

TRAITEMENT MIXTE A LA CHAUX
ET AU CIMENT D'UN LIMON
DU GHARB (DEHS)

Mr Najib AHMAR LEGROUN
Chef du Service
sols et matériaux
au C.N.E.R.

INTRODUCTION

Pratiquement depuis sa création, le CNER a effectué différentes études de stabilisation à la chaux sur les sols argileux ou tirs.

En effet la priorité à l'étude a été accordée à ceux-ci car ils posent de gros problèmes de tenue aux chaussées qu'ils supportent; dans un second temps des études ont été effectuées sur la stabilisation aux ciments de certains sols sablonneux et limoneux. Enfin, nous avons jugé utile de réaliser une étude sur un limon argileux à l'aide d'un traitement mixte à la chaux et au ciment car nous savons d'après la littérature internationale que le traitement mixte convient pour ce type de sol et le mélange permet d'obtenir, de bonnes performances mécaniques. C'est pourquoi, nous avons étudié au laboratoire du CNER un "dehss", limon argileux, stabilisé à la chaux et au ciment, avec 2% de chaux et différents pourcentages de ciment, la chaux permettant une floculation des argiles et le ciment cimentant le tout et surtout permet d'obtenir une bonne résistance très rapidement, contrairement à la chaux seule.

Cette étude est d'autant plus importante que les dehss recouvrent de grandes étendues dans notre pays, notamment dans les environs immédiats des fleuves et même bien loin de ceux-ci déposés lors d'inondations antérieures.

L'objectif de cette étude est d'analyser l'augmentation de la stabilité et de la portance de la fondation de la chaussée pour assurer une bonne tenue de cette dernière et de réduire l'épaisseur de corps chaussée, en prenant en compte justement cette augmentation de la portance .

Nous signalons enfin que le limon traité à l'aide de la chaux et du ciment, s'il est correctement mis en oeuvre, peut être utilisé en assise de chaussée. Différentes expériences et réalisations ont eu lieu en Europe et aux Etats Unis et ont donné de très bons résultats.

I-SOLS SUSCEPTIBLES DE RECEVOIR UN TRAITEMENT MIXTE A LA CHAUX ET AU CIMENT

On retiendra que les sols susceptibles de recevoir un traitement mixte sont d'une façon générale peu ou moyennement argileux. Dans ce traitement on utilise la complémentarité d'action de la chaux aérienne sur la fraction argileuse du sol d'une part et des ciments sur la fraction granulaire d'autre part.

La chaux agit immédiatement et provoque une augmentation immédiate et importante de la consistance du sol, ce qui rend plus aisé le traitement au ciment la prise hydraulique se développe alors normalement, elle est assez rapide contrairement à la chaux seule, mais peut se prolonger, longtemps dans le temps. Il faut souligner l'effet de la température qui augmente beaucoup la cinétique des réactions, point important à ne pas négliger dans notre pays où les saisons sèches sont assez marquées.

L'avantage de ce traitement mixte est que sur un chantier on peut rétablir rapidement la circulation sur la couche traitée 1 à 2 jours après le traitement.

Retenons que le traitement mixte est valable pour un limon argileux ayant:

- 10 à 35 % d'argile, passant à 2 microns
- un Ip compris entre 10 et 20.
- un W_L supérieur ou égal à 40.

-Localisation du "dehss" soumis à l'étude

Le site du prélèvement de l'échantillon étudié se trouve dans la plaine du gharb, dans les voisinages du seboû, et plus exactement à SIDI ABDELAZIZ. Ce matériau est très abondant dans la plaine du gharb et constitue par ailleurs un très bon sol agricole.

-Essais d'identification

- a) granulométrie
- | | |
|---------|-------|
| 0,5 mm | 100% |
| 0,4 mm | 99,9% |
| 0,08 mm | 94,1% |
- b) limites d'Atterberg
- WL = 35
WP = 20
IP = 15

ESSAIS PROCTOR MODIFIES

Ces essais ont été effectués sur le dehss mélangé à différents pourcentages de chaux et de ciment, nous donnons uniquement un tableau récapitulatif, il est inutile de joindre toutes les courbes (voir ci-après).

X

Proctor Modifié

Pourcentage de chaux et ciment	! Wopm	! Wdopm
(0,0)	!12,60	! 1,92
(1,3)	!10,84	! 1,879
(2,4)	!14,83	! 1,871
(2,6)	!13,05	! 1,891
(2,8)	!11,57	! 1,884

On constate qu'il n'y a pas une tendance générale et que ces valeurs ne sont pas régies par une loi linéaire ou autre. Cependant, pour ces différents pourcentages la densité optimale est aux alentours de 1,87 à 1,89 et la teneur en eau optimale aux alentours de 11% à 13 %.

On constate une légère baisse de la densité optimale par rapport au dehss seul.

Il n'y a pas comme c'est le cas, pour le sol chaux seule, une diminution des densités optimales, et une augmentation des teneurs pour des pourcentages de chaux croissants.

Notons enfin qu'une bonne compacité est nécessaire pour obtenir de bonnes résistances à la compression simple (et à la traction) du mélange dehss chaux ciment et qu'une baisse de quelques points de celle-ci entraîne une chute très importante de ces résistances.

E S S A I S C B R

Nous donnons directement les valeurs dans un tableau récapitulatif (voir tableau ci après).

Interprétation

Comme tous les limons et les argiles la portance est bonne pour des essais directs (68), mais dès qu'il y a imbibition il y a chute de la portance(3) on constate qu'avec 1% de chaux et 3% de ciment le CBR augmente nettement pour atteindre la valeur 185 et malgré l'imbibition de 4 jours il reste égal à 113 ce qui est excellent, malgré la baisse du 1/3 de sa valeur initiale.

Avec les couples (chaux ciment) : (2,4), (2,6) (2,8), les CBR directs sont aux alentours de 110 , à l'exception de celui (2,8) qui est de 74, et chose extraordinaire, après imbibition de 4 jours sous eau, le CBR augmente d'une façon spectaculaire vers les 180 et même 213 pour le (2,8), c'est à dire que le mélange contrairement au sol seul, non seulement devient insensible à l'eau, mais plus encore, sa portance augmente en sa présence. Ce phénomène a déjà été mis en évidence au CNER lors d'études antérieures sur les (sols) stabilisés à la chaux.

Les réactions (argile, chaux) nécessitent pour leur développement une certaine quantité d'eau, c'est ce qui explique qu'après imbibition les CBR augmentent car les particules argileuses ont pu alors se combiner à la chaux pour donner des silicates et des aluminates etc...

Ce phénomène de l'insensibilité et même de l'augmentation de la portance du mélange limon à la chaux et aux ciments en présence d'eau est encore plus évident pour les CBR après 28 jours d'âge et plongés pendant 28 jours dans l'eau, ce qui est très facile à constater en regardant le tableau des CBR ci après, les valeurs dépassent en effet largement les 200, dès qu'on atteint le couple (2,6) et sont nettement meilleurs que celle poignées directement après 28 j d'âge.

On retiendra en définitif que si le CBR est de l'ordre, de 3 pour le dehss seul, après imbibition, il dépasse largement les 100 et même les 200 dans certains cas.

Récapitulatif des CBR à différents pourcentages de chaux et de ciment, à différents âges, imbibés et non imbibés.

Nature = Dehss

Conservation pourcentage x% chaux, y%- ciment (x,y)	Direct	+4jours- sous eau	28 jours	28+4jours sous eau	28+28 jours sous eau
(0,0)	68	3	24	22	9
(1,3)	185	113	126	92	177
(2,4)	118	189	268	252	177
(2,6)	110	176	235	201	252
(2,8)	74	213	279	252	277

COMPRESSION SIMPLE ÉPROUVETTES ANGLAISES

On remarquera que les essais à 350 j ne figurent pas sur le tableau, leur âge n'étant pas encore atteint on remarque ainsi que certaines valeurs à 150j et à 180 j n'existent pas, la presse étant tombée en panne, ces essais n'ayant pu être réalisés.

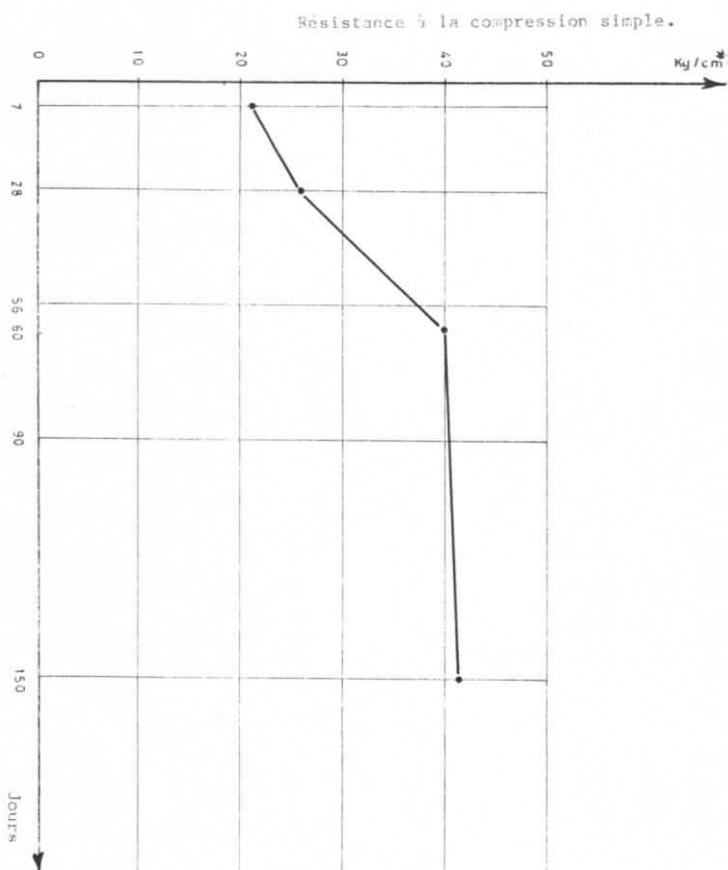
En ce qui concerne les valeurs que nous avons dans le tableau, sans exception aucune on constate que pour chaque âge, les valeurs croissent en fonction des pourcentages croissant de chaux et de ciment (voir ligne par ligne).

Les valeurs croissent aussi en fonction de leur âge pour un pourcentage de chaux et de ciment donné (voir colonne par colonne), mis à part les légères chutes de résistance après imbibition de 4 jours dans l'eau des éprouvettes par rapport à celles qui ne le sont pas. Ceci est d'ailleurs très visible sur les courbes ci-après. Pratiquement tous les pourcentages choisis sont intéressants pour les résistances qu'ils donnent, néanmoins celui de (2,4) et particulièrement intéressant, vu qu'il offre une résistance égale à 45 bars à 60 jours et de 37 bars à 60j + 4 j sous eau qui sont des valeurs assez élevées d'une part, et d'autre part il rend ce matériau pratiquement insensible à l'eau puisque la chute de 47 à 37 bars entraîne un coefficient de sensibilité de 0,82 ($r=0,04$ pour le

*RESISTANCE A LA COMPRESSION DES EPROUVETTES ANGLAISES

* DEHS N° 281

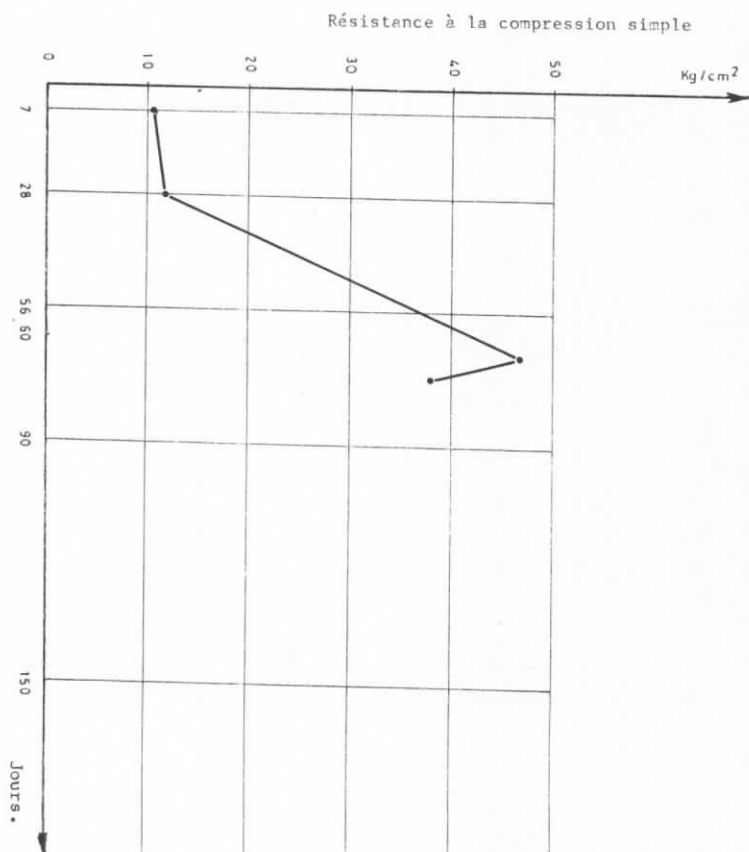
* 2% CHAUX + 8% CIMENT



* RESISTANCE A LA COMPRESSION DESEPROUVETTES ANGLAISES

* DEHS N° 281

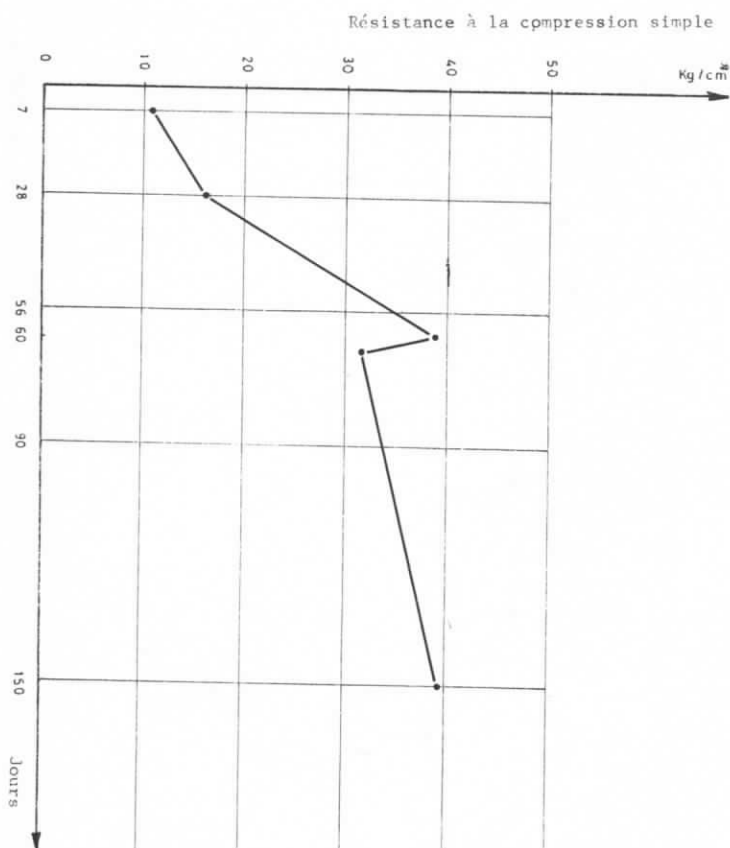
* 2% CHAUX + 4% CIMENT



*RESISTANCE A LA COMPRESSION DES EPROUVETTES ANGLAISES

* DEHS N° 281

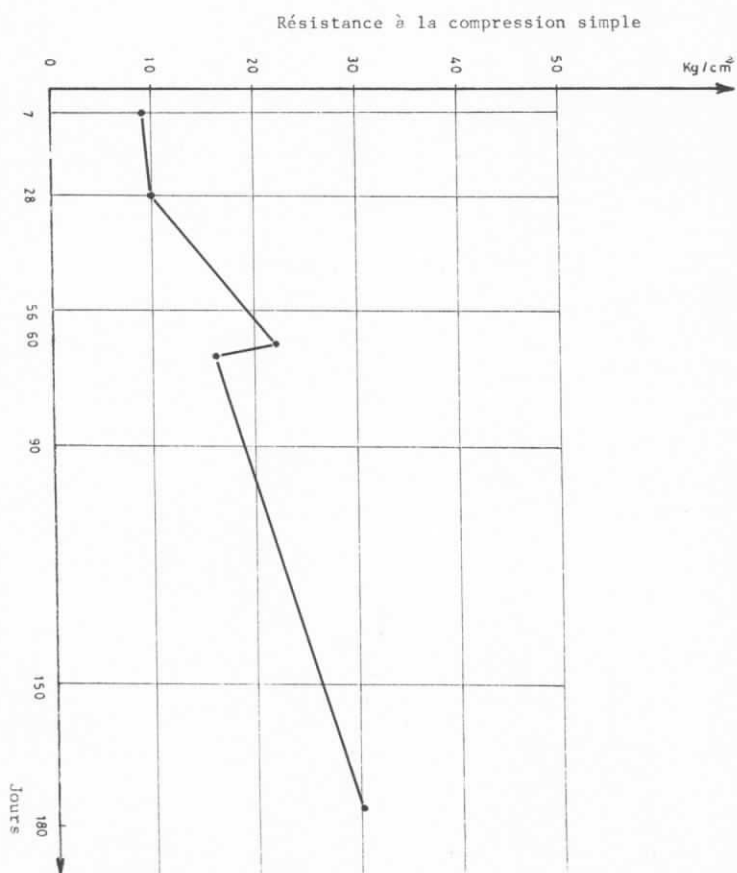
* 2% CHAUX + 6% CIMENT



*RESISTANCE A LA COMPRESSION DES EPROUVETTES ANGLAISES

*DEHSS N° 281

*1 % CHAUX + 3% CIMENT



sol non traité. Cependant selon l'utilisation du mélange, on pourra choisir un des 3 couples (chaux, ciment) suivants (1,3); (2,4); (2,8); en remblai, en couche de forme, en couche de fondation ou en couche de base. Le couple (2,8) s'il offre de très bonnes résistances, il n'est pas intéressant économiquement.

Compression simple -Eprouvette anglaise

Rc =(x,y)	!	!	!	!	!
Conservation!	(0,0)	!(1,3)	!(2,4)	!(2,6)	!(2,8)
7 jours	8	9,34	10,5	11,02	21,78
28 jours	-	10	11,85	16,23	26
60 jours	-	22,32	45,53	38,7	40,3
60+4j sous- eau	-	16,05	37,69	31,91	-
150 jours	-	-	-	39,21	41,8
180 jours	-	30,05	-	-	-
256 Jours	-	29,5	46	39	31
256+4j S. eau	!	24,5	37	23	33

CONCLUSION

Le "dehss"(limon) étudié a montré une grande aptitude au traitement mixte chaux, ciment. Ce traitement s'adapte bien à ce sol car il contient un pourcentage d'argile important et un prétraitement à la chaux pendant 24h est nécessaire avant celui du ciment. L'amélioration apportée par ce traitement à ce matériau est très importante, d'une façon générale que ce soit pour la portance, donc les CBR, ou les résistances à la compression simple. Les essais réalisés ont montré que le mélange, non seulement redevient insensible à l'eau et ne voit pas son CBR chuter en présence d'eau mais au contraire, sa portance croît par rapport à l'essai direct, même pour des cas extrêmes, moules plongés pendant 28 jours dans l'eau.

Les résistances à la compression simple ne baissent que de 20 % à peu près après imbibition et restent malgré cela des valeurs assez élevées.

Ce matériau devrait avoir plusieurs applications dans le domaine routier, en remblai, en couche de forme, en couche de fondation et même en couche de base pour les routes faiblement à moyennement circulées.

Ce matériau peut présenter un grand intérêt également pour la construction de logement à moindre coût (construction en terre stabilisé), pour les canaux d'irrigation et même pour des barrages en terre stabilisée, ainsi que pour les remblais et les plateformes pour voies ferrées.

Ceci est particulièrement intéressant pour certaines régions où sévit une pénurie de matériaux et l'utilisation des matériaux en place par stabilisation remédie à ce problème et peut être très économique au point de vue coût.

Enfin, il ne nous reste plus qu'à expérimenter insitu en grandeur nature la technique des traitements mixtes à la chaux et au ciment de ce type de limon très répandu dans notre pays.