



CODHA - L'énergie grise des matériaux

Aspects théoriques

HEIG-VD, LESBAT, Blaise Périsset, blaise.perisset@heig-vd.ch,
Genève, le 4 novembre 2021



Sommaire

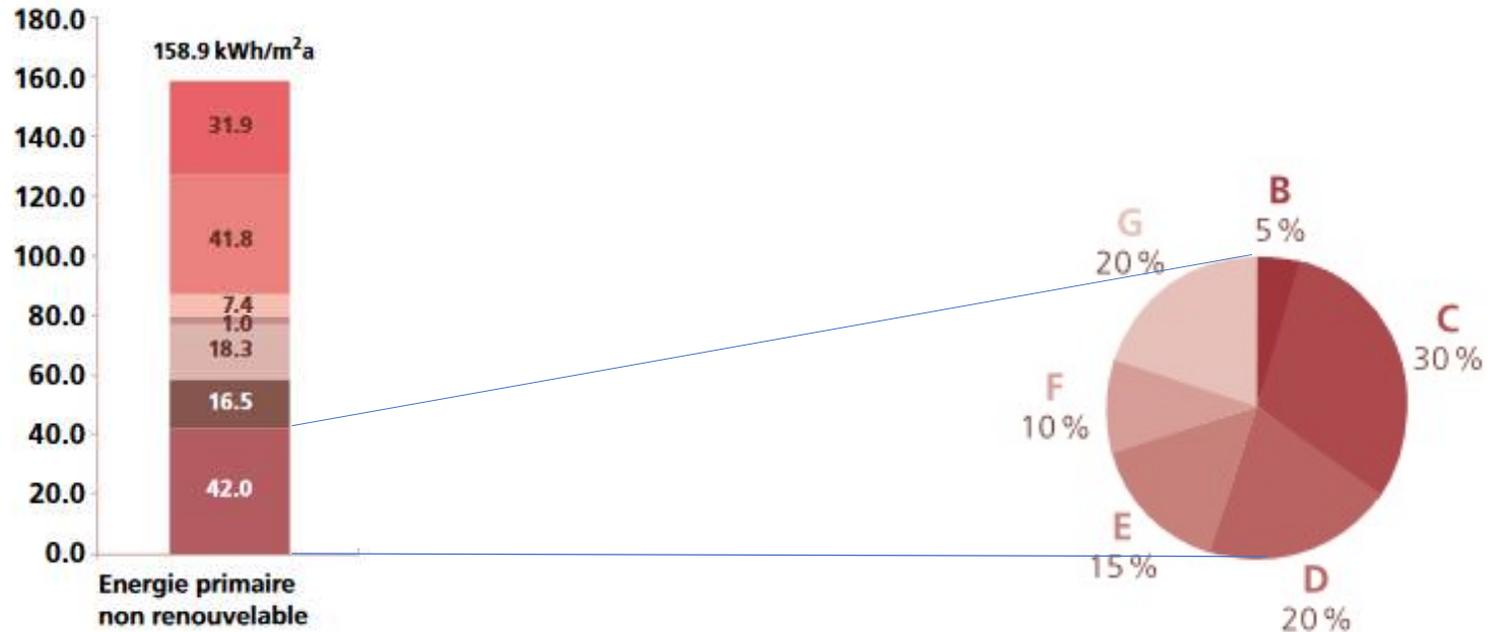
- **Qu'est-ce que l'énergie grise?**
- **Cycle de vie du bâtiment**
- **Matériaux considérés et les étapes du cycle de vie englobées**
- **Épaisseur optimale d'isolation**
- **Conclusion**

L'énergie grise au niveau du bâtiment



- **Énergie utile**
Énergie à disposition du consommateur.
- **Énergie finale**
Énergie utilisable par le consommateur. Elle comprend l'énergie fournie par le dernier échelon des échanges commerciaux (y compris les réseaux voisins) et la production utilisées sur site.
- **Énergie primaire**
Forme d'énergie brute, pas encore soumise à une quelconque conversion, transformation ou transport (ex. pétrole brut, gaz, uranium ou charbon sous terre, rayonnement solaire, etc.).
- **Énergie primaire non renouvelable**
Energie primaire prélevée à une source susceptible de s'épuiser par l'extraction; exemples: uranium, pétrole brut, gaz naturel, charbon
- **Énergie grise**
Quantité totale d'énergie primaire non renouvelable nécessaire de l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination en passant par la fabrication et la transformation, y compris les transports

Répartition de l'énergie primaire non renouvelable pour un immeuble collectif à basse consommation d'énergie

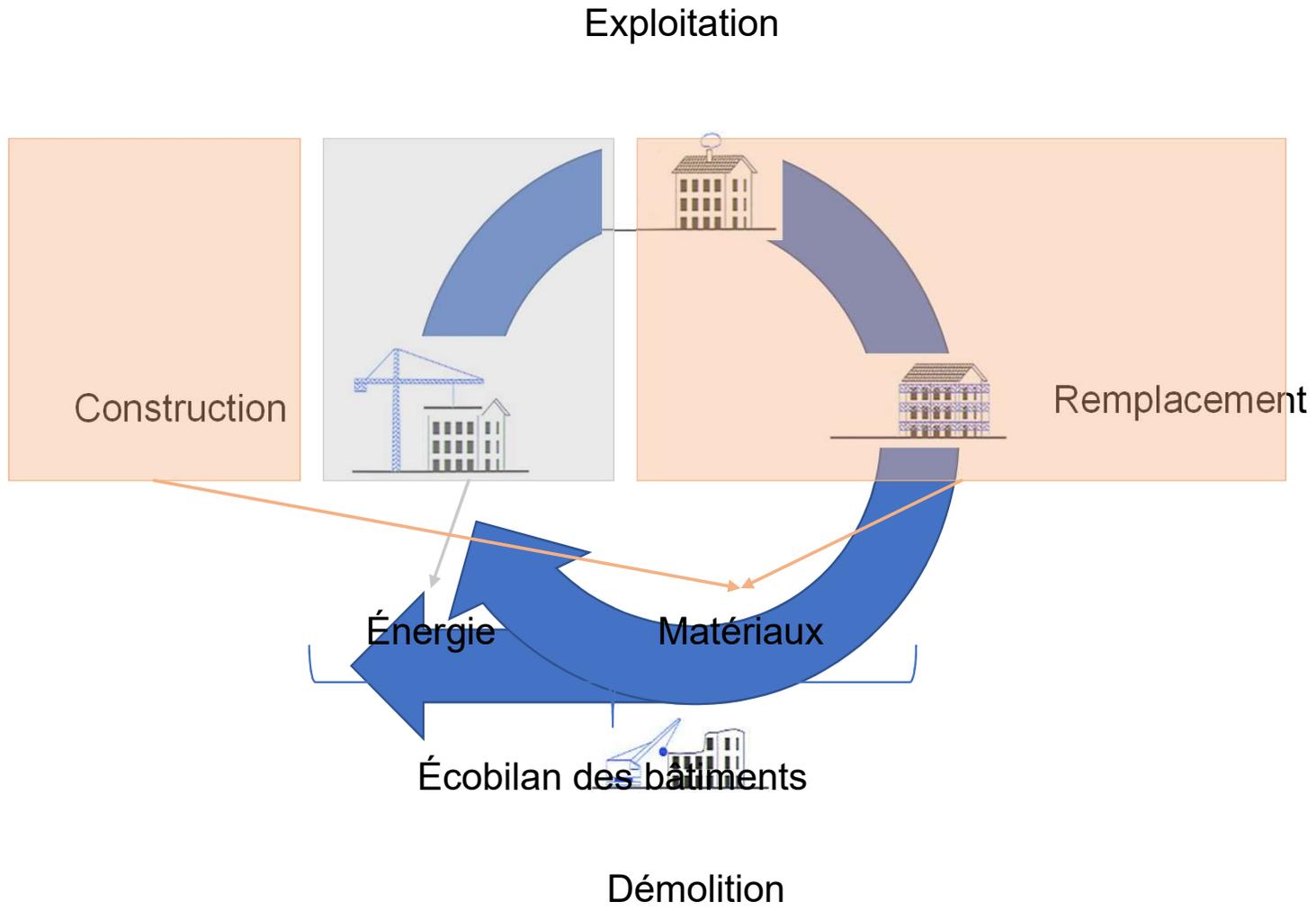


Bilan global d'énergie primaire non renouvelable pour un immeuble collectif à basse consommation d'énergie

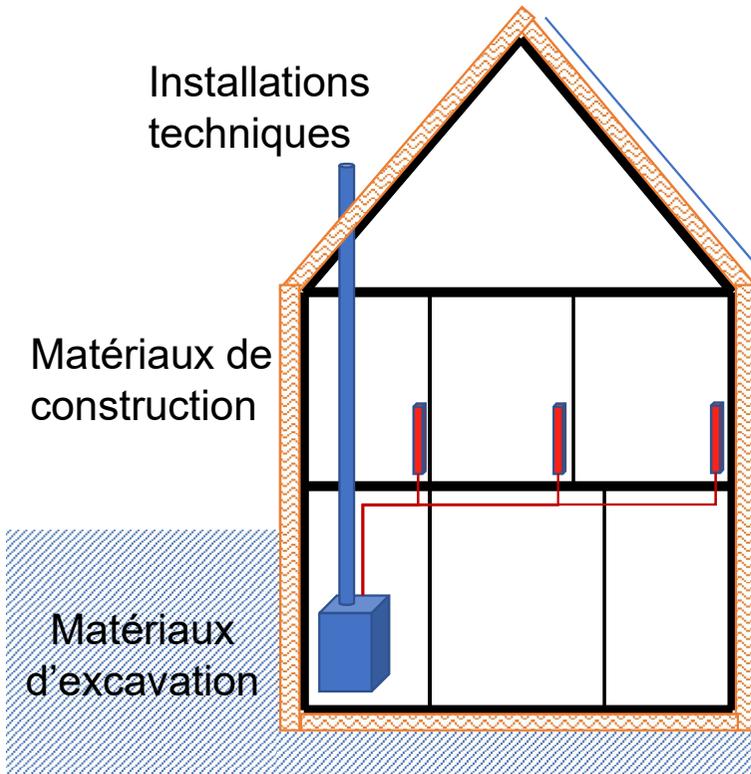
- Déplacements quotidiens (flotte 2050)
- Electricité domestique
- Ventilation et climatisation
- Energie auxiliaire chauffage + ECS
- Eau chaude sanitaire logements
- Chauffage des logements
- Energie grise

- B: Travaux préparatoires
- C: Gros œuvre
- D: Installations techniques du bâtiment
- E: Revêtements de façades et de murs contre terre
- F: Toitures
- G: Aménagements intérieurs

Cycle de vie d'un bâtiment (1/2)



Matériaux considérés (1/5)



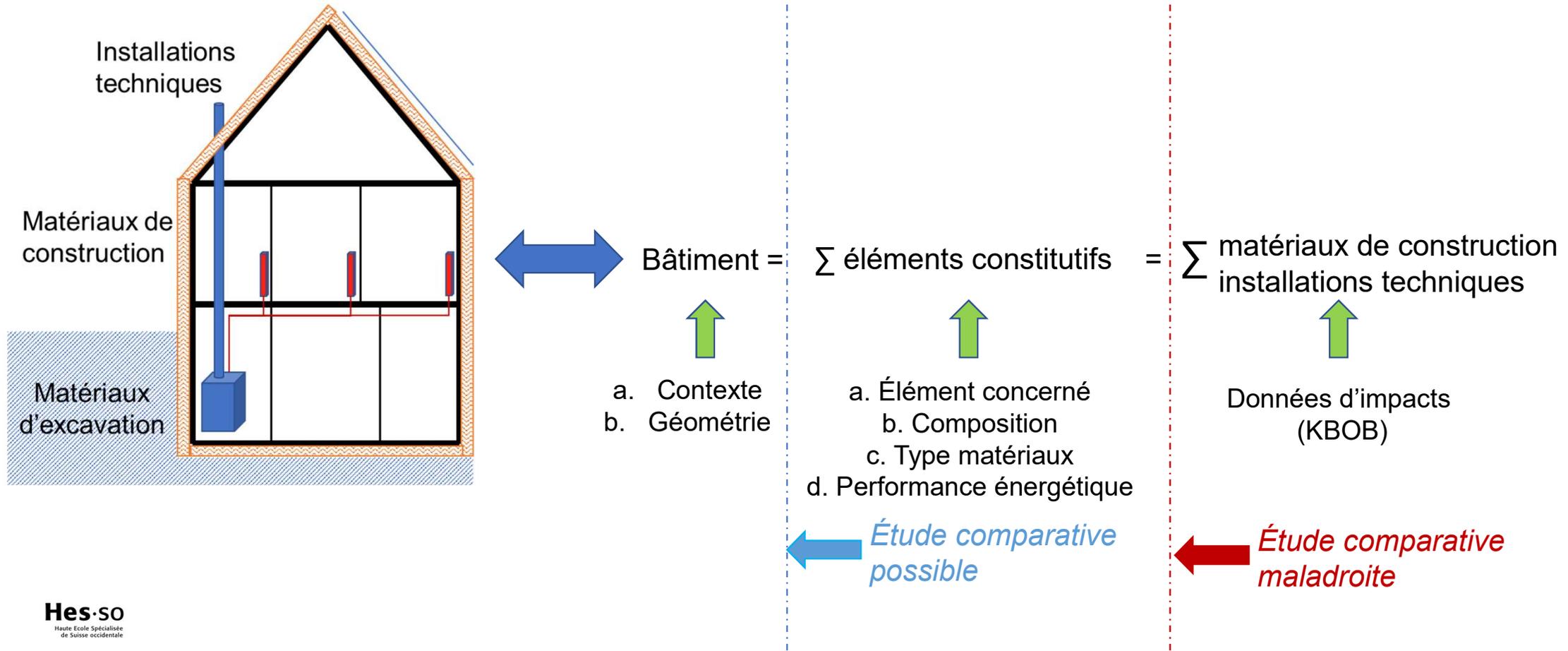
	Étape de production			Étape de construction		Étape d'utilisation							Étape de fin de vie			
	Approvisionnement en matières premières	Transport	Fabrication	Transport	Processus de construction-installation	Utilisation	Maintenance	Réparation	Remplacement	Réhabilitation	Utilisation opérationnelle de l'énergie	Utilisation opérationnelle de l'eau	Démolition/Déconstruction	Transport	Traitement des déchets	Élimination
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4
Étapes selon SN EN 15804																
Domaine «construction» selon SIA 2032	x	x	x	(x)	(x)				x				x	x	x	x

Étapes du cycle de vie englobées par le domaine « Construction » du CT SIA 2032

(x) Transport du fournisseur au chantier:

- En partie négligé;
- A considérer si très forte consommation d'énergie (p.ex. par hélicoptère).

Matériaux considérés (2/5)



Σ éléments constitutifs

- a. Élément concerné
- b. Composition
- c. Type matériaux
- d. Performance énergétique

Étude comparative possible

Σ matériaux de construction
 Σ installations techniques

Données d'impacts (KBOB)

Étude comparative maladroite

Matériaux considérés (3/5)

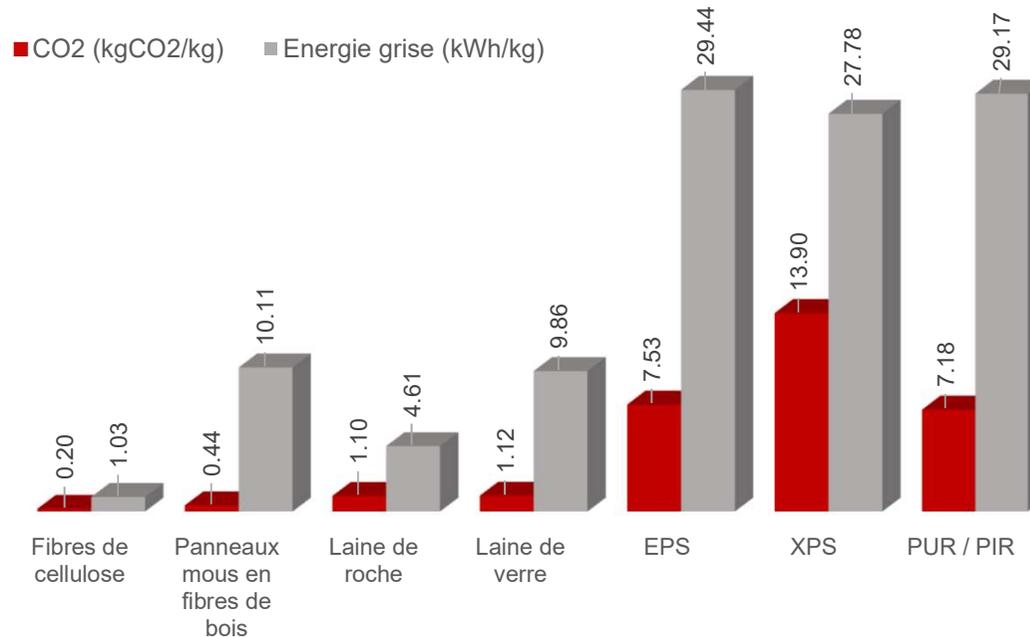
- Base de données d'impacts (KBOB)
 - Matériaux (Matériaux massifs, Isolants, métaux, bois, etc.)
 - Installations techniques (chaudières, ventilation, etc.)
 - Énergie (mazout, gaz, électricité, etc.)
 - Transport

Primärenergie						Energie primaire			Treibhaus-gasemissionen			MATÉRIAUX [Bibliographie treeze, version 2.2:2016]
erneuerbar renouvelable		nicht erneuerbar (Graue Energie)		non renouvelable (énergie grise)		Emissions de gaz à effet de serre						
Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Remarque: Les données spécifiques aux fabricants et aux régions de production sont disponibles en format Excel uniquement.
kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	
9.57	9.57	0.001	2.99	2.94	0.053	0.523	0.412	0.111	Bois et produits en bois			
8.70	8.70	0.001	2.45	2.39	0.058	0.485	0.365	0.121	Panneau de bois massif 3 couches, colle PVAc			
7.03	7.03	0.001	4.20	4.14	0.061	1.16	1.04	0.126	Bois lamellé-collé, colle MF, zone humide			
2.02	2.02	0.001	1.34	1.26	0.077	0.554	0.537	0.017	Bois lamellé-collé, colle UF, zone sèche			
6.32	6.32	0.001	0.685	0.651	0.034	0.126	0.116	0.010	Panneau de particules dur			
6.22	6.22	0.001	0.578	0.544	0.034	0.109	0.099	0.010	Panneau de bois léger à paille de bois liée par du ciment			
5.39	5.39	0.001	0.475	0.443	0.031	0.093	0.084	0.009	Bois massif hêtre / chêne, séché en cellule, raboté			
6.66	6.66	0.001	0.812	0.778	0.034	0.143	0.133	0.010	Bois massif hêtre / chêne, séché en cellule, brut			
5.78	5.78	0.001	0.690	0.659	0.031	0.125	0.116	0.009	Bois massif hêtre / chêne, séché à l'air, brut			
5.51	5.51	0.001	0.594	0.473	0.031	0.101	0.091	0.009	Bois massif hêtre / chêne, séché à l'air, raboté			
5.85	5.85	0.001	4.88	4.82	0.061	1.04	0.910	0.126	Bois massif hêtre / chêne, séché à l'air, brut			
8.24	8.24	0.001	2.76	2.70	0.061	0.614	0.487	0.127	Bois massif épicéa / sapin / mélèze, séché en cellule, raboté			
4.36	4.36	0.001	2.97	2.91	0.061	0.646	0.519	0.127	Bois massif épicéa / sapin / mélèze, séché à l'air, raboté			
4.68	4.68	0.001	4.19	4.13	0.061	0.845	0.718	0.127	Bois massif épicéa / sapin / mélèze, séché à l'air, brut			
4.36	4.36	0.001	2.97	2.91	0.061	0.646	0.519	0.127	Panneau de fibres à densité moyenne (MDF), colle UF			
10.3	10.2	0.001	7.28	7.23	0.053	1.46	1.35	0.111	Panneau d'aggloméré type OSB, colle PF, zone humide			
10.2	10.2	0.001	5.94	5.88	0.053	1.17	1.06	0.111	Panneau de particules, colle PF, zone sèche			
0.355	0.350	0.005	24.6	24.3	0.348	5.95	4.61	1.34	Panneau de particules, colle UF, enduit, zone sèche			
0.053	0.045	0.008	15.5	15.3	0.217	3.06	0.692	2.37	Panneau de particules, colle UF, zone sèche			
0.288	0.282	0.006	24.1	24.0	0.163	5.21	2.05	3.16	Bois lamellé / multiplex, colle UF, zone sèche			
0.428	0.422	0.006	7.75	7.59	0.163	4.67	1.51	3.16	Colles et masses de jointoiment			
2.19	2.18	0.006	15.0	14.8	0.163	5.87	2.71	3.16	Colle bicomposant			
0.658	0.650	0.008	13.9	13.6	0.217	3.54	1.17	2.37	Masse bitumeuse, chaude			
0.909	0.907	0.002	24.8	24.7	0.133	5.33	2.76	2.58	Masse de jointoiment en caoutchouc			
0.257	0.249	0.008	12.5	12.3	0.217	3.25	0.880	2.37	Masse de jointoiment en polysulfide			
0.728	0.721	0.006	24.8	24.6	0.163	5.86	2.70	3.16	Masse de jointoiment en silicone			
0.412	0.410	0.002	23.1	22.9	0.132	5.55	2.52	3.03	Lés d'étanchéité et feuilles de protection			
14.5	14.5	0.002	8.05	7.95	0.102	1.69	1.65	0.041	Barrière de vapeur bitumeuse			
0.909	0.907	0.002	24.8	24.7	0.133	5.33	2.76	2.58	Barrière de vapeur PE			
0.555	0.552	0.002	25.9	25.8	0.133	5.53	2.95	2.58	Lés d'étanchéité bitumineux			
13.7	13.7	0.002	231	231	0.127	48.7	48.4	0.303	Lés d'étanchéité caoutchouc (EPDM)			
0.173	0.172	0.001	4.53	4.47	0.068	1.01	1.00	0.010	Lés d'étanchéité polyoléfine (FPO)			
0.054	0.052	0.002	1.85	1.80	0.051	0.437	0.428	0.009	Papier Kraft			
6.05	6.05	0.001	5.20	5.14	0.060	0.990	0.768	0.222	Feuille de polyéthylène (PE)			
5.55	5.55	0.001	7.38	7.32	0.060	1.42	1.20	0.222	Voile de polyéthylène (PE)			
2.19	2.19	0.001	7.75	7.68	0.068	1.13	1.12	0.010	Produits d'isolation thermique			
7.68	7.68	0.002	6.65	6.54	0.106	1.34	1.12	0.221	Fibres d'aérogel			
0.707	0.620	0.086	34.6	33.6	1.03	6.23	4.19	2.04	Perlite expansée			
0.360	0.358	0.002	29.8	29.7	0.133	7.64	4.46	3.19	Vermiculite expansée			
0.507	0.505	0.002	29.1	28.9	0.133	14.5	11.3	3.19	Isolation lin			
0.806	0.796	0.010	30.2	29.6	0.642	7.82	4.80	2.72	Isolation lin, résistant au feu			
1.89	1.89	0.001	5.32	5.26	0.068	1.17	1.16	0.010	Laine de verre			
0.261	0.260	0.000	1.74	1.69	0.054	0.155	0.148	0.007	Panneau en liège			
0.339	0.338	0.001	4.33	4.27	0.068	1.13	1.12	0.010	Résine phénolique (PF)			
4.79	4.79	0	0.228	0.228	0	0.090	0.090	0	Polystyrène expansé (EPS)			
7.04	7.03	0.001	3.53	3.49	0.041	0.665	0.624	0.041	Polystyrène extrudé (XPS)			
0.242	0.240	0.002	1.03	0.931	0.102	0.257	0.216	0.041	Polyuréthane (PUR/PIR)			
1.44	1.41	0.024	65.1	63.5	1.58	17.2	11.1	6.09	Verre cellulaire			
2.02	2.00	0.023	62.4	60.9	1.54	15.2	10.0	5.19	Gravier de verre cellulaire			
2.47	2.43	0.041	112	110	2.15	27.5	14.9	12.6	Laine de roche			
2.93	2.83	0.101	126	120	5.58	14.1	12.9	1.17	Mur en botte de paille			
2.03	2.02	0.004	49.8	49.2	0.509	16.9	16.8	0.085	Panneau de fibres mou			
2.01	2.00	0.006	45.0	44.3	0.642	16.8	16.7	0.107	Fibres de cellulose (soufflées)			
9.91	9.89	0.016	60.4	59.8	0.538	15.7	10.9	4.78	Revêtements de sol			
4.22	4.18	0.032	68.6	67.7	0.909	14.0	13.8	0.163	Revêtement coulé à 2 comp., industrie (résine époxy), 2.25 mm			
38.6	38.6	0.012	46.8	46.2	0.626	9.68	8.02	1.66	Revêtement coulé à 2 comp., habitation/admin., (résine époxy PU), 2 mm			
8.04	8.04	0.009	33.9	33.6	0.357	7.58	4.76	2.82	Caoutchouc granulé, vitrifié, 7,5 mm			
									Asphalte coulé, 27,5 mm			
									Béton dur, 1 couche, 27,5 mm			
									Béton dur, 2 couches, 35 mm			
									Caoutchouc, 2 mm			
									Dalle en céramique/grès, 9 mm			
									Parquet préfabriqué en liège, 10,5 mm			
									Parquet en liège, revêtement PVC, 3,2 mm			

Exemple de données d'impacts pour les matériaux de construction (KBOB, v.2.2:2016)

Matériaux considérés (4/5) – Exemple trouvé sur internet

- Information issue d'une brochure de communication d'un fabricant d'isolants



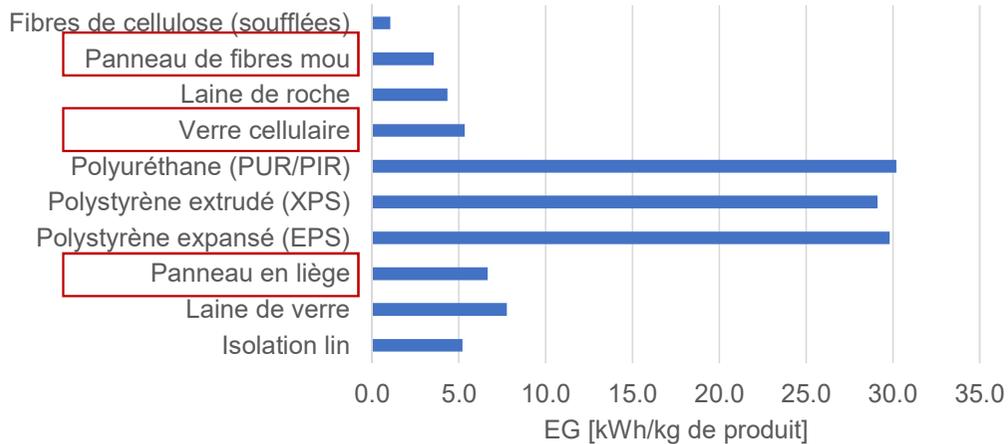
Source des données: Données de bilan écologiques de la KBOB, 24 octobre 2014

- Slogan de l'entreprise:
 - Notre produit, le 1^{er}!
 - Sur la base du graphique, possible de le dire?
- Seule information communiquée:
 - données d'impacts de la KBOB
- Comparaison, n'est pas raison!
- Informations manquantes:
 - Pour quel type constructif?
 - Façade compacte ou ventilée, toiture plate ou en pente, etc.?
 - Quelle performance énergétique?
 - Quelle valeur U ?

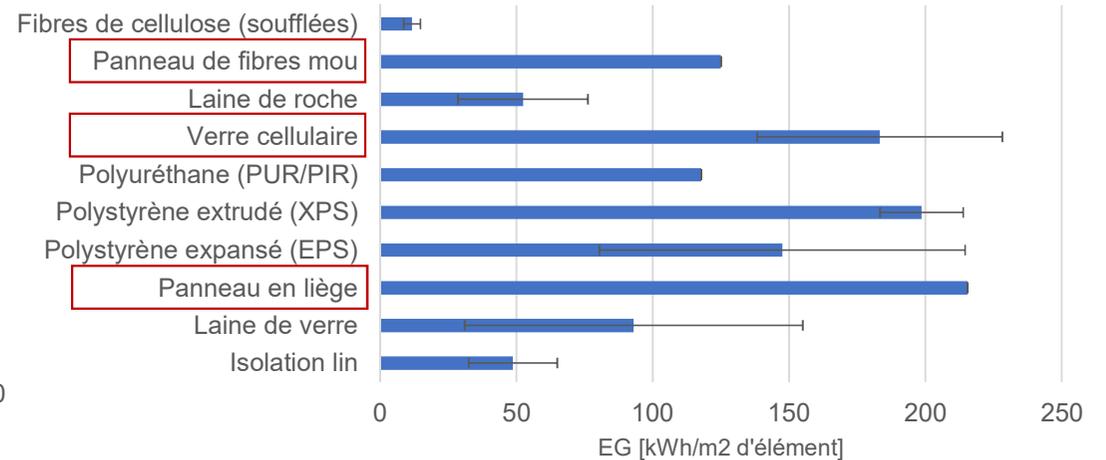
Matériaux considérés (5/5)

- A résistance thermique équivalente (valeur U équivalente)

Données d'impacts de matériaux isolants, KBOB 2014
[kWh/kg]

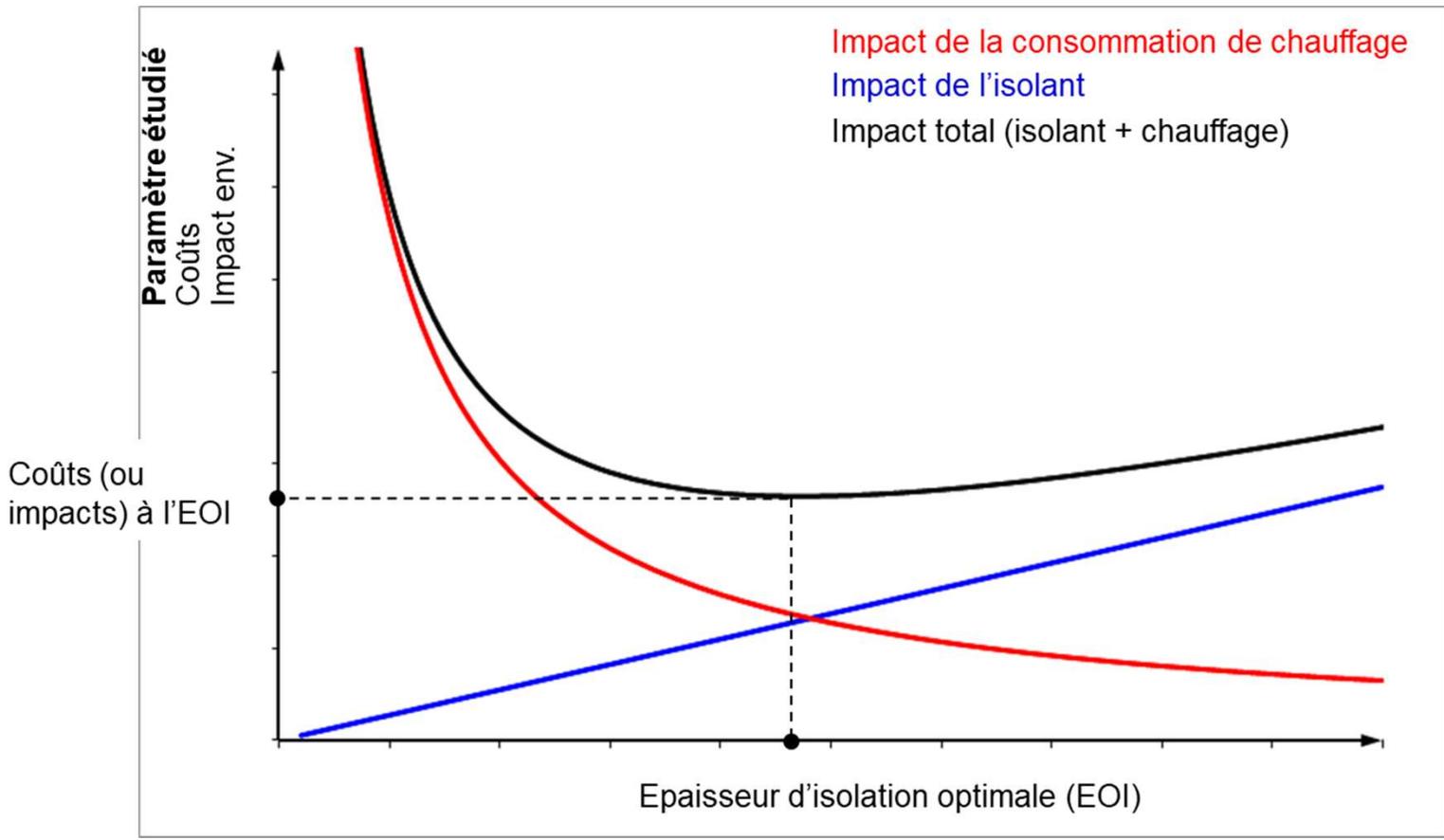


Énergie grise des isolants pour un coefficient de déperdition thermique U de 0.2 [W/(m2K)]



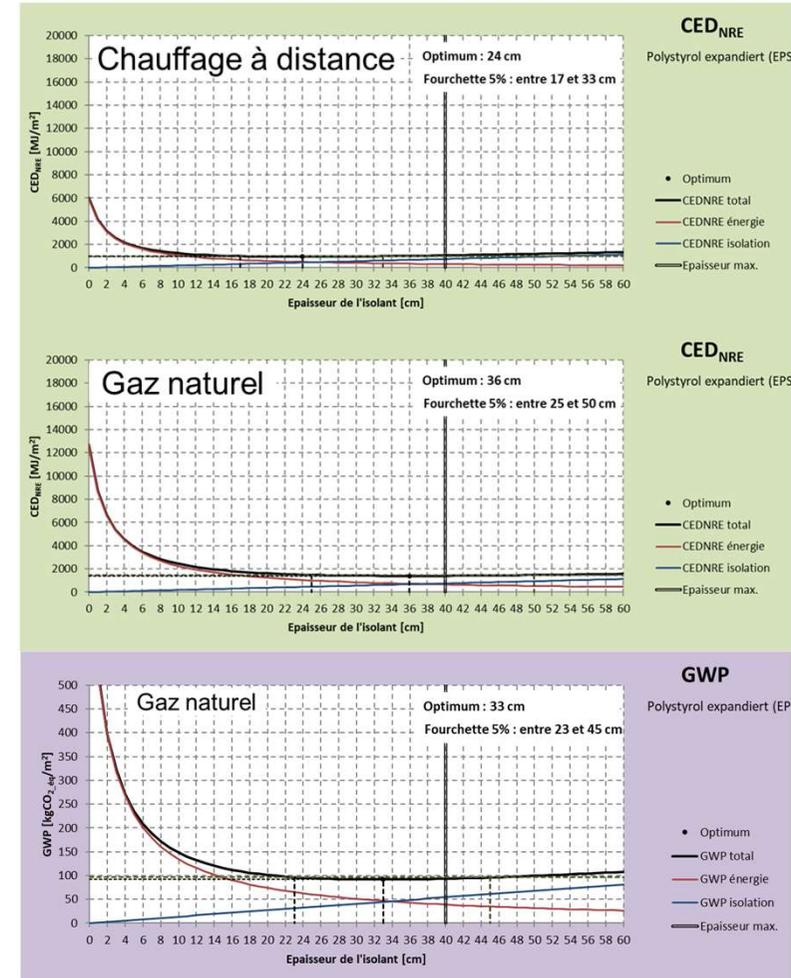
- Attention exemple fictif, mais basé sur des valeurs reconnues!
 - Conductivité thermique: SIA 279
 - Epaisseur d'isolant calculée sans tenir compte des autres matériaux constitutifs de l'élément de construction concerné

Épaisseur optimale d'isolation



Épaisseur optimale d'isolation (exemple ici pour la rénovation)

- Varie en fonction de:
 - Système constructif
 - Isolant (conductivité, densité, données d'impacts env., coût,)
 - Vecteur énergétique (données d'impacts env.)
 - Climat (station météorologique)
 - Subventions (état 2016)
 - Renchérissement du coût de l'énergie
 - Indicateur évalué



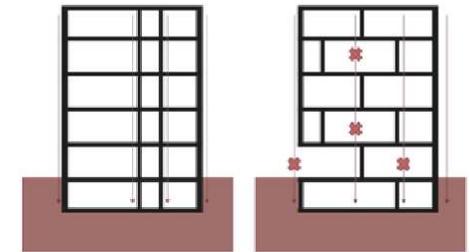
Exemple: façade compacte

Conclusion

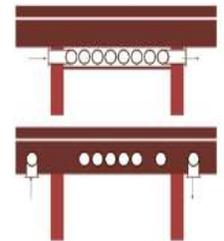
- Comparatif entre isolants
 - Jamais au niveau des matériaux,
 - Toujours au niveau des éléments constructifs (murs, façades, etc.)
 - Comparer à résistance thermique équivalente

- Analyse de l'Épaisseur Optimale Isolante (EOI)
 - Couple optimal Isolation - système de chauffage diffère selon
 - Indicateur
 - Choix des paramètres (climat, coûts de l'énergie et valeurs d'impacts environnementaux des bases de données (KBOB))

- Par une planification précoce dans le projet de construction, il est possible d'agir sur l'impact environnemental des matériaux de construction.
 - Compacité du bâtiment (rapport A_{th}/A_E)
 - Choix de la structure (légère vs lourds)
 - Flexibilité du bâtiment (p.ex. peu de murs porteurs intérieurs)
 - Sobriété (p.ex. surface par personne, nbr de salles d'eau)
 - Déconstruction (système de fixation mécanique)



Exemple: coupe de deux bâtiments illustrant deux manières de reporter les charges.



Exemple: Les canaux de ventilation douce peuvent être placés derrière les plafonds suspendus ou, mieux, moins visibles, au lieu d'être intégrés dans la dalle en béton.

Sources: L'énergie grise dans les nouveaux Bâtiments - Guide pour les professionnels du bâtiment, suisseenergie, 2017

Bibliographie

- L'énergie grise dans les nouveaux Bâtiments - Guide pour les professionnels du bâtiment, suisseenergie, 2017
- L'énergie grise dans les transformations de Bâtiments - Guide pour les professionnels du bâtiment, suisseenergie, 2017
- L'énergie grise – Établissement du bilan écologique pour la construction de bâtiments, Cahier technique SIA 2032, 2020
- La voie SIA vers l'efficacité énergétique, Cahier technique SIA 2040, 2017