

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

UTILISATION DE LA CHAUX
DANS LES PROJETS ROUTIERS

*Dossier
M. Gauthier*

CANQ
TR
GE
EN
506

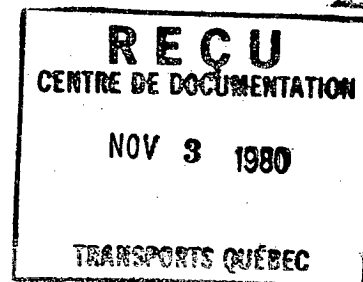
Ministère des Transports
Direction expertises et normes
Service des sols et chaussées



43/274

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

UTILISATION DE LA CHAUX
DANS LES PROJETS ROUTIERS



QTRD

CANQ
TR
GE
EN
506

Etudes et recherches
Direction Générale : Génie

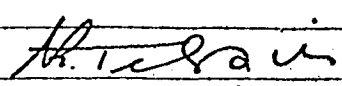
Rapport No	Code de classement RTQ-81-03	Date du rapport 80-10-03
Titre du rapport: Utilisation de la chaux dans les projets routiers		Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒
Auteur(s) du rapport: Paul-A. Brochu, ingénieur		No du projet d'étude ou de recherche:
Objet de l'étude ou de la recherche: Utilisation des terrassements argileux à la suite d'une modification avec de la chaux		No du contrat
Etude ou recherche financée par: (Nom et adresse de l'organisme) Ministère des Transports		
Etude ou recherche réalisée par: (Nom et adresse de l'organisme) Ministère des Transports Service des Sols et chaussées 875, Grande-Allée est, 3e étage G1R 4Y8		
Renseignements complémentaires:		
Résumé du rapport Ce document vise à familiariser les responsables de la construction de routes et de rues sur les avantages de l'utilisation de la chaux dans les sols argileux. Il décrit d'abord les types de sols qui peuvent être ainsi traités ou stabilisés à la chaux tout en indiquant les endroits où de tels procédés ont déjà été utilisés au Québec. Après avoir fait la distinction entre un traitement et une stabilisation, il fait ressortir les coûts propres à chaque procédé. Finalement, il suggère diverses utilisations possibles de la chaux en construction routière.		
Mots-clés Stabilisation, traitement, argile, chaux	Diffusion autorisée ☒ Diffusion restreinte ☐ Diffusion interdite ☐ Révision par le Comité de direction ☐	 Directeur général Date: 80-10-14

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
INTRODUCTION	1
1. SOLS TRAITABLES A LA CHAUX	2
Tableau 1	4
Figure 1	5
Figure 2	6
2. EFFETS DE LA CHAUX SUR L'ARGILE	7
Figure 3	9
Figure 4	10
3. DIFFERENCE ENTRE UN TRAITEMENT ET UNE STABILISATION A LA CHAUX	11
3.1 Taux d'application de la chaux	11
3.2 Méthode de construction	12
3.2.1 Stabilisation	12
3.2.2 Traitement	13
4. COUTS D'UN TRAITEMENT OU D'UNE STABILISATION A LA CHAUX	15
4.1 Mode de paiement d'un traitement à la chaux	15
4.2 Mode de paiement d'une stabilisation à la chaux	16
5. UTILISATION DE LA CHAUX DANS LES PROJETS ROUTIERS	17
5.1 Traitement de l'infrastructure dans les sections en déblai	17
5.2 Traitement dans les remblais	18
5.3 Traitement des coupes importantes	18
CONCLUSION	20

INTRODUCTION

Les lois sur le zonage des terres agricoles et sur l'environnement, la rareté grandissante des matériaux propres à la construction routière et le nombre considérable de terrassement en sols argileux sont autant de facteurs qui nous obligent à étudier de plus près les matériaux considérés jusqu'à maintenant comme rebuts.

Ce document vise à familiariser les responsables de la construction de routes et de rues sur les avantages de l'utilisation de la chaux dans les sols argileux. Il propose l'addition d'une faible teneur en chaux comme moyen efficace d'utiliser en construction routière des rejets argileux à forte teneur en humidité. Telles quelles, sans modification ni traitement, ces argiles ne sont pas utilisables mais après l'addition de chaux, elles deviennent moins plastiques, beaucoup moins sensibles à l'eau et peuvent être acceptées pour l'érection des remblais.

Nous décrirons d'abord les types de sols qui peuvent être ainsi traités ou stabilisés à la chaux tout en indiquant les endroits où de tels procédés ont déjà été utilisés au Québec. Après avoir fait la distinction entre un traitement et une stabilisation, nous ferons ressortir les coûts propres à chaque procédé. Nous suggérons enfin diverses utilisations possibles de la chaux en construction routière.

1. SOLS TRAITABLES A LA CHAUX

L'expérience a démontré qu'un traitement ou une stabilisation à la chaux est efficace si les sols en présence sont argileux. On peut donc traiter à la chaux un sable ou un gravier argileux afin de pouvoir l'utiliser comme matériau de classe A mais si l'on veut parler de rentabilité et de modifications importantes, c'est avec l'argile que l'on obtiendra les meilleurs résultats.

Certains types d'argile réagissent plus favorablement que d'autres à la chaux. En général, les argiles des espèces kaolinite ou montmorillonite ayant un indice de plasticité plus grand que 18 et une activité (rapport entre l'indice de plasticité et le pourcentage d'argile) supérieure à 0,5 réagissent très bien avec la chaux.

On retrouve généralement ces argiles dans les basses terres du St-Laurent de même que dans les régions de la Gatineau et du Lac St-Jean. A toutes fins utiles, ce sont des argiles de la mer Champlain et de la mer Laflamme. La figure 1 décrit l'étendue de ces dépôts de même que les endroits où un traitement ou une stabilisation a déjà été exécuté dans le passé. Le tableau I illustre de façon plus détaillée les sites où la chaux a été utilisée au Québec. Il identifie claire-

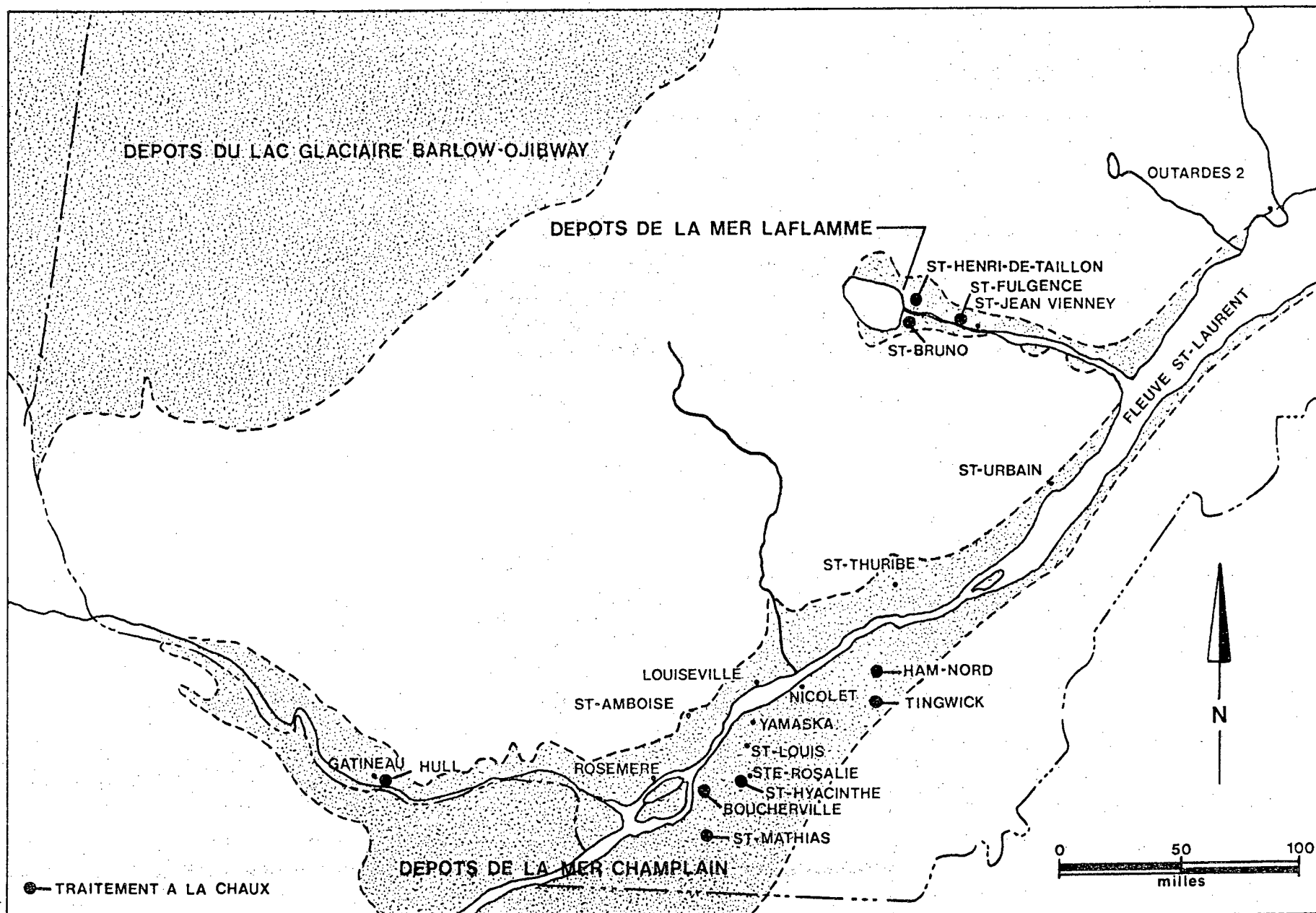
ment s'il s'agissait d'un traitement ou d'une stabilisation et indique à quelles fins la chaux avait été utilisée.

La figure 2 représente une abaque de plasticité des sols et peut servir à déterminer ceux qui sont traitables avec la chaux. Ceux en effet qui se situent au-dessus de la ligne C sont généralement favorables à la chaux.

TABLEAU I

Utilisation de la chaux au Québec

1. 1966 Stabilisation de la sous-fondation de la route 132 à Ste-Anne-de-Varennnes dans le comté de Verchères
"Contournement de Boucherville"
2. 1966 Traitement d'un fond de remblai argileux sur la route 161 à Ham-Nord dans le comté Richmond
3. 1968 Traitement d'un remblai argileux sur le chemin Craig à St-Rémi de Tingwick dans le comté d'Arthabaska
4. 1969 Traitement d'un fond de coupe argileuse sur la rue Choquette à St-Hyacinthe dans le comté de St-Hyacinthe
5. 1970 Traitement des fonds de coupe argileuse sur la route 169 à St-Bruno dans le comté du Lac St-Jean
6. 1970 Traitement du terrain naturel sous la ligne d'infrastructure de la route 169 à St-Henri de Taillon dans le comté du Lac St-Jean
7. 1971 Traitement des fonds de coupe argileuse sur la route 172 à St-Fulgence dans le comté de Dubuc
8. 1972 Stabilisation du terrain naturel sous la ligne de l'infrastructure sur la route 113 à St-Mathias dans le comté de Rouville
9. 1980 Traitement des fonds de coupe et des remblais argileux de l'autoroute 50 à Hull dans le comté Gatineau



MINISTERE DES TRANSPORTS
Sols et Chaussées

Dépôts argileux du Québec

Figure 1

ABAQUE DE PLASTICITE DES SOLS

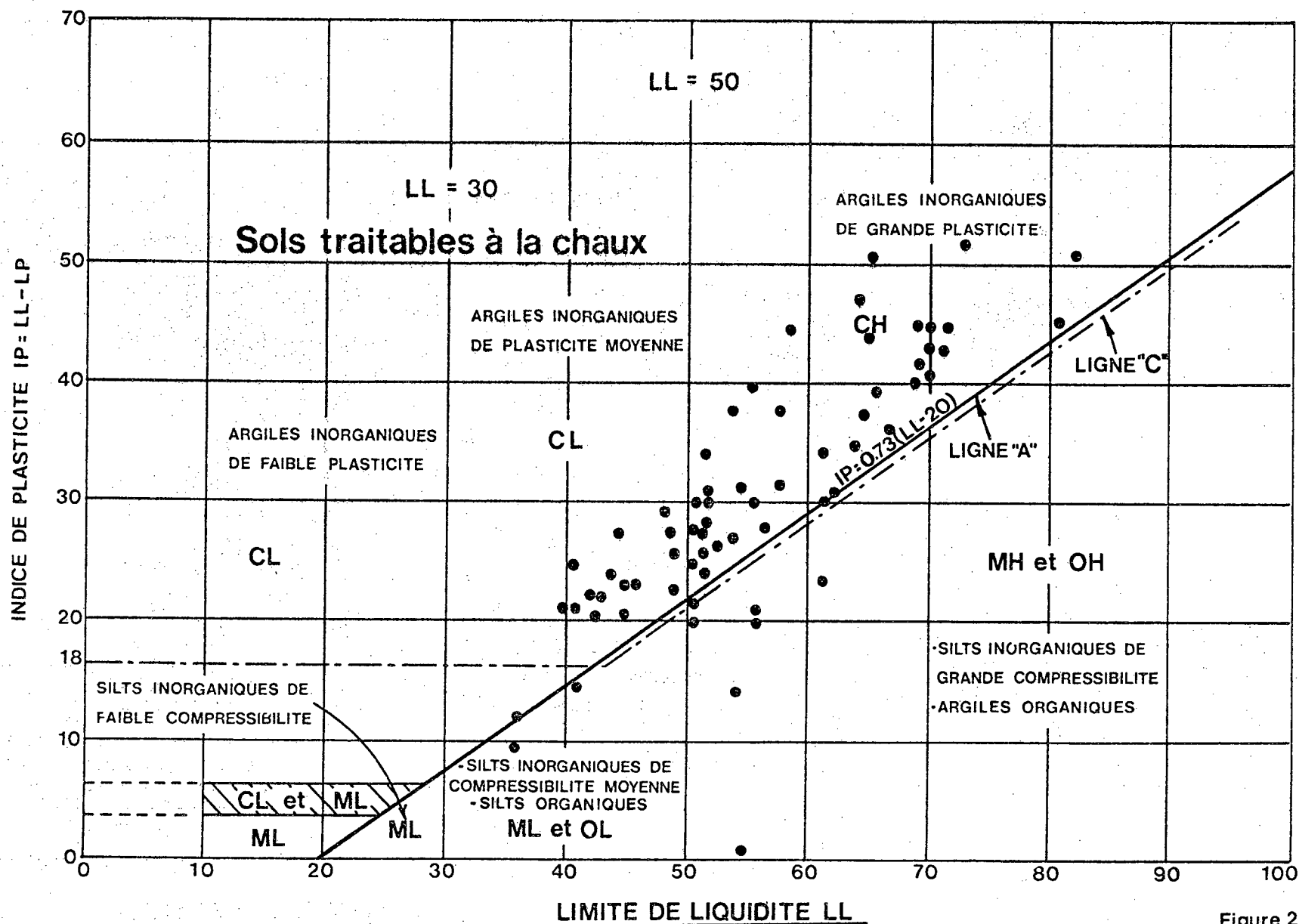


Figure 2

2. EFFETS DE LA CHAUX SUR L'ARGILE

L'addition à un sol argileux de quelques pourcentages de chaux provoque des changements rapides dans les propriétés physiques du sol. Ce dernier passe de plastique à friable, sa sensibilité à l'eau diminue appréciablement et sa résistance ou sa stabilité s'accroissent considérablement.

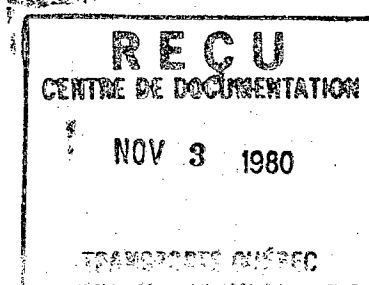
Si l'on admet qu'un sol argileux peut être mis en oeuvre lorsque sa teneur en eau est inférieure ou égale à sa limite de plasticité, on admettra également à l'étude de la figure 3 qu'avec l'addition de 2% de chaux, la limite de plasticité d'une argile de la région de Hull passe de 22% à 44% ou encore de 25% à 46%. Ceci signifie que l'addition de 2% de chaux rend l'argile utilisable jusqu'à des teneurs en eau de l'ordre de 45% alors que, sans la présence de la chaux, on doit s'en tenir à environ 25% d'eau.

La figure 4 montre clairement le gain de résistance au cisaillement de l'argile avec l'addition de la chaux. Avec un traitement de 2% de chaux, on obtient une résistance de l'ordre de 1000 livres au pied carré tandis qu'avec 5%, cette résistance passe à 2700 livres. Au-dessus de 5%, on atteint ce qu'il est convenu d'appeler "le point de fixation de la chaux", c'est à-dire

qu'une augmentation du pourcentage de chaux n'implique pas nécessairement un gain additionnel de résistance.

L'addition de chaux aux sols argileux a également des effets bénéfiques sur la capillarité, les changements volumétriques et la densité. Un sol traité à la chaux peut aussi subir les effets du gel s'il est en présence d'eau. Toutefois, ce que nous recherchons le plus par l'adjonction de chaux à un sol, c'est:

- un abaissement de sa teneur en eau;
- une diminution de sa sensibilité à l'eau;
- un accroissement de sa résistance et de sa stabilité.



LIMITES LIQUIDES ET PLASTIQUES
VERSUS LA TENEUR EN CHAUX

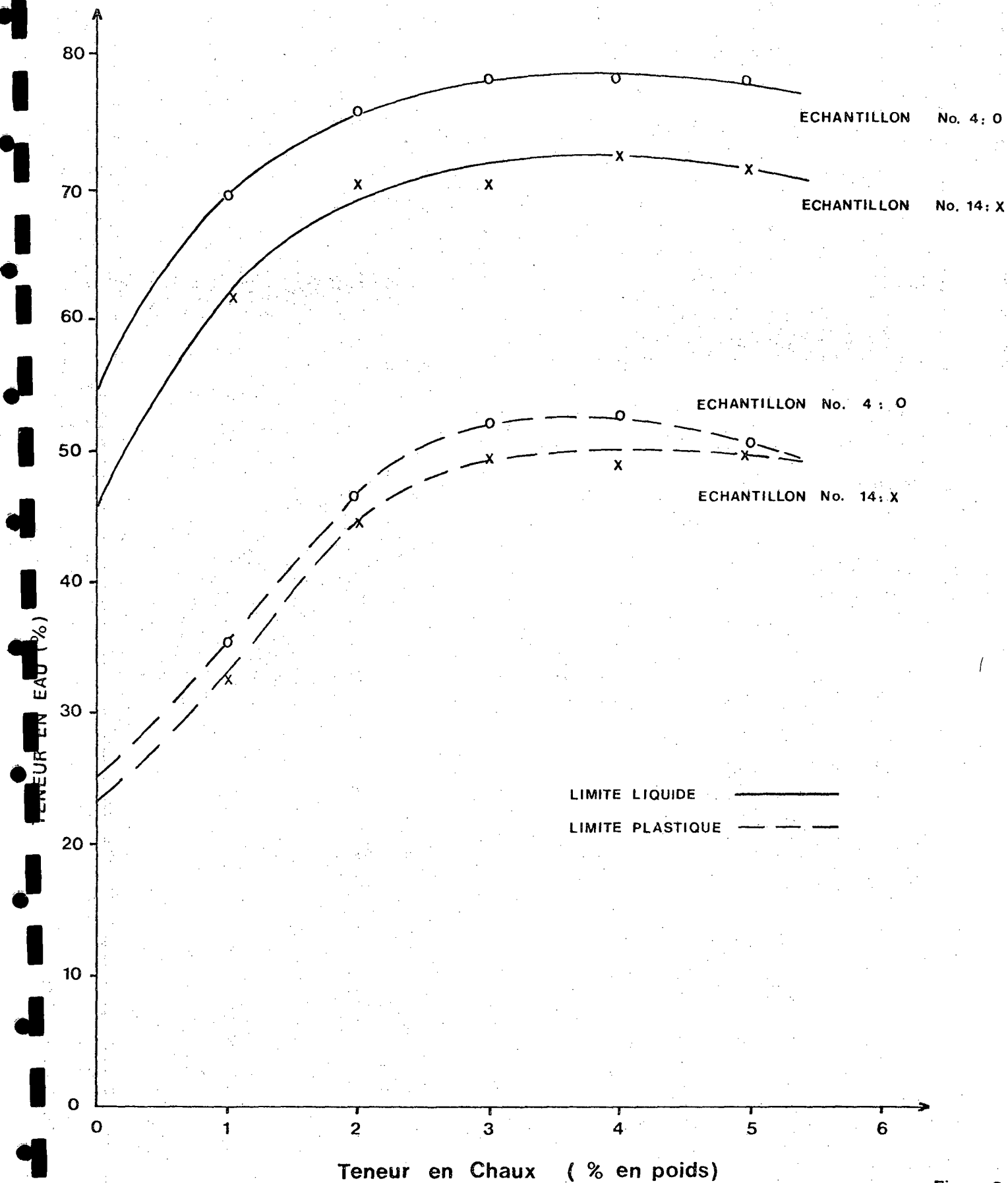


Figure 3

RESISTANCE AU CISAILLEMENT VERSUS LA TENEUR EN CHAUX

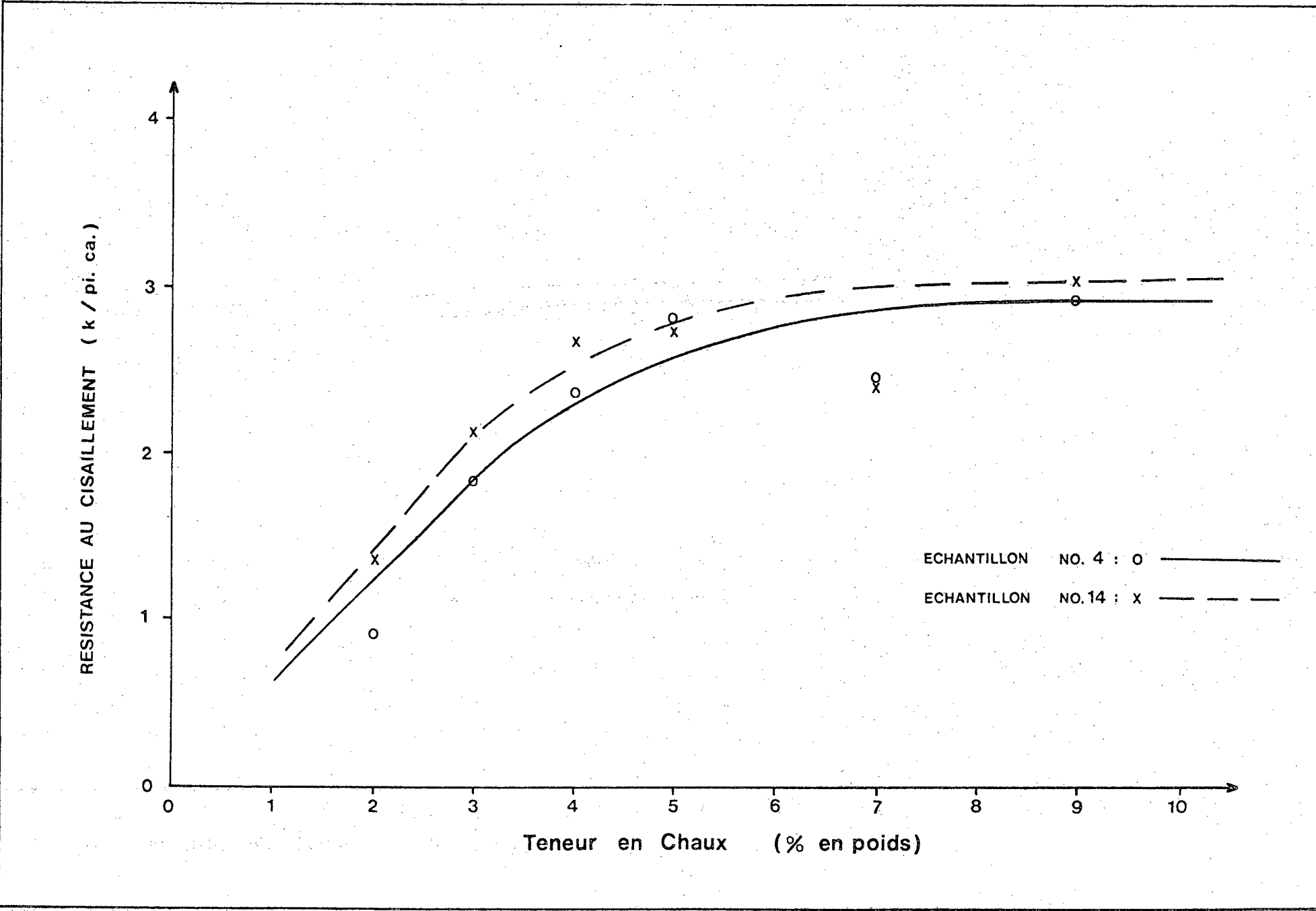


Figure 4

3. DIFFERENCE ENTRE UN TRAITEMENT ET UNE STABILISATION A LA CHAUX

La stabilisation à la chaux se distingue du traitement aux deux points de vue suivants:

1. le taux d'application
2. la méthode de construction

3.1 Taux d'application de la chaux

Les figures 3 et 4 indiquent qu'au-dessus de 5% de chaux, aucun gain sensible n'est réalisé ni au point de vue des limites d'Atterberg, ni à celui des résistances. On dit alors que l'argile a atteint son point de fixation de la chaux. Ce point varie d'un sol à l'autre et se situe généralement à 4% pour nos argiles classées comme CL et de 5% pour celles classées comme CH.

Lors d'une stabilisation, la teneur en chaux doit être à peu près égale au point de fixation de l'argile, tandis que lors d'un traitement, elle est bien inférieure à ce point et se situe habituellement à environ 2%.

Dans une stabilisation, on vise en premier lieu un gain de résistance, une valeur structurale accrue tandis que dans un traitement, on vise un assèchement de l'argile pour permettre son utilisation.

3.2 Méthode de construction

3.2.1 Stabilisation

La stabilisation d'un sol peut se faire en usine ou en chantier. Elle consiste en un dosage et un malaxage d'un sol argileux avec de la chaux vive ou hydratée, selon les étapes suivantes:

- a) Préparation de la surface en la nivelant à l'élévation désirée et selon la couronne demandée;
- b) Scarification ou pulvérisation de l'argile au moyen d'une herse à disques ou d'un pulvimélangeur;
- c) Application de la chaux en une ou plusieurs passes et selon le taux requis;
- d) Malaxage au moyen d'un pulvimélangeur. Durant cette opération, le mélange doit avoir une teneur en eau au moins 3% supérieure à l'humidité optimale du Proctor modifié. Il faut donc généralement prévoir une humidification à cette étape;
- e) Fermeture de la surface stabilisée par un léger compactage et laisser curer pendant 24 à 48 heures;

- f) Pulvérisation du mélange, qui s'est durci lors de sa cure préliminaire, de manière à ce que tous les agglomérats traversent un tamis de deux (2) pouces. Durant ce deuxième malaxage, la teneur en eau doit être maintenue près de l'optimum;
- g) Compactage final, généralement avec des pneus multiples, jusqu'à au moins 90% du Proctor modifié;
- h) Laisser curer pendant au moins sept (7) jours avant d'ouvrir à la circulation. Habituellement, le mélange doit être recouvert d'une membrane de bitume liquide durant la période de curage pour conserver son humidité.

3.2.2 Traitement

Le traitement d'un sol se fait généralement en chantier et consiste à mélanger 1, 2 ou 3% de chaux vive ou hydratée avec le sol en place. La préparation initiale peut légèrement changer selon que le but recherché est d'assécher le fond d'une coupe pour obtenir un meilleur profilage et un gain de résistance au niveau de la ligne d'infrastructure ou de permettre l'utilisation de matériaux de déblai en remblai. Le procédé inclut généralement les étapes suivantes:

- a) Préparer la surface à traiter soit par une scarification ou un profilage;
- b) Faire l'application de la chaux. Habituellement la chaux sous forme liquide n'est pas recommandable étant donné que le but visé est d'assécher l'argile;
- c) Mélanger l'argile-chaux avec des herse à disques ou tout autre pulvimélangeur permettant d'obtenir un mélange uniforme à agglomérations maximales de trois (3) pouces;
- d) Laisser curer pendant une période qui peut varier d'une heure à vingt-quatre (24) heures, selon la nature du sol, de son humidité et des objectifs visés;
- e) Reprofiler la surface traitée et la densifier selon les exigences.

Advenant que l'humidité soit encore trop élevée ou que l'on n'ait pas atteint les objectifs visés, il faut recommencer le procédé et avoir ainsi recours à un traitement double.

4. COUTS D'UN TRAITEMENT OU D'UNE STABILISATION A LA CHAUX

Divers projets qui ont fait l'objet d'appels d'offres durant l'année 1980 nous permettent de définir d'une façon assez précise le coût d'un traitement à la chaux. La chose n'est cependant pas possible dans le cas des stabilisations puisque le dernier projet réalisé remonte en 1972. Il a été réalisé à St-Mathias dans le comté de Rouville.

4.1 Mode de paiement d'un traitement à la chaux

Dans les contrats de stabilisation ou de traitement à la chaux, le ministère requiert généralement de l'entrepreneur qu'il soumissionne un prix unitaire à la tonne métrique de chaux. Outre la fourniture, le transport et l'épandage de la chaux, ce prix comprend le malaxage de même que toutes les opérations nécessaires et additionnelles aux opérations conventionnelles prévues aux travaux de terrassement ainsi que toutes dépenses incidentes. Ce prix, au cours de l'année 1980, se situait aux environs de cent vingt (120) dollars la tonne métrique de chaux.

Chaque livraison de chaux doit donc être accompagnée d'un certificat montrant la quantité livrée au chantier.

4.2 Mode de paiement d'une stabilisation à la chaux

Contrairement au traitement, le prix unitaire soumissionné pour une stabilisation à la chaux est généralement fourni à la verge carrée. Ce prix unitaire comprend la fourniture, le chargement, le transport et l'épandage de la chaux ainsi que la préparation de la couche à traiter, le malaxage, le compactage, la finition et la maturation de tous les ingrédients. Il comprend aussi la main d'oeuvre et l'équipement nécessaire à la mise en oeuvre et toutes autres dépenses incidentes à l'exécution de l'ouvrage.

Si l'on considère les prix soumissionnés pour l'année 1980, une stabilisation à la chaux sur six (6) pouces d'épaisseur, à un taux d'application de chaux de quatre (4) pour cent, doit être estimée à \$2.35 la verge carrée.

5. UTILISATION DE LA CHAUX DANS LES PROJETS ROUTIERS

La chaux utilisée dans les constructions routières est généralement du type hydratée et doit satisfaire les exigences de la norme ASTM-207 type N. A moins d'indications contraires spécifiées au devis spécial, l'épandage de la chaux sous forme liquide n'est pas permis.

Lors de la préparation des projets routiers, où les sols en présence sont argileux, il est fortement recommandé de prévoir l'utilisation de la chaux. Selon les caractéristiques de l'argile en place, trois types de traitement peuvent être envisagés.

5.1 Traitement de l'infrastructure dans les sections en déblai

De manière à améliorer la portance de l'argile au niveau de la ligne de l'infrastructure et faciliter la mise en forme de la plate-forme de la route, il est suggéré de traiter à la chaux sur les derniers six (6) pouces sous la ligne d'infrastructure et selon un taux de douze (12) livres à la verge carrée. Ceci correspond à une teneur en chaux d'environ 2.5%.

Ce traitement, en plus d'accroître la résistance au cisaillement, permet une réduction de la sous-fondation. Les vingt-quatre (24) pouces de matériau classe A

habituellement requis sur les sols argileux, peuvent alors être remplacés par quinze (15) pouces de matériau classe A, ce qui représente une économie de neuf (9) pouces de granulaire.

5.2 Traitement dans les remblais

Pour permettre l'utilisation des déblais argileux dans les remblais, il est souvent nécessaire de les traiter à la chaux. Généralement, les déblais argileux situés au-dessus de la nappe phréatique et affichant de faibles teneurs en eau peuvent être utilisés dans les remblais sans chaux. Quant aux autres, ils doivent être traités au moyen de douze (12) livres à la verge carrée pour chaque pied d'épaisseur de remblai. Ceci revient à dire que le mélange argile-chaux doit avoir une épaisseur minimum de six (6) pouces pour chaque couche d'un pied de remblai.

La présence de la chaux dans les remblais, en plus de permettre leur construction, leur assure une meilleure stabilité étant donné le gain de résistance au cisaillement de l'argile.

5.3 Traitement des coupes importantes

Dans les coupes profondes, les argiles affichent souvent de fortes teneurs en humidité et une très grande

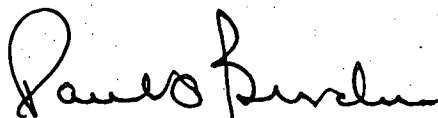
sensibilité au remaniement. Pour récupérer cette argile et la réutiliser dans les remblais, il est nécessaire de la traiter en place avant de la transporter. Un taux d'application d'au moins vingt-cinq (25) livres à la verge carrée par pied d'épaisseur est habituellement requis dans ces conditions.

Diverses approches peuvent être envisagées par l'entrepreneur pour réaliser ces coupes. Il ne pourra toutefois pas se passer d'un plan de travail s'il veut en tout temps avoir un accès sûr à l'intérieur des coupes en voie d'excavation de façon à lui permettre d'excaver les matériaux traités, de les évacuer et d'appliquer la chaux sur le fond de l'excavation au fur et à mesure que la couche traitée est évacuée.

CONCLUSION

L'utilisation de la chaux est appelée à connaître un essor certain dans les prochaines années. Cette technique a été utilisée dans diverses régions du Québec par le ministère des Transports qui met à la disposition des intéressés des rapports techniques sur quelques-unes de ses expériences. Les résultats à date sont convaincants, les avantages sont nombreux surtout sur le plan économique, tant pour les entrepreneurs que pour les maîtres d'ouvrages.

Le chef du service des Sols
et chaussées



Paul-A. Brochu, ing.

Québec, le 3 octobre 1980

