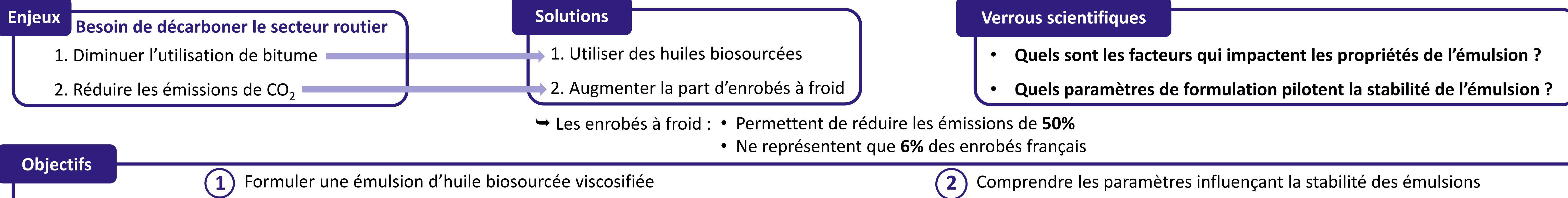


# Développement d'émulsion biosourcée pour une application routière dans les enrobés à froid : Optimisation des paramètres de formulation et étude de la stabilité

TONNEL Bérénice<sup>1</sup>, CANTOT Justine<sup>1</sup>, GAUDEFROY Vincent<sup>1</sup>, MANGIAFICO Salvatore<sup>2</sup>, SAUZEAT Cédric<sup>2</sup>, CHAILLEUX Emmanuel<sup>1</sup><sup>1</sup>MIT, Université Gustave Eiffel, <sup>2</sup>LTDS, ENTPE

## CONTEXTE ET OBJECTIFS



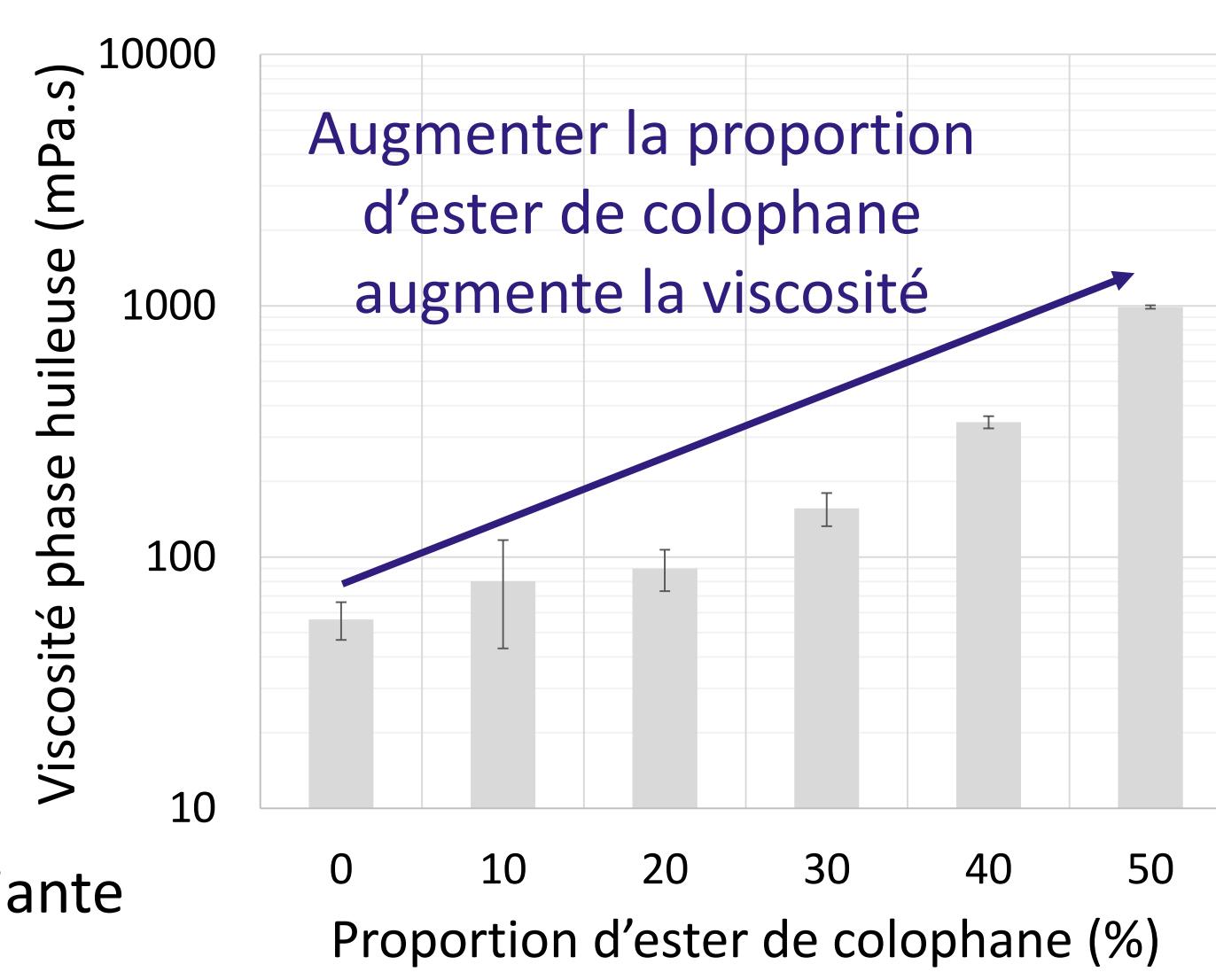
## MATERIAUX ET METHODES

### Matériaux

- 21 émulsions : 60% phase huileuse, 40% phase aqueuse
- 6 Phases huileuses :
  - Système huile végétale/ester de colophane
  - Différentes viscosités (0 à 50% d'ester de colophane)
- 7 Phases aqueuses :
  - 3 tensioactifs : anionique, cationique, non ionique
  - 3 concentrations : 0,5 cmc ; 2 cmc ; 5 cmc

### Méthode

- Émulsification : ATMO Agilis de Vialab, 9000 rpm, température ambiante
- Étude visuelle de stabilité après stockage (21 jours à 40°C ou 70°C)
- Caractérisation de la viscosité par DSR (rotation monotone, 40°C)
- Caractérisation des diamètres des gouttelettes par granulomètre laser
- Mesure des tensions interfaciales au tensiomètre à gouttes thermorégulé ( $V_{goutte} \approx 25\mu\text{L}$ )

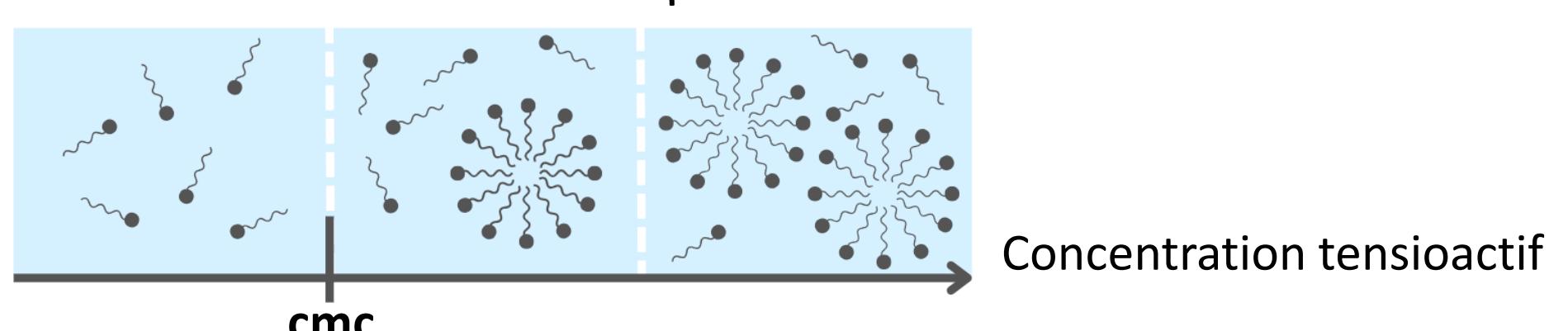


### Qu'est ce que la cmc ?

La concentration micellaire critique (cmc) est la concentration minimale à partir de laquelle des micelles de tensioactifs se forment.

→ Déterminée par mesure de tension interfaciale<sup>2</sup>

→ Tension interfaciale notée  $\gamma$



tensioactif	non ionique	cationique	anionique
cmc (g/L)	0,609	0,972	1,678
$\gamma$ à 2 cmc (mN/m)	4,8 ± 0,16	8,4 ± 0,32	9,21 ± 0,25

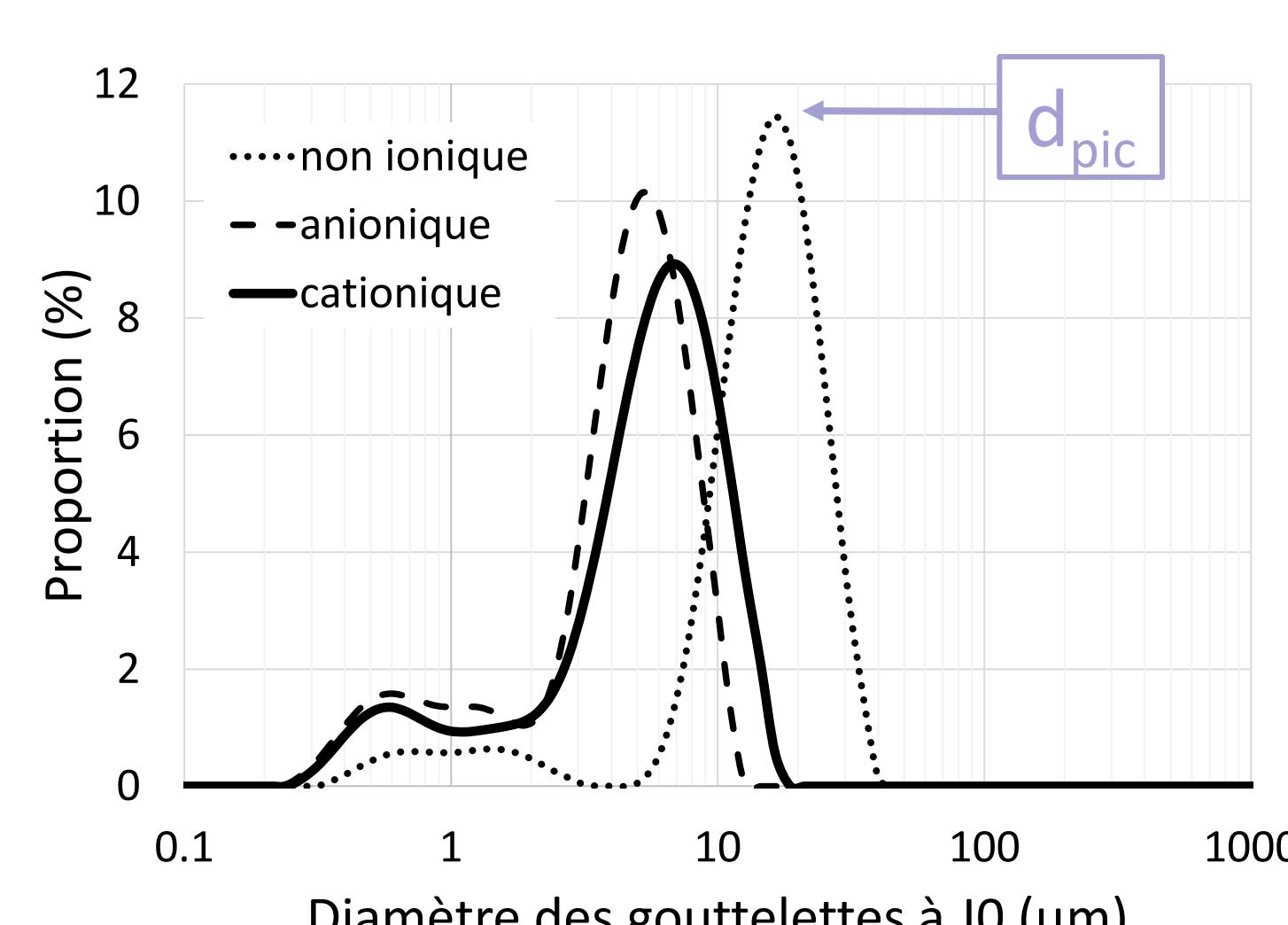
→ Au dessus de 2 cmc :  $\gamma$  minimale du système et constante

→ Efficacité du tensioactif définie par sa capacité à réduire  $\gamma$

## RESULTATS

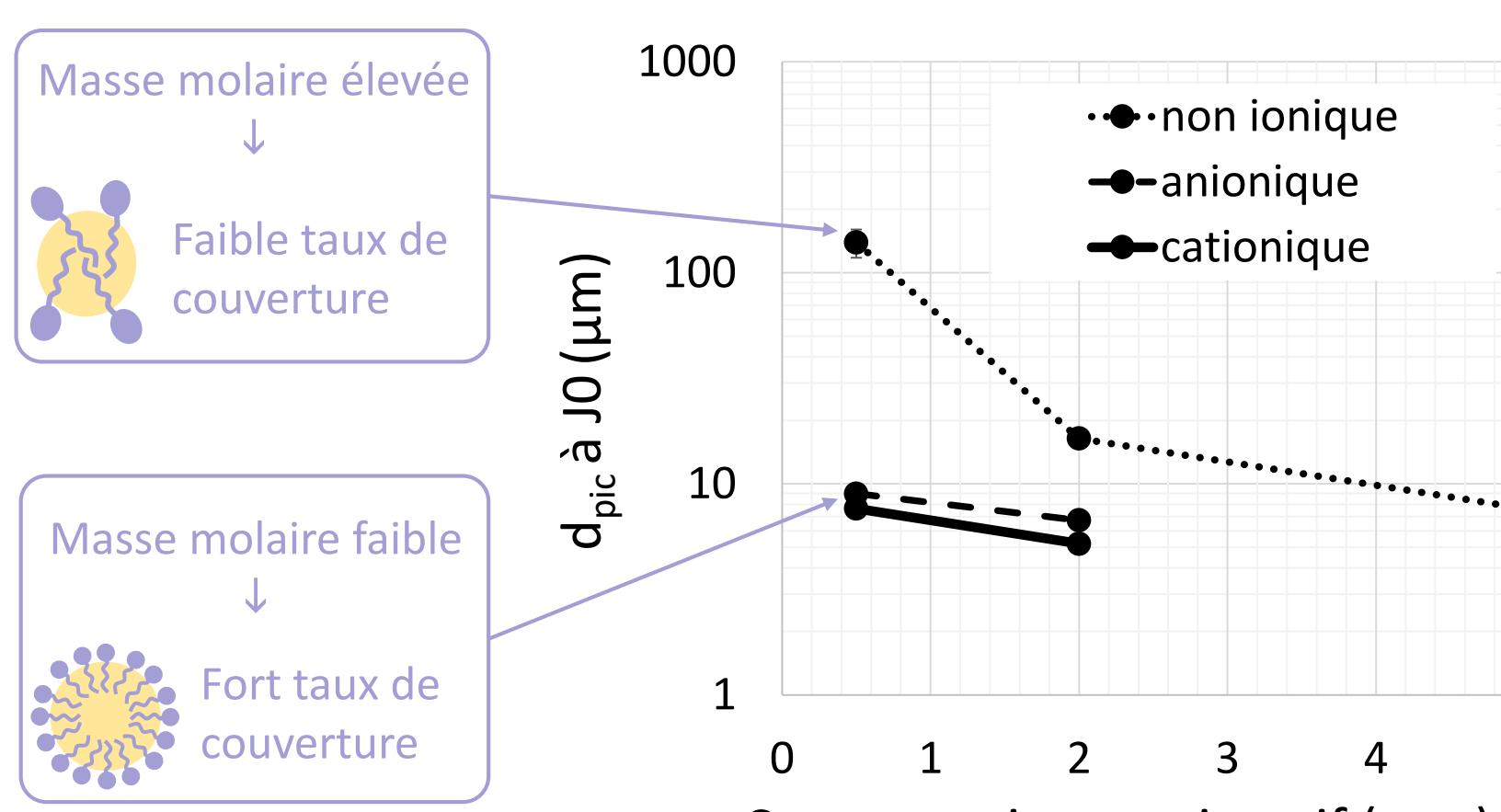
### Choix du tensioactif et de sa concentration : étude d'huile de colza non modifiée

#### Influence de la nature du tensioactif à une concentration donnée (2 cmc) sur la distribution de la taille des gouttelettes à J0



- Tensioactif non ionique moins efficace car diamètre plus élevé
- $\gamma$  seule n'explique pas la différence d'efficacité
- Hypothèse: meilleure efficacité des tensioactifs à faible masse molaire
- Avantage du cationique : déjà utilisé dans les émulsions de bitume

#### Influence de la concentration en tensioactif sur $d_{pic}$ à J0



- Tensioactif non ionique : fort impact de la concentration sur  $d_{pic}$
- À 5 cmc, le tensioactif non ionique atteint une efficacité équivalente à celle des tensioactifs cationique et anionique à 2 cmc
- Hypothèse : meilleure efficacité des tensioactifs ayant un fort taux de couverture

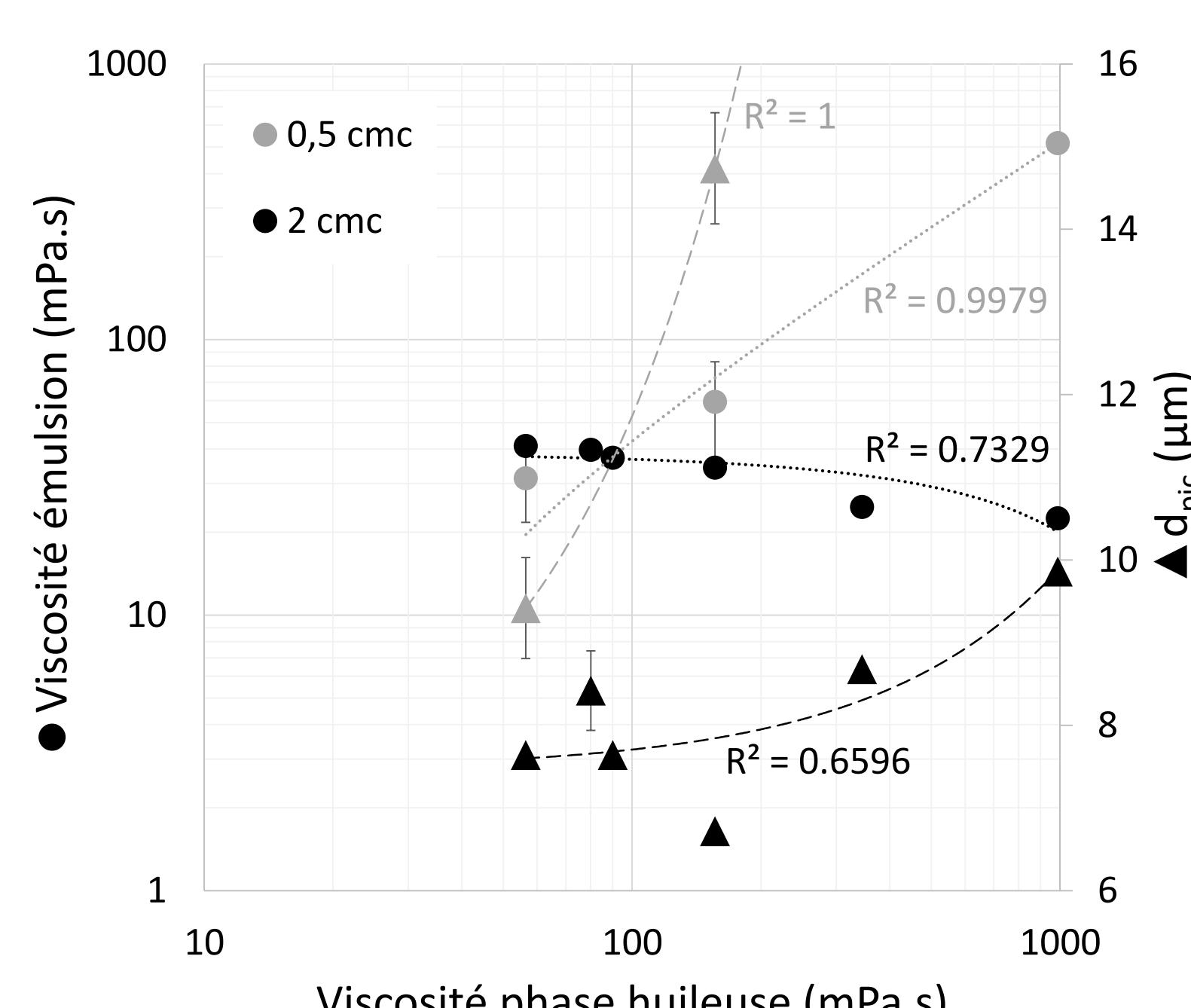
#### Formulation optimale

- Tensioactif cationique
- Concentrée à 2cmc

→ Qu'en est-il de la viscosité optimale de la phase huileuse ?

### Choix de la viscosité de la phase huileuse : étude d'huile de colza viscosifiée par ester de colophane

#### Influence de l'augmentation de la viscosité de la phase huileuse sur $d_{pic}$ et sur la viscosité de l'émulsion à J0



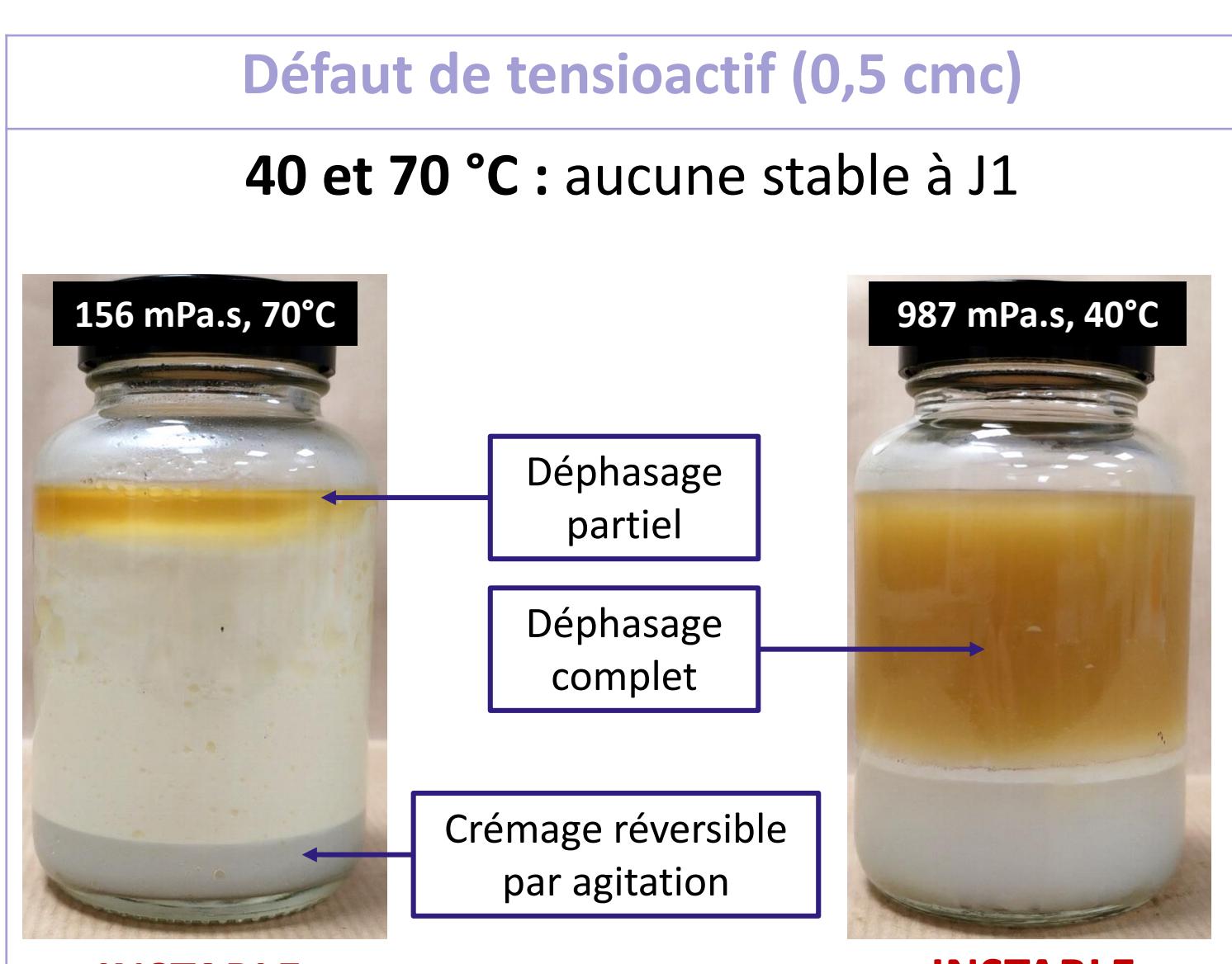
#### Défaut de tensioactif (0,5 cmc) :

- Augmente fortement la viscosité de l'émulsion
- Augmente fortement  $d_{pic}$
- En trop faible quantité, on a déstabilisation au cours de la mesure

#### Tensioactif optimal (2 cmc) :

- Augmente légèrement  $d_{pic}$
- Diminue légèrement la viscosité de l'émulsion
- Tendance observée en accord avec loi d'Einstein modifiée<sup>3</sup>

#### Influence de la viscosité de la phase huileuse sur la stabilité des émulsions



→ Stabilité optimale si viscosité entre 100 et 1000 mPa.s (20 à 50% d'ester de colophane)

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- Formulation optimale : tensioactif cationique, 2 cmc, viscosité phase huileuse comprise entre 100 et 1000 mPa.s
- Défaut de tensioactif : fort impact de la viscosité de la phase huileuse sur  $d_{pic}$  et sur viscosité de l'émulsion
- Tensioactif en excès : faible impact de la viscosité de la phase huileuse sur  $d_{pic}$  et sur viscosité de l'émulsion
- Conditions de stockage (pour la formulation optimale) : aucune déstabilisation pour un stockage à 40°C

- Réussir à produire une méthode de formulation d'émulsion biosourcée
- Comment obtenir une viscosité de phase huileuse comparable au bitume ?
- Contrôle de la rupture de telles émulsions ?

### Références

<sup>1</sup> Routes de France, Feuille de route : décarbonation, juin 2024

<sup>2</sup> Tonnel B., Understanding the emulsification mechanism by interfacial tension: application to alternative binders, Petersen Asphalt research conference, Juillet 2025

<sup>3</sup> Choi SJ, Schowalter WR., Rheological properties of nondilute suspensions of deformable particles. Physics of Fluids. 1975;18(4):420-7