

## PRODUCTION ET QUALIFICATION D'ENROCHEMENTS

### LES ESSAIS EN LABORATOIRE ET SUR LE TERRAIN

04/12/2025

Sébastien BARLIER

# PRÉSENTATION DE KLEBER MOREAU



## ■ Carrières KLEBER MOREAU

### Société Anonyme

- Actionnaires: 90% Eurovia – 10% Eiffage
- Siège administratif à Pouzauges (85)
- 150 personnes

### Exploitations sur 4 départements

- Deux-Sèvres (79), Vendée (85), Charente- Maritime (17), Vienne (86)
- 6 carrières d'éruptifs dont 2 embranchés voie ferré (La Meilleraie et Mazières)
- 1 sablières (Les Roussillons)
- 5 plateformes : Saintes, Soubise, Andilly, Niort, Poitiers

### Production totale

- Environ 3,5MT/an

### Démarches de progrès

- ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, Marquage CE niv 2+
- Niveau 4 de la Charte Environnement pour tous les sites
- Partenariat avec le Museum National d'Histoire Naturelle pour le suivi de la biodiversité

## Définition d'un enrochement



### Même matériau à la base

#### Contrôle de la qualité matériau ?

OUI

Peut devenir un  
**enrochement** s'il répond  
à certaines exigences  
(Norme NF EN 13383)

NON

Ne peut pas devenir  
un enrochement et  
reste **un bloc**

Exigences liées  
à une notion de  
**DURABILITÉ**

Pas  
d'exigences  
sur sa qualité

## 1/ Contexte et besoins

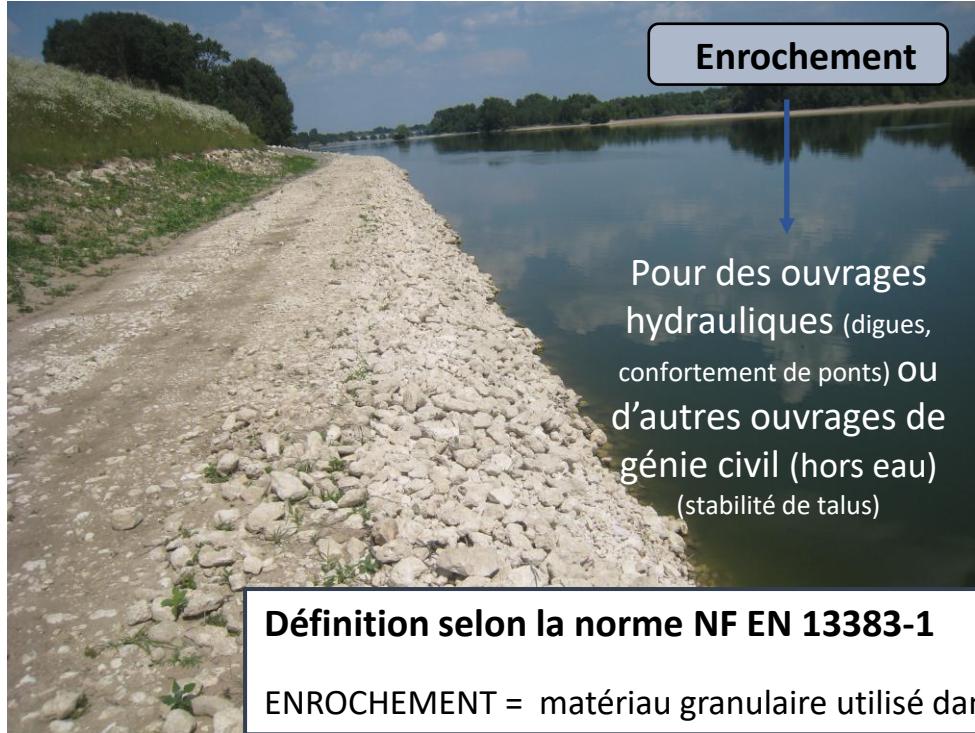
## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Définition d'un enrochement

#### Quels usages ?



#### Définition selon la norme NF EN 13383-1

ENROCHEMENT = matériau granulaire utilisé dans les ouvrages hydrauliques et d'autres ouvrages de génie civil

## 1/ Contexte et besoins

Pour quels usages ?

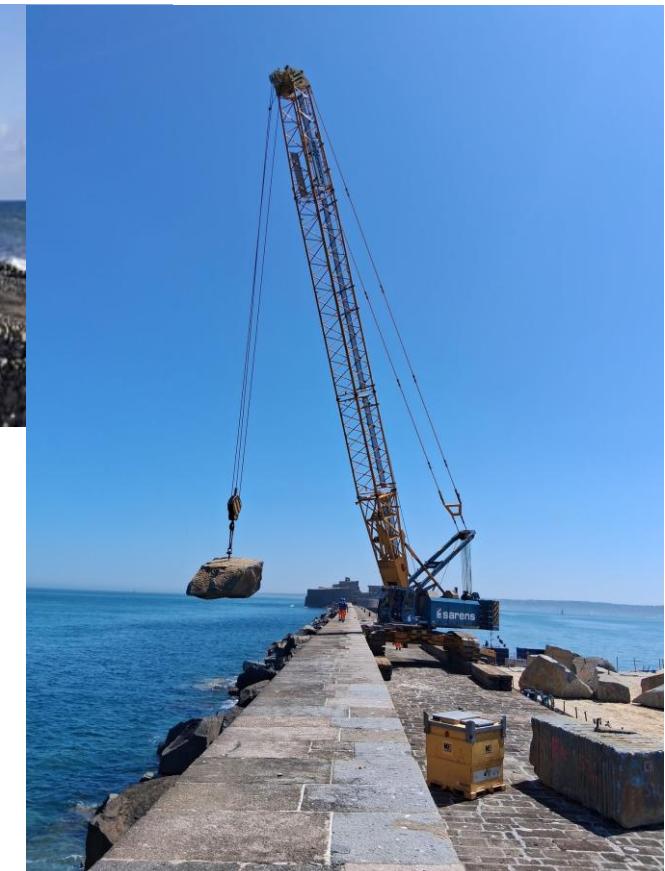
### Domaine maritime

- Aménagement portuaire (tourisme, industrie.)
- Protection du littoral
- Ouvrages neufs (digues, barrages...)
- Parc Eolien

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience



## 1/ Contexte et besoins

Pour quels usages ?

### Domaine fluvial

- Canal Seine-Nord Europe
- Aménagement (tourisme, industrie...)

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience



### Situation et gestion de crises

- Tempêtes
- Inondations



## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Le gisement et la nature de la roche



Carrière de granite avec altération de type arène granitique par endroit



Carrière de diorite avec orientation des plans

## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

La fracturation et/ou la stratification du massif est un paramètre important pour déterminer la blocostétrie



Fracturation et/ou  
stratification favorable(s)



Fracturation et/ou  
stratification  
défavorable(s)

## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Le mode d'extraction



Tir de mine pour l'élaboration des granulats



Carrière de granite et calcaire pour une production de pierre ornementale par découpage

## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Méthode de production adaptée en fonction des blocométries



Tri visuel et/ou cassage au BRH



Atelier de concassage et criblage

## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Tri mécanique des enrochements



Trommel pour criblage



Godet ajouré



Qualité : élimination des éléments fins par godet ajouré

### Essais en laboratoire – caractéristiques physiques

Masse volumique : elle est déterminée par pesée hydrostatique (différente de la MV granulats). La masse volumique réelle de l'enrochement doit être **supérieure à 2 300 kg/m<sup>3</sup> soit 2,30 Mg/m<sup>3</sup>**



A titre d'exemple : granite : 2,60 - rhyolite : 2,65 - gneiss : 2,70 - diorite : 2,80 - amphibolite : 3,00

Résistance à la fragmentation : elle est déterminée avec l'essai de résistance à la compression (conformément à l'annexe A de l'EN 1926). Éprouvette cylindrique ou cubique d'élancement 1 (50mm).

- Catégories CS<sub>80</sub> ou CS<sub>60</sub> ou CS<sub>déclarée</sub> en Mpa

### Essais en laboratoire – caractéristiques physiques

Résistance à l'usure (essais  $M_{DE}$  : micro Deval) : des spécifications sont applicables aux couches supérieures d'enrochement qui sont connues pour être sujettes à une abrasion par les sédiments.

**MDE<sub>10</sub>** (coefficient micro-deval  $\leq 10$ ) / usage pour un environnement extrêmement abrasif comme mers avec fréquentes tempêtes et interaction entre l'ouvrage et des galets, torrents, ouvrages dynamiques

**MDE<sub>20</sub>** (coefficient micro-deval  $\leq 20$ ) / usage pour un environnement très abrasif comme mers avec tempêtes occasionnelles avec plage de galets ou de sable

**MDE<sub>30</sub>** (coefficient micro-deval  $\leq 30$ ) / usage pour un environnement modérément abrasif comme mers avec grosses vagues occasionnelles ou une action du courant chargé de sédiment



## Essais en laboratoire – caractéristiques physiques

Absorption d'eau (WA, % en masse): comme essaicrible pour la résistance au gel-dégel et la cristallisation des sels

- Si l'absorption d'eau moyenne (moyenne de 10 morceaux d'enrochements) de l'enrochement n'est pas supérieure à celle de la catégorie **WA 0,5 =>** l'enrochement est considéré comme :
  - Résistant au gel-dégel
  - Résistant de la cristallisation des sels
- Dans le cas contraire (WA>0,5), les essais de résistance au gel-dégel et à la cristallisation des sels doivent être effectués.

### Essais en laboratoire – caractéristiques de durabilité

#### Résistance au gel-dégel

- Soumettre le bloc d'enrochement à 25 cycles de gel-dégel

10 morceaux d'enrochements dont 1 morceau maximum des 10 morceaux initialement testés présente une perte de masse  $> 0,5\%$  ou des fissures ouvertes et aucun des morceaux testés en complément (sinon 10 morceaux supplémentaires)

➡ Catégorie **FTA**



### Essais en laboratoire – caractéristiques de durabilité

#### Résistance à la cristallisation des sels

- Echantillon de 10/14 soumis à 5 cycles d'immersion dans une solution saturée de sulfate de magnésium et étuvage.
- Catégorie MS25, si le résultat du test au sulfate de magnésium est < à 25% de perte en masse.



#### Résistance au Coup de soleil

- Soumettre le bloc d'enrochement à ébullition durant 36h (20 blocs testés au total)
- Au plus 1 des morceaux testés présente des signes de « coup de soleil » points gris/blanc en forme d'étoile, fissure, fragmentation ➡ sinon 20 morceaux supplémentaires catégorie **SBA**.



### Essais in-situ

Les blocométries : **CP** en mm (45 à 250mm) / **LMA** ou **LMB** en kg (5 à 300 kg) et **HMA** ou **HMB** en kg (300 à 15 000 kg)

L'élancement : c'est la proportion d'enrochements dont le rapport de la Longueur (L) à l'épaisseur (E) est supérieur à 3. (**catégorie LT<sub>A</sub>**)

- Cette proportion doit être inférieure ou égale à **20% en masse** pour « les petits et les moyens enrochements. »
- Elle doit être inférieure ou égale à **5% en nombre** pour les « gros enrochements. »



### Essais in-situ: caractéristiques d'intégrité

L'indice de continuité (IC) : c'est un essai qui permet de contrôler l'intégrité des enrochements. C'est une méthode non destructive contrairement à l'essai de chute.

- $IC = 100 \times V_{lm} / V_{lc}$

Où  $V_{lm}$  = vitesse mesurée dans la roche et  $V_{lc}$  = vitesse théorique calculée à partir de la composition minéralogique

- 30 blocs dans 3 directions orthogonales et la vitesse la plus faible est retenue

### L'essai de chute (Drop test):

- Chute d'une hauteur de 3m d'un échantillon de 30 blocs minimum sur une enclume ou sur un affleurement de roche sur le carreau ou sur un « matelas d'enrochements »
- Le bloc est considéré comme cassé si perte de masse > 10%



## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Retour d'expérience, Port de La Cotinière (Île d'Oléron 2020)

- Enrochements cassés avant la mise en œuvre !
- Typiquement ce qu'il faut éviter en matière de déchargement = MAUVAISE PRATIQUE



Voilà le résultat :



## 1/ Contexte et besoins

## 2/ Production

## 3/ Essais en laboratoire et in-situ

## 4/ Retour d'expérience

### Retour d'expérience, chantier de Port Neuf à La Rochelle 2020

- Intervention du Cerema à la demande de Kléber Moreau, sur un doute émis par leur client quant à la conformité (blocométrie et élancement) de la fourniture livrée sur le chantier.



Des questions ?



Merci de votre  
attention

Sébastien BARLIER

[sebastien.barlier@cerema.fr](mailto:sebastien.barlier@cerema.fr)

Jérôme HENRY

[jerome.henry@kmoreau.fr](mailto:jerome.henry@kmoreau.fr)