

PRODUCTION ET QUALIFICATION D'ENROCHEMENTS

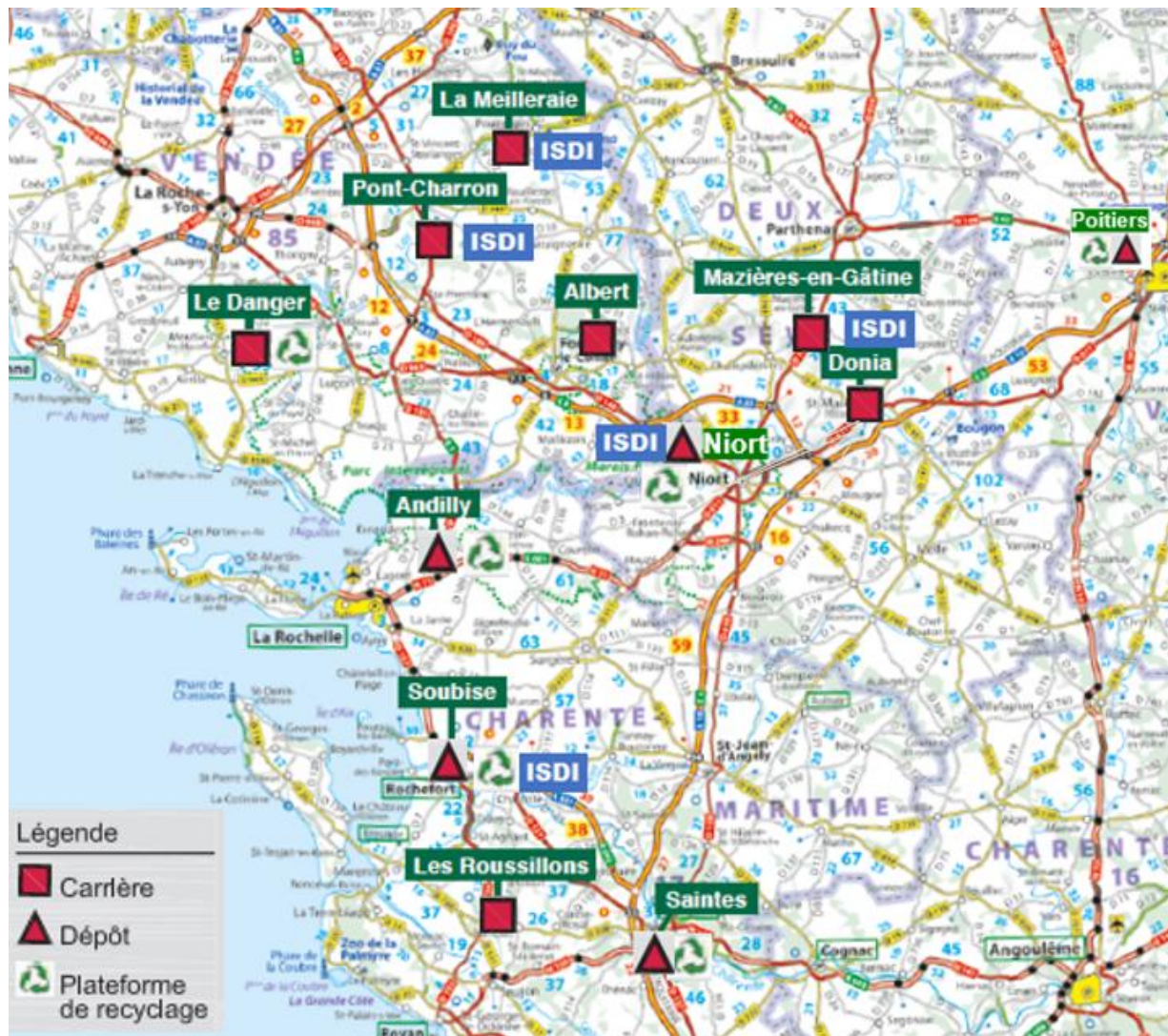
LES ESSAIS EN LABORATOIRE ET SUR LE TERRAIN

04/12/2025

Sébastien BARLIER

Jérôme HENRY

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

NON

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

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

Exigences liées
à une notion de
DURABILITÉ

Pas
d'exigences
sur sa qualité

Définition d'un enrochement

Quels usages ?



1/ Contexte et besoins

2/ Production

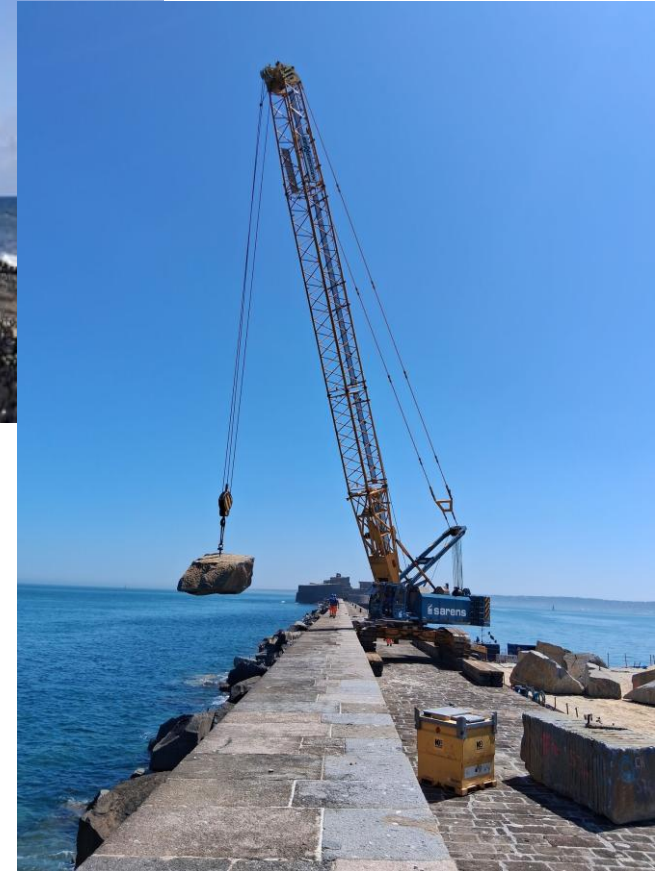
3/ Essais en laboratoire et in-situ

4/ Retour d'expérience

Pour quels usages ?

Domaine maritime

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



1/ Contexte et besoins

2/ Production

3/ Essais en laboratoire et in-situ

4/ Retour d'expérience

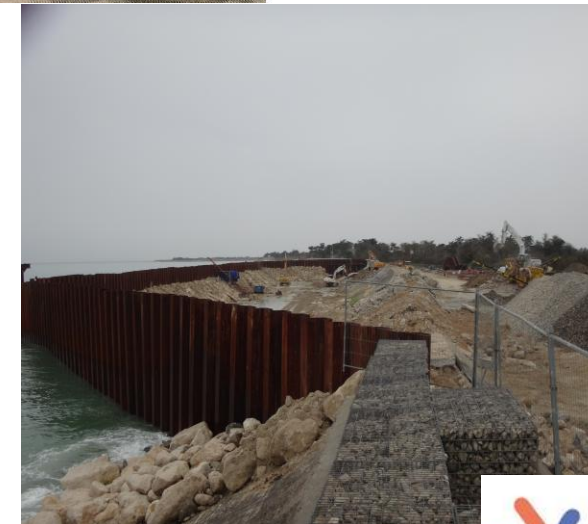
Pour quels usages ?

Domaine fluvial

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

Situation et gestion de crises

- Tempêtes
- Inondations



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

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



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



Méthode de production adaptée en fonction des blocométries

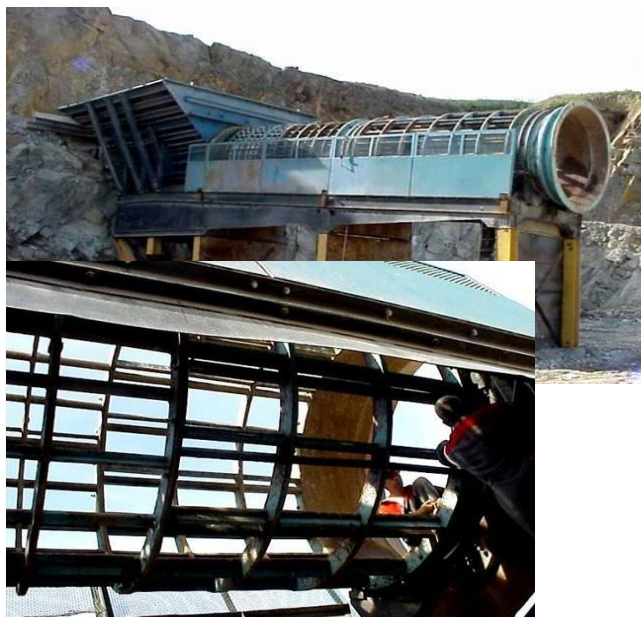


Tri visuel et/ou cassage au BRH



Atelier de concassage et criblage

Tri mécanique des enrochements



Trommel pour criblage



Godet ajouré



Qualité : élimination des
éléments fins par godet ajouré

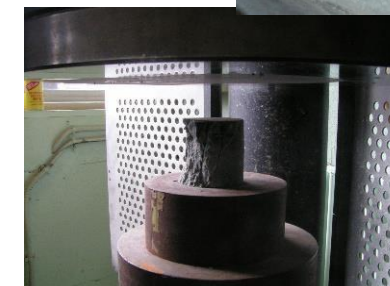
Essais en laboratoire – caractéristiques physiques

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/m³ soit 2,30 Mg/m³**

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 CS₈₀ ou CS₆₀ ou CS_{déclarée} en Mpa



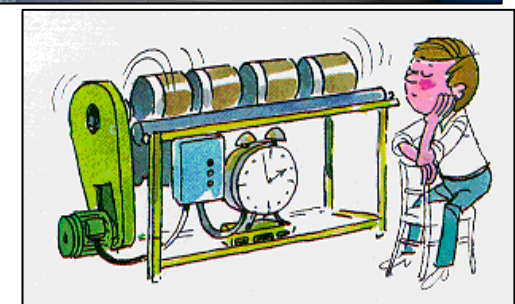
Essais en laboratoire – caractéristiques physiques

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_{10} (coefficient micro-deval ≤ 10) / usage pour un environnement extrêmement abrasif comme mers avec fréquentes tempêtes et interaction entre l'ouvrage et des galets, torrents, ouvrages dynamiques

MDE_{20} (coefficient micro-deval ≤ 20) / usage pour un environnement très abrasif comme mers avec tempêtes occasionnelles avec plage de galets ou de sable

MDE_{30} (coefficient micro-deval ≤ 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 essai 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 \Rightarrow 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'élançement : c'est la proportion d'enrochement dont le rapport de la Longueur (L) à l'épaisseur (E) est supérieur à 3. (catégorie LT_A)

- 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%

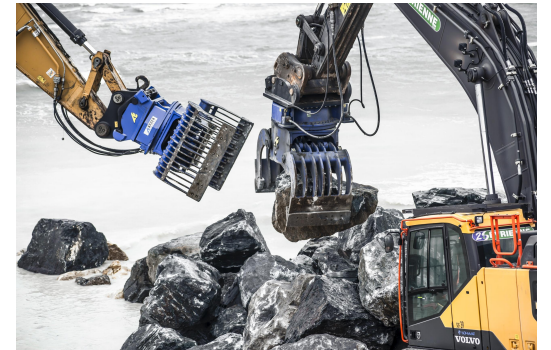


Retour d'expérience, Port de La Cotinière (Ile d'Oléron 2020)

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



Voilà le résultat :



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

Jérôme HENRY

jerome.henry@kmoreau.fr