

## Ré emploi des matériaux en Génie Civil



[Philippe.bienvenu@lhoist.com](mailto:Philippe.bienvenu@lhoist.com)

**Bayonne le 24 Novembre 2014**  
**Pau le 25 Novembre 2014**

## Sommaire

- ◆ A – Le traitement de sols en génie civil
- ◆ B – Les solutions possibles
- ◆ C – Les documentations techniques



# Introduction

## La chaux, Une longue histoire!

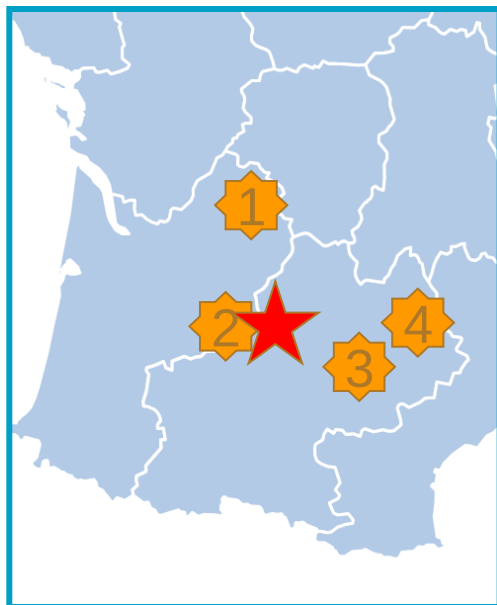
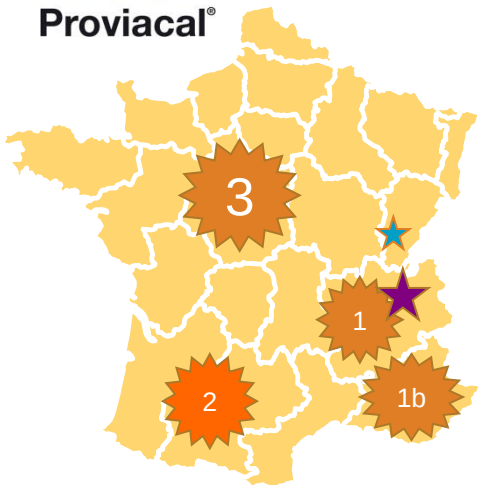


**Grande muraille de Chine**  
(7<sup>eme</sup> à 3<sup>eme</sup> Siècle A JC)



**Voies romaines**  
(3<sup>eme</sup> Siècle A JC)

# Région Sud-Ouest B&C



## Anciennement CHAUX DU PERIGORD

- (1) Terrasson (Dordogne)
- (2) Sauveterre (Lot-et-Garonne)
- (3) Carmaux (Tarn)
- (4) Bertholène (Aveyron)





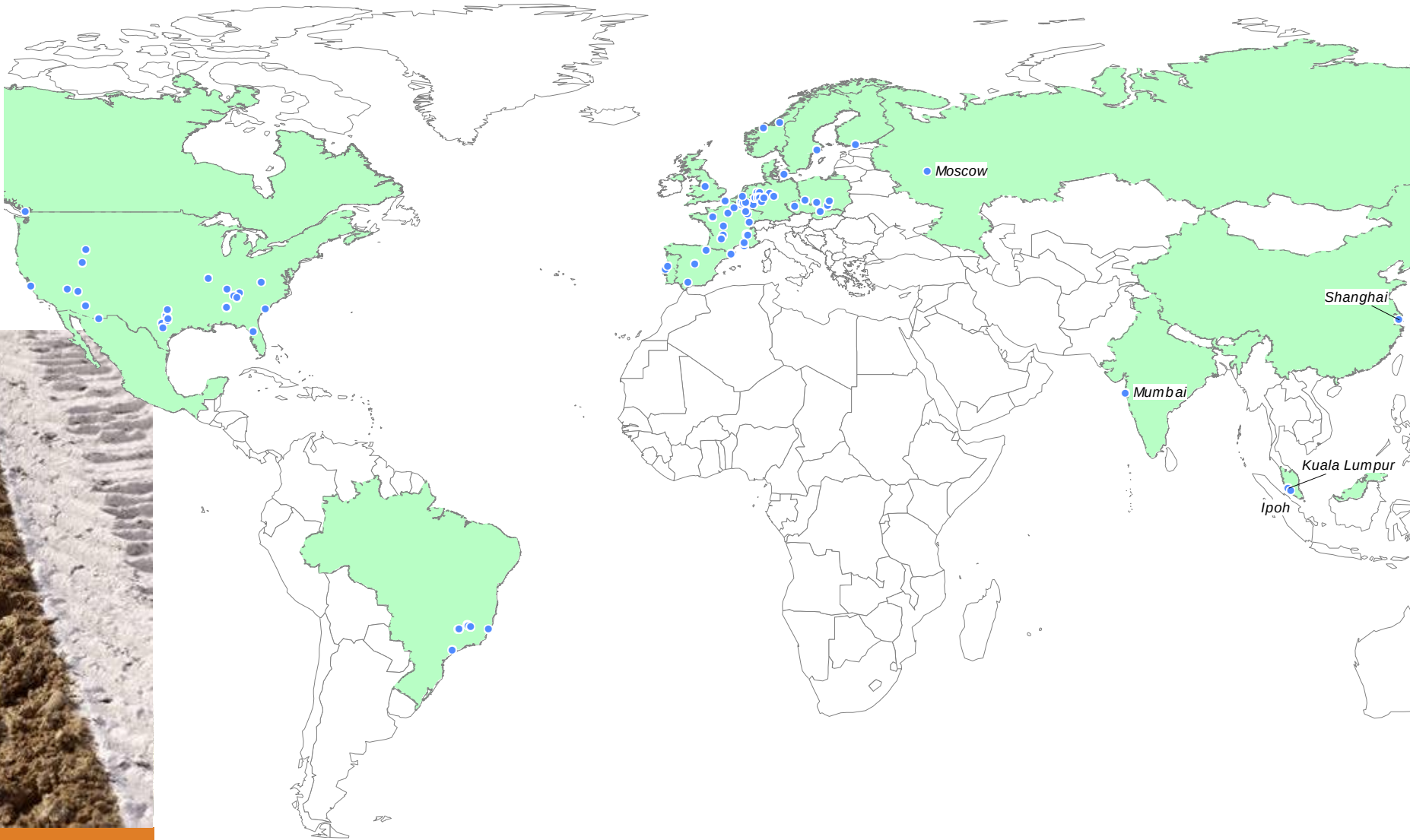


# Le Groupe Lhoist en Europe

Proviac

- Headquarters
- Offices
- Research Centers
- Plants





## B - Cas de l'emploi de chaux

Chaux: produit normalisé, bénéficiant d'un marquage CE et d'une DOP\*  
Conforme à la norme NF EN 459 de mars 2012



**$\text{CaCO}_3$**   
**Calcaire**



**$\text{Ca(OH)}_2$**   
**Hydroxyde de Calcium**



**Proviacal CaO**  
**Oxyde de calcium**

**\*DOP: déclaration de performance**

## A - Cas du traitement de sols en génie civil

- ◆ Technique utilisée en France depuis les années 1960
- ◆ Raisons économiques, climatiques, géologiques
- ◆ Grands travaux d'infrastructure: Autoroutes, LGV
- ◆ Produits utilisés: chaux, liants routiers, ciments

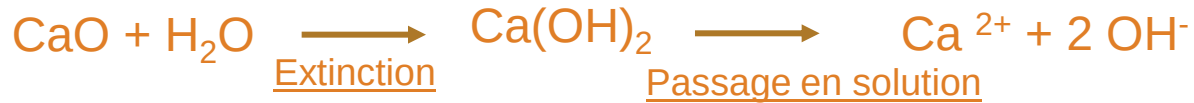






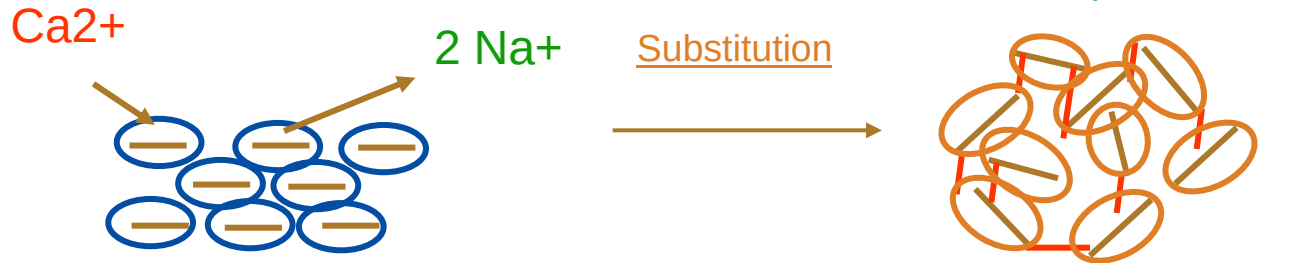
## B - Action de la chaux en Génie Civil:

### Proviacal® 1) Assèchement



Quelques minutes

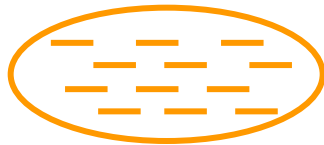
### 2) Floculation / calci structuration



Quelques heures

Feuillets d'argiles saturés en Na+  
Silico aluminates hydratées

Feuillets d'argiles saturés en Ca2+  
Silico aluminates floculées

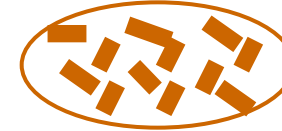


**Structure minérale**

**Plastique à granulaire**

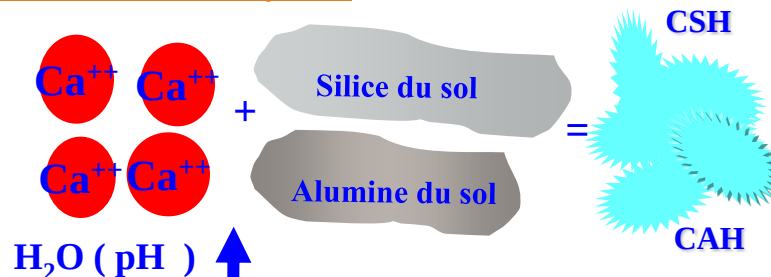
**Capacité portante**

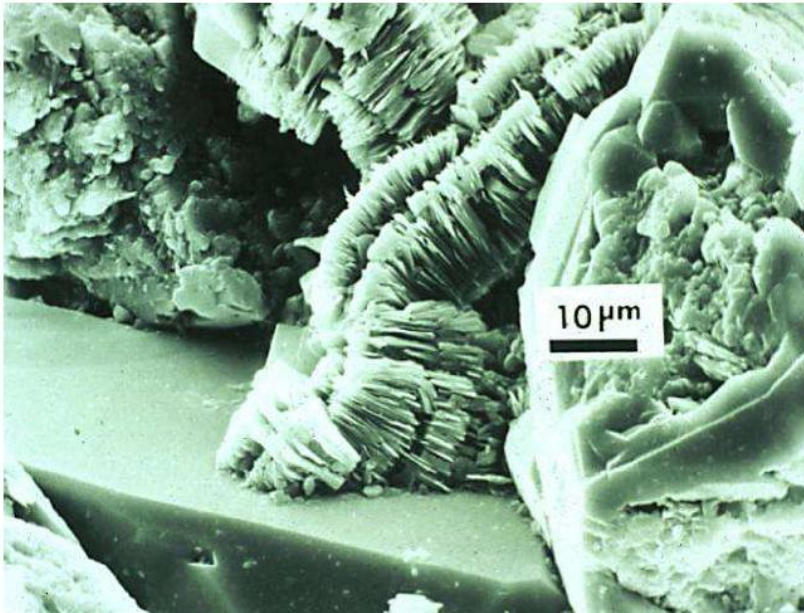
**Stabilité**



### 3) Liaisons Pouzzolaniques

Quelques semaines





#### Surface spécifique

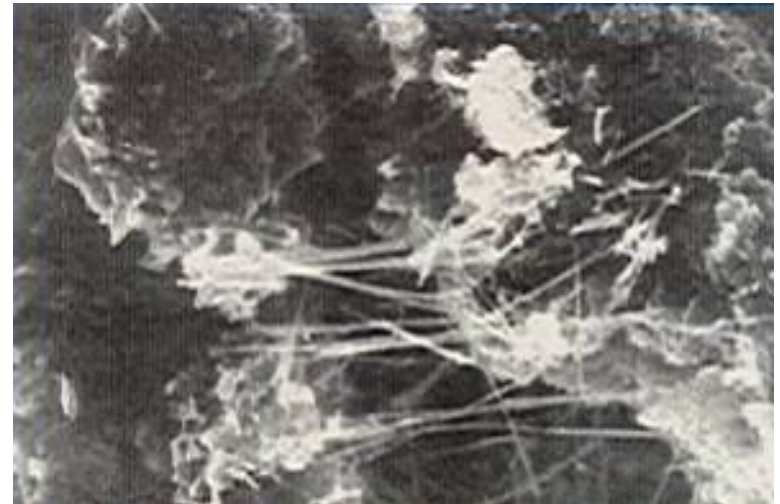
- Kaolinite – 15 [m<sup>2</sup>/g]
- Illite – 100 [m<sup>2</sup>/g]
- Smectite – 800 [m<sup>2</sup>/g]

-L'argile est un minéral constitué de particules principalement composées de silice & d'alumine

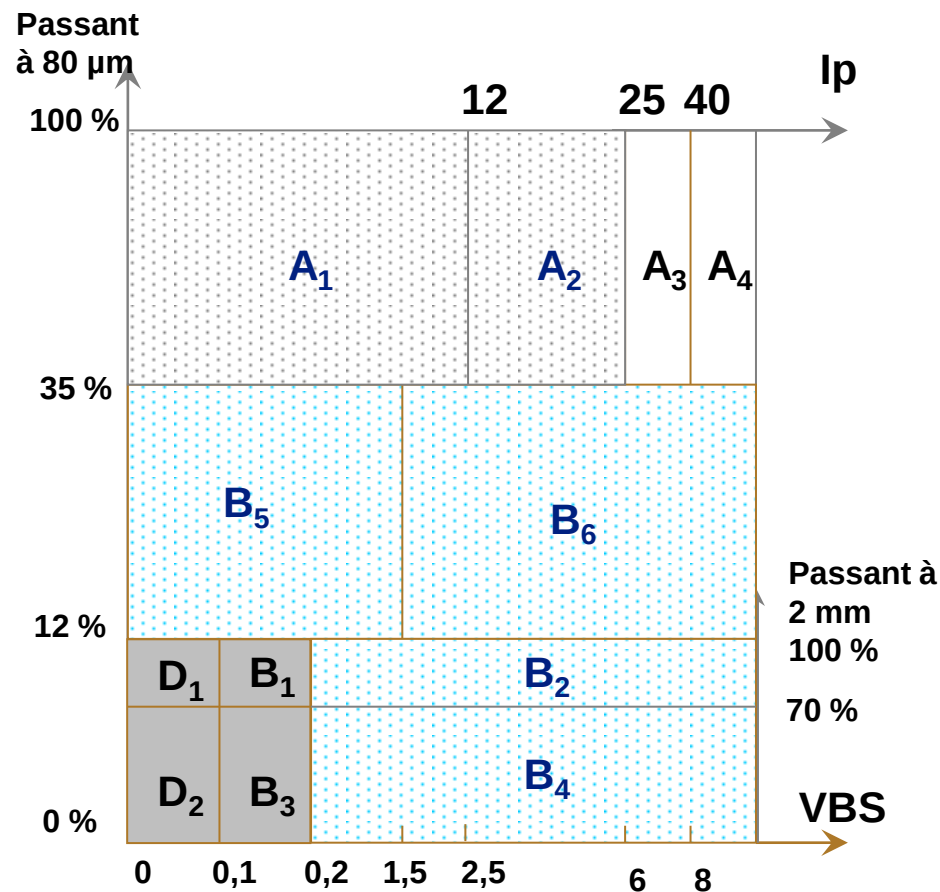
- Sa très grande surface spécifique et son affinité avec l'eau fait que sa teneur dans un sol détermine le comportement mécanique global de celui-ci.



#### Liaisons pouzzolaniques



- ◆ Cas des sols fins: matériaux naturels  $D < 50 \text{ mm}$
- ◆ Nous nous plaçons dans le cas de sols traitables



## B - But du traitement

- ◆ Améliorer la portance des sols fins : gain en IPI et CBR
- ◆ Faciliter le compactage: OPN
- ◆ Rendre insensible le sol à l'eau ( $CBR_i/IPI > 1$ )
- ◆ Gain économique: jusqu'à 40 % d'économie sur le poste terrassements

| Classes de matériaux suivant GTR | Traitement à envisager si IPI < à | IPI à obtenir |         |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------|
|                                  |                                   | Remblai       | PST*    |
| A1 C1A1 C2A1                     | 8                                 | 10 à 20       | 12 à 23 |
| A2 B6 C1A2<br>C2A2 C1B6<br>C2B6  | 5                                 | 7 à 15        | 8 à 17  |
| A3 C1A3 C2A3                     | 3                                 | 5 à 10        | 6 à 12  |
| B4 C1B4 C2B4                     | 15                                | 20 à 40       | 23 à 46 |
| B5 C1B5 C2B5                     | 12                                | 15 à 30       | 17 à 35 |



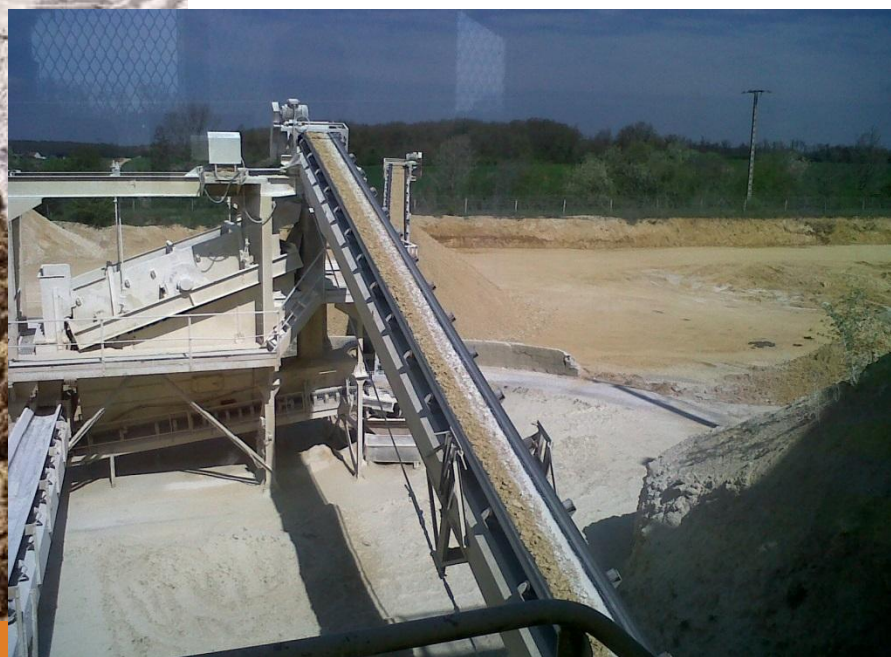


## ***B - Les Calci-Matériaux***

### **Carrières et Plates Formes Optimisation de la ressource minérale**

### **Cas concrets : Solutions matérielles**









# Evolution réglementaire et opportunités



# A RETENIR

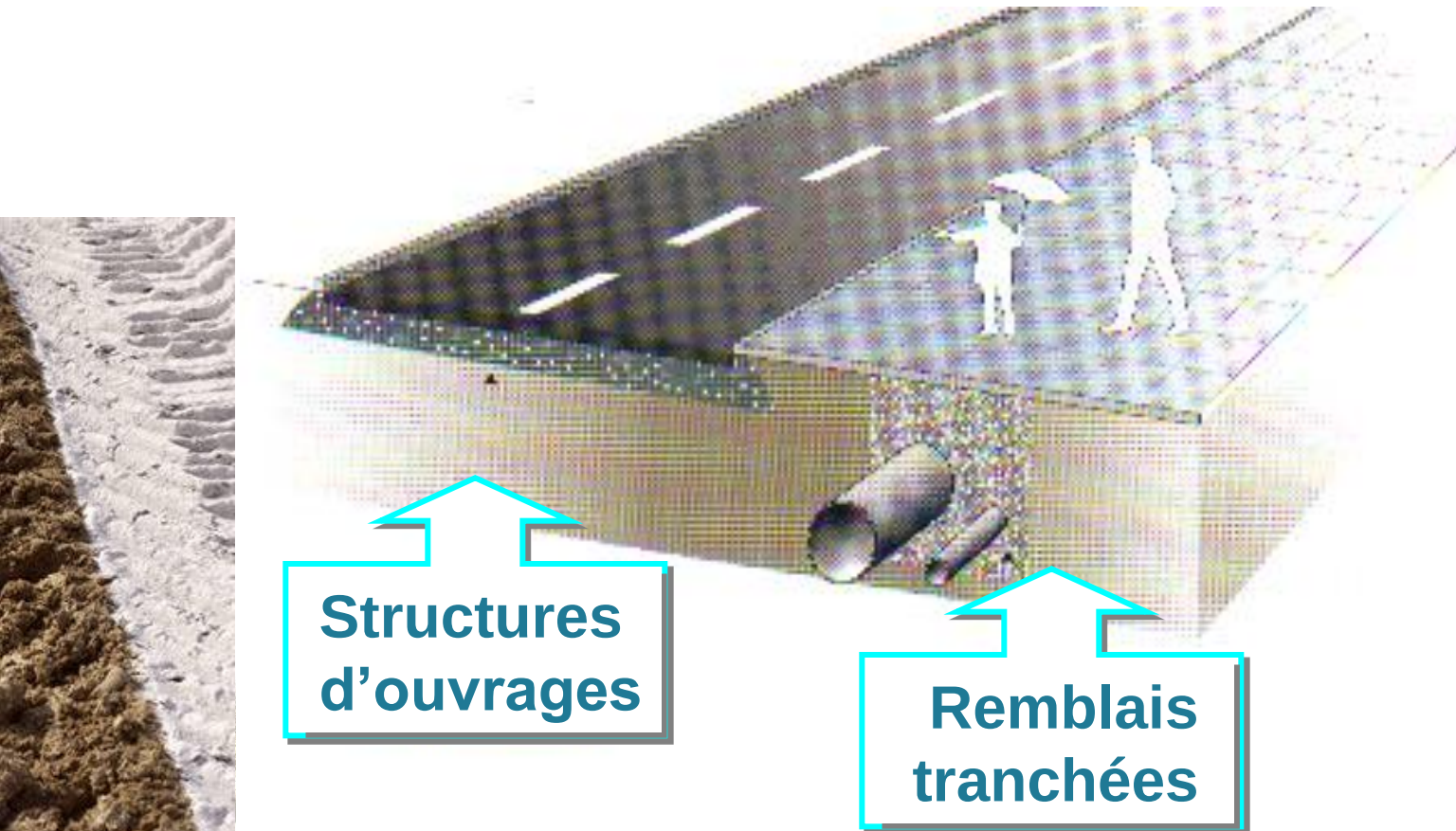
- ◆ Les Co produits obtenus par voie industrielle: laitiers, cendres ou naturelle: stériles de carrières, excédents de chantiers sont la plupart du temps des matériaux susceptibles de réagir avec de la chaux
- ◆ La technique est étroitement dérivée du génie civil et du traitement de sols
- ◆ Elle est accessible aux PME. Le point clé: l'adéquation matériel - matériaux
- ◆ Un ensemble de guides et de normes codifient la pratique
- ◆ La solution est économiquement viable, sous réserve que la solution ait été confrontée aux réalités locales
- ◆ Distinguer les notions: Collecte, Tri, Traitement: incidence financière





## ***B - Les Calci-Matériaux***

**Souplesse d'utilisation, large éventail d'applications**





## Normes:

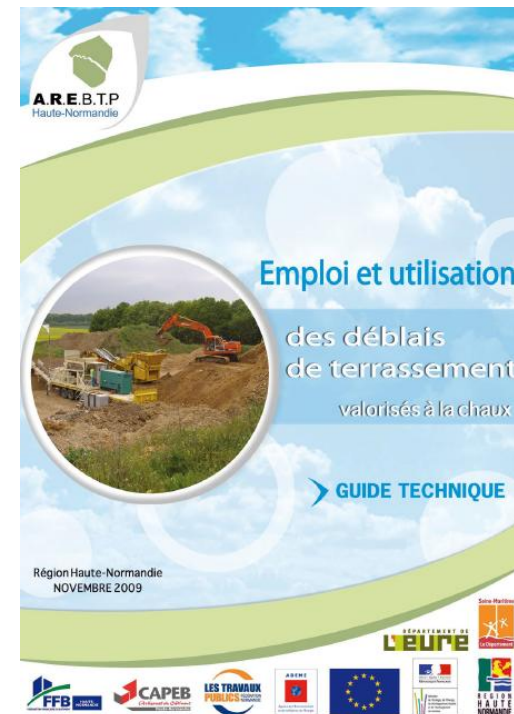
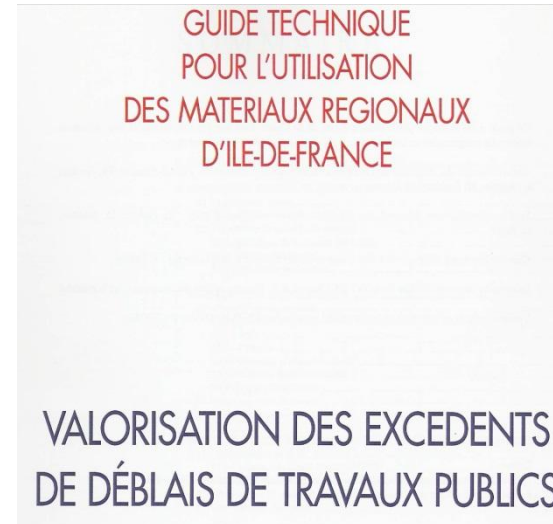
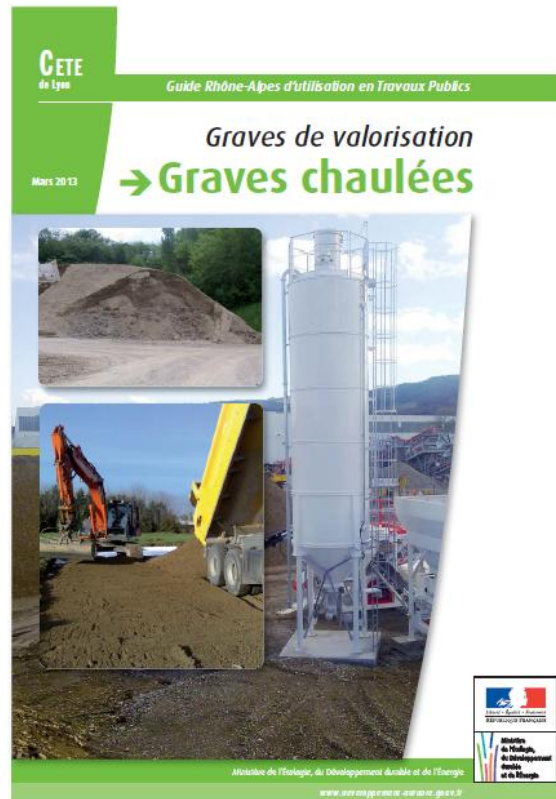
**94-100**

Sols : reconnaissance et essais - Matériaux traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Essai d'évaluation de l'aptitude d'un sol au traitement. - Sols :

Reconnaissance et essais

**98-331**

Tranchées, ouverture, remblayage, réfection





## ités générales de remblayage

### ***Les courants des chantiers sans le sol préalable***

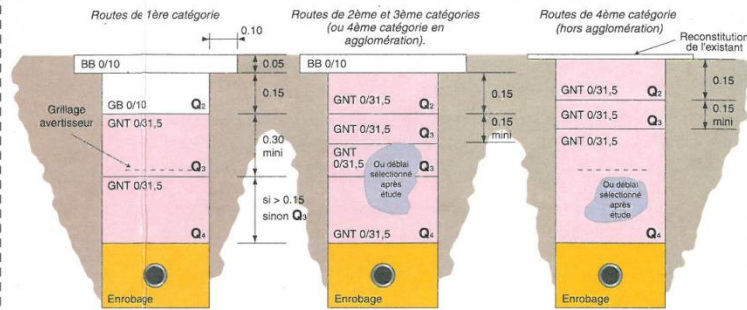
matériaux de remblayage sont  
vement des matériaux d'apport,  
s en carrière.

des chantiers ayant fait l'objet d'une étude préalable de sol et de stabilité ainsi que d'une mise au point contradictoire entre subdivisions cadastrales, propriétaire, entrepreneur, concepteur et le concessionnaire maître d'ouvrage.

Matériaux de déblais soigneusement triés pourront être réutilisés en place sous réserve d'atteindre les objectifs de résultat (densification,

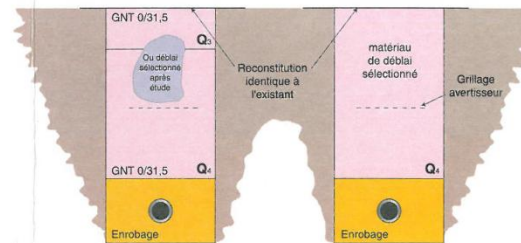


### .. Sous chaussée



### .. Hors chaussée

|                                                                                                                            |                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sous trottoirs ou sous accotements<br>à une distance du bord de chaussée<br>égale ou inférieure à la profondeur de fouille | Sous trottoirs ou sous accotements mais<br>à une distance du bord de chaussée<br>supérieure à la profondeur de fouille |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



## des matériaux utilisables en remblayage des tranchées

ériaux issus de gisements

R, au sens de la norme N. F. P. 11-300, regroupe l'ensemble des matériaux rocheux, issus de gisements de roches calcaires ou éruptives, employés en remblayage partement de la Charente.

signés (selon la résistance mécanique du matériau) comme suit :

- R 21 : calcaire dur..... (MDE  $\leq 45$ )  
R 22 : calcaire de moyenne densité.... (MDE  $> 45$  ; masse volumique sèche  $> 1,8$ )  
R 23 : calcaire fragmentable..... (masse volumique sèche  $\leq 1,3$ )  
R 61 : roches éruptives (diorites ou granites).

iste, bien entendu d'autres types de gisement dans le sous-sol charentais; leur emploi potentiel nécessite obligatoirement des études de laboratoire approfondies.

ériaux élaborés (issus de carrières et présentant de bonnes performances mécaniques)

caractéristiques des matériaux élaborés permettent de les classer selon leur difficulté à être compactés. Cette caractéristique se traduit par les termes DC1 - DC2 - DC3 (plus le DC est élevé, plus le compactage devient difficile).

Je cas de mise en œuvre de matériaux élaborés type G. N. T. 0/31,5, il convient de veiller à mettre en œuvre des matériaux correctement humidifiés (matériau sec ne teneur en eau de 6 à 8 % est un bon ordre de grandeur.

t préalable des matériaux proposés pour le remblayage est obligatoire pour chaque chantier. Il se fait sur la base des résultats obligatoires d'essais d'identifications  
ir le fournisseur.

⚠ : Il faut différencier les notions de résistance mécanique et les notions de difficulté de compactage d'un matériau. En effet, un matériau entièrement concassé sera facile à compacter, mais permettra d'obtenir de meilleures résistances mécaniques.

en grave non traitée (GNT) de granulométrie 0/31,5 avec des caractéristiques suivantes :

matériau DC3 (en Charente, cas des productions élaborées de carrières de roches éruptives : diorites ou granites)



### 5.2.1 - Zone de pose

Le matériau d'enrobage doit être apte à assurer la protection et la stabilité de la canalisation et permettre un objectif de densification minimal q4.

Les réseaux sont posés conformément aux prescriptions de conception et de pose les concernant.

### 5.2.2 - Matériaux de remblai sous chaussée

La granulométrie O/D des matériaux d'apport ou réutilisables devra respecter les conditions suivantes :

- $D < 1/3$  de la largeur de la tranchée
- $D < 2/3$  de l'épaisseur de la couche compactée

### 5.2.3 - Partie inférieure du remblai

Les matériaux susceptibles d'être utilisés ou réutilisés sont définis dans la norme NF P 98.331 - article 6.2.2.

### 5.2.4 - Partie supérieure du remblai

Les matériaux susceptibles d'être utilisés ou réutilisés sont définis dans la norme NF P 98.331 - article 6.2.2.

### 5.2.5 - Matériaux de remblai spécifiques

Le gestionnaire de la voirie pourra imposer, si les circonstances ou la sensibilité du site l'exigent, l'utilisation d'un matériau de remblaiement du type auto-compactant. Les caractéristiques du matériau à employer seront communiquées à l'intervenant au cas par cas.

Les fouilles et trous de trop petite dimension pour permettre le compactage du remblai (*ex : aiguilles de rabattement, poteaux, tranches, etc.*) seront nettoyés au marteau pneumatique si les bords ne sont pas nets et remplis de béton fluide jusqu'au niveau supérieur de la couche de base<sup>(1)</sup> de la structure de chaussée.

<sup>(1)</sup> cf. 5.3.1 du présent document.

### 5.2.6 - Compactage

Le remblayage devra garantir la stabilité du réseau enterré, celle des terrains adjacents et permettre la réfection de surface. Il sera exécuté au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Le remblai sera mis en œuvre par couches successives de 0,20 m d'épaisseur maximum et compacté à l'aide d'engins appropriés, afin d'obtenir les objectifs de densification prévus par la norme.

Les blindages seront retirés au fur et à mesure du remblayage et les vides soigneusement comblés. Le compactage n'interviendra qu'après retrait du blindage sur la hauteur correspondant à l'épaisseur de la couche compactée.

Dans le cas où les blindages sont abandonnés, ils seront recépés dans les conditions prévues avec la circonscription territoriale concernée.

Dans certains cas, le compactage hydraulique pourra être autorisé sous réserve que les matériaux le permettent et que l'évacuation de l'eau par drainage soit possible.

### 5.2.7 - Contrôle

La Communauté Urbaine de BORDEAUX pourra contrôler la compacité du remblai par tout moyen à sa convenance. Il pourra notamment s'agir de la courbe de battage du pénétromètre dynamique léger.

En cas de non-conformité, le remblai devra être repris.

## 5.3 - Remise en état des chaussées et trottoirs

### 5.3.1 - Terminologie

- Réfection définitive

Remise en état des chaussées et trottoirs dans leur structure prescrite à titre définitif.



- Un cadre de plan de contrôle assurant de la durée effective de fonctionnement de l'atelier de compactage et du non-dépassement de la cadence maximale.

A défaut le gestionnaire de la voirie n'autorisera pas le démarrage des travaux ou bien ordonnera l'arrêt du chantier si celui-ci est commencé.

## Emploi de matériaux traités à la chaux

Dans le cas des PIR et PSR, il pourra être également envisagé l'emploi de matériaux traités à la chaux. Ces matériaux dont la classification initiale devra correspondre à une classe GTR pourront provenir de :

- De l'emprise de chantier elle-même.
- De carrières.
- De plates formes de valorisation agréées.

Ces matériaux devront être soumis à l'agrément du maître d'œuvre. Dans le cas de carrières ou de plates formes, ils devront comporter une fiche technique produit (FTP) et une fiche de données sécurité (FDS).

La chaux utilisée pour le traitement des matériaux devra être conforme à la norme NF EN 459 (2008), avoir le marquage CE et être au minimum de classe CL80. L'objectif principal du traitement étant la réduction de la sensibilité à l'eau.

En cas de doute, l'aptitude de ces matériaux au traitement à la chaux est vérifiée à partir de l'essai décrit dans la norme NF P 94-100.

Cette vérification sera réalisée dans le cas d'un contexte géologique faisant apparaître des possibilités significatives de présence dans le matériau brut d'éléments perturbateurs (matières organiques, phosphates, chlorures, nitrates, sulfures et/ou sulfates, ces derniers étant responsables de la formation d'ettringite).

L'aptitude peut être considérée comme acquise si le gonflement volumique du matériau préalablement traité reste inférieur ou égal à 5 % (cf. GTS - 2000).

Les moyens envisagés pour la réalisation du traitement devront garantir l'homogénéité et la régularité du processus. A cette fin, seront privilégiées :

- Les installations de traitement fixes ou semi mobiles.
- Les installations de type « centrale routière » avec silo, malaxeur, système de dosage des constituants.

Dans le but de garantir l'efficacité du traitement, les mélanges discontinus de type pelle mécanique seront écartés.

Cas du godet cribleur : ce type d'installation nécessite un suivi plus rigoureux, notamment en phase de fabrication : le matériau doit être passé plusieurs fois dans le godet cribleur afin d'obtenir une homogénéité convenable du mélange matériau-chaux.

La mise en œuvre des matériaux traités à la chaux sera faite conformément au Guide SETRA Remblayage des tranchées de 1994 et à la norme NF P 98-331.

Le contrôle pourra se faire au moyen du pénétrodensitographe (type PDG 1000 – Panda) afin de vérifier la conformité des épaisseurs mises en place et la compacité des matériaux par rapport aux objectifs réglementaires. Le contrôle sera conforme aux normes XP P94-105 et NF P94-063 en vigueur.

## Présence d'amiante dans les matériaux

Des matériaux ou des produits contenant de l'amiante ont été commercialisés entre 1970 et 1991 et ont pu être utilisés lors de travaux de voirie (joints, enduits et bétons bitumineux comme les compoflex, drainoflex ou mediflex).

Malgré l'obligation pour le gestionnaire du domaine public départemental de recenser la présence d'amiante dans sa voirie et de la signaler aux entreprises qui travaillent sur son domaine, le gestionnaire de voirie ne peut pas garantir l'exhaustivité de cette information sur l'ensemble de son réseau routier, car les intervenants ont pu utiliser des matériaux amiantés à l'insu du gestionnaire de voirie.

Aussi, pour les projets dont il a la maîtrise d'ouvrage, l'occupant veillera à ce qu'un diagnostic « amiante » ait été réalisé sur l'emprise du projet par le gestionnaire de voirie, et, à défaut, il en prendra l'initiative. Une participation financière pourra être proposée par l'occupant au gestionnaire de voirie dans la mesure où les résultats du diagnostic lui sont partagés.

Par ailleurs, l'amiante contenue dans les matériaux des assises de chaussées ou des tranchées des réseaux n'est dangereuse pour la santé que lorsque ces matériaux sont sciés, fraisés, rabotés ou tassés. Le Code de l'Environnement définit à son article L541-2 comme « pollueur » : « Toute personne qui produit ou détient des déchets dans des conditions de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination conformément aux dispositions du présent chapitre, dans des conditions propres à éviter les dits effets. »

Cet article définit aussi les modalités de traitement de ce déchet : « L'élimination des déchets comporte les opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération des éléments et matériaux réutilisables ou de l'énergie, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances mentionnées à l'alinéa précédent. »





# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

**[Philippe.bienvenu@lhoist.com](mailto:Philippe.bienvenu@lhoist.com)**