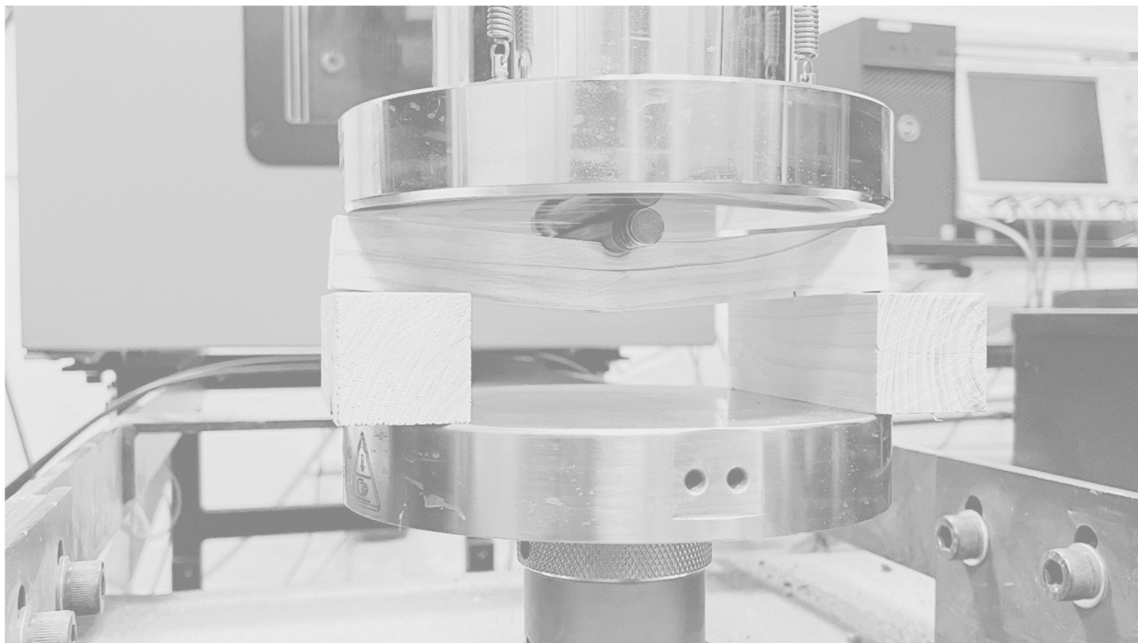


Version 1 du 28/03/2023

D'après les données recueillies le 02/12/2022 à l'Université Grenoble Alpes

Rédigé par K. Desessart

# Rapport d'exercice sur l'étude préliminaire du *Cupressus sempervirens* (Cyprès méditerranéen ou commun)



**Étaient Présents :**

**Yannick SIEFFERT** – Professeur associé à l'Université Grenoble Alpes, directeur de l'équipe RV (risques et vulnérabilités) à 3sr-Grenoble

**Stéphane HERPIN** – Architecte associé à Tout va bien Architecture, Enseignant TPCAU à École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille

**Camille CHAPIN** - Architecte associée à Tout va bien Architecture

**Mathieu GROSJEAN** – Dirigeant, charpentier et scieur à Dimension bois

**Kevin DESESSART** – Dirigeant du bureau d'études à Boské

# Sommaire

1 – Rappel : .....	4
2 – Contexte : .....	5
3 – Visée de l'essai : .....	5
3 – Approche réglementaire : .....	6
5 – Contrainte à la compression axiale ( $f_{c,0,mean}$ ) et module d'élasticité longitudinal ( $E_{0,mean}$ ) .....	9
6 – Contrainte à la flexion ( $f_{m,mean}$ ) .....	20
7 – Conclusion .....	23
8 – Remerciements .....	24

## 1 – Rappel :

Dans le contexte de la valorisation des sciages français en construction, notamment au travers du marquage CE, le classement par machine présente de nombreux avantages.

Aujourd'hui, la possibilité la plus répandue pour classer les bois français réside dans la norme NFB 52001 partie 1 (2011), norme de classement visuel, qui ne permet pas d'obtenir des rendements satisfaisants. Ceci est dû au faible niveau de corrélation existant entre les singularités d'aspect du matériau et ses performances mécaniques. De nombreux pays pratiquent en lieu et place du classement visuel un classement par machine, qui augmente considérablement les rendements dans les classes élevées, du fait de la mesure de paramètres mieux corrélés.

L'utilisation d'un tel matériel pour effectuer du classement mécanique est conditionnée à une démarche d'homologation européenne de la machine décrite par la norme EN 14081 parties 1 à 4. Cette démarche consiste à définir pour une essence les réglages de la machine pour une origine géographique donnée. Ainsi, si de nombreuses machines de classement mécanique existent en Europe du Nord, en France aucun fabricant ne propose de machine homologuée pour le classement du Cyprès commun dit aussi méditerranéen.

Or, les entreprises de la filière bois française sont confrontées à un défi d'envergure : la mise en place du marquage CE des produits de la construction et de ses procédures d'attestation de conformité associées. En effet, depuis le 1er janvier 2012, toutes les pièces de bois à destination de la construction doivent être marquées CE, et donc classées selon leur résistance. L'implantation de machines de classement dans les entreprises françaises de la filière risque donc de se développer très rapidement.<sup>1</sup>

1-Extrait de la Synthèse sur les machines de classement Pour l'industrie bois de Corse REF. LBO/DR/403/13/384 – 26/11/2013 D. Reuling – J.D. Lanvin

## 2 – Contexte :

Depuis le moyen-âge et encore aujourd'hui, le *Cupressus sempervirens* ou cyprès commun est très rependu dans le midi, et notamment dans l'agriculture comme brise-vent ainsi que comme régulateur hygrométrique des sols cultivés. Le cyprès commun est reconnu pour sa très grande durabilité, notamment pour sa résistance aux termites et à l'immersion dans l'eau ainsi que pour son imputrescibilité. Il est très adapté aux usages extérieurs et est le seul résineux Français certifié classe 5 pour la partie composant son duramen.

Longtemps utilisé pour les charpentes des mas provençaux, cette utilisation a peu à peu disparu au profit d'autres essences et d'autres process, en raison de sa croissance lente, de son diamètre fortement décroissant du pied à la cime et de l'apparition d'autres techniques, plus simples et meilleur marché.

Actuellement, du fait de l'évolution des cultures agricoles, nombre de cyprès sont voués à être abattus. L'ONF et le Parc Naturel Régional du Luberon, à travers le Guide pratique de la valorisation locale du bois en Luberon, encourage à trouver une transformation vertueuse pour ces arbres.

Cette ressource locale, en plus des avantages énumérés plus haut, présente donc l'atout d'être une valeur marchande en devenir, et l'objet d'une filière potentielle à faible impact environnemental.

## 3 – Visée de l'essai :

L'objectif de cette étude vise à définir une première approche sur les capacités mécaniques de cette essence en vue d'une exploitation en bois d'œuvre de construction et, à plus long terme, à étudier la viabilité et l'organisation d'une filière.

### 3 – Approche réglementaire :

Le laboratoire 3sr-Grenoble, par le biais de son directeur de l'équipe RV, Yannick Sieffert, met à disposition de l'étude préliminaire un banc d'essai de type Instron 5982 :

<b>INSTRON 5982 (Electromechanical UTM)</b>	
Maximum capacity:	100kN
Testing speed range:	0.00005 to 1016mm/min
Vertical Test Space (exclude fixture):	1430mm
Horizontal Test Space:	575mm
Grips (Flat) Thickness X Width:	20 x 75mm
Grips (Rod) Diameter Range:	Ø6 - 17.8mm
<b>Built-in Strain Measurement</b>	
Extensometer:	25mm gauge length
Quarter-bridge strain gauge:	120Ω, 4 channels
Advanced Video Extensometer (AVE)	Axial and Transverse strain
Digital Image Correlation (DIC)	Maximum 50 fps
<b>Preloaded testing procedures</b>	
Fibre Composites:	ASTM D3039/D3039M (Tension)
	ASTM D2344/D2344M (Compression, 3-points bending)
	ASTM D7249/D7249M (Compression, 4-points bending)
Metal to Metal Adhesive Bonding:	ASTM D1002 (Tension)
Plastics:	ASTM D638 (Tension)
Metallic Materials:	ASTM E8/E8M (Tension)
<b>For other non-standard testing procedure and fixture, please consult with IC staff.</b>	
Test result output format:	PDF, MS Excel (xls and csv)



Tableau 1 : Caractéristiques du banc d'essai Instron 5982

Faute d'un échantillonnage plus conséquent, et des limites de la machine de mesure, l'étude s'est concentrée sur trois critères d'après les valeurs caractéristiques des bois massifs résineux définis dans la norme NF-EN-1995, la compression axiale, la flexion, et le module de Young, l'étude du flambement s'avérant infructueux certainement à cause d'un rapport  $(bxh)/l$  trop

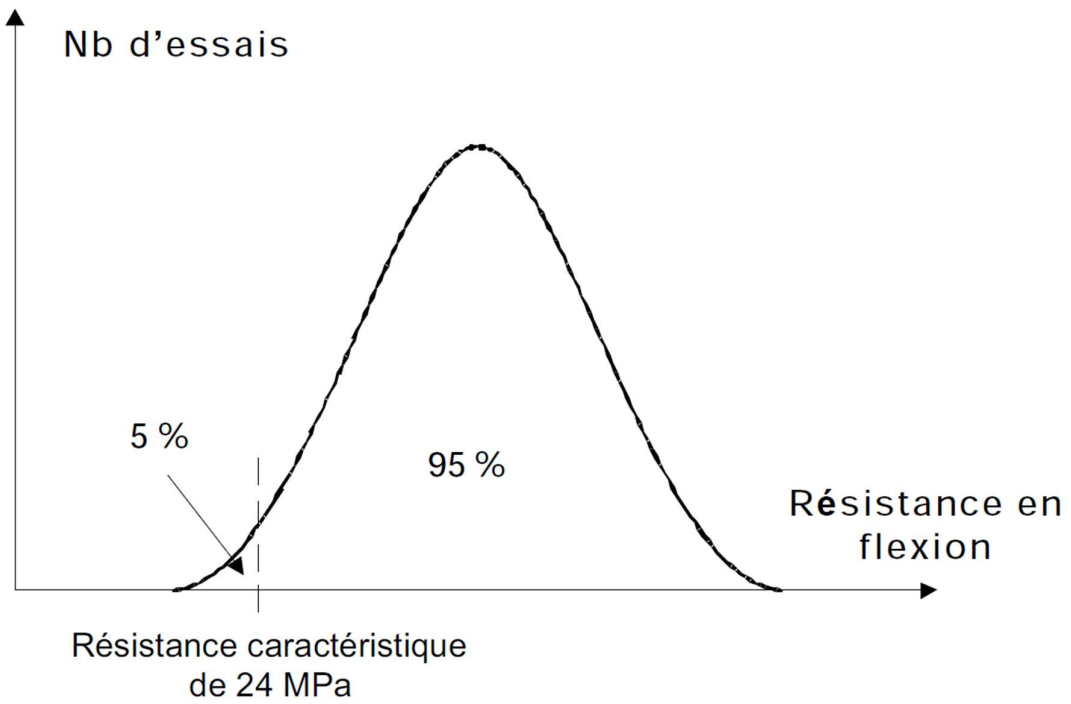
important. Pour appuyer nos résultats, certaines éprouvettes étaient en douglas pour comparaison.

Symbole	Désignation	Unité	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
$f_{m,k}$	Contrainte de flexion	N/mm <sup>2</sup>	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm <sup>2</sup>	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm <sup>2</sup>	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm <sup>2</sup>	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm <sup>2</sup>	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$f_{v,k}$	Contrainte de cisaillement	N/mm <sup>2</sup>	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
$E_{0,mean}$	Module moyen axial	kN/mm <sup>2</sup>	7	8	9	10	11	11,5	12	13	14
$E_{0,05}$	Module axial au 5 <sup>e</sup> pourcentile	kN/mm <sup>2</sup>	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4
$E_{90,mean}$	Module moyen transversal	kN/mm <sup>2</sup>	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47
$G_{mean}$	Module de cisaillement	kN/mm <sup>2</sup>	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
$\rho_k$	Masse volumique caractéristique	kg/m <sup>3</sup>	290	310	320	340	350	370	380	400	420
$\rho_{mean}$	Masse volumique moyenne	kg/m <sup>3</sup>	350	370	380	410	420	450	460	480	500

Tableau 2 : Valeurs caractéristiques des bois massifs résineux

La norme exige que l'on retienne pour chaque catégorie issue du classement des valeurs caractéristiques. Elle est nommée « résistance au fractile de 5 % ». Elles représentent par catégorie de bois une limite inférieure assurant que 95 % des bois auront une contrainte de rupture en flexion supérieure ou égale à la valeur de la classe. Par exemple, dans la classe de résineux C24, 95 % des bois de cette catégorie ont une résistance à la rupture en flexion à 24 MPa.

Encore une fois, dû au faible échantillonnage, pour chaque éprouvette, il sera retenu une valeur moyenne de laquelle pourra être extrapolée une valeur caractéristique.



Graphique 1 : Courbe de Gauss valeur moyenne

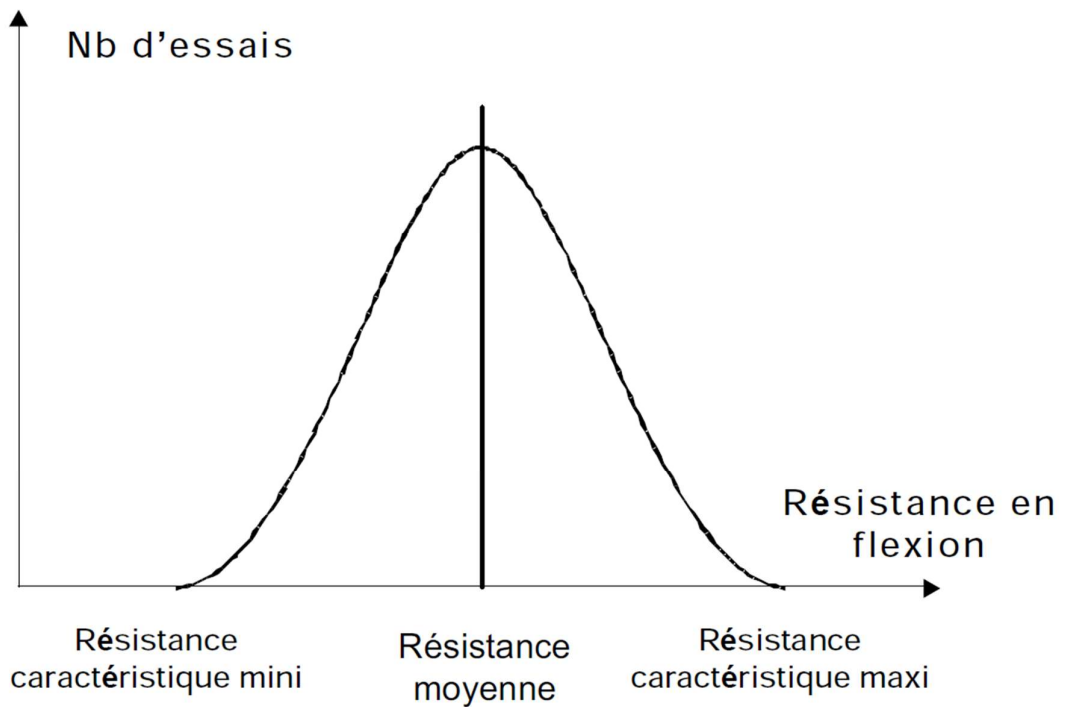


Figure 3 : Courbe de Gauss valeur caractéristique



L'ensemble des essais est réalisé sur des éprouvettes dont le taux d'humidité ne dépassait pas 18 % au moment des essais conformément à la norme NF EN338.

## 5 – Contrainte à la compression axiale ( $f_{c,0,mean}$ ) et module d'élasticité longitudinal ( $E_{0,mean}$ )

Pour ce critère, nous avons utilisé 6 éprouvettes en Cyprès, et 4 en Douglas :

EP1 à EP6 : Echantillons en Cyprès de dimensions 40x40x100 mm

EP7 et EP8 : Echantillons en Douglas de dimensions 40x40x100 mm

EP9 et EP10 : Echantillon en Douglas de dimensions 40x40x90 mm

Pour rappel, la valeur de contrainte à la compression axiale s'exprime suivant la formule :

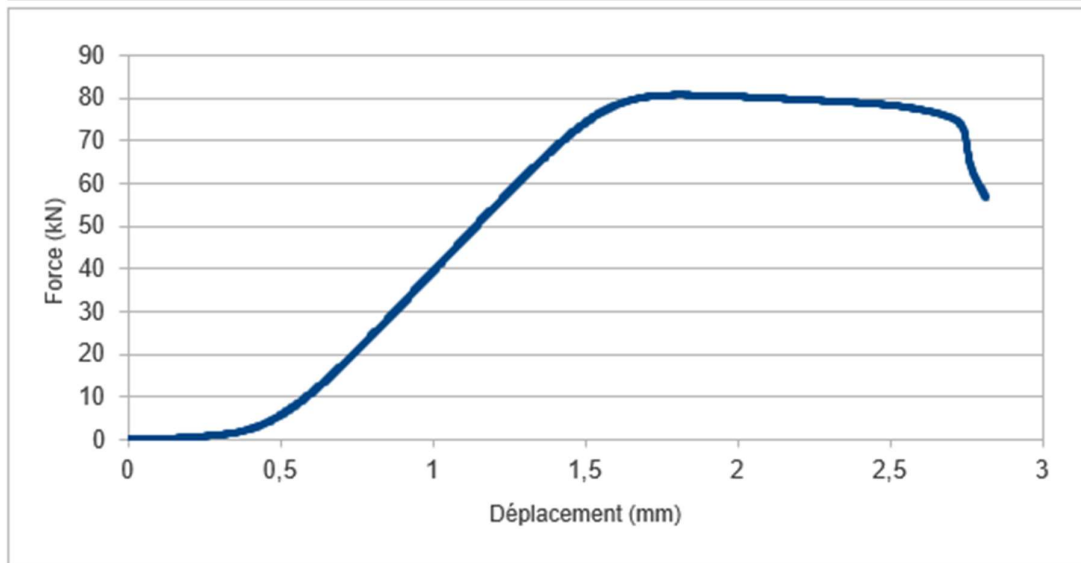
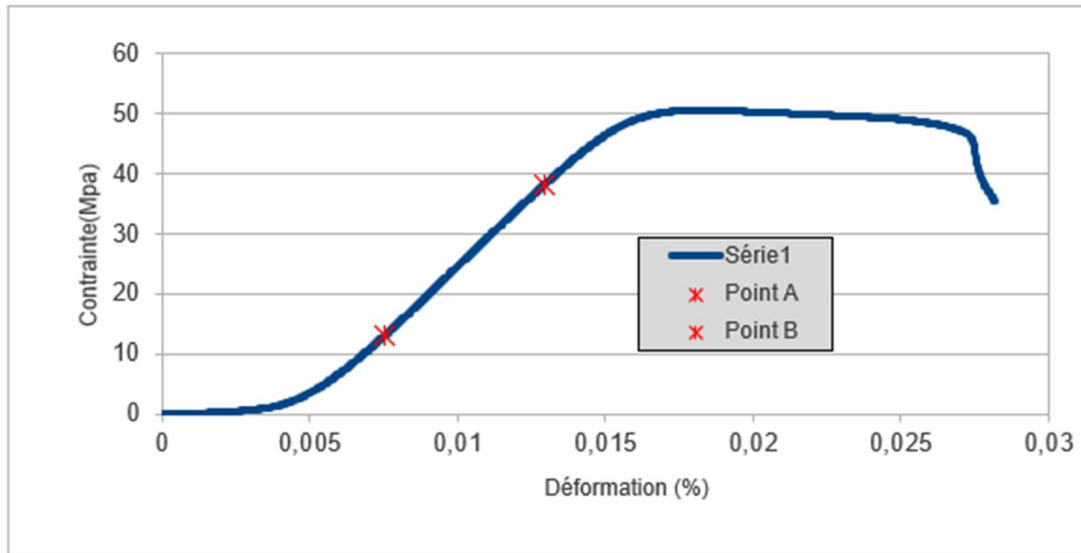
$$\tau_y = \frac{F}{S} = \frac{F}{b.h}$$

Et la valeur du module de Young s'exprime suivant la formule :

$$\sigma = E \varepsilon \quad \text{où} \quad \left( \varepsilon = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} \right)$$

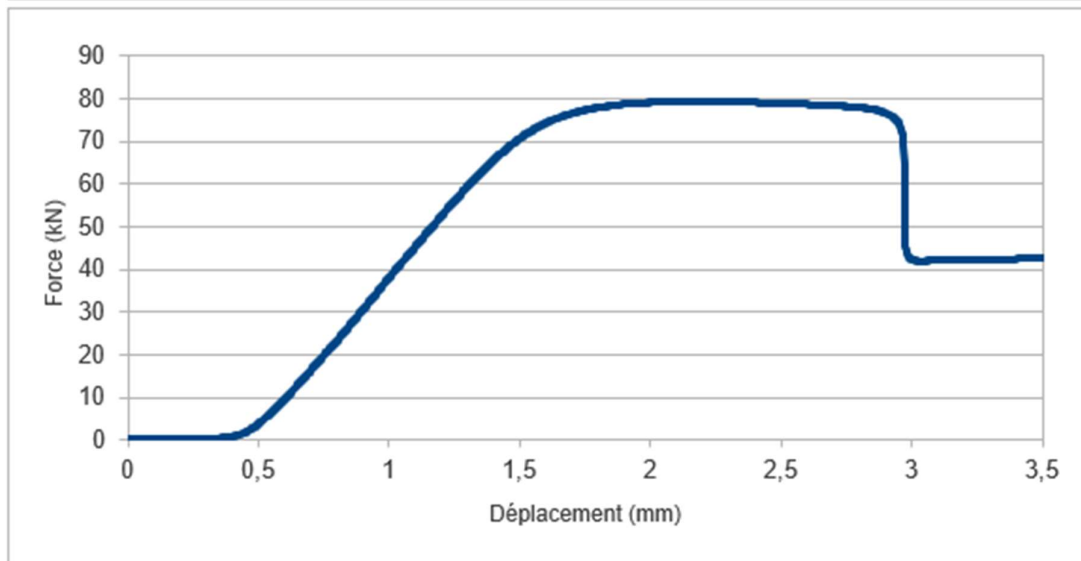
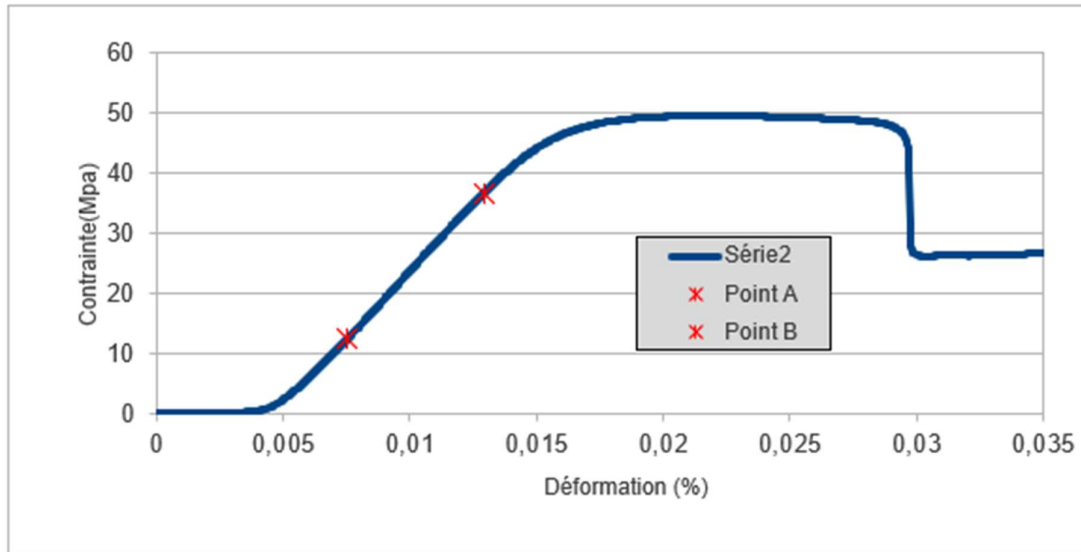
EP1 :

Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		50,47 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,007513	13,0108
Point B	0,012914	38,0544
E (GPa)	4,64	



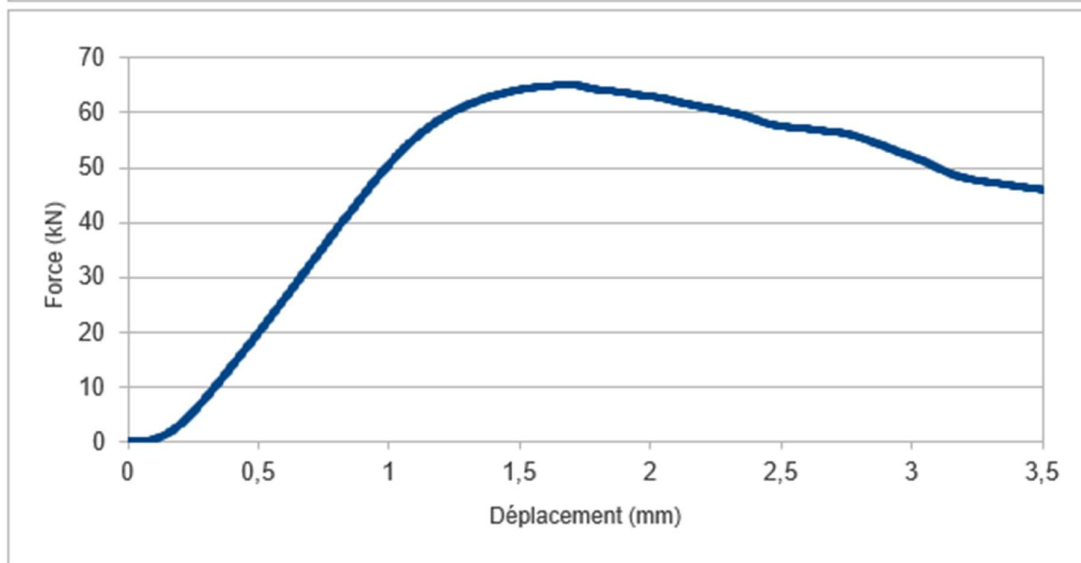
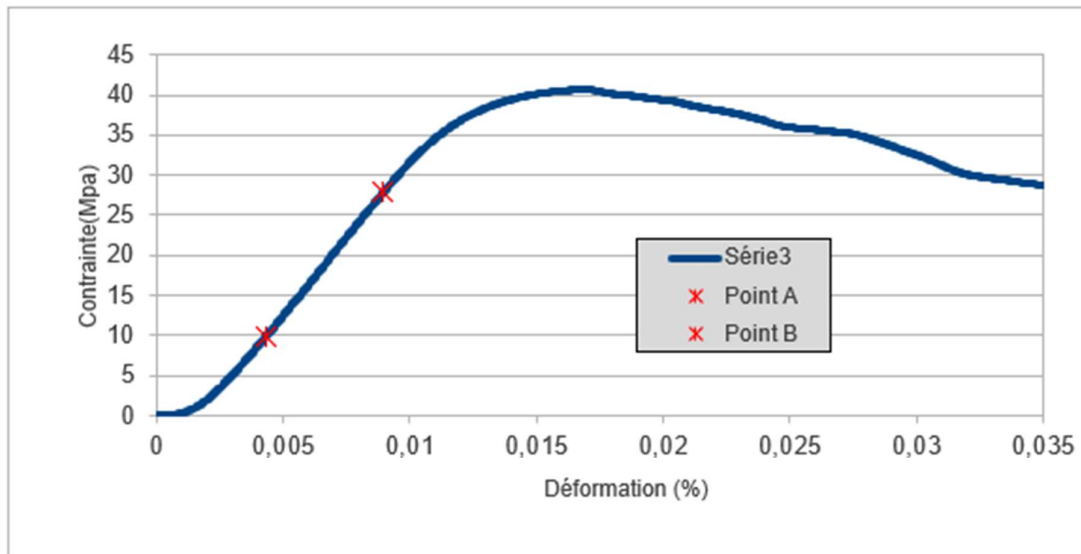
EP2 :

Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		49,59 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,00751	12,3895
Point B	0,012911	36,7288
E (GPa)	4,51	



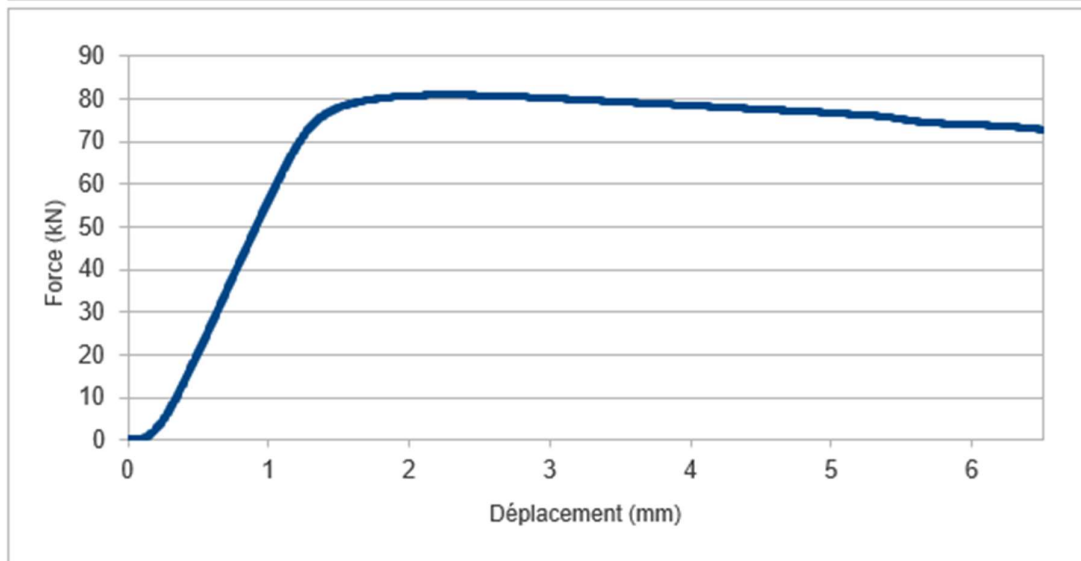
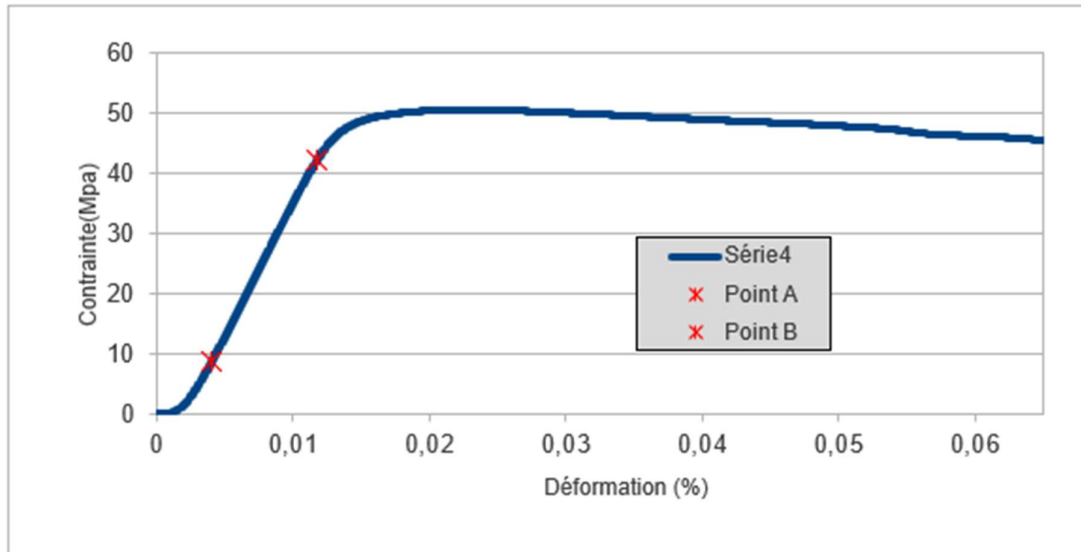
EP3 :

Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		40,65 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,0043	9,8326
Point B	0,008961	27,8888
E (GPa)	3,87	



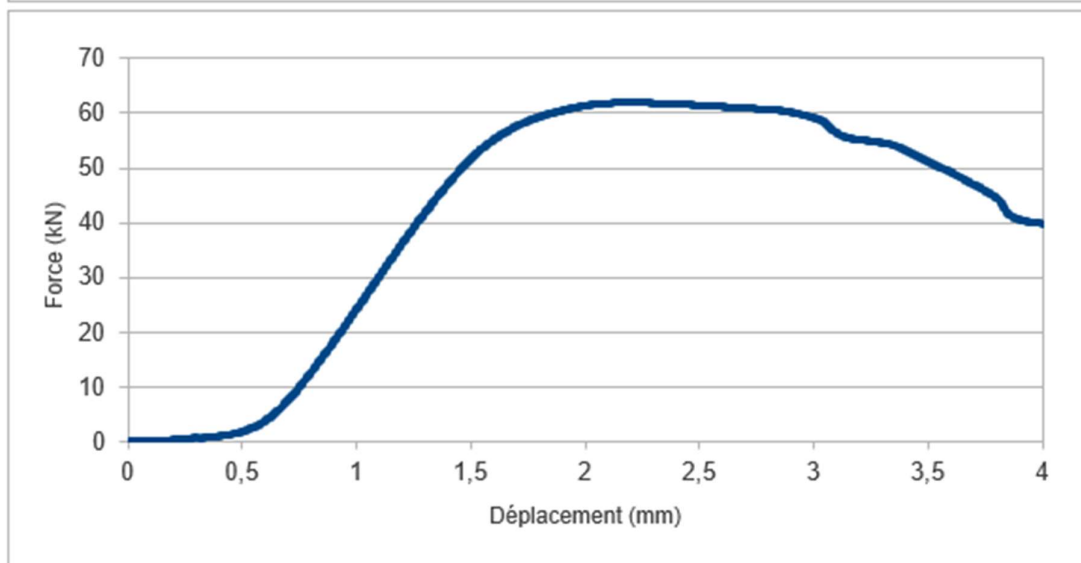
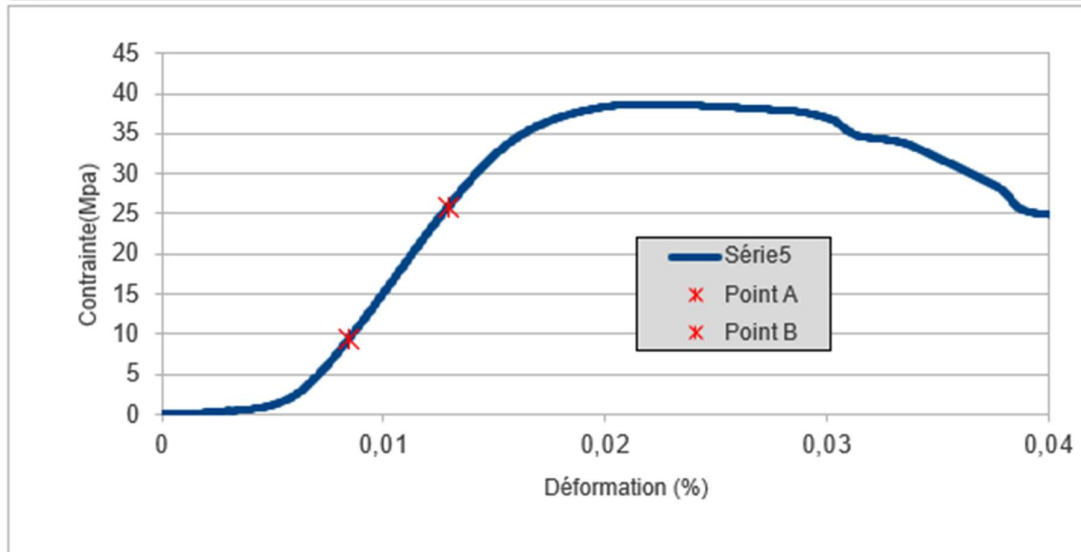
EP4 :

Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		50,56 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,004091	8,9045
Point B	0,011811	42,3743
E (GPa)	4,34	



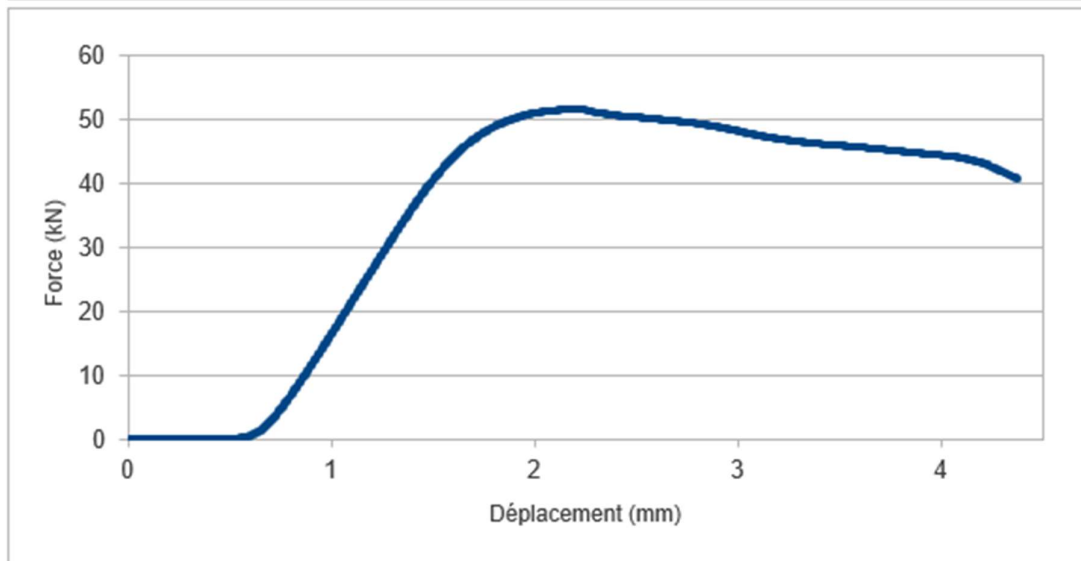
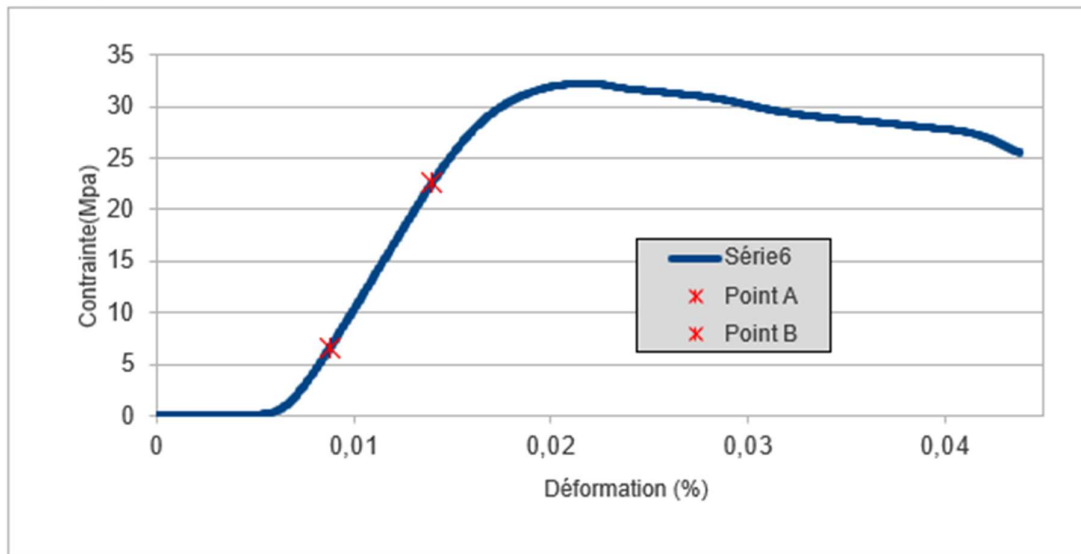
EP5 :

Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		38,69 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,00845	9,4489
Point B	0,01291	25,8127
E (GPa)	3,67	



EP6 :

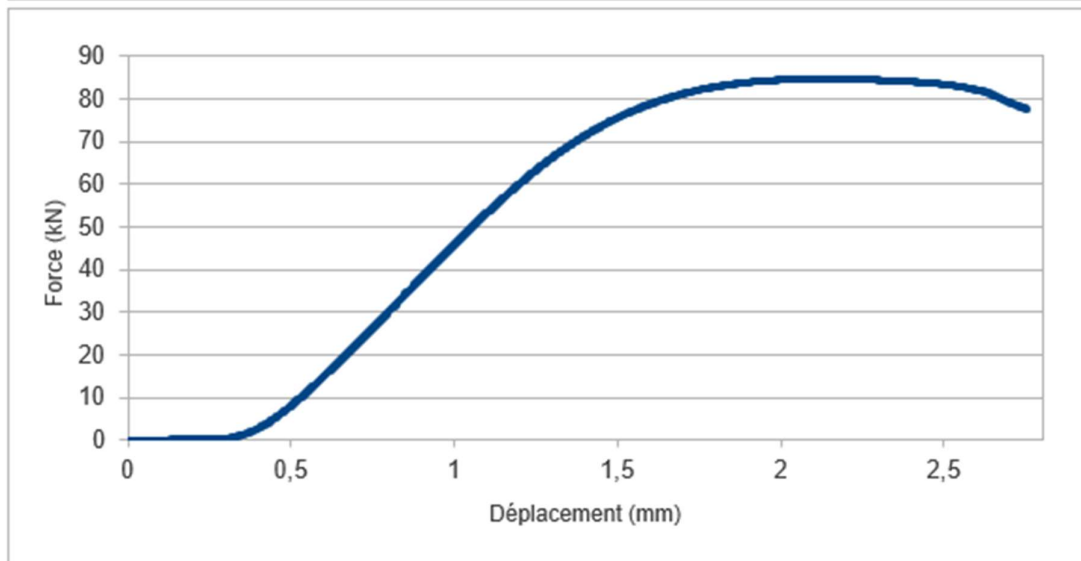
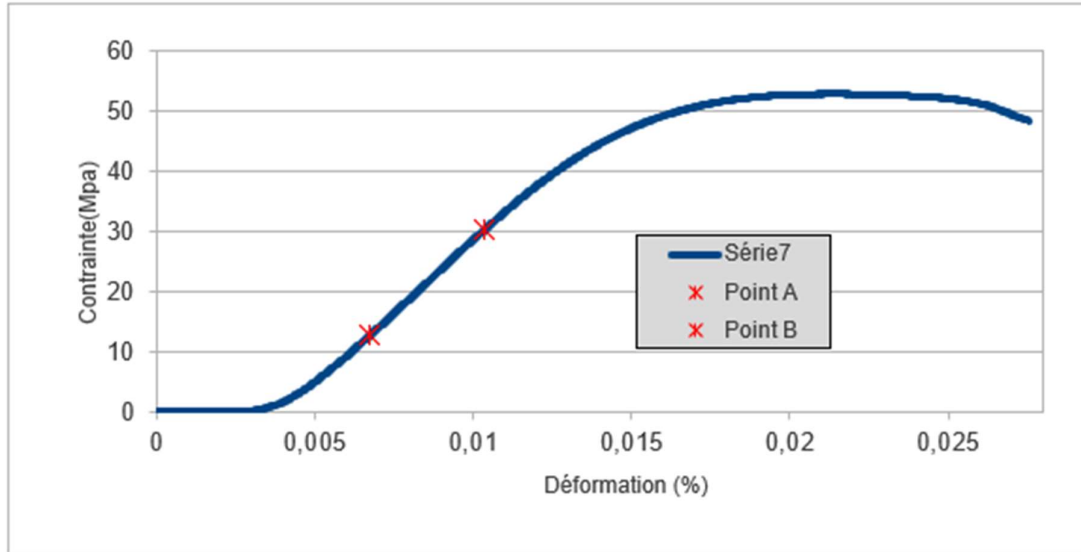
Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		32,28 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,00877	6,5146
Point B	0,013971	22,5466
E (GPa)	3,08	



Les essais suivant EP7 à EP10 sont réalisés sur des éprouvettes en douglas, ils ont pour but d'offrir un élément de comparaison avec une essence certifiée issue d'une sylviculture destinée au bois d'œuvre de construction.

EP7 :

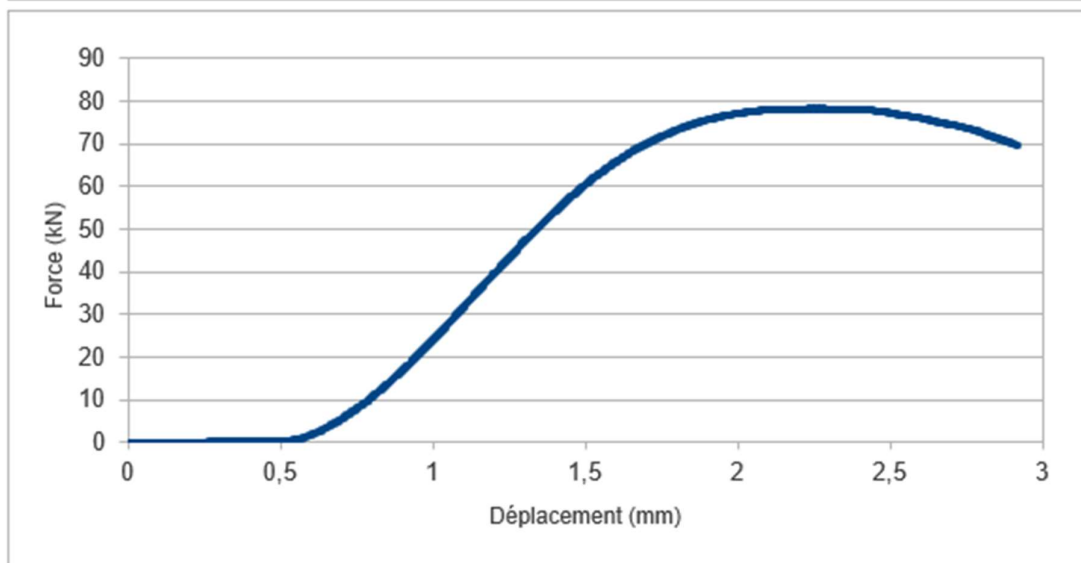
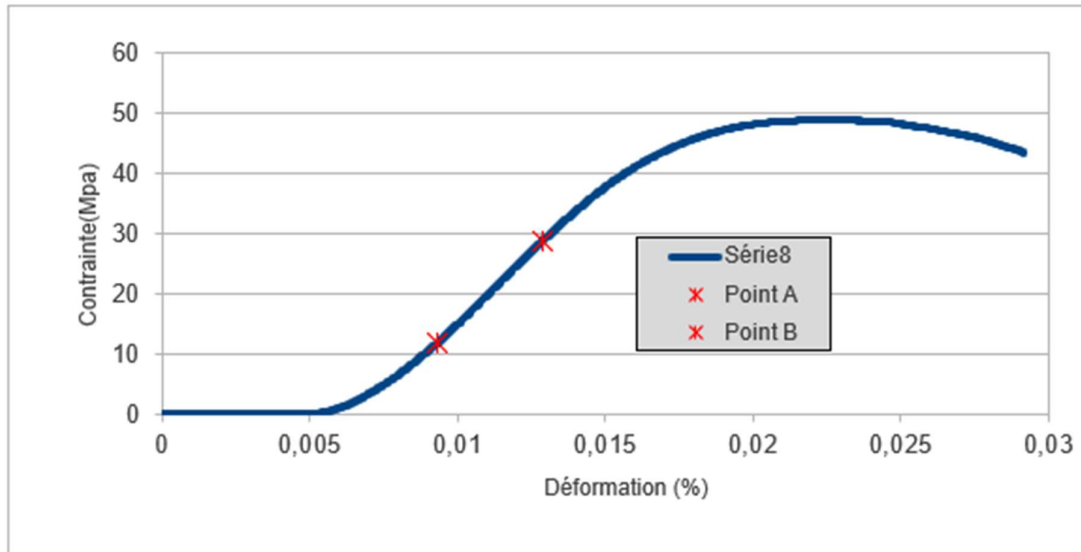
Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		52,89 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,006733	12,7458
Point B	0,010353	30,2743
E (GPa)	4,84	





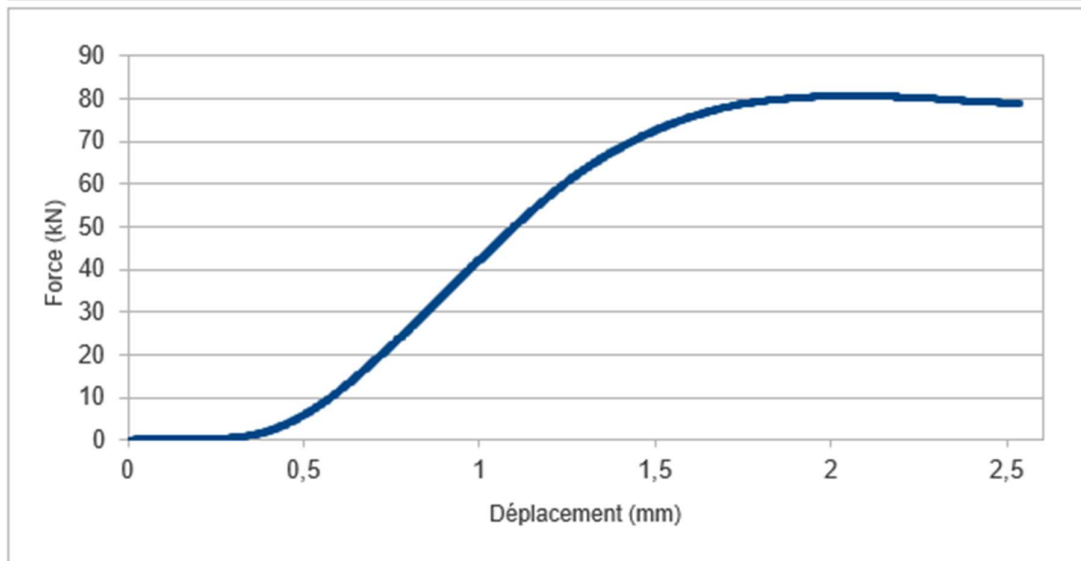
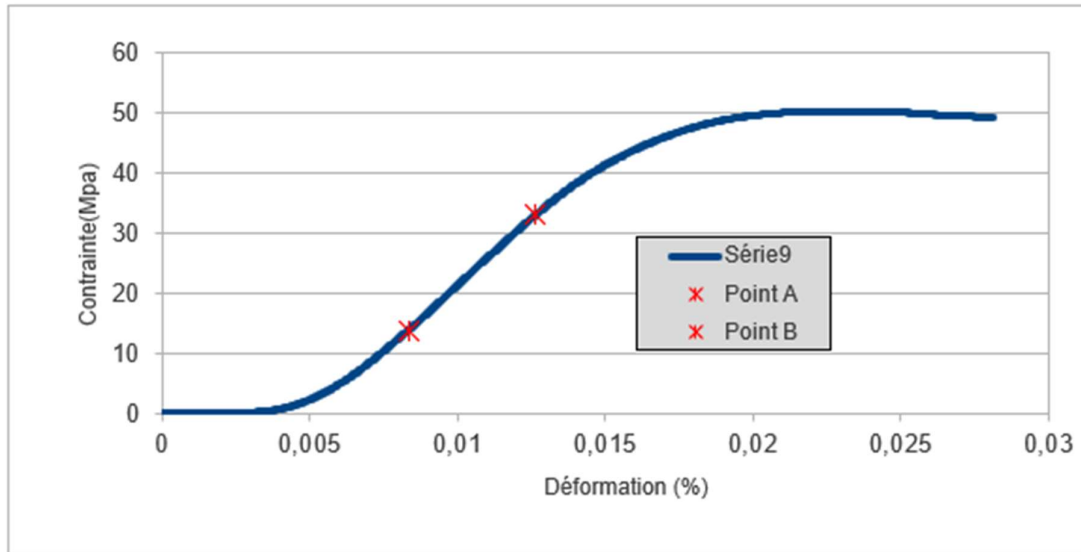
EP8 :

Hauteur de l'éprouvette	100 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		48,88 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,00933	11,8901
Point B	0,01291	28,9347
E (GPa)	4,76	



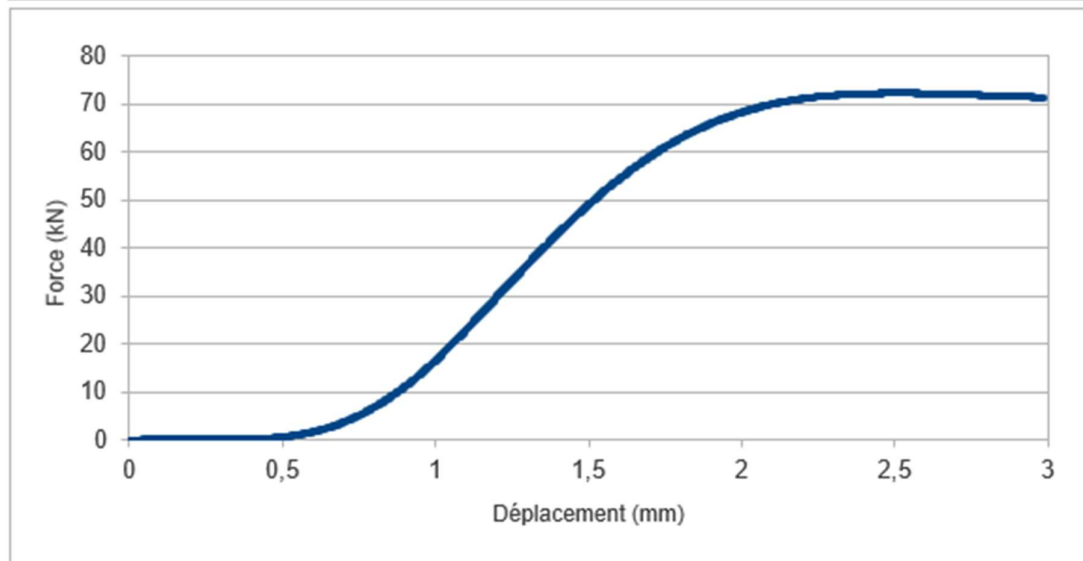
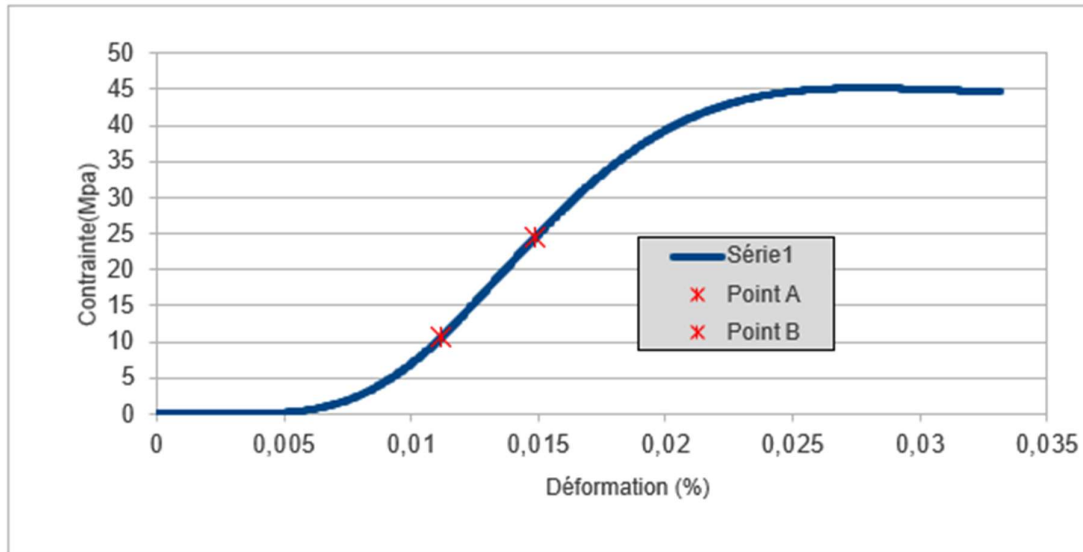
EP9 :

Hauteur de l'éprouvette	90 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		50,36 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,00834556	13,8988
Point B	0,01265667	33,0943
E (GPa)	4,45	



EP10 :

Hauteur de l'éprouvette	90 mm	<u>Contrainte de compression max</u>
<u>Module de Young</u>		45,19 Mpa
	Déf	Contrainte
Point A	0,011168889	10,565
Point B	0,014881111	24,4882
E (GPa)	3,75	



## 6 – Contrainte à la flexion ( $f_{m,mean}$ )

Pour ce critère, nous avons utilisé 6 éprouvettes en Cyprès :

E18 et EP20 : Echantillons en Cyprès de dimensions 30x30x160 mm

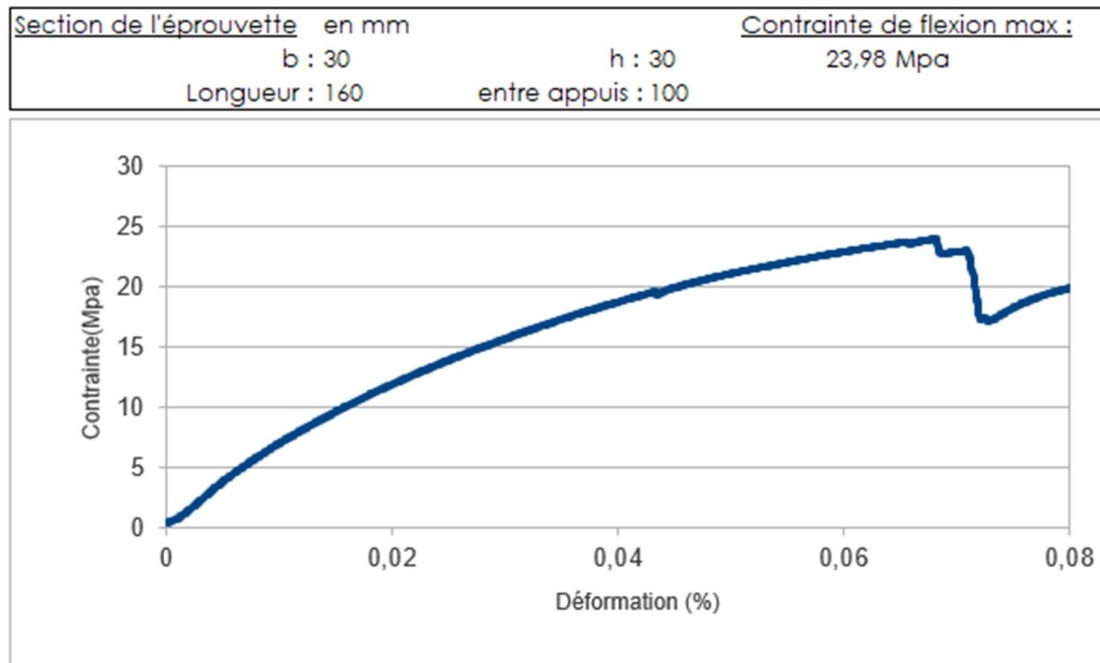
EP19 : Echantillon en Cyprès de dimensions 18x20x160 mm

EP21 à EP23 : Echantillons en Cyprès de dimensions 18x40x160 mm

Pour rappel, la valeur de contrainte à la flexion s'exprime suivant la formule :

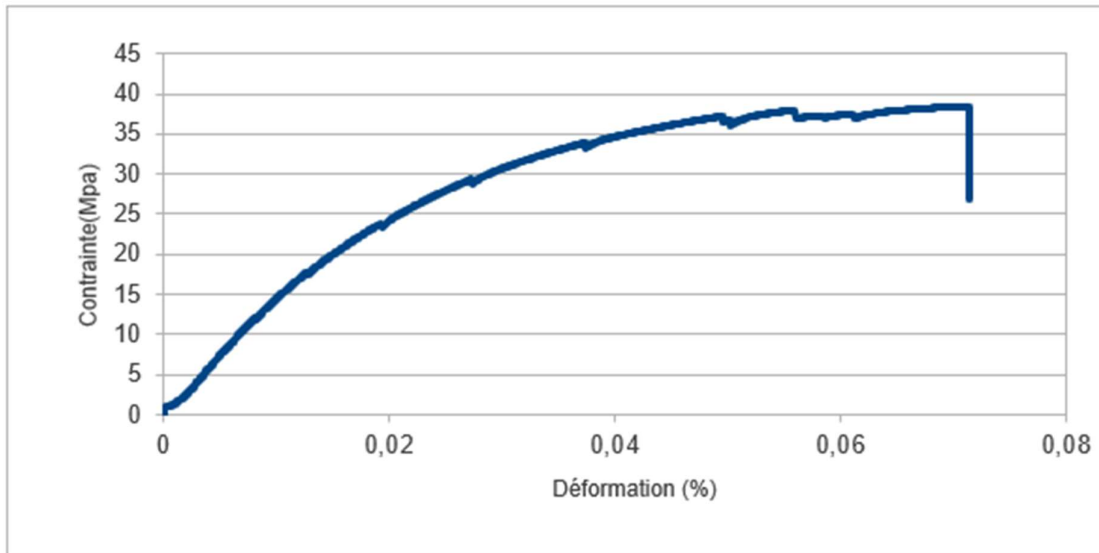
$$\sigma_x = -\frac{M_{fz}}{I_{Gz}} \cdot y = \frac{F.L}{\left(\frac{b.h^3}{12}\right)} \cdot \frac{h}{2} = \frac{6.F.L}{(b.h^2)}$$

EP18 :



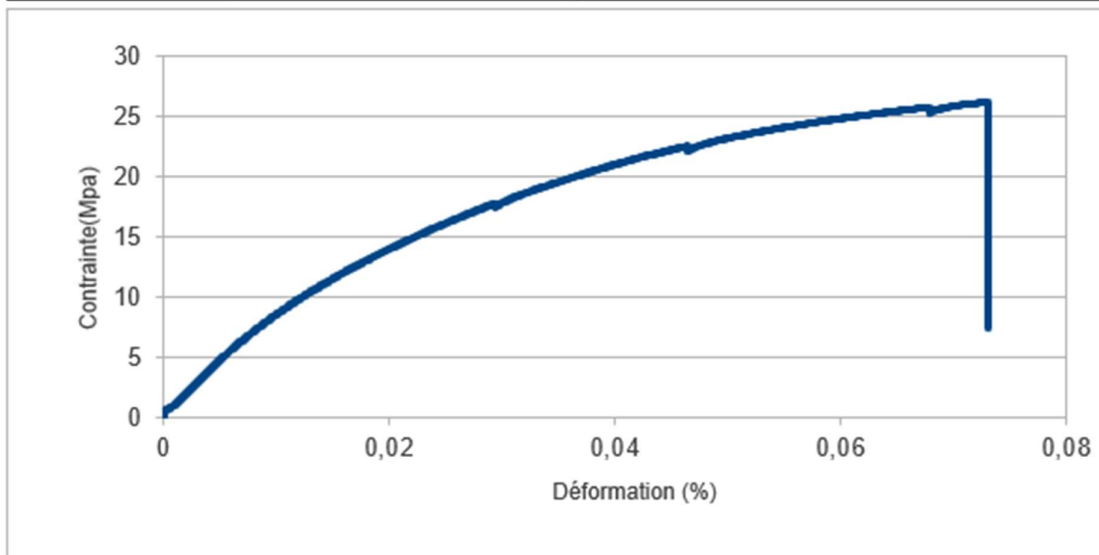
EP19 :

<u>Section de l'éprouvette</u> en mm	<u>Contrainte de flexion max :</u>	
b : 20	h : 18	38,48 Mpa
Longueur : 160	entre appuis : 100	



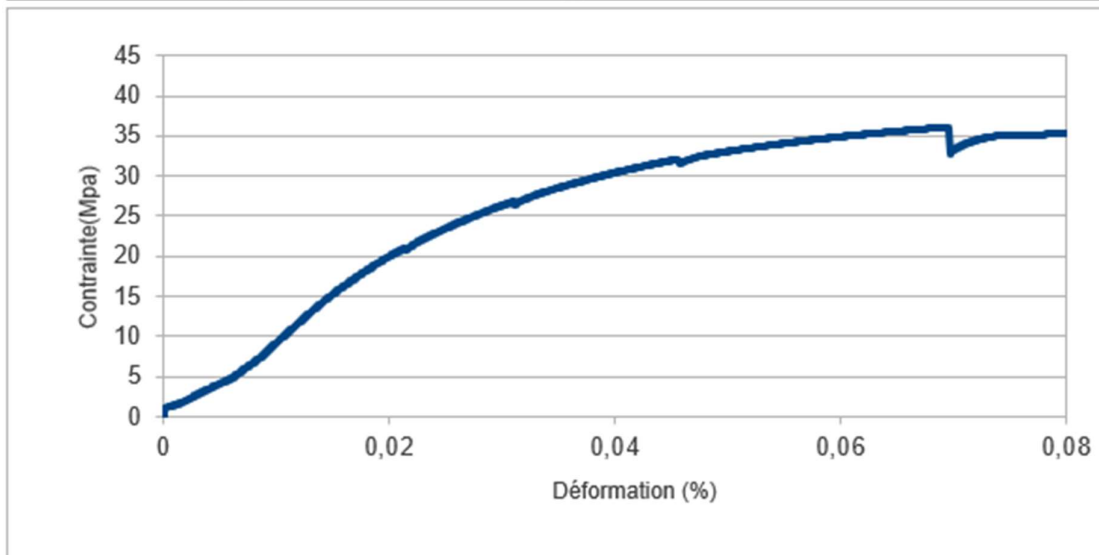
EP 20 :

<u>Section de l'éprouvette</u> en mm	<u>Contrainte de flexion max :</u>	
b : 30	h : 30	26,20 Mpa
Longueur : 160	entre appuis : 100	



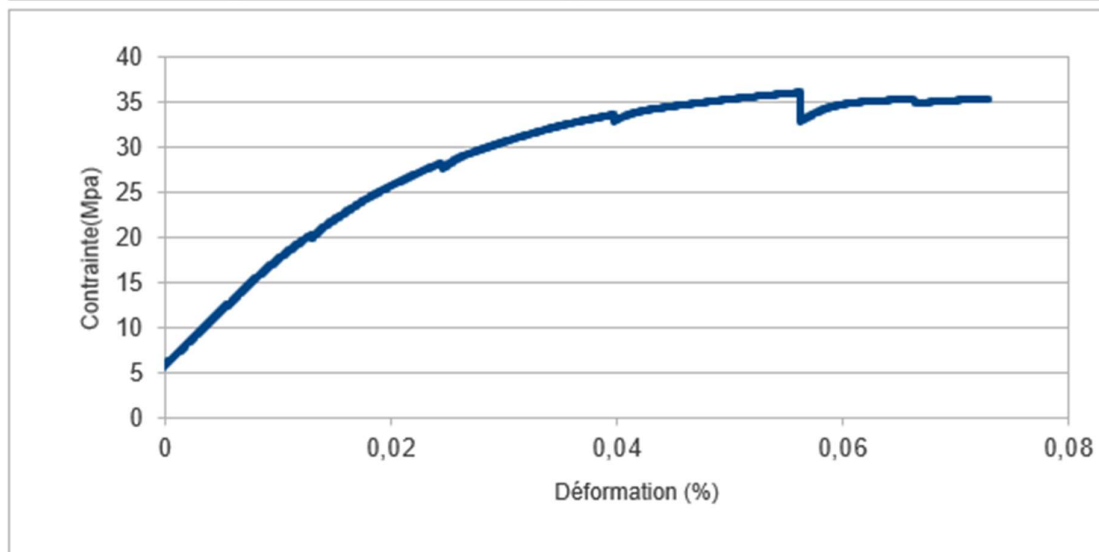
EP 21 :

<u>Section de l'éprouvette</u> en mm		<u>Contrainte de flexion max :</u>	
b : 40	h : 18	39,11 Mpa	
Longueur : 160	entre appuis : 100		

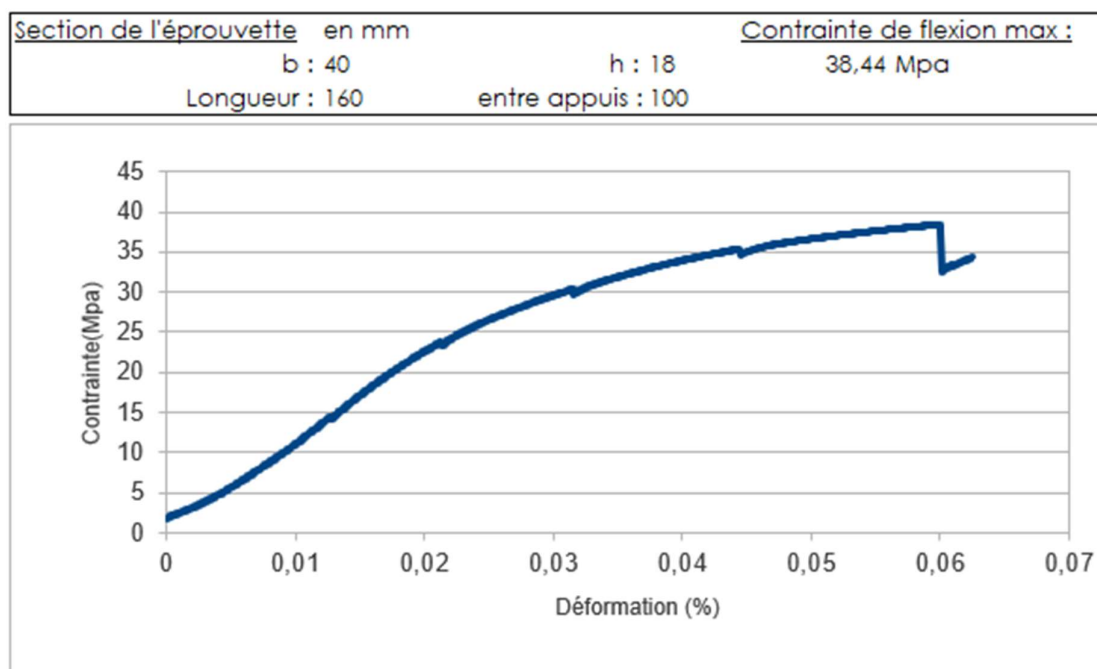


EP 22 :

<u>Section de l'éprouvette</u> en mm		<u>Contrainte de flexion max :</u>	
b : 40	h : 18	36,11 Mpa	
Longueur : 160	entre appuis : 100		



EP 23 :



## 7 – Conclusion

Si les résultats devaient être interprétés par des moyennes, en excluant les tests sur les éprouvettes Douglas, voici ce que l'on obtiendrait :

$f_{c,0,mean}$  : 43,71 Mpa

$f_{m,mean}$  : 33,72 Mpa

$E_{,0,mean}$  : 4,02 Mpa

Pour conclure, on peut remarquer qu'avec certes un échantillonnage limité et dont le nombre ne permet pas d'étendre nos résultats à l'ensemble du réservoir, mais également en tenant compte du fait que la ressource utilisée est exclusivement agricole, et donc de mauvaise qualité, et qu'elle pourrait

nettement s'améliorer par une sylviculture plus orientée vers la production de bois d'œuvre de construction, on obtient néanmoins des résultats approchant ceux de certaines essences déjà certifiées depuis des décennies. Cette approche constitue un premier pas encourageant vers la reconnaissance du cyprès commun dans la construction.

## 8 – Remerciements

Merci à l'Université de Grenoble qui par le biais du professeur Yannick SIEFFERT nous a permis de mesurer le potentiel de cette ressource que représente le Cyprès.

Merci à Yannick SIEFFERT, qui nous a accompagné et guidé dans l'approche de la recherche laborantine, la lecture et l'exploitation des résultats.

Merci à Stéphane HERPIN, qui par son métier d'enseignant TPCAU à École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille, et son réseau de professeurs chercheurs nous a permis d'accéder à ce matériel tout à fait gracieusement.

Merci à Matthieu GROSJEAN, qui est à l'origine de cette initiative, et qui en plus de nous avoir fourni l'échantillonnage, œuvre à son échelle à l'introduction du cyprès dans la construction depuis plusieurs années.