

MEMORIAL TECHNIQUE

BETON DE BOIS

Giovanna PAIXAO // Année 2024-2025

Ecole National d'Ingénieurs de Saint- Etienne

Ingénierie Construction Saint Etienne IC42

Introduction

Dans le cadre de mon projet de fin d'études à l'École Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne, j'ai eu l'opportunité de travailler avec le béton de bois, en panneaux préfabriqués CS2, un matériau innovant récemment industrialisé en 2021. Cette expérience a marqué la première utilisation de ce matériau dans notre bureau d'études. J'ai dirigé les recherches nécessaires pour valider l'utilisation du béton de bois, en collaborant avec les ingénieurs d'IC42 et les concepteurs du matériau. J'ai également analysé et appliqué les directives de l'ATEX disponibles pour ce projet.

Les panneaux CS2, fabriqués par CCB Greentech ou ses partenaires sous licence TimberRoc, sont destinés à la réalisation de murs porteurs et/ou de contreventement. Composés de mortier de granulats de bois et de ciment, ces panneaux supportent les charges verticales et horizontales, assurent la stabilité au feu et le comportement parasismique grâce à des chaînages en béton armé. Ils peuvent être complétés par des poteaux ou poutres en béton armé pour des charges concentrées.

L'objectif de ce mémorial technique est de réunir toutes mes recherches, les réponses apportées à mes questions, des points qui n'ont pas encore été confirmés avec les concepteurs, présenter des études des points singuliers pour évaluer le comportement de l'ensemble de ma structure et un bref comparaisons économique et mécanique avec des principes constructifs similaires.

SOMMAIRE

Introduction	2
1. Présentation globale	4
2. Informations utiles : fonctionnement et mode d'emploi.....	5
• Liaison panneaux en béton de bois et chainages béton.....	5
• Limitation en dimensions des murs :	5
• Fondations :	5
• Clavetage en béton armée :	6
• Traitement des baies et ouvertures :	6
• Stabilité de l'ensemble de l'ouvrage.....	7
• Renforts en béton armée	7
• Linteaux :	7
• Acrotères :	8
• Cas particuliers :	8
3. Variétés et classifications	8
4. Description du Matériau.....	10
4.1 Composition.....	10
4.2 Propriétés physiques et chimiques.....	10
4.3 Propriétés Mécaniques ELU et ELS	11
4.4 Détermination de la charge admissible NRd	12
• Durabilité et longévité	16
• Isolation thermique et acoustique :	18
• Isolation acoustique :	18
• Finition :	18
5. Avantages et Inconvénients.....	20
6. Comparaison des Caractéristiques avec d'autres principes constructifs	20
7. Analyse de Coût	21
8. Documents de référence.....	22

1. Présentation globale

Le béton de bois est utilisé pour fabriquer des éléments préfabriqués, tels que des murs porteurs ou des panneaux de façade, qui sont ensuite assemblés sur site. Les performances mécaniques du béton de bois sont proches de celles de la maçonnerie traditionnelle.

Les principales caractéristiques de ce principe constructif de murs porteurs avec chaînages horizontaux et verticaux dimensionnés selon la zone sismique :

- Murs préfabriqués en béton de bois Timber Roc®
- Panneaux à assemblage sur chantier par clavetage en béton
- Réservations pour les chaînages intégrées
- Chaînages en béton armé à couler sur chantier
- Murs porteurs et/ou de contreventement

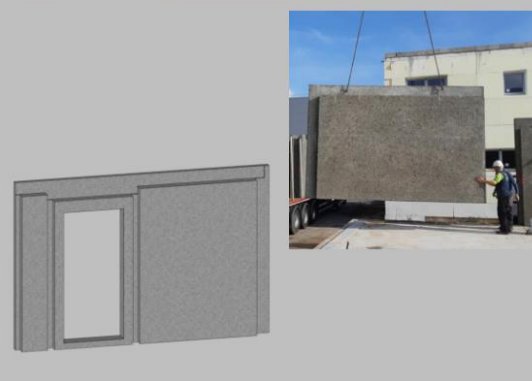
Mur porteur à chaînage béton (CS2)

Famille 2 (jusqu'à R+3) ou famille 3 avec surélévation de 3 niveaux

ATEx
de classe A

- ✓ Epaisseur : 24 à 40 cm
- ✓ Eléments Chaînages et linteaux en béton armé selon Eurocode 6 et 8
- ✓ Assemblage de deux panneaux par un chaînage béton aux jonctions verticales. Rive de dalle isolée intégrée
- ✓ Pose sur mortier colle en horizontal
- ✓ Intégration de feuillures et réservations possible
- ✓ Bilan Carbone / ACV Dynamique
 - 11 kg CO₂/m² en épaisseur 24 cm
 - 17 kg CO₂/m² en épaisseur 30 cm

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE
BREVET DÉPOSÉ



2. Informations utiles : fonctionnement et mode d'emploi

- **Liaison panneaux en béton de bois et chainages béton** : La liaison entre le chaînage en béton armé (ou les éléments de renfort en béton armé) et les panneaux en béton de bois est réalisée par adhérence béton/béton de bois (le coulage du béton est réalisé après la mise en œuvre des panneaux). [**\$1° page 2 ATEx**] de façon similaire à la construction en maçonnerie de blocs ou briques.
- **Limitation en dimensions des murs** : [**\$3.1 page 9 ATEx**].
 - Hauteur panneau : 330cm (380cm avec relevé planelle/acrotère)
 - Longueur panneau : 800cm
 - Epaisseurs murs de rives : 24cm à 40cm.
 - Epaisseurs murs de refend : 20cm à 40cm.
 - Dimensions maximums des ouvertures intégrées : 300cm * 270cm (Largeur * Hauteur)
 - Planelle intégrée pour les appuis des dalles. L'ATEx n'indique pas la dimension mini de la planelle pour les dalles, mais il indique l'appui mini des dalles comme : [**\$4.7.3 page 43 ATEx**].
 - Au 2/3 de l'épaisseur pour les parois d'épaisseur < 30 cm
 - Au 3/5 de l'épaisseur pour les parois d'épaisseur ≥ 30
 - Hauteur totale du bâtiment : ne doit pas dépasser 28 mètres au niveau du plancher bas du dernier niveau
 - Surélévation : 3 niveaux maximum sur des bâtiments de 1ère famille, 2ème famille et 3ème famille en béton armé. Le dernier niveau en béton de bois CS2 peut accueillir un attique si les vérifications de structure le permettent.
- **Fondations** :
 - Les panneaux **ne sont pas** destinés à être utilisés en mur enterrés [**\$1.2 de l'ATEx**].

- La première assise des murs ne dépasse pas de plus de 20 mm le bord d'un plancher ou d'une fondation.
- Risques de la remontée de capillarité : Mêmes précautions prises pour la maçonnerie dans le DTU 20.1. [**§4.3.3 page 12 ATEx**].

- **Clavetage en béton armée :**

- Selon la zone et la catégorie sismique, la synthèse est donnée par classification en configurations de A à E [**§4.4 page 14 ATEx**]
- Le rôle des chaînages est de ceinturer les panneaux de murs et les planchers. Ils doivent être liés entre eux. [**§4.5.1 et §4.6.1 ATEx**]
- Chaque liaison verticale entre 2 panneaux adjacents doit accueillir un chaînage coulé sur chantier. [**§4.6.1 ATEx**]
- Continuité des chaînages et enrobage des armatures est similaire à celle d'une maçonnerie chaînée relevant du DTU 20.1 [**§4.6.1 page 27 ATEx**]
- Le ferrailage requis pour chaque chaînage est donné dans §4.6.2 page 37 de l'ATEx pour un bâtiment en configuration A et §4.6.3 et §4.6.4 pour les autres configurations.
- A noter qu'on peut remplacer les chaînages de renfort d'ouverture sur les zones verticales par des chaînages secondaires ou principaux. Les chaînages de renfort d'ouverture ou les chaînages verticaux de substitution doivent se situer à une distance inférieure à 35 cm du bord vertical du tableau de l'ouverture. Les chaînages principaux peuvent être substitués par des chaînages secondaires si un chaînage principal est disposé à moins de 120cm.

- **Traitement des baies et ouvertures : [**§4.6.1 ATEx**]**

- Dimensions des trumeaux : minimum de 60 cm plein en béton de bois.
- La longueur de retours d'angles d'un bâtiment doit être au minimum de 60 cm.
- Il est possible de réduire cette longueur en insérant des éléments porteurs en béton armé de type poteaux, **sans être inférieur à une longueur de 40cm.**

- Les appuis de baies sont réalisés sur chantier ou en éléments préfabriqués (béton, pierre, terre cuite). Leur mise en œuvre doit suivre les dispositions précisées au NF DTU 20.1 P1.1 **[\$4.8.3 ATEx]**
- Les tableaux de baies sont réalisés directement dans les panneaux CS2 par coffrage lors de la fabrication. La position des ouvertures doit respecter les indications géométriques données dans l'annexe n°1 « Conception des Panneaux CS2 et règles techniques de dessin ».

- **Stabilité de l'ensemble de l'ouvrage**

- Les panneaux de mur CS2 TimberRoc reprennent les efforts verticaux et horizontaux – Les vérifications sont conduites à l'Etat Limite Ultime.
- Les points singuliers à vérifier (charge concentrée, linteau de porte/fenêtre, encadrement de baie) sont les mêmes que pour les ouvrages en maçonnerie traditionnelle.

- **Renforts en béton armé [\$4.6.1 page 28 ATEx et §4.10.2 page 49 ATEx]**

- Lorsque les charges à supporter imposent la disposition d'un élément porteur en béton armé, le panneau CS2 peut servir de coffrage à cet élément.
- L'exécution de ce renfort en béton armé doit respecter les exigences du NF DTU 21.
- Les panneaux CS2 peuvent aussi intégrer directement à la fabrication des éléments de renfort en béton armé si les dispositions de continuité des armatures métalliques sont bien applicables sur le chantier par la suite.

- **Linteaux :**

Les linteaux sont en béton armé, soient coulés en usine et intégrés au panneau CS2, soient coulés sur chantier en retombée du chaînage horizontal. La longueur d'appui des linteaux sur les murs CS2 ne peut être inférieure à 24cm. Dans le cas d'ouvertures accueillant des renforts chaînés verticaux, le linteau doit à minima appuyer jusqu'à la limite extérieure des chaînages de renforts verticaux.

- **Acrotères :**

- Classification des acrotères haut et bas comme dans le béton
- Les joints de fractionnement sont à prévoir comme pour le béton ont définies en référence au DTU 20.1 P4

- **Cas particuliers :**

- 4.10.1. Bâtiments de grande hauteur et portes sectionnelles
- 4.10.2. Mix avec éléments porteurs en béton armé de types poteaux et poutres
- 4.10.3. Planchers en balcon
- 4.10.5. Bâtiments en surélévation
- Les panneaux ne peuvent pas travailler en poutre voile.
- Les formes géométriques des panneaux restent classiques, il n'est pas possible d'avoir des voiles courbes ou une géométrie spécifique.

3. Variétés et classifications

Selon la configuration, en particulier la taille du bâtiment, le béton de bois peut être utilisé dans différents principes constructifs :

LES PRINCIPES CONSTRUCTIFS		Document technique associé
WS1	Mur porteur à ossature bois intégrée	ETN
 CS2	Mur porteur à chaînage béton	ATEX de cas A obtenue en 2022
 FP2	Façade non porteuse - Autoporteuse	ATEX de cas A obtenue en Février 2023
 FP3	Façade non porteuse – Ancrée nez de dalle	ATEX de cas A obtenue en Février 2023
DS1	Prédalle nervurée	ATEX de cas A attendue pour le 2nd trimestre 2024

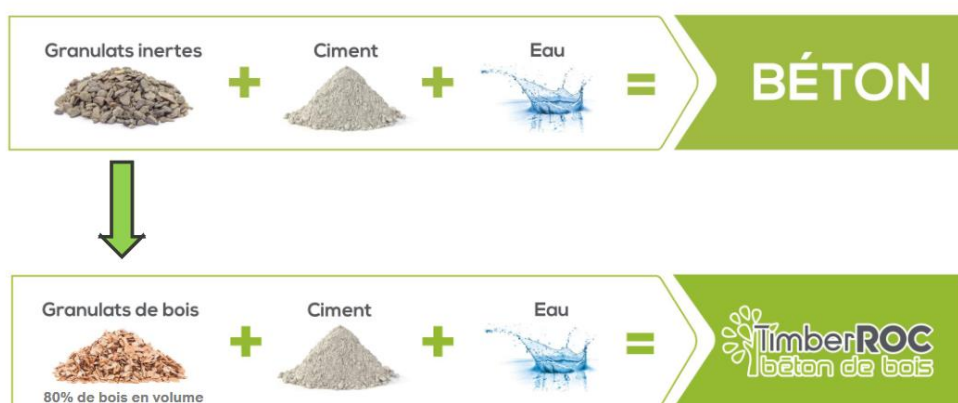
- **Murs porteurs à ossature bois et chaînage bois (WSI)** : les panneaux (30 à 34 cm d'épaisseur) sont vissés entre eux, et constituent eux-mêmes la structure bois. Ils requièrent simplement une isolation complémentaire. Ce principe convient aux maisons individuelles (R+1).
- **Murs porteurs à chaînage béton armé (CS2)** : les panneaux (20 à 30 cm d'épaisseur) intègrent des réservations sur-mesure, dans lesquelles est coulé un chaînage en béton armé sur le chantier pour les assembler, en intégrant une rive de dalle isolée. Ce principe convient aux bâtiments jusqu'à R+3.
- **Murs de façade filante (FP2&3)** : les panneaux (16 à 20 cm d'épaisseur) s'intègrent dans une structure poteaux – dalles. Ils peuvent être autoporteurs jusqu'à R+3, au-delà ils s'ancrent dans les nez de dalle pour des immeubles jusqu'à R+10.
- **Planchers en prédalle nervurée (DS1)** : les panneaux nervurés intègrent des poutrelles en béton armé. Si leur utilisation permet de réduire la quantité de béton armé utilisée par rapport à des alternatives comme la « Dalle BB » et le bilan carbone, son épaisseur (entre 16 et 20 cm) supérieure à la moyenne peut être vue une contrainte pour la construction d'immeuble, puisqu'elle peut réduire le nombre d'étages à hauteur égale.

4. Description du Matériau

• 4.1 Composition

Les panneaux préfabriqués CS2 sont réalisés à partir d'un mortier à base de :

- Granulat de bois résineux broyées,
- Additifs minéraux - chaux,
- Ciment CE ou NF de type CEM I, CEM II ou CEMIII d'indice 42,5 ou 52,5,
- Eau



4.2 Propriétés physiques et chimiques

Matériau	σ (Résistance normalisée)	λ (W/m.K)	ρ_{moyen} (kg/m ³)	μ (Coefficient de diffusion de la vapeur d'eau)	α (Coefficient de dilatation thermique)	CCM (Chaleur de combustion mobilisable) (MJ/kg)
Béton de bois TimberRoc	> 4 Mpa	0,16	800 (stabilisé en utilisation)	10 (coupelle humide) 40 (coupelle sèche)	$18 \cdot 10^{-6} \text{ (K}^{-1}\text{)}$	0,108MJ/kg (en 24cm)

Tableau DT01 : Caractéristiques principales du TimberRoc F800

4.3 Propriétés Mécaniques ELU et ELS

En dimensionnement ELU, le béton de bois a les caractéristiques suivantes :

Paramètre	Valeur	Unité	Définition
f_m	4,00	MPa	Résistance moyenne à la compression
f_k	3,00	MPa	Résistance caractéristique à la compression
$\gamma_{M\ ELU}$	2,2		Coefficient partiel de sécurité ELU
f_{d_ELU}	1,36	MPa	Valeur de calcul ELU pour la résistance à la compression ($\gamma_{M\ ELU} = 2,2$)
$f_{d_ELU_séisme}$	2	MPa	Valeur de calcul de la résistance à la compression pour les actions sismiques ($\gamma_{M\ ELU_séisme} = 1,5$)
f_{xk}	1,4	MPa	Résistance caractéristique à la flexion
f_{vk0_m}	0,38	MPa	Résistance initiale au cisaillement de l'interface béton de bois – mortier
f_{vk0_b}	0,53	MPa	Résistance initiale au cisaillement de l'interface béton de bois – béton
E	2000	MPa	Module d'élasticité
ρ	800	Kg/m ³	Masse volumique du béton de bois

Tableau DT05 : Valeurs de calcul à retenir pour le dimensionnement à l'ELU

Coefficient de fluage = **1,9**

F_{lim_feu} = 220 kN/ml

4.5.3. Dimensionnement à l'état limite de service (ELS)

En complément des indications du paragraphe §7 de l'Eurocode 6, et afin de maintenir les effets du fluage à un niveau acceptable pour le fonctionnement de la structure, la contrainte de compression dans le béton de bois, sous combinaison ELS quasi-permanent, est limitée à :

$$\sigma_{ELS\ QP} \leq 0,8\ MPa$$

- **Discussion sur les caractéristiques annoncées**

$f_{d,ELU}$ = La valeur de calcul ELU de 1,36 MPa pour la résistance à la compression est très basse, pire que la brique. Cela nous oblige quasi systématiquement à prévoir des sommiers en béton pour les poutres de façade.

E = Le module d'élasticité est également très bas, soit 15 fois moins important que le béton. La mise en place de ces deux matériaux liés peut nous inciter à interroger sur le fonctionnement de la structure globale étant donné que ce comportement du béton de bois puisse entraîner des contraintes supplémentaires dans certaines zones.

Pour nous assurer de la stabilité du bâtiment, nous avons mené des calculs simples et effectué des vérifications locales concernant le fonctionnement béton/béton de bois, notamment au droit des trumeaux en béton et au droit du rencontre des façades et des murs de refend.

Sous une charge maximale admissible de 16,4 t/ml, les panneaux d'une hauteur de 3,00 m présentent un tassement de l'ordre de 0,5 mm, tandis que le béton montre un tassement pratiquement nul. Ce tassement est négligeable et ne cause pas de désordres ponctuels.

4.4 Détermination de la charge admissible NRd

Mur soumis principalement à un chargement vertical répartie

$$N_{Rd} = l \times t \times f_d \times \Phi$$

Avec :

l : longueur du mur,

t : épaisseur du mur [m],

f_d : valeur de calcul de la résistance à la compression du mur [kPa],

Φ : coefficient de réduction pour tenir compte de l'éclatement du mur, de l'excentricité des charges verticales appliquées.

Le calcul du coefficient de réduction est effectué selon la méthode décrite au paragraphe « 6.1.2.2 Coefficient de réduction pour l'élancement et l'excentricité » de l'EC6-1. La valeur à retenir dans le calcul est la plus petite des deux valeurs Φ_i et Φ_m :

$$\Phi = \min(\Phi_i; \Phi_m)$$

Avec :

$$\Phi_i = 0,8 \times \left(1 - 2 \frac{e_i}{t}\right) : \text{coefficient de réduction calculé en tête ou en pied de mur,}$$

$$\Phi_m = A_1 e^{\left(-\frac{u^2}{2}\right)} : \text{coefficient de réduction calculé à mi-hauteur.}$$

Avec :

e_i : excentricité totale en tête ou pied de mur

t : épaisseur du mur [m],

Et :

$$A_1 = 1 - 2 \frac{e_m}{t} \qquad u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_m}{t}} \qquad \lambda = \frac{hef}{t} \sqrt{\frac{f_k}{E}}$$

Avec hauteur effective du mur déterminée selon EC6 § 5.5.1.2 Hauteur effective des murs de maçonnerie.

- Pour les murs liés en tête et en pied à un plancher en béton armé portant dans un seul sens et ayant un appui d'au moins les 2/3 de l'épaisseur du mur (cas général pour le système CS2), la **hauteur effective est prise égale à 0,75 fois la hauteur libre** (EC6 § 5.5.1.2 Hauteur effective des murs de maçonnerie)

Le calcul de l'excentricité totale, e_i ou e_m , est détaillé dans la norme EC6-1 (§ 6.1.2.2) : elle comprend obligatoirement une composante liée à l'excentrement des charges et une composante liée aux imperfections géométriques, et ne peut être inférieure au 1/20^{ème} de l'épaisseur.

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_h + e_{init} \geq 0,05t$$

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} \geq 0,05t$$

L'excentricité liée aux imperfections géométriques est prise égale à (EC6-1 §5.5.1.1 (4)) :

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$$

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs du coefficient Φ pour différentes configurations de murs simple hauteur dont l'élancement ≤ 15 , les hypothèses (hauteur libre, hauteur effective, épaisseur, charge centrée ou excentrée) sont précisées dans chaque cas :

Coefficient Φ pour une charge centrée – $h_{ef} = h$		hauteur [m]				
		2,4	2,6	2,8	3	3,3
épaisseur [m]	0,2	0,72	0,72	0,72	0,70	--
	0,24	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	0,3	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72

Tableau DT06 : coefficient réducteur en fonction de la hauteur et de l'épaisseur du mur – charge centrée

Coefficient Φ pour une charge centrée – $h_{ef} = 0,75 h$		hauteur [m]				
		2,4	2,6	2,8	3	3,3
épaisseur [m]	0,2	0,72	0,72	0,72	0,72	--
	0,24	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	0,3	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72

Tableau DT07 : coefficient réducteur en fonction de la hauteur et de l'épaisseur du mur – charge centrée

Coefficient Φ pour une charge excentrée – hef = h		hauteur [m]				
		2,4	2,6	2,8	3	3,3
épaisseur [m]	0,2	0,45	0,41	--	--	--
	0,24	0,50	0,48	0,46	0,43	0,39
	0,3	0,50	0,50	0,50	0,50	0,48

Tableau DT08 : coefficient réducteur en fonction de la hauteur et de l'épaisseur du mur – charge excentrée

Coefficient Φ pour une charge excentrée – hef = 0,75 h		hauteur [m]				
		2,4	2,6	2,8	3	3,3
épaisseur [m]	0,2	0,50	0,50	--	--	--
	0,24	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50
	0,3	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50

Tableau DT09 : coefficient réducteur en fonction de la hauteur et de l'épaisseur du mur – charge excentrée

Charge admissible NRd [kN/ml]		hauteur [m]				
		2,4	2,6	2,8	3	3,3
épaisseur [m]	0,2	196	196	196	196	--
	0,24	236	236	236	236	236
	0,3	295	295	295	295	295

Tableau DT10 : charge admissible pour un mur soumis à une charge centrée

Charge admissible NRd [kN/ml]		hauteur [m]				
		2,4	2,6	2,8	3	3,3
épaisseur [m]	0,2	137	136	--	--	--
	0,24	166	165	164	164	163
	0,3	209	209	208	207	206

Tableau DT11 : charge admissible pour un mur soumis à une charge excentrée

Dans notre cas $\Phi = 0,72$ pour une charge centrée et $\Phi = 0,50$ pour une charge excentrée

$$N_{Rd} = l \times t \times f_d \times \Phi$$

$$N_{Rd} = 1,00 \times 0,24 \times \frac{3000}{2,2} \times 0,72 = \mathbf{235,6 \text{ kN/mL}}$$

$$N_{Rd} = 1,00 \times 0,24 \times \frac{3000}{2,2} \times 0,50 = \mathbf{163,6 \text{ kN/mL}}$$

- **Durabilité et longévité**

La durabilité et longévité des panneaux CS2 retirées de la fiche de déclaration environnementale et sanitaire du produit Panneau TimberRoc CS2 Epaisseur 24cm.

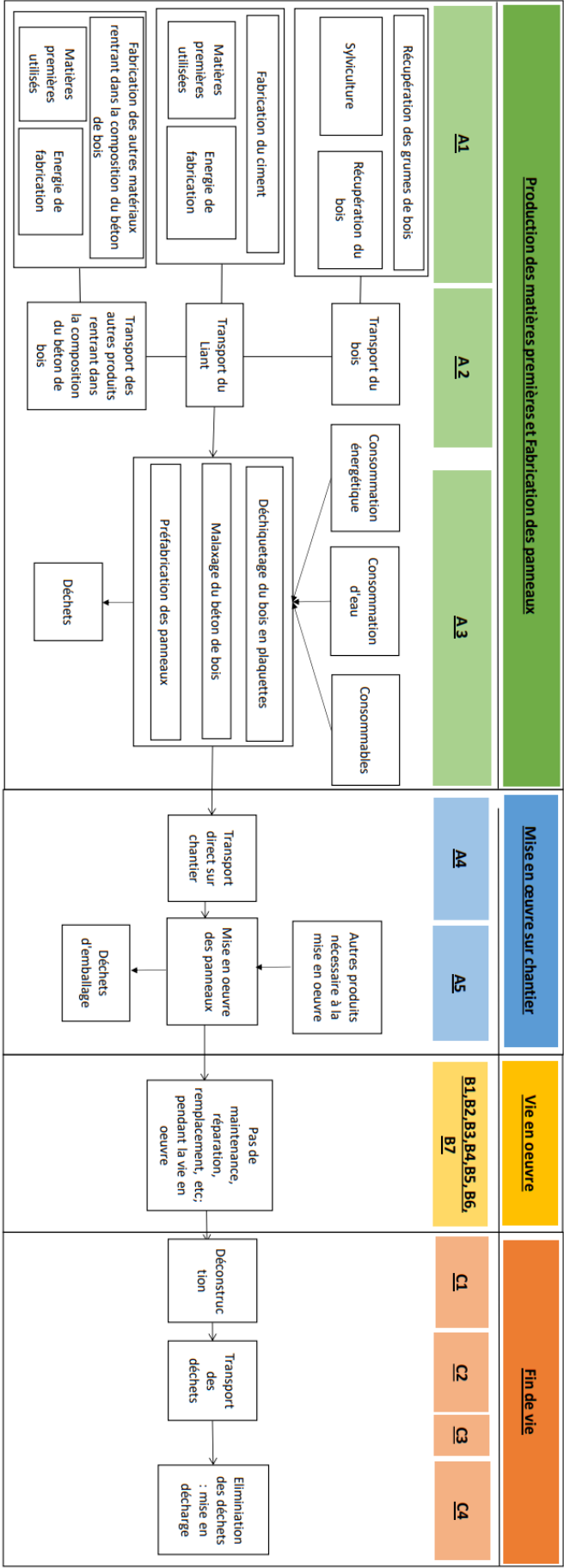
8. Description de la durée de vie de référence (si applicable et conformément aux §7.2.2 de la NF EN 15804+A1)

Paramètres	Valeurs
Durée de vie de référence	100 ans
Propriétés déclarées du produit et finitions, etc.	Le panneau TimberRoc CS2 est structurant et peut être utilisé en zone sismique de 1 à 4 pour : •Bâtiment d'habitation: individuel ou collectifs de 1°et 2°famille (R+3) •Bâtiment à usage non résidentiel •Etablissement Recevant du Public de catégorie 1 à 5 (ERP) •Bâtiment industriel ou agricole jusqu'à 8m •Surélévation sur des bâtiments existants jusqu'en famille 3 Le panneau TimberRoc apporte également une isolation thermique répartie dans l'épaisseur du mur et des propriétés de régulation de l'hygrothermie. Sa conductivité thermique a été déterminée selon les règles TH-U
Paramètres théoriques d'application y compris références aux pratiques appropriées	Le panneau TimberRoc CS2 doit être mis en œuvre conformément aux prescriptions du fabricant et de l'ATEX n°3044-V1.
Qualité présumée des travaux lorsque l'installation est conforme aux instructions du fabricant	La qualité des travaux est présumée conforme aux recommandations du fabricant.
Environnement extérieur (pour les applications en extérieur)	Le produit peut être mis en œuvre partout en France métropolitaines en tenant compte des dispositions de l'ATEX n°3044-V1.
Environnement intérieur (pour les applications en intérieur)	
Conditions d'utilisation	Le produit doit être mis en œuvre dans des conditions conformes aux prescriptions du fabricant.
Maintenance	Aucune maintenance ou entretien n'est nécessaire pendant la durée de vie du produit.

Termites - Le matériau béton de bois n'est pas une source de nourriture pour les termites.

Resistance mycologique - Dans cette condition climatique (95% +/-5% d'humidité relative et 23°C +/-2°C - après un trempage préalable de 2 jours dans l'eau) d'exposition aux moisissures pendant 3 semaines, le béton de bois testé est résistant au développement des moisissures.

Le cycle de vie du produit est présenté ci-dessous :



- **Isolation thermique et acoustique :**

Le béton de bois a une conductivité thermique, qui définit son aptitude à laisser passer la chaleur, de **0,16 W/m.K**. Bien plus faible que pour le béton classique (de l'ordre de 1,7 W/m.K), cette valeur ne le place cependant pas au niveau des isolants. Il est possible d'appliquer une couche d'isolation supplémentaire coté extérieur.

Ce matériau se distingue par sa grande inertie thermique, c'est-à-dire à sa capacité à se maintenir à une température constante malgré les variations de la température extérieur, contribuant fortement au confort d'été des logements :

- Avec un **taux d'amortissement de 96 %**, les variations de température des parois seront très limitées.
- **Son déphasage thermique** – c'est-à-dire le temps que la chaleur met à traverser une paroi – est **d'environ 18 heures** (pour 30 cm d'épaisseur), une des valeurs les plus élevées parmi les matériaux existants. Cela signifie qu'en cas de forte chaleur pendant la journée, le logement restera à une température inférieure à l'extérieur, en attendant de profiter de la fraîcheur de la nuit.

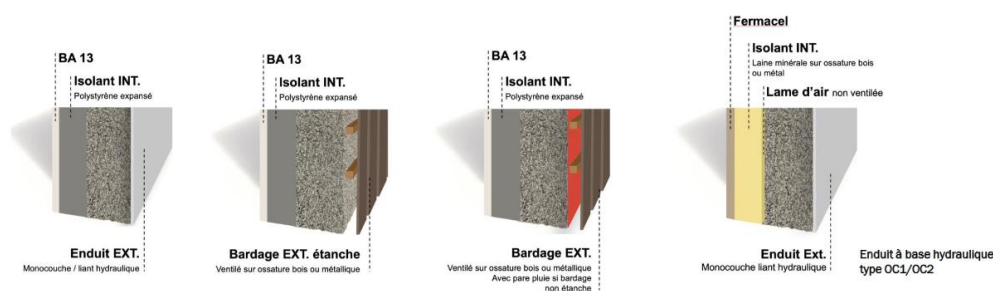
- **Isolation acoustique :**

Le coefficient de réverbération **Alpha_w d'un panneau en béton de bois est de 0.7**, soit un niveau proche de celui des panneaux acoustiques. Il y a donc une absorption acoustique remarquable.

- **Finition :**

Les panneaux CS2 en béton de bois TimberRoc ne garantissent pas l'étanchéité à l'air requise par la réglementation : il est nécessaire de prévoir des solutions complémentaires par enduisage extérieur, enduisage intérieur ou avec des complexes d'isolation ou de pare-vapeur du côté extérieur ou intérieur **[\$8.6 ATE]**

ITI : En ITI, les planelles intégrées sur les panneaux en nez de dalle contribuent à réduire les ponts thermiques.



Thermique	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 12 cm Ep. Béton de bois = 24 cm	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 12 cm Ep. Béton de bois = 24 cm	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 12 cm Ep. Béton de bois = 24 cm	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 14 cm Ep. Béton de bois = 24 cm
Etanchéité AIR / EAU	✓	✓	✓	✓
Déphasage	EXCELLENT Supp. À 14h	EXCELLENT Supp. À 14h	EXCELLENT Supp. À 14h	EXCELLENT Supp. À 14h
Perspirance	BONNE	BONNE	MOYENNE	EXCELLENTE
Acoustique	> 60 dB	> 43 dB	> 43 dB	> 60 dB

ITE : Le béton de bois TimberRoc fonctionne également bien en ITE.



Thermique	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 14 cm Ep. Béton de bois = 24 cm	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 14 cm Ep. Béton de bois = 24 cm	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 12 cm Ep. Béton de bois = 24 cm	Pour R=5 (m².K/W) Ep. Isolant = 12 cm Ep. Béton de bois = 24 cm
Etanchéité AIR / EAU	✓	✓	✓	✓
Déphasage	BON	BON	MOYEN	MOYEN
Perspirance	MOYENNE	MOYENNE	MOYENNE	MOYENNE
Acoustique	> 38 dB	> 38 dB	> 43 dB	> 45 dB

5. Avantages et Inconvénients

- **Avantages :**

- Inertie très importante
- Matériau léger
- Bilan carbone négatif
- Ininflammable
- Installation rapide et silencieuse
- Conformité RE2020
- Performance : Durable, résistant au feu, bon isolant acoustique, et offre un confort thermique toute l'année.
- Applications structurales : Utilisable pour des murs porteurs jusqu'à R+3 et des façades jusqu'à 10 étages.
- Mise en œuvre rapide : Construction rapide et coûts optimisés grâce à la préfabrication.
- Recyclabilité : Bon taux de réutilisation, favorisant le recyclage.
- Innovation : Technologie brevetée, alliant béton de bois et béton armé.

- **Inconvénients**

- Utilisation de ciment : Toujours dépendant du ciment, une source importante d'émissions de CO₂.
- Étanchéité et isolation : Nécessite des traitements supplémentaires pour l'étanchéité et l'isolation.
- Applications limitées : Actuellement limité à certains types de constructions, comme les murs porteurs et les façades.
- Adoption limitée : Encore peu de projets réalisés, ce qui peut freiner son adoption à grande échelle.

6. Comparaison des Caractéristiques avec d'autres principes constructifs

	Béton de Bois	BioBrique – Terre cuite	Béton C25/30
f_m [MPa]	4,00	8,8 à 11,3	25
f_k [MPa]	3,00	2,8 à 5,8	30
γ_m ELU	2,2	2,5	1,5
f_d ELU [MPa]	1,36	1,12 à 2,32	16,67
Fl_{lim} au feu [t/ml]	22,0	14,0	-
ρ [kg/m ³]	800	620 à 875	2500
E [MPa]	2000	2800 à 5800	31000
λ [W/m.k]	0,16	0,7 à 1,2	2,1 à 2,3
Bilan Carbone kg CO ₂ e/m ²	-40 à -70	40	250 à 350

7. Analyse de Coût

Le coût estimatif pour un voile ou une dalle en béton de bois est compris entre **180€ et 220€ par m²**, en fonction des épaisseurs et des choix constructifs. Ce montant est indicatif, les prix précis étant déterminés par les préfabriquant et les maçons. En revanche, une évaluation du coût/bénéfice doit être faite, car ce principe constructif permet de réaliser des économies par ailleurs :

Fondations plus légères : Moins de renforcement nécessaire grâce à un poids trois fois inférieur à celui du béton traditionnel.

Système constructif écoconçu : Réduction des besoins en rupteurs thermiques.

Économies d'énergie : Meilleure inertie thermique, réduisant les besoins en climatisation.

Biosourcé abordable : Coût estimé à 4€ par kg de matériau biosourcé, contre 12€ pour le MOB, avec 80% de bois en volume pour un faible impact carbone.

- **Comparaison avec d'autres matériaux** :

Les couts du béton de bois indiqués se sont les coûts estimatifs fournis/posés, les autres sont des valeurs estimatives rencontrées sur internet direct avec les fournisseurs.

	Béton de Bois	Brique – Terre cuite	Maçonnerie Composite	Béton
Cout €/m ²	180 - 220	50 - 80	70 à 110	50 à 80

8. Documents de référence

Normes

- NF DTU 20.1
- NF DTU 26.1
- NF EN 1990 (Eurocode 0)
- NF EN 1991 (Eurocode 1)
- NF EN 1992 (Eurocode 2)
- EN 1996 (Eurocode 6)
- EN 1998 (Eurocode 8)
- NF EN 206

Documents Technique béton de bois et d'autres principes constructifs :

ATEx - APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION N° de référence CSTB : 3044_V1 :

<https://ccbgreentech.com/upload/data/files/DOCS/3044-v1%20%281%29.pdf>

Principe constructif CS2 :

<https://ccbgreentech.com/upload/data/files/ACTIVITE/Principe%20constructif%20TimberRoc%20CS2%20-%20V2.2.pdf>

Présentation du béton de bois TimberRock :

https://ccbgreentech.com/upload/data/files/Pr%C3%A9sentation_Beton_de_bois_TimberRoc%20Avril%202024.pdf

Document RE9 : Rapport d'essais du LMC2 de Mai 2022 « **Essais sur béton de bois : Essais de fluage en compression** » Disponible via demande au bureau d'étude responsable pour la conception

bio'bric. (n.d.). *Document Technique Fabricant - Briques de mur bgv montées au mortier joint mince GAMME BIO'BRIC SUD* (Édition mars 2024)
<https://www.biobric.com/documents/1310>

Sites internet :

Concilier confort d'été et construction décarbonée avec le béton de bois. Disponible en : <https://www.adaptaville.fr/concilier-confort-d-ete-et-construction-decarbonee-le-beton-de-bois>>. Access en : 02 août. 2024.

GULLYWEB. **Documentation CCB Greentech - Solutions constructives murs - Planchers - Béton de Bois - TimberRoc.** Disponible en : <<https://ccbgreentech.com/66-documentation-ccb-greentech-beton-de-bois-timberroc.htm>>.

Comment le béton de bois s'implante dans la construction - ByBeton. Disponible en :https://bybeton.fr/grand_format/comment-le-beton-de-bois-simplante-dans-la-construction.

FRÉDÉRIC BURGUIÈRE. **Le béton de bois pour décarboner les constructions de demain.** Disponible en <<https://www.futura-sciences.com/maison/actualites/batiment-beton-bois-decarboner-constructions-demain-96874/>>

Béton de bois de CCB GREENTECH : fiche produit et informations techniques sur Materiaux.archi. Disponible en: <https://www.materiaux.archi/produits/ccb-greentech/murs-et-facades-lourdes-prefabriquees-beton-de-bois_12652>.

RE 2020 : tout savoir sur la future réglementation. (n.d.). Biobric. <https://www.biobric.com/tout-savoir-re-2020>.

ETUDES ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU BETON DE BOIS CCB GREENTECH.

https://beton-de-bois.fr/upload/data/files/DOCS/ETUDE_SOLAB_JUILLET_2022.pdf