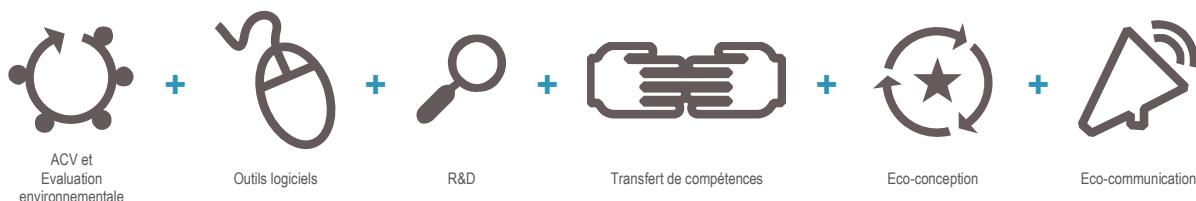




## EMPREINTE CARBONE COMPARATIVE D'UNE SOLUTION CONSTRUCTIVE BOIS

### Rapport d'évaluation



COMMANDITAIRE :  
SYBOIS – Groupe Millet Industrie



30 DECEMBRE 2014

REALISATION :

François Danic

EVEA - 35 rue de Crucy - 44000 Nantes

S.A.S. au capital de 37 050 € - SIREN 481 273 423 – [www.evea-conseil.com](http://www.evea-conseil.com)

# SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	4
2	METHODE EMPLOYEE.....	5
3	RESULTATS.....	7
4	COMPARAISON.....	12
5	ANNEXES.....	14

## GLOSSAIRE :

### **Carbone**

Ce terme est ici équivalent dans son emploi aux Gaz à Effet de Serre (GES), qui sont exprimés en tonne équivalent CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone).

### **Changement climatique**

Désigne l'ensemble des perturbations climatologiques causées par l'augmentation de l'effet de serre et imputées en majorité aux activités de l'homme.

### **Effet de serre**

Processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures de la Terre.

### **Émissions de GES**

Libération de GES ou de précurseurs de tels gaz, exprimée en équivalent tonne de CO<sub>2</sub>, dans l'atmosphère au-dessus d'une zone et au cours d'une période donnée.

### **Empreinte (ou impact) climatique (ou carbone)**

Somme des émissions de GES imputables à l'activité d'un organisme ou à l'existence d'un produit.

### **Facteur d'émission**

Valeur représentative visant à relier la quantité de GES rejetée dans l'atmosphère à une activité associée à ses rejets. Généralement exprimé en poids du GES divisé par un poids unitaire, le volume, la distance ou la durée de l'activité émettant des GES.

### **Gaz à effet de serre (GES)**

Constituant gazeux de l'atmosphère naturel ou anthropogène, qui absorbe et émet le rayonnement d'une longueur d'onde spécifique du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. Les GES comprennent le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), les hydrofluorocarbures (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>).

### **Niveau de certitude / Incertitude**

Degré de fiabilité que requiert l'utilisateur dans la validation ou la vérification d'une donnée.

### **Tonne équivalent CO<sub>2</sub> (t eq CO<sub>2</sub>)**

Unité permettant d'uniformiser l'impact des six différents GES d'après leur Pouvoir de Réchauffement Global (PRG), c'est-à-dire leur impact sur l'effet de serre.

# 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Créée en 2009, SYbois est née d'une volonté commune d'entrepreneurs désireux de faire évoluer leur métier. Aujourd'hui, SYbois est un acteur incontournable sur le marché de l'ossature bois, **un fournisseur de façades préfabriquées en usine permettant de limiter l'impact de la construction des bâtiments sur l'environnement.**

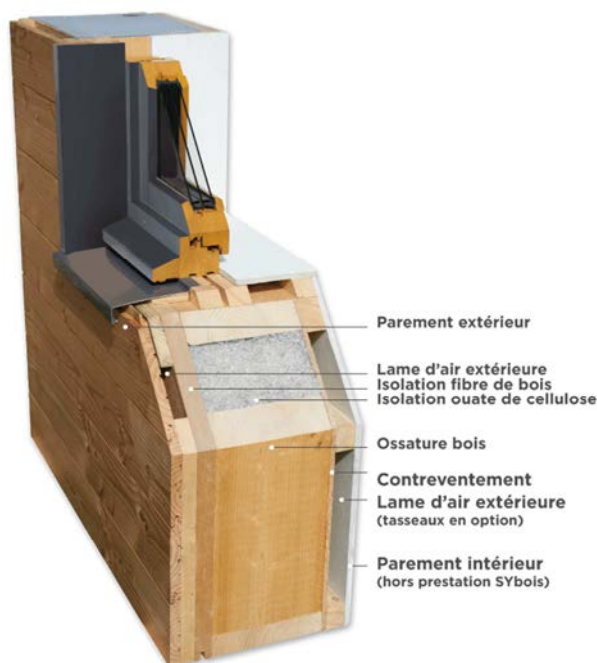
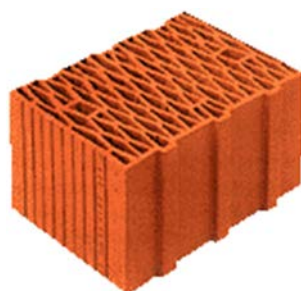


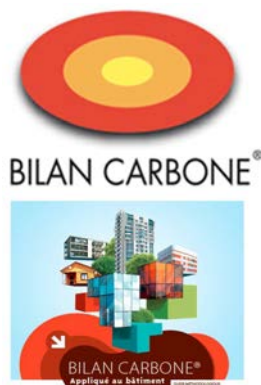
Figure 1: Système constructif SYbois  
(<http://sybois.com/sybois/le-systeme-constructif>)

SYbois souhaite évaluer l'empreinte carbone de leur solution bois et la mettre en regard de deux solutions génériques, à performances thermiques équivalentes, une se reposant sur la solution brique et l'autre sur la solution parpaing.



## 2 METHODE EMPLOYEEE

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre de la structure SYbois s'appuie sur la méthode et l'outil Bilan Carbone® créée par l'ADEME en 2004 et aujourd'hui sous la tutelle de l'Association Bilan Carbone.



Cette évaluation répond également aux préconisations développées dans le guide sectoriel du Bilan carbone® pour le bâtiment, rédigé conjointement par l'ADEME et le CSTB.

Outre les facteurs d'émissions fournis par la Base Carbone, qui constituent le socle de l'outil Bilan Carbone®, des données spécifiques pour les matériaux de construction ont été recherchées sur la base de données INIES, et sur la base de données Ecoinvent qui fait référence en matière d'analyse de cycle de vie



Informations additionnelles :

Tableau 2 : Postes d'émissions prises en compte dans l'évaluation

1. **Énergie utilisée**
2. **Transport des matériaux**
3. **Déplacement des personnes**
4. **Matériaux**
5. **Déchets directs**
6. **Les immobilisations**

Pour la collecte de donnée et la modélisation, un habitat composé de 148 m<sup>2</sup> de structure SYbois (épaisseur de ouate de 145 mm) a été considérée (102 m<sup>2</sup> de superficie au sol).

Il est entendu par structure, les parements, l'ossature, les isolants (fibre de bois et ouate de cellulose), les menuiseries (cadre PVC), les tasseaux de bois et la charpente.

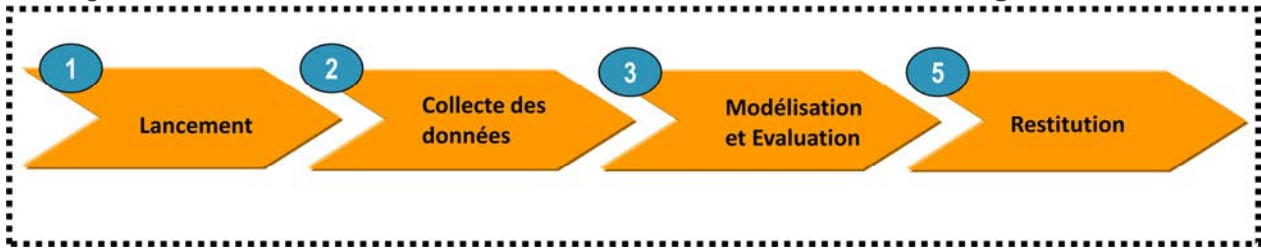
Ainsi, le comparatif ne prend pas en considération les émissions de gaz à effet de serre inhérentes au terrassement, à la toiture (excepté la charpente), à la plomberie, à l'électricité, aux aménagements et finitions intérieures.

Les émissions dues à l'utilisation du logement et à son démantèlement n'ont pas été incluses dans le périmètre d'évaluation.

Le comparatif porte sur des solutions constructives à performance thermique équivalente, en l'occurrence avec une résistance thermique surfacique proche de 4,5 m<sup>2</sup>.KW.

## Le déroulement de l'évaluation :

Figure 2 : schéma de déroulement de l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre



### LANCEMENT DE LA MISSION ET DEFINITION DU PERIMETRE

Cette phase a fait l'objet d'une première réunion permettant de :

- Présenter les enjeux, les objectifs et la méthode Bilan Carbone®.
- Identifier les personnes ressources et leur attribution de données à collecter.
- Valider le planning prévisionnel et le périmètre d'étude.

### COLLECTE DES DONNEES

La phase de collecte est déterminante pour la qualité et la précision des informations. Dans un souci d'optimisation des ressources employées, des rencontres individuelles de certains acteurs de la collecte ont également été proposées, afin de saisir et compléter certaines informations directement au sein de l'entreprise ou du chantier. Cette phase a permis :

- La création des questionnaires de collecte.
- Le suivi de la collecte de l'information avec les personnes clés.
- La déclinaison des données collectées par type de structure.

### MODELISATION

La modélisation des données permet de traduire les informations collectées en émissions de gaz à effet de serre. Le guide des facteurs d'émission mis à disposition par la méthode Bilan Carbone est utilisé, ainsi que les bases de données Ecoinvent et INIES afin de s'adapter à la spécificité du secteur Bâtiment. La modélisation inclut l'intégration des données dans l'outil Bilan Carbone, la consolidation des données clés et des résultats.

### RESTITUTION

La restitution a pour objectif de traduire de façon claire et pédagogique les résultats de l'évaluation. Les supports livrés sont en mesures d'être réutilisés dans une perspective de sensibilisation des parties prenantes. Un document présentant les résultats généraux au format Power Point pour une présentation au grand public et ce présent rapport présentant les résultats pour une transmission des résultats de l'évaluation.

### 3 RESULTATS

#### 3.1. STRUCTURE SYBOIS

La modélisation des données collectées a permis d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre, de la solution constructive SYbois, à **4 950 kg eq CO<sub>2</sub>**. Celles-ci sont réparties au global de la manière suivante:

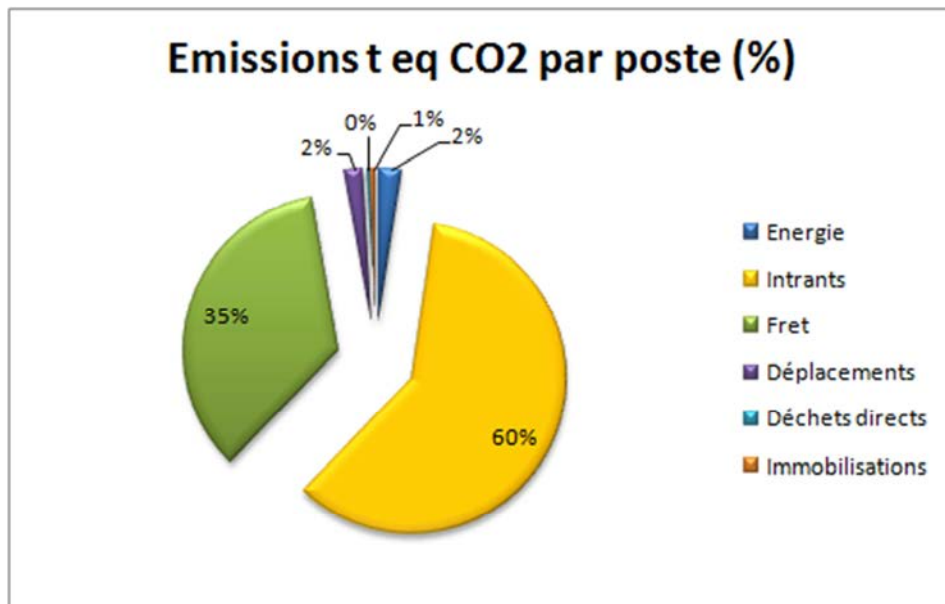


Figure 3 : répartition des émissions de la phase de construction par poste, en pourcentage

En approfondissant l'exploitation des résultats globaux, on observe que les « Intrants », qui comprennent les matériaux de construction, représentent 2 967 kg eq CO<sub>2</sub> soit 60 % de la structure.

#### Focus intrants :

La figure suivante montre la répartition des intrants:

Intrants	Emissions (kg eq CO <sub>2</sub> )
Aluminium	1 081
Acier / fer blanc	89
Menuiserie PVC	1 372
Ouate de cellulose	154
Bois d'œuvre	224
Vrac moy	46

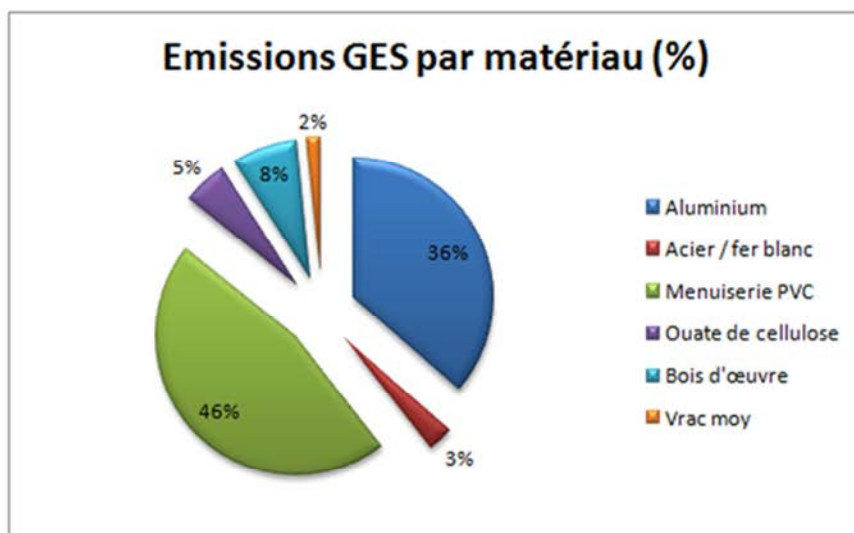


Figure 4 : répartition des émissions des intrants, en kg eq CO<sub>2</sub> et en pourcentage

Cette répartition montre que la menuiserie présente près de la moitié des impacts « matériaux », plus du quart de l'impact global. L'aluminium représente quand à lui le deuxième poste (plus du tiers) d'émissions GES des intrants.

## Focus Fret :

Les transports amont (approvisionnement des matériaux) et aval (acheminement de la structure de l'atelier au chantier) représentent plus du tiers des émissions de gaz à effet de serre. L'approvisionnement en bois nécessaire pour l'ossature et le bardage émet près de 350 kg eq CO<sub>2</sub>. Le bois concerné par ce fret provient pour moitié de Vendée, et, de Belgique pour l'autre moitié.

La figure ci-dessous montre l'effet du bénéfice induit par une source locale :

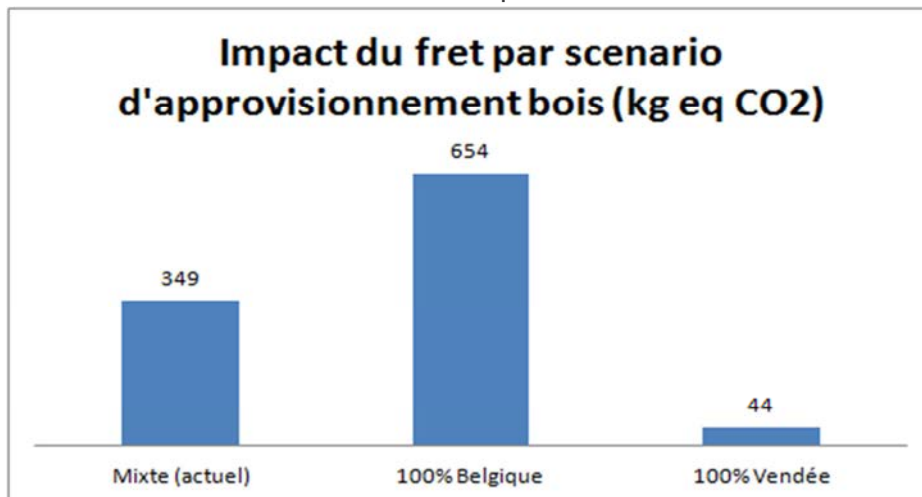


Figure 5 : Emission de GES induit par le fret en approvisionnement bois (ossature et bardage), en kg eq CO<sub>2</sub>

## Prise en compte du carbone séquestré par le bois:

Si on considère des émissions « évitées » par la séquestration du carbone dans le bois de construction, on peut ôter 4,5 teq CO<sub>2</sub> pour la solution constructive (près de 30 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), on obtient alors une différence de taille avec l'analyse initiale, puisqu'on arrive à une empreinte carbone quasi nulle de la structure, comme l'indique le graphique ci-dessous :

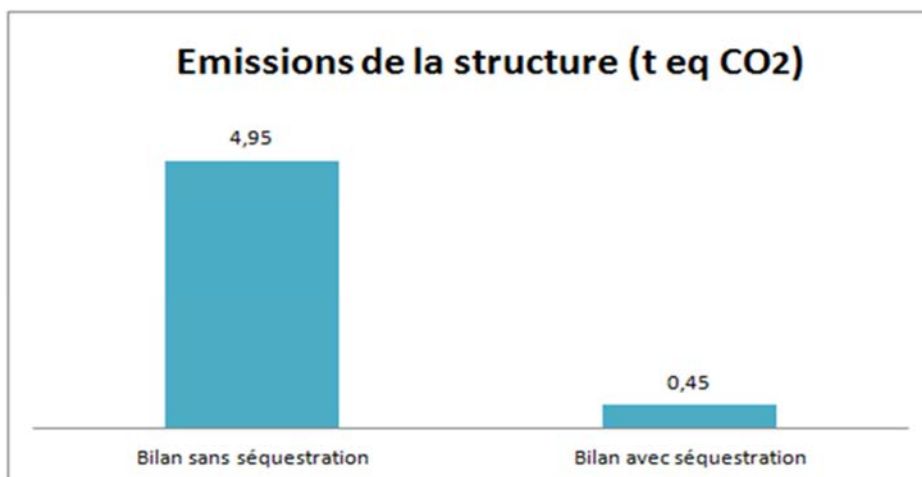


Figure 6: Prise en en compte de l'effet séquestration du carbone dans le bois

Une considération légitime, puisque la durée de vie des logements est estimée à 100 ans, à l'instar de la durée de vie du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Il est à noter également que cette durée de vie est supérieure à la durée de renouvellement des forêts de résineux européennes.



### **Périmètre étendu :**

Il s'agit ici d'allouer une fraction des émissions de GES inhérentes au fonctionnement de l'entreprise à la solution constructive; la référence étant le m<sup>2</sup> de structure élaboré, une hypothèse de production de 70000 m<sup>2</sup> annuellement est retenue. Sont ainsi inclus dans cette extension, l'impact des infrastructures, du parc informatique et le déplacement du personnel.

Les résultats montre une augmentation de 3%, on passe ainsi de 4,95 t eq CO<sub>2</sub> à 5,09 t eq CO<sub>2</sub>.

### 3.2. SYSTEME GENERIQUE BRIQUE:

Composition du système: Biobrique (R = 1,15) + 100 mm de laine de verre GR32 (R = 3,15)

**Emissions de la structure brique: 9,85 t eq CO<sub>2</sub>, soit 66,6 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>**

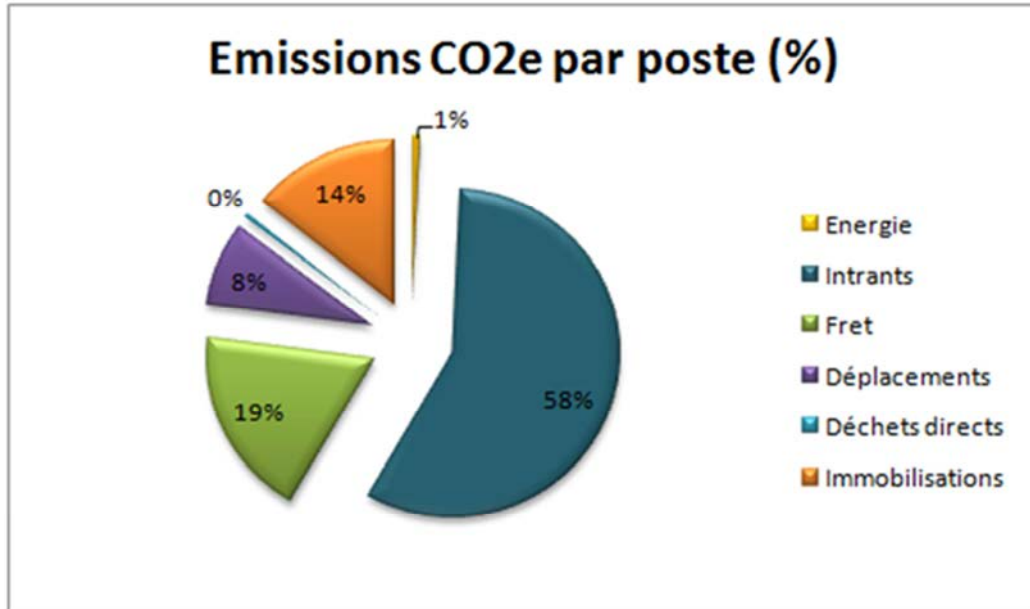


Figure 7 : répartition des émissions en pourcentage

#### Focus intrants :

Tableau 1 : répartition des émissions des intrants, en kg eq CO<sub>2</sub>

Intrants	Emissions (kg eq CO <sub>2</sub> )
Acier / fer blanc	479
Menuiserie PVC	1 372
GR 32 - 100mm	480
Bio brique 20	3 093
Enduit	111
Charpente	48
Vrac moy	100

### 3.3. SYSTEME GENERIQUE PARPAING:

Composition du système: mur parpaing (R = 0,21) + 140 mm de laine de verre GR32 (R=4,35)

**Emissions de la structure parpaing: 9,16 t eq CO<sub>2</sub>, soit 61,91 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>**

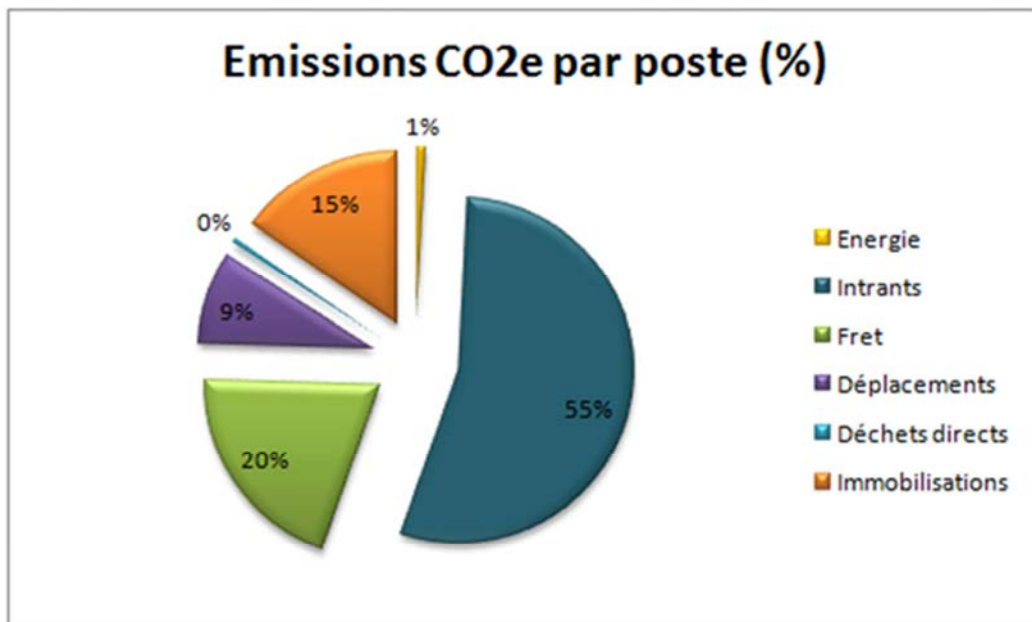


Figure 8 : répartition des en pourcentage

#### Focus intrants :

Tableau 2 : répartition des émissions des intrants, en kg eq CO<sub>2</sub>

Intrants	Emissions (kg eq CO <sub>2</sub> )
Acier / fer blanc	479
Menuiserie PVC	1 372
GR 32 - 140 mm	659
Parpaing	2 235
Enduit	111
Charpente	48
Vrac moy	100

## 4 COMPARAISON

Le bois d'œuvre apparaissant dans les deux solutions correspond à la charpente utilisée pour la structure SYbois. Dans la même logique les mêmes menuiseries ont été utilisées.

En ce qui concerne l'usage d'acier et de matériaux connexes (vrac), des hypothèses identiques ont été considérées pour les deux génériques.

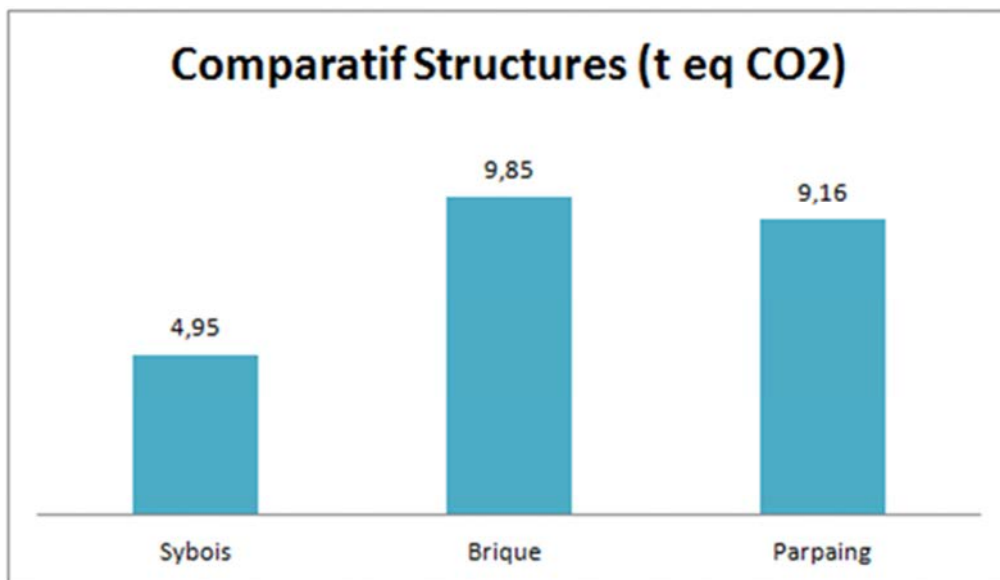


Figure 9 : Emissions GES « globales » des trois structures, en t eq CO<sub>2</sub>

Sans considérer l'effet séquestration carbone dans le bois, le graphique ci-dessus permet déjà le constat d'un très net bénéfice pour la solution bois par rapport aux deux autres solutions : 85% d'impact en plus pour la structure parpaing et 99% pour la structure brique.

Ceci est notamment dû à l'impact du poste immobilisation (comprenant la consommation d'énergie pour la phase chantier et les amortissements des engins), mais surtout à l'usage de matériaux très fortement différenciant.

### Focus Intrants :

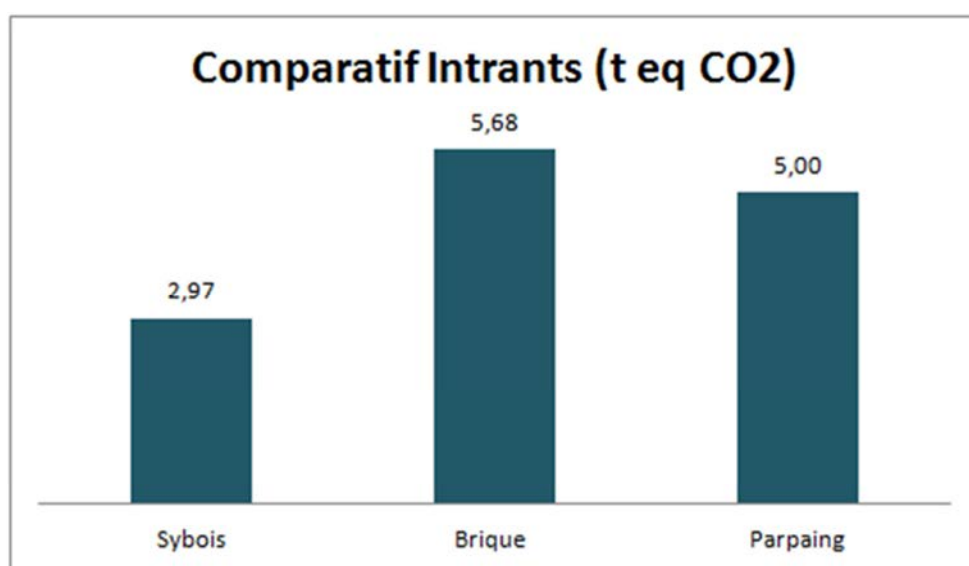


Figure 10 : Emissions GES « intrants » des trois structures, en t eq CO<sub>2</sub>

En effet, le matériau brique présente la responsabilité des émissions de plus de 3 t eq CO<sub>2</sub> à lui seul, le parpaing quant à lui montre des émissions GES à hauteur de plus de 2 t eq CO<sub>2</sub>.

### **Focus Structure :**

. SYbois : Bois (Bardage/OSB/Fibre/Tasseaux) + Ouate de cellulose

→ 378 kg eq CO<sub>2</sub>, soit moins de 3 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

. Brique : Biobrique + Laine de verre (100mm)

→ 3 573 kg eq CO<sub>2</sub>, soit 24 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

→ Soit une augmentation de 945%

. Parpaing : Parpaing + Laine de verre (140mm)

→ 2 894 kg eq CO<sub>2</sub>, soit près de 20 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

→ Soit une augmentation de 766%

## 5 ANNEXES

### Brique de 20 rectifiée R=1.15 BOUYER LEROUX - bio'bric bgv'thermo (v1.1)

Organisme déclarant: BOUYER LEROUX

Informations Générales | **Unité fonctionnelle** | Indicateurs environnementaux | Santé | Confort | Documents

**Unité fonctionnelle (U.F.)** ⓘ Assurer la fonction de mur porteur (structure et clos) sur 1m<sup>2</sup> de paroi et une isolation thermique (résistance thermique additive de 1.15 m<sup>2</sup>.K/W) pendant une annuité.

**Quantité** ⓘ 1 m<sup>2</sup>

**Durée de vie du produit** ⓘ 150 an(s)

**Caractéristiques non contenues dans l'unité fonctionnelle** ⓘ La bgv'thermo assure la fonction d'isolant acoustique. L'indice d'affaiblissement acoustique aux bruits intérieurs est de :- R<sub>w</sub> (C;Ctr) = 48 (-2;-6) dB, dans le cas d'un mur en maçonnerie bgv'thermo enduit et revêtu d'un placomur Th38 (10+80) sur une face; - R<sub>w</sub> (C;Ctr) = 57 (-2;-8) dB, dans le cas d'un mur en maçonnerie bgv'thermo enduit et revêtu d'un doublissimo (13+80) sur l'autre face. Assurer la tenue au feu. La bgv'thermo est classée EI60 avec un mur nu côté feu et une enduit côté non exposé. Ces données sont issues des rapports CSTB AC03-140/1/2, CSTB AC06-235/2 et EFFECTIS 09-U-309.

**Taux de chute lors de la mise en oeuvre** 0 %

**Fréquence d'entretien** 0 an(s)

**Déclaration de contenu** ⓘ Aucune substance dangereuse à déclarer

**Produits constitutifs de l'unité fonctionnelle** ⓘ

brique: 0.006 m<sup>2</sup>/UF0.866 kg brique /UF11.6 g palette /UF0.786 g  
housse polyéthylène /UF0.0088 kg de mortier sec / UF

### Brique de 20 rectifiée R=1.15 BOUYER LEROUX - bio'bric bgv'thermo (

Organisme déclarant: BOUYER LEROUX

Informations Générales | **Unité fonctionnelle** | Indicateurs environnementaux | Santé | Confort

Norme ⓘ : NF P01-010

⌆ Impacts environnementaux (7)

	Unité/UF	Total cycle de vie
Epuisement des ressources (ADP)	( kg Sb eq. )	0.137
Changement climatique	( kg CO2 eq. )	24.9
Acidification atmosphérique	( kg SO2 eq. )	0.0578
Pollution de l'air	( m <sup>3</sup> d'air )	878
Pollution de l'eau	( m <sup>3</sup> d'eau )	3.81
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	( kg CFC-11 eq. )	3.10E-008
Formation d'ozone photochimique	( kg C2H4 eq. )	0.00197

## Panneau de laine de verre GR 32 REVETU KRAFT épaisseur 100 mm (v1.1)

Organisme déclarant: SAINT-GOBAIN ISOVER

Informations Générales Unité fonctionnelle Indicateurs environnementaux Santé Confort Documents

**Unité fonctionnelle (U.F.)** ⓘ Réaliser une fonction d'isolation thermique sur 1 m<sup>2</sup> de paroi, pendant une annuité, en assurant les performances prescrites du produit. La résistance thermique du produit est égale à 3.15 K.m<sup>2</sup>.W<sup>-1</sup>.

**Quantité** ⓘ 1 m<sup>2</sup>

**Durée de vie du produit** ⓘ 50 an(s)

**Caractéristiques non contenues dans l'unité fonctionnelle** ⓘ - Fibre de verre: 95 %- Résine thermodurcissable : 5 %

**Taux de chute lors de la mise en oeuvre** 2 %

**Fréquence d'entretien** 0 an(s)

**Déclaration de contenu** ⓘ Aucune substances dangereuses à déclarer

**Produits constitutifs de l'unité fonctionnelle** ⓘ

- Laine de verre: 2.8 kg (Produit principal)- Papier Kraft: 50 g (Produit principal)- Bitume: 65 g (Produit principal)- Emballage en PE: 50 g (Emballage)- Palette en bois: 0.013 unité (Emballage)

Informations Générales Unité fonctionnelle Indicateurs environnementaux Santé Confort

**Norme** ⓘ : NF P01-010

**Impacts environnementaux (6)**

	Unité/UF	Total cycle de vie
Epuisement des ressources (ADP)	( kg Sb eq. )	0.026
Changement climatique	( kg CO2 eq. )	3.24
Acidification atmosphérique	( kg SO2 eq. )	0.023
Pollution de l'air	( m <sup>3</sup> d'air )	527
Pollution de l'eau	( m <sup>3</sup> d'eau )	0.832
Formation d'ozone photochimique	( kg C2H4 eq. )	0.00144

## Mur en maçonnerie de blocs en béton (v1.3)

Organisme déclarant: CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON

Informations Générales **Unité fonctionnelle** Indicateurs environnementaux Santé Confort Documents

### Unité fonctionnelle (U.F.)

Assurer la fonction de mur porteur (structure et clos) sur un mètre carré de paroi pendant une annuité, tout en assurant une isolation acoustique ( $R_w(C, C_{tr})$  de 54 (-3, -5)dB) additive à celle d'un doublage et une isolation thermique (résistance thermique de 0.21 m<sup>2</sup>K/W additive à celle d'un doublage). Le produit est mis en oeuvre selon les règles de l'art.

### Quantité

1 m<sup>2</sup>

### Durée de vie du produit

100 an(s)

### Caractéristiques non contenues dans l'unité fonctionnelle

Le mur est apte à recevoir tout type d'enduit et de doublage intérieur ou extérieur.

### Taux de chute lors de la mise en oeuvre

3 %

### Fréquence d'entretien

0 an(s)

### Déclaration de contenu

Aucune substance dangereuse à déclarer.

### Produits constitutifs de l'unité fonctionnelle

Bloc en béton 180 kg (Produit déclaré)

Palette bois 5 g (Emballage)

Mortier 50 kg (Produit complémentaire)

Informations Générales **Unité fonctionnelle** Indicateurs environnementaux Santé Confort

Norme : NF P01-010

### Impacts environnementaux (7)

	Unité/UF	Total cycle de vie
Epuisement des ressources (ADP)	( kg Sb eq. )	0.0593
Changement climatique	( kg CO2 eq. )	15.1
Acidification atmosphérique	( kg SO2 eq. )	0.0747
Pollution de l'air	( m <sup>3</sup> d'air )	1.60E+003
Pollution de l'eau	( m <sup>3</sup> d'eau )	2.04
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	( kg CFC-11 eq. )	0.00E+000
Formation d'ozone photochimique	( kg C2H4 eq. )	0.00789



## Panneau semi-rigide en laine de verre GR 32 REVETU KRAFT épaisseur 140 mm (v1.1)

Organisme déclarant: SAINT-GOBAIN ISOVER

Informations Générales Unité fonctionnelle Indicateurs environnementaux Santé Confort Documents

Unité fonctionnelle (U.F.) ⓘ Réaliser une fonction d'isolation thermique  $R = 4,35 \text{ K.m}^2.\text{W}^{-1}$  sur  $1 \text{ m}^2$  de paroi, pendant une annuité.

Quantité ⓘ  $1 \text{ m}^2$

Durée de vie du produit ⓘ 50 an(s)

Caractéristiques non contenues dans l'unité fonctionnelle ⓘ N/A

Taux de chute lors de la mise en oeuvre 2 %

Fréquence d'entretien 0 an(s)

Déclaration de contenu ⓘ Aucune substance dangereuse à déclarer.

### Produits constitutifs de l'unité fonctionnelle ⓘ

Produit principal :Le produit étudié est un produit en laine de verre.- Masse surfacique de la laine :  $3,92 \text{ kg/m}^2$ - Epaisseur de la laine : 140 mm- Papier Kraft :  $50 \text{ g/m}^2$ - Bitume :  $65 \text{ g/m}^2$  Emballages de distribution (nature et quantité) :- Palette en

Informations Générales Unité fonctionnelle Indicateurs environnementaux Santé Confort

Norme ⓘ : NF P01-010

### Impacts environnementaux (7)

	Unité/UF	Total cycle de vie
Epuisement des ressources (ADP)	( kg Sb eq. )	0.035
Changement climatique	( kg CO2 eq. )	4.45
Acidification atmosphérique	( kg SO2 eq. )	0.0317
Pollution de l'air	( m <sup>3</sup> d'air )	729
Pollution de l'eau	( m <sup>3</sup> d'eau )	1.13
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	( kg CFC-11 eq. )	0.00E+000
Formation d'ozone photochimique	( kg C2H4 eq. )	0.00188