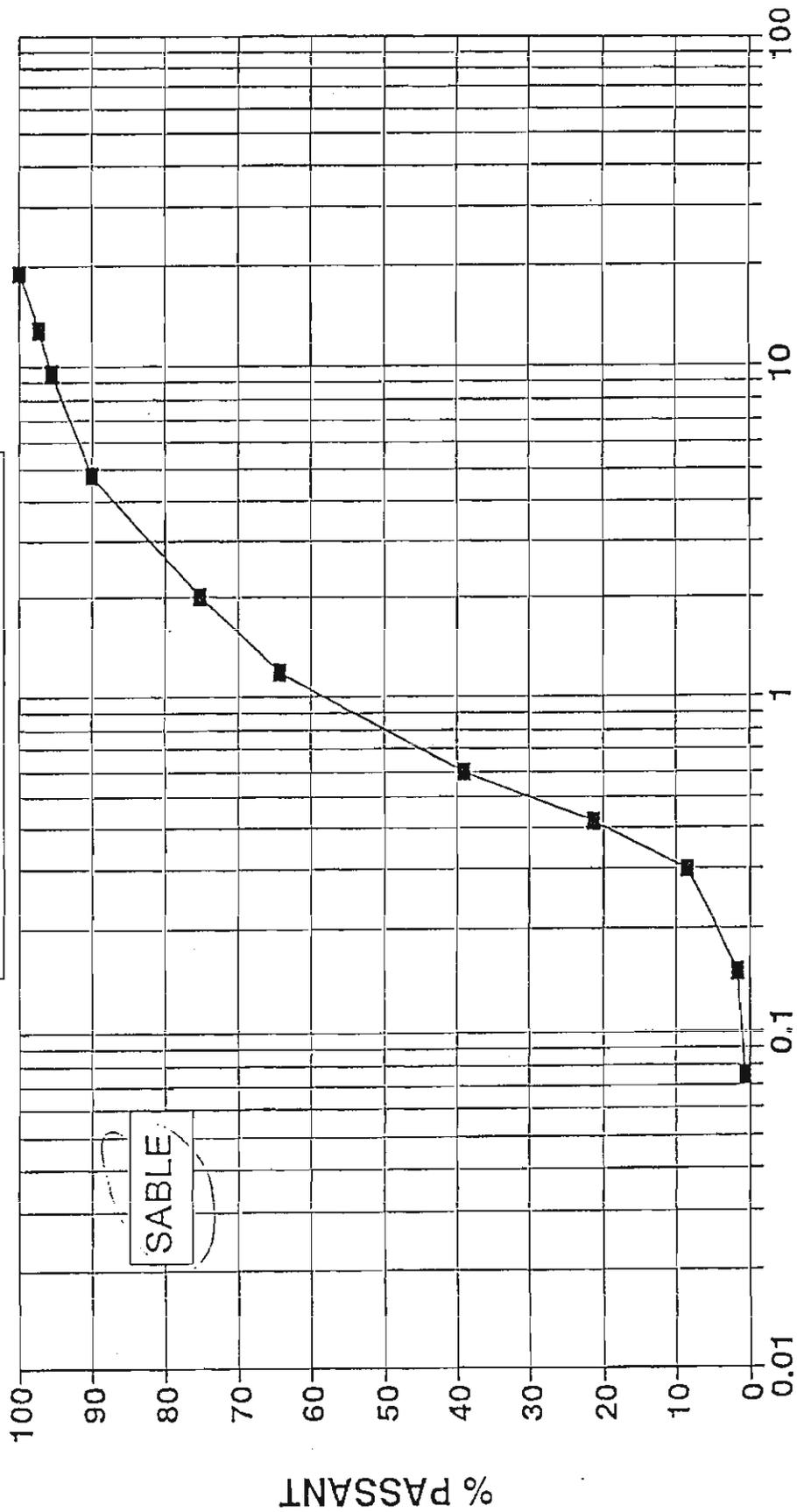
- 0.00-1.68 cm.
- ▲— 1.68-3.50 cm.
- ×— 3.50-5.03 cm.
- +— 5.03-7.41 cm.
- 7.41-9.46 cm.
- *— 9.46-12.20 cm.

Analyse granulométrique
MIN. DES RICHESSES NATURELLES



—■— montages cellules

Analyse granulométrique
GOLDER ET ASSOCIES

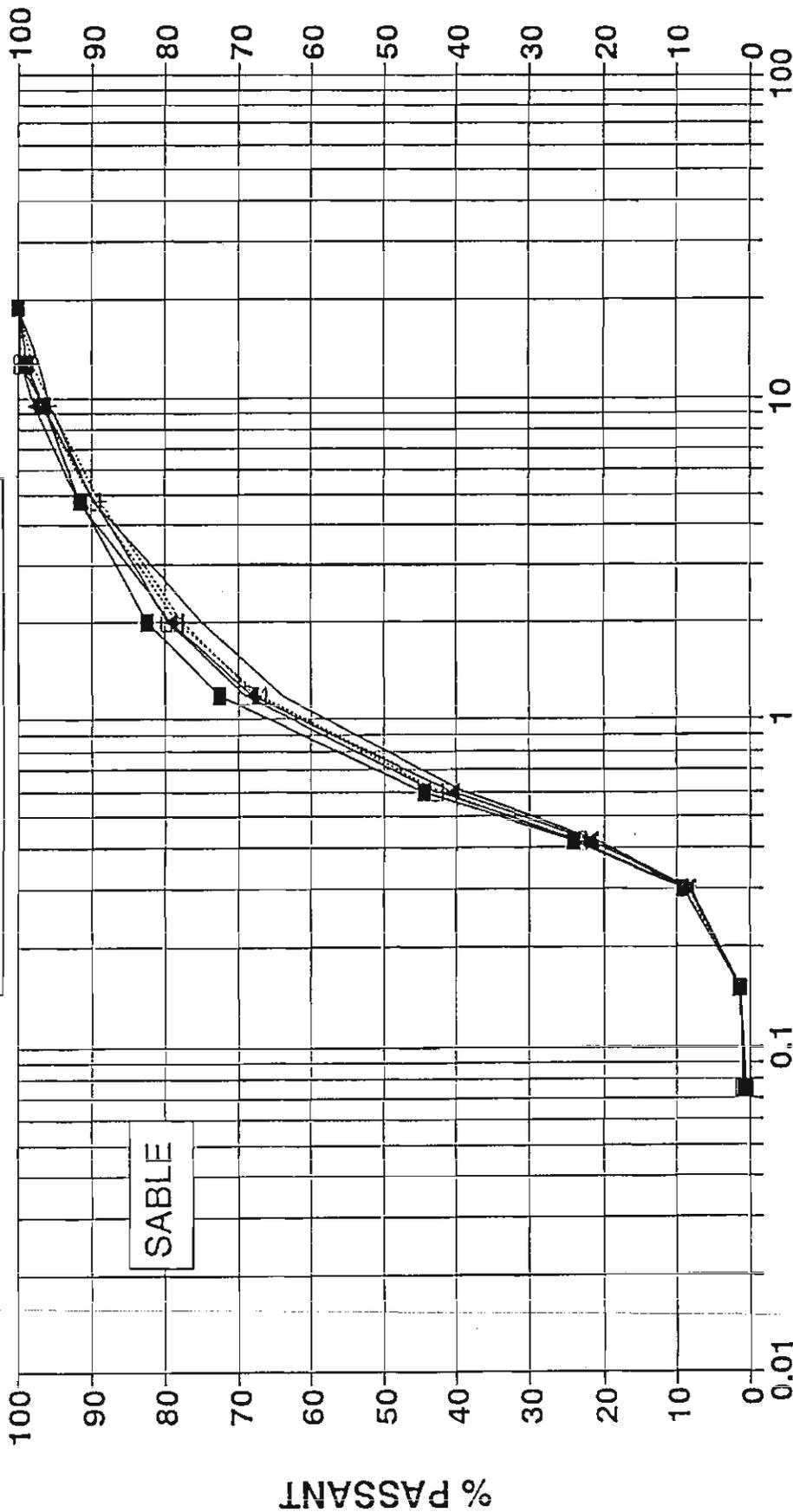


SABLE

DIA. DES GRAINS (mm)

montage percolation

Analyse granulométrique
GOLDER ET ASSOCIES



colonne no.: 1

0.00 = bas de la colonne

0.00-6.76 cm

6.76-10.93 cm

10.93-14.68 cm

14.68-17.65 cm

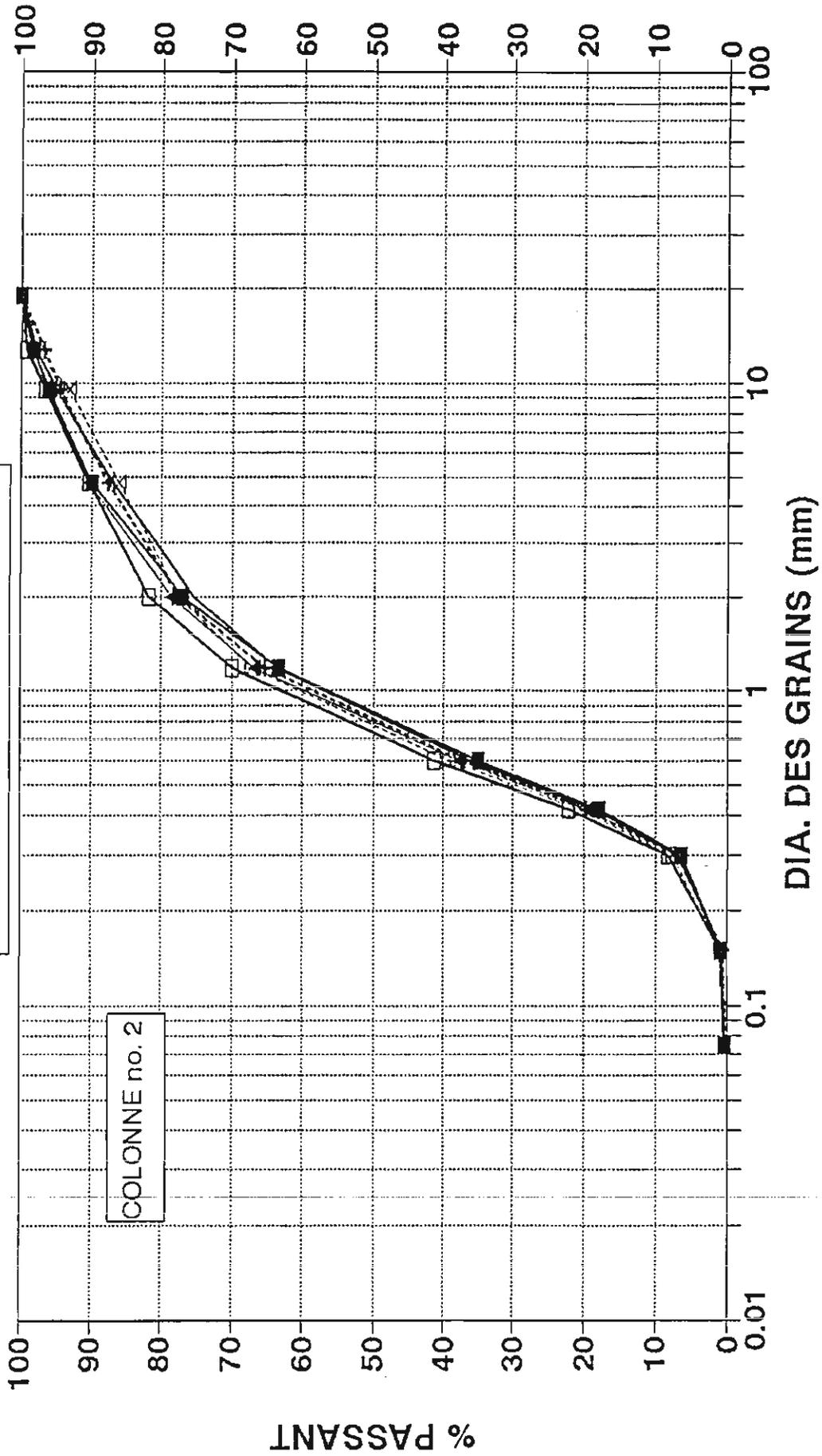
17.65-21.09 cm

MOYENNE (9 échant.)

GOLDER ET ASS.
 ESSAI DE MIGRATION DES PARTICULES
 COLONNE no. 2

Pds filtre init.		26.1	26.1	date	heure	min. total	OTE eau cc Ajouté	tare + eau	eau net	OTE eau cc Sortie	OTE eau cc Entree	Diff. entre eau in/out
Pds filtre finale				27-11-95	10:30	0	1300			0	1300	1300
HAUTEUR INIT. SABLE	49.4	Gs	2.819		11:30	80	1000			100	2300	2200
DIAM. DE LA COLONNE	15.2				12:42	132	1000	1422	1101	1101	3300	2199
PDS DES COUCHES	999	teneur en eau			16:30	360	1000	2424	1002	2103	4300	2197
DE SABLE	1002	Tare	104	28-11-95	14:20	2690	1000	3412	968	3091	5300	2209
	1001	Pds sol hum. + tare	710.7		20:00	3030	1000	1337	1016	4107	6300	2193
	1001	Pds sol sec + tare	695.2	29-11-95	7:30	3030				4107	6300	2193
	1002	Pds tare	124.6		10:00	3180	1000	2292	955	5062	7300	2238
	999	teneur en eau	2.7	30-11-95	17:30	3630	1000	3306	1014	6076	8300	2224
	1003				7:45	4485	1000	1455	1134	7210	9300	2090
	1002				13:35	4835	1000	2298	843	8053	10300	2247
	1004			01-12-95	8:20	7400	1000	3417	1119	9172	11300	2128
	560			02-12-95	12:20	7640	1000	1506	1185	10357	12300	1943
					12:20	7640	1000	2135	629	10986	13300	2314
	9573			03-12-95	8:20	8840	1000	3431	1296	12282	14300	2018
TOTAL DU SABLE		Total du sable sec	5087.0		10:40	8980	1000	2298	695	12977	15300	2323
	19.9	teneur en eau init.	5.6	04-12-95	7:30	10230	1000	1016	1282	14259	16300	2041
	29.5				11:05	10445	1000	2994	696	14955	17300	2345
	5353.0	Total du sable hum. final	9655.2		18:00	10860	1000	1414	1093	16048	18300	2252
	1.788	teneur en eau finale	6.5	05-12-95	7:00	11640	1000	2416	1002	17050	19300	2350
	0.616				20:00	10980	1000	3606	1190	18240	20300	2080
	0.381			06-12-95	8:15	11715	1000	1447	1126	19366	21300	1934
					14:45	12105	1000	2138	1817	21183	22300	1117
				07-12-95	9:30	13230	2000	3473	1335	22518	24300	1782
					13:45	13485	2000	1892	1571	24089	26300	2211
				08-12-95	7:30	14550	2000	2544	2223	26312	28300	1988
		teneur en eau			10:00	14700	2000	4228	1634	27996	30300	2304
PDS DES COUCHES	1005	TARE	108		14:10	14830	2000	2143	1822	29818	32300	2482
DE RESIDU	1006	Pds sol hum. + tare	653.4	11-12-95	8:00	19180	2000	4134	1991	31809	34300	2491
	508	Pds sol sec + tare	569.8		14:50	19590	2000	2350	2029	33838	36300	2482
		Pds tare	123.9	12-12-95	8:40	20580	2000	4400	2050	35888	38300	2412
					14:50	20950	2000	2290	1969	37857	40300	2443
		teneur en eau	18.7	13-12-95	7:20	21940	2000	4139	1849	39706	42300	2594
					11:05	22165	2000	2471	2150	41856	44300	2444
		Total du residu sec	3020.9	14-12-95	13:30	2310	2000	4135	1664	43520	46300	2780
		teneur en eau init.	16.6		9:00	23480	2000	2548	2327	45847	48300	2453
		Total du residu hum. final	4068.3		11:30	23630	2000	4288	1640	47487	50300	2813
		teneur en eau finale	34.7	15-12-95	15:05	23845	2000	2089	2089	49576	52300	2724
					9:15	24935	4000	4610	4289	53865	56300	2435
				18-12-95	8:00	29160	4000	4289	3968	57833	60300	2467
					10:20	29320	4000	2930	2609	60442	64300	3858
					14:30	29370	4000	5230	4509	65351	68300	2949
				19-12-95	7:30	30590	4000	4646	4325	69676	72300	2624
					11:35	30835	4000	4013	3692	73568	76300	2932
				20-12-95	8:30	30990	4000	4203	3882	77250	80300	3050
				03-01-96	9:00	32090	10000	4703	4382	81632	84300	2668
				04-01-96	8:00	33470		9884	8815	90447	94300	3853
								177	177	90624	94300	3676

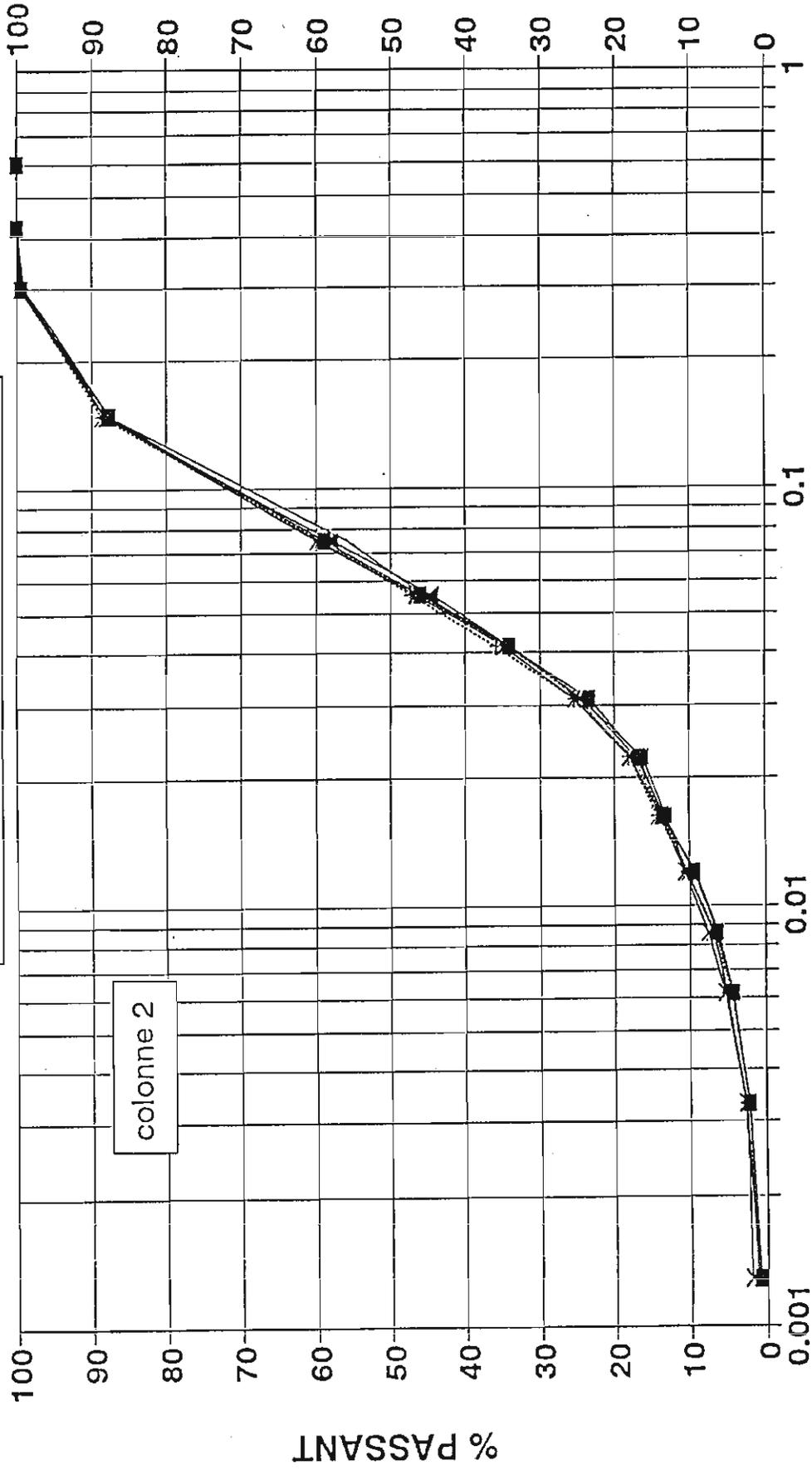
Analyse granulométrique
GOLDER et ASSOCIÉS



A PARTIR DU BAS

- 0.00-5.42 cm. —▲— 5.42-7.96 cm. —□— 7.96-10.59 cm.
- x--- 10.59-13.68 cm. ...+... 13.68-16.15 cm. — 16.15-18.51 cm.

Analyse granulométrique
MIN. DES RICHESSES NATURELLES

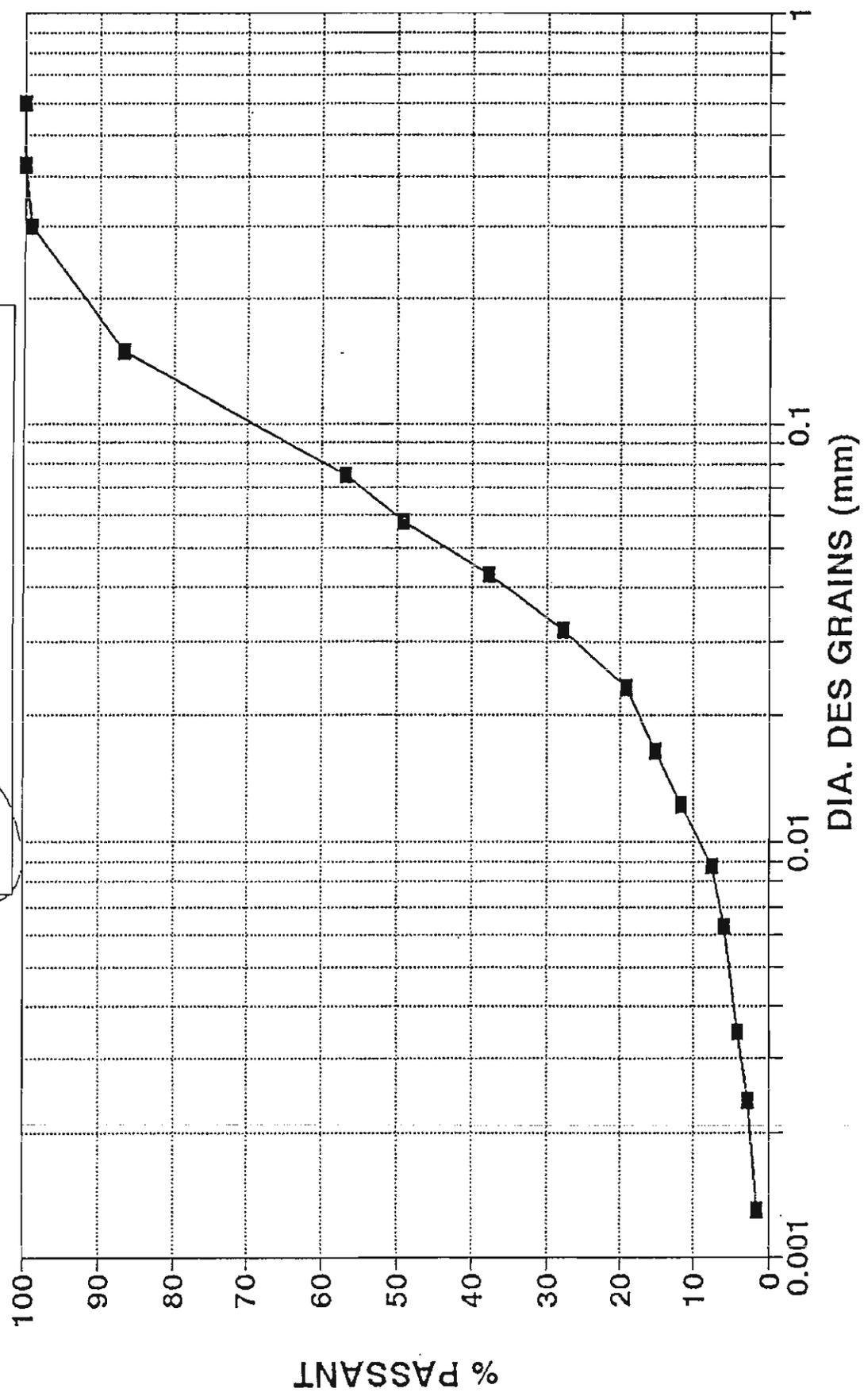


colonne 2

0.00 = interface sable et résidu

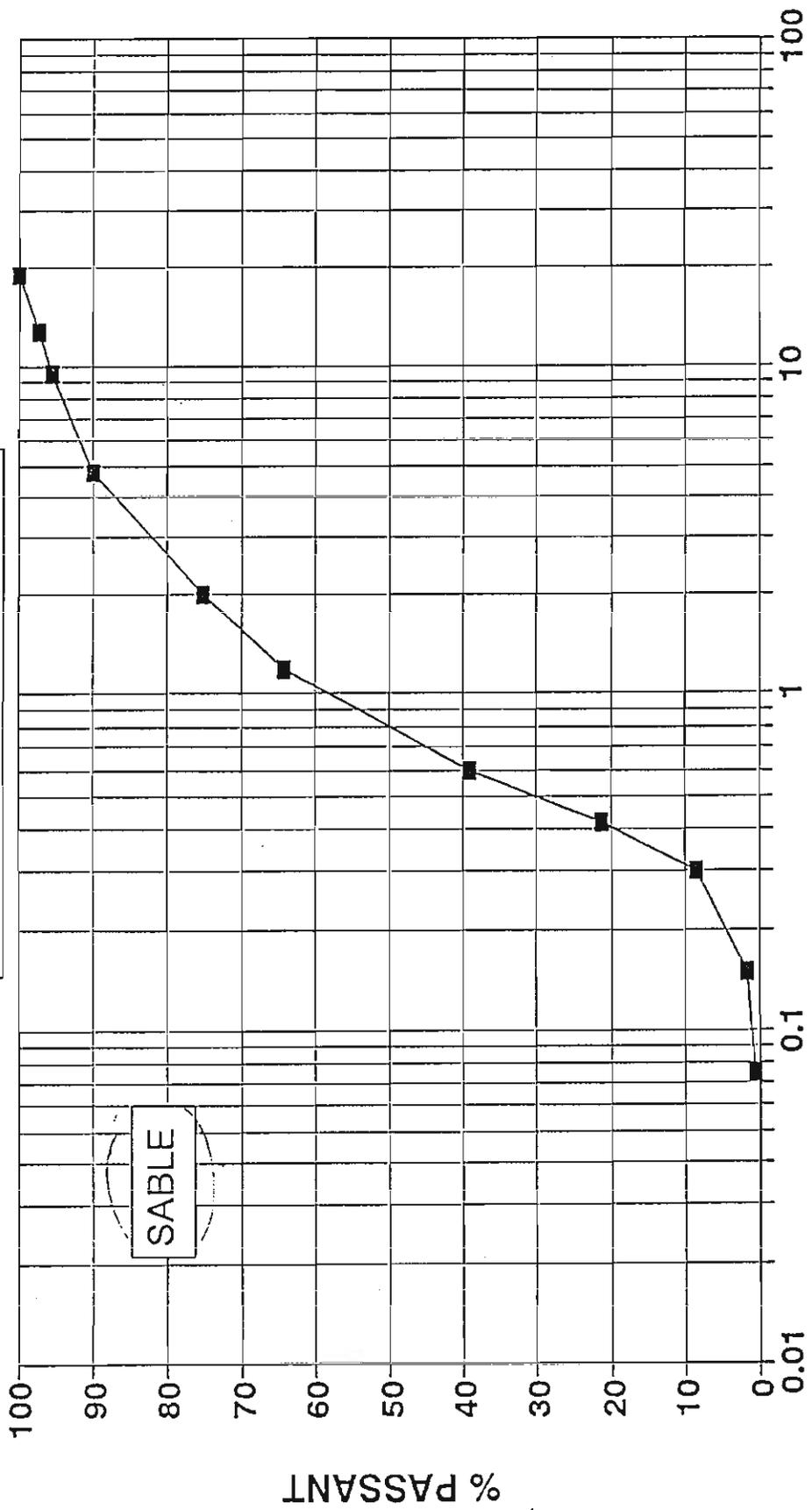
- 0.00-1.87 cm. —■—
- 1.87-3.73 cm. —▲—
- 3.73-5.85 cm. —✕—
- 5.85-7.64 cm. —⋯+⋯—
- 7.64-9.96 cm. —+—
- 9.96-12.20 cm. ——

Analyse granulométrique
MIN. DES RICHESSES NATURELLES



■ montages cellules

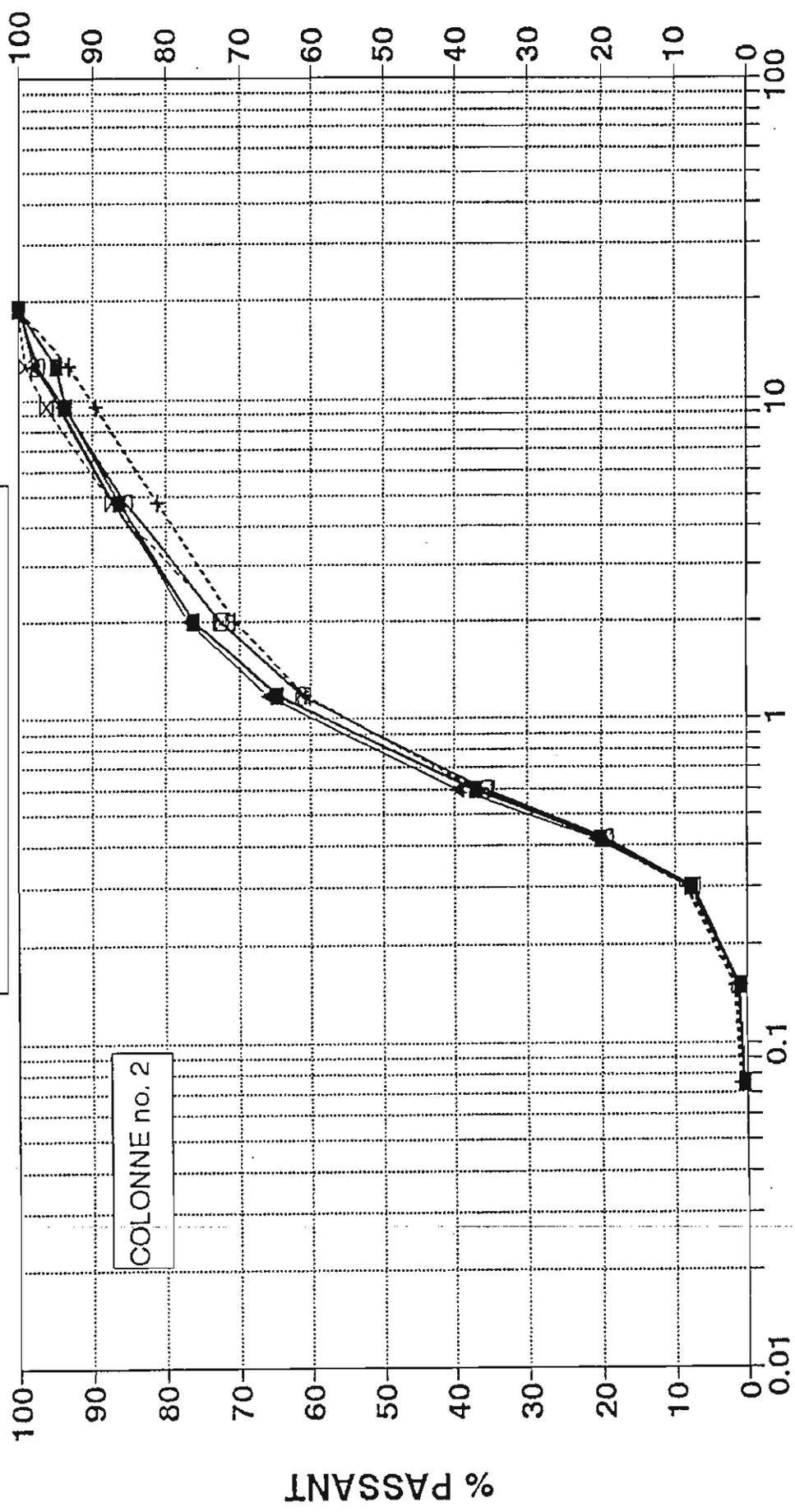
Analyse granulométrique
GOLDER ET ASSOCIES



—■— montage percolation

Analyse granulométrique
GOLDER et ASSOCIES

→ 20/100



COLONNE no. 2

DIA. DES GRAINS (mm)

A PARTIR DU BAS

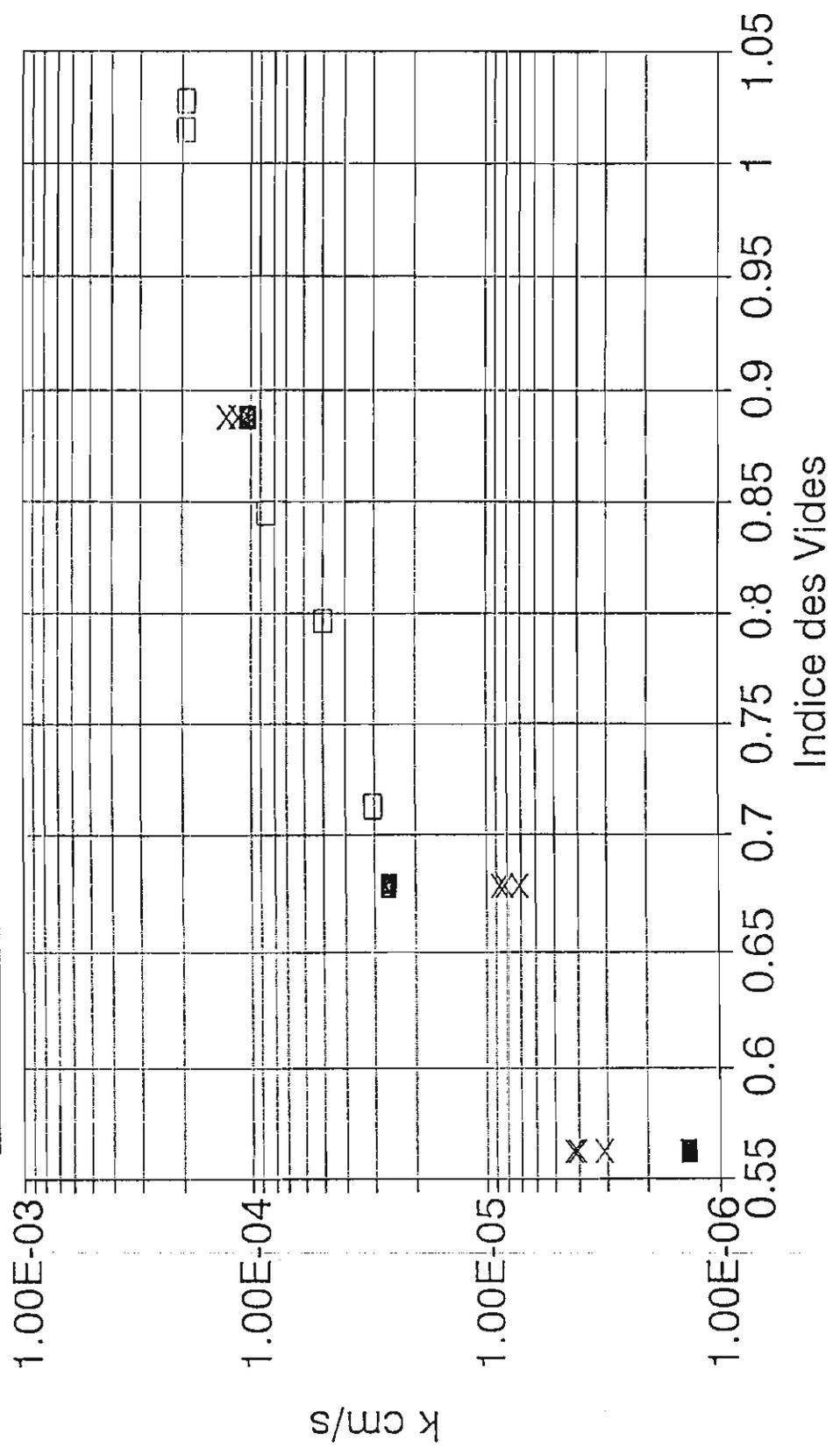
- 1851-21.15 cm.
- ▲— 21.15-23.56 cm.
- 23.56-25.81 cm.
- x— 25.81-29.50 cm.
- moy. de 11 granulo.

APPENDIX F

**PERMEABILITY TESTS RESULTS WITH FREEZE-THAW CYCLES
FOR MNR TAILINGS AND SILT**

(École Polytechnique)

Ministère des Richesses Naturelles
 Perméabilité cell. Triax. et Perméam.



■ sans congélation □ MRN × avec congélation

TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	26-02-96	
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE	1er essai avant congélation
Nom du fichier:	GOLDER\PERMFA\CONGRILATION3	

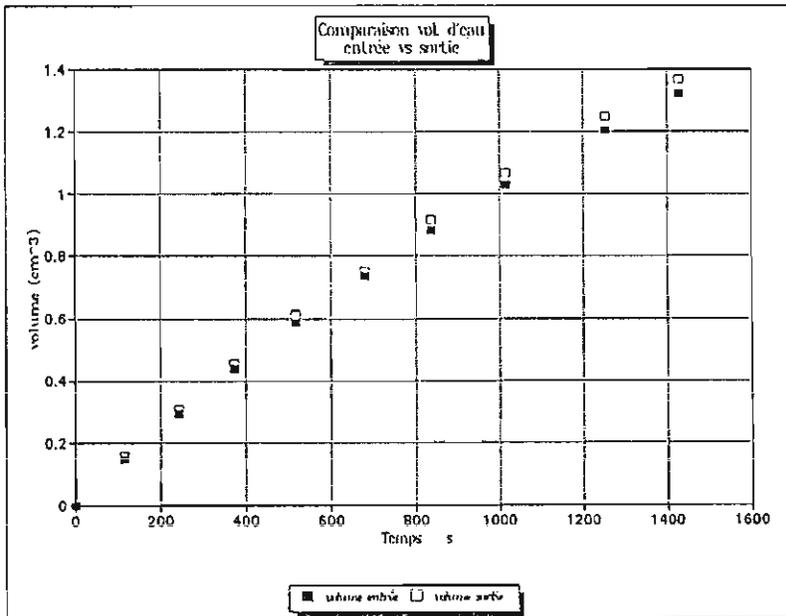
Géométrie		(moule #1)
épaisseur initiale	cm	6.989
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		391.03

15.997
8.288

Masses		g
masse initiale humide		809.4
masse finale humide		846.0
masse finale sèche		705.2
Gs		2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	2.070
Par séchage (%) init.	74.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.803
Par séchage (%) fin.	100.0	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	14.8	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	20.0	% opt. Proctor	103.9

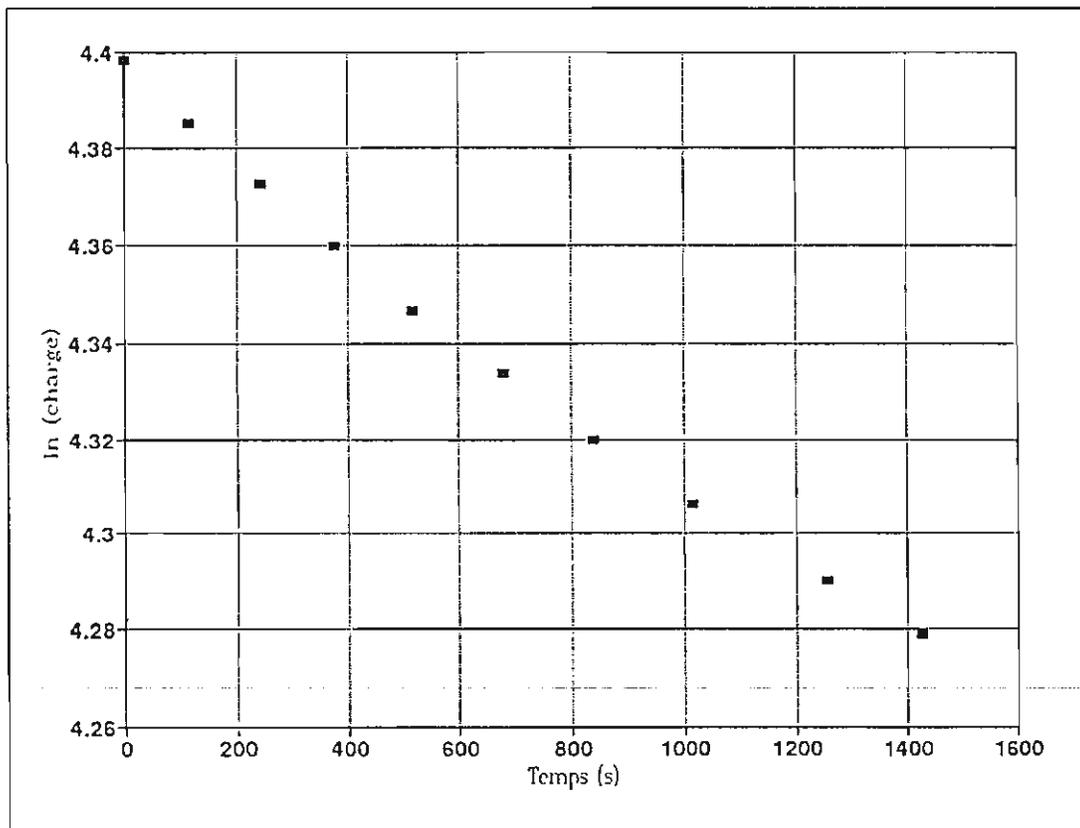
Calibration							
o/s tête	89.20	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	17.80	mod	1	petite	0	température	24.5



Résultat de l'essai	
charge variable	
Indice des vides:	0.563
Perméabilité (cm/s)	1.33E-06
écart type	3.44E-08
ind. reg.	0.995
COMMENTAIRES	

Lectures

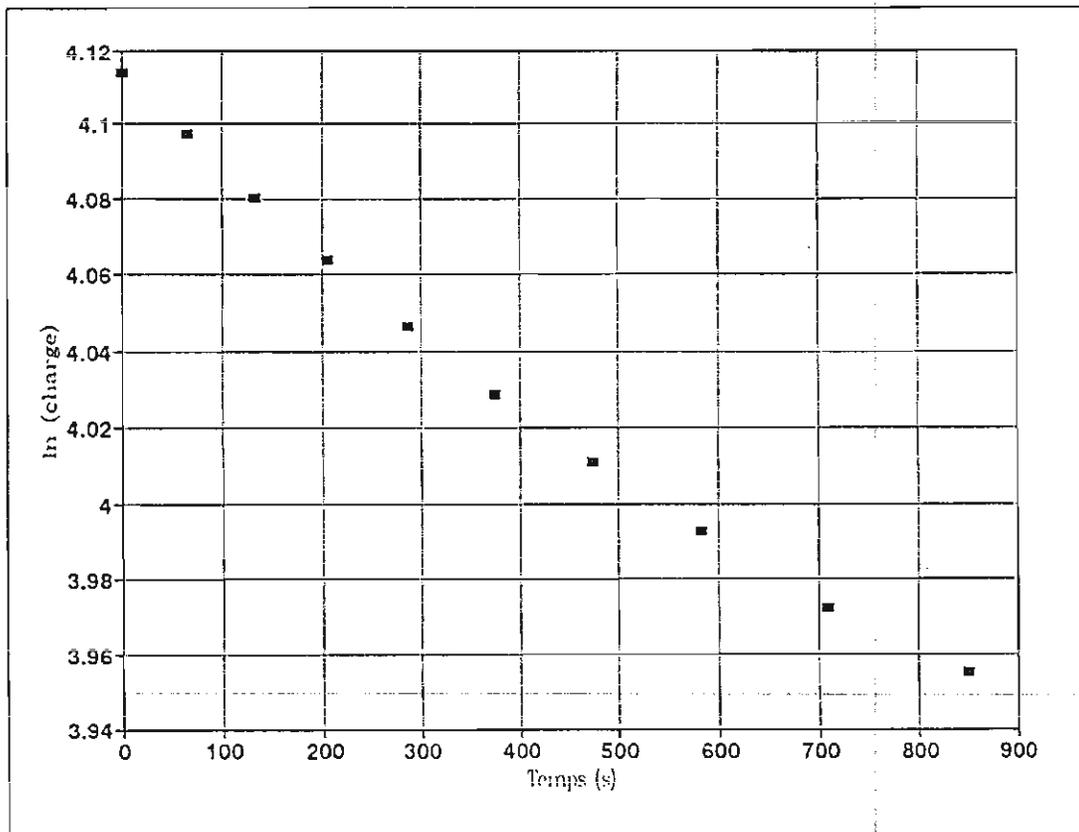
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	k cm/s	k20 cm/s
0.00	0.0	-9.90	0	0	81.3	0.00	-	-
1.91	-0.5	-9.36	0.15	0.16	80.3	114.60	2.06E-06	1.85E-06
4.03	-1.0	-8.85	0.29	0.31	79.3	241.80	1.94E-06	1.74E-06
6.23	-1.5	-8.35	0.44	0.46	78.3	373.80	1.88E-06	1.68E-06
8.63	-2.0	-7.82	0.59	0.61	77.2	517.80	1.83E-06	1.63E-06
11.33	-2.5	-7.35	0.74	0.75	76.3	679.80	1.73E-06	1.55E-06
13.97	-3.0	-6.78	0.88	0.92	75.2	838.20	1.72E-06	1.53E-06
16.93	-3.5	-6.27	1.03	1.07	74.2	1015.80	1.66E-06	1.48E-06
20.91	-4.1	-5.66	1.21	1.25	73.0	1254.60	1.58E-06	1.42E-06
23.77	-4.5	-5.25	1.32	1.37	72.2	1426.20	1.54E-06	1.38E-06



lectures

2ième essai de perméabilité après 5 cycles de congélation

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-9.80	0	0	61.2	0.00	-	-
1.09	-0.5	-9.28	0.15	0.15	60.2	65.40	4.72E-06	4.34E-06
2.21	-1.0	-8.76	0.29	0.31	59.2	132.60	4.70E-06	4.32E-06
3.42	-1.5	-8.30	0.44	0.44	58.2	205.20	4.50E-06	4.13E-06
4.78	-2.0	-7.80	0.59	0.59	57.2	286.80	4.33E-06	3.98E-06
6.24	-2.5	-7.30	0.74	0.74	56.2	374.40	4.18E-06	3.84E-06
7.90	-3.0	-6.80	0.88	0.88	55.2	474.00	4.00E-06	3.67E-06
9.70	-3.5	-6.30	1.03	1.03	54.2	582.00	3.83E-06	3.52E-06
11.80	-4.1	-5.80	1.21	1.18	53.1	708.00	3.68E-06	3.38E-06
14.18	-4.5	-5.30	1.32	1.32	52.2	850.80	3.43E-06	3.16E-06



TEST PERMEABILITE PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	26-02-96
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEA\CONGELATION3

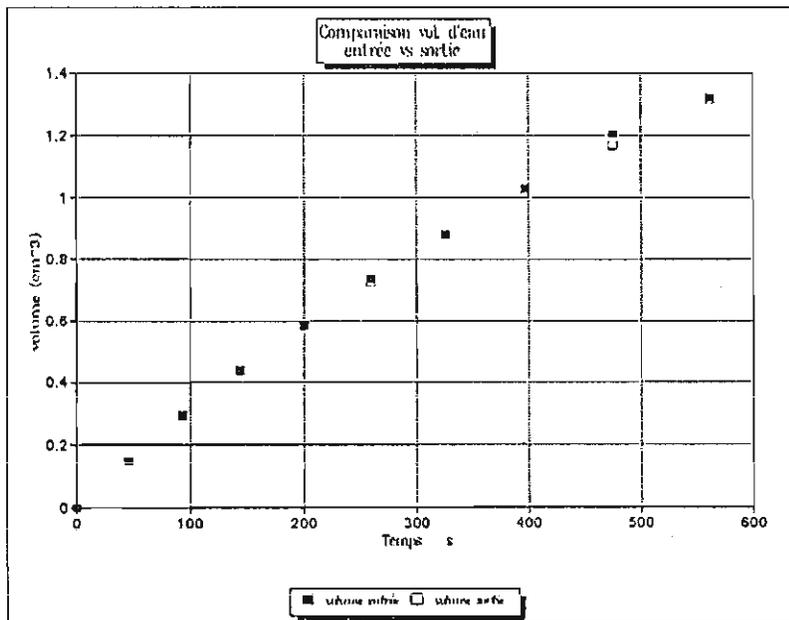
Géométrie		(moule #1)
épaisseur initiale	cm	6.989
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		391.03

15.997
8.288

Masses		g
masse initiale humide		809.4
masse finale humide		846.0
masse finale sèche		705.2
Gs		2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	2.070
Par séchage (%) init.	74.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.803
Par séchage (%) fin.	100.0	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	14.8	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	20.0	% opt. Proctor	103.9

Calibration							
o/s tête	75.10	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	15.90	med	0	petite	1	température	24

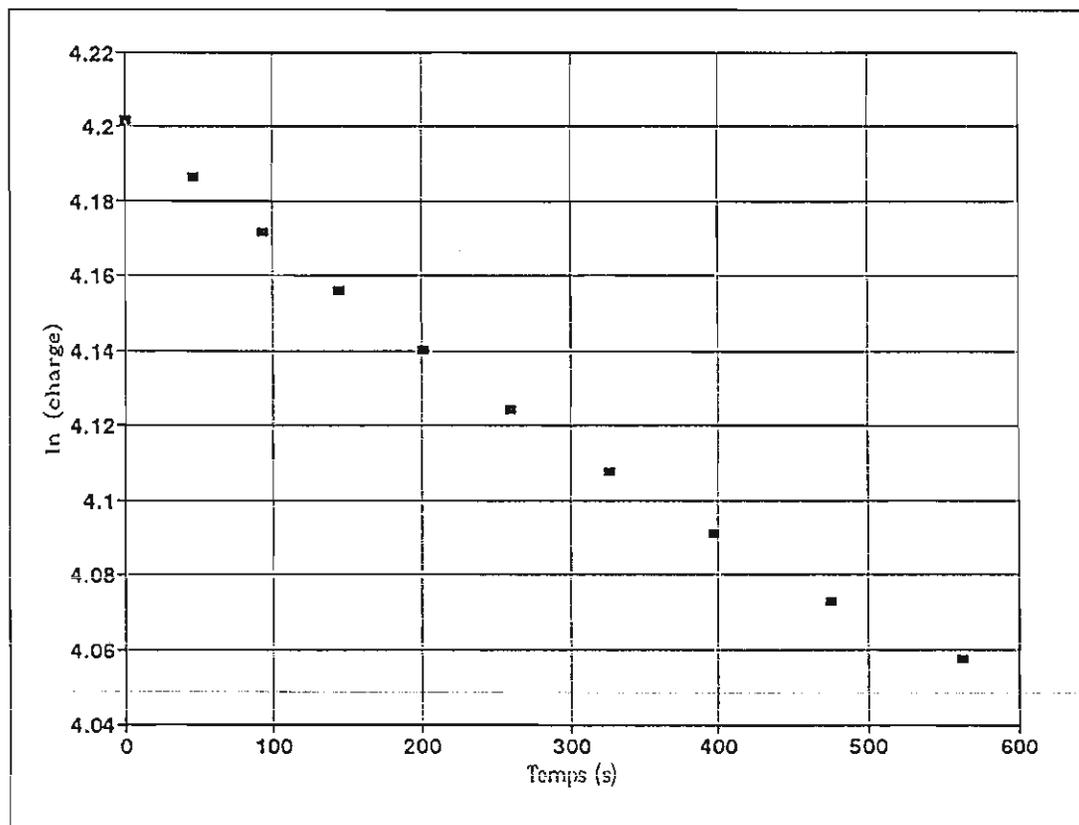


Résultat de l'essai	
charge variable	
Indice des vides	0.563
Perméabilité (cm/s)	4.03E-06
écart type	1.21E-07
ind. reg.	0.994
COMMENTAIRES	

Lectures

3ième essai de perméabilité après 10 cycles de congélation

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-10.00	0	0	66.8	0.00	-	-
0.77	-0.5	-9.50	0.15	0.15	65.8	46.20	6.00E-06	5.44E-06
1.56	-1.0	-9.01	0.29	0.29	64.8	93.60	5.94E-06	5.38E-06
2.41	-1.5	-8.52	0.44	0.44	63.8	144.60	5.80E-06	5.26E-06
3.34	-2.0	-8.02	0.59	0.58	62.8	200.40	5.63E-06	5.11E-06
4.32	-2.5	-7.53	0.74	0.73	61.8	259.20	5.48E-06	4.97E-06
5.44	-3.0	-7.01	0.88	0.88	60.8	326.40	5.29E-06	4.79E-06
6.62	-3.5	-6.52	1.03	1.02	59.8	397.20	5.10E-06	4.63E-06
7.92	-4.1	-6.03	1.21	1.17	58.7	475.20	4.98E-06	4.51E-06
9.37	-4.5	-5.53	1.32	1.31	57.8	562.20	4.71E-06	4.27E-06



TEST PERMEABILITE PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	26-02-96
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEAN\CONGELATION3

Géométrie		(moule #1)
épaisseur initiale	cm	6.989
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		391.03

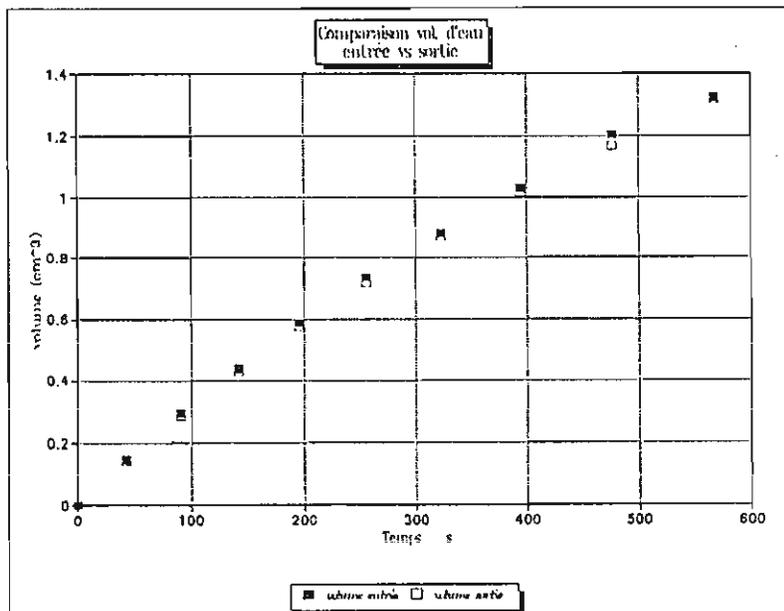
15.997
8.288

Masses g	
masse initiale humide	809.4
masse finale humide	846.0
masse finale sèche	705.2
Gs	2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	2.070
Par séchage (%) init.	74.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.803
Par séchage (%) fin.	100.0	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	14.8	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	20.0	% opt. Proctor	103.9

Calibration

o/s tête	74.90	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	18.10	med	0	petite	1	température	24



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides 0.563

Perméabilité (cm/s) 4.16E-06

écart type 1.35E-07

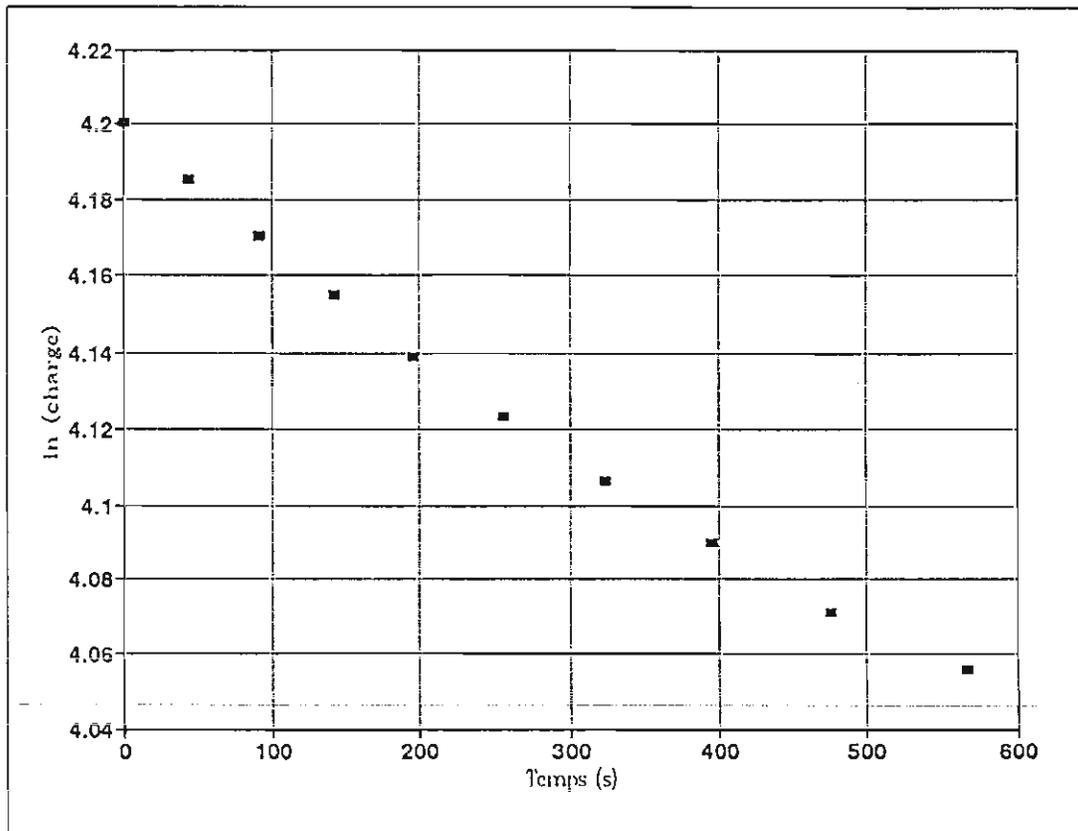
ind. reg. 0.993

COMMENTAIRES

lectures

4ième essai de perméabilité après 15 cycles de congélatio

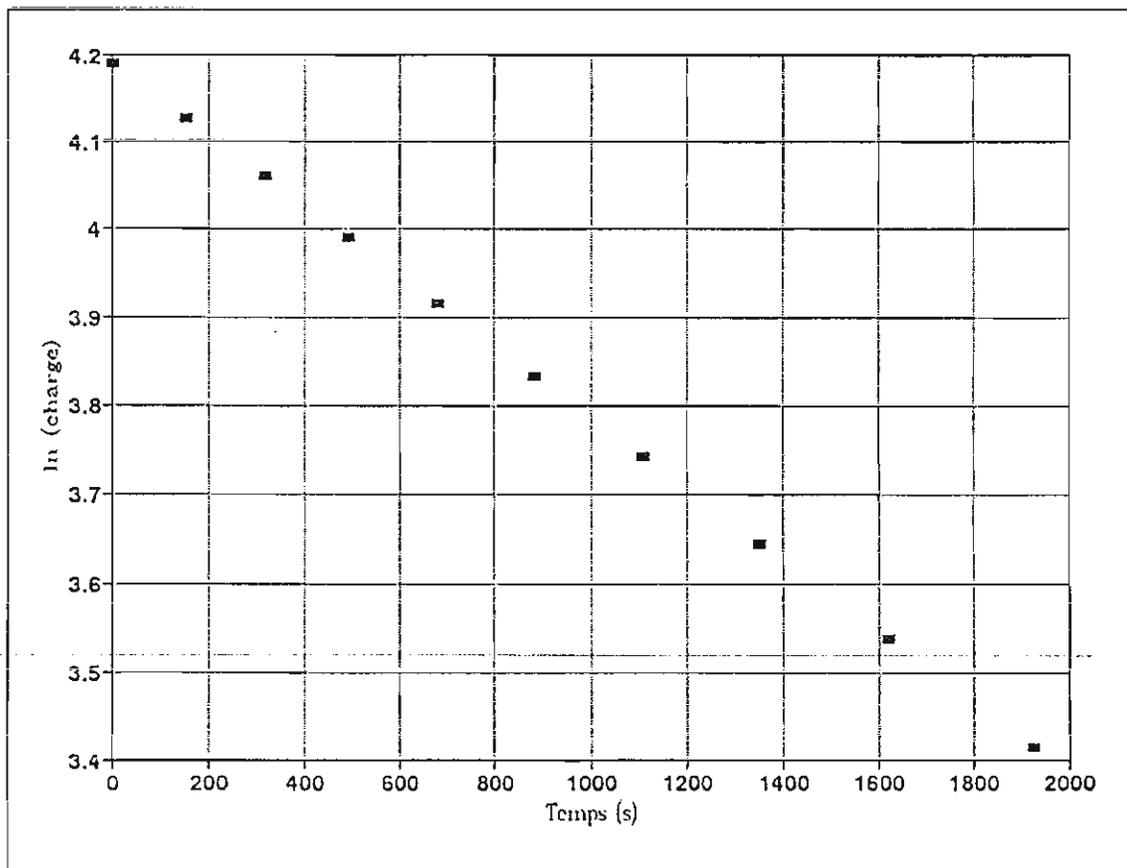
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-9.90	0	0	66.7	0.00	-	-
0.73	-0.5	-9.42	0.15	0.14	65.7	43.80	6.21E-06	5.63E-06
1.52	-1.0	-8.93	0.29	0.29	64.7	91.20	6.04E-06	5.47E-06
2.38	-1.5	-8.45	0.44	0.43	63.8	142.80	5.82E-06	5.28E-06
3.27	-2.0	-7.95	0.59	0.57	62.8	196.20	5.72E-06	5.18E-06
4.26	-2.5	-7.46	0.74	0.72	61.8	255.60	5.53E-06	5.01E-06
5.39	-3.0	-6.94	0.88	0.87	60.7	323.40	5.32E-06	4.82E-06
6.58	-3.5	-6.44	1.03	1.02	59.7	394.80	5.13E-06	4.65E-06
7.94	-4.1	-5.93	1.21	1.17	58.6	476.40	4.97E-06	4.51E-06
9.45	-4.5	-5.43	1.32	1.31	57.7	567.00	4.68E-06	4.24E-06



Lectures

1er essai de perméabilité: avant congélation

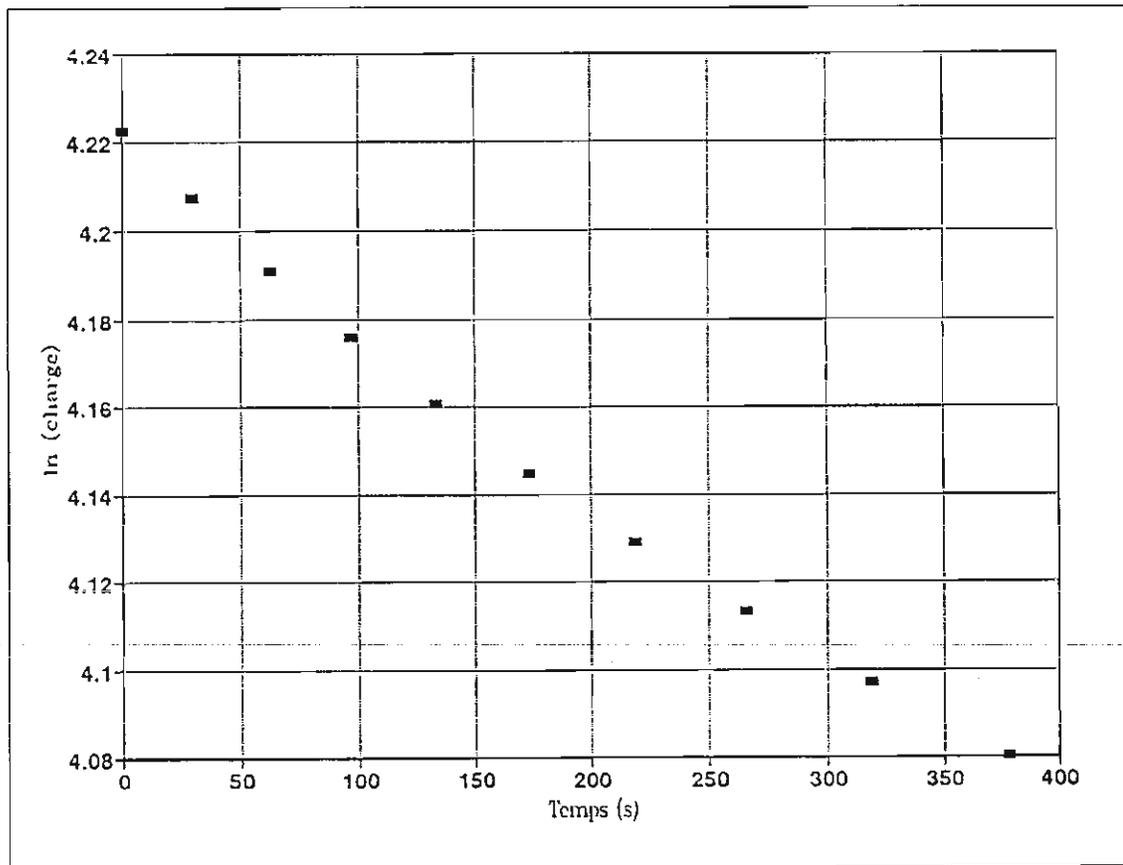
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	0.3	0	0	66.0	0.00	-	-
2.50	-2.0	2.3	2.00	2.00	62.0	150.00	3.04E-05	2.72E-05
5.24	-4.0	4.2	4.00	3.90	58.1	314.40	2.95E-05	2.64E-05
8.20	-6.0	6.2	6.00	5.90	54.1	492.00	2.94E-05	2.63E-05
11.32	-8.0	8.1	8.00	7.80	50.2	679.20	2.94E-05	2.63E-05
14.75	-10.0	10.1	10.00	9.80	46.2	885.00	2.94E-05	2.63E-05
18.44	-12.0	12.1	12.00	11.80	42.2	1106.40	2.95E-05	2.63E-05
22.53	-14.0	14.0	14.00	13.70	38.3	1351.80	2.93E-05	2.62E-05
27.00	-16.0	15.9	16.00	15.60	34.4	1620.00	2.93E-05	2.62E-05
32.09	-18.0	17.9	18.00	17.60	30.4	1925.40	2.93E-05	2.62E-05



Lectures

2ième essai de perméab. après 5 cycles de congélation

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-9.60	0	0	68.2	0.00	-	-
0.50	-0.5	-9.10	0.15	0.15	67.2	30.00	1.06E-05	9.70E-06
1.04	-1.0	-8.50	0.29	0.32	66.1	62.40	1.07E-05	9.87E-06
1.61	-1.5	-8.00	0.44	0.47	65.1	96.60	1.03E-05	9.48E-06
2.22	-2.0	-7.50	0.59	0.62	64.1	133.20	9.98E-06	9.17E-06
2.89	-2.5	-7.02	0.74	0.76	63.1	173.40	9.57E-06	8.79E-06
3.65	-3.0	-6.52	0.88	0.91	62.1	219.00	9.14E-06	8.40E-06
4.43	-3.5	-6.04	1.03	1.05	61.1	265.80	8.81E-06	8.10E-06
5.31	-4.0	-5.55	1.18	1.19	60.2	318.60	8.45E-06	7.76E-06
6.30	-4.5	-5.06	1.32	1.34	59.2	378.00	8.06E-06	7.41E-06



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	26-02-96
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEANCONGELATION2

Géométrie		(moule #1)
épaisseur initiale	cm	8.154
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		456.16

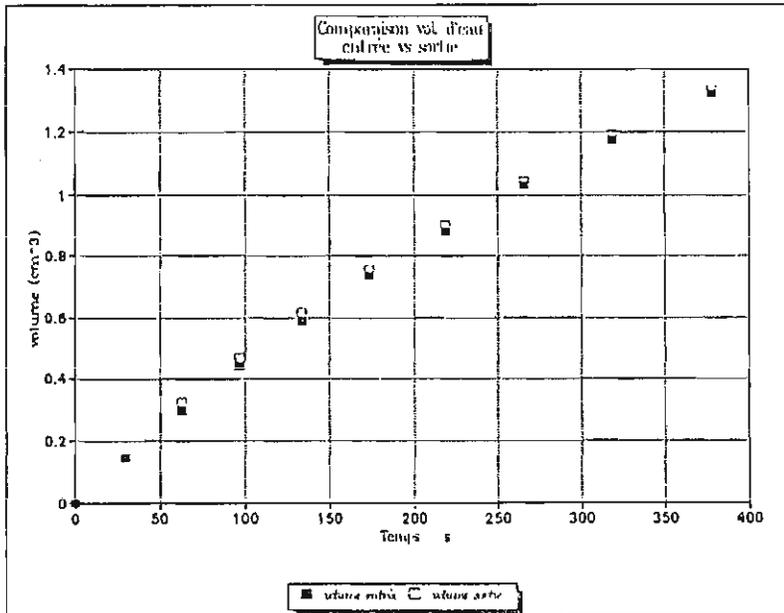
16.591
7.707

Masses g	
masse initiale humide	836.6
masse finale humide	951.4
masse finale sèche	766.4
Gs	2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.834
Par séchage (%) init.	38.1	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.680
Par séchage (%) fin.	100.4	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	9.2	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	24.1	% opt. Proctor	96.8

Calibration

o/s tête	76.20	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	17.60	med	0	petite	1	température	23.5



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.678

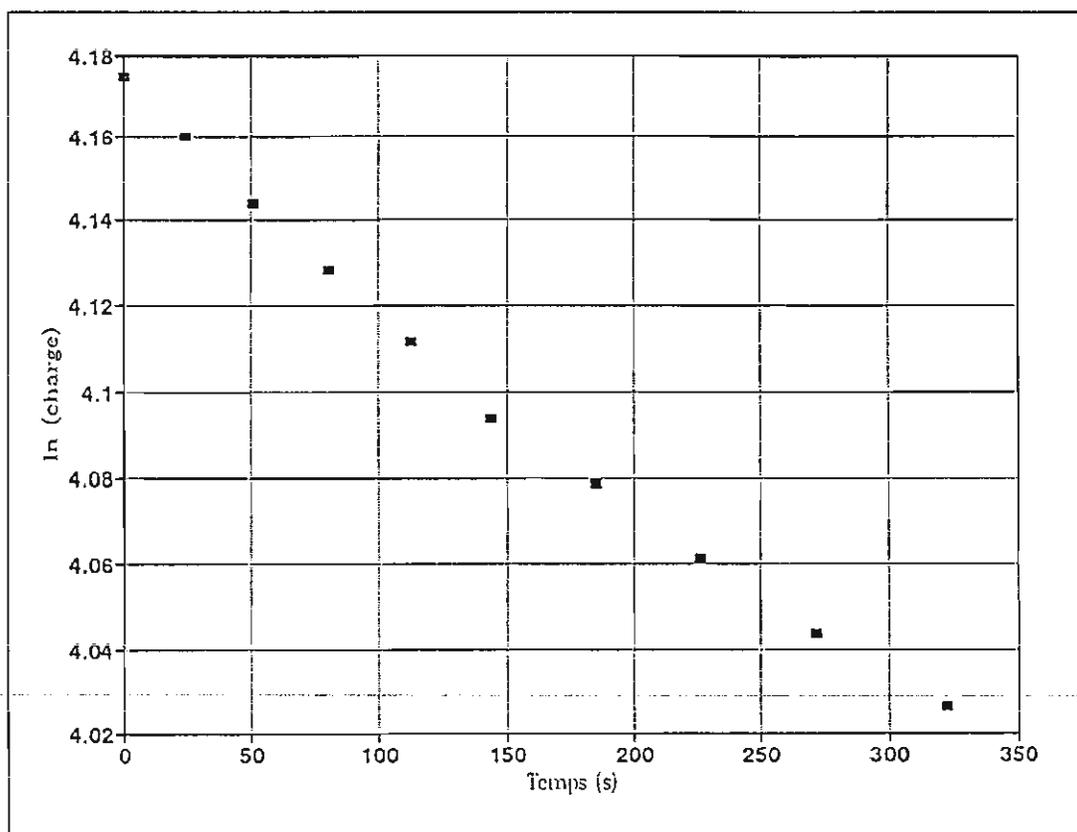
Perméabilité (cm/s) 7.17E-06

écart type 2.44E-07

ind. reg. 0.992

COMMENTAIRES

Lectures		3ième essai de perméab. après 10 cycles de congélation						
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-9.63	0	0	65.0	0.00	-	-
0.40	-0.5	-9.18	0.15	0.13	64.1	24.00	1.31E-05	1.19E-05
0.85	-1.0	-8.66	0.29	0.29	63.1	51.00	1.29E-05	1.17E-05
1.35	-1.5	-8.17	0.44	0.43	62.1	81.00	1.23E-05	1.12E-05
1.88	-2.0	-7.66	0.59	0.58	61.1	112.80	1.20E-05	1.08E-05
2.39	-2.5	-7.07	0.74	0.75	60.0	143.40	1.21E-05	1.10E-05
3.08	-3.0	-6.66	0.88	0.87	59.1	184.80	1.12E-05	1.01E-05
3.77	-3.5	-6.15	1.03	1.02	58.1	226.20	1.08E-05	9.75E-06
4.53	-4.0	-5.64	1.18	1.17	57.0	271.80	1.03E-05	9.37E-06
5.37	-4.5	-5.15	1.32	1.32	56.1	322.20	9.88E-06	8.96E-06



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	26-02-96	
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE	2ième essai sans congélation
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEANCONGELATION2	

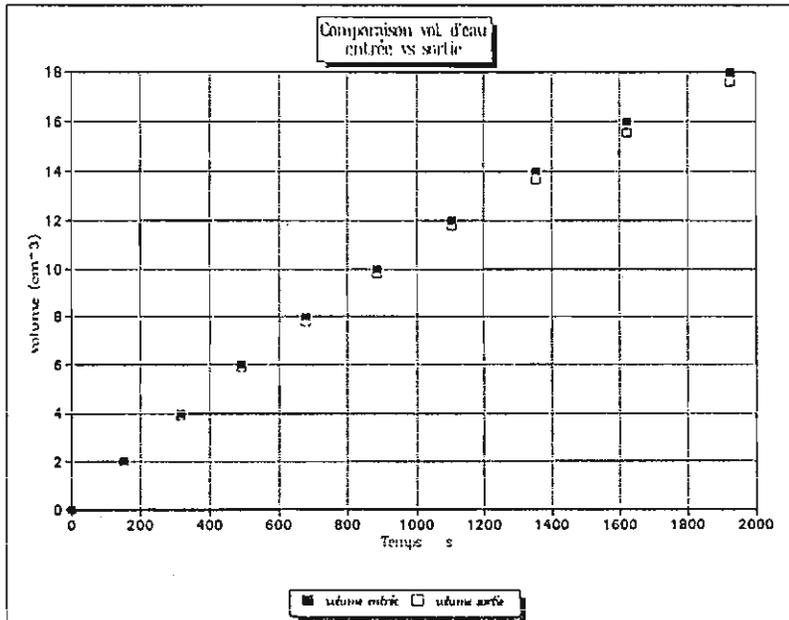
Géométrie		(moule #1)
épaisseur initiale	cm	8.154
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		456.16

16.591
7.707

Masses g	
masse initiale humide	836.6
masse finale humide	951.4
masse finale sèche	766.4
Gs	2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.834
Par séchage (%) init.	38.1	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.680
Par séchage (%) fin.	100.4	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	9.2	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	24.1	% opt. Proctor	96.8

Calibration							
o/s tête	93.20	burette utilisée	large	0	section burette	1.00	
o/s base	26.90	med	1	petite	0	température	24.5



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.678

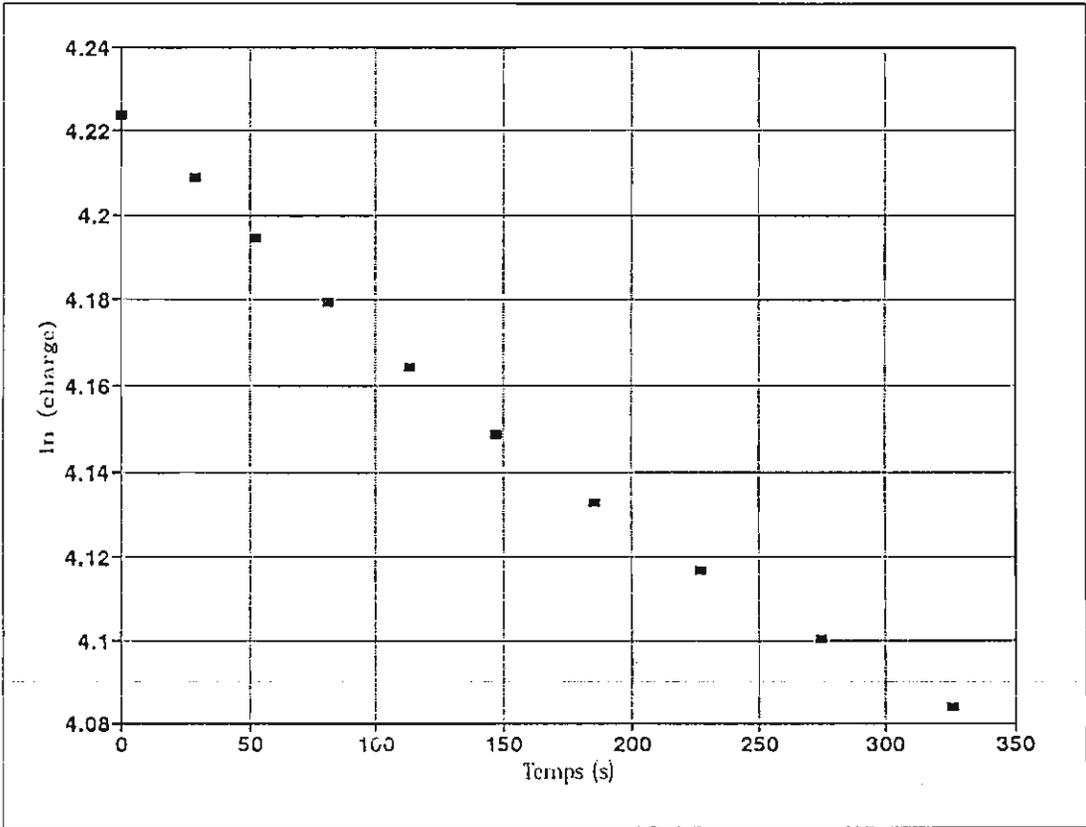
Perméabilité (cm/s) 2.62E-05

écart type 2.75E-08

ind. reg. 1.000

COMMENTAIRES

18-04-96		GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLES					page 2	
Lectures			4ième essai de perméab. après 15 cycles de congélation					
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-9.70	0	0	68.3	0.00	-	-
0.48	-0.5	-9.20	0.15	0.15	67.3	28.80	1.10E-05	1.01E-05
0.87	-1.0	-8.74	0.29	0.28	66.3	52.20	1.20E-05	1.10E-05
1.36	-1.5	-8.24	0.44	0.43	65.3	81.60	1.16E-05	1.07E-05
1.89	-2.0	-7.75	0.59	0.57	64.4	113.40	1.13E-05	1.03E-05
2.45	-2.5	-7.26	0.74	0.72	63.4	147.00	1.09E-05	1.01E-05
3.09	-3.0	-6.76	0.88	0.86	62.4	185.40	1.05E-05	9.66E-06
3.78	-3.5	-6.26	1.03	1.01	61.4	226.80	1.01E-05	9.30E-06
4.57	-4.0	-5.76	1.18	1.16	60.4	274.20	9.66E-06	8.87E-06
5.43	-4.5	-5.27	1.32	1.30	59.4	325.80	9.22E-06	8.47E-06



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	30-01-1996	
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE	1er essai sans congélat.
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEA\CONGELATION	

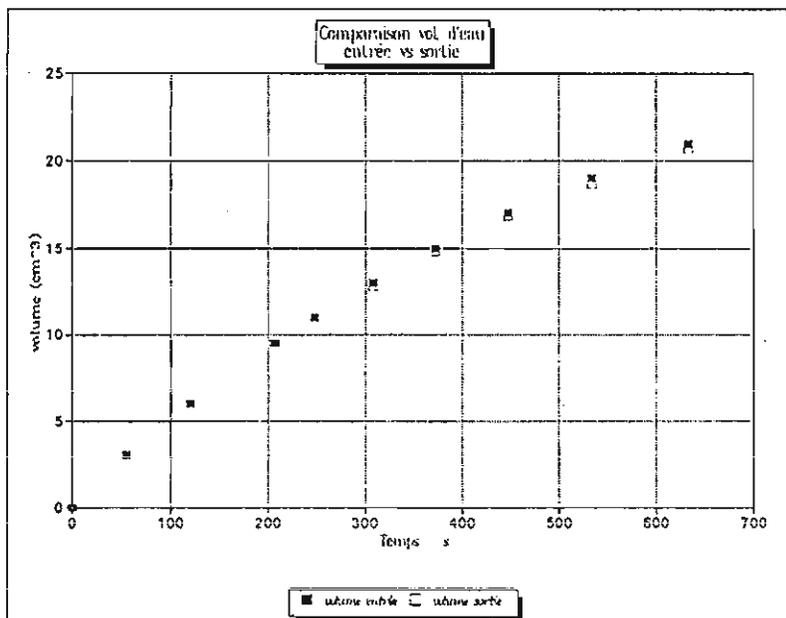
Géométrie		(monte #4)
épaisseur initiale	cm	7.357
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		411.60

15.815
7.738

Masses		g
masse initiale humide		668.8
masse finale humide		807.4
masse finale sèche		614.7
Gs		2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.625
Par séchage (%) init.	28.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.493
Par séchage (%) fin.	99.6	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	8.8	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	31.3	% opt. Proctor	86.1

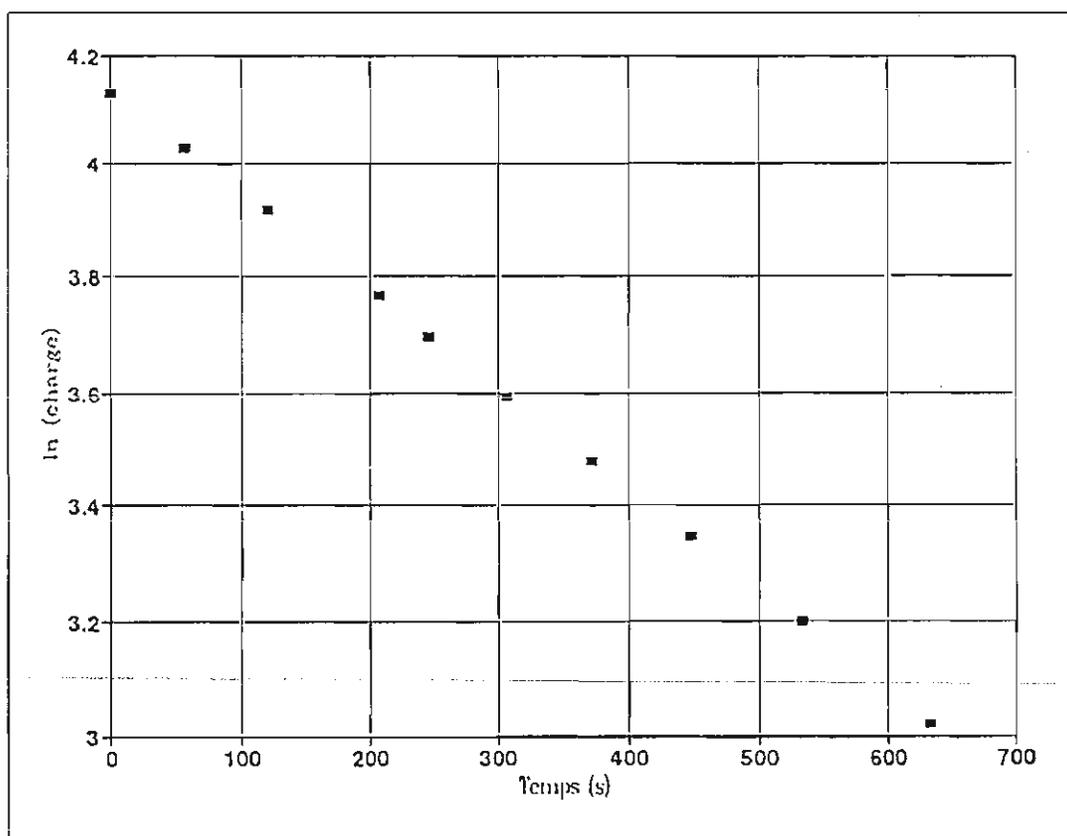
Calibration							
o/s tête	84.00	burette utilisée	large	0	section burette	1.00	
o/s base	20.80	med	1	petite	0	température	24



Résultat de l'essai	
charge variable	
Indice des vides:	0.888
Perméabilité (cm/s)	1.04E-04
écart type	1.91E-07
ind. reg.	1.000
COMMENTAIRES	

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	1.0	0	0	62.2	0.00	-	-
0.93	-3.0	4.0	3.00	3.00	56.2	56.00	1.19E-04	1.08E-04
2.00	-6.0	7.0	6.00	6.00	50.2	120.00	1.17E-04	1.06E-04
3.45	-9.5	10.5	9.50	9.50	43.2	207.00	1.16E-04	1.05E-04
4.12	-11.0	11.9	11.00	10.90	40.3	247.00	1.16E-04	1.05E-04
5.12	-13.0	13.8	13.00	12.80	36.4	307.00	1.15E-04	1.04E-04
6.20	-15.0	15.8	15.00	14.80	32.4	372.00	1.15E-04	1.04E-04
7.45	-17.0	17.8	17.00	16.80	28.4	447.00	1.15E-04	1.05E-04
8.88	-19.0	19.7	19.00	18.70	24.5	533.00	1.15E-04	1.04E-04
10.55	-21.0	21.7	21.00	20.70	20.5	633.00	1.15E-04	1.05E-04



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	30-01-1996	
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE	2ième cycle de congélat
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEA\CONGELATION	

Géométrie		(moule #4)
épaisseur initiale	cm	7.357
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		411.60

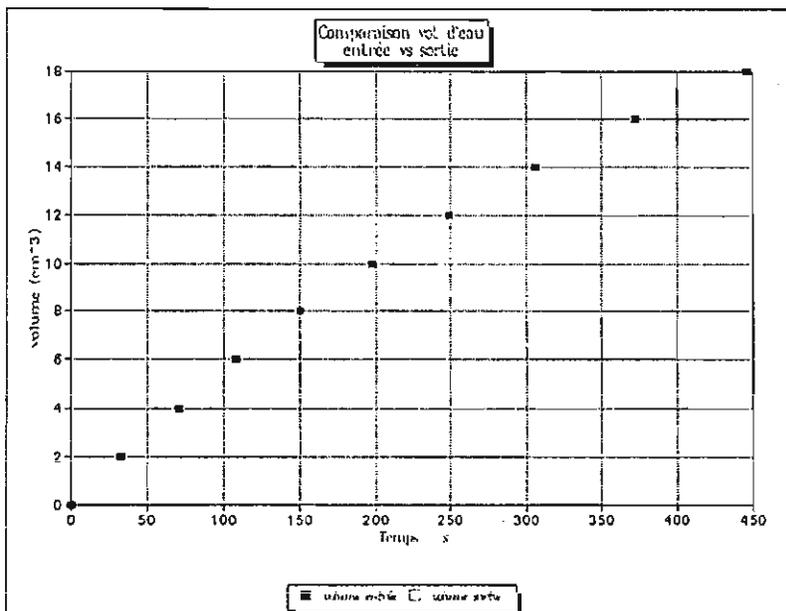
15.815
7.738

Masses g	
masse initiale humide	668.8
masse finale humide	807.4
masse finale sèche	614.7
Gs	2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.625
Par séchage (%) init.	28.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.493
Par séchage (%) fin.	99.6	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	8.8	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	31.3	% opt. Proctor	86.1

Calibration							
o/s tête	84.00	burette utilisée	large	0	section burette	1.00	
o/s base	17.40	med	1	petite	0	température	23.9

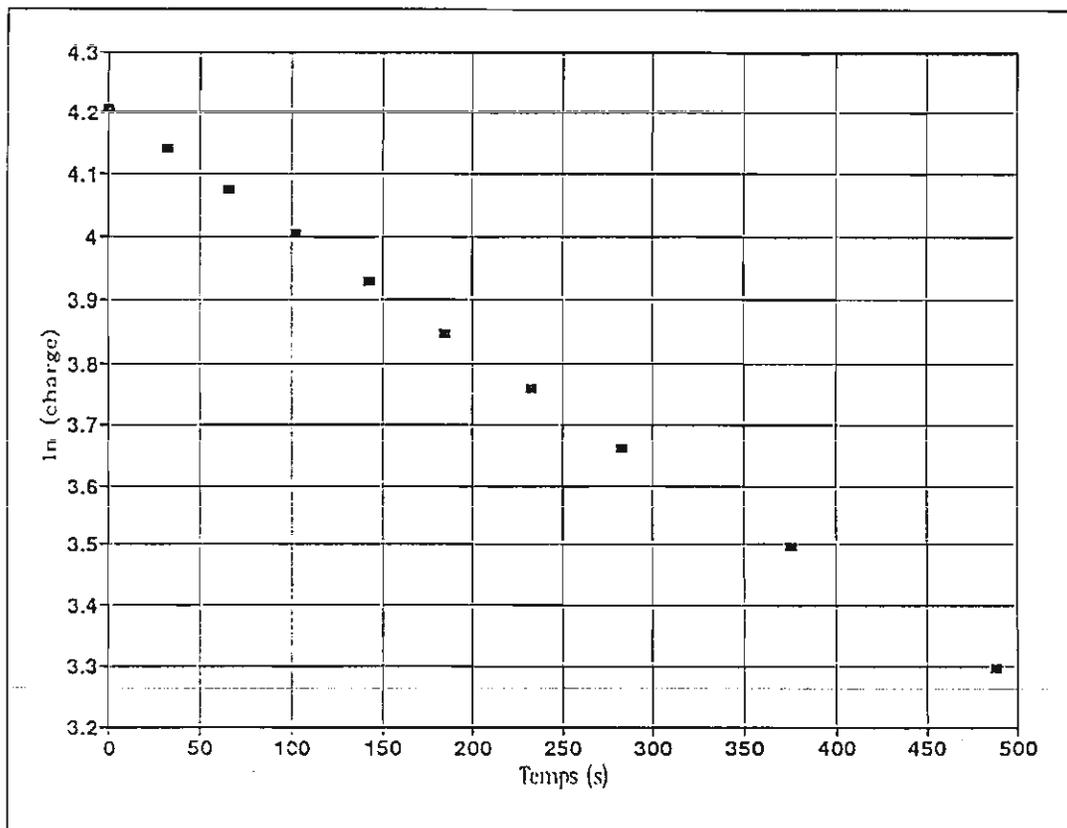
22



Résultat de l'essai	
charge variable	
Indice des vides	0.888
Perméabilité (cm/s)	1.14E-04
écart type	4.12E-07
ind. reg.	1.000
COMMENTAIRES	

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-0.4	0	0	67.0	0.00	-	-
0.53	-2.0	1.7	2.00	2.10	62.9	32.00	1.30E-04	1.19E-04
1.10	-4.0	3.7	4.00	4.10	58.9	66.00	1.28E-04	1.17E-04
1.70	-6.0	5.7	6.00	6.10	54.9	102.00	1.28E-04	1.17E-04
2.38	-8.0	7.7	8.00	8.10	50.9	143.00	1.26E-04	1.15E-04
3.08	-10.0	9.7	10.00	10.10	46.9	185.00	1.27E-04	1.16E-04
3.88	-12.0	11.7	12.00	12.10	42.9	233.00	1.26E-04	1.15E-04
4.72	-14.0	13.7	14.00	14.10	38.9	283.00	1.26E-04	1.15E-04
6.25	-17.0	16.6	17.00	17.00	33.0	375.00	1.24E-04	1.13E-04
8.13	-20.0	19.6	20.00	20.00	27.0	488.00	1.22E-04	1.12E-04



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	30-01-1996		
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE	4ième cycle de congélat	
Nom du fichier:	GOLDER\PERMEA\CONGELATION		

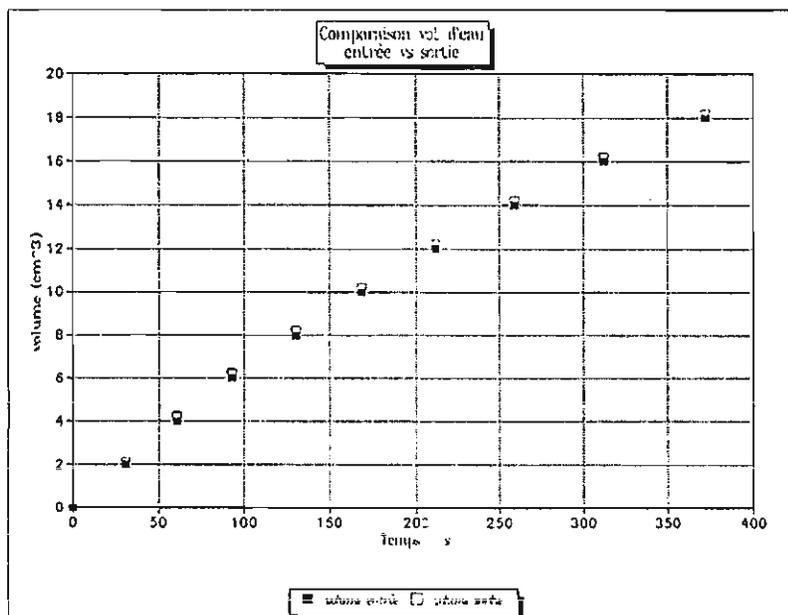
Géométrie		(moule #4)
épaisseur initiale	cm	7.357
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		411.60

15.815
7.738

Masses g	
masse initiale humide	668.8
masse finale humide	807.4
masse finale sèche	614.7
Gs	2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.625
Par séchage (%) init.	28.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.493
Par séchage (%) fin.	99.6	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	8.8	Teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	31.3	% opt. Proctor	86.1

Calibration							
o/s tête	84.00	burette utilisée	large	0	section burette	1.00	
o/s base	17.80	med	1	petite	0	température	23.7



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.888

Perméabilité (cm/s) 1.27E-04

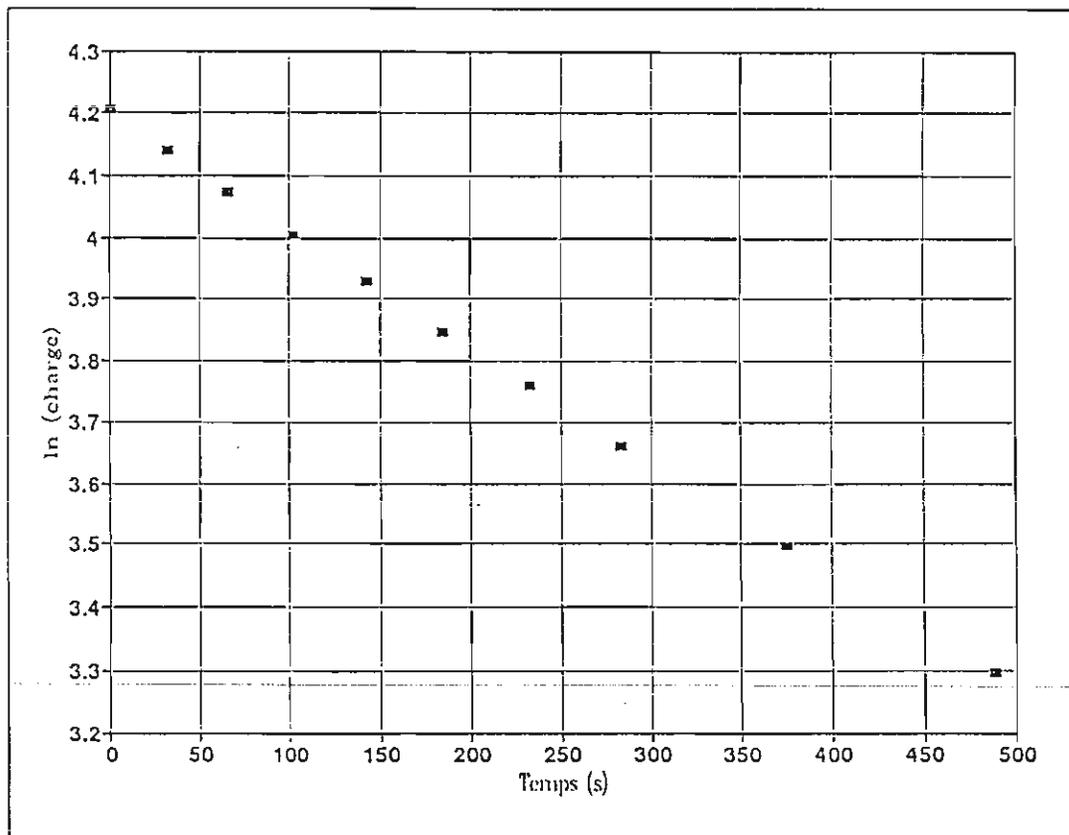
écart type 5.01E-07

ind. reg. 1.000

COMMENTAIRES

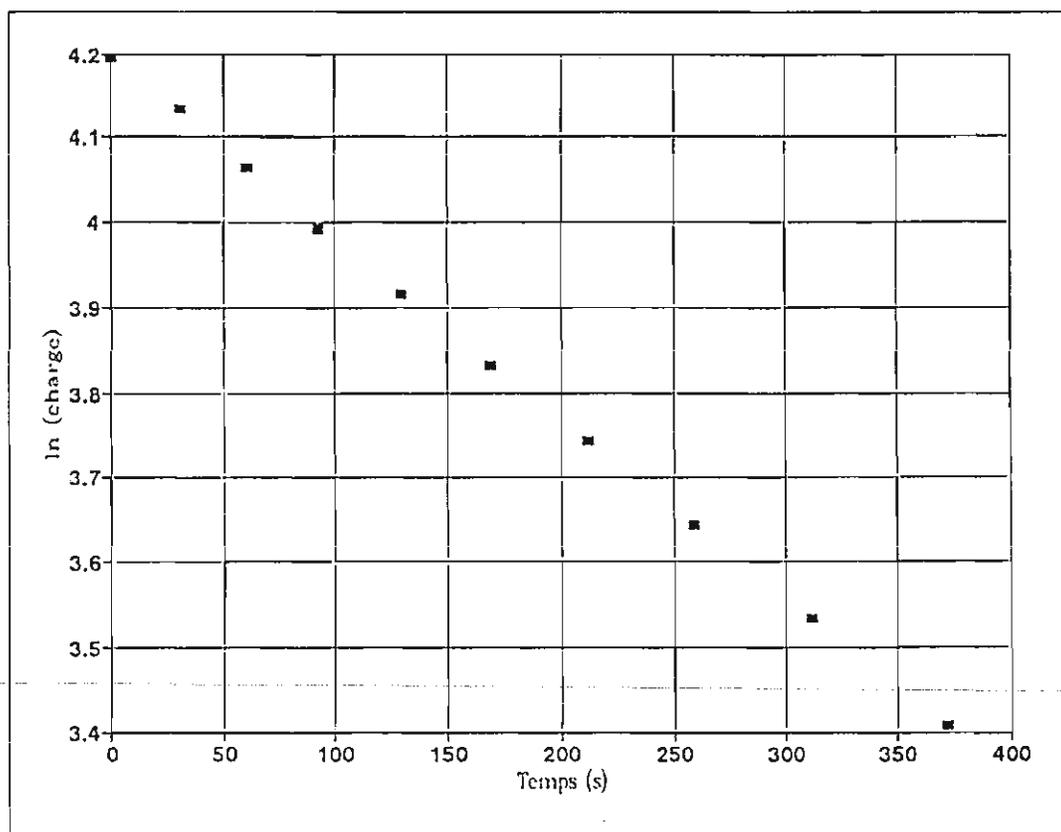
Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-0.4	0	0	67.0	0.00	-	-
0.53	-2.0	1.7	2.00	2.10	62.9	32.00	1.30E-04	1.19E-04
1.10	-4.0	3.7	4.00	4.10	58.9	66.00	1.28E-04	1.17E-04
1.70	-6.0	5.7	6.00	6.10	54.9	102.00	1.28E-04	1.17E-04
2.38	-8.0	7.7	8.00	8.10	50.9	143.00	1.26E-04	1.15E-04
3.08	-10.0	9.7	10.00	10.10	46.9	185.00	1.27E-04	1.16E-04
3.88	-12.0	11.7	12.00	12.10	42.9	233.00	1.26E-04	1.15E-04
4.72	-14.0	13.7	14.00	14.10	38.9	283.00	1.26E-04	1.15E-04
6.25	-17.0	16.6	17.00	17.00	33.0	375.00	1.24E-04	1.13E-04
8.13	-20.0	19.6	20.00	20.00	27.0	488.00	1.22E-04	1.12E-04



Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	-0.2	0	0	66.4	0.00	-	-
0.52	-2.0	1.9	2.00	2.10	62.3	31.00	1.35E-04	1.24E-04
1.00	-4.0	4.0	4.00	4.20	58.2	60.00	1.44E-04	1.32E-04
1.55	-6.0	6.0	6.00	6.20	54.2	93.00	1.44E-04	1.31E-04
2.17	-8.0	8.0	8.00	8.20	50.2	130.00	1.41E-04	1.29E-04
2.82	-10.0	10.0	10.00	10.20	46.2	169.00	1.41E-04	1.29E-04
3.53	-12.0	12.0	12.00	12.20	42.2	212.00	1.41E-04	1.28E-04
4.32	-14.0	14.0	14.00	14.20	38.2	259.00	1.40E-04	1.28E-04
5.20	-16.0	16.0	16.00	16.20	34.2	312.00	1.40E-04	1.28E-04
6.20	-18.0	18.0	18.00	18.20	30.2	372.00	1.39E-04	1.27E-04



TEST PERMEABILITE
PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	30-01-1996	
Nom de l'échantillon:	GOLDER MIN. RICHESSES NATURELLE	5ième cycle de congélat
Nom du fichier:	GOLDERPERMEA CONGELATION	

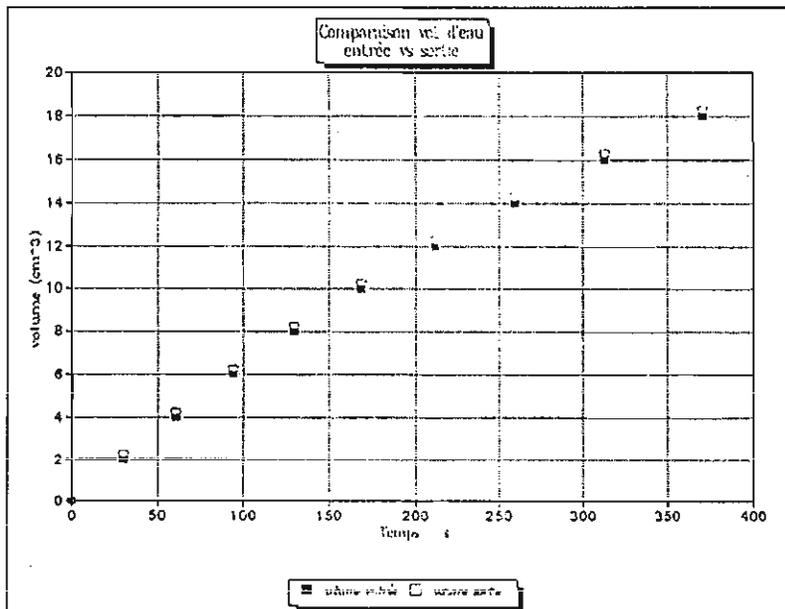
Géométrie		(moule #1)
épaisseur initiale	cm	7.357
diamètre	cm	8.440
surface (cm ²)		55.947
Volume (cm ³)		411.60

15.815
7.738

Masses		g
masse initiale humide		668.8
masse finale humide		807.4
masse finale sèche		614.7
Gs		2.819

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.625
Par séchage (%) init.	28.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.493
Par séchage (%) fin.	99.6	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.735
Teneur en eau initiale	8.8	teneur eau opt. (%)	15.7
Teneur en eau finale	31.3	% opt. Proctor	86.1

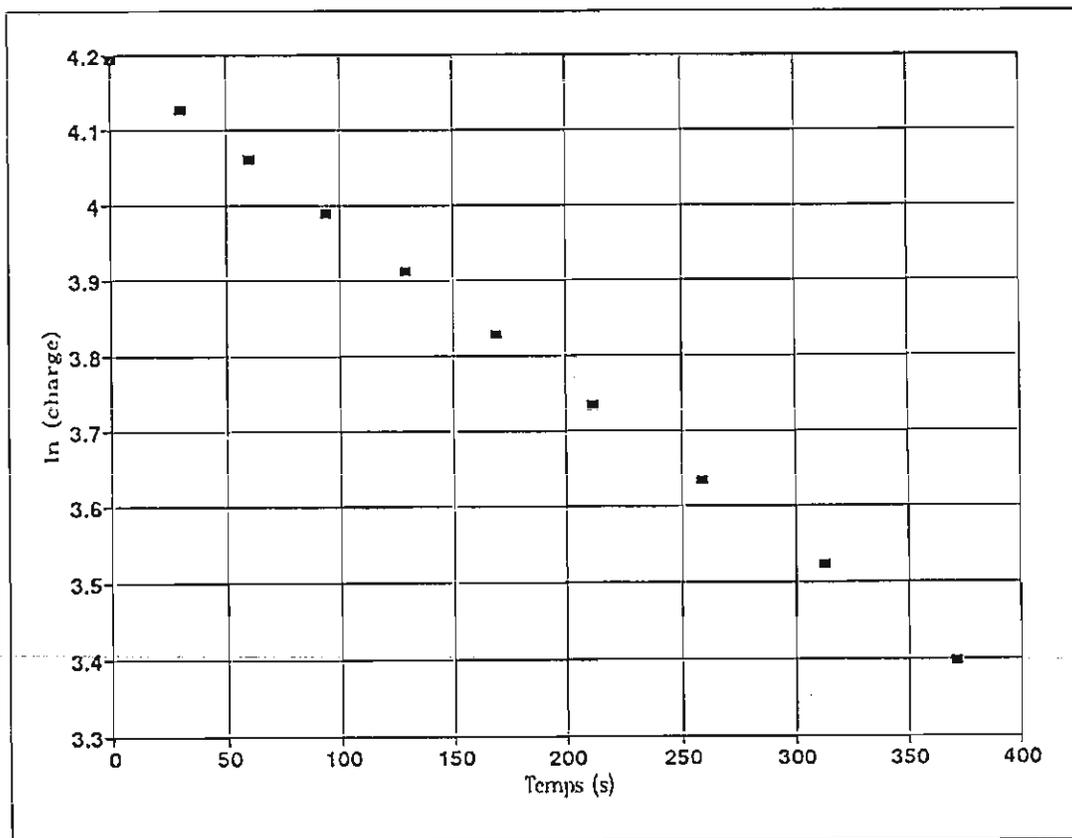
Calibration							
o/s tête	84.00	burette utilisée	large	0	section burette	1.00	
o/s base	17.80	med	1	petite	0	température	23.7



Résultat de l'essai	
charge variable	
Indice des vides:	0.888
Perméabilité (cm/s)	1.28E-04
écart type	2.88E-07
ind. reg.	1.000
COMMENTAIRES	
5ième cycle de congélation	

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.0	0.0	0	0	66.2	0.00	-	-
0.50	-2.0	2.2	2.00	2.20	62.0	30.00	1.44E-04	1.31E-04
1.00	-4.0	4.2	4.00	4.20	58.0	60.00	1.45E-04	1.32E-04
1.57	-6.0	6.2	6.00	6.20	54.0	94.00	1.42E-04	1.30E-04
2.15	-8.0	8.2	8.00	8.20	50.0	129.00	1.43E-04	1.31E-04
2.82	-10.0	10.2	10.00	10.20	46.0	169.00	1.42E-04	1.29E-04
3.53	-12.0	12.3	12.00	12.30	41.9	212.00	1.42E-04	1.30E-04
4.32	-14.0	14.3	14.00	14.30	37.9	259.00	1.42E-04	1.29E-04
5.22	-16.0	16.3	16.00	16.30	33.9	313.00	1.41E-04	1.28E-04
6.18	-18.0	18.3	18.00	18.30	29.9	371.00	1.41E-04	1.29E-04



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	96-10-07	ETAPE 2 après 5 cycles de gel et dégel
Nom de l'échantillon:	LTA - Si H	
Nom du fichier:	GOLDER\LTA\CONGEL\SERIE1	

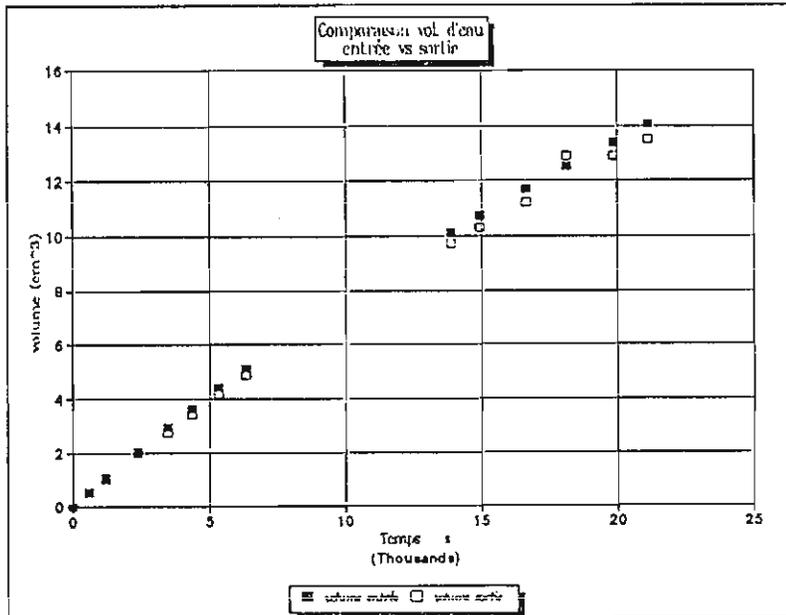
Géométrie		moule # 2
épaisseur initiale	cm	12.466
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		667.19

17.378
4.182

Masses g	
masse initiale humide	1084.7
masse finale humide	1174.0
masse finale sèche	966.4
Gs	2.780

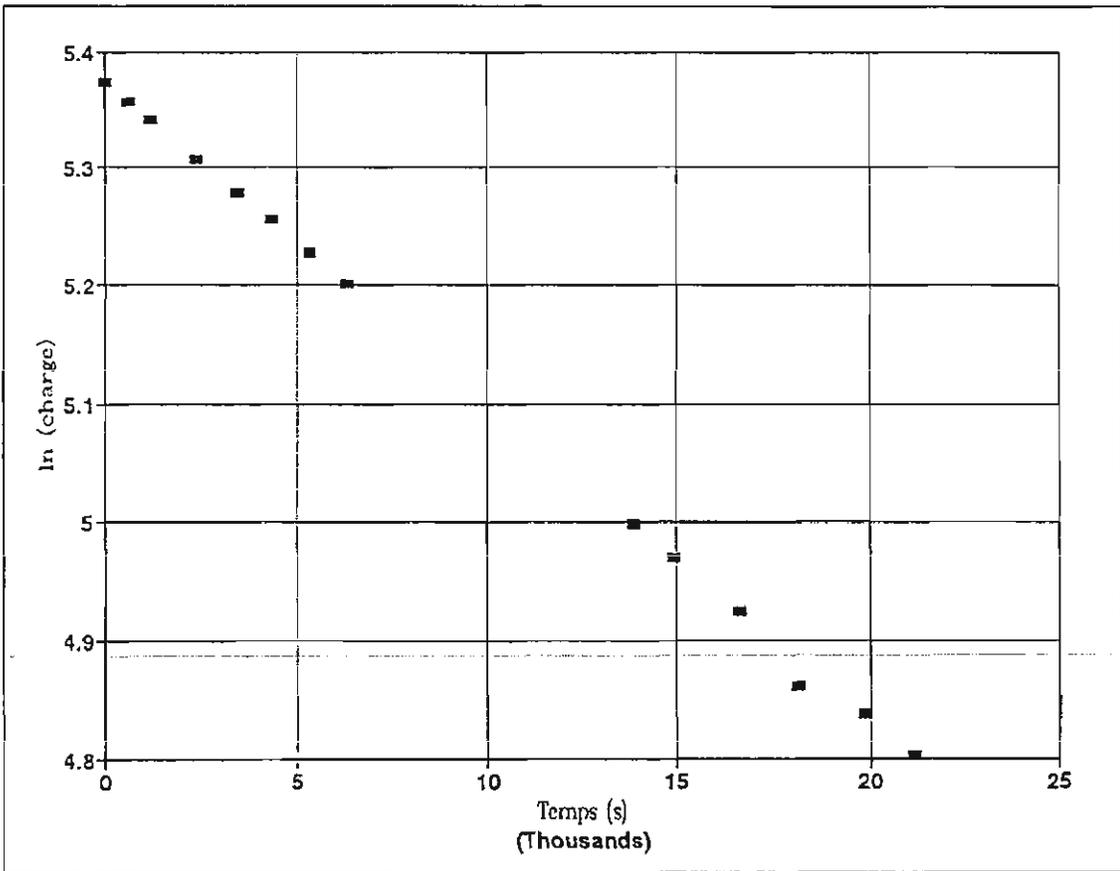
Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.626
Par séchage (%) init.	37.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.448
Par séchage (%) fin.	65.0	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.2	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.5	% opt. Proctor	74.6

Calibration							
o/s tête	247.00	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	27.50	med	0	petite	1	température	23.5



Résultat de l'essai	
charge variable	
Indice des vides	0.919
Perméabilité (cm/s)	8.56E-07
écart type	7.22E-09
ind. reg.	0.999
COMMENTAIRES	

Lectures								
Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	4.00	0.00	0	215.5	0.00	-	-
10.09	-1.80	5.70	0.53	0.50	212.0	605.40	9.26E-07	8.51E-07
20.05	-3.60	7.40	1.06	1.00	208.5	1203.00	9.54E-07	8.77E-07
39.80	-7.00	10.70	2.06	1.97	201.8	2388.00	9.44E-07	8.67E-07
57.80	-10.00	13.40	2.94	2.76	196.1	3468.00	9.09E-07	8.35E-07
72.32	-12.30	15.70	3.62	3.44	191.5	4339.20	9.33E-07	8.57E-07
88.90	-15.00	18.20	4.41	4.18	186.3	5334.00	9.48E-07	8.71E-07
105.54	-17.40	20.60	5.12	4.88	181.5	6332.40	8.96E-07	8.23E-07
231.00	-34.40	37.00	10.12	9.71	148.1	13860.00	9.25E-07	8.50E-07
248.75	-36.50	39.00	10.74	10.29	144.0	14925.00	9.03E-07	8.30E-07
276.80	-39.80	42.10	11.71	11.21	137.6	16608.00	9.25E-07	8.50E-07
302.10	-42.50	47.80	12.50	12.88	129.2	18126.00	1.42E-06	1.31E-06
330.66	-45.50	47.80	13.38	12.88	126.2	19839.60	4.70E-07	4.31E-07
352.30	-47.80	49.90	14.06	13.50	121.8	21138.00	9.36E-07	8.60E-07



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

Date de montage	96-10-07	ETAPE 3
Nom de l'échantillon:	LTA - <i>Silt</i>	après 10 cycles de gel
Nom du fichier:	GOLDER/LTA/CONGEL/SERIE1	et dégel

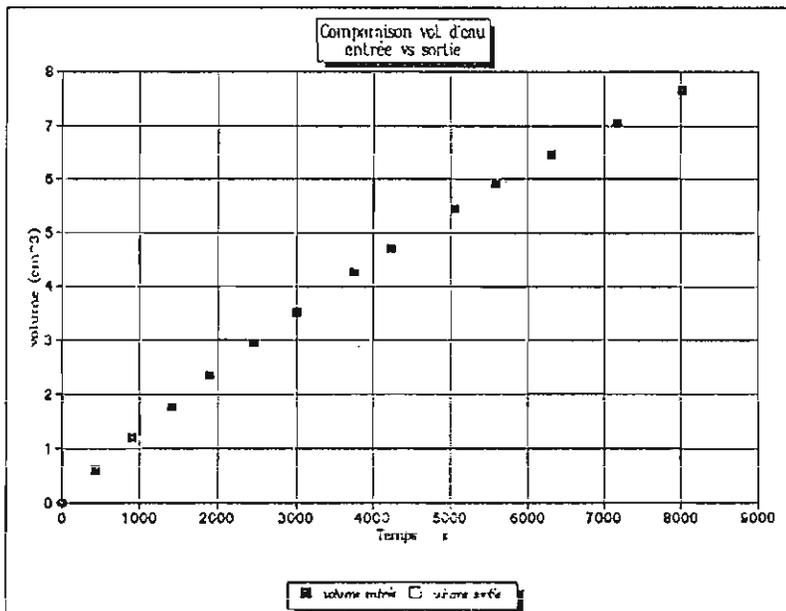
Géométrie		moule # 2
épaisseur initiale	cm	12.466
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		667.19

17.378
4.182

Masses g	
masse initiale humide	1084.7
masse finale humide	1174.0
masse finale sèche	966.4
Gs	2.780

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.626
Par séchage (%) init.	37.0	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.448
Par séchage (%) fin.	65.0	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.2	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.5	% opt. Proctor	74.6

Calibration							
o/s tête	133.20	burette utilisée	large	0	section burette	0.294	
o/s base	24.80	med	0	petite	1	température	23.5



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.919

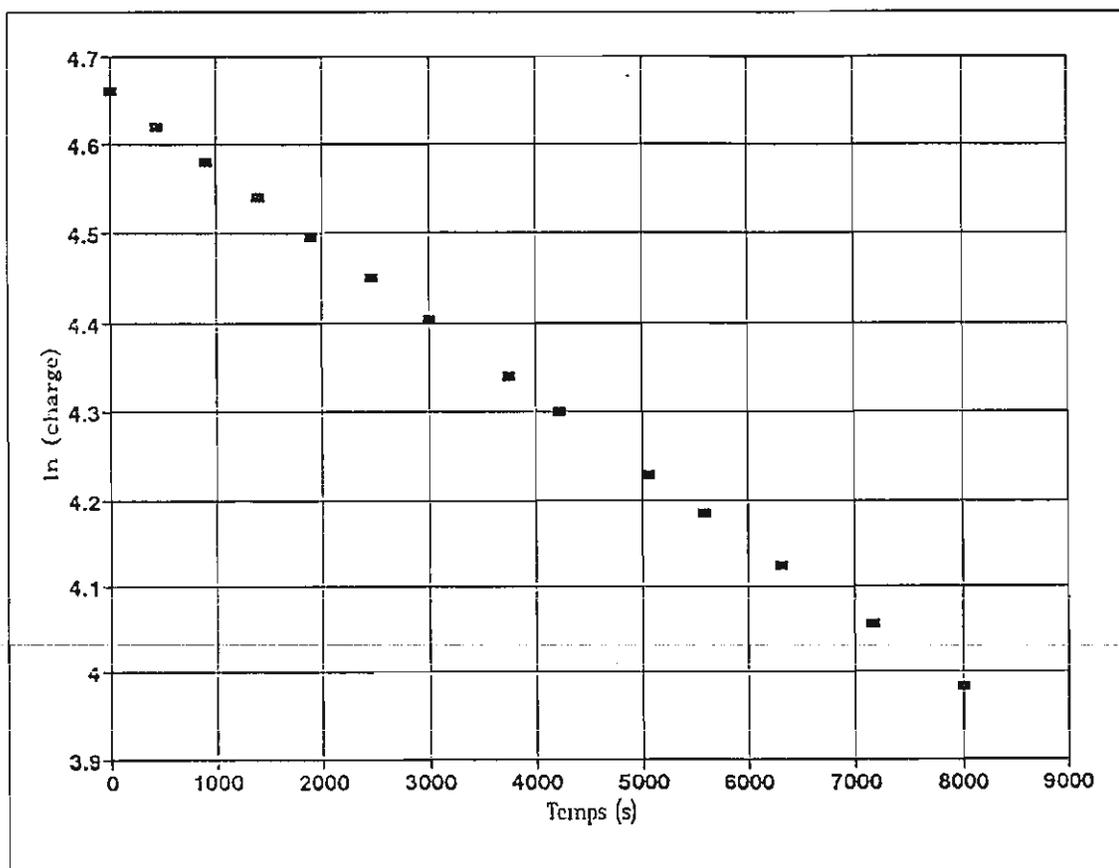
Perméabilité (cm/s) 2.66E-06
écart type 4.06E-09
ind. reg. 1.000

COMMENTAIRES

CONGÉLATION SANS RESSORT

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	2.70	0.00	0	105.7	0.00	-	-
7.29	-2.00	4.80	0.59	0.62	101.6	437.40	3.10E-06	2.85E-06
15.20	-4.00	6.80	1.18	1.21	97.6	912.00	2.90E-06	2.66E-06
23.26	-6.00	8.70	1.76	1.76	93.7	1395.60	2.89E-06	2.65E-06
31.55	-8.00	10.70	2.35	2.35	89.7	1893.00	3.00E-06	2.76E-06
41.00	-10.00	12.70	2.94	2.94	85.7	2460.00	2.76E-06	2.53E-06
50.12	-12.00	14.60	3.53	3.50	81.8	3007.20	2.92E-06	2.68E-06
62.47	-14.50	17.20	4.26	4.26	76.7	3748.20	2.98E-06	2.73E-06
70.40	-16.00	18.70	4.71	4.71	73.7	4224.00	2.87E-06	2.64E-06
84.35	-18.50	21.20	5.44	5.44	68.7	5061.00	2.87E-06	2.64E-06
93.22	-20.00	22.70	5.88	5.88	65.7	5593.20	2.87E-06	2.64E-06
105.30	-22.00	24.60	6.47	6.44	61.8	6318.00	2.89E-06	2.66E-06
119.43	-24.00	26.70	7.06	7.06	57.7	7165.80	2.77E-06	2.55E-06
133.41	-26.00	28.80	7.65	7.68	53.6	8004.60	3.01E-06	2.77E-06



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

ÉTAPE 2

Date de montage	96-10-07	2 ième essai après 5 cycles de gel et dégel
Nom de l'échantillon:	LTA-silt	
Nom du fichier:	GOLDENJTA CONGELSERIE1	

Géométrie		(moule # 7)
épaisseur initiale	cm	10.760
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		575.87

16.506
5.016

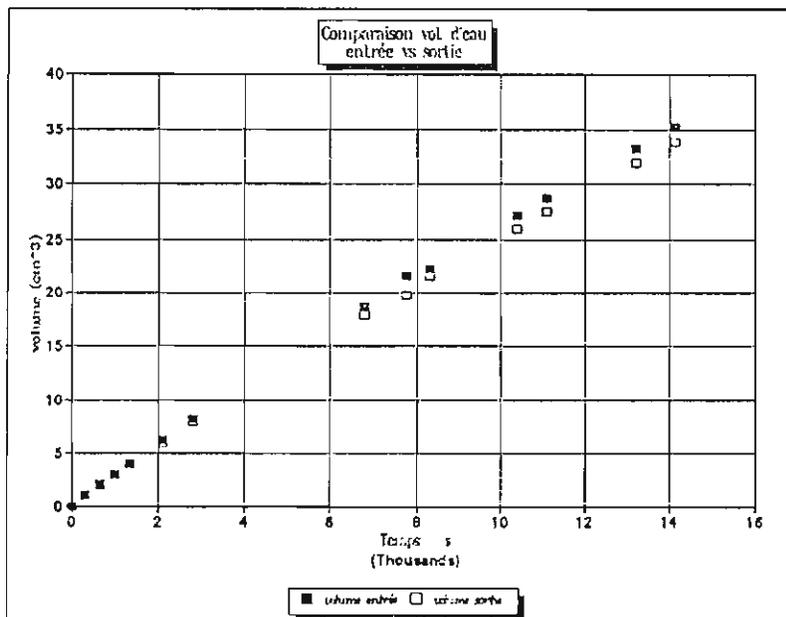
Masses g	
masse initiale humide	1081.2
masse finale humide	1171.1
masse finale sèche	960.9
Gs	2.780

Conditions de l'essai

Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.877
Par séchage (%) init.	52.3	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.669
Par séchage (%) fin.	91.3	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.5	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.9	% opt. Proctor	85.9

Calibration

o/s tête	249.10	burette utilisée	large	0	section burette	1.000	
o/s base	32.50	med	0	petite	1	température	22.8



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.666

Perméabilité (cm/s) 2.56E-06

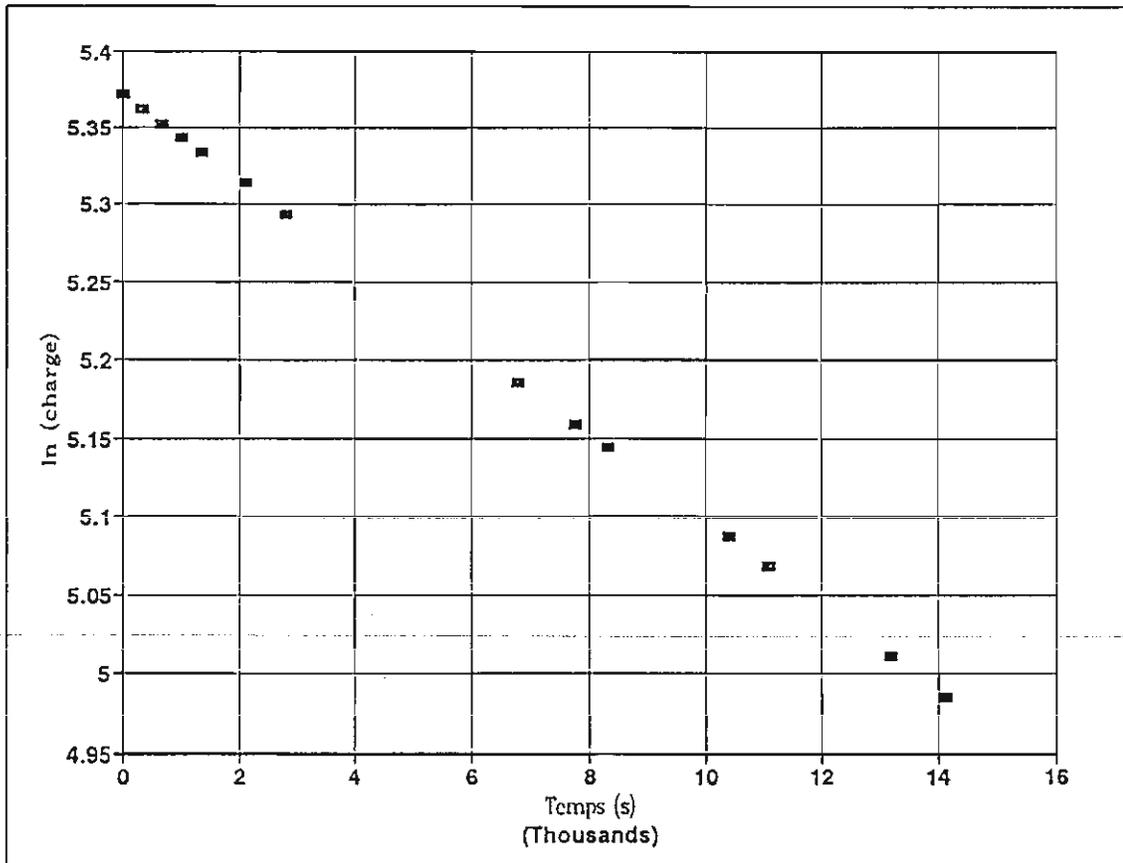
écart type 1.85E-09

ind. reg. 1.000

COMMENTAIRES

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	1.40	0.00	0	215.2	0.00	-	-
5.35	-1.00	2.50	1.00	1.10	213.1	321.00	3.07E-06	2.87E-06
11.00	-2.00	3.50	2.00	2.10	211.1	660.00	2.80E-06	2.62E-06
16.61	-3.00	4.40	3.00	3.00	209.2	996.60	2.70E-06	2.53E-06
22.47	-4.00	5.40	4.00	4.00	207.2	1348.20	2.75E-06	2.57E-06
35.07	-6.20	7.40	6.20	6.00	203.0	2104.20	2.72E-06	2.55E-06
46.75	-8.20	9.40	8.20	8.00	199.0	2805.00	2.85E-06	2.67E-06
113.20	-18.70	19.30	18.70	17.90	178.6	6792.00	2.73E-06	2.55E-06
129.50	-21.50	21.10	21.50	19.70	174.0	7770.00	2.68E-06	2.51E-06
138.60	-22.20	22.90	22.20	21.50	171.5	8316.00	2.66E-06	2.49E-06
173.20	-27.20	27.40	27.20	26.00	162.0	10392.00	2.76E-06	2.58E-06
184.89	-28.70	29.00	28.70	27.60	158.9	11093.40	2.77E-06	2.59E-06
219.60	-33.20	33.30	33.20	31.90	150.1	13188.00	2.73E-06	2.56E-06
235.40	-35.20	35.20	35.20	33.80	146.2	14124.00	2.83E-06	2.65E-06
248.44	-36.70	36.70	36.70	35.30	143.2	14906.40	2.66E-06	2.49E-06



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

ÉTAPE 3

Date de montage	96-10-07	3 ième essai après 5 cycles de gel et dégel sans ressort
Nom de l'échantillon:	LTA - S' +	
Nom du fichier:	GOLDEPVTA/CONGEL/SERIE1	

Géométrie		(moule # 7)
épaisseur initiale	cm	10.760
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		575.87

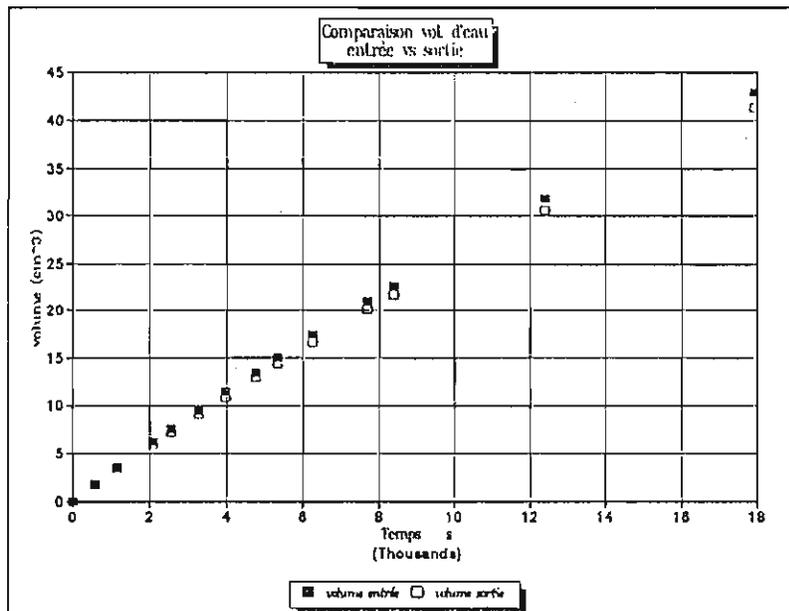
16.506
5.016

Masses g	
masse initiale humide	1081.2
masse finale humide	1171.1
masse finale sèche	960.9
Gs	2.780

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas. vol. hum. (g/cm ³)	1.877
Par séchage (%) init.	52.3	mas. vol. sec. (g/cm ³)	1.669
Par séchage (%) fin.	91.3	Opt. Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.5	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.9	% opt. Proctor	85.9

Calibration

o/s tête	249.10	burette utilisée	large	0	section burette	1.000	
o/s base	19.90	med	0	petite	1	température	23.5



Résultat de l'essai

charge variable

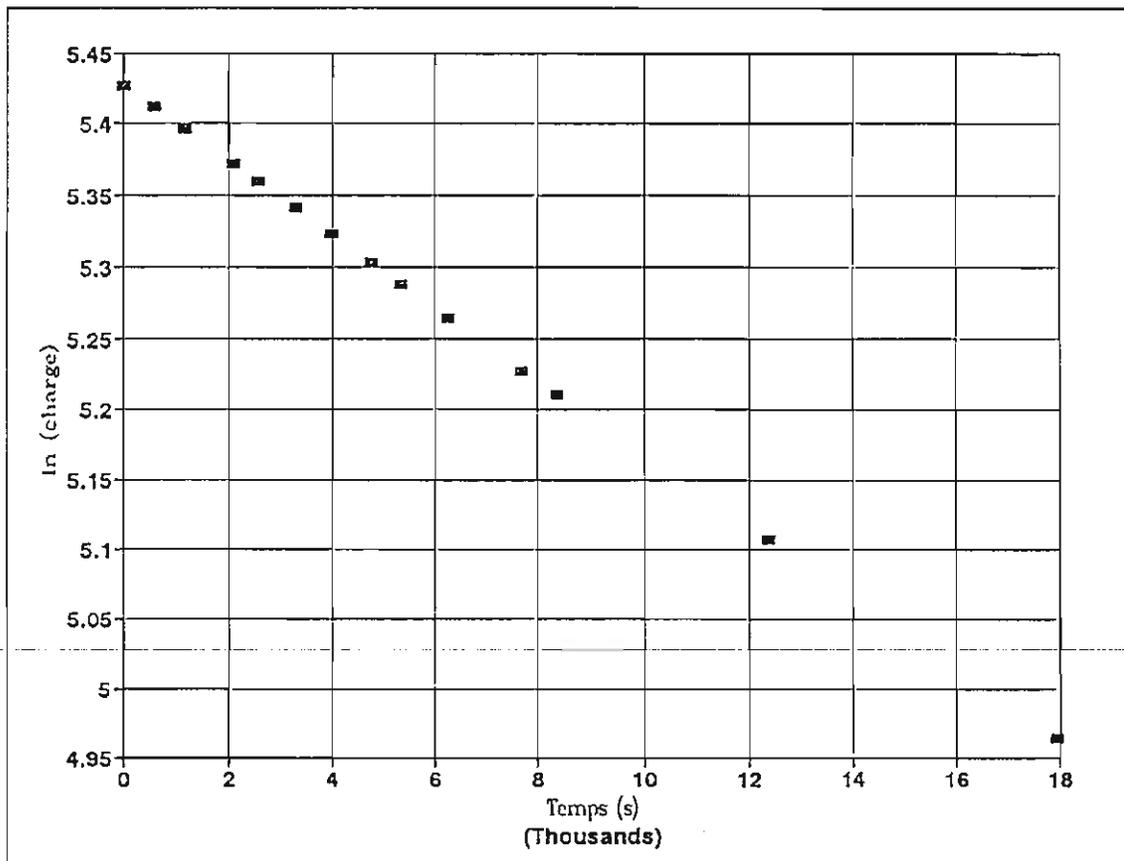
Indice des vides 0.666

Perméabilité (cm/s) 2.38E-06
écart type 1.91E-09
ind. reg. 1.000

COMMENTAIRES

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	1.70	0.00	0	227.5	0.00	-	-
9.62	-1.80	3.40	1.80	1.70	224.0	577.20	2.70E-06	2.48E-06
19.50	-3.50	5.10	3.50	3.40	220.6	1170.00	2.59E-06	2.38E-06
34.89	-6.20	7.60	6.20	5.90	215.4	2093.40	2.60E-06	2.39E-06
42.70	-7.60	8.90	7.60	7.20	212.7	2562.00	2.71E-06	2.49E-06
54.80	-9.50	10.80	9.50	9.10	208.9	3288.00	2.50E-06	2.29E-06
66.20	-11.50	12.60	11.50	10.90	205.1	3972.00	2.70E-06	2.48E-06
79.20	-13.50	14.60	13.50	12.90	201.1	4752.00	2.54E-06	2.33E-06
89.00	-15.00	16.10	15.00	14.40	198.1	5340.00	2.57E-06	2.36E-06
104.20	-17.40	18.40	17.40	16.70	193.4	6252.00	2.65E-06	2.43E-06
128.00	-21.00	21.80	21.00	20.10	186.4	7680.00	2.60E-06	2.38E-06
139.50	-22.60	23.40	22.60	21.70	183.2	8370.00	2.52E-06	2.32E-06
206.30	-31.80	32.30	31.80	30.60	165.1	12378.00	2.61E-06	2.40E-06
299.20	-43.00	43.10	43.00	41.40	143.1	17952.00	2.58E-06	2.37E-06
332.35	-46.60	46.50	46.60	44.80	136.1	19941.00	2.53E-06	2.33E-06



TEST PERMEABILITE

PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE

étape 4

Date de montage	96-10-07
Nom de l'échantillon:	LTA - silt
Nom du fichier:	GOLDER\LTA\CONGEL\SERIE1

4 ième essai après 10 cycles de gel et dégel

Géométrie		(moule # 7)
épaisseur initiale	cm	10.760
diamètre	cm	8.255
surface (cm ²)		53.521
Volume (cm ³)		575.87

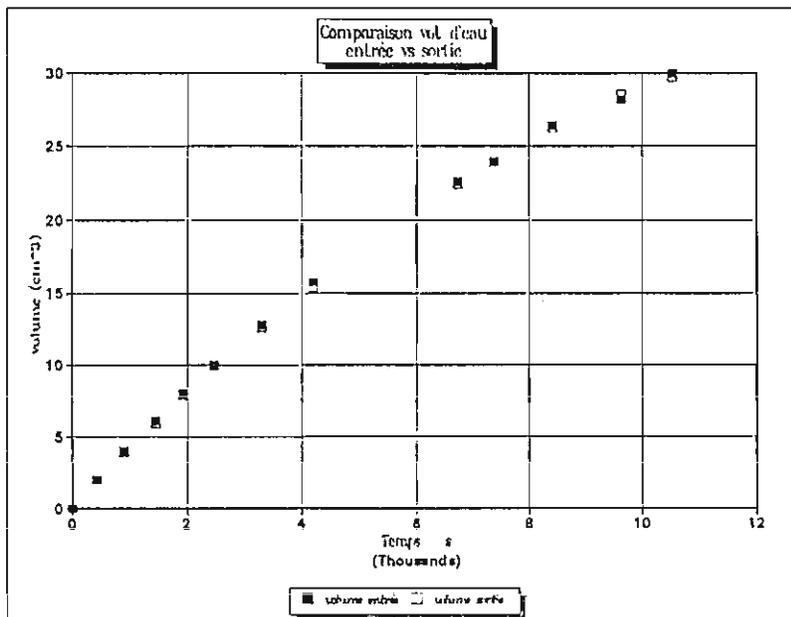
16.506
5.016

Masses g	
masse initiale humide	1081.2
masse finale humide	1171.1
masse finale sèche	960.9
Gs	2.780

Conditions de l'essai			
Degré de saturation		mas vol. hum. (g/cm ³)	1.877
Par séchage (%) init.	52.3	mas vol. sec. (g/cm ³)	1.669
Par séchage (%) fin.	91.3	opt. Proctor (g/cm ³)	1.942
Teneur en eau initiale	12.5	teneur eau opt. (%)	13.2
Teneur en eau finale	21.9	% opt. Proctor	85.9

Calibration

o/s tête	133.30	burette utilisée	large	0	section burette	1.000	
o/s base	29.30	med	0	petite	1	température	23.3



Résultat de l'essai

charge variable

Indice des vides: 0.666

Perméabilité (cm/s) 8.51E-06

écart type 3.76E-08

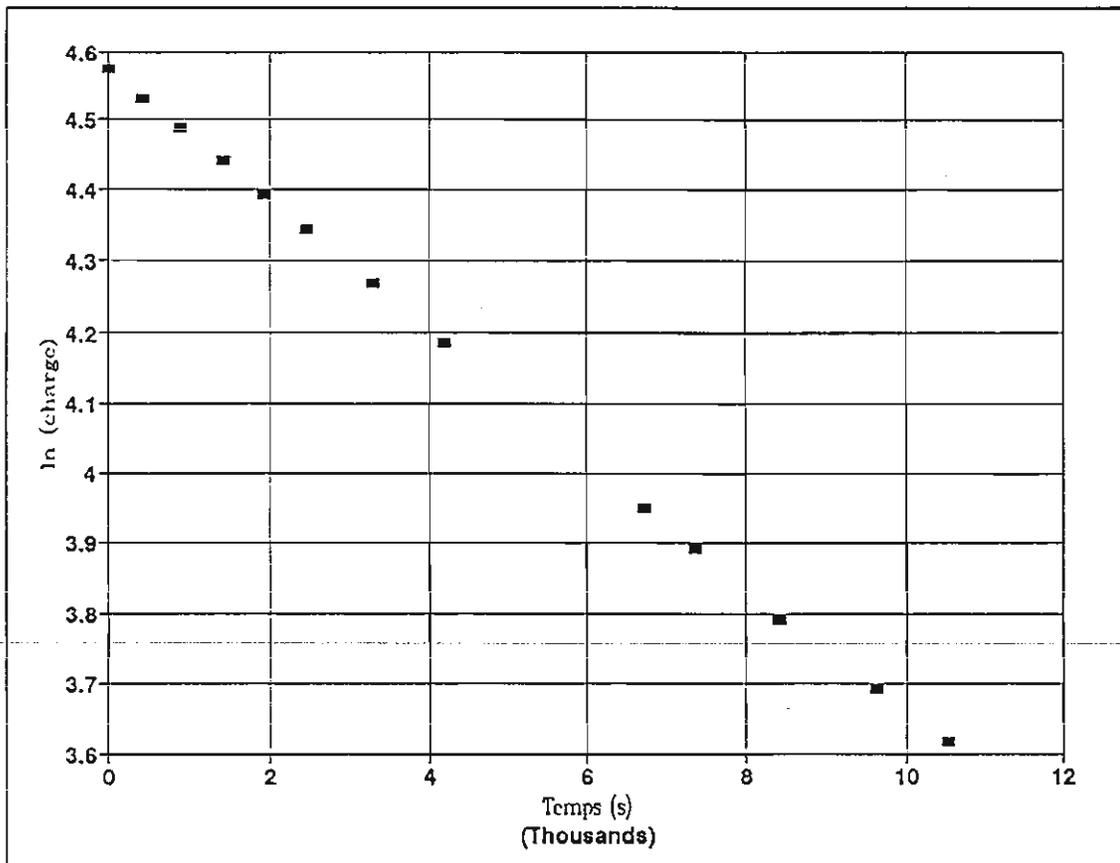
ind. reg. 1.000

COMMENTAIRES

Sans ressort durant la congélation

Lectures

Temps Min	hauteur tête	hauteur base	Volume entrée	Volume Sortie	charge cm	diff s	K cm/s	K20 cm/s
0.00	0.00	7.10	0.00	0	96.9	0.00	-	-
7.24	-2.00	9.10	2.00	2.00	92.9	434.40	9.75E-06	9.01E-06
15.10	-4.00	11.00	4.00	3.90	89.0	906.00	9.14E-06	8.44E-06
24.10	-6.10	13.00	6.10	5.90	84.9	1446.00	8.78E-06	8.11E-06
32.18	-8.00	15.00	8.00	7.90	81.0	1930.80	9.75E-06	9.01E-06
41.18	-10.00	17.00	10.00	9.90	77.0	2470.80	9.43E-06	8.71E-06
55.05	-12.80	19.70	12.80	12.60	71.5	3303.00	8.95E-06	8.27E-06
70.02	-15.70	22.50	15.70	15.40	65.8	4201.20	9.30E-06	8.59E-06
112.15	-22.60	29.50	22.60	22.40	51.9	6729.00	9.44E-06	8.72E-06
123.02	-24.00	31.00	24.00	23.90	49.0	7381.20	8.86E-06	8.19E-06
140.23	-26.40	33.30	26.40	26.20	44.3	8413.80	9.82E-06	9.07E-06
160.44	-28.20	35.70	28.20	28.60	40.1	9626.40	8.26E-06	7.63E-06
175.45	-30.00	36.80	30.00	29.70	37.2	10527.00	8.38E-06	7.74E-06



APPENDIX G
IN SITU COMPACTION MONITORING RESULTS
(FALL 95- WINTER 96)
(Golder Associés)

TABLEAU A - 1
Rapport des essais de calcul de densité - Sable et gravier

Projet	Barrick - Finalisation - LTA		no. projet	951-7156
Description	Sable et gravier - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard (Golder)		Compacteur	rouleau
Gs	2,751	Résultats du Proctor standard	Résultats du Proctor modifié	
		Densité optimale (Mg/m3)	1,958	Densité optimale (Mg/m3)
		Teneur en eau optimale	6,5	Teneur en eau optimale

Test no.	Couche m	γ_d kg/m3	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
1	0,5	1920	3,2	98,1%	0,433	12 décembre 1996
2	0,5	1928	5,9	98,5%	0,427	
3	0,5	1554	3,1	79,4%	0,770	
4	0,5	1905	4,1	97,3%	0,444	
5	0,5	1880	3,4	96,0%	0,463	
6	0,5	1799	3,2	91,9%	0,529	
7	0,5	1876	5,1	95,8%	0,466	
8	0,5	1901	4,3	97,1%	0,447	
9	0,5	1615	4,1	82,5%	0,703	
10	0,5	1879	6,1	96,0%	0,464	

TABLEAU A - 1
Rapport des essais de calcul de densité - Sable et gravier

Projet	Barrick - Finalisation - LTA		no. projet	951-7156
Description	Sable et gravier - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard (Golder)		Compacteur	rouleau
Gs	2,751	Résultats du Proctor standard	Résultats du Proctor modifié	
		Densité optimale (Mg/m3)	Densité optimale (Mg/m3)	
		Teneur en eau optimale	Teneur en eau optimale	
				1,958
				6,5

Test no.	Couche m	γ_d kg/m3	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
1	0,5	1920	3,2	98,1%	0,433	12 décembre 1996
2	0,5	1928	5,9	98,5%	0,427	
3	0,5	1554	3,1	79,4%	0,770	
4	0,5	1905	4,1	97,3%	0,444	
5	0,5	1880	3,4	96,0%	0,463	
6	0,5	1799	3,2	91,9%	0,529	
7	0,5	1876	5,1	95,8%	0,466	
8	0,5	1901	4,3	97,1%	0,447	
9	0,5	1615	4,1	82,5%	0,703	
10	0,5	1879	6,1	96,0%	0,464	

Rapport des essais de calcul de densité - Sable et gravier

Projet	Barrick - Finalisation - LTA		no. projet	951-7156
Description	Sable et gravier - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard (Golder)		Compacteur	rouleau
Gs	2,751	Résultats du Proctor standard	Résultats du Proctor modifié	
		Densité optimale (Mg/m3)	2,05	Densité optimale (Mg/m3)
		Teneur en eau optimale	6,5	Teneur en eau optimale

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
11	0,5	1887	4,2	92,0%	0,458	8 janvier 1996
12	0,5	1975	3,5	96,3%	0,393	
13	0,5	2031	2,9	99,1%	0,355	
14	0,5	1857	5,4	90,6%	0,481	
15	0,5	1971	3,1	96,1%	0,396	
16	0,5	1898	3,5	92,6%	0,449	
17	0,5	2010	3,8	98,0%	0,369	
18	0,5	1857	4,1	90,6%	0,481	
19	0,5	1888	2,8	92,1%	0,457	
20	0,5	1910	4,5	93,2%	0,440	
21	0,5	1925	3,8	93,9%	0,429	
22	0,5	1979	4	96,5%	0,390	
23	0,5	2013	4,1	98,2%	0,367	
24	0,5	1920	3,2	93,7%	0,433	
25	0,5	1905	4,1	92,9%	0,444	
26	0,5	2006	4,2	97,9%	0,371	
27	0,5	2020	3,8	98,5%	0,362	
28	0,5	1989	3,4	97,0%	0,383	
29	0,5	1990	3,8	97,1%	0,382	
30	0,5	2015	3,3	98,3%	0,365	
47	0,5	1879	4	91,7%	0,464	9 janvier 1996
48	0,5	1820	4,1	88,8%	0,512	
49	0,5	1966	3,8	95,9%	0,399	
50	0,5	1975	3,2	96,3%	0,393	
51	0,5	1864	6,1	90,9%	0,476	
52	0,5	1960	3,8	95,6%	0,404	
53	0,5	1879	5,4	91,7%	0,464	
54	0,5	1910	6,1	93,2%	0,440	
55	0,5	1918	3,2	93,6%	0,434	
56	0,5	1898	4	92,6%	0,449	
57	0,5	1357	6,7	66,2%	1,027	
58	0,5	1690	6,1	82,4%	0,628	
59	0,5	1606	5,2	78,3%	0,713	
60	0,5	1570	5,6	76,6%	0,752	
61	0,5	1473	4,6	71,9%	0,868	
62	0,5	1713	5,7	83,6%	0,606	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
63	0,5	1795	5,8	87,6%	0,533	10 janvier 1996
64	0,5	1651	5	80,5%	0,666	
65	0,5	1773	2,2	86,5%	0,552	
66	0,5	2017	5,5	98,4%	0,364	
67	0,5	2021	4,8	98,6%	0,361	
68	0,5	2005	2,5	97,8%	0,372	
69	0,5	1993	3,9	97,2%	0,380	
70	0,5	1927	3,4	94,0%	0,428	
71	0,5	1928	3	94,0%	0,427	
72	0,5	2055	5,3	100,2%	0,339	
73	0,5	2052	5,1	100,1%	0,341	
74	0,5	2097	2,9	102,3%	0,312	
75	0,5	2045	5,3	99,8%	0,345	
76	0,5	2061	3,7	100,5%	0,335	
77	0,5	2030	3,2	99,0%	0,355	
78						
79	0,5	1998	3,8	97,5%	0,377	12 janvier 1996
80	0,5	1993	3,9	97,2%	0,380	
81	0,5	1959	3,3	95,6%	0,404	
82	0,5	1986	2,6	96,9%	0,385	
83	0,5	1898	3,3	92,6%	0,449	
84	0,5	1964	3	95,8%	0,401	
85	0,5	1996	2,2	97,4%	0,378	
86	0,5	2072	1,8	101,1%	0,328	
87	0,5	2030	4,3	99,0%	0,355	
88	0,5	2022	2,5	98,6%	0,361	
89	0,5	2234	3,6	109,0%	0,231	
90	0,5	2027	2,3	98,9%	0,357	
91	0,5	2091	4,8	102,0%	0,316	
92	0,5	2081	3,2	101,5%	0,322	
93	0,5	2020	3,2	98,5%	0,362	
94	0,5	2035	4,3	99,3%	0,352	
95	0,5	2070	2,1	101,0%	0,329	
96	0,5	2055	3	100,2%	0,339	
97	0,5	2097	2,8	102,3%	0,312	
98	0,5	2045	3,9	99,8%	0,345	
99	0,5	2082	3	101,6%	0,321	

TABLEAU B - 1
Rapport des essais de calcul de densité - Résidus MRN

Projet	Barrick - Finalisation - LTA		no. projet	951-7156
Description	Cellules d'essai de compaction - matériaux MRN - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard (Golder)		Compacteur	rouleau
Gs	2,819	Résultats du Proctor standard		Résultats du Proctor modifié
		Densité optimale (Mg/m3)	1,714	Densité optimale (Mg/m3)
		Teneur en eau optimale	15,5	Teneur en eau optimale

Test no.	Couche m	γ_d kg/m3	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain	
1	0,8	1572	23,5	91,7%	0,793	6 décembre - Cellule 1 Couche de 0.8 m d'épaisseur 5 passage du rouleau	
2	0,8	1505	33,2	87,8%	0,873		
3	0,8	1549	23,3	90,4%	0,820		
4	0,8	1476	22,5	86,1%	0,910		
5	0,8	1560	23,8	91,0%	0,807		
6	0,8	1525	25,2	89,0%	0,849		
7	0,8	1480	23,5	86,3%	0,905		
8	0,8	1551	17,1	90,5%	0,818		
9	0,8	1562	17,5	91,1%	0,805		
10	0,8	1486	21,3	86,7%	0,897		
11a	0,8	1563	19,7	91,2%	0,804	même place - 4 passages	
12a	0,8	1593	19,8	92,9%	0,770		même place - 5 passages
13a	0,8	1511	22,5	88,2%	0,866		même place - 6 passages
14	0,4	1463	27,6	85,4%	0,927	6 décembre - Cellule 2 Couche de 0.4 m d'épaisseur Après le 4 ^{ème} passage, l'eau remonte, compaction moins bonne	
15	0,4	1453	28,6	84,8%	0,940		
16	0,4	1515	27,5	88,4%	0,861		
17	0,4	1465	27,8	85,5%	0,924		
18	0,8	1385	24,9	80,8%	1,035	7 décembre - Cellule 1 0.05 m de gel, compaction moins bonne	
19	0,8	1445	22,8	84,3%	0,951		
20	0,8	1384	21,5	80,7%	1,037		
21	0,4	1437	22	83,8%	0,962	7 décembre - Cellule 2 0.05 m de gel, compaction	
22	0,4	1397	26	81,5%	1,018		
23	0,4	1391	25,1	81,2%	1,027		

TABLEAU B-2
Rapport des essais de calcul de densité - Résidus MRN

Projet	Barrick - Finalisation - LTA		no. projet	951-715
Description	Zone sud -est - matériaux MRN - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard (Golder)		Compacteur	rouleau
Gs	2,819	Résultats du Proctor standard	Résultats du Proctor modifié	
		Densité optimale (Mg/m3)	Densité optimale (Mg/m3)	
		Teneur en eau optimale	Teneur en eau optimale	
			1,714	
			15,5	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m3	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain	
15a	0,8	1524	18,5	88,9%	0,850	13 décembre 1996	
16a	0,8	1548	15,4	90,3%	0,821		
17a	0,8	1492	20	87,0%	0,889		
18a	0,8	1600	15,3	93,3%	0,762		
19a	0,8	1435	21,4	83,7%	0,964		
20a	0,8	1490	18,1	86,9%	0,892		
21a	0,8	1535	19,1	89,6%	0,836		
22a	0,8	1601	16,1	93,4%	0,761		
23a	0,8	1590	14,1	92,8%	0,773		
24	0,8	1505	18,4	87,8%	0,873		
25	0,8	1499	15,4	87,5%	0,881		
26	0,8	1475	17,1	86,1%	0,911		
27	0,8	1456	24,1	84,9%	0,936		
28	0,8	1490	17,6	86,9%	0,892		
29	0,8	1253	20	73,1%	1,250		
30	0,8	1426	24,9	83,2%	0,977		
31	0,8	1435	16	83,7%	0,964		
32	0,8	1495	17,5	87,2%	0,886		
33	0,8	1481	16,2	86,4%	0,903		
34	0,8	1505	20	87,8%	0,873		
35	0,8	1422	18,7	83,0%	0,982		
36	0,8	1439	24,1	84,0%	0,959		
37	0,8	1597	15,6	93,2%	0,765		
38	0,8	1542	19,9	90,0%	0,828		
39	0,8	1505	19,8	87,8%	0,873		
39a	0,8	1583	17,7	92,4%	0,781		
40	0,8	1528	27,8	89,1%	0,845		15 décembre 1996
41	0,8	1605	20,2	93,6%	0,756		
42	0,8	1646	19,8	96,0%	0,713		
43	0,8	1416	33,3	82,6%	0,991		
44	0,8	1625	21,1	94,8%	0,735		
45	0,8	1576	21,5	91,9%	0,789		
46	0,8	1586	22,1	92,5%	0,777		

Rapport des essais de calcul de densité - Résidus MRN

Projet	Barrick - Finalisation - LTA		no. projet	951-7156
Description	Matériaux MRN - site LTA			
Personnel	Eric Bouchard (Golder)		Compacteur	rouleau
Gs	2,819	Résultats du Proctor standard		
		Densité optimale (Mg/m ³)	1,65	Résultats du Proctor modifié
		Teneur en eau optimale	20 %	Densité optimale (Mg/m ³)
				Teneur en eau optimale

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
100	0,15	1514	15,6	91,8%	0,862	15 janvier 1996
101	0,15	1412	18,4	85,6%	0,996	
102	0,15	1562	16,2	94,7%	0,805	
103	0,15	1573	18,8	95,3%	0,792	
104	0,15	1596	15,8	96,7%	0,766	
105	0,15	1472	17,1	89,2%	0,915	
106	0,15	1596	14,8	96,7%	0,766	
107	0,15	1509	13,1	91,5%	0,868	
108	0,15	1534	15,8	93,0%	0,838	
109	0,15	1451	13,4	87,9%	0,943	
110	0,15	1550	17	93,9%	0,819	16 janvier 1996
111	0,15	1537	22,7	93,2%	0,834	
112	0,15	1536	19,4	93,1%	0,835	
113	0,15	1552	17,1	94,1%	0,816	
114	0,15	1481	19,3	89,8%	0,903	
115	0,15	1487	17,1	90,1%	0,896	
116	0,15	1530	13,1	92,7%	0,842	
117	0,15	1480	12,6	89,7%	0,905	
118	0,15	1555	13,1	94,2%	0,813	
119	0,15	1543	19,8	93,5%	0,827	
120	0,15	1580	18,8	95,8%	0,784	16 janvier 1996 Taux d'humidité très haut Compaction moins bonne
121	0,15	1527	17,5	92,5%	0,846	
122	0,15	1539	14,5	93,3%	0,832	
123	0,15	1528	16,3	92,6%	0,845	
124	0,15	1401	30,2	84,9%	1,012	
125	0,15	1376	21,5	83,4%	1,049	
126	0,15	1499	22	90,8%	0,881	
127	0,15	1359	20,2	82,4%	1,074	
128	0,15	1525	18,9	92,4%	0,849	
129	0,15	1522	15,4	92,2%	0,852	
130	0,15	1317	28,8	79,8%	1,140	17 janvier 1996
131	0,15	1472	19,8	89,2%	0,915	
132	0,15	1546	17,6	93,7%	0,823	
133	0,15	1593	16,2	96,5%	0,770	
134	0,15	1535	18,6	93,0%	0,836	
135	0,15	1506	17,8	91,3%	0,872	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
230	0,15	1597	14,7	96,8%	0,765	
231	0,15	1556	16,3	94,3%	0,812	
232	0,15	1602	13,3	97,1%	0,760	
233	0,15	1656	16,6	100,4%	0,702	
234	0,15	1621	10,7	98,2%	0,739	
235	0,15	1490	23,5	90,3%	0,892	
236	0,15	1644	12,5	99,6%	0,715	
237	0,15	1514	11,8	91,8%	0,862	30 janvier 1996
238	0,15	1581	16,8	95,8%	0,783	
239	0,15	1436	27,2	87,0%	0,963	
240	0,15	1476	13,1	89,5%	0,910	
241	0,15	1554	13,8	94,2%	0,814	
242	0,15	1547	9	93,8%	0,822	
243	0,15	1586	11,5	96,1%	0,777	
244	0,15	1465	16,4	88,8%	0,924	
245	0,15	1609	11,9	97,5%	0,752	
246	0,15	1589	13,2	96,3%	0,774	31 janvier 1996
247	0,15	1508	17,4	91,4%	0,869	
248	0,15	1554	13,3	94,2%	0,814	
249	0,15	1490	21,5	90,3%	0,892	
250	0,15	1489	17,8	90,2%	0,893	
251	0,15	1515	16,9	91,8%	0,861	
252	0,15	1473	18,3	89,3%	0,914	2 février 1996
253	0,15	1579	17,2	95,7%	0,785	
254	0,15	1521	19,1	92,2%	0,853	
255	0,15	1587	17,3	96,2%	0,776	
256	0,15	1435	17,1	87,0%	0,964	
257	0,15	1508	20,3	91,4%	0,869	
258	0,15	1492	25,5	90,4%	0,889	5 février 1996
259	0,15	1422	29,4	86,2%	0,982	
260	0,15	1602	18,7	97,1%	0,760	
261	0,15	1524	23,3	92,4%	0,850	
262	0,15	1482	23,9	89,8%	0,902	
263	0,15	1490	26,6	90,3%	0,892	
264	0,15	1364	29,1	82,7%	1,067	
265	0,15	1592	20,5	96,5%	0,771	
266	0,15	1596	19,8	96,7%	0,766	
267	0,15	1562	16,8	94,7%	0,805	
268	0,15	1572	20	95,3%	0,793	6 février 1996
269	0,15	1505	17,2	91,2%	0,873	
270	0,15	1466	21,9	88,8%	0,923	
271	0,15	1484	24	89,9%	0,900	
272	0,15	1505	18,1	91,2%	0,873	
273	0,15	1555	19	94,2%	0,813	
274	0,15	1570	17	95,2%	0,796	
275	0,15	1569	16,2	95,1%	0,797	
276	0,15	1578	16,9	95,6%	0,786	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
183	0,15	1619	16,5	98,1%	0,741	
184	0,15	1490	18,3	90,3%	0,892	
185	0,15	1518	17,7	92,0%	0,857	
186	0,15	1516	18,6	91,9%	0,859	
187	0,15	1600	13,2	97,0%	0,762	
188	0,15	1616	20	97,9%	0,744	
189	0,15	1610	13,8	97,6%	0,751	
190	0,15	1622	18,1	98,3%	0,738	
191	0,15	1585	14,6	96,1%	0,779	
192	nd	nd	nd			
193	0,15	1605	14,1	97,3%	0,756	
194	0,15	1568	10,3	95,0%	0,798	
195	0,15	1587	10,5	96,2%	0,776	
196	0,15	1447	16,6	87,7%	0,948	
197	0,15	1571	12,6	95,2%	0,794	
198	0,15	1521	19,6	92,2%	0,853	
199	0,15	1468	14,5	89,0%	0,920	24 janvier 1996
200	0,15	1541	17,9	93,4%	0,829	
201	0,15	1520	15,9	92,1%	0,855	
202	0,15	1417	18,1	85,9%	0,989	
203	0,15	1417	18,3	85,9%	0,989	
204	0,15	1553	14,3	94,1%	0,815	
205	0,15	1590	9,2	96,4%	0,773	
206	0,15	1523	16,4	92,3%	0,851	
207	0,15	1538	24	93,2%	0,833	25 janvier 1996
208	0,15	1456	11,4	88,2%	0,936	
209	0,15	1559	15,6	94,5%	0,808	
210	0,15	1527	10,5	92,5%	0,846	
211	0,15	1506	20	91,3%	0,872	
212	0,15	1561	16,6	94,6%	0,806	
213	0,15	1486	12,9	90,1%	0,897	
214	0,15	1448	23,1	87,8%	0,947	
215	0,15	1554	13,3	94,2%	0,814	
216	0,15	1522	17,3	92,2%	0,852	
217	0,15	1459	19,3	88,4%	0,932	
218	0,15	1562	19,5	94,7%	0,805	
219	0,15	1523	18,7	92,3%	0,851	
220	0,15	1581	12,2	95,8%	0,783	
221	0,15	1548	13,1	93,8%	0,821	
222	0,15	1470	12,9	89,1%	0,918	
223	0,15	1409	25,4	85,4%	1,001	
224	0,15	1471	11,8	89,2%	0,916	
225	0,15	1376	18,3	83,4%	1,049	
226	0,15	1532	22,2	92,8%	0,840	
227	0,15	1565	14,4	94,8%	0,801	26 janvier 1996
228	0,15	1523	13,3	92,3%	0,851	
229	0,15	1544	11,2	93,6%	0,826	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
136	0,15	1534	14,4	93,0%	0,838	
137	0,15	1611	15,3	97,6%	0,750	
138	0,15	1510	14,7	91,5%	0,867	
139	0,15	1561	17,3	94,6%	0,806	
140	0,15	1581	16,2	95,8%	0,783	
141	0,15	1517	12,8	91,9%	0,858	
142	0,15	1623	17,6	98,4%	0,737	
143	0,15	1655	10,6	100,3%	0,703	
144	0,15	1577	18,6	95,6%	0,788	
145	0,15	1594	19,3	96,6%	0,769	
146	0,15	1658	10,9	100,5%	0,700	
147	0,15	1608	15,2	97,5%	0,753	
148	0,15	1519	12,7	92,1%	0,856	
149	0,15	1580	16,1	95,8%	0,784	
150	0,15	1651	10,8	100,1%	0,707	
151	0,15	1535	18,1	93,0%	0,836	
152	0,15	1521	17,7	92,2%	0,853	
153	0,15	1483	19,5	89,9%	0,901	
154	0,15	1594	18,9	96,6%	0,769	
155	0,15	1488	18,2	90,2%	0,894	
156	0,15	1610	14,3	97,6%	0,751	
157	0,15	1655	16,1	100,3%	0,703	
158	0,15	1641	12,7	99,5%	0,718	
159	0,15	1637	16,8	99,2%	0,722	
160	0,15	1514	14,3	91,8%	0,862	18 janvier 1996
161	0,15	1581	21,7	95,8%	0,783	
162	0,15	1638	20,6	99,3%	0,721	
163	0,15	1637	21,8	99,2%	0,722	
164	0,15	1669	20,5	101,2%	0,689	
165	0,15	1593	19,2	96,5%	0,770	
166	0,15	1601	18,4	97,0%	0,761	
167	0,15	1667	18,5	101,0%	0,691	
168	0,15	1597	20,2	96,8%	0,765	
169	0,15	1592	21,2	96,5%	0,771	
170	0,15	1649	20,4	99,9%	0,710	
171	0,15	1672	20,1	101,3%	0,686	
172	0,15	1564	19,2	94,8%	0,802	22 janvier 1996
173	0,15	1531	12,7	92,8%	0,841	
174	0,15	1623	19,7	98,4%	0,737	
175	0,15	1666	14,2	101,0%	0,692	
176	0,15	1593	16,1	96,5%	0,770	
177	0,15	1658	15,3	100,5%	0,700	
178	0,15	1653	8,5	100,2%	0,705	
179	0,15	1632	16,5	98,9%	0,727	
180	0,15	1560	21,1	94,5%	0,807	
181	0,15	1626	18,8	98,5%	0,734	
182	0,15	1575	13,6	95,5%	0,790	23 janvier 1996

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
277	0,15	1508	23,3	91,4%	0,869	
278	0,15	1441	22,8	87,3%	0,956	
279	0,15	1499	19,6	90,8%	0,881	
280	0,15	1526	21,6	92,5%	0,847	
281	0,15	1416	27,4	85,8%	0,991	
282	0,15	1619	19,1	98,1%	0,741	8 février 1996
283	0,15	1614	14,1	97,8%	0,747	
284	0,15	1576	19,4	95,5%	0,789	
285	0,15	1597	22	96,8%	0,765	
286	0,15	1577	19,8	95,6%	0,788	
287	0,15	1607	20,1	97,4%	0,754	
288	0,15	1528	26,9	92,6%	0,845	
289	0,15	1589	22,5	96,3%	0,774	
290	0,15	1582	22,7	95,9%	0,782	
291	0,15	1668	20,2	101,1%	0,690	
292	0,15	1637	21,7	99,2%	0,722	
293	0,15	1606	23,4	97,3%	0,755	
294	0,15	1643	20,5	99,6%	0,716	
295	0,15	1625	19,8	98,5%	0,735	
296	0,15	1605	20,2	97,3%	0,756	
297	0,15	1590	19,1	96,4%	0,773	
298	0,15	1608	20,4	97,5%	0,753	
299	0,15	1530	19,8	92,7%	0,842	
300	0,15	1580	23,1	95,8%	0,784	
301	0,15	1612	23	97,7%	0,749	
302	0,15	1584	17	96,0%	0,780	
303	0,15	1515	23,9	91,8%	0,861	
304	0,15	1574	16	95,4%	0,791	
305	0,15	1488	29,4	90,2%	0,894	
306	0,15	1538	14,1	93,2%	0,833	
307	0,15	1563	16,3	94,7%	0,804	
308	0,15	1617	22,1	98,0%	0,743	
309	0,15	1638	14,1	99,3%	0,721	
310	0,15	1606	14,8	97,3%	0,755	
311	0,15	1557	24,1	94,4%	0,811	
312	0,15	1545	25	93,6%	0,825	
313	0,15	1337	22,3	81,0%	1,108	
314	0,15	1660	19,9	100,6%	0,698	
315	0,15	1669	21,4	101,2%	0,689	
316	0,15	1625	19,8	98,5%	0,735	
317	0,15	1578	19,1	95,6%	0,786	
318	0,15	1584	22,9	96,0%	0,780	
319	0,15	1527	17,5	92,5%	0,846	
320	0,15	1537	19,4	93,2%	0,834	
321	0,15	1502	26,7	91,0%	0,877	
322	0,15	1636	18,8	99,2%	0,723	
323	0,15	1619	22,4	98,1%	0,741	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
324	0,15	1630	15,7	98,8%	0,729	
325	0,15	1630	15,1	98,8%	0,729	
326	0,15	1545	18,9	93,6%	0,825	
327	0,15	1574	14,7	95,4%	0,791	
328	0,15	1532	12,5	92,8%	0,840	
329	0,15	1609	13,6	97,5%	0,752	
330	0,15	1534	11,8	93,0%	0,838	13 février 1996
331	0,15	1559	14,3	94,5%	0,808	
332	0,15	1571	10	95,2%	0,794	
333	0,15	1666	13,2	101,0%	0,692	
334	0,15	1645	13	99,7%	0,714	
335	0,15	1608	16,2	97,5%	0,753	
336	0,15	1570	13,6	95,2%	0,796	
337	0,15	1511	12,8	91,6%	0,866	
338	0,15	1615	13,8	97,9%	0,746	
339	0,15	1581	16,2	95,8%	0,783	
340	0,15	1655	12,3	100,3%	0,703	
341	0,15	1721	13	104,3%	0,638	
342	0,15	1640	13,3	99,4%	0,719	
343	0,15	1595	12,8	96,7%	0,767	
344	0,15	1565	13,1	94,8%	0,801	
345	0,15	1580	14,1	95,8%	0,784	
346	0,15	1640	13,4	99,4%	0,719	
347	0,15	1620	13	98,2%	0,740	
348	0,15	1605	12,7	97,3%	0,756	
349	0,15	1667	13,9	101,0%	0,691	
350	0,15	1652	9,4	100,1%	0,706	
351	0,15	1534	13	93,0%	0,838	
352	0,15	1564	13,8	94,8%	0,802	
353	0,15	1526	11,7	92,5%	0,847	
354	0,15	1598	11,5	96,8%	0,764	
355	0,15	1563	8,7	94,7%	0,804	
356	0,15	1556	13,5	94,3%	0,812	
357	0,15	1726	15,9	104,6%	0,633	14 février 1996
358	0,15	1596	16,3	96,7%	0,766	
359	0,15	1646	17,1	99,8%	0,713	
360	0,15	1692	15,6	102,5%	0,666	
361	0,15	1784	16,4	108,1%	0,580	
362	0,15	1672	12,4	101,3%	0,686	
363	0,15	1553	21,4	94,1%	0,815	
364	0,15	1630	15,5	98,8%	0,729	
365	0,15	1716	17,7	104,0%	0,643	
366	0,15	1625	15,8	98,5%	0,735	
367	0,15	1565	16,4	94,8%	0,801	
368	0,15	1710	17,9	103,6%	0,649	
369	0,15	1650	16,1	100,0%	0,708	
370	0,15	1641	16	99,5%	0,718	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
371	0,15	1570	15,1	95,2%	0,796	
372	0,15	1595	15,8	96,7%	0,767	
373	0,15	1610	16,1	97,6%	0,751	
374	0,15	1548	16,3	93,8%	0,821	15 février 1996
375	0,15	1558	13,6	94,4%	0,809	
376	0,15	1512	16,4	91,6%	0,864	Les essais ont été faits 12 heures après l'emplacement
377	0,15	1566	19,8	94,9%	0,800	
378	0,15	1546	16,2	93,7%	0,823	
379	0,15	1576	14,5	95,5%	0,789	
380	0,15	1580	15,1	95,8%	0,784	
381	0,15	1560	16,2	94,5%	0,807	
382	0,15	1678	10,4	101,7%	0,680	15 février 1996
383	0,15	1639	12,4	99,3%	0,720	
384	0,15	1537	11,8	93,2%	0,834	
385	0,15	1559	8,9	94,5%	0,808	
386	0,15	1580	11,6	95,8%	0,784	
387	0,15	1660	11,1	100,6%	0,698	
388	0,15	1752	15	106,2%	0,609	
389	0,15	1806	13,5	109,5%	0,561	
390	0,15	1755	13,9	106,4%	0,606	
391	0,15	1683	11,5	102,0%	0,675	
392	0,15	1721	13,4	104,3%	0,638	
393	0,15	1619	12,1	98,1%	0,741	
394	0,15	1740	16,5	105,5%	0,620	
395	0,15	1636	12,9	99,2%	0,723	
396	0,15	1713	13,7	103,8%	0,646	
397	0,15	1553	15,7	94,1%	0,815	
398	0,15	1556	15,3	94,3%	0,812	
399	0,15	1668	14	101,1%	0,690	
400	0,15	1704	13,4	103,3%	0,654	
401	0,15	1653	19	100,2%	0,705	
402	0,15	1727	16,9	104,7%	0,632	
403	0,15	1776	16,7	107,6%	0,587	
404	0,15	1709	19,3	103,6%	0,650	
405	0,15	1726	14,6	104,6%	0,633	
406	0,15	1627	15	98,6%	0,733	
407	0,15	1715	12,5	103,9%	0,644	
408	0,15	1702	17,2	103,2%	0,656	
409	0,15	1670	15	101,2%	0,688	
410	0,15	1645	18,9	99,7%	0,714	
411	0,15	1681	16	101,9%	0,677	
412	0,15	1675	17,1	101,5%	0,683	
413	0,15	1580	15,4	95,8%	0,784	
414	0,15	1620	15,4	98,2%	0,740	
415	0,15	1578	18,2	95,6%	0,786	
416	0,15	1507	13,5	91,3%	0,871	
417	0,15	1517	14,3	91,9%	0,858	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
418	0,15	1564	17	94,8%	0,802	
419	0,15	1524	11,7	92,4%	0,850	
420	0,15	1511	11,7	91,6%	0,866	
421	0,15	1656	12,3	100,4%	0,702	
422	0,15	1564	14,9	94,8%	0,802	
423	0,15	1711	12,4	103,7%	0,648	16 février 1996
424	0,15	1632	11,3	98,9%	0,727	
425	0,15	1702	11,2	103,2%	0,656	
426	0,15	1752	10,9	106,2%	0,609	
427	0,15	1681	12,9	101,9%	0,677	
428	0,15	1700	9,5	103,0%	0,658	
429	0,15	1670	10,1	101,2%	0,688	
430	0,15	1695	11	102,7%	0,663	
431	0,15	1660	12,3	100,6%	0,698	
432	0,15	1721	11	104,3%	0,638	
433	0,15	1704	9,5	103,3%	0,654	
434	0,15	1677	14,9	101,6%	0,681	
435	0,15	1738	12,2	105,3%	0,622	
436	0,15	1791	13,6	108,5%	0,574	
437	0,15	1751	13,6	106,1%	0,610	
438	0,15	1735	19	105,2%	0,625	
439	0,15	1678	16,6	101,7%	0,680	
440	0,15	1723	10,4	104,4%	0,636	
441	0,15	1697	16,8	102,8%	0,661	
442	0,15	1620	17,7	98,2%	0,740	
443	0,15	1636	15	99,2%	0,723	
444	0,15	1605	13	97,3%	0,756	
445	0,15	1724	13,9	104,5%	0,635	
446	0,15	1721	14	104,3%	0,638	
447	0,15	1726	18,5	104,6%	0,633	
448	0,15	1710	18,1	103,6%	0,649	
449	0,15	1720	17,2	104,2%	0,639	
450	0,15	1796	13,3	108,8%	0,570	
451	0,15	1687	12,7	102,2%	0,671	
452	0,15	1717	13,6	104,1%	0,642	
453	0,15	1684	18,2	102,1%	0,674	
454	0,15	1698	16,3	102,9%	0,660	
455	0,15	1780	16,9	107,9%	0,584	
456	0,15	1678	16,3	101,7%	0,680	
457	0,15	1715	15,2	103,9%	0,644	

Rapport des essais de calcul de densité - Résidus MRN

Projet	Barrick - Finalisation - LTA	no. projet	951-7156
Description	Matériaux MRN - site LTA		
Personnel	Eric Bouchard (Golder)	Compacteur	rouleau
Gs	2,819	Résultats du Proctor standard	Résultats du Proctor modifié
		Densité optimale (Mg/m3)	1,718
		Teneur en eau optimale	17%
			Densité optimale (Mg/m3)
			Teneur en eau optimale

Test no.	Couche m	γ_d kg/m3	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
458	0,15	1583	22,2	92,1%	0,781	20 février 1996
459	0,15	1734	14,1	100,9%	0,626	
460	0,15	1734	17,4	100,9%	0,626	
461	0,15	1654	15,4	96,3%	0,704	
462	0,15	1682	16	97,9%	0,676	
463	0,15	1725	19,1	100,4%	0,634	
464	0,15	1630	18,9	94,9%	0,729	
465	0,15	1645	18,6	95,8%	0,714	
466	0,15	1674	12,6	97,4%	0,684	
467	0,15	1703	12,6	99,1%	0,655	
468	0,15	1731	15,9	100,8%	0,629	
469	0,15	1708	12,3	99,4%	0,650	
470	0,15	1710	18,1	99,5%	0,649	
471	0,15	1651	17,1	96,1%	0,707	
472	0,15	1675	16	97,5%	0,683	
473	0,15	1609	15,3	93,7%	0,752	
474	0,15	1670	17,5	97,2%	0,688	
475	0,15	1668	13,3	97,1%	0,690	
476	0,15	1667	21,9	97,0%	0,691	
477	0,15	1705	15,7	99,2%	0,653	
478	0,15	1657	14,5	96,4%	0,701	
479	0,15	1676	19,9	97,6%	0,682	
480	0,15	1683	20,3	98,0%	0,675	
481	0,15	1690	18,6	98,4%	0,668	
482	0,15	1661	21,6	96,7%	0,697	
483	0,15	1668	21,2	97,1%	0,690	
484	nd	nd	nd			
485	0,15	1565	21,1	91,1%	0,801	21 février 1996
486	0,15	1597	19,1	93,0%	0,765	Les essais ont été faits 12 heures après l'emplacement
487	0,15	1559	18,6	90,7%	0,808	
488	0,15	1610	17,9	93,7%	0,751	
489	0,15	1593	17,8	92,7%	0,770	
490	0,15	1584	22	92,2%	0,780	
491	0,15	1620	22,2	94,3%	0,740	
492	0,15	1535	23,2	89,3%	0,836	
493	0,15	1639	21,6	95,4%	0,720	21 février 1996

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
494	0,15	1622	17,7	94,4%	0,738	
495	0,15	1628	17,1	94,8%	0,732	
496	0,15	1586	18,3	92,3%	0,777	
497	0,15	1644	20	95,7%	0,715	
498	0,15	1591	23,1	92,6%	0,772	
499	0,15	1527	21,7	88,9%	0,846	
500	0,15	1601	22,7	93,2%	0,761	
501	0,15	1620	20,1	94,3%	0,740	
502	0,15	1610	20,5	93,7%	0,751	
503	0,15	1585	23,1	92,3%	0,779	
504	0,15	1579	22,2	91,9%	0,785	
505	0,15	1611	21,5	93,8%	0,750	
506	0,15	1630	20	94,9%	0,729	
507	0,15	1684	17,8	98,0%	0,674	22 février 1996
508	0,15	1466	23,9	85,3%	0,923	
509	0,15	1441	26,5	83,9%	0,956	Les essais ont été faits
510	0,15	1539	14,5	89,6%	0,832	12 heures après
511	0,15	1656	18,6	96,4%	0,702	l'emplacement
512	0,15	1564	13,7	91,0%	0,802	
513	0,15	1605	17,3	93,4%	0,756	
514	0,15	1578	18,3	91,9%	0,786	
515	0,15	1534	19,1	89,3%	0,838	
516	0,15	1525	15,3	88,8%	0,849	
517	0,15	1479	25,5	86,1%	0,906	
518	0,15	1426	23,5	83,0%	0,977	
519	0,15	1594	15,5	92,8%	0,769	23 février 1996
520	0,15	1653	14,6	96,2%	0,705	
521	0,15	1678	16,9	97,7%	0,680	
522	0,15	1552	25,2	90,3%	0,816	
523	0,15	1646	21,4	95,8%	0,713	
524	0,15	1633	13,2	95,1%	0,726	
525	0,15	1708	14,4	99,4%	0,650	
526	0,15	1609	20,9	93,7%	0,752	
527	0,15	1568	25,6	91,3%	0,798	
528	0,15	1533	17,1	89,2%	0,839	
529	0,15	1593	17,8	92,7%	0,770	
530	0,15	1591	24,4	92,6%	0,772	
531	0,15	1606	17,7	93,5%	0,755	
532	0,15	1610	17,5	93,7%	0,751	
533	0,15	1667	17,2	97,0%	0,691	
534	0,15	1605	17,7	93,4%	0,756	
535	0,15	1657	16,8	96,4%	0,701	
536	0,15	1616	14,6	94,1%	0,744	
537	0,15	1595	15,8	92,8%	0,767	
538	0,15	1568	18,2	91,3%	0,798	
539	0,15	1591	19,6	92,6%	0,772	27 février 1996
540	0,15	1532	21,1	89,2%	0,840	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
541	0,15	1530	24,2	89,1%	0,842	
542	0,15	1450	18,9	84,4%	0,944	
543	0,15	1507	20,3	87,7%	0,871	
544	0,15	1528	16,1	88,9%	0,845	
545	0,15	1539	13,9	89,6%	0,832	
546	0,15	1503	21,4	87,5%	0,876	
547	0,15	1543	20,6	89,8%	0,827	
548	0,15	1698	18,4	98,8%	0,660	
549	0,15	1553	18,3	90,4%	0,815	
550	0,15	1631	13	94,9%	0,728	
551	0,15	1582	23,6	92,1%	0,782	
552	0,15	1613	13,2	93,9%	0,748	
543a	0,15	1631	13	94,9%	0,728	
544a	0,15	1582	23,6	92,1%	0,782	
545a	0,15	1613	13,2	93,9%	0,748	
546a	0,15	1661	17,6	96,7%	0,697	
547a	0,15	1654	14,8	96,3%	0,704	
548a	0,15	1598	22	93,0%	0,764	
549a	0,15	1600	19,3	93,1%	0,762	
550a	0,15	1458	23,5	84,9%	0,933	28 février 1996
551a	0,15	1519	22,4	88,4%	0,856	
552a	0,15	1446	29,3	84,2%	0,950	
553	0,15	1488	19,2	86,6%	0,894	
554	0,15	1456	23,2	84,7%	0,936	
555	0,15	1456	26,9	84,7%	0,936	
556	0,15	1565	20,1	91,1%	0,801	
557	0,15	1587	19,1	92,4%	0,776	
558	0,15	1610	17,9	93,7%	0,751	
559	0,15	1622	17,1	94,4%	0,738	
560	0,15	1591	23,1	92,6%	0,772	
561	0,15	1594	15,5	92,8%	0,769	
562	0,15	1608	19,1	93,6%	0,753	
563	0,15	1568	21,1	91,3%	0,798	
564	0,15	1553	20,6	90,4%	0,815	
565	0,15	1506	22,9	87,7%	0,872	
566	0,15	1563	22,7	91,0%	0,804	
567	0,15	1555	19,6	90,5%	0,813	
568	0,15	1641	16,8	95,5%	0,718	1 mars 1996
569	0,15	1655	16,2	96,3%	0,703	
570	0,15	1678	15,9	97,7%	0,680	
571	0,15	1667	15,7	97,0%	0,691	
572	0,15	1698	17,1	98,8%	0,660	
573	0,15	1761	13,6	102,5%	0,601	
574	0,15	1618	19,1	94,2%	0,742	
575	0,15	1553	22,3	90,4%	0,815	
576	0,15	1552	17,3	90,3%	0,816	
577	0,15	1610	16,1	93,7%	0,751	

Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice vides	notes de terrain
578	0,15	1640	16,3	95,5%	0,719	
579	0,15	1622	16,1	94,4%	0,738	
580	0,15	1690	16,9	98,4%	0,668	
581	0,15	1685	17,1	98,1%	0,673	
582	0,15	1608	17,6	93,6%	0,753	
583	0,15	1671	15,5	97,3%	0,687	
584	0,15	1655	14,1	96,3%	0,703	
585	0,15	1677	13,6	97,6%	0,681	
586	0,15	1715	14,5	99,8%	0,644	
587	0,15	1689	16,1	98,3%	0,669	
588	0,15	1720	16,5	100,1%	0,639	
589	0,15	1621	16,3	94,4%	0,739	
590	0,15	1701	17,1	99,0%	0,657	
591	0,15	1633	15,9	95,1%	0,726	
592	0,15	1846	14,2	107,5%	0,527	5 mars 1996
593	0,15	1616	11,6	94,1%	0,744	
594	0,15	1735	14,4	101,0%	0,625	
595	0,15	1554	15,8	90,5%	0,814	
596	0,15	1744	14,9	101,5%	0,616	
597	0,15	1758	15	102,3%	0,604	
598	0,15	1759	14,2	102,4%	0,603	
599	0,15	1796	10,4	104,5%	0,570	
600	0,15	1712	12	99,7%	0,647	
601	0,15	1618	15,2	94,2%	0,742	
602	0,15	1719	14,8	100,1%	0,640	
603	0,15	1728	15,6	100,6%	0,631	
604	0,15	1731	14	100,8%	0,629	

APPENDIX H
IN SITU COMPACTION MONITORING RESULTS
(SUMMER 96)
(Golder Associés)

TABLEAU A-1
Résultats des analyses de compactage sur place
Sable et gravier

Projet	Barrick/Construction/LTA	no. du projet	951-7156
Dr	2.751	Résultats du Proctor standard	
		Densité optimale, kg/m ³	2010
		Teneur en eau optimale	6.5

No. de test Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice des vides	Remarques
1	0.5	2047	5	102%	0.344	Poids volumique Proctor = 2010 kg/m ³
2	0.5	2009	6.5	100%	0.369	
3	0.5	2087	5.5	104%	0.318	
4	0.5	1939	8.3	96%	0.419	
5	0.5	2062	6.1	103%	0.334	
6	0.5	1967	7.8	98%	0.399	
7	0.5	2020	8.8	100%	0.362	
8	0.5	1984	5.4	99%	0.387	
9	0.5	2055	7.4	102%	0.339	
10	0.5	2026	4.6	101%	0.358	
11	0.5	2044	4.5	102%	0.346	
12	0.5	1998	4.3	99%	0.377	
13	0.5	2145	3.4	107%	0.283	
14	0.5	2058	4.2	102%	0.337	
15	0.5	2023	4.4	101%	0.360	
16	0.5	2055	5.2	102%	0.339	
17	0.5	2104	4.3	105%	0.308	
18	0.5	2049	3.4	102%	0.343	
19	0.5	1987	3.3	99%	0.384	
20	0.5	1956	4.2	97%	0.406	
21	0.5	2096	3.1	104%	0.313	
22	0.5	1983	3.3	99%	0.387	
23	0.5	1965	3.9	98%	0.400	
24	0.5	2081	3.6	104%	0.322	
25	0.5	2130	5.7	106%	0.292	
26	0.5	2082	4.8	104%	0.321	
27	0.5	2007	5	100%	0.371	
28	0.5	2121	4.6	106%	0.297	
29	0.5	2045	4.2	102%	0.345	
30	0.5	2038	4.2	101%	0.350	
31	0.5	1997	5.3	99%	0.378	
32	0.5	2106	4	105%	0.306	
33	0.5	2073	6.9	103%	0.327	
34	0.5	1996	4.3	99%	0.378	
35	0.5	2095	3.7	104%	0.313	
Valeurs moyennes				102%	0.349	

TABLEAU B-1
Résultats des analyses de compactage sur place
Silt

Projet	Barrick/Construction/LIA	no. du projet	951-7156
Dr	2.819	Résultats du Proctor standard	
		Densité optimale, kg/m ³	1742
		Teneur en eau optimale	11.45

No. de test Test no.	Couche m	γ_d kg/m ³	w %	% du Proctor standard	Indice des vides	Remarques
1	0.8	1540	21.3	88%	0.831	
2	0.8	1612	22.7	93%	0.749	
3	0.8	1617	12.5	93%	0.743	
4	0.8	1674	13.6	96%	0.684	
5	0.8	1597	20.1	92%	0.765	
6	0.8	1596	11.8	92%	0.766	
7	0.8	1626	9.8	93%	0.734	
8	0.8	1638	10.2	94%	0.721	
9	0.8	1673	12.9	96%	0.685	
10	0.8	1689	11.8	97%	0.669	
11	0.8	1530	25.9	88%	0.842	
12	0.8	1539	24.4	88%	0.832	
13	0.8	1513	27.5	87%	0.863	
14	0.8	1577	21.7	91%	0.788	
15	0.8	1622	12.2	93%	0.738	
16	0.8	1582	10.1	91%	0.782	
17	0.8	1640	21.4	94%	0.719	
18	0.8	1602	20.7	92%	0.760	
19	0.8	1679	17.6	96%	0.679	
20	0.8	1671	18.8	96%	0.687	
21	0.8	1688	14.7	97%	0.670	
22	0.8	1662	17.3	95%	0.696	
23	0.8	1513	18.4	87%	0.863	
24	0.8	1526	15.3	88%	0.847	
25	0.8	1474	16.4	85%	0.912	
26	0.8	1611	12.9	92%	0.750	
27	0.8	1573	17.3	90%	0.792	
Valeurs moyennes				92%	0.762	