TRAITEMENT DES SOLS EN PLACE
ÉTUDES ET DIMENSIONNEMENT

Daniel GANDILLE

-

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES TERRASSIERS DE FRANCE

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

cisma
Syndicat des équipements pour Construction Infrastructures Sidérurgie et Manutention

USIRF
Routes de France

TERRASSIERS DE FRANCE
Ils ouvrent la voie

ÉTUDES

ÉTUDES PRÉALABLES – FAISABILITÉ

- **Homogénéité du gisement des matériaux**

  Caractérisation par l'homogénéité des valeurs d'identification (VBS, OPN ou OPM..)

- **Essai d'aptitude au traitement** (NF P 94-100)
  - **Objectif :** déterminer l'aptitude d'un sol à « réagir » positivement au traitement avec un ciment ou un LHR,
  - **Intérêt :** réponse rapide (moins de 2 semaines).

Nota : NF P 94-100 (août 2015) est actuellement en cours de révision

ÉTUDES PRÉALABLES – FAISABILITÉ

Essai d'aptitude au traitement (NF P 94-100)

7 jours à 40°C immergé	Aptitude au traitement	Paramètres à considérer	
		Gonflement volumique Gv (%)	**Résistance en compression diamétrale RtB** (MPa)
Traitement avec LHR ou ciment (avec Chaux – uniquement « Gv »)	Apte	Gv ≤ 5	RtB ≥ 0,20
	Douteux	5 < Gv ≤ 10	0,10 ≤ RtB < 0,20
	Inapte	Gv > 10	< 0,10

« RtB » n'est pas une valeur « dimensionnante », elle ne peut pas être utilisée pour qualifier la performance mécanique d'une couche traitée

ÉTUDES DE FORMULATION (1)

Niveaux des Etudes		Nature de l'ouvrage	
Caractéristiques		**PST / remblais techniques**	**Couche de Forme / Assises de Chaussées**
Niveau 1	Circulation possible	Rc >1 MPa (1,5 à 2 MPa pour des trafics lourds)	
	Mélange non gélif (si nécessaire)	RtB > 0,25 MPa	
	Insensibilité à l'eau	CBRi (4 j) > IPI	Rci / Rc (à 60 j) > 0,8 si VBs < 0,5 Rci / Rc (à 60 j) > 0,6 (0.7 pour assises de chaussées) si VBs > 0,5
	Caractéristiques mécaniques	RtB > ou = 0.20 MPa selon P 94-100	Rt/E à 90 j : classe 4 minimum (avec, pour assises de chaussées abattement de 25 ou 35% en fonction de la « qualité » du matériel utilisé)
Niveau 2	Etude de sensibilité	-	variations de la teneur en eau et de la masse volumique apparente

ÉTUDE DE FORMULATION (2)

Cas des « petits » chantiers (taille, durée, moyens,…) : Détermination du dosage en liants

- **Soit par application du GTS**

Classes de sols	Dosages préconisés pour PF2
(C) - A1- B5	1 % CaO + 7 % LHR
(C) – A2 – B6	1.5 % CaO + 7 % LHR
(C) – A3	2 % CaO + 7 % LHR ou 6 % CaO
(C) – B1 – B2 et D1	6 % LHR
(C) – B3 – B4 et D2 – D3	5 % LHR
Autres matériaux	Etude nécessaire

ÉTUDE DE FORMULATION (3)

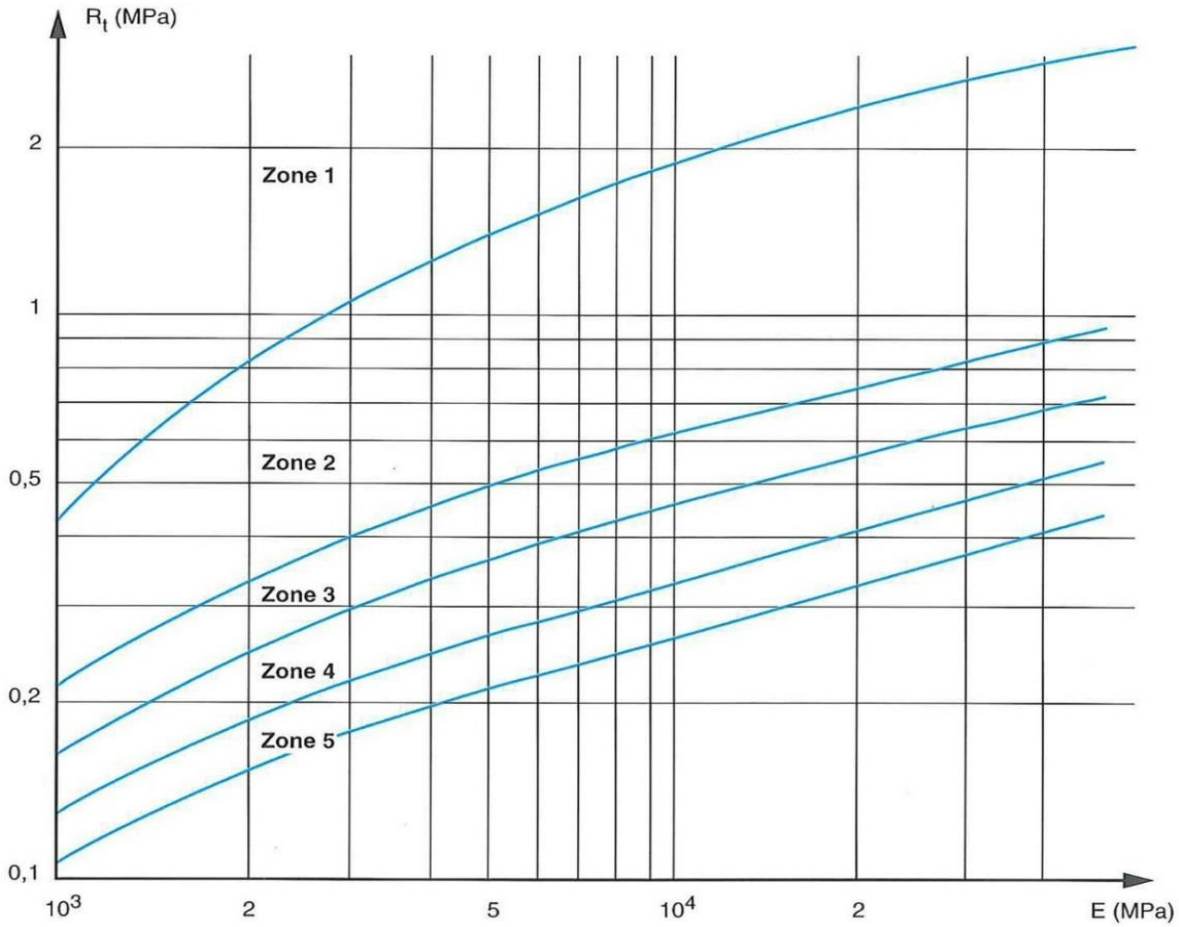
- **Soit par « Retour d'expérience » (Géotechnicien connaissant le traitement):**
  - Procédure fortement conseillée : essai d'aptitude des sols au traitement (NF P 94 100),
  - Utilisation de formulations connues sur des matériaux identiques,
  - Interprétation des résultats d'une étude « court terme »: Rc à 7 j et RtB / E à 28 j,
  - Se limiter à des formulations « basiques » (PF2)

Nota
Une recherche « sols traités aux liants hydrauliques : procédure d'essais accélérés en laboratoire » (CEREMA, CIMBETON, SPTF, RdF, UPC) est actuellement en cours de réalisation (échéance fin 2021). Elle a pour objectif principal de permettre de « raccourcir » les délais de réponse de l'étude de traitement (actuellement 90 jours).

DIMENSIONNEMENT

CLASSES / ZONES MECANIQUES

Diagramme « Rt / E»



définition « classe / zone » en fonction de la méthode de traitement

Classe mécanique	Traitement en centrale	Traitement en place
1	Zone 1	
2	Zone 2	Zone 1
3	Zone 3	Zone 2
4	Zone 4	Zone 3
5	Zone 5	Zone 4

DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME

Classe de l'arase	Couche de forme					Classe de portance de la plate-forme support
	Matériau non traité	Matériau traité				
	• R22, R42, R62, B41, R11 • C1 ou C2 (B21, B41, B51) (Après élimination de la fraction grossière et de la fraction 0/d)	Sols argileux (A3) traités à la chaux seule	• Sols argilo-limoneux (A1, A2, A3) et sablo-limoneux (B4, B5, B6) traités au liant hydraulique (ciment ou LHR), éventuellement prétraités à la chaux. • Sols grenus propres traités aux liants hydrauliques			
	• R21, R41, R61, D31 • C1 ou C2 (B11, B31) (Après élimination de la fraction grossière)					
	• B11, D11 (Après apport correcteur granulométrique)		Classe 5	Classe 4	Classe 3	
	• D21, B31					
AR1	PST1 - 0,60 à 0.75 m	0,50 m*	0,35 m	0,30 m	Non autorisée	PF2
	PST2 - 0,50 m					
	PST3 - 0,35 à 0.40 m					
	PST1 - 0,75 à 1 m	0,60 m*	0,45 m*	0,35 m	Non autorisée	PF2qs
	PST2 - 0,65 à 0.75 m					
	PST3 - 0,55 à 0.65 m					
	PST2 - 0,80 m**	0,70 m*	0,50 m*	0,35 m	0,30 m	PF3
	PST3 - 0,90 m**					
	EV2 non atteignable	EV2 Non atteignable	0,55 m*	0,45 m*	0,40 m	PF4
AR2	PST3 – 0.35 à 0.40 m	0,45 m*	0,30 m	0,25 m	Non autorisée	PF2qs
	PST4 – 0.30 à 0.40 m					
	PST5/6 – 0.35 à 0.40 m					
	0,50 m	0,50 m*	0,35 m	0,30 m	0,25 m	PF3
	EV2 non atteignable	EV2 non atteignable	0,45 m*	0,35 m	0,30 m	PF4

* : traitement en 2 couches

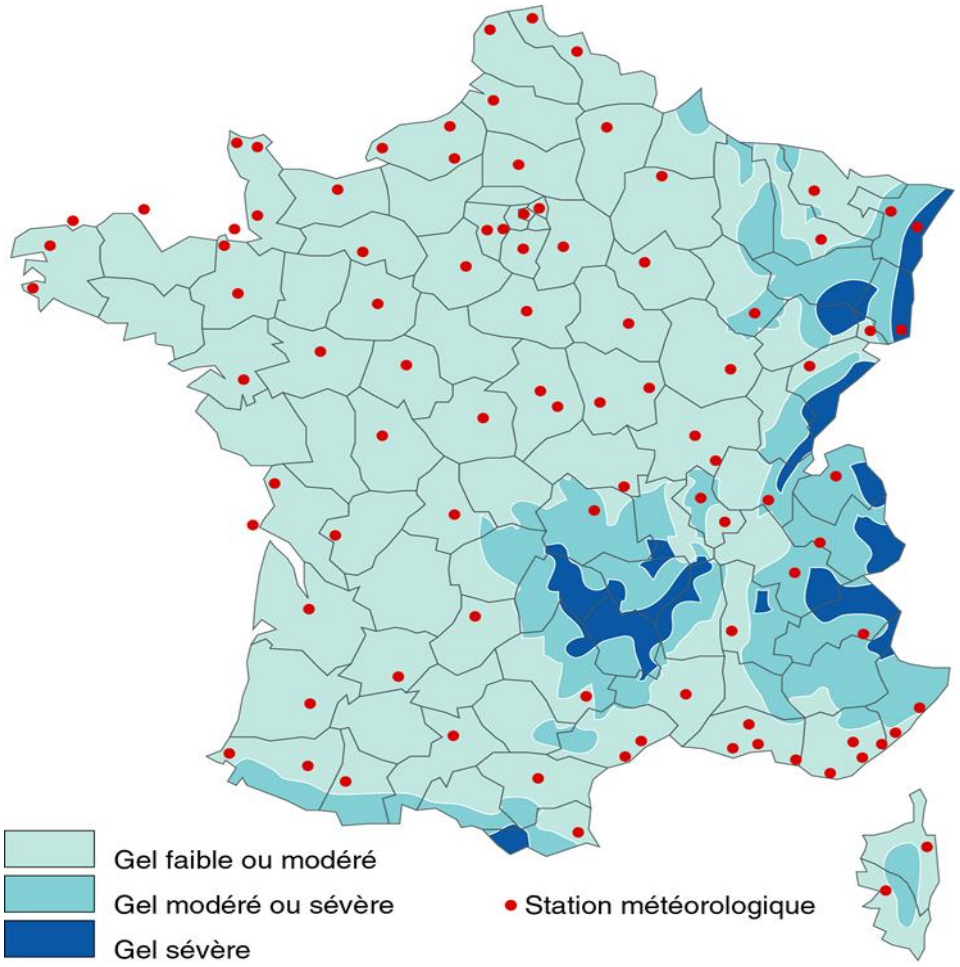
** : certains matériaux ne permettent pas d'atteindre ce niveau de portance (EV2 > 120 MPa) => à vérifier sur planche d'essais ou REX

INTÉRÊTS DU TRAITEMENT AUX LHR (1)

- Intérêt environnemental :
  - préservation des ressources granulaires naturelles,
  - réduction des nuisances dues aux transports (bruit, accidents, dégradation des voiries publiques…,)
  - diminution des zones dépôt..
- Intérêts technique et économique :
  - réduction des épaisseurs (Cf. diapositives suivantes)
  - obtention d'arases plus performantes de classe AR2
  - réduction des distances de transport
  - meilleure protection thermique (épaisseur équivalente)
    - de l'ordre de +15% pour un sol traité au LHR
    - de l'ordre de + 40% pour un sable traité au LHR

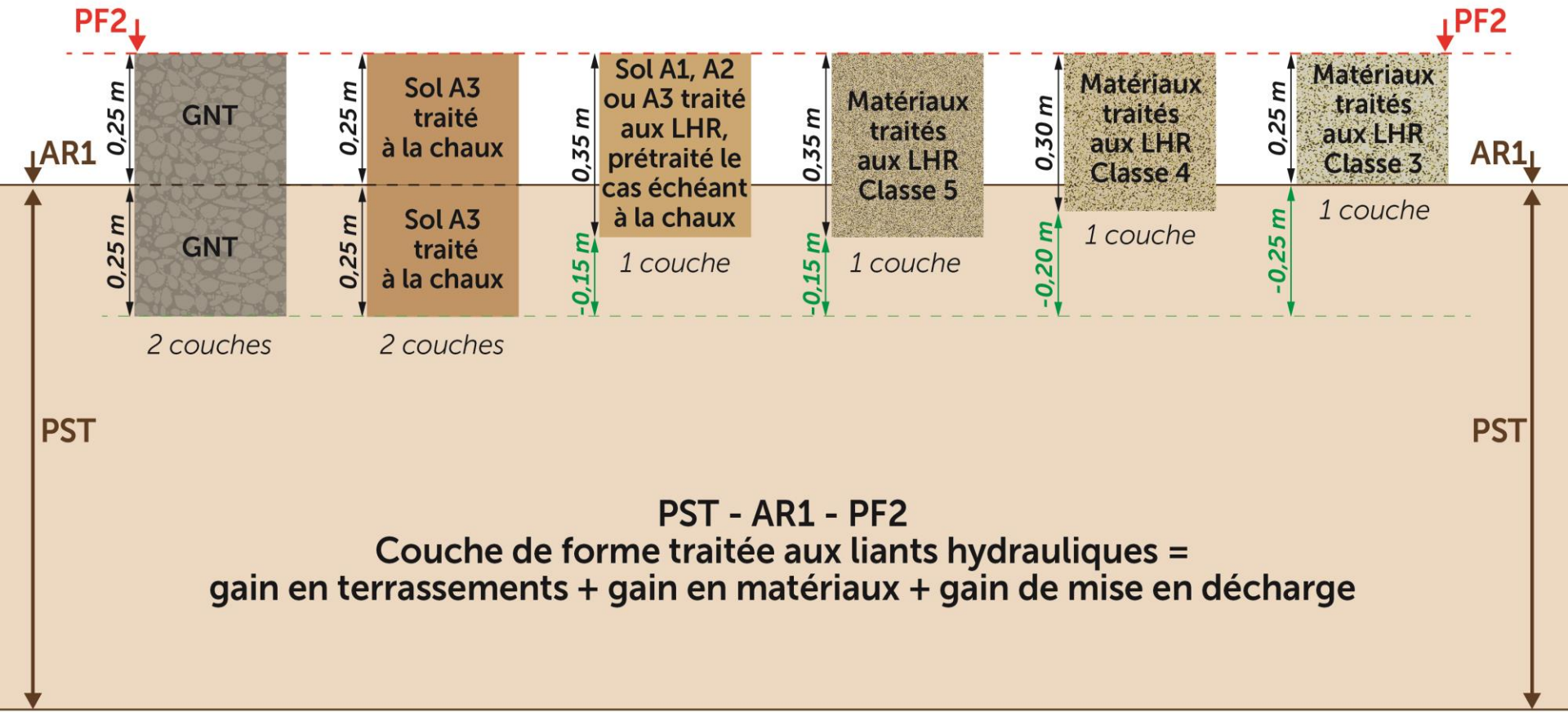
INTÉRÊTS DU TRAITEMENT AUX LHR (2)

Carte des indices de gels en France



DIMENSIONNEMENT EQUIVALENT (1)

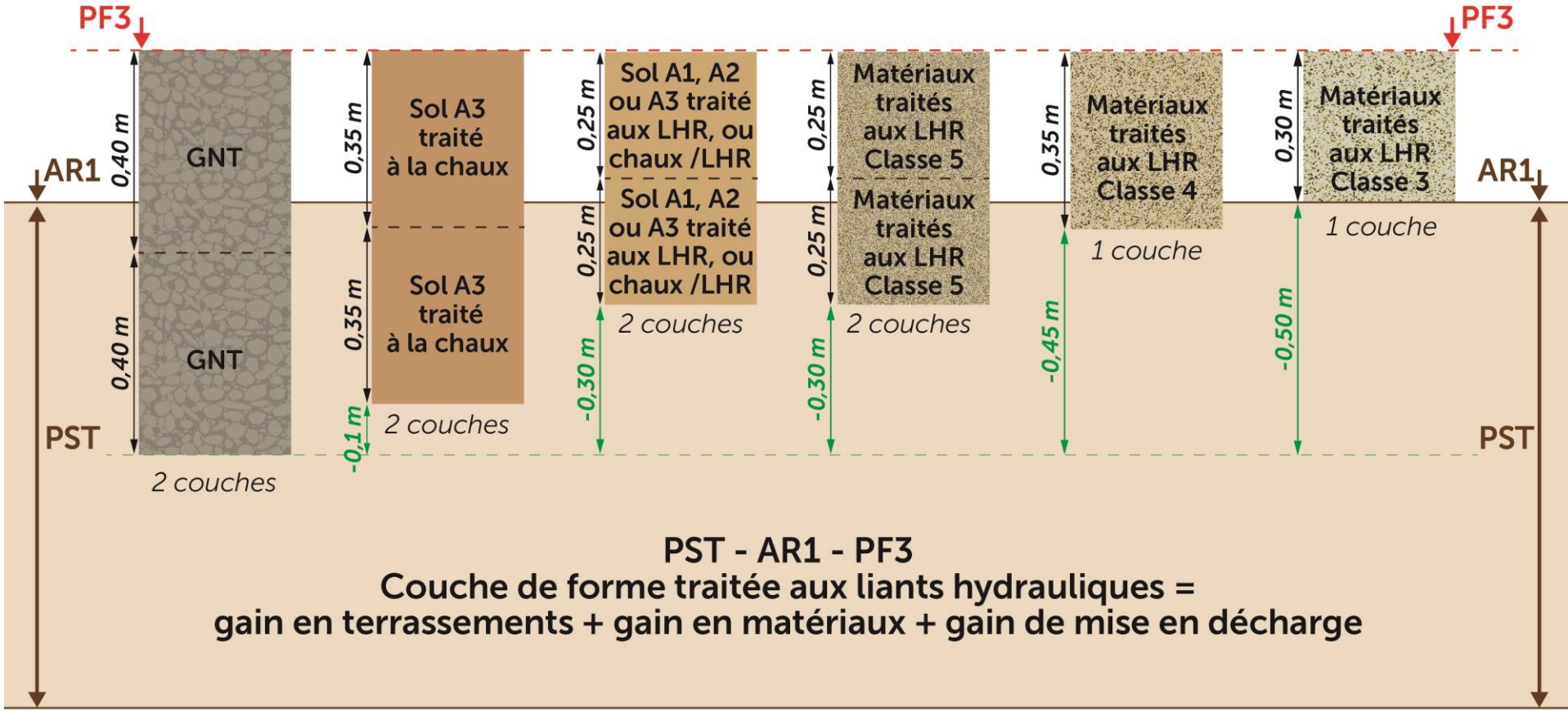
COUCHE DE FORME PF2 sur AR1



PST - AR1 - PF2
Couche de forme traitée aux liants hydrauliques =
gain en terrassements + gain en matériaux + gain de mise en décharge

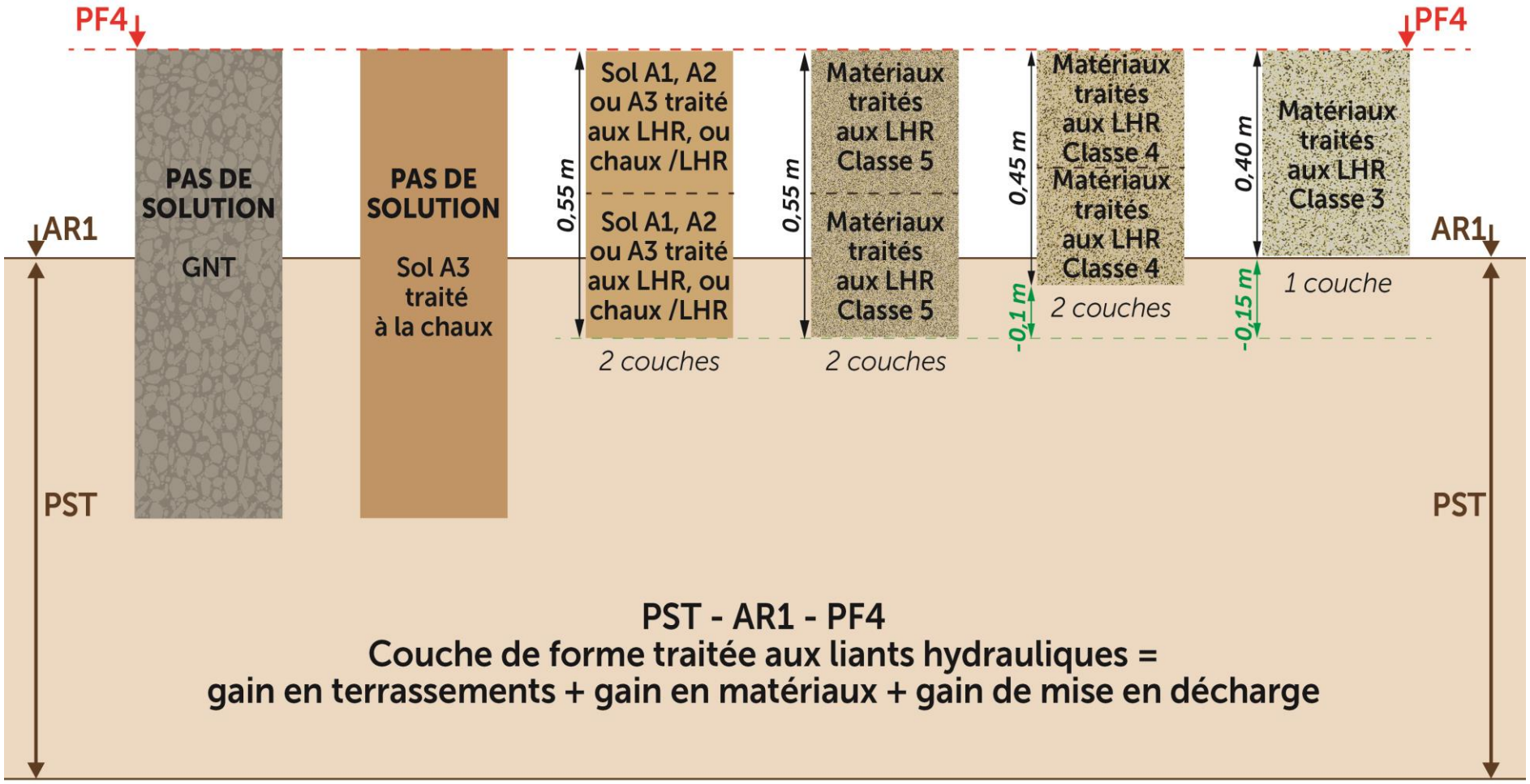
DIMENSIONNEMENT EQUIVALENT (2)

COUCHE DE FORME PF3 sur AR1



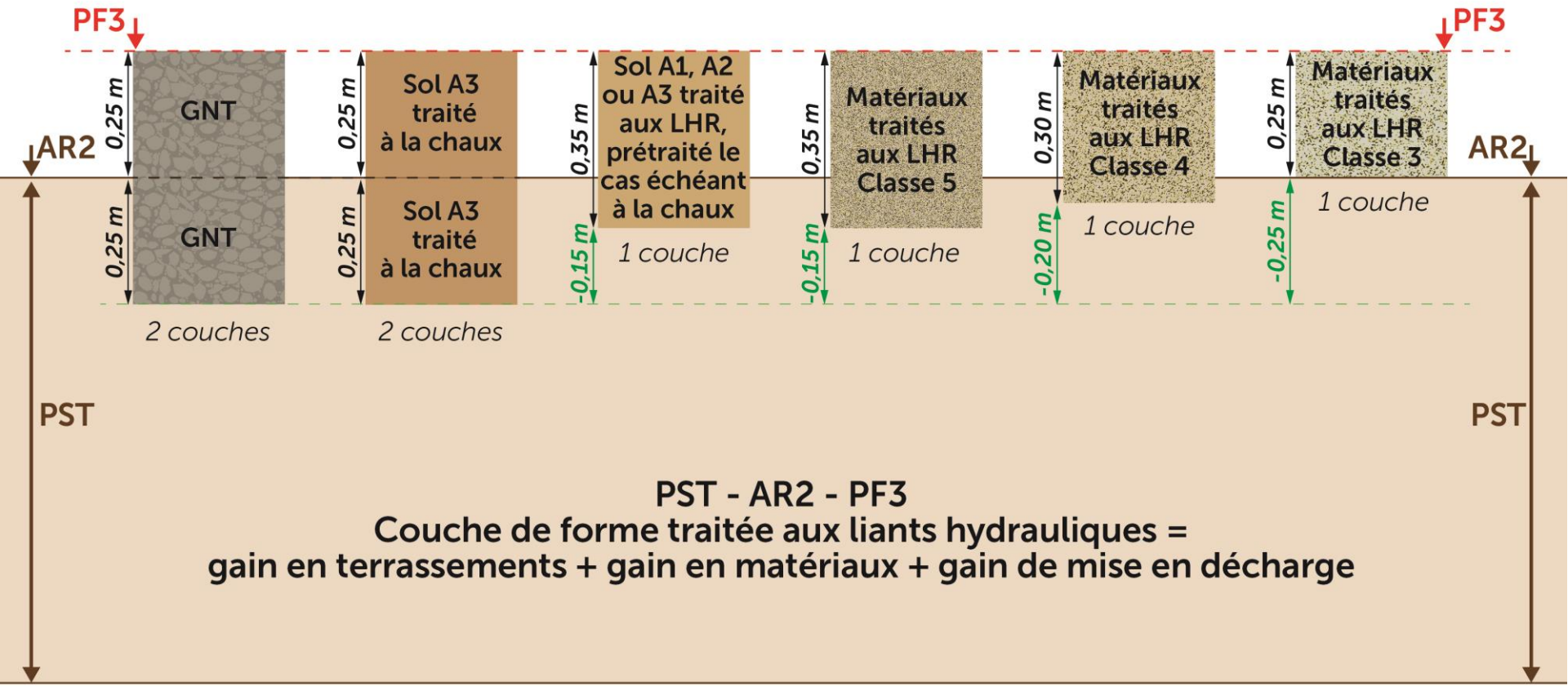
DIMENSIONNEMENT EQUIVALENT (3)

COUCHE DE FORME PF4 sur AR1



DIMENSIONNEMENT EQUIVALENT (4)

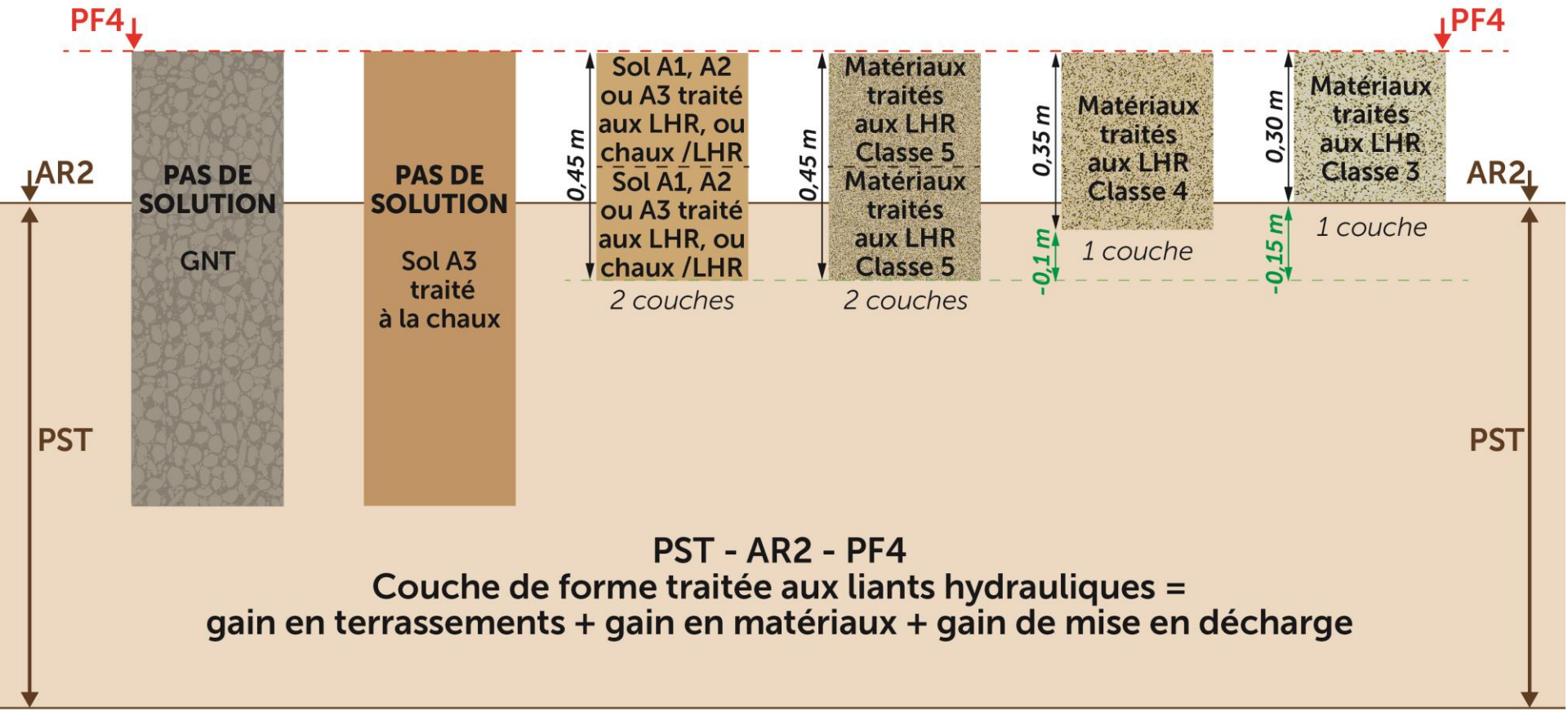
COUCHE DE FORME PF3 sur AR2



PST - AR2 - PF3
Couche de forme traitée aux liants hydrauliques =
gain en terrassements + gain en matériaux + gain de mise en décharge

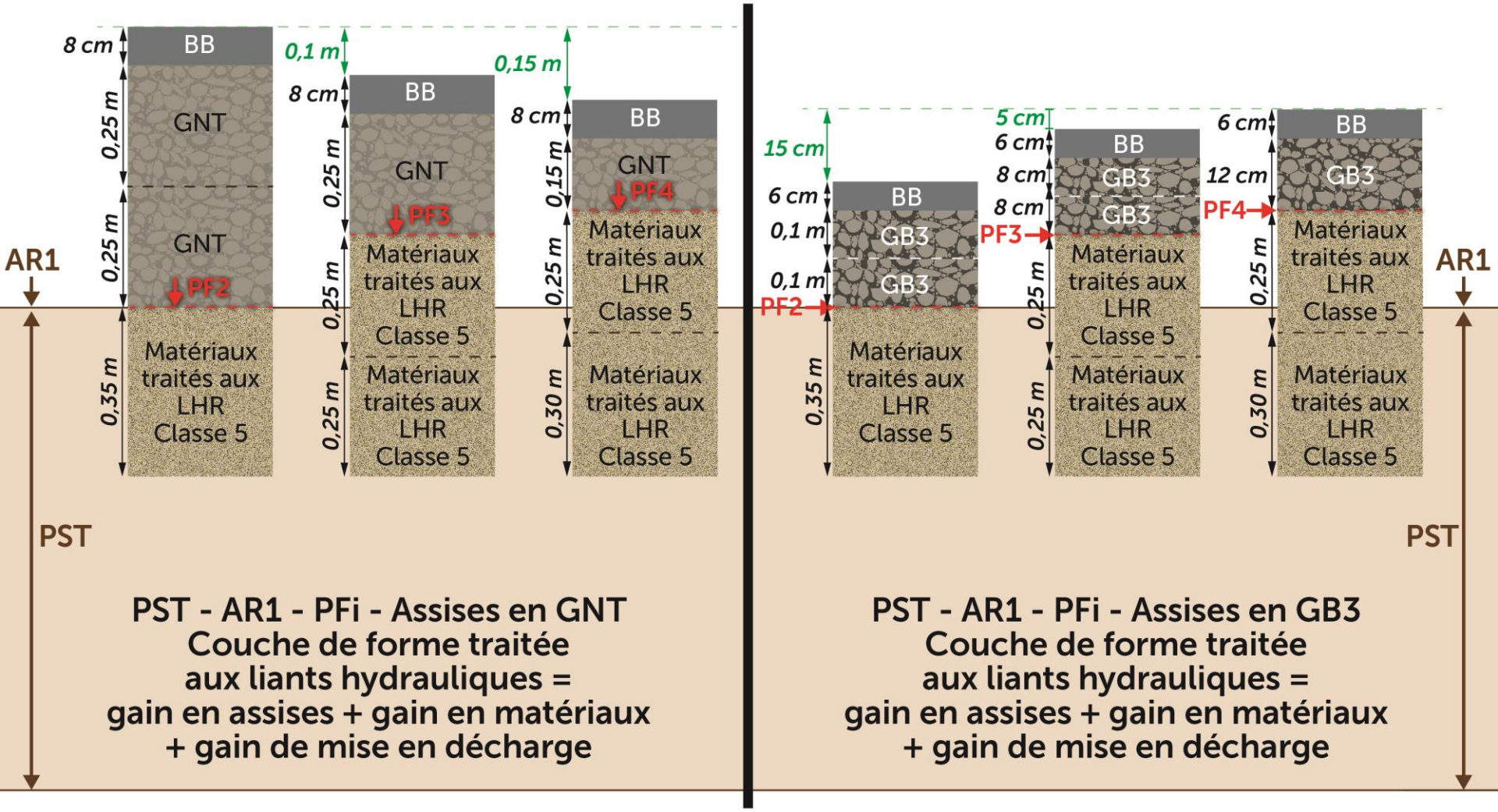
DIMENSIONNEMENT EQUIVALENT (5)

COUCHE DE FORME PF4 sur AR2



DIMENSIONNEMENT ASSISES DE CHAUSSÉE (1)

GNT et GB3 sur PF2, 3, 4 / AR1

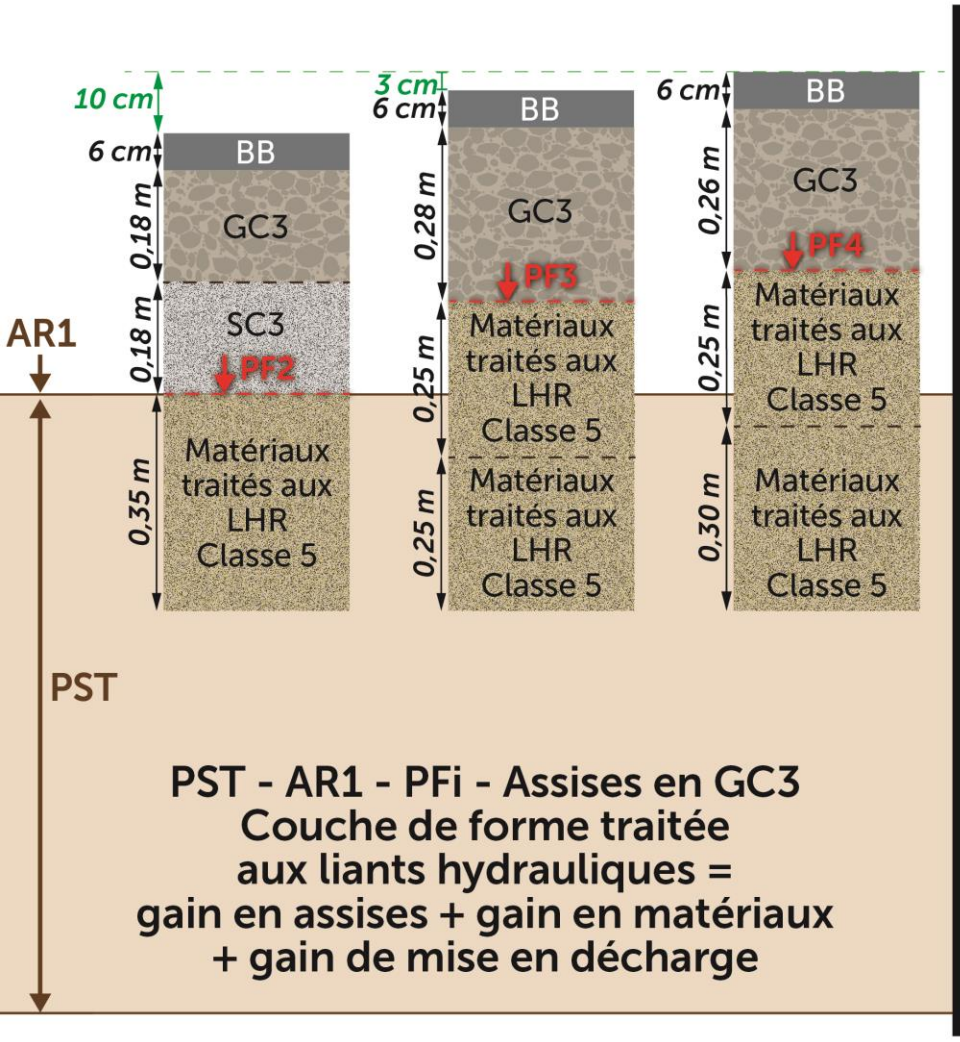


PST - AR1 - PFi - Assises en GNT
Couche de forme traitée
aux liants hydrauliques =
gain en assises + gain en matériaux
+ gain de mise en décharge

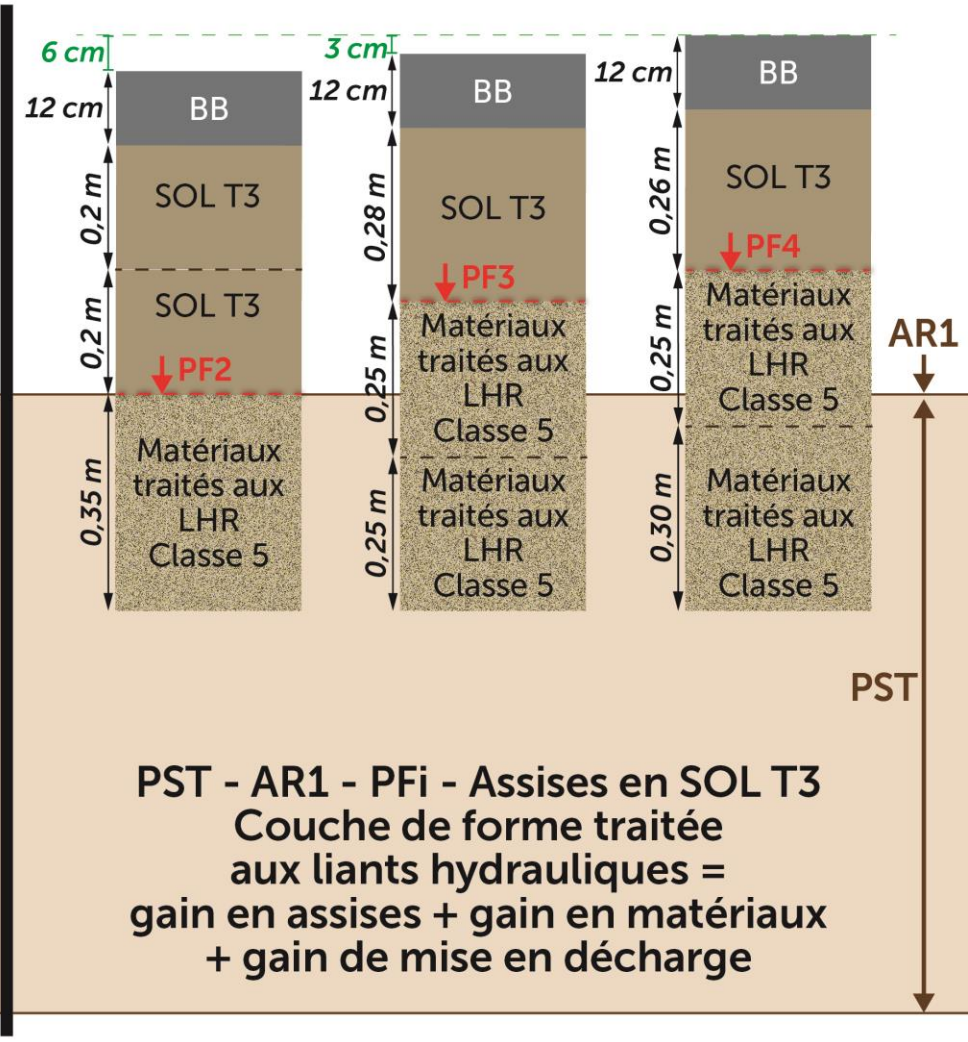
PST - AR1 - PFi - Assises en GB3
Couche de forme traitée
aux liants hydrauliques =
gain en assises + gain en matériaux
+ gain de mise en décharge

DIMENSIONNEMENT ASSISES DE CHAUSSÉE (2)

GC3 et SOLS TRAITES sur PF2, 3, 4 / AR1



PST - AR1 - PFi - Assises en GC3
Couche de forme traitée
aux liants hydrauliques =
gain en assises + gain en matériaux
+ gain de mise en décharge

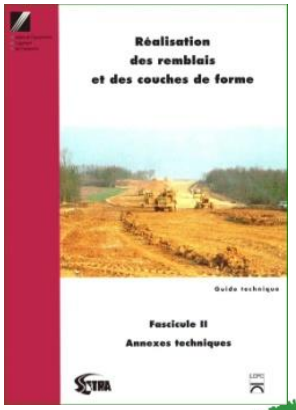


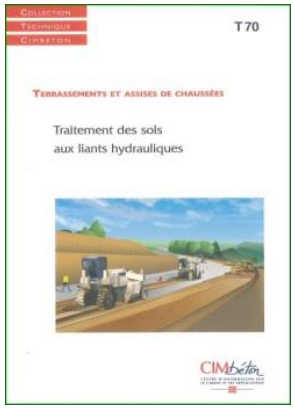
PST - AR1 - PFi - Assises en SOL T3
Couche de forme traitée
aux liants hydrauliques =
gain en assises + gain en matériaux
+ gain de mise en décharge

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- *Guide Technique : Réalisations des remblais et des couches de forme - Fascicule I et Fascicule II* – SETRA / LCPC, 2000 *(actuellement en cours de révision)*.
- *Guide Technique : Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application en remblais et couches de forme* – SETRA / LCPC, 2000
- *Guide Technique : Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application en assises de chaussées* – SETRA / LCPC, 2007.
- *Guide : Terrassements et assises de chaussées - Traitement des sols aux liants hydrauliques* – Collection Technique CIMBETON, 2009.





BIBLIOGRAPHIE

www.infociments.fr

https://www.infociments.fr/calculateur-perceval

PERCEVAL

Logiciel d'aide au choix de Techniques Routières
Économie et Environnement

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

cisma
Syndicat des équipements pour Construction Infrastructures Sidérurgie et Manutention

USIRF
Routes de France

TERRASSIERS DE FRANCE
Ils ouvrent la voie