

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

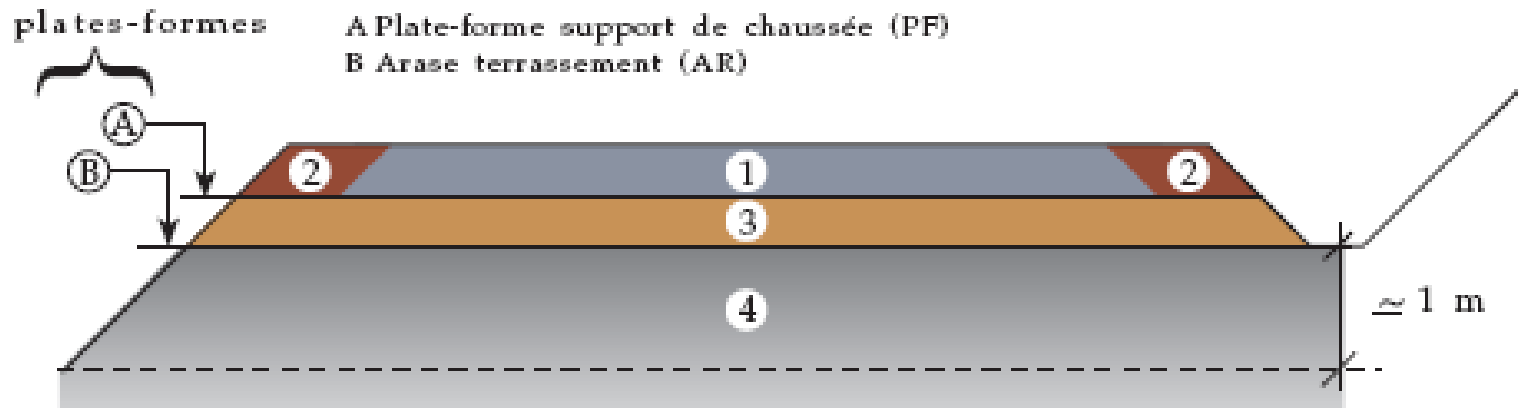
Terminologie

Définition de la CDF

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe permettant d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place aux caractéristiques mécaniques, géométriques et hydrauliques prises comme hypothèses dans la conception de la chaussée.

La surface supérieure de cette structure d'adaptation constitue la « plate-forme » support de chaussée « PF »

On désigne par **Partie Supérieure des Terrassements** ou **PST** la zone supérieure (environ un mètre d'épaisseur) des terrains en place (cas des profils en déblai) ou des matériaux rapportés (cas des profils en remblai). La plate-forme de la PST est l'Arase de terrassement **AR** (figure 4).



- 1 Chaussée (couches de roulement, base et fondation)
- 2 Accotements
- 3 Couche de forme
- 4 Partie supérieure des terrassements PST : épaisseur d'environ 1m de sol naturel (section en déblai) ou de matériau rapporté (section en remblai) située sous la couche de forme.

Selon les cas de chantier (nature des sols, climat, environnement hydrogéologique, trafic de chantier...) la couche de forme se présentera sous des formes différentes. Elle peut être :

- inexistante car inutile lorsque les matériaux constituant le remblai ou le sol en place ont eux-mêmes les qualités requises,
- limitée à l'apport d'une seule couche d'un matériau ayant les caractéristiques nécessaires ; c'est le concept traditionnel de la couche de forme,
- constituée d'une superposition de couches de matériaux différents répondant à des fonctions distinctes, incluant par exemple un géotextile, des matériaux grossiers, une couche de fin réglage, un enduit gravillonné... Cette association conçue rationnellement permet de former une structure d'adaptation dont la surface présente les caractéristiques requises pour une plate-forme support de chaussée.

Figure 5 - Les fonctions " à court terme" de la couche de forme



Assurer la **traficabilité** quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation.



Permettre le **compactage** efficace de la couche de fondation



PST en matériaux grossiers



PST en sol mou

Satisfaire les exigences de **nivellement** de la plate-forme support de chaussée.



Assurer la **protection** de l'arase terrassement vis à vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

ROLES D'UNE COUCHE DE FORME

PENDANT L'EXPLOITATION DE L'OUVRAGE:

- -HOMOGEINISATION DU NIVEAU DE PORTANCE DE LA PLATEFORME SUPPORT DE CHAUSSEE
- -ASSURER UN NIVEAU DE PORTANCE MINIMALE PRIS EN COMPTE DANS LA CONCEPTION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE
- -CONTRIBUER EVENTUELLEMENT AU DRAINAGE DU CORPS DE CHAUSSEE

Critères associés à la construction de la chaussée:

- il est nécessaire que l'orniérage de l'arase soit limité = portance minimale à cours terme (EV2 de l'ordre de 35MPa pour matériaux traités et 15 à 20MPa pour matériaux granulaires))
- pour les différentes couches de chaussées , il faut :
 - nivellement de $\pm 3\text{cm}$
 - EV2 > 50 Mpa
 - déflexion < 2mm

EXIGENCES POUR UN MATERIAU DE COUCHE DE FORME

CES EXIGENCES CONCERNENT:

- L'insensibilité à l'eau.
- la dimension des plus gros éléments.
- la résistance sous la circulation des engins de chantier.

d'où pour un matériau granulaire non traité:

- $VBS < 0,1$
- $D_{max} < 80$ à 100 mm (classe 0/80 ou 0/100)
- $LA < 45$ et $MDE < 45$

Techniques de préparation et de protection des matériaux pour emploi en couche de forme

Rubrique	Code	Technique de préparation des matériaux
G Action sur la granularité	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Elimination de la fraction 0/d sensible à l'eau
	2	Elimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol
	3	Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme
	4	Elimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme
	5	Fragmentation de la fraction grossière pour l'obtention d'éléments fins
W Action sur la teneur en eau	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Arrosage pour maintien de l'état hydrique
	2	Humidification pour changer d'état hydrique
T Traitement	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Traitement avec un liant hydraulique
	2	Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux
	3	Traitement mixte : chaux + liant hydraulique
	4	Traitement à la chaux seule
	5	Traitement avec un liant hydraulique et éventuellement un correcteur granulométrique
S Protection superficielle	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Enduit de cure éventuellement gravillonné
	2	Enduit de cure gravillonné éventuellement clouté
	3	Couche de fin réglage

Tableau VII - Tableau récapitulatif des techniques de préparation des matériaux pour emploi en couche de forme.

Rubrique G: action sur la granularité:

- élimination de la fraction 0/d sensible à l'eau . Mais problème de la traficabilité et il convient de procéder à un sablage superficiel voire une couche de fin réglage.
- élimination de la fraction grossière pour faciliter le malaxage et le nivellement (50mm pour le traitement et 100 mm dans les autres cas)
- élimination à la fois de la fraction fine sensible à l'eau et de la fraction grossière
- fragmentation de la fraction grossière pour produire une certaine quantité d'éléments fins pour l'enrobage des blocs en cas de traitement avec un liant hydraulique (cas des calcaires tendres ou de craies dures).

Rubrique W : Actions sur l'état hydrique

Ces actions concernent surtout les matériaux sur lesquels on doit pratiquer un traitement à la chaux ou aux liants hydrauliques pour les rendre aptes à un emploi en couche de forme. Le respect d'un état hydrique aussi voisin que possible de la teneur en eau

à l'optimum Proctor normal du mélange matériau-liant est indispensable pour obtenir les performances mécaniques élevées escomptables.

Les actions sur l'état hydrique envisageables sont :

- un arrosage pour maintenir la teneur en eau durant le malaxage et le compactage,
- une humidification de la masse du matériau pour ramener son état hydrique de sec à moyen. Dans ce cas, il faut être conscient que les quantités d'eau peuvent être importantes car il faut, d'une part apporter l'eau nécessaire à l'augmentation de la teneur en eau pondérale recherchée, et d'autre part compenser les pertes dues à l'évaporation durant le malaxage.

Rubrique T : Traitement

Cette rubrique rassemble les actions consistant à mélanger différents produits tels que la chaux (éventuellement sous forme de lait de chaux), des liants hydrauliques (ciment, cendres volantes, laitiers...) ou des correcteurs granulométriques, pour conférer au matériau des performances mécaniques supérieures à celles qu'il possède à l'état naturel, et durables tout au long de la vie de l'ouvrage.

Rubrique S : Protection superficielle

Les matériaux granulaires non traités utilisables en couche de forme requièrent souvent une protection de surface pour leur donner une résistance suffisante aux efforts tangentiels créés par les pneumatiques des engins (accélérations, freinages, virages), ou garantir les exigences de nivellement.

Dans le cas des matériaux traités à la chaux ou aux liants hydrauliques, ce rôle se double de celui, tout aussi important, de maintenir leur état hydrique relativement constant durant la période de prise et de durcissement. Ceci impose que la protection appliquée demeure peu perméable (vis-à-vis des percolations comme de l'évaporation) pendant le temps correspondant.

D'autres objectifs peuvent être encore poursuivis avec cette protection comme la recherche d'un bon accrochage avec la couche de fondation, la réduction des poussières sous le trafic...

B₃₁, B₃₂

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plateforme support de chaussée				
						PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2
B₃₁	Ces sols insensibles à l'eau (*) et constitués par des granulats résistants peuvent être utilisés en couche de forme : - soit dans leur état naturel, - soit traités avec un liant hydraulique. Ils se traitent en place et en centrale (*) On considère ici les sols de la classe B ₃ dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	++ OU +	pluie même forte	Utilisation en l'état	0 0 0 0	e = 0,75 ou (2) e = 0,6 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)
		= OU -	pas de pluie	Solution 1 Utilisation en l'état Solution 2 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 0 0 0 1 1 1					
B₃₂	Ces sols insensibles à l'eau (*) sont constitués par des granulats friables qui sous l'action du trafic pourraient se transformer en éléments fins (fillers) sensibles à l'eau. Pour cette raison leur emploi en couche de forme impose de les traiter avec un liant hydraulique. Ces sols se traitent en place ou en centrale. (*) On considère ici les sols de la classe B ₃ dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)	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 éventuellement gravillonné	0 1 1 1					

(1) Sur cette PST, la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas de PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

(2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme.

(3) Dans le cas de la PST n°4, une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté, appliqué directement sur l'arase terrassement.

Dimensionnement d'une CDF

La classification géotechnique des sols et les conditions hydriques intéressant le mètre supérieur supportant la couche de forme, zone appelée "Partie Supérieure des Terrassements" (PST), permettent de distinguer **7 cas**, présentés ci-après. A chaque PST est associée une ou deux classe(s) de portance à long terme de l'arase de terrassement, notée(s) **ARi**. Pour chaque classe de portance de l'arase et pour les différents matériaux de couche de forme, il est alors préconisé une épaisseur de couche de forme qui permet d'atteindre un niveau de portance supérieur ou égal à PF2

Pour le sol support , les valeurs des modules retenues comme suit :

Module de calcul (Mpa)	20	50	120	200
Classe de l'arase terrassement	AR1	AR2	AR3	AR4

Classement des plateformes pour le dimensionnement des structures de chaussée

On distingue 4 classes de portance des plates-formes définies par des plages de valeur de module de déformation réversible, selon le découpage donné par le tableau X.

Module (MPa)	20	50	120	200
Classe de plate-forme	PF1	PF2	PF3	PF4

Tableau X - Tableau définissant les classes de plate-forme PFi

Le classement de la plate-forme s'effectue ainsi :

- lorsque la couche de forme a au moins l'épaisseur préconisée par les tableaux de l'annexe 3, la classe de la plate-forme est indiquée dans ces mêmes tableaux selon la P.S.T. et la nature de la couche de forme.
- si l'épaisseur de la couche de forme est inférieure à la valeur préconisée, la classe de la plate-forme à retenir est celle de la classe de l'arase de terrassement.

OPTIMISATION DU COUT GLOBAL DU PROJET

Le calcul de la structure de chaussée ou l'étude économique de l'ensemble terrassement-couche de forme-chaussée, pourront conduire à retenir une couche de forme de nature différente et d'épaisseur supérieure pour obtenir une plate-forme de meilleure portance. Pour faire cette étude d'optimisation, il est nécessaire d'effectuer une étude spécifique pour préciser les caractéristiques mécaniques et les coûts des matériaux de couche de forme possibles, et d'autre part se référer aux documents de dimensionnement des chaussées.



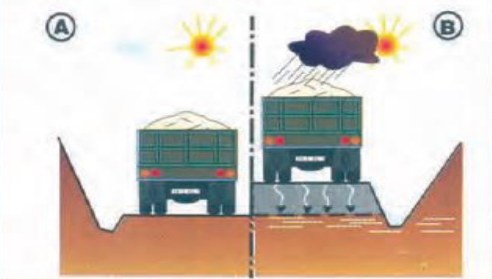
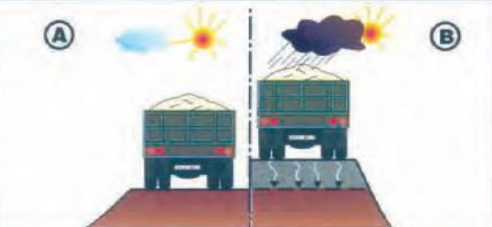
Les différents cas de PST




Selon la nature des matériaux et l'environnement hydrique, 7 catégories de Partie Supérieure des Terrassements notées de PST n° 0 à PST n° 6.

Le cas de la PST n° 0 correspond à une situation impropre à la réalisation d'une plateforme.

Les classes de portance de l'arase de terrassement introduites pour chaque cas de PST sont associées

aux caractéristiques du sol support dites à long terme, c'est à-dire représentatives des conditions hydriques défavorables que pourra connaître la plate - forme, pendant la durée de vie de la chaussée.

Cas de P.S.T	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		<p>Sols A, B₂, B₄, B₅, B₆, C₁, se trouvant dans un état hydrique (th).</p> <p>Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.</p>	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		<p>Sols Matériaux des classes A, B₂, B₄, B₅, B₆, C₁, R₁₂, R₁₃, R₃₄ et certains matériaux C₂, R₄₃ et R₁₃₃ dans un état hydrique (h).</p> <p>Contexte. PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).</p>	AR1	Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principale à l'eau vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte - soit d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on intercale un géotextile anticontaminant à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		<p>Sols Matériaux des classes A, B₂, B₄, B₅, B₆, C₁, R₁₂, R₁₃, R₃₄ et certains matériaux C₂, R₄₃ et R₁₃₃ dans un état hydrique (m).</p> <p>Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).</p>	AR1	Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme. Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.
P.S.T. n°3		<p>Sols Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2.</p> <p>Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).</p>	AR1 AR2	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas de PST 2. Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.

<p>P.S.T. n°4</p>		<p>Sols Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granulométrie permette leur traitement.</p> <p>Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau (en remblai ou rapportés en fond de déblai hors nappe) améliorés à la chaux ou aux liants hydrauliques selon une technique "remblai" et sur une épaisseur de 0,30 à 0,50 m. L'action du traitement est cependant durable.</p>	<p>AR2</p>	<p>La portance de l'arase peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur.</p> <p>La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des valeurs de portance de l'arase mesurées à court terme (après prise du liant).</p>
<p>P.S.T. n°5</p>		<p>Sols B, et D, et certains matériaux rocheux de la classe R_{20}.</p> <p>Contexte PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.</p>	<p>AR2 AR3</p>	<p>La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR3 si le module EV_2 de l'arase est supérieur à 120 MPa.</p> <p>Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme sur cette PST ne s'impose que pour satisfaire les exigences de traficabilité.</p>
<p>P.S.T. n°6</p>		<p>Sols Matériaux des classes $D_1, R_1, R_{11}, R_{17}, R_{20}, R_{27}, R_{37}, R_{47}, R_{57}$, ainsi que certains matériaux C_2, R_{27}, R_{30} et R_{35}.</p> <p>Contexte PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.</p>	<p>AR3 AR4</p>	<p>Classement en AR3 si $EV_2 \geq 120$ MPa et en AR4 si $EV_2 \geq 200$ MPa.</p> <p>Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme.</p> <p>La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.</p>

Cette épaisseur est fixée de telle sorte qu'elle :

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

Cette épaisseur préconisée dépend :

- du cas de PST et de la portance 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 dernières colonnes des tableaux de l'annexe 3 sur les conditions d'utilisation des sols et des matériaux rocheux en couche de forme.

Les valeurs proposées viennent de l'expérience de chantier et correspondent à des trafics courants de chantier (limités à l'approvisionnement des matériaux de la couche de fondation). Dans le cas de trafics plus élevés on majorera les épaisseurs préconisées de 10 à 20 cm.

B₃₁, B₃₂

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plateforme support de chaussée				
						PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2
B ₃₁	Ces sols insensibles à l'eau (*) et constitués par des granulats résistants peuvent être utilisés en couche de forme : - soit dans leur état naturel, - soit traités avec un liant hydraulique. Ils se traitent en place et en centrale (*) On considère ici les sols de la classe B ₃ dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	++ OU +	pluie même forte	Utilisation en l'état	0 0 0 0	e = 0,75 ou (2) e = 0,6 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)
		= OU -	pas de pluie	Solution 1 Utilisation en l'état Solution 2 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 0 0 0 1 1 1					
B ₃₂	Ces sols insensibles à l'eau (*) sont constitués par des granulats friables qui sous l'action du trafic pourraient se transformer en éléments fins (fillers) sensibles à l'eau. Pour cette raison leur emploi en couche de forme impose de les traiter avec un liant hydraulique. Ces sols se traitent en place ou en centrale. (*) On considère ici les sols de la classe B ₃ dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)				
		= 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		e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3	e = 0,35 PF3

(1) Sur cette PST, la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas de PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

(2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme.

(3) Dans le cas de la PST n°4, une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté, appliqué directement sur l'arase terrassement.

Le GTR donne aussi des règles de surclassement de portance des plateformes avec des couche de forme en matériaux granulaires non traités , sols argileux et limoneux traités à la chaux ou chaux+ciment et matériaux traités aux liants hydrauliques.

Le surclassement se détermine :

- en examinant l'incidence de l'épaisseur + la qualité de la CDF sur les contraintes et déformations dans les couche de chaussées.
- en vérifiant que les contraintes de traction restent admissibles dans les CDF en matériaux traités.

DISPOSITIONS DU GMTR

classification des arases en fonction du CBR

AR_i	St_i	Court terme CBR %	Long terme CBR %
AR0	St0	---	≤ 4
AR1	St1	≥ 8	≥ 6
AR2	St2	≥ 15	≥ 10
AR3	St3	≥ 25	≥ 15
AR4	St4	≥ 40	≥ 25

L'essai CBR ne peut être effectué, ou est peu représentatif sur les sols qui présentent plus de 30 % d'éléments supérieurs à 20 mm et les sols classés en C et D et les sables. La portance à long terme est par conséquent estimée à partir des essais de déformabilité. Ces essais sont effectués sur des matériaux mis en place et compactés. Leur représentativité du comportement à long terme dépend selon la nature du sol de la connaissance des variations des conditions d'humidité dans cette couche lors de la durée de vie de l'ouvrage.

CAS DU GMTR

critères de réception des arases

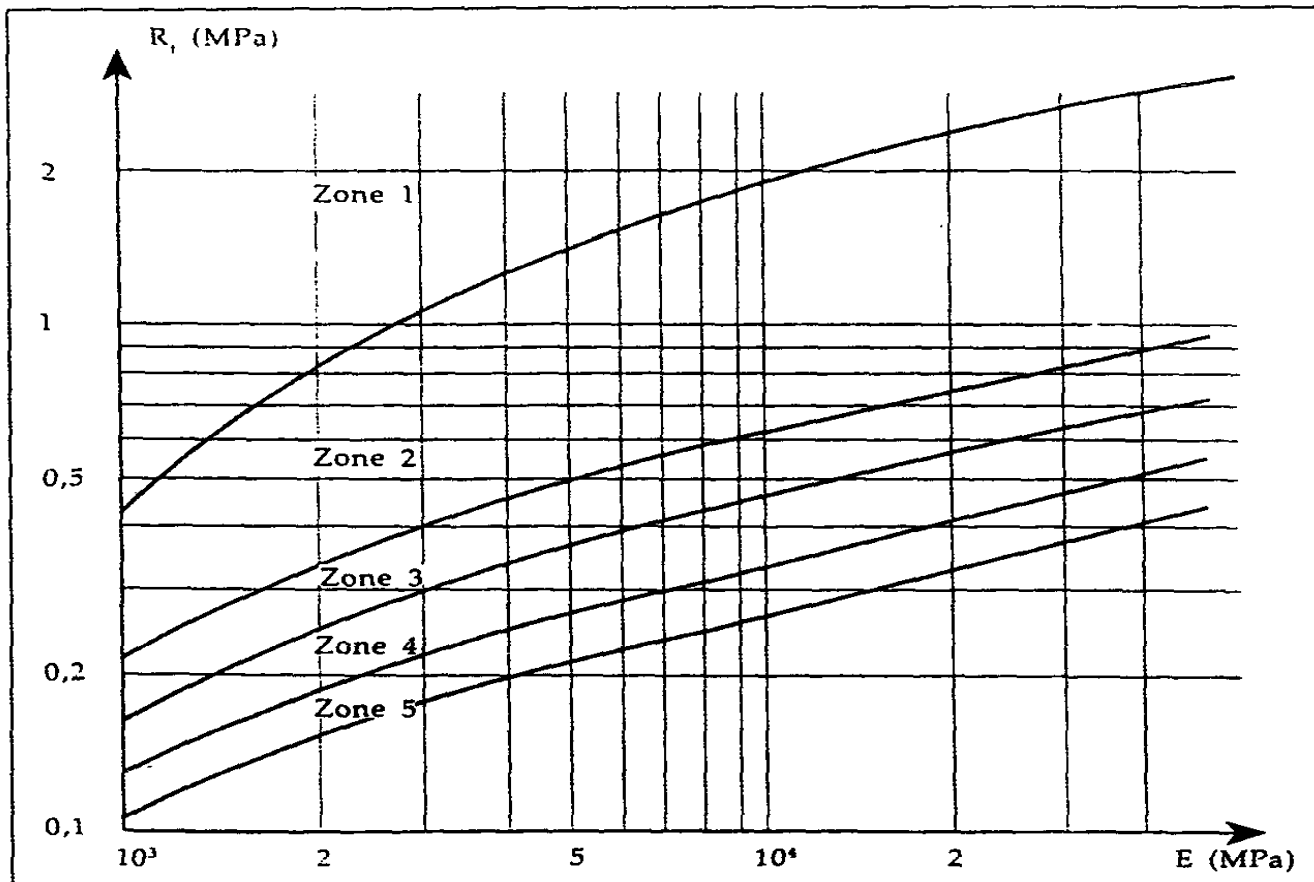
Classes d'arase		Chantier		Long terme Module équivalent	Long terme CBR
		(Critères de réception vérifiés pour 95 % des points)			
ARi	Sti	Ev2 (MPa)	d (1/100 mm)	E (MPa)	CBR (%)
AR1	St1	> 30	≤ 300	≥ 20	≥ 6
AR2	St2	≥ 80	≤ 150	≥ 50	≥ 10
AR3	St3	≥ 120	≤ 100	≥ 120	≥ 15
AR4	St4	≥ 200	≤ 60	≥ 200	≥ 25

Epaisseur d'une CDF en matériaux granulaires non traités

Cas de couches de forme non traitées

Classe d'arase	Nature de la couche de forme	Classe de plate-forme
AR1 (C.B.R \geq 4) (St1)	Matériaux St2 non traités	P2 à partir de 40 cm
	Matériaux St3 ou St4 non traités	P2 à partir de 30 cm P3 à partir de 60 cm
AR1 (C.B.R \geq 6) (St1)	Matériaux St2 non traités	P2 à partir de 35 cm
	Matériaux St3 ou St4 non traités	P3 à partir de 50 cm
AR2 (St2)	Absence de couche de forme ou couche de forme en matériaux St2	P2
	Matériaux St3 ou St4 non traités	P3 à partir de 35 cm
AR3 (St3)	Absence de couche de forme ou couche de réglage en matériaux St3	P3
AR4 (St4)	Absence de couche de forme ou couche de réglage en matériaux St4	P4

Epaisseur d'une CDF en matériaux traités aux liants hydrauliques en fonction de E et R_t à 90 j :



Types de classes mécaniques de matériaux traités

Traitement en centrale	Traitement en Place	Classe mécanique du matériau traité aux llants hydrauliques ou avec un traitement mixte
Zone 1		1
Zone 2	Zone 1	2
Zone 3	Zone 2	3
Zone 4	Zone 3	4
Zone 5	Zone 4 et 5	5

Pour les matériaux de classes mécaniques très élevées 1 et 2, les caractéristiques réelles (E_t , R_t) sont pris en compte dans le calcul de dimensionnement du corps de chaussée.

Epaisseurs de couche de forme traitée

ARASE	COUCHE DE FORME CLASSE MECANQUE DU MATERIAU TRAITE	EPAISSEUR POUR CLASSEMENT DES PLATES- FORMES (cm)		
		P2	P3	P4
AR1 (EV2 ≥ 30 Module chantier)	3		35	40*
	4	35	40*	50*
	5	40*	50*	
	Traitée à la chaux uniquement	50*		
AR1 (EV2 ≥ 50 module chantier)	3		30	35
	4	30	35	40*
	5	35	40*	
	Traitée à la chaux uniquement	40*		
AR2 (S2)	3	Couche de réglage		30
	4	Couche de réglage	30	35
	5	Couche de réglage	35	

(*) : en 2 couches

REMBLAIS PARTICULIERS/DISPOSITIONS DU GMTR

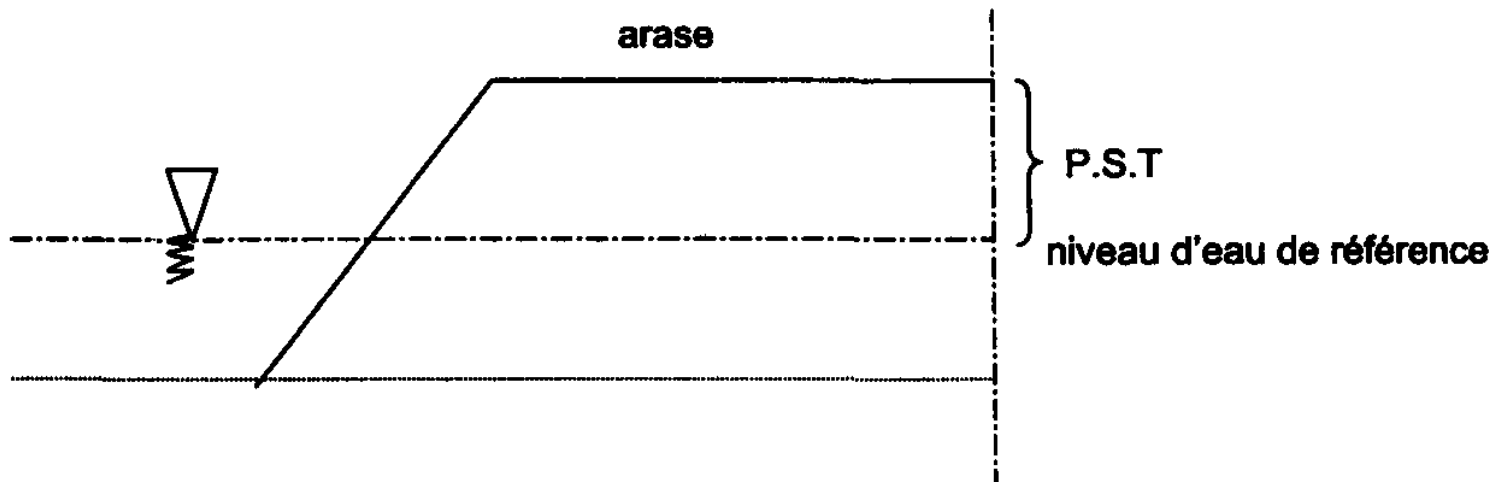
LES REMBLAIS EN ZONE INONDABLE

UN REMBLAI IMMERGÉ EST EXPOSÉ AUX RISQUES SUIVANTS DE DÉSORDRES :

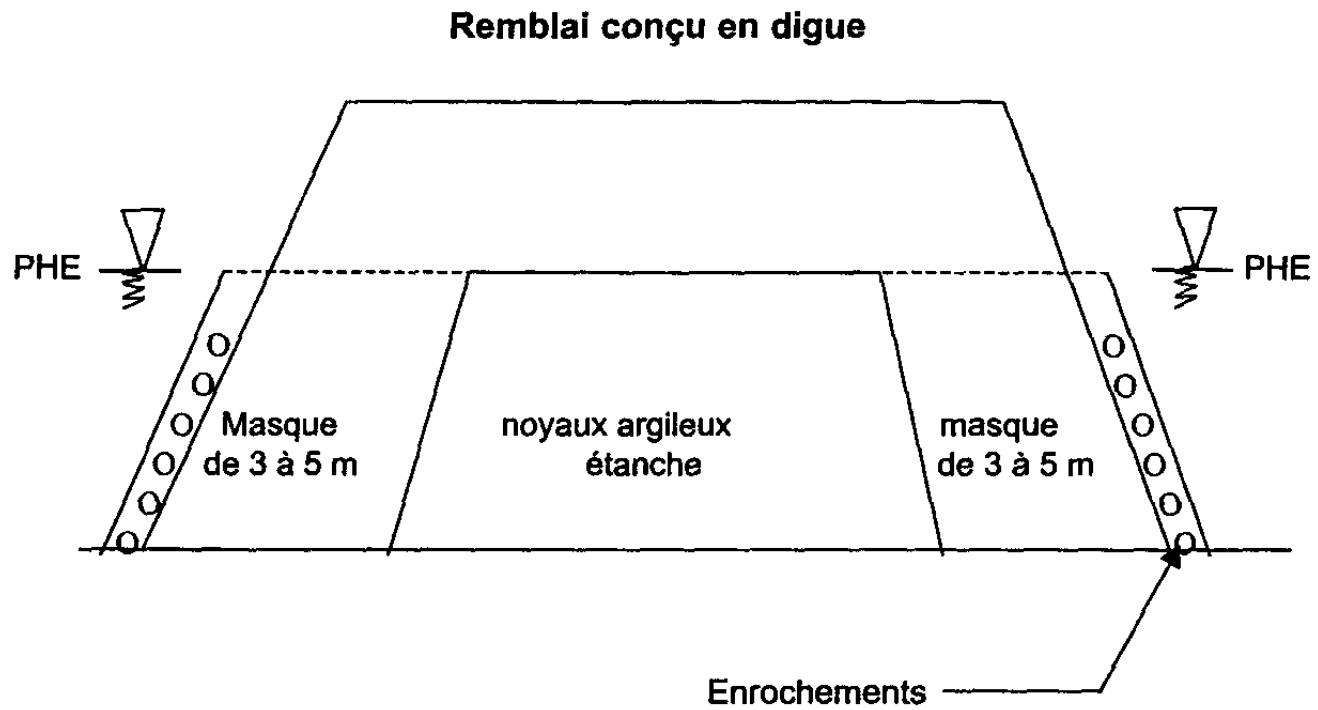
- DÉPARTS DES FINES DU MATÉRIAUX CONSTITUANT LE REMBLAI
- LES MOUVEMENTS DE RETRAIT GONFLEMENT DES MATÉRIAUX DE REMBLAI
- L'ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS IMMERGÉS QUI PEUT ENTRAÎNER L'INSTABILITÉ DU REMBLAI À LA RUPTURE .
- LES EFFONDREMENTS DU REMBLAI

Exemple

2. Le niveau d'eau de référence ne doit pas atteindre la P.S.T :



Exemple



LES REMBLAIS CONTIGUS AUX OUVRAGES

Les risques potentiels que présente un remblai contigu à un ouvrage d'art sont les suivants :

- le tassement différentiel qui peut être important ;
- la fissuration au niveau de la jonction du remblai et de l'ouvrage d'art ;

Afin d'éviter ces risques il est nécessaire de respecter certaines dispositions constructives concernant :

- la conception du remblai ;
- le choix des matériaux ;
- la mise en œuvre.

REMBLAIS CONTIGÜS AUX OUVRAGES

Les matériaux à utiliser sont :

- D2, B 3 et B2 avec $VBS < 1,5$; B4 avec $VBS < 1,5$

- Les tufs TcBi correspondants aux classes précitées.

Le compactage des matériaux doit se faire :

- En couches minces

- Teneurs en eau proches de l'optimum Proctor.

LES REMBLAIS DE GRANDE HAUTEUR ($H > 15M$)

Les remblais de grande hauteur sont les remblais dont la hauteur dépasse 15 m. Ces remblais sont considérés comme des ouvrages d'art et doivent faire l'objet pour chaque cas d'une étude spéciale. Les objectifs essentiels à satisfaire par ces remblais sont :

- La limitation, voire, l'absence des tassements dans le corps de remblai durant son exploitation.
- La stabilité d'ensemble du remblai et du remblai et son assiette.

L'importance de ces remblais nécessite de les traiter comme des ouvrages d'art.

La satisfaction des objectifs cités ci-dessus impose le respect de certaines règles concernant :

- La conception du remblai.
- Le choix des matériaux de remblai.
- Les conditions de mise en œuvre.

-
- **Evaluation** de la stabilité du remblai au glissement en mesurant C' et φ' sur les sols remaniés prévisibles en remblai à l'état saturé et dans leur niveau de compactage prévu.

■ Au niveau du corps de remblai

- Les discontinuités et les hétérogénéités dans le corps de remblai entraînent des concentrations des écoulements. Il est donc nécessaire de bien maîtriser ces aspects pour maîtriser les mouvements d'eau possibles.
- Eviter, le plus possible, d'utiliser les matériaux hétérogènes en remblai.
- Moduler le compactage avec la hauteur du remblai, en adoptant dans tous les cas, une énergie proche du Proctor Modifié de 0 à 15 m. Cette énergie est à adopter éventuellement jusqu'à la cote -15 m par rapport à la crête supérieure du remblai si le remblai est de très grande hauteur ($h \geq 30$ m).
- Réaliser éventuellement au laboratoire, pour les remblais de très grande hauteur, sur les matériaux de remblais des essais de sensibilité oedométriques. Ces essais auront pour objectif de fixer la densité de référence à atteindre en tenant compte de la position du matériaux dans le remblai de très grande hauteur. Le compactage se fera dans tous les cas à une teneur en eau proche de l'OPM. Il est en effet très important de ne pas compacter les matériaux à l'état sec.
- Au niveau des transitions déblai/remblai, évacuer l'eau rapidement et transversalement pour éviter les arrivées d'eau au niveau des remblais.

■ Au niveau des talus

■ Au niveau des talus

Afin d'éviter l'érosion sous l'action de ruissellement des eaux et l'infiltration des eaux dans le corps de remblai, il est nécessaire de :

- éviter, autant que possible, le recours aux risbermes, et dans le cas contraire adopter de très bonnes pentes pour assainir ces risbermes ($> 6\%$) ;
- réduire les pentes de talus pour diminuer les effets de l'érosion ;
- éventuellement stabiliser les talus par traitement à la chaux.

■ **Au niveau de la base du remblai s'il présente des risques de remontées par succion**

- réaliser une couche drainante en matériaux granulaires non évolutifs ou en géotextile drainant,

ou

- mettre en place un matériau traité à la base du remblai sur une hauteur égale à celle des plus hautes eaux ou celle de la remontée capillaire prévue.