

Le GTR

Optimisation de l'emploi des matériaux naturels et alternatifs

Patrice CHARDARD
SPTF



**Université
Gustave Eiffel**



Cerema



IDRRIM
INSTITUT DES ROUTES, DES BULEVARS, DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

SOMMAIRE

- **Utilisation d'argiles A4 / F4**
 - Etudes et Retours d'expérience
 - Classification
 - Conditions d'utilisation
- **Les matériaux anthropiques**
 - Classification
 - Matériaux naturels particuliers
 - Matériaux élaborés et recyclés

Utilisation d'argiles A4/F4

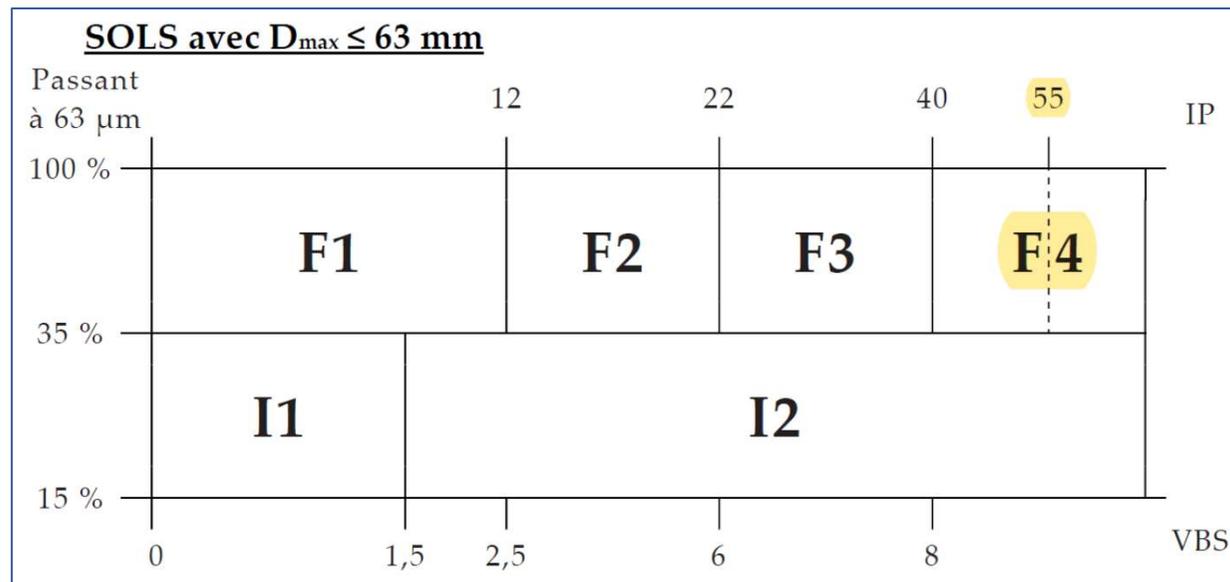
- **A partir des retours d'expérience**
 - Projet et travaux de l'A34
 - Projet ANR TERDOUEST
- **Etudes en laboratoire**
 - Matériaux naturels
 - Matériaux traités
- **Essais en vraie grandeur**
 - Planches d'essais
 - Remblai expérimental



Utilisation d'argiles A4/F4

- Une classification adaptée

- Création d'un seuil intermédiaire dans les matériaux F4
- $I_p < 55$: utilisation décrite dans le GTR
- $I_p > 55$: Nécessité d'une étude spécifique au matériau et à l'ouvrage



Utilisation d'argiles A4/F4

• Une classification adaptée

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	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe
D _{max} ≤ 63 mm et tamisat à 63 µm > 35 %	F Sols fins	40 < I _P ≤ 55 ou VBS > 8	F4 Argiles et argiles marneuses, très plastiques...	Ces sols sont très cohérents et presque imperméables : s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retraits ou gonflements. Leur emploi en remblai de faible hauteur est envisageable avec un traitement adapté. Leur emploi en remblai et couche de forme nécessite dans tous les cas des études spécifiques.	IPI ≤ 17 ou I _c ≤ 0,8 OU W _n ≥ 1,4 WOPN	F4th
					1 < IPI ≤ 3 ou 0,8 < I _c ≤ 1 ou 1,4 WOPN > W _n ≥ 1,2 WOPN	F4h
					3 < IPI ≤ 10 ou 1 < I _c ≤ 1,1 ou 1,2 WOPN > W _n ≥ 0,9 WOPN	F4m
					1,1 < I _c ≤ 1,2 Ou 0,9 WOPN > W _n ≥ 0,7 WOPN	F4s
					1,2 < I _c Ou 0,7 WOPN > W _n	F4ts
		I _P > 55		Le réemploi des argiles très plastiques en l'état n'est pas envisageable hors étude spécifique.	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique.	F4

Utilisation d'argiles A4/F4

- **Des recommandations pour la mise en œuvre**
 - Remblais de hauteur < 5 mètres
 - Etude de traitement
 - Réduction I_p / Action sur le retrait-gonflement
 - Malaxage au pulvimixeur :
 - Objectif de mouture
 - 0/40 mm à 0/50 mm
 - Compactage au pied dameur recommandé
 - Contrôle des résultats



Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code EGWTRCH
F4th ($I_P \leq 55$)	Sols normalement inutilisables en l'état				NON
F4h ($I_P \leq 55$)	Sols difficiles à mettre en œuvre en raison : - de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité - de leur portance faible La réduction de l'état hydrique par une mise en dépôt provisoire ou drainage, n'est pas en général une solution envisageable.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	T : traitement avec un réactif adapté (dosage élevé à définir par une étude spécifique) C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 2 0 1 1
		-	évaporation importante	T : traitement avec un réactif adapté (dosage élevé à définir par une étude spécifique) C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 2 0 1 1
F4m ($I_P \leq 55$)	Sols difficiles à mettre en œuvre dus à leur plasticité élevée Leur utilisation par pluie faible est compliquée à cause des problèmes de glissance.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	T : traitement avec un réactif adapté (dosage élevé à définir par une étude spécifique) C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 2 0 1 1
		=	ni pluie, ni évaporation importante	W : humification pour maintien de l'état T : traitement avec un réactif adapté (dosage élevé à définir par une étude spécifique) C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 2 0 1 1
		-	évaporation importante	W : humification pour maintien de l'état T : traitement avec un réactif adapté (dosage élevé à définir par une étude spécifique) C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 2 0 1 1
F4s ($I_P \leq 55$)	Sols difficiles à humidifier ...	Sols inutilisables en l'état			NON
F4ts ($I_P \leq 55$)	Sols inutilisables en l'état				NON

Matériaux alternatifs

- **Matériaux anthropiques au sens de la norme**
 - Matériaux naturels traités mécaniquement = AN
 - Matériaux élaborés (ex : granulats légers expansés) = AM
 - Matériaux fabriqués secondaires = AM
 - Matériaux recyclés = AR
- **Coordination avec TC 154 granulats**
 - Utilisation des symboles issus de la terminologie de la classification CEN/TS 17438 de juin 2020 (matières premières secondaires prises en compte dans l'élaboration des normes granulats)

Matériaux anthropiques

- **Caractérisation des matériaux**
 - Essais spécifiques au matériau concerné
 - Essais d'identification « GTR »
- **19 familles de matériaux retenus dans le GTR**
- **Evaluation environnementale**
 - La révision du GTR prend en compte les caractéristiques techniques des matériaux, mais ne traite pas des critères d'acceptabilité environnementale.

Matériaux naturels particuliers

Produit de dragage cohésif	AN-H1
Produit de dragage non cohésif	AN-H2
Schistes houillers non calcinés (noirs)	AN-G2

Classement selon la nature		Classement selon l'état hydrique et le comportement		
Famille de Matériaux	Caractères principaux	Paramètres et valeurs seuils retenus	Sous-classe	
Matériaux naturels particuliers	AN-G Schistes houillers	<p>Ces matériaux proviennent des résidus de l'extraction du charbon. Ce sont des matériaux d'origine naturelle ayant subi des transformations mécaniques (tris, concassage, ...). Ils sont stockés depuis plusieurs décennies, voire plus d'un siècle dans des terrils à proximité des mines de charbon. Certains d'entre eux ont subi une auto-combustion provoquée par la pyrolyse du charbon résiduel, sous l'action combinée de la pression des terres, d'une grande masse ($>10^5 \text{ m}^3$), de la présence d'oxygène et de charbon en quantité suffisante, et d'un événement extérieur (foudre en général) provoquant l'inflammation.</p> <p>Le paramètre déterminant pour ces matériaux, est le fait qu'ils aient subi, ou non, une combustion une fois mis en terrils.</p>	<p>Ces schistes sont reconnaissables à leur couleur noire.</p> <ul style="list-style-type: none"> - LA ≤ 45 et FR ≤ 7 - et taux de pyrite $< 2 \%$ en masse dans le matériau élaboré (méthode teneur en soufre avec déduction stoechiométrique) -et taux d'imbrulés à 975 °C moins le taux d'imbrulés à 500 °C $< 20 \%$ 	<p>Schistes houillers incomplètement ou non brûlés</p> <p>AN-G2</p>
		<ul style="list-style-type: none"> - LA > 45 ou FR > 7 - ou taux de pyrite $\geq 2 \%$ en masse dans le matériau élaboré (méthode teneur en soufre avec déduction stoechiométrique) - ou taux d'imbrulés à 975 °C moins le taux d'imbrulés à 500 °C $\geq 20 \%$ 	<p>Schistes houillers</p> <p>AN-G3</p>	

Matériaux naturels particuliers / conditions R

Matériau naturel particulier	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code EGWTRCH
AN-G2 AN-G3 Schistes houillers non-brûlés (dits « schistes noirs »)	Ces matériaux seront identifiés à partir des paramètres retenus pour la classification des sols. Les risques d'une post-combustion après mise en remblai devront dans certains cas être examinés.		On adoptera les conditions d'utilisation applicables à la classe de sols correspondant aux paramètres de granulométrie, d'argilosité et d'état hydrique. En général ces sols se classent V _{Ci} (G _i , S _i , ou I _i). Suivant leur classification, ils peuvent être sensibles à l'eau.	

Matériaux naturels particuliers / conditions R

Matériau naturel particulier	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai		Code EGWTRCH		
AN-G2 AN-G3 Schistes houillers non-brûlés (dits « schistes noirs »)	Ces matériaux identifiés paramétrés la classification. Les risques de combustion en remblai sont certains (à examiner).	AN-G2 Schistes houillers non-brûlés (dits « schistes noirs »)	Ces matériaux issus de roches relativement tendres forment une pellicule superficielle de boue lorsqu'ils sont circulés sous la pluie. Mis en œuvre ¹ dans de bonnes conditions météorologiques et s'ils ne comportent que peu, ou mieux, pas d'éléments fins, ils forment une croûte sous la circulation qui leur confère une très bonne tenue aux sollicitations du trafic. Ces matériaux peuvent également être traités avec un liant hydraulique ² .	++ ou +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3
				= ou -	pas de pluie	Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3
						Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du matériau + liant W : Arrosage ou humidification pour gestion de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 1 1 1
AN-G3			matériaux normalement inutilisables en couche de forme			NON	

Matériaux anthropiques / Elaborés / recyclés

• Classification

Mélange de matériaux de déconstruction	Fraîsat d'enrobés	AR-A5	AR-A1
	Béton concassé		AR-A2
	Produit de déconstruction concassé (hors béton)		AR-A3
	Matériaux traités et non traités		AR-A4
Ballast recyclé		AR-A6	
Mâchefer d'incinération de déchets non dangereux – MIDND		AM-B1	
Cendres volantes (CVCT) silico alumineuses de charbon		AM-C1a	
Laitiers	Laitier granulé/vitrifié de haut fourneau	AM-D1	
	Laitier cristallisé de haut fourneau	AM-D2	
	Laitier de convertisseur à oxygène	AM-D3	
	Laitier d'aciérie électrique en filière carbone	AM-D4	
	Laitier d'aciérie électrique en filière inox et allié	AM-D5	
	Laitier de métallurgie secondaire	AM-D7	
Sous-produits de fonderie	Sable de fonderie	AM-F1	
	Laitier de fonderie en four cupola	AM-F2	
Schistes houillers	Schistes houillers calcinés (rouge)	AM-G1	

Matériaux Elaborés / recyclés : classification

Famille de Matériaux	Caractères principaux	Classement selon l'état hydrique et le comportement		
		Paramètres retenus	Valeurs seuils	Sous-classe
AR-A5 Mélange de matériaux de démolition et de déconstruction	<p>Ces matériaux sont issus de la déconstruction ou de la démolition d'ouvrages existants. Ils ont des compositions extrêmement variables du fait de la disparité de leurs origines et du type de collecte (sélective ou non) appliquée pour les rassembler.</p> <p>Leur identification doit résulter à la fois de l'observation visuelle des stocks (avec exécution de tranchée de reconnaissance, si nécessaire - s'ils ne viennent pas d'une plateforme de recyclage) et d'une enquête sur les origines de la constitution de ces stocks. Leur emploi nécessite d'évaluer le risque d'évolution par dégradation de matières putrescibles (notamment le bois) ou par gonflement ettringitique du fait de la présence de sulfates dans certains indésirables (notamment le plâtre)</p>	<u>Sulfates solubles dans l'eau</u> NF EN 1744-1 art. 10.2	< 0,7 %	AR-A5 Graves de recyclage : Matériaux de démolition, sans plâtre, épurés des éléments putrescibles, concassés, criblés, déferrailés, homogénéisés
		<u>Flottants</u> - selon NF EN933-11 pour Dmax<80mm - appréciation visuelle pour Dmax>80mm	FL5 <5% (volume)	
		<u>Indésirables</u> - selon NF EN933-11 pour Dmax<80mm - appréciation visuelle pour Dmax>80mm	X1 <1% (masse)	
		<u>Nature</u> - selon NF EN933-11 pour Dmax<80mm - appréciation visuelle pour Dmax>80mm	Rcug 70	

Famille de Matériaux	Caractères principaux	Classement selon l'état hydrique et le comportement		
		Paramètres retenus	Valeurs seuils	Sous-classe
AM-C1a Cendres volantes (CVCT) silico alumineuses de charbon	<p>Ces matériaux constituent le résidu de la combustion du charbon dans des centrales thermiques. Ce sont des matériaux constitués d'éléments fins (60% < 80µm), relativement homométriques, sphériques, poreux, mais ne présentant aucune plasticité. De ce fait, ils sont sensiblement moins denses que les sols, relativement drainants, et présentent une portance satisfaisante jusqu'à des teneurs en eau dépassant largement. La WOPN. Toutefois, au-delà d'une teneur en eau limite, leur portance chute de manière brutale. Ces matériaux doivent être mis en œuvre hors zones inondables et éventuellement être associés à un écran anti-capillaires.</p>	Le paramètre caractéristique de ces matériaux est le rapport entre leur teneur en eau naturelle et leur teneur en eau optimum Proctor normal.	IPI < 4 $W > 1,3 W_{OPN}$	AM-C1ath
			4 ≤ IPI ≤ 10 $1,2 W_{OPN} ≤ W < 1,3 W_{OPN}$	AM-C1ah
			0,85 WOPN ≤ W < 1,2 WOPN IPI > 10	AM-C1am
			$0,75 W_{OPN} ≤ W < 0,85 W_{OPN}$	AM-C1as
			$W < 0,75 W_{OPN}$	AM-C1ats

Matériaux Elaborés / recyclés : conditions Remblai

Sous-classe	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code EGWTRCH
AR-R51 Graves de recyclage : Matériaux de démolition, sans plâtre, épurés des éléments putrescibles, concassés, criblés, déferrillés, homogénéisés	Matériaux issus d'une opération de concassage et éventuellement de criblage lui conférant les propriétés d'une grave dont la résistance mécanique et la sensibilité à l'eau sont variables et dépendantes du process d'élaboration.		On adoptera les conditions d'utilisation applicables à la classe de sols correspondant aux paramètres de granulométrie, d'argilosité et d'état hydrique. En général, ces matériaux se classent en VC2Gi ou Gi.	

Matériaux Elaborés / recyclés : conditions Remblai et CdF

Sous-classe	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code FGWTRCH	
AR-R1 Graves de re Matériaux de c sans plâtre, é éléments put concassés, déferrai homogén					
Sous-classe	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	
AR-A51 Graves de recyclage : Matériaux de démolition, sans plâtre, épurés des éléments putrescibles, concassés, criblés, déferrailés, homogénéisés	<p>Matériaux issus d'une élaboration lui conférant les propriétés d'une grave dont la résistance mécanique et la sensibilité à l'eau sont variables et dépendantes du processus d'élaboration.</p> <p>On adoptera les conditions d'utilisation et de compactage applicables à la classe de sols correspondant aux paramètres de granulométrie, d'argilosité et d'état hydrique.</p> <p>En général, ces matériaux peuvent être utilisés en couche de forme :</p> <ul style="list-style-type: none"> - soit dans leur état naturel¹ après avoir éliminé ou fragmenté, les éléments grossiers ne permettant pas le réglage de la plate-forme conformément aux exigences formulées - soit traités avec un liant hydraulique². Le traitement n'est cependant envisageable que dans la mesure où un malaxage intime du liant avec le matériau peut être réalisé soit en place avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) soit en centrale. 	<p>++ ou +</p> <p>= ou -</p>	<p>pluie même forte</p> <p>pas de pluie</p>	<p>G : Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate- forme</p> <p>Solution 1 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme</p> <p>Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage ou humidification pour gestion de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné</p>	<p>3 0 0 0</p> <p>3 0 0 0</p> <p>2 1 1 1</p>

Merci de votre attention

CHARDARD Patrice
EIFFAGE GENIE CIVIL Terrassements
3-7, place de l'Europe
78140 VELIZY-VILLACOUBLAY
Patrice.chardard@eiffage.com