


Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

L'accréditation de la section Laboratoires du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole . Ce rapport d'essais atteste uniquement des caractéristiques de l'objet soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue pas une certification de produits au sens du code de la consommation. Seul le rapport électronique signé avec un certificat numérique valide fait foi en cas de litige. Ce rapport électronique est conservé au CSTB pendant une durée minimale de 10 ans. La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 15 pages. Seule la version française fait foi

À LA DEMANDE DE **CONSTRUIRE EN CHANVRE**
140 RUE DU CHEVALERET
75013 PARIS

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

OBJET

Les essais décrits dans ce rapport portent sur la caractérisation de murs à base de béton de chanvre vis-à-vis :

- Du comportement aux cycles hygrothermiques,
- Du suivi de la teneur en eau massique (cinétique de séchage).

TEXTES DE REFERENCES

Normes d'essais

EAD 040083-00-0404

External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with renderings, désigné dans la suite du texte « EAD »

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

OBJET SOUMIS AUX ESSAIS

Description	Mélange de chènevottes et de chaux
Date de réception	Voir tableau 1
Origine	Les échantillons des produits ont été envoyés par le fabricant.
Identification	Les caractéristiques des échantillons soumis aux essais sont données au tableau 1.
Lieu d'exécution des essais	Laboratoire du CSTB – Marne-la-Vallée
Dates de début et de fin des essais	Du 24/03/2023 au 08/08/2023

Fait à Marne la Vallée, le 25/09/2024.

Le Responsable de Division

Stéphane GILLIOT

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

EXPRESSION DES RESULTATS

Un résultat d'essai est selon les normes, une mesure individuelle en essai ou une moyenne de résultats de mesures, un résultat issu d'un calcul est spécifié en tant que calcul.

A défaut d'indications complémentaires explicites dans ce document, les unités de mesure sont :

- pour les mesures dimensionnelles, exprimées en millimètre
- pour les mesures pondérales, la masse est exprimée en g, la masse volumique en kg/m³ et la masse surfacique en g/m²
- pour les mesures thermiques, la conductivité est exprimée en mW/(m.K), la résistance en m².K/W

Les dates sont données par défaut au format : jour/mois/année.

1. CARACTERISTIQUES DES ECHANTILLONS

Tableau 1 : Caractéristiques des échantillons

Essai	Date de fabrication	Applicateur de l'enduit hydraulique	Caractéristiques nominales Composition
Comportement des murs aux cycles hygrothermiques (2 maquettes)	08/10/2022	Saint Astier	Chaux BATICHANVRE ISOL = 180 kg Chênevotte planète chanvre = 100 kg Eau = 235 kg Dimensions : Figure 7
Suivi de séchage des murs en béton de chanvre (2 maquettes)	08/10/2022	Saint Astier	Chaux BATICHANVRE ISOL = 180 kg Chênevotte planète chanvre = 100 kg Eau = 235 kg Dimensions : Figure 8

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

2. RAPPEL DE LA CAMPAGNE D'ESSAIS

Essais de comportement des murs en béton de chanvre aux cycles hygrothermiques (chaleur / pluie)

Le but de ces essais est d'analyser la variation d'humidité qui apparaît dans le béton de chanvre enduit après un épisode de forte chaleur suivi d'une pluie d'orage.

Deux maquettes de composition identique ont fait l'objet des mesures suivantes :

- Pesée de la maquette avant et après les cycles hygrothermiques (chaleur-pluie) ;
- Mesure de la teneur en eau massique de prélèvements effectués par carottage sur plusieurs profondeurs de la paroi.

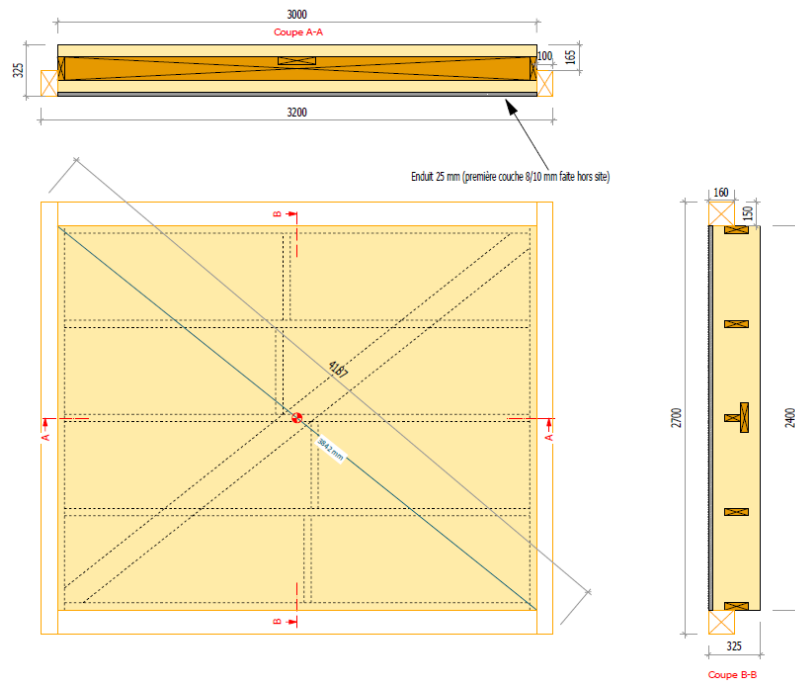


Figure 1. Schéma de la maquette soumise à l'essai de cycles hygrothermiques (dimensions en mm)

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

Essai de suivi de séchage du béton de chanvre et des bois lors de la mise en œuvre du béton de chanvre

Le but de ces essais est de mesurer l'évolution de la teneur en eau du béton de chanvre en œuvre sans conditionnement particulier.

Ont été réceptionnées deux maquettes dont l'une comportée des capteurs T/HR intégrés dans les pièces de bois noyées dans l'épaisseur de la paroi et dans le béton de chanvre à différentes profondeurs.

Sur la maquette instrumentée, les valeurs d'humidité relative sont relevées régulièrement.

Sur la maquette non-instrumentée, est mesurée la teneur en eau massive de prélèvements par carottage.

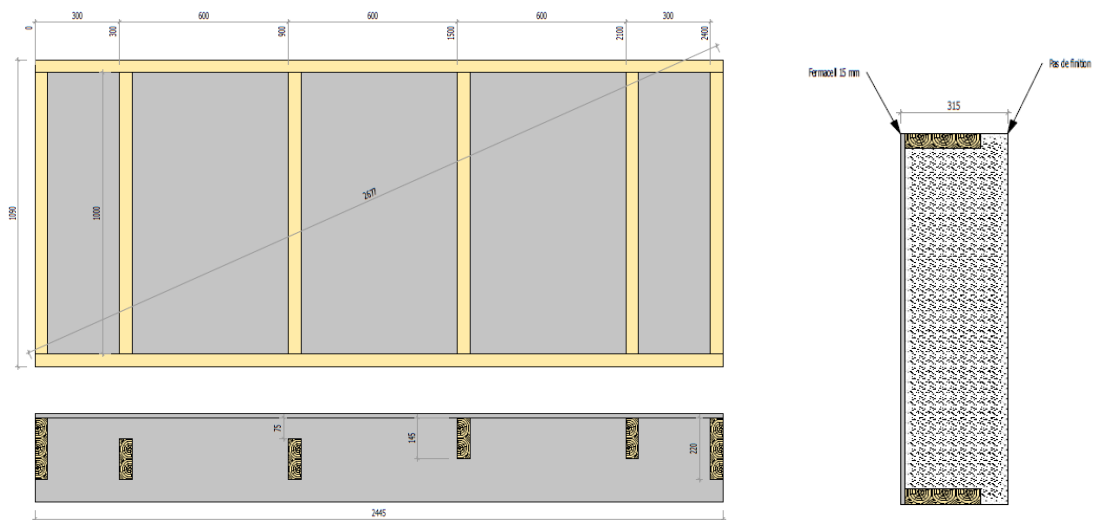


Figure 2. Schéma de la maquette pour le suivi de séchage (dimensions en mm)

3. RESULTATS DES ESSAIS

a. Comportement hygrothermique (cf. de l'EAD §2.2.6)

Le 02/05/2023 : démarrage des cycles

- **Cycles chaleur-pluie**

Une partie de la surface enduite de la maquette est exposée à une série de 80 cycles comportant les phases suivantes :

1. Chauffage à 70°C (montée en température en 1 heure) et maintien à $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$ et 10 à 30 % d'humidité relative pendant 2 heures (total de 3 heures),
2. Arrosage pendant 1 heure (température de l'eau $(+ 15 \pm 5)^\circ\text{C}$ - quantité d'eau : 1 L/m².min),
3. Repos 2 heures (égouttage).

Tous les quatre cycles, on note les observations relatives au comportement du système.

- **Schéma et dimensions de la zone exposée**



- **Enceinte d'essai**



Figure 3. Enceinte d'essai pour cycles hygrothermiques

L'arrosage de maquette est réalisé par 6 buses situées à $\frac{3}{4}$ de la hauteur environ et sur la partie basse de la maquette testée. L'arrosage est réalisé sur la partie enduite de la maquette (côté extérieur).

Observations en cours de cycles :

Aucune détérioration relevée.



Figure 4. Maquette 1 avant cycles chaleur-pluie

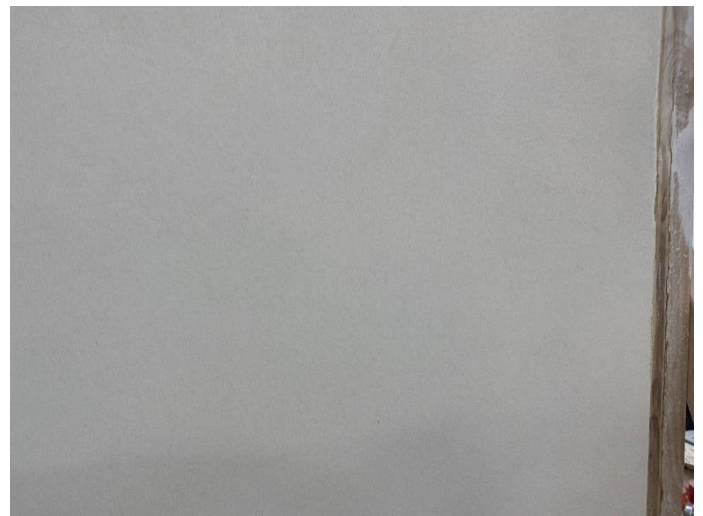


Figure 5. Maquette 1 après cycles chaleur-pluie

Variations de masses des maquettes « chaleur-pluie »

Maquette	Masse avant cycles kg	Masse après cycles kg	Variations de masse kg	Masse d'eau absorbée kg/m²
1	1285	1310	25,0	4,2
2	1286	1309	22,2	3,7

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

b. Teneur en eau des prélèvements effectués sur les maquettes « chaleur-pluie »

Après les cycles chaleur-pluie (26/05/2023), des carottages sont réalisés par tranches de 35 mm allant de l'enduit extérieur (1) jusqu'au parement intérieur de la paroi (8) sur les 30 cm de béton de chanvre au centre de la maquette.

Deux prélèvements complémentaires ont également été effectués au bord de la maquette pour avoir une estimation de la teneur en eau avant et après essai. Un prélèvement a été fait avant l'essai (02/05/2023 en zone non exposée à la pluie battante) et après l'essai (26/05/2023 en zone basse exposée à l'essai).

Les échantillons ont été pesés immédiatement après le prélèvement afin d'obtenir leur masse humide respective à chaque profondeur. Ensuite, ils ont été placés dans une étuve pour être séchés complètement, permettant ainsi d'obtenir la masse sèche correspondante à chaque profondeur. En utilisant la masse humide et la masse sèche de chaque échantillon prélevé à une profondeur donnée, nous avons déterminé la teneur en eau massique (Masse humide – Masse sèche) / Masse sèche.



Figure 6 - Positionnement des prélèvements

Taux d'humidité massique des prélèvements (%)

Localisation du prélèvement		Surface (enduit extérieur)						Parement intérieur	
Maquette	Date du prélèvement	1 (0-35 mm)	2 (35-75 mm)	3 (75-110mm)	4 (110-150 mm)	5 (150-180 mm)	6 (180-230 mm)	7 (230-265 mm)	8 (265-300 mm)
1	26/05/2023 (Centre)	2,4	16,5	20,5	20,6	19,6	20,5	20,4	19,0
2	02/05/2023 (Bord) ●	2,0	15,5	13,5	14,2				
	26/05/2023 (Bord) ○	0,8	17,0	18,2	17,4				
	26/05/2023 (Centre) ●	3,1	20,0	21,2	21,5	21,0	23,1	14,9	

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

La différence de taux d'humidité observée lors des prélèvements de la surface enduite (0 à 35 mm) s'explique par la présence de béton de chanvre à l'interface enduit/Béton de chanvre lors du carottage. Les photos ci-dessous montrent clairement que le taux d'humidité augmente en fonction de la quantité de chanvre présente dans l'échantillon d'enduit prélevé. Cette observation est particulièrement évidente pour l'échantillon du 26/05/2023, où la zone de prélèvement située en bordure, ne contenant que de l'enduit, affiche un taux d'humidité nettement inférieur par rapport aux autres prélèvements.



Figure 7 – Prélèvement 1 de la maquette 1 (26/05/2023) 2,4%



Figure 8 – Prélèvement 1 de la maquette 2 sur le bord (02/05/2023) – 2,0%



Figure 9 – Prélèvement 1 de la maquette 2 sur le bord (26/05/2023) – 2,0%



Figure 10 – Prélèvement 1 de la maquette 2 au centre (26/05/2023) – 3,1%

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

c. Essai de suivi du taux d'humidité du béton de chanvre

Date de démarrage des mesures : 26/10/2022

Mesure de l'humidité du béton de chanvre

Les maquettes ont été fabriquées en usine. Les capteurs ont été installés avant le coulage du béton de chanvre dans une des maquettes et une seconde maquette a été fabriquée pour réaliser des prélèvements afin de mesurer les masses humides et sèches des échantillons prélevés.

→ Par carottage :

Durant le séchage, des carottages ont été réalisés sur une maquette afin de mesurer la teneur en eau massique des échantillons sur plusieurs épaisseurs suivant le plan ci-après :

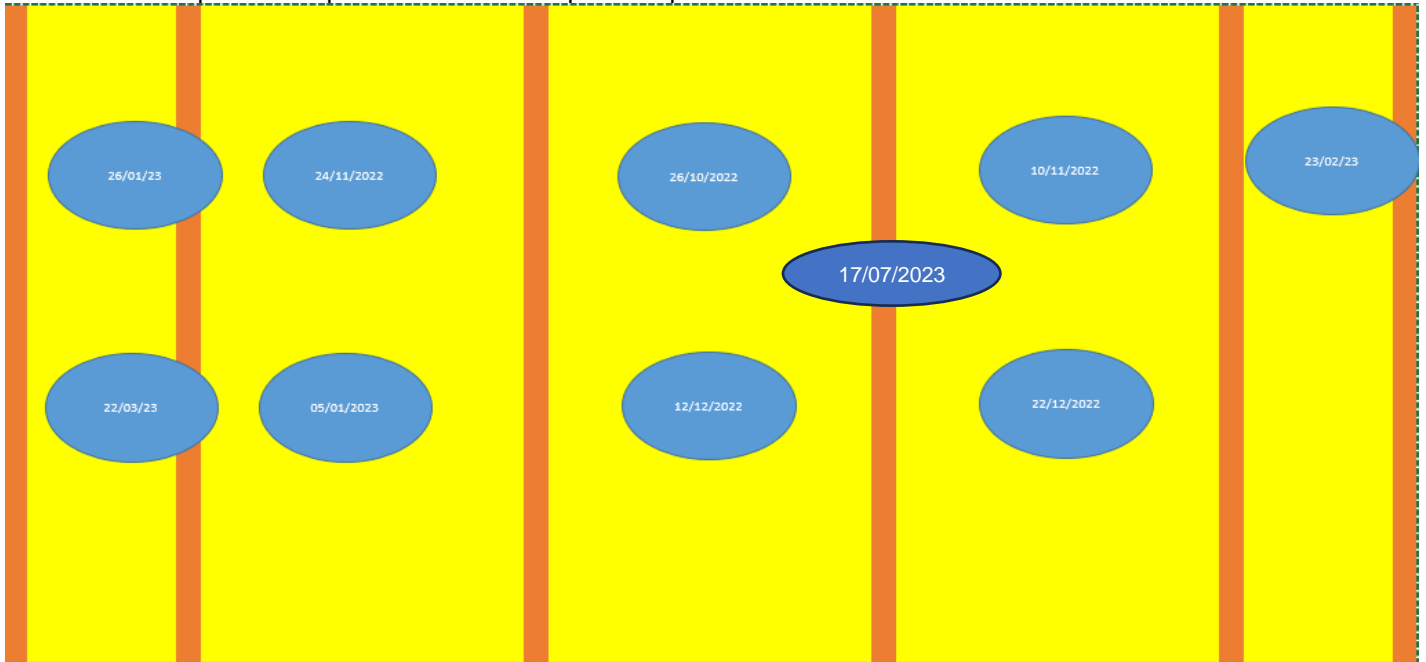


Figure 11 - Identification des prélèvements réalisés sur la maquette

Résultat de mesures des carottages

Les prélèvements ont été effectués à différents emplacements de la maquette, conformément au plan présenté dans la figure 11, afin de suivre l'évolution de la teneur en eau dans le béton de chanvre au fil du temps. Initialement, des prélèvements ont été effectués tous les 15 jours, puis la fréquence a été réduite à une fois par mois. Des échantillons ont été prélevés à différentes profondeurs de la maquette en utilisant une scie cloche, ce qui a permis d'obtenir des cylindres d'une épaisseur de 35 à 40 mm. Les profondeurs de prélèvement sont répertoriées dans le tableau 1 ci-après, de l'enduit extérieur (référence 1) au parement intérieur (référence 8).

Ces échantillons ont été pesés immédiatement après le prélèvement pour obtenir leur masse humide respective à chaque profondeur. Ensuite, les échantillons ont été placés dans une étuve pour les sécher complètement, afin d'obtenir la masse sèche correspondante à chaque profondeur. En utilisant la masse humide et la masse sèche de chaque échantillon prélevé à une profondeur donnée, la teneur en eau massique a été calculée en fonction de la profondeur ainsi que dans le temps, comme illustré dans le graphique de la figure 12.

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

Les courbes de teneur en eau massique de la maquette sont données ci-après :

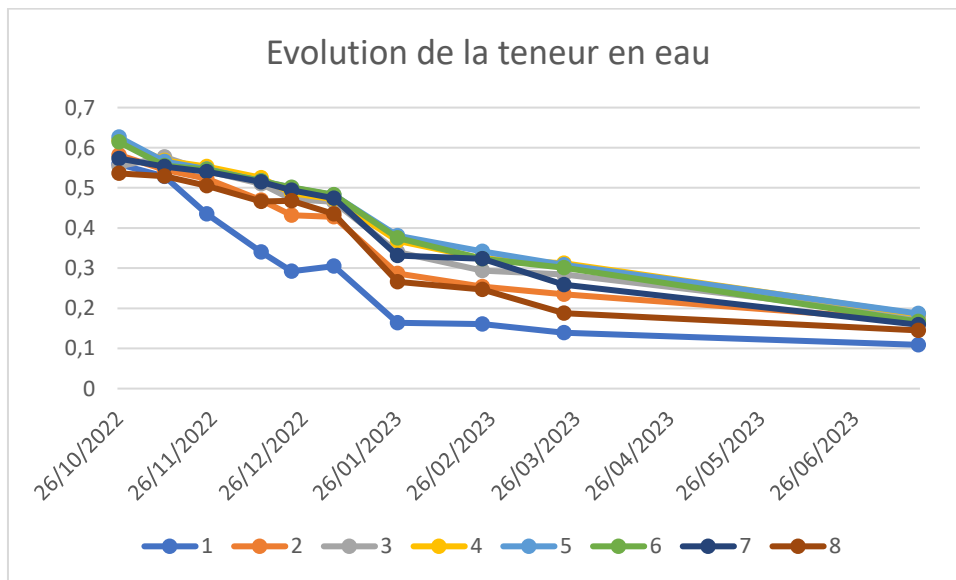
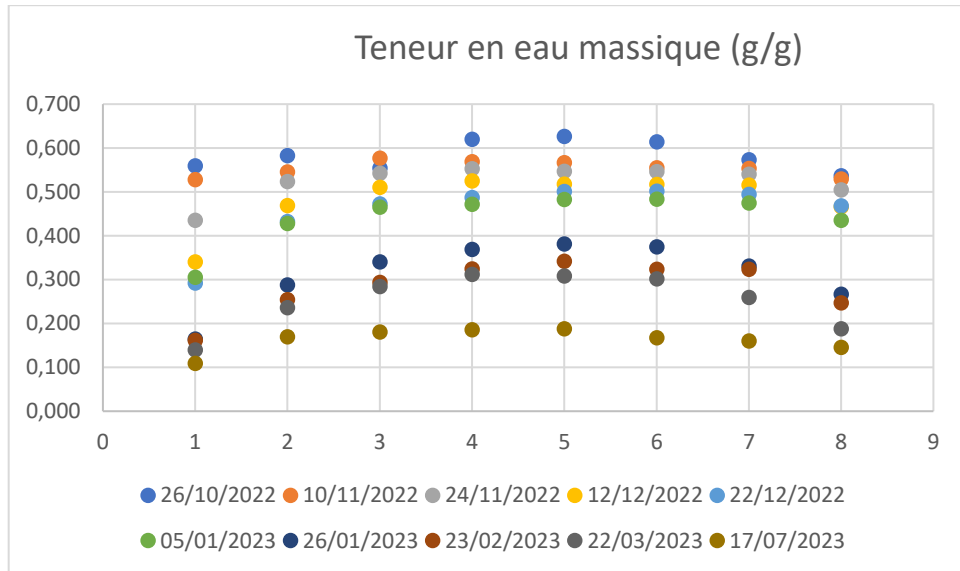


Figure 12 - Courbe des teneurs en eau massique sur béton de chanvre

Rapport d'essais n° DEB 22 03133-A

→ Par capteurs :

En ce qui concerne le suivi par capteurs, les capteurs d'humidité relative (HR) et de température ont été intégrés dans le bois et le béton de chanvre à trois profondeurs différentes. Le schéma ci-dessous illustre les emplacements des capteurs sur les maquettes de séchage. Pendant toute la période de suivi, allant d'octobre 2022 à juin 2023, ces capteurs sont restés saturés la majeure partie du temps. Ceux qui ont commencé à se désaturer l'ont fait à partir de février, mais la valeur minimale enregistrée au cours de cette période est restée élevée, autour de 90% d'humidité relative. Quant à la température mesurée par ces capteurs, elle suit exactement celle de l'environnement de stockage.

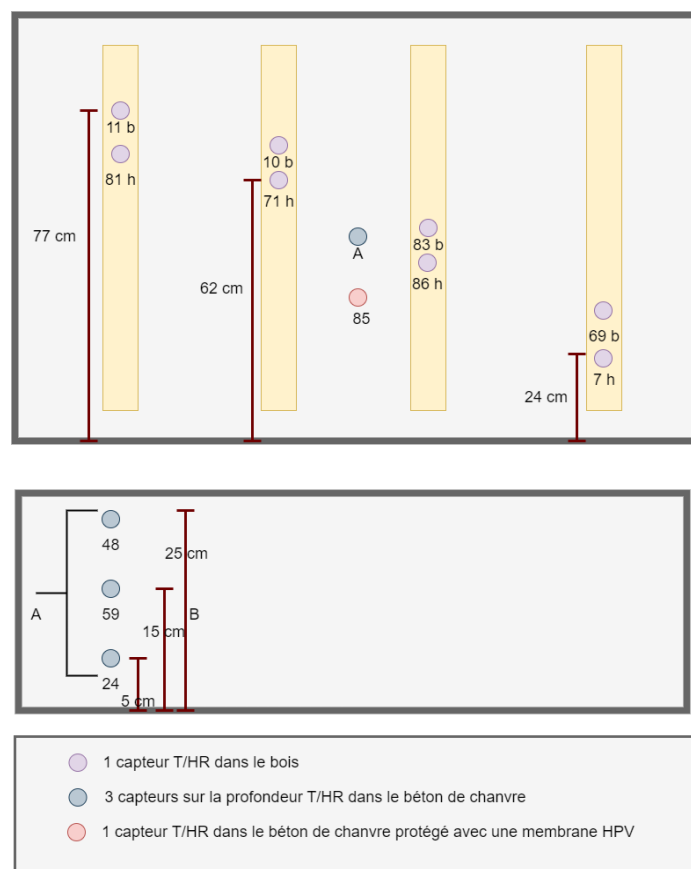


Figure 13 – Instrumentation de la maquette de suivi de séchage

Fin de rapport / End of report