

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE  
Centre de Thiès

Département de génie civil

*PROJET DE FIN D'ETUDES*  
*EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR DE CONCEPTION*

---

**Titre :**

**CONTRIBUTION A L'ELABORATION D'UN GUIDE DE TERRASSEMENT  
ROUTIER POUR LE SENEGAL**

---

*Auteurs* : Touba BADIANE

Roland LANKOUANDE

*Directeur interne* : Pr. Souleye DIOME

*Directeur externe* : Jean Christophe ANDRE, SENELABO. Btp

**Juillet 2008**

## REMERCIEMENTS

Avant tout propos, nous tenons à exprimer toute notre gratitude à l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce projet de fin d'études.

Nous tenons aussi à exprimer toute notre gratitude à Monsieur Souleye DIOME Professeur à l'école polytechnique de thiés outre avoir accepter d'être notre encadreur interne, il nous a guidé tout au long de notre cursus scolaire, tout en nous témoignant sa confiance. Je pense également à, Monsieur Jean Christophe ANDRE, directeur de SENELABO btp (encadreur externe) , à Monsieur Lamine CISSE Directeur de la BDR DE L'AATR.

Nos sincères remerciements vont également à l'endroit de Messieurs Ibrahima Khalil CISSE (directeur de l'école polytechnique de thiés), Bernard FAYE (Ingénieur géotechnicien à SENELABO. btp) et Mr Sérigne Sam SAMB SENELABO.btp

Nos sincères remerciements vont également à l'endroit de tous les professeurs de l'école polytechniques de Thiés et particulièrement à ceux qui ont participé à notre formation d'ingénieur de conception, à l'ensemble du personnel de l'administration de l'école polytechnique et particulièrement au département Génie Civil.

## TABLE DE MATIERE

<b>TABLE DE MATIERE</b> .....	<b>3</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>4</b>
<u>II.2.3 Caractéristiques physico-chimiques</u> :.....	<u>33</u>
<u>II.2.4 Caractéristiques géotechniques et classification</u> :.....	<u>35</u>

## SOMMAIRE

Le présent document a pour but, après constatations des problèmes rencontrés au Sénégal concernant les terrassements routiers, liés à l'inexistence de normes nationales définissant les conditions de réalisation, de proposer une feuille de route en vue d'une bonne exécution de la plate forme supérieure des terrassements (corps de remblais) et des couches de formes.

Pour ce faire nous commencerons par un exposé de la problématique générale de l'exécution des terrassements dans les pays africains et plus particulièrement au Sénégal.

Par la suite, nous procéderons à l'exposé des méthodes de dimensionnement et de mise en œuvre des corps de remblais et de la couche de forme pour les terrassements. Nous tenterons de faire une analyse critique des méthodes proposées et de faire des recommandations qui s'imposent.

Les conclusions faites à l'issue de cette analyse et les recommandations serviront de base quant à la stratégie à adopter et aux moyens à mettre en œuvre pour mieux prévenir les problèmes rencontrés dans le réseau routier plus précisément sur les terrassements, mais aussi permettrons de contribuer à la réussite de la politique d'entretien et de conservation de nos structures de chaussée.

## INTRODUCTION GENERALE

Les premières routes carrossables sont apparues en Mésopotamie, 3500 ans avant J.C. ; peu avant l'invention présumée de la roue. Les romains furent les premiers à utiliser une technique uniforme pour construire les routes reliant les différentes régions de leur empire. Ils creusaient une tranchée qu'ils remplissaient successivement d'une couche de pierre concassée ,d'une couche de pierre liée au mortier et compactée fermement ,et couvrait enfin le tout d'un dallage de pierre massive ,constituant la surface de roulement. C'est dire qu'une route doit

pouvoir résister de par son dimensionnement aux différentes charges auxquelles elle sera soumise. Un des éléments qui doit porter une attention particulière est le sol support.

En effet, dans tout projet de construction et en particulier dans la construction d'une route, le paramètre "sol" doit être pris en considération, soit pour constater que ce paramètre ne pose pas ou peu de problèmes particuliers, soit pour poser correctement les problèmes géotechniques et à envisager les mesures propres à les résoudre. Des lors, il s'avère donc indispensable de connaître le comportement du sol pendant et après la réalisation de la route ; d'où l'importance du terrassement.

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol.

Cette modification des niveaux du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais.

- ✓ Déblai : Consiste à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres
- ✓ Remblai : Consiste à rapporter des terres afin de relever le niveau.

Au Sénégal, la construction routière constitue aujourd'hui une des priorités de la politique d'ajustement structurel visant à répondre à la demande croissante de la mobilité des personnes, de transport et de fourniture de quantités importantes de marchandises à travers l'ensemble du pays.

Compte tenu de l'impact de l'effet des infrastructures routières sur le développement économique, il est souhaitable d'obtenir un maillage du territoire par des routes à caractère économique, mais aussi des routes pérennes et de bonne qualité ; en ce sens une grande partie du financement du projet est certainement à allouer à la partie terrassement.

Les terrassements sont conçus pour répondre à des besoins spécifiques, et pour cela ils doivent satisfaire à un certain nombre d'exigences. La première des ces exigences est le critère de sécurité vis-à-vis de son utilisation à court terme et sa pérennité dans le temps à satisfaire toutes les tâches qui lui sont assignées durant son état de service.

Les problèmes rencontrés dans le domaine des terrassements routiers, liés au caractère empirique des méthodes de dimensionnement en vigueur, au non respect des études géotechniques préalables (pour limiter les aléas dus à la variabilité de nature et de comportement) et le mode de mise en œuvre, se trouvent dans tous les pays. Ils constituent un obstacle à l'harmonisation des règles, en particulier l'échelle africain.

L'objectif principal de ce guide de terrassement est, d'établir des procédés de mise en œuvre et ceux-ci pour donner à une route les caractéristiques géométriques (profil en long, profil en travers, tracé etc.), qui lui permettront d'être compatible avec sa

destination fonctionnelle, mais aussi en ce qui concerne les matériaux à utiliser en terrassement, de faire les choix les plus appropriés selon le type de projet, les sites géographiques et environnementaux rencontrés.

C'est donc dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études qui constitue un exposé de méthodologie d'exécution et de choix de matériaux utilisables en terrassement.

Le présent travail s'articulera autour de la présentation globale de la problématique des terrassements qui sera suivi des méthodes d'exécution et de choix de matériaux et pour terminer, une analyse critique sera faite.

## **A. PRINCIPES GENERAUX**

Bien souvent, les matériaux pour les remblais ou pour les couches de forme sont issus du chantier même où ils sont utilisés dans le cadre des mouvements de terre (déblais – remblais). Dans certains cas, ils peuvent même être utilisés sans réel mouvement par traitement en place à la chaux et/ou avec d'autres liants hydrauliques. On entend par traitement en place à la chaux, le répannage d'une couche de chaux (la plus fréquemment utilisée), suivi d'un mélange en place avec un engin de terrassement, le tout finalisé par un compactage. La chaux a pour effet de faire baisser la teneur en eau du matériau et de le rendre ainsi plus facile

d'utilisation dans les couches d'infrastructures. La portance du sol d'infrastructure se trouve ainsi améliorée. Dans le cas de chantiers déficitaires en matériaux ou présentant des matériaux de qualité insuffisante, il est fait appel à des approvisionnements en provenance d'emprunts extérieurs.

Sauf dans le cas des traitements en place, les matériaux font l'objet au minimum d'une extraction (à la pelle, au scrapers ou à l'explosif), ceci afin d'équilibrer déblais et remblais, et parfois aussi d'une préparation mécanique (criblage avec ou sans concassage).

Sauf exception, les granulats sont issus d'installations classées : les carrières. Certains des procédés de préparation des granulats non ordinaires se sont développés à partir des techniques existantes. Sont donc rappelés ci-après quelques éléments concernant les matériaux ordinaires et les carrières :

Par exemple, dans le cas de carrières de roches massives, la roche saine d'un site d'extraction n'est accessible qu'après décapage de la couche végétale et de la roche altérée, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. La matière première y fait d'abord l'objet d'une extraction (à la pelle mécanique et/ou par abattage à l'explosif selon la roche), puis d'un traitement.

Il en résulte des blocs de roches de tailles variables, pouvant dépasser le mètre dans leur plus grande dimension. Les matériaux sont chargés et transportés depuis l'abattage (au front) jusqu'à l'usine de traitement d'une carrière.

Qu'il s'agisse de granulats ou de matériaux destinés aux terrassements, quelques décennies de savoir-faire se sont traduites par la constitution d'un référentiel solide. Dans celui-ci, les matériaux sont classés en fonction de leurs propriétés (normes NF P 11-300 et XP P 18-540), et les règles d'usages des différentes classes ainsi obtenues sont codifiées dans les documents d'application des normes

Pour les matériaux destinés aux terrassements, la norme NF P 11-300 prévoit plusieurs niveaux d'identifications géotechniques (La géotechnique est la science qui étudie les sols et les ouvrages en sol : barrage en terre, remblai etc. Et la géotechnique routière est la géotechnique qui étudie les problèmes intéressants la route dans toutes ses parties. Elle étudie notamment les remblais, les fondations de chaussée, la constitution des diverses couches de la chaussée... :

- Les matériaux sont d'abord classés selon leur « nature ». Concrètement, les paramètres influents sont le diamètre maximal  $D_{max}$ , la granularité, l'activité des argiles pour les sols meubles, et la nature pétrographique pour les matériaux rocheux.

- Les matériaux rocheux sont classés d'après leur nature pétrographique et des paramètres d'état (masse volumique) et mécaniques (LA, MDE, teneur en eau, éléments sales).

Les méthodes de mesure de toutes ces différentes caractéristiques sont normalisées.

Quant à l'activité des argiles, elle est mesurée au travers de l'essai **VBS (valeur au bleu de méthylène)** ou avec les limites d'Atterberg à partir desquelles on calcule l'**IP (indice de plasticité)**.

Pour les granulats, les propriétés géotechniques sont réparties en deux familles :

- les premières sont dites « intrinsèques ». Elles dépendent essentiellement de certaines propriétés physiques des roches. Il s'agit notamment des résistances mécaniques, de la masse volumique des grains, ...
- les secondes sont dites « de fabrication ». Il s'agit des paramètres sur lesquels le processus de fabrication en usine a une influence majeure. Le principal d'entre eux est la granularité. On citera aussi la forme et la propreté ...

L'emploi des matériaux « ordinaires » en terrassements et techniques routières est encadré par des normes, ainsi que par des documents d'application des normes qui font référence dans la communauté technique. L'objet de ce paragraphe est simplement, en citant ces documents, de rappeler leur articulation.

Les matériaux utilisables en terrassements font l'objet d'une classification. Celle-ci est normalisée (NF P 11-300) et s'appuie sur les caractéristiques géotechniques des matériaux.

Pour chaque classe et sous-classe de matériaux, ce document précise les modalités d'extraction et de mise en œuvre. Ils précisent aussi les possibilités et les conditions de traitement (actions sur la granularité, sur la teneur en eau, ou amélioration par apport de chaux et ou liants) visant à faciliter les opérations de mise en œuvre, et qui conduisent dans certains cas à améliorer les caractéristiques mécaniques des matériaux.

Il faut souligner que, pour des utilisations en remblais, pratiquement tous les types de sols et matériaux rocheux naturels sont utilisables sous une condition ou une autre. Les seules restrictions concernent leur état hydrique, à savoir qu'ils peuvent être considérés comme « inutilisables en l'état » s'ils sont trop secs ou trop humides. En revanche, dans le cas des couches de forme, aux restrictions liées aux états hydriques s'ajoute l'exclusion de certaines natures de matériaux, en particulier les matériaux excessivement argileux, ainsi que certains matériaux rocheux.



## B. LES MATERIAUX AU SENEGAL

### B.1- LES LATERITES

Selon l'étude effectuée par R-MAIGNIEN-ORSTOM EN 1965, nous pouvons dire que le Sénégal est en majeure partie constituée par des sols de formations latéritiques.

Ces latérites sont considérées comme des sols dont les matériaux sont déblayés en permanence soit par les vents, soit par l'eau. Suivant la texture de ce matériau, on distingue le groupe des sols lithiques à débris grossiers et les sols régolites à constituants plus fins (inférieurs à 2mm).les latérites appartiennent à la famille des sols lithiques.

On distingue principalement au Sénégal quatre familles de sols lithiques que sont :

- *La famille des cuirasses ferrallitiques sur grés*, situé au niveau de Ndiass reposant sur des grés maestrichtiens.
- *La famille des cuirasses ferrallitiques sur marno - calcaire* ; qui envahit la falaise de Thiès et ennoyés par des dépôts sableux et parfois riches en phosphates d'alumine.
- *La famille des cuirasses ferrallitiques sur schistes et grés argileux* ; regroupant l'ensemble des cuirasses ferrallitiques du Sénégal oriental.
- *La faille des cuirasses ferrugineuses sur grés argileux* ; regroupant l'ensemble des cuirasses recouvrant une grande partie du Ferlo oriental.

### B.2- LES ROCHES CARBONATEES

Les calcaires occupent une place de choix parmi les formations constituant le bassin sédimentaire du sénégala. Ils sont repartis en trois grands ensembles que sont :

- Les calcaires et marno-calcaires des régions de Dakar et de Thiès ;
- Les calcaires et marnes du lac de guiers et de la vallée du Ferlo ;
- Les calcaires et marnes de la vallée du Sénégal ;

### B.3 -LES ROCHES MAGMATIQUES

Elles se forment à la suite d'une irruption et du refroidissement du magma volcanique.

Et suivant leur mode de refroidissement, on distingue les roches plutoniques et les roches éruptives. Les roches semi volcaniques constituent une catégorie intermédiaire.

Ces formations rocheuses se trouvent en grande partie dans le bassin sénégalo-mauritanien, dans le cap vert et le plateau de Thiès, dans la presqu'île de Dakar et dans le Sénégal oriental.

On y trouve également des granites hétérogènes répartis en quatre grands ensembles :

- Le granite de Saraya ;
- Le granite du parc de Niokolo-koba et de Mansadala ;

- Le granite de Badon-Léoba ;
- Le granite de Yamoussa.

Ces granites constituent de bonnes pierres de constructions.

#### **B.4 -LES GRES ET LES QUARTZITES :**

➤ **Les grès**, sont des roches détritiques essentiellement composées de grains de quartz reliés entre eux par un ciment d'origine naturelle .En fonction de la nature du ciment, on distingue les grès argileux, siliceux, calcaireux, ferrugineux, etc.

Dans la moitié Nord du Sénégal, on rencontre, en affleurement ou à faible profondeur des grès calcaireux appelés communément « calcaires lacustres » .Ces roches sont friables et ont un aspect spongieux ou vacuolaire.

On distingue également les grès consolidés parmi lesquels on peut citer :

- Les grès de Ségou, d'âge infracambrien, se rencontrent en affleurement à l'Est du long de la frontière Guinéenne et légèrement à la frontière du Mali, ils sont très durs.
- Les grès de Boundou forment une bande presque continue au Sud Est de Bakel à la frontière guinéenne, sur Tiankoye à l'Est et jusqu'à Youkounkoun à l'Ouest.
- Les grès de la presqu'île du Cap Vert se rencontrent dans le massif de N'Diass où ils sont recouverts par des formations latéritiques. On rencontre également ce type de grès à Paki- toglou, à N'Dayan et à M'bang Dougar.

➤ **Les quartzites**, sont des roches très compactes qui résultent de la recristallisation du ciment d'un grés siliceux en quartz secondaire autour des grains primitifs.

Ils sont localisés à l'Est de la ligne passant par soukouta, au Nord de Katiri. Les principaux affleurements se trouvent dans la Falémé (Falikounda et Koundamé), dans les collines Sud du Bassari et au Nord de bakél.

#### **B.5- LES SABLES ET AMAS COQUILLES**

Les sables sont des formations sédimentaires d'origine détritique. Ils sont constitués principalement de grains de quartz associés à d'autres composants dont la nature et l'importance dépendent à la fois des roches mères, et du transport subi avant accumulation.

Les sables et amas coquillés sont repartis en quatre formations :

- ***Les sables éoliens des dunes rouges fixées***, qui se trouvent dans une grande partie du Ferlo, dans la région de Saint Louis, au Sud Est du Sénégal et au Sine Saloum.
- ***Les sables et coquillages de la terrasse marine oulijiennne***, que l'on retrouve dans le Delta et la Basse Vallée ainsi qu'en Basse Casamance.
- ***Les sables éoliens des dunes jaunes et blanches, semi -fixées ou vives***, observés dans la région de Saint Louis et présentant un cordon de dune qui s'étant également derrière le littoral de l'embouchure du Sénégal jusqu'à Yoff et sur une moindre profondeur sur les cotes du Sine Saloum et de le Casamance.
- ***Les sables de la plage actuelle***, observés au niveau de Mbao et du Cap des biches.

## **CHAP I : RAPPEL DES DONNEES GEOTECHNIQUES NECESSAIRE A L'ETABLISSEMENT D'UN PROJET DE TERRASSEMENT ROUTIER :**

### **I.1 Rappels :**

Un sol est le produit de décomposition mécanique ou physico-chimique de roches. C'est le mélange d'une fraction granulaire plus ou moins importante et d'une fraction argileuse plus ou moins importante. Un sol est composé de trois éléments différents :

- *l e gaz*, contenu dans les vides entre les particules, est souvent de l'air lorsque le sol est sec ou un mélange d'air et de vapeur d'eau lorsque le sol est humide. Lorsque tous les vides sont remplis d'eau, le sol est saturé.
- *l'eau*, on distingue plusieurs catégories d'eau dans le sol. L'eau libre peut circuler entre les grains, l'eau adsorbée constitue un film autour de chaque grain. Elle joue le rôle de lubrifiant entre les grains. Nous détaillerons son rôle dans un paragraphe suivant.
- *l e squelette solide*. Il est composé de particules issues de décomposition physique et chimique de roches mères. Les grains peuvent être de taille très fine ou être recristallisés. L'assemblage des différentes tailles de grains déterminera pour partie le comportement du sol. Ce sol se déforme par glissement des particules qui le composent. Il résiste par frottement et/ou par attraction inter - particulaire (c'est la cohésion). Ainsi l'action de terrasser consiste à manipuler des sols et à les utiliser comme matériaux.

### **I.2 Comportements des sols :**

Le comportement des sols varie en fonction de ses composants :

#### 1 – Cas des sols régis par les fractions granulaires

0% < Q matériaux inf à 80µm < 12%

Ces matériaux résistent au cisaillement suivant la loi suivante :

$$\tau = \sigma \text{Tg} (\emptyset )$$

Avec  $\tau$  = contrainte normale admissible,

$\text{Tg} (\emptyset)$  = coefficient de frottement interne,

$\emptyset$  est fonction de la granularité, de la distribution granulaire et de la compacité. La pente des talus devra être inférieure à cette valeur.  $\emptyset$  peut varier de 30 à 60°.

Ces matériaux sont plutôt perméables, ils n'ont aucune résistance en traction, ils sont plus ou moins traficables, leur portance est élevée, ils sont plus ou moins érodables.

#### 2- Cas des sols régis par leur fraction argileuse :

Q matériaux inf à 80µm > 12%

Ces matériaux se caractérisent par leur cohésion. L'argile y joue le rôle de « ciment ». Leur résistance au cisaillement s'exprime ainsi :

$\tau = C + \sigma \text{tg}(\varnothing)$  avec  $C$  = valeur représentant la cohésion argileuse.

$\varnothing$  peut varier de 0 à 20°.

$C$  est fonction de l'état hydrique, de la compacité et de la nature minéralogique de l'argile. Cette nature minéralogique dépend de la roche mère à partir de laquelle l'argile s'est formée et de sa structure cristalline à l'origine. Elle se présente sous forme de feuillets ou plaquettes. Chaque feuillet résulte de la superposition de couches tétraédriques de silice et de couches octaédriques d'alumine.  $C$  peut varier de quelques Mpa à plusieurs Mpa. La portance et la traficabilité de ces matériaux dépendent de leur teneur en eau. Ils sont quasiment imperméables.

### **I.3 Paramètres physiques caractéristiques des sols :**

Les sols sont composés de grains solides, d'eau et d'air. On distingue :

- la masse volumique des grains solides  $\gamma_s$  = masse grains / volume grains
- la masse volumique du sol humide  $\gamma$  = masse totale / volume total
- la masse volumique du sol sec  $\gamma_d$  = masse sol sec / volume total
- la porosité  $n$  = volume air + eau / volume total
- indice des vides  $e$  = volume air + eau / volume grains
- % des vides d'air  $n_a$  = volume d'air / volume total
- degré de saturation  $S_r$  = volume d'eau / volume air + eau
- teneur en eau pondérale  $w$  = volume d'eau / volume des grains
- teneur en eau volumique  $W_v$  = volume d'eau / volume totale

### **I.4 Essais d'identification des sols remaniés :**

Ces essais caractérisent la nature des sols. La granulométrie est réalisée par analyse granulométrique par tamisage pour  $D > 100 \mu\text{m}$  et par sédimentométrie pour  $D < 100 \mu\text{m}$ . La mesure d'argilosité est réalisée soit par la mesure des limites d'Atterberg, soit par la mesure de l'équivalent de sable, soit par essai au bleu de méthylène. Des essais caractérisent l'état des matériaux : il s'agit de la mesure de la teneur en eau par comparaison avec des critères spécifiques au matériau permettant de définir la quantité d'eau correspondant à la résistance maximum. Des essais caractérisent aussi le comportement du sol au compactage : On recourt le plus souvent à l'essai Proctor normal ou modifié.

Des essais déterminent le comportement mécanique du sol sous le trafic : Il s'agit de l'essai CBR (immédiat et après immersion), de l'essai à la plaque, de l'essai à la dynaplaque et de l'essai de déflexion sous jumelage.

Des essais caractérisent le comportement vis-à-vis des agressions mécaniques. Il s'agit principalement de la mesure de la fragmentabilité : essai micro-deval et Los Angeles. Des essais caractérisent le comportement vis-à-vis des agressions physico-chimiques. Il s'agit d'essai d'altérabilité.

Des essais caractérisent le comportement du sol vis-à-vis de l'eau. Il s'agit plus particulièrement de mesurer les phénomènes de circulation, d'emprisonnement de l'eau à l'intérieur du sol. L'essai de succion met en évidence cette caractéristique.

## LA CLASSIFICATION DES SOLS

### I. BUT DE LA CLASSIFICATION :

Le but d'une classification géotechnique est de regrouper des sols en familles et caractéristiques géomécaniques voisines et ayant un comportement similaire en réaction aux sollicitations extérieures.

Nous allons nous baser essentiellement sur la classification GTR qui présente un intérêt pratique pour les travaux de terrassement et la classification LCPC utilisée dans les pays d'Afrique francophone.

Les paramètres permettant de faire une bonne classification des sols sont :

- La granulométrie, notamment le pourcentage de passant à 0,08mm.

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers.

A noter qu'il faut éviter la confusion entre la granulométrie qui s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité qui concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat. Elle s'effectue :

⇒ Par tamisage (tamis à maille carrée) pour les grains de diamètre supérieur à 80 $\mu$ m.

⇒ Par sédimentométrie pour les grains plus fins.

- Les limites d'Atterberg ; elles sont déterminées uniquement pour les éléments fins d'un sol (fraction passant au tamis 0,4mm), car ce sont les seuls éléments sur lesquels l'eau agit en modifiant la consistance du sol.
- La capacité portante (CBR) ; c'est un nombre sans dimension exprimant en pourcentage le rapport entre les pressions produisant un enfoncement donné dans le matériau à étudier d'une part (avec ou sans impression au préalable) et dans un matériau type d'autre part. Il caractérise implicitement la tenue au poinçonnement d'un sol. on distingue 2 types d'essai CBR en fonction des buts fixés :

⇒ L'essai CBR immédiat : Mesure la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à sa teneur en eau naturelle. Il caractérise l'aptitude du sol à permettre la circulation en phase de chantier.

⇒ L'essai CBR après immersion : Mesure de la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à différentes teneurs en eau puis immergée durant plusieurs jours (en générale 4jours). Il caractérise l'évolution de la portance d'un sol

compacté à différentes teneur en eau et /ou soumis à des variations de régime hydrique.

- Les caractéristiques de compactage (Proctor) ; le but principale est de classer les sols suivant leur qualités et leurs possibilités à atteindre une densité maximale de compactage. Une telle étude permet d’apprécier les qualités du sol ainsi que son comportement au compactage ou au tassement sur trafic.

Les classifications tentées par divers pays permettent d’établir de meilleures distinctions dans les possibilités d’utilisation des matériaux disponibles ; elles simplifient les approches des études mais ne suppriment pas les essais spécifiques nécessaires pour bien appréhender les possibilités réelles des matériaux en vue des usages qu’on souhaite en faire.

On rappellera alors les règles usuelles d’emploi en travaux publics pour les matériaux qu’on appelle « *ordinaires* » dans cet observatoire, c’est-à-dire *naturels* et conformes aux normes ou aux spécifications du domaine routier, qui sont produits à partir des roches et des sols courants. Les techniques utilisées pour la construction des infrastructures routières ont été développées et validées avec ces matériaux et granulats ordinaires. Parallèlement, certains des procédés de préparation et d’emploi des matériaux et granulats « non ordinaires » se sont développés à partir de ces techniques.

D’une façon générale, selon l’usage auquel ils sont destinés, on parlera de :

- ✓ « sols » et « matériaux rocheux » (dans le cas d’une utilisation en terrassements), constitués de grains pouvant se séparer aisément par simple trituration ou éventuellement sous l’action de l’eau. Ces grains peuvent être de dimensions très variables allant des argiles aux blocs et sont d’origines diverses (alluvions, matériaux meubles sédimentaires, sols résiduels etc.)
- ✓ « granulats » (dans le cas d’une utilisation en couche de chaussées).

Cette distinction est liée aux normes qui régissent les travaux dans ces domaines d’application. De plus, on utilise les caractéristiques dimensionnelles de ces matériaux et la distribution de ses dimensions pour un échantillon donné (la granularité définit la taille du plus petit élément, de la plus grande finesse d’un système).

Ce paramètre est déterminant pour juger des ateliers de terrassement et notamment pour évaluer l’épaisseur des couches élémentaires et des conditions de malaxage éventuel avec un liant. La granularité ne doit pas être confondue avec la granulation.



La granularité est une notion objective résultant d'une analyse statistique (et les essais de laboratoire permettent d'apprécier la représentativité des essais) tandis que la granulation est une notion subjective, une impression.

## II. CLASSIFICATION PROPREMENT DITE DES SOLS

Dans ce guide de terrassement, les conditions d'utilisation des sols, des matériaux rocheux, des sous produits industriels sont celles qu'il y a lieu de respecter pour autoriser l'emploi en remblai des différentes classes et sous classes de matériaux. Ces conditions sont exprimées en exigences techniques directement intégrables dans les cahiers de charge des marchés pour obtenir la qualité généralement recherchée pour les ouvrages. En plus des paramètres cités plus haut (granulométrie, limites d'Atterberg, la portance, les caractéristiques de compactage) , trois paramètres sont retenus pour une bonne classification des sols .Ce sont :

- Le paramètre de nature,
- Le paramètre de comportement mécanique,
- Le paramètre d'état.

### II.1 Paramètre de nature

Ce paramètre se rapporte plutôt aux caractéristiques intrinsèques des matériaux (qui ne changent pas, ou changent très peu au cours des différentes manipulations du sol lors de sa mise en œuvre). Parmi ces paramètres, on peut citer : **la granularité** et **l'argilosité**.

- **La granularité** : c'est le paramètre déterminant pour la réutilisation des matériaux de déblais, mais aussi elle permet de fixer l'épaisseur minimale des couches lors de la mise en œuvre. La granularité permet aussi d'apprécier la représentativité des essais de laboratoires. Les essais réalisés sur la fraction 0/50 mm permettent de distinguer les sols, sables et graveleux des éléments rocailloux, mais aussi permet d'appréhender correctement le malaxage avec un liant afin d'obtenir des couches de forme de bonne qualité.

Pour les matériaux comportant des éléments fins et des éléments dont la dimension maximale des granulats est supérieure à 50mm est négligeable, on peut se ramener à deux situations :

- ⇒ L'échantillon comporte des éléments dont la fraction 0/50mm est représentative (supérieure à 60%) ; dans ce cas le comportement est analogue à celui de l'échantillon dont la fraction est de 0/50mm et dont le Dmax est inférieur à 50mm.

⇒ L'échantillon comporte des matériaux dont la fraction 0/50mm est inférieure à 60% ; dans ce cas le comportement est différent de celui du premier.

- **L'argilosité** : Elle est déterminée sur la fraction 0/400µm. Les limites d'Atterberg sont déterminantes pour cette frange granulométrique où l'eau agit en modifiant la consistance.

Selon la teneur en eau, le sol se comportera comme un solide, un matériau plastique (capable de se déformer beaucoup sans casser) ou un liquide. On détermine plus particulièrement les valeurs suivantes :

\_ *La limite de plasticité ( $W_p$ )*

\_ *la limite de liquidité ( $w_L$ )*

**La limite de plasticité ( $W_p$ )** est définie comme la teneur en eau d'un sol qui a perdu sa plasticité et se fissure en se déformant lorsqu'il est soumis à de faibles charges. Cette limite sépare l'état plastique de l'état semi-solide. En générale elle ne dépasse pas 40%.

**La limite de liquidité ( $w_L$ )** est la teneur en eau qui sépare l'état liquide de l'état plastique.

Ces limites sont désignées sous le nom de limites d'Atterberg. Il existe en fait 5 limites d'Atterberg. Les deux ici mentionnées sont les principales et les trois autres, quoique intéressantes, sont peu utilisées.

La connaissance de ces limites est importante pour l'exécution de travaux de terrassements (fouille, tranchée, ...). En particulier, si le matériau doit être utilisé après remaniement (remblais, barrage en terre, ...), leur détermination revêt une importance considérable.

⇒ **Indices de plasticité et de Consistance**

- ✓ **L'indice de plasticité  $I_p$**  : C'est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité.

L'indice de plasticité mesure l'étendue du domaine de plasticité du sol. Il s'exprime donc par la relation :  $I_p = (w_L) - (W_p)$

L'indice de plasticité caractérise la largeur de la zone où le sol étudié a un comportement plastique. Selon le LCPC on a le tableau suivant :

Indice de plasticité $I_p$	Etat du sol
0-5	Non plastique
5-15	Peu plastique
15-20	Plastique
>40	Très plastique

Un sol, dont l'indice  $I_p$  est grand, est très sensible aux conditions atmosphériques, car plus  $I_p$  est grand plus le gonflement par humidification de la terre et son retrait par dessiccation seront importants.

$I_p$  précise donc aussi les risques de déformation du matériau.

✓ **Indice de consistance  $I_c$**

La comparaison de la teneur en eau naturel  $w$  d'un sol et des limites  $D'$  Atterberg permet de se faire une idée de l'état d'une argile qu'on peut caractériser par son indice de consistance :  $I_c = \frac{w_L - w}{(w_L - w_p)} = \frac{w_L - w}{I_p}$

Indice de consistance $I_c$	Etat du sol
$I_c > 1$	Solide
$0 < I_c < 1$	Plastique
$I_c < 0$	liquide

L'indice de consistance croît en même temps que la consistance du sol. A partir de 1, le sol peut être éventuellement réutilisé en remblai (on peut travailler).

⇒ **Valeur au bleu de méthylène**

Cet essai est une mesure indirecte de la surface spécifique des grains solides par adsorption d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à saturation. En d'autres termes, il exprime la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par les surfaces des particules de sols. Le résultat VBS s'exprime donc en grammes de bleu pour 100g de sol. On considère que cet essai exprime globalement la quantité et la qualité de l'argile contenue dans un sol.

Il s'agit d'un autre paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol mais dont l'application à l'identification des sols remonte seulement à quelques années.

Il est effectué sur la fraction 0/2 mm du sol et on distingue les valeurs suivantes :

- VBS < 0,2** : sols sableux (sol insensible à l'eau),
- 0,2 < VBS < 2,5** : sols limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau),
- 2,5 < VBS < 6** : sols limono-argileux, (sol de plasticité moyenne),
- 6 < VBS < 8** : sols argileux,
- VBS > 8** : sols très argileux.

### **II.2 Paramètres de comportement mécanique :**

Ces paramètres résultent plutôt de la détermination des caractéristiques mécaniques des sols (détermination de la résistance sous trafics). Pour déterminer ces paramètres, différents essais peuvent être utilisés :

- Essai Los Angeles ; l'essai consiste à mesurer la masse  $m$  d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations. Si  $M$  est la masse du matériau soumis à l'essai et  $m$  la masse des éléments inférieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai, la résistance à la fragmentation aux chocs est exprimée par le coefficient Los Angeles  $L_A$  :

$$L_A = \frac{m}{M} 100$$

- Essai Micro Deval humide (sur la fraction 10/14mm ou 6,3/10mm) ; c'est un coefficient exprimé en pourcentage qui caractérise la résistance à l'usure d'un granulat, selon un protocole d'essai normalisé appelé "micro-deval". Ses valeurs vont habituellement de 8 (forte résistance à l'usure) à 40 (faible résistance à l'usure).
- Coefficient de friabilité des sables (sur la fraction 0/1mm ou 0/2mm ; il mesure l'évolution granulométrique par frottements. L'essai micro-deval est également utilisé pour la mesure du coefficient de friabilité des sables suivant la norme NF P 18-576.

### **II.3 Paramètres de nature :**

Ces paramètres ne sont pas liés directement aux caractéristiques du matériau mais sont fonction de l'environnement dans lequel il se trouve.

## **III.CLASSIFICATION DES MATERIAUX ROCHEUX**

Les roches volcaniques se forment à la suite du refroidissement d'un magma. Les roches massives en place sont regroupées selon leur mode de formation : magmatiques (volcaniques ou plutoniques), métamorphiques ou sédimentaires. Viennent ensuite des « sous-groupes » liées à leur nature (pétrographique, minéralogique, chimique).

- ✓ Les roches éruptives ou volcaniques se forment à partir d'un magma fluide et se mettent en place à la surface de la terre. Elles présentent une texture vitreuse ou à grain très fins.
- ✓ Les roches plutoniques par contre se mettent en place en profondeur suite à la cristallisation d'un magma très fluide et présentent une texture cristalline avec des minéraux de grandes tailles.

L'altération et l'abrasion de ces roches par les agents atmosphériques (pluie, gel, neige, vent, soleil..) modifient leur structure et leur minéralogie ; la désagrégation ainsi effectuée conduit à la formation de sols à des échelles de temps très variables.

Enfin, le déplacement des grains de sols (par les rivières essentiellement), puis leur sédimentation conduit à la formation d'autres sols ou roches meubles. Après extraction, un déblai rocheux est transformé au moins partiellement comme un sol meuble, il faut cependant être en mesure de déterminer les caractéristiques des matériaux extraits à partir de la roche en place.

La classification des roches est basée essentiellement sur la nature géologique de la roche mais aussi sur d'autres caractéristiques mécaniques basées sur les essais de laboratoire (fragmentation, dégradabilité, masse volumique...) et selon l'expérience qu'on a vis-à-vis de leur comportement durant les différentes phases d'exécution.

Pour déterminer les caractéristiques d'un massif rocheux en vu de son emploi pour des remblais et des couches de forme, il faut nécessairement deux conditions :

- ✓ Identification sommaire de la roche ; donner la nature géologique de la roche (dire à quelle famille appartient la roche, donner sa structure sa texture, ses caractéristiques chimiques...). Cette identification bien que incomplète nous permet d'avoir une aperçu assez claire de la roche.
- ✓ Déterminer les caractéristiques propres à la roche à partir d'essais de laboratoire ce qui permettra de connaître le comportement de la roche à court terme (durant ses différentes phases d'exécution : extraction, chargement, réglage, compactage sous la circulation des engins de chantier, sous la pluie), et à moyen et long terme (connaître le comportement de la roche lors de sa mise en service sous les contraintes, mécaniques, de l'eau, de la température...).

Les informations obtenues à l'issue de ces étapes d'identification (granularité, comportement à court terme, comportement à moyen et long terme sous trafic...) permettent de donner les possibilités d'emplois des matériaux issus d'un déblai rocheux.

Pour les matériaux rocheux, la classification se fera suivant la nature pétrographique, l'état et les caractéristiques mécaniques.

### III.1 Classification de la roche suivant la nature pétrographique

Les conditions d'exploitation (extraction, mise en œuvre à court, moyen et long terme sous trafic), sont très différentes selon qu'il s'agit de matériaux rocheux issus des roches sédimentaires ou des roches magmatiques et métamorphiques.

Les roches sédimentaires (craie, calcaires, roches argileuses, roches siliceuses, roches salines), présentent des comportements assez différents pour leur utilisation en remblai ou en couche de forme. Cependant il s'avère nécessaire de subdiviser la classification suivant la nature et le comportement de chacune de ces roches.

Les roches métamorphiques et magmatiques présentent pratiquement les mêmes comportements du point de vue de leur utilisation en remblai ou en couche de forme. Cependant leur classification ne nécessite aucune subdivision.

### III.2 Classification des matériaux suivant leur état et leurs caractéristiques mécaniques.

Les paramètres les plus recherchés pour faire cette classification sont :

- ✓ L'aptitude du matériau à se fragmenter au cours des différentes phases de sa mise en œuvre et en particulier la possibilité de produire une proportion d'éléments fins suffisante pour avoir un comportement de sol sensible à l'eau.
- ✓ La potentialité d'une évolution postérieure à la mise en œuvre sous l'action des contraintes mécaniques seules ou conjuguées avec celles de l'eau.
- ✓ La teneur en eau dans le cas des matériaux très fragmentables tels que certains craie, marne, schiste sédimentaire etc., qui peuvent renfermer dans leur structure une importante quantité d'eau qui se communiquera inévitablement aux éléments fins produits au cours du terrassement.
- ✓ La teneur en éléments souples dans le cas des roches salines.

Les essais retenus pour apprécier la qualité de ces matériaux sont :

- ✓ **Le coefficient Los Angeles (LA) norme (P 18-573),**

✓ ***Le coefficient micro- Deval humide (norme P 18 – 572)***

Ces deux essais (coefficient Los Angeles et micro- Deval humide) sont essentiellement destinés pour les roches relativement dures comme les gneiss, les calcaires, les grés etc. Ils permettent aussi de se prononcer sur l'emploi de ces matériaux en couche de forme.

✓ ***La masse volumique de la roche déshydratée en place ( $\rho_d$ )***

Cet essai est utilisé pour la détermination ponctuelle de la masse volumique d'un matériau grossier en place hors nappe. La masse volumique est plus particulièrement utilisée dans les matériaux grossiers dont le  $D_{max}$  est compris entre 50 et 400 mm pour lesquels les autres méthodes ne sont pas applicables. Elle a l'avantage d'être aisément mesurable et d'être en étroite corrélation avec la fragmentabilité des matériaux tels que les craies et les calcaires tendres. L'objectif principal est d'apprécier les qualités des ces matériaux pour leur emploi en remblai.

✓ ***Le coefficient de fragmentabilité (FR)***

Ce coefficient est déterminé à partir d'un essai de fragmentation. Il s'exprime par le rapport des  $D_{10}$  d'un échantillon de granularité initiale donnée, mesuré avant et après avoir fait subir un pilonnage conventionnel avec la dame Proctor normal. L'objectif principal est d'apprécier les qualités des matériaux rocheux évolutifs pour leur emploi en remblai et en couche de forme pour les matériaux plus ou moins friables pour lesquels les coefficients LA, MDE manquent de sensibilité.

✓ ***Le coefficient de dégradabilité (DG)***

Ce coefficient s'exprime par le rapport des  $D_{10}$  d'un échantillon de granularité initiale donnée, mesuré avant et après l'avoir soumis à des cycles de séchage -immersion conventionnels. L'objectif principal est d'apprécier les qualités des matériaux issus des roches argileuses pour leur emploi en remblai. (Marne, schistes sédimentaires...).

✓ ***La teneur en eau naturelle ( $w_n$ )***

Ce paramètre n'est pris en compte dans la classification que pour certaines craies et roches argileuses très fragmentables.

✓ ***La teneur en éléments soluble (% Na Cl, gypse...)***

La détermination de ce paramètre est essentiellement limitée au cas des roches salines.

Les valeurs seuil pour les paramètres d'état et de comportement sont :

- ⇒ Pour la fragmentabilité :  $FR = 7$ 
  - Si  $FR < 7$  on dit que la roche est peu fragmentable,
  - Si  $FR > 7$  on dit que la roche est fragmentable.
- ⇒ Pour la dégradabilité :  $DG = 20$  et  $5$

- Si  $DG > 20$  on dit que le matériau rocheux est très dégradable,
- Si  $5 < DG < 20$  on dit que le matériau rocheux est moyennement dégradable,
- Si  $DG < 5$  on dit que le matériau rocheux est peu dégradable.

#### **IV. CLASSIFICATION DES SOLS ORGANIQUES ET DES SOUS - PRODUITS INDUSTRIELS.**

A l'échelle internationale, la technique routière se préoccupe depuis un certain temps de l'utilisation des sols organiques, des déchets et sous-produits d'origines diverses (mines et carrières, industrie métallurgique, autres industries...) sans que cette utilisation ne doive nécessairement se substituer à celle des matériaux traditionnels. Son développement doit obéir aux objectifs suivants :

- ✓ contribuer à la protection de l'environnement en fournissant un débouché à ces déchets et sous-produits, évitant ainsi leur mise en dépôt.
- ✓ contribuer aux économies des matériaux traditionnels.
- ✓ Fournir à la construction routière des matériaux de qualité suffisante et ayant une certaine stabilité intrinsèque. La classification proposée a été établie à partir du recensement des principales familles de matériaux qui découlent de ces sols et sous-produits susceptibles d'être utilisés dans notre pays. On a ainsi dénombré neuf familles (sous-classe F1 à F9), chacune d'elles est caractérisée par les paramètres dont dépendent les possibilités d'emploi.

Parmi les déchets et sous-produits industriels qui, sous l'angle d'une évaluation globale de leurs aptitudes d'emploi en technique routière, présentent des possibilités optimales, se trouvent les cendres volantes. Ces matériaux sont en effet susceptibles de présenter les meilleures caractéristiques, soit tels quels, soit traités, soit en combinaison avec d'autres.

Ces cendres volantes constituent un produit minéral pulvérulent résultant du dépoussiérage des fumées rejetées par les centrales thermiques qui utilisent du charbon broyé comme combustible. Elles possèdent la propriété d'être pouzzolanique (cendres volantes silico-alumineuses) et provoquent, en présence de la chaux, la formation de composés ayant des propriétés liantes comparables à celles d'un liant hydraulique.

Au Sénégal cependant, seul un faible pourcentage des cendres volantes produites est utilisé (fabrication des ciments) alors que l'accumulation des restes peut poser des problèmes sérieux : envolement des poussières, occupation des sols, dégradation des sites, etc.



Pour se débarrasser de ces déchets, plusieurs pays (USA, pays d'Europe, Inde, ...) les valorisent en construction routière, notamment en :

- en terrassements (remblais et couches de forme)
- couches de chaussées (fondation et base)
- enrobés hydrocarbonés (comme filler)
- amélioration des sols (stabilisation mécanique ou chimique)

Dans ce rapport, nous ne traiterons pas de l'utilisation des cendres volantes comme matériau utilisable en terrassement par manque d'expérience et de plus notre pays ne dispose pas assez d'industries pour produire ce matériau en quantité satisfaisante.

## CHAPII : QUELQUES MATERIAUX UTILISABLES EN TERRASSEMENT

### II.1 LES GRAVES LATÉRITIQUES

#### II.1.1 DEFINITION :

La latérite est une roche rouge ou brune, qui se forme par altération de roches sous les climats tropicaux. Le sens large désigne l'ensemble des matériaux meubles ou indurés riches en hydroxydes de fer ou d'aluminium.

En se plaçant du point de vue d'un ingénieur routier, on appellera, en consacrant l'usage, *Graveleux latéritiques, des sols meubles, formés en milieu tropical, composés d'une fraction granulaire constitués de pisolites ou de nodules ferragineux dans une matrice limono – argileux*

Le grave latéritique tel qu'il a été défini est géotechniquement un sol meuble 0/20 à 0/40mm comportant de 10 à 35% de fines passant au tamis de 80µm( tamis 200 ASTM) et un squelette (refus sur le tamis de 2mm - ASTM n°10) de 20 à 60%.

Dès lors, un matériau latéritique contenant plus de 35% de passant au tamis 80µm ne peut plus être considéré comme un graveleux latéritique car l'influence de la matrice fine devient très prépondérante sur celle du squelette.

L'altération des roches à l'origine des sols latéritiques donne lieu à la création de complexes d'altération de deux formes :

- Argile : les argiles formées dépendent du taux de lessivage subi par la roche.
- Oxyhydroxydes de fer et d'aluminium

#### II.1.2 COMPOSITION CHIMIQUE DES GRAVES LATÉRITIQUES :

Ces matériaux sont caractérisés par leur haute teneur en oxyde et hydroxyde de fer et/ou d'alumine qui peut atteindre 80% du produit dû à la ferrallitisation.

Le fer se présente sous forme de :

- Géothite  $\alpha$   $Fe_2O(OH)_3$  ou,
- D'hématite  $Fe_2O_3$ .

L'alumine est contenue dans :

- La gibbsite  $\gamma$   $Al(OH)_3$  et,
- La boehmite ou diaspore  $AlO(OH)$ .

Les argiles ferrallitiques sont principalement des kaolinites  $(Si_2O_5)_2 Al_2(OH)_4$  et des alloysites.

Le rapport  $R = (Si_2/60) / (Al_2O_3/102 + Fe_2O_3/160)$  permet de déterminer le degré de latérisation des matériaux. Ainsi pour :

- $R < 1,33$  on a de la latérite vraie,
- $1,33 < R < 2$  on a de la roche latéritique,
- $R > 2$  on a de la roche non latéritique.

### **II.1.3 PARAMETRES DE NATURE DES GRAVES LATERITIQUES :**

Dans cette partie, on insistera sur deux paramètres d'identification qui peuvent fournir des informations intéressantes sur les matériaux .Ce sont :

- La limite de plasticité,
- L'essai au bleu de méthylène

#### **II.1.3.1 la limite de plasticité**

Les valeurs de la limite de plasticité mesurées sur un certain nombre d'échantillons (voir tableaux en annexes) provenant de sources différentes sont comprises entre 10 et 20. La connaissance de ces limites sera intéressante pour prévoir si un graveleux latéritique ne risque par d'être sujet principalement, sous l'effet du climat, à des retraits pouvant entraîner sa fissuration.

#### **II.1.3.2 Essai au bleu de méthylène**

La caractérisation de la fraction argileuse par l'absorption de bleu de méthylène ne donne pas des résultats significatifs pour les graves latéritiques ; il ne paraît pas y avoir de relation entre ce paramètre et la quantité de particules inférieures à 2 microns. De ce fait, nous ne nous sommes pas appesanti sur ce paramètre.

### **II.1.4 CARACTERISTIQUES GEOMECANIQUES DES GRAVES LATERITIQUES :**

#### **II.1.4.1 Caractéristiques de compactage :**

La densité sèche maximale  $\gamma_d$  OPM et la teneur en eau optimale de compactage OPM des graves latéritiques continuent d'être déterminées classiquement par l'essai Proctor modifié. Cet essai peut être aussi utile pour tester la fragilité des graves latéritiques ; si le pourcentage de fines produites est trop important, le matériau peut être rejeté. Des spécifications précisent généralement les pourcentages de production de fines à ne pas dépasser (généralement moins de 8% pour les remblais).

#### **II.1.4.2 La portance**

La décision d'utiliser les graveleux latéritiques à un niveau déterminé des terrassements dépend des performances obtenues en soumettant des échantillons représentatifs à un certain nombre d'essais. La portance reste le paramètre essentiel ; on a constaté que la stabilité et la portance des graves latéritiques dépendent :

- De la granulométrie maximale D du passant au tamis 80 $\mu$ m,
- Du refus sur le tamis 2 mm ,

- Du palier de la courbe granulométrique entre 80µm et 2 mm,
- De la plasticité,
- De l'évolution du compactage,
- De la nature minéralogique des particules.

L'essai CBR continue d'être considéré comme représentant le mieux la résistance au poinçonnement des sols. La valeur du CBR obtenue pour 95 % de la densité maximale OPM et après 4 jours d'imbibition de l'échantillon est la référence de base de la portance d'un sol prise en compte pour le dimensionnement des terrassements.

On ne recommande pas, lorsque la portance du matériau à 95% de la densité OPM est insuffisante, de chercher à l'améliorer en le compactant davantage : une telle procédure ne conduit généralement qu'à l'écraser sans profit.

Le CBR retenu pour le dimensionnement dépend donc des conditions d'humidité au moment du chantier par rapport à la teneur en eau optimale et de la saturation possible pendant de longues périodes.

## II.2 UTILISATION DES MATERIAUX RECYCLES EN TERRASSEMENT ROUTIER

### II.2.1 DEFINITION :

Dans une période où le souci de protection de l'environnement prend une place de plus en plus grande, l'emploi de matériaux recyclés offre trois avantages majeurs et indiscutables :

- L'économie des décharges dont on cherche à réduire le nombre et l'usage ;
- L'économie des carrières, (réduction de l'emploi des matériaux de carrière qui deviennent de plus en plus rares).
- Des économies de transport puisqu'il s'agit de matériaux "locaux".

Après des années d'usage, en Europe, (chantiers de mise au point, chantiers pilotes), les spécialistes du milieu sont convenus que les matériaux de recyclage offrent une véritable alternative technique et économique dans bon nombre de chantiers, jusqu'aux autoroutes pour certaines applications.

La diversité des matériaux produits, conséquence de la diversité des "matières premières" et des différentes techniques de traitement, permet de répondre à un large éventail d'applications, depuis les simples remblais jusqu'aux assises de chaussées à trafic lourd.

Ce présent chapitre a pour objet d'aider les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'oeuvre à tirer le meilleur parti possible de ces matériaux alternatifs dans un usage routier sans pour autant compromettre la qualité des ouvrages.

Les matériaux recyclés sont aussi appelés matériaux « blancs » recyclés, c'est-à-dire des granulats obtenus par récupération de graves non traitées, ou par concassage de matériaux hydrauliques routiers ou de bétons. Ces derniers peuvent provenir de bâtiments, d'ouvrages de génie civil, d'anciennes infrastructures routières.

Ces matériaux de démolition peuvent être classés en quatre catégories selon leurs natures :

- **les matériaux de démolition de bâtiments et ouvrages d'art**, constitués de bétons armés ou non, sans enduit, ni plâtre, ni amiante, ou autres déchets industriels spéciaux.
- **Les matériaux de démolition de chaussées** constitués de matériaux traités ou non aux liants hydrauliques, de matériaux traités aux liants hydrocarbonés, d'anciens blocages, de bordures en béton ou pierres naturelles, etc.
- **Des mélanges de matériaux composites** (ossatures en béton, maçonnerie, ...) avec de faibles teneurs en plâtres, bois, plastique, ....

- *Des mélanges hétérogènes* avec des teneurs en matières indésirables.

### **II.2.2 ELABORATION ET PRODUCTION :**

Les matériaux bruts sélectionnés font l'objet d'une élaboration pour obtenir divers produits :

- Produits "primaires" : Graves et cailloux,
- Produits "secondaires" : Sables et gravillons.



### **Béton de démolition**

#### II.2.2.1 Elaboration :

Les différentes phases d'élaboration des produits issus du recyclage des matériaux de démolition sont les suivantes :

- ✓ une sélection (ou tri) visuel du lot. Cette sélection peut intervenir sur le site de démolition, ou à l'arrivée sur les plates-formes de regroupement ou de recyclage. Elle consiste à éliminer les lots jugés trop riches en éléments indésirables : bois, plâtre, brique, isolant, papier... La sélection est primordiale pour obtenir des matériaux recyclés homogènes et propres à des emplois dans les terrassements (remblai et couche de forme) ;
- ✓ une réduction primaire à la brise roche pour réduire les plus gros éléments et extraire mécaniquement le ferrailage (voir fig. 1). Au cours de cette opération, un contrôle visuel des matériaux, et un second tri peut être opéré.
- ✓ un concassage primaire avec des concasseurs à mâchoires ou à percussion, afin de réduire les gros éléments et d'obtenir ainsi des matériaux dont la taille n'excède pas 100 à 150 mm pour les remblais et inférieurs à 50mm pour une utilisation en couche de forme (voir fig. 3). Le système de concassage peut être équipé d'un scalper afin d'éliminer la fraction fine. Le type de concasseur influe sur la granulométrie du produit en sortie : si les concasseurs à mâchoire permettent de

traiter des blocs volumineux, la réduction de la granulométrie est plus faible avec un concasseur à percussion ;

- ✓ un déferrailage par un séparateur électromagnétique, le plus souvent de type « overband » (voir fig. 2) ;
- ✓ un criblage et un tri manuel pour éliminer les impuretés résiduelles.

Ces opérations s'accompagnent éventuellement d'un concassage secondaire sur la fraction supérieure issue du concassage primaire afin de réduire la granulométrie des matériaux.

#### II.2.2.2 Production

Les produits issus de ces traitements peuvent être assimilés, en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques et de fabrication, à des matériaux de précriblage, graves non calibrées, graves 0/D, sable, gravillons ou cailloux. Ils peuvent alors être utilisés pour les terrassements routiers et dans les couches de chaussées. Les produits résultant de ces quatre types d'installation sont de natures différentes allant des graves non calibrées aux granulats classés tels que sables et gravillons, en passant par diverses qualités de graves.



**Fig. 1 : Cisaille**





**fig2 : Séparateur magnétique**

**fig. 3 : Fragmentation des granulats**

### **II.2.3 Caractéristiques physico-chimiques :**

Etant donné leur origine, les granulats de bétons recyclés sont considérés comme artificiels.

Ils sont essentiellement composés de :

- ✓ granulats naturels. Ces derniers proviennent de deux sources : les carrières de roches massives, les gisements alluvionnaires et à partir de trois natures de roches :
  - éruptives : granites, basaltes porphyres,
  - sédimentaires : calcaires, grès, quartzites,
  - métamorphiques : gneiss, amphibolites.

Les compositions chimiques font apparaître 3 familles :

- les roches calcaires composées presque uniquement de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ),
  - les roches siliceuses formées principalement d'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ),
  - les silico- calcaires qui se rapprochent selon leur teneur en calcaire dans l'une ou l'autre des familles précédentes.
- ✓ de pâte de ciment durcie : c'est le liant des bétons d'ouvrage de génie civil et de bâtiment, des chaussées en béton, des couches de chaussées en grave ciment. Les ciments normalisés utilisés dans les ouvrages de génie civil et les chaussées en béton sont des mélanges associant principalement et dans des proportions variables du clinker broyé après addition de gypse, et des additions minérales. Parmi ces dernières, on trouve des fumées de silice, des pouzzolanes naturelles, des fillers calcaires, voire d'autres fillers minéraux. Les ciments peuvent aussi contenir des schistes calcinés, du sulfate de calcium et des additifs.

*Le clinker est un mélange de silicates et d'aluminate de calcium résultant de la combinaison de la chaux  $\text{CaO}$  avec la silice  $\text{SiO}_2$ , l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , et de l'oxyde de fer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . La chaux est apportée généralement par des roches carbonatées, l'alumine, la silice et l'oxyde de fer par des argiles. On note également la présence, mais en moindre quantité, des éléments suivants :  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ .*

Le laitier résulte du mélange de laitier de haut fourneau refroidi brusquement, broyé ou finement moulu. Sa composition varie :

- de 30 à 35 % de  $\text{SiO}_2$
  - 12 à 25 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - 40 à 50 % de  $\text{CaO}$
  - 4 à 11 % de  $\text{MgO}$ .
- ✓ de liants hydratés, parmi ceux utilisés habituellement pour les couches de chaussées : liants routiers, laitiers pré- broyés.

Au cours de la fabrication des bétons, des adjuvants sont ajoutés afin de faciliter leur mise en œuvre ou améliorer le comportement à long terme. Certains de ces adjuvants demeurent dans les granulats de béton concassé. Par ailleurs, les bétons peuvent contenir des granulats et des sables susceptibles de générer de l'alcali réaction.

### *Les impuretés potentielles*

Les bétons et matériaux de chaussée recyclés peuvent être contaminés par des éléments provenant essentiellement du milieu environnant l'ouvrage dont ils sont issus.

Les matériaux recyclés provenant de bâtiments peuvent présenter des pollutions issues des procédés de parement du béton : plâtre, peinture, papier ..., et du milieu environnant le bâtiment dont ils proviennent : composants traités dans les usines, terre, sols.

Les sulfates provenant des plâtres en mélange dans les matériaux recyclés sont particulièrement préjudiciables. Des teneurs élevées empêchent leur utilisation en technique routière, car les sulfates peuvent engendrer des gonflements par formation d'ettringite, entraînant ainsi la dégradation prématurée de la chaussée.

Les matériaux issus de démolition de chaussée peuvent être aussi contaminés par les sols, et par des ions chlorures provenant des sels de déverglaçage.

### *II.2.4 Caractéristiques géotechniques et classification :*

Les caractéristiques géotechniques des matériaux blancs recyclés favorisent leur utilisation en terrassements routiers et plus particulièrement en couche de forme. Cependant, la valeur de bleu (VBS) et la teneur en sulfates doivent être notamment surveillés, suivant les usages prévus, afin d'éviter l'apparition de gonflements.

La mise en œuvre doit en outre tenir compte des coefficients d'absorption d'eau élevés, et du caractère frottant et fragile des granulats recyclés.

Pour le traitement préalable à une réutilisation, deux types de dispositions sont pratiqués :

- soit les matériaux sont orientés vers des installations de recyclage. Ces dernières sont dotées de postes fixes permettant de traiter les produits de démolition. En général, grâce à une gestion appropriée des stocks de matériaux « bruts », ces installations produisent des matériaux dont les caractéristiques sont assez constantes dans le temps.
- soit un poste mobile est acheminé et installé sur la plate-forme de regroupement, voire directement sur le chantier de démolition. Les caractéristiques des productions sont alors fonction des gisements.

Les différentes productions issues du recyclage des bétons et des matériaux de chaussée (naturels ou traités aux liants hydrauliques) sont fonction de la gestion des matériaux bruts, et du mode d'élaboration, en particulier du concassage. Elles peuvent être classées en cinq

catégories vis-à-vis de leur emploi possible en technique routière et selon leur granulométrie.

Afin de faciliter la caractérisation des

**Graves de Recyclage** dénommées "GR" dans ce texte, il a été défini cinq catégories : GR0, GR1, GR2, GR3, GR4 et ce, compte tenu :

- de la nature de la production,
- de critères figurant dans les normes citées.

Les catégories ainsi établies figurent dans le tableau ci-après :

Référence à la norme	NF P 11-300		XP P 18-540 et NF P 98-129 (GNT A)		
	F 72	F 71			
Catégorie de Grave Recyclée	GR0	GR1	GR2	GR3	GR4
Granularité	Non calibrée	0/D D < ou = 80 mm	0/D D < ou = 31,5 mm	0/D D < ou = 20 mm	0/D D < ou = 20 mm
Dureté	Non spécifiée	LA < ou = 45 MDE < ou = 45	LA < ou = 45 MDE < ou = 45 LA+MDE < ou = 80 soit E	LA ≤ 40 MDE < ou = 35 LA+MDE < ou = 65 soit E+	LA ≤ 35 MDE < ou = 30 LA+MDE < ou = 55 soit D
Propreté	Non spécifiée	VBS < ou = 0,2	ES > ou = 50	ES > ou = 50	(ES > ou = 50
Sulfates	Selon utilisation	SSb (< ou = 0,7 %)			

**NB : VBS selon la norme NFP 94 – 06 et**

**La teneur en sulfates est établie conformément à la norme NF P 18-581.**

Les matériaux de pré-criblage et les graves non calibrés sont utilisés uniquement dans les terrassements. Leurs caractéristiques correspondent aux valeurs suivantes :

- ✓ le Dmax est variable (supérieur ou inférieur à 50 mm) ;
- ✓ le passant à 80 µm est en général inférieur à 12 %, et celui à 2 mm inférieur à 70 % ;
- ✓ la propreté, caractérisée par la valeur au bleu VBS est variable. Aussi, pour le réemploi de ces matériaux, trois classes sont introduites :

- $VBS \leq 0,1$
- $0,1 < VBS \leq 0,2$
- $VBS > 0,2$ .

#### **II.2.4.1 Mise en œuvre :**

Le répandage se fait à l'aide d'engins classiques de type niveleuse, par couche de 15 à 35 cm d'épaisseur maximum (25 cm pour le remblaiement de tranchées). Le compactage sera réalisé systématiquement à l'aide de compacteurs vibrants de type VM2 ou VM3, complété si nécessaire (tonnage, épaisseur) par des compacteurs à pneus P1 (3 t/roue). La bonne stabilité à la mise en oeuvre du matériau autorise une circulation de chantier immédiate. Les objectifs de densité sont identiques à ceux préconisés pour les matériaux routiers ayant la même destination.

Afin de faciliter la densification et d'obtenir un bon état de surface, on s'attachera, lors de la mise en oeuvre, à maintenir une teneur en eau proche de l'Optimum Proctor, et notamment à éviter un dessèchement du matériau. Dans le cas de couches non recouvertes immédiatement ou soumises à une circulation de chantier, il est préconisé d'appliquer un enduit de cure, afin de conserver l'état de surface de la grave de recyclage.

#### **II.2.4.2 Précautions d'emploi :**

Les produits vendus, fabriqués à partir de matériaux de démolition recyclés, peuvent contenir de faibles quantités résiduelles de sulfate. De ce fait, leur emploi doit être bien contrôlé.

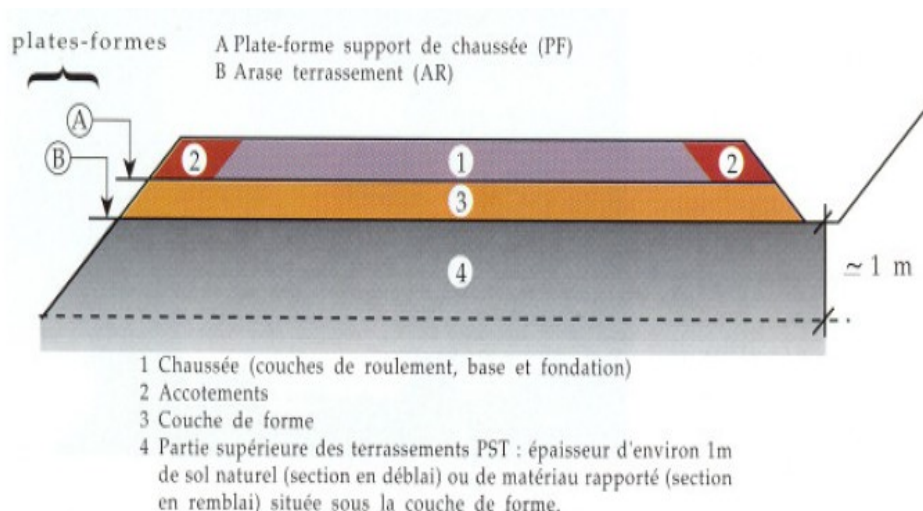
De même, le grave ne doit pas être en contact direct avec un matériau susceptible de contenir des sulfates.

C'est un matériau peu sensible à l'eau, néanmoins les conditions hydriques extrêmes doivent être évitées au moment de la mise en oeuvre. Enfin, s'il est souvent recommandé de surdimensionner l'atelier de compactage, l'utilisation de compacteurs de type VM5 est à écarter.

## CHAP III : CONDITION D'UTILISATION ET DE MISE EN OEUVRE DES MATERIAUX EN REMBLAI

### III.1.PLATEFORME :

On appelle plateforme, la couche des 30cm supérieurs des terrassements .il est indispensable de disposer d'une bonne assise pour que le corps de chaussée soit mis en place dans des conditions satisfaisantes et pour qu'il conserve, dans le temps , une indéformabilité suffisante ( voir schéma).



Dans les zones humides, un système de drainage, dont la réalisation précédera ou sera conduite simultanément à l'exécution des terrassements, assainira la plateforme. Une large emprise sera dégagée pour permettre l'ensoleillement et l'aération du chantier.

Pour des sols dont le CBR est inférieur à 5, il est souhaitable de substituer à ces sols des matériaux de meilleure qualité ou de traiter la plateforme en place. Le CBR à prendre en compte pour le dimensionnement dépendra de l'épaisseur et aussi de la qualité du matériau de substitution. En effet, la solution à adopter dépendra de plusieurs facteurs :

- ✓ La disponibilité des ressources locales en matériaux,
- ✓ La comparaison des coûts effectués entre :
  - une structure de chaussée épaisse,
  - la substitution du sol en place par une couche de forme,
  - le traitement in situ de la plateforme.

Outre un CBR faible, les sols à éliminer ou à traiter ont les caractéristiques suivantes :

- ✓ IP > 40
- ✓ LL > 70
- ✓ Gonflement linéaire dans le moule CBR > 2 %
- ✓ Teneur en matières organiques > 3 %

Le traitement à la chaux vive (ou à défaut à la chaux éteinte) permettra d'obtenir un abaissement de la teneur en eau naturelle et de l'IP.

On peut également améliorer le sol par un traitement mécanique par :

- ✓ Un ajout de sable pour « amaigrir » une plateforme argileuse ou de cailloux pour lui donner du squelette.
- ✓ Par les géotextiles dits « additifs de structure » permettant la mise en place de la couche de forme sur des sols fins plastiques à forte teneur en eau.

On prévoira, au niveau de la plateforme, un degré de compactage correspondant à au moins 95 % du Proctor modifié ce qui pourra entraîner, en déblai, une double manipulation des sols.

Dans certains sols sensibles des zones de déblai, on remaniera le moins possible le terrain naturel sur lequel sera mis en œuvre la couche de forme.

Les sols fins, dont la teneur en eau est proche de la saturation, conduisent, en compactage, au phénomène de « matelassage ». En effet, il n'est pas alors possible d'obtenir le degré de compacité souhaité et l'intensité de l'énergie de compactage devient inefficace. On doit alors, dans ces conditions s'attacher à abaisser la teneur en eau du sol et admettre d'exécuter un compactage plus faible.

La déformabilité de la plateforme peut être appréciée par la mesure des déflexions sous le passage d'un essieu chargé.

La déflexion admissible dépend :

- ✓ du type de chaussée proposée ;
- ✓ du trafic supposé ;
- ✓ du sol de la plateforme.

On peut admettre, en première approximation, des déflexions maximales de 200/100 mm mesurées sous essieu de 13 tonnes après compactage.

Dans le cas de fonds de déblais rocheux ou de couche de forme en matériaux extraits à l'explosif, la surface de la plateforme devra être égalisée, conformément aux spécifications du nivellement.

On devra aussi contrôler la rigidité de cette assise par des essais de plaque : Le module EV2 mesuré, ne devra pas être inférieur à 500 bars.

Enfin, on s'attachera à réaliser des tronçons homogènes dont la longueur optimale est fonction :

- ✓ De l'importance du projet ;
- ✓ Des conditions économiques locales ;
- ✓ Des moyens dont disposent les entreprises.

### **III.2. CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**

Pour causes d'universalités des méthodes utilisées, les conditions d'utilisation en remblai sont tirées du GTR français et se regroupent en (7) rubriques symbolisées chacune par une lettre :

#### La phase extraction :

- Extraction .....**E**

#### La phase élaboration du matériaux :

- Action sur la granularité .....**G**
- Action sur la teneur en eau .....**W**
- Traitement .....**T**

#### La phase mise en œuvre :

- Régalage .....**R**
- Compactage .....**C**
- Hauteur des remblais.....**H**

#### **III.2.1 Phase extraction :**

##### **Le mode d'extraction : E**

L'extraction d'un matériau meuble ou tendre peut se faire de deux (2) manières :

- ✓ l'extraction en couche d'épaisseur de l'ordre de 10 à 30 cm
- ✓ l'extraction frontale ou en bute.

L'extraction par couche permet d'avoir une bonne fragmentation des matériaux pour lesquelles cette action est recherchée, comme les matériaux évolutifs par exemple.

Elle permet également d'obtenir une meilleure maîtrise des caractéristiques géotechniques des matériaux.

Enfin elle a la particularité d'exposer au maximum le matériau aux agents atmosphériques, ceci est recherché dans le cas où une action sur la teneur en eau est bénéfique. Dans le cas contraire, cette exposition peut être contre indiquée.



L'extraction frontale se caractérise par des effets opposés. En effet, elle offre en plus la possibilité dans les formations stratifiées, de sélectionner le niveau présentant la meilleure portance pour le réserver à la circulation des engins de transport.

Aussi, elle permet de ne pas exposer les matériaux aux agents atmosphériques et donc de ne pas agir sur la teneur en eau.

S'agissant des engins d'extraction, on peut citer le motor-scraper pour l'extraction en couches minces et du complexe pelle tombereaux pour l'extraction frontale.

En ce qui concerne les matériaux rocheux compacts, le recours à des planches d'essais de tir s'avère généralement nécessaire pour fixer les conditions d'extraction des matériaux.

### **III.2.2 Phase élaboration du matériau :**

#### **III.2.2.1. Le mode action sur la granularité : G**

Cette action se rapporte à 3 situations :

- L'élimination des matériaux dont le Dmax est supérieur à 800 mm.

Cette condition s'applique aux matériaux rocheux et aux sols grossiers. La valeur de 800mm constitue une limite maximum des blocs admissibles dans le corps d'un remblai compte tenu des performances des compacteurs les plus puissants actuellement.

- L'élimination des matériaux dont le Dmax est supérieur à 250 mm.

Cette condition s'applique aux sols sensibles à l'eau et se trouvant dans un état hydrique nécessitant un traitement à la chaux ou au liant hydraulique pour pouvoir être réutilisé. La valeur de 250 mm constitue la dimension maximale des blocs permettant un malaxage du sol avec des engins de type charrue qui sont des engins utilisés pour le traitement des remblais.

En ce qui concerne la partie supérieure des terrassements, cette élimination concerne également les matériaux dont le Dmax est supérieur à 200 mm.

- La fragmentation complémentaire après extraction.

Cette condition est propre aux matériaux rocheux évolutifs. L'objectif recherché est d'obtenir un matériau ayant à la fois un Dmax compatible avec les compacteurs utilisés et une courbe granulométrique la plus étalée possible de manière à prévenir au maximum ses possibilités d'évolution à long terme. Cette condition implique évidemment l'élimination des éléments supérieurs à 800 mm.

S'agissant des moyens et des engins utilisés pour agir sur la granularité, on peut citer :

- Pour les moyens : la fragmentation, le concassage, le pétardage ...
- Pour les engins : le marteau ou burin hydraulique, les rouleaux à pieds « dameurs », le chenillage avec de gros buteurs...

### **III.2.2.2. Le mode action sur la teneur en eau : W**

Il s'agit ici de modifier, au besoin, l'état hydrique des matériaux. Cette action se rapporte à 4 situations :

- L'arrosage pour le maintien de l'état hydrique du matériau : cela consiste en un arrosage simple durant la mise en œuvre lorsque les conditions météorologiques sont « évaporantes ». C'est le cas du Sénégal.
- L'humidification pour changer l'état hydrique du matériau : c'est une opération délicate qui nécessite de grandes quantités d'eau suivies d'un brassage ou d'un malaxage pour bien humecter le matériau. Une planche d'essai est indispensable pour vérifier l'efficacité de l'opération.
- L'essorage par dépôt provisoire : c'est une opération qui s'effectue dans le cas d'une extraction sous l'eau.
- La réduction de la teneur en eau par aération et/ou exposition au soleil dans le cas où les conditions météorologiques sont favorables (milieu trop humide).

### **III.2.2.3. Le mode traitement : T**

Le traitement comporte deux phases : Epanchage et malaxage.

Le traitement des sols vise 2 objectifs :

- Améliorer les sols trop humides : sols à réutiliser en remblai, sols en place pour permettre la progression du chantier.
- Réaliser des plateformes rigides et stables aux intempéries pour la circulation des engins de chantier et pour assurer une bonne portance à long terme pendant la durée de vie de la chaussée.

Ce mode se rapporte à 3 situations :

- Le traitement à la chaux recommandé pour les sols fins moyennement ou très argileux.
- Le traitement avec d'autres réactifs comme le ciment, les cendres volantes, le laitier ou autres sous-produits industriels. Ce traitement est surtout recommandé pour les sols peu plastiques.
- Le traitement mixte chaux-ciment : rarement utilisé en remblai car très onéreux.

Dans tous les cas, une étude complète doit être réalisée au préalable au laboratoire pour vérifier les modalités de traitement (l'épandage du réactif sur le matériau est souvent la phase la plus délicate) et vérifier l'absence de risque de gonflement qui survient avec certains sols argileux.

S'agissant des engins utilisés pour le malaxage, on peut citer les charrues à disques tractées, les charrues à socs portées à l'arrière de tracteurs à chenilles...

### **III.2.3 Phase mise en œuvre**

#### **III.2.3.1 Le mode régalage : R**

Le régalage est un nivelage des couches élémentaires du remblai. Ce mode se rapporte à 3 situations :

- Le régalage sans conditions particulières,
- Le régalage en couches minces de 20 à 30 cm,
- Le régalage en couches moyennes de 30 à 50 cm.

Pour le régalage sans conditions particulières, l'épaisseur de la couche doit être compatible avec les performances du matériel utilisé pour le compactage. Il faut noter que les conditions fixées pour le régalage peuvent être indépendantes à celles liées au compactage.

Le régalage des couches minces est recommandé pour :

- Garantir un maximum de fragmentation pour les matériaux rocheux évolutifs,
- Profiter des situations météorologiques favorables (aération ou humidification) pour agir sur la teneur en eau.
- Garantir un compactage intense.

Enfin, la préconisation d'une couche moyenne autorise l'exécution d'une couche mince.

Dans le cas des matériaux rocheux, le régalage doit systématiquement être réalisé par déchargement des matériaux à la partie supérieure de la couche en cours de mise en œuvre et poussage dans le talus de la couche à l'aide d'un buteur à forte puissance.

La niveleuse est l'engin par excellence utilisé pour le régalage.

#### **III.2.3.2. Le mode compactage : C**

On distingue trois niveaux d'énergie qui sont :

- Le compactage intense,
- Le compactage moyen,
- Le compactage faible.

Le compactage faible est retenu pour les matériaux humides car le risque de saturation peut entraîner une chute de la portance. Notons que le compactage faible ne signifie pas absence de compactage ou compactage insuffisant.

Le compactage intense est réservé pour les matériaux secs ou à faible teneur en eau. Il existe aussi le compactage à sec qui est par nature un compactage intense utilisé dans le cas de certains sols en zone désertique.

Le compacteur est l'engin par excellence utilisé pour le compactage.

Dans tous les cas, une planche d'essai est indispensable pour fixer les conditions de mise en œuvre finales à respecter en fonction de la situation météorologique constatée au moment où le matériau est mis en remblai.

### III.2.3.3. Le mode hauteur des remblais : H

Les éléments pris en compte pour la hauteur des remblais sont : la stabilité et le tassement propre du corps de remblai. Les aspects liés à la stabilité générale compte tenu du sol de fondation doivent être l'objet d'une étude à part. On distingue trois situations qui sont :

- Les remblais de faible hauteur, limitée à 5m ;
- Les remblais de hauteur moyenne, limitée à 10m ;
- Les remblais de grande hauteur qui dépasse 10m.

Notons que les remblais de grande hauteur doivent être conçus comme des ouvrages d'art.

Enfin, l'absence de recommandations particulières concernant la hauteur des remblais suppose que la hauteur ne dépasse pas 15 m.

Le tableau récapitulatif suivant (**tiré du GTR français**) est une codification des conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

RUBRIQUE	CODE	CONDITION D'UTILISATION
Extraction	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Extraction en couche de 10 à 30 cm
	2	Extraction frontale
Action sur la granularité	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Elimination des éléments > 800 mm
	2	Elimination des éléments > 250 mm
	3	Fragmentation complémentaire après extraction
Action sur la teneur en eau	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Réduction de la teneur en eau par aération et/ou exposition Essorage par mise en dépôt provisoire
	2	Arrosage pour maintien de l'état
	3	Humidification pour changer d'état
	4	
Traitement	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Traitement avec un ciment ou d'autres réactifs
	2	Traitement à la chaux seule
Régilage	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Couches minces (20 à 30 cm)
	2	Couches moyennes (30 à 50 cm)

Compactage	1	Compactage intense
	2	Compactage moyen
	3	Compactage faible
Hauteur des remblais	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Remblai de hauteur faible
	2	Remblai de hauteur moyenne

Selon les types de sol, le GTR français a dressé un tableau récapitulatif à cinq colonnes sur les conditions pouvant être imposées pour utiliser les différents matériaux en remblai :

- La première colonne présente la classe du sol et son état hydrique ;
- La seconde colonne présente les observations générales sur le comportement du sol ;
- La troisième colonne présente la situation météorologique régnant pendant les travaux de mise en remblai ;

S'agissant des situations météorologiques, nous avons quatre cas possibles :

- Pluie forte (accroissement rapide de la teneur en eau) ;
- Pluie faible (accroissement lent de la teneur en eau) ;
- Ni pluie, ni évaporation importante (Pas de variation de la teneur en eau) ;
- Evaporation importante (diminution de la teneur en eau).
- La quatrième colonne présente les conditions d'utilisation du matériau en remblai ;
- La cinquième colonne présente une codification des conditions d'utilisations.

### **EXEMPLE DE TABLEAU DE CLASSIFICATION (GTR FRANÇAIS)**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
A <sub>1</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> La réduction de la teneur en eau par mise à dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) est peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A <sub>1</sub> h.			NON	
A <sub>1</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre du fait de leur portance faible. Ils sont sujet de matelassages qui sont à éviter au niveau de l'arase de terrassement	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 0 0 1 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage moyen H : remblai de faible hauteur (inf 5m)	0 0 0 0 0 3 1
				<b>Solution 2 : aération</b> E : extraction en couche mince W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	1 0 1 0 1 2 2
			<b>Solution 3 : traitement</b> T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 0 0 1 0 2 0	
A <sub>1</sub> m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions climatiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 0 1 2
				<b>Solution 3 : extraction frontale</b> E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0

## **CHAP IV : CONDITIONS D'UTILISATION ET DE MISE EN OEUVRE DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME**

### **IV.1. ROLES ET CARACTERISTIQUES DE LA COUCHE DE FORME :**

La couche de forme est une technique spécifiquement française. elle n' est utilisée que pour opérer des corrections géométriques de la partie supérieure des terrassements.

#### **IV.1.1. DEFINITION :**

C'est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

#### **IV.1.2. ROLE DE LA COUCHE DE FORME :**

La couche de forme facilite la traficabilité du chantier, elle protège ainsi l'arase terrassement en évitant qu'elle subisse des modifications physiques, qu'il s'agisse de sa géométrie ou de sa portance. Ses performances mécaniques ( $E_{V2} > 50$  Mpa et  $déflection < 0,02$ ) facilitent la mise en oeuvre des couches de fondation et leur compactage. Par sa plus grande facilité à maîtriser et à régler sa surface, elle permet de dimensionner plus précisément les couches de fondation et de chaussée.

A long terme, la couche de forme permet d'élever et d'homogénéiser la portance de la plateforme support de chaussée. Elle assure la protection contre le gel (et contre les effets des cycles gel/dégel) en écartant de la chaussée les matériaux sensibles à l'eau (matériaux de la partie supérieure des terrassements).

### **IV.2. LES MATERIAUX UTILISES EN COUCHE DE FORME :**

Les matériaux employés en couche de forme doivent avoir un certain nombre de critères. Ces critères peuvent être naturels ou artificiels (possibilités et conditions de traitement : actions sur la granularité, sur la teneur en eau, ou amélioration par apport de chaux et ou liants) visant à faciliter les opérations de mise en œuvre, et qui conduisent dans certains cas à améliorer les caractéristiques mécaniques des matériaux.

Il faut souligner que, pour des utilisations en remblais, pratiquement tous les types de sols et matériaux rocheux naturels sont utilisables sous une condition ou une autre. Les seules restrictions concernent leur état hydrique, à savoir qu'ils peuvent être considérés comme « inutilisables en l'état » s'ils sont trop secs ou trop humides. En revanche, dans le cas des couches de forme, aux restrictions liées aux états hydriques s'ajoute l'exclusion de certaines natures de matériaux, en particulier les « A<sub>4</sub> », « C<sub>x</sub>A<sub>4</sub> » (matériaux excessivement argileux),

ainsi que certains matériaux rocheux. En somme nous pouvons donc dire que les critères à satisfaire pour le réemploi des matériaux en couche de forme sont :

- ✓ L'insensibilité à l'eau : le matériau utilisé en couche de forme doit être insensible à l'eau. En d'autres termes, en l'état naturel ou modifié (apport de liant ou traitement à la chaux en vue d'une amélioration de ces caractéristiques), le matériau doit avoir des caractéristiques mécaniques indépendantes de son état hydrique.
- ✓ Limitation de la dimension des plus gros granulats : la limitation des diamètres des granulats permet une bonne homogénéisation, un bon nivellement de la plate forme et aussi un bon malaxage avec les différents produits ajoutés.
- ✓ La résistance sous circulation des engins de chantier : un matériau de couche de forme, utilisé avec un liant hydraulique, doit être suffisamment résistant à la fragmentation et à l'attrition pour ne pas donner lieu, sous l'effet du compactage et du trafic, à la formation d'éléments fins en surface qui le rendraient sensible à l'eau (résultats appréciés par les essais mécaniques : micro – Deval en présence d'eau, friabilité des sables, essai Los Angeles).

#### **IV.3. COMPORTEMENT DES SOLS ET EMPLOIS EN COUCHE DE FORME :**

Les aspects à considérer systématiquement pour étudier les capacités de réemploi des sols sont les suivants :

- ✓ aptitude à la densification,
- ✓ aptitude à supporter la circulation (caractéristique importante en phase de chantier),
- ✓ aptitude au traitement à la chaux ou au ciment,
- ✓ caractère évolutif.

##### **IV.3.1 Aptitude des sols à la densification :**

Cette aptitude sera déterminée par la distribution pondérale des différentes particules (analyse granulométrique), par l'argilosité (Limites d'Atterberg et valeur au bleu), en fonction de l'angularité et en fonction de l'évolution de densité en fonction de la teneur en eau (essai Proctor). Ce dernier critère est le plus significatif.

##### **IV.3.2 Aptitude des sols à supporter la circulation :**

Cette aptitude est importante en phase chantier, elle est aussi déterminante pour la stabilité des plateformes. Elle se mesurera par la possibilité de niveler la partie supérieure des terrassements. Cette capacité au nivellement est déterminée par le Dmax et par la distribution pondérale des particules (analyse granulométrique). Elle se mesure aussi par la possibilité du sol à supporter des efforts tangentiels (analyse granulométrique, limites d'Atterberg ou valeur au bleu). La glissance de surface marquera la qualité du sol à supporter le trafic de chantier en



sécurité, mais aussi sa capacité à « ancrer » les couches supérieures. Dernier aspect de cette aptitude : la sensibilité à l'eau. On mesurera l'évolution de la portance en fonction de la teneur en eau (mesure de l'indice de portance immédiat I.P.I.).

#### **IV.3.3. Aptitude au traitement à la chaux, au ciment ou aux liants routiers :**

Cette aptitude devient de plus en plus importante, dans le cadre d'une meilleure utilisation des ressources naturelles et de l'économie des matériaux rares (matériaux alluvionnaires de lit mineur).

#### **IV.3.4 Caractère évolutif :**

Ce caractère prend deux dimensions différentes, pour l'utilisation en remblai ou en couche de forme. En remblai, il sera important de connaître le comportement du matériau sous les contraintes de mise en oeuvre et dans l'ouvrage en service (mesure de la masse volumique des blocs et essais de fragmentabilité), mais aussi le comportement du matériau sous des variations de régime hydrique. En utilisation en couche de forme, il sera nécessaire de connaître le comportement du matériau aux chocs et à l'attrition en présence d'eau causés par la circulation des engins (essais Los Angeles, Micro-deval humide, essai de friabilité).

#### **IV.4. CONDITION DE REALISATION D'UNE COUCHHE DE FORME :**

La couche de forme doit être composée de matériaux insensibles à l'eau et dont la composition granulométrique lui permet de conserver une traficabilité élevée (le  $D_{max} < 80$  mm, avec une courbe granulométrique continue pour éviter l'effet « ballast »). Le dimensionnement de la couche de forme doit permettre de satisfaire son rôle à court terme, mais aussi à long terme pour sa prise en compte dans le dimensionnement des couches de chaussée.

Son épaisseur sera d'autant plus élevée que la portance de la partie supérieure des terrassements sera d'autant plus faible. Cependant des valeurs minimums de portance de l'arase supportant la couche de forme sont préconisées :

- ✓ 35 Mpa pour des couches de forme traitées,
- ✓ 15 à 20 Mpa pour les couches de forme non traitées,
- ✓ 36 cm de matériaux hydrocarbonés pour une plateforme de 50 Mpa,
- ✓ 31 cm de matériaux hydrocarbonés pour une plateforme de 120 Mpa.

La granularité sera optimisée : la fraction la plus fine (0/d) sera éliminée par criblage pour supprimer la sensibilité à l'eau, la fraction la plus importante, surtout si elle est grossière, sera concassée (par concassage et fragmentation en place à l'aide de briseur de pierres, engins à

chenilles et/ ou rouleaux à grille très lourd, écrêtage par crible mobiles, engins épierreurs) pour faciliter la mise en oeuvre et la traficabilité de cette couche de forme.

La teneur en eau sera maintenue par arrosage pendant la mise en oeuvre, pour obtenir une densité optimum et donc de bonnes performances mécaniques. Les caractéristiques du matériau utilisé pour élaborer la couche de forme peuvent être améliorées par correction :

- ✓ apport de liant hydraulique (chaux, ciment),
- ✓ correction granulaire,
- ✓ les deux à la fois.

Enfin la couche de forme peut être améliorée en surface par apport de matériaux extérieurs fins qui en faciliteront le réglage. Elle sera protégée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté selon que la granulométrie du matériau est grossière ou fine.

Il s'avère ainsi nécessaire que la conception de la couche de forme requiert une réflexion renouvelée à chaque chantier pour tenir compte des objectifs visés et des conditions de mise en œuvre.,

Pour réussir la couche de forme, un certain nombre de dispositions doivent être prises en compte :

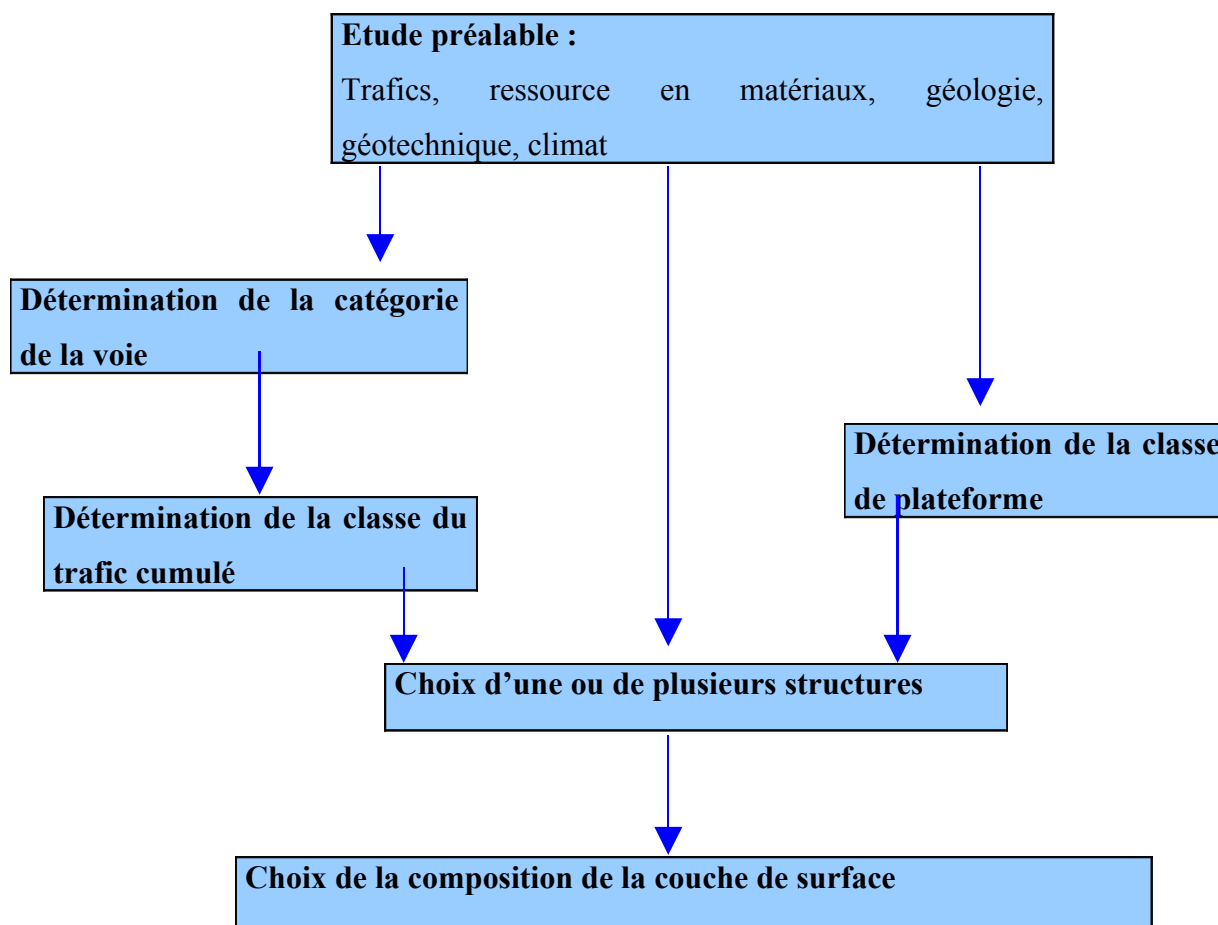
- La plateforme support de chaussée doit être nivelée avec une tolérance de plus ou moins 3 cm,
- La déformation de la plate forme, au moment de la mise en œuvre des couches de chaussée, doit être telle que :
  - ✓ Le module de déformation EV2 déterminé à la plaque ou le module équivalent à la dynaplaque soit supérieur à 50 Mpa, ou
  - ✓ La déflexion relevée au déflectographe Lacroix ou à la poutre Benkelman sous essieu de 13 tonnes soit inférieure à 2 cm.

#### **IV.5. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME :**

D'une manière pratique, le dimensionnement de la couche de forme, est fonction du trafic supporté, du type de voie et de la plate forme support de chaussée.

La démarche employée est identique à celle du catalogue de 1977 mais comporte, (après définition des différents cas de PST : partie supérieur de terrassement, et des différents types de plate formes), deux étapes différentes :

- La détermination de la catégorie de la voie,
- Le choix de la composition de la couche de surface.

**Exemple de tableau synoptique pour une méthode pratique :**

- ***Épaisseur de la couche de forme.***

La classification géotechnique des sols et les conditions hydriques qui règnent au niveau de la PST permet de distinguer sept (7) cas de PST (voir les annexes pour l'illustration des différents cas de PST).

A chaque PST est associée une ou deux classes de portance de l'arase des terrassements notée ARI.

Pour chacune de ces situations et pour les différents matériaux de couches de forme, il est préconisé une épaisseur des couches de forme. Cette épaisseur est fixée de telle sorte qu'elle :

- Satisfasse aux divers critères de résistance permettant une mise en œuvre correcte des couches de chaussée.
- Assure la pérennité d'une valeur minimale de portance à long terme de la plateforme.

Cette épaisseur préconisée dépend :

- Du cas des PST et des portances à long terme au niveau de l'arase des terrassements,

- Des caractéristiques du matériau constituant la couche de forme.

Les valeurs sont données dans les tableaux (voir annexe) sur les conditions d'utilisation et de mise en œuvre des matériaux en couche de forme.

Dans le cas de trafic plus élevé, on majorera les épaisseurs préconisées de 10 à 20 cm.

L'éventualité de l'intercalation d'un géotextile est prévue dans certains cas.

- Les différents cas de PST : (voir tableau suivant tiré du GTR français)

Cas de PST	Description	Classe de l'arase	Commentaires
PST n°0	<b>Sols</b> A,B2,B4,B5,B6,C1 Se trouvant dans un état hydrique (th) <b>Contexte</b> Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi-nulle	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement et/ou de drainage
PST n°1	<b>Sols</b> A,B2,B4,B5,B6,C1,R12,R13,R34 Et certains matériaux C2,R43,R63 dans un état hydrique (h) <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles de mauvaise portance	AR1	Dans ce cas, il convient : -soit de procéder à une amélioration Jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement à la chaux vive. On est alors ramené au cas de PST 2,3 ou 4 -soit d'exécuter une couche de forme en matériaux granulaires insensible à l'eau
PST n°2	<b>Sols</b> A,B2,B4,B5,B6,C1,R12,R13,R34 Et certains matériaux C2,R43,R63 dans un état hydrique (m) <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles de bonne portance	AR1	Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST n°3 Prévoir une couche de forme si c'est nécessaire.
PST n°3	<b>Sols</b> Même matériaux que dans le cas de la PST n°2 <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles de bonne portance	AR1	Mêmes commentaires qu'en PST n°2
		AR2	Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée sont effectuées.
PST n°4	<b>Sols</b> Même matériaux que dans le cas de la PST n°1 sous réserve que la granulométrie permette leur traitement <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau	AR2	La portance de l'arase peut être localement élevé mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur
PST n°5	<b>Sols</b> B1 et D, et certains matériaux rocheux de la classe R43 <b>Contexte</b> PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe et posant des problèmes de traficabilité	AR2	La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux.
		AR3	Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est $\geq 120$ MPa Portance à long terme assimilable à celle mesurée à court terme.
PST n°6	<b>Sols</b> D3,R11,R21,R22,R32,R33,R41,R42,R62 ainsi que certains matériaux C2,R23,R43 et R63 <b>Contexte</b> PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglages et/ou de traficabilité	AR3	Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est $\geq 120$ MPa
		AR4	Classement en AR4 si le module EV2 de l'arase est $\geq 200$ MPa Portance à long terme assimilable à celle mesurée à court terme.

#### **IV.6. LES DIFFERENTES CLASSES DE PLATE FORME :**

Le choix de la classe de plate-forme SU1 – SU2 – SU3 dépend de la préparation du support de corps de chaussée pour laquelle les options suivantes sont préconisées :

##### **IV.6.1. Support médiocre à moyen (inférieur à 150 Mpa ; < SU1)**

Il n'est pas conseillé et pas rentable, au niveau du bilan global de la structure sur toute sa durée de service, de construire un corps de chaussée urbain sur un sol médiocre à moyen, même si cela est physiquement possible. Dans ces cas, une valorisation du sol support, à déterminer après reconnaissance géotechnique

ou similaire, est à planifier pour conduire la plate-forme à un niveau au moins égal à SU1 (> 150 Mpa) (technique de traitement des sols ).

##### **IV.6.2. Support acceptable SU1 (supérieur à 150 Mpa, jusqu'à 250 Mpa)**

Le sol en place, compacté par des décennies d'usages et d'usagers qui se déplacent et engendrent des sollicitations plus ou moins lourdes, est sur-consolidé. Cette sur consolidation est toutefois limitée à SU1 pour tenir compte des effets de surface qui peuvent occasionner des décohésions partielles. Si le foisonnement du sol ancien dépasse 0,10 m, on se référera au cas 1.

##### **IV.6.3. Support bon SU2 (supérieur à 250 Mpa, jusqu'à 400 Mpa)**

Ces cas se présentent par exemple lorsqu'on laisse 0,10 m de la fondation en matériau non traité de l'ancienne structure, ou lorsque l'on nivelle la plate-forme non remaniée avec des fraisats d'enrobés ou équivalents.

Le sol en place serré, fretté, consolidé par des décennies de circulation généralement de plus en plus agressive présente naturellement une bonne portance à long terme. Toutes les fois où cela est possible, il faut préserver un tel sol de toute reprise et manipulation car il est quasi impossible de le resserrer au même niveau,

même avec des compacteurs puissants dans la limite du respect de l'environnement urbain.

##### **IV.6.4. Support excellent SU3 (supérieur à 400 Mpa)**

Dans ce cas, l'emploi de matériaux auto - compactant produits en centrale de béton prêt à l'emploi sur une épaisseur de 0,5 mètre offre à très court terme la portance de haut niveau requise pour construire en toute sécurité qualitative des corps de chaussée dans des conditions de chantiers difficiles. Dans un tel cas, il y a lieu aussi d'examiner l'intérêt de faire appel aux possibilités de matériaux auto plaçant d'assise et de revêtement de chaussée.

## **CHAP V : TECHNIQUES D'AMELIORATION ET DE TRAITEMENT DES MATERIAUX UTILISABLES EN REMBLAIS ET EN COUCHE DE FORME**

### **V.1. AMELIORATION ET TRAITEMENT A LA CHAUX**

#### **V.1.1. INTRODUCTION**

Certains sols, en raison de leurs propriétés géotechniques intrinsèques et/ou de leur teneur en eau sont considérés comme mauvais ou médiocres et ne présentent pas par conséquent les performances nécessaires pour supporter le trafic de chantier, la chaussée et le trafic futur. Ce qui veut dire donc que leur utilisation en remblai ou en couche de forme reste à désirer.

Le traitement de ces sols à la chaux est une solution appropriée qui leur confèrera des propriétés nouvelles et meilleures répondant aux qualités requises.

Dans les travaux de terrassements routiers, le recours à la technique de traitement du sol peut se faire selon deux objectifs :

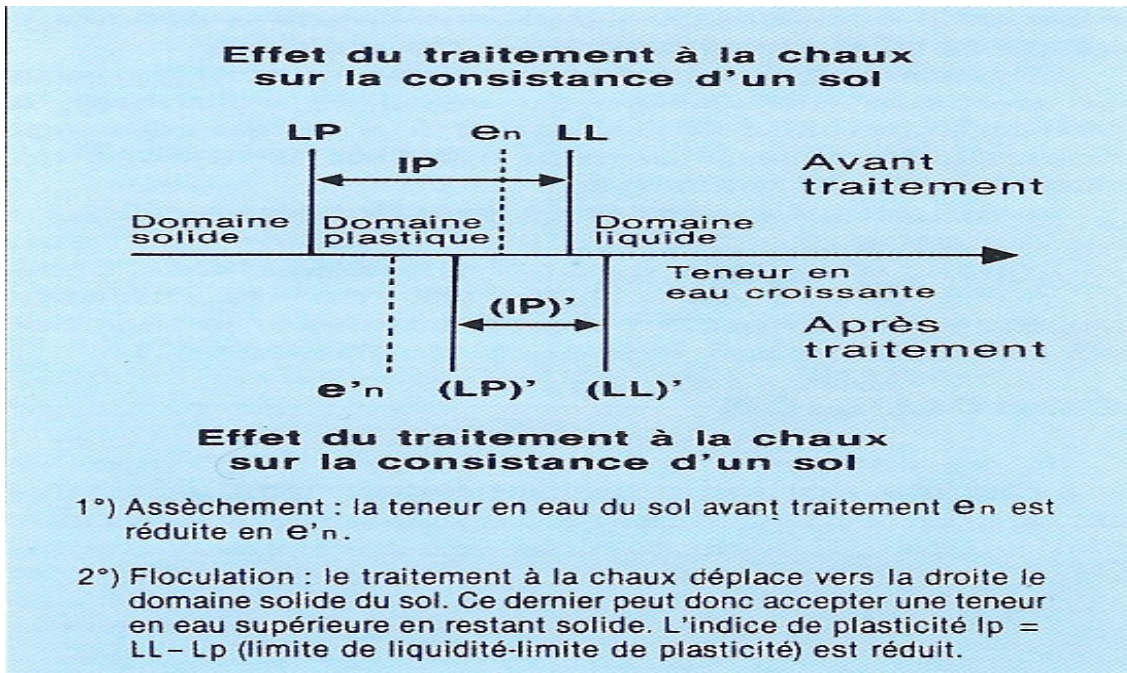
- ✓ La réalisation des plates-formes rigides et stables, sous forme de couches de forme traitées, en visant des caractéristiques mécaniques élevées qui doivent répondre à la fois à des objectifs de court terme (vis-à-vis de la phase de réalisation de la chaussée) et des objectifs à long terme (lorsque la route est en service) ;
- ✓ L'amélioration immédiate des sols trop humides en augmentant leur stabilité et pour assurer une bonne mise en oeuvre du corps de remblai dans des conditions pratiques satisfaisantes et sans viser pour autant des performances mécaniques élevées.

#### **V.1.2. LE TRAITEMENT DES SOLS ARGILEUX ET LIMONEUX A LA CHAUX :**

##### **V.1.2.1. Buts et actions de la chaux**

Le traitement à la chaux a pour but essentiel de diminuer à court terme la teneur en eau des sols plastiques, de neutraliser et faire flocculer les argiles. Il s'ensuit une diminution de l'indice de plasticité ( $I_p$ ), une augmentation de l'Indice Portant Immédiat (cas des sols trop humide) et un aplatissement de la courbe Proctor Normal.

**Figure 1 : Modification immédiate du comportement d'un sol argileux humide  
Provoquée par l'introduction de la chaux vive**



La chaux vive par exemple provoque un abaissement de la teneur en eau du sol d'environ 1% (en valeur absolue) par pourcentage de chaux ajoutée, sous l'action de trois phénomènes :

- ✓ consommation de l'eau par l'hydratation de la chaux vive ;
- ✓ apport de produit sec qui réduit le rapport : **(Poids d'eau/Poids du solide)**
- ✓ évaporation favorisée par la réaction d'hydratation fortement exothermique (élévation de la température du mélange de 10°C pour 2% de chaux).

De plus, après traitement, l'aération réalisée lors du malaxage des produits peut conduire, en cas de conditions météorologiques favorables, à une perte d'eau complémentaire allant jusqu'à 4 % (en valeur absolue).

Le traitement à la chaux entraîne également une réaction pouzzolanique par combinaison de la chaux et les minéraux argileux du sol dont l' $I_p$  est mesurable ou la  $VBS > 0,5$ . Cette réaction a pour effet d'augmenter à long terme les performances mécaniques du sol traité.



**Tableau 1 : Caractéristiques des chaux aériennes calciques utilisées pour le traitement des sols selon la NF P 98-101**

	<b>Chaux vives</b>	<b>Chaux éteintes</b>
<b>Teneur en CaO libre global</b>	> ou égale 80%	> ou égale 50%
<b>Teneur en MgO</b>	< ou égale 8 %	< ou égale 6%
<b>Passant à 0,08 mm</b>	> ou égale 50 %	> ou égale 90%
<b>Passant à 0,2 mm</b>	> ou égale 80%	-
<b>Passant à 2 mm</b>	100%	-
<b>Teneur en eau libre</b>	-	< ou égale 2%
<b>Test de réactivité à l'eau défini par la norme NF P 98-102</b>	Une température finale de plus de 60° doit être obtenue en moins de 25 min	-

#### **V.1.2.2. Différents sols susceptibles d'être traités à la chaux.**

Le traitement à la chaux constitue en général la meilleure solution pour réutiliser en remblai les sols sensibles à l'eau trop humide. Les sols susceptibles d'être traités à la chaux peuvent être les limons, les argiles, les sables et graves fortement argileux. Les types de sols susceptibles de recevoir ce type de traitement peuvent être de la catégorie de sols suivants :

Les sols A1, A2, A3, B2, B6, B4, B5, CA1, CA2, CA3, CB2, CB4, CB5 et CB6

#### **V.1.2.3 Domaines d'emplois.**

L'application du traitement à la chaux seule est envisagée dans le cas des travaux de terrassements pour constitution de remblais par des sols fins moyennement ou très argileux à l'état trop humide. Elle occupe une place privilégiée en offrant une solution économique très intéressante consistant à mettre en oeuvre ce type de sols.

Le recours au traitement à la chaux puis au ciment est dans la plupart des cas envisagé pour traiter un matériau plastique dont l'action de la chaux uniquement ne lui permet pas d'atteindre des caractéristiques mécaniques élevées à court et long terme. Les types de sols susceptibles de recevoir ce type de traitement peuvent être de catégorie : A1, A2, A3, B2, B4, B5, B6 et les TcA et TcB.

#### **V.1.3 ETUDE DE FORMULATION :**

L'étude de formulation effectuée au laboratoire a pour objet de préciser la nature du produit de traitement le mieux adapté et le dosage à introduire dans le sol pour obtenir les performances recherchées pour une application visée.

Cette étude comporte en générale :

• **Cas de traitement à la chaux seule**

- ✓ des mesures de portance immédiate (IPI)
- ✓ des mesures de sensibilité à l'eau, par essai CBR, après 4 jours d'immersion.

• **Cas de traitement mixte chaux et ciment :**

- ✓ des mesures de résistance en compression à 7 et 28 jours
- ✓ des mesures de sensibilité à l'immersion, estimée par la chute de résistance en compression à 28 jours (14j à l'air puis 14j en immersion)
- ✓ des mesures du couple résistance en traction par fendage (Rtb) (dit résistance par essai brésilien)/module de déformation (E).

**Tableau 2 : Dosage moyen en chaux selon la nature du sol traité**

Nature du sol	Dosage moyen en				
	Chaux		Traitement mixte		
			Chaux	Ciment	
<i>Sols fins moyennement à fortement argileux</i>	Chaux vive : 2 à 4 % Chaux éteinte : 3 à 5 %	Utilisés en remblai	-	-	
<i>Sols plastiques</i>	-		1 à 2 %	4 à 6 %	Utilisés en couche de forme

**V.1.4. TECHNIQUES DE REALISATION DES TRAVAUX DE TRAITEMENT :**

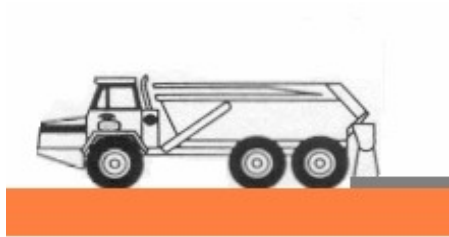
La réalisation des travaux de traitement des sols fait appel suivant les cas de chantier à un certain nombre d'opérations élémentaires exigeant un ordonnancement précis, un savoir-faire et des matériels spécifiques.

**V.1.4.1. Principales opérations de traitement.**

La réalisation des travaux de traitement d'un sol en place suit en générale les opérations élémentaires suivantes :

- ✓ la préparation du sol à traiter (élimination des éléments blocailleux, homogénéisation, humidification éventuelle);
- ✓ l'épandage du liant de traitement;
- ✓ le malaxage du liant avec le sol;
- ✓ l'ajustement de l'état hydrique (soit humidifier le sol par arrosage, soit l'assécher par aération);
- ✓ Le réglage du mélange;
- ✓ Le compactage;
- ✓ L'application de la protection superficielle du sol traité (cas d'une couche de forme).

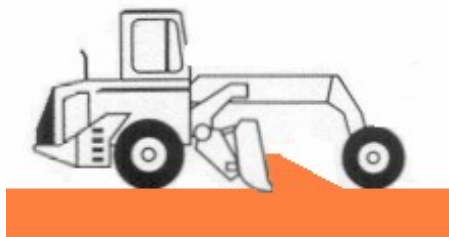
**Figure 2 : Procédé de traitement des sols**



**Phase 1 : Epannage du liant**



**Phase 2 : Malaxage et arrosage (sol + liant)**



**Phase 3 : Réglage de la plateforme**



**Phase 4 : Compactage de la plateforme**

**V.1.4.2. Matériels d'exécution.**

Plusieurs matériels interviennent dans les opérations de traitement à la chaux:

- Pour le traitement in situ :
  - ✓ L'arroseuse pour l'humidification du sol à traiter,
  - ✓ L'épandeur à doseur volumétrique pour l'épandage du liant pulvérulent. La technique d'épandage "au sac" est quasiment inappliquée et n'est envisagée que pour des chantiers de géométrie complexe ne permettant pas une évolution correcte des épandeurs,
  - ✓ Le pulvimixeur à arbre horizontal, la rotobêche, ou la centrale de fabrication pour mélanger le matériau et le liant,
  - ✓ La niveleuse pour le réglage du matériau,
  - ✓ Le compacteur pour la densification du matériau,
  - ✓ La répanduse de liant fluide et le gravillonneur pour la protection de surface en cas de couches de forme.



**Photo 1 : Epandeur à doseur volumétrique**



**Photo 2 : Pulvimixeur malaxant jusqu'à 40 cm**

- Pour le traitement en centrale :
  - ✓ **Les camions bennes** pour l'acheminement des matériaux traités en centrale vers l'endroit où ils seront mis en place,
  - ✓ **L'arroseuse, La niveleuse, Le compacteur, et éventuellement La répandeuse de liant fluide et le gravillonneur.**

#### **V.1.4.3. Dispositions particulières de mise en œuvre.**

##### **1. Epannage**

- ✓ L'opération d'épannage du liant pour qu'elle soit réussie doit se faire par des épandeurs précis de préférence à doseurs volumétriques dont le débit est fonction de la vitesse de déplacement du porteur.
- ✓ La procédure pratique de contrôle de régularité de l'épannage de liant consiste à déposer au hasard une série de bâches sur la surface de la plate-forme à traiter et les peser juste après le passage de l'épandeur une fois recouverte par le liant de traitement.

## 2. Malaxage

- ✓ A l'exception des chantiers de très faible importance, le malaxage en place du sol avec un liant doit se faire par un matériel performant tel que le pulvimixeur à arbre horizontal permettant d'assurer une bonne homogénéisation du mélange (sol+liant) sur des épaisseurs assez importantes variant entre 30 et 40 cm ;
- ✓ Le malaxage avec des pulvimixeurs doit être effectué par bandes parallèles avec un recouvrement d'au moins 10 cm.

## 3. Compactage

- ✓ Le compactage doit suivre juste après l'opération de malaxage et doit se faire en deux phases :
  - phase 1 : compactage partiel après préréglage et
  - phase 2 : compactage final après réglage.

## 4. Réglage

- ✓ Le réglage est une opération délicate qui se réalise généralement à la niveleuse en deux séquences : préréglage et réglage final séparé par l'opération de compactage partiel.
- ✓ Le réglage final ou "rabotage" doit se faire par enlèvement et évacuation de la surépaisseur laissée, sur toute la surface de la couche traitée, à l'issue du compactage partiel. Il permet également l'évacuation de la partie superficielle feuilletée éventuellement produite lors du compactage au cylindre vibrant.
- ✓ Le rabotage doit se faire dans la plage des 2/3 du délai de maniabilité.
- ✓ Une surépaisseur d'environ 3cm du mélange doit être prévue lors de la phase de malaxage pour tenir compte de l'épaisseur rabotée.

## 5. Protection du matériau traité

Toutes les couches de forme traitées doivent recevoir une protection superficielle pour les protéger contre une dessiccation ou une humidification excessive sous l'action des agents atmosphériques. Elle permet également de maintenir l'état hydrique du matériau traité et de favoriser l'accrochage entre la couche de forme et la couche de fondation.

En général, la protection superficielle se fait sous forme d'un enduit de cure par application d'une couche d'émulsion (500 à 800g d'émulsion) suivie éventuellement d'un sablage.

## **CONCLUSION**

Le traitement des sols à la chaux est une technique qui s'est développée très rapidement en Europe et en Amérique, et qui est encore amenée à connaître une importante croissance.

Très facile à mettre en oeuvre, économique et efficace, elle permet d'éviter de lourds travaux de terrassement destinés à rejeter les sols inadéquats et à faire appel à des matériaux d'emprunt de qualité issus de carrières qui sont utilisées parfois dans le même but, et aussi d'éviter de détériorer le réseau routier existant par le transport de ces matériaux d'emprunt.



## **CHAP VI : LE COMPACTAGE DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORMES :**

### **VI.1.DEFINITION**

Compacter un matériau en remblai et en couche de forme, c'est réduire le volume des interstices (ou des vides entre les grains) du matériau autrement dit c'est augmenter la densité

apparente sèche  $\frac{\gamma_d}{\gamma_o}$  du sol traité.

Afin que les matériaux mis en œuvre supportent les charges routières, il est nécessaire d'en améliorer la résistance au cisaillement en resserrant les grains solides les uns contre les autres ce qui permet de minimiser voire supprimer les tassements. Cela conduit à réduire les attritions et les entrées d'eau ultérieures. Cela conduit surtout à améliorer les caractéristiques mécaniques du sol (portance et module de déformation...).

### **VI.2. EFFET DE COMPACTAGE SUR LES SOLS GRENUS ET SUR LES SOLS FINS :**

#### **VI.2.1. Effet sur les sols grenus**

Pour un sol grenu, le compactage (augmentation du poids volumique sec  $\gamma^d$ ), améliore toutes les propriétés physiques du sol. D'autre part, la teneur en eau n'a pratiquement aucune influence sur le compactage.

Le compactage des sols grenus agit sur leur résistance au cisaillement et leur déformation.

Le compactage est facilité par une granulométrie étalée et par des grains de forme arrondie. Ainsi plus l'indice de densité est élevé, plus la résistance au cisaillement est élevée et moins seront les déformations.

#### **IV.2.2. Effet sur les sols fins.**

Le compactage des sols fins agit sur leur résistance au cisaillement, sur leur déformation, leur compressibilité et leur perméabilité.

A forte teneur en eau, le compactage n'a pratiquement aucune influence sur la résistance au cisaillement.

Par contre, à faible teneur en eau, la résistance au cisaillement augmente avec l'énergie de compactage ; donc on a intérêt à compacter les sols fins avec une faible teneur en eau.

De même, le sol le moins compressible est celui dont la teneur en eau est la plus faible.

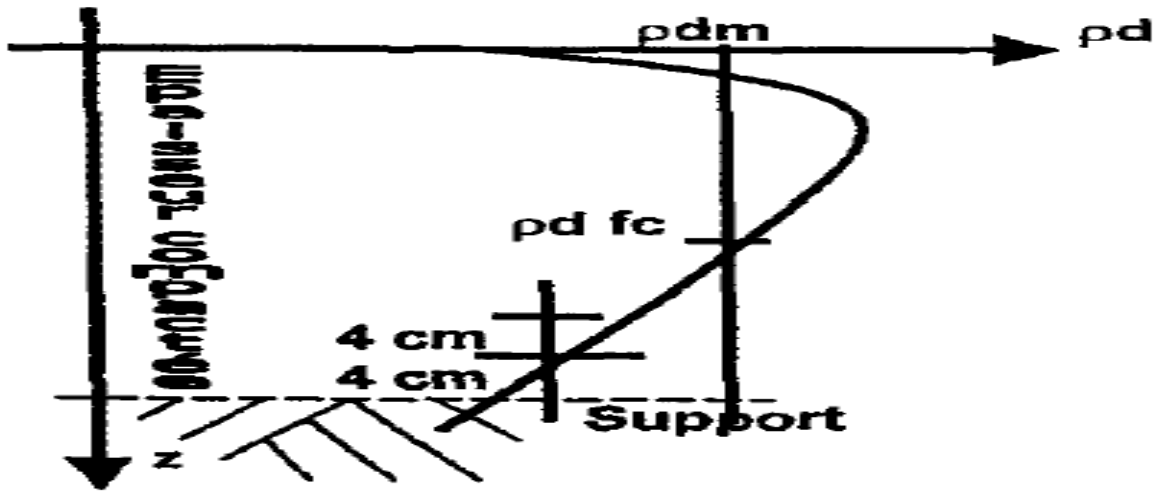
S'agissant de la perméabilité, celle-ci est d'autant plus faible que la teneur en eau est élevée.

Dans les travaux routiers, on recherche une forte perméabilité afin de faciliter le drainage de l'eau.

Donc pour les sols fins, le compactage est plus efficace avec une faible teneur en eau.

L'expérience a montré que :

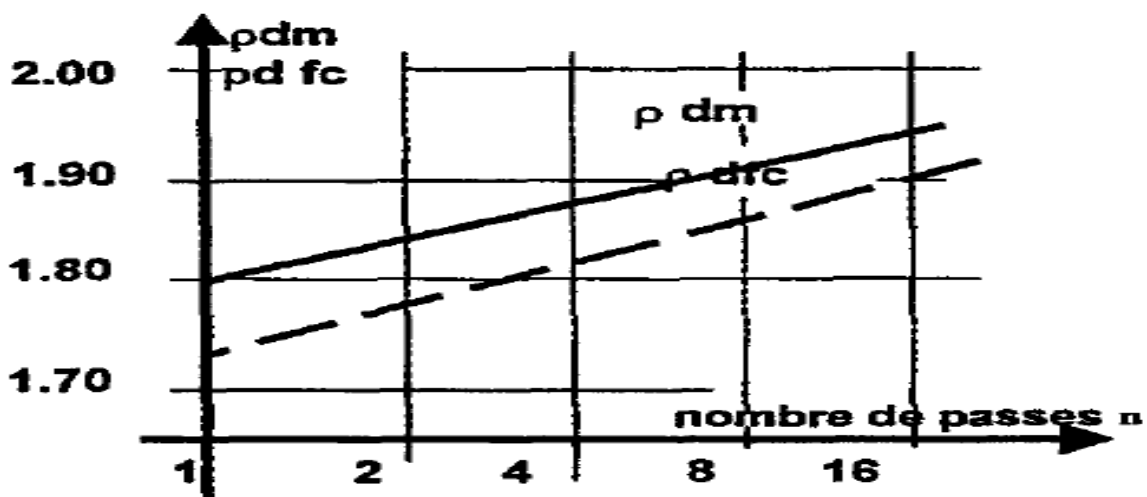
- la masse volumique sèche  $\rho_d$  varie au sein de la couche compactée suivant la loi :  $\rho_d=f(Z)$  (voir figure ci-après).



Variation de la masse volumique avec la profondeur

$\rho_{dm}$  : masse volumique moyenne  
 $\rho_{d fc}$  : masse volumique du fond de couche

- la masse volumique sèche  $\rho_d$  varie aussi en fonction du nombre de passes d'un compacteur suivant la loi :  $\rho_d=A \log n + B$  (voir figure ci-après).



Evolution de la masse volumique en fonction du nombre de passes de compacteur

D'après ce qui précède, deux objectifs de densification doivent être atteints :

- ✓ objectif de densification pour le compactage des couches de forme :

$\rho_{dm} \geq 98,5\%$   $\rho_d$  OPN et

$\rho_{dfc} \geq 96\%$   $\rho_d$  OPN

- ✓ objectif de densification pour le compactage des remblais :

$\rho_{dm} \geq 95\%$   $\rho_d$  OPN et

$\rho_{dfc} \geq 92\%$   $\rho_d$  OPN

Avec  $\rho_{dm}$  la masse volumique sèche moyenne sur toute l'épaisseur de la couche compactée.

$\rho_{dfc}$  la masse volumique sèche en fond de couche ie la moyenne sur une tranche de 8 cm d'épaisseur située à la partie inférieure de la couche compactée.

$\rho_d$  la masse volumique sèche.

Notons que ces valeurs sont à considérer comme des repères et non pas comme des prescriptions de compactage. Une planche d'essai, dont l'étude fera l'objet d'un autre paragraphe, viendra spécifier les modalités d'utilisation en fonction des engins de compactage.

### **VI.3. Les paramètres du compactage.**

Trois facteurs sont déterminants pour le compactage :

Les forces appliquées par le compacteur, la capacité du sol à évacuer l'air et la quantité d'eau contenue dans le sol.

S'agissant des forces appliquées par l'engin de compactage, plus les forces sont élevées, plus rapidement se fait le resserrement des grains.

S'agissant de la capacité du sol à évacuer l'air, deux cas de figure se présentent :

- ✓ Pour les sols granulaires, les vides sont jointifs et l'air n'a aucune difficulté à s'évacuer ;
- ✓ Par contre pour les sols fins, les vides sont microscopiques et l'air s'évacuera difficilement.

Enfin, s'agissant de la quantité d'eau contenue dans le sol, on peut dire qu'elle contribue à diminuer la résistance au cisaillement sur le plan de rupture. La rupture du sol a lieu quand la contrainte de cisaillement est uniquement fonction de la contrainte normale agissant sur le plan de rupture.

### **VI.4. Cas particulier des sols fins.**

- Si le sol est très drainant alors il ne contient plus d'eau et la pression interstitielle devient nulle. Le compactage devient alors incomplet.

- Si le sol est peu drainant et contient un peu d'eau, alors les contraintes totales augmentent et la pression interstitielle favorise un compactage efficace.
- Si le sol est non drainant ou peu drainant et contient beaucoup d'eau et si la contrainte du compacteur augmente alors la pression interstitielle devient très élevée. Il s'en suit que l'air et l'eau, ne pouvant s'échapper, repoussent le sol latéralement. Ce phénomène est appelé «le matelassage ».

#### **VI.5. LES ENGINS DE COMPACTAGE :**

La classification des engins de compactage est conforme à la norme française NF 98.736.

Elle concerne l'ensemble des compacteurs dont la largeur de compactage est supérieure ou égale à 1,30 m.

Les différentes classes d'engins de compactage sont :

- ✓ Les compacteurs à pneus ;
- ✓ Les compacteurs vibrants à cylindre lisse ;
- ✓ Les compacteurs vibrants à pieds dameurs ;
- ✓ Les compacteurs statiques à pieds dameurs ;
- ✓ Les plaques vibrantes ;
- ✓ les compacteurs mixtes.

##### **IV.5.1. Les compacteurs à pneus :**

C'est la charge par roue qui conditionne l'efficacité en profondeur et la pression de contact l'efficacité superficielle.

Ils sont classés en 3 types :

- P1 dont la charge par roue varie de 2,5 à 4 tonnes ;
- P2 dont la charge par roue varie de 4 à 6 tonnes ;
- P3 dont la charge par roue est supérieure à 6 tonnes.

Notons que les compacteurs à pneus sont lestables pour atteindre la charge par roue maximale prévue par le constructeur.

##### **VI.5.2. Les compacteurs vibrants à cylindre lisse :**

Ceux- ci sont les plus répandus car ils sont polyvalents.

Le caractère vibrant de ces compacteurs donne une grande efficacité en profondeur.

Ils sont classés en fonction de la charge statique appliquée par unité de largeur de cylindre vibrant. On distingue les :

- ✓ V1 dont la charge statique par unité de largeur compactée varie de 15 à 25 kg/cm ;
- ✓ V2 dont la charge statique par unité de largeur compactée varie de 25 à 40 kg/cm ;
- ✓ V3 dont la charge statique par unité de largeur compactée varie de 40 à 55 kg/cm ;

- ✓ V4 dont la charge statique par unité de largeur compactée varie de 55 à 70 kg/cm ;
- ✓ V5 dont la charge statique par unité de largeur compactée est supérieure à 70 kg/cm.

A l'intérieur de ces classes, on distingue également des sous-classes en fonction des caractéristiques dynamiques et de la morphologie des engins. Ce sont :

➤ **Le rouleau vibrant « MONOAXE TRACTE » :**

Il comporte :

- ✓ Un seul cylindre vibrant ;
- ✓ Un châssis avec un attelage à chaque extrémité,
- ✓ Un moteur pour la vibration ;

Il est très efficace pour les remblais rocheux.

➤ **Le rouleau vibrant « MONOCYLINDRE AUTOMOBILE » :**

Il comporte :

- ✓ Un seul cylindre vibrant ;
- ✓ Un seul moteur pour la traction et la vibration ;

Il est très maniable et très confortable.

➤ **Le rouleau vibrant « TANDEM TRANSVERSAL » :**

Il comporte :

- ✓ Deux cylindres dans un même axe ;
- ✓ Un seul moteur pour la traction et pour la vibration ;
- ✓ Deux roues de stabilité.

Il faut noter que 9/10 du poids du compacteur repose sur les cylindres qui peuvent tourner à des vitesses différentes.

➤ **Le rouleau vibrant « TANDEM LONGITUDINAL » :**

Il comporte deux cylindres (un ou les deux sont vibrants) en parallèle.

**VI.5.3. Les compacteurs vibrants à pieds dameurs :**

Ce sont les descendants directs des compacteurs à pieds de moutons qui reproduisaient l'empreinte de ces animaux qui compactaient très bien les pistes en herbes des aérodromes de la 1ère moitié du siècle.

La surface du cylindre est garnie de plots en acier qui se dégagent en remontant sans arracher le sol. Ils sont très adaptés pour les sols fins plastiques.

Le classement des compacteurs vibrants à pieds dameurs se fait de la même manière que celui des compacteurs vibrants à cylindre lisse.

**VI.5.4. Les compacteurs statiques à pieds dameurs :**

Selon la charge statique par unité de largeur compactée, on distingue deux classes :

-SP1 dont la charge statique par unité de largeur varie entre 30 et 60 kg/cm ;

-SP2 dont la charge statique par unité de largeur varie entre 60 et 90 kg/cm.

Pour ces compacteurs, la vitesse moyenne doit être supérieure à 6km/h.

**VI.5.5. Les plaques vibrantes :**

Elles sont classées à partir de la pression statique de la semelle  $Mg/S$  où  $Mg$  représente le poids de la plaque et  $S$  la surface de contact plaque/sol.

Deux classes sont prises en compte :

PQ3 : dont la pression statique  $Mg/S$  varie entre 10 et 15 kPa ;

PQ4 : dont la pression statique  $Mg/S$  est supérieure à 15 kPa.

**VI.5.6. Les compacteurs mixtes :**

Ils sont considérés comme la combinaison de deux compacteurs :

Un compacteur vibrant monocylindrique et un compacteur à pneus.

**VI.6. LES REGLES DE COMPACTAGE :****VI.6.1. Paramètres définissant les modalités de compactage****VI.6.1.1. Le paramètre  $Q/S$** 

C'est le rapport entre le volume  $Q$  du sol compacté pendant un temps donné et la surface  $S$  balayée par le compacteur pendant le même temps.

De façon pratique,  $Q$  peut être déterminé par relevé topographique au remblai ou par comptage des engins de transport après avoir étalonné le contenu de ces derniers pour chaque nature de sol et pour chaque mode d'extraction rencontré sur chantier et en tenant compte du foisonnement.

$S$  est le produit de la largeur du compactage par la longueur parcourue pendant l'échelon de temps retenu (généralement une heure ou une journée).

**VI.6.1.2. Le paramètre  $e$ .**

C'est l'épaisseur maximale de la couche pouvant être tolérée par le compacteur envisagé.

La détermination de l'épaisseur  $e$  se fait à la fin de l'opération de compactage.

De manière pratique,  $e$  peut être déterminé par relevé topographique ou tout autre méthode adéquate.

Les valeurs figurant dans les tableaux correspondent à une épaisseur maximale des couches à mettre en œuvre ; l'épaisseur réelle doit lui être inférieure ou égale.

**VI.6.1.3. Le paramètre vitesse de translation.**

La vitesse de translation a généralement une influence sur le compactage avec les compacteurs vibrants. L'augmentation de la vitesse d'un compacteur vibrant a pour effet :

- ✓ d'augmenter le gradient de densité ;
- ✓ de diminuer la masse volumique moyenne ;
- ✓ de réduire l'incidence du nombre de passes sur l'évolution des masses volumiques moyennes et aussi en fond de couche.

Compte tenu du fait qu'une faible épaisseur compactée correspond à un débit maximal du compacteur vibrant (donc à une vitesse élevée), et sachant que le débit par unité de largeur de compactage  $Q/L$  passe par un optimum. En fonction de la vitesse  $V$  du compacteur vibrant, il serait mieux de choisir notamment pour les compacteurs vibrants de classe V3, V4 et V5 une épaisseur de couche relativement faible en utilisant une vitesse de translation relativement élevée de façon à augmenter le débit du compacteur.

Ainsi pour un matériau donné, le choix de l'engin de compactage permet de déterminer les paramètres  $e$  et  $Q/S$  qui devront être respectés sur chantier.

## **VI.6.2. Présentation des tableaux de compactage**

### **VI.6.2.1. Compactage au remblai**

C'est un tableau à 2 entrées.

Les modalités de compactage varient en fonction du niveau de compactage (faible, moyen ou intense). Pour chaque niveau de compactage, les modalités de compactage sont fixées par les paramètres principaux :  $Q/S$ ,  $e$  et  $V$  et par les paramètres auxiliaires  $N$  et  $Q/L$  avec :

$N$ =le nombre d'application de la charge ;

$Q/L$ = le débit par unité de largeur du compactage en  $m^3/h.m$  ;

$Q/S$ =l'épaisseur unitaire de compactage en  $m^3/m^2$ ;

$e$ =l'épaisseur maximale compactée (en m) ;

$V$ =la vitesse de translation (en km/h) ;

$n$ =le nombre de passes. Une passe est égale à un aller et retour du compacteur.

Notons que  $n=N/2$  pour un tandem longitudinal et  $n=N$  pour les compacteurs monocylindriques et les compacteurs à pneus.

### **VI.6.2.2. Compactage en couche de forme :**

Pour un matériau donné, utilisable en couche de forme, les modalités pratiques de compactage sont données par les paramètres  $Q/S$ ,  $e$ ,  $V$ ,  $N$  et  $Q/L$ . Ces paramètres ont la même signification que pour le compactage en remblai.

### **VI.6.3. Les planches d'essai :**

Le recours à des planches d'essais s'avère nécessaire dans les cas suivants :

- ✓ le compacteur présente des performances inconnues,
- ✓ le matériau utilisé ne peut pas être classé dans la classification retenue ou les conditions d'utilisation ne sont pas prises en compte dans le guide GTR (par exemple: sols relativement secs, matériaux très difficiles à compacter, traitements particuliers, sols évolutifs dont le comportement reste mal apprécié, sous-produits industriels...)

Les planches d'essais peuvent servir alors à :

- ✓ comparer l'action de compacteurs différents sur un même matériau,
- ✓ déterminer les modalités d'utilisation d'un compacteur avec un matériau donné,
- ✓ déterminer les modalités d'utilisation d'un matériau donné.

La longueur minimale d'une planche d'essai est de 30 m et sa largeur varie de 4 à 5 m.

#### **VI.6.4. Contrôle du compactage :**

Le contrôle du compactage des matériaux en remblai et en couche de forme s'effectue de 3 manières :

- ✓ Par contrôle de densité c'est-à-dire mesure de la masse volumique. C'est une méthode classique.
- ✓ Par contrôle en continu des modalités de compactage qui consiste à vérifier l'épaisseur de la couche compactée et le rapport Q/S.
- ✓ Par mesure de tassement par nivellement. Cette méthode est peu fiable.

La première méthode consiste à mesurer la densité sèche après compactage et de la comparer à une densité de référence. Cette méthode a plusieurs inconvénients :

- ✓ La nécessité d'avoir une masse volumique de référence (on prend généralement la densité maximale Proctor normal ou modifié). Cette référence est impossible à obtenir pour les matériaux ayant plus de 25% d'éléments supérieurs à 20 mm.
- ✓ La difficulté de mesurer in situ la densité atteinte notamment à cause de sa distribution non homogène au sein de la couche compactée.
- ✓ Le caractère discret de ces mesures et leur interprétation statistique.

La seconde méthode par contre a le mérite de porter sur les règles à respecter et qui garantissent par expérience, la qualité d'usage de l'ouvrage. Dans cette méthode, les modalités à contrôler sont les suivantes :

- ✓ La nature et l'état des matériaux utilisés pour chaque séquence de compactage ;
- ✓ L'épaisseur maximale  $e$  des couches (après compactage), qui doit être compatible avec l'efficacité du compacteur utilisé ;



- ✓ L'intensité de compactage devant être appliquée ; elle est exprimée par le rapport Q/S ;
- ✓ Les classes et les conditions de fonctionnement des compacteurs ;
- ✓ L'équipement des compacteurs avec des appareils de mesure de la distance parcourue, de la vitesse, de la fréquence de vibration....

#### **VI.6.4.1. Contrôle de la rigidité :**

Le contrôle de la rigidité a pour objectif de vérifier le niveau de portance de l'arase des terrassements (AR) et celui de la plateforme support de chaussée.

##### **VI.6.4.1.1. Cas de l'arase des terrassements (plateforme de la PST) :**

Ce contrôle s'effectue de deux manières :

- ✓ La première est la mesure du module de déformation grâce à l'essai de plaque ou à la dynaplaque ;
- ✓ La seconde est la mesure de la déflexion au déflectographe LACROIX ou à la poutre Benkelmann sous un essieu de 13 tonnes.

Les cadences généralement retenues sont :

- ✓ Pour la mesure du module de déformation, un point tous les 40ml (Pour une plateforme dont la largeur varie entre 7 et 10 m, les mesures sont généralement effectuées en quinconce) ;
- ✓ Pour la mesure de la déflexion, un point tous les 20ml sur la même voie.

Les arases font l'objet de critères de réception en chantier et de caractérisation de portance pour le long terme pour dimensionner les chaussées. Ces critères se présentent comme suit :

Classes d'arases		Chantier (Critère de réceptions vérifiés pour 95% des points)	
		EV2 (MPa)	D(1/100mm)
AR1	St1	≥ 30	≤ 300
AR2	St2	≥ 80	≤ 150
AR3	St3	≥ 120	≤ 100
AR4	St4	≥ 200	≤ 50

##### **VI.6.4.1.2. Cas de la plateforme support de chaussée :**

Les critères de réception sur chantier sont les suivants :

- Cas des couches de forme en matériaux non traités :

Classes	Chantier (Critères de réception vérifiés pour 95% des points)	
	EV2 (MPa)	D(1/100mm)
P2	≥ 80	≤ 150

P3	$\geq 120$	$\leq 100$
P4	$\geq 200$	$\leq 60$

- Cas des couches de forme en matériaux traités :

Classes	Chantier (Critères de réception vérifiés pour 95% des points)	
	D(1/100mm)	
P2	$\leq 80$	
P3	$\leq 50$	
P4	$\leq 20$	

#### **VI.6.4.2. Vérification des classes d'arase et de plateforme pour le long terme :**

A ce propos, il est nécessaire que les mesures de modules EV2 soient réalisées en tenant compte des conditions hydriques prévues pour le long terme.

- ✓ Pour les matériaux insensibles ou très peu sensibles à l'eau, les résultats obtenus après achèvement des travaux reflètent la portance réelle à long terme. Cela concerne les sols de classe D1, D2, B1, B3, les sols Cj correspondants et les sols traités à la chaux et/ou au ciment
- ✓ Pour les sols sensibles à l'eau, les mesures de modules EV2 sont à effectuer en tenant compte des conditions hydriques prévues par le projet. Cela peut conduire à effectuer une imbibition artificielle de l'arase ou de la couche de forme pour atteindre les degrés de saturation les plus probables et qui se situent en général entre 85% et 90%.

#### **VI.7. Le compactage à sec :**

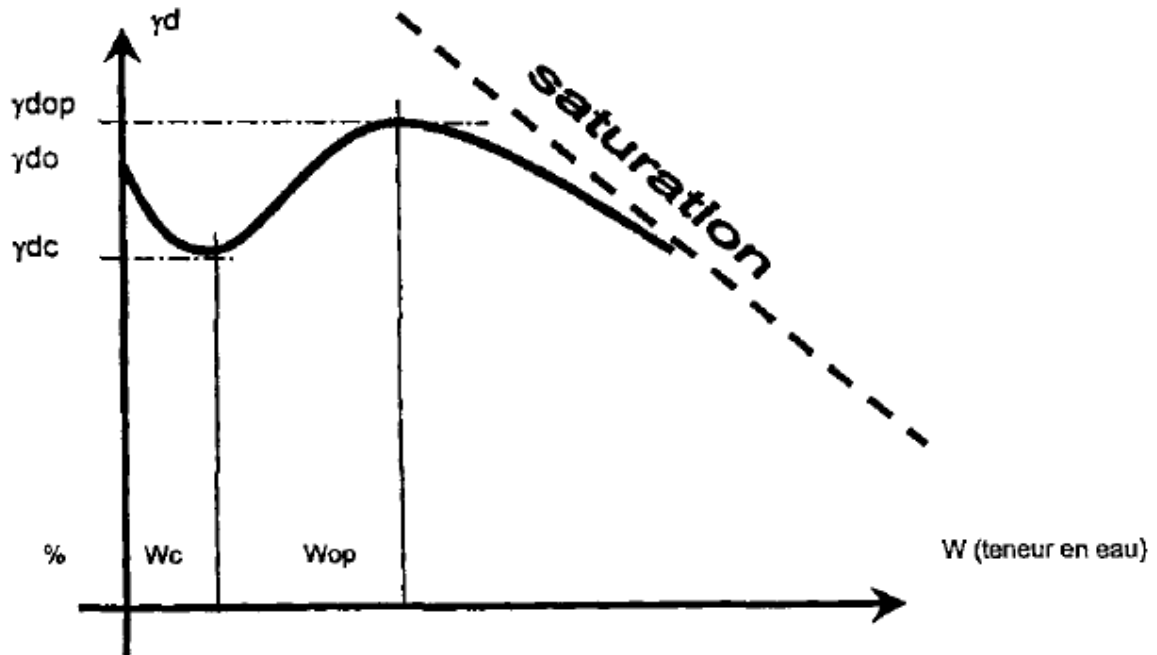
Le compactage à sec ou à faible teneur en eau présente un réel intérêt dans les zones arides et désertiques. Ce type de compactage est possible pour certains sols et avec certains engins notamment les compacteurs vibrants. Il a été expérimenté avec succès dans les chantiers de route au Sahara.

Ce type de compactage présente des aspects spécifiques concernant la variation de la densité en fonction de la teneur en eau et la variation de la densité en fonction de la profondeur de la couche.

##### **VI.7.1. Variation de la densité en fonction de la teneur en eau :**

Des études réalisées au laboratoire ont montré que la courbe représentative  $\gamma_d = f(w)$ , effectuée depuis une teneur en eau quasi nulle jusqu'à la saturation, fait apparaître deux teneurs en eau caractéristiques :

- ✓ La teneur en eau classique  $w_{opt}$  conduisant à la densité sèche maximale  $\gamma d_{opt}$  de l'essai Proctor ;
- ✓ La teneur en eau  $w_c$  dite teneur en eau critique pour laquelle la densité sèche passe par un minimum.  $\gamma d_c$ . C'est la teneur en eau à partir de laquelle  $\gamma d$  croît nettement avec  $w$ .



**Courbe complète Proctor – Variation de la densité sèche en fonction de la teneur en eau**

### VI.7.2. Variation de la densité en fonction de la profondeur de la couche :

La courbe de la variation de la densité en fonction de la profondeur présente une allure semblable à celle obtenue par compactage classique (courbe précédente) : Les densités en fond de couche sont à peu près comparables. Néanmoins, comme différence, on constate que

la densité obtenue au niveau de la partie supérieure de la couche est beaucoup plus faible pour un compactage à sec ce qui signifie que la zone de surface est toujours mal compactée.

Le compactage de la zone de surface doit se réaliser à travers la couche suivante sus-jacente.

### **VI.7.3. Nature du sol**

Les sols qui donnent les meilleurs résultats au compactage à sec sont les suivants :

- ✓ les sols fins peu plastiques : A1 et A2,
- ✓ les graves et sables propres : D1, D2, CDi, B1 et B3,
- ✓ les graves et sables peu argileux B2 et B4
- ✓ les graves et sables très silteux : B5,
- ✓ les graves et sables argileux : B6 (avec  $IP < 25$ ),
- ✓ les sols C1 correspondant aux classes ci-dessus citées ;

### **VI.7.4. Modalités de compactage à sec :**

Pour un remblai compacté à sec, la hauteur maximale compactée ne doit pas dépasser 3m. Les modalités de compactage à sec concernent les conditions d'utilisation des sols et les types de compacteurs utilisables.

### **VI.7.5. Types de compacteurs utilisables :**

Ce sont les rouleaux vibrants et les compacteurs à pneus. Les classifications retenues pour ces engins sont les mêmes que celles utilisées pour le compactage classique.

### **VI.7.6. Conditions d'utilisation des sols :**

Les conditions d'utilisation concernent :

- ✓ L'épaisseur maximale de la couche compactée,
- ✓ Les différentes dispositions constructives à respecter en matière de finition.

On distingue :

#### **Les sols fins peu plastiques A1 et A2**

- Ces sols nécessitent une trituration préalable pour les plus plastiques (A2). Les sols A1 peuvent poser des problèmes de traficabilité. Le compactage à sec est plus facile avec les sols A1 qu'avec les sols A2.
- La mise en œuvre en remblai se fait avec des épaisseurs de 15 à 35 cm.
- Le compactage se fera avec des compacteurs vibrants de classe V3, V4 ou V5.
- Une finition avec un compacteur à pneus est nécessaire au niveau de l'arase. Elle se fera par arrosage d'eau (5 à 10 l/m<sup>2</sup>).

#### **Les graves et sables propres : D1, D2, CDi, B1 et B3**

- Les sables propres D1 et B1 peuvent poser des problèmes de traficabilité,

- Les graves propres D2, CDi, B1 et B3 conviennent bien au compactage à sec,
- La mise en œuvre en remblai se fait avec des épaisseurs de 30 à 70 cm,
- Le compactage se fera avec des compacteurs vibrants de classe V1, V2, V3, V4 ou V5.
- Une finition avec un compacteur à pneus ou un vibrant léger est nécessaire au niveau de l'arase.

#### Les graves et sables peu argileux B2 et B4

- La teneur en eau naturelle doit être inférieure à  $w_c=4\%$
- La mise en œuvre en remblai se fait avec des épaisseurs de 20 à 40 cm,
- Le compactage se fera avec des compacteurs vibrants de classe V2, V3, V4, V5.

#### Les graves et sables très silteux B5

- La teneur en eau naturelle doit être inférieure à  $w_c=3$  à  $4\%$  ;
- Le compactage se fera avec des compacteurs vibrants de classe V3, V4 ou V5 ;
- Une finition avec un compacteur à pneus P2 est nécessaire au niveau de l'arase. Elle se fera par arrosage d'eau (5 à 10 l/m<sup>2</sup>).

#### Les graves et sables argileux B6 (IP<25)

- La teneur en eau naturelle doit être inférieure à  $w_c=3$  à  $5\%$  ;
- La mise en œuvre en remblai se fait avec des épaisseurs de 15 à 30 cm ;
- Finition en arase semblable à celle du matériau B5 ;
- Le compactage se fera avec des compacteurs vibrants de classe V4 ou V5.

#### Les sols grossiers C1 sauf les C1A2, C1B6 avec IP>25

- Un écrêtage des gros éléments est nécessaire pour la mise en œuvre et le compactage,
- Les teneurs en eau critiques dépendent de l'importance des fines,
- La mise en œuvre en remblai se fait avec des épaisseurs de 15 à 30 cm,
- Une finition en arase peut s'avérer utile éventuellement,
- Le compactage se fera avec des compacteurs vibrants de classe V4 ou V5.

#### ➤ **Les planches d'essais**

La décision de procéder à un compactage à sec doit être précédé de la réalisation de planches d'essais avec les matériaux et matériels disponibles. Cette planche a pour objectif de définir

avec plus de précision les modalités de compactage (épaisseur de couche, nombre de passes...)

➤ **Contrôle du compactage à sec**

Après un compactage à sec, la zone de surface est toujours mal compactée. Le compactage de cette dernière est continué en général à travers la couche supérieure sus-jacente ; ceci a pour conséquence :

- Le contrôle du compactage par mesure de la densité moyenne couche par couche, tel qu'il est habituellement pratiqué, n'est pas utilisable.
- le contrôle de la rigidité par essai de plaque EV2/EV1 à partir de la surface d'une couche, n'est pas utilisable aussi.

Cependant, si le recours au contrôle de compactage par mesure de densité s'avère nécessaire, Il est conseillé de décaper les 10cm de la couche avant la réalisation de la mesure.

Le recours aux mesures de densité par gamma densimètres à profondeur variable est possible avec les sols autres que les C1 ; Dans ce cas, deux mesures sont réalisées au niveau de chaque point (à 10cm et à 22,5cm de la surface) et la densité de la couche correspondante vaut :

$$\gamma_d = \frac{22,5\gamma_{d22,5} - 10\gamma_{d10}}{12,5}$$

Dans tous les cas, le meilleur moyen de contrôle de compactage consiste à vérifier en continu le respect des modalités de compactage fixées au niveau des planches d'essai.

- **Spécifications en remblai**

La densité moyenne sèche sur toute l'épaisseur de la couche compactée doit atteindre 95% de l'optimum Proctor normal  $\gamma_d$  OPN.

La partie inférieure de la couche doit atteindre les 93%  $\gamma_d$  OPN.

- **Spécifications en couche de forme**

La densité moyenne sèche sur toute l'épaisseur de la couche compactée doit être supérieure à 95% de  $\gamma_d$  OPN ou à 100% de  $\gamma_d$  OPN..

La partie inférieure de la couche doit atteindre les 93%  $\gamma_d$  OPN ou 98% de  $\gamma_d$  OPN.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'absence de documents adéquats spécifiques de classification des sols pour les travaux de terrassements et de procédures de contrôle parfois fastidieuses et non fondées techniquement a engendré dans la pratique, des difficultés d'exécution.

Ces insuffisances nous ont amené à proposer une tentative d'élaboration d'un guide de terrassement routier pour le Sénégal en se basant particulièrement sur le GTR.

Et nous savons que les études techniques au Sénégal sont pour la plupart basées sur les normes françaises du LCPC, ce qui justifie l'utilité d'un tel guide qui pourrait être local .

A toute fin pratique, les références des matériaux sont les mêmes dans le monde entier (études géotechniques, identifications..) et sont universellement reconnues.

Analytiquement, l'élaboration d'un tel guide sans ces documents de référence, prendrait plusieurs années et c'est la raison pour laquelle nous avons essayé de reprendre dans ce contexte des références du GTR français comme montré en annexe.

Actuellement, au Sénégal, il est aussi utilisé par les différents acteurs dans le domaine des terrassements routiers le CEBTP (Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics). Ce dernier a initié un programme d'essai dans plusieurs pays africains sur les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des graveleux latéritiques.

En ce qui concerne le Sénégal, la latérite est le matériau par excellence utilisé car sa formation est favorisée par le climat tropical. Cependant d'autres matériaux comme les matériaux recyclés et particulièrement les déchets des ICS (industries chimiques du Sénégal) pourront faire l'objet d'une étude sérieuse en vue de leur emploi en terrassement routier ce qui contribuerait à l'économie des carrières et à la protection de l'environnement en fournissant un débouché à ces déchets, évitant ainsi leur mise en dépôt.

La connaissance des sols en général et des graveleux latéritiques en particulier peut et doit progresser. .

L'aboutissement d'une meilleure connaissance de ces processus permettra de définir des règles simples grâce auxquelles on pourra :

- ✓ Améliorer la prospection des gisements,
- ✓ Mieux caractériser les matériaux afin de prévoir à coup sûr les conditions optimales de leur utilisation et de leur comportement à long terme

Nous sommes et restons convaincus que l'élaboration de ce guide de terrassement routier serait un atout voire un pas de plus dans la marche vers le développement économique et social.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- CAMPAGNE DE RECHERCHE DE MATERIAUX ET CARTOGRAPHIE DES CARRIERES ET EMPRUNTS DU SENEGAL, rapport provisoire, (dossier N° 04/ 2 / 5769-5), (C.E.R.E.E.Q : Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes pour l'Equipement)
- CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES DE CHAUSSEE. , guide technique, (L.C.P.C et SETRA).
- Reconnaissance géologique et géotechnique des tracés de routes et autoroutes, note d'information technique, L.C.P.C
- Réalisation des remblais et des couches de formes, guide technique, SETRA- LCPC (1992)
- Traitement des sols à la chaux, aux liant hydrauliques et pouzzolaniques, guide techniques, LCPC- SETRA (1995)
- Collection du laboratoire central des ponts et chaussées (collection DUNOD troisième édition).
- Organisation de l'assurance qualité dans les travaux de terrassements, guide technique, LCPC-SETRA

#### REFERENCES WEBLIOGRAPHIQUES

- <http://geotech.sn/cours/login/index.php>
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode\\_pratique\\_de\\_dimensionnement\\_d%E2%80%99une\\_chauss%C3%A9e\\_neuve\\_en\\_France](http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_pratique_de_dimensionnement_d%E2%80%99une_chauss%C3%A9e_neuve_en_France)
- <http://www.mtpnet.gov.ma/NR/rdonlyres/17F48F90-02BB-4DA2-B42A-2213394AF72B/893/406Apportdelatechniquedetraitemendessolsargileux%C3%A0.pdf>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Route>



Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature Premier niveau de classement	classe	Paramètres de nature deuxième niveau de classement	Sous classe Fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres de valeurs de seuil retenus	Sous classe

<p><math>D_{max} \leq 50</math>  <i>ettamisatà</i>  <math>80v \ m \geq 35\%</math></p>	<p>A Sols fins</p>	<p><math>VBS \leq 2,5</math>  <i>ou</i>  <math>Ip \leq 12</math></p>	<p>A<sub>1</sub> Limon peu plastique, silts alluvionnaires, sable fins peu pollués</p>	<p>Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations teneur en eau, en particulier lorsque Wn est proche de W<sub>OPN</sub>                      Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant variée dans de large limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varié assez largement.                      Dans le cas des sols fins peu plastique, il est souvent préférable de les identifier par la valeur du bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision liée a la mesure de l'Ip.</p>	<p><math>IPi \leq 3</math> <i>ou</i> <math>Wn \geq 1,25W_{OPN}</math></p>	A <sub>1</sub> th
					<p><math>3 \leq IPi \leq 8</math> <i>ou</i></p>	A <sub>1</sub> h
					<p><math>1,10W_{OPN} \leq Wn \leq 1,25W_{OPN}</math></p>	
					<p><math>8 \leq IPi \leq 25</math> <i>ou</i></p>	A <sub>1</sub> m
					<p><math>0,9W_{OPN} \leq Wn \leq W_{OPN}</math></p>	
					<p><math>0,7W_{OPN} \leq Wn \leq 0,9W_{OPN}</math></p>	A <sub>1</sub> S
	<p><math>Wn \leq 0,7W_{OPN}</math></p>	A <sub>1</sub> tS				
	<p><math>12 \leq Ip \leq 25</math>  <i>ou</i>  <math>2,5 \leq VBS \leq 6</math></p>	<p>A<sub>2</sub> Sable fins argileuses, Limons, argiles Marnes, arènes</p>	<p>Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plu large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée).                      Dès que l'Ip atteint des valeurs supérieures ou égales à 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.</p>	<p><math>IPi \leq 2</math> <i>ou</i> <math>Ic \geq 0,9</math> <i>ou</i> <math>Wn \geq 1,3W_{OPN}</math></p>	A <sub>2</sub> th	
				<p><math>2 \ p \ IPi \leq 5</math> <i>ou</i> <math>0,9 \ p \ Ic \leq 1,05</math></p>	A <sub>2</sub> h	
				<p><i>ou</i> <math>1,1W_{OPN} \leq Wn \leq 1,3W_{OPN}</math></p>		
				<p><math>5 \ p \ IPi \leq 15</math> <i>ou</i> <math>1,05 \ p \ Ic \leq 1,2</math></p>	A <sub>2</sub> m	
				<p><i>ou</i> <math>0,9W_{OPN} \leq Wn \leq 1,1W_{OPN}</math></p>		
				<p><math>1,2 \ p \ Ic \leq 1,4</math> <i>ou</i> <math>0,7W_{OPN} \leq Wn \ p \ 0,9W_{OPN}</math></p>	A <sub>2</sub> S	
	<p><math>Ic \leq 1,4</math> <i>ou</i> <math>Wn \ p \ 0,7W_{OPN}</math></p>	A <sub>2</sub> tS				
	<p><math>25 \leq Ip \leq 40</math>  <i>ou</i>  <math>6 \leq VBS \leq 8</math></p>	<p>A<sub>3</sub> Argiles et argiles Marneuses, limons très plastique</p>	<p>Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collante ou glissante à l'état humide, d'où la difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation au laboratoire).                      Leur perméabilité très réduite rend leur variation de teneur en eau très lente en place.                      Une augmentation de la teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.</p>	<p><math>IPi \leq 1</math> <i>ou</i> <math>Ic \geq 0,8</math> <i>ou</i> <math>Wn \geq 1,4W_{OPN}</math></p>	A <sub>3</sub> th	
				<p><math>1 \ p \ IPi \leq 3</math> <i>ou</i> <math>0,8 \ p \ Ic \leq 1</math></p>	A <sub>3</sub> h	
				<p><i>ou</i> <math>1,2W_{OPN} \leq Wn \leq 1,4W_{OPN}</math></p>		
				<p><math>3 \ p \ IPi \leq 10</math> <i>ou</i> <math>1 \ p \ Ic \leq 1,15</math></p>	A <sub>3</sub> m	
<p><i>ou</i> <math>0,9W_{OPN} \leq Wn \leq 1,2W_{OPN}</math></p>						
<p><math>1,15 \ p \ Ic \leq 1,3</math> <i>ou</i> <math>0,7W_{OPN} \leq Wn \ p \ 0,9W_{OPN}</math></p>				A <sub>3</sub> S		
<p><math>Ic \leq 1,3</math> <i>ou</i> <math>Wn \ p \ 0,7W_{OPN}</math></p>	A <sub>3</sub> tS					

**CLASSE B : SOLS SABLEUX ET GRAVELEUX AVEC FINES**

Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement	
Paramètres de nature Premier niveau de classement	classe	Paramètres de nature deuxième niveau de classement	Sous classe Fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres de valeurs de seuil retenus	Sous classe	Paramètre de valeur de seuil retenus	Sous classe

$D_{max} \leq 50$ <i>ettamisatà</i> $80v m \leq 35\%$	B Sols sableux Graveleux Avec fines	- <i>tamisats</i> à80v $m \leq 12\%$ - <i>tamisats</i> à 2mm $\leq 70\%$ - $0,1 \leq VBS \leq 0,2$ ouES $\dot{h} 35$	B <sub>1</sub> Sables silt eux	Matériaux sableux généralement insensibles à l'eau. Mais, dans certains cas (extraction dans la nappe..) cette insensibilité devra être confirmée (étude complémentaire, planche d'essais...). leur emploi en couche de forme nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (traitement des sables FS)	FS $\leq 60$	B <sub>11</sub>	
					FS $\dot{h} 60$	B <sub>12</sub>	
	- <i>tamisats</i> à80v $m \leq 12\%$ - <i>tamisats</i> à 2mm $\dot{h} 70\%$ VBS $\dot{h} 0,2$ ouES $\leq 35$	B <sub>2</sub> Sables argileux (peu argileux)	La plasticité de leurs fines rend ces sols sensibles à l'eau. leur temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est court, mais peut varier assez largement (fonction de la perméabilité). Lorsqu'ils sont extrait dans la nappe et mis en dépôt provisoire, ils conservent un état hydrique humide à très humide : il est assez peu probable, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir « moyen ». leur emploi en couche de forme sans traitement avec les LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (friabilité des sables FS)	$IPI \leq 4$ ou $Wn \leq 1,25W_{OPN}$	B <sub>2</sub> th	FS $\leq 60$	B <sub>21</sub> th
						FS $\dot{h} 60$	B <sub>22</sub> th
				$4 p IPI \leq 8$ ou $1,1W_{OPN} \leq Wn \leq 1,25W_{OPN}$	B <sub>2</sub> h	FS $\leq 60$	B <sub>21</sub> h
						FS $\dot{h} 60$	B <sub>22</sub> h
				$0,9W_{OPN} \leq Wn \leq 1,10W_{OPN}$	B <sub>2</sub> m	FS $\leq 60$	B <sub>21</sub> m
						FS $\dot{h} 60$	B <sub>22</sub> m
	- <i>tamisats</i> à80v $m \leq 12\%$ - <i>tamisats</i> à 2mm $\leq 70\%$ - $0,1 \leq VBS \leq 0,2$ ouES $\dot{h} 25$	B <sub>3</sub> Graves silteuses	Matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau. Mais dans certains cas cette insensibilité devra être confirmée. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite la mesure de leur résistance mécanique	$0,5W_{OPN} \leq Wn \leq 0,9W_{OPN}$	B <sub>2</sub> S	FS $\leq 60$	B <sub>21</sub> S
						FS $\dot{h} 60$	B <sub>22</sub> S
$Wn p 0,5W_{OPN}$				B <sub>2</sub> tS	FS $\leq 60$	B <sub>21</sub> tS	
					FS $\dot{h} 60$	B <sub>22</sub> tS	
					LA $\leq 45$	B <sub>31</sub>	
					<i>et</i> MDE $\leq 45$		
					LA $\dot{h} 45$	B <sub>32</sub>	
					<i>et</i> MDE $\dot{h} 45$		

**CLASSE B : SOLS SABLEUX, GRAVELEUX AVEC FINES**

Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement	
Paramètres de nature Premier niveau de classement	classe	Paramètres de nature deuxième niveau de classement	Sous classe Fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres de valeurs de seuil retenus	Sous classe	Paramètre de valeur de seuil retenus	Sous classe

$D_{max} \leq 50$ <i>ettamisatà</i> $80 \mu m \leq 35\%$	B Sols sableux Graveleux Avec fines	- <i>tamisats</i> à $80 \mu m \leq 12\%$ - <i>tamisats</i> à $2mm \leq 70\%$ $VBS \geq 0,2$ ou $ES \leq 25$	B <sub>4</sub> Sables Argileux à peu argileux	La plasticité de leur fine rend le sol sensible à l'eau. ils sont plus graveleux que les sols B2 et leur fraction sableuse est plus faible. ils sont généralement perméable et réagissent assez rapidement aux variations de l'environnement hydrique et climatique. leur emploi en couche de forme sans traitement avec les LH nécessite la mesure de la résistance mécanique.	$IPI \leq 7$ ou $W_n \leq 1,25W_{OPN}$	B <sub>4</sub> th	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>41</sub> th	
							$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>42</sub> th	
						B <sub>4</sub> h	$7 p IPI \leq 15$ ou $1,1W_{OPN} \leq W_n \leq 1,25W_{OPN}$	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>41</sub> h
							$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>42</sub> h	
						B <sub>4</sub> m	$0,9W_{OPN} \leq W_n \leq 1,10W_{OPN}$	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>41</sub> m
								$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>42</sub> m
						B <sub>4</sub> S	$0,6W_{OPN} \leq W_n \leq 0,9W_{OPN}$	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>41</sub> S
								$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>42</sub> tS
						B <sub>4</sub> tS	$W_n \leq 0,6W_{OPN}$	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>41</sub> tS
								$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>42</sub> tS
	- $12\% \leq$ <i>retenue</i> $80 \mu m \leq 35\%$ $VBS \leq 1,5$ ou $IP \leq 12$	B <sub>5</sub> Sables Et grave très silteuses	La proportion de fine et la faible plasticité de ces derniers rapproche beaucoup le comportement des ces sols de celui des sols A1. pour la même raison qu'indiquer sur A1 il y a lieu de préférer le VBS à l'IP pour l'identification des sols B5. leur emploi en couche	$IPI \leq 5$ ou $W_n \leq 1,25W_{OPN}$	B <sub>5</sub> th	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>51</sub> th		
						$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>52</sub> th		
				B <sub>5</sub> h	$5 p IPI \leq 12$ ou $1,1W_{OPN} \leq W_n \leq 1,25W_{OPN}$	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>51</sub> h		
						$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	B <sub>52</sub> h		

**CLASSE C : SOLS COMPORTANT DES FINES ET DES GROS ELEMENTS**

Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique et le comportement
Paramètres de nature Premier niveau de classement	classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classement	Sous classe Fonction de la nature	Caractères principaux	

<p><math>D_{max} \leq 50</math>  <i>et</i>  <i>tamisé</i>  <math>\geq 80\%</math>  <math>\leq 12\%</math>  <i>la VBS est <math>\leq 0,1</math></i></p>	<p>C                  Sols comportant des fines et des gros éléments</p>	<p>Matériaux anguleux dont la proportion de la fraction 0/ 50mm dépasse 60 à 80% .Et matériaux roulés .La fraction 0/50 mm est un sol de la classe A</p>	<p>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub>                  Argile à silex, argiles à meulière, alluvions grossières ...</p>	<p>Le comportement des sols de classe peut être assez justement apprécié par celui de leur fraction 0/50 dont l'évaluation est nécessaire dans le cas des sols constitués d'éléments anguleux</p>	<p>Le sous classement, en fonction de l'état hydrique des sols de cette classe, s'établit en considérant celui de leur fraction 0/50mm qui peut être un sol de la classe A ou de la classe B</p> <table border="1"> <tr> <td>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub> C<sub>1</sub>A<sub>2</sub> C<sub>1</sub>A<sub>3</sub> C<sub>1</sub>A<sub>4</sub></td> <td>C<sub>2</sub>A<sub>1</sub> C<sub>2</sub>A<sub>2</sub> C<sub>2</sub>A<sub>3</sub> C<sub>2</sub>A<sub>4</sub></td> <td>Etat th,h,m,S,ou tS</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>11</sub> C<sub>1</sub>B<sub>12</sub> C<sub>1</sub>B<sub>31</sub> C<sub>1</sub>B<sub>32</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>11</sub> C<sub>2</sub>B<sub>12</sub> C<sub>2</sub>B<sub>31</sub> C<sub>2</sub>B<sub>32</sub></td> <td>Matériaux généralement insensibles à l'eau</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>21</sub> C<sub>1</sub>B<sub>22</sub> C<sub>1</sub>B<sub>41</sub> C<sub>1</sub>B<sub>42</sub> C<sub>1</sub>B<sub>51</sub> C<sub>1</sub>B<sub>52</sub> C<sub>1</sub>B<sub>6</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>21</sub> C<sub>2</sub>B<sub>22</sub> C<sub>2</sub>B<sub>41</sub> C<sub>2</sub>B<sub>42</sub> C<sub>2</sub>B<sub>51</sub> C<sub>2</sub>B<sub>52</sub> C<sub>2</sub>B<sub>6</sub></td> <td>Etat th,h,m,S,ou tS</td> </tr> </table>	C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> C <sub>1</sub> A <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> C <sub>2</sub> A <sub>2</sub> C <sub>2</sub> A <sub>3</sub> C <sub>2</sub> A <sub>4</sub>	Etat th,h,m,S,ou tS	C <sub>1</sub> B <sub>11</sub> C <sub>1</sub> B <sub>12</sub> C <sub>1</sub> B <sub>31</sub> C <sub>1</sub> B <sub>32</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>11</sub> C <sub>2</sub> B <sub>12</sub> C <sub>2</sub> B <sub>31</sub> C <sub>2</sub> B <sub>32</sub>	Matériaux généralement insensibles à l'eau	C <sub>1</sub> B <sub>21</sub> C <sub>1</sub> B <sub>22</sub> C <sub>1</sub> B <sub>41</sub> C <sub>1</sub> B <sub>42</sub> C <sub>1</sub> B <sub>51</sub> C <sub>1</sub> B <sub>52</sub> C <sub>1</sub> B <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>21</sub> C <sub>2</sub> B <sub>22</sub> C <sub>2</sub> B <sub>41</sub> C <sub>2</sub> B <sub>42</sub> C <sub>2</sub> B <sub>51</sub> C <sub>2</sub> B <sub>52</sub> C <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	Etat th,h,m,S,ou tS
		C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> C <sub>1</sub> A <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> C <sub>2</sub> A <sub>2</sub> C <sub>2</sub> A <sub>3</sub> C <sub>2</sub> A <sub>4</sub>			Etat th,h,m,S,ou tS								
		C <sub>1</sub> B <sub>11</sub> C <sub>1</sub> B <sub>12</sub> C <sub>1</sub> B <sub>31</sub> C <sub>1</sub> B <sub>32</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>11</sub> C <sub>2</sub> B <sub>12</sub> C <sub>2</sub> B <sub>31</sub> C <sub>2</sub> B <sub>32</sub>			Matériaux généralement insensibles à l'eau								
C <sub>1</sub> B <sub>21</sub> C <sub>1</sub> B <sub>22</sub> C <sub>1</sub> B <sub>41</sub> C <sub>1</sub> B <sub>42</sub> C <sub>1</sub> B <sub>51</sub> C <sub>1</sub> B <sub>52</sub> C <sub>1</sub> B <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>21</sub> C <sub>2</sub> B <sub>22</sub> C <sub>2</sub> B <sub>41</sub> C <sub>2</sub> B <sub>42</sub> C <sub>2</sub> B <sub>51</sub> C <sub>2</sub> B <sub>52</sub> C <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	Etat th,h,m,S,ou tS												
<p>Matériaux anguleux dont la proportion de la fraction 0/ 50mm dépasse 60 à 80% .Et matériaux roulés .La fraction 0/50 mm est un sol de la classe B</p>	<p>C<sub>1</sub>B<sub>1</sub>                  Argile à silex, argiles à meulière, alluvions grossières ...</p>													
<p>Matériaux anguleux dont la proportion de la fraction 0/ 50mm est inférieure ou = 60 à 80% ET matériaux roulés .La fraction 0/50 mm est un sol de la classe A</p>	<p>C<sub>2</sub>A<sub>1</sub>                  Argile à silex, argiles à meulière, alluvions grossières ...</p>	<p>Le comportement des sols de cette classe dépend aussi de la fraction 50/D présente et ne peut pas être assimilé à celui de la fraction 0/50mm. Des essais en semi ou en vraie grandeur seront souvent nécessaires pour caler l'interprétation des mesures sur la fraction</p>												



**CLASSE D : SOLS INSENSIBLES A L'EAU**

Classement selon la nature					Classement selon le comportement	
Paramètres de nature Premier niveau de classement	classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classement	Sous classe Fonction de la nature	Caractères principaux	Valeur seuil retenue	Sous clase

<p><math>VBS \leq 0,1</math>  <i>et</i>  <i>tamisé à 800 μm ≤ 12%</i></p>	<p>D                  Sols                  insensibles                  à l'eau</p>	<p><math>D_{max} \leq 50mm</math>  <i>et</i>  <i>tamisé à 2mm ≤ 70%</i></p>	<p>D<sub>1</sub>                  Sables                  alluvionnaires                  propres                  Sable de                  dune...</p>	<p>Ces sols sont sans cohésion et perméables.                  Leur granulométrie souvent mal graduée et de petit calibre, les rends très érodables et d'une traficabilité difficile.</p>	<p>Leur emploi en couche de forme sans traitement au LH nécessite, par ailleurs la mesure de leur résistance mécanique (LA, MDE, FS...)</p>	<p><math>FS \leq 60</math></p>	<p>D<sub>11</sub></p>
		<p><math>D_{max} \leq 50mm</math>  <i>et</i>  <i>tamisé à 2mm ≤ 70%</i></p>	<p>D<sub>2</sub>                  Graves                  alluvionnaires                  Propres                  Sables...</p>	<p>Ces sols sont sans cohésion et perméables.                  Après compactage ils sont d'autant moins érodables et d'autant plus aptes à supporter le trafic qu'ils sont bien gradués.</p>		<p><math>FS \leq 60</math></p>	<p>D<sub>12</sub></p>
		<p><math>D_{max} \leq 50mm</math></p>	<p>D<sub>3</sub>                  Grave                  alluvionnaire                  Propres...</p>	<p>Matériaux sans cohésion et perméables, inadaptés au malaxage en vue d'un traitement répondant à une qualité «couche de forme», en partie supérieure des terrassements ils peuvent poser des problèmes de réglages et d'exécution de tranchées diverses.</p>		<p><math>LA \leq 45</math>  <i>et</i>  <math>MDE \leq 45</math></p>	<p>D<sub>21</sub></p>
						<p><math>LA \leq 45</math>  <i>et</i>  <math>MDE \leq 45</math></p>	<p>D<sub>22</sub></p>
					<p><math>LA \leq 45</math>  <i>et</i>  <math>MDE \leq 45</math></p>	<p>D<sub>31</sub></p>	
					<p><math>LA \leq 45</math>  <i>et</i>  <math>MDE \leq 45</math></p>	<p>D<sub>32</sub></p>	

**CLASSE R : MATERIAUX ROCHEUX (évolutif ou non évolutifs)**

Classement selon la nature		Classement selon l'état hydrique	
Nature pétrographique de la roche	Caractères principaux	Paramètres et valeur seuils retenus	Sous - classe

Roches sédimentaires	Roches carbonatés	R <sub>1</sub> craie	<p>Au cours des opérations de terrassement, il ya formation d'une quantité de fines en relation directe avec la fragilité de l'empilement des craies. A l'état saturé ou proche de la saturation l'eau contenue dans les pores se communique aux fines produites leur conférant le comportement d'une pâte, qui s'étant rapidement à l'ensemble du matériau, empêchant la circulation des engins.</p> <p>Inversement lorsque la teneur en eau est faible la craie devient rigide, très portant mais difficile à compacter.</p>	$\rho d \geq 1,7$	Craie dense	R <sub>12</sub>
				$1,5 p \rho d \leq 1,7 \text{ et } Wn \geq 27$	Craie de densité moyenne	R <sub>12h</sub>
				$1,5 p \rho d \leq 1,7 \text{ et } 22 \leq Wn p 27$		R <sub>12m</sub>
				$1,5 p \rho d \leq 1,7 \text{ et } 18 \leq Wn p 22$		R <sub>12S</sub>
				$1,5 p \rho d \leq 1,7 \text{ et } Wn p 18$		R <sub>12tS</sub>
				$\rho d \leq 1,5 \text{ et } Wn \geq 31$	Craie dense peu	R <sub>13th</sub>
				$\rho d \leq 1,5 \text{ et } 26 \leq Wn p 31$		R <sub>13h</sub>
				$\rho d \leq 1, \text{ et } 21 \leq Wn p 26$		R <sub>13m</sub>
				$\rho d \leq 1,5 \text{ et } 16 \leq Wn p 21$		R <sub>13S</sub>
				$\rho d \leq 1,5 \text{ et } Wn p 16$		R <sub>13tS</sub>
		R <sub>2</sub> Calcaires rocheux divers	<p>Cette classe regroupe l'ensemble de la gamme des matériaux calcaires rocheux. Leurs caractéristiques prédominantes, vis-à-vis de leur utilisation dans les remblais ou les couches de formes, sont la friabilité.</p> <p>Du faite de leur caractère non évolutif, ces matériaux posent pas de problème dans leur emploi en remblai, en couche de forme, leur friabilité peut conduire, désagrégation à la formation de fine rendant le matériau sensible a l'eau. .</p>	$MDE \leq 45$	Calcaire dur	R <sub>21</sub>
				$MDE \neq 45 \text{ et } \rho d \neq 1,8$	Calcaire de densité moyenne	R <sub>22</sub>
				$\rho d \leq 1,8$	Calcaire fragmentable	R <sub>23</sub>
		Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique
Nature pétrographique de la roche		Caractères principaux	Paramètres et valeur seuils retenus	Sous - classe		

Roches sédimentaires	Roches Argileuses	R <sub>3</sub> Marne schistes Argiles pelites	Ils se fragmentent plus ou moins à la mise en œuvre, ne libérant des fines, plastiques sensible à l'eau. Pour les plus fragmentables d'entre eux il convient de caractériser l'état de leur fraction 0/50mm.	$FR \leq 7 \text{ et } DG \leq 20$	Roche argileuse : peu fragmentable, très dégradable	R <sub>31</sub>
		$FR \leq 7 \text{ et } 5 \text{ p } DG \leq 20$		Roche argileuse : peu fragmentable, moyen dégradable	R <sub>32</sub>	
		$FR \leq 7 \text{ et } DG \leq 5$		Roche argileuse : peu fragmentable, peu dégradable	R <sub>33</sub>	
		$FR \leq 7 \text{ et } \begin{cases} Wn \geq 1,3W_{OPN} \\ \text{ou } IPI \text{ p } 2 \end{cases}$		Roches argileuses fragmentables	R <sub>34th</sub>	
		$FR \leq 7 \text{ et } \begin{cases} 1,1W_{OPN} \leq Wn \text{ p } 1,3W_{OPN} \\ \text{ou } 2 \leq IPI \text{ p } 5 \end{cases}$			R <sub>34h</sub>	
		$FR \leq 7 \text{ et } 0,9W_{OPN} \leq Wn \text{ p } 1,1W_{OPN}$			R <sub>34m</sub>	
		$FR \leq 7 \text{ et } 0,7W_{OPN} \leq Wn \text{ p } 0,9W_{OPN}$			R <sub>34S</sub>	
	$FR \leq 7 \text{ et } Wn \text{ p } 0,7W_{OPN}$	R <sub>34tS</sub>				
	Roches siliceuses	R <sub>4</sub> Grés brèches	Les matériaux de cette classe sont liés entre eux par un ciment naturel de silice ou de calcaire dont la résistance plus ou moins grande leur confère des comportements variables. Certains d'entre eux contiennent une fraction argileuse leur rendant sensible l'eau.	$LA \leq 45 \text{ et } MDE \leq 45$	Roches siliceuses dures	R <sub>41</sub>
				$LA \leq 45 \text{ ou } MDE \leq 45 \text{ et } FR \leq 7$	Roches siliceuses de dureté moyenne	R <sub>42</sub>
$FR \leq 7$				Roches siliceuses fragmentables	R <sub>43</sub>	
Roches Salines	R <sub>5</sub> Gypse Sel gemme anhydrite	Ils s'apparentent plus ou moins des matériaux R2 et R3 du point de vue mécaniques. Mais sont plus ou moins	Teneur en sel soluble $\begin{cases} \leq 5 \text{ à } 10\% \text{ dans le cas du sel} \\ \leq 30 \text{ à } 50\% \text{ dans le cas du gypse} \end{cases}$ Suivant que la fragmentabilité est plus ou moins grande	Roches salines peu solubles	R <sub>51</sub>	

Roches magmatiques et métamorphiques	R <sub>6</sub> Granites, Basalte, Trachytes, Andésites... Gneiss, schistes métamorphiques, schistes ardoisiers...	Ils ont des caractéristiques très différentes des autres, en particulier leur fragmentabilité et leur friabilité peuvent varier très largement. Les sous classes R61 et R62 ne s'altèrent pas au sein des ouvrages sous l'effet des contraintes mécaniques ou de l'eau. Tandis que les R63 ont un comportement voisin des R34 et R43	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	Roches magmatiques et métamorphiques durs	R <sub>61</sub>
			$LA \geq 45$ et $MDE \geq 45$ et $FR \leq 7$	Roches magmatiques et métamorphiques de dureté moyenne	R <sub>62</sub>
			$FR \geq 7$	Roches magmatiques et métamorphiques fragmentables ou altérées.	R <sub>63</sub>

**CLASSE F : SOLS ORGANIQUES ET SOUS PRODUIT INDUSTRIELS**

Famille des matériaux	Caractères principaux	Classement du matériau		
		Paramètres retenus	Valeurs seuils	Sous classe
F <sub>1</sub> Matériaux naturels renferment des matières organiques	Ils se reconnaissent par leurs couleurs et leurs odeurs. Leurs possibilité d'emploi en remblai et en couche de forme dépendent de leur teneur en eau.	Le paramètre caractéristique de ces matériaux est leur teneur en matières organique. Ensuite, il y a lieu de prendre en compte leur comportement géotechnique au travers des paramètres retenus pour classer les sols en A, B, ou C.	$3 \leq \%MO \leq 10$	F <sub>11</sub> Matériaux faiblement organiques
			$\%MO > 10$	F <sub>12</sub> Matériaux fortement organiques
F <sub>2</sub> Cendres volantes silico alumineuse	Constitués de résidu de charbon dans les centrale thermiques, ces matériaux sont constitués d'élément très fins. Leur porosité et leurs caractères non plastique les différencient des sols (moins dense et relativement drainant). Ils présentent une portance satisfaisante jusqu'à des teneurs en eau dépassant largement W <sub>opn</sub> . Toute fois au-delà d'une teneur en eau limite, leur portance chute de manière extrêmement brutale.	Le paramètre caractéristique de ces matériaux est le rapport entre leur teneur en eau naturelle et leur teneur en eau optimum Proctor normal.	$IPI \leq 4$ ou $W_n \geq 1,3W_{OPN}$	F <sub>2th</sub> Cendres volantes très humides
			$4 \leq IPI \leq 10$ $1,2W_{OPN} \leq W_n \leq 1,3W_{OPN}$	F <sub>2h</sub> Cendres volantes humides
			$0,85W_{OPN} \leq W_n \leq 1,2W_{OPN}$	F <sub>2m</sub> Cendres volantes à teneur en eau moyenne
			$0,75W_{OPN} \leq W_n \leq 0,85W_{OPN}$	F <sub>2m</sub> Cendres volantes sèches
			$W_n < 0,75W_{OPN}$	F <sub>2m</sub> Cendres volantes très sèches
F <sub>3</sub> Schistes houillers	Provenant des résidus d'extraction de charbon, ces matériaux, brûlés, ont des propriétés géotechniques qui avoisinent à celles des matériaux rocheux insensibles à l'eau. Non brûlés, ces matériaux s'apparentent assez généralement aux sols sensible à l'eau.	Le paramètre déterminant pour ces matériaux, est le fait qu'ils aient subi ou non, une combustion une fois mis en péril	Ces schistes sont reconnaissables de leur couleur de rouge à violet.	F <sub>31</sub> Schistes houillers totalement brûlés
			Ces schistes sont reconnaissables de leur couleur de noir à orange.	F <sub>31</sub> Schistes houillers incomplètement ou non brûlés

## CLASSE F : SOLS ORGANIQUES ET SOUS PRODUIT INDUSTRIELS (suite)

Famille des matériaux	Caractères principaux	Classement du matériau		
		Paramètres retenus	Valeurs seuils	Sous classe
F <sub>4</sub> Schistes des mines de potasse	Ces matériaux contiennent des proportions variables de chlorures de sodium. Du point de vue géotechnique, leur comportement et leur mise en œuvre peut en grande partie se comparer à celui des sols de classes B <sub>1</sub> et B <sub>2</sub> (éventuellement A <sub>1</sub> et A <sub>2</sub> ). A moyen et long terme ces comportements se traduisent par : -une apparition d'une rigidification -absence de gonflement face aux conditions climatiques.	Le paramètre principal pour ces matériaux est leur teneur en chlorure de sodium qui détermine les risques de dissolution et de pollution. il est nécessaire aussi de prendre en compte leur comportement au travers des paramètres retenus pour classer ces sols.	$\%NaCL \leq 10$	F <sub>41</sub> Schistes des mines de potasse à forte teneur en Na CL
			$\%NaCL \neq 10$	F <sub>42</sub> Schistes des mines de potasse à forte teneur en Na CL
F <sub>5</sub> phosphogypse	Du point de vue géotechnique, ces matériaux se comparent des sables fins. Et du point de vue chimiques ces matériaux sont solubles dans l'eau. L'utilisation en arase de terrassement et dans les parties de remblais situées en zones inondables est en général à proscrire (risque de formation d'ettringites ou de dissolution)	Les paramètres principaux pour ces matériaux sont : -le fait qu'il soit ou non neutralisé chimiquement par la chaux -la granularité définie par le D50 -la teneur en eau	$D_{50} \geq 80 \mu m$ $W_n \geq 1,2W_{OPN}$	F <sub>51h</sub> phosphogypse grossier neutralisé à la chaux, à teneur en eau élevée.
			$D_{50} \geq 80 \mu m$ $W_n \leq 1,2W_{OPN}$	F <sub>51m</sub> et S phosphogypse grossier neutralisé à la chaux, à teneur en eau faible ou moyenne
				F <sub>52</sub> phosphogypse fin et phosphogypse grossiers non neutralisé

F <sub>6</sub> Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	Ces matériaux peuvent avoir des compositions assez variables suivant les usines de fabrication et la technologie utilisée. il y a lieu aussi de connaître leur teneur en matières solubles et toxiques. D'une manière générale il convient d'éviter l'utilisation de ces matériaux au contact des ouvrages d'arts et des zones inondables.	Les paramètres principaux pour ces matériaux sont : -le fait qu'il soit ou non subi à une élaboration et un stockage de plusieurs mois. -le degré d'incinération -la teneur en éléments toxiques solubles	<i>PF</i> ≤ 5% Teneurs en éléments solubles inférieures aux valeurs maximales autorisées par la norme en vigueur	F <sub>61</sub> Mâchefers bien incinérés ou criblés, deferraillés, peu chargés en éléments toxiques solubles
			F <sub>62</sub> Idem F61 mais de fraîche production	F <sub>62</sub> Idem F61 mais de fraîche production
			<i>PF</i> ≥ 5% Teneurs en éléments solubles supérieures aux valeurs maximales autorisées par la norme en vigueur	F <sub>63</sub> Mâchefers mal incinérés ou n'ayant pas subi aucune élaboration ou fortement chargés en éléments toxiques solubles
F <sub>7</sub> Matériaux de démolition	Leur identification doit résulter à la fois de l'observation visuelle des stocks et d'une enquête sur leurs origines. Leur emploi induit toujours certains risques de gonflement du fait de la présence d'éléments indésirables comme en particulier du plâtre.	Les paramètres principaux pour ces matériaux sont : -la présence d'éléments putrescibles et de plâtre -l'exécution d'une opération d'élaboration (criblage, concassage, homogénéisation)	Evaluation visuelle	F <sub>71</sub> Matériaux de démolition sans plâtres, épurés des éléments putrescibles, concassés, criblés de ferraillés, homogénéisés
			Evaluation visuelle	F <sub>72</sub> Idem F <sub>72</sub> mais pouvant contenir du plâtre
			Evaluation visuelle	F <sub>73</sub> Matériaux de démolition non épurés des éléments putrescibles ou non dé ferraillés et non criblés
F <sub>8</sub> Laitiers des hauts -fourneaux	Ces matériaux sont des sous – produit de fabrication de la fonte. Leurs caractéristiques géotechniques diffèrent selon le processus de refroidissement : eau sous pression pour les laitiers granulés, eau et air pour les laitiers bouletés et air comprimé pour les laitiers expansés, refroidissement dans l'air ambiante pour les laitiers cristallisés. Le comportement des trois premiers laitiers s'apparentent aux sables ou graves alors que le quatrième s'apparente aux matériaux rocheux. Ils sont insensibles à l'eau à l'origine mais mélangés avec d'autres éléments dans les terrils, comme les stériles de fer, par exemple, ces matériaux peuvent dans certaines circonstances générer des gonflements inacceptables			



F <sub>9</sub> Autres déchets et sous produits industriels	Il s'agit de déchets de l'industrie chimique et pétrochimique, de laitiers d'origine sidérurgique. Etc. leur emploi en remblai ou en couche de forme, doit, pour chaque cas, faire l'objet d'une étude spécifique, comportant trois aspects : -technique pour la garantie de stabilité des ouvrages construits, -écologique, pour les risques de diffusion de la pollution, -économie, pour la comparaison avec les matériaux naturels concurrents.
---	--

## CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :

**A<sub>1</sub> (état th, h, m)**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
A <sub>1</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> La réduction de la teneur en eau par mise à dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) est peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A <sub>1</sub> h.			NON	
A <sub>1</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre du fait de leur portance faible. Ils sont sujet de matelassages qui sont à éviter au niveau de l'arase de terrassement	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 0 0 1 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage moyen H : remblai de faible hauteur (inf 5m)	0 0 0 0 0 3 1
				<b>Solution 2 : aération</b> E : extraction en couche mince W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	1 0 1 0 1 2 2
			<b>Solution 3 : traitement</b> T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 0 0 1 0 2 0	
A <sub>1</sub> m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions climatiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 0 1 2
		<b>Solution 3 : extraction frontale</b> E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0		

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****A<sub>1</sub> (état s et ts), A<sub>2</sub> (état th et h)**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A <sub>1</sub> S	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire la teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage moyen H : : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 0 0 1 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b><u>Solution 1 : humidification dans la masse.</u></b> W : humidification pour changement d'état. R : réglage en couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				<b><u>Solution 2 : emploi en l'état</u></b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 0 0 0 1 2
				<b><u>Solution 1 : arrosage superficiel</u></b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	2 0 3 0 0 1 2
		-	Evaporation importante	<b><u>Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel</u></b> E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 5m	0 0 4 0 1 1 2
<b><u>Solution 3 : humidification dans la masse</u></b> W : humidification pour changement d'état. R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m					
A <sub>1</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Leur humidification pour les ramener dans l'état S voir m peut être envisagée sans réserve d'une étude spécifique				NON
A <sub>2</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b>				NON

A <sub>2</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase de terrassement	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai d faible hauteur inf ou = à 5m	0 0 0 0 0 3 1
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : aération</b> E : extraction en couche mince W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 1 0 1 2 2
<b>Solution 2 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0				
A <sub>2</sub> m	Ces sols ne posent pas de problème de mise en œuvre en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 0 1 2
		<b>Solution 3 : extraction frontale</b> E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0		

A <sub>2</sub> S	La teneur en eau de ces sols oblige un compactage intense. Il faut surtout éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grandes hauteurs un changement de leur état hydrique et nécessaire. L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec un apport d'important quantité d'eau	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 0 0 1 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : humidification dans la masse.</b> W : humidification pour changement d'état. R : réglage en couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				<b>Solution 2 : emploi en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 0 0 0 1 2
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : humidification dans la masse</b> W : humidification pour changement d'état. R : couches minces C : compactage intense	0 0 1 0 1 1 0
		<b>Solution 2 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 3 0 0 1 1		
		<b>Solution 3 : extraction avec arrosage superficiel</b> E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 5m	2 0 3 0 0 1 2		
A <sub>2</sub> tS	Sols normalement inutilisables en l'état				NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****A<sub>3</sub> (état th, h et m)**

sols	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
A <sub>3</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b>			<b>NON</b>	
A <sub>3</sub> h	Ces sols ne posent pas de problème de mise en œuvre du fait de leur caractéristique glissant du a leur grande plasticité, de leur portance faible	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 3 1
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai d faible hauteur inf ou = à 5m	0 0 0 0 3 1
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
		<b>Solution 2 : aération</b> E : extraction en couche mince W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 1 0 1 2 2		

<b>A<sub>3m</sub></b>	La plasticité de ces sols entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grande que les remblais sont élevés même dans les meilleures conditions.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 2 2
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 3 0 1 2 2
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai d faible hauteur inf ou = à 5m	0 0 0 0 1 1

**CONDITION D'UTULISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****(état th, et h)**

sols	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>A<sub>3S</sub></b>	La plasticité de ces sols entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grand que les remblais sont élevés même dans les meilleures conditions. La forte cohésion de ces sols exige un fractionnement et un compactage énergétique élevée.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible inf à 5m	1 0 0 0 1 1 1
		=	Ni pluie ni évaporation importante	W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai faible hauteur inf ou = à 5m	0 0 3 0 1 1 1
		-	Evaporation importante	E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	2 0 3 0 1 1 1
<b>A<sub>3tS</sub></b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b>				<b>NON</b>

A <sub>4</sub>	Sols à la fois difficile à travailler et dont l'utilisation comporterait de grands risques de retrait gonflement et de stabilité	L'emploi de ces matériaux en remblai ne peut être envisagé qu'a l'appui d'une étude spécifique ayant défini les conditions d'état et de compactage à leur appliquer	NON
----------------	--	---	-----

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> (état th, et h)**

sols	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B <sub>1</sub>	Ces sols sont insensibles à l'eau. ils peuvent poser des problèmes de traficabilité si leur granulométrie est uniforme, et d'ils sont secs	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+ = -	Toutes situation météorologique à l'exception de la forte pluie	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
B <sub>2</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Ces sols sont inutilisables dans cet état mais une mise en dépôt provisoire, ou un drainage préalable pendant une période suffisantes (plusieurs semaines) peuvent permettre de les reclasser en B <sub>2</sub> h				NON



B <sub>2</sub> h		+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		=	Ni pluie, ni évaporation	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 0 0 3 1
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : extraction en couche - aération</b> E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération. R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyen inf ou = à 10m	1 0 1 0 1 2 2
<b>Solution 2 : aération et traitement</b> W : réduction de la teneur en eau par aération. T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 1 1 0 2 0				

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****B<sub>2</sub> (états m, S, tS)**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B <sub>2</sub> m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0
				<b>Solution 2 : aération</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0

B <sub>2</sub> S	Pour ces sols il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par compactage intense, un arrosage ou une humidification. L'humidification dans la masse pour changer l'état est relativement facile à réaliser	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couche mince C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	1 0 0 0 1 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
		-	Evaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 3 0 0 1 2
Solution 2 : humidification W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0				
B <sub>2</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener l'état B <sub>2</sub> S ou B <sub>2</sub> m				NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub> (état th, et h)**

sols	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B <sub>3</sub>	Ces sols sont insensibles à l'eau.	++ + = -	Toutes situation météorologique	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
B <sub>4</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Ces sols sont inutilisables dans cet état mais une mise en dépôt provisoire, ou un drainage préalable pendant une période suffisantes (plusieurs semaines) peuvent permettre de les reclasser en B <sub>4</sub> h				NON

B <sub>4</sub> h	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, ils sont sujets au matelassage ce qui est à éviter au niveau des arases de terrassement.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		=	Ni pluie, ni évaporation	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
				<u>Solution 2 : utilisation en l'état</u> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 0 0 3 2
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 2
				<u>Solution 2 : aération</u> E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération. R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyen inf ou = à 10m	0 0 1 1 0 2 0

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**

**B<sub>4</sub> (états m, S, tS)**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
------	----------------------	--------------------------	------------------------------------	-----------------------

B <sub>4</sub> m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense <b>Solution 2 : arrosage</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 0 0 1 0 0 0 3 0 2 0
B <sub>4</sub> S	Pour ces sols il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par compactage intense, un arrosage ou une humidification. L'humidification dans la masse pour changer l'état est relativement facile à réaliser	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couche mince C : compactage intense	1 0 0 0 1 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
		-	Evaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 3 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
B <sub>4</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener l'état B <sub>2</sub> S ou B <sub>2</sub> m				NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****B<sub>5</sub>(état th, et h)**

sols	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
------	------------------------	--------------------------	-------------------------------------	-----------------------

B <sub>5</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Ces sols sont inutilisables dans cet état mais une mise en dépôt provisoire, ou un drainage préalable pendant une période suffisantes (plusieurs semaines) peut être envisageable.			NON	
B <sub>5</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre à cause de leur portance faible. ils sont sujets au matelassage ce qui est à éviter au niveau des arases de terrassement.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		=	Ni pluie, ni évaporation	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
				<u>Solution 2 : utilisation en l'état</u> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 0 0 3 1
		-	Evaporation importante	<b><u>Solution 1 : extraction en couche - aération</u></b> E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération. R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 2
<u>Solution 2 : aération et traitement</u> W : réduction de la teneur en eau par aération. T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 1 1 0 2 0				

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****B<sub>5</sub> (états m, S, tS)**

sols	Observation	Situation	Condition d'utilisation en remblai	Code
------	-------------	-----------	------------------------------------	------

	générale	météorologique			E G W T R C H
B <sub>5</sub> m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense	0 0 3 0 2 0
				<b>Solution 2 : arrosage</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 0 0 1 0
B <sub>5</sub> S	Pour ces sols il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par compactage intense avec un arrosage superficiel soit par une humidification dans sa masse pour le ramener en B <sub>5</sub> m.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couche mince C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	1 0 0 0 1 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : humidification</b> W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 1 2
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : extraction frontale et arrosage</b> E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 3 0 0 1 2
				<b>Solution 2 : humidification</b> W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
B <sub>5</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener l'état B <sub>5</sub> S ou B <sub>5</sub> m				NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****B<sub>6</sub> (état th, h, m)**

sols	Observation	Situation	Condition d'utilisation en remblai	Code
------	-------------	-----------	------------------------------------	------

	générale	météorologique		E G W T R C H	
B <sub>6</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> La réduction de la teneur en eau par mise à dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) est peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A <sub>6</sub> h.			NON	
B <sub>6</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre du fait de leur portance faible. Pas de fraction granulaire capable de modifier le comportement de la fraction argileuse. Ils sont sujet de matelassages qui sont à éviter au niveau de l'arase de terrassement.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur faible inf à 5m	0 0 0 0 3 1
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : extraction en couche et aération</b> E : extraction en couche mince W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	1 0 1 0 1 2 2
			<b>Solution 2 : traitement</b> T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0	
B <sub>6</sub> m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux fortes pluies. Au cas contraire ils présentent une bonne traficabilité du fait de la présence d'une fraction granulaire importante.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 1 2
				<b>Solution 2 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
			<b>Solution 3 : extraction frontale</b> E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 1 0	

**B<sub>6</sub> (état s et ts).**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
------	----------------------	--------------------------	------------------------------------	--------------------

B <sub>6</sub> S	Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage, ou une humidification avec un malaxage soigné et une quantité d'eau importante.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage moyen H : : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 0 0 1 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : humidification dans la masse.</b> W : humidification pour changement d'état. R : réglage en couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				<b>Solution 2 : emploi en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 0 0 0 1 2
				<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 3 0 0 1 1
		-	Evaporation importante	<b>Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel</b> E : extraction frontale W : arrosage pour maintien à l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	2 0 3 0 0 1 2
<b>Solution 3 : humidification dans la masse</b> W : humidification pour changement d'état. R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0				
B <sub>6</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique.			NON	

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**  
**C<sub>1</sub> A<sub>1</sub> et C<sub>1</sub> B<sub>5</sub> (état th, h, m)**



sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub>th</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>th</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> La réduction de la teneur en eau par mise à dépôt provisoire ou drainage préalable peut être envisageable après étude spécifique				NON
<b>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub>h</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>h</b>	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre du fait de leur portance faible. La présence de blocs peut entraîner des difficultés lors de la réalisation des traitements	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur faible inf à 5m	0 0 0 0 3 1
				<b>Solution 2 : traitement</b> G : élimination des éléments supérieurs à 250mm pour traitement T : traitement avec réactif adapté C : compactage faible	0 2 0 1 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible inf à 5m	0 0 0 0 3 1
<b>Solution 2 : aération</b> E : extraction en couche mince W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 0				
<b>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub>m</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>m</b>	Ces sols sont très sensibles aux conditions climatiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier par excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un sol trop sec difficile à compacter.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense	0 0 0 0 1 0
<b>Solution 2 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0				

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**C<sub>1</sub>A<sub>1</sub> et C<sub>1</sub>B<sub>5</sub> (état S et tS)- C<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>A<sub>3</sub> et C<sub>1</sub>B<sub>6</sub> (états th et h)

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> S C <sub>1</sub> B <sub>5</sub> S	Ces sols sont difficiles à compacter. L'humidification pour changer d'état exigeant un malaxage au moins grossier du sol peut être rendu difficile par la présence des blocs. Scarifier, et laisser un temps de percolation de plusieurs heures pour permettre à l'eau de percoler à partir de la surface.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	<b>Solution 1 : emploi en l'état</b> C : compactage intense H : : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 0 0 1 1
				<b>Solution 2 : extraction en couche</b> E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : : remblai de hauteur moyen inf ou = à 10m	1 0 0 0 1 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : emploi en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 0 0 1 1
				<b>Solution 2 : humidification dans la masse.</b> W : humidification pour changement d'état. R : réglage en couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyen	0 0 3 0 0 1 2
<b>Solution 2 : humidification</b> W humidification pour changer d'état C : compactage intense R : couche minces	0 0 4 0 1 1 0				
C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> tS C <sub>1</sub> B <sub>5</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique.			NON	
C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> th C <sub>1</sub> B <sub>3</sub> th C <sub>1</sub> A <sub>6</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Le drainage préalable ou la mise en dépôt provisoire est une solution fiable sous le climat. africain pour les ramener à l'état h.			NON	

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
------	----------------------	--------------------------	------------------------------------	--------------------

<b>C<sub>1</sub>A<sub>2</sub>h</b> <b>C<sub>1</sub> B<sub>3</sub>h</b> <b>C<sub>1</sub>A<sub>6</sub>h</b>	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre du fait de leur portance. La fraction granulaire n'est pas suffisante pour modifier le comportement de la fraction argileuse. ces sols réagissent souvent bien avec la chaux mais la présence de gros blocs peut rendre leur traitement difficile. Leur emploi sans traitement comporte des risques de générer des pressions interstitielles sous l'effet d'un compactage	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche C : compactage moyen H : : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	2 0 0 0 3 1
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : emploi en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 0 0 3 1
				<b>Solution 2 : traitement</b> G : élimination des éléments supérieurs à 250mm pour traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 2 0 2 0 2 0
		-	Evaporation importante	W : réduction de la teneur en eau par aération C : compactage moyen E : extraction en couche <b>H</b> : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 1 0 1 2 2

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**  
C<sub>1</sub> A<sub>2</sub> et C<sub>1</sub> A<sub>3</sub> C<sub>1</sub> B<sub>6</sub> (états m, S et tS)- C<sub>1</sub> B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> B<sub>3</sub> et C<sub>1</sub> B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> B<sub>4</sub> (états th)

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> m C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> m C <sub>1</sub> B <sub>6</sub> m	Ces sols ne posent pas de problème d'utilisation en remblai sauf par pluie forte	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	2 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense	0 0 0 0 1 0
				<b>Solution 2 : arrosage</b> W : arrosage, maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 2 0
C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> S C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> S C <sub>1</sub> B <sub>6</sub> S	Pour ces sols il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par compactage intense avec un arrosage superficiel soit par une humidification dans sa masse si on veut les ramener en l'état. L'humidification de ces sols restera toujours une opération difficile : présence de blocs empêchant un malaxage intime du sol avec l'eau, argilosité importante imposant des délais d'imbibition longs.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	<b>Solution 1 : emploi en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 1 1
				<b>Solution 2 : extraction en couche</b> E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyen	1 0 0 0 1 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 1 1
				<u>Solution 2 : humidification</u> W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
		-	Evaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage</b> E : extraction frontale W : arrosage, maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 3 0 0 1 1
				<b>Solution 2 : humidification</b> W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 4 0 1 1 2
		C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> tS C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> tS C <sub>1</sub> B <sub>6</sub> tS	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> L'humidification pour changer l'état est trop difficile pour rester acceptable économiquement.		

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**

**C<sub>1</sub>B<sub>2</sub> et C<sub>1</sub>B<sub>4</sub> (états h, m, S et tS)- C<sub>1</sub>A<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>A<sub>4</sub>**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>C<sub>1</sub>B<sub>2</sub>h</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>4</sub>h</b>	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique mais ne pose pas de problème vis-à-vis des ouvrages car les pressions interstitielles se dissipent très rapidement.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> G : élimination des éléments sup. à 250mm pour traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 2 0 1 0 2 0
				<u>Solution 2 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 0 3 2
		-	Evaporation importante	E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération R : couche mince C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 0
<b>C<sub>1</sub>B<sub>2</sub>m</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>4</sub>m</b>	Ces sols sont dans un état hydrique permettant une mise en œuvre facile mais sont très sensibles à la situation météorologique	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	<u>Solution 1 : extraction frontale</u> E : extraction en couche C : compactage moyen	2 0 0 0 0 2 0
				<u>Solution 2: utilisation en l'état</u> C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne inf à 10m	0 0 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0
				<u>Solution 2 : maintien de l'état</u> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
<b>C<sub>1</sub>B<sub>2</sub>tS</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>4</sub>tS</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener l'état S voir m				NON
<b>C<sub>1</sub>A<sub>4</sub></b> <b>C<sub>2</sub>A<sub>4</sub></b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Ces sols sont très difficile à travailler et dont l'utilisation induit des risques importantes sur la stabilité des ouvrages : leur réutilisation nécessite des études spécifiques.				

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>C<sub>1</sub>B<sub>2</sub>S</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>4</sub>S</b>	La faible teneur en eau de ces sols nécessite d'avoir recours à une compactage intense. L'humidification pour changer l'état de ces sols est relativement facile car nécessitant une petite quantité d'eau et son introduction au sein du matériau est assez rapide	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche C : compactage moyen H : : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	1 0 0 0 1 1 0
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<b>Solution 1 : emploi en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible inf ou = à 5m	0 0 0 0 0 1 2
				<b>Solution 2 : traitement</b> G : élimination des éléments supérieurs à 250mm pour traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 4 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	W : réduction de la teneur en eau par aération C : compactage moyen E : extraction en couche H : remblai de hauteur moyenne inf ou = à 10m	0 0 3 0 0 1 2

**CONDITION D'UTULISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**

C<sub>1</sub>A<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>B<sub>2</sub> C<sub>2</sub>B<sub>4</sub> C<sub>2</sub>B<sub>5</sub> (états th, h, m, S et tS)

sols	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> th C <sub>2</sub> B <sub>2</sub> th C <sub>2</sub> B <sub>4</sub> th C <sub>2</sub> B <sub>5</sub> th	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Une mise à dépôt provisoire ou drainage préalable est peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en h.				<b>NON</b>
C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> h C <sub>2</sub> B <sub>2</sub> h C <sub>2</sub> B <sub>4</sub> h C <sub>2</sub> B <sub>5</sub> h	Le pourcentage des gros éléments leur procure une grande stabilité.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur inf à 5m	0 0 0 0 2 1
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen H : remblai hauteur ou = à 10m	0 0 0 0 2 2
		-	Evaporation importante	W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 1 0 2 2 0
C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> m C <sub>2</sub> B <sub>2</sub> m C <sub>2</sub> B <sub>4</sub> m C <sub>2</sub> B <sub>5</sub> m	Leurs caractéristiques mécaniques et leur facilité de mise en œuvre font de ces sols des matériaux de choix pour les remblais	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense	0 0 0 0 1 0
				<u>Solution 2 : maintien de l'état</u> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 2 0

<b>C<sub>2</sub>A<sub>1</sub>S</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>S</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>4</sub>S</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>5</sub>S</b>	La faible teneur en eau de ces sols et leur fort taux de gros éléments anguleux nécessitent d'avoir recours à un compactage intense. Leur humidification pour en changer l'état peut être rendu difficile par la présence de blocs empêchant un malaxage sommaire.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON	
		+	Pluie faible	R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 0 0 2 1 0	
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense H : remblai hauteur inf ou = à 10m		0 0 0 0 0 1 2
				<u>Solution 2 : humidification</u> W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen		0 0 4 0 2 2 0
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : maintien de l'état</u> C : compactage intense R : couches moyennes W : arrosage superficiel pour maintien de l'état H : remblai hauteur inf ou = à 10m		0 0 3 0 2 1 2
<u>Solution 2 : humidification dans la masse</u> W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage moyen				0 0 4 0 2 1 0		
<b>C<sub>2</sub>A<sub>1</sub>tS</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>tS</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>4</sub>tS</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>5</sub>tS</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener l'état S voir m				NON	
<b>C<sub>2</sub>A<sub>2</sub>th</b> <b>C<sub>2</sub>A<sub>3</sub>th</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>6</sub>th</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> L'argilosité des sols de ces classes posent souvent problème mais avec le climat africain y a possibilité des les reclasser en l'état h avec un drainage et un dépôt provisoire.				NON	

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****D**

sols	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code EGWTRCH
<b>D<sub>1</sub></b>	Ces sols peuvent poser, surtout si la granulométrie est uniforme, des problèmes de traficabilité. Pour limiter les problèmes un arrosage peut s'avérer efficace	++ + =	Toutes situations météorologiques	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
<b>D<sub>2</sub></b> <b>D<sub>3</sub></b>	Ces sols constituent les meilleurs matériaux de construction des remblais				



**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**  
**R<sub>11</sub> R<sub>12</sub> (états h, m, S et tS)**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>R<sub>11</sub></b>	Pour une granulométrie assez continue et dont le diamètre des plus gros ne gênent pas le réglage, ces matériaux se remploient très facilement.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 0 0 2 2 0
		= où	Pas de pluie	R : couches moyennes C : compactage intense	0 0 0 0 2 1 0
		-			
<b>R<sub>12h</sub></b>	Cette classe de craie peut présenter des difficultés de emploi du fait de la production de fines. Le recours au traitement est en général nécessaire. Un emploi sans traitement est possible mais en adoptant un mode de terrassement limitant au maximum le broyage.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement avec additif adapté R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 0 1 2 2 0
				<u>Solution 2 : extraction frontale</u> E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai hauteur faible	2 0 0 0 0 2 1
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement avec additif adapté R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 0 1 2 1 0
				<u>Solution 2 : humidification</u> W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyen	0 0 1 0 2 2 2

<b>R<sub>12m</sub>, S, et tS</b>	Pour ces sols des difficultés de circulation pour les engins à pneus peuvent apparaître en cas de pluies du fait de la formation d'une pellicule glissante en surface.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	R : couches moyennes C : compactage intense H : remblai de hauteur moyen	0 0 0 2 1 2
		= Où	Pas de pluie	<u>Solution 1 : extraction en couche</u> E : extraction en couche C : compactage intense R : couches moyennes	1 0 0 0 1 1 0
		-		<u>Solution 2 : utilisation en l'état</u> R : couches moyennes C : compactage intense H : remblai de hauteur moyen inf ou = 10m	0 0 0 0 2 1 2

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****R<sub>2</sub> R<sub>4</sub> R<sub>6</sub> R<sub>31</sub> R<sub>32</sub> R<sub>33</sub>**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
<b>R<sub>13th</sub></b>	<b>matériaux normalement inutilisables en l'état</b> L'emploi en remblai de cette classe n'est pas envisageable dans les condition technico - économique car nécessitant un traitement avec des dosages en liant anormalement élevés.			NON	
<b>R<sub>13h</sub></b>	Ces matériaux sont toujours difficile à utiliser en remblai en raison de l'importante fraction de fines saturée qui se forment rapidement au cours du terrassement. Un traitement est souvent nécessaire. En cas de pluie légère ils ne sont plus circulables.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	T : traitement avec additif adapté R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 0 1 2 1 0
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement avec additif adapté R : couches moyennes C : compactage intense	0 0 0 1 2 1 0
				<u>Solution 2 : extraction en couche et aération</u> E : extraction en couche pour favoriser l'évaporation W : réduire la teneur en eau par aération R : couches moyennes C : compactage moyen H : remblai de hauteur faible	1 0 1 0 2 2 1

<b>R<sub>13m</sub></b>	Ces matériaux se broient sous l'action des engins de terrassement. Toute fois leur teneur en eau étant moyenne, la fraction de fines produites est assez peu déformables	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		= Où -	Pas de pluie	C : compactage intense R : réglage en couches minces	0 0 0 0 1 1 0
<b>R<sub>13S</sub></b>	Ces matériaux se broient sous l'action des engins de terrassement. Toute fois leur teneur en eau étant faible, la fraction de fines produites est très peu déformables	+	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		= Où -	Pas de pluie	E : extraction en couche C : compactage intense R : réglage en couches moyennes H : remblai de hauteur moyen inf ou = 10m	1 0 0 0 1 1 2
<b>R<sub>13tS</sub></b>	<b>matériaux normalement inutilisables en l'état</b> le compactage de ces matériaux exige des modalités (épaisseur, énergie de compactage) conduisant à des coûts anormalement élevés pour cette nature de travaux.				NON
<b>R<sub>21</sub></b> <b>R<sub>41</sub></b> <b>R<sub>61</sub></b>	Ces matériaux souvent sensible à l'eau sont utilisable en remblai quelques soient les condition météorologique	++ + = <b>Où</b> -	Toutes condition météorologique	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
<b>R<sub>22</sub></b> <b>R<sub>42</sub></b> <b>R<sub>62</sub></b>	Matériaux rocheux, dureté moyenne évoluant granulométriquement au cours du chantier	Ces matériaux se classent des fois en C2, C1 ou en D3. dans chaque cas le géotechnicien doit préciser le sol le plus probable auquel on aboutit en fin de mise en œuvre.			
<b>R<sub>23</sub></b> <b>R<sub>43</sub></b> <b>R<sub>63</sub></b>	Matériaux rocheux déstructurés évoluant en cours de chantier vers un sol fin	Les conditions dépendent de la nature et de l'état du sol obtenu en chantier, ils se classent généralement en C <sub>2</sub> Bi ou D <sub>3</sub> , en C <sub>1</sub> Bi ; D <sub>1</sub> ou D <sub>2</sub> et pour <b>R<sub>31</sub></b> toutes classes possibles.			

<b>R<sub>31</sub></b>	Marne rocheux ou roches argileuses, évolutives dont la mise en remblai comporte un risque qu'il convient d'apprécier avant chaque chantier. l'étude spécifique de ces roches est souvent nécessaire pour définir la conception du remblai, la granularité à obtenir et les moyens de mis en œuvre et le mode de compactage.	Matériaux normalement inutilisables en raison des risques importants qu'ils induisent sur la stabilité à long terme		NON	
<b>R<sub>32</sub></b>		++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
<b>R<sub>33</sub></b>		+	Pluie faible	G : fragmentation après extraction C : compactage intense R : couches moyennes H : remblai de hauteur moyen	0 3 0 0 1 1 2
		= <b>Où</b> -	Pas de pluie Ou évaporation importante	<u>Solution 1 : fragmentation</u> G : fragmentation après extraction C : compactage intense R : couches minces H : remblai de hauteur moyenne	0 3 0 0 1 1 1
				<u>Solution2:fragmentation et arrosage</u> G : fragmentation après extraction C : compactage intense R : couches minces H : remblai de hauteur moyen	0 3 3 0 1 1 2
		++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen R : couches moyennes	0 0 0 0 2 2 0
= <b>Où</b> -		Pas de pluie Ou évaporation importante	C : compactage intense R : couches moyennes	0 0 0 0 2 1 0	

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****R<sub>34</sub> (états th, h, m)**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
------	----------------------	--------------------------	------------------------------------	--------------------

<b>R<sub>34th</sub></b>	Ces matériaux sont toujours difficiles à utiliser en remblai en raison de l'importante fraction de fines saturée qui se forment rapidement au cours du terrassement. Un traitement est souvent nécessaire. En cas de pluie légère ils ne sont plus circulables.	<b>matériaux normalement inutilisables en l'état</b>			NON
<b>R<sub>34h</sub></b>		+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				<u>Solution 2 : fragmentation</u> G : fragmentation après extraction C : compactage moyen R : couches moyennes H : remblai de hauteur faible	
					0 3 0 0 2 2 1
-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : extraction en couche, fragmentation</u> G : fragmentation après extraction E : extraction en couche W : aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyen	1 3 1 0 1 2 2		
		<u>Solution 2 : traitement</u> T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0		
<b>R<sub>34m</sub></b>	Ces matériaux se broient sous l'action des engins de terrassement. Toute fois leur teneur en eau étant moyenne, la fraction de fines produites est assez peu déformables	++	Pluie forte ou moyenne	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen R : réglage en couches moyennes G : fragmentation après extraction H : remblai de hauteur moyen	0 3 0 0 2 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen R : réglage en couches moyennes G : fragmentation après extraction H : remblai de hauteur moyen	0 3 0 0 2 2 2
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : fragmentation et arrosage</u> G : fragmentation après extraction W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense R : couches minces H : remblai de hauteur moyenne	0 3 3 0 1 1 2
				<u>Solution 2 : fragmentation</u> G : fragmentation complémentaire après extraction C : compactage intense R : couches moyennes H : remblai de hauteur moyenne	0 3 0 0 2 1 2

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :**

**R<sub>34</sub> (états S et tS) R<sub>5</sub>**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>R<sub>34</sub>S</b>	Marne rocheux ou roches argileuses, évolutives dont la mise en remblai	++	Pluie forte ou moyenne	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	E : extraction en couche G : fragmentation après extraction C : compactage intense R : couches minces H : remblai de hauteur faible	1 3 0 0 1 1 1
<b>R<sub>34</sub>tS</b>	comporte un risque qu'il convient d'apprécier avant chaque chantier. l'étude spécifique de ces roches est souvent nécessaire pour définir la conception du remblai, la granularité à obtenir et les moyens de mis en œuvre et le mode de compactage.	=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : humidification, fragmentation</u> G : fragmentation après extraction W : humidifier pour changer l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyen	0 3 4 0 1 1 2
				<u>Solution2:fragmentation et arrosage</u> G : fragmentation après extraction W : arrosage pour maintenir l'état C : compactage intense R : couches minces H : remblai de hauteur faible	
					0 3 3 0 1 1 1
		-	Evaporation importante	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		<b>matériaux normalement inutilisables en l'état</b>			
	Roches plus ou moins solubles nécessitant une conception globale des remblais prenant en compte ce phénomène vis-à-vis de possible circulation d'eau.	Les conditions d'utilisation en remblai de ces matériaux peuvent être assimilées à celles : -matériaux <b>R<sub>2</sub></b> lorsque la roche est très peu argileuses -matériaux <b>R<sub>2</sub></b> lorsque la roche est argileuses Suivant le cas les matériaux <b>R<sub>52</sub></b> seront rattachés à l'une ou l'autre de ces classe, en tenant compte des précautions spécifiques pour éviter des circulation hydrauliques dabs les remblais.			
<b>R<sub>52</sub></b>		<b>Roches a priori trop solubles pour être utilisables en remblai.</b>			NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****F<sub>1</sub> - F<sub>1</sub> (états th, h, m)**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
<b>F<sub>11</sub></b> Matériaux faiblement organiques	La faible teneur en M.O de ces matériaux autorise leur emploi en remblai mais leur usage principal reste la couverture des surfaces devant être engazonnées.	On adoptera les conditions applicables à la classe A, B, C à la quelle ces sols sont assimilables compte tenu de leur nature et de leur état. Si leur état impose de les traiter avec de la chaux vive et que l'effet à long terme est recherché il est recommandé de le vérifier par une étude de laboratoire			
<b>F<sub>12</sub></b> Matériaux fortement organiques	Sols inutilisables en générale en remblai du fait de leur forte teneur en MO (risque de tassement par action bio- chique et de cisaillement par insuffisance des caractéristiques mécaniques).			NON	
<b>F<sub>2th</sub></b> Cendres volantes très humide	<b>Matériaux inutilisables en l'état</b>				
<b>F<sub>2h</sub></b> Cendres volantes silico_alumi humide	La faible portance de ces matériaux et leur capillarité interdit leur utilisation dans leur état naturel à la PST et à la base des remblai. Le traitement avec un liant permet de lever cette restriction	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 3 1
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 3 1
				<u>Solution 2 : aération</u> R : réglage en couches moyennes W : réduction de la teneur en eau par évaporation C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyen	0 0 1 0 1 2 2
<b>F<sub>2m</sub></b> Cendres volantes silico_alumi à teneur en eau moyenne	Leur capillarité interdit l'utilisation à la base des remblais dans les zones inondables. Un traitement avec un liant permet de lever cette restriction.	++	Pluie forte ou moyenne	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garanties de qualités suffisantes	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyen	0 0 0 0 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 2 0
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : arrosage superficiel</u> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 2 0
				<u>Solution 2 : utilisation en l'état</u> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne	0 0 0 0 1 2

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****F<sub>2</sub> (états S et tS) F<sub>3</sub> et F<sub>4</sub>**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>F<sub>2</sub>S et tS</b> Cendre volante silico – alumi sèches	Leur capillarité interdit l'utilisation à la base des remblais dans les zones inondables. Un traitement avec un liant permet de lever cette restriction. leur humidification pour changer l'état est une opération relativement facile à réaliser	++	Pluie forte ou moyenne	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen R : couches minces H : remblai de hauteur moyenne	0 0 0 0 1 2 2
		=	Ni pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : arrosage superficiel</u> W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne	0 0 3 0 0 1 2
				<u>Solution 2 : humidification</u> W : humidifier pour changer l'état C : compactage moyen R : couches minces	0 0 4 0 1 2 0
		-	Evaporation importante	<u>Solution 1 : arrosage superficiel</u> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible	0 0 3 0 0 1 1
		<u>Solution 2 : humidification</u> W : humidifier pour changer l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne	0 0 4 0 1 1 2		
<b>F<sub>31</sub></b> Schistes houillers brûlés	L'identification doit être complété par des paramètres retenus pour la classification des sols	On adoptera les conditions applicables à la classe de sols à la quelle ces matériaux sont assimilables compte tenu des valeur de leurs paramètres d'identification. En général ces sols se classe en D <sub>3</sub> Ai ou C <sub>2</sub> Bi			
<b>F<sub>32</sub></b> Schistes houillers à moitié ou non brûlés	Ces matériaux seront identifiés par les paramètres retenus pour la classification des sols	On adoptera les conditions applicables à la classe de sols à la quelle ces matériaux sont assimilables compte tenu des valeur de leurs paramètres d'identification. En général ces sols se classe en C <sub>1</sub> Ai ou C <sub>2</sub> Ai ou Bi			
<b>F<sub>41</sub></b> Schistes des mines de potasse faible en Na CL	Ces matériaux sont identifiés à partir des critères retenus pour la classification des sols	On adoptera les conditions applicables à la classe de sols à la quelle ces matériaux sont assimilables compte tenu des valeur de leur nature et de leur état			
<b>F<sub>41</sub></b> Schistes forte en Na CL	<b>Matériaux normalement utilisables en remblai (risques de tassement et de pollution).</b>				NON



**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****F<sub>5</sub> – F<sub>6</sub>**

sols	Observation générale	Situation météorologique		Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>F<sub>51h</sub></b> Phosphore neutralisé à la chaux à teneur en eau élevée	Au voisinage d'une teneur en eau de 1,3Wopn ce matériau perd brutalement toute portance. Prendre des précautions pour éviter la circulation hydraulique.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		=	Ni pluie ni évaporation importante	C : compactage faible R : couches moyennes H : remblai hauteur moyen	0 0 0 0 2 3 1
		-	Evaporation importante	C : compactage moyen R : couches moyennes H : remblai hauteur faible	0 0 0 0 2 2 1
<b>F<sub>51m</sub> et S</b> Phosphore neutralisé à la chaux à teneur en eau moyenne ou faible	Dans ces états hydriques le matériau possède une résistance au cisaillement élevé. Prendre des précautions pour éviter la circulation hydraulique.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec garantie de qualités suffisantes.	NON
		+	Pluie faible	C : compactage moyen R : couches moyennes H : remblai hauteur faible	0 0 0 0 1 1 1
		= <b>Où</b> -	Pas de pluie Ou évaporation importante	W : arrosage superficiel C : compactage intense R : couches moyennes C : compactage intense H : remblai hauteur faible	0 0 3 0 1 1 1
<b>F<sub>52</sub></b> Phosphore non neutralisé	<b>Matériaux normalement inutilisables en remblai (risques de pollution par dissolution)</b>				NON
<b>F<sub>61</sub> et F<sub>62</sub></b> Mâchefers d'incinération bien incinérés, criblés, dé ferraillés et peu chargés d'éléments solubles	L'identification de ces matériaux doit être complétées par la mesure des paramètres retenus pour la classification des sols ou des matériaux rocheux.	On adoptera les conditions applicables à la classe de sols à la quelle ces matériaux sont assimilables. Leur emploi en remblai est cependant exclu dans les zones inondables et à proximité immédiate des cours d'eau et dans les zones de captage d'eau potable.			
<b>F<sub>63</sub></b> Mâchefers d'incinération mal incinérés n'ayant subi aucune élaboration et chargés en éléments solubles	<b>Matériaux normalement inutilisables en remblai (risques de pollution par dissolution)</b>				NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :****F<sub>7</sub> – F<sub>8</sub> – F<sub>9</sub>**

sols	Observation générale	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>F<sub>71</sub> et F<sub>71</sub></b> Matériaux de démolition criblés de ferrailles homogénéisés mais pouvant éventuellement contenir du plâtre	L'identification de ces matériaux doit être complétée par la mesure des paramètres retenus pour la classification des sols	On adoptera les conditions applicables à la classe de sols à la quelle ces matériaux sont assimilables compte tenu des valeur de leur paramètre d'identification. les matériaux de classe doivent le plus souvent être proscrits dans les remblais contigus aux ouvrages d'art, en plate - forme support de couche de forme ou d'assise traitée avec des liants hydrauliques (risques de formation d'étringite avec certains ciments).		NON
<b>F<sub>73</sub></b> Matériaux de démolition non identifiés ou comportant des éléments putrescibles ferrailles, bocs	<b>Matériaux normalement inutilisables en remblai (risques d'instabilité ou de désordres localisés)</b>			NON
<b>F<sub>8</sub></b> Laitier de haut fourneau	L'identification de ces matériaux doit être complétée par la mesure des paramètres retenus pour la classification des sols ou des matériaux rocheux.	On adoptera les conditions applicables à la classe de sols à la quelle ces matériaux sont assimilables compte tenu des valeur de leur paramètre d'identification (nature et éventuellement état hydrique).		NON
<b>F<sub>9</sub></b> Autres déchets et sous produits industriels.	Les conditions d'utilisation de ces matériaux en remblai devront être définies cas par cas à partir d'une étude spécifique. Le plus souvent cette étude devra comporter un ouvrage expérimental ou pour le moins une série de planches d'essai pour fixer les conditions quantitatives de compactage.			NON

**CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME**

	Cas de PST	Description	Classe de l'arase	Commentaires
<p style="text-align: center;"><b>GUIDE DE TERRASSEMENT ROUTIER POUR LE SENEGAL</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CONDITION D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME</b></p>	PST n°0	<b>Sols</b> A,B2,B4,B5,B6,C1 Et certains matériaux dans un état hydrique (th) <b>Contexte</b> Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi-nulle	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement et/ou de drainage
	PST n°1	<b>Sols</b> A,B2,B4,B5,B6,C1,R12,R13,R34 Et certains matériaux C2,R43,R63 dans un état hydrique (h) <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles de mauvaise portance	AR1	Dans ce cas, il convient : -soit de procéder à une amélioration Jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement à la chaux vive. On est alors ramené au cas de PST 2,3 ou 4 -soit d'exécuter une couche de forme en matériaux granulaires insensible à l'eau
	PST n°2	<b>Sols</b> A,B2,B4,B5,B6,C1,R12,R13,R34 Et certains matériaux C2,R43,R63 dans un état hydrique (m) <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles de bonne portance	AR1	Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST n°3 Prévoir une couche de forme si c'est nécessaire.
	PST n°3	<b>Sols</b> Même matériaux que dans le cas de la PST n°2 <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles de bonne portance	AR1	Mêmes commentaires qu'en PST n°2
			AR2	Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée sont effectuées.
	PST n°4	<b>Sols</b> Même matériaux que dans le cas de la PST n°1 sous réserve que la granulométrie permette leur traitement <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau	AR2	La portance de l'arase peut être localement élevé mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur
	PST n°5	<b>Sols</b> B1 et D, et certains matériaux rocheux de la classe R43 <b>Contexte</b> PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe et posant des problèmes de traficabilité	AR2	La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est $\geq 120$ MPa
AR3			Portance à long terme assimilable à celle mesurée à court terme.	
PST n°6	<b>Sols</b> D3,R11,R21,R22,R32,R33,R41,R42,R62 ainsi que certains matériaux C2,R23,R43 et R63 <b>Contexte</b> PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglages et/ou de traficabilité	AR3	Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est $\geq 120$ MPa Classement en AR4 si le module EV2 de l'arase est $\geq 200$ MPa	
		AR4	Portance à long terme assimilable à celle mesurée à court terme.	

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
		= ou -	Pas de pluie	T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 2 2					
A1m		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non					
		= ou -	Pas de pluie	W : Arrosage pour le maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 2 2					

**B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

B <sub>21</sub> h Et B <sub>22</sub> h	Sols sensibles à l'eau. Ces sols se traitent souvent en place mais lorsqu'ils sont dans un état moyen ou sec, ils sont susceptibles d'être traités en centrale.	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3
		= ou -	Pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 1 2				
+		Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non					
=		Ni pluie, Ni évaporation	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 1 2					
-		Evaporation importante	T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 1 2					
+		Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non					
= ou -		Pas de pluie	W : humidification pour changer l'état T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 1 2					
B <sub>21</sub> S Et B <sub>22</sub> S									





Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée										
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4						
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2						
B <sub>31</sub>	Sols insensibles à l'eau. Ces sols sont constitués de granulats résistants. Ces sols peuvent soit être utilisés à l'état naturel, soit traités sur place ou en centrale	+	+	Pluie même Forte	Utilisation en l'état	0 0 0 0										
												=	-	Pas de pluie	<b>Solution 1</b> Utilisation en l'état	0 0 0 0
					<b>Solution 2</b> W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 1 1			e=0,35	PF2	e=0,35					
B <sub>32</sub>	Sols insensibles à l'eau. Sols constitués de granulats friables. Ces sols se traitent en place ou en centrale	+		Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non										
		=	-	Pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 1 1										

**B<sub>31</sub>, B<sub>32</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						ESPALTES				
						PST n°2	PST n°3		PST n°4	
AR1	AR1	AR1	AR2	AR2						
<b>B<sub>4</sub>th</b>	Ces sols contiennent une fraction fine en faible quantité sensible à l'eau et une fraction grenue résistante. On peut les utiliser soit en éliminant la fraction responsable de la sensibilité à l'eau soit en effectuant un traitement.	++ ou +	Toute condition météo	G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e=0,8 ou e=0,65	e=0,5 ou e=0,4	e=0,4 ou e=0,3	e=0,3 ou e=0,2	
<b>B<sub>4</sub>h</b>		++ ou +	Pluie même forte	G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3	PF2	PF2	PF2	PF2	
		= ou -	Pas de pluie	<b>Solution 1</b> G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3					
				<b>Solution 2</b> T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3
		= ou -	Pas de pluie	<b>Solution 1</b> G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3					
				<b>Solution 2</b> W : arrosage pour maintien de l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 1 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3

Présenté par **Touba BADIANE et Roland LANKOUANDE**

**B<sub>41</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée					
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4	
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2	

<b>B<sub>41</sub>s</b>	Ces sols contiennent une fraction fine en faible quantité sensible à l'eau et une fraction grenue résistante. On peut les utiliser soit en éliminant la fraction responsable de la sensibilité à l'eau soit en effectuant un traitement.	++ ou +	Pluie même forte	G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e=0,8 ou e=0,65 PF2	e=0,5 ou e=0,4 PF2	e=0,4 ou e=0,3 PF2	e=0,3 ou e=0,2 PF2	
		++ ou +								
		= ou -	Pas de pluie	<b>Solution 1</b> G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3					
				<b>Solution 2</b> W : Humification Pour changer l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 2 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	
		++ ou + ou -	Toute conditions météo	G : Elimination de La fraction 0/d S : Mise en œuvre D'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e=0,8 ou e=0,65 PF2	e=0,5 ou e=0,4 PF2	e=0,4 ou e=0,3 PF2	e=0,3 ou e=0,2 PF2	

**B<sub>42</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée					
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4	
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2	

<b>B<sub>42h</sub></b>		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
		= ou -	Pas de pluie	T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 1 1				
<b>B<sub>42m</sub></b>	Ces sols contiennent une fraction fine en faible quantité sensible à l'eau mais la fraction grenue est trop friable et doit être traitée sur place ou en centrale	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
<b>B<sub>42s</sub></b>		= ou -	Pas de pluie	W : arrosage pour maintien de l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 1 1	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3
		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
		= ou -	Pas de pluie	W : Humification Pour changer l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 2 1 1				

**B<sub>51</sub>, B<sub>52</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2



B <sub>51</sub> h et B <sub>52</sub> h	<p>La grande sensibilité à l'eau de ces sols implique de les traiter. Ces sols se traitent en place ou en centrale</p>	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
B <sub>51</sub> m et B <sub>52</sub> m		= ou -	Pas de pluie	T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	0 0 2 1	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3
B <sub>51</sub> S et B <sub>52</sub> S		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
		= ou -	Pas de pluie	W : arrosage pour maintien de l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	0 1 2 1				
		+	Pluie	Pas de maîtrise	Non				

**B<sub>6</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

B <sub>6</sub> h	La sensibilité à l'eau et la plasticité de ces sols nécessitent un traitement. Ces sols se traitent en place ou en centrale	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3
B <sub>6</sub> m		= ou -	Pas de pluie	T : traitement mixte chaux + liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 3 1				
		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
B <sub>6</sub> S		= ou -	Pas de pluie	W : arrosage pour maintien de l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	0 1 2 1				
		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				

C<sub>1</sub>A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>6</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

C <sub>1</sub> A <sub>1m</sub> C <sub>1</sub> A <sub>2m</sub> C <sub>1</sub> B <sub>6m</sub>  C <sub>2</sub> A <sub>1m</sub> C <sub>2</sub> A <sub>2m</sub> C <sub>2</sub> B <sub>6m</sub>	Ces sols doivent être traités car sensibles à l'eau et plus ou moins plastiques. Le traitement nécessite un malaxage homogène.	= ou -	Pas de pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 0 2 1					
		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non					
		= ou -	Pas de pluie	G : élimination de la fraction grossière W : arrosage pour maintien de l'état hydrique. T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1					

C<sub>1</sub>A<sub>1</sub> C<sub>1</sub>A<sub>2</sub> C<sub>1</sub>B<sub>6</sub> C<sub>2</sub>A<sub>1</sub> C<sub>2</sub>A<sub>2</sub> C<sub>2</sub>B<sub>6</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> S C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> S C <sub>1</sub> B <sub>6</sub> S  C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> S C <sub>2</sub> A <sub>2</sub> S C <sub>2</sub> B <sub>6</sub> S	Ces sols doivent être traités car sensibles à l'eau et plus ou moins plastiques. Le traitement nécessite un malaxage homogène.	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non		e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= où -	Pas de pluie	<b>G</b> : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol <b>W</b> : Humification Pour changer l'état hydrique. <b>T</b> : traitement avec un liant hydraulique <b>S</b> : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 2 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3

C<sub>1</sub>A<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>3</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> h C <sub>2</sub> A <sub>3</sub> h	Ces sols sont sensibles à l'eau et très plastiques. Présence d'une fraction granulaire grossière assez importante. Cela implique un traitement. Malaxage homogène indispensable Lorsque ces sols sont dans un état sec, leur emploi en couche de forme n'est pas conseillé	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non	e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= ou -	Pas de pluie	<b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol T : traitement mixte chaux + liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	2 0 3 2	PF2	PF2	PF3	PF3
				<b>Solution 2</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol T : traitement à la chaux seule S : application d'un enduit de cure	2 0 4 2	e=0,5 PF2	e=0,5 PF2		

C<sub>1</sub>A<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>3</sub>, C<sub>1</sub>A<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>4</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée					
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4	
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2	

C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> m C <sub>2</sub> A <sub>3</sub> m	<p>Ces sols sont sensibles à l'eau et très plastiques. Présence d'une fraction granulaire grossière assez importante. Cela implique un traitement. Un malaxage homogène est indispensable</p> <p>Lorsque ces sols sont dans un état sec, leur emploi en couche de forme n'est pas conseillé</p>	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
		= ou -	Pas de pluie	<p><b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement mixte chaux + ciment S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté</p>	2 1 3 2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3
				<p><b>Solution 2</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement à la chaux seule S : application d'un enduit de cure gravillonné Eventuellement clouté</p>	2 1 4 2	e=0,5 PF2	e=0,5 PF2		



C <sub>1</sub> A <sub>3m</sub> C <sub>2</sub> A <sub>3m</sub> C <sub>1</sub> A <sub>4</sub> C <sub>2</sub> A <sub>4</sub>	SOLS NORMALEMENT INUTILISABLES EN COUCHE DE FORME
--	---

C<sub>1</sub>B<sub>11</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>12</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>31</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>32</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>11</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>12</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>31</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>32</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

<p><b>C<sub>1</sub>B<sub>11</sub></b>  <b>C<sub>1</sub>B<sub>31</sub></b>  <b>C<sub>2</sub>B<sub>11</sub></b>  <b>C<sub>2</sub>B<sub>31</sub></b></p>	<p>On considère ici les sols de classe C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> dont la fraction 0/50 est insensible à l'eau et résistante.</p>	<p>++ ou +</p>	<p>Pluie même forte</p>	<p><b>G</b> : élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correcte de la plateforme</p>	<p>3 0 0 0</p>	<p>e=0,75 ou e=0,6</p>	<p>e=0,5 ou e=0,4</p>	<p>e=0,4 ou e=0,3</p>	<p>e=0,3 ou e=0,2</p>		
		<p>= ou -</p>	<p>Pas de pluie</p>	<p><b>Solution 1</b>  <b>G</b> : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct de la plateforme</p>	<p>3 0 0 0</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>		
	<p>Ces sols sont à utiliser soit à l'état naturel soit après traitement.</p>			<p><b>Solution 2</b>  <b>G</b> : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol  <b>W</b> : arrosage pour maintien de l'état hydrique  <b>T</b> : traitement avec un liant hydraulique  <b>S</b> : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné</p>	<p>2 1 1 1</p>		<p>e=0,35 PF2</p>	<p>e=0,35 PF2</p>	<p>e=0,35 PF3</p>	<p>e=0,35 PF3</p>	

<b>C<sub>1</sub>B<sub>12</sub></b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>32</sub></b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>12</sub></b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>32</sub></b>	Sols insensibles à l'eau mais constitués d'éléments friables. Leur traitement est nécessaire. Cela impose un malaxage homogène.	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non						
		= ou -	Pas de pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure	2 1 1 1						

GUIDE DE TERRASSEMENT ROUTIER POUR LE SENEGAL	Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						ESP/THIES	PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
							AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
	C <sub>1</sub> B <sub>21</sub> C <sub>1</sub> B <sub>41</sub> C <sub>1</sub> B <sub>51</sub> C <sub>2</sub> B <sub>21</sub> C <sub>2</sub> B <sub>41</sub> C <sub>2</sub> B <sub>51</sub> m et h		++ ou +	Pluie même forte	G : élimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3					
	C <sub>1</sub> B <sub>21ts</sub> C <sub>1</sub> B <sub>41ts</sub> C <sub>1</sub> B <sub>51ts</sub> C <sub>2</sub> B <sub>21ts</sub> C <sub>2</sub> B <sub>41ts</sub> C <sub>2</sub> B <sub>51ts</sub>		++ + = ou -	Toutes situations météorologiques	G : élimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plateforme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e=0,8 ou e=0,65  PF2	e=0,5 ou e=0,4  PF2	e=0,4 ou e=0,3  PF2	e=0,3 ou e=0,2  PF2	
			= ou -	Pas de pluie	<b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3					
					<b>Solution 2</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit	2 1 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2



C<sub>1</sub>B<sub>22</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>42</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>52</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>22</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>42</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>52</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

<b>C<sub>1</sub>B<sub>22</sub>h</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>42</sub>h</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>52</sub>h</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>22</sub>h</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>42</sub>h</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>52</sub>h</b>	Sols constitués d'une fraction argileuse en faible quantité et d'une fraction grenue grossière friable. Il est nécessaire de traiter ces sols Un malaxage homogène est alors indispensable	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
		= ou -	Pas de Pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol T : traitement avec un liant hydraulique + éventuellement la chaux S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 0 2 1				
<b>C<sub>1</sub>B<sub>22</sub>m</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>42</sub>m</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>52</sub>m</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>22</sub>m</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>42</sub>m</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>52</sub>m</b>		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non				
		= ou -	Pas de Pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 5 PF3	e=0,35 PF3

C<sub>1</sub>B<sub>22</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>42</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>52</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>22</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>42</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>52</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2



<b>C<sub>1</sub>B<sub>22</sub>S</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>42</sub>S</b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>52</sub>S</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>22</sub>S</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>42</sub>S</b> <b>C<sub>2</sub>B<sub>52</sub>S</b>	Sols constitués d'une fraction argileuse en faible quantité et d'une fraction grenue grossière friable. Il est nécessaire de traiter ces sols Un malaxage homogène est alors indispensable	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non	e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= ou -	Pas de Pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 2 1 1	PF2	PF2	PF3	PF3

**D<sub>11</sub>, D<sub>12</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

<b>D<sub>11</sub></b>	Sols insensibles à l'eau. Ces sols sont peu traficables du fait de leur finesse et de leur uniformité granulaire. Ces sols comportent des grains résistants Donc ils ne sont utilisables qu'après une correction granulométrique ou après un traitement	+	Pluie Forte	Situation ne Permettant pas une mise en œuvre correct	Non					
		+	Pluie Faible	Traitement avec correcteur granulométrique	0 0 6 0	e=0,8 ou e=0,65	e=0,5 ou e=0,4	e=0,4 ou e=0,3	e=0,3 ou e=0,2	
		= ou -	Pas de Pluie	<b>Solution 1</b> Traitement avec correcteur granulométrique	0 0 6 0	PF2	PF2	PF2	PF2	
				<b>Solution 2</b> W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique avec ou sans correcteur granulométrique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement Clouté	0 1 5 2		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,3 5 PF3	e=0,35 PF3

**D<sub>21</sub>, D<sub>22</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
D <sub>21</sub>	Sols dont les grains sont très résistants. Sols utilisables soit à l'état naturel soit traités en place ou en centrale.	++ ou +	Pluie même Forte	Utilisation en l'état	0 0 0 0	e=0,75 ou e=0,6	e=0,5 ou e=0,4	e=0,4 ou e=0,3	e=0,3 ou e=0,2	
		= ou -	Pas de Pluie	<b>Solution 1</b> Utilisation en l'état	0 0 0 0	PF2	PF2	PF2	PF2	
				<b>Solution 2</b> W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 1 1 1					
						e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3	

<b>D<sub>22</sub></b>	Sols insensibles à l'eau. Sols constitués de granulats friables D'où une nécessité de les traiter en place ou en centrale.	+	Pluie Faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non					
		= ou -	Pas de Pluie	W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 1 1 1					

**D<sub>31</sub>**

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Épaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2

D <sub>31</sub>	Ces sols sont utilisables soit dans leur état naturel (après élimination des gros éléments) soit après traitement (dans ce cas un malaxage est nécessaire)	+	Pluie même Forte	G : élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct du sol	3 0 0 0	e=0,75 ou e=0,6	e=0,5 ou e=0,4	e=0,4 ou e=0,3	e=0,3 ou e=0,2	
		+		Pas de Pluie	<b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct du sol					
		= ou -			<b>Solution 2</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3

D<sub>32</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
D <sub>32</sub>	Sols constitués de granulats friables ce qui implique qu'ils doivent être nécessairement traités. Cela implique un malaxage homogène sur place ou en centrale.	+	Pluie Faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non		e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= ou -	Pas de Pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3

R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée					
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4	
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2	
R <sub>11</sub>	Matériaux issus de craies denses. Ils deviennent friables sous la pluie c'est pourquoi ils doivent être protégés par une couche de fin réglage d'un matériau concassé. Ces matériaux peuvent également être traités.	+	Pluie faible	Situation ne permettent pas une mise en œuvre et une circulation de chantier de façon satisfaisante	Non						
				= où -	Pas de Pluie	<b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct du sol S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e=0,7 ou e=0,6 PF2	e=0,5 ou e=0,4 PF2	e=0,4 ou e=0,3 PF2	e=0,3 ou e=0,2 PF2
						<b>Solution 2</b> G : Fragmentation intense pour produire des éléments fins W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	5 1 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3

<b>R<sub>12h</sub></b>	Ces matériaux sont friables et gélifs. Leur emploi nécessite un traitement.	+	Pluie faible	Situation ne garantissant pas une exécution correcte du traitement	Non				
	Ce traitement doit s'accompagner d'une fragmentation importante du matériau. Lorsqu'ils sont dans un état (S), ils peuvent être utilisés à condition de les ramener à l'état (m) . Une protection superficielle est nécessaire.	= ou -	Pas de Pluie	G : Fragmentation intense pour produire des éléments fins T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	5 0 1 2		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3



R<sub>12</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
<b>R<sub>12m</sub></b>	Ces matériaux sont friables et gélifs. Leur emploi nécessite un traitement. Ce traitement doit s'accompagner d'une fragmentation importante du matériau. Lorsqu'ils sont dans un état (S), ils peuvent être utilisés à condition de les ramener à l'état (m). Une protection superficielle est nécessaire.	+	Pluie faible	Situation ne garantissant pas une exécution correcte du traitement	Non					
<b>R<sub>12S</sub></b>		= ou -	Pas de Pluie	G : Fragmentation intense pour produire des éléments fins W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	5 1 1 2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3	
		+	Pluie faible	Situation ne garantissant pas une exécution correcte du traitement	Non					

R<sub>13</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
<b>R<sub>13h</sub></b>	Ces craies sont très friables et très gélives.	+	Pluie faible	Situation ne garantissant pas une exécution correcte du traitement	Non					
		= ou -	Pas de Pluie	T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 1 2					
<b>R<sub>13m</sub></b>	Leur emploi nécessite un traitement. Lorsque ces craies sont dans un état (S), le traitement et le compactage ne sont plus réalisables. Une protection superficielle est indispensable	+	Pluie faible	Situation ne garantissant pas une exécution correcte du traitement	Non	e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3	
		= ou -	Pas de Pluie	W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement Clouté	0 1 1 2					
<b>R<sub>13S</sub></b>	CRAIES NORMALEMENT INUTILISABLES EN COUCHE DE FORME									

R<sub>21</sub>, R<sub>41</sub>, R<sub>61</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée					
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4	
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2	

<b>R<sub>21</sub></b> <b>R<sub>41</sub></b> <b>R<sub>61</sub></b>	Ces matériaux sont des roches saines et dures. On peut les utiliser soit à l'état naturel après avoir éliminé les éléments grossiers, soit après traitement avec malaxage sur place ou en centrale.	++ ou +	Pluie même Forte	G : élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct du sol	3 0 0 0					
				<b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct du sol	3 0 0 0	e=0,6 ou e=0,45 PF2	e=0,5 ou e=0,4 PF2	e=0,4 ou e=0,3 PF2	e=0,3 ou e=0,2 PF2	
		= ou -	Pas de Pluie							
				<b>Solution 2</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3

R<sub>22</sub>, R<sub>42</sub>, R<sub>62</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
R <sub>22</sub> , R <sub>42</sub> , R <sub>62</sub>		=	Pas de Pluie	<b>Solution 1</b> G : élimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct du sol S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3					
				<b>Solution 2</b> G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1		e=0,35 PF2	e=0,35 PF2	e=0,35 PF3	e=0,35 PF3

R<sub>23</sub>, R<sub>31</sub>, R<sub>32</sub>, R<sub>33</sub>, R<sub>34</sub>, R<sub>43</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>63</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
						PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
						AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
R <sub>23</sub> R <sub>33</sub>	Matériaux issus de roches calcaires ou argileuses très tendres. Ces matériaux nécessitent un traitement. Le traitement s'effectue généralement sur place.	+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non		e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= ou -	Pas de Pluie	G : élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure éventuellement Gravillonné	2 1 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3
R <sub>43</sub> R <sub>63</sub> R <sub>34</sub>	Matériaux issus de roches très friables. Leurs conditions d'utilisation en couche de forme sont à rechercher dans les tableaux relatifs aux classes des sols B, C, D ou A									
R <sub>31</sub> R <sub>32</sub> R <sub>5</sub>	Matériaux issus de roches argileuses peu fragmentables ou de roches salines inutilisables normalement en couche de forme									

<b>F<sub>2m</sub></b>		+	Pluie faible	Pas de maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol+liant	Non					
		= ou -	Pas de Pluie	W : arrosage pour maintien de l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 1 2					
		= ou -	Pas de Pluie	W : humidification pour changer l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 2 1 2					

F<sub>31</sub>, F<sub>32</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>

Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
F <sub>31</sub> Schistes Houillers brulés	Ils sont insensibles à l'eau. Leur identification doit être complétée.		Adopter les conditions applicables à la classe des sols à laquelle ces matériaux sont assimilables (risque de gonflements)						
F <sub>32</sub> Schistes Houillers en partie ou non brulés	Matériaux plus ou moins sensibles à l'eau et doivent être identifiés comme des sols.		Adopter les conditions applicables à la classe des sols à laquelle ces matériaux sont assimilables (risque de gonflements)						
F <sub>4</sub> Schistes des mines de potasse	Matériaux normalement inutilisables en couche de forme								
F <sub>5</sub> Phospho- gypse	Matériaux normalement inutilisables en couche de forme								



<u>F<sub>61</sub>, F<sub>62</sub>, F<sub>63</sub>, F<sub>71</sub>, F<sub>72</sub>, F<sub>73</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>9</sub></u>									
Classe du sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme et classe de la plateforme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR1	AR1	AR1	AR2	AR2
F <sub>61</sub>	L'identification de ces matériaux doit être complétée par la mesure de paramètres de classification des sols		Adopter les conditions applicables à la classe des sols à laquelle ces matériaux sont assimilables						
F <sub>62</sub> F <sub>63</sub>	Matériaux normalement inutilisables en couche de forme								
F <sub>71</sub>	L'identification de ces matériaux doit être complétée par la mesure de paramètres de classification des sols		Adopter les conditions applicables à la classe des sols à laquelle ces matériaux sont assimilables						
F <sub>72</sub> F <sub>73</sub>	Matériaux normalement inutilisables en couche de forme								
F <sub>8</sub>	L'identification de ces matériaux doit être complétée par la mesure de paramètres de classification des sols		Adopter les conditions applicables à la classe des sols à laquelle ces matériaux sont assimilables						

F <sub>9</sub>	Planches d'essais indispensables pour fixer les modalités de compactage
----------------	---

A1, C1A1

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4
Modalités																					
Energie de Compactage faible	Q/S	0,08	0,12	0,18	0,055	0,085	0,125		0,165		0,205		0,055	0,085	0,165	0,205	0,265	0,07	0,1		0,065
	e	0,30	0,45	0,60	0,25	0,35	0,30	0,50	0,35	0,65	0,40	0,80	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,25	0,40	0	0,20
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,5	4,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	8,0	8,0		1,0
	N	4	4	4	5	5	3	4	3	4	2	4	5	4	2	2	2	4	4		3
CODE 3	Q/L	400	600	900	110	215	500	315	825	415	1025	515	110	255	660	1025	1325	560	800		60
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,045	0,065	0,095		0,040	0,065		0,085		0,100			0,040	0,085	0,100	0,130	0,040	0,070		
	e	0,25	0,35	0,45		0,25	0,30	0,40	0,30	0,50	0,30	0,60		0,25	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0	0
	v	5,0	5,0	5,0	0	2,0	2,5	2,0	3,5	2,0	4,0	2,0	0	2,0	2,5	3,5	4,0	8,0	8,0		
	N	6	6	5		7	5	7	4	6	3	6		7	4	3	3	5	5		
CODE 2	Q/L	225	325	475		80	165	130	300	170	400	200		80	215	350	520	320	560		
Energie de Compactage intense	Q/S		0,035	0,050		0,025	0,040		0,050		0,065			0,025	0,050	0,065	0,085		0,035		
	e		0,20	0,30		0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,45		0,20	0,30	0,30	0,30		0,25	0	0
	v	0	5,0	5,0	0	2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	0	2,0	2,0	2,5	3,0	0	8,0		
	N		6	6		8		8	6	8	5	7		8	6	5	4		8		
CODE 1	Q/L		175	250		50		80	125	100	195	130		50	100	165	255		280		

A2, C1A2

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	Q4 <sup>P</sup>
Modalités																					
Energie de Compactage faible	Q/S	0,05	0,08	0,12	0,04	0,06	0,09		0,12		0,145		0,04	0,06	0,120	0,145	0,190	0,065	0,10		
	e	0,25	0,35	0,45	0,20	0,30	0,30	0,35	0,30	0,45	0,30	0,60	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,25	0,40	0	0
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	3,0	2,5	4,0	2,5	5,0	2,5	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	8,0		
	N	5	5	4	5	5	4	4	3	4	3	5	5	5	3	3	2	4	4		
CODE 3	Q/L	250	400	600	80	120	270	225	480	300	725	365	80	120	360	580	950	520	800		
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,05	0,05	0,07		0,035	0,050		0,065		0,080			0,035	0,065	0,080	0,105	0,035	0,060		
	e	0,25	0,25	0,35		0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,45		0,20	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0	0
	v	5,0	5,0	5,0	0	2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	0	2,0	2,0	2,5	3,0	8,0	8,0		
	N	7	5	5		6		6	5	7	4	6		6	5	4	3	6	5		
CODE 2	Q/L	150	250	350		70		100	165	130	240	160		70	130	200	315	280	480		
Energie de Compactage intense	Q/S		0,03	0,04			0,035		0,045		0,055				0,045	0,055	0,070		0,030		
	e		0,20	0,30				0,25		0,35	0,30	0,40			0,25	0,30	0,30		0,20	0	0
	v	0	5,0	5,0	0	0		2,0		2,0	2,5	2,0	0	0	2,0	2,0	2,5	0	8,0		
	N		7	8				8		8	6	8			6	6	5		7		
CODE 1	Q/L		150	200				70		90	140	110			90	110	175		240		

**A3, C1A3**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	P	
Modalités																				Q4	
Energie de Compactage faible	Q/S	0,02	0,04	0,06		0,04	0,055		0,070		0,085			0,040	0,070	0,085	0,110	0,04	0,07		
	e	0,20	0,25	0,35	0	0,20		0,25	0,30	0,35	0,30	0,45	0	0,20	0,25	0,30	0,30	0,25	0,35	0	0
	v	5,0	5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0		2,0	2,0	2,5	3,0	8,0	8,0		
	N	10	7	6		5		5	5	5	4	6		5	4	4	4	7	5		
CODE 3	Q/L	100	200	300		80		110	175	140	255	170		80	140	215	330	320	560		
Energie de Compactage moyenne	Q/S		0,030	0,050			0,035		0,045		0,055				0,045	0,055	0,070	0,025	0,045		
	e		0,20	0,30				0,20		0,25		0,30			0,20	0,25	0,30	0,20	0,25	0	0
	v	0	5,0	5,0	0	0		2,0		2,0		2,0	0	0	2,0	2,0	2,0	8,0	8,0		
	N		7	6				6		6		6			5	5	5	8	6		
CODE 2	Q/L		150	250				70		90		110		90	110	140	200	360			
Energie de Compactage intense	Q/S			0,030					0,030		0,035					0,035	0,045		0,025		
	e			0,20						0,20		0,25			0,20	0,25		0,20		0	0
	v	0	0	5,0	0	0	0	0		2,0		2,0	0	0	0	2,0	2,0	0	8,0		
CODE 1																					

**B<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>1</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	PQ4
Modalités																
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,06	0,09	0,12	0,055	0,085	0,135		0,180		0,225				0,075	0,100
	e	0,35	0,45	0,65	0,35	0,50	0,30	0,80	0,45	1,10	0,55	1,35	0	0	0,45	0,60
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0
	N	6	5	6	7	6	3	6	3	7	3	6			6	6
CODE 2	Q/L	300	450	600	110	170	675	270	900	360	1125	450			75	100

**B<sub>3</sub>, D<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>3</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	PQ4 <sup>P</sup>
Modalités																
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,055	0,08	0,11	0,05	0,08	0,120		0,165		0,200				0,065	0,090
	e	0,30	0,40	0,60	0,30	0,50	0,30	0,75	0,40	1,00	0,50	1,20	0	0	0,40	0,55
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0
	N	6	5	6	6	7	3	7	3	7	3	6			6	6
CODE 2	Q/L	275	400	575	100	160	600	240	825	330	1000	400			65	90

**B<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>4</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	P
Modalités																
Energie de Compactage faible	Q/S	0,100	0,150	0,250	0,085	0,135	0,205		0,275		0,340				0,150	0,200
	e	0,30	0,45	0,65	0,35	0,55	0,40	0,85	0,55	1,10	0,70	1,35	0	0	0,30	0,40
	v	5,0	5,0	5,0	2,5	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5			1,0	1,0
	N	3	3	3	5	5	2	5	2	4	3	4			2	2
CODE 3	Q/L	500	750	1250	215	340	1025	515	1375	690	1700	850			150	200
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,060	0,090	0,130	0,045	0,070	0,105		0,140		0,175				0,050	0,090
	e	0,25	0,35	0,50	0,25	0,40	0,30	0,65	0,35	0,85	0,40	1,05	0	0	0,25	0,35
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	4,5	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0
	N	5	4	4	6	6	3	7	3	7	3	6			5	4
CODE 2	Q/L	300	450	650	90	140	475	210	700	280	875	350			50	90
Energie de Compactage intense	Q/S	0,030	0,045	0,070	0,025	0,035	0,055		0,075		0,095				0,020	0,050
	e	0,20	0,25	0,40	0,20	0,30	0,30	0,45	0,30	0,55	0,30	0,70	0	0	0,20	0,30
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0	4,5	2,0			1,0	1,0
	N	7	6	6	8	9	6	9	4	8	4	8			10	6
CODE 1	Q/L	150	225	350	50	70	165	110	300	150	430	190			20	50

**B<sub>5</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	PQ
Modalités																4
Energie de Compactage faible	Q/S	0,090	0,130	0,20	0,060	0,095	0,145		0,195		0,235				0,065	0,100
	e	0,30	0,45	0,60	0,30	0,40	0,30	0,60	0,40	0,80	0,45	0,95	0	0	0,20	0,30
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5			1,0	1,0
	N	4	4	3	5	5	3	5	3	5	2	4			3	3
CODE 3	Q/L	450	650	1000	120	140	725	365	975	490	1175	590			65	100
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,050	0,080	0,12	0,030	0,050	0,075		0,100		0,120					0,050
	e	0,25	0,35	0,45	0,20	0,30	0,30	0,45	0,30	0,60	0,30	0,75	0	0	0	0,20
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0	5,0	2,0				1,0
	N	5	5	4	7	6	4	6	3	6	3	7				4
CODE 2	Q/L	250	400	600	60	100	225	150	400	200	600	240				50
Energie de Compactage intense	Q/S		0,040	0,06		0,030	0,040		0,055		0,065					
	e	0	0,20	0,3	0	0,20		0,30	0,35	0,40	0,30	0,50	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0	0	2,0	2,5	2,0	3,5	2,0				
CODE 1																



**B<sub>6</sub>, C<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	Q4 <sup>P</sup>
Modalités																					
Energie de Compactage faible	Q/S	0,045	0,075	0,120	0,045	0,085	0,110		0,145		0,180		0,045	0,075	0,145	0,180	0,235	0,080	0,120	0,050	0,085
	e	0,20	0,30	0,45	0,25	0,30	0,30	0,45	0,30	0,60	0,35	0,70	0,25	0,30	0,30	0,30	0,35	0,25	0,40	0,20	0,25
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,5	3,5	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	2,0	2,5	3,5	5,0	5,0	8,0	8,0	1,0	1,0
	N	5	4	4	6	4	3	5	3	5	2	4	6	4	3	2	2	4	4	4	3
CODE 3	Q/L	225	375	600	90	190	385	275	725	365	900	450	90	190	510	900	1175	640	960	50	85
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,030	0,050	0,075		0,040	0,060		0,080		0,095			0,040	0,080	0,095	0,125	0,050	0,075		
	e	0,20	0,25	0,35	0	0,25	0,30	0,35	0,30	0,50	0,30	0,60	0	0,25	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0	0
	v	5,0	5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0		2,0	2,5	3,0	4,0	8,0	8,0		
	N	7	5	5		7	5	6	4	7	4	7		7	4	4	3	4	4		
CODE 2	Q/L	150	250	375		80	150	120	240	160	380	190		80	200	285	500	400	600		
Energie de Compactage intense	Q/S		0,030	0,040		0,025	0,035		0,045		0,055			0,025	0,045	0,055	0,070		0,035		
	e	0	0,20	0,25	0	0,20		0,25	0,30	0,35	0,30	0,40	0	0,20	0,25	0,30	0,30	0	0,20	0	0
	v		5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0		2,0	2,0	2,5	3,0	0	8,0		
	N		7	7		8		8	7	8	6	8		8	6	6	5		6		
CODE 1	Q/L		150	200		50		70	115	90	165	110		50	90	140	210		280		

**C<sub>2</sub>A<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>5</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	Q4 <sup>P</sup>
Modalités																					
Energie de Compactage faible	Q/S	0,070	0,100	0,150	0,050	0,080	0,120		0,160		0,190		0,050	0,080	0,160	0,190	0,245	0,070	0,100		0,065
	e	0,25	0,35	0,50	0,25	0,30	0,30	0,50	0,30	0,65	0,40	0,75	0,25	0,30	0,30	0,30	0,40	0,25	0,40	0	0,25
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,5	4,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	2,0	2,5	4,0	5,0	5,0	8,0	8,0		1,0
	N	4	4	4	5	4	3	5	2	5	3	4	5	4	2	2	2	4	4		4
CODE 3	Q/L	350	500	750	100	200	480	300	800	400	950	475	100	200	640	950	1225	560	800		65
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,040	0,060	0,090		0,040	0,060		0,080		0,100			0,040	0,080	0,100	0,130		0,050		0,040
	e	0,20	0,30	0,40		0,25	0,30	0,35	0,30	0,50	0,30	0,60		0,25	0,30	0,30	0,30		0,25	0	0,20
	v	5,0	5,0	5,0	0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0	0	2,0	2,5	3,0	4,0	0	8,0		1,0
	N	5	5	5		7	5	6	4	7	3	6		7	4	3	3		5		5
CODE 2	Q/L	200	300	450		80	150	120	240	160	400	200		80	200	300	520		400		40
Energie de Compactage intense	Q/S		0,030	0,050		0,025	0,040		0,050		0,065			0,025	0,050	0,065	0,085				
	e		0,20	0,30		0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,45		0,20	0,30	0,30	0,30			0	0
	v	0	5,0	5,0	0	2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	0	2,0	2,0	2,5	3,0	0	0		
	N		7	6		8		8	6	8	5	7		8	6	5	4				
CODE 1	Q/L		150	250		50		80	125	100	195	130		50	100	165	255				

**C<sub>2</sub>A<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>6</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4
Modalités																					
Energie de Compactage faible	Q/S	0,050	0,075	0,100	0,035	0,055	0,080		0,105		0,130		0,035	0,055	0,105	0,130	0,170	0,050	0,090		0,050
	e	0,20	0,30	0,40	0,20	0,25	0,30	0,40	0,30	0,55	0,30	0,65	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,20	0,35	0	0,25
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	2,5	2,0	3,5	2,0	4,5	2,0	2,0	2,0	2,5	3,5	4,5	8,0	8,0		1,0
	N	4	4	4	6	5	4	5	3	6	3	5	6	5	3	3	2	4	4		5
CODE 3	Q/L	250	375	500	70	110	200	160	370	210	585	260	70	110	265	455	765	400	720		50
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,03	0,045	0,070		0,035	0,055		0,070		0,085			0,035	0,070	0,085	0,110		0,045		0,035
	e	0,20	0,25	0,30		0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,50		0,20	0,30	0,30	0,30	0	0,25	0	0,20
	v	5,0	5,0	5,0	0	2,0		2,0	3,0	2,0	3,5	2,0	0	2,0	2,0	3,0	3,5		8,0		1,0
	N	7	6	5		6		6	5	6	4	6		6	5	4	3		6		6
CODE 2	Q/L	150	225	350		70		110	210	140	300	170		70	140	255	385		360		35
Energie de Compactage intense	Q/S		0,025	0,040		0,025	0,035		0,045		0,055			0,025	0,045	0,055	0,070				
	e	0	0,20	0,25	0	0,20		0,25	0,30	0,35	0,30	0,40	0	0,20	0,25	0,30	0,30	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0		2,0	2,0	2,5	3,0				
CODE 1																					

**D<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>3</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	P
Modalités																Q4
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,045	0,070	0,100	0,035	0,055	0,085		0,115		0,140				0,050	0,065
	e	0,25	0,35	0,50	0,20	0,35	0,30	0,50	0,30	0,70	0,35	0,85	0	0	0,30	0,40
	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	3,5	2,0	4,5	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0
	N	6	5	5	6	7	4	6	3	7	3	7			6	6
CODE 2	Q/L	225	350	500	70	110	300	170	520	230	700	280			50	65

**R<sub>1</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ
Modalités																					4
Energie de Compactage moyenne	Q/S		0,050	0,085		0,050	0,075		0,100		0,120			0,050	0,100	0,120	0,155	0,050	0,080	0,040	0,050
	e	0	0,30	0,40	0	0,25	0,30	0,40	0,30	0,50	0,30	0,60	0	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,25	0,30
	v		5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,5	2,0	4,0	2,0		2,0	2,5	3,5	4,0	8,0	8,0	1,0	1,0
	N		6	5		5	4	6	3	5	3	5		5	3	3	2	6	5	6	6
CODE 2	Q/L		250	425		100	190	150	350	200	480	240		100	250	420	620	400	640	40	50
Energie de Compactage intense	Q/S		0,030	0,050		0,030	0,045		0,060		0,070			0,030	0,060	0,070	0,090	0,030	0,050		0,025
	e	0	0,25	0,35	0	0,25	0,30	0,35	0,30	0,45	0,30	0,60	0	0,25	0,30	0,30	0,30	0,25	0,30	0	0,20
	v		5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0		2,0	2,5	3,0	4,0	8,0	8,0		1,0
CODE 1																					

**R<sub>21</sub>, R<sub>41</sub>, R<sub>61</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	P
Modalités																Q4
Energie de Compactage moyenne	Q/S		0,050	0,080	0,035	0,060	0,090		0,115		0,145				0,050	0,065
	e	0	0,30	0,40	0,20	0,35	0,30	0,55	0,30	0,70	0,35	0,85	0	0	0,30	0,40
	v		5,0	5,0	2,0	2,0	3,5	2,0	4,5	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0
	N		6	5	6	6	4	7	3	7	3	6			6	6
CODE 2	Q/L		250	400	70	120	315	180	520	230	725	290			50	65

**R<sub>3</sub>**

Compacteur		P1	P3	V1	V2	V3	V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3, PQ4	
Modalités																			
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,020	0,055		0,035	0,050	0,065		0,080			0,035	0,065	0,080	0,105	0,045	0,070		
	e	0,20	0,35	0	0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,50	0	0,20	0,30	0,30	0,30	0,25	0,35	0
	v	5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0		2,0	2,0	2,5	3,0	8,0	8,0	
	N	10	7		6		6	5	7	4	7		6	5	4	3	6	5	
CODE 2	Q/L	100	275		70		100	165	130	240	160		70	130	200	315	360	560	

Energie de Compactage intense	Q/S		0,040		0,020	0,035	0,045		0,055			0,020	0,045	0,055	0,070	0,025	0,040	
	e	0	0,30		0,20	0,25	0,30	0,35	0,30	0,40		0,20	0,25	0,30	0,30	0,20	0,30	0
	v		5,0	0	2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	0	2,0	2,0	2,5	3,0	8,0	8,0	
	N		8		10	8	7	8	6	8		10	6	6	5	8	8	
CcvODE 1	Q/L		200		40	70	115	90	165	110		40	90	140	210	200	320	

**F<sub>2</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	Q4 <sup>P</sup>
Modalités																
Energie de Compactage faible	Q/S	0,085	0,130	0,200	0,060	0,090	0,140		0,185		0,225				0,065	0,100
	e	0,35	0,45	0,65	0,25	0,35	0,30	0,55	0,35	0,75	0,45	0,90	0	0	0,25	0,30
	v	5,0	5,0	5,0	2,5	2,5	4,5	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5			1,0	1,0
	N	5	4	4	5	4	3	4	2	5	2	4			4	3
CODE 3	Q/L	425	650	1000	150	225	630	350	925	465	1125	565			65	100
Energie de Compactage moyenne	Q/S	0,045	0,065	0,090		0,045	0,065		0,085		0,105				0,035	0,050
	e	0,25	0,35	0,45	0	0,25	0,30	0,40	0,30	0,50	0,30	0,65	0	0	0,20	0,25
	v	5,0	5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,5	2,0	4,5	2,0			1,0	1,0
	N	6	6	5		6	5	7	4	6	3	7			6	5
CODE 2	Q/L	225	325	450		90	165	130	300	170	475	210			35	50

Energie de Compactage intense	Q/S		0,030	0,045		0,025	0,035	0,050	0,060						
	e	0	0,20	0,30	0	0,20	0,30	0,30	0,35	0,30	0,45	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0				
CODE 1	N		7	7		8	9	6	7	5	8				
	Q/L		150	225		50	70	125	100	180	120				

F<sub>51</sub>

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	Q4 <sup>P</sup>
Modalités							0,050	0,065	0,080				
Energie de Compactage adaptée à l'objectif	Q/S						0,050	0,065	0,080				
	e	0	0	0	0	0	0,25	0,30	0,30	0,40	0	0	0
	v						2,0	2,0	2,5	2,0			
CODE 3	N						5	5	4	5			
	Q/L						100	130	200	160			
Energie de Compactage adaptée à l'objectif	Q/S						0,030	0,040	0,045				
	e	0	0	0	0	0	0,25	0,30	0,30	0,35	0	0	0
	v						2,0	2,0	2,5	2,0			
CODE 2	N						9	8	7	8			
	Q/L						60	80	115	90			

Energie de Compactage adaptée à l'objectif	Q/S						0,020	0,025	0,030							
	e						0,20	0,30	0,30	0,35			0	0	0	0
	v	0	0	0	0	0	2,0	2,0	2,5	2,0						
CODE 1	N						10	12	10	12						
	Q/L						40	50	75	60						

**A1, A2, A3**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP 1	SP2	PQ3, PQ4	
Modalités																		
A <sub>1</sub>	Q/S		0,025	0,035		0,020	0,030	0,035	0,045		0,020	0,035	0,045	0,060		0,025		
	e	0	0,20	0,30	0	0,20	0,30	0,30	0,35	0,30	0,45	0	0,20	0,30	0,30	0,30	0,20	0
	v		5,0	5,0		2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0		2,0	2,5	3,0	0	8,0	
	N		8	9		10	10	9	10	7	10		10	9	7	5	8	
	Q/L		125	175		40	60	90	70	135	90	40	70	115	180	200		



A <sub>2</sub>	Q/S		0,020	0,030			0,025	0,035	0,040			0,035	0,040	0,050		0,020	
	e		0,20	0,30			0,25	0,35	0,35	0,40		0,25	0,35	0,35		0,20	0
	v	0	5,0	5,0	0	0	2,0	2,0	2,5	2,0	0	0	2,0	2,0	2,5	0	8,0
	N		10	10			10	10	9	10			8	9	7		10
Q/L		100	150			50	70	100	80			70	80	125		160	
A <sub>3</sub>	Q/S			0,025			0,020	0,025	0,030			0,025	0,030	0,040		0,015	
	e			0,25			0,20	0,25	0,30			0,20	0,25	0,30		0,20	0
	v	0	0	5,0	0	0	2,0	2,0	2,0		0	0	2,0	2,0	2,0	0	8,0
	N			10			10	10	10			8	9	8		14	
Q/L			125			40	50	60			50	60	80		120		

**B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>4</sub>, D<sub>1</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	Q4	P
Modalités																	
B <sub>1</sub>	Q/S	0,025	0,035	0,050	0,025	0,035	0,055		0,075		0,095				0,025	0,035	
	e	0,20	0,30	0,40	0,25	0,35	0,30	0,55	0,35	0,75	0,40	0,95	0	0	0,20	0,25	
D <sub>1</sub>	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	4,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0	
	N	8	9	8	10	10	6	10	4	10	5	10			8	7	
C <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Q/L	125	175	250	50	70	220	110	375	150	475	190			25	35	

B <sub>2</sub>	Q/S	0,020	0,030	0,045		0,025	0,040		0,050		0,065				0,020	0,030
	e	0,20	0,25	0,35	0	0,25	0,30	0,40	0,30	0,50	0,30	0,65	0	0	0,20	0,20
B <sub>4</sub>	v	5,0	5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,5	2,0	4,5	2,0			1,0	1,0
C <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	N	10	9	8		10	8	10	6	10	5	10			10	7
C <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	Q/L	100	150	225		50	100	80	175	100	295	130			20	30

**B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>3</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>5</sub>, D<sub>2</sub>**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	Q4	P
Modalités																	
B <sub>3</sub>	Q/S	0,020	0,030	0,045	0,020	0,035	0,055		0,075		0,090				0,025	0,040	
	e	0,20	0,30	0,40	0,20	0,35	0,30	0,55	0,30	0,75	0,35	0,90	0	0	0,20	0,30	
D <sub>2</sub>	v	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	3,5	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0			1,0	1,0	
C <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	N	10	10	9	10	10	6	10	4	10	4	10			8	8	
	Q/L	100	150	225	40	70	195	110	375	150	450	180			25	40	

<b>B<sub>5</sub></b> <b>C<sub>1</sub>B<sub>5</sub></b>	Q/S		0,025	0,035		0,020	0,030	0,040		0,050					
	e	0	0,20	0,30	0	0,20	0,30	0,35	0,40	0,30	0,50	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0	2,0	2,5	2,0	3,5	2,0				
	N		8	9		10	10	9	10	6	10				
	Q/L		125	175		40	60	100	80	175	100				

B<sub>6</sub>, C<sub>1</sub>A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>B<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>1</sub>,  
C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>5</sub>

<b>Compacteur</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>VP1, VP2,</b> <b>VP3, VP4, VP5</b>	<b>SP1, SP2</b>	<b>PQ3</b>	<b>PQ4</b>
<b>Modalités</b>												

<b>B<sub>6</sub></b>	Q/S		0,020	0,030		0,020	0,025	0,035	0,045						
	e	0	0,20	0,25	0	0,20	0,25	0,30	0,35	0,30	0,45	0	0	0	0
<b>C<sub>1</sub>B<sub>6</sub></b>	v		5,0	5,0		2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0				
	N		10	9		10	10	9	10	7	10				
	Q/L		175	250		70	110	375	150	475	190				
<b>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub> C<sub>2</sub>A<sub>1</sub> C<sub>2</sub>B<sub>2</sub> C<sub>2</sub>B<sub>4</sub> C<sub>2</sub>B<sub>5</sub></b>	Q/S		0,025	0,040		0,020	0,030	0,040	0,050						
	e	0	0,20	0,30	0	0,20	0,30	0,30	0,40	0,30	0,50	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0				
	N		8	8		10	10	8	10	6	10				
	Q/L		125	200		40	60	100	80	150	100				

C<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>A<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>A<sub>3</sub>,  
C<sub>2</sub>B<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>B<sub>6</sub>, D<sub>3</sub>

<b>Compacteur</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>VP1,VP2 ,VP3,</b>	<b>SP1, SP2</b>	<b>PQ3</b>	<b>PQ4</b>
-------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------------------	-----------------	------------	------------

Modalités													VP4, VP5				
C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> C <sub>1</sub> A <sub>3</sub> C <sub>2</sub> A <sub>2</sub> C <sub>2</sub> A <sub>3</sub> C <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	Q/S		0,020	0,030		0,020		0,025		0,035		0,045					
	e	0	0,20	0,25	0	0,20		0,25	0,30	0,35	0,30	0,45	0	0	0	0	
	v		5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0					
	N		10	9		10		10	9	10	7	10					
	Q/L		100	150		40		50	90	70	135	90					
D <sub>3</sub> C <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	Q/S		0,025	0,035	0,020	0,025		0,040		0,055		0,070					0,025
	e	0	0,25	0,35	0,020	0,25	0,30	0,40	0,30	0,55	0,30	0,70	0	0	0		0,25
	v		5,0	5,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,5	2,0	5,0	2,0					1,0
	N		10	10	10	10	8	10	6	10	5	10					10
	Q/L		125	175	40	50	120	80	195	110	350	140					25

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub>

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1, VP2, VP3, VP4, VP5	SP1, SP2	PQ3	PQ4
Modalités																
<b>R<sub>1</sub></b>	Q/S			0,020			0,020		0,025		0,030					
	e	0	0	0,20	0	0		0,20		0,30	0,30	0,35	0	0	0	0
	v			5,0				2,0		2,0	2,5	2,0				
	N			10				10		12	10	12				
	Q/L			100				40		50	75	60				
<b>R<sub>21</sub> R<sub>41</sub> R<sub>61</sub></b>	Q/S		0,025	0,035		0,025	0,035		0,050		0,060					0,025
	e	0	0,20	0,30	0	0,25	0,30	0,35	0,30	0,50	0,30	0,60	0	0	0	0,20
	v		5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0				1,0
	N		8	9		10	9	10	6	10	5	10				8
	Q/L		125	175		50	90	70	150	100	240	120				25

R<sub>22</sub>, R<sub>23</sub>, R<sub>42</sub>, R<sub>62</sub>, F<sub>2</sub>

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4		V5		VP1, VP3, VP5	VP2, VP4	SP1, SP2	PQ3	PQ4
Modalités																
R <sub>22</sub> R <sub>23</sub> R <sub>42</sub> R <sub>62</sub>	Q/S		0,020	0,025		0,020	0,030		0,040		0,050					
	e	0	0,20	0,25	0	0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,50	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0				
	N		10	10		10		10	8	10	6	10				
	Q/L		100	125		40		60	100	80	150	100				
F <sub>2</sub>	Q/S		0,030	0,040		0,020	0,030		0,040		0,050					
	e	0	0,25	0,35	0	0,20		0,30	0,30	0,40	0,30	0,50	0	0	0	0
	v		5,0	5,0		2,0		2,0	2,5	2,0	3,5	2,0				
	N		9	9		10		10	8	10	6	10				
	Q/L		150	200		40		60	100	80	175	100				

**Carrière de Sindia**

		Résultats des essais	Recommandations CEBTP pour la couche de fondation
<i>Granulométrie</i>	% < 80 µm	31	5-35
	% > 2 mm	54	
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité	32.5	50 max
	Limite de plasticité	18	
	Indice de plasticité	14.5	25 max
Essai Proctor	Wopm	9.4	
	γdOPM	1.98	1.90 min
CBR à 95% OPM après 4 jours d'immersion		70	30

**Carrière de MONT ROLLAND 1**

		Résultats des essais	Recommandations CEBTP pour la couche de fondation
<i>Granulométrie</i>	% < 80 µm	17	5-35
	% > 2 mm	60	
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité	38.3	50 max
	Limite de plasticité	19.7	
	Indice de plasticité	18.6	25 max
Essai Proctor	Wopm	9.6	
	γdOPM	2.042	1.90 min
CBR à 95% OPM après 4 jours d'immersion		27	30



**Carrière de MONT ROLLAND 2**

		Résultats des essais	Recommandations CEBTP pour la couche de fondation
<b>Granulométrie</b>	% < 80 µm	21	5-35
	% > 2 mm	70	
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité	37.8	50 max
	Limite de plasticité	18.3	
	Indice de plasticité	19.5	25 max
Essai Proctor	W <sub>opt</sub>	12.1	
	γ <sub>d</sub> OPM	1.912	1.90 min
CBR à 95% OPM après 4 jours d'immersion		70	30

