

Technologies et procédés de recyclage

Technologies de fractionnement pâte/granulats



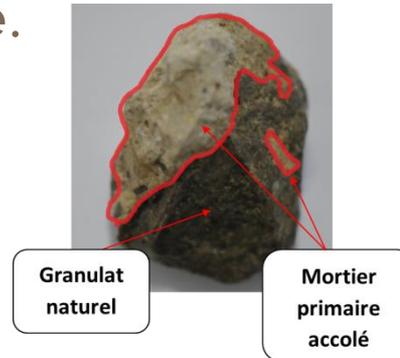
Colloque RECYBETON – Sandrine Braymand – Sébastien Roux – Hanad Fares

09/03/2017





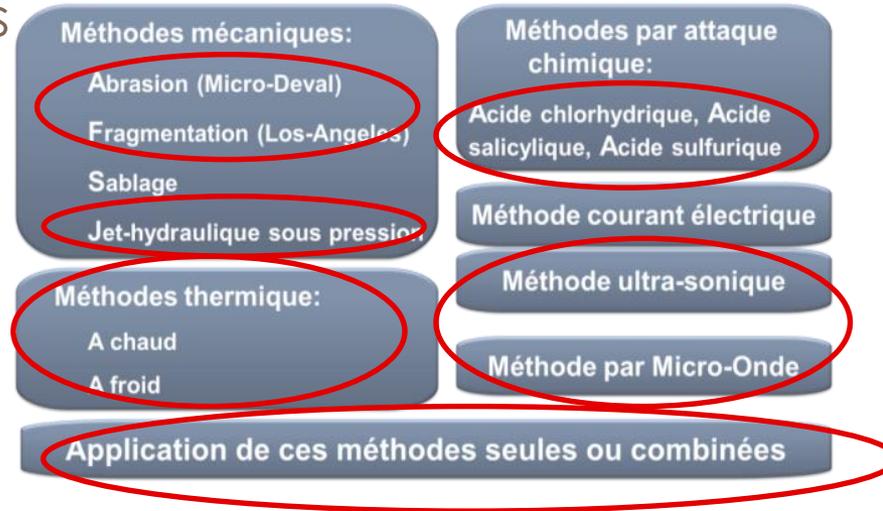
- Utilisation directe des bétons de déconstruction recyclés comme granulats limitée en raison de leur forte absorption **due au mortier accolé.**



- Evaluation en laboratoire de technique(s) destinée(s) à séparer la pâte de ciment du gravillon naturel d'origine
- Déroulement de l'étude
 - Étude bibliographique
 - Étude exploratoire multi procédés
 - Choix des protocoles standardisables
 - Optimisation du/des protocoles standardisables



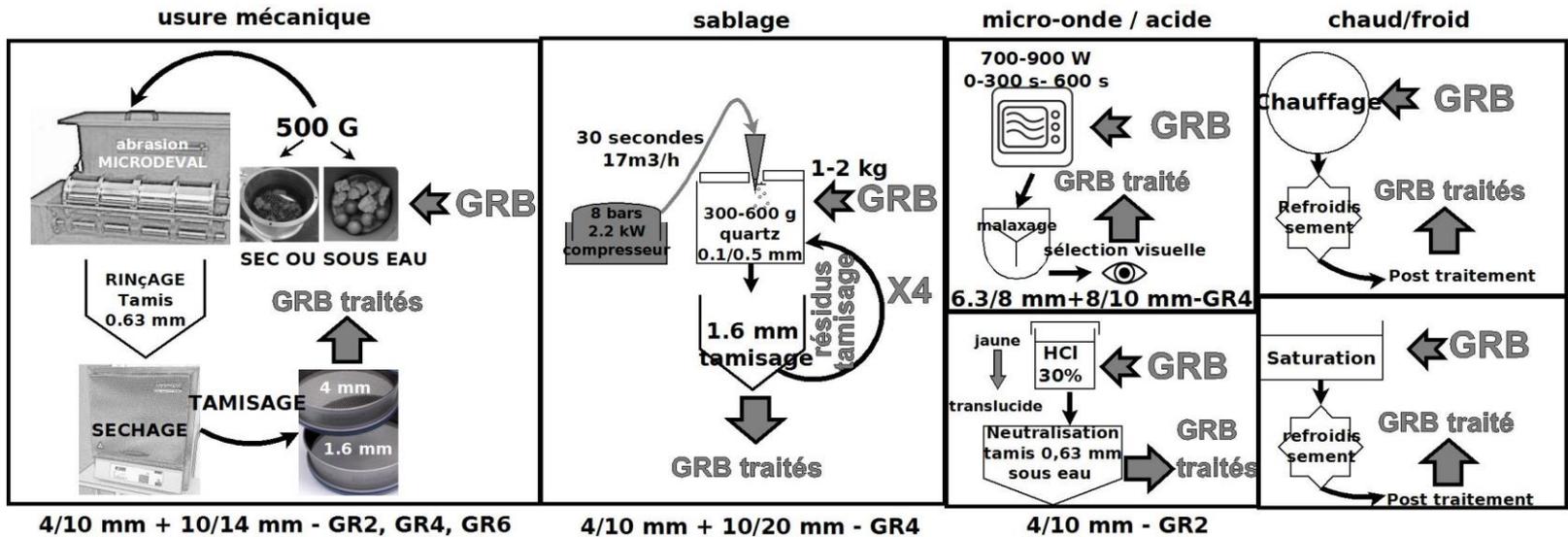
- Bibliographie : Phase exploratoire de recherche multi-procédés



- Analyse de 10 procédés dans la littérature
- Procédés retenus après analyse critique
 1. Efficacité
 - Rendement : perte de masse
 2. Coût environnemental et économique
 3. Industrialisation possible



- Procédés évalués en laboratoire
 - Faisabilité à l'échelle du laboratoire



- Procédés retenus comme protocoles standardisables selon des critères d'efficacité





- ▶ Méthode de contrôle de l'efficacité d'un traitement
 - Exemple sur micro Deval seul appliqué 30 minutes avec connaissance du granulat parent ; perte de masse > 25%

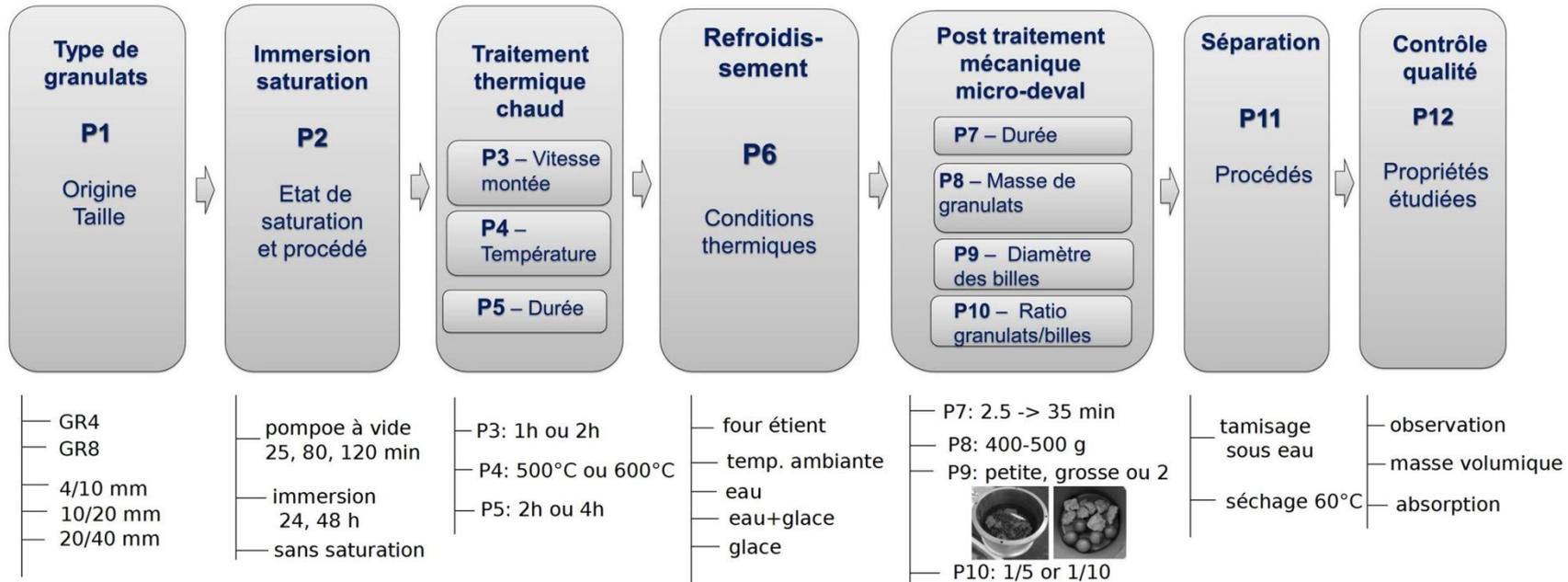
	Masse volumique G_{recycl}	Masse volumique G_{parent}	Masse volumique $G_{\text{traité}}$
GR6 4-10 mm	2 230 kg/m ³	2600 kg/m ³	2350 kg/m ³

- ▶ Efficacité relative du traitement
 - Granulat partiellement nettoyé -> solution satisfaisante ?
 - Quel critère pour efficacité? **Perte de masse? -> insuffisant**
 - Difficulté à estimer l'efficacité si non connaissance des propriétés du granulat parent et de la composition du béton parent
 - Limite : détérioration des granulats parents
 - Besoin d'un tri visuel et d'un contrôle des granulats

- ▶ Notre critère pour la sélection : capacité du traitement à nettoyer le granulat parent
 - Choix de procédés thermomécaniques associant 2 des procédés testés



► Procédé thermomécanique chaud (67 essais)





Nr.	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
24.5	RS 10/20	no saturation	1h	600°C	4h	tap water	3+35min

P8	P9	P10	P11	Δm_{md} [%]	ρ [g/cm ³]
400-500g	big+small	~1/5	sieving	-50,87	2,19





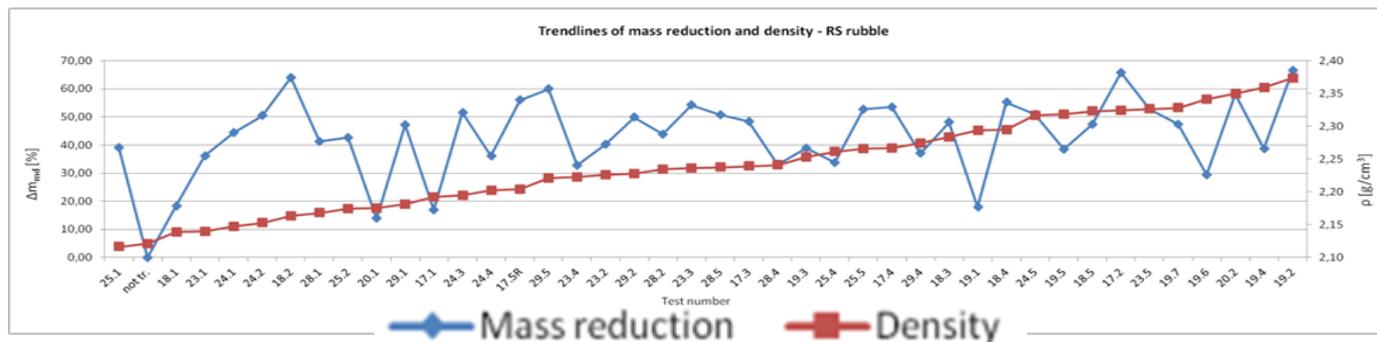
► **Réduction du nombre de valeurs/paramètres :**

- P2 : Pré-saturation → pas d'amélioration significative
- P3 : Montée lente en température (2h au lieu de 1h) → pas d'amélioration significative et coût énergétique supplémentaire
- P6 : Refroidissement dans l'eau glacée → une légère amélioration mais qui est dangereuse et difficilement applicable
- P9 : utilisation des résidus sans bille ne donne pas satisfaction et un traitement avec successivement des boulets et des billes → pas d'amélioration significative

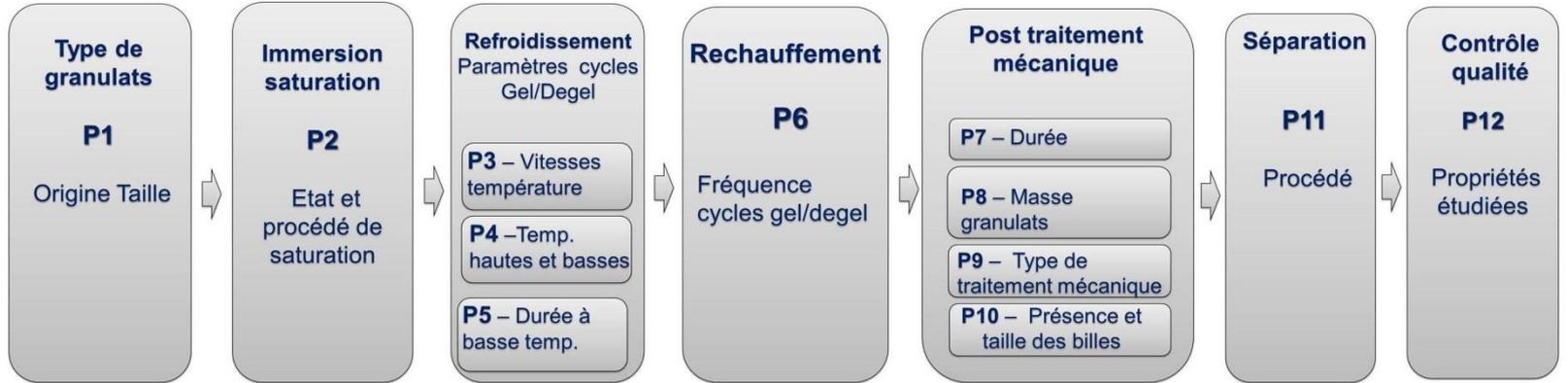
► **choisir définitivement certains paramètres :**

- P4 : la température à appliquer est de 600°C pour garantir une détérioration du mortier (CSH+portlandite)
- P5 : 2h de traitement pour le gravier recybeton GR4 10-20 mm sont suffisants

► **Non corrélation perte de masse <-> masse volumique**



► Procédé thermomécanique froid (54 essais)



GR4
4/10 mm
10/20 mm

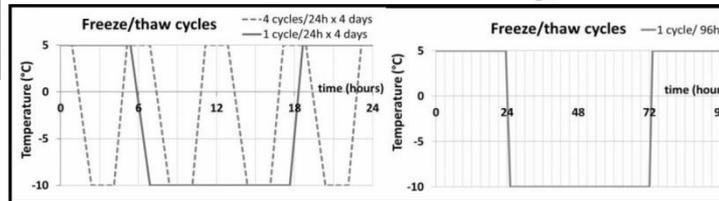
sec
saturé 24h
saturé 24h + immergé



P3: Refroid. -10°C/h
Chauhe +5°C/h
4 cyc./24h. x4 jours
P4: +5°C/ -10°C
1 cyc./24h. x4 jours
P5: 1h45
1 cyc./96h.

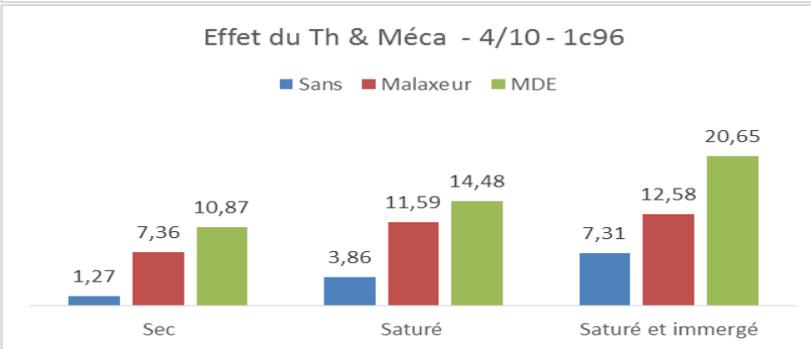
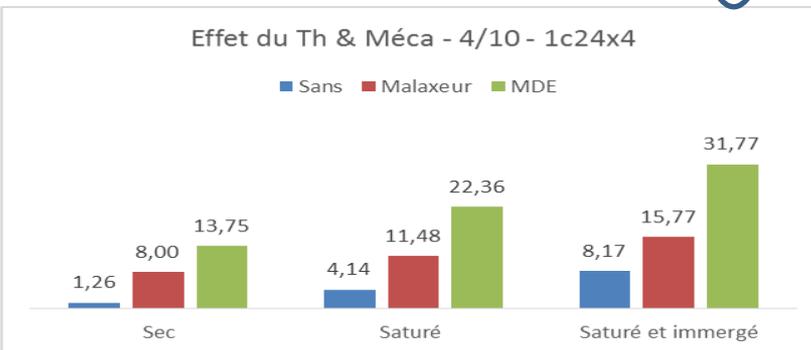
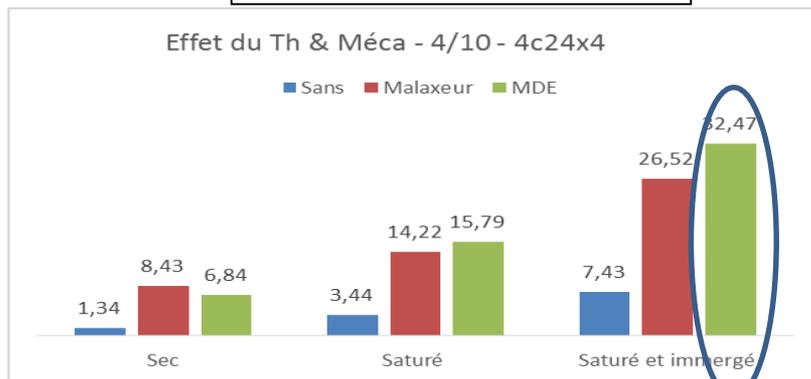
P7: 0, 2 ou 10 min
P8: 200-400 g
P9: sans malaxeur abrasion
P10: petite

tamissage sous eau
séchage 60°C
observation
masse volumique
absorption

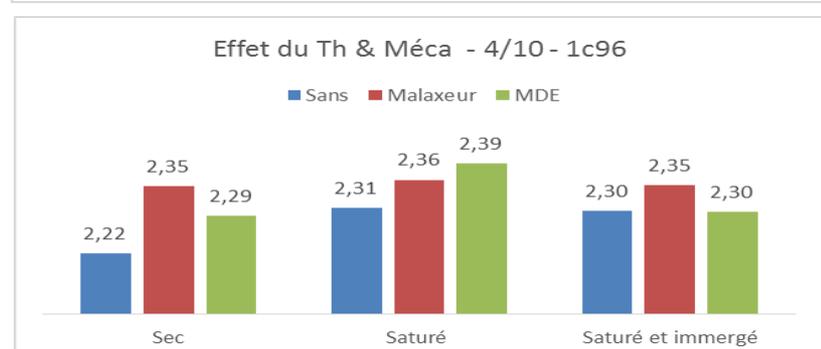
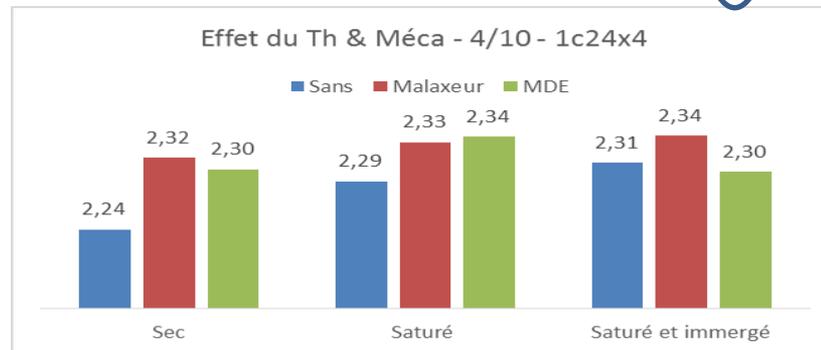
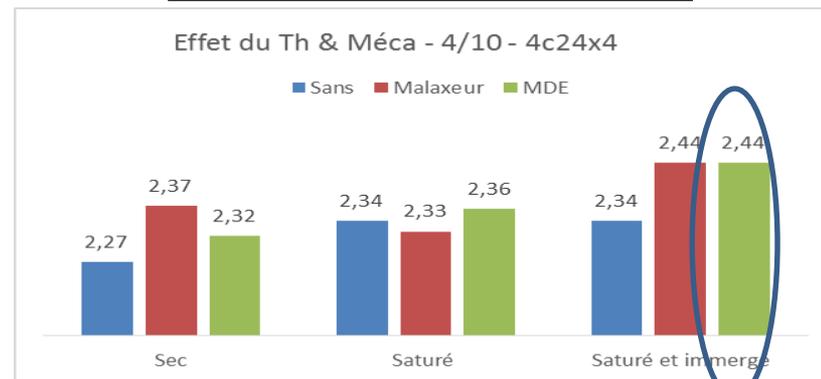




Perte de masse %



Masse Volumique g/cm³





► Problèmes TMC :

- Non corrélation perte de masse <-> masse volumique
- Granulats endommagés (granulats calcaires)
- Reste de mortier
- Perte de masse élevée -> déchet secondaire



► Nouveau critère

- « Rentabilité » économique et environnementale
- bilan consommation d'énergie et d'eau

► Sélection des procédés (sur 10/20 mm et ballast)

- coût énergétique X rentabilité
 Rentabilité : quantité de matériau traitée / quantité initiale
Attention critère opposé à la perte de masse qui limite la quantité de déchets secondaire à revaloriser
- Bilans des plans d'expérimentation précédents

TMC

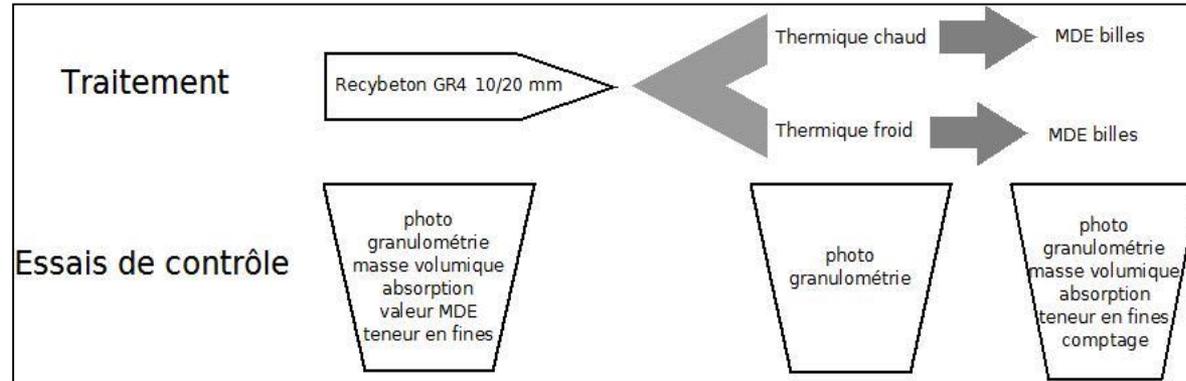
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Non Saturé	1h	600°C	2h	Température ambiante	10 min	~ 500g	billes	1/5	Tamissage 1.6 mm

TMF

P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Saturé et immergé	-10°C/h et +15°C/h	5/-10°C	1h45	4cycles/24h x 4jours	10 min	~ 400g	MDE	billes	T 1.6 mm



► Approfondissement des TMC et TMF : 10/20 mm et ballast



	Granulats nettoyés et non endommagés	Granulats nettoyés et endommagés	Granulats partiellement nettoyés	Mortier détaché	Efficacité (Perte de masse)
Thermo-mécanique Chaud	19 %	24 %	27 %	30 %	70 % (30 %)
Thermo-mécanique Froid	29 %	0 %	31 %	40 %	83 % (17 %)

	Granulats nettoyés et non endommagés	Granulats nettoyés et endommagés	Granulats partiellement nettoyés	Mortier	Granulats non traités
Masse volumique TTM (moyenne)	2,72 g/cm ³	2,35 g/cm ³	2,39 g/cm ³	2,09 g/cm ³	2,25 g/cm ³





- ▶ Peu de méthodes sont à la fois efficaces, à impacts environnementaux réduits et transposables à l'échelle industrielle
 - Quelle degré de nettoyage peut-être considéré acceptable ?
 - Réaliser des bétons avec des granulats partiellement nettoyés -> limite : pas d'influence sur les caractéristiques de mise en œuvre et les caractéristiques mécaniques

- ▶ Les traitements thermiques favorisent l'endommagement du mortier. Il est ensuite détaché grâce à un post traitement mécanique.
 - Mais le rendement est faible pour un granulats nettoyé non endommagé < 30%.
 - Production de déchet secondaire important

- ▶ Les mesures de la perte de masse et de rendement sont insuffisantes pour juger de l'efficacité d'un protocole.
 - Il est nécessaire d'ajouter un tri « visuel » et un contrôle pour séparer les granulats nettoyés et non endommagés.
 - Utiliser les résultats des 2 études du thème 1: Technologie de tri sélectif des granulats de béton concassé et de séparation à sec du sable et des fines, *NEO ECO et IFSTAR*
 - Voir développement du projet HISER/ *Automatisation de la technologie de tri et de recyclage*

- ▶ Le traitement sur ballast ne donne pas de résultats suffisamment probants pour que cette solution soit conservée

