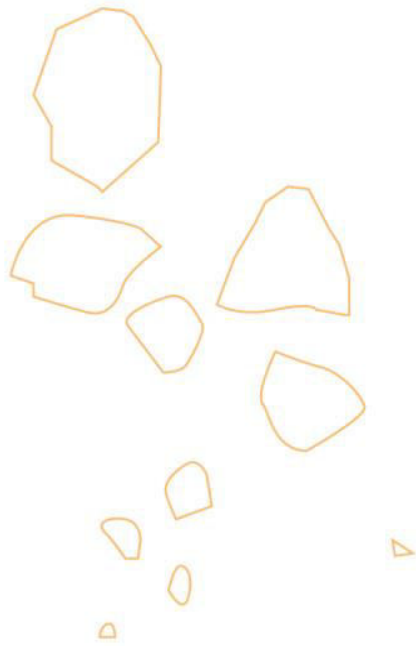




www.ctpl.info



Laitiers: des enrochements Pour tous les usages

CTPL

CENTRE TECHNIQUE
ET DE PROMOTION
DES LAITIERS SIDERURGIQUES

Journée AFOCO 26/09/2019

Utilisation des laitiers sidérurgiques en génie civil Etat actuel de la technique

-> Terrassement:

Remblais, bloc technique
Couche de forme

-> Construction:

Béton, ciment



-> Chaussées:

Assises, Roulement

-> Protection:

Enrochements, blocs

- Les enrochements sont des **matériaux de construction** au sens du respect du Règlement Produit de Construction (RPC) avec:
 - un marquage CE (attestation niveau 4 ou 2+)
 - une norme harmonisée NF EN 13 383-1 d’Août 2003
 - dans le contexte français la norme NF P 18-545 / Article 14
- Les enrochements au sens de la présente norme sont des matériaux Granulaires utilisés dans les ouvrages **hydrauliques** et autres ouvrages de génie civil.
- Les matériaux rocheux utilisés dans d’autres contextes sont parfois appelés « blocs » et ne font pas l’objet d’un marquage CE.
- La révision de la norme NF EN 13 383-1 prévoit une **extension** du domaine d’application aux ouvrages de génie civil terrestres, maritimes et fluviaux avec le marquage CE associé.
- La présente étude sur les laitiers s’inscrit dans l’évaluation de **l’opportunité** offerte par cet élargissement de toucher de nouveaux marchés.

La ressource granulaire face au patrimoine fluvial et maritime

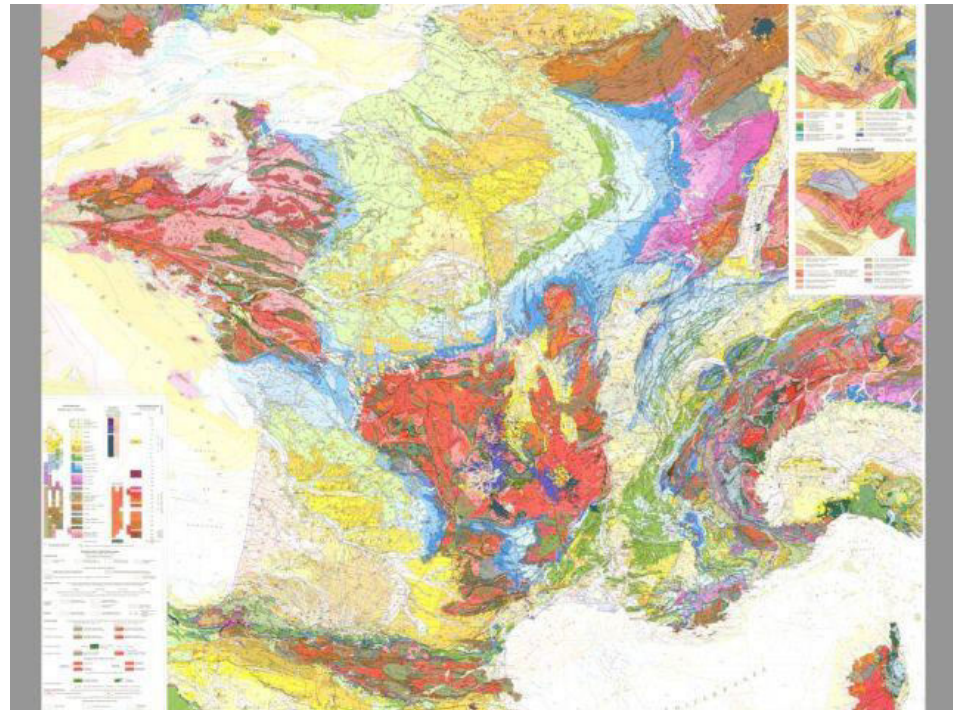
- Quelques chiffres

**330 MT Granulats en 2016
(UNPG)**

- Disparités Régionales
- Pas de statistique sur les enrochements

**8000 Km de digues fluviales
500 km de digues maritimes**

Source: Bardigues



Les inondations: un coût humain et financier

Rapport CEPRI 2011 - MTES

-> **17 millions de résidents et 9 millions d'emplois exposés aux risques inondations**

- Nîmes 1988
- Vaison la Romaine 1992
- La Falte sur mer 2010

-> **Dommmages: 1 – 1,4 Mds € / an**
Gestion de crise 5,7 Mds € / an

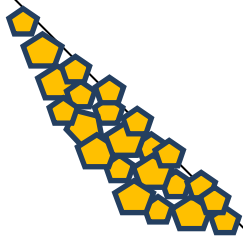
Besoins en travaux estimés:
200 km / an sur 15 à 25 ans



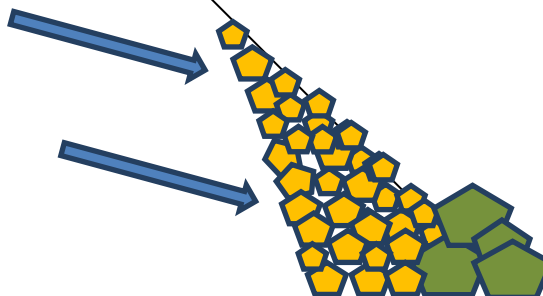
Enrochements – Evolution



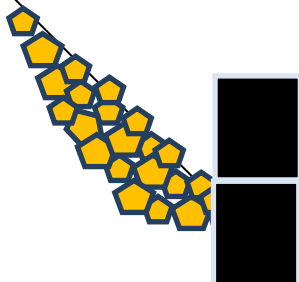
Masques



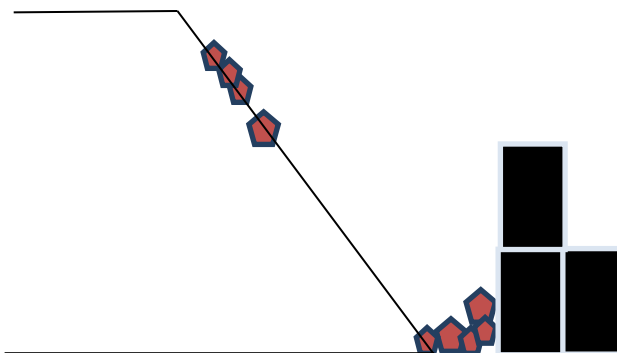
Masques drainants



Gabions



Pièges à cailloux



-> Le marquage CE s'étend du domaine hydraulique au domaine terrestre

- Les caractéristiques à prendre en compte pour la qualification:

-> **caractéristiques géométriques:**

petit enrochement, enrochement moyen, gros enrochement
Forme, élancement, surfaces cassées

-> **caractéristiques physiques:**

masse volumique, résistance à la fragmentation (Rc),
Résistance à l'usure (MDE), intégrité*

-> **caractéristiques chimiques**

-> **caractéristiques de durabilité**

durabilité des laitiers de haut fourneau et d'aciérie
absorption d'eau: essai crible gel / cristallisation du sel
gel/dégel
cristallisation du sel
coup de soleil (basaltes)



De l'évolution de l'acceptation

-> Avant (NF):

- *Conformité à une norme,
- *Logique d'acceptation basée
Sur un référentiel « oui/non »

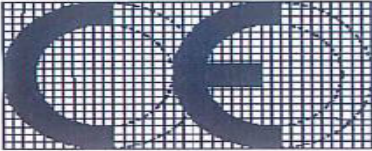


-> Aujourd'hui (UE – RPC)

- *La notion de conformité à
une norme a disparu
- *Déclaration de performance

-> Conséquences:

- C'est le marché qui définit les
performances souhaitées
- L'acceptation devient davantage une
« transaction » de gré à gré
- Il existe toujours des MOA avec des
référentiels internes: CNR, SNCF, Symadrem
- Une valeur demeure: **la durabilité**

		
01234		
Société Untel BP 35 F- 38052		
C2		
0123-cpd-0456		
EN 13383-1		
Granulats obtenus par traitement de matériaux naturels, artificiels ou recyclés et mélanges de ces granulats utilisés comme enrochement		
Forme des enrochements	Catégorie	(Ex : LT_A)
Classe granulaire des enrochements	Catégories	(Ex : $CP_{63/80}$ ou $LM_{A5/40}$)
Masse volumique	Valeur déclarée	(X Mg/m^3)
Résistance à la rupture	Catégorie	(Ex : CS_{80})
Résistance à l'usure	Catégorie	(Ex : $M_{DE} 10$)
Relargage de substances solubles à l'eau	Ex : substance X :	$0,2 \mu m^3$
Désintégration du disilicate de calcium dans le laitier de haut fourneau refroidi à l'air	Valeur déclarée	(visuel «passe la valeur seuil»)
Désintégration du fer dans le laitier de haut fourneau refroidi à l'air	Valeur déclarée	(visuel «passe la valeur seuil»)
Désintégration des laitiers d'aciérie	Catégorie	(Ex : DS_A)
Durabilité face au gel — dégel	Catégorie	(Ex : FT_A)
Durabilité face à la cristallisation du sel	Catégorie	(Ex : MS_{25})
Durabilité face au «coup de soleil»	Catégorie	(Ex : SB_A)

Marquage CE conforme à la Directive 93/68/EEC

Numéro d'identification de l'organisme de contrôle

Nom ou marque d'identification et adresse du siège social du fournisseur

Deux derniers chiffres de l'année d'apposition du marquage

Numéro du certificat CE

N° de la norme européenne

Description du produit

Et

Information sur le produit et sur les caractéristiques réglementées

Exemple d'un marquage CE dans le cas de la 13 383-1

Dans le cas de la NF P 18-545/Art.14 on parle de FTP

Figure ZA.1 — Exemple d'information du marquage CE pour les enrochements relevant du système 2+

Enrochements

Distribution en taille

Distribution en masse

Enrochement
grossier ou « petit
enrochement »

Enrochement
léger ou
« enrochement
moyen »

Enrochement
lourd ou « gros
enrochement »

Classes granulaires mm

Classes granulaires kg

Classes granulaires kg

45/125 -> CP_{45/125}

63/180 -> CP_{63/180}

90/250 -> CP_{90/250}

45/180 -> CP_{45/180}

90/180* -> CP_{90/180}

-> Catégorie A (m moyen)

5 à 40 -> LMA_{5/40}

15 à 300 -> LMA_{15/300}

-> Catégorie A (m moyen)

300 à 1000 -> HMA_{300/1000}

10t à 15t -> HMA_{10000/15000}

* Classe granulaire étroite
pour les gabions

-> Catégorie B (m limite)

Mêmes classes

-> Catégorie B (m limite)

Mêmes classes

Essais recommandés et catégories usuelles

Rubriques

- Classe granulaire
- Forme: Elancement, rapport longueur / épaisseur
- Intégrité*: mesure par onde sonore, rapport $V_{\text{mesurée}} / V_{\text{théorique}}$ non destructive
- Essai de chute de bloc
- Mesure importante pour les gros blocs
- Surface cassée: Si requis par l'application, => absence de surface roulée

Cas des laitiers

Majoritairement
petit enrochement noté CP

Pas de sujet lié à un élancement
trop important

Pour les petits enrochements
comme les laitiers, l'intégrité est
jugée acceptable sur la base de la
Rc

Ce n'est pas le cas des laitiers qui
ont tous des surfaces cassées

Essais recommandés et catégories usuelles

Rubriques

- Résistance à la rupture:
Essai de résistance en compression
- Résistance à l'usure
Essai Micro Deval
- Coefficient d'absorption d'eau – Gel / Dégel
-> Essai crible < 0,5 %

Cas des laitiers

Laitiers majoritairement Rc60

Laitiers majoritairement
MDE 10 et MDE 20

Laitiers comme matériaux
naturels > 0,5 %



- A retenir:
Gel à faire que si requis
*Intégrité va disparaître
Projet d'essai crible < 1%
Pour Abs Eau

Essais recommandés et catégories usuelles

- Caractéristiques chimiques

- Relargage de substances solubles dans l'eau
Ph - conductivité électrique **NF EN 1744-3**
suivant le cas
- Désintégration du silicate bicalcique et du fer pour les LHFc
Norme NF EN 1744-1 / article 19.1 et 19.2 **Essai « classique »**
- Désintégration des laitiers d'acierie
Protocole différent du « Steam test » **NF EN 13 383-2**
suivant le cas
- Cristallisation du sel **Suivant le cas**
- Coup de soleil **Pas adapté**

- Cas des usages routiers

Guide SETRA octobre 2012: tableau 2 page 27

Dans le cas des laitiers de type 3

- si $ph \leq 12$: utilisation interdite dans les pars nationaux
- si $ph > 12$: même restriction avec en plus une limite de distance par rapport aux cours d'eau
- le recours à l'hydro géologue reste possible pour mettre en phase le matériau avec l'usage

- Cas des usages maritimes et fluviaux

Guide CETMEF novembre 2012 « utilisation des laitiers sidérurgiques dans les ouvrages maritimes et fluviaux »

- A retenir: l'étude SESAR a conclu au potentiel très faible de relargage des laitiers, où la circulation d'eau et l'infiltration jouent un rôle essentiel

Ce qu'il faut retenir sur l'utilisation des laitiers en enrochements:

-> Les laitiers sont des matériaux compatibles avec un usage en enrochement :

***Les résistances mécaniques, les masses volumiques, la résistance à l'usure sont dans les classes définies par la NF EN 13 383-1**

***Les coefficients d'absorption d'eau (évalués entre 2 et 3 %) n'engendrent pas de restriction vis-à-vis du gel, qu'il faut cependant vérifier (si requis)**

***L'intégrité ne permet pas de rendre compte correctement de l'isotropie du matériau (particules métalliques, structures vacuolaires)**

-> Les laitiers se rattachent aux petits enrochements, bien qu'il soit possible d'agir sur la sélection initiale

-> Une attention particulière doit être portée sur l'évolutivité de certains matériaux

-> Il est possible pour le producteur de mettre en place un marquage CE 2+ ou 4 dans la mesure où la plupart des caractéristiques sont à déclarer et sont fonctions de l'usage visé

Pour aller plus loin...



***Centre Technique et de Promotion
des Laitiers sidérurgiques***

***Immeuble Le Cézanne
6, rue André Campra
F-93212 La Plaine Saint Denis***

***Tél. : +33 (0)3 28 29 32 76
Mobile :+33 (0)6 26 47 22 03
E-mail : pascal.leconte@ctpl.info***

www.ctpl.info