

# Valorisation de sables argileux dans les enrobés tièdes

Vincent DELMOTTE – CETE Méditerranée  
Laboratoire: Service Granulats Enrobés Recyclage

Belkacem BENTAHAR – ENTPE  
VA Génie Civil – promotion 2010 - TFE

## Clôture de l'opération AGREGA

Ifsttar (centre de Nantes) - Mardi 10 décembre 2013



IFSTTAR

«**erema**»

*Le nouvel établissement en marche*

# PLAN DE LA PRÉSENTATION

- Contexte et périmètre de l'étude de laboratoire
- Plan d'expérience
- Résultats et interprétations
- Conclusions



## Contexte et périmètre de l'étude de laboratoire

- Face à l'épuisement des ressources et des gisements de granulats pour les matériaux de construction, peut-on avoir recours à des fournitures granulaires moins « nobles » dans les enrobés bitumineux sans affecter les performances mécaniques et la durabilité de ces derniers? Pour cette étude, on se propose de répondre par l'expérimentation en laboratoire à deux questions :
  - Les seuils réglementaires actuels ne sont-ils pas trop sévères?
  - Quelle serait l'influence de l'utilisation de sables plus argileux sur des techniques bitumineuses tièdes?



## Contexte et périmètre de l'étude de laboratoire

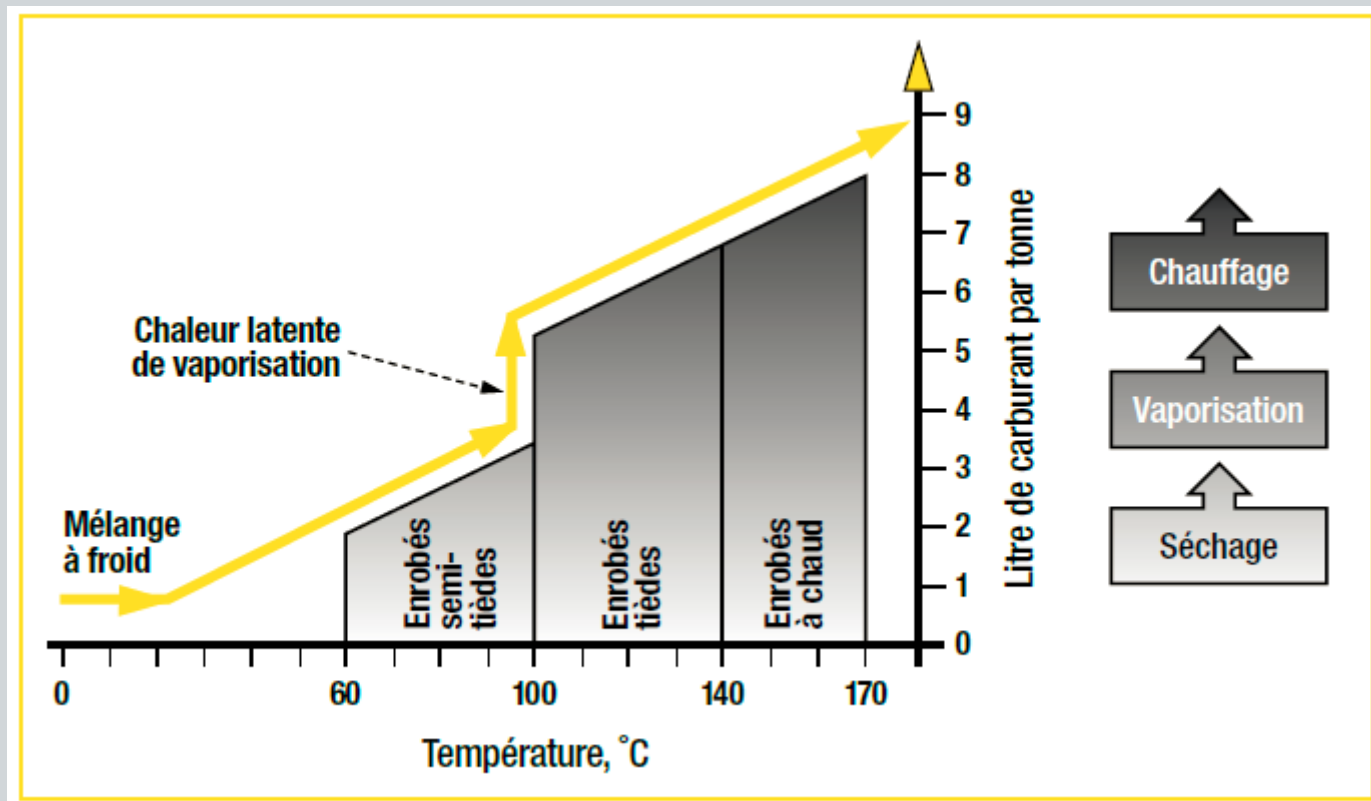
- Afin d'obtenir des éléments techniques de réponse, sachant que le facteur de désordre facilement suspecté (enrobés bitumineux et argile) est l'eau, on étudie la tenue à l'eau Duriez des enrobés (norme d'essai NF EN 12697-12) selon le plan d'expérience suivant:

BBSG 0/10 classe 3 au bitume de grade 35/50	Sable S1 conforme	Sable S2 en limite de conformité	Sable S3 non conforme
Référence "à chaud"	Essai de tenue à l'eau Duriez à 7 jours		
	Essai de tenue à l'eau Duriez "poussé" à 28 jours		
Tiède EBT	Essai de tenue à l'eau Duriez à 7 jours		
	Essai de tenue à l'eau Duriez "poussé" à 28 jours		
Tiède Zéolithe	Essai de tenue à l'eau Duriez à 7 jours		
	Essai de tenue à l'eau Duriez "poussé" à 28 jours		



## Contexte et périmètre de l'étude de laboratoire

- Pour mémoire, la classification des différents enrobés en fonction de leur température de production



# Plan d'expérience

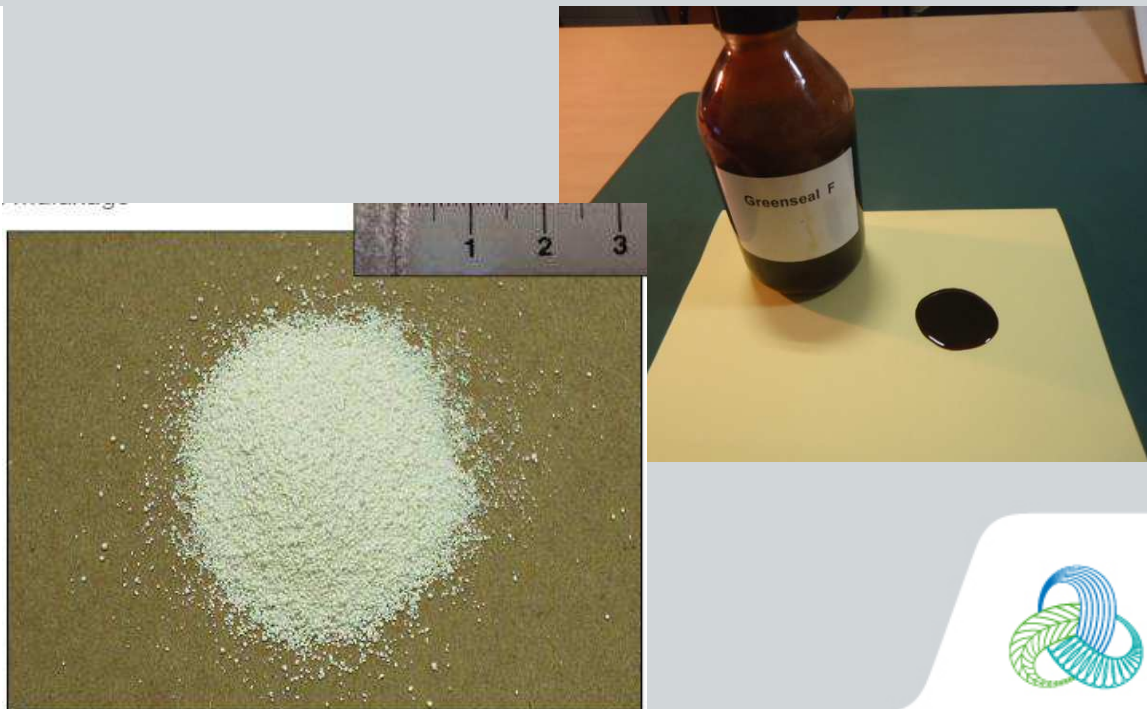
- 3 Formulations éprouvées de BBSG 0/10 classe 3
  - Composition de référence au bitume 35/50 Total AZALT à chaud
  - Composition tiède (additif liquide) EBT au Green Seal F
  - Composition tiède (additif solide) Zéolithe Aspha-min

**AZALT® 35/50**  
BITUME ROUTIER A CHAUD



CARACTERISTIQUES	METHODE	SPECIFICATIONS	
Penétabilité à 25°C	1/10 mm	EN 1426	35 - 50
Point de ramollissement Bille et Anneau	°C	EN 1427	50 - 58
Point d'écoulement (Cleveland)	°C	EN ISO 2592	≥ 240
Solubilité à 25°C	%	EN 12592	≥ 99,0
Teneur en paraffines	%	EN 12606-2	≤ 4,5
Après vieillissement RTFOT		EN 12607-1	
Variation de masse	%		≤ 0,5
Penétabilité restante	%	EN 1426	≥ 53
Point de ramollissement Bille et Anneau	°C	EN 1427	≥ 52
Augmentation du point de ramollissement	°C	EN 1427	≤ 8

Le bitume AZALT® 35/50 satisfait la norme NF EN 12591 « Spécifications des bitumes routiers » (Décembre 1999).



# Plan d'expérience

## Identifications des Sables silico-calcaire de Durance & chargement en argiles (substitution en masse des fines du sable par de l'argile type Montmorillonite)

Caractéristiques	Normes d'essai	Symbole (Unité)	Sable S1	Sable S2	Sable S3	Spécifications NF EN 13043*
Evaluation des fines Essai au bleu de méthylène	NF EN 933-9	MB (mg/g) sur 0/2 mm	0.70	1.70	2.75	≤ 2
	NF EN 933-9	MB <sub>F</sub> (mg/g) sur 0/0.125 mm	3.3	7.6	12.2	≤ 10
Pouvoir rigidifiant	NF EN 13179-1	ΔTBA (°C)	11	13	15	8 ≤ ΔTBA ≤ 16
Porosité des fines sèches Rigden	NF EN 1097-4	IVR (%)	33	34	36	28 ≤ IVR ≤ 38

\*: Seuils spécifiés dans l'APN de la norme produit NF EN 13108-1 relative à un EB10 roulement/liaison

## Identifications des Gravillons silico-calcaire de Durance






Caractéristiques	Normes d'essai	Symbole (Unité)	Gravillon 2/6.3	Gravillon 6.3/10	Spécifications NF EN 13043*
Résistance à la fragmentation Los Angelès	NF EN 1097-2	LA (-)		18	≤ LA <sub>20</sub> ou LA <sub>25</sub>
Résistance à l'usure micro-Deval	NF EN 1097-1	MDE (-)		11	≤ MDE <sub>15</sub> ou MDE <sub>20</sub>
Coefficient d'aplatissement	NF EN 933-3	FI (%)	15	17	≤ FI <sub>25</sub>
Propreté superficielle	NF EN 933-1	f (%)	0.6	0.3	≤ f <sub>2</sub>

\*: Seuils spécifiés dans l'APN de la norme produit NF EN 13108-1 relative à un EB10 roulement (BBSG 0/10)





# Plan d'expérience

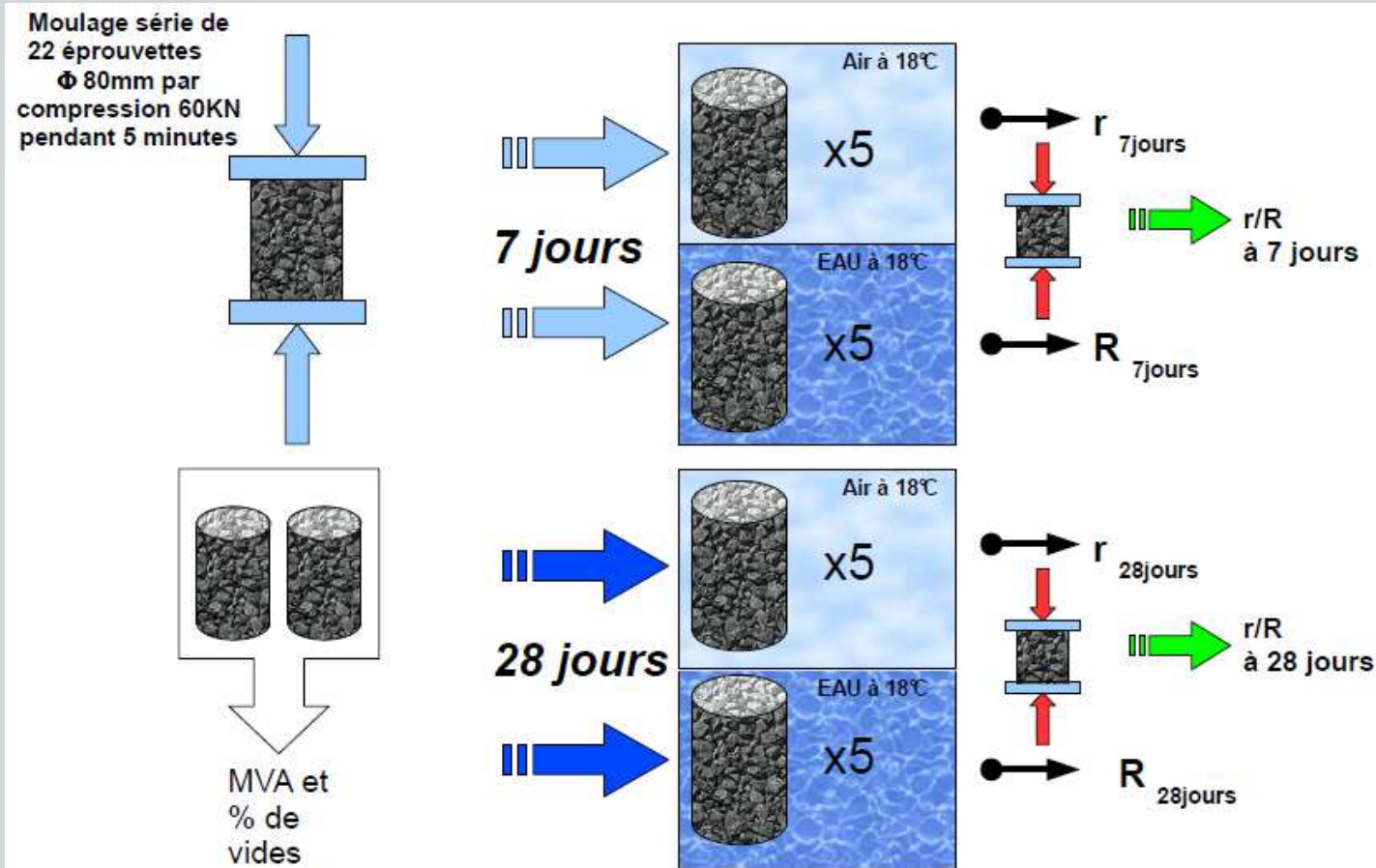
Formule de BBSG 0/10	Gravillon 6,3/10 	Gravillon 2/6,3 	Sable 0/2 	Sable 0/2 humide 	Liant et filler 	Température de l'enrobé en sortie de malaxage
Référence « à chaud »	48% à 160°C	17,5% à 160°C	32,5% à 160°C	—	Bitume 35/50 à 165°C et 2% de filler d'apport	Malaxage du blanc pendant 1'00, intégration du bitume et malaxage 3'00 Température de l'enrobé = 160°C
Tiède « EBT »	48% à 160°C	17,5% à 160°C	10% à 160°C	22,5% à 25°C et W%=6,5%	Bitume 35/50 additivé au préalable à 8/1000 de Green Seal, le tout à 160°C et 2% de filler d'apport	Malaxage du blanc pendant 0'20 (vapeur), intégration du bitume additivé et malaxage 1'00 Température de l'enrobé = 120°C
Tiède « Zéolithe »	48% à 120°C	17,5% à 120°C	32,5% à 120°C	—	Bitume 35/50 à 160°C et 2% de filler d'apport	Malaxage du blanc pendant 1'00, +0,5% de Zéolithe pendant 1'00,+ bitume malaxage 3'00 Température de l'enrobé = 125°C





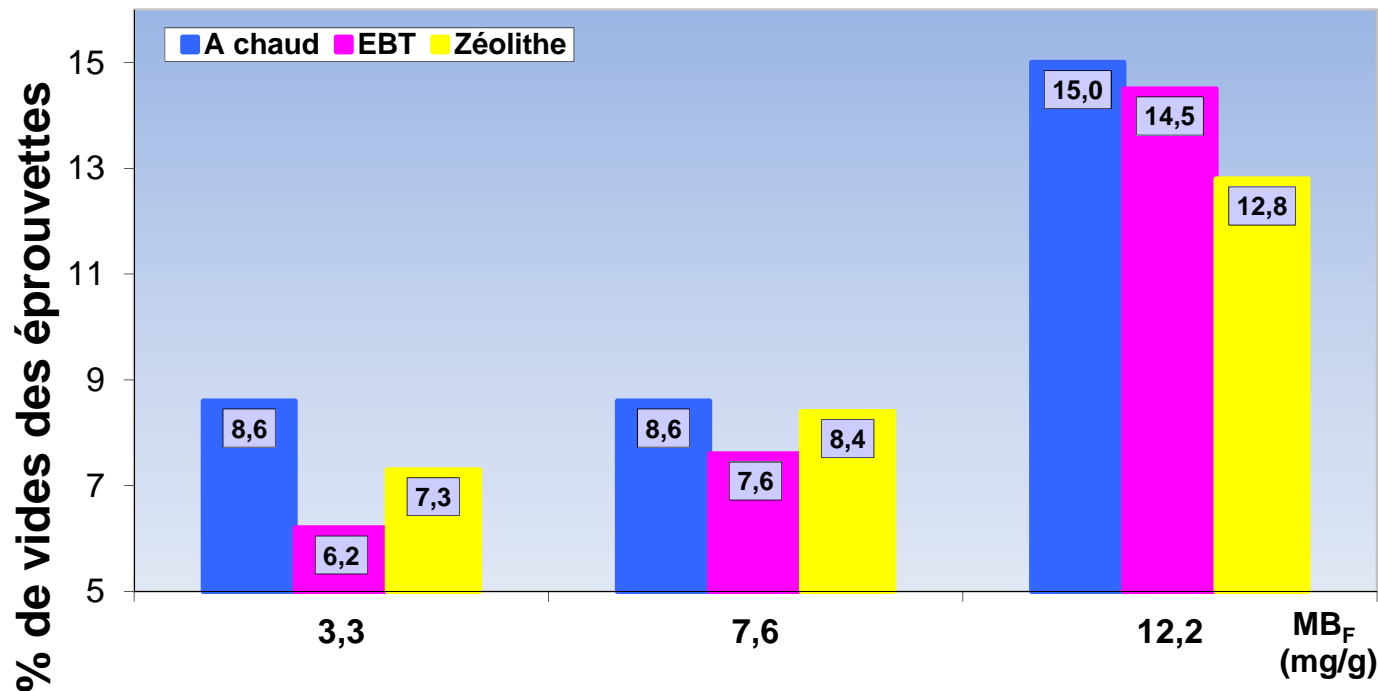
# Plan d'expérience

Protocole d'essai de tenue à l'eau Duriez NF EN 12697-12 « poussé » à 28 jours



## Résultats et interprétations

% de vides des éprouvettes =  $f(MB_F)$

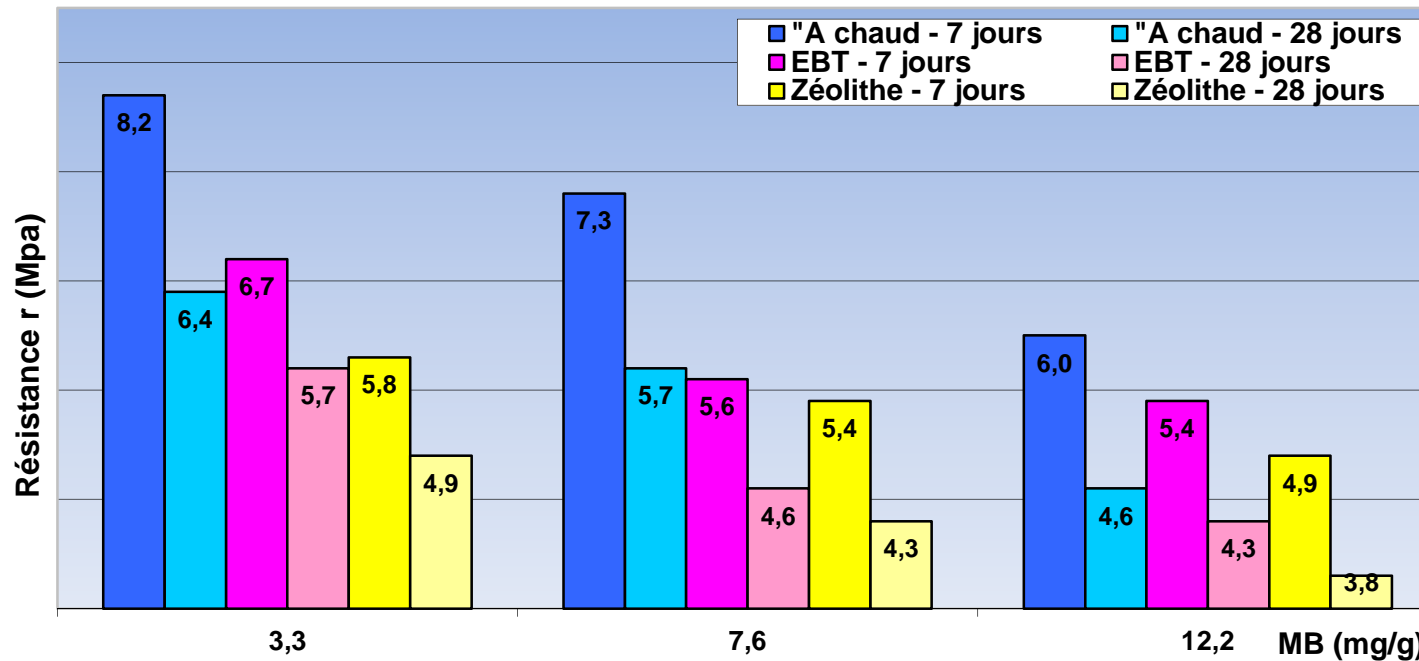


- Compacités des corps d'épreuve Duriez (compression statique de force 60 kN pendant 5 minutes)
  - Plus il y a d'argile dans le sable et moins l'enrobé se compacte
  - Compositions tièdes plus maniables en labo que le chaud



# Résultats et interprétations

## Résistance (r) après immersion = f(MB<sub>F</sub>)

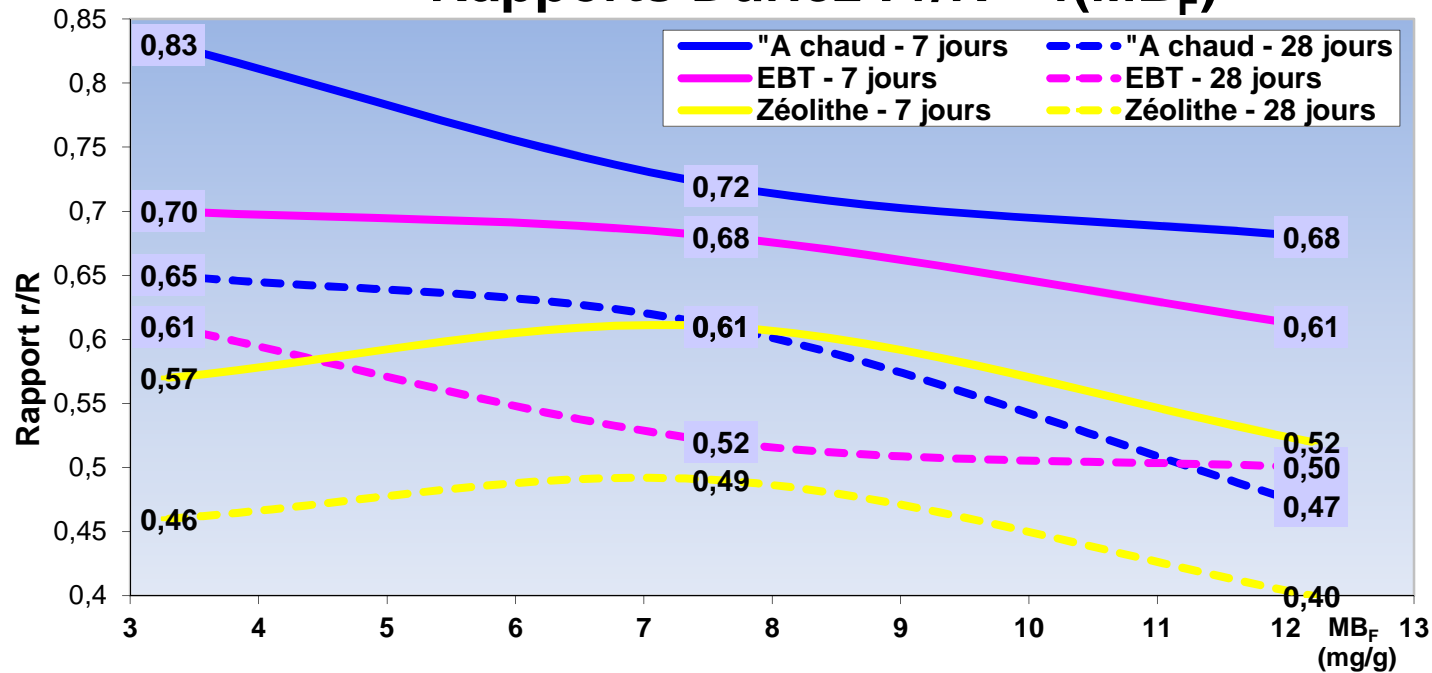


- Résistances à l'écrasement après séjour dans l'eau
  - Plus il y a d'argile dans le sable et moins les enrobés sont résistants
  - Meilleures résistances 'à chaud' que les compositions tièdes



# Résultats et interprétations

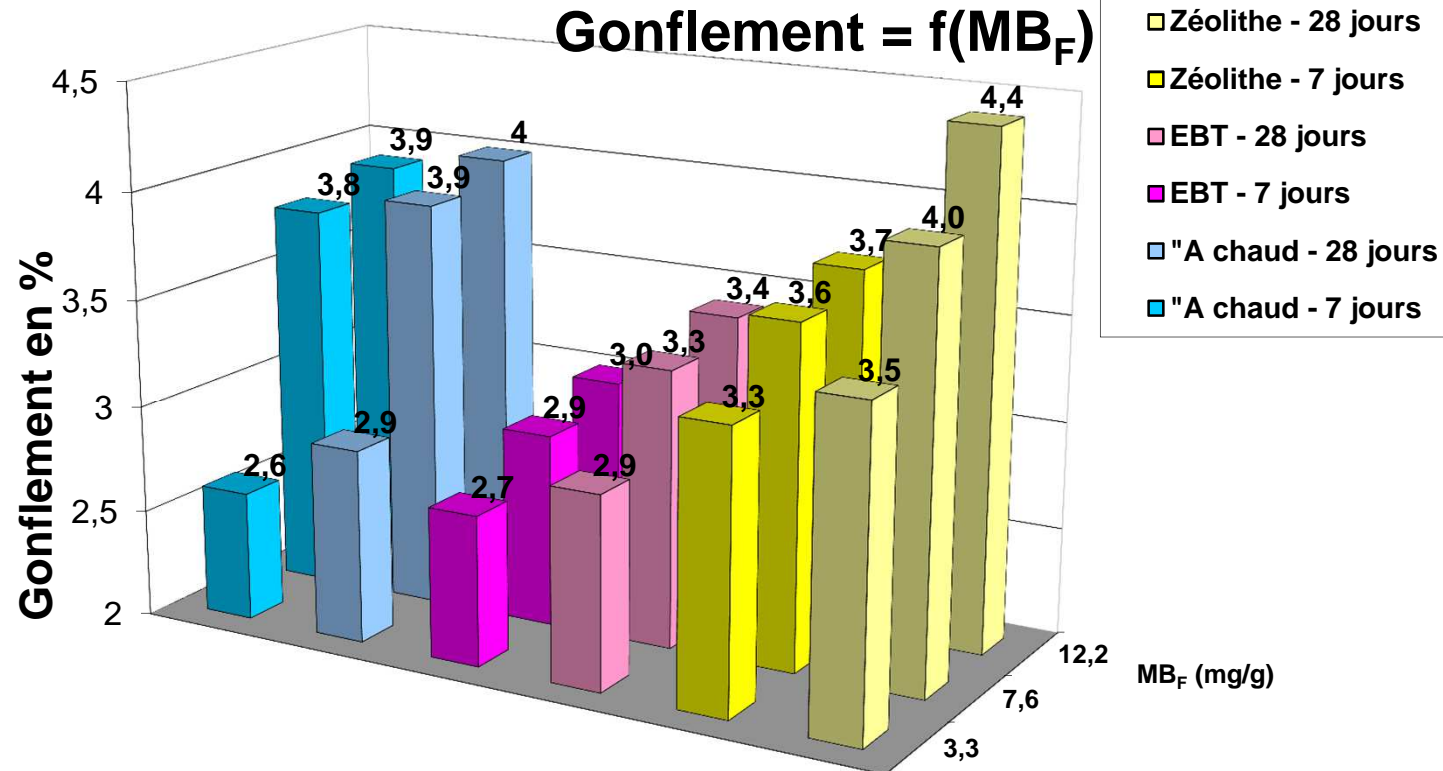
## Rapports Duriez : $r/R = f(MB_F)$



- Rapports Duriez des 3 compositions aux différentes échéances
  - Tenue à l'eau correcte ( $r/R > 0.70$ ) pour la composition 'à chaud' quelle que soit la charge en argile ( $r/R = 0.68$  acceptable pour  $MB_F = 12.2$ )
  - Les 2 compositions tièdes sont systématiquement moins performantes à 7 jours qu' "à chaud" mais semblent moins affectées à 28 jours (logique avec des rapports à 7 jours déjà faibles)



## Résultats et interprétations



- Gonflements géométriques après immersion
  - Plus le sable est chargé en argile, plus le gonflement augmente (logique mais reste une simple tendance pour les tièdes)
  - Plus le temps d'immersion est long (depuis 7 à 28 jours), plus le gonflement augmente en fonction de la charge d'argile (moins à chaud)



## Conclusions

- *Les seuils réglementaires actuels ne sont-ils pas trop sévères?*
- *Quelle serait l'influence de l'utilisation de sables plus argileux sur des techniques bitumineuses tièdes?*

Les réponses expérimentales apportées à ces questions sont:

- ✓ Pour la composition classique 'à chaud', on observe une bonne tenue à l'eau Duriez à 7 jours (réglementaire) jusqu'à la charge en argile du sable correspondant à  $MB_F=12.2$  mg/g **qui dépasse le seuil** de  $MB_F > 10$  mg/g recommandé dans l'APN de la norme NF EN 13043.
- ✓ Les deux procédés tièdes testés présentent un réel déficit de tenue à l'eau par rapport à la composition 'à chaud' qui s'aggrave en présence d'argiles nocives.
- ✓ Ces tendances sont confirmées grâce aux essais Duriez poussés à 28 jours
- ✓ Les argiles en fortes proportion dans un enrobé bitumineux pénalisent son aptitude à se compacter.

