

Exemples de techniques routières économes et innovantes





Le recyclage sous toutes ses formes :

- les agrégats d'enrobés,
- les graves de recyclages : graves de béton concassé et mâchefers,
- les mélanges mixtes : fraisât/sablon

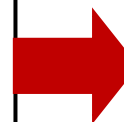


Les agrégats d'enrobés : véritable ressource



Economies

- ressources naturelles (préserve stock de granulats)
- transport
- énergie
- gaz à effet de serre

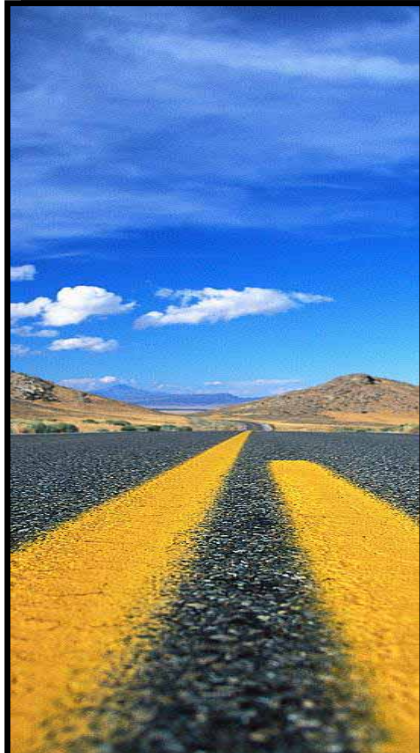


Utilisation possibles

- dans les enrobés
- comme GNT
- dans les MTLH (réduction module bonne résistance à la traction)

Guides techniques

- Norme NF EN 13 108-8 : Mélanges bitumineux – Spécifications de matériaux – Partie 8 – Agrégats d'enrobés
- Norme NF EN 13 108-21 : Maîtrise de la production
- Guide CFTR - Utilisation des normes enrobés à chaud



Agrégats d'enrobés, utilisation dans les enrobés



Utilisation des agrégats d'enrobés								
Usage dans la chaussée	Couche de roulement		0 %	10 % ⁽¹⁾	30 %	10 %	40 %	
	Couche de liaison		10 %	20 %	30 %	40 %		
	Couche d'assise							
Composants de l'agrégat d'enrobé	Liant bitumineux	Teneur	TLNS	TL ₂		TL ₁		
		Pénétrabilité ou TBA	BNS		B ₂	B ₁		
	Granulats	Granularité	GNS		G ₂		G ₁	
		Caractéristiques intrinsèques	RNS			R ₁	RNS	R ₁

⁽¹⁾ si la teneur en liant moyenne de l'agrégat est supérieure à 5 %, on considère que l'enrobé est un béton bitumineux dont les granulats ont été choisis selon des critères minimaux voisins de ceux qui sont recherchés pour le matériau recyclé.

Tableau 11: Utilisation des agrégats d'enrobés



% d'agrégats est différents selon le type de couche et les caractéristiques des composants de l'agrégats (respect des spécifications)



Limite d'introduction liée au type d'approvisionnement : pour des forts taux il est nécessaire d'avoir un stock homogène en granulométrie et teneur en liant .



Incorporation des agrégats dans différents produits



Dans les GNT

(ex mélange Béton concassé – Fraisât) pour réduction des coûts



Dans les Graves traitées (pour réduire le module tout en conservant la résistance à la traction)

Grave traitée

STLH (mélange sablon –Fraisât)



Autres produits et applications possibles

Enrobé coulé à froid

Formule 80% fraisât 0/8, et 20% gravillons 4/6

Grave mousse ou émulsion mixte

Formule composée de béton concassé et d'agrégats d'enrobé



Les graves de recyclage : graves de béton concassé

- Guide Sétra (Guide d'application) : Matériaux Routiers (à venir)
 - Famille de matériaux
 - Famille béton $R_{cug} + R_b > 90$
 - Famille mixte
 - Caractérisation environnementale
 - Critères de recyclage liés à la teneur intrinsèque en éléments polluants (COT, BTEX, PCB, Hydrocarbures, HAP),
 - Critères de recyclage liés au comportement à la lixiviation (Arsenic, Baryum, Cadmium,...),
 - Matériaux : V1, V2 & V3
 - Usages routiers : type 1, type 2 & type 3



Les graves de recyclage : graves de béton concassé



- Remblai et couche de forme (guide technique du Setra/LCPC «Réalisation des remblais et couches de forme») :
 - Matériau de catégorie F 71
 - Différentes assimilations selon les paramètres de nature : D2, B3, B4, D3, C1B3...
 - Pour tous trafics
- Classification GR0 & GR1 selon la Note 22 de l'IDRRIM.

Description	Matériaux pour remblais et couches de forme		Granulats pour assises de chaussées		
	NF P 11-300		NF EN 13242 - NF EN 13285 XP P 18-545		
Dénomination	GR0	GR1	GR2	GR3	GR4
Granularité maximale (mm)	0/150	0/80	0/31.5	0/20	0/20
Code NF EN 13285 (hors caractéristiques intrinsèques)			GNT 2	GNT 3	GNT 3
Caractéristiques de fabrication des gravillons					
Code de fabrication selon la XP P 18-545			Code IV	Code III	Code III
Caractéristiques de fabrication des sables et des graves					
Code de fabrication selon la XP P 18-545			Code c	Code b	Code b
Propreté VBS			≤ 0,2		
Caractéristiques intrinsèques					
LA			≤ 45	≤ 40	≤ 35
MDE			≤ 45	≤ 35	≤ 30
LA+MDE			≤ 80	≤ 65	≤ 55
Autres caractéristiques					
Sulfates solubles dans l'eau NF EN 1744-1 art. 10.2			SS _s , (SS _b)		
Identification des origines des matériaux selon NF EN 933-11			Rcuq 70 X1 FLS		

Les graves de recyclage : graves de béton concassé



- GNT type A ou B (recomposée) selon NF EN 13825
- Classification GR2 , GR3 & GR4 selon la note 22 de l'IDRRIM.



- Couche de fondation :
Pour trafics $\leq T3+$ (GR3)
- Couches de base :
Pour trafics $\leq T3+$ (0/20 GR4)
- Sables et gravillons pour l'élaboration de formulation de MTLH selon NF P 18-545.

Description	Matériaux pour remblais et couches de forme		Granulats pour assises de chaussées		
	NF P 11-300		NF EN 13242 – NF EN 13285 XP P 18-545		
Dénomination	GR0	GR1	GR2	GR3	GR4
Granularité maximale (mm)	0/150	0/80	0/31.5	0/20	0/20
Code NF EN 13285 (hors caractéristiques intrinsèques)			GNT 2	GNT 3	GNT 3
Caractéristiques de fabrication des gravillons					
Code de fabrication selon la XP P 18-545			Code IV	Code III	Code III
Caractéristiques de fabrication des sables et des graves					
Code de fabrication selon la XP P 18-545			Code c	Code b	Code b
Propreté VBS			≤ 0.2		
Caractéristiques intrinsèques					
LA			≤ 45	≤ 45	≤ 35
MDE			≤ 45	≤ 35	≤ 30
LA+MDE			≤ 80	≤ 65	≤ 55
Autres caractéristiques					
Sulfates solubles dans l'eau NF EN 1744-1 art. 10.2			$SS_{0,2}$ (SSb)		
Identification des origines des matériaux selon NF EN 933-11			Rcug 70 X1 FL5		

Les graves de recyclage : mâchefers

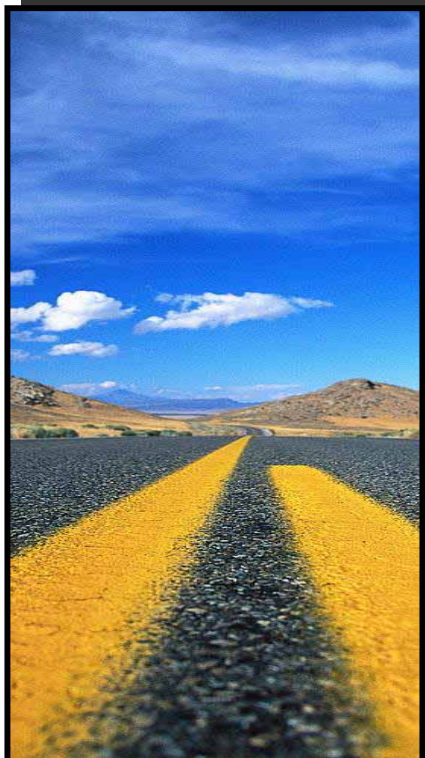
- Arrêté du 18 novembre 2011: MIOM → MIDND
- Guide Sétra (Guide d'application) : Matériaux Routiers

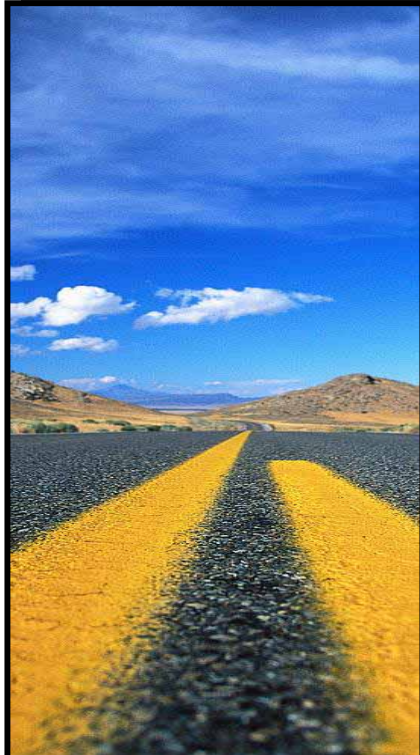
Caractérisation environnementale

Critères de recyclage liés à la teneur intrinsèque en éléments polluants
(COT, BTEX, PCB, Hydrocarbures, HAP, dioxine et furane),
Critères de recyclage liés au comportement à la lixiviation
(Arsenic, Baryum, Cadmium,...),

Matériaux : V1 ou V2

Usages routiers : type 1 ou type 2

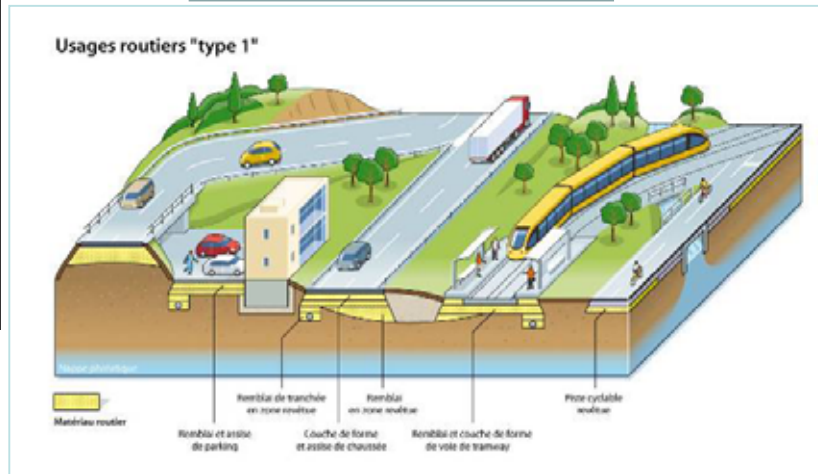




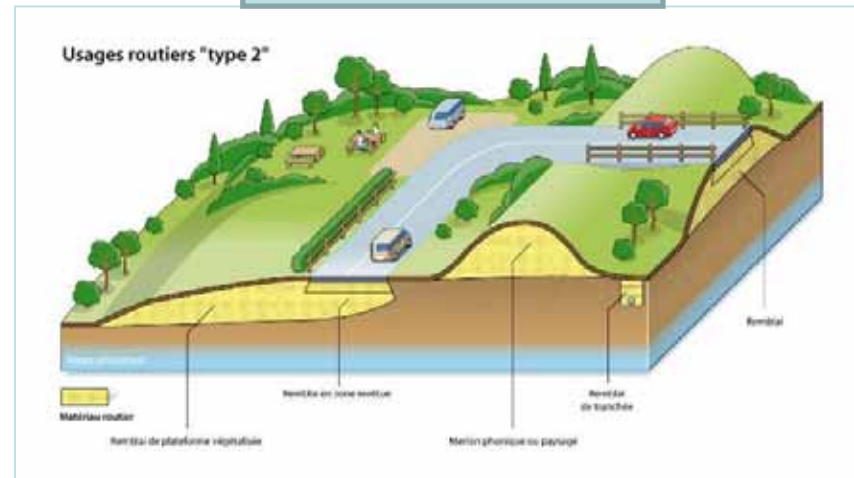
Les graves de recyclage : mâchefers



Revêtus

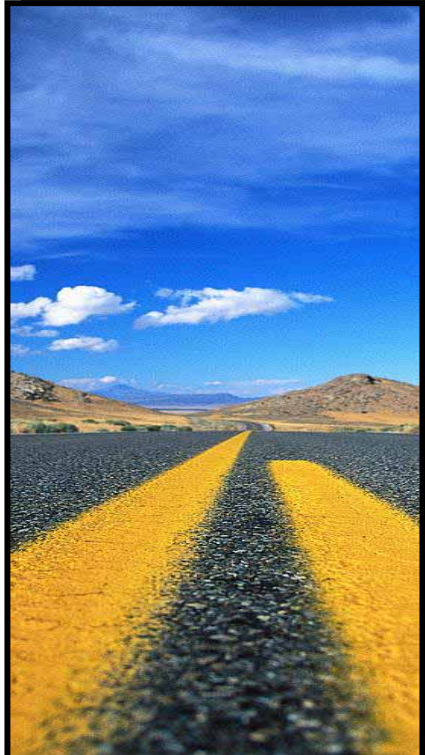


Recouverts



+ Limitations d'usages liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage :

- Zones inondables
- A – de 50 cm des plus hautes eaux connues
- A + de 30m de tout cours d'eau
- Zone captage en eau potable
-

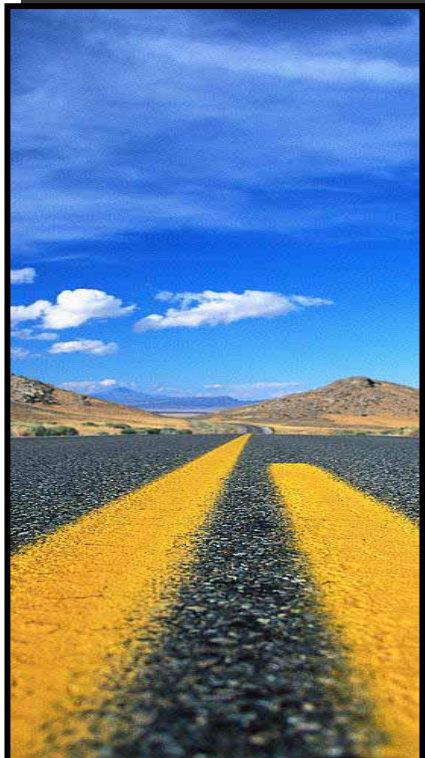


Les graves de recyclage : les graves de mâchefers



- GNT A 0/20 dans le fuseau de spécification de la norme NF EN 13285
- Remblai et couche de forme (guide technique du Setra/LCPC «Réalisation des remblais et couches de forme») :
 - Matériau de catégorie F 61
 - Pour tous trafics
- Couche de fondation :
 - Pour trafics $\leq T4$
- Mis en œuvre en couches de 15 à 30 cm d'épaisseur

Les graves de recyclage : les graves de mâchefers



Les graves de recyclage : mâchefers traités aux LH



- Préparation du mâchefer :
Grave de mâchefer 0/20 mm
- Traitement au liant hydraulique en centrale de malaxage :
- 1 grade en fonction des résistances mécaniques :
MTLH classe 4 (GTS)

- Domaines d'emploi
- ✓ Couche de forme : plate-forme de chaussée de portance élevée



Classe de l'arase		AR1			AR2	
		Épaisseur de matériau de couche de forme				
Classe mécanique du matériau de couche de forme	3	*	30cm	40cm	25cm	30cm
	4	30cm	35cm	45cm**	30cm	35cm
	5	35cm	50cm **	55cm**	35cm	45cm**
Classe de plate-forme obtenue		PF2	PF3	PF4	PF3	PF4

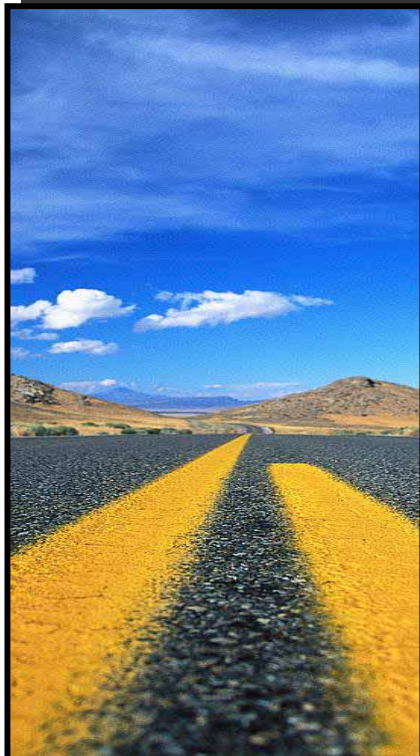
Les graves de recyclage : mâchefers traités aux LH et corrigés



- Préparation du mâchefer :
 - Grave de mâchefer 0/20 mm
- Correction avec un sablon
- Traitement au liant hydraulique routier en centrale de malaxage
- Performances mécaniques à terme : sable hydraulique de classe T2 ou T3 (EN 14227-5)

→ Domaines d'emploi :

- ✓ Couche de fondation :
 - Utilisation identique aux sables hydrauliques T2 et T3 du catalogue des structures-type de chaussées Setra/LCPC
 - $\leq T1$ pour sable T2; tous trafics pour le T3
- ✓ Couche de base :
 - $\leq T5$ pour sable T2; $\leq T2$ pour le T3



Les graves de recyclage : mâchefers en tant que matériaux auto-compactants

- Matériaux autocompactant non essorable pour poutre de rive à base de :
 - ✓ mâchefer criblés et déferrailés
 - ✓ Eventuellement matériaux correcteur
 - ✓ Ciment CEM I 52,5 R (ou CEM I 42,5 R)
- Fabrication en centrale de blanc et transport en camion toupie



Les graves de recyclage : mâchefers pour remblais de tranchées

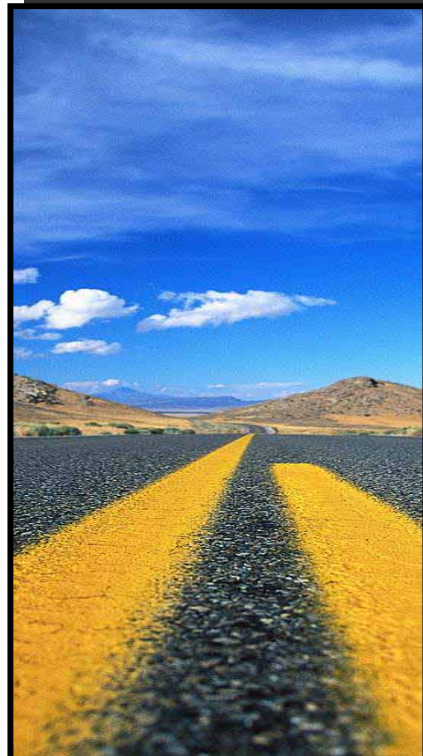
- Produit et procédé pour remblayage de tranchée et cavités diverses :
 - Coulis hydraulique à base de MIOM et cendres volantes :
 - ✓ Mâchefer 65 à 70 %
 - ✓ Cendres volantes 25 à 30 %
 - ✓ Ciment 5 à 8 %
 - ✓ Fibres
 - Utilisation du principe d'Archimède pour caler les canalisations par le haut

→ Avantages du produit :

- ✓ Du fond de fouille à l'enrobé
- ✓ Enrobage parfait des canalisations
- ✓ Auto-plaçant et sans compactage
- ✓ Incompressible
- ✓ Imperméable et non essorable
- ✓ Excavable facilement



Les graves de recyclage : mâchefers pour remblais de tranchées



Les mélanges mixtes : fraisât/sablons

- Guide Sétra (Guide d'application) : Matériaux Routiers

Famille de matériaux

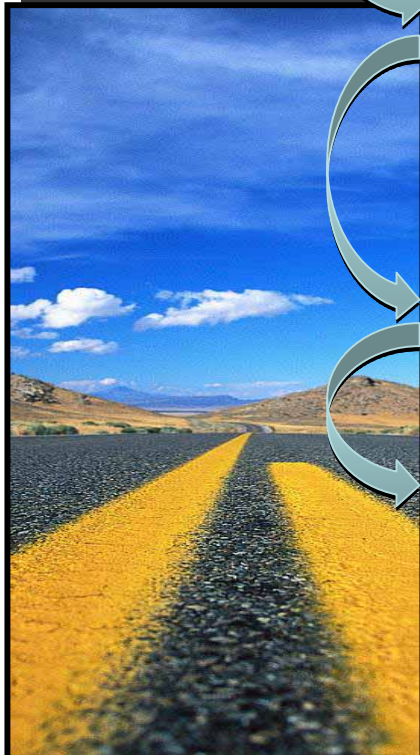
Famille Enrobé Ra > 80

Caractérisation environnementale

Critères de recyclage liés à la teneur intrinsèque en éléments polluants (Hydrocarbures, HAP),

- Matériaux : V1 & V3

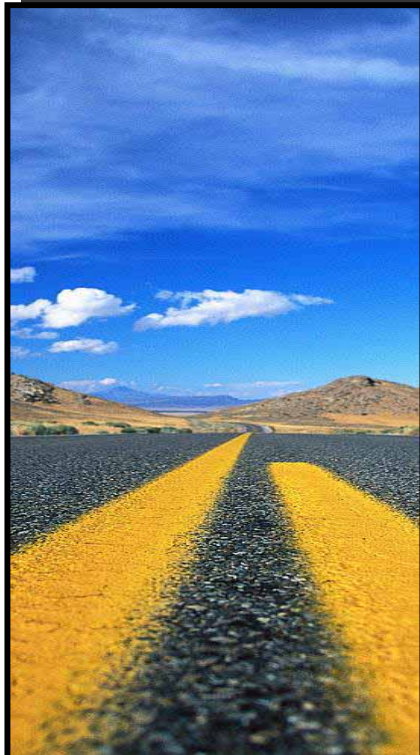
- Usages routiers : type 1 & type 3



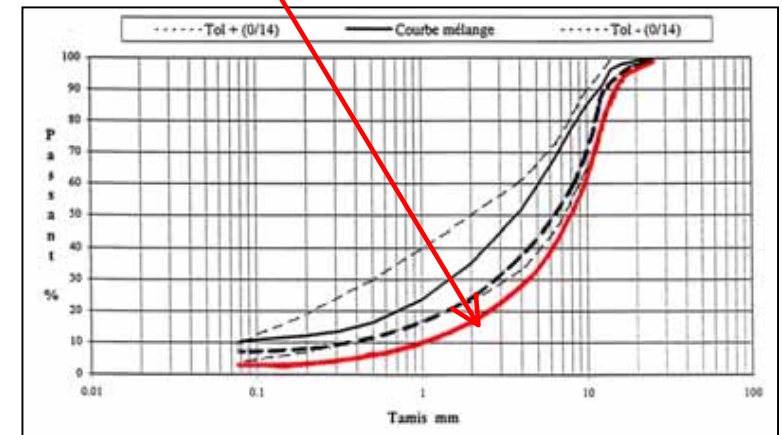
Les mélanges mixtes : fraisât/sablons



- Le Fraisât :
 - Grave 0/20 à 0/31,5 mm
 - Courbe creuse, sans fines
 - Mauvaise traficabilité, difficulté de compactage, mauvaise portance...
- Nécessite l'emploi d'un correcteur



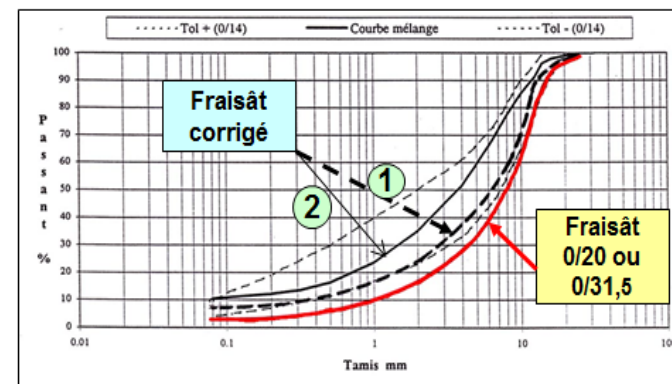
- Les correcteurs :
 - Sablons
 - Stériles de carrière
 - Grave de béton concassé



Les mélanges mixtes : fraisât/sablou



- Simple correction : ①
 - Amélioration de l'IPI,
 - réduction du %age de vides,
 - Réalisation des mélanges au godet de chargeur (70/30, 50/50...).
- Utilisation en remblai,
et remblaiement de tranchées,



- Double correction ② (sable + gravillon):
 - Amélioration de la granularité (fuseaux)
 - Amélioration de l'IPI, réduction du %age de vides,
 - Nécessite un passage en centrale,
 - Traitement possible avec liant routier,
- Utilisation en couche de forme, fondation,