

Comportement rhéologique de matériaux cimentaires en présence de fines de biomasse

Joëlla Grâce Dossa^{a,b}, Yannick Vanhove^a, Jonathan Page^a, Chafika Djelal^a

^aUniv. Artois, IMT Nord Europe, Junia, Univ. Lille, ULR 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE), F-62400 Béthune, France

^bAgence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie 20, avenue du Grésillé- BP 90406 49004 Angers Cedex 01 France

Email: jgrace.dossa@univ-artois.fr

Contexte et objectif

Croissance de la filière bois énergie entraînant une forte production de cendres de biomasse (245 000 tonnes en 2021).

➔ **Nécessité de proposer de nouvelle voie de valorisation des cendres volantes de biomasse (CVB).**

Objectif

Analyser la possibilité de valoriser les **CVB** en tant que **substitut** du **filler calcaire**, généralement utilisée pour améliorer la **stabilité rhéologique** des mélanges.

Provenance des CVB

Centrale à lit fluidisé de Lens (Haut de France).

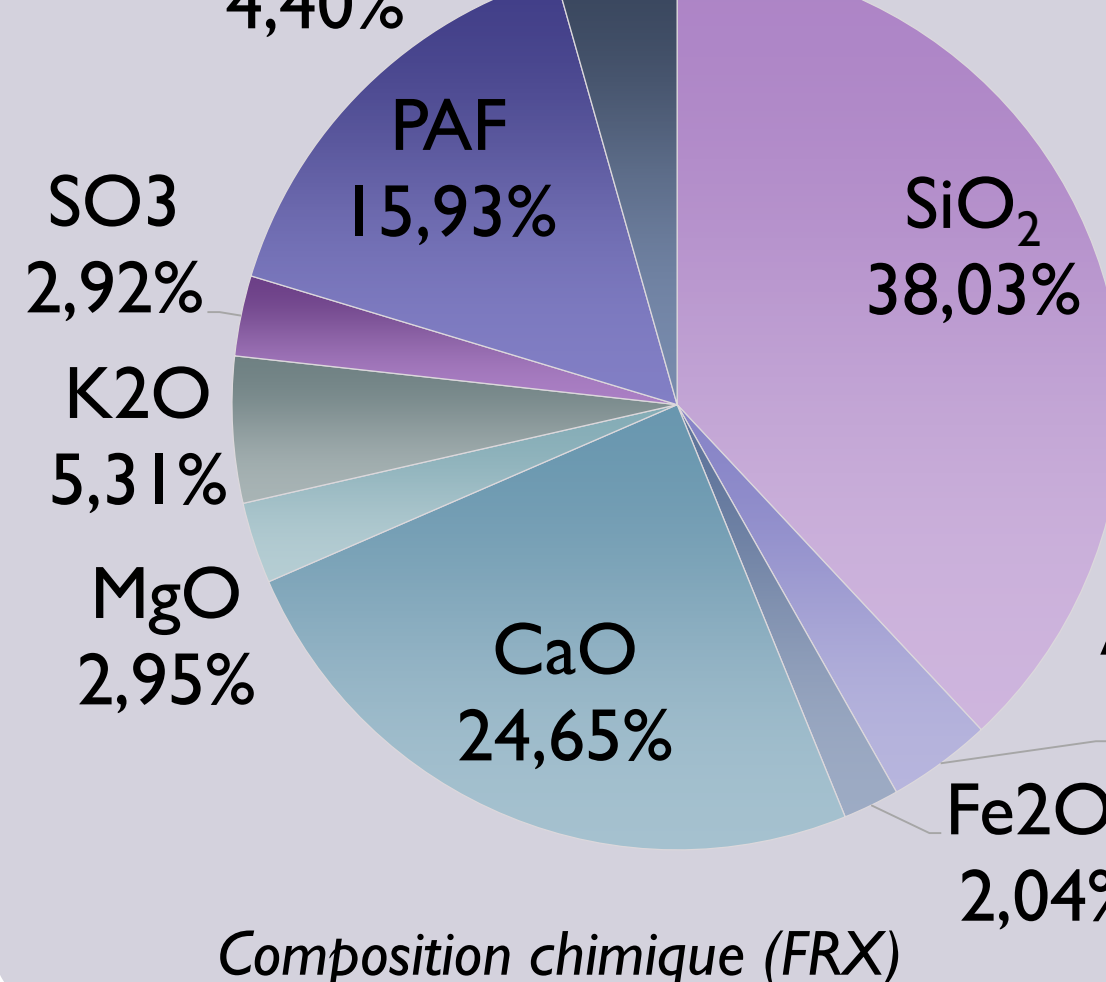
Biomasse: bois rond, plaquettes forestières, broyats de palettes.

Propriétés des CVB



Observation MEB des CVB

Autres 4,40%



Composition chimique (FRX)

Propriétés physiques	D50 (µm)	D90 (µm)	Masse vol. (g/cm³)	Blaine (cm²/g)
Filler calcaire	10,9	43,6	2,70	4889
CVB	18,8	85,7	2,66	5138

- SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ = **43,84%** < 70 % (NF EN 450-1)
- Absence de phases amorphes (DRX)

➔ **Absence d'activité pouzzolanique**

- Surface spécifique élevée
- Présence d'imbrulés (Perte au feu (PAF) élevée)

➔ **Augmentation de la demande en eau**

Méthodologie

1. Composition des pâtes

CEM I 42,5 R (1037 g/l)

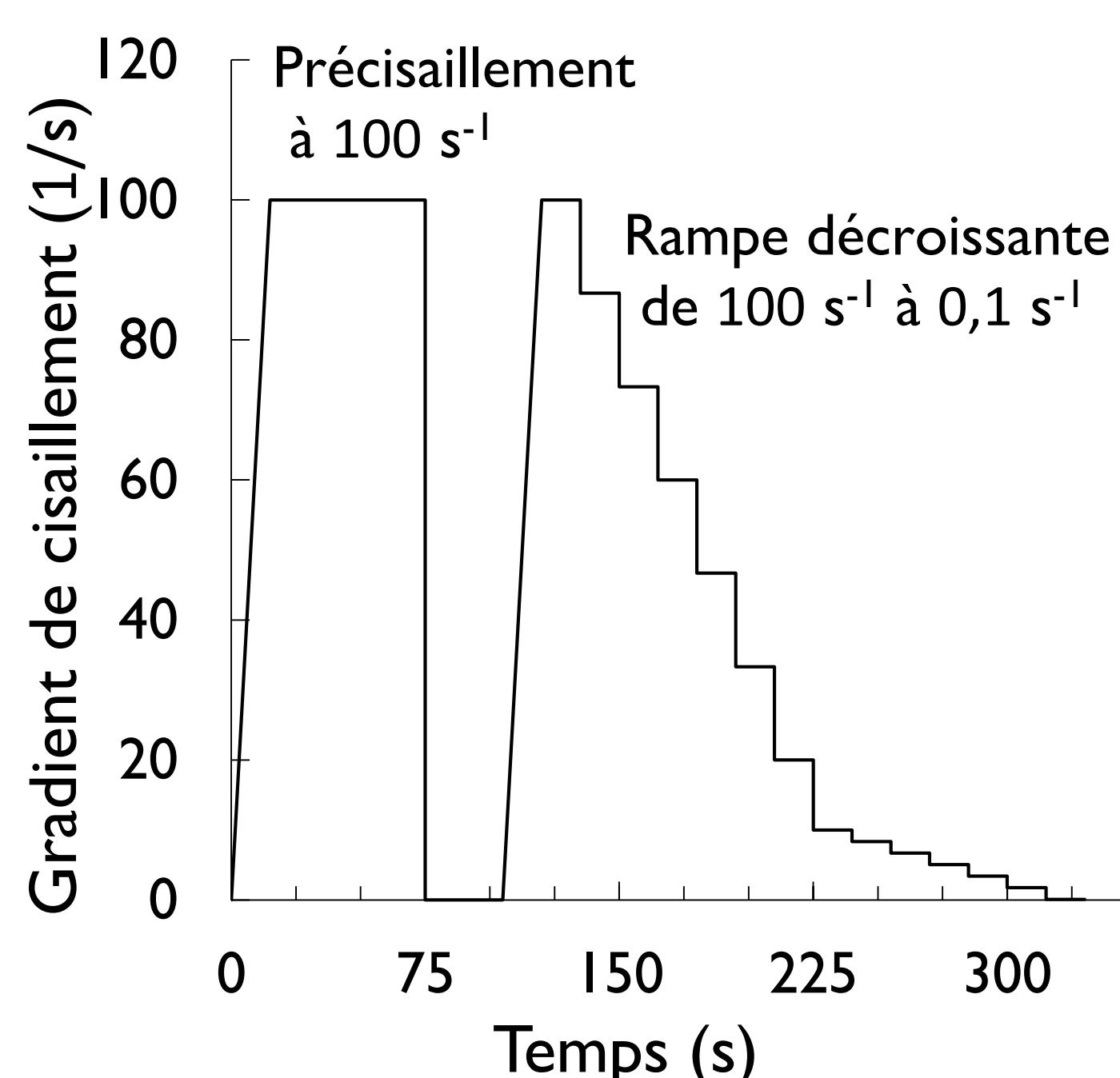
CEM III 52,5 L (1018 g/l)

- Eau/Liant = 0,41
- Substitution volumique du filler par les CVB (0, 30, 50, 70, et 100%)

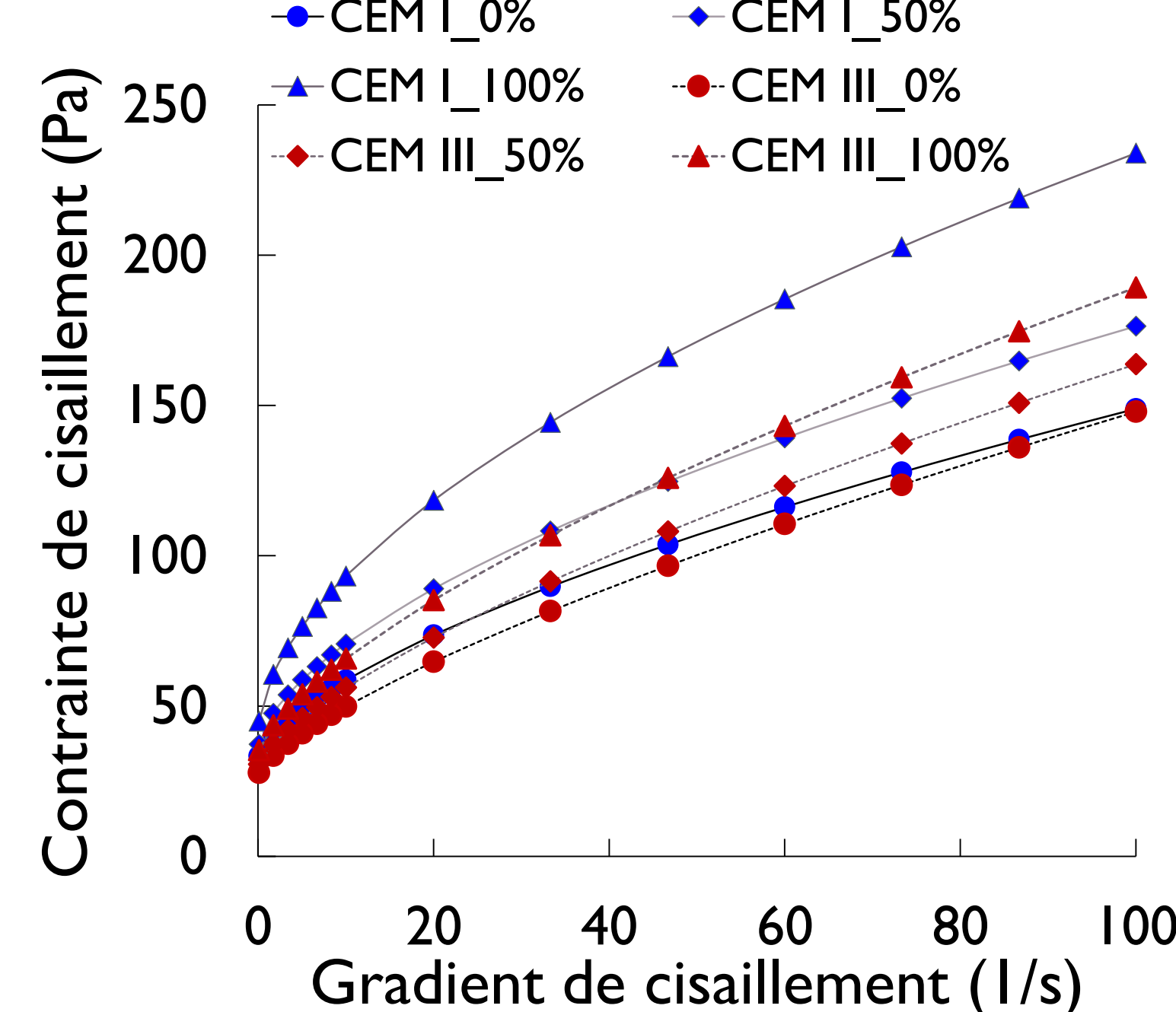
2. Mesures à l'état frais

- Affaissement et diamètre d'étalement moyen avec un mini cône MBE (d= 50 mm, D = 100 mm et H= 150 mm).
- Propriétés rhéologiques avec un **rhéomètre à géométrie vane** Anton Paar MCR 72

3. Protocole rhéologique



4. Courbes d'écoulement

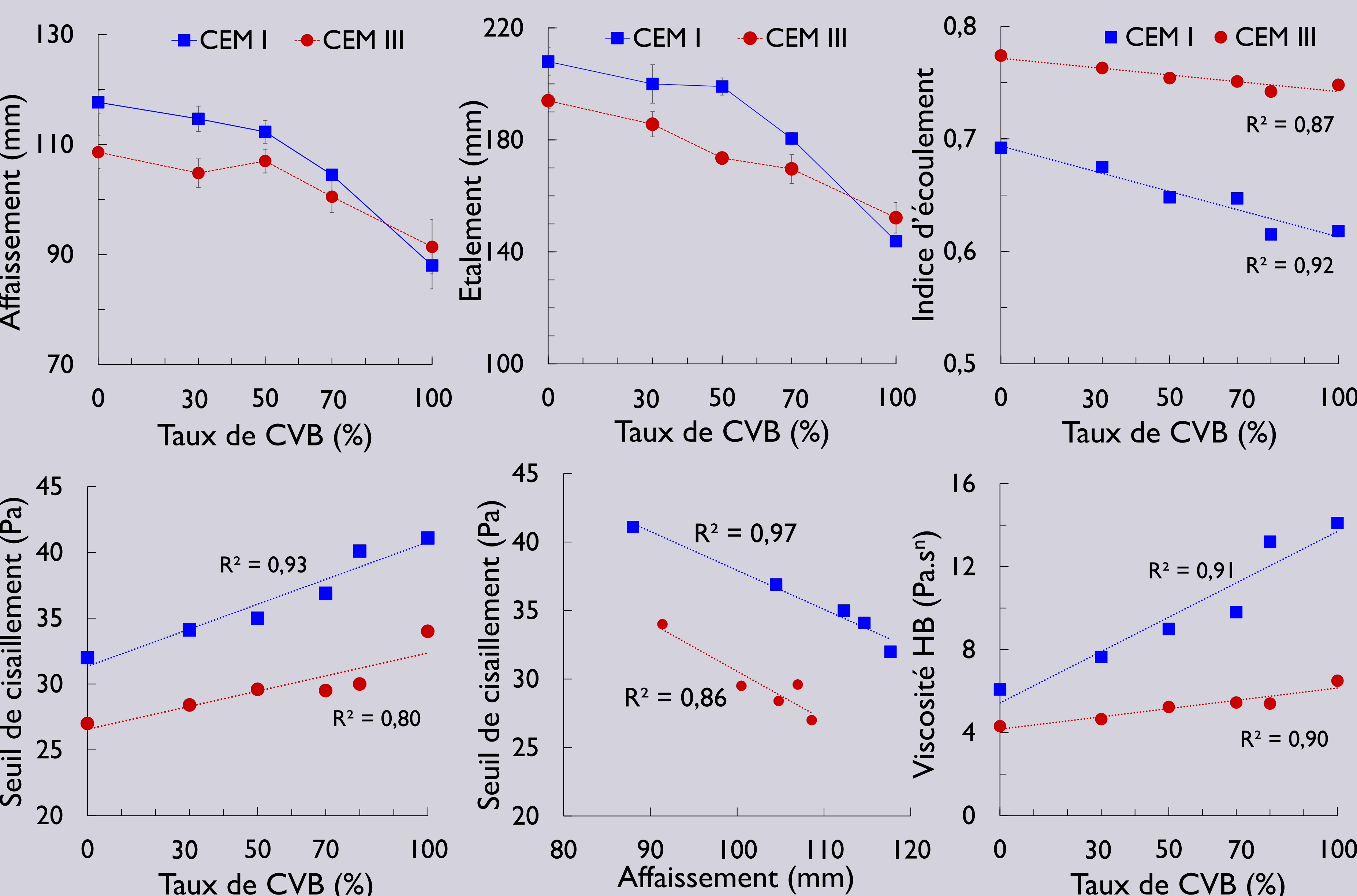


Résultats

Analyse des courbes d'écoulement: **Modèle de Herschel-Bulkley (HB)**

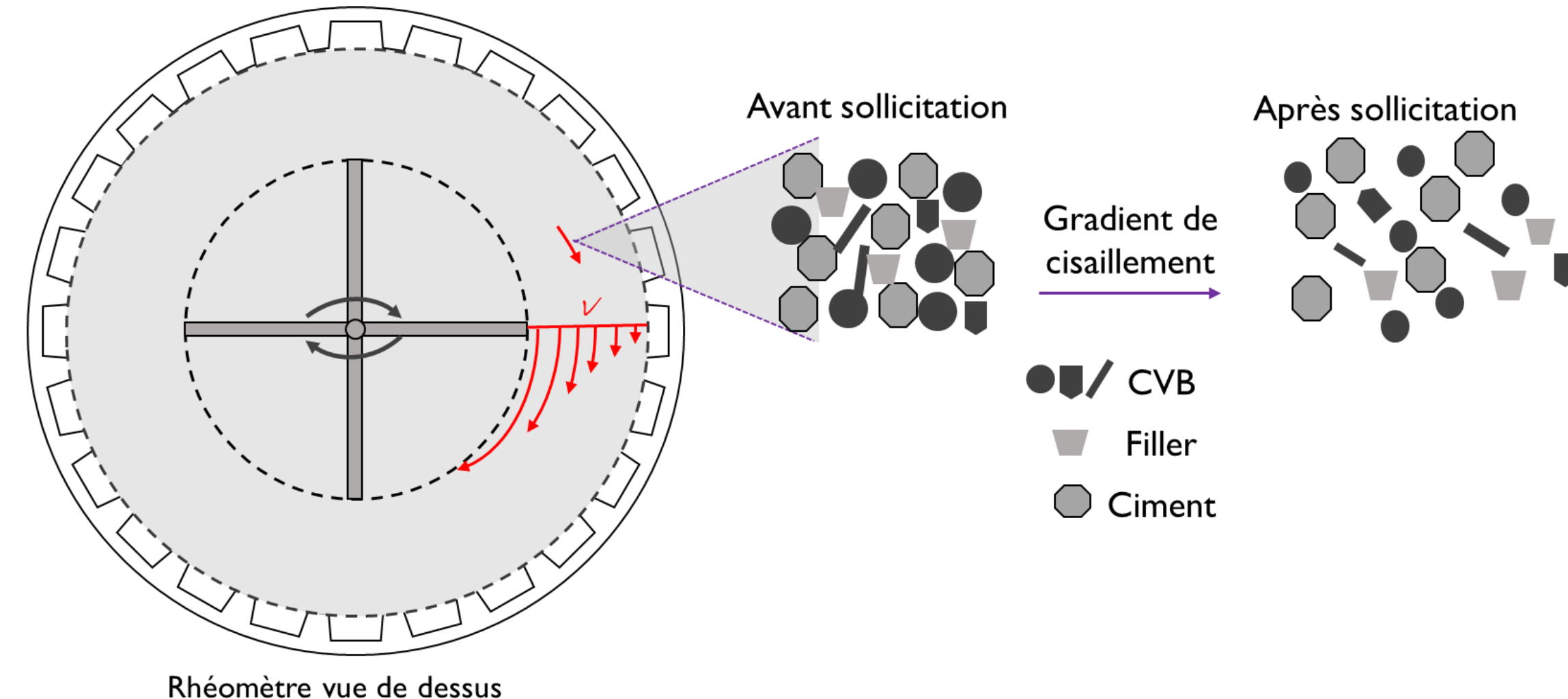
$$\tau = \tau_{0,HB} + K\dot{\gamma}^n$$

$\tau_{0,HB}$ (Pa) seuil de cisaillement, K (Pa.sⁿ) viscosité et n l'indice d'écoulement



- Augmentation du taux de CVB ➔ Diminution de l'étalement et augmentation du seuil de cisaillement en raison de la **forte demande en eau** des CVB.
- Bonne corrélation entre les essais d'ouvrabilité (affaissement) et les mesures rhéologiques (seuil de cisaillement).

- Augmentation de la viscosité tandis que l'indice d'écoulement diminue ➔ **comportement plus rhéofluidifiant**. Les particules sphériques dans les CVB favorisent l'écoulement en couches longitudinales dans le sens de sollicitation.



Rhéofluidification: réorientation dans le sens de sollicitation à l'échelle de la microstructure dans le mélange.

Conclusions

- Les pâtes de CEM III montrent une floculation réduite par rapport aux pâtes de CEM I, limitant l'évolution des propriétés.
- La demande en eau accrue des CVB, liée à leur surface spécifique élevée et à leur perte au feu importante, réduit l'ouvrabilité.
- Les pâtes montrent une rhéofluidification plus marquée avec les CVB qu'avec le filler calcaire.
- Les CVB n'altèrent pas la stabilité rhéologique du matériau cimentaire.
- **Un remplacement total du filler calcaire par des CVB est envisageable.**