



Centre de recherches routières

## Guide pratique

Amélioration des sols  
pour le remblayage des  
tranchées d'égouts et  
l'enrobage des tuyaux



Complément au Code de bonne pratique R 74/04

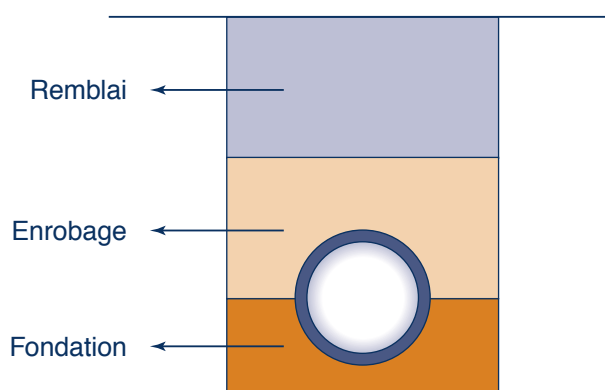


# \* Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Introduction  | 2  |
| 1. Prélèvements d'échantillons représentatifs                   | 4  |
| 2. Détermination de l'homogénéité / hétérogénéité des matériaux | 5  |
| 3. Analyse des échantillons                                     | 6  |
| $D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$                                   | 7  |
| $D_{\max} > 50 \text{ mm}$                                      | 8  |
| 4. Etude de formulation   | 9  |
| 5. Exécution  | 10 |
| Epan dage   | 10 |
| Malaxage  | 10 |
| Compactage  | 11 |
| Stockage  | 11 |
| 6. Contrôles  | 12 |
| Contrôle du mélange   | 12 |
| Contrôle du compactage  | 12 |
| 7. Normes   | 13 |

# 1 Introduction

Lors de l'exécution de tranchées d'égouts, les sols trop peu portants (comme les sols sensibles à l'eau et trop humides) peuvent être réutilisés comme matériau de remblayage et/ou d'enrobage après un traitement à la chaux et/ou au ciment en vue d'améliorer leurs propriétés géotechniques.



Les sols traités utilisés comme matériau de remblayage et/ou d'enrobage doivent être conformes aux exigences spécifiques du projet et doivent également être aptes au compactage (si spécifié). Pour l'enrobage, le matériau ne doit pas contenir d'éléments dommageables au tuyau en fonction de sa nature et de ses dimensions (pierres de dimensions excessives, racines d'arbres, détritiques, ...). L'ajout d'un agent de traitement permet de conférer au sol une portance immédiate et d'améliorer son aptitude au compactage afin d'assurer une mise en oeuvre correcte (aptitude à supporter le trafic de chantier et à obtenir les compacités visées). Le choix de l'agent de traitement est déterminé par le type de sol, son état hydrique au moment du traitement ainsi que par les caractéristiques visées. Les lignes directives décrites dans ce document peuvent également être appliquées aux travaux de remblayage de tranchées autres que ceux réalisés dans le cadre de tranchées d'égouts (conduites d'eau, de gaz, ...). Ce guide pratique présente une approche opérationnelle du traitement des sols. Il est constitué d'organigrammes permettant de prendre une décision rapide quant à la pertinence d'un traitement d'amélioration du sol.

Le guide est un complément au document théorique général R74/04 «Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou au ciment» qui reprend des informations indispensables à la compréhension du présent fascicule :

- description des différents types de sols et de leurs caractéristiques ainsi qu'un aperçu des essais de laboratoire à réaliser pour évaluer la pertinence d'un traitement et les dosages à appliquer;
- description des différents agents de traitement et de leurs effets sur le sol;
- description de la conduite du chantier ainsi qu'un aperçu du matériel disponible pour traiter les sols à la chaux et/ou au ciment.



Le présent guide n'a pas la vocation de se prononcer quant à la qualité environnementale du sol à recycler et part du postulat que les terres que l'on envisage d'améliorer répondent aux exigences des législations environnementales en vigueur pour l'application considérée.  
Les différentes étapes à envisager en vue d'une amélioration d'un sol pour utilisation comme matériau de remblayage et/ou d'enrobage dans le cadre de travaux d'égouttage sont:

#### **Avant l'exécution des travaux:**

1°) Prélèvements d'échantillons représentatifs

2°) Détermination de l'homogénéité/hétérogénéité des matériaux

3°) Analyse des échantillons (rassemblés en groupes homogènes):

Essais d'identification:

- granulométrie «simplifiée»:
  - $D_{max}$  (dimension du plus gros élément);
  - passant à 2 mm;
  - passant à 63  $\mu m$ ;
- valeur de bleu de méthylène (VBS) (mesure indirecte de l'argilosité du sol);
- teneur en matières organiques (MO).

➡ Classification des matériaux et détermination de l'aptitude à l'amélioration.

4°) Etude de formulation: détermination du dosage optimal en agent de traitement.

#### **Au moment de l'exécution des travaux:**

5°) Exécution: épandage – malaxage – compactage

#### **Après exécution des travaux:**

6°) Contrôles:

- contrôle du mélange sol-agent de traitement
- contrôle du compactage

Les organigrammes qui suivent respectent les conventions suivantes:

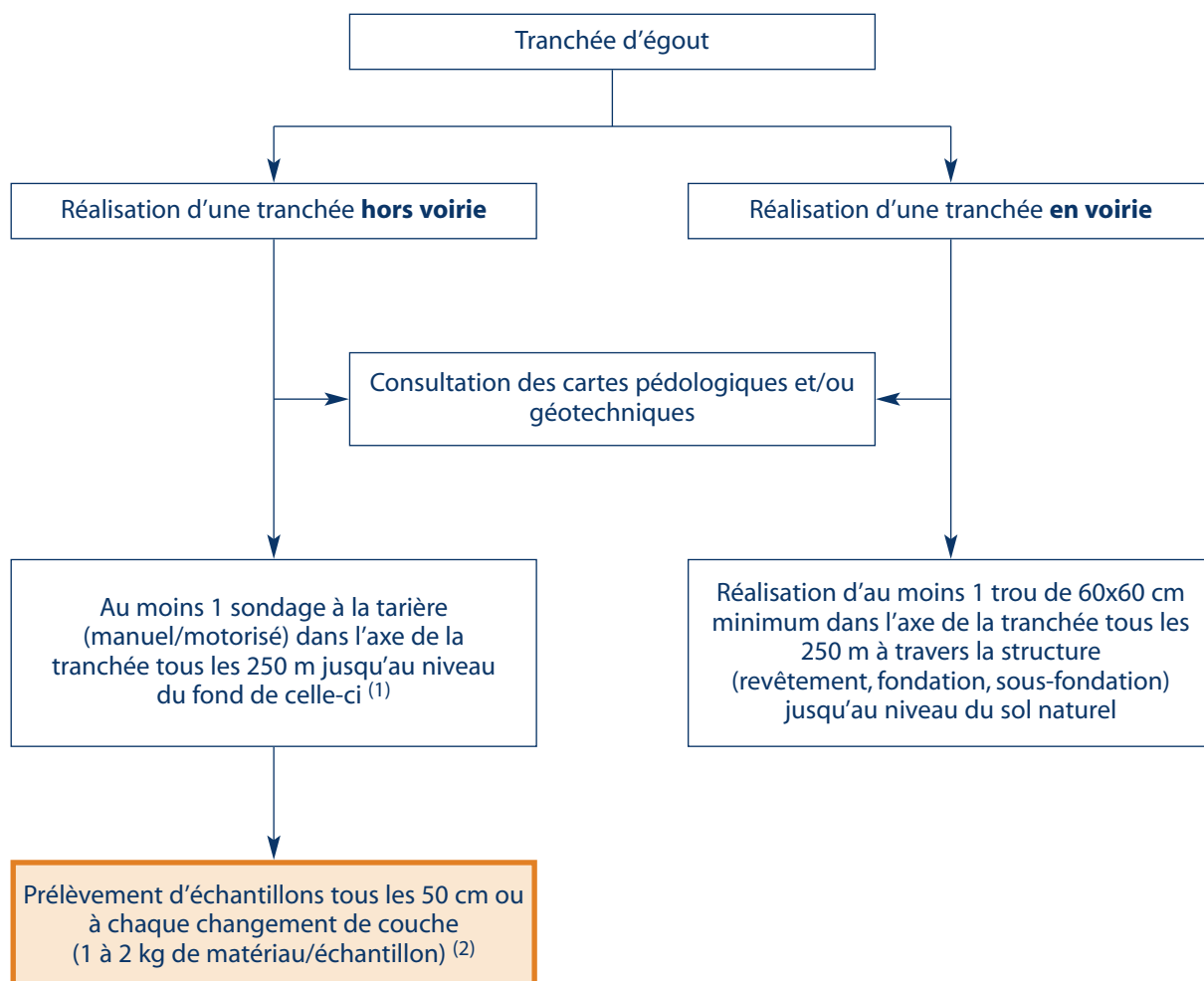


opérations réalisées par un laboratoire accepté par le maître d'ouvrage;

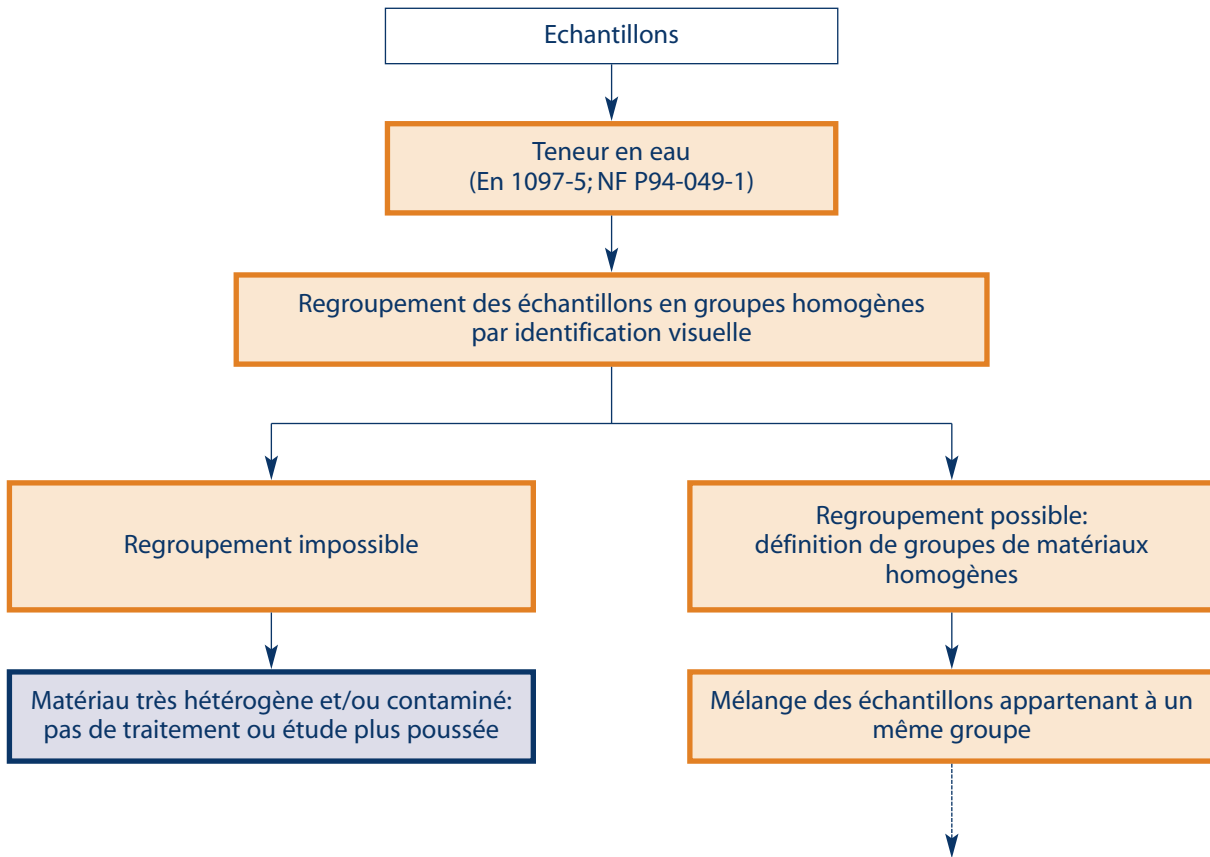


détermination de l'aptitude du sol à être amélioré.

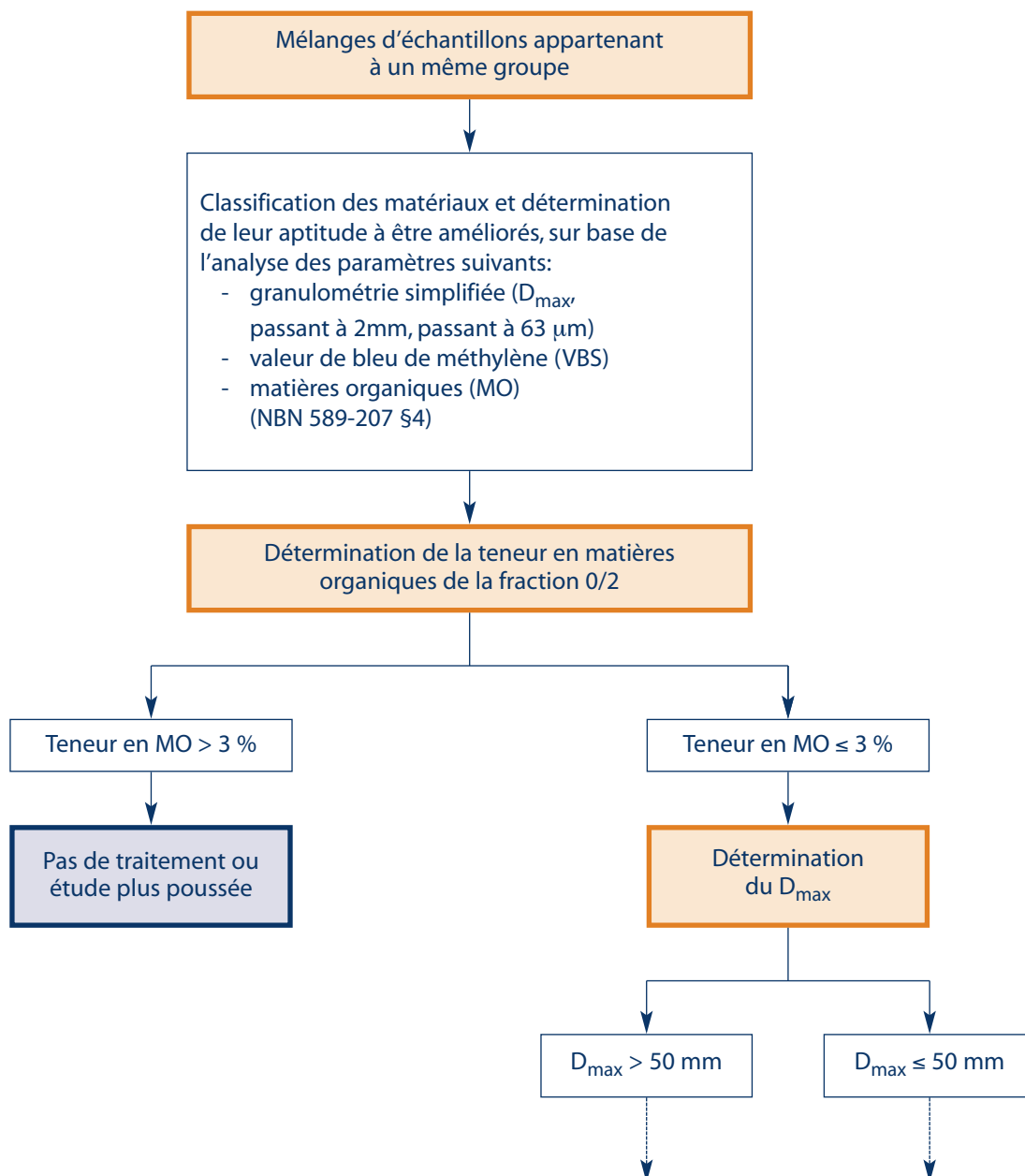
# 1 Prélèvements d'échantillons représentatifs



## 2 Détermination de l'homogénéité / hétérogénéité des matériaux



### 3 Analyse des échantillons





$D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$ <sup>3)</sup>

Tamisat au tamis de 63  $\mu\text{m}$

$0 / 63 \mu\text{m} \geq 35 \%$

$12 \% < 0 / 63 \mu\text{m} < 35 \%$

$0 / 63 \mu\text{m} < 12 \%$

Détermination de la valeur de bleu de méthylène (VBS)  
(NBN EN 933-9)

$VBS \leq 25$

$25 < VBS \leq 60$

$60 < VBS \leq 80$

$VBS \leq 15$

$VBS > 15$

$VBS > 2$

$VBS \leq 2$

Sol fin peu argileux

Sol fin argileux

Sol fin très argileux

Sables et graves limoneux

Sables et graves argileux à très argileux

Tamisat au tamis de 2 mm

Sables et graves insensibles à l'eau

Apte au traitement (chaux, ciment, combiné)

Apte au traitement (chaux)

Apte au traitement (chaux)

Apte au traitement (chaux, ciment, combiné)

Apte au traitement (chaux)

Pas de traitement nécessaire (matériau insensible à l'eau)

$0 / 2 \text{ mm} \leq 70 \%$

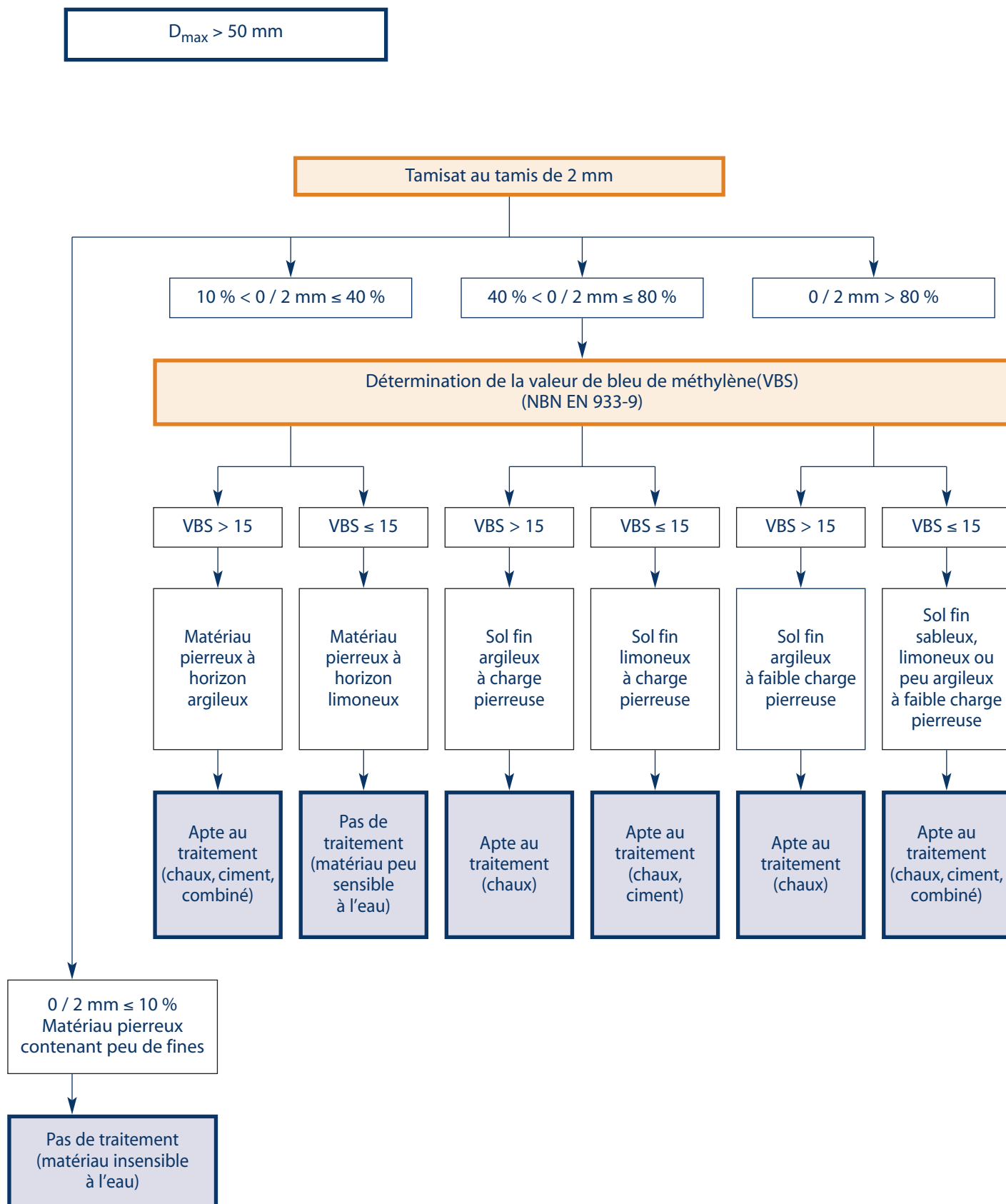
$0 / 2 \text{ mm} > 70 \%$

Graves ou sables grossiers argileux

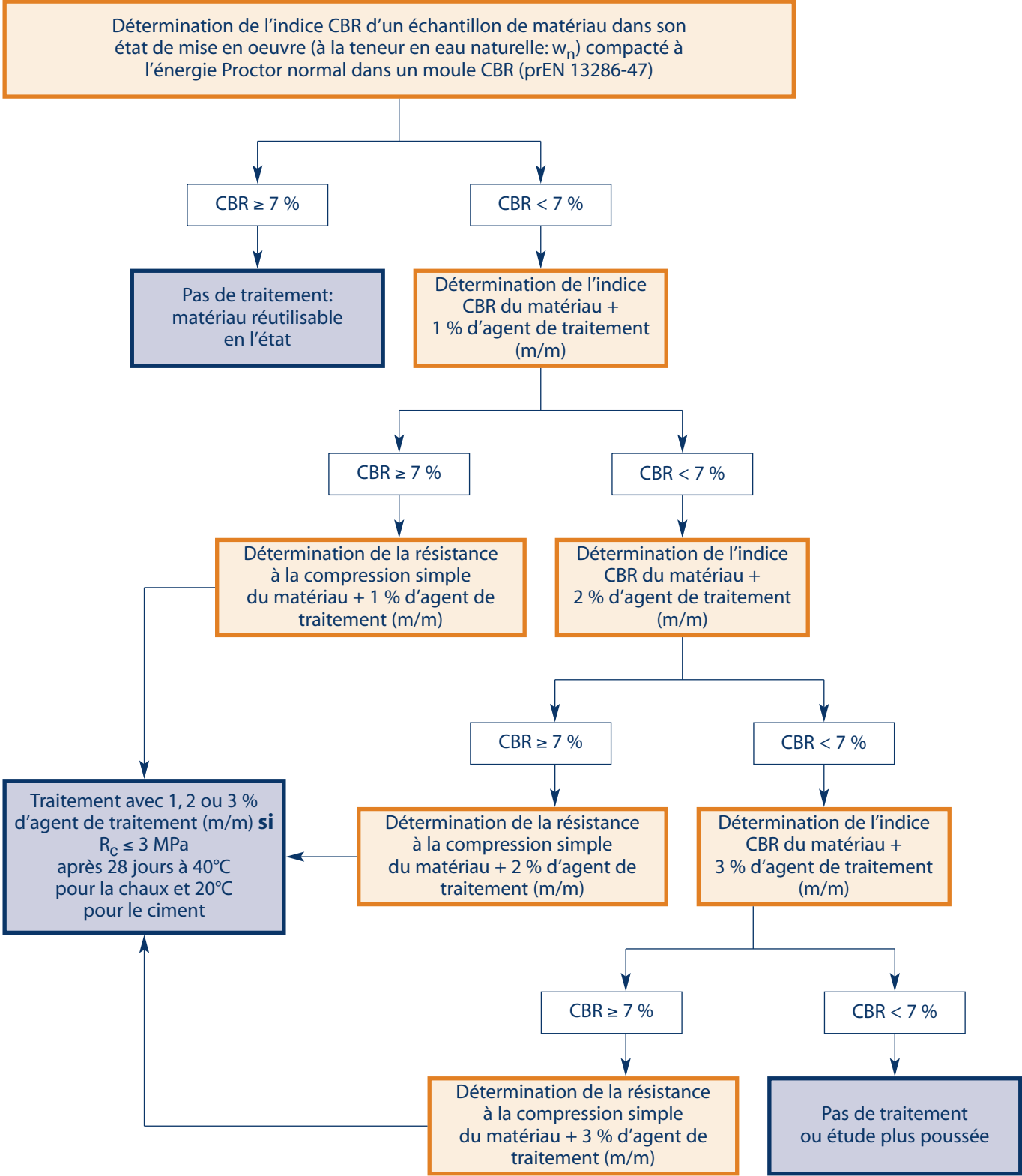
Sables argileux

Apte au traitement (chaux, ciment, combiné)

<sup>3)</sup> Schéma basé sur les recommandations du «Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme Fascicule II annexes techniques» LCPC – SETRA, septembre 92.



# 4 Etude de formulation



Vu l'importance des facteurs climatiques dans le traitement des sols, il convient d'utiliser cet organigramme avec une certaine prudence en tenant compte des conditions de chantier: dans des conditions climatiques favorables (chaleur, vent) il est possible d'obtenir sur chantier un CBR  $\geq 7\%$  même si cette valeur n'a pu être obtenue en laboratoire; inversement, dans des conditions pluvieuses, il est possible de ne pas obtenir un CBR suffisant malgré des résultats de laboratoire indiquant un CBR  $\geq 7\%$ .

## 5 Exécution

### Epandage

#### 1°) Epandage en couche étalée

L'agent de traitement<sup>4</sup> (chaux selon la norme NBN EN 459 et les cahiers des charges CCT RW99 / CCT2000 / SB250 et/ou ciment selon la norme EN 197-1) est épandu de manière uniforme sur la surface à traiter, soit mécaniquement, soit manuellement (chaux éteinte, chaux vive ou ciment en sacs répartis uniformément puis crevés et vidés en place).

#### 2°) Traitement dans une installation annexe ou à l'extérieur du chantier

L'incorporation de l'agent de traitement a lieu, dans ce cas-ci, en même temps que le malaxage.

Dans les deux cas, le dosage ne peut différer de  $\pm 10\%$  de la valeur du dosage prescrit. L'opération doit être menée de façon à réduire au maximum la production de poussière.

### Malaxage

Le malaxage a lieu soit dans une installation annexe, soit en couche étalée.

D'une manière générale, le traitement en installation annexe présente les avantages suivants:

- meilleure homogénéité du mélange;
- facilité de contrôle du dosage;
- réduction des émissions de poussière.

Dans le cas d'un traitement en couche étalée, la couche de sol est malaxée après l'épandage jusqu'à obtention d'un mélange homogène sur toute la surface et dans toute l'épaisseur de la couche traitée (couleur et structure uniformes).

Le malaxage s'effectue immédiatement (endéans 1/4 h) après l'épandage.

En cas de précipitation soudaine, le traitement est interrompu et la tranchée est protégée contre l'infiltration de l'eau de pluie. A la reprise des travaux, le malaxage est achevé avec, si cela s'avère justifié par l'augmentation de la teneur en eau, un épandage complémentaire d'agent de traitement.

Le mélange sol-agent de traitement est appliqué en couches successives dont l'épaisseur dépend du type de sol et du compacteur utilisé. La tranchée doit bien évidemment être sèche lors du remblayage.

L'opération est menée de façon à réduire au maximum la production de poussière.

Contrôles du malaxage: divers essais de contrôle permettent de vérifier la bonne réalisation du malaxage (profondeur de malaxage, homogénéité du mélange). Nous renvoyons le lecteur au document théorique R74/04 «Traitement des sols à la chaux et/ou au ciment» pour la description de ces essais.

### **Compactage**

Le compactage de sol traité demande une attention toute particulière. Le mélange sol-agent de traitement est compacté en couches de manière homogène. Chaque couche est compactée à la densité exigée avant la pose de la couche suivante. L'épaisseur des couches successives et le nombre de passes dépendent du type de sol ainsi que du compacteur utilisé. Elle ne peut dépasser **30 cm**.

Voir aussi les cahiers des charges d'application (CCT RW99, CCT2000, SB250).

### **Stockage**

En cas d'utilisation de ciment, le compactage du sol-ciment doit avoir lieu immédiatement après l'incorporation de celui-ci.

En cas d'utilisation de chaux, il est conseillé, par temps sec, de laisser le mélange exposé à l'air (généralement 1 à 3 h) pour favoriser l'évaporation de l'eau. La durée d'aération dépend de l'organisation du chantier.

Le mélange sol-chaux peut également être stocké pendant quelques jours à quelques semaines avant d'être retraité, pour autant qu'il soit protégé des précipitations.

Pour la zone de stockage du sol traité, il convient d'assurer un bon écoulement des eaux superficielles afin d'éviter la stagnation de l'eau au pied des sols stockés.

## 6 Contrôles

### Contrôle du mélange

Mélanges sol-chaux et sol-liants composés (chaux + ciment)

- Mesure de la résistance à la compression sur des éprouvettes Proctor type sable ciment après 28 jours à 40 °C (emballées hermétiquement)<sup>5</sup>:

$$R_c \text{ doit être } \leq 3 \text{ MPa}$$

Mélange sol-ciment

- Mesure de la résistance à la compression sur des éprouvettes Proctor type sable ciment après 28 jours à 20 °C et 90 % d'humidité relative<sup>5</sup>

$$R_c \text{ doit être } \leq 3 \text{ MPa}$$

### Contrôle du compactage

Les essais de contrôle suivants sont réalisés après la mise en place du sol traité jusqu'au sommet du remblai:

En profondeur: sonde de battage légère type CRR

- 7 jours après l'exécution:

$$X \leq 40 \text{ mm/coup}$$

(X = enfoncement moyen en mm/coup mesuré en couches successives de 10 cm)

Aucune valeur individuelle ne peut être supérieure à 60 mm/coup

- 28 jours après l'exécution: la valeur individuelle est  $\leq 40$  mm/coup

En surface: essai à la plaque (si la tranchée se situe sur le tracé de la route):

- 7 jours après l'exécution: le module de compressibilité M1 doit être  $\geq 11$  MPa.
- 28 jours après l'exécution: le module de compressibilité M1 doit être  $\geq 17$  MPa.

## 7 Normes

### **NBN EN 1097-5**

Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats  
Partie 5: Détermination de la teneur en eau par séchage en étuve ventilée.

### **NF P 94-049-1**

Sols: Reconnaissance et essais – Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux  
Partie 1: Méthode de la dessiccation au four à micro-ondes.

### **NBN 589-207 § 4**

Essais des sables de construction - Teneur en matières organiques.

### **NBN EN 933-9**

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats  
Partie 9: Qualification des fines - Essai au bleu de méthylène.

### **prEN 13286-47**

Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 47: Test methods for the determination of California Bearing Ratio (CBR), Immediate Bearing Index (IBI) and linear swelling.

### **NBN EN 1610**

Mise en oeuvre et essai de branchements et collecteurs d'assainissement.

### **NBN EN 197-1**

Ciment - Partie 1: Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.

### **NBN EN 459-1**

Chaux de construction - Partie 1: Définitions, spécifications et critères de conformité.

### **NBN EN 459-2**

Chaux de construction - Partie 2: Méthode d'essai.



## **C e n t r e   d e   r e c h e r c h e s   r o u t i è r e s**

Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947

Boulevard de la Woluwe 42

1200 Bruxelles

Tél. : 02 775 82 20 - fax : 02 772 33 74