

APPLICATIONS LOCALES DES ESSAIS PRÉVUS PAR LA NORME NF EN 13383

RETOUR SUR LES TABLES RONDES ENROCHEMENTS

MEDDE le 27 Octobre 2015 – Mikaël DUMAS

SOMMAIRE

- 1 • LES ESSAIS FACILES À METTRE EN ŒUVRE
- 2 • RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA RÉALISATION DES ESSAIS PLUS COMPLEXES



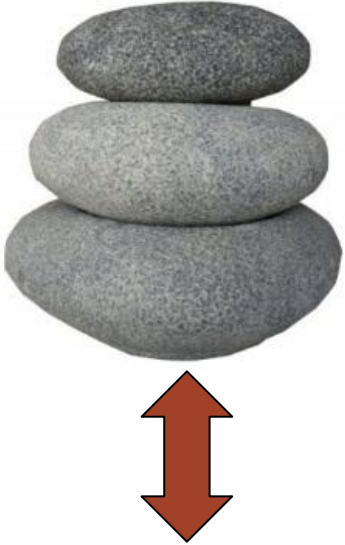


1. LES ESSAIS FACILES À METTRE EN ŒUVRE

LA MASSE VOLUMIQUE



LA FORME / SURFACE CASSÉE



LA RESISTANCE À L'USURE



Marseille: Mde 10
Dunkerque: Mde 20
La Rochelle: Mde 30
Torrentiel: Mde 20
Fluvial: Mde 30 à 20

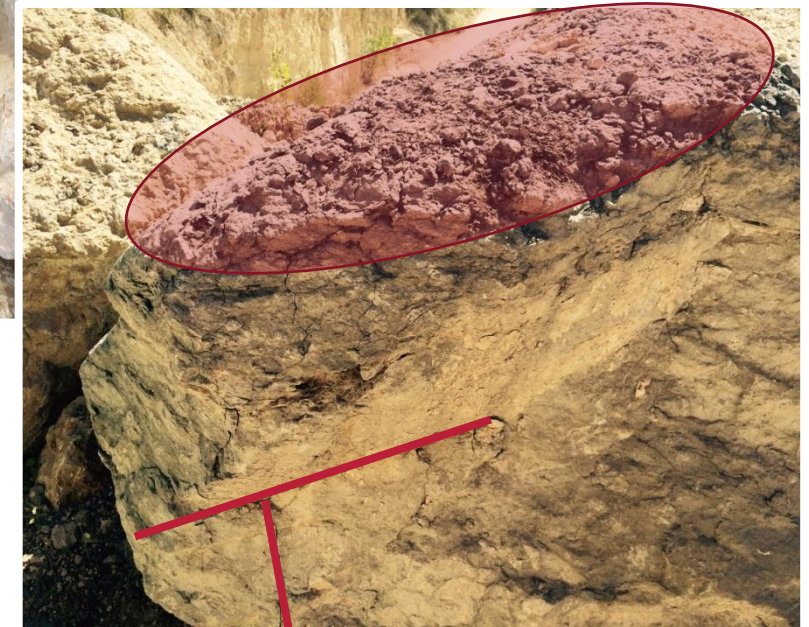
Mde10, environnements particulièrement agressifs, tempêtes, etc...
Mde20, environnements agressifs, cours d'eau seuils, etc...
Mde30, environnements peu agressifs

LA GÉLIVITÉ

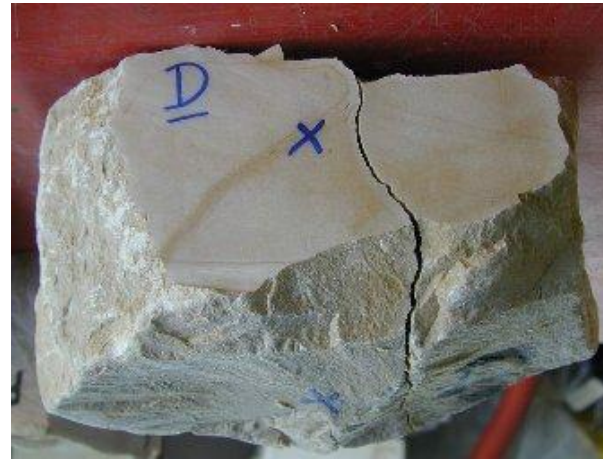
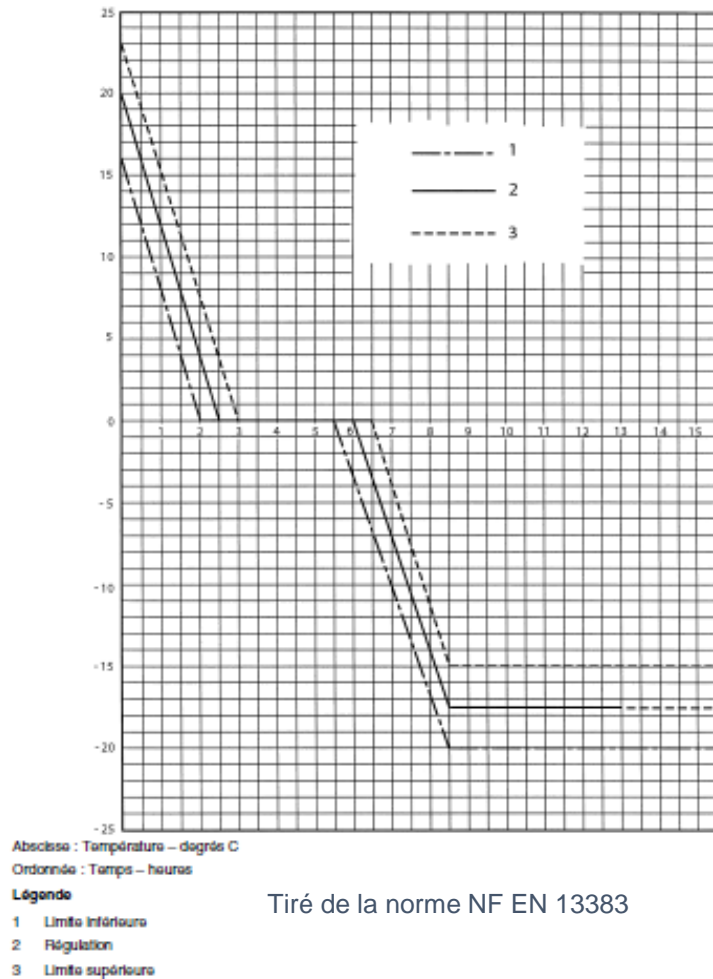
Pression importante exercée par la croissance de cristaux de glace



Zones superficielles supérieures particulièrement exposées



LA GÉLIVITÉ



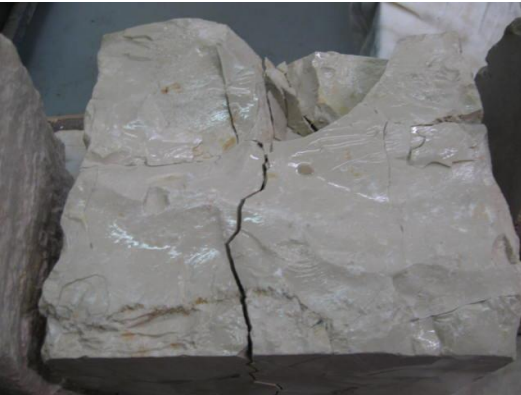
Test sur 10 éprouvettes saturées en eau

Critère : perte de masse ou apparition de fissures après les cycles de gel

Éprouvettes soumises à 25 cycles de gel-dégel

1 cycle = congélation à -17,5°C à l'air, puis dégel dans un bain d'eau.

LA GÉLIVITÉ





2. RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA RÉALISATION DES ESSAIS PLUS COMPLEXES

LA BLOCOMÉTRIE EN THÉORIE

Tableau 1 — Caractéristiques de la distribution granulométrique standard de l'enrochement grossier ou «petit enrochement»

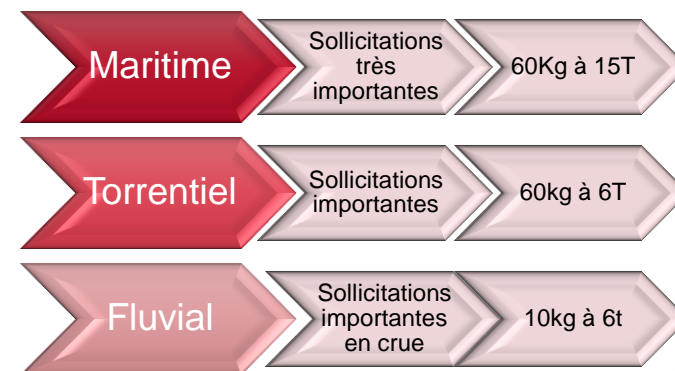
Classe granulaire (mm)	45/125	63/180	90/250	45/180	90/180 ^{a)}
Catégorie	CP _{45/125}	CP _{63/180}	CP _{90/250}	CP _{45/180}	CP _{90/180} ^{a)}

Tableau 2 — Caractéristiques des classes granulaires standards de catégorie A pour l'enrochement léger ou «enrochement moyen» : masse moyenne (fragments exclus) et distribution des masses

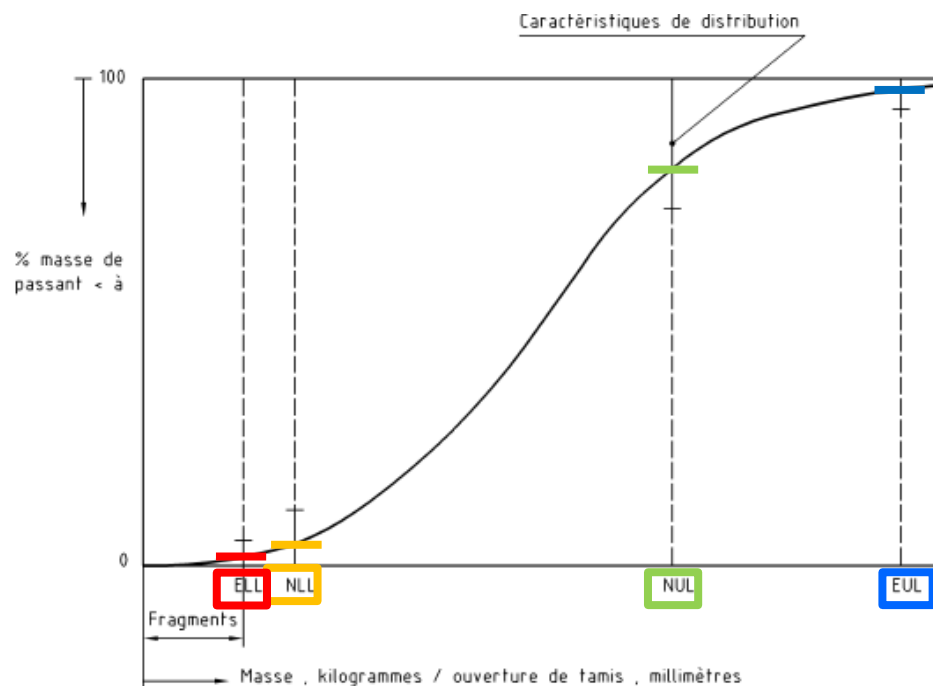
Classe granulaire kg	5 à 40	10 à 60	40 à 200	60 à 300	15 à 300
Catégorie	LMA _{5/40}	LMA _{10/60}	LMA _{40/200}	LMA _{60/300}	LMA _{15/300}
Masse moyenne kg	10 à 20	20 à 35	80 à 120	120 à 190	45 à 135

Tableau 4 — Caractéristiques des classes granulaires standards de catégorie A pour l'enrochement lourd ou «gros enrochement» : masse moyenne (fragments exclus) et distribution de masse

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
Catégorie	HMA _{300/1000}	HMA _{1000/3000}	HMA _{3000/6000}	HMA _{6000/10000}	HMA _{10000/15000}
Masse moyenne kg	540 à 690	1 700 à 2 100	4 200 à 4 800	7 500 à 8 500	12 000 à 13 000



LA BLOCOMÉTRIE EN THÉORIE



Enrochement grossier «ou petit enrochement» : a/b mm

Enrochement léger ou «enrochement moyen» et lourd ou «gros enrochement» : a – b kg

ELL : Limite extrême inférieure

NLL : Limite nominale inférieure, a

NUL : Limite nominale supérieure, b

EUL : Limite extrême supérieure

NOTE Voir Tableaux 1, 2 et 4 pour les caractéristiques granulométriques ou blocométriques.

Figure A.1

Tableau 3 — Caractéristiques des classes granulaires standards de catégorie B pour l'enrochement léger ou «enrochement moyen» : distribution des masses

Classe granulaire kg	5 à 40	10 à 60	40 à 200	60 à 300	15 à 300
Catégorie	$LMB_{5/40}$	$LMB_{10/60}$	$LMB_{40/200}$	$LMB_{60/300}$	$LMB_{15/300}$
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	—	—	70 à 100	—	—
120	—	97 à 100	—	—	—
80	97 à 100	—	—	—	—
60	—	70 à 100	—	0 à 10	—
40	70 à 100	—	0 à 10	—	—
30	—	—	—	0 à 2 ^{a)}	—
15	—	—	0 à 2 ^{a)}	—	0 à 10
10	—	0 à 10	—	—	—
5	0 à 10	—	—	—	—
3	—	—	—	—	0 à 2 ^{a)}
2	—	0 à 2 ^{a)}	—	—	—
1,5	0 à 2 ^{a)}	—	—	—	—

a) Fragments.

LA BLOCOMÉTRIE EN PRATIQUE

- **contraintes techniques** de conception des ouvrages, règles des filtres, formule d'Isbach. cas de Dunkerque, 9 classes blocométriques (60-300 kg au 6-10 t) pour 1 million de tonnes d'enrochements, **introduction de classes intermédiaires** pour limiter la quantité d'enrochements de forte blocométrie (introduction d'une classe 5 à 7 t)
- enrochements de grande dimension correspondant à la **limite de production des carrières locales**, cas de Marseille, la classe **9 à 12 t** a été préférée à la classe standard 10 à 15 t pour des raisons pratiques de proximité d'une carrière disposant d'un enrochement de qualité.

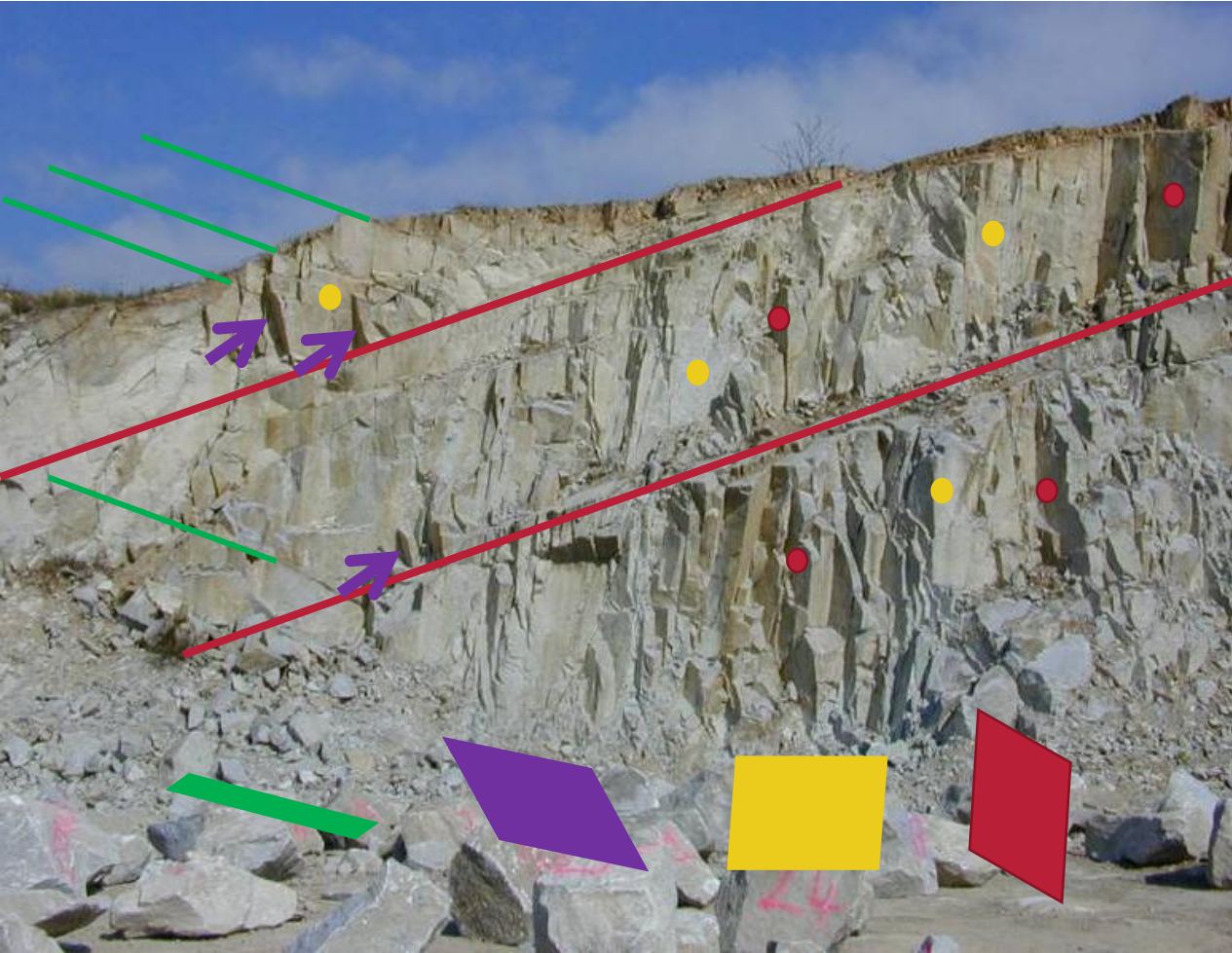


LA BLOCOMÉTRIE EN PRATIQUE

- existence d'énrochements sur le site des travaux et prélèvement en fonction du **stock disponible**, cas en domaine torrentiel dans les Pyrénées. Les énrochements libres constituant les masques rocheux proviennent du site des travaux et sont de classes comprises entre 500 kg et 2000 kg
- **Marché local** d'énrochement hors des standards. Cas sur le Rhône avec des stocks et un savoir faire en décalage des besoins du chantier qui a amené à surdimensionner la protection



L'INTÉGRITÉ



L'INTÉGRITÉ OPTIMISATION DU TIR



Zone de broyage
 $C.Radiale > R_c$

Zone de fissuration
 $R_c > C.Radiale > R_t$

Zone sismique
 $C.Radiale < R_t$

La fissuration est
fonction de la
charge et du
maillage

L'INTÉGRITÉ: ESSAI DE CHUTE ET DE CONTINUITÉ



Fragmentation des blocs = Protection sous dimensionnée

INTÉGRITÉ: L'ESSAI DE CONTINUITÉ

Réalisé sur une série de 30 blocs, la vitesse sonique moyenne mesurée est comparée à la vitesse théorique correspondante (nf p 18-556)

$$\frac{I_{c \text{ mesuré moyen}}}{I_c \text{ Théorique}} > 60\%$$



Tableau 3.23 Valeurs théoriques V^* de la vitesse du son utilisées pour calculer I_c (Denis et al., 1979)

Type de roche	Granite Gneiss	Diorite	Gabbro Amphibolite	Quartzite Grès	Schiste	Calcaire	Dolomie
V^* (m/s)	6 000	6 500	7 000	6 000	5 800	6 600	7 200

distinguer l'effet des discontinuités de l'effet de la porosité naturelle p . D_f introduit par Tourenq *et al.* (1971) est défini par l'Équation 3.61 :

$$D_f = 100 - 1.4p - I_c \tag{3.61}$$

L'INTÉGRITÉ: ESSAI DE CONTINUITÉ

- Cet essai n'est cité qu'en annexe des normes et dans le « Rock manual » ou « guide enrochement » du CETMEF
- Des essais faciles et rapides à mettre en œuvre, semblent difficilement reproductible en fonction des différents matériels de mesures disponibles sur le marché (le groupe miroir enrochement a pour projet la révision de la norme dédiée à l'indice de continuité)
- En l'état, une corrélation avec l'indice de chute permet de conforter les résultats



INTÉGRITÉ: L'ESSAI DE CHUTE

A l'aide d'un engin de levage, une série de 30 ou 50 blocs (Bn ou Id50) est lâchée depuis une hauteur de 3 mètres sur le carreau de la carrière, sur un matelas d'enrochement ou sur une enclume de même nature que la roche testée.

Perte de volume
du bloc $> 20\%$ =
bloc détruit
(Contrôle visuel)

L'essai Bn est
concluant si
moins de 33%
des blocs sont
détruits



INTÉGRITÉ: L'ESSAI DE CHUTE



$B_n \leq 5\%$:
ouvrages
particulièrement
exposés,

$B_n \leq 15\%$:
ouvrages
normalement
exposés,

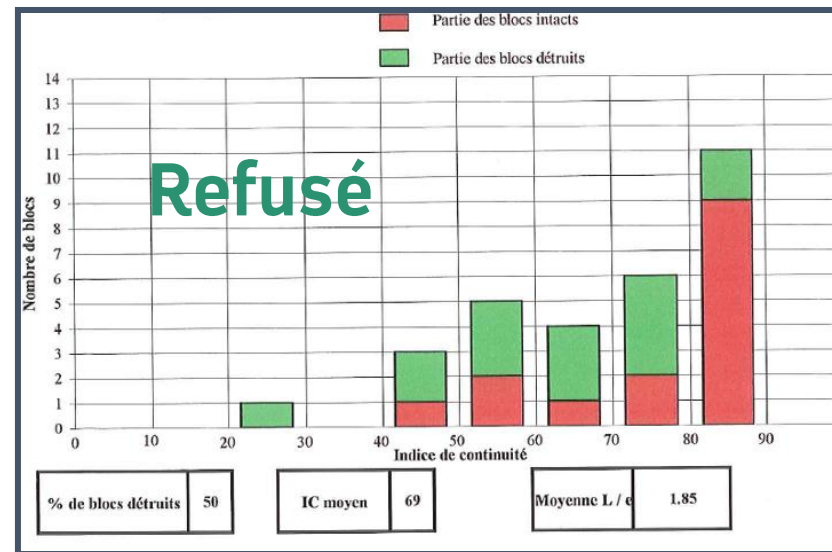
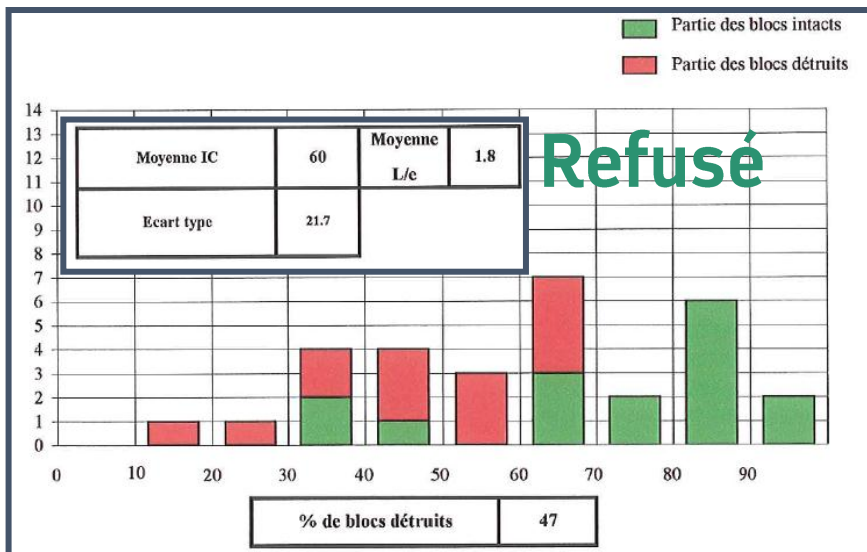
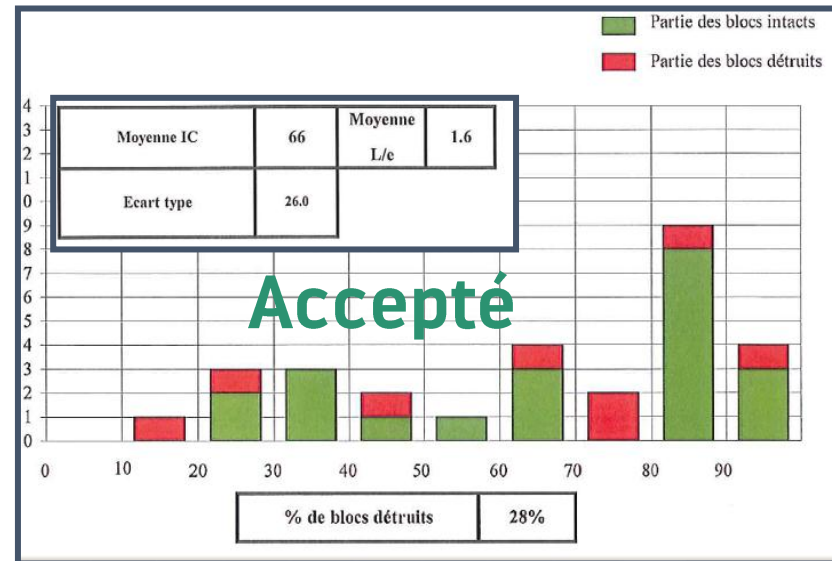
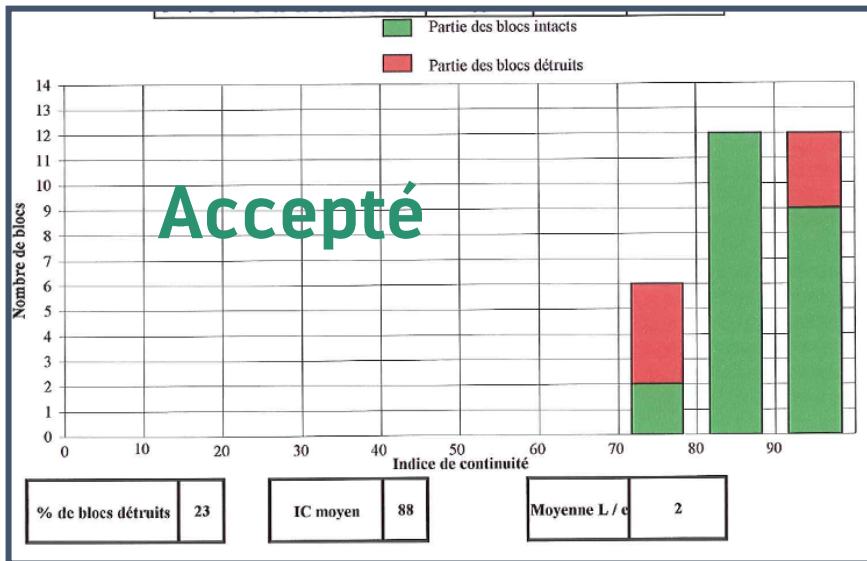
$B_n \leq 30\%$:
ouvrages peu
exposés

L'INTÉGRITÉ: ESSAI DE CHUTE

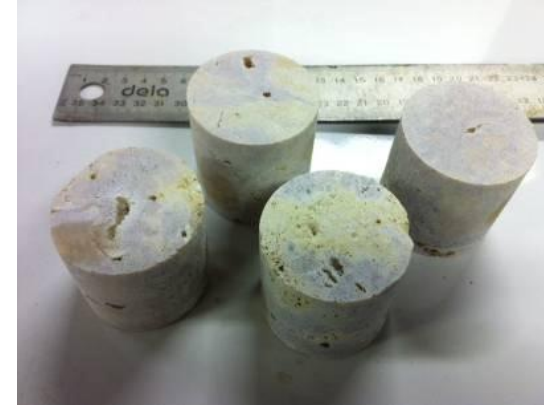
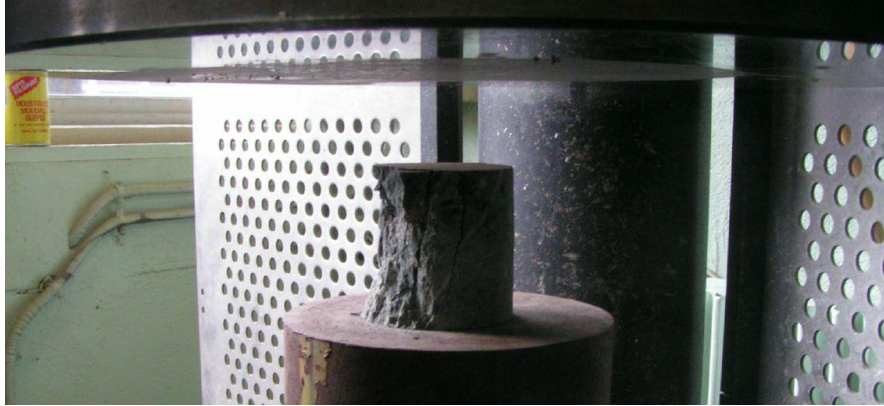
- Cet essai n'est cité qu'en annexe des normes (indice de chute) et dans le « Rock manual » ou « guide enrochement » du CETMEF (indice de rupture)
- Un essai facile et rapide à mettre en œuvre, particulièrement adaptées au suivi de chantier
- Essai technique à pratiquer dans un respect scrupuleux des règles de sécurité
- Sollicitation importante des enrochements
- La chute sur lit d'enrochement, carreau de la carrière ou enclume de même nature ne donne pas le même résultat



L'INTÉGRITÉ



LA RÉSISTANCE À LA COMPRESSION



Déterminée par l'essai de compression (annexe A de l'EN 1926:1999)

10 éprouvettes cylindriques élancement 1

Chaque éprouvette est réalisée à partir d'un bloc d'enrochement différent

Les éprouvettes sont conservées en eau dans le cas d'enrochements destinés à être utilisés en eau

CONCLUSION

- Des normes aux spécifications sévères
- Des ouvrages dimensionnés pour des siècles
- La maîtrise d'œuvre doit être consciente des enjeux
- Le choix de la carrière et le retro planning sont primordiaux



L'énergie au cœur des territoires

cnr.tm.fr

