

Impacts environnementaux des bâtiments en béton – Etude TOTEM

Ir J.-F. Denoël

FEBELCEM

Ingénieur Conseil Bâtiment

Jf.denoel@febelcem.be

0478 82 43 18

Contexte général

- Première étude des impacts environnementaux des bâtiments en béton, en bois CLT et en acier réalisée par la prof. Karen Allacker (KULeuven) initiée en 2018 avec la version 1.0 de TOTEM.
 - Dans le cas de la maison mitoyenne (brique/béton/charpente en bois), les différences de coût environnemental par m² de surface brute de plancher étaient négligeables.
 - Et pour l'immeuble d'habitation, le béton a même obtenu de meilleurs résultats que l'acier et le CLT.
- Deuxième étude fin 2020 avec la version 2.04 de TOTEM pour
 - Vérifier les impacts des corrections et des nouveaux éléments
 - Évaluer les impacts environnementaux de 4 variantes de murs extérieurs.
 - Confirmer les conclusions de l'étude précédente

Mesurer l'impact environnemental des matériaux

« Il faut mesurer sur base d'unités fonctionnelles, à l'échelle du bâtiment et le long du cycle de vie complet »



Belgian Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials in buildings

Belgische tool voor het optimaliseren van de milieuprestaties van materialen in gebouwen

Outil belge pour évaluer l'impact environnemental des matériaux dans les bâtiments

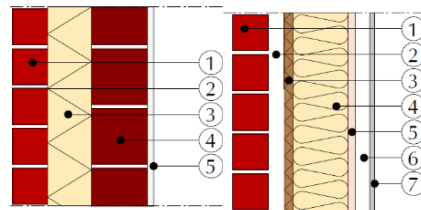
www.totem-building.be



Qu'est-ce que TOTEM?



- Outil d'optimisation **évolutif** de l'impact environnemental total des matériaux pour les bâtiments. [**T**ool to **O**ptimise the **T**otal **E**nvironnemental impact of **M**aterials]
- Outil en ligne développé initialement par la Région flamande et appliqué dans les 3 régions. Les partenaires sont l'OVAM, Bruxelles Environnement et le Service Public de Wallonie
- Utilisation des EPD (environmental product declaration) génériques de la base de données **évolutive** Ecoinvent (version 3.3) ou de la base des EPD spécifiques disponibles sur la plateforme belge.
- La bibliothèque d'unités fonctionnelles est continuellement complétée.
- Scénarios belges pour les étapes de transport, d'utilisation et de fin de vie
- Bibliothèque d'éléments de construction basée sur les pratiques belges
Par exemple, les murs extérieurs

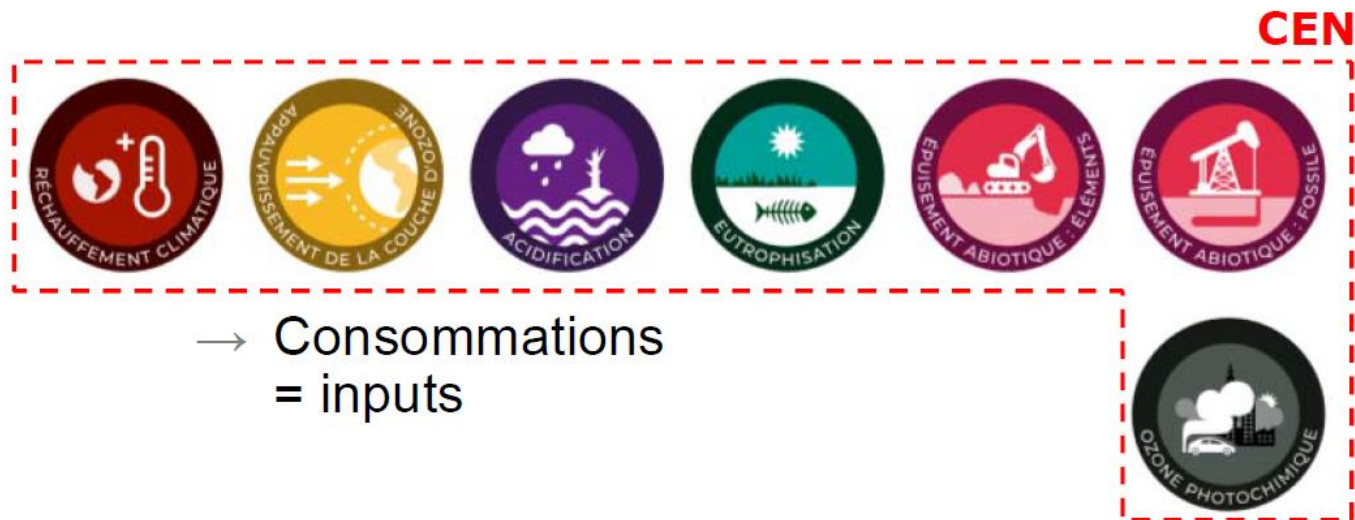


Le bilan environnemental des matériaux

TOTEM (Tool to **O**ptimise the **T**otal **E**nvironmental impact of **M**aterials)

INDICATEURS

▷ Set d'indicateurs



Le bilan environnemental des matériaux

TOTEM (Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials)

INDICATEURS

▷ Set d'indicateurs



CEN +

→ Emissions = outputs
= substances dangereuses, pollutions

Monétisation des évaluations de l'impact environnemental sur la base des coûts des dommages et des coûts de la prévention.

Environmental indicator (CEN)	Unit	Central (€/unit)	Low (€/unit)	High (€/unit)
1. Global warming	kg CO2 eqv.	0.050	0.025	0.100
2. Depletion of the stratospheric ozone layer	kg CFC-11 eqv.	49.10	25	100
3. Acidification of land and water sources	kg SO2 eqv.	0.43	0.22	0.88
4. Eutrophication	kg (PO4) ³⁻ eqv.	20	6.60	60
5. Formation of tropospheric ozone photochemical oxidants	kg ethen eqv.	0.48	0	6.60
6. Abiotic depletion of non-fossil resources	kg Sb eqv.	1.56	0	6.23
7. Abiotic depletion of fossil resources	MJ, net caloric value	0	0	0.0065

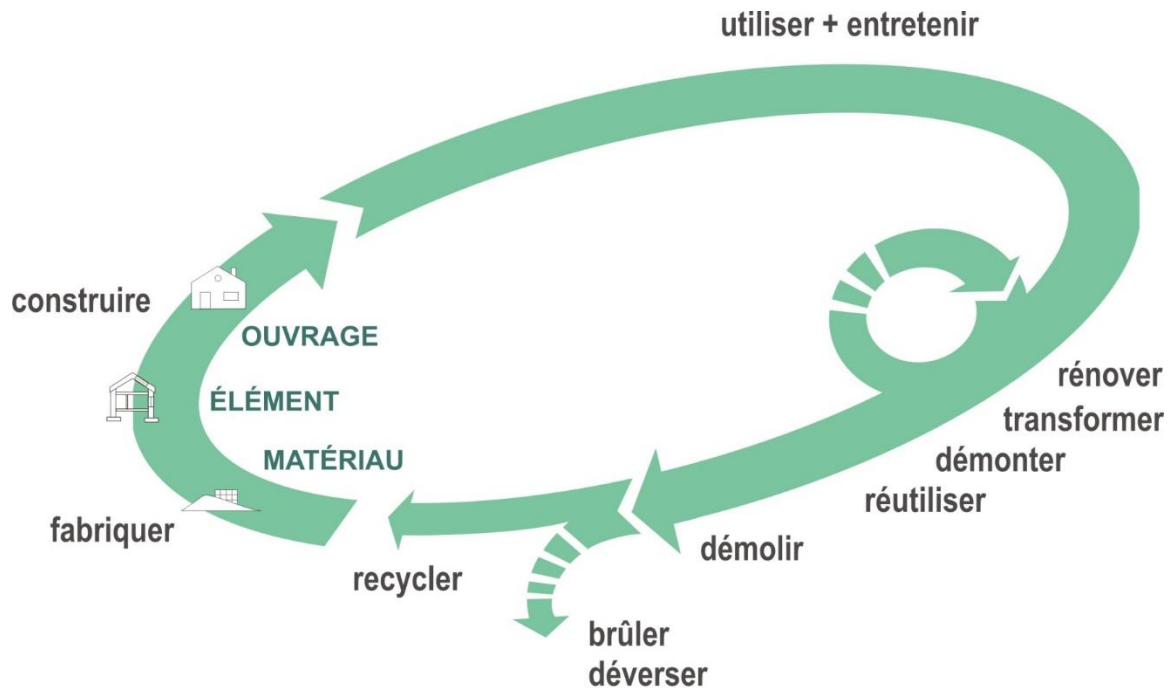
Table 3: Overview of West-European monetary (central, low and high) values for the CEN indicators

Environmental indicator (CEN+)	Unit	Central (€/unit)	Low (€/unit)	High (€/unit)
8. Human toxicity				
a. cancer effects	CTUh	665109	166277	2660434
b. non-cancer effects	CTUh	144081	28816	720407
9. Particulate matter	kg PM2,5 eqv.	34	12.70	85
10. Ionising radiation, human health	kg U235 eqv.	9.7E-04	3.2E-04	2.9E-03
11. Ecotoxicity:				
a. terrestrial	-			
b. freshwater	CTUe	3.70E-05	7.39E-06	1.85E-04
c. marine	-			
12. Water scarcity	m ³ water eqv.	0.067	0.022	0.20
13. Land use: occupation:				
a. soil organic matter	kg C deficit	1.4E-06	3.4E-07	0.6E-05
b. biodiversity				
b1. urban: loss ES*	m ² .a	0.30	0.07	2.35
b2. agricultural	m ² .a	6.0E-03	1.5E-03	2.4E-02
b3. forest: biodiversity	m ² .a	2.2E-04	5.5E-05	8.8E-04
14. Land use: transformation				
a. soil organic matter	kg C deficit	1.4E-06	3.4E-07	0.6E-05
b. biodiversity				
b1. urban	m ²	n.a.	n.a.	n.a.
b2. agricultural	m ²	n.a.	n.a.	n.a.
b3. forest, excl. tropical	m ²	n.a.	n.a.	n.a.
b4. tropical rainforest	m ²	27	6.9	110

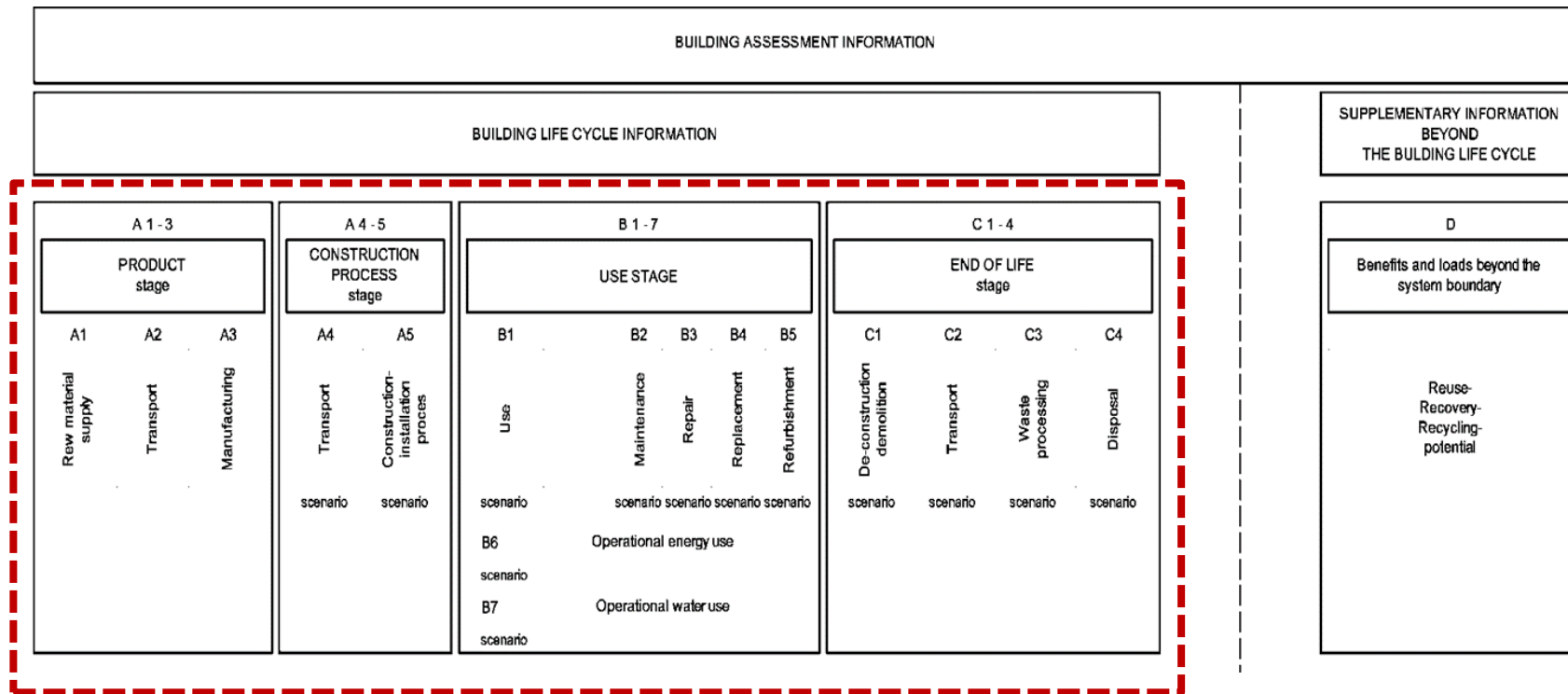
Table 4: Overview of West-European monetary (central, low and high) values for the CEN+ indicators

Construction Durable

Il convient de mesurer l'impact environnemental du bâtiment pour son CYCLE DE VIE complet.



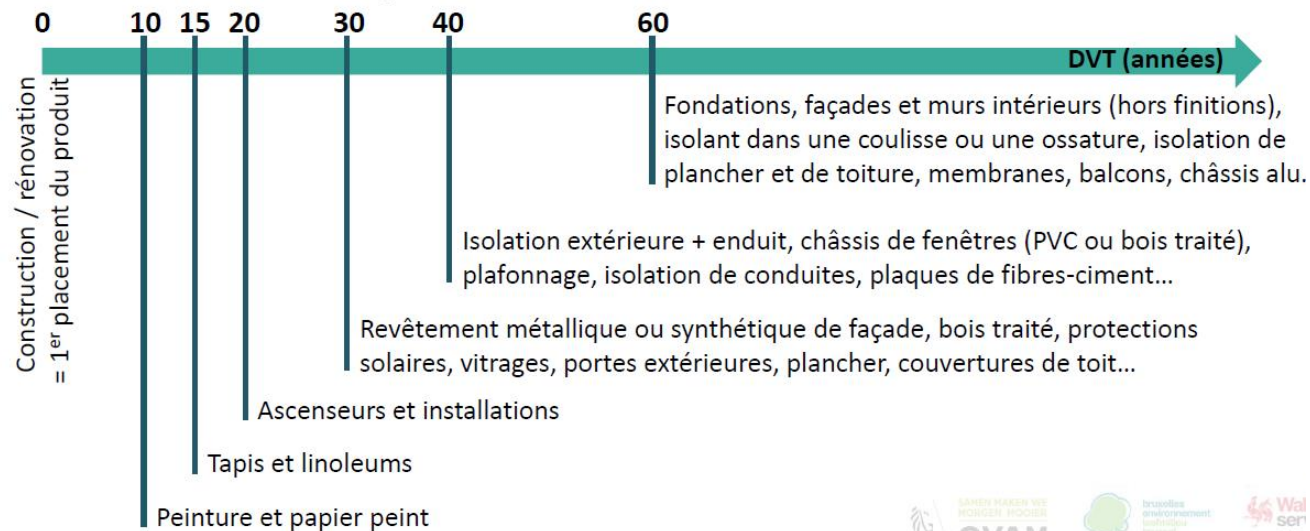
Étapes du cycle de vie A1-C4 selon EN 15804+A1:2013 et EN 15978 considérées dans TOTEM



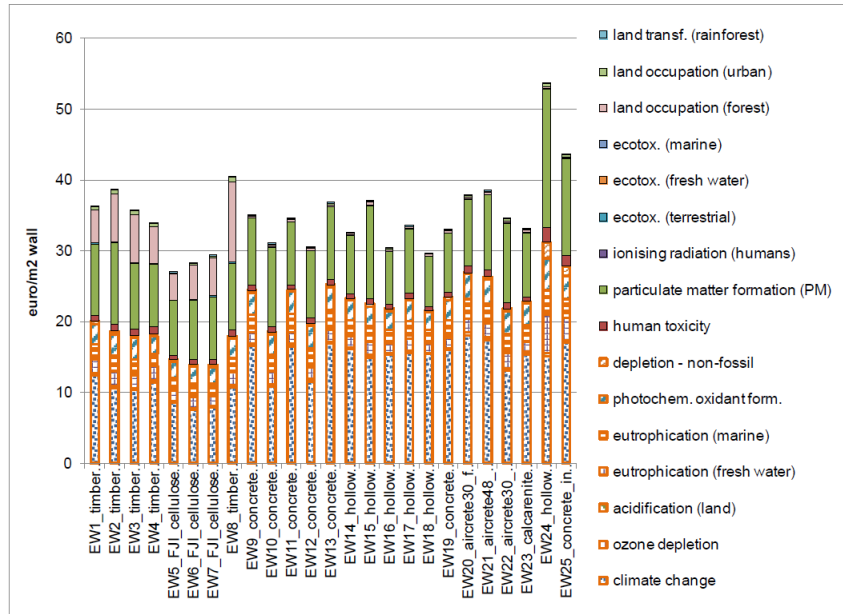


DURÉE DE VIE TOTALE

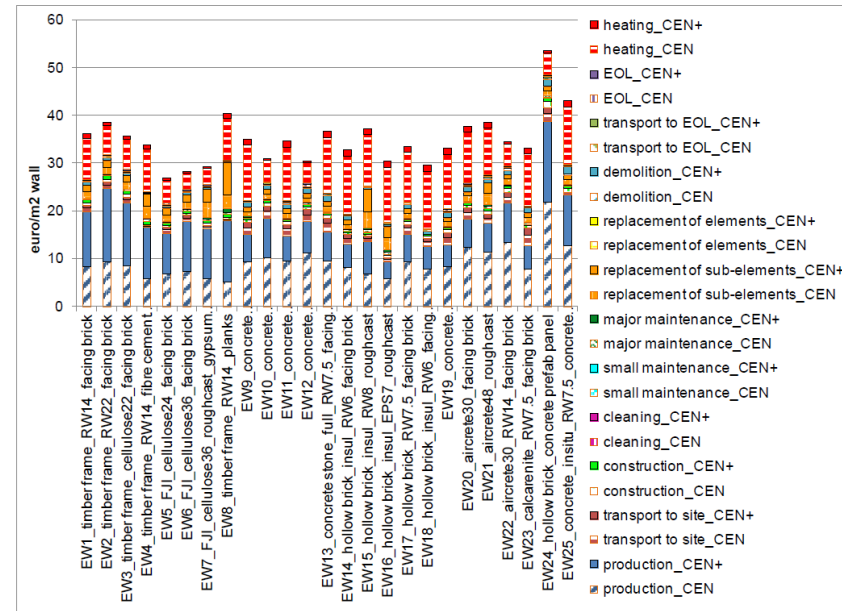
→ Durée de Vie : exemples dans la méthode TOTEM



Exemples de résultats agrégés pour 25 variantes de murs extérieurs



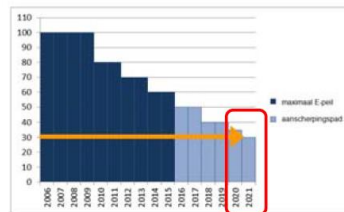
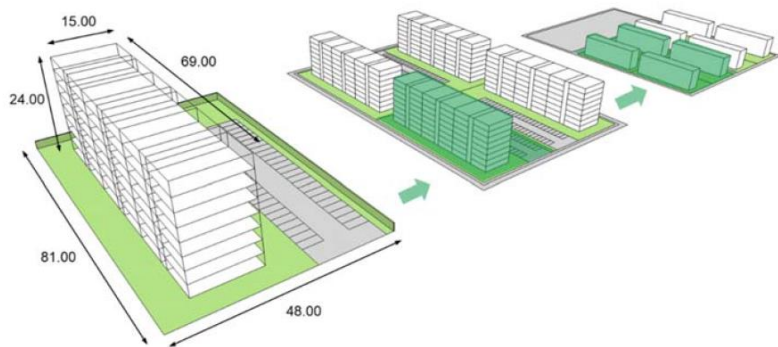
Par indicateur d'impact en €/m²



Par étape du cycle de vie en €/m²



Analyse comparative de l'ACV - 3 méthodes de construction et 2 normes de performance énergétique



EPB 2020/2021

Passive House Standard

Element	U_{max} value EPB W/(m ² K)	U_{max} value PHPP W/(m ² K)
Floor on grade	0.24	0.15
Storey floor apartment	1.00	-
External wall	0.24	0.15
Party wall	0.60	-
Windows	1.5 and $U_{glass\ max} = 1.1$	0.80
Roof	0.24	0.15

Apartment building

General parameters

Number of dwellings	48
Number of inhabitants	192
Total floor area (m ²)	8280
Floor area common spaces (m ²)	1080
Useful floor area (m ²)	7200
Heated Volume (m ³)	33700
Compactness C (m)	4.07

Amount of elements and their ratio

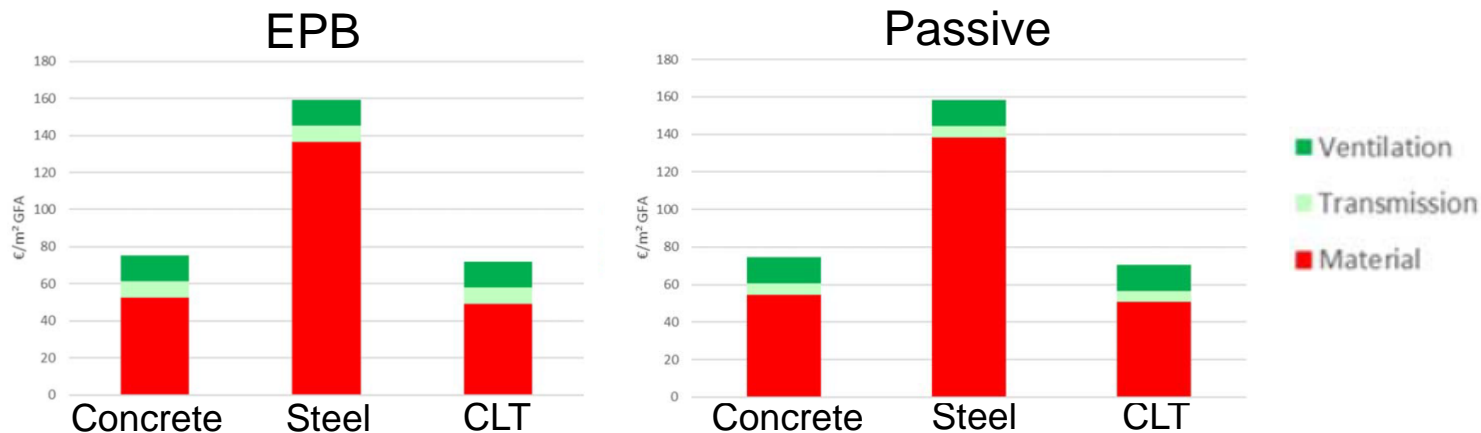
	Amount	Ratio (unit / m ² useful floor area)
(13)+ floor on grade (m ²)	1035	0.14

- Concrete
- CLT
- Steel

Autres hypothèses de modélisation

- Performance thermique
 - Pertes de ventilation prises en compte par l'étanchéité à l'air par défaut
 - La masse thermique, l'HVAC, l'orientation, la valeur G des vitrages ne sont pas pris en compte.
- Acoustique standard
- Résistance au feu REI 60
- Même performance en matière de feu et d'esthétique (impact sur les finitions)
- Éléments non modélisés
 - Poutres et colonnes (disponibles dans TOTEM mais non modélisées pour comparer avec la 1^{ère} étude)
 - Fondations, escaliers, tuyauterie et câblage

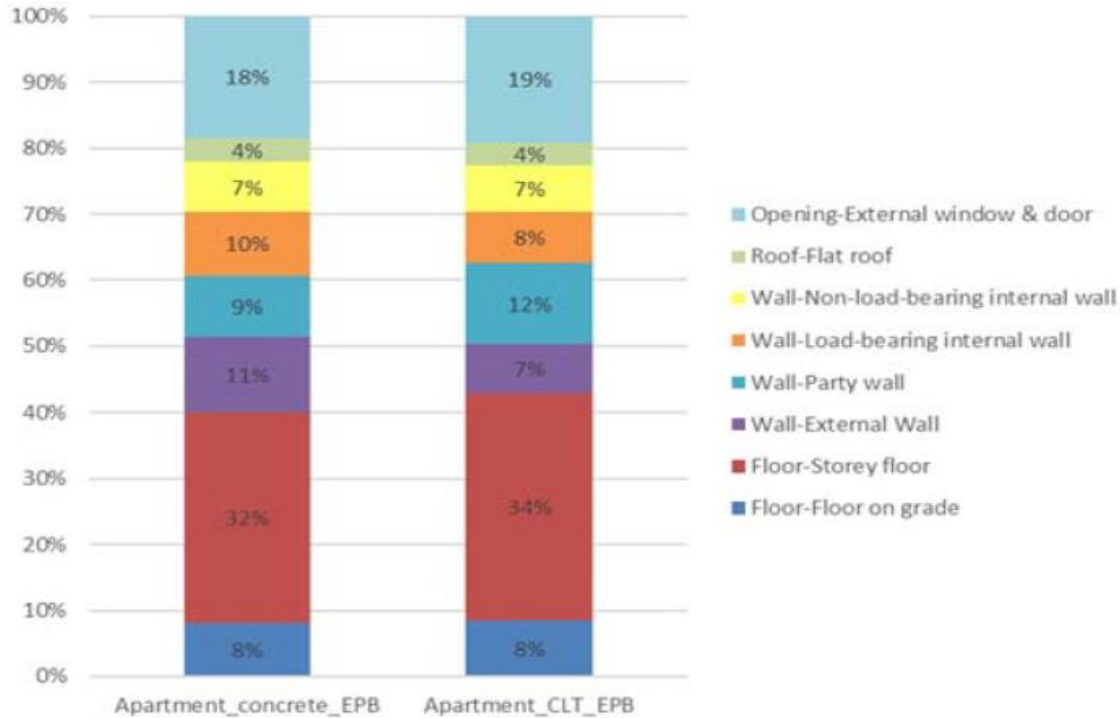
Résultats de la modélisation : béton et CLT très proches - avantage limité du standard passif



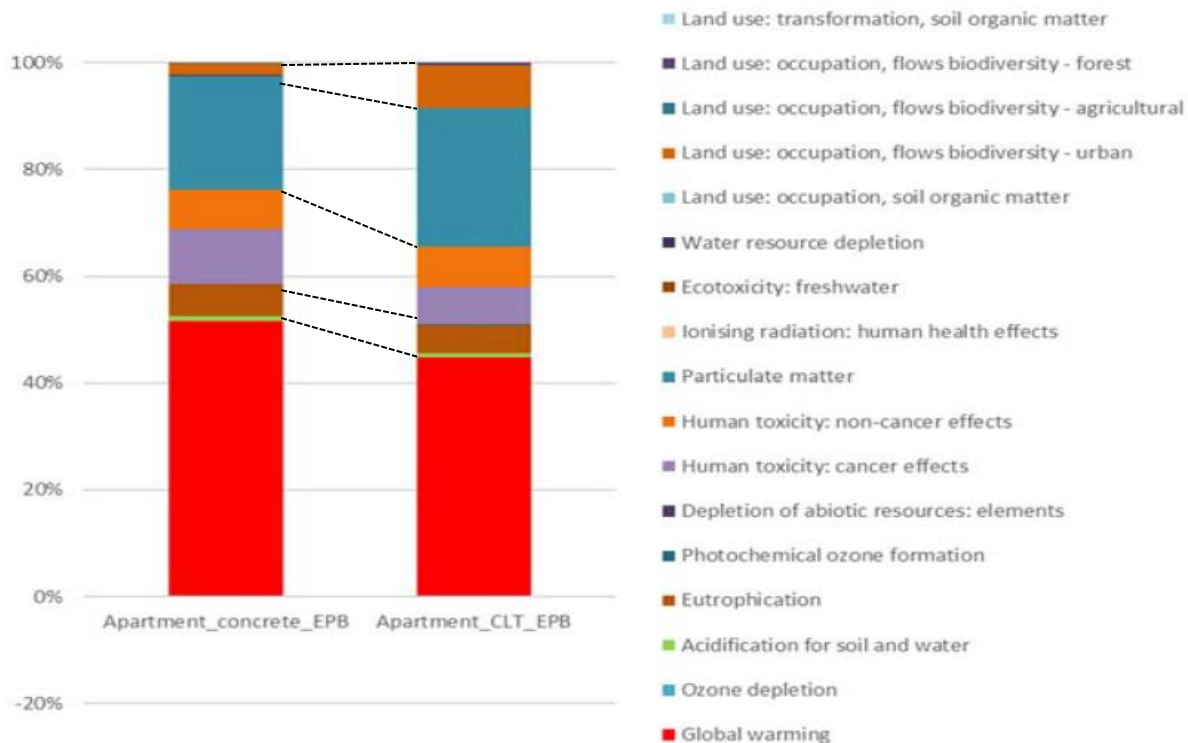
	Energy €/m²GFA		Material €/m²GFA	Total €/m²GFA
	Ventilation	Transmission		
Apartment_concrete_EPBB	13,89	9,04	52,57	75,50
Apartment_steel_EPBB	13,89	9,03	136,3	159,22
Apartment_CLT_EPBB	13,89	8,83	49,19	71,92
Apartment_concrete_PHPBB	13,89	6,19	54,46	74,54
Apartment_steel_PHPBB	13,89	6,25	138,14	158,28
Apartment_CLT_PHPBB	13,89	6,07	50,69	70,65

GFA: Gross Floor Area =
surface au sol brute

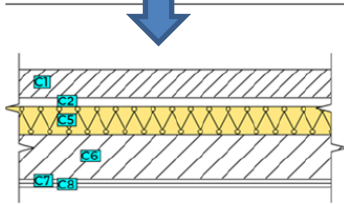
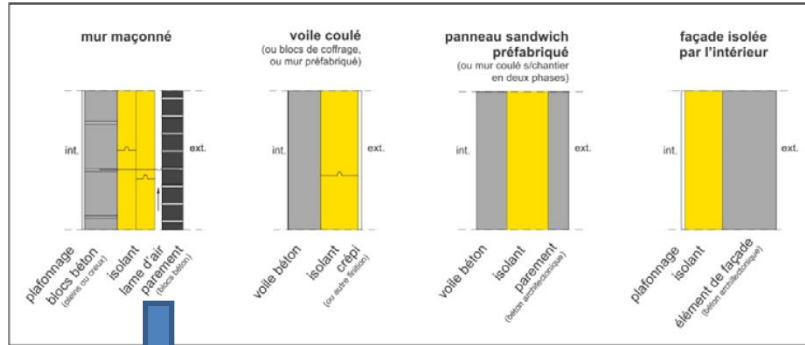
Comparaison des éléments constructifs bois CLT vs béton



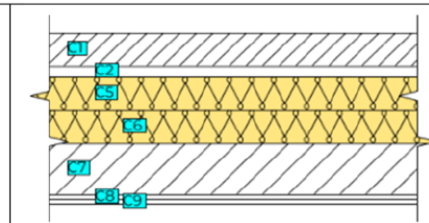
Comparaison des indicateurs d'impact CLT vs béton



Comparaison des variantes de murs extérieurs



$U = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$



$U = 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$

	Energy €/m ² wall	Material €/m ² wall	Total €/m ² wall
Cavity wall (U = 0.23 W/m ² K)	5,702	18,17	23,87
Cavity wall (U = 0.12 W/m ² K)	3,045	20,55	23,60

	Energy €/m ² wall	Material €/m ² wall	Total €/m ² wall
Prefab concrete slab with outer insulation (U = 0.23 W/m ² K)	5,73	13,83	19,56
Prefab concrete slab with outer insulation (U = 0.12 W/m ² K)	2,96	16,64	19,61

	Energy €/m ² wall	Material €/m ² wall	Total €/m ² wall
Prefab sandwich wall (U = 0.22 W/m ² K)	5,314	15,13	20,45
Prefab sandwich wall (U = 0.12 W/m ² K)	3,029	17,30	20,33

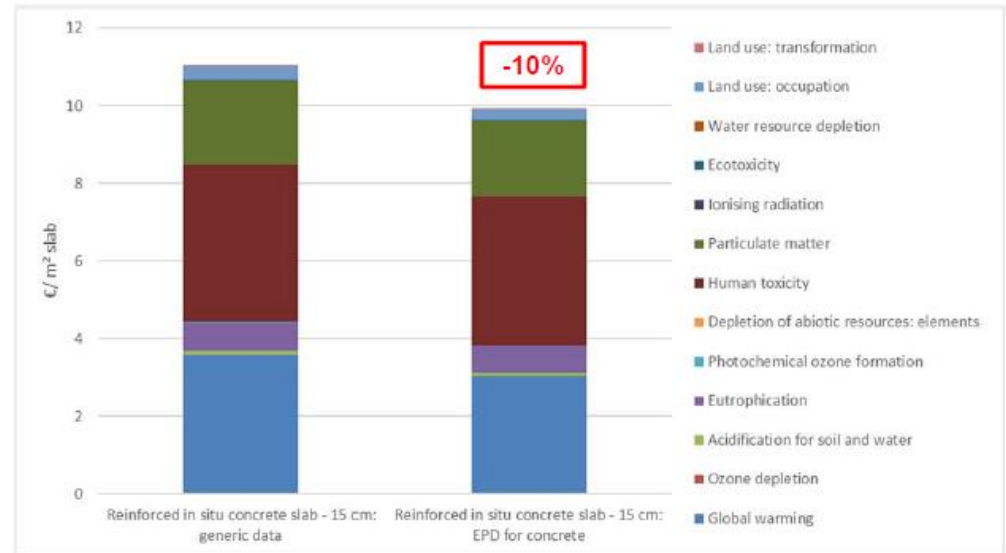
	Energy €/m ² wall	Material €/m ² wall	Total €/m ² wall
Concrete panel with internal insulation (U = 0.22 W/m ² K)	5,419	14,85	20,27
Concrete panel with internal insulation (U = 0.12 W/m ² K)	3,048	16,50	19,55

- Aucun avantage environnemental du standard passif par rapport au standard PEB
- Le mur creux traditionnel est la technique la moins performante

Impact des EPD belges spécifiques au béton prêt à l'emploi pour une dalle de béton

- C30/37 EE2 S4, D_{\max} 22mm
- CEM III/A 42.5 N LA

Concrete slab: generic data vs EPD



Conclusions sur étude

- Étude réalisée par un professeur indépendant renommé avec un outil et une méthodologie reconnus
- Le modèle montre que le béton a une empreinte environnementale similaire à celle du bois en tant que solution de construction durable.
- Le coût environnemental de la variante acier reste le plus élevé.
- Cependant, ce n'est pas le meilleur scénario pour le béton
 - L'utilisation de données spécifiques (c'est-à-dire belges plutôt que génériques) peut certainement être bénéfique (-10%)
 - Les colonnes et les poutres ne sont pas modélisées - ce qui réduirait très probablement les performances du CLT.
 - La solution du mur creux n'est pas la plus efficace pour le béton
 - La finition a un impact important et pourrait être réduite pour la solution béton.
 - Masse thermique non comptabilisée
 - L'EPD de l'acier doit être vérifié

Conclusions sur TOTEM

- 1) TOTEM est un outil utile pour les concepteurs qui sont bombardés de slogans creux sur la durabilité à l'échelle du matériau, alors qu'il s'agit du bâtiment dans sa globalité et sur l'ensemble de son cycle de vie.
- 2) TOTEM suggère aux fabricants des stratégies pour réduire l'impact environnemental de leurs produits (production, transformation, phase d'utilisation, fin de vie, recyclage).
- 3) Outil validé dans les 3 régions basé des méthodologies standardisées. La Belgique est pionnière.

Merci de votre attention !