

Fanny LEVENARD^{1,2}, Vincent GAUDEFROY², Isabelle CAPRON³, Cédric PETITEAU², Emmanuel CHAILLEUX², Bruno BUJOLI¹

¹CEISAM, CNRS : UMR 6230, Nantes Université, Nantes, ²MAST-MIT, Université Gustave Eiffel, Bouguenais, ³BIA, INRAE : UR1268, Nantes.

Contact : fanny.levenard@univ-eiffel.fr

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THÈSE

Enrobé

Granulats liés par bitume

Procédés pour enrober les granulats

A chaud

Bitume et granulats
chauffés à 160°C
(bitume liquide)

A froid

Émulsion
bitume-dans-eau
↓
- Économie d'énergie
- Réduction des
émissions

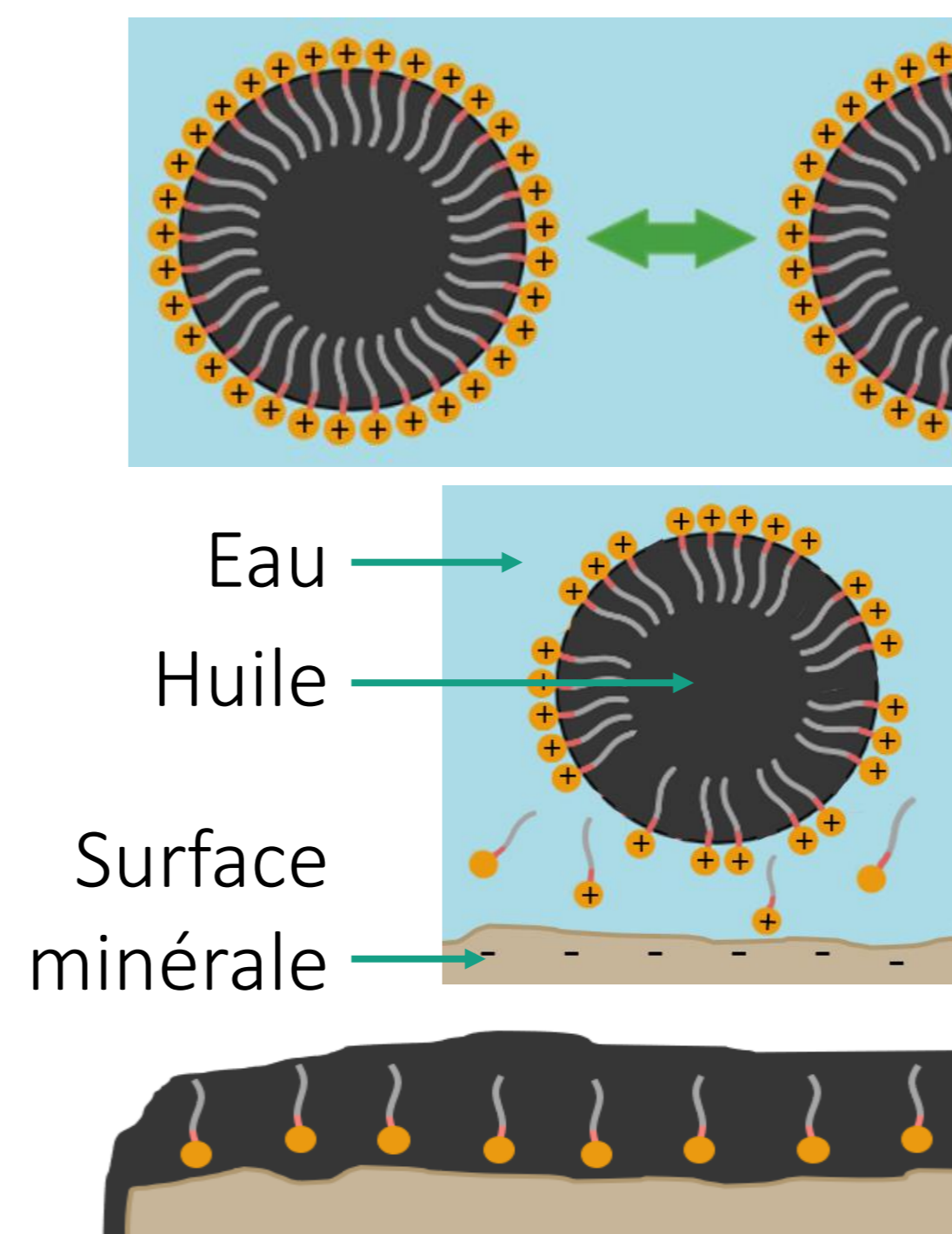
Procédé à froid à l'émulsion

1. Fabrication de l'émulsion

- 50% à 69% de bitume
- Émulsifiant / stabilisant :
**tensioactifs pétro-sourcés
cationiques**

2. Rupture de l'émulsion au contact des granulats [1]

3. Formation d'un film de bitume et départ de l'eau



Problématique et objectifs

Réduire la dépendance aux émulsifiants
pétrochimiques et l'impact environnemental

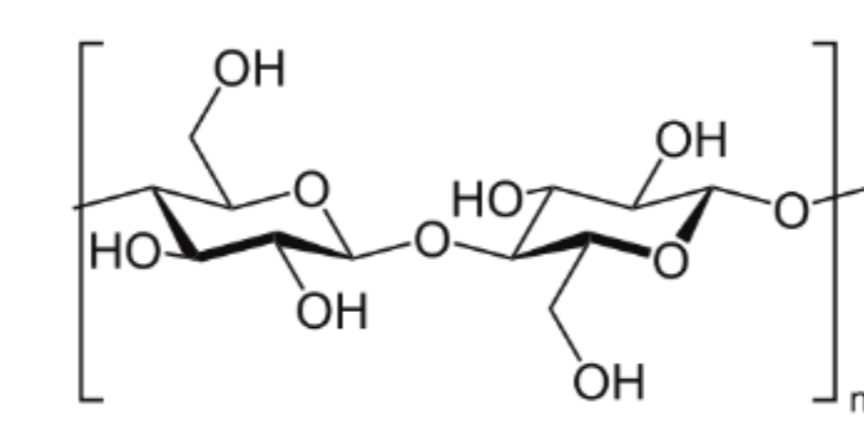


- **Formuler des émulsions** stabilisées par des **composés biosourcés (particules, polymères), dérivés de la cellulose [2]**
- **Conserver les propriétés mécaniques** des enrobés et la durabilité du **collage bitume-granulats** en présence d'eau

DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

1. Identification et préparation des émulsifiants potentiels
2. Si utilisation d'un mélange d'émulsifiants : étude des interactions en phase aqueuse
3. Essais de mise en émulsion sur petites quantités : variation de composition, de paramètres procédé
4. Scale up : ↗ énergie de dispersion et volume (x10)
5. Caractérisation des émulsions, étude de la stabilité
6. Étude des propriétés des enrobés

1 Dérivés de cellulose



2

- Tensiométrie :
goutte pendante
- Conductimétrie



3-4 Systèmes rotor/stator



Disperseur
ultra-turrax
v = 11 000 tr/min



Moulin colloïdal
 $\dot{\gamma}_{app} = 14\ 000\ s^{-1}$

6

- Enrobage
- Fabrication d'éprouvettes
- Essais de tenue à l'eau



5

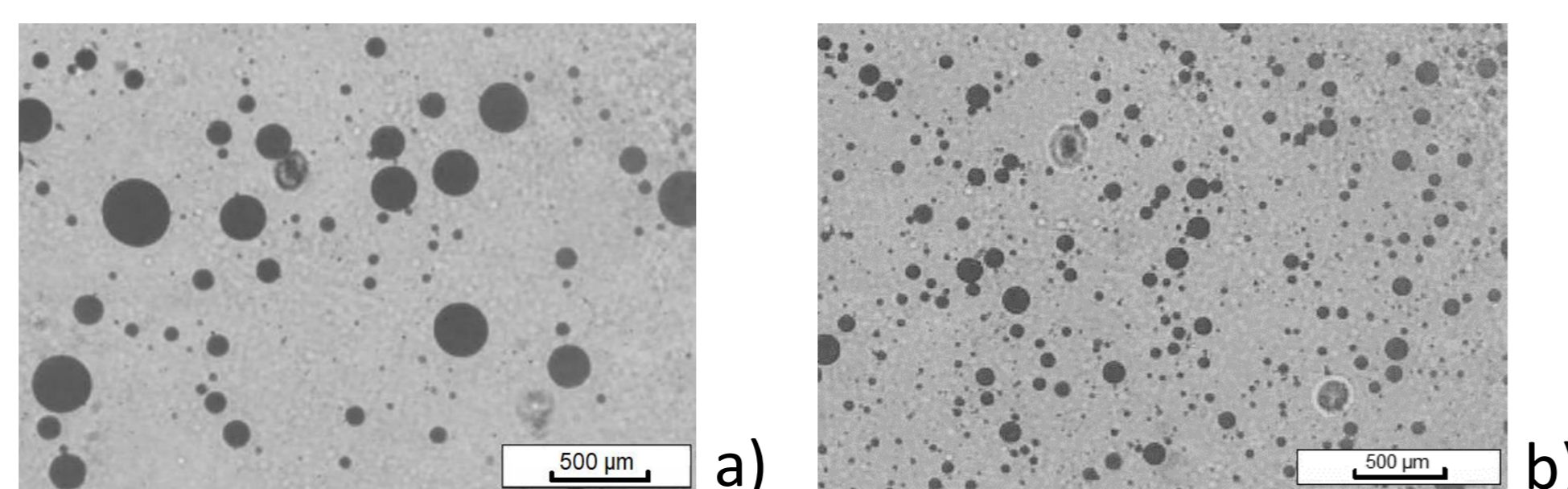
- Microscopie optique
- Granulométrie laser
- Rhéologie
- Calorimétrie

FORMULATION ET CARACTERISATION D'ÉMULSIONS : APPLICATION À UN ÉMULSIFIANT BIOSOURCÉ

Influence du procédé d'émulsification et stabilité de l'émulsion

❖ Émulsion Em-1

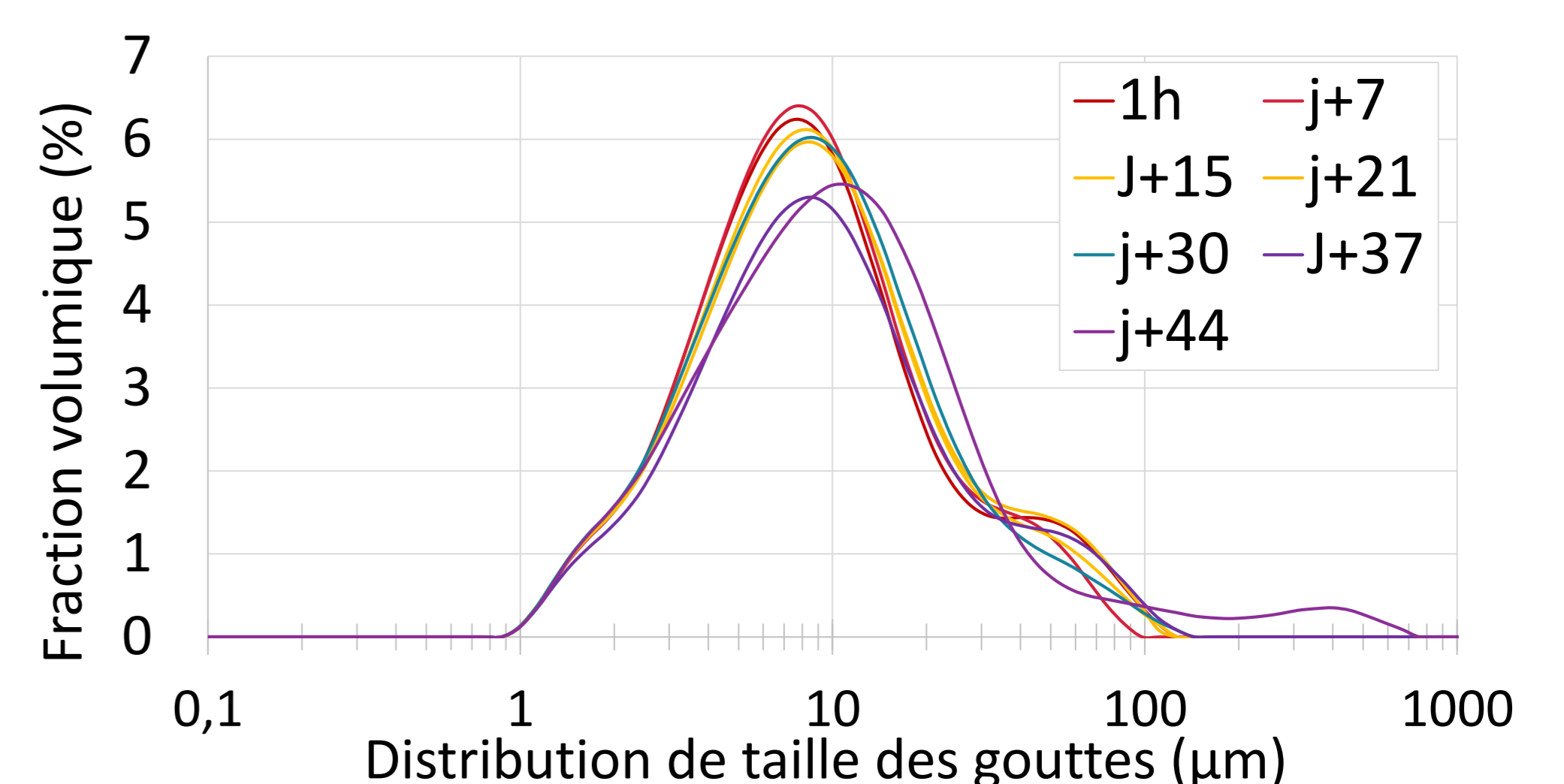
- 60 %m de bitume
- 0,76 %m de polymère émulsifiant



Microscopie optique

Em-1 préparée avec a) disperseur ultra-turrax, b) moulin colloïdal

- Amélioration de la granulométrie : - Em-1a : $d_{4,3} = 40\ \mu m$, $d_{max} \approx 500\ \mu m$
- Em-1b : $d_{4,3} = 14\ \mu m$, $d_{max} \approx 100\ \mu m$



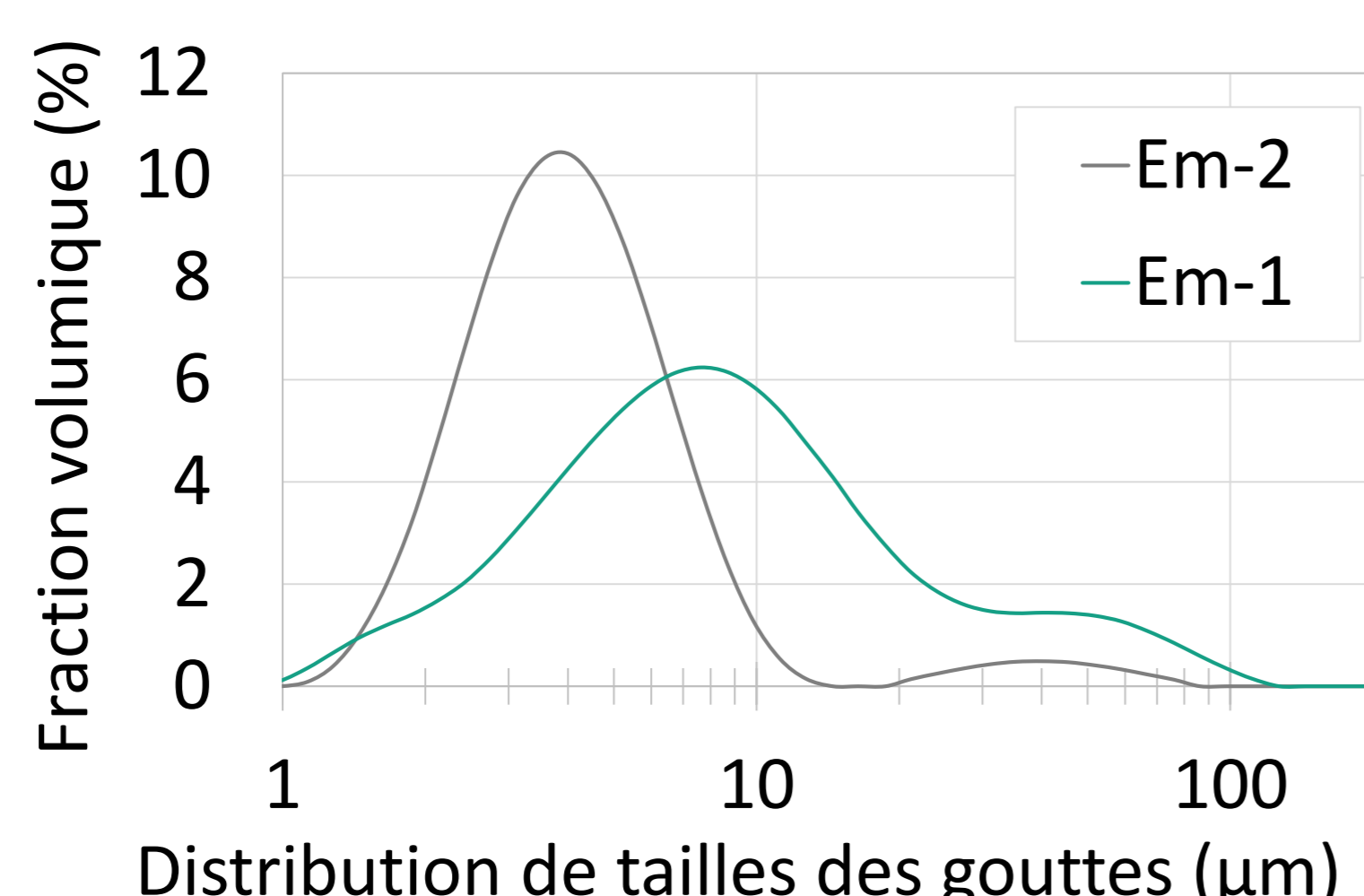
Évolution de la distribution au cours du temps

Émulsion stable plus d'un mois, suffisant pour utilisation industrielle

Comparaison avec une émulsion de référence

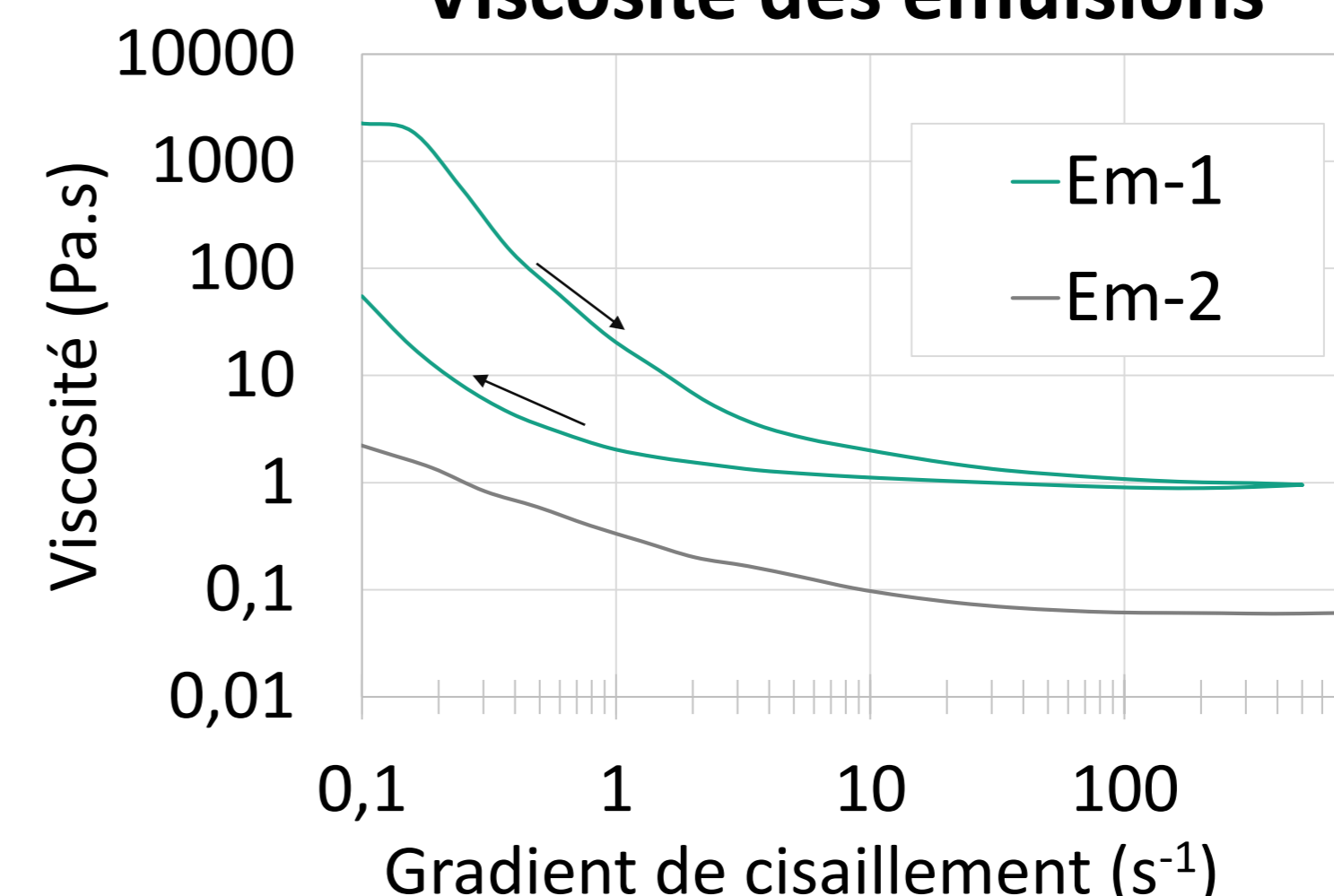
❖ Émulsion Em-2

- 60 %m de bitume
- 0,46 %m tensioactif conventionnel



- Gouttes plus grandes avec polymère
- Taille des chaînes et viscosité de la phase aqueuse plus importante

Viscosité des émulsions



- Em-1 et Em-2 rhéofluidifiantes
- À même quantité de bitume :
Em-1 plus visqueuse

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

- Famille de la cellulose prometteuse
- Émulsification possible
- Formulation d'émulsions répondant au cahier des charges malgré un manque de fluidité (pompabilité)

Perspectives

- Mélange avec fractions minérales
- Durabilité du collage en présence d'eau
- Risque : Émulsifiant trop hydrophile → reprise hydrique
- Solution envisagée : Modification chimique ou mélange d'émulsifiants



RÉFÉRENCES

- [1] Ziyani et al. *J Mater Sci*, 2014, vol. 49, pp. 2465–2476
- [2] Costa et al. *Polymers*, 2019, vol. 11, no 10, p. 1570