

# Principes



Didier Lesueur

Retraitement à Froid  
Montréal – 04-06/12/07



Una sociedad de  **EUROVIA**



# Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ Explication des phénomènes
- ☐ Conclusions



# Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ Explication des phénomènes
- ☐ Conclusions



# Objectifs du Retraitement

## ❑ Renforcement structurel

- Propriétés mécaniques
- Durabilité

## ❑ Confort / sécurité

- Correction IRI / défauts
- Couche de roulement ?





**L'étude doit évaluer les propriétés mécaniques**

## **□ Propriétés mécaniques évolutives**

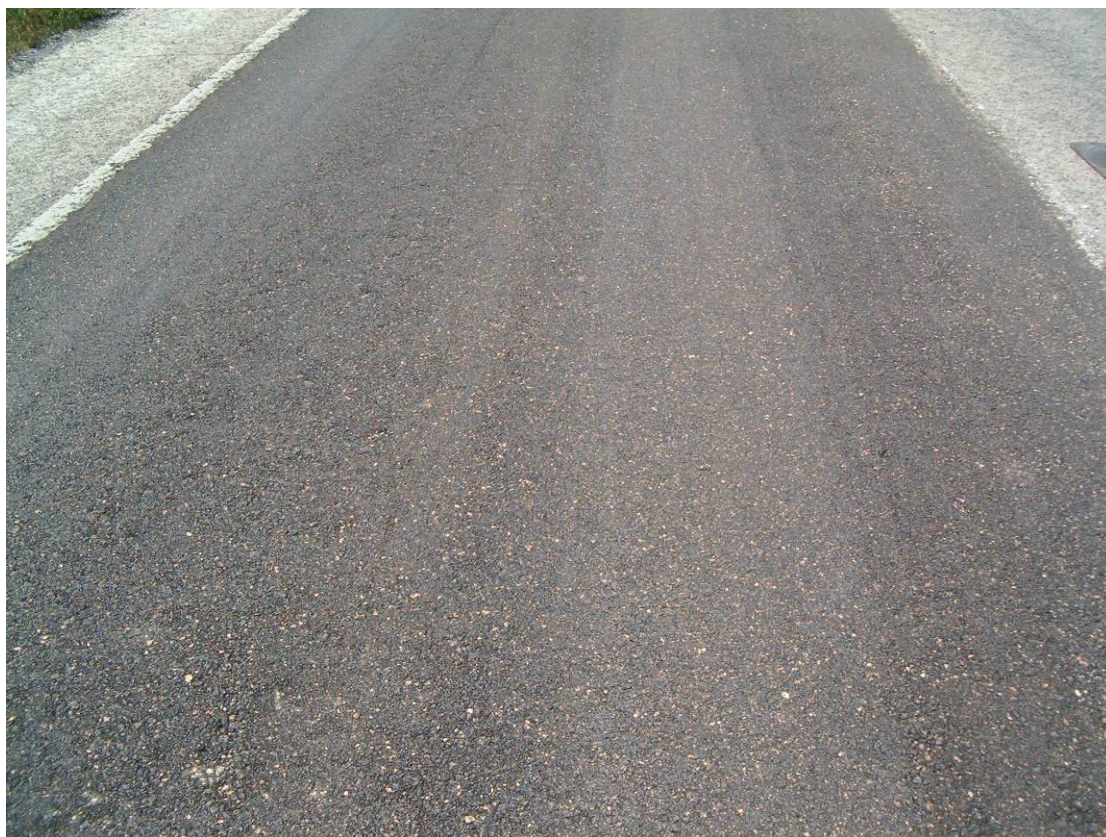
- Compactage – post-compactage
- Rupture de l'émulsion (prise)
- (Régénération du liant)
- Collage des couches



**L'étude doit évaluer le confort / sécurité**

## **❑ Risque d'arrachement**

- **Enduit de scellement**
- **Couche de roulement définitive ?**





## L'étude doit aider à la réalisation pratique

### ☐ Mise en oeuvre

- Fraisage
- Malaxage
- Compactage

### ☐ Protection superficielle

- Si provisoire que faire et quand ?
- Si définitive que faire et quand ?



# Principes et Commentaires

- ☐ Objectifs du retraitement
- ☐ Limitations pratiques des études
- ☐ Explication des phénomènes
- ☐ Conclusions



## Limitations des études

- ☐ Paramètres pris en compte par l'étude
- ☐ Représentativité des matériaux
- ☐ Représentativité des essais



# Limitations des études Paramètres de la LC 26-002

## ☐ Formulation

- Teneur en eau
- Teneur en liant

## ☐ Mécaniques

- Densité Marshall 50 coups
- Stabilité après maturation
  - 24 h ambiante + 24 h étuve 38°C
  - Immersion 2 h à 22°C



# Limitations des études Paramètres de la LC 26-002

## ❑ Propriétés mécaniques

- Représentativité Marshall ?
- Maturation
  - Propriétés à court / long terme ?
  - Quid de l'évolution ?



## Limitations des études Représentativité des matériaux

### ☐ Fraisat réel ou éprouvette décohesionnée

- Constance du gisement
- Granulométrie
- Réactivité

### ☐ Criblage à 28 mm

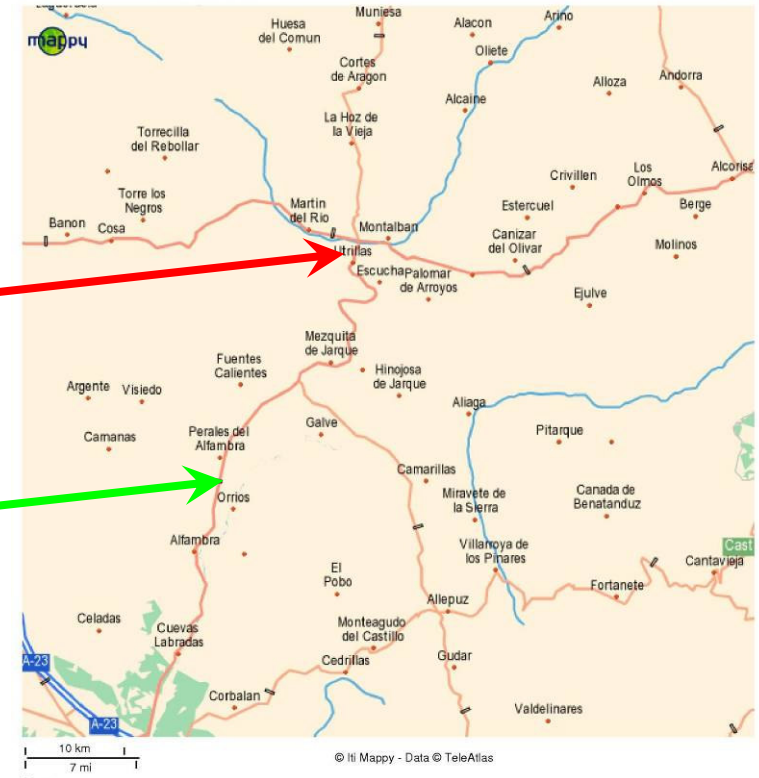
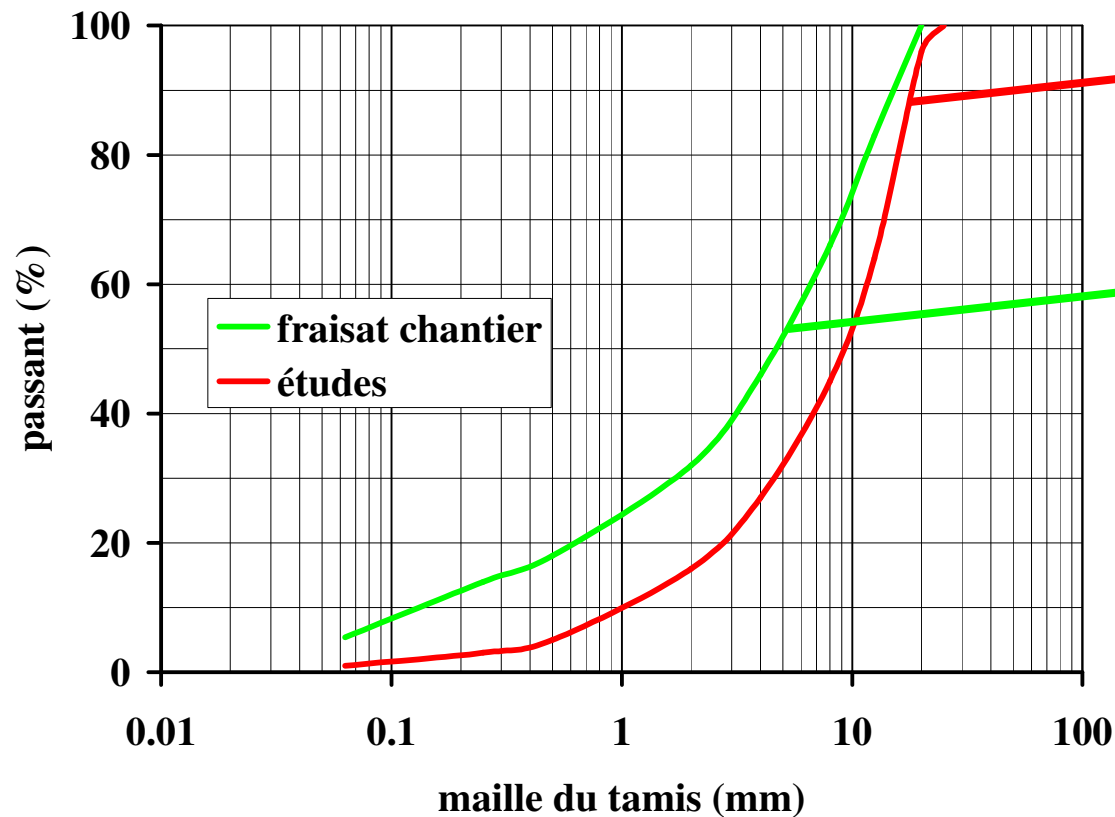
- Difficile in-situ
- Possible en centrale





# Limitations des études Représentativité des matériaux

## □ Chantier Teruel (2007)

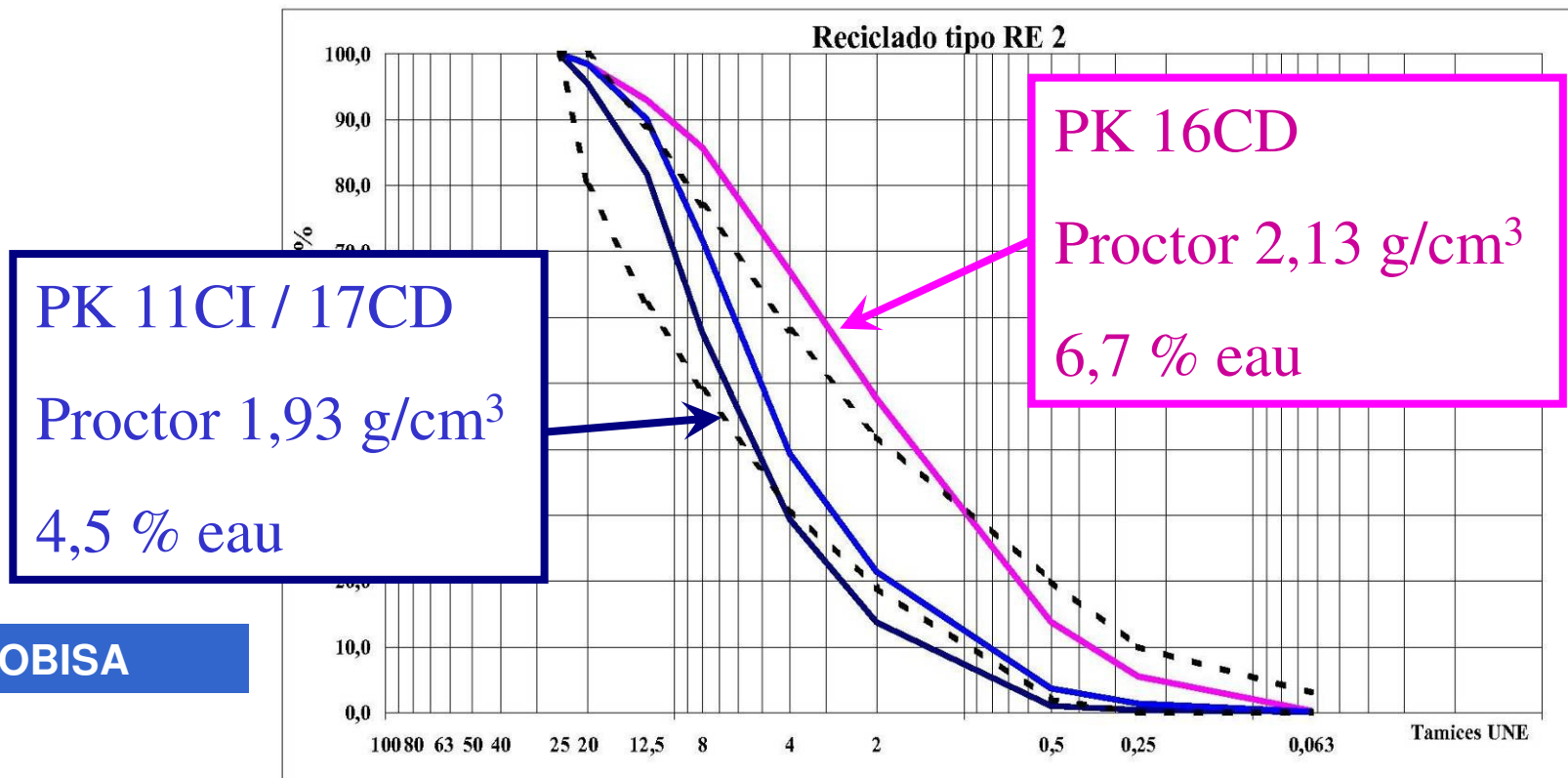


al – 04-06/12/07



# Limitations des études Représentativité des matériaux

## ❑ Fraisats A494 – mai 2005





## Limitations des études Représentativité des essais

### ❑ Chantier A494 – mai 2005

- Densité Proctor :  $1,93 \text{ g/cm}^3$  – 4,5 % eau
- Densité In-Situ :  $2,10$  –  $2,16 \text{ g/cm}^3$

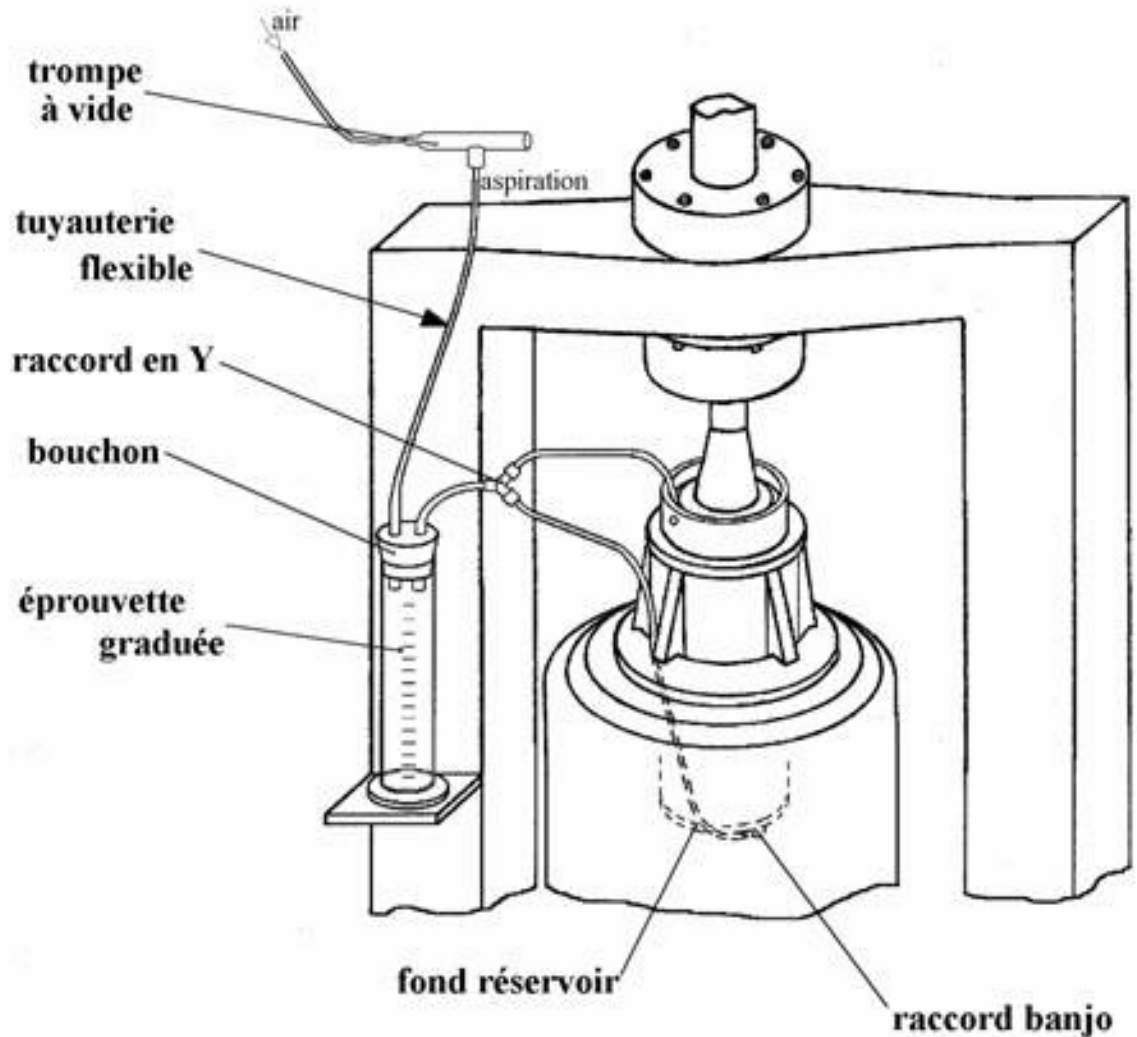
### ❑ Solutions

- Autres essais ?



# Limitations des études Représentativité des essais

- ❑ PCG pour enrobés à froid
  - système de succion d'eau



PROBISA

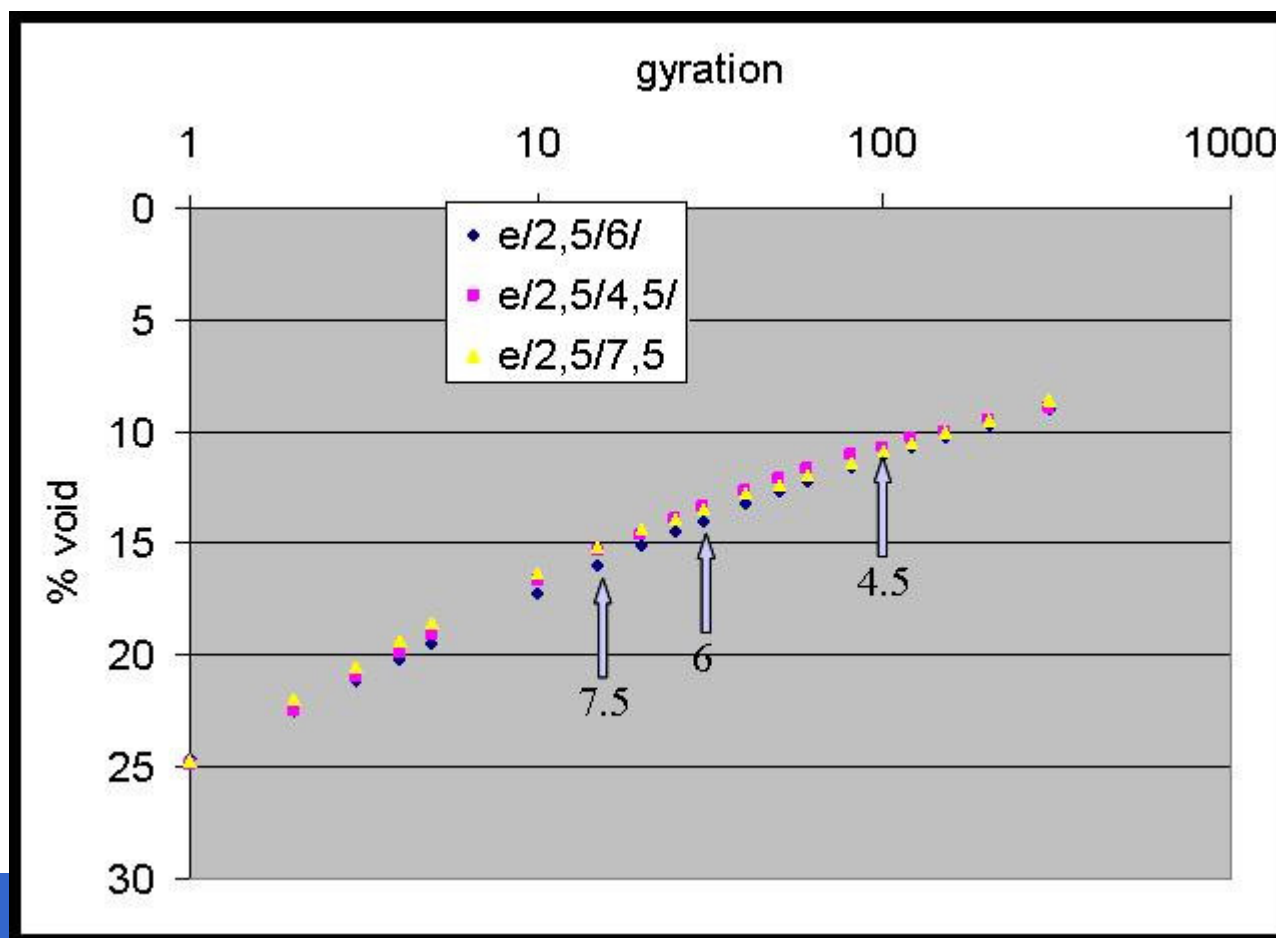


# Limitations des études Représentativité des essais

## □ PCG SCORE LCPC

- RAP1  
(Espagne)
- Pas  
d'influence  
de l'eau sur  
compacité

PROBISA





# Limitations des études Représentativité des essais

## ❑ Maturation LC 26-002

- 24 h ambiante + 24 h étuve 38°C

## ❑ Maturation accélérée

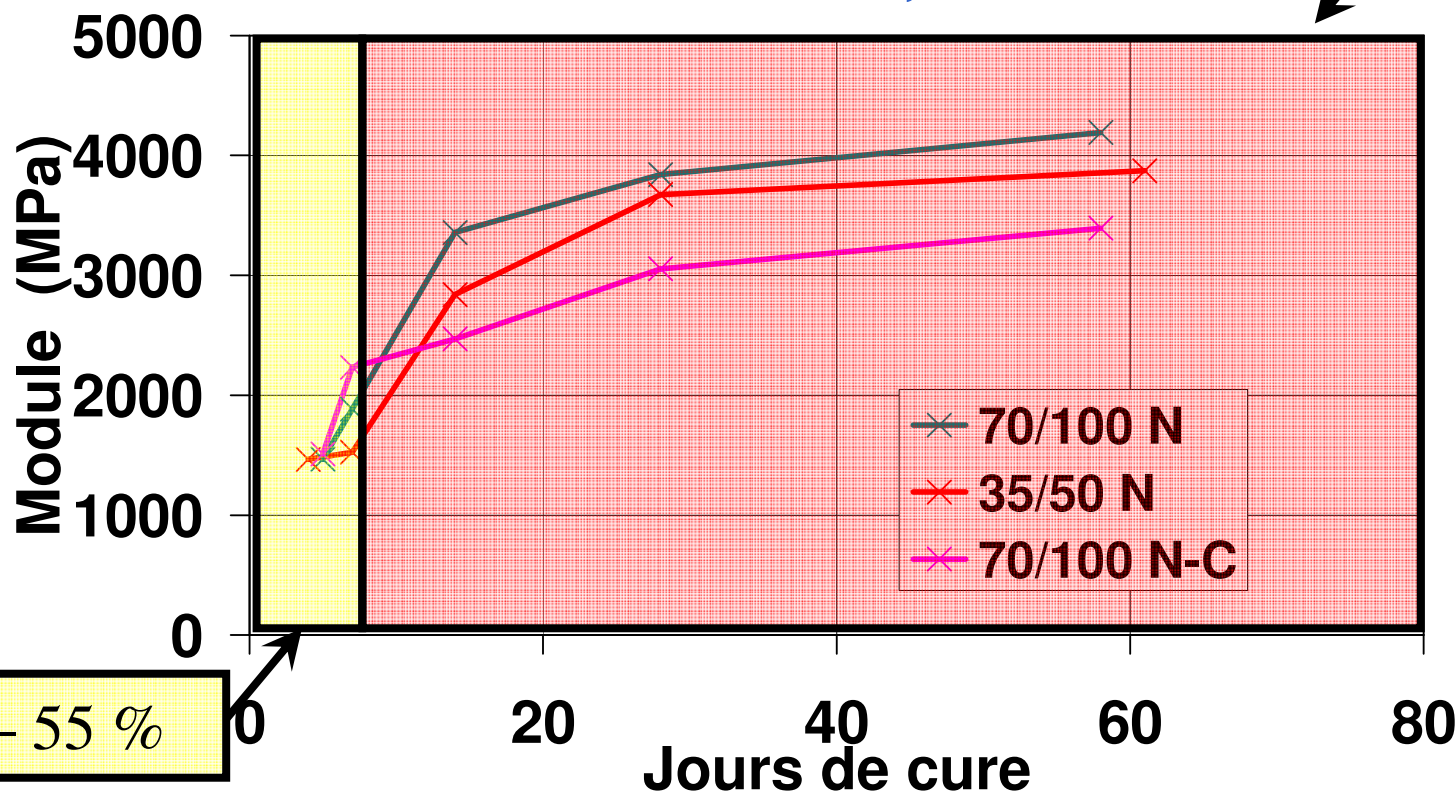
- Étude Colas (Serfass et al., RILEM 2003)
- 14 jours, 35°C, 20 % HR
- Équivalent 1-3 ans sur site



# Limitations des études Représentativité des essais

## SCORE CEDEX

- Module 18°C - 10 Hz / RAP1 / 2 % BR / 4,5 % eau



PRORISA

18°C - 55 %

35°C - 20 %

12/07





## Limitations des études avec LC 26-002

### ❑ Paramètres étudiés

- Pérennité des propriétés mécaniques (déshébergement)
- Propriétés superficielles : qualité de revêtement ?

### ❑ Représentativité des matériaux

- Fraisage / carottes et lieu de prélèvement



## Limitations des études avec LC 26-002

### ❑ Représentativité des essais

- Densité Marshall peu représentative
- Essais mécaniques plutôt moyen terme (qq mois sur site ?)
- Perennité des propriétés mécaniques vis-à-vis de l'action de l'eau
- Qualité d'enrobage / arrachement



## Limitations des études avec LC 26-002

### ☐ Phénomènes non pris en compte

- Conditions de fraisage
- Essais mécaniques court terme (formulation d'enrobé à montée en cohésion rapide)
- Essais mécaniques pour le dimensionnement
- Collage au support ?



# Principes et Commentaires

- ❑ Objectifs du retraitement
- ❑ Limitations pratiques des études
- ❑ **Explication des phénomènes**
- ❑ Conclusions



# Explication des Phénomènes

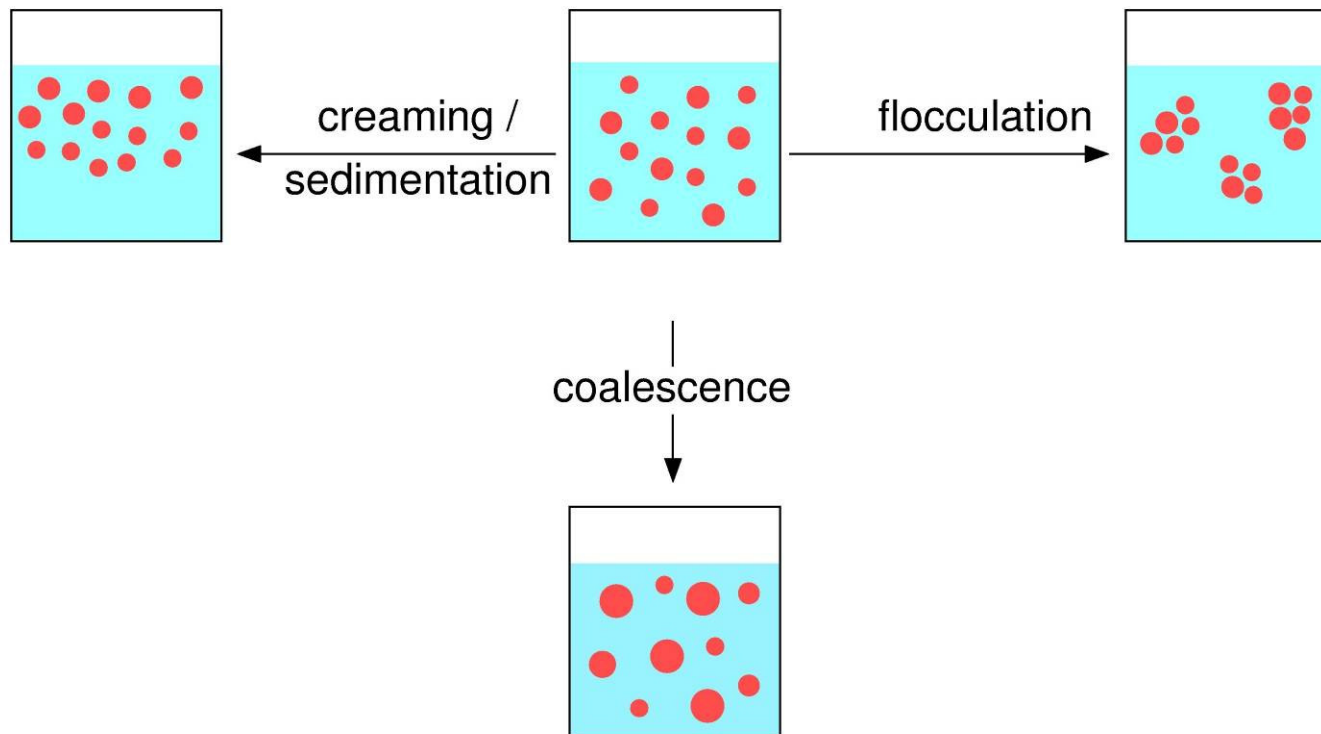
## □ D'où viennent les phénomènes de maturation

- Rupture de l'émulsion
- Diffusion du régénérant



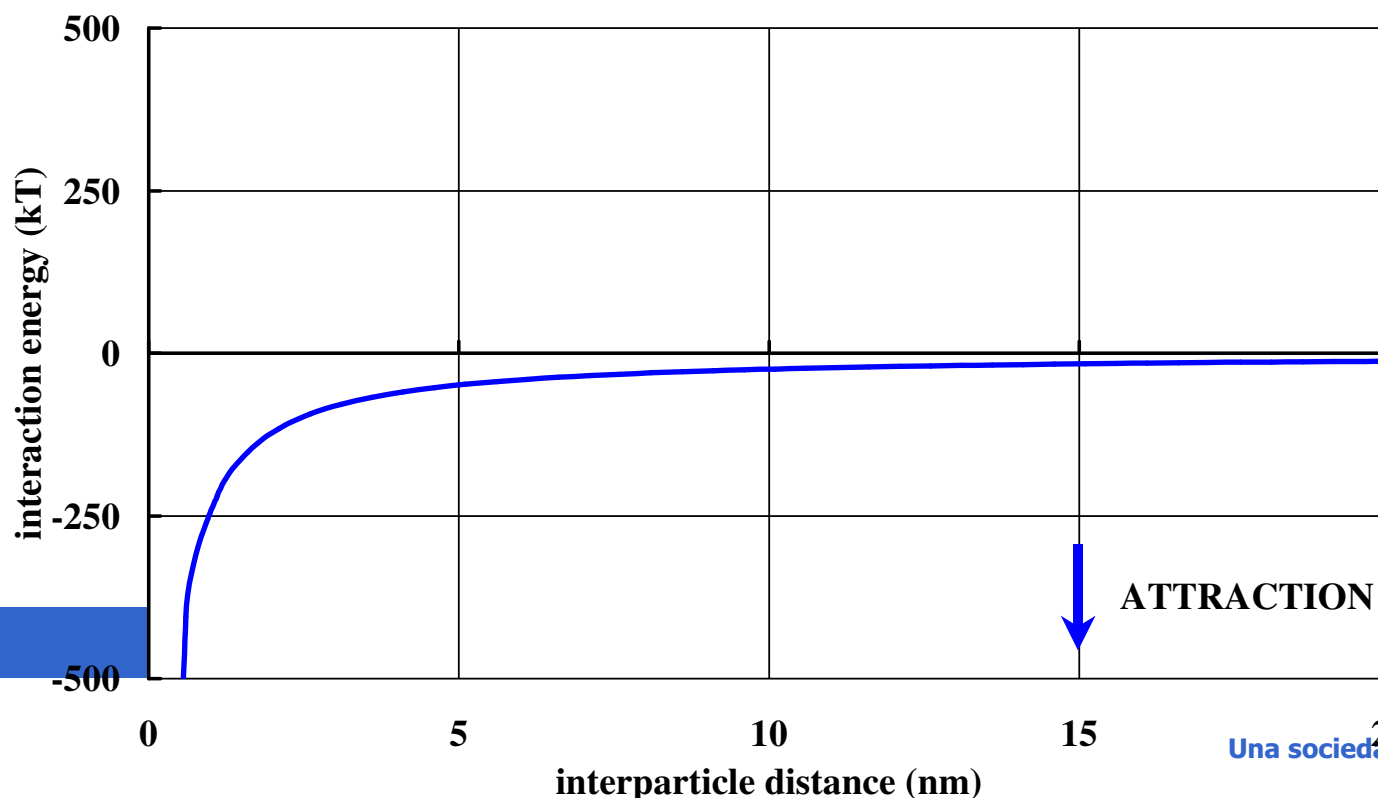
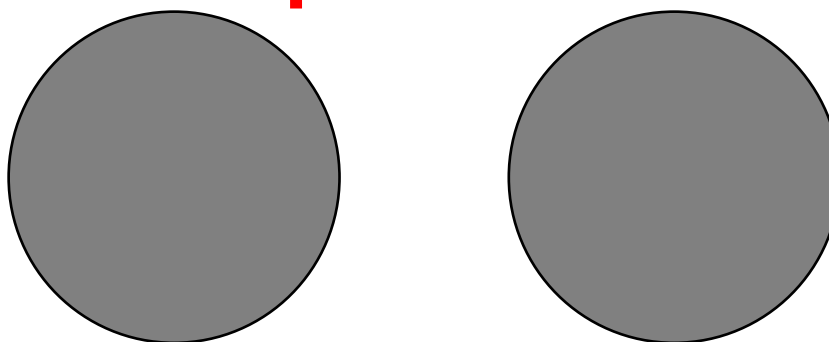
# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

## □ La stabilité des émulsions (Schubert, AIChE 2000)





# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

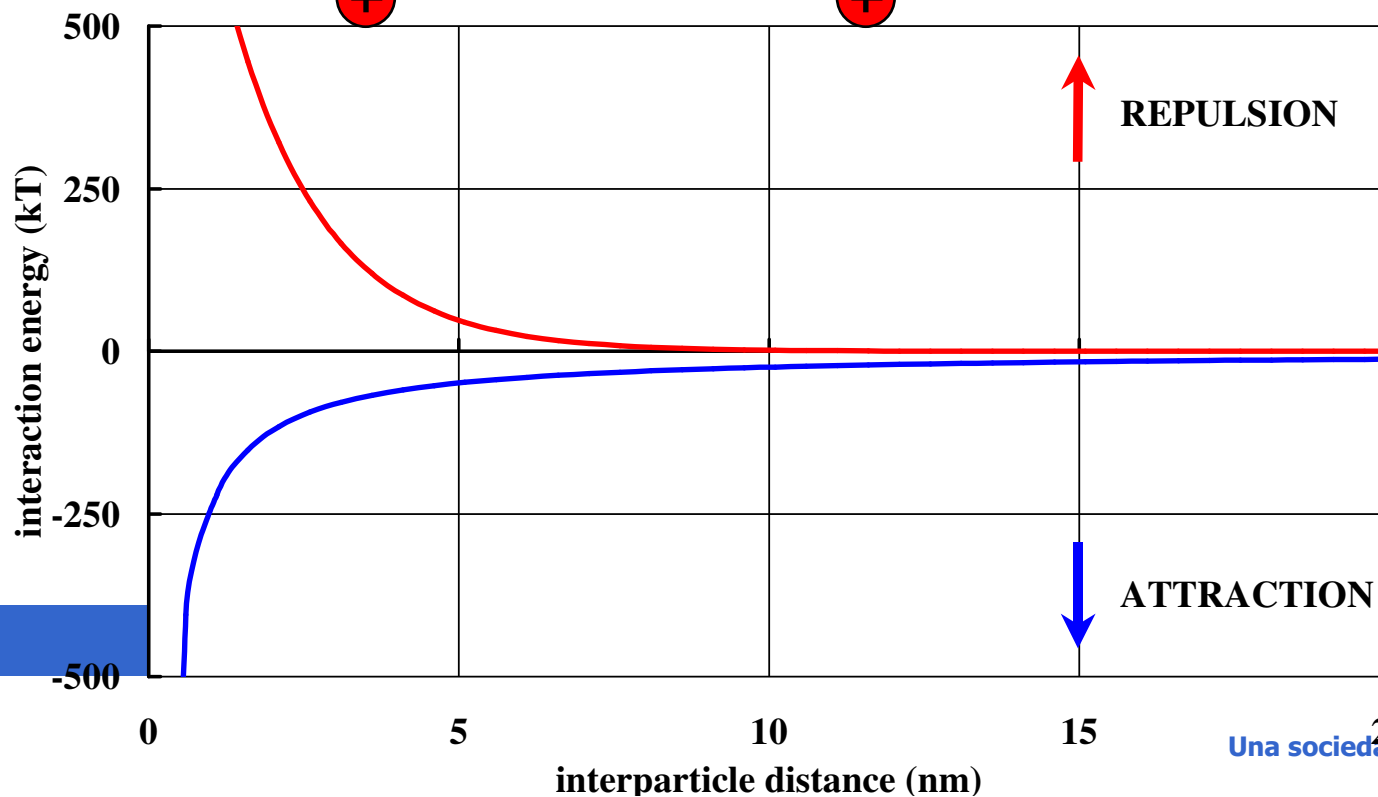
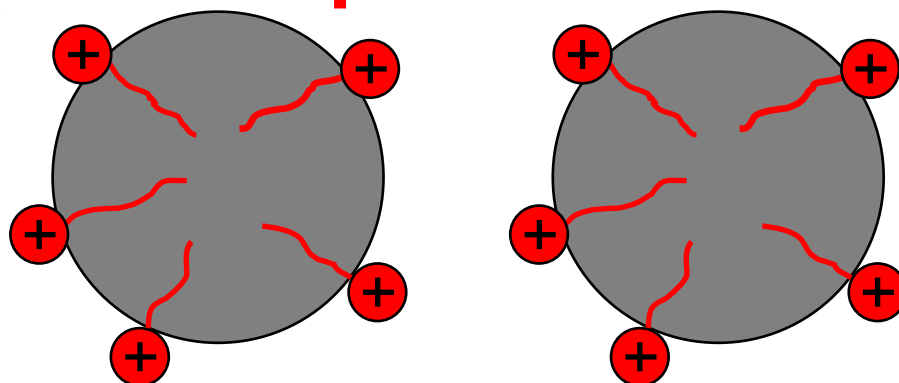


PROBISA

4-06/12/07



# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

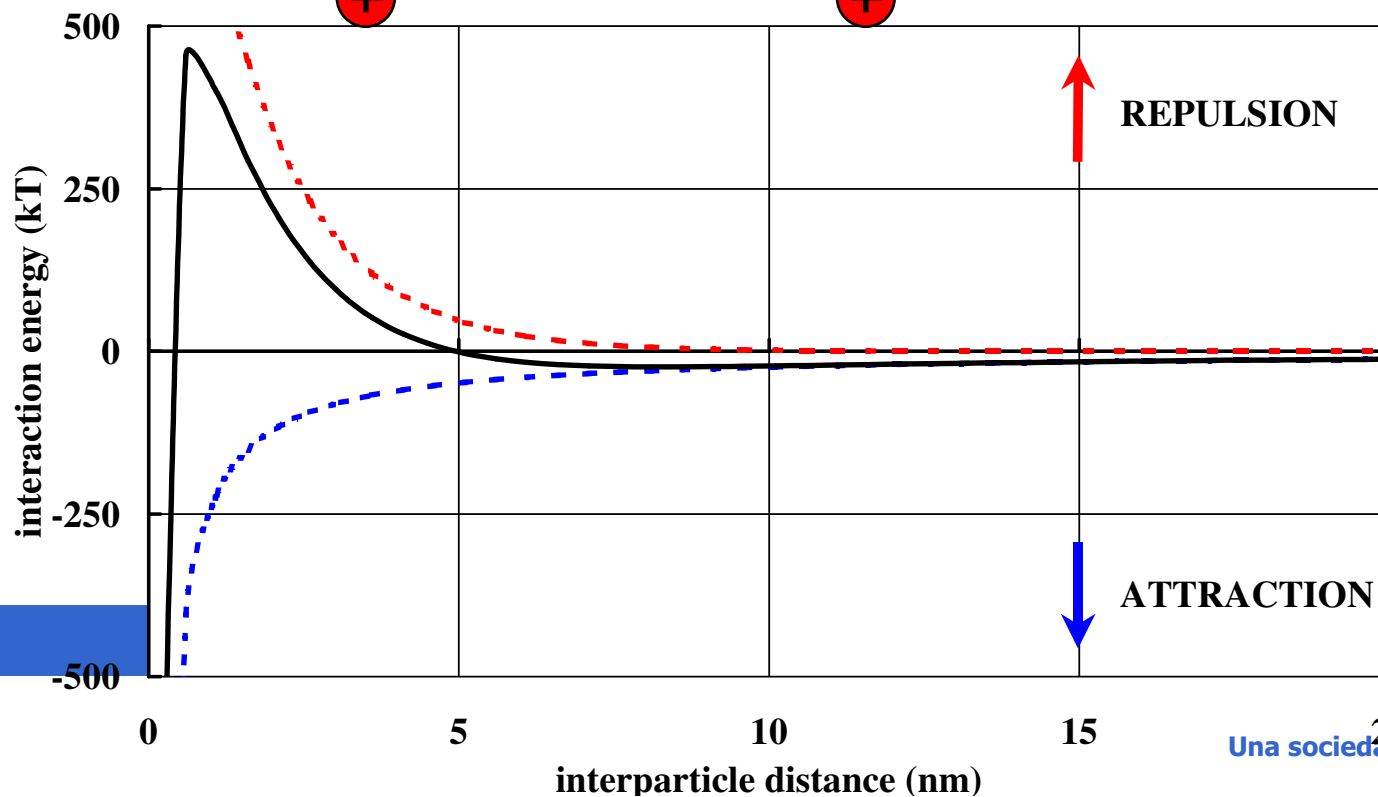
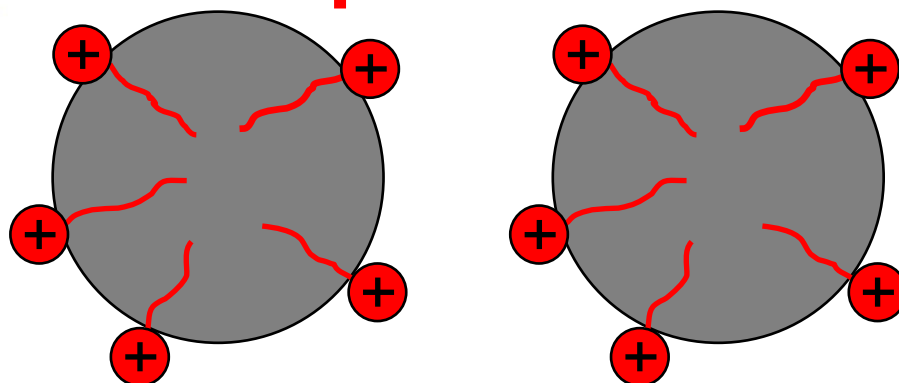


PROBISA

4-06/12/07



# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion



PROBISA

4-06/12/07



# Explication des Phénomènes

## ❑ Attraction entre gouttes

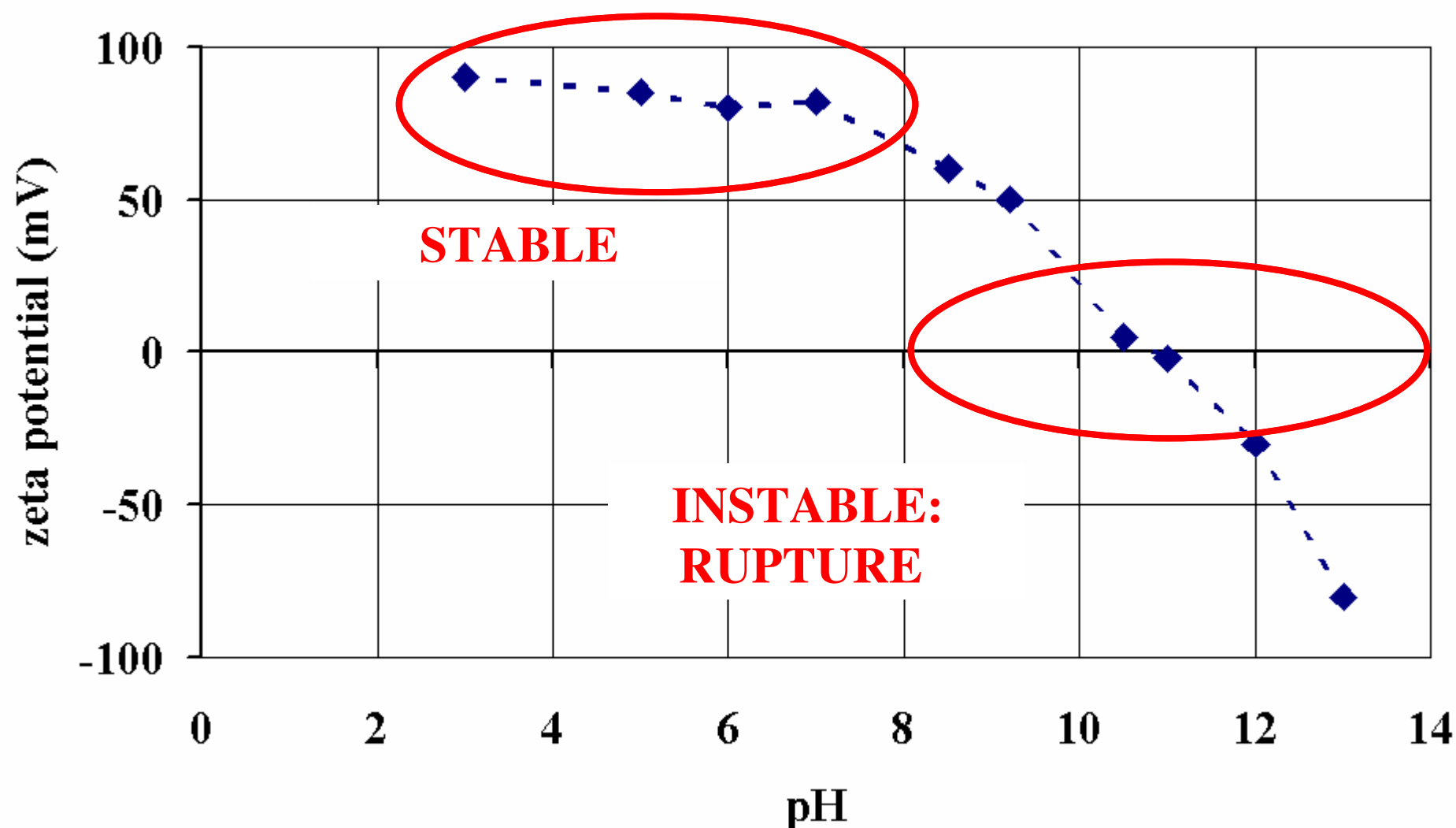
- Inévitable : émulsion instable

## ❑ Répulsion entre gouttes

- Dépend de la nature et teneur en émulsifiant
- Dépend de l'environnement ionique (pH, autres ions)
- Mesurable (potentiel zêta)



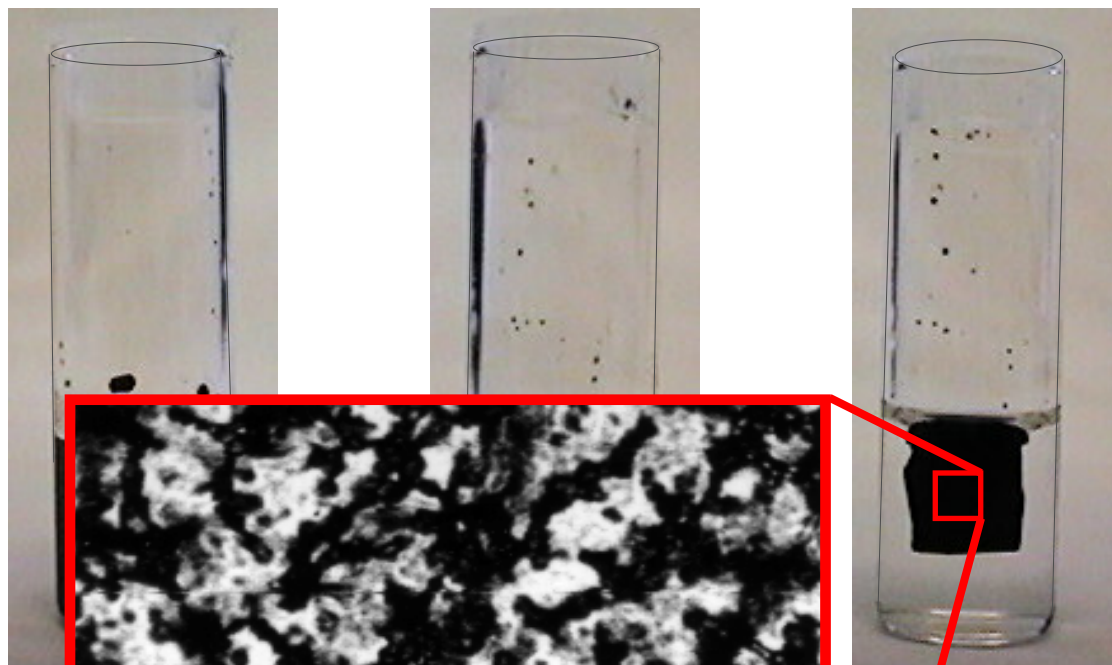
# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion



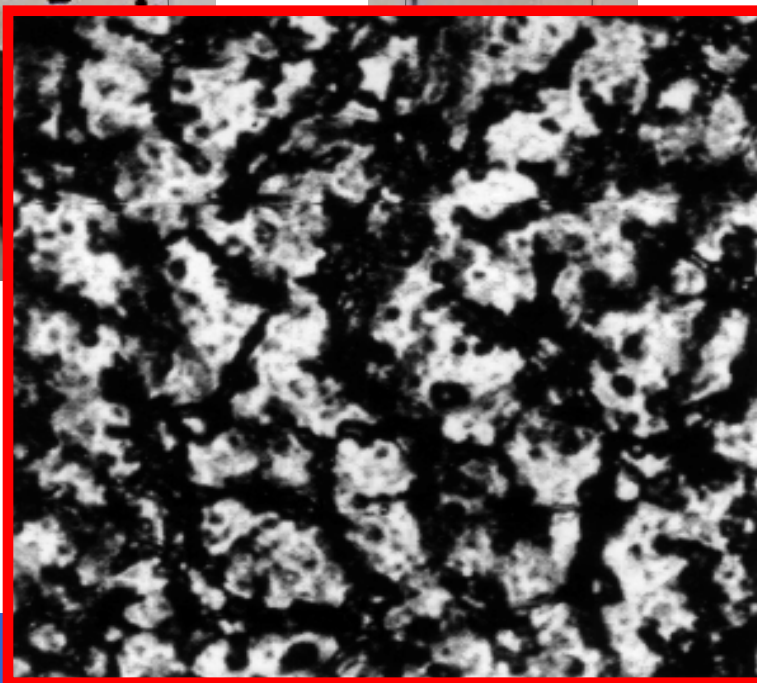


## Explication des Phénomènes

- Rupture provoquée d'une émulsion de bitume (Bonakdar et al., CSA176, 2001)



t=2 heures



PROBISA

04-06/12/07

10  $\mu$ m

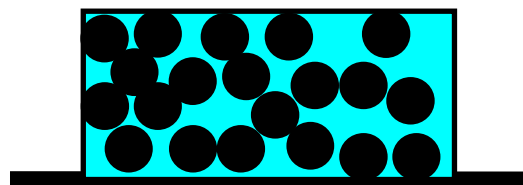
ciudad de EUROVIA



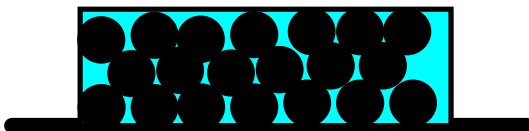
# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

No emulsion  
destabilisation (non-  
reactive aggregates)

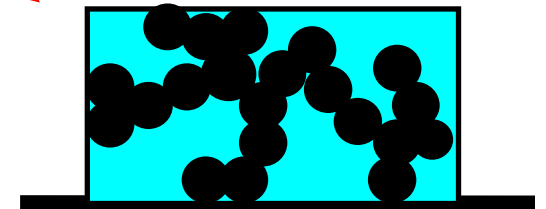
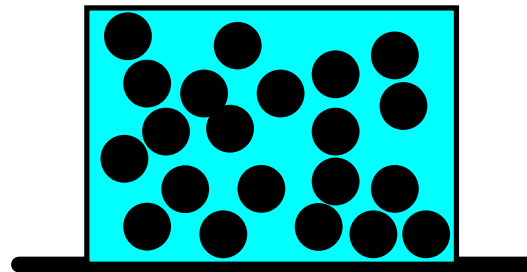
Emulsion  
destabilisation (reactive  
aggregates): gelling



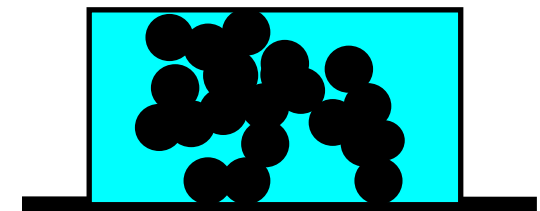
Evaporation  
kinetics  
(days)



A. FILM FORMING



Contraction  
kinetics (min)



B. GEL CONTRACTION

Retraitement à F



# Explication des Phénomènes Rupture de l'émulsion

## ❑ Contrôle de la cinétique de rupture

- Granulat réactif (nature pétrographique)
- Ajout de rupteur (ciment, chaux...)

## ❑ Après rupture

- Réarrangement lent du liant (gouttelettes / filaments / film continu)
- Évacuation de l'eau



# Explication des Phénomènes

❑ Les phénomènes de maturation peuvent provenir de :

- Rupture de l'émulsion
- Diffusion du régénérant



# Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

## □ Étude diffusion SCORE UJF / Nynas

### ■ Bitume mou dans bitume ancien

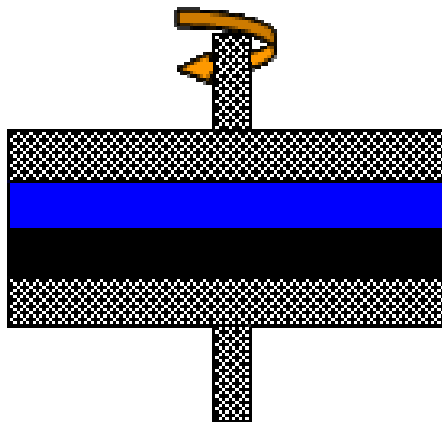
Configuration Initiale

plateau DSR 25 mm Ø

0.16 Hz

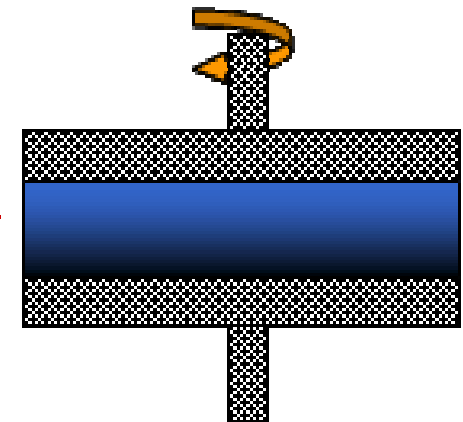
T: 40 à 80°C

Configuration après  
100 heures



bitume mou,  $\approx 0,1$  mm

Bitume dur,  $\approx 0,2$  mm

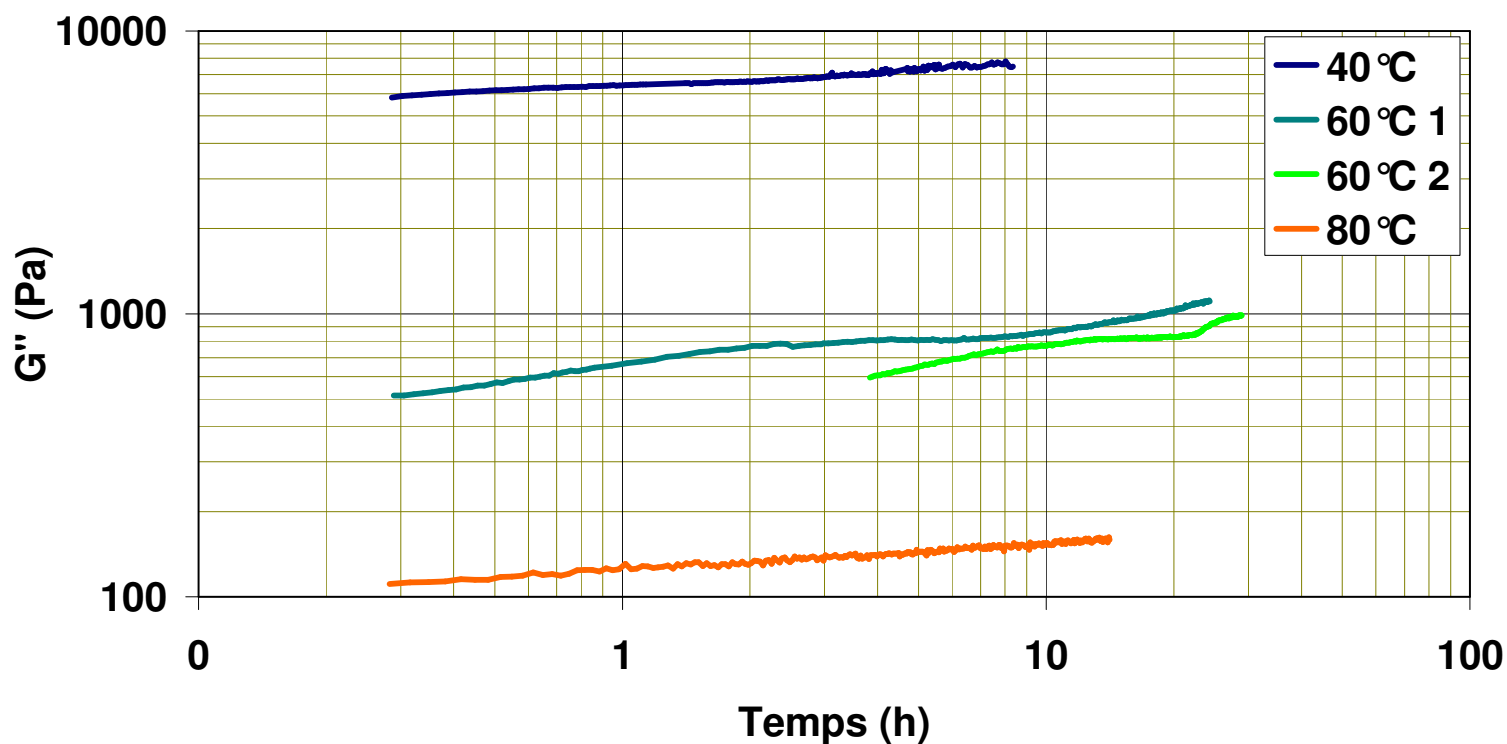




# Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

- Bitume mou / bitume ancien : plus d'un an à 60°C !

Bicouche 400 Pen (0,1mm) + 15 Pen (0,2mm)



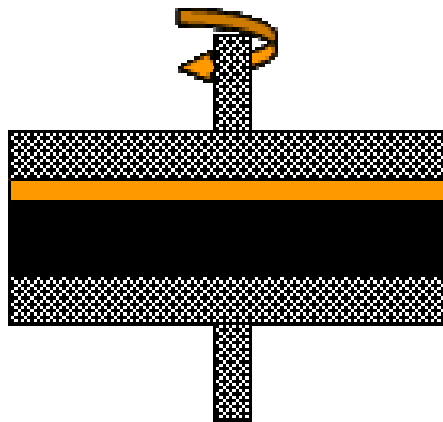


# Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

## □ Étude diffusion SCORE UJF / Nynas

### ■ Huile dans bitume ancien

Configuration initiale

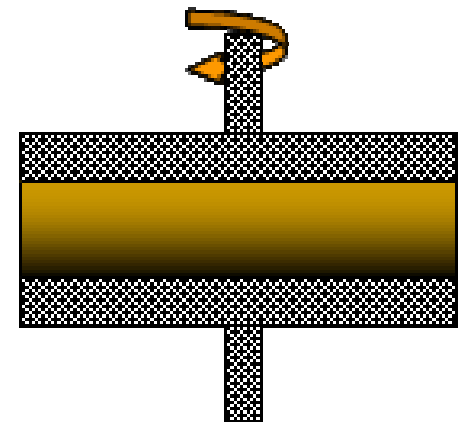


plateau DSR 25 mm Ø  
0,16 Hz  
T: 40 à 80°C

huile,  $\approx 0,10$  mm

Bitume dur,  $\approx 1,00$  mm

Configuration après  
100 heures

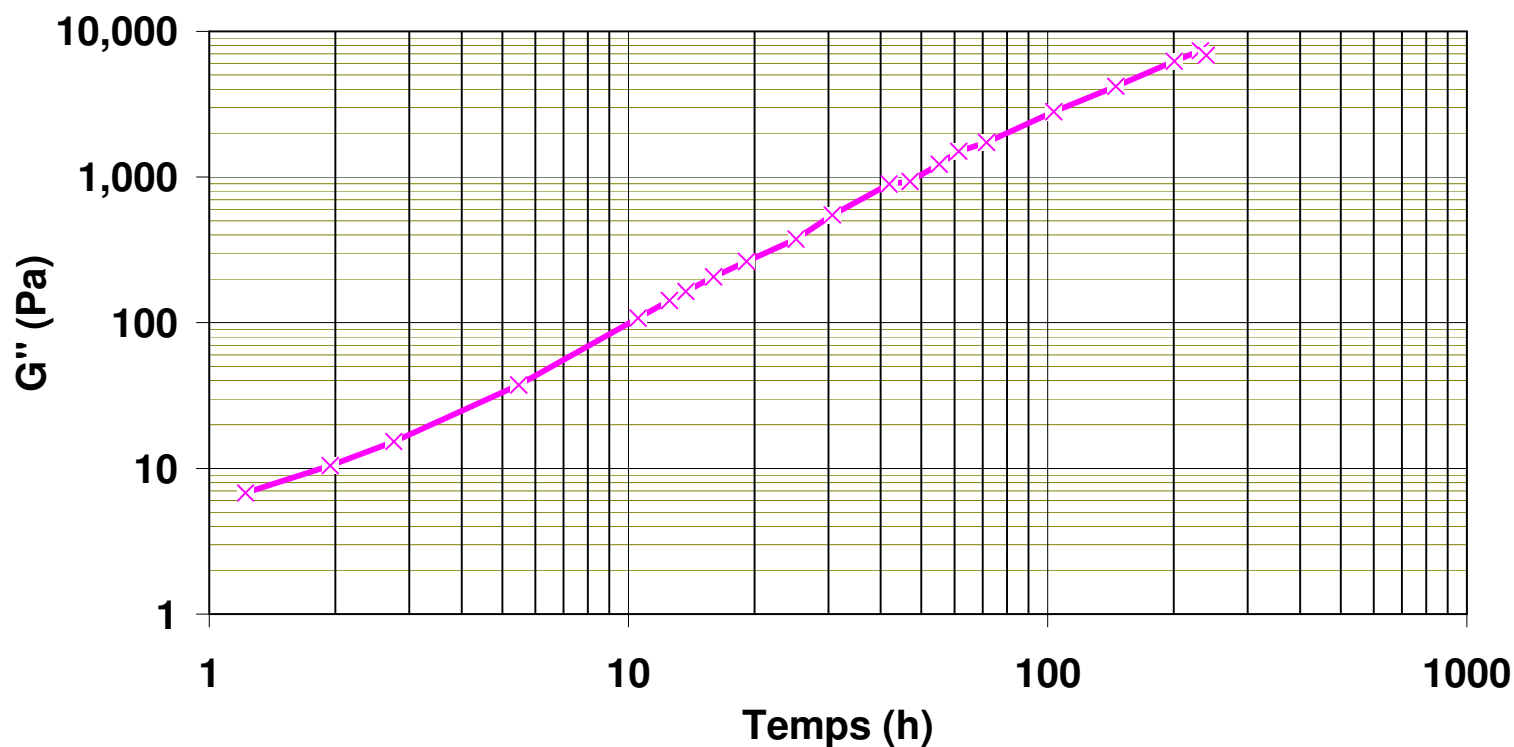




# Explication des Phénomènes Diffusion du régénérant

- Huile / bitume ancien : quelques jours à 40°C

Bicouche T9 (0,1 mm) / 15 Pen (1 mm) à 40°C





# Explication des Phénomènes

## ☐ Phénomènes de maturation

- Rupture de l'émulsion
- Diffusion du régénérant

## ☐ Transition granulaire / enrobé

- Faible module / cisaillement et post-compactage
- Module plus élevé / fatigue ?
- Cinétique ?



# Principes et Commentaires

- ❑ Objectifs du retraitement
- ❑ Limitations pratiques des études
- ❑ Explication des phénomènes
- ❑ **Conclusions**



## Conclusions

### ❑ L'étude doit permettre d'évaluer

- le renforcement structurel (propriétés mécaniques) et sa durabilité
- Le confort / sécurité





# Conclusions

## ❑ La méthode LC 26-002

- Renforcement : pérennité des propriétés mécaniques vis-à-vis de l'eau
- Propriétés superficielles : qualité enrobage

## ❑ Comment la mettre en oeuvre ?

- Assurer la représentativité des matériaux



# Conclusions

## ❑ Comment la compléter ?

- Essai de compactage plus réaliste
- Incorporer des essais mécaniques à court ET moyen / long terme
- Valeurs de module pour le dimensionnement
- Mode de rupture autre que désenrobage (fatigue ?)
- Relation claire qualité enrobage / risque d'arrachement ?