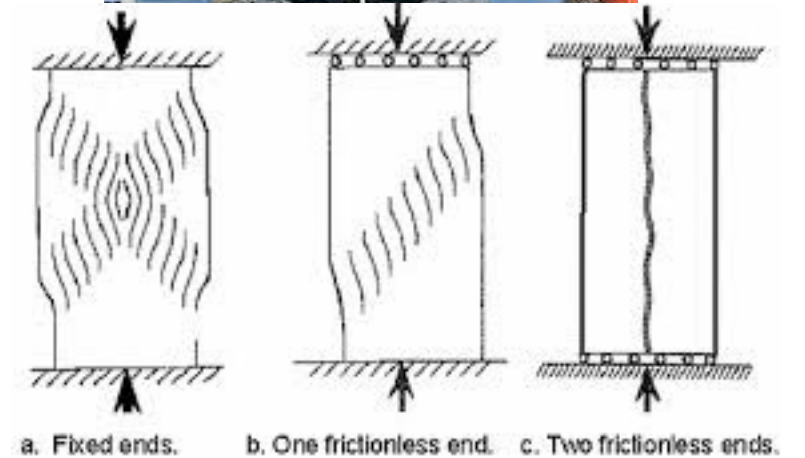
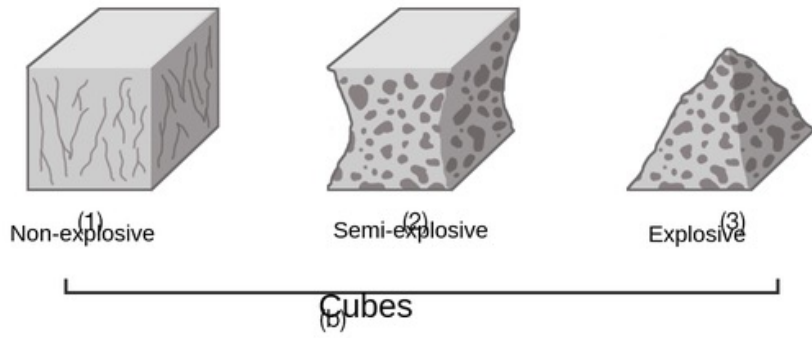
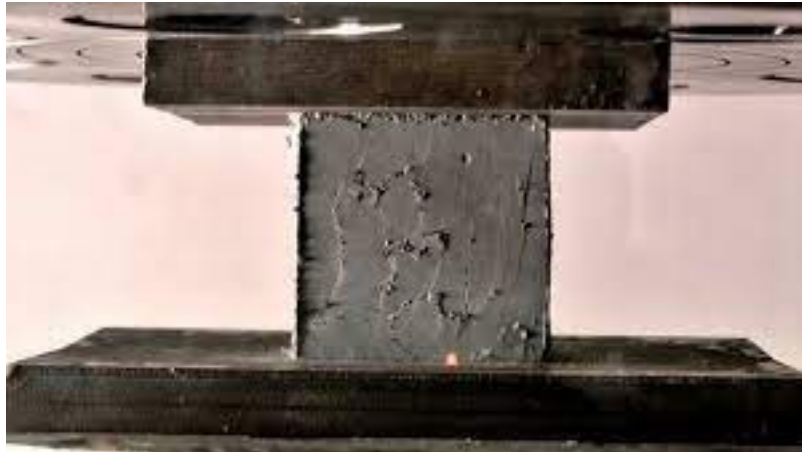


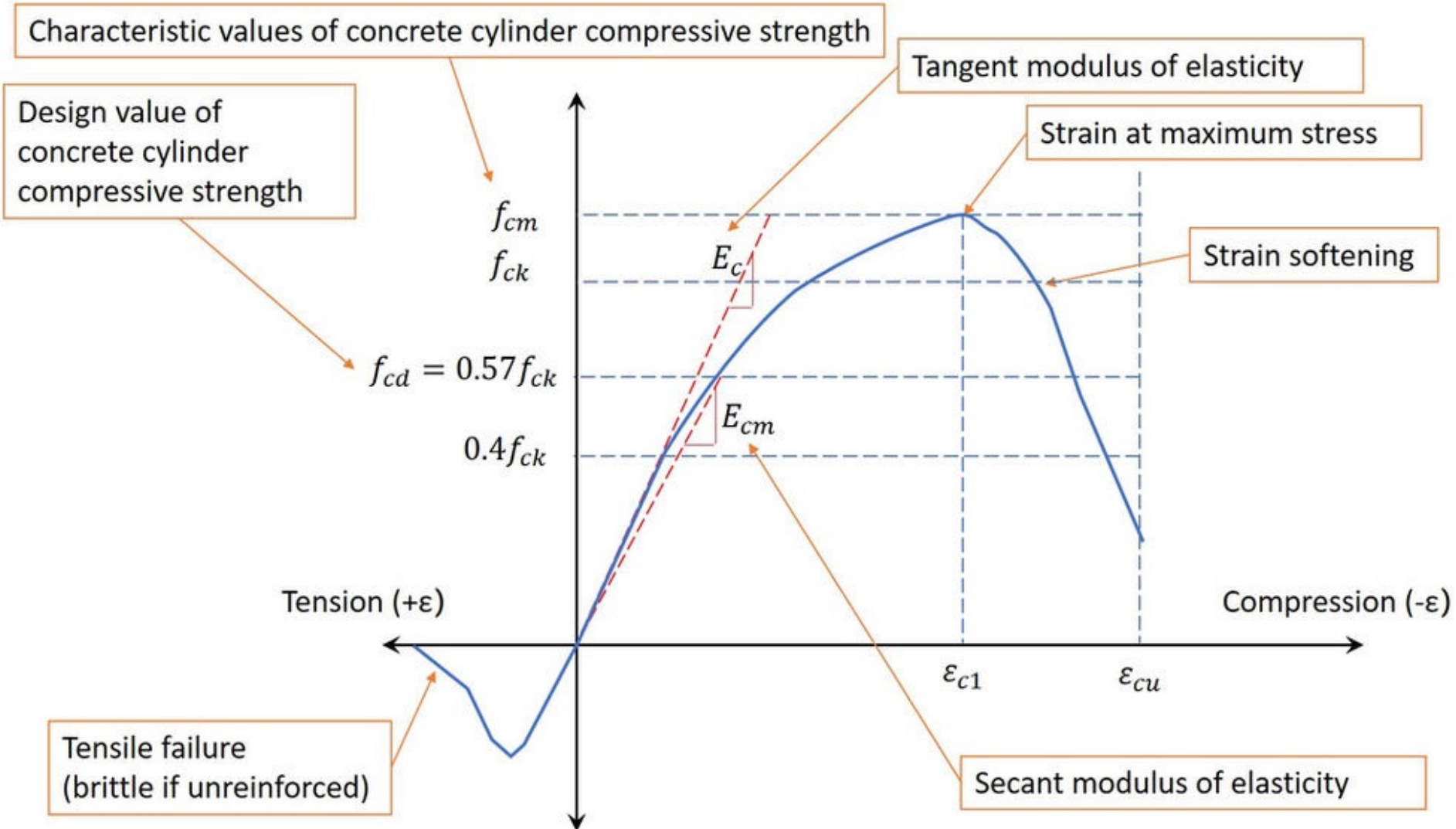
Comportement mécanique du béton végétal

Sofiane AMZIANE

Comportement du béton classique



Modules

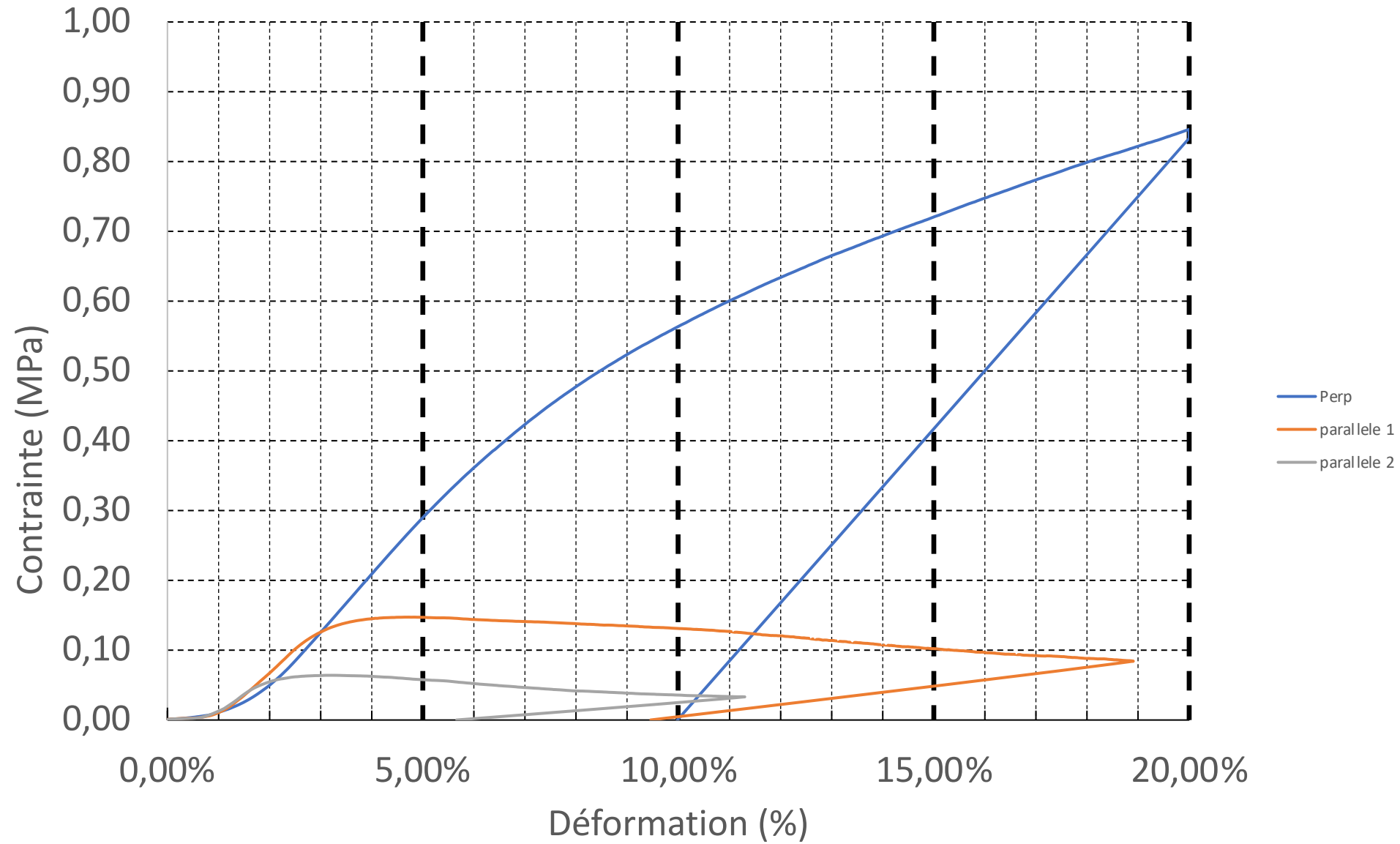


Béton vegetal : impact de la forme des granulats

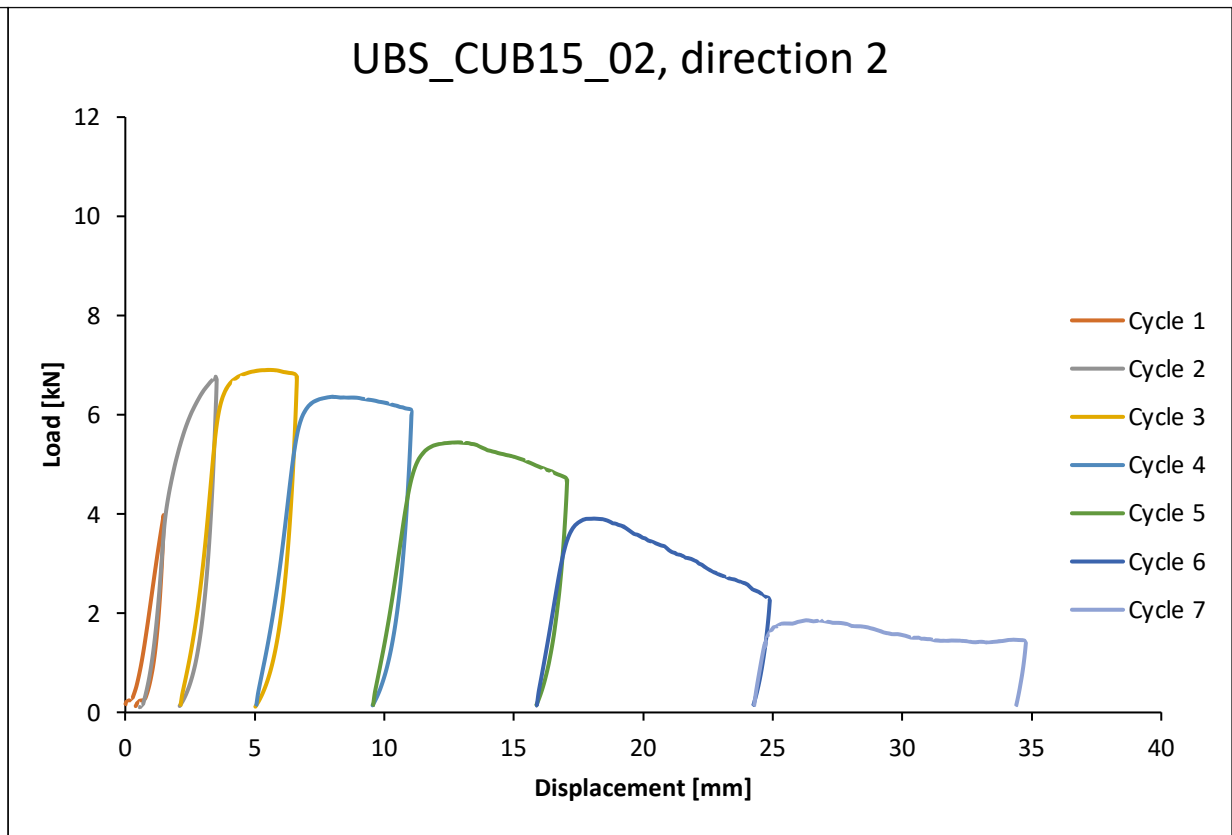
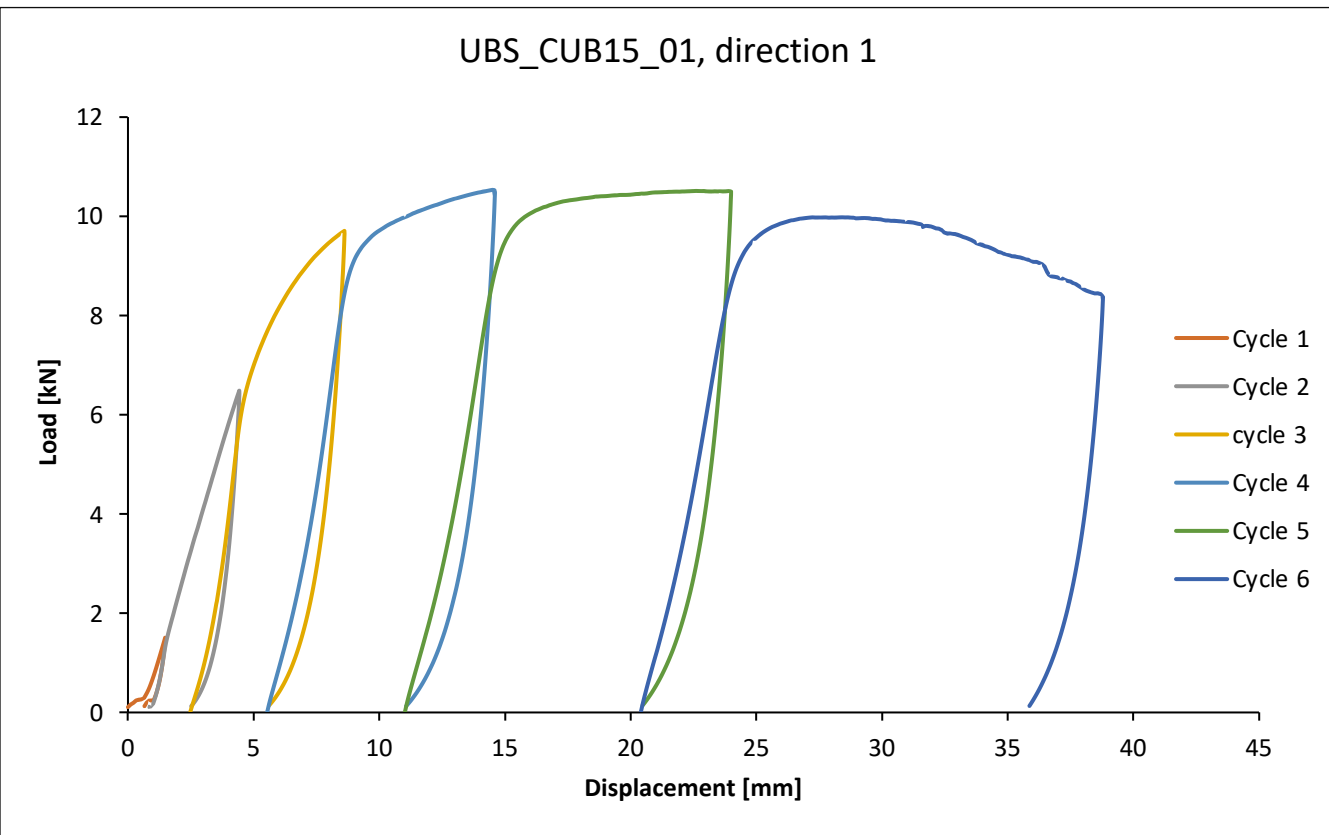


Courbe de comportement du béton vegetal monotone

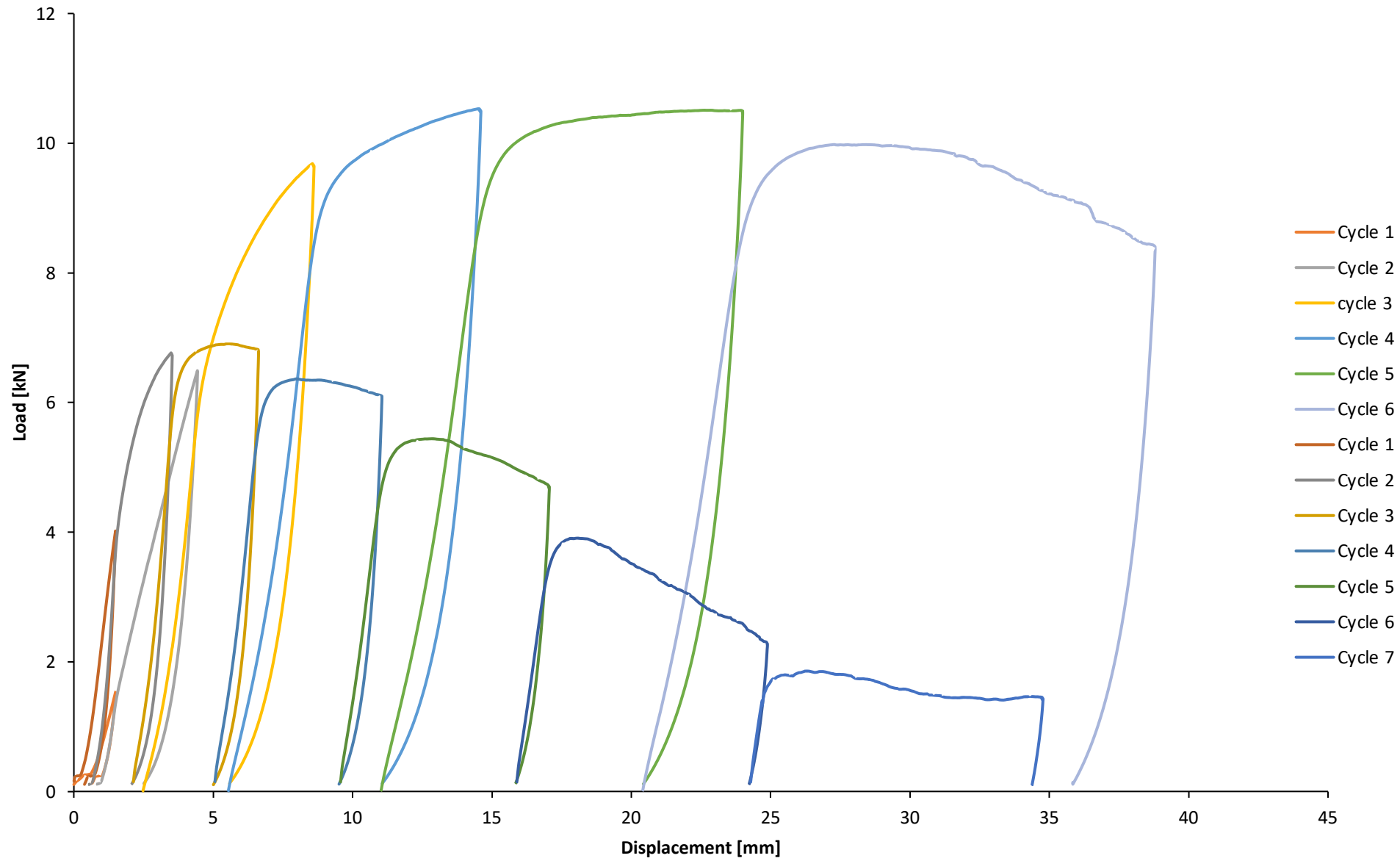
Essais sur 3 cubes en béton de chanvre



Courbe de comportement du béton vegetal cyclique : Pourquoi ?



Sens Perpendiculaire vs. Sens Parallèle



Protocole d'essai

- Les étapes à suivre pour les essais de compression sont les suivantes :
- 1. peser l'éprouvette avec le moule ;
- 2. enlever le moule en utilisant un outil adapté ;
- 3. marquer l'éprouvette avec la même référence que sur le moule ;
- 4. peser l'éprouvette sans le moule ;
- 5. mettre les éprouvettes à l'étuve à 60°C jusqu'à la stabilisation de son poids ; le poids est considéré stable pour une variation équivalent à $\pm 2\%$ entre deux pesées dans un intervalle de 24 heures ;

- 6. laisser les éprouvettes dans les sacs hermétiques ;
- 7. prendre les mesures géométriques de l'éprouvette : trois diamètres (en bas, au milieu et en haut), puis la hauteur tous les 120 degrés ;
- 8. ne pas faire de surfaçage d'éprouvettes mais s'assurer que les plateaux de compression sont parfaitement parallèles avant le début de l'essai ;
- 9. l'essai est piloté en déplacement sous une vitesse de 3mm/min pendant la phase de chargement ; la phase de déchargement est pilotée à 6mm/min ou libre s'il n'est pas possible de la contrôler ;
- 10. la fréquence d'acquisition des données est de 10 points par seconde ;

11. Si c'est un cube choisir le sens d'application de la charge perpendiculaire ou parallèle aux fibres

12. trois cycles sont appliqués :

cycle 1 : chargement de 0 à 1% de déformation relative puis déchargement jusqu'à une charge nulle si possible ou déplacement nul ;

cycle 2 : même procédure que dans le cycle 1 mais avec un chargement jusqu'à 2% de déformation relative ;

cycle 3 : même procédure que dans le cycle 1 mais avec un chargement jusqu'à 3% de déformation relative ;

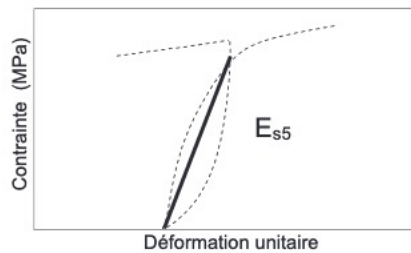
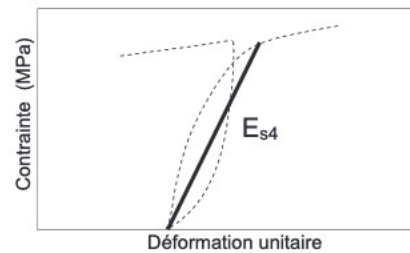
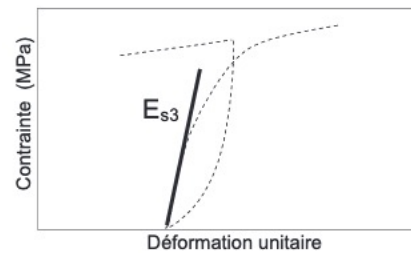
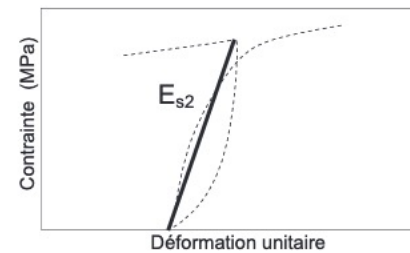
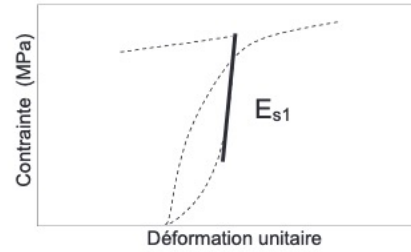
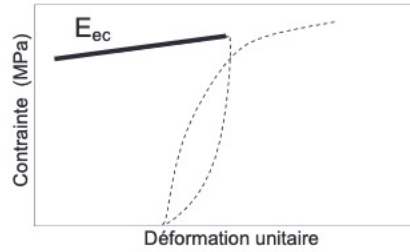
chargement final : chargement jusqu'à la rupture de l'éprouvette (maximum de 20% de déformation relative) puis déchargement jusqu'à une charge nulle si possible ou déplacement nul ;

13. sauvegarder le fichier de résultats ;

14. enregistrer le fichier au format .xls avec les détails ci dessous : référence de l'éprouvette, masse volumique avant l'essai de compression, dimensions géométriques moyennes (diamètre, largeur, hauteur), temps, force, déplacement, contrainte et déformation ;

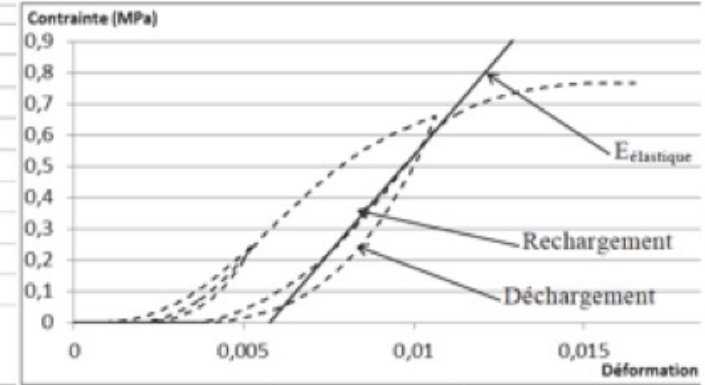
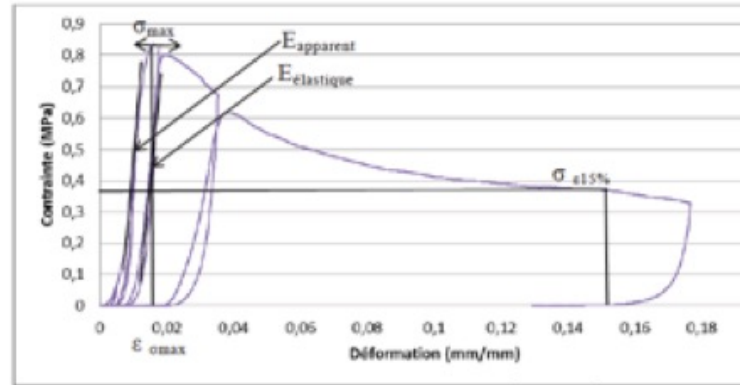
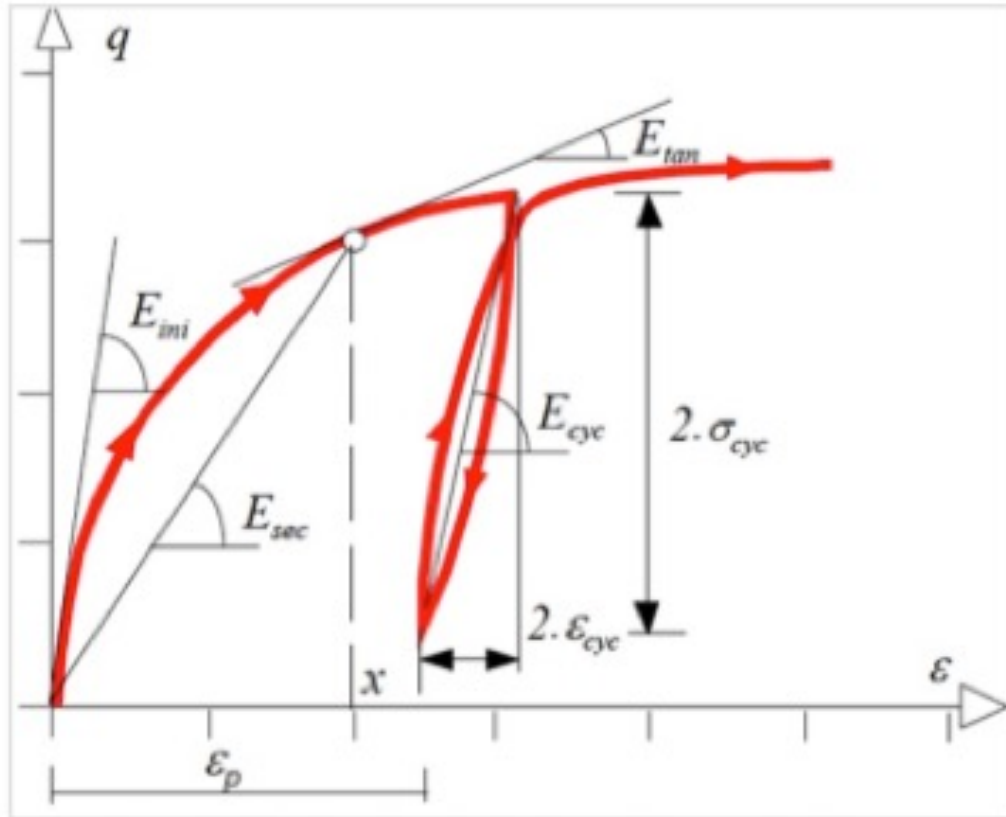
14. avant d'envoyer les fichiers, tracer les courbes : force/déplacement et contrainte/déformation.

Quel module prendre en compte ?



Module	Description
Module d'écrouissage E_{ec}	Tangent zone de charge
Module d'élasticité E_{s1}	Tangent zone de décharge
Module d'élasticité E_{s2}	Sécant zone de décharge
Module d'élasticité E_{s3}	Tangent zone de recharge
Module d'élasticité E_{s4}	Sécant zone de recharge
Module d'élasticité E_{s5}	Moyen entre charge et décharge

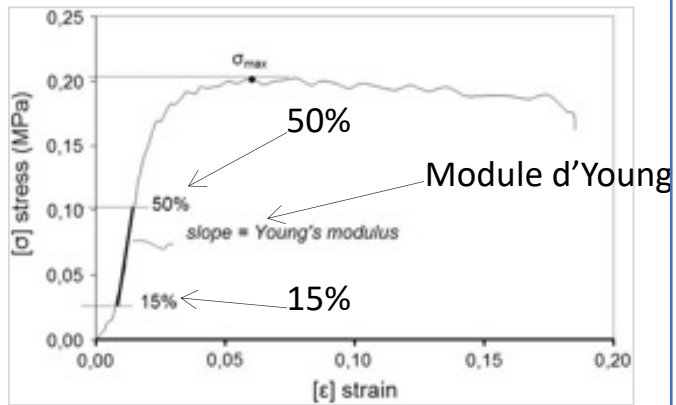
Initial, Tangent, Sécant, Cyclique, Flottant ?



- Impact de la méthode de calcul du module
- Proposition d'une loi de comportement mécanique

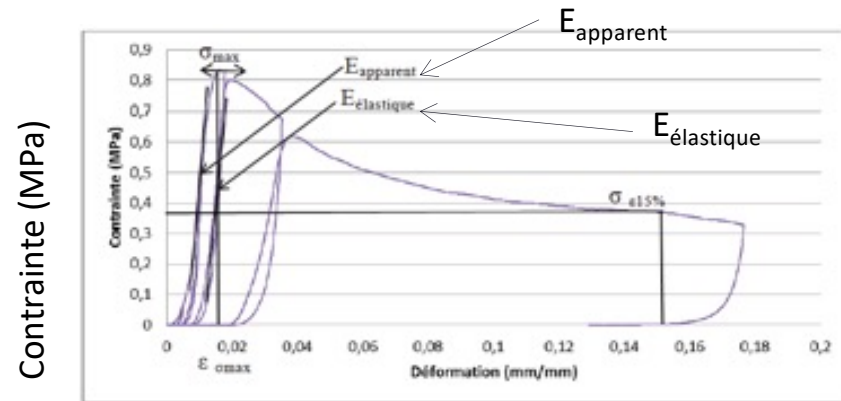
Deux cas de chargements

Monotone



Déformation (mm/mm)

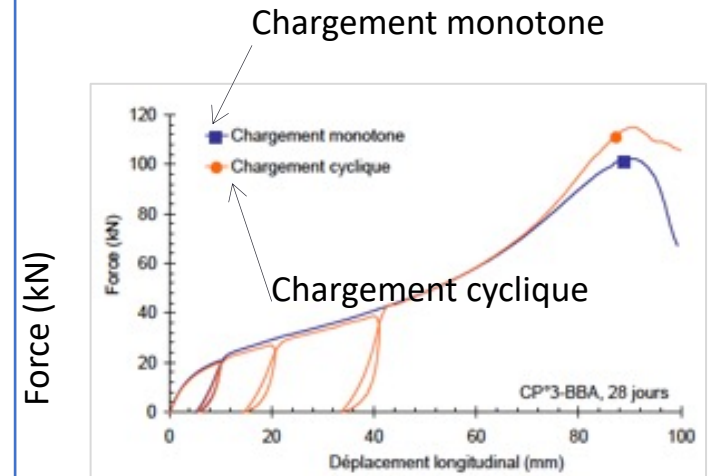
Cyclique



Contrainte (MPa)

Déformation (mm/mm)

Monotone+cyclique

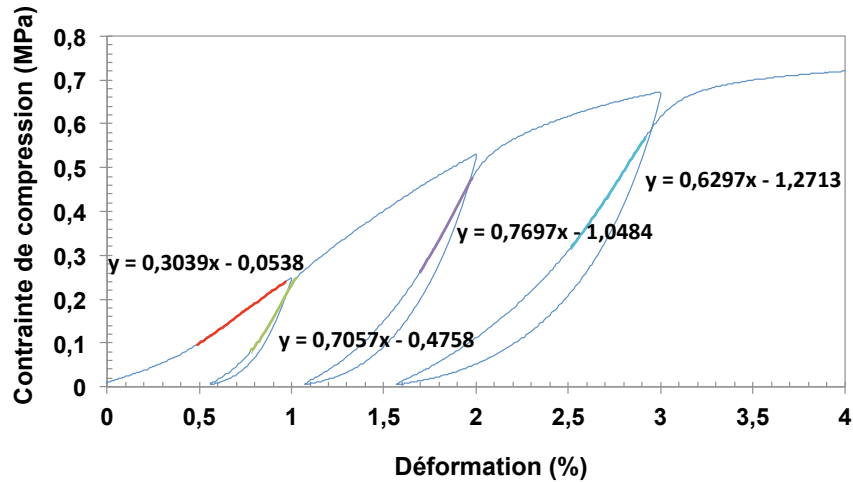


Force (kN)

Déplacement longitudinal (mm)

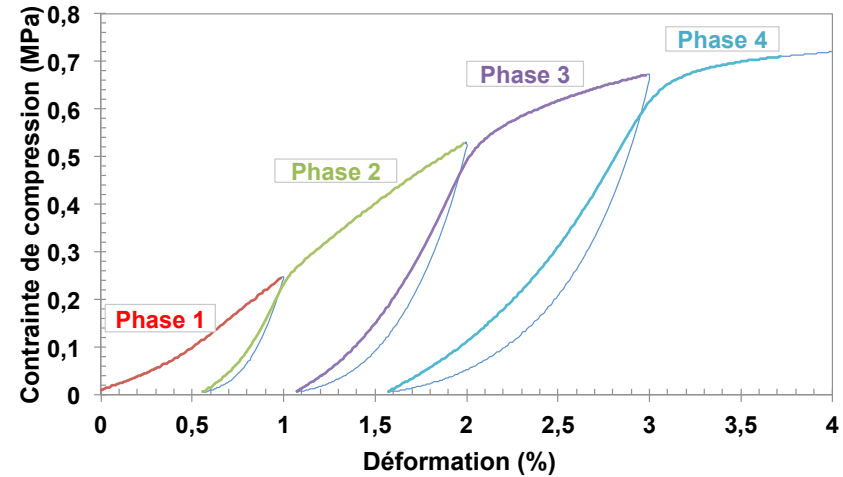
Contrainte (MPa)

Contrainte-déformation



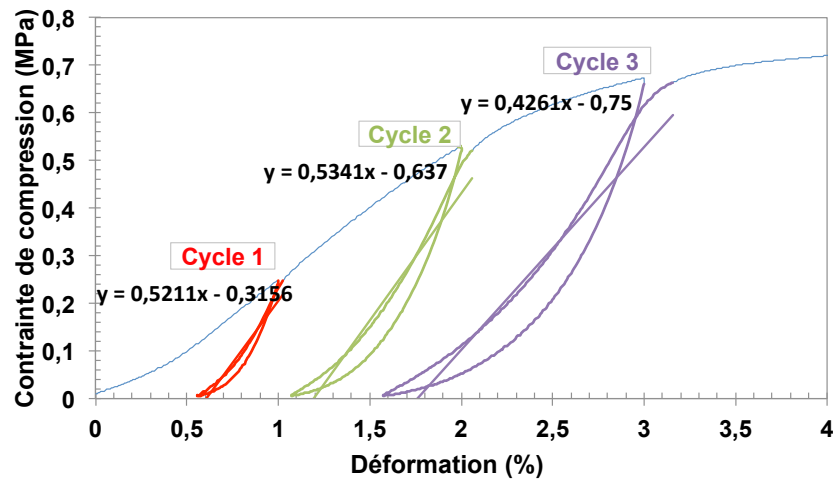
Méthode tangente

Contrainte-déformation



Méthode flottante

Contrainte-déformation



Méthode cyclique

- 1) Identifier les phases de chargement
- 2) Calculer le module
- 3) Calculer le maximum du module pour chacune des phases
- 4) Calculer la moyenne sur les phases 2, 3 et 4.

Données de l'étude

Chanvre utilisé : C11 (Lézoux)

Liant utilisé : Batichanvre

Formulations utilisées

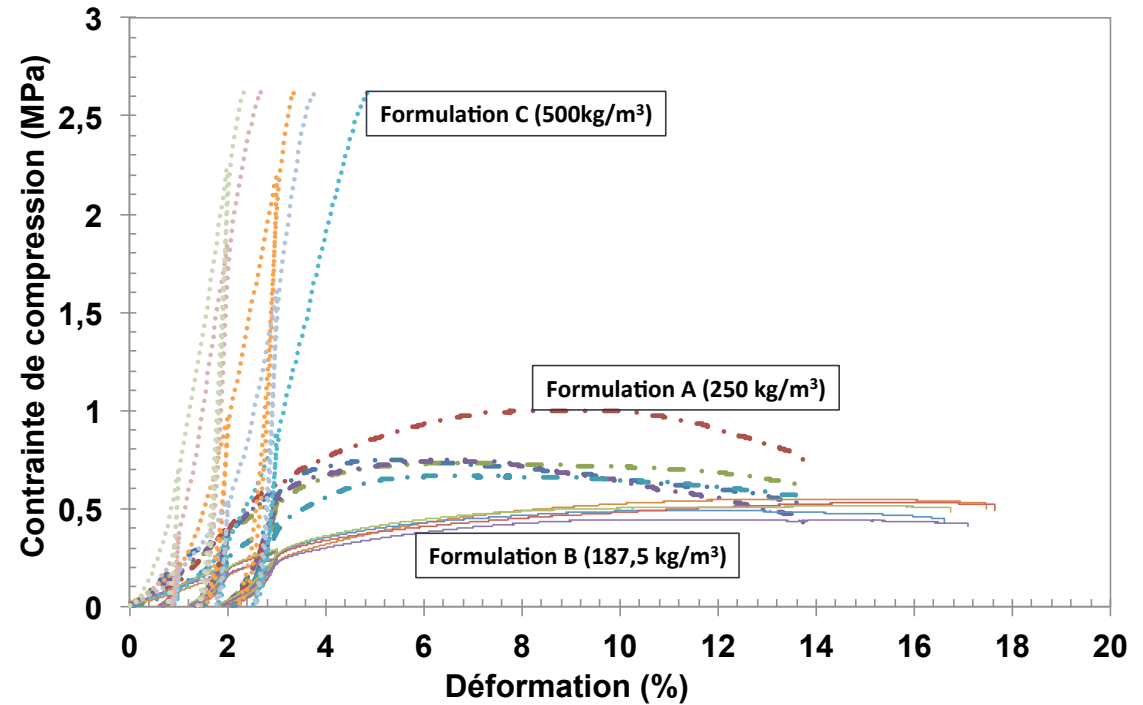
Formulations	Chanvre (kg)	Liant (kg)	Eau (kg)
A	9,5	25	31
B	9,5	18,75	26
C	9,5	50	50

Par gâchée de 100l

Trois échéances :

60;90 et 180 jours

Réponse mécanique selon la formulation



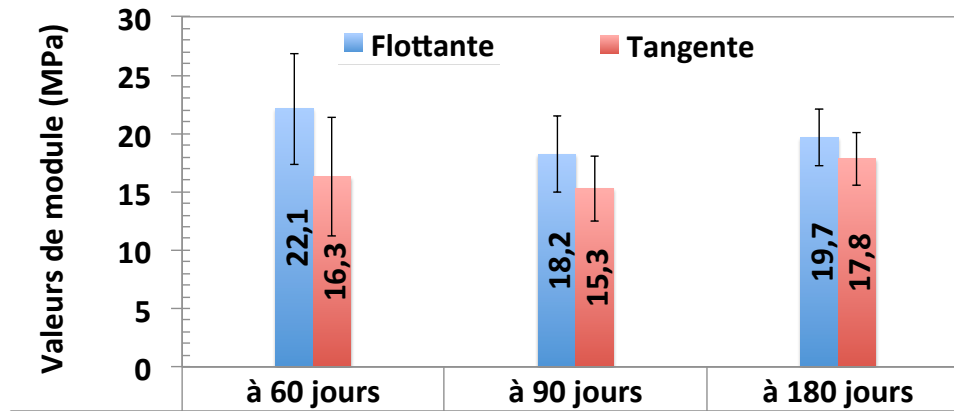
Teneur en liant ↗

Contrainte de compression ↗

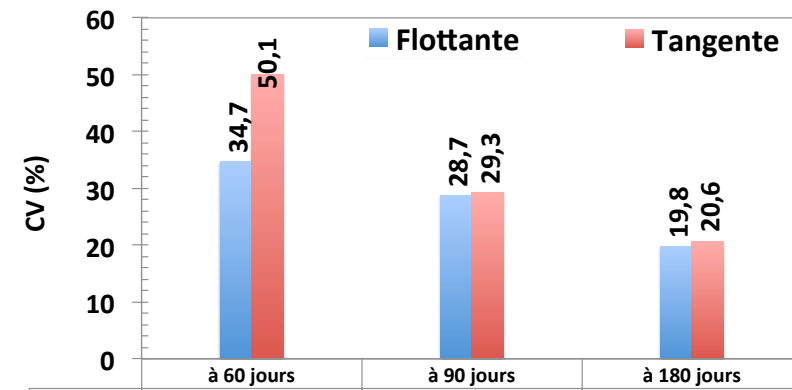
Déformation ↘

Méthode flottante, tangente

Module apparent



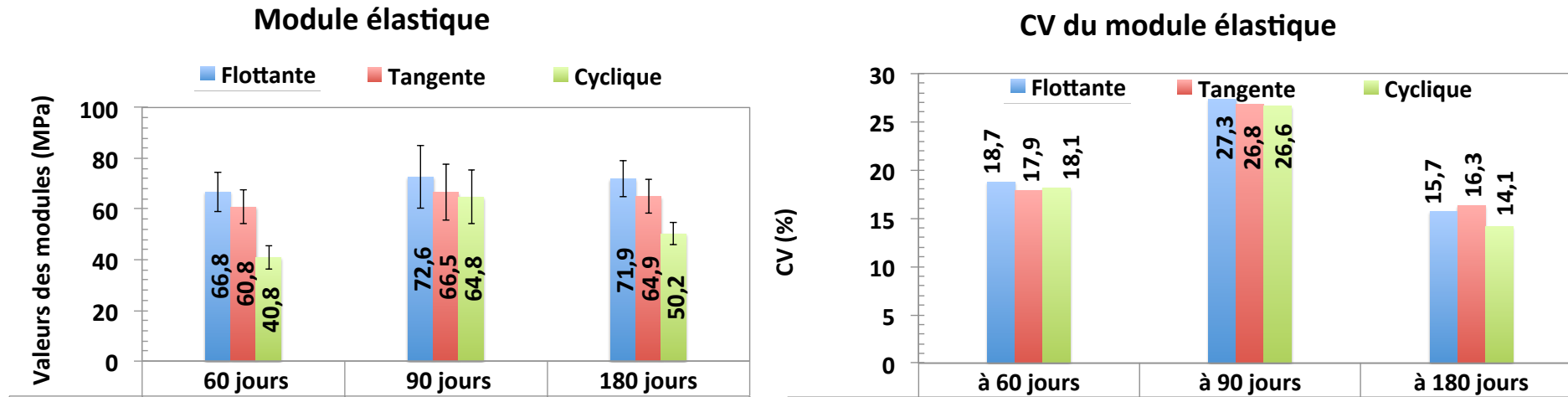
CV du module apparent



Faibles valeurs et grand coefficient de variation pour la méthode tangente.



Méthode flottante, tangente et cyclique



CV du même ordre de grandeur quel que soit l'âge et la méthode

Méthode cyclique : augmentation significative à 90 jours

Méthode tangente : valeurs moyennes

Méthode flottante : valeurs plus élevées

Conclusions

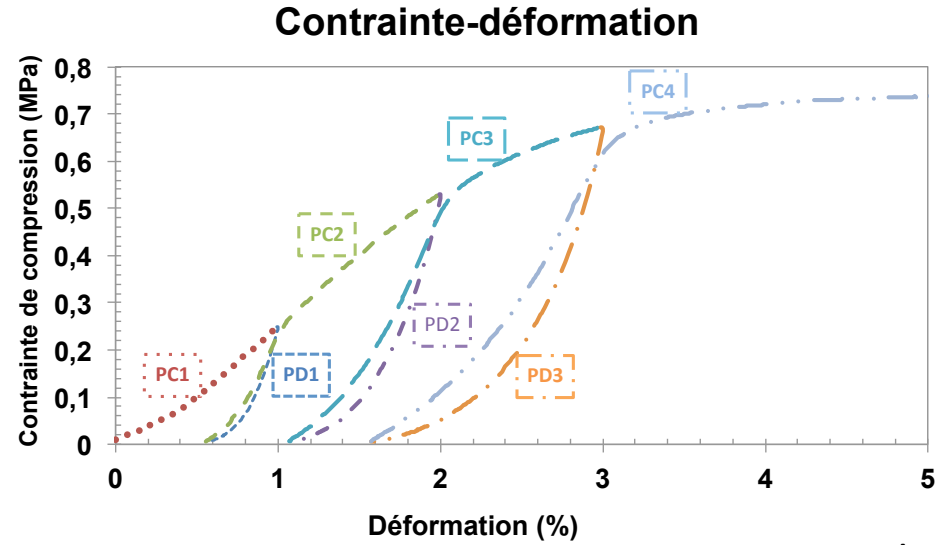
- La méthode flottante \longrightarrow valeurs plus élevées quel que soit le module.
- La méthode flottante \longrightarrow faible dispersion pour le module apparent.
- La méthode cyclique \longrightarrow faibles valeurs de module élastique.

La méthode flottante est meilleure :

- Bon compromis la faible variation dans le temps/la dispersion des résultats obtenus

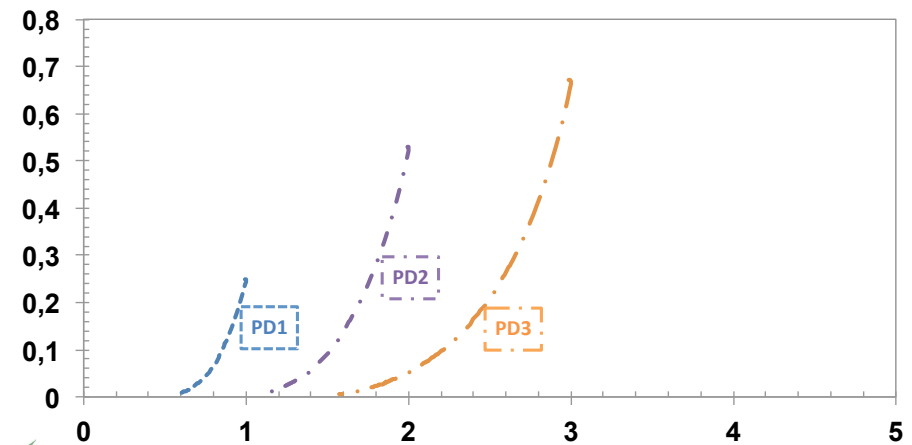
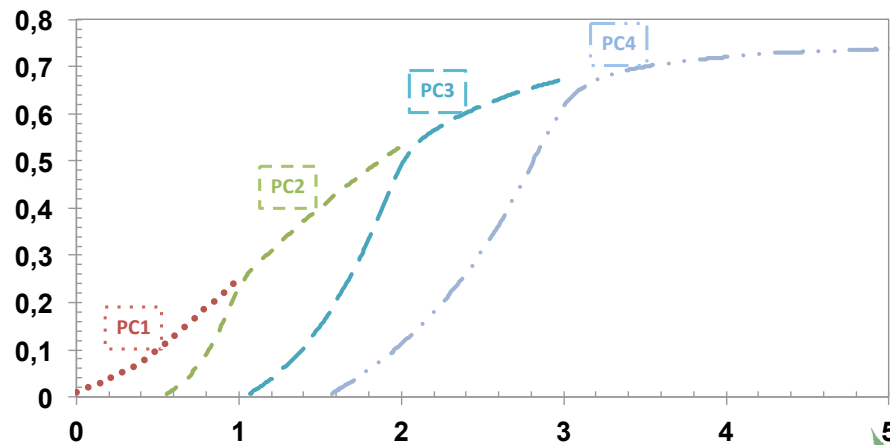
Proposition d'une loi de comportement mécanique basée sur cette méthode

Description de la courbe expérimentale



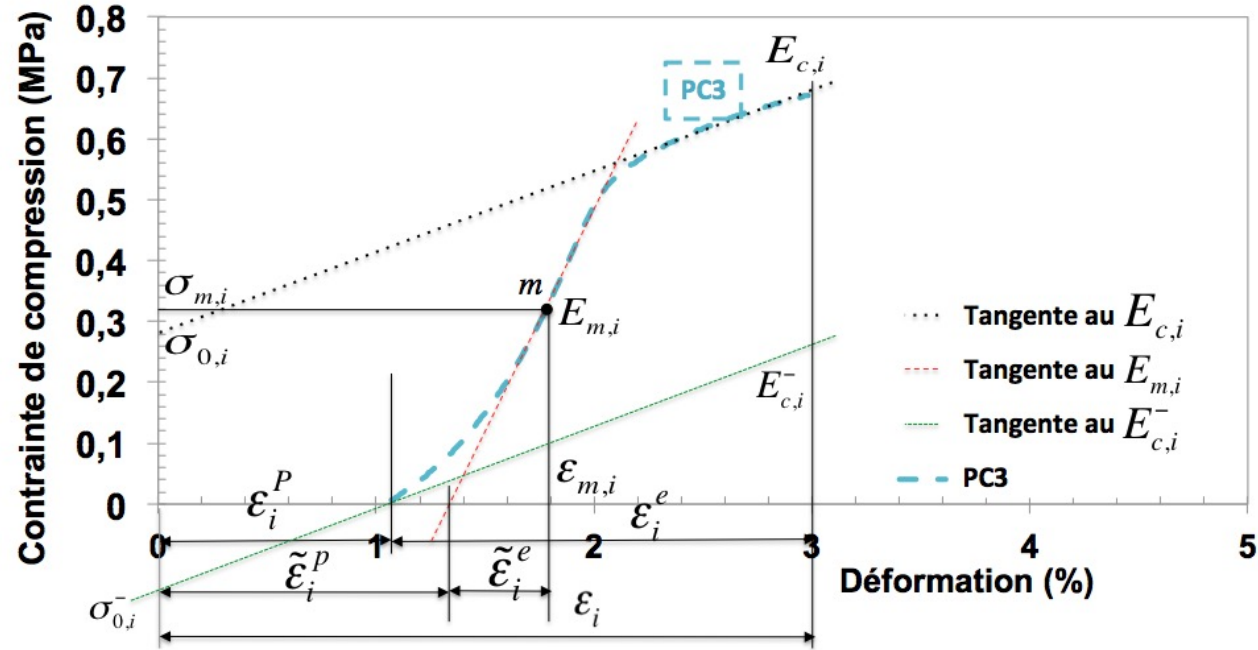
4 PC: Phase de Chargement

3 PD: Phase de Déchargement



Description et définition des paramètres du modèle

Contrainte-déformation



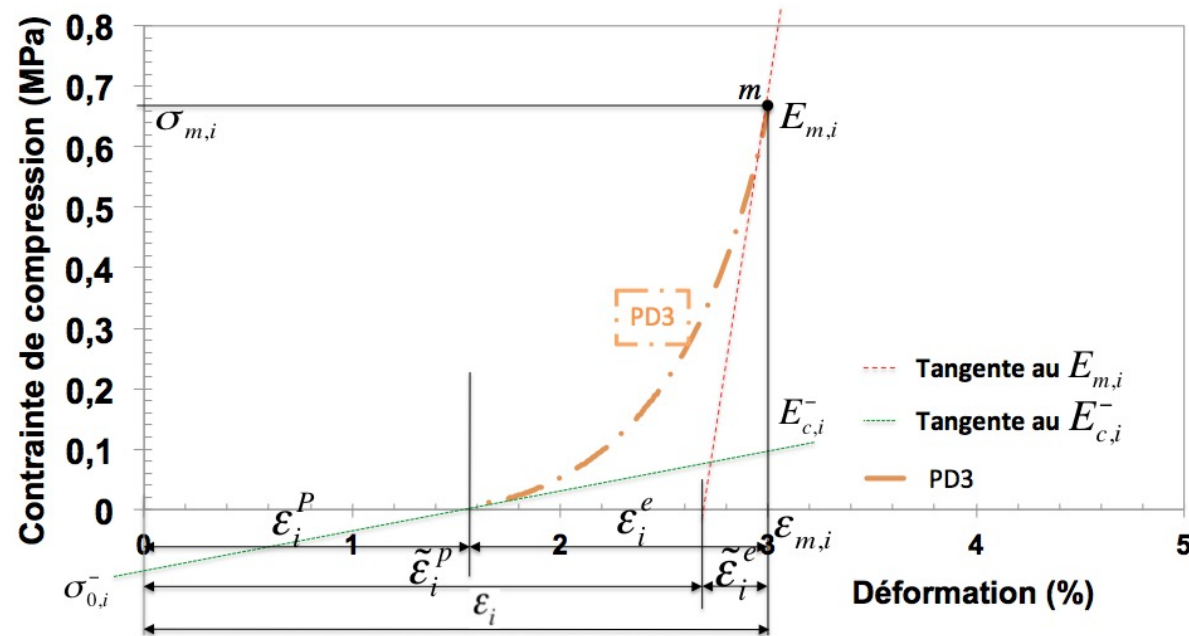
Point maître m

5 paramètres par PCi

$$\sigma = \begin{cases} \sigma_{m,i} + E_{c,i}^- (\varepsilon - \varepsilon_{m,i}) + \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{0,i}^-} + \frac{1}{(E_{m,i} - E_{c,i}^-)(\varepsilon - \varepsilon_{m,i})}} & \text{pour } \varepsilon \leq \varepsilon_{m,i} \\ \sigma_{m,i} + E_{c,i} (\varepsilon - \varepsilon_{m,i}) + \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{0,i}^-} + \frac{1}{(E_{m,i} - E_{c,i})(\varepsilon - \varepsilon_{m,i})}} & \text{pour } \varepsilon \geq \varepsilon_{m,i} \end{cases}$$

Description et définition des paramètres du modèle

Contrainte-déformation



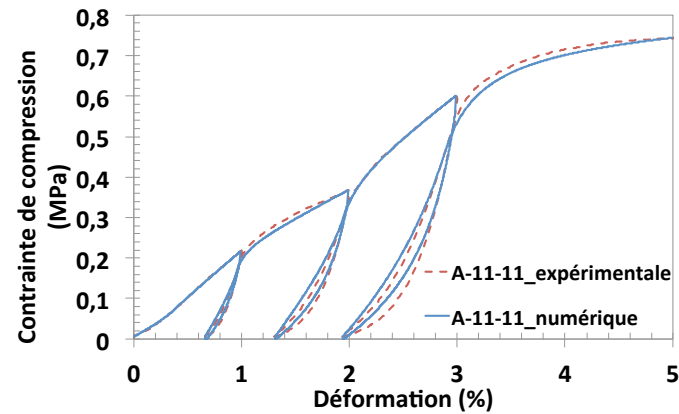
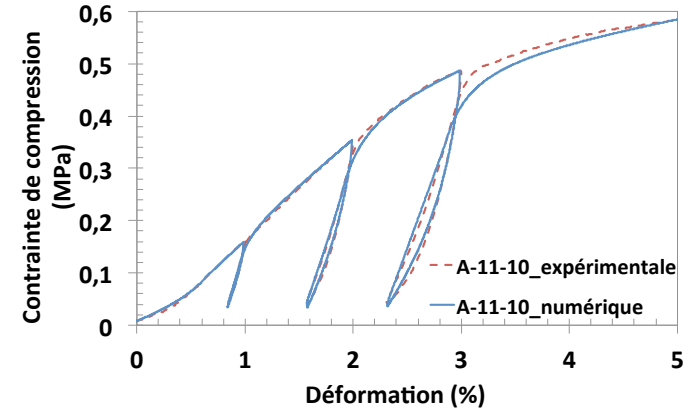
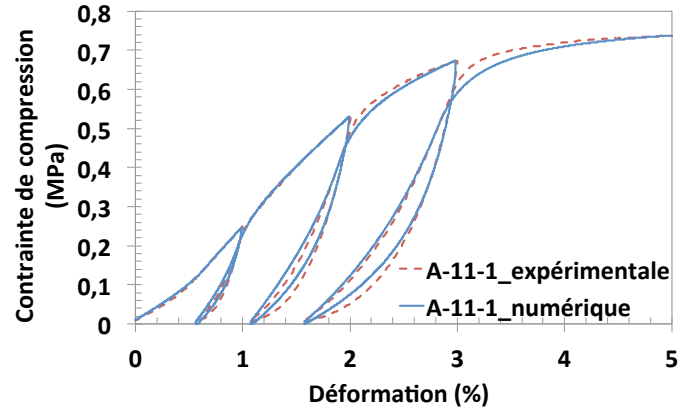
Point maître m

3 paramètres par PDi

$$\sigma = \sigma_{m,i} + E_{c,i}^- (\varepsilon - \varepsilon_{m,i}) + \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{0,i}^-} + \frac{1}{(E_{m,i} - E_{c,i}^-)(\varepsilon - \varepsilon_{m,i})}} \quad \text{avec } \varepsilon \leq \varepsilon_{m,i}$$

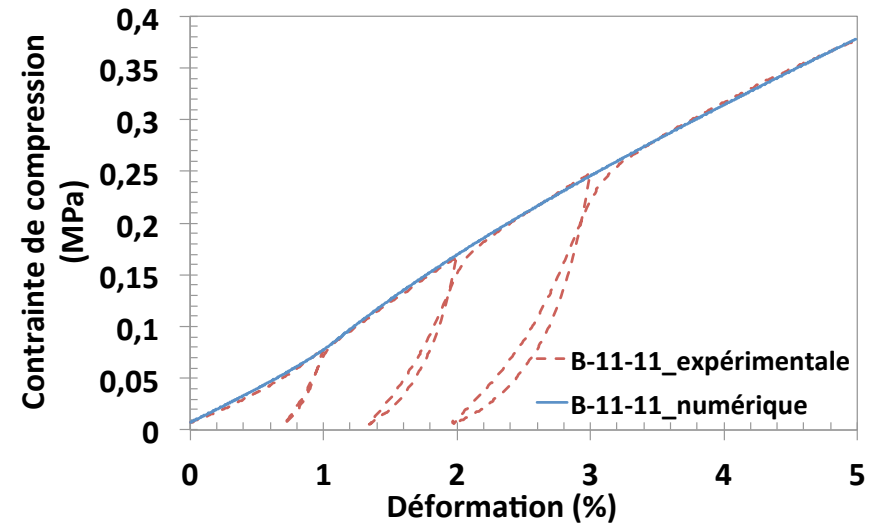
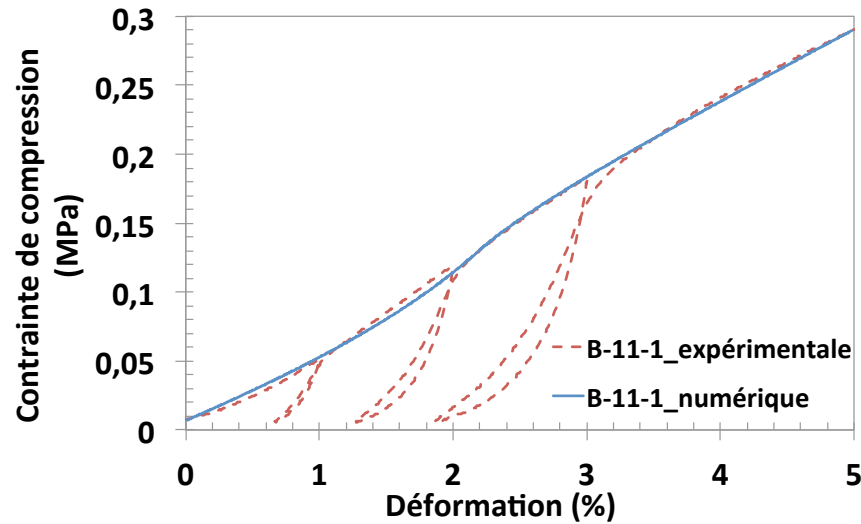


Comparaison du modèle avec la courbe expérimentale



	$E_{m,3}$ (MPa)	$E_{c,3}$ (MPa)	$\sigma_{0,3}$ (MPa)	$E_{c,3}^-$ (MPa)	$\sigma_{0,3}^-$ (MPa)
A-11-1	81,38	9,19	0,202	24,90	-0,357
A-11-10	78,58	7,37	0,180	58,64	-0,028
A-11-11	79,39	19,44	0,112	32,0	-0,134

Comparaison de la courbe expérimentale et la courbe enveloppe numérique



	E_m (MPa)	E_c (MPa)	σ_0 (MPa)	E_c^- (MPa)	σ_0^- (MPa)	Erreur max. (MPa)
B-11-1	8,60	5,04	0,240	3,05	-0,102	0,0065
B-11-11	10,32	5,44	0,135	5,94	-0,021	0,0033