

JOURNÉE TECHNIQUE 2023

Les matériaux alternatifs :
L'innovation au service de
l'économie circulaire





ER2 Matériaux innovants

Valorisation de co-produits minéraux et végétaux

Equipe Matériaux
Faculté des Sciences Appliquées (Université
d'Artois) Béthune

Eric Wirquin - Professeur des Universités



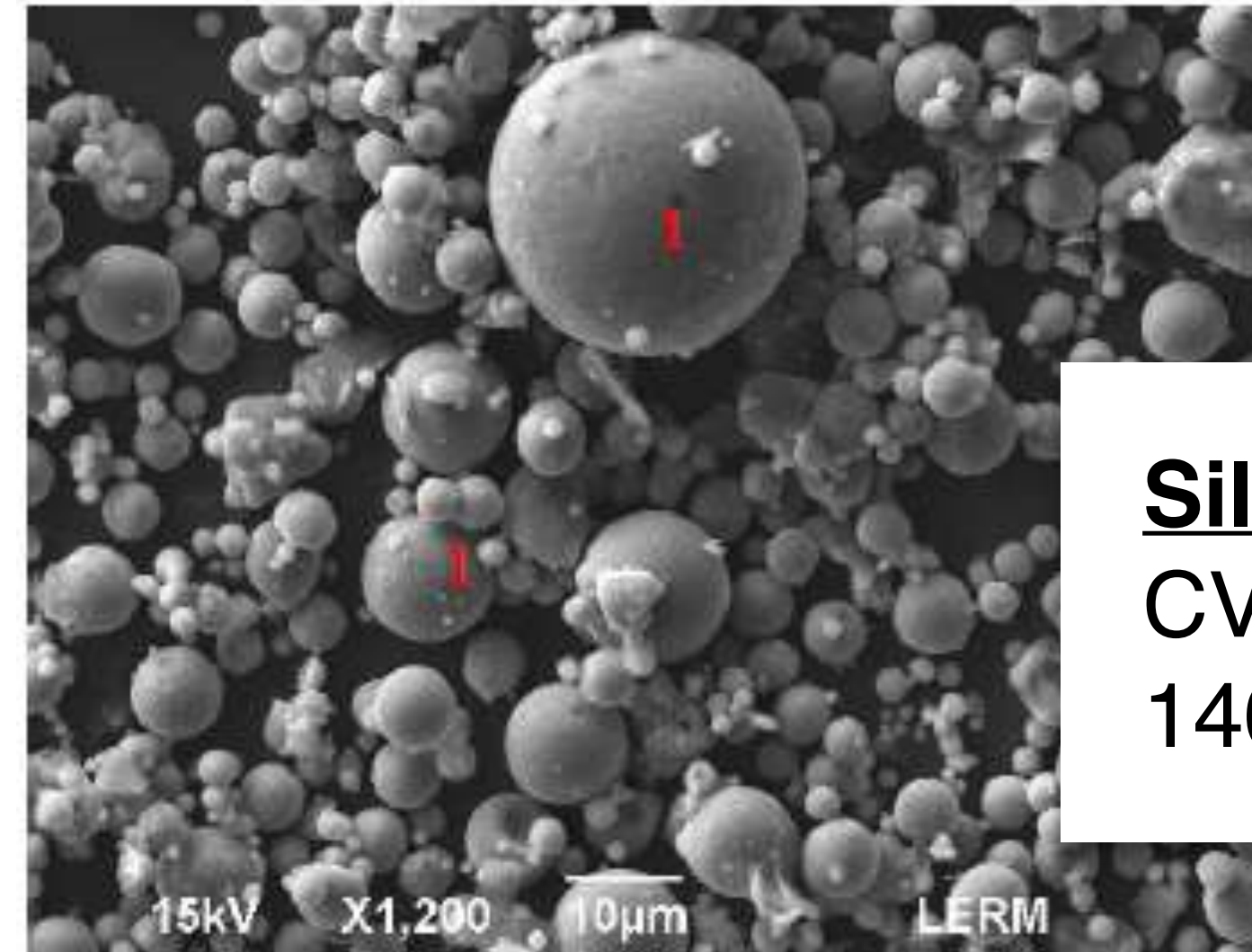
Valorisation de Cendres Volantes issues du charbon et de la biomasse dans la formulation de coulis d'injection et de comblement

Contact Société Surschiste :
Loïc Danest

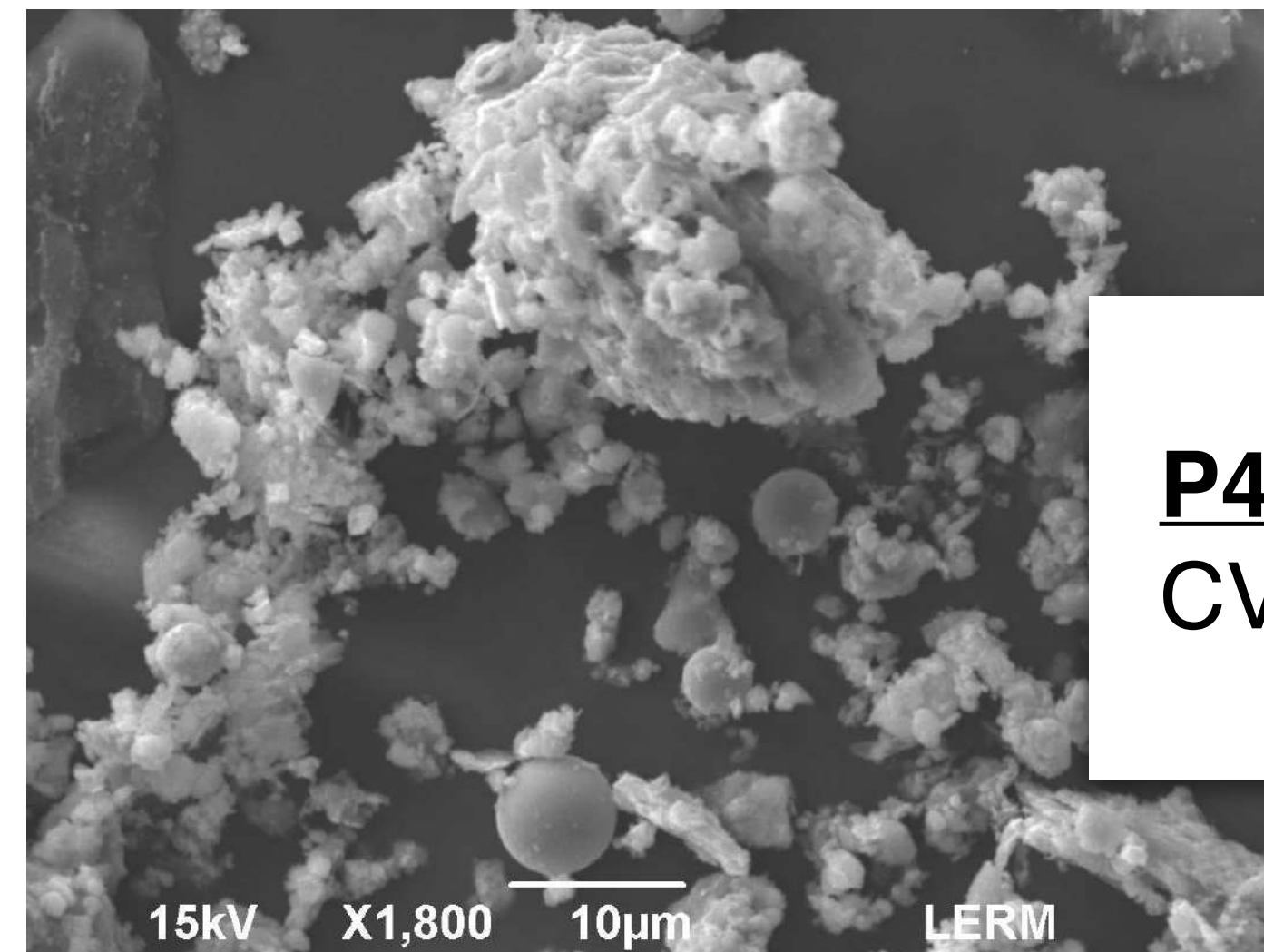
Responsable scientifique de l'étude :
Eric Wirquin

Objectifs initiaux

Mettre à jour la base de données
essais concernant des coulis en
intégrant différents types de
Cendres Volantes produites par
Surschiste



Silicoline
CV Silico-alumineuse
1400°C

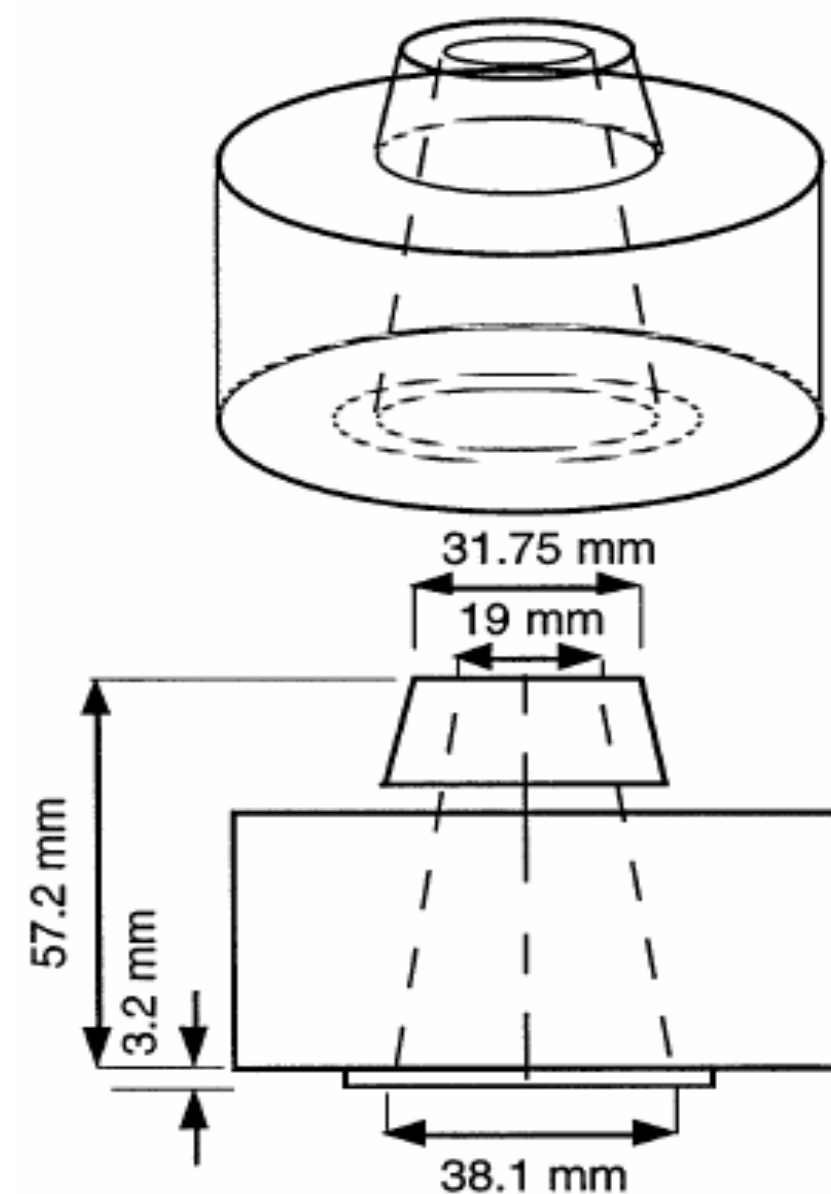


P4B
CV de biomasse

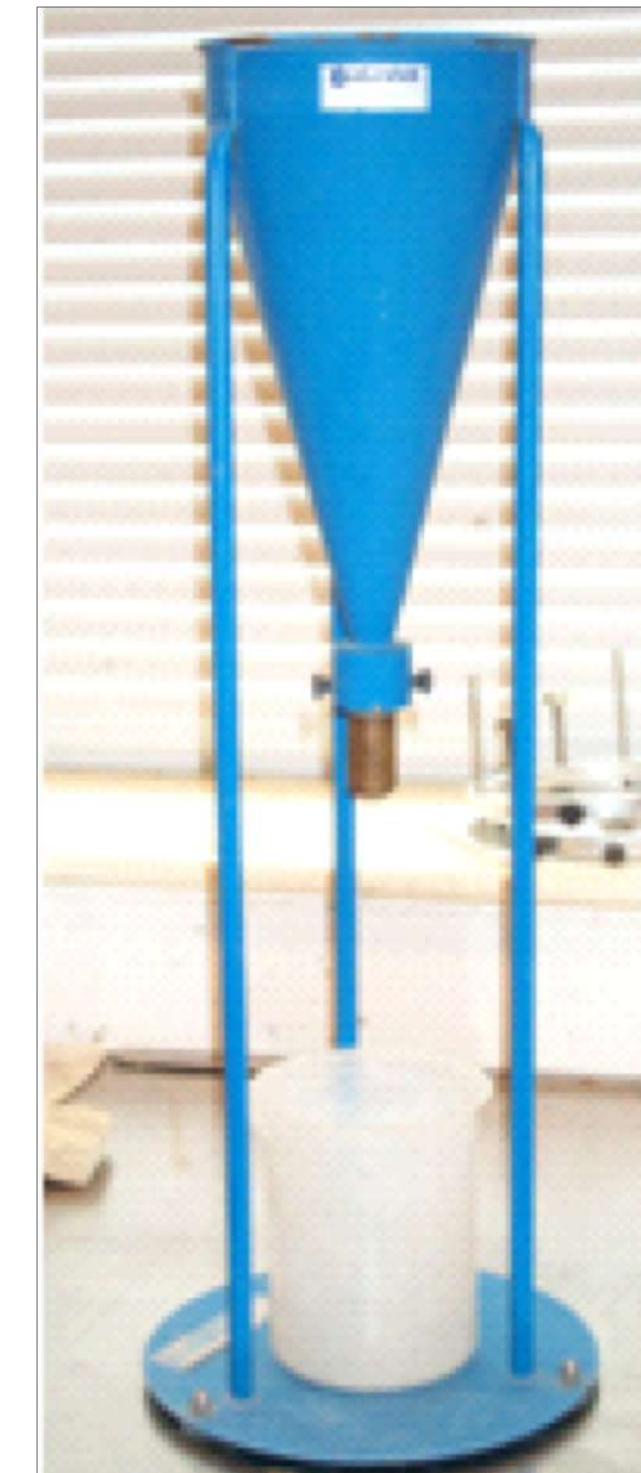
Différents essais réalisés

➔ Mesures rhéologiques

Essai d'étalement

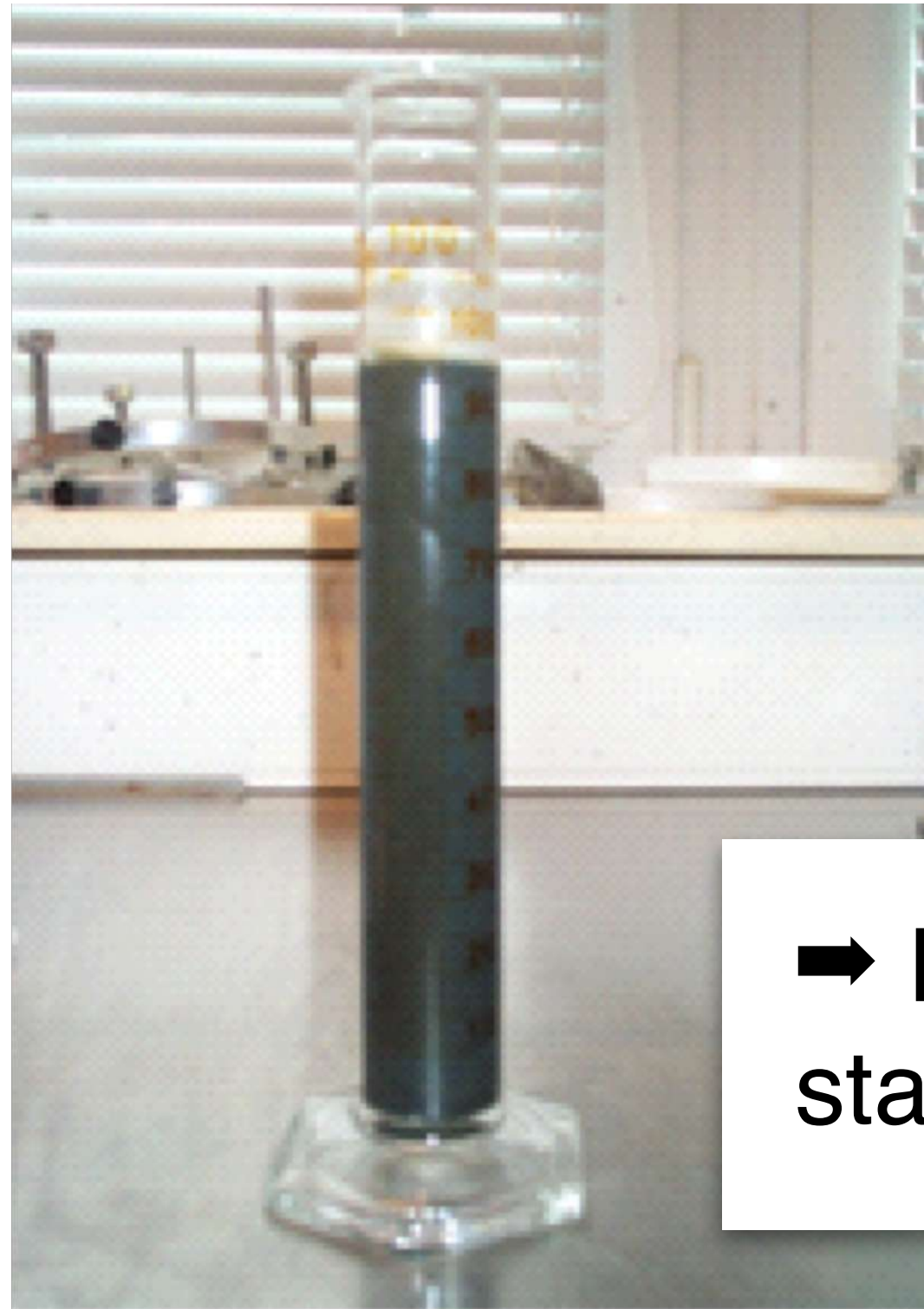


Essai de fluidité

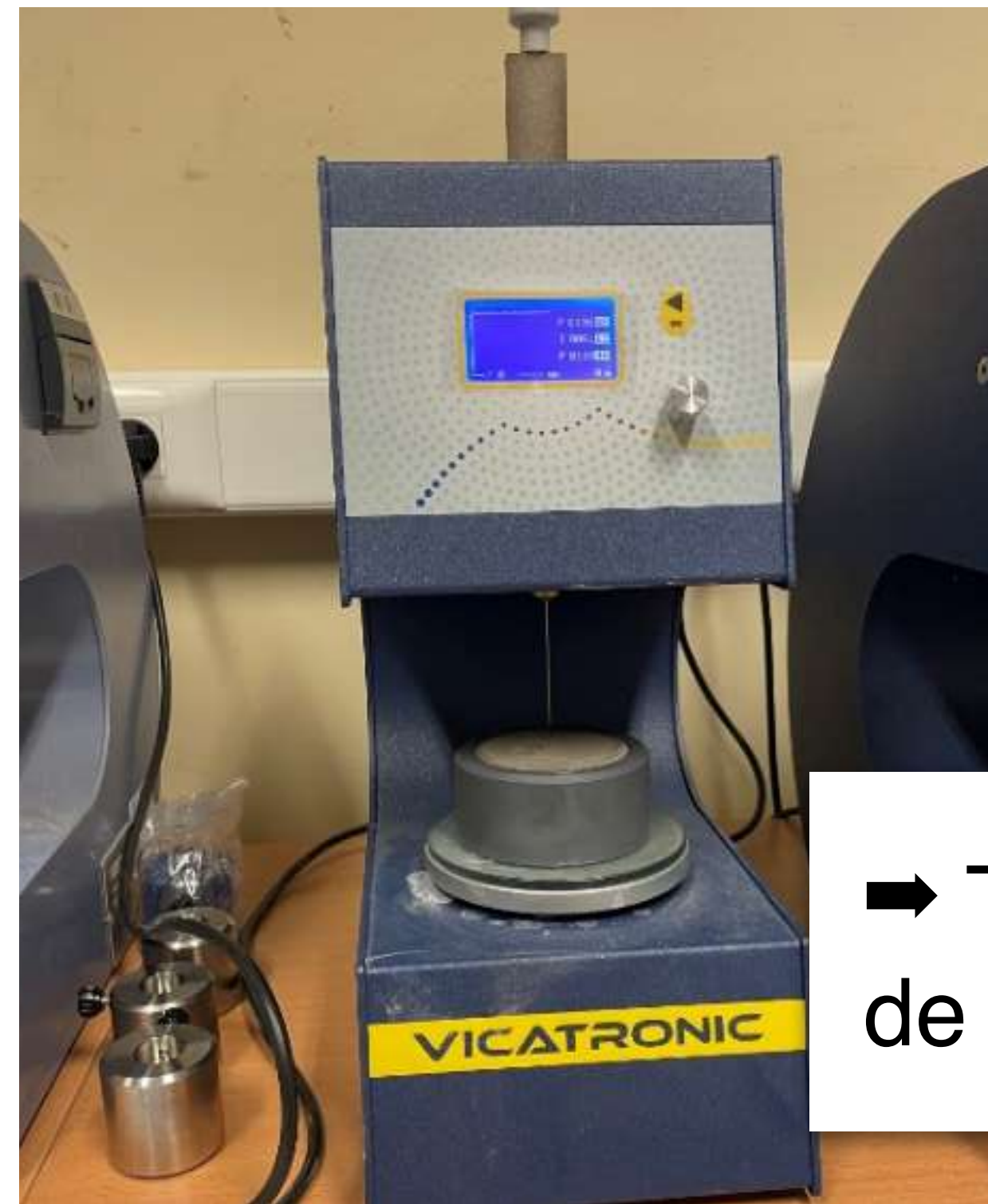


Ajutages :
4.76 mm et 8 mm

Différents essais réalisés



➔ Ressuage
statique



➔ Temps de début
de prise Vicat

Mesures à 3 heures et 24 heures

Différents essais réalisés

➔ Résistances mécaniques

- Essais de flexion 3 points sur éprouvettes 4x4x16 cm³
- Essais de compression sur les demi-éprouvettes

Échéances : 3, 7, 28, 90, 180 jours et 1 an

Presse utilisée : Shimadzu 50 kN

➔ Essais de retrait

- Retrait sous conditions de séchage à l'air (20°C et 50 % HR),
- Retrait sous cure humide (éprouvettes conservées dans l'eau)



Formulations étudiées

• INJEX

70% Silicoline + 30% CEM III/A 52.5 L

• INJEX C

70% Silicoline C (mélange : 50% Silicoline + 20% P4B)
+ 30% CEM III/A 52.5 L

- Influence de la **quantité de ciment** (30%, 20%, 10%)
- Influence du % de **Silicoline et de P4B** (ratios 50/20, 35/35 et 20/50)

• INJEX C

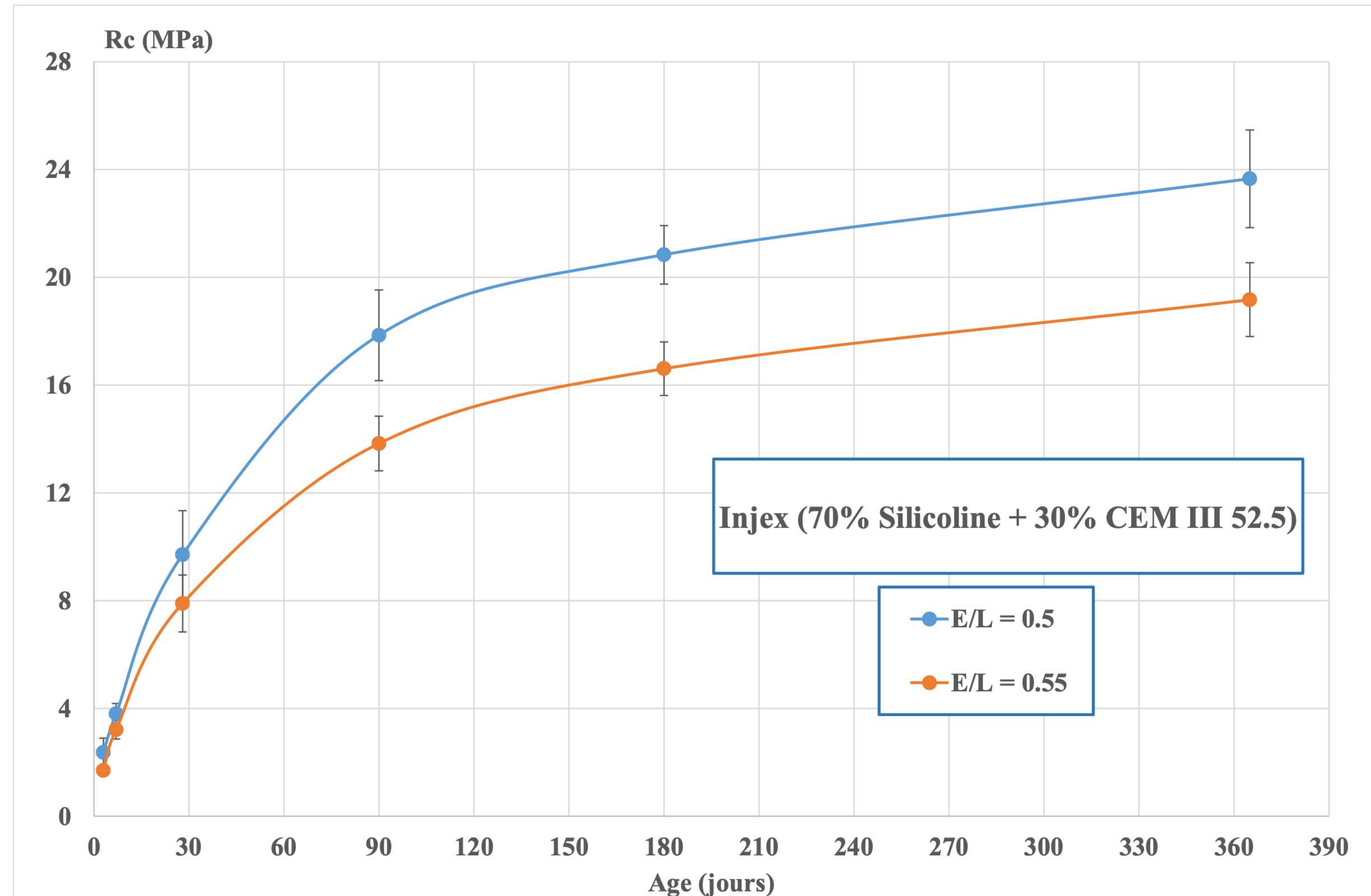
Coulis à prise précoce

INJEX 70

(70% Silicoline + 30% CEM III 52.5 L)

Finesse Blaine Silicoline ~ 3800 cm²/g

Moyenne sur 6 ans	E/L = 0.5	E/L = 0.55
Etalement (cm)	111	131
Cône Marsh 4.76 mm (s)	244	85
Masse volumique réelle (g/l)	1644	1609
Ressuage à t=3 h (%)	3.3	4.8
Ressuage à t=24 h (%)	0.9	2.5
Temps début prise (h)	14h20min	16h40min

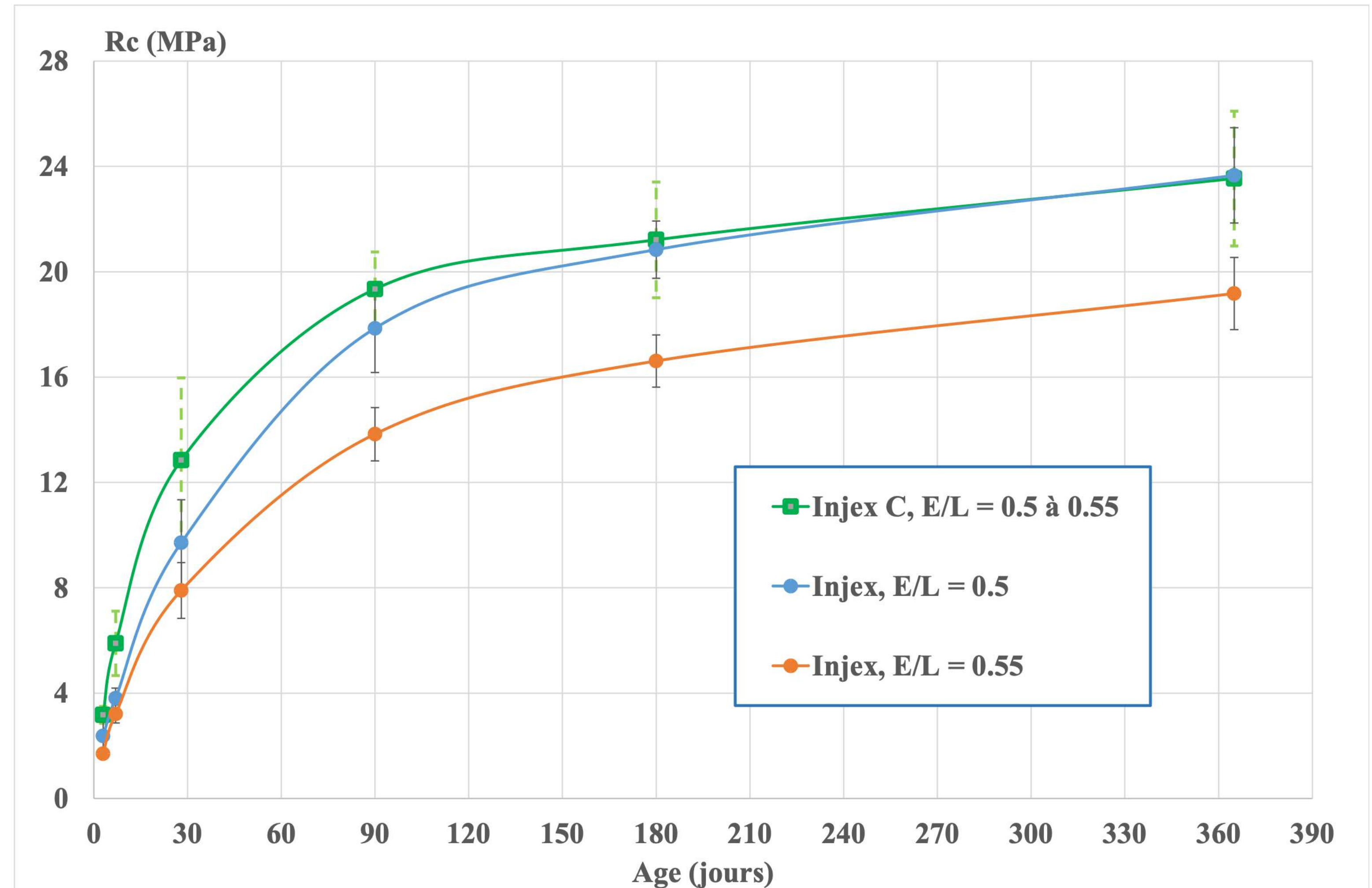


INJEX C

(50% Silicoline + 20% P4B +
30% CEM III 52.5 L)

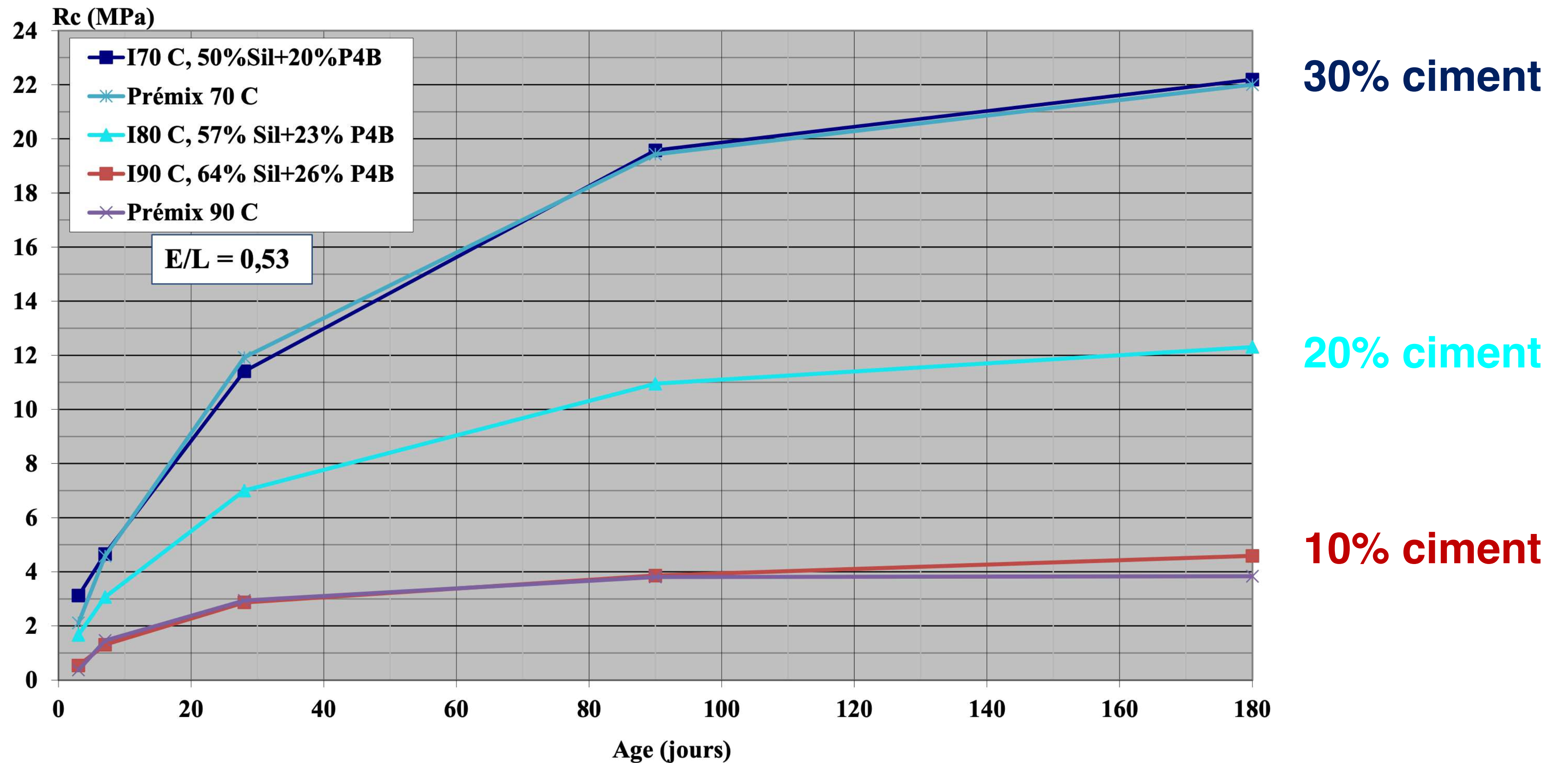
Finesse Blaine P4B ~ 6000 cm²/g

Moyenne sur 4 ans	E/L = 0.5 à 0.55
Étalement (cm)	93
Cône Marsh 4.76 mm (s)	267
Cône Marsh 8 mm (s)	33
Masse volumique réelle (g/l)	1636
Ressuage à t=3 h (%)	3.2%
Ressuage à t=24 h (%)	1.9%
Temps début prise (h)	14h5min



INJEX C

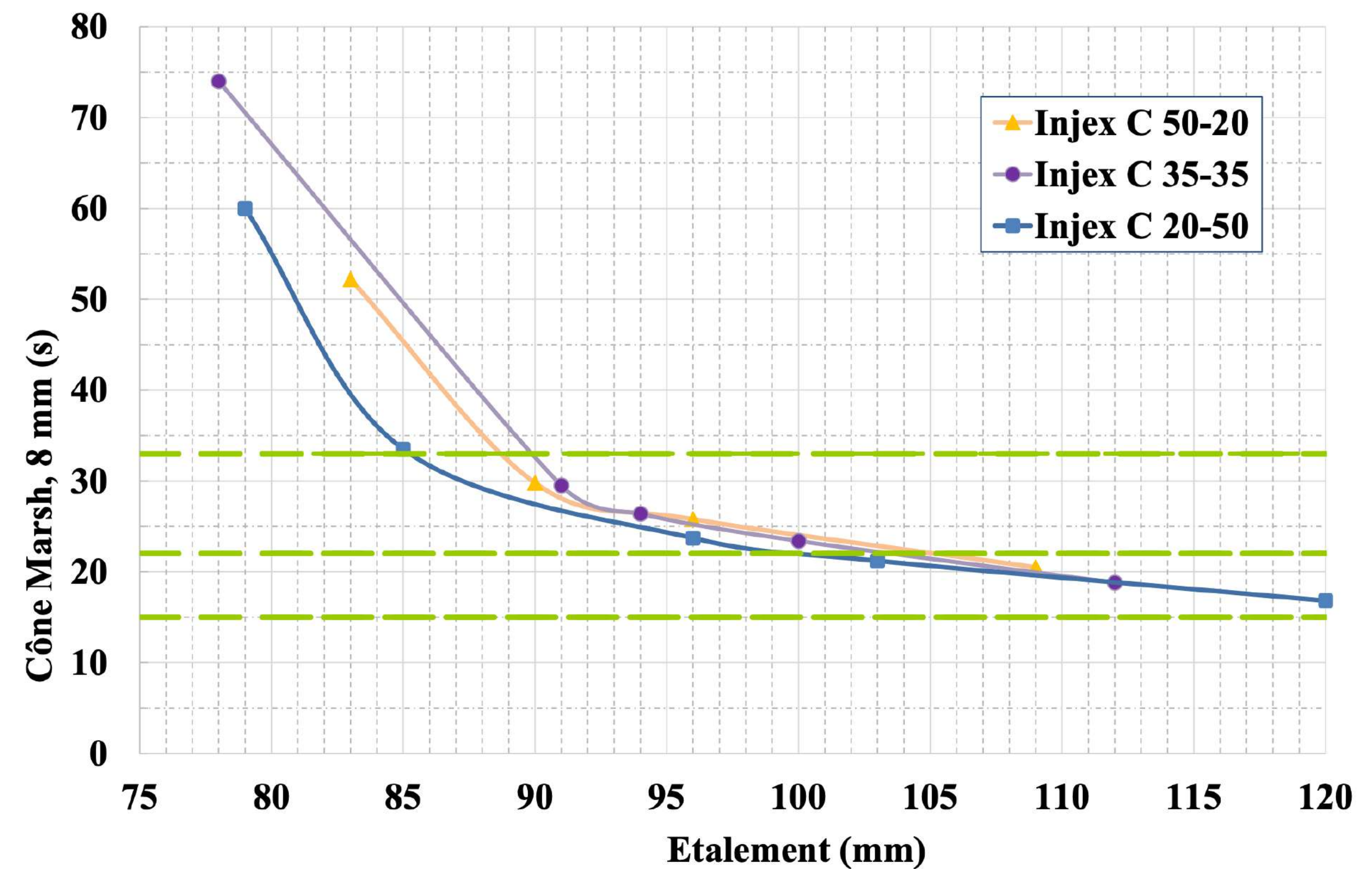
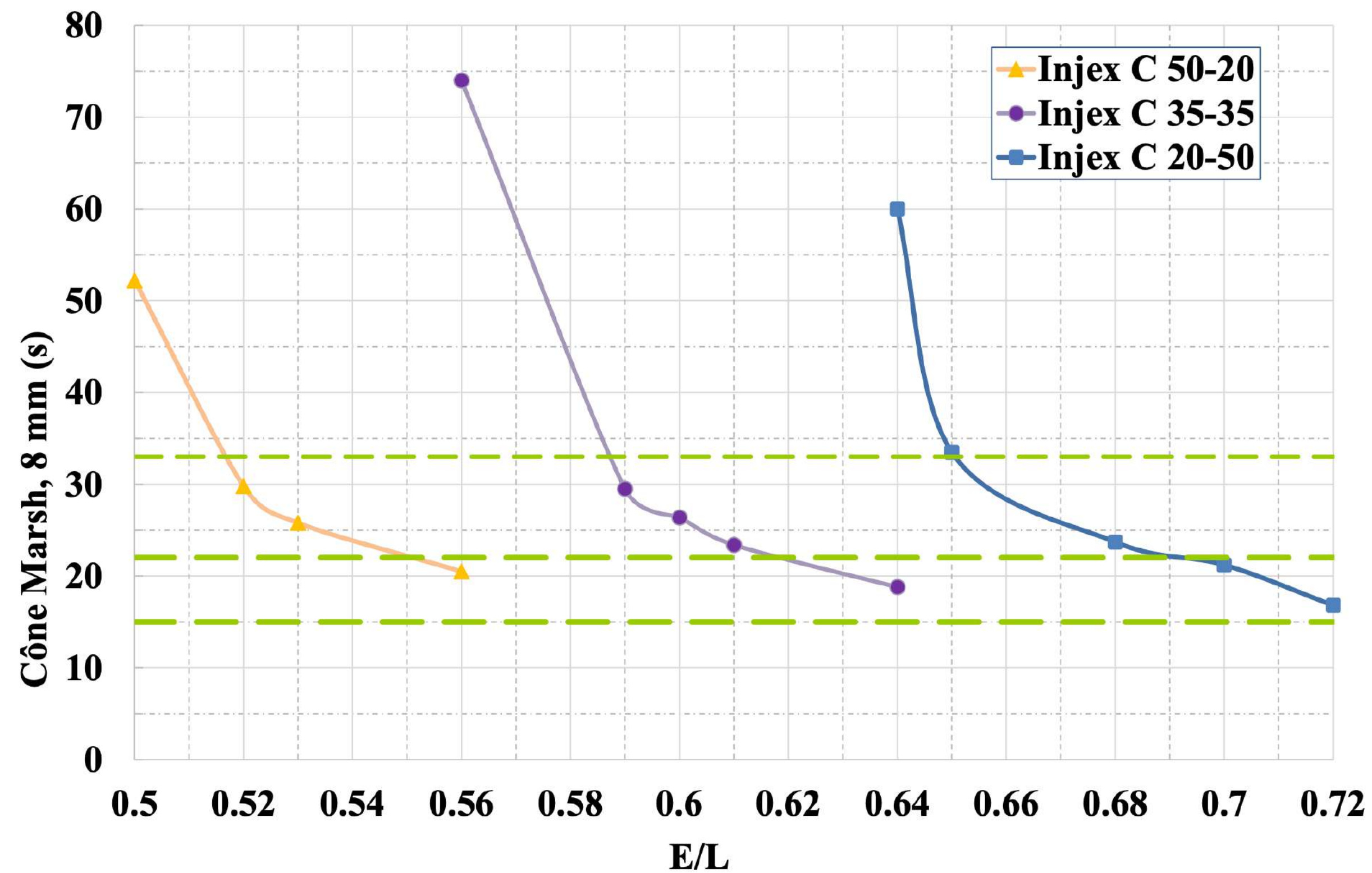
Influence de la quantité de ciment



INJEX C

Influence du ratio Silicoline/P4B

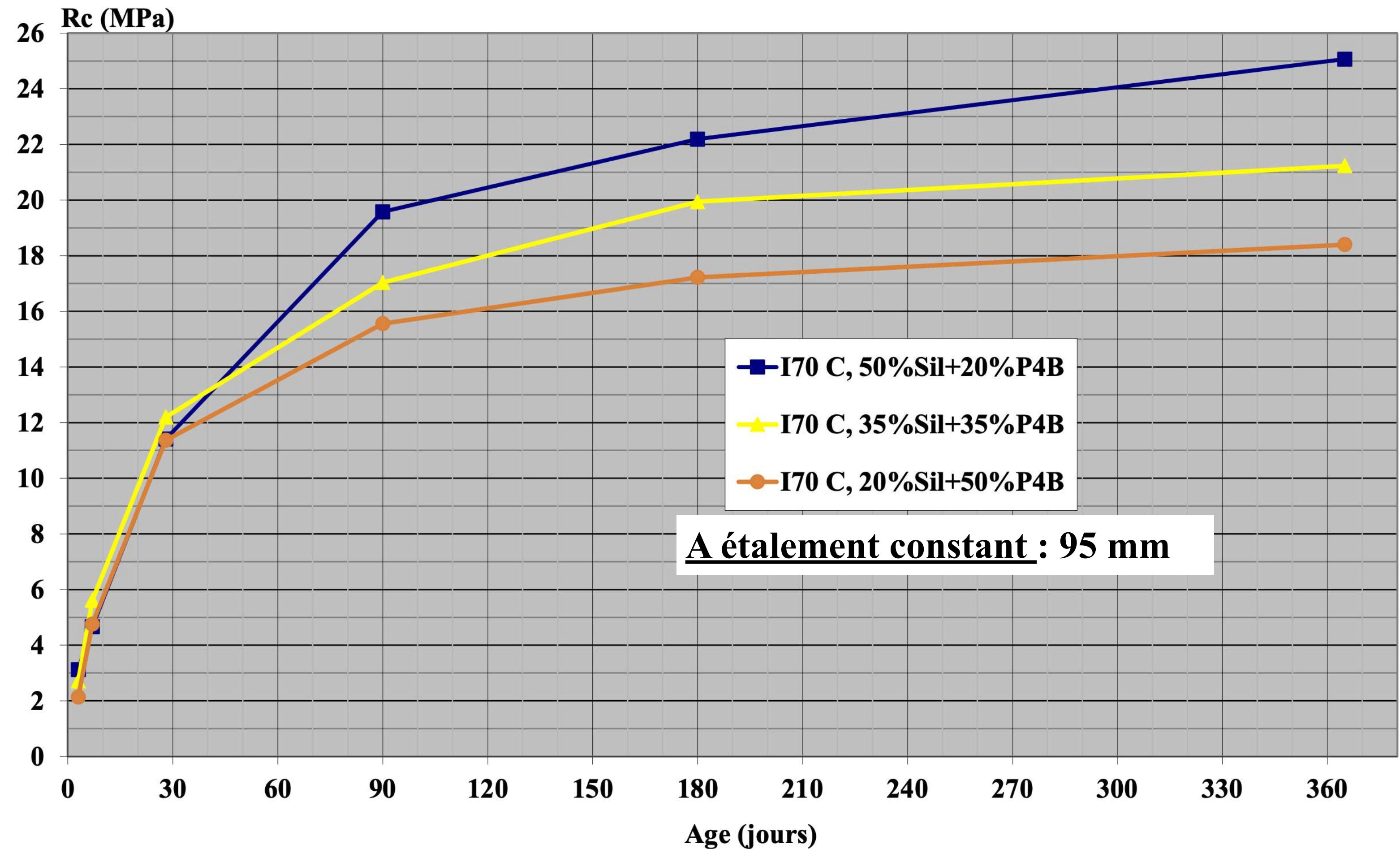
Au niveau rhéologique



INJEX C

Influence du ratio Silicoline/P4B

Au niveau mécanique

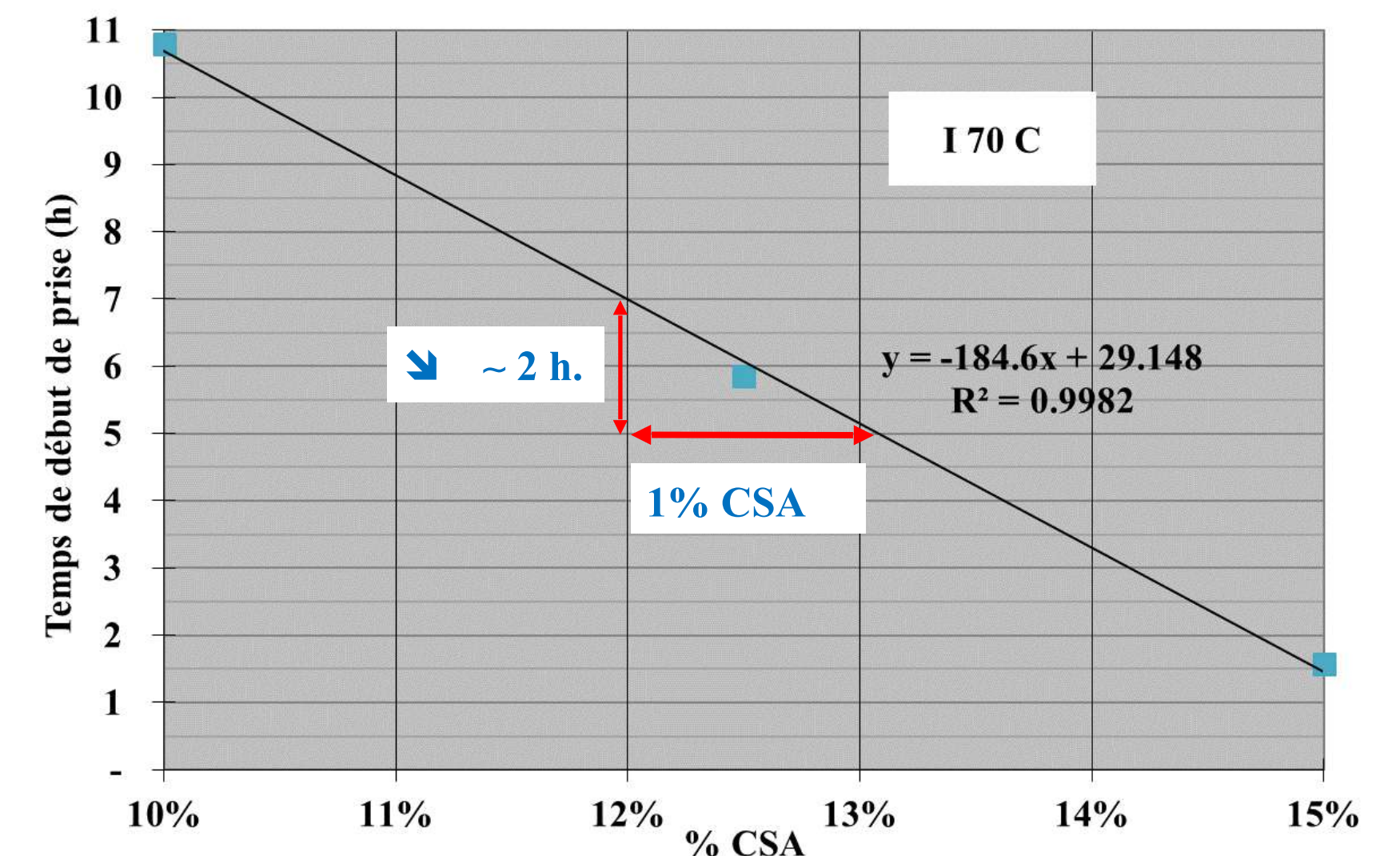
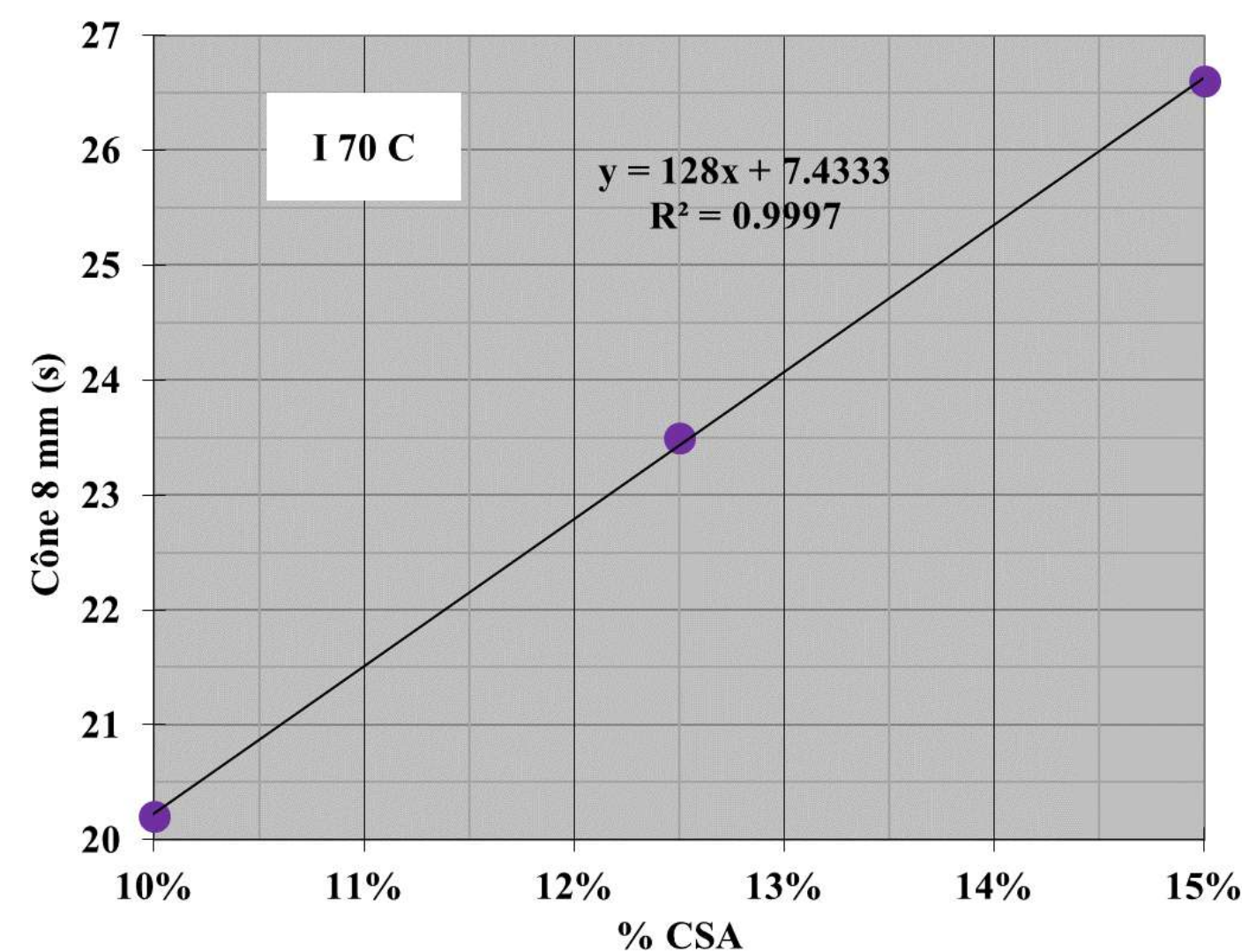
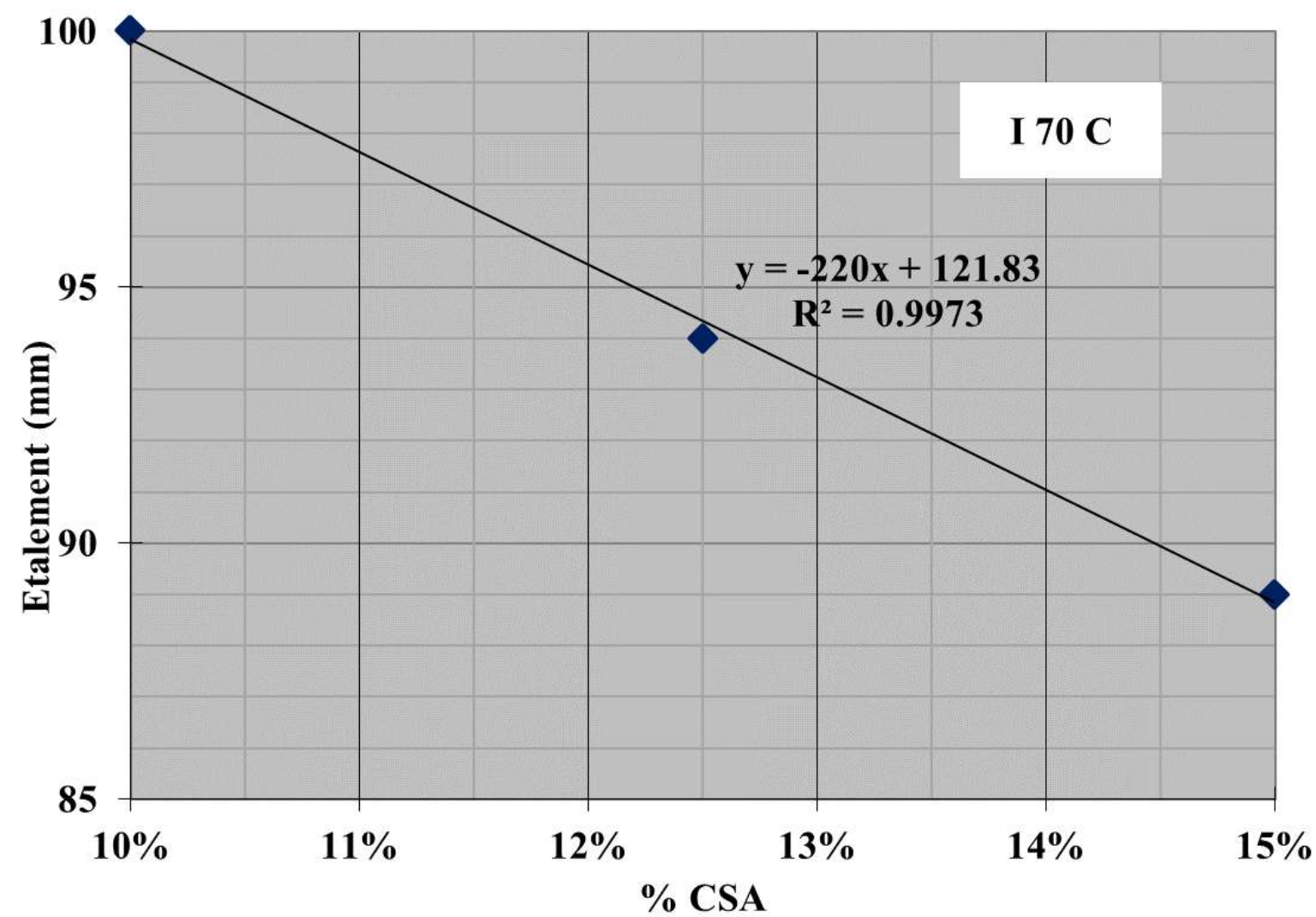


INJEX C

Coulis à prise précoce

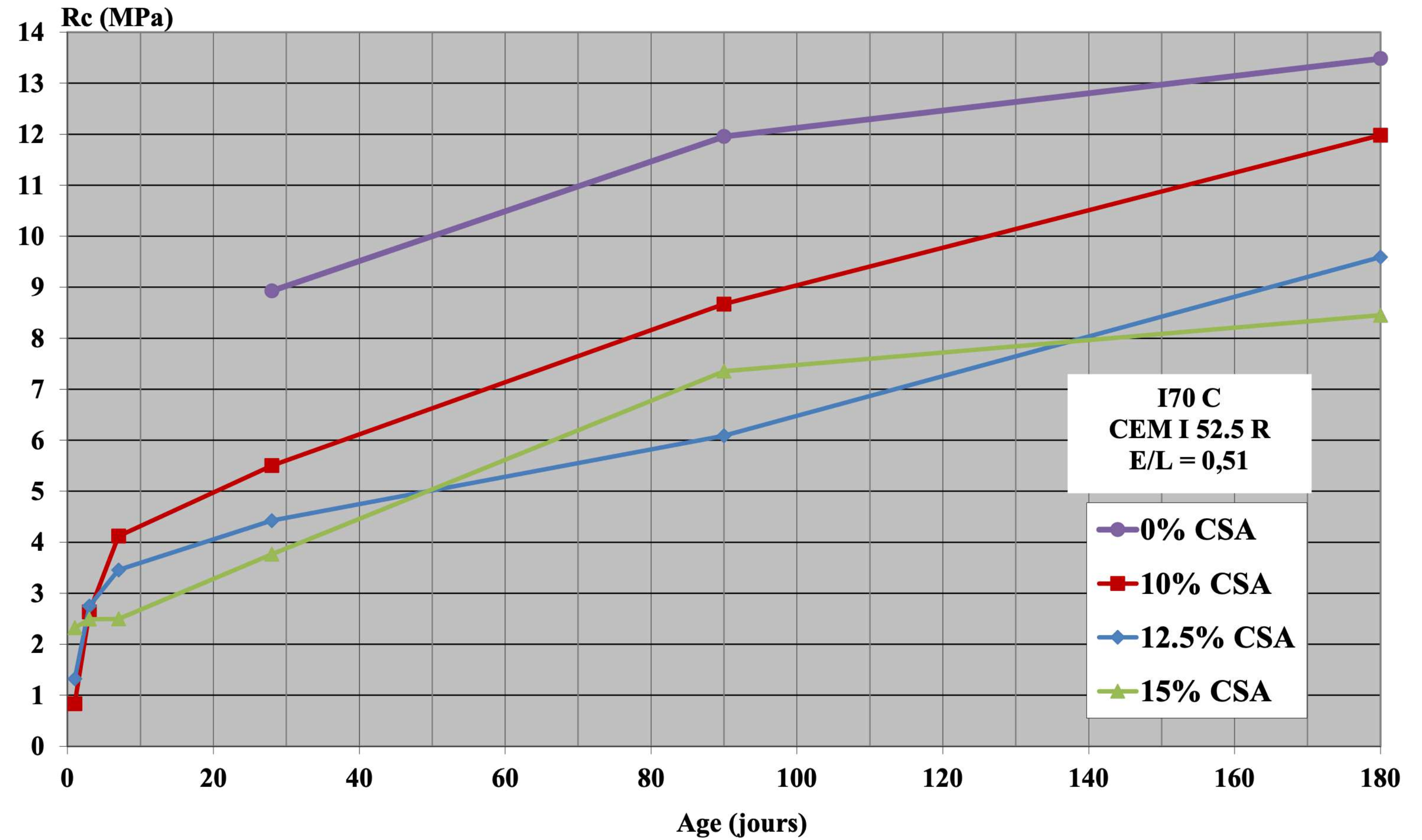
	Injex 70 C - CEM I 52.5 R			
	E/L = 0.51			
	0% CSA	10% CSA	12.5% CSA	15% CSA
Etalement (mm)	108	100	94	89
Cône Marsh (s) [Ajutage = 8 mm]	22.2	20.2	23.5	26.6
Masse volumique réelle (g/l)	1655	1651	1648	1650
Temps début prise (h)	11h12min	10h48min	5h51min	1h17min
Ressuage à t=3 h (%)	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%
Ressuage à t=24 h (%)	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%

CSA :
Ciment Sulfo-Alumineux
(Alpenat – Vicat)



INJEX C

Coulis à prise précoce



⇒ Autre avantage : diminution du **retrait** de moitié avec les coulis à base de CSA

Conclusions

- ➔ Possibilité de **valoriser** des cendres volantes dans des coulis d'injection et de comblement,
- ➔ Panel de formulations en fonction de la **demande** des clients de Surschiste,
- ➔ Influence non négligeable du **rapport E/L** sur les propriétés rhéologiques et mécaniques,
- ➔ Mise en évidence d'un **dosage en ciment limite** (~ 20 %),
- ➔ **Substitution** possible d'une partie de CV de charbon (Silicoline) par des **CV de biomasse** (P4B),
- ➔ **Fiabilité** des mélanges proposés aux clients par Surschiste par rapport aux essais de laboratoire,
- ➔ Possibilité de formuler des **coulis à prise précoce** et d'adapter le temps de prise en fonction de la demande des clients,
- ➔ Etudes à venir sur **d'autres types de CV** produites par Surschiste (cendre de co-combustion...)...

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Eric WIRQUIN
eric.wirquin@univ-artois.fr



Laboratoire
de Génie Civil
et géo-Environnement

