

Mieux caractériser le potentiel de gonflement des laitiers LD

Samyr EL BEDOUI * (CETE EST - LRPC Nancy)

Guy HENRYON (CETE EST - LRPC Nancy)

* samyr.el-bedoui@developpement-durable.gouv.fr

Clôture de l'opération AGREGA

Ifsttar (centre de Nantes) - Mardi 10 décembre 2013



IFSTTAR

«**erema**»

Le nouvel établissement en marche

Mieux caractériser le potentiel de gonflement des laitiers LD

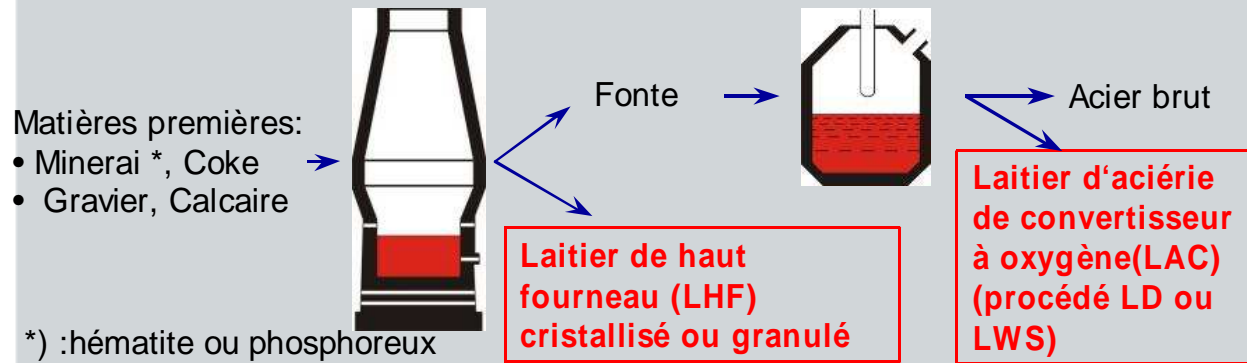
- Contexte – Problématique
- Les expériences de maîtrise du gonflement
(étude bibliographique)
- Caractérisation du gonflement en lien avec l'usage
(expérimentations en laboratoire)
- Discussion - Conclusion



Contexte - Problématique

Formation des laitiers sidérurgiques

Filière "Haut-fourneau - Aciérie de convertisseur à oxygène LD ou LWS"



Haut Fourneau – Uckange (57)

Filière "Aciérie électrique"

Matières premières :

- Ferrailles



Exemple de laitiers sidérurgiques élaborés

Les laitiers sidérurgiques sont des co produits inéluctables dans les process.

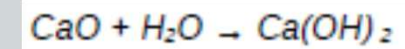


Contexte - Problématique

(Données en % massique)

	LHF	LAC	LAFE	Basalte	Grès	Calcaire
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
CaO	40	49	26	10	3	53
CaO libre		6	<1			
SiO2	37	14	13	51	67	3
MgO	9	3	5	6	2	1
Al2O3	10	2	6	14	14	<1
Fe total ₁₎	<1	18	26	9	4	<1
MnO	<1	3	5	<1	<1	<1
K2O	<1			1	2	<1
Na2O	<1			2	3	<1
S total	1					
TiO2	1			2	1	<1
P2O5		2	<1	<1	<1	<1
Cr2O3		1	2	<1	<1	<1
CO2						41

Risque d'expansion volumique



Expansion: *2



Auriol, 2002

MVR élevée

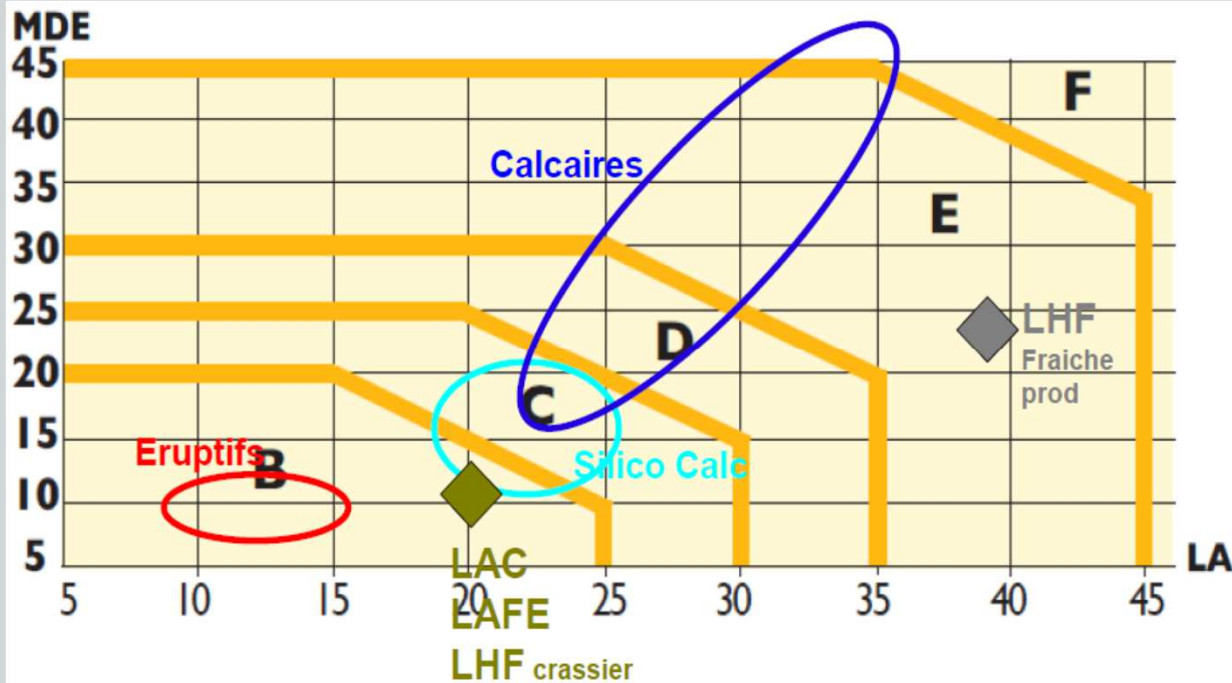
1) Somme Fe_{total} : Fe_{met.} + FeO + Fe₂O₃

Source : FehS Duisburg

Ordres de grandeur



Contexte - Problématique

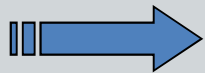


Enjeux:
Gisement de co produit
avec de bonnes performances
géotechniques



Comment maîtriser ce potentiel de gonflement?

Étude bibliographique




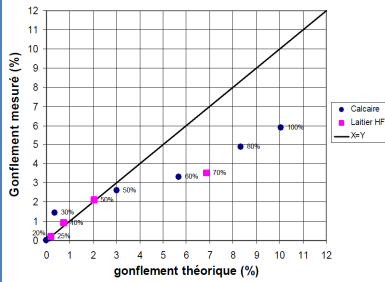
Comment caractériser ce potentiel de gonflement?

Étude bibliographique & expérimentations en laboratoire



Les expériences de maîtrise du gonflement

(étude bibliographique)

<p>Inertage au stockage</p> <p>Auriol & al, 2002 Da Silveira & al, 2005</p>	<p>Maturation en stock Hydratation de la chaux</p>  <p>Da Silveira, 2005</p>	<p>Techniques peu adaptées:</p> <ul style="list-style-type: none"> - espace nécessaire - reprise des stocks nécessaire
<p>Elaboration - Formulation</p> <p>Rayssac & al, 2009</p>	<p>Mélange avec matériaux inertes</p>  <p>Rayssac et al, 2002</p>	<p>Principe de « dilution »:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraction non valorisée - Matériaux inertes disponibles



Comment caractériser ce potentiel de gonflement?



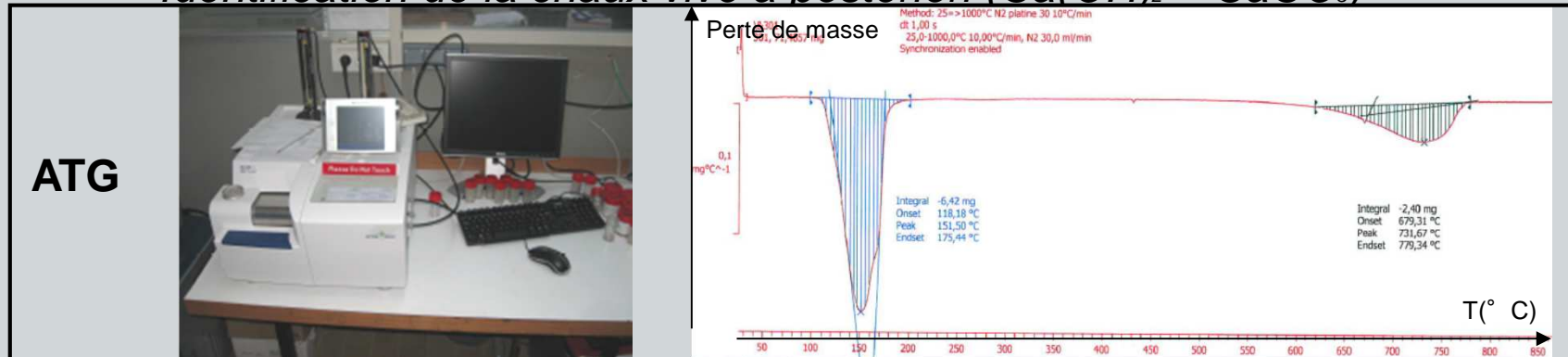
Caractériser le potentiel de gonflement

Quantification de la chaux

Dosage en chaux – méthode LEDUC – réaction dosage acide / base
Analyse thermogravimétrique – ATG – perte de masse en fonction de la
 T°

Prise d'échantillon difficilement compatible avec le stock et l'usage

Identification de la chaux vive à postériori (Ca(OH)_2 – CaCO_3)



Caractériser le potentiel de gonflement

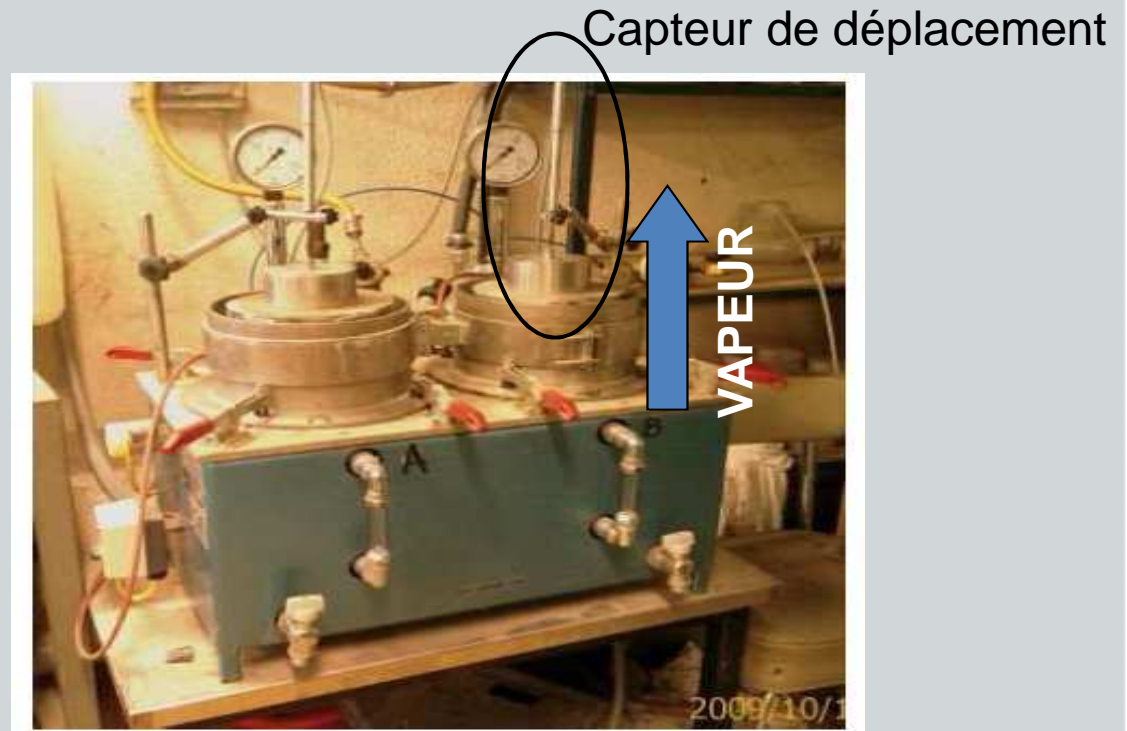
Essai d'expansion vapeur (NF EN1744-1)

- 2 éprouvettes de 4.5kg

- granularité:
0 / 22.4mm

- durée:
1 semaine

- seuils normés:
< 5%: utilisation en GNT
< 3.5%: utilisation en couche de roulement



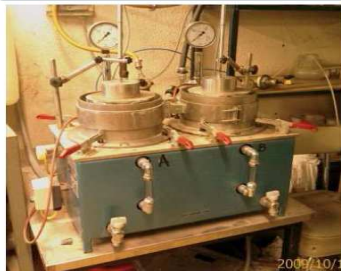
*Essai en 0 / 22mm **SEULEMENT**
Courbe granulométrique THEORIQUE
Références de compactage?*



Caractériser le potentiel de gonflement

(Méthodologie)

Laitiers LD
(NF EN 1744-1)



Essai selon la norme

Essai sur fraction 0/10



Essai en variant l'énergie de compactage

Essai sur fraction 0/10

Laitiers LD
(NF EN 1744-1)



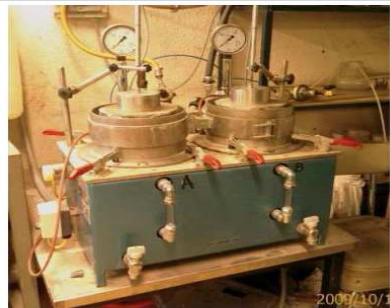
Essai selon la norme

Essai sur fraction 0/10

Influence des coupures granulométriques



Caractériser le potentiel de gonflement



Résultats des gonflements (G)



Durée

Courbe de Fuller (0 / 22.4mm)

0 / 10mm

Courbe de Fuller E opm

Courbe brute E opm

Steam test	Immersion
7 jours	18 – 23 jours
G = 2 %	G = 1.3%
G = 1.8 %	G = 1%
X	G = 1.4%
X	G = 0.8%

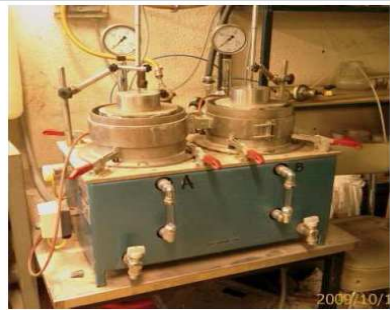


G : gonflement (%)

C = MVA:
masse
volumique
apparente (t/m3)



Caractériser le potentiel de gonflement



Résultats des gonflements (G)



- $G_{\text{vapeur}} > G_{\text{immersion}}$ malgré le temps d'observation
Perméabilité à la vapeur > Perméabilité à l'eau

- $G_{\text{vapeur } 0/22} > G_{\text{vapeur } 0/10}$ & $mva_{0/22} < mva_{0/10}$

Plus le matériau est compacté – Plus G est petit – 0/D variable

- $G_{\text{immersion } 0/22F} > G_{\text{immersion } 0/22b}$ & $mva_{0/22F} > mva_{0/22b}$

Plus le matériau est compacté – Plus G est grand – 0/D fixée

Deux phénomènes en compétition en augmentant la compacité:



(1) on diminue la perméabilité

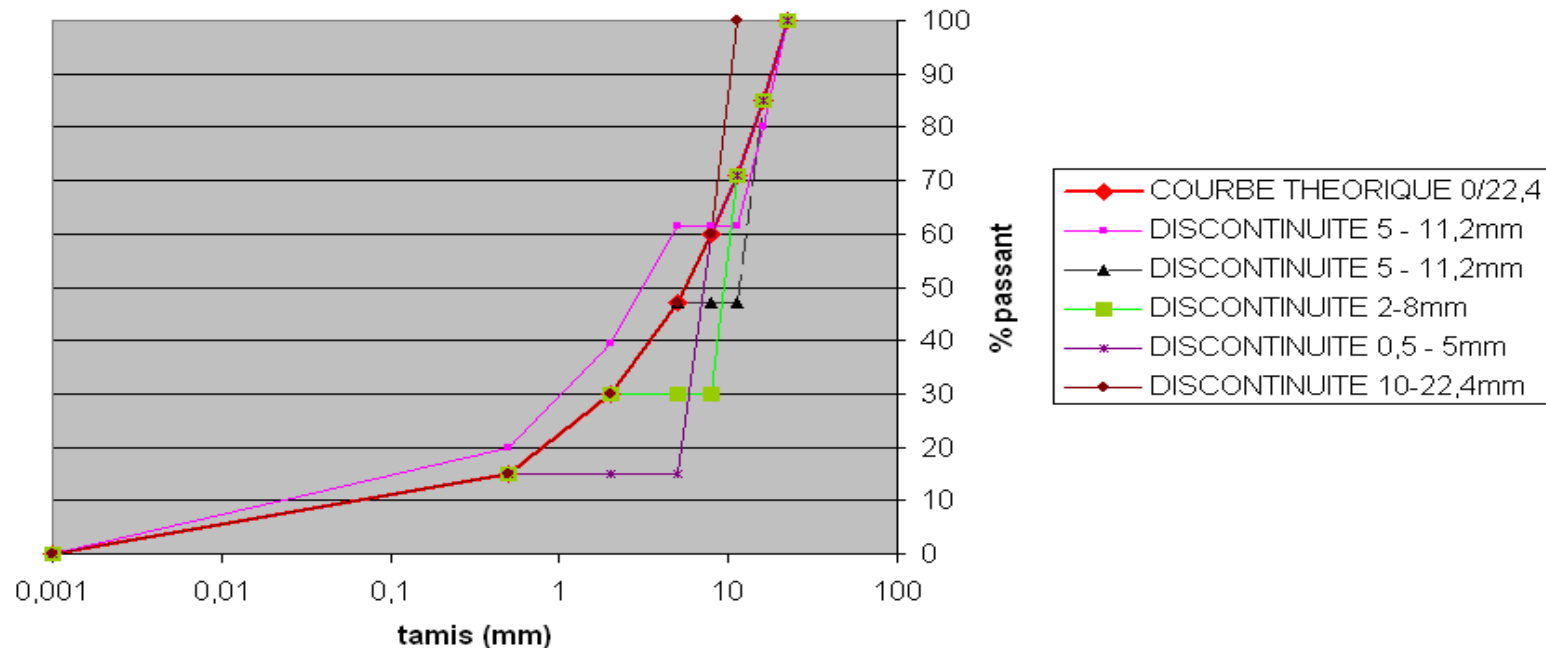
(2) on diminue l'indice des vides donc la déformabilité



Caractériser le potentiel de gonflement

Laitiers LD
(NF EN 1744-1) -92h

Courbes granulométriques des mélanges



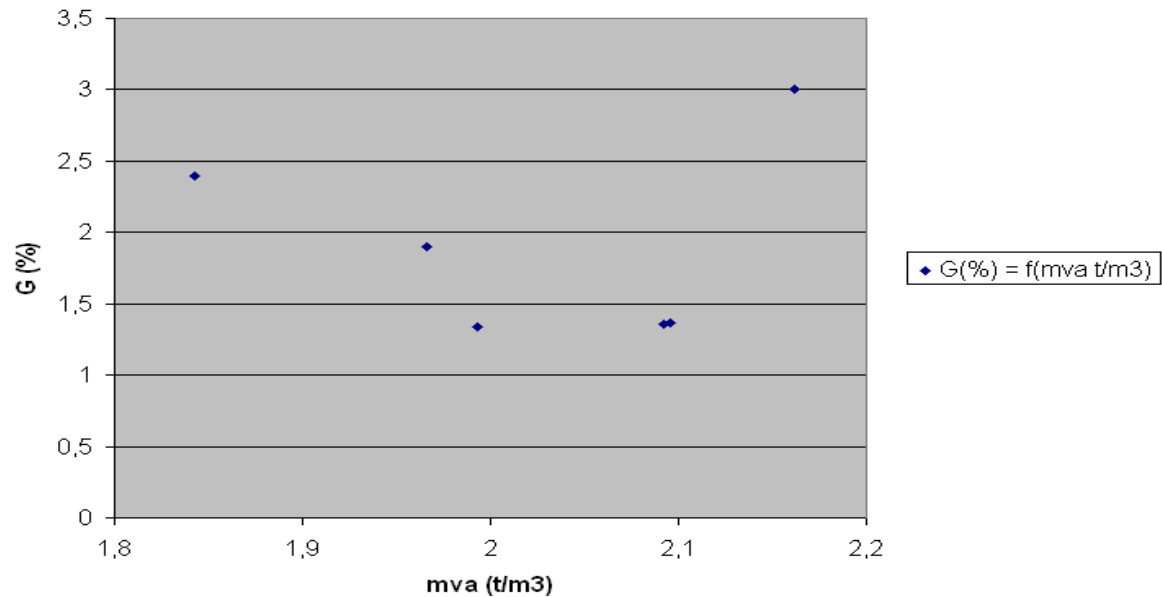
Influence des coupures granulométriques?
Influence de la compacité?



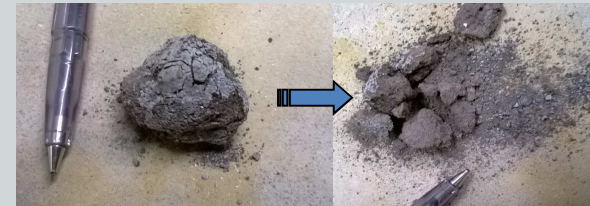
Discussion - Conclusion

Pas de relation directe MVA - Gonflement

$$G(\%) = f(mva \text{ t/m}^3)$$



(1) Échantillon après essai



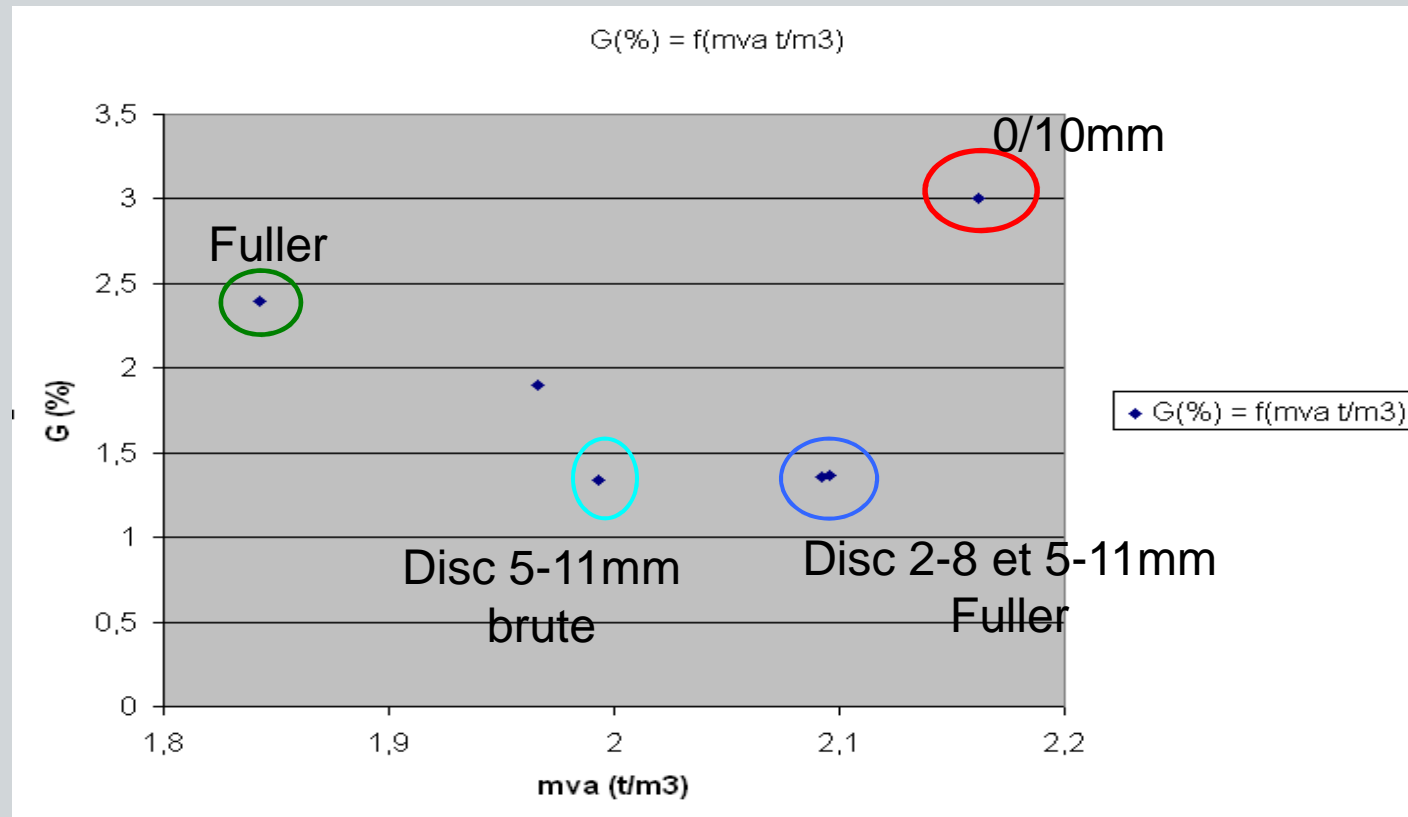
(2) Échantillon après essai

(1) Évolution de MVA au cours de l'essai / Gonflement

(2) Évolution de MVA au cours de l'essai / Granulométrie



Discussion - Conclusion



Discussion - Conclusion

Pas de corrélation directe : MVA / Gonflement

Influence des coupures: 0/10mm fraction « sensible »

Forte influence de la coupure 5/8mm (?)

Recomposition de Fuller => forte mva



Nécessité de travailler en courbe brute pour mieux évaluer le comportement du matériau

Nécessité de travailler sur la fraction 0/D d'utilisation

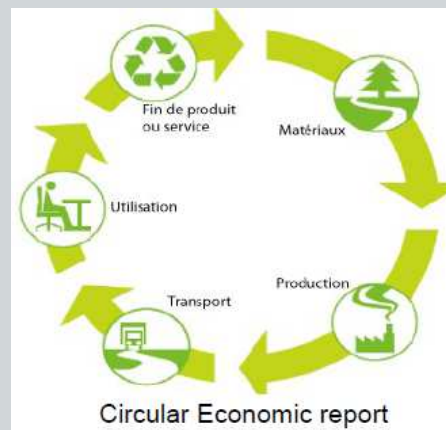
Optimisation possible des coupures pour l'usage

Quid de l'utilisation en enrobé...?



Valorisation raisonnée et raisonnable

- capitalisation des expériences
- connaissance technique des matériaux / usage
- intégration de nouveaux concepts (transportabilité, économie circulaire)



Merci de votre attention