



UNION NATIONALE DES  
PRODUCTEURS DE GRANULATS

# Les normes et leurs conditions matérielles et financières d'application

Colloque national enrochements  
Paris, La Défense, 27 octobre 2015

Raphaël Bodet, Affaires Techniques de l'UNPG

# Eléments de contexte

tempête xynthia

26 février au 1<sup>er</sup> mars 2010



table ronde enrochements

14 avril 2010, Bron (69) :

- Moins de 2% d'enrochements (en % de granulats **CE**)
- Surcoût lié au marquage CE : 0,5 à 2,5 € HT/tonne
- Des maîtres d'ouvrages 'ignorants' des normes et du marquage **CE**
- Des difficultés techniques constatées (différence entre blocométries CNR et CE...)

# Plan de la présentation

- ◆ Définitions
- ◆ Le corpus normatif
- ◆ Les performances déclarées dans le marquage **CE**
- ◆ Les autres performances mesurées
- ◆ Les difficultés rencontrées par les producteurs
- ◆ Conclusions

# Définitions

- ◆ Qu'est ce que l'enrochement ?

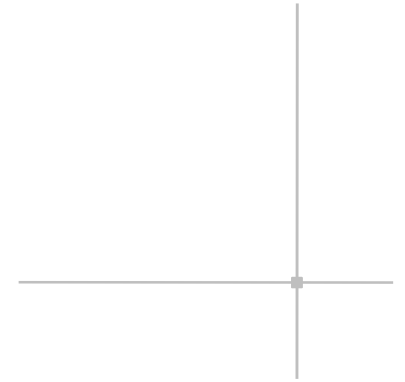
Enrochement :

*'matériau granulaire utilisé dans les ouvrages hydrauliques et d'autres ouvrages de génie civil' (NF EN 13383-1)'*

- ◆ Taille nominale supérieure à 45 mm jusqu'à 15 tonnes

- ◆ Origine industrielle

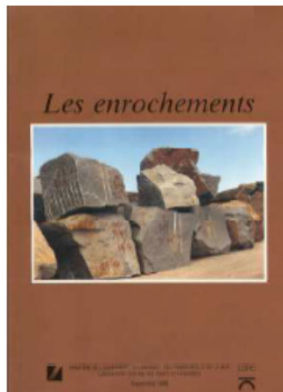
- carrières dédiées à cet usage
- 'blocs' issus de la production en carrière de granulat
- 'déchets' de carrières de pierre ornementale



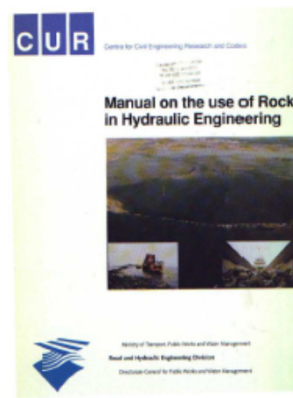
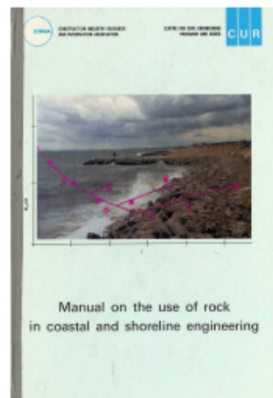
# Le corpus normatif

# Avant 2004 en France...

- ◆ Pas de spécifications normalisées
- ◆ Des guides...



- *Les enrochements* (LCPC, 1989)
- Guides CETMEF
- *Rock manual* (CIRIA, 1992)
- *Rock manual* (CUR, 1995)
- *C.E. Manual* (USACE, 2002)



# A partir de 2004...

- ◆ Normes NF EN 13383-1 et -2
- ◆ XP P 18-545
- ◆ FD P 18-662
- ◆ Les guides
  - *Enrochements LCPC*
  - *Rock Manual (2007)*

The image displays three overlapping document covers from AFNOR, illustrating the evolution of standards for aggregates:

- Top Cover:** "normalisation française" (FD P 18-662, October 2005). Title: "normalisation française". ISSN 0335-3031. Index of classification: P 18-662.
- Middle Cover:** "norme européenne" (NF EN 13383-1, August 2003). Title: "norme européenne". ISSN 0335-3031. Index of classification: P 18-661-1, 91.100.15.
- Bottom Cover:** "norme française" (NF P 18-545, September 2011). Title: "norme française". ISSN 0335-3031. Index of classification: P 18-545, ICS : 91.100.15. Subject: "Granulats. Éléments de définition, conformité et codification".

# Les caractéristiques normalisées


- ◆ **Caractéristiques géométriques** : Classes granulaires, Forme, proportion des surfaces cassées
- ◆ **Caractéristiques physiques et mécaniques**: Masse volumique, Résistance à la fragmentation, Résistance à l'usure, Caractéristiques associées au scellement, Couleur
- ◆ **Caractéristiques chimiques** : Impuretés, Constituants solubles à l'eau
- ◆ **Caractéristiques de durabilité** : Absorption d'eau, Résistance au gel-dégel, Résistance à la cristallisation des sels, Coup de soleil





# Les performances déclarées dans le marquage C€

# Marquage = mise sur le marché

 0123-DPC-0001	
Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050  11  0123-DPC-0456	
EN 13383-1:2011  Granulats obtenus par traitement de matériaux naturels, artificiels ou recyclés et mélanges de ces granulats utilisés comme enrochement	
Forme des enrochements	Catégorie (par exemple LT <sub>1</sub> )
Classe granulaire des enrochements	Catégories (par exemple CF <sub>25+40</sub> , LM <sub>0,5/40</sub> HMA <sub>300/1000</sub> )
Masse volumique	Valeur déclarée (Mg/m <sup>3</sup> )
Résistance à la rupture	Catégorie (par exemple CS <sub>30</sub> )
Résistance à l'usure	Catégorie (par exemple MC <sub>±10</sub> )
Rechargement de matières dangereuses	par exemple Substance X: 0,2 µm <sup>3</sup>
Durabilité en fonction du climat	
Déintégration du calcium de calcul dans le laitier de haut-fourneau refroidi à l'air	Valeur déclarée (visuel - admise/refusée)
Déintégration du fer dans le laitier de haut-fourneau refroidi à l'air	Valeur déclarée (visuel - admise / refusée)
Déintégration des laitiers d'aciérie	Catégorie (par exemple DS <sub>1</sub> )
Durabilité face au gel-dégel	Catégorie (par exemple FT <sub>1</sub> )
Durabilité face à la cristallisation du sel	Catégorie (par exemple MS <sub>1</sub> )
Durabilité des laitiers	Catégorie (par exemple SB <sub>1</sub> )

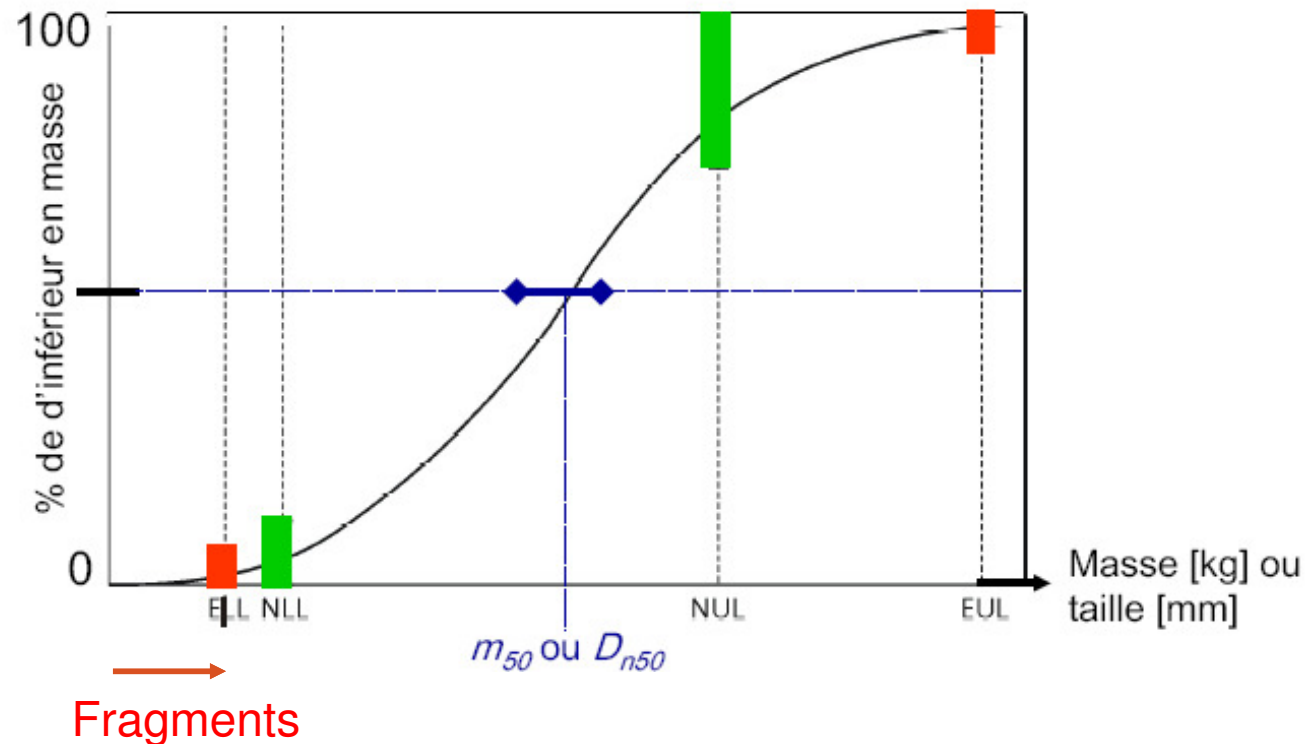
- ◆ Pour chaque propriété :
  - Valeur standard : eg HMA300-1000
  - Valeur déclarée par le producteur
  - APD : *'aucune performance déclarée'*
  - Valeur non requise dans le pays : *catégorie 'NR'*
  
- ◆ Dans le cadre d'un **marché spécifique** :
  - des propriétés complémentaires peuvent être demandées
  - Des essais complémentaires peuvent être requis
  
- ◆ 2 Niveaux :
  - Niveau 4 : déclaration par le producteur
  - Niveau 2+ : déclaration et certification du système de maîtrise de la production (MPG)

# Fréquences minimales des essais C€

Caractéristiques		§	Notes / références	Méthode d'essai	Fréquence minimale des essais
1	Distribution granulométrique	4.2.1	Petit enrochement	Article 5 (EN 13383-2)	1 toutes les 20 000 tonnes et après une interruption de production d'au moins 6 mois
2	Distribution des masses - Blocométrie	4.2.2	Enrochement moyen	Article 6 (EN 13383-2)	1 toutes les 20 000 tonnes et après une interruption de production d'au moins 6 mois
		4.2.3	Gros enrochement		
3	Forme	4.3	Rapport longueur/épaisseur	Article 7 (EN 13383-2)	1 toutes les 20 000 tonnes et après une interruption de production d'au moins 6 mois
4	Masse volumique moyenne et minimale	5.2		Article 8 (EN 13383-2)	1/an
5	Résistance à la rupture	5.3	Essai de résistance à la compression	Annexe A (EN 1926)	1 tous les 5 ans

# Blocométrie des enrochements

- limites nominales, à rapprocher de spécifications à atteindre
- limites extrêmes, à rapprocher de tolérances



# Distribution granulométrique petits enrochements

**Petit enrochement** : classe granulaire caractérisée par une limite nominale supérieure définie par des ouvertures de tamis comprises entre 90 mm et 250 mm inclus

Nouvelle classe ↓ (future norme)

Classe granulaire (mm)	32/90	45/125	63/180	90/250	45/180	90/180*	+ <i>CP</i> déclarée
Catégorie	<i>CP</i> <sub>32/90</sub>	<i>CP</i> <sub>45/125</sub>	<i>CP</i> <sub>63/180</sub>	<i>CP</i> <sub>90/250</sub>	<i>CP</i> <sub>45/180</sub>	<i>CP</i> <sub>90/180</sub>	
Dimension de tamis (mm)	Pourcentage en masse du passant						
360	-	-	-	98 à 100	-	-	
250	-	-	98 à 100	90 à 100	98 à 100	98 à 100	
180	-	98 à 100	90 à 100	-	90 à 100	80 à 100	
125	98 à 100	90 à 100	-	0 à 50	-	-	
90	90 à 100	-	0 à 50	0 à 15	-	0 à 20	
63	-	0 à 50	0 à 15	-	0 à 50	-	
45	0 à 50	0 à 15	-	0 à 5**	0 à 15	0 à 5**	
31,5	0 à 15	-	0 à 5**	-	-	-	
22,4	-	0 à 5**	-	-	0 à 5**	-	
16	0 à 5**	-	-	-	-	-	

\*Passant ≥ 80% entre 90 et 180 mm

\*\* fragments

# Blocométrie des enrochements moyens

catégorie A

**Enrochement moyen** : classe granulaire caractérisée par une limite nominale supérieure définie par une masse comprise entre 25 kg et 500 kg inclus (\* fragments)

Nouvelle classe ↓ (future norme)

Classe granulaire (kg)	5 à 40	10 à 60	15 à 120	40 à 200	60 à 300	15 à 300	+ LMA <sub>déclarée</sub>
Catégorie	LMA <sub>5/40</sub>	LMA <sub>10/60</sub>	LMA <sub>15/120</sub>	LMA <sub>40/200</sub>	LMA <sub>60/300</sub>	LMA <sub>15/300</sub>	
Masse moyenne (kg) (fragments exclus), M <sub>em</sub>	10 à 20	20 à 35	35 à 60	80 à 120	120 à 190	45 à 135	
Masse (kg)	Pourcentage (en masse) inférieur à la masse des blocs						
450	-	-	-	-	97 à 100	97 à 100	
300	-	-	-	97 à 100	70 à 100	70 à 100	
200	-	-	97 à 100	70 à 100	-	-	
120	-	97 à 100	70 à 100	-	-	-	
80	97 à 100	-	-	-	-	-	
60	-	70 à 100	-	-	0 à 10	-	
40	70 à 100	-	-	0 à 10	-	-	
30	-	-	-	-	0 à 2*	-	
15	-	-	0 à 10	0 à 2*	-	0 à 10	
10	-	0 à 10	-	-	-	-	
5	0 à 10	-	0 à 2*	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	0 à 2*	
2	-	0 à 2*	-	-	-	-	
1,5	0 à 2*	-	-	-	-	-	

# Blocométrie des enrochements moyens

catégorie B

(\* fragments)

Classe granulaire (kg)	5 à 40	10 à 60	15 à 120	40 à 200	60 à 300	15 à 300	+ <i>LMB</i> <sub>déclarée</sub>
Catégorie	<i>LMB</i> <sub>5/40</sub>	<i>LMB</i> <sub>10/60</sub>	<i>LMB</i> <sub>15/120</sub>	<i>LMB</i> <sub>40/200</sub>	<i>LMB</i> <sub>60/300</sub>	<i>LMB</i> <sub>15/300</sub>	
Masse (kg)	Pourcentage (en masse) inférieur à la masse des blocs						
450	-	-	-	-	97 à 100	97 à 100	
300	-	-	-	97 à 100	70 à 100	70 à 100	
200	-	-	97 à 100	70 à 100	-	-	
120	-	97 à 100	70 à 100	-	-	-	
80	97 à 100	-	-	-	-	-	
60	-	70 à 100	-	-	0 à 10	-	
40	70 à 100	-	-	0 à 10	-	-	
30	-	-	-	-	0 à 2*	-	
15	-	-	0 à 10	0 à 2*	-	0 à 10	
10	-	0 à 10	-	-	-	-	
5	0 à 10	-	0 à 2*	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	0 à 2*	
2	-	0 à 2*	-	-	-	-	
1,5	0 à 2*	-	-	-	-	-	

# Blocométrie des gros enrochements

catégorie A

Gros enrochements : limite nominale supérieure définie par une masse > 500 kg (\* fragments)

Classe granulaire (kg)	300 à 1 000	1 000 à 3 000	3 000 à 6 000	6 000 à 10 000	10 000 à 15 000	+ HMA <sub>déclarée</sub>
Catégorie	HMA <sub>300/1000</sub>	HMA <sub>1000/3000</sub>	HMA <sub>3000/6000</sub>	HMA <sub>6000/10000</sub>	HMA <sub>10000/15000</sub>	
Masse moyenne (kg) (fragmts exclus), $M_{em}$	540 à 690	1 700 à 2 100	4 200 à 4 800	7 500 à 8 500	12 000 à 13 000	
Masse (kg)	Pourcentage (en masse) inférieur à la masse des blocs					
22 500	-	-	-	-	97 à 100	
15 000	-	-	-	97 à 100	70 à 100	
10 000	-	-	-	70 à 100	0 à 10	
9 000	-	-	97 à 100	-	-	
6 500	-	-	-	-	0 à 5 <sup>a</sup>	
6 000	-	-	70 à 100	0 à 10	-	
4 500	-	97 à 100	-	-	-	
4 000	-	-	-	0 à 5 <sup>a</sup>	-	
3 000	-	70 à 100	0 à 10	-	-	
2 000	-	-	0 à 5 <sup>a</sup>	-	-	
1 500	97 à 100	-	-	-	-	
1 000	70 à 100	0 à 10	-	-	-	
650	-	0 à 5 <sup>a</sup>	-	-	-	
300	0 à 10	-	-	-	-	
200	0 à 5 <sup>a</sup>	-	-	-	-	



# Blocométrie des gros enrochements

catégorie B

(\* fragments)

Classe granulaire (kg)	300 à 1 000	1 000 à 3 000	3 000 à 6 000	6 000 à 10 000	10 000 à 15 000	+ HMB <sub>déclarée</sub>
Catégorie	HMB <sub>300/1000</sub>	HMB <sub>1000/3000</sub>	HMB <sub>3000/6000</sub>	HMB <sub>6000/10000</sub>	HMB <sub>10000/15000</sub>	
Masse (kg)	Pourcentage (en masse) inférieur à la masse des blocs					
22 500	-	-	-	-	97 à 100	
15 000	-	-	-	97 à 100	70 à 100	
10 000	-	-	-	70 à 100	0 à 10	
9 000	-	-	97 à 100	-	-	
6 500	-	-	-	-	0 à 5*	
6 000	-	-	70 à 100	0 à 10	-	
4 500	-	97 à 100	-	-	-	
4 000	-	-	-	0 à 5*	-	
3 000	-	70 à 100	0 à 10	-	-	
2 000	-	-	0 à 5*	-	-	
1 500	97 à 100	-	-	-	-	
1 000	70 à 100	0 à 10	-	-	-	
650	-	0 à 5*	-	-	-	
300	0 à 10	-	-	-	-	
200	0 à 5*	-	-	-	-	

# Forme (élancement)

La proportion d'enrochements avec un rapport de la longueur à l'épaisseur supérieur à 3 doit être conforme aux exigences du tableau suivant :

Rapport de la longueur à l'épaisseur supérieur à 3			Catégorie <i>LT</i>
Pourcentage en masse		Pourcentage en nombre	
Petits enrochements	Enrochements moyens	Gros enrochements	
≤ 20	≤ 20	≤ 5	<i>LT<sub>A</sub></i>
> 20	> 20	> 5	<i>LT<sub>déclarée</sub></i>
Non requis	Non requis	Non requis	<i>LT<sub>NR</sub></i>

# Masse volumique

En utilisant les résultats d'essais des 10 morceaux d'enrochement:

- la moyenne de la masse volumique de l'enrochement testé doit être déclarée avec deux chiffres significatifs.

**Tableau 8 — Caractéristiques de la masse volumique**

Masse volumique moyenne de 10 morceaux	$\geq x \text{ Mg/m}^3$
Masse volumique de 36 morceaux au moins parmi les 40 morceaux testés.	$\geq x - 0,10 \text{ Mg/m}^3$
La valeur de $x$ doit être déclarée par le producteur, avec deux chiffres après la virgule, et ne doit pas être inférieure à 2,30.	

## Future EN 13383-1 :

- il n'y a plus de limitation en masse volumique (avant  $> 2,3 \text{ Mg/m}^3$ )
- le minimum de la masse volumique de n'importe quelle partie d'enrochement doit être déclaré avec deux chiffres significatifs
- en France, on recommandera d'utiliser des enrochements de masse volumique réelle supérieure ou égale à  $2,30 \text{ Mg/m}^3$ .

# Résistance à la rupture

Valeur moyenne de la résistance en compression des neuf meilleures éprouvettes sur dix MPa	Valeur de résistance à la compression de moins de deux éprouvettes sur dix MPa	Catégorie <i>CS</i>
$\geq 80$ $\geq 60$ $< 60$	$< 60$ $< 40$ Non requis	<i>CS</i> <sub>80</sub> <i>CS</i> <sub>60</sub> <i>CS</i> <sub>déclarée</sub>
Non requis	Non requis	<i>CS</i> <sub>NR</sub>



# Les autres performances C€ destinées à un emploi spécifiques

## Fréquences minimales des essais visant à déterminer les caractéristiques des enrochements destinés à un emploi spécifique

Caractéristiques		Notes / références	Méthode d'essai	Fréquence minimale des essais
1	Résistance à l'usure	Seulement pour l'enrochement utilisé en couche supérieure, qui sera soumise à une abrasion due aux sédiments	EN 1097-1	1 tous les deux ans
2	Absorption d'eau		Article 8 (EN 13383-2)	1 tous les deux ans
3	Résistance au gel/dégel		Article 9 (EN 13383-2)	1 tous les deux ans

**Autre caractéristique relative aux enrochements d'origine particulière : durabilité des laitiers de HF et d'aciérie, coup de soleil des basaltes...**

# Résistance à l'usure

## Enrochements pour la carapace de l'ouvrage

Coefficient micro-Deval	Catégorie $M_{DE}$
$\leq 10$ <b><math>\leq 15</math></b> $\leq 20$ $\leq 30$ $> 30$	$M_{DE}10$ <b><math>M_{DE}15^*</math></b> $M_{DE}20$ $M_{DE}30$ $M_{DE}$ déclarée
<b>Non requis</b>	<b><math>M_{DE}NR</math></b>

*\*Ajout d'une classe supplémentaire dans la future norme EN 13383-1 à paraître en 2017...*

# Absorption d'eau et gel-dégel

## essai de crible

<b>Absorption d'eau</b> Pourcentage en masse	<b>Catégorie</b> <i>WA</i>
Absorption moyenne $\leq 0,5$	<i>WA</i> <sub>0,5</sub>



# Résistance au gel-dégel

Tableau 13 — Catégories pour la résistance au gel — dégel

Gel — dégel Perte de masse ou formation de fissure ouverte	Catégorie <i>FT</i>
Au plus un des morceaux d'enrochement initialement testés présente une perte de masse supérieure à 0,5 % ou des fissures ouvertes, et aucun des morceaux testés en complément	<i>FT<sub>A</sub></i>
Autre valeur déclarée par le producteur	<i>FT</i> <sub>déclarée</sub>
Non requis	<i>FT</i> <sub>NR</sub>

- ◆ Note : Le FD P18-662 considère qu'il n'y pas lieu de réaliser l'essai de gel-dégel si l'absorption est conforme à la catégorie  $WA_{0,5}$



# Les conditions matérielles et financières d'application des normes

# Difficultés liées à la production d'enrochements

- ◆ L'enrochement ne représente que 5 à 10% de la production d'une carrière
- ◆ Soit pour une carrière moyenne ( » 300 000 tonnes), une production d'enrochement de 15 000 tonnes (toutes blocométries confondues)...
- ◆ En conséquence, il est nécessaire lorsque c'est possible :
  - De faire des stocks, ce qui est fort demandeur en espace et nécessite des reprises de chargements
  - De faire des tirs spéciaux
  - D'avoir des blocométries de productions compatibles avec celles des bureaux d'études

# Difficultés liées à l'échantillonnage (représentativité éprouvette / enrochement)

- ◆ **Essais ne posant pas de problème particulier :**  
blocométrie, forme, LA, MDE, absorption d'eau...
- ◆ **Essais dont la représentativité par rapport aux sollicitations de l'enrochement est questionable :**  
résistance mécanique, gélivité & intégrité...



# Difficultés liées à la complexité des procédures

## ◆ Ex : Blocométrie

- Méthode de référence pour les essais de type, nombre d'échantillon 3 (en cours de production) ou 6 (sur stock)
  - Précision pesée : 2%
- Méthode de substitution :
  - plus rapide
  - moins de pesée
  - moins précise
- Méthode visuelle :
  - Ecart / gros enrochements
- En cas de litige, utiliser la méthode de référence



**Tableau 1 — Nombre de blocs d'enrochement dans les prises d'essai pour déterminer la blocométrie**

Classe granulatoire (kg)	Nombre minimal de blocs d'enrochement plus lourds que les fragments
«gros enrochement» : 10 000 à 15 000	25
«gros enrochement» : 6 000 à 10 000	30
«gros enrochement» : 3 000 à 6 000	60
«gros enrochement» : 1 000 à 3 000	90
«gros enrochement» : 300 à 1 000	140
«enrochement moyen»	200

# Difficultés liées à la sécurité du personnel lors des essais

- ◆ Détermination de la blocométrie par pesée



- ◆ Mesure de l'intégrité par l'essai du chute



# Difficultés liées aux moyens humains et matériels



# En résumé, des contraintes imposées par...

- ◆ La réalisation de certains essais (ex : blocométrie) qui nécessitent :
  - un matériel spécifique
  - des moyens humains importants
  - du matériel de manutention immobilisé
  - des conditions de sécurité difficiles à mettre en œuvre
- ◆ La réalisation des éprouvettes (carottage, découpe...) pour les essais de résistance, d'absorption et de gel/dégel
- ◆ La nécessité de surfaces suffisamment grandes pour le stockage des différentes blocométries
- ◆ Disposer de moyens spécifiques pour le chargement et le transport des enrochements (benne acier, ...)



## ... ayant pour conséquences :

### Des contraintes financières liées :

- ◆ Surcoût lié aux essais
- ◆ Surcoût lié à la production de petites séries de blocométrie différentes (souvent pour un même chantier
  - Exemple : pour une même carrière, un même client demande différentes blocométries d'un chantier à un autre
- ◆ Le marché accepte difficilement le surcoût lié au marquage CE et aux essais :
  - entre 0,5 et 2 €/tonne avant RPC

# Conclusions

Des difficultés techniques très contraignantes et qui pénalisent le producteur d'enrochement :

- immobilisation de personnel et d'engins de production
- investissements significatifs en matériel d'essais spécifiques
- surcoût lié aux essais de la norme EN 13383-2



# Merci pour votre attention

**Raphaël Bodet**

Chef du service Affaires techniques

**UNPG**

3, rue Alfred Roll

75016 PARIS

[raphael.bodet@unicem.fr](mailto:raphael.bodet@unicem.fr)

Tél : 01 44 01 47 63