

NF P11-300

SEPTEMBRE 1992

www.afnor.org

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients STANDARDS WEBPORT. Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of STANDARDS WEBPORT (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (harcopy or media), is strictly prohibited.

WEBPORT

Pour : EUROVIA

le : 01/06/2018 à 09:19

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

norme française

NF P 11-300
Septembre 1992

Exécution des terrassements

**Classification des matériaux utilisables
dans la construction des remblais
et des couches de forme
d'infrastructures routières**

E : Earthworks — Classification of materials for use in the construction of embankments and capping layers of road infrastructures

D : Ausführung im Erdbau — Materialklassifikation für den Bau von Böschungen und die Unterkonstruktion von Straßen

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 5 août 1992 pour prendre effet le 5 septembre 1992.

correspondance À la date de publication de la présente norme, il n'existe pas de norme ou de projet de norme européenne ou internationale sur le sujet.

analyse La présente norme a pour objet de définir une classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et couches de forme d'infrastructures routières au vu des critères représentatifs des problèmes posés par leur utilisation.

descripteurs **Thésaurus International Technique** : chaussées, route, définition, classification, terminologie, sol, remblaiement, terrassement, fondation.

modifications

corrections

Chaussée terrassements — Exécution des terrassements

BNSR/CTT

Membres de la commission de normalisation

Président : M BOLLE

Secrétaire : M JOUBERT — SETRA

M	ABDO	SYNDICAT NATIONAL DES FABRICANTS DE CIMENTS ET CHAUX
M	ARNAUD	ENTREPRISE BEC FRERES
M	BETOUX	ENTREPRISE RAZEL
M	BIANCHI	SYNDICAT NATIONAL DES FABRICANTS DE CIMENTS ET CHAUX
M	BOLLE	
M	CHAUVEL	BNSR
M	COUSSIN	SPETRF
M	DUPUY	BNSR
M	HOSSARD	DDE DU VAL-DE-MARNE
M	JOUNOT	AFNOR
M	MANOJLOVIC	CEMAGREF
M	MEUNIER	ENTREPRISE BEUGNET
M	MUDET	SNCF
M	PUECH	SCETAURROUTE
M	RAUCH	SERVICE TECHNIQUE VILLE DE PARIS
M	REYMONET	SOCIETE COLAS
M	RINCENT	CEBTP
M	SCHAEFFNER	LCPC

Sommaire

	Page
1	Domaine d'application 3
2	Références normatives 4
3	Abréviations 5
4	Terminologie 5
5	Classification des matériaux 6
5.1	Classification des sols — Classes A, B, C et D 6
5.2	Classification des matériaux rocheux — Classe R 14
5.3	Classification des sols organiques, sous-produits industriels — Classe F 19
5.4	Tableau synoptique de classification des matériaux selon leur nature (tableau 7) 21

1 Domaine d'application

La présente norme définit une classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières ; cette classification s'appuie sur des critères représentatifs des problèmes posés par la construction et le comportement de ces deux natures d'ouvrages.

La classification définie ici constitue la base de la démarche suivie depuis la conception jusqu'à la réalisation de tout projet de remblai ou de couche de forme d'infrastructures routières ¹⁾, plus particulièrement aux stades :

- de la reconnaissance des tracés et des gisements de matériaux,
- de l'établissement du projet : définition des conditions d'utilisation propres aux différentes classes de matériaux rencontrés,
- du suivi et du contrôle des travaux : vérification du respect des conditions d'utilisation spécifiques à chaque classe de matériaux.

Cette norme est destinée à servir de référence aux documents traitant des conditions d'utilisation des matériaux en remblais et en couches de forme d'infrastructures routières.

1) La norme concerne principalement les plates-formes routières. Son emploi peut toutefois être étendu à d'autres types d'ouvrages : voies ferrées, plates-formes industrielles, terrassements pour aéroports etc., sous réserve de vérifier que les paramètres pris en compte sont significatifs.

2 Références normatives

Cette norme française comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme française que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

- P 18-101:1990 Granulats — Vocabulaire — Définitions et classifications.
- P 18-572:1990 Granulats — Essai d'usure micro-Deval.
- P 18-573:1990 Granulats — Essai Los Angeles.
- P 18-574:1990 Granulats — Essai de fragmentation dynamique.
- P 18-576:1990 Granulats — Mesure du coefficient de friabilité des sables.
- NF P 94-050:1991 Sols : reconnaissance et essais — Détermination de la teneur en eau pondérale des sols — Méthode par étuvage.
 - P 94-051 Sols : reconnaissance et essais — Détermination des limites d'Atterberg — Limite de liquidité à la coupelle — Limite de plasticité au rouleau ²⁾.
- NF P 94-055:1991 Sols : reconnaissance et essais — Détermination de la teneur pondérale en matières organiques d'un sol — Méthode chimique.
 - P 94-056 Sols : reconnaissance et essais — Détermination de la granulométrie des sols par tamisage ²⁾.
 - P 94-057:1992 Sols : reconnaissance et essais — Détermination de la granulométrie des sols fins par sédimentation.
 - P 94-064 Sols : reconnaissance et essais — Masse volumique d'un élément de roche déshydraté — Méthode par immersion dans l'eau ²⁾.
 - P 94-066 Sols : reconnaissance et essais — Coefficient de fragmentabilité des matériaux rocheux ²⁾.
 - P 94-067 Sols : reconnaissance et essais — Coefficient de dégradabilité des matériaux rocheux ²⁾.
 - P 94-068 Sols : reconnaissance et essais — Valeur au bleu de méthylène d'un sol — Méthode à la tache ²⁾.
 - P 94-078 Sols : reconnaissance et essais — Indice CBR après immersion — Indice CBR immédiat — Indice portant immédiat — Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR ²⁾.
 - P 94-093 Sols : reconnaissance et essais — Détermination des caractéristiques de compactage d'un sol par l'essai Proctor normal et Proctor modifié ²⁾.

2) En préparation.

3 Abréviations

D _{max}	: dimension maximale des plus gros éléments contenus dans un sol
pd	: masse volumique d'un échantillon de sol ou de roche déshydraté
I _p	: indice de plasticité
VBS	: valeur de bleu de méthylène d'un sol (déterminée sur la fraction 0/50 du sol)
I _c	: indice de consistance
W _n	: teneur en eau naturelle
W _{OPN}	: teneur en eau à l'Optimum Proctor Normal
IPI	: indice portant immédiat
LA	: coefficient Los Angeles
MDE	: coefficient micro-Deval en présence d'eau
FS	: coefficient de friabilité des sables
FR	: coefficient de fragmentabilité
DG	: coefficient de dégradabilité
th	: état très humide
h	: état humide
m	: état moyen
s	: état sec
ts	: état très sec.

4 Terminologie

sols: Il s'agit de matériaux naturels, constitués de grains pouvant se séparer aisément par simple trituration ou éventuellement sous l'action d'un courant d'eau. Ces grains peuvent être de dimensions très variables, allant des argiles aux blocs. Les sols sont de nature géologique diverse : alluvions, colluvions, matériaux meubles sédimentaires, dépôts glaciaires, sols résiduels ³⁾, ... ; ils correspondent aux classes A, B, C et D définies ci-après. Leur pourcentage de matières organiques est inférieur ou égal à 3 % (NF P 94-055).

matériaux rocheux : Il s'agit des matériaux naturels comportant une structure qui ne peut être désagrégée par simple trituration ou sous l'action d'un courant d'eau ; leur utilisation implique une désagrégation mécanique préalable par minage ou emploi d'engin d'extraction de forte puissance. Les matériaux rocheux correspondent à la classe R définie ci-après ; ils ont pour origine l'ensemble des roches sédimentaires, magmatiques et métamorphiques.

sols organiques : Il s'agit de sols ayant un pourcentage de matières organiques supérieur à 3 % (NF P 94-055).

sous-produits industriels : Il s'agit de matériaux, produits de l'activité humaine, d'origines diverses pouvant être utilisés en remblais et en couches de forme : principalement cendres volantes, schistes houillers, schistes de mines de potasse, phosphogypse, mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, matériaux de démolition, laitier de haut-fourneau, etc.

Les sols organiques, les sous-produits industriels correspondent à la classe F définie ci-après.

3) Les sols résiduels sont des sols formés sur place par un processus d'altération physico-chimique des roches, par exemple : arènes granitiques, latérites ; les latérites des régions tropicales comportent notamment des matériaux argileux et graveleux.

5 Classification des matériaux

5.1 Classification des sols — Classes A, B, C et D

Les sols sont classés d'après leur nature, leur état et leur comportement.

5.1.1 Paramètres de nature : Ce sont des paramètres intrinsèques ; ils ne varient pas, ou peu, ni dans le temps ni au cours des différentes manipulations que subit le sol au cours de sa mise en oeuvre.

Les paramètres de nature considérés dans la classification des sols sont la granularité, l'indice de plasticité et la valeur au bleu de méthylène du sol (déterminée sur la fraction 0/50 mm).

a) La granularité (P 94-056 et P 94-057) :

— **le D_{max}** : Dimension maximale des plus gros éléments contenus dans le sol ⁴⁾.

Seuil retenu : 50 mm. Cette valeur permet de distinguer les sols fins, sableux et graveleux (≤ 50 mm), des sols grossiers comportant des éléments blocailleux (> 50 mm).

Cette valeur de 50 mm est aussi une valeur limite admise actuellement pour distinguer les sols pouvant être malaxés intimement avec un liant et constituer des couches de forme de qualité.

Pour les sols de la classe C (sols comportant des fines et des gros éléments, voir tableau 3), deux sous-classes sont distinguées selon l'importance de la fraction 0/50 mm :

- la sous-classe C1 qui rassemble les matériaux à éléments «anguleux» possédant une importante fraction 0/50 mm (≥ 60 à 80 %) ⁵⁾ et l'ensemble des matériaux à éléments «roulés». Pour les sols de cette sous-classe, on considère que leur comportement est assimilable à celui de leur fraction 0/50 mm qu'il suffit alors d'identifier,

- la sous-classe C2 qui comprend les matériaux à éléments anguleux possédant une faible fraction 0/50 mm (≤ 60 à 80 %) ⁵⁾ pour lesquels il n'est plus admissible d'assimiler leur comportement à celui de leur fraction 0/50 mm (les essais doivent, dans ce cas, être réalisés sur la totalité du matériau).

Pour tenir compte des caractéristiques de la fraction 0/50 mm, l'identification des sols de la classe C est précisée à l'aide d'un double symbole du type C1 Ai, C1 Bi, C2 Ai ou C2 Bi, Ai ou Bi étant la classe de la fraction 0/50 mm du matériau considéré.

- **tamisé à 80 μ m** (ou pourcentage de fines) : Ce paramètre permet de distinguer les sols riches en fines des sols sableux et graveleux, et dans une large mesure d'évaluer leur degré de sensibilité à l'eau ⁶⁾.

Seuils retenus :

- 35 % : au-delà de 35 % de tamisé à 80 μ m, les sols ont un comportement assimilable à celui de leur fraction fine.
- 12 % : c'est un seuil conventionnel permettant d'établir une distinction entre les matériaux sableux et graveleux pauvres ou riches en fines.

4) Ce paramètre est déterminant pour préjuger des ateliers de terrassements utilisables et notamment pour évaluer l'épaisseur des couches élémentaires et les conditions de malaxage éventuel avec un liant. C'est également un paramètre important à connaître pour apprécier la représentativité des essais de laboratoire. Toutefois, la détermination de ce paramètre peut tolérer une certaine imprécision et en règle générale, une estimation visuelle de la plus grande dimension des blocs est suffisante. Dans la mesure où une analyse granulométrique peut être réalisée, on considère que le D_{max} est équivalent au D₉₅ du sol.

5) En général, une estimation visuelle peut être suffisante.

6) La notion de sensibilité à l'eau est prise dans un sens assez restrictif car il est à peu près certain qu'un sol totalement insensible à l'eau n'existe pas. Cette notion doit être comprise ici comme définissant seulement la plus ou moins grande variation de la portance d'un sol sous l'effet d'une variation donnée de sa teneur en eau (du fait notamment de son exposition aux agents météorologiques). Ainsi, un sol est dit d'autant plus sensible à l'eau que sa chute de portance est élevée pour une faible augmentation de sa teneur en eau et inversement. Toutefois cette notion ne prend pas en compte, ni la perte de «traficabilité» du sol du fait d'une augmentation de sa glissance, ni les aspects liés à sa mise en oeuvre dans l'eau, ni son comportement vis-à-vis de l'érosion hydraulique, etc.

— **tamisé à 2 mm** : Ce paramètre permet d'établir la distinction entre les sols à tendance sableuse et les sols à tendance graveleuse.

Seuil retenu :

- 70 %. Ce seuil permet de distinguer les sols sableux (plus de 70 % de tamisé à 2 mm) des sols graveleux (moins de 70 % de tamisé à 2 mm).

b) L'indice de plasticité I_p (P 94-051) : ce paramètre caractérise l'argilosité des sols. Son interprétation est d'autant plus fiable que la proportion pondérale de la fraction 0/400 μm (fraction servant à l'essai), contenue dans le sol étudié est importante et que l'argilosité de cette fraction est grande ⁷⁾.

Seuils retenus :

- 12 : limite supérieure des sols faiblement argileux,
- 25 : limite supérieure des sols moyennement argileux,
- 40 : limite entre les sols argileux et très argileux.

c) La valeur de bleu de méthylène VBS (P 94-068) : il s'agit d'un autre paramètre permettant de caractériser l'argilosité (ou la propreté) d'un sol.

Ce paramètre représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules du sol⁸⁾.

En pratique on détermine la VBS à partir de l'essai au bleu de méthylène à la tache (P 94-068) sur une fraction 0/2 mm ; la valeur trouvée est alors rapportée à la fraction 0/50 mm par une règle de proportionnalité.

Seuils retenus (La VBS s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol) :

- 0,1 : seuil en dessous duquel on peut considérer que le sol est insensible à l'eau. Ce critère doit cependant être complété par la vérification du tamisé à 80 μm qui doit être ≤ 12 %.
- 0,2 : seuil au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.
- 1,5 : seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols sablo-argileux.
- 2,5 : seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.
- 6 : seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux.
- 8 : seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux.

5.1.2 Paramètres de comportement mécanique ⁹⁾

L'introduction dans la classification de ces paramètres résulte du fait que des sols de nature comparable peuvent se comporter de manière relativement différente sous l'action des sollicitations subies au cours de leur mise en oeuvre ou sous la circulation des engins de transport.

Les paramètres de comportement mécanique considérés dans la classification des sols sont la valeur Los Angeles (LA) (P 18-573) et la valeur micro-Deval en présence d'eau (MDE) (P 18-572), ou la valeur de friabilité des sables (FS) pour les sols sableux (P 18-576).

Seuils retenus :

- 45 pour les valeurs LA et MDE,
- 60 pour les valeurs FS.

7) L'indice de plasticité est fiable au-delà d'une proportion de 50 % de la fraction 0/400 μm présente dans le sol, et d'une valeur de 12.

8) Étant donné que dans un sol c'est avant tout la surface des particules contenues dans sa fraction argileuse ($\leq 2 \mu\text{m}$) qui détermine sa surface spécifique, on peut considérer que la valeur de bleu de méthylène VBS (valeur de bleu du sol) exprime globalement la quantité et la qualité (ou activité) de l'argile contenue dans ce sol.

9) Ces paramètres ne sont pris en compte que pour juger de l'utilisation possible des sols en couche de forme.

5.1.3 Paramètres d'état: Il s'agit des paramètres qui ne sont pas propres au sol, mais fonction de l'environnement dans lequel il se trouve.

Pour les sols, le seul paramètre d'état considéré dans la présente classification est l'état hydrique ; son importance est capitale vis-à-vis de tous les problèmes de remblai et de couche de forme.

a) Différents états hydriques considérés :

états hydriques ¹⁰⁾ :

- très humide (th),
- humide (h),
- moyen (m),
- sec (s),
- très sec (ts).

b) Paramètres utilisés pour caractériser l'état hydrique

La présente classification a retenu pour caractériser l'état hydrique d'un sol, l'un ou l'autre des trois paramètres suivants :

- la position de sa teneur en eau naturelle (w_n), (fraction 0/20 du matériau) par rapport à sa teneur en eau à l'Optimum Proctor Normal (w_{OPN}) (voir P 94-050 et P 94-093) exprimée par le rapport :

$$\frac{w_n}{w_{OPN}}$$

- la position de sa teneur en eau naturelle (w_n) par rapport à ses limites d'Atterberg (w_L et w_P) qui s'exprime par l'indice de consistance I_c (P 94-051) :

$$I_c = \frac{w_L - w_n}{w_L - w_P}$$

- l'indice portant immédiat (IPI) du sol à sa teneur en eau naturelle (voir P 94-078) qui exprime la valeur du poinçonnement CBR mesurée sans surcharges ni immersion sur une éprouvette de sol compacté à l'énergie Proctor Normal.

Seuils retenus : ils sont détaillés dans les tableaux de la classification des sols figurant au paragraphe 5.1.4.

5.1.4 Tableaux de classification des sols

Les tableaux 1, 2, 3, 4 ci-après définissent la classification des sols répartis entre quatre classes :

- tableau 1 : Classe A — Sols fins,
- tableau 2 : Classe B — Sols sableux et graveleux avec fines,
- tableau 3 : Classe C — Sols comportant des fines et des gros éléments,
- tableau 4 : Classe D — Sols insensibles à l'eau.

10) L'état hydrique très humide (th) : C'est un état d'humidité très élevée ne permettant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.

L'état hydrique humide (h) : C'est un état d'humidité élevée autorisant toutefois la réutilisation du sol à condition de respecter certaines dispositions particulières (aération, traitement...) estimées comme normales dans le contexte technico-économique actuel.

L'état hydrique moyen (m) : C'est l'état d'humidité optimale (minimum de conditions à respecter à la mise en oeuvre).

L'état hydrique sec (s) : C'est un état d'humidité faible mais autorisant encore la mise en oeuvre en prenant des dispositions particulières (arrosage, surcompactage...) estimées comme normales dans le contexte technico-économique actuel.

L'état hydrique très sec (ts) : C'est un état d'humidité très faible n'autorisant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.

Tableau 1 : classification des sols fins

Classe		Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Paramètres d'état	Sous classe fonction de l'état	
Classe A D _{max} ≤ 50 mm et Tamisat à 80 μm > 35 %	A sols fins	VBS ≤ 2,5 (*) ou I _p ≤ 12	A₁ Limons peu plastiques, loess, silt alluvionnaires, sables fins peu pol- lués, arènes peu plastiques...	I _p ^(*) ≤ 3 ou W _n ≥ 1,25 W _{OPN}	A ₁ th	
				3 < I _p ^(*) ≤ 8 ou 1,10 W _{OPN} ≤ W _n < 1,25 W _{OPN}	A ₁ h	
				8 < I _p ≤ 25 ou 0,9 W _{OPN} ≤ W _n < 1,10 W _{OPN}	A ₁ m	
				0,7 W _{OPN} ≤ W _n < 0,9 W _{OPN}	A ₁ s	
				W _n < 0,7 W _{OPN}	A ₁ ts	
				I _p ^(*) ≤ 2 ou I _c ^(*) ≤ 0,9 ou W _n ≥ 1,3 W _{OPN}	A ₂ th	
				2 < I _p ^(*) ≤ 5 ou 0,9 < I _c ^(*) ≤ 1,05 ou 1,1 W _{OPN} ≤ W _n < 1,3 W _{OPN}	A ₂ h	
				5 < I _p ≤ 15 ou 1,05 < I _c ≤ 1,2 ou 0,9 W _{OPN} ≤ W _n < 1,1 W _{OPN}	A ₂ m	
				1,2 < I _c ≤ 1,4 ou 0,7 W _{OPN} ≤ W _n < 0,9 W _{OPN}	A ₂ s	
				I _c > 1,4 ou W _n < 0,7 W _{OPN}	A ₂ ts	
				I _p ^(*) ≤ 1 ou I _c ^(*) ≤ 0,8 ou W _n ≥ 1,4 W _{OPN}	A ₃ th	
				1 < I _p ^(*) ≤ 3 ou 0,8 < I _c ^(*) ≤ 1 ou 1,2 W _{OPN} ≤ W _n < 1,4 W _{OPN}	A ₃ h	
				3 < I _p ≤ 10 ou 1 < I _c ≤ 1,15 ou 0,9 W _{OPN} ≤ W _n < 1,2 W _{OPN}	A ₃ m	
				1,15 < I _c ≤ 1,3 ou 0,7 W _{OPN} ≤ W _n < 0,9 W _{OPN}	A ₃ s	
				I _c > 1,3 ou W _n < 0,7 W _{OPN}	A ₃ ts	
				Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique.	A ₄ th	
					A ₄ h	
					A ₄ m	
					A ₄ s	

(*) Paramètres dont le choix est à privilégier.

Classe B
 (suite)

Tableau 2 (fin)

← CLASSIFICATION À UTILISER POUR LES REMBLAIS →

CLASSIFICATION À UTILISER POUR LES COUCHES DE FORME			Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement										
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Paramètres d'état	sous classe fonction de l'état	Paramètres de comportement	sous classe fonction du comportement								
D _{max} ≤ 60 mm et Tamisat à 80 µm ≤ 35 %	B	- tamisat à 80 µm ≤ 12 % - tamisat à 2 mm ≤ 70 % - VBS > 0,2	B₄	IPI ^(*) ≤ 7 ou W _n ≥ 1,25 W _{OPN} 7 < IPI ^(*) ≤ 15 ou 1,10 W _{OPN} ≤ W _n < 1,25 W _{OPN} 0,9 W _{OPN} ≤ W _n < 1,10 W _{OPN} 0,6 W _{OPN} ≤ W _n < 0,9 W _{OPN} W _n < 0,6 W _{OPN}	B ₄ th B ₄ h B ₄ m B ₄ s B ₄ ts	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45 LA ≤ 45 et MDE ≤ 45 LA > 45 ou MDE > 45	B ₄₁ th B ₄₂ th B ₄₁ h B ₄₂ h B ₄₁ m B ₄₂ m B ₄₁ s B ₄₂ s B ₄₁ ts B ₄₂ ts								
								- tamisat à 80 µm compris entre 12 et 35 % - VBS ≤ 1,5 (*) ou I _p ≤ 12	B₅	IPI ^(*) ≤ 5 ou W _n ≥ 1,25 W _{OPN} 5 < IPI ^(*) ≤ 12 ou 1,10 W _{OPN} ≤ W _n < 1,25 W _{OPN} 12 < IPI ≤ 30 ou 0,9 W _{OPN} ≤ W _n < 1,10 W _{OPN} 0,6 W _{OPN} ≤ W _n < 0,9 W _{OPN} W _n < 0,6 W _{OPN}	B ₅ th B ₅ h B ₅ m B ₅ s B ₅ ts				
												- tamisat à 80 µm compris entre 12 et 35 % - VBS > 1,5 (*) ou I _p > 12	B₆	IPI ^(*) ≤ 4 ou W _n ≥ 1,3 W _{OPN} ou I _c ≤ 0,8 4 < IPI ^(*) ≤ 10 ou 0,8 < I _c ≤ 1 ou 1,1 W _{OPN} ≤ W _n < 1,3 W _{OPN} 10 < IPI ≤ 25 ou 1 < I _c ≤ 1,2 ou 0,9 W _{OPN} ≤ W _n < 1,1 W _{OPN} 0,7 W _{OPN} ≤ W _n < 0,9 W _{OPN} ou 1,2 < I _c ≤ 1,3 W _n < 0,7 W _{OPN} ou I _c > 1,3	B ₆ th B ₆ h B ₆ m B ₆ s B ₆ ts

(*) Paramètres dont le choix est à privilégier.

Tableau 3 : classification des sols comportant des fines et des gros éléments

Classe C

Classement selon la nature		Classement selon l'état hydrique et le comportement	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature
<p>C</p> <p>sols comportant des fines et des gros éléments</p> <p>$D_{max} > 50 \text{ mm}$ et tamisat à $80 \mu\text{m} > 12\%$</p> <p>ou</p> <p>si le tamisat à $80 \mu\text{m}$ est $\leq 12\%$, la VBS est $> 0,1$</p>		<p>Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm > 60 à 80% et matériaux roulés. La fraction 0/50 est un sol de la classe A.</p>	<p>C₁A_i</p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières...</p>
		<p>Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm > 60 à 80% et matériaux roulés. La fraction 0/50 est un sol de la classe B.</p>	<p>C₁B_i</p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières...</p>
		<p>Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm ≤ 60 à 80%. La fraction 0/50 est un sol de la classe A.</p>	<p>C₂A_i</p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex</p>
		<p>Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm ≤ 60 à 80%. La fraction 0/50 est un sol de la classe B.</p>	<p>C₂B_i</p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...</p>

Le sous-classement, en fonction de l'état hydrique et du comportement des sols de cette classe, s'établit en considérant celui de leur fraction 0/50 mm qui peut être un sol de la classe A ou de la classe B.

— 1er exemple : un sol désigné C₁A₂h est un sol qui est :

- soit entièrement roulé,
- soit entièrement ou partiellement anguleux; sa fraction 0/50 mm représente plus de 60 à 80 % de la totalité du matériau.

Dans les deux cas, sa fraction 0/50 mm appartient à la classe A₂ avec un état hydrique h.

— 2ème exemple : un sol désigné C₂B₄₂m est un sol qui est :

- entièrement ou partiellement anguleux ; sa fraction 0/50 mm représente moins de 60 à 80 % de la totalité du matériau.

La fraction 0/50 mm est un sol de la classe B₄₂ se trouvant dans un état hydrique m.

Les différentes sous-classes composant la classe C sont :

C ₁ A ₁	C ₂ A ₁	état th, h, m, s ou ts
C ₁ A ₂	C ₂ A ₂	
C ₁ A ₃	C ₂ A ₃	
C ₁ A ₄	C ₂ A ₄	
C ₁ B ₁₁	C ₂ B ₁₁	Matériaux généralement insensibles à l'état hydrique
C ₁ B ₁₂	C ₂ B ₁₂	
C ₁ B ₃₁	C ₂ B ₃₁	
C ₁ B ₃₂	C ₂ B ₃₂	
C ₁ B ₂₁	C ₂ B ₂₁	état th, h, m, s ou ts
C ₁ B ₂₂	C ₂ B ₂₂	
C ₁ B ₄₁	C ₂ B ₄₁	
C ₁ B ₄₂	C ₂ B ₄₂	
C ₁ B ₅₁	C ₂ B ₅₁	
C ₁ B ₅₂	C ₂ B ₅₂	
C ₁ B ₆	C ₂ B ₆	

Tableau 4 : classification des sols insensibles à l'eau

Classe D

← CLASSIFICATION À UTILISER POUR LES REMBLAIS →

← CLASSIFICATION À UTILISER POUR LES COUCHES DE FORME →

Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique et le comportement		
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Valeurs seuils retenues	sous classe
VBS ≤ 0,1 et tamisat à 80 µm ≤ 12 %	D	Dmax ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm > 70 %	D ₁	Matériaux insensibles à l'eau ; mais leur emploi en couche de forme nécessite la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE) ou Friabilité des sables (FS).	D ₁₁
			D ₂		D ₁₂
		Dmax > 50 mm	D ₃		D ₂₁
	sols insensibles à l'eau		Graves alluvionnaires propres, sables...	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D ₂₂
			Graves alluvionnaires grossières, propres, dépôts glaciaires, ...	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D ₃₁
				LA > 45 ou MDE > 45	D ₃₂

5.2 Classification des matériaux rocheux — Classe R

Bien qu'après son extraction un déblai rocheux soit transformé en un matériau susceptible d'être considéré, au moins partiellement, comme un sol, la roche en place ne peut être classée en tant que sol qu'à titre prévisionnel sur la base de sa nature géologique, de résultats d'essais (tels que fragmentabilité, dégradabilité, masse volumique) et de l'expérience que l'on possède de son comportement au cours des différentes phases du terrassement.

Pour caractériser un massif rocheux en vue de son emploi en remblai ou en couche de forme, on procède successivement en deux étapes :

- 1) identification de la nature pétrographique de la roche ;
- 2) détermination des paramètres d'état et des caractéristiques mécaniques du matériau.

5.2.1 Classification des matériaux rocheux d'après la nature pétrographique de la roche

Deux classes principales de matériaux rocheux sont distinguées à partir des grandes familles de roches habituellement considérées : les matériaux rocheux issus des roches sédimentaires, d'une part, et les matériaux rocheux issus des roches magmatiques et métamorphiques, d'autre part.

Dans le cas des roches sédimentaires, la classification est subdivisée suivant les principales natures de roches rencontrées dans cette catégorie : roches carbonatées (craies, calcaires), roches argileuses, roches siliceuses, roches salines.

Dans le cas des matériaux provenant de roches magmatiques et métamorphiques, aucune subdivision complémentaire n'est nécessaire, ces matériaux pouvant être considérés comme ayant des comportements voisins pour une utilisation limitée à la réalisation de remblais et de couches de forme.

5.2.2 Classification des matériaux rocheux d'après leur état et leurs caractéristiques mécaniques

Comme cela a été indiqué, la connaissance de la seule nature pétrographique de la roche dont est issu un matériau rocheux, n'est généralement pas suffisante pour prévoir tous les problèmes que peut poser son utilisation en remblai ou en couche de forme.

Outre la question du choix de la méthode d'extraction, qui n'est pas traitée ici, les aspects à considérer sont :

- l'aptitude du matériau à se fragmenter sous les sollicitations appliquées au cours des différentes phases de la mise en oeuvre, et plus précisément la possibilité de produire une proportion d'éléments fins suffisante pour lui communiquer un comportement de sol sensible à l'eau,
- la potentialité d'une évolution postérieurement à la mise en oeuvre sous l'action des contraintes mécaniques seules ou conjuguées avec celles de l'eau et du gel,
- la teneur en eau dans le cas de matériaux très fragmentables tels que certaines craies, marnes, schistes sédimentaires, 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 solubles dans le cas de roches salines.

Il est donc nécessaire de caractériser les matériaux rocheux vis-à-vis de chacun de ces aspects à partir de différents paramètres dont les suivants sont considérés actuellement comme les plus représentatifs.

Paramètres d'état et de comportement mécaniques retenus dans la classification des matériaux rocheux :

Le coefficient Los Angeles (LA) (norme P 18-573)¹¹⁾.

Le coefficient micro-Deval en présence d'eau (MDE) (P 18-572).

Ces deux paramètres caractérisent plus particulièrement les roches relativement dures : granites, gneiss, calcaires durs..., leur interprétation vise essentiellement les possibilités d'emploi de ces matériaux en couches de forme voire en couches de chaussées, comme cela a déjà été considéré dans le cas des sols (voir paragraphe 5.1.2).

11) L'essai de fragmentation dynamique (P 18-574) peut remplacer l'essai Los Angeles, à condition de s'être assuré de la correspondance des résultats obtenus avec les deux types d'essais.

La masse volumique (pd) d'un échantillon de roche déshydraté (norme P 94-064).

Ce paramètre qui présente l'avantage d'être aisément mesurable est en corrélation étroite avec la fragmentabilité des matériaux tels que les craies et les calcaires tendres. Son interprétation vise essentiellement à distinguer l'emploi de ces matériaux en remblai.

Le coefficient de fragmentabilité (FR) (norme P 94-066).

Ce coefficient est déterminé à partir d'un essai de fragmentation réalisé dans un moule CBR. Il s'exprime par le rapport des D_{10} d'un échantillon de granularité initiale donnée mesurés avant et après lui avoir fait subir un pilonnage conventionnel avec la dame Proctor Normal.

L'interprétation de ce paramètre vise les possibilités d'emploi en remblai et éventuellement en couche de forme des matériaux rocheux relativement friables pour lesquels les paramètres précédents manquent de signification (roches siliceuses et argileuses principalement).

Le coefficient de dégradabilité (DG) (norme P 94-067).

Ce coefficient s'exprime par le rapport des D_{10} d'un échantillon de granularité initiale donnée mesurés avant et après l'avoir soumis à ces cycles de séchage-immersion conventionnels. Son interprétation vise essentiellement les possibilités d'emploi en remblai des matériaux issus de roches argileuses (marnes, schistes sédimentaires...).

La teneur en eau naturelle (w_n) (norme NF P 94-050).

L'influence de ce paramètre n'est prise en compte dans la classification que pour certaines craies et roches argileuses comme cela a déjà été indiqué.

La teneur en éléments solubles (% NaCl, gypse...).

L'interprétation de ce paramètre est limitée au cas des roches salines.

Valeurs-seuils retenues pour les paramètres d'état et de comportement des matériaux rocheux : elles figurent dans le tableau général paragraphe 5.2.3.

5.2.3 Tableau général de la classification des matériaux rocheux (tableau 5)

Classe
R

Tableau 5 : classification des matériaux rocheux (évolutifs et non évolutifs)

Classement selon la nature de la roche		Classement selon l'état hydrique et le comportement	
Nature pétrographique de la roche		Paramètres et Valeurs seuils retenus	Sous classe
Roches Sédimentaires	Roches Carbonatées	R ₁ Craie	R ₁₁ craie dense
			R ₁₂ h craie de densité moyenne
			R ₁₂ m
			R ₁₂ s
			R ₁₂ ts
		R ₂ Calcaires rocheux divers Ex : - calcaires grossiers - travertins - tufs et encroûtements, etc...	R ₁₃ th craie peu dense
			R ₁₃ h
			R ₁₃ m
			R ₁₃ s
			R ₁₃ ts
Roches Carbonatées	R ₂₁ calcaire dur		
	R ₂₂ calcaire de densité moyenne		
	R ₂₃ calcaire fragmentable		

Tableau 5 (suite)

Classe R
 (suite)

Classement selon la nature de la roche		Classement selon l'état hydrique et le comportement	
Nature pétrographique de la roche		Paramètres et Valeurs seuils retenus	Sous classe
Roches	R ₃	FR ≤ 7 et DG > 20	R ₃₁
	Argileuses	FR ≤ 7 et 5 < DG ≤ 20	R ₃₂
Roches Sédimentaires	Marnes Schistes sédimentaires Argilites Pelites ...	FR ≤ 7 et DG ≤ 5	R ₃₃
		FR > 7 et $\begin{cases} w_n \geq 1,3 w_{OPN} \\ \text{ou} \\ PLI^{(n)} \leq 2 \end{cases}$	R _{34th}
		FR > 7 et $\begin{cases} 1,1 w_{OPN} \leq w_n < 1,3 w_{OPN} \\ \text{ou} \\ 2,5 PLI^{(n)} \leq 5 \end{cases}$	R _{34h}
		FR > 7 et $0,9 w_{OPN} \leq w_n < 1,1 w_{OPN}$	R _{34m}
		FR > 7 et $0,7 w_{OPN} \leq w_n < 0,9 w_{OPN}$	R _{34s}
		FR > 7 et $w_n < 0,7 w_{OPN}$	R _{34Is}
Roches	R ₄	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	R ₄₁
Siliceuses	Grès Poudingues Brèches ...	LA > 45 ou MDE > 45 et FR ≤ 7	R ₄₂
Roches	R ₅	FR > 7	R ₄₃
Salines	Gypse Sel gemme Anhydrite ...	teneur en sel soluble $\begin{cases} \leq 5 \text{ à } 10 \% \text{ dans le cas du sel gemme}^{**} \\ \leq 30 \text{ à } 50 \% \text{ dans le cas du gypse}^{**} \end{cases}$	R ₅₁
		teneur en sel soluble $\begin{cases} > 5 \text{ à } 10 \% \text{ dans le cas du sel gemme}^{**} \\ > 30 \text{ à } 50 \% \text{ dans le cas du gypse}^{**} \end{cases}$	R ₅₂
		<i>** suivant que la fragmentabilité est plus ou moins grande</i>	

(*) Paramètres dont le choix est à privilégier.

Classe R
 (suite)

Tableau 5 (fin)

Classement selon la nature		Classement selon le comportement	
Nature pétrographique de la roche		Paramètres et Valeurs seuils retenus	Sous classe
Roches Magmatiques et Métamorphiques	R ₆ Granite, basalte, trachyte, andésite, ... Gneiss schistes métamorphiques, schistes ardoisiers, ...	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	R ₆₁
		LA > 45 OU MDE > 45 et FR ≤ 7	R ₆₂
		FR > 7	R ₆₃

5.3 Classification des sols organiques, sous-produits industriels — Classe F

Cette catégorie concerne des matériaux particuliers dont l'emploi en remblai et en couche de forme peut dans certains cas se révéler intéressant du point de vue technique et économique sous réserve d'être acceptable vis-à-vis de l'environnement.

Toutefois, les critères au travers desquels il convient d'examiner chaque famille de matériaux entrant dans cette catégorie pour en déduire ses possibilités d'emploi sont à la fois très divers et spécifiques à la famille de matériaux considérée. Certains d'entre eux ne sont d'ailleurs pas encore complètement définis faute d'expérience et d'études suffisantes.

La classification proposée a été établie à partir du recensement des principales familles de matériaux de cette catégorie, susceptibles d'être concernées en France par une utilisation en remblai ou en couche de forme. Neuf familles sont ainsi dénombrées (sous-classes F_1 à F_9) chacune d'elles étant caractérisée par le ou les paramètres desquels dépendent les possibilités d'emploi. Les valeurs seuils proposées de ces paramètres permettent d'établir des distinctions à l'intérieur d'une même famille.

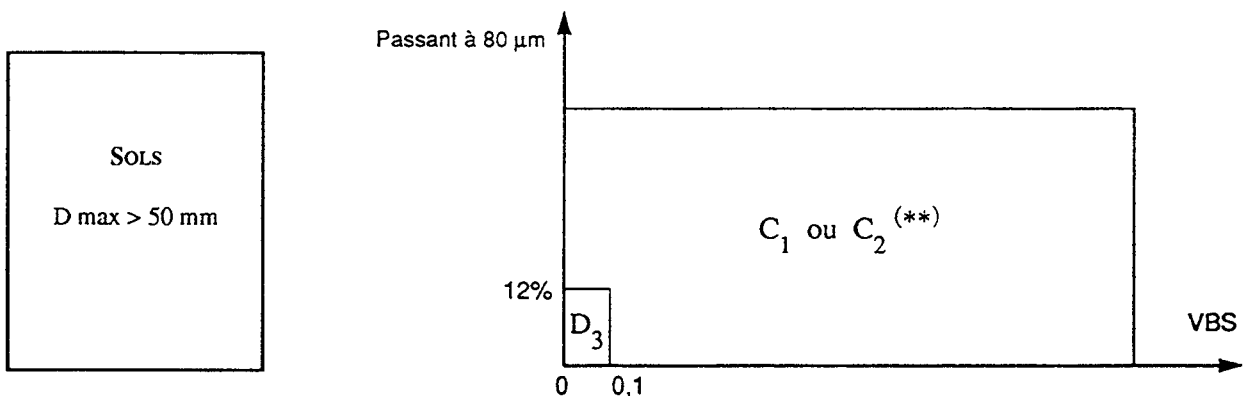
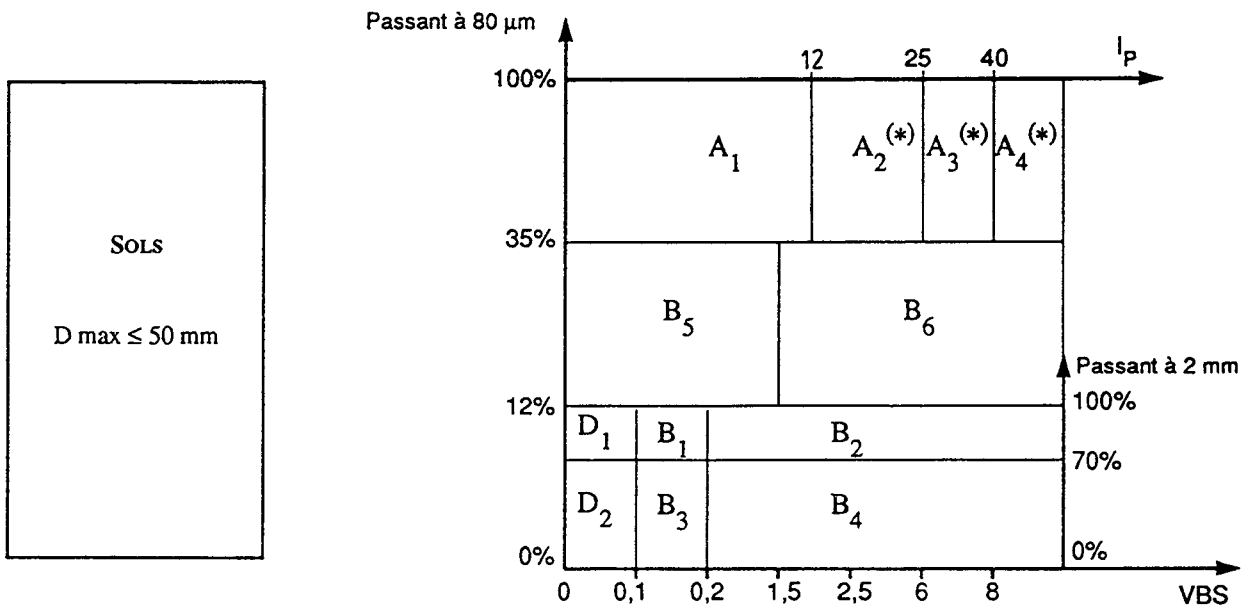
Le tableau 6 ci-après présente cette classification en se limitant toutefois à une définition générale des matériaux entrant dans chacune des neuf familles ainsi qu'à celle du ou des paramètres considérés comme significatifs vis-à-vis de leurs possibilités d'emploi.

Tableau 6 : classification des sols organiques, sous-produits industriels

Classe
F

<p>Famille de Matériaux (sous-classe)</p>	<p>Paramètres considérés comme significatifs vis-à-vis du réemploi</p>
<p>F₁ Matériaux naturels renfermant des matières organiques. Ex : terres végétales, humus forestier, vases, tourbes,...</p>	<p>Teneur en matières organiques, puis, examen de leurs caractéristiques géotechniques de manière analogue aux sols A, B ou C.</p>
<p>F₂ Cendres volantes silico-alumineuses de centrales thermiques</p>	<p>Rapport entre leur teneur en eau naturelle et leur teneur en eau optimum Proctor normal.</p>
<p>F₃ Schistes houillers</p>	<p>Taux de combustion, puis, pour les "non" ou insuffisamment brûlés, examen de leurs caractéristiques géotechniques de manière analogue aux sols A, B ou C.</p>
<p>F₄ Schistes des mines de potasse</p>	<p>Teneur en NaCl, puis, pour ceux à faible teneur, examen de leurs caractéristiques géotechniques de manière analogue aux sols A, B ou C.</p>
<p>F₅ Phosphogypse</p>	<p>Mode d'obtention comportant ou non une neutralisation à la chaux, puis examen de la granulométrie et de la teneur en eau.</p>
<p>F₆ Mâchefers d'incinération des ordures ménagères</p>	<p>Taux d'imbrûlés et d'éléments solubles, qualité du défilage, du criblage et de l'homogénéisation, durée du stockage, présence ou non de cendres volantes de combustion.</p>
<p>F₇ Matériaux de démolition</p>	<p>Qualité du défilage et de l'homogénéisation, présence d'éléments indésirables (plâtres, bois...), granulométrie.</p>
<p>F₈ Laitiers des hauts-fourneaux</p>	<p>Caractéristiques d'identification (granulométrie, propreté).</p>
<p>F₉ Autres sous-produits industriels</p>	<p>Paramètres à définir à l'appui d'une étude spécifique.</p>

5.4 Tableau synoptique de classification des matériaux selon leur nature (tableau 7)



MATÉRIAUX ROCHEUX	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R ₁
			Calcaires	R ₂
		Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...	R ₃
		Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches...	R ₄
		Roches salines	Sel gemme, gypse	R ₅
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites..., gneiss..., schistes métamorphiques et ardoisiers...	R ₆	
MATÉRIAUX PARTICULIERS	Sols organiques, sous-produits industriels			F

* Matériaux pour lesquels la mesure de l'I_p est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux on utilisera la VBS.

** C₁ : matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (0/50 > 60 à 80 %)

C₂ : matériaux anguleux très charpentés (0/50 ≤ 60 à 80 %)