

***L'UTILISATION DE GRANULATS
PROVENANT DE LA
TRANSFORMATION DES
MATERIAUX D'EXCAVATION DES
TUNNELS POUR LA FABRICATION
DES BETONS***

BURDIN Jacques, Ingénieur Conseil

Les Matériaux d'Excavation - MATEX

- Jusqu'en 1990: utilisation « exceptionnelle »
- A partir de 2008: « Obligation »
Directive n°2008/98/CE
- De 1995 à 2014: 250 mio t en Europe
- Horizon 2050: 800 mio t
- Utilisation « dominante »: Granulats pour bétons

Contraintes spécifiques
Règles particulières à respecter



La Gestion et l'Emploi des MATEX

- ✓ Dossier « Carrière » des MATEX impossible à faire
- ✓ Gestion avec « Principe de Précaution »
- ✓ Réglementation administrative à préciser
- ✓ Recommandations AFTES du GT 35
- ✓ Pression de la CE pour utilisation de 70 % des MATEX d'ici à 2020
- ✓ Soutien « Recherche et développement » de la CE → Projet « DRAGON »



Granulats et bétons de MATEX

GC'2015
Paris, 18 et 19 mars



Ouvrages de référence

Pour donner une idée des enjeux

- ✓ Tunnel de base du LÖTSCHBERG *en service*
- ✓ Tunnel de base du GOTTHARD *mise en service 2017*
- ✓ Tunnel de base MAURIENNE/AMBIN
Tunnel Euralpin Lyon-Turin « TELT » (ex LTF)
Début des travaux principaux 2012
MOA très « engagé », démarche MATEX avancée

Projet		Longueur	Excavation	Béton	Granulats		Taux d'utilisation	
			MATEX		Besoins	Production	% du projet	% des MATEX
		[km]	[Mio.t]		[Mio.t]	[Mio.t]		
AlpTransit Gotthard		2 x 57	28,5	4	8	6,5	81%	23%
AlpTransit Loetschberg	(1)	2 x 35	16,5	1,9	3,8	3,8	100%	23%
Lyon Turin Ferroviaire	(2)	2 x 57,3	31	4,7	9,4	9,9	105%	32%

(1) Le creusement et le revêtement des 2 tubes n'ont été que partiellement réalisés

(2) Les études sont en cours de finalisation, les chiffres de ce tableau doivent être corrigés

Les tunnels et les méthodes de creusement

Deux familles de terrains:

- ✓ Les terrains meubles
- ✓ Les Roches dures

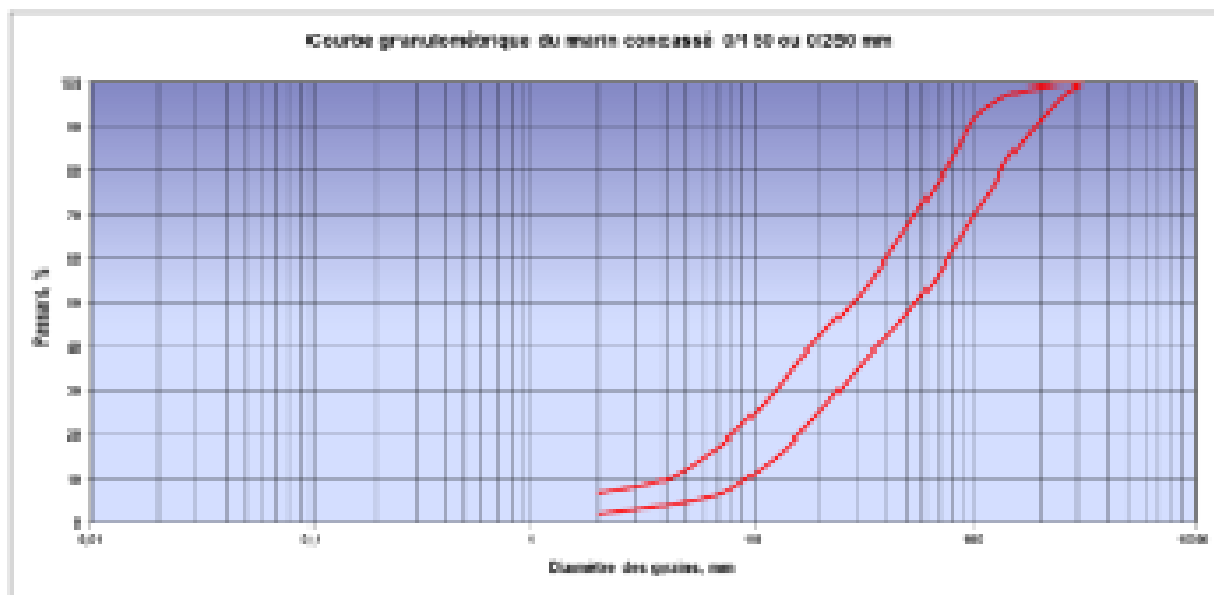
Deux types d'excavation:

- ✓ La méthode conventionnelle
 - ✓ La méthode mécanisée
-
- ❖ 80 % des tunnels creusés selon la méthode mécanisée
 - ❖ 80 % en terrain meuble

MATEX de ROCHE DURE, première étape



Méthode Conventionnelle



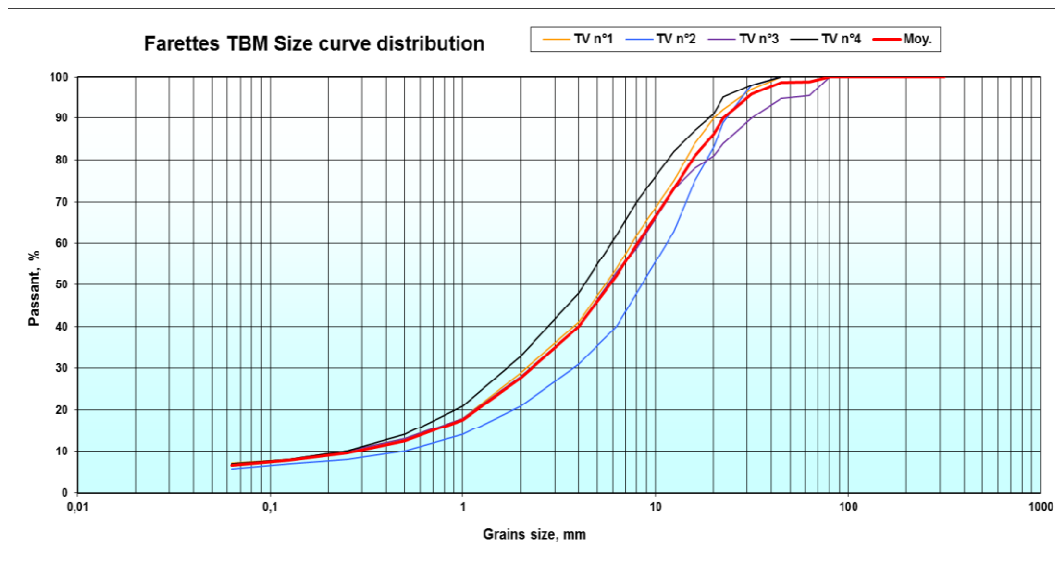
- ✓ MATEX 0/600 mm
- ✓ Concassage primaire en souterrain pour obtenir un 0/250 mm
- ✓ Fuseau de courbes en fonction du type de concasseur

Production des granulats à sec



Galerie d'amenée aménagement Hydro-électrique

- ✓ Matex calcaire du « Malm »
- ✓ Criblage à sec
- ✓ Béton 0/16 mm mono-granulaire

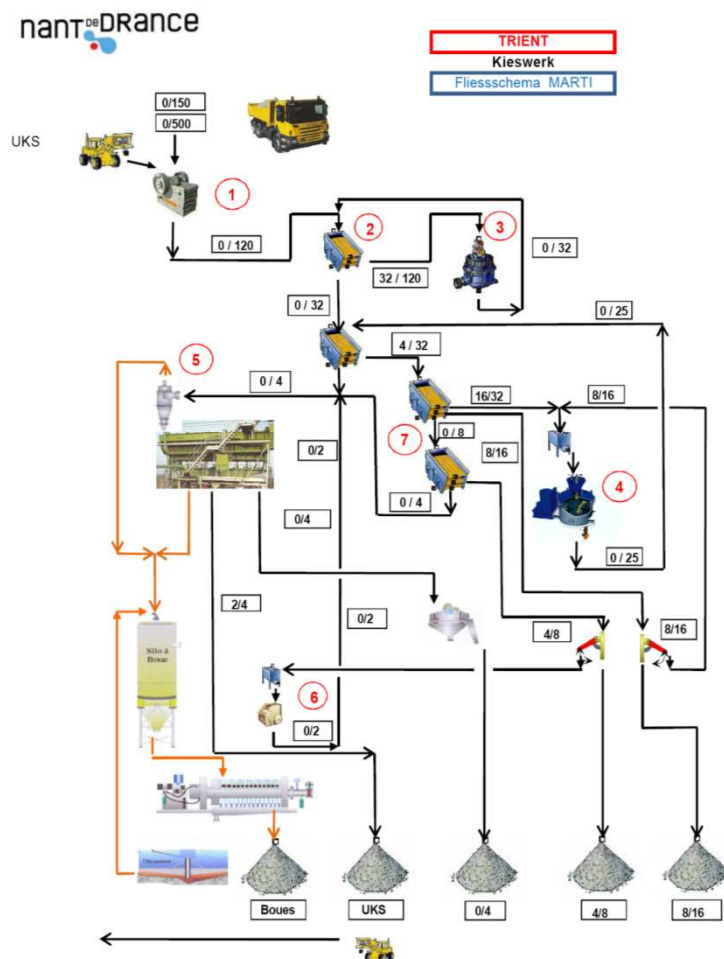


Production des granulats avec lavage

AF - COLENCO AG

Nant de Drance
Valorisation des matériaux

Selon MARTI



LÖTSCHBERG Sud Raron
Plateforme multimodale de traitement
des MATEX
Usine de concassage / criblage 150 t/h



Granulats et bétons de MATEX

GC'2015
 Paris, 18 et 19 mars

Granulats D Max

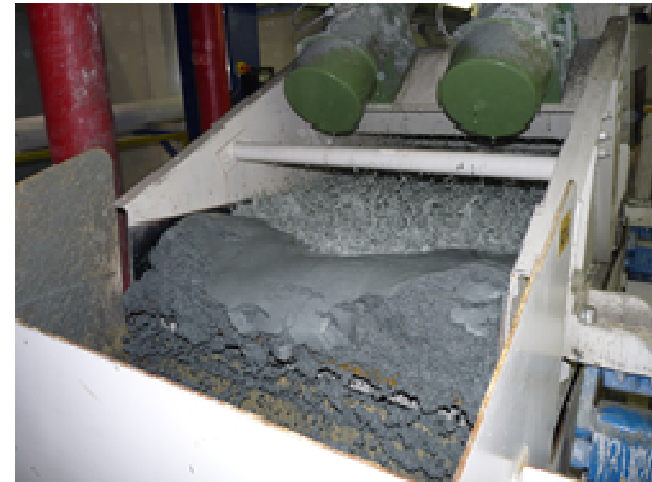
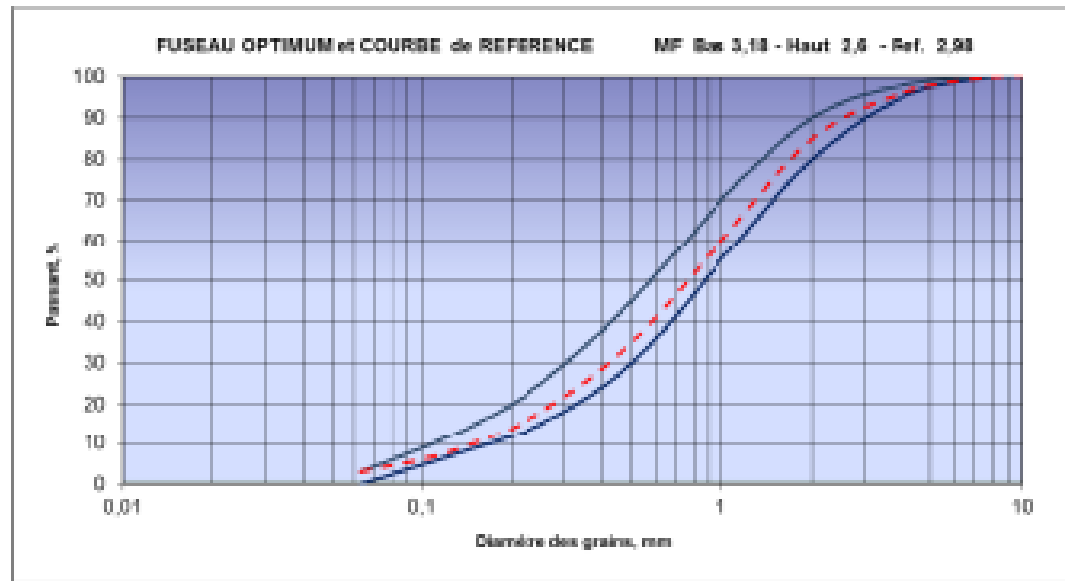
- Réduire l'influence des variations de la pétrographie sur les caractéristiques mécaniques des granulats et des bétons produits
- Favoriser le recyclage des granulats dans les concasseurs en réduisant les déséquilibres de production et en améliorant leur forme
- Simplifier la logistique de stockage et manutention
- Faciliter l'ouvrabilité des bétons fabriqués avec des granulats entièrement concassés et permettre la production de SCC



Ø Maximum 16/18 mm



Le Sable



Caractéristiques principales:

- $3 \% \leq 63 \mu\text{m}$ sauf pour le calcaire
- $2,6 \leq \text{MF} \leq 3,2$



Les bétons

- Ouvrabilité + Stabilité Rhéologique
- Perméabilité + Durabilité

Bétons - Types



Principaux Bétons

- Mortier de bourrage
- Bétons projetés
- BCR pour les radiers
- Bétons coffrés de revêtement
- Bétons pour pose de voie
- SCC pour le revêtement et le blocage
- BHP pour les voussoirs
-

Bétons - Caractéristiques

Caractéristiques les plus courantes:

- C 30 / 37 XC3, XD2, XA2 (EN 206 / CN : 2014)
- 352 kg / m³ de liant équivalent
- Bétons résistants à la RAG, ouvrages de catégorie III, XAR 2, prévention C selon FD P 18-464

- Granulats 0/16 mm, 3 classes
- 44 à 60 % de sable 0/4 mm
- 380 à 400 kg de « fines » / m³



Bétons – Production & Transport



« Spoutnick »



TSP 24 m3



CAB souterraine 150 m3/h



ATG – Train de fabrication des bétons de pose de voie



Granulats et bétons de MATEX

GC'2015

Paris, 18 et 19 mars

Bétons – Normalisation

La Norme NF EN 206/CN prévoit 2 types de bétons:

- ✓ BPS, Bétons à Propriétés Spécifiées § 6.2
- ✓ BCP, Bétons à Composition Prescrite § 6.3

Et la procédure particulière des « Bétons d'Ingénierie »
très adaptée à l'utilisation spécifique des MATEX

Contraintes particulières supplémentaires:

- Le contrôle de l'exothermie
- La gestion du risque RAG



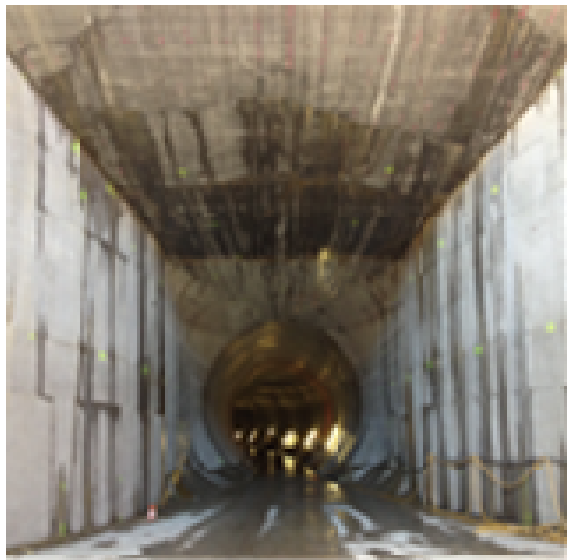
Bétons – BPS



Exemple d'application basique de l'EN 206:

- ✓ BPS C 30/37 XC4, XD3, XF1, XA1
- ✓ Dosage minimum en Leq = 352 kg/m³
- ✓ E/L eq = 0,45

Pour obtenir l'ouvrabilité souhaitée:



- 352 kg Ciment CEM II/B 425,5 + 70 kg Cendres volantes
- Résultats dans l'ouvrage:
 - Risque de RAG 16,7 % de cendres volantes
 - Forte exothermie, jusqu'à 70°C
 - Fissuration très importante

Bétons – BCP & BICP



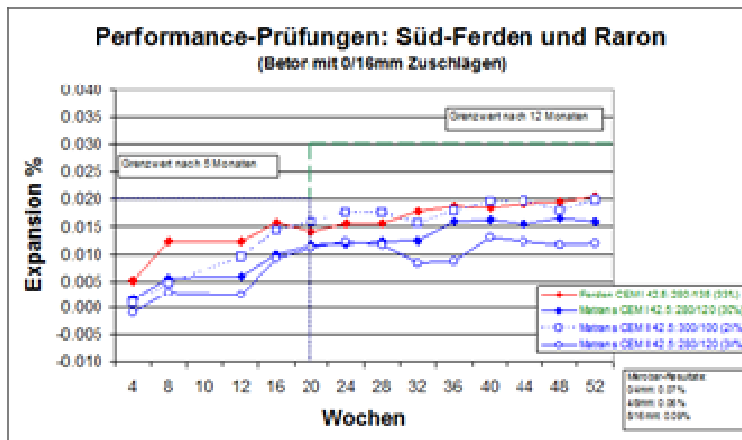
AlpTransit Lötschberg-Basistunnel Nord
ig-BBA örtliche Bauleitung Mitholz

Exemple d'application du § 6.3 – BCP:

- ✓ BPS C 30/37 XC4, XD2, XF1, XA1
- ✓ 280 kg/m³ CEM I 42,5 + 120 kg/m³ Cendres volantes
- ✓ Liant Equivalent = 352 kg/m³
- ✓ E/L eq = 0,55

Résultats dans l'ouvrage:

- $R_c 90 \geq 50 \text{ Mpa}$
- Perméabilité EN 12 390-8 $\leq 25 \text{ mm}$
- Bonne résistance à la RAG,
 $CV/CEM \text{ I} + CV = 0,30$
- Fissuration très faible



Bétons « Atypiques »



Exemple pour un béton de blocage:

- ✓ C 30/37 à 90 jours XA1, XC1, XD2
- ✓ BAP FT= 740 mm
- ✓ T° max = 55 °C
- ✓ Coulage en grande masse, épaisseur 1,50 m
Plots 250 à 300 m³



Résultats dans l'ouvrage:

- Liant = 225 kg CEM II/B + 255 kg Cendres
- T° Max = 52 °C
- Parfaite qualité du BAP
- Rc 90 ≥ 45 Mpa
- Perméabilité EN 12 239-8 ≤ 20 mm



Conclusion

- 
- ✓ *Les MATEX constituent une ressource spécifique*
 - ✓ *La réglementation dédiée doit évoluer*
 - ✓ *Les Maîtres d'Ouvrages et les Ingénieurs doivent s'impliquer et prendre les bonnes décisions*

Merci de votre attention