FORMATION BATIMENT DURABLE

MATÉRIAUX DURABLES: COMMENT CHOISIR?

AUTOMNE 2022

Outils d'aide au choix

Mieke VANDENBROUCKE





PLAN DE L'EXPOSÉ

Introduction

Outils à l'échelle des

- **►** matériaux
- **▶** produits
- **▶**éléments

Conclusion







Matières premières

Transport vers l'usine

Production

Transport vers le site

Mise en oeuvre

Utilisation

Entretien

Réparation

Remplacement

Rénovation

Désassemblage / Démolition

Transport

Traitement des déchets



Matières premières

Transport vers l'usine

Production

Transp Santés le site

MiseSocial uvre

Environnement

Qualité

Aspects financiers

Remplacement

Rénovation

Désassemblage / Démolition

Transport

Traitement des déchets



Matières premières

Transport vers l'usine

Production

Transposantés le site

Mise Social uvre

Environgement

EVALUATION?

Aspects financiers

Remplacement

Rénovation

Désassemblage / Démolition

Transport

Traitement des déchets



Producteurs?

Informations techniques:



Informations sur le prix:



Durabilité:

Ecologique! Bon pour l'environnemen! Recyclé! Sain!





Matières premières

Transport vers l'usine

Production

Transposantés le site

Mise Social uvre

Environgement

EVALUATION?

Aspects financiers

Remplacement

Rénovation

Désassemblage / Démolition

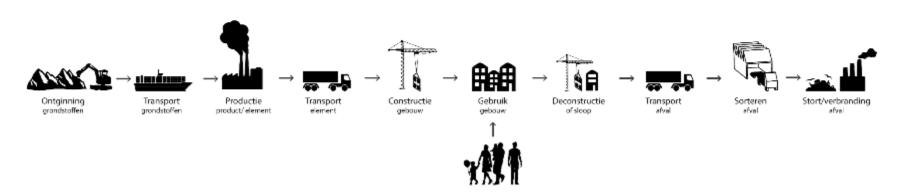
Transport

Traitement des déchets



Phases du cycle de vie

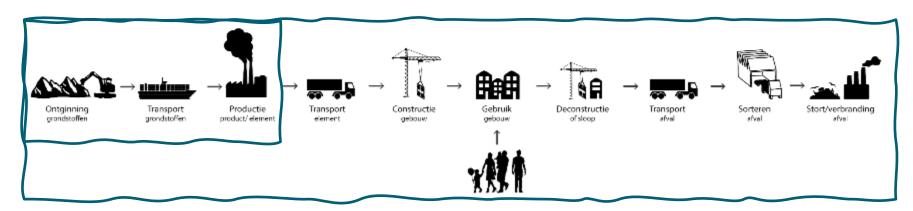
Une analyse du cycle de vie (ACV/LCA) est une méthode selon laquelle les impacts d'un produit, d'un bâtiment, d'un quartier... sont analysés tout au long des différentes phases du cycle de vie de l'objet concerné.





Phases du cycle de vie

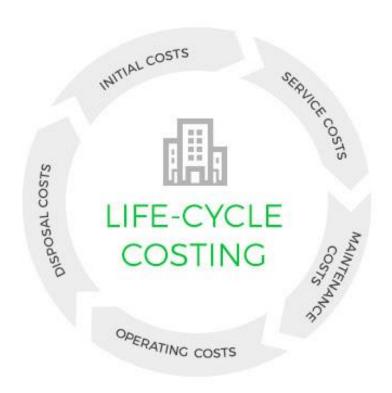
- ►ACV du berceau à la porte de l'usine (cradle-to-gate): jusqu'à la phase de production
- ► ACV du berceau à la tombe (cradle-to-grave): toutes les phases du cycle de vie
- ►ACV du berceau à la porte de l'usine avec options (cradle-to-gate with options): jusqu'à la phase de production + quelques autres phases au choix





Analyse du cycle de vie

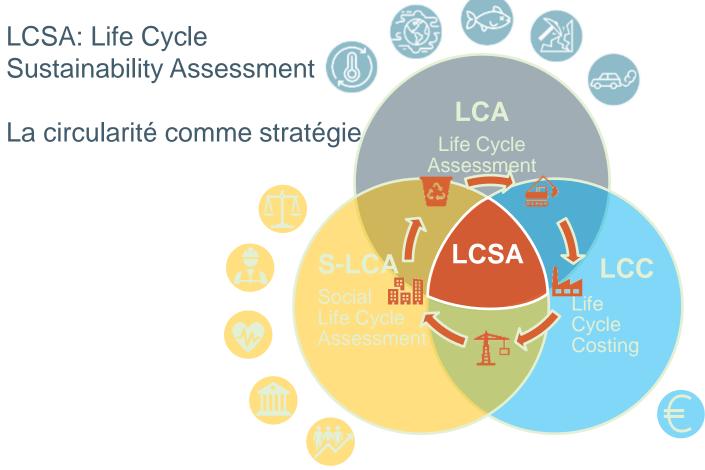






Analyse du cycle de vie

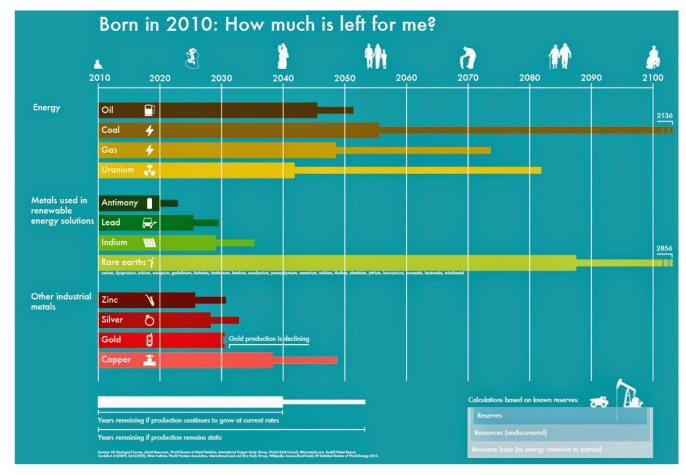
S-ACV: droits de l'être humain, santé et sécurité, égalité des genres...





Indicateurs environnementaux

Epuisement de ressources abiotiques: tant fossiles que non-fossiles





Indicateurs environnementaux











Indicateurs d'impact environnemental



Changement climatique

Ecotoxicité



60

Appauvrissement de la couche d'ozone

Besoin en eau





Acidification

Occupation des sols





Eutrophisation

Rayonnements ionisants, santé humaine





Formation d'ozone photochimique



Epuisement des ressources abiotiques



Toxicité humaine



Emissions de particules fines



Unité fonctionnelle

Comparer les matériaux / produits dans le cadre de leur utilisation:

- ▶ Isolation thermique: par unité de résistance thermique
- ► Peinture: par m² et par année
- ► Paroi: par m²
- ► Poutres: selon leur capacité portante
- = comparer des composants techniquement équivalants



Logiciels

- ► One Click LCA:
 - plus large de que le domaine de la construction
 - + plugin pour Rhino, Revit
 - + input pour BREEAM, comme Impact et Totem
 - moins de produits belges
- ➤ SimaPro, Open LCA, GaBi plus focalisés sur le secteur du bâtiment







PLAN DE L'EXPOSÉ

Introduction

Outils à l'échelle des

- **►** matériaux
- **▶** produits
- **▶** éléments

Conclusion



Données brutes

Via LCA-software

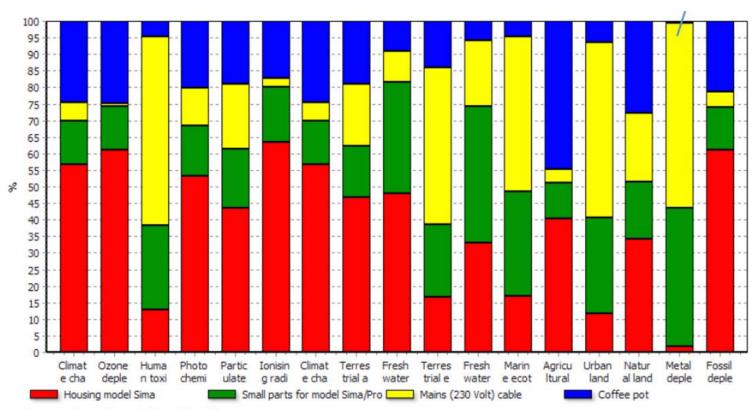
Via bases de données répertoriant les données environnementales brutes de matériaux, comme base pour une analyse du cycle de vie

ex. ecoinvent | www.ecoinvent.org

> Gratuit, mais abonnement requis pour utilisation complète



Données brutes



Analyzing 1 p 'Assembly model Sima (plastic)'; Method: ReCiPe Endpoint (H) V1.10 / World ReCiPe H/A / Characterization



Données brutes

- + objectivité
- + données de base
- gourmand en temps
- difficile à interpréter



Outils de classification

Basés sur une méthode qui leur est propre.

Les différents matériaux considérés sont comparés à performance égale et ensuite classés selon leur impact respectif.

ex. NIBE | www.nibe.info

NIBE accorde des scores de classification environnementale et sanitaires à des matériaux **génériques**

> Gratuit



Outils de classification:



Origine: Pays-Bas, Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie

▶ Principes :

- Basé sur une méthode ACV: l'outil compare, par catégorie et par unité fonctionnelle, différents produits à l'aide de 17 indicateurs d'impact
- Vue d'ensemble de l'évaluation globale sous forme d'un score pondéré, allant de 1a (meilleur choix) à 7c (à éviter).
- > Par indicateur, les résultats chiffrés sont visibles
- > Monétarisation des coûts environnementaux
- Données sousjacentes: génériques et spécifiques (fournies par les fabricants)

▶ Remarques:

Connaissance du NL requise



Outils de classification:



► Indicateurs d'impact considérés:

	Indicateurs d'in	npac	et CEN	Autres (propres à l'outil):
X	Changement climatique	X	Toxicité humaine	Nuisances - odeur
X	Appauvrissement de la couche d'ozone	-	Formation de certains substances	Nuisances – bruit / transport routier
X	Acidification	-	Rayonnement ionisant	 Nuisances – bruit / procédés de production
X	Eutrophisation	X	Ecotoxicité	Nuisances lumineuses
X	Formation d'ozone photochimique	-	Occupation des sols	Risques (accident)s A control (lea)
X	Epuisement des ressources abiotiques: non-fossiles	-	Impact paysager	Déchets (kg)Energie (MJ)
X	Epuisement des ressources abiotiques: fossiles	_	Epuisement de la ressource eau	Transport (kton.km)



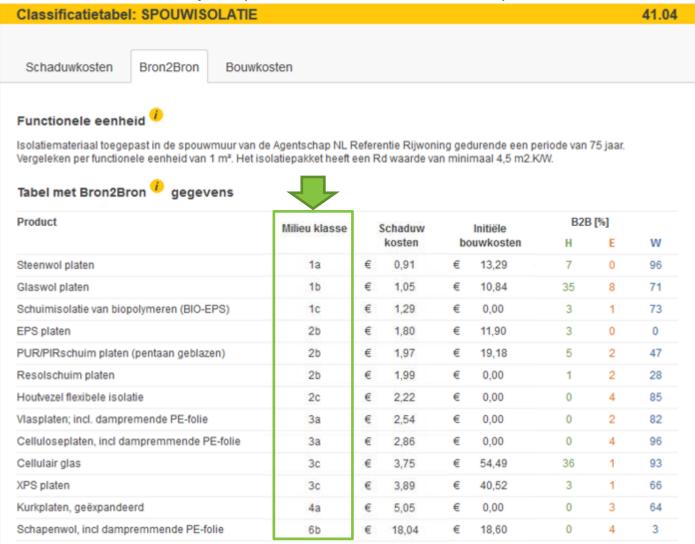
Outils de classification:

Klasse	Subklasse	Omschrijving	Milieubelastingsfactor
1	а	Beste keuze	1 - 1,1
	b		> 1,1 - 1,32
	C		> 1,32 - 1,58
2	a	Goede keuze	> 1,58 - 1,9
	b		> 1,9 - 2,28
	С		> 2,28 - 2,74
3	а	Aanvaardbare keuze	> 2,74 - 3,28
	b		> 3,28 - 3,94
	С		> 3,94 - 4,73
4	a	Minder goede keuze	> 4,73 - 5,68
	b		> 5,68 - 6,81
	C		> 6,81 - 8,17
5	a	Af te raden keuze	> 8,17 - 9,81
	b		> 9,81 - 11,77
	С		> 11,77 - 14,12
6	a	Slechte keuze	> 14,12 - 16,95
	b		> 16,95 - 20,34
	С		> 20,34 - 24,40
7	8	Onaanvaardbare keuze	> 24,40 - 29,29
	b		> 29,29 - 35,14
	0		> 35,14 - 42,17
>7c		Onaanvaardbare keuze	> 42,17



24

ex. Isolation thermique (ici dans un mur creux):





Source: NIBE, http://www.nibe.info/nl/milieuclassificaties

4b

Schaduwkosten: € 1,62



Massa per FE Levensduur Lambdawaarde Transportafstand naar fabriek		kg jaar W/m.K km
--	--	---------------------------

Afvalscenario:

Stort	5,0	%
Verbranding	95,0	%
Recycling	0,0	%
Hergebruik	0,0	%
Eigenprofiel	0,0	%

Omschrijving functionele eenheid

Cellulose wordt doorgaans niet in een traditionele spouw toegepast. Ter vergelijking is het materiaal wel meegenomen, het kan immers wel voor tal van andere (drogere) toepassingen worden gebruikt. Voor een traditionele gevel met een totale warmteweerstand (Rd) van 4,5 m²K/W is een dikte van het isolatiemateriaal van 140 mm nodig. Voor 1 m² is 12,29 kg isolatiemateriaal nodig. De warmtegeleidingscoëfficiënt bedraagt 0,039 W/mK en de dichtheid van het materiaal is 70 kg/m³. Voor de levensduur is 50 jaar aangehouden gebaseerd op de PCR voor thermische isolatieproducten (NEN-EN 16783, april 2017)

Opvallende milieu-eigenschappen

Dit product valt in milieuklasse 4b en is daarmee milieutechnisch een minder goede keuze. Het product is 5,2 keer zo zwaar als het lichtste product in deze functionele eenheid, dit heeft een nadelige invloed op de milieueffecten veroorzaakt door transport. Het basisprofiel 47 - cellulose is het enige materiaal dat wordt gebruikt in dit product en veroorzaakt daarmee in dit product 100% van de schaduwkosten.

De productiefase (A1-3) is verantwoordelijk voor 74,5% van de totale schaduwkosten gedurende de beschouwde periode van 75 jaar. Het transport naar de bouwplaats (A4) tijdens de constructiefase veroorzaakt 1,9% van de schaduwkosten. De constructie (A5) van het product veroorzaakt -0,5% van de schaduwkosten. In deze fase wordt het afval dat vrijkomt op de bouwplaats (o.a. verpakkingen en snijverlies) en processen die plaatsvinden bij constructie meegewogen. Er treden geen milieueffecten op die voortvloeien uit emissies naar lucht, bodem of water tijdens het gebruik (B1). Voor onderhoud (B2) treden geen milieueffecten op gedurende de beschouwde periode. Er vinden geen vervangingen (B3) plaats in de gebruiksfase en derhalve zijn er geen schaduwkosten voor dit onderdeel. Het repareren van het product (B4) tijdens de beschouwde periode veroorzaakt 33,3% van de totale schaduwkosten van het product. Er zijn geen schaduwkosten voor energieverbruik door het product (B6) om te kunnen functioneren in de beschouwde periode. Er zijn geen schaduwkosten voor waterverbruik door het product (B7) om te kunnen functioneren in de beschouwde periode. In de afvalfase van het product (C & D), exclusief het transport in deze fase (C2), worden -11% van de schaduwkosten veroorzaakt van wieg tot graf (bij recycling en re-use weer tot de wieg). Het transport in de afvalfase van het product (C2) veroorzaakt 1,7% van de schaduwkosten. De som van alle fases is 100%. Omdat er in de afvalfase een minwaarde behaald wordt, zijn de gesommeerde waarden van de andere fases meer dan 100%. Deze minwaarde wordt behaald doordat de recyclings-/hergebruikspotentie van het product in de afvalfase wordt toegerekend.

Milieucriteria

Uitputtina

abiotische grondstoffen

Em	issies			Lan	dgebruik		
br	broeikaseffect	1,17E+1	kg CO₂ eq	la	landgebruik	0,00E+0	PDF.m².jr
oz	ozonlaagaantasting	9,27E-7	kg CFC-11 eq				
hu	humane toxiciteit	5,94E+0	kg 1,4 DB eq	Hin	der ten gevolge van		
aq	aquatische toxiciteit (zoet)	1,02E-1	kg 1,4 DB eq	st	stank	0,00E+0	OTV m ³
ad	aquatische toxiciteit (zout)	4.78E+2	ka 1.4 DB ea	we	geluid door wegtransport	0,00E+0	DALY
te	terrestische toxiciteit	2.73E-2	kg 1.4 DB eg	рг	geluid door productie	0,00E+0	mbp
fo	fotochem, toxiciteit	4.80E-3	kg C₂H₄ eg	li	licht	0,00E+0	mbp
ve	verzuring	6.34E-2	kg SO₂ eg	ca	kans op calamiteiten	0,00E+0	mbp
eu	eutrofiëring (vermesting)	1.92E-2	ka PO4 ea		-		

1.12E-4 kg Sb eg





Outils d'accompagnement:

 Compilation de données environnementales et de données techniques





Orgine: Luxembourg, CRTI-B
"Leitfaden fur nachhaltiges - bauen und renovieren"

Site web: www.crtib.lu

Principes:

- Compilation de données environnementales et techniques pour une centaine de matériaux et composants de bâtiments (des fondations aux finitions)
- Mise à disposition de **comparaisons** entre produits et éléments de construction
- Les données concernant l'énergie grise et les COVs sont reprises dans la base de données ECOINVENT

► Remarques:

- > Outil gratuit en ligne
- > Toutes les fiches peuvent être consultées et téléchargées en format .pdf



ex. Isolation thermique:

		Flocons de cellulose	Panneaux de fibres tendres	Isolants à base de fibres de coco	Lin	Isolants à base de liège	Laine de mouton
Production	Constituants	vieux papiers, sulfate de calcium, agents ignifuges (sels de bore ou polyphosphate d'ammonium), substances anti-moisissures (gommes et résines)	résidus de scieries, hydrofuges, colle	fibres de coco, éventuellement liant, agents ignifuges, imprégnation	fibres de lin, agents ignifuges, le cas échéant fibres synthétiques, imprégnation	écorce de chêne liège	laine vierge de mouton, agents ignifuges et antimites, le cas échéant fibres organiques ou coton, parement
	Demande en énergie non- renouvelable, en MJ/kg	++++	++++	pas de données	pas de données	++++	pas de données
	Potentiel d'effet de serre, en kg éq. CO ₂ / kg	+++	++++	pas de données	pas de données	++++	pas de données
	Acidification, en g éq. SOx / kg	++++	++++	pas de données	pas de données	++++	pas de données
	Photosmog, en g éq. éthylène / kg	++++	++++	pas de données	pas de données	++++	pas de données
	Demande en énergie non- renouvelable, en MJ/m ^{2 41}	+++++ (5)	++ (29)	pas de données	pas de données	++ (15)	pas de données
	Potentiel d'effet de serre, en kg éq. CO ₂ / m ²	++	++++	pas de données	pas de données	+++	pas de données
	Acidification, en g éq. SOx / m ²	++++	+++	pas de données	pas de données	+	pas de données
	Photosmog, en g éq. éthylène / m²	++++	++++	pas de données	pas de données	++++	pas de données



ex. Isolation thermique:

	-							
		Coton	Perlite	Verre cellulaire	Laine de verre	Laine de roche	Vermiculite / Vermikulite	Polystyrène expansé
Production	Constituants	coton, agents ignifuges	perlite brute (verres naturels, rhyolitiques, par exemple), hydrofuges, additifs augmentant la résistance à la compression ; pour produits en panneaux : liant (résines synthétiques, fibres)	sable siliceux, carbonate de calcium, feldspath potassique, oxyde de fer, carbonate de sodium, carbone	verre borosilicate (sable de silice, carbonate de sodium, dolomie, calcaire), liants (résines phénol- formol, résines urée- formol), fixateurs de poussières, hydrofuges, matériaux de parement	roche (environ 97 %) (dolérite, basalte, dolomie, calcaire), liants (résines phénol- formol avec ammoniac) fixateurs de poussières, hydrofuges, matériaux des parements	micaschiste, hydrofuges	styrène, agent gonflant (pentane), ignifuges, matériaux des parements
	Demande en énergie non- renouvelable, en MJ/kg	+++++	++++	+++	+++	++++	++++	+
	Potentiel d'effet de serre, en kg éq. CO ₂ / kg	+++++	+++	++	+++	+++	+++	+
	Acidification, en g éq. SOx / kg	++++	++++	++++	++++	++++	++++	+
	Photosmog, en g éq. éthylène / kg	++++	++++	+++++	++++	++++	++++	+
	Demande en énergie non- renouvelable, en MJ/m² 44	+++++	++ (29)	+ (120)	++++	++++ (10)	+++++	+++
	Potentiel d'effet de serre, en kg éq. CO ₂ / m ²	+++	+	+	++	++	++	++



Outils d'accompagnement:



Origine: Suisse, (fiches EcoCFC et EcoDevis)

Site web: <u>www.ecobau.ch</u>

Principes:

- Les documents de la plateforme ECO-BAU traitent de matériaux et produits dont le choix est judicieux sur le plan environnemental et sanitaire. On y trouve notamment:
 - Les fiches CFC: recommandations pour le choix de matériaux et procédés
 - Les "éco-devis" dédiés aux cahiers des charges: fiches fournissant des informations détaillées sur des matériaux et composants vertueux, par unité fonctionnelle
- Les données sont issues de **déclarations environnementales de produits** selon la directive SIA 493 (Suisse) et tiennent compte des phases de production, d'utilisation et de fin de vie.

Remarques:



- > Accessible en ligne, gratuitement
- > Toutes les fiches peuvent être consultées et téléchargées en format .pdf

Outils d'accompagnement:

spécifications des mat	ériaux	
Protections	1 ^{ère} priorité: Feuilles de plastique recyclé.	
	2 ^{ème} priorité: Planches, papier de protection, carton.	
Panneaux d'isolation thermique	1 ^{ère} priorité: Laine de roche 90 kg/m3, EPS au graphite 15 kg/m3.	
	2 ^{ème} priorité: EPS 15 kg/m3, laine de roche supérieure à 120 kg/m3, panneaux isolants minéraux 110 kg/m3.	
Prétraitement du fond	1 ^{ère} priorité: Produits sans solvants (max.1%) ou encore des produits diluables à l'eau.	
Tablettes de fenêtre	1 ^{ère} priorité: Bois massif, panneaux en bois massif tri-plis.	
	2 ^{ème} priorité: Béton armé de fibres de verre.	
Isolation thermique extérieure crépie	1 ^{ère} priorité: Crépis de finition minéraux avec laine de roche 90 kg/m3 ou EPS au graphite 15 kg/m3.	Les crépis à la résine silicone et les crépis synthétiques contiennent nettement plus d'énergie grise.
	2 ^{ème} priorité: Crépis de finition minéraux avec EPS 15 kg/m3 ou laine de roche 120 kg/m3 ou panneaux isolants minéraux 110 kg/m3, crépis de finition au silicate avec laine de roche 90 kg/m3 ou EPS au graphite 15 kg/m3.	Le crépi n'est considéré comme résistant aux intempéries que s'il est formé exclusivement de composants minéraux et qu'il présente une épaisseur d'enduit de min. 10 mm pour l'enduit de fond et la couche



d'enrobage.

Outils d'accompagnement – en Belgique:



Origine: RBC, Bruxelles Environnement

Site web: www.guidebatimentdurable.brussels

- ► Guide Bâtiment Durable Bruxelles Environnement
 - > Continuellement mis à jour
 - > Thème « Matière »
 - Recommandations pratiques et tableaux de synthèse des performances techniques + comparaisons sur base de différents critères (avantages et inconvénients)
- ► Remarques:
 - > Accessible gratuitement en ligne



Outils d'accompagnement – en Belgique:

► Guide Bâtiment Durable – Bruxelles Environnement www.guidebatimentdurable.brussels

Acoustique >

Limiter l'émission et la transmission du bruit pour assurer le confort acoustique des occupants.

Contenu le plus récent



Acoustique d'une paroi lé...

Economie circulaire >

Concevoir un bâtiment évoluant dans le temps et dont les composants puissent être démontés et réutilisés en fin de vie.

Contenu le plus récent



Façade circulaire

Gestion, Chantier et participation >

Mettre en place des outils pour une bonne gestion du projet et rendre le chantier respectueux de l'environnement.

Contenu le plus récent



Financement alternatif et dura...

Mobilité et accessibilité >

Promouvoir la mobilité active et rendre le bâtiment accessible à tous.

Contenu le plus récent



Aménagement durable des parkin...

Développement de la nature >

Favoriser la biodiversité au niveau du bâti et de la parcelle et intégrer l'agriculture urbaine.

Contenu le plus récent



Compost collectif

Energie >

Améliorer l'efficience énergétique des bâtiments tout en garantissant le confort des occupants.

Contenu le plus récent



Humidification et déshumidific...

Humain >

Concevoir un bâtiment confortable et favorisant le développement des relations humaines.

Contenu le plus récent



Humidification et déshumidific...

Eau >

Agir sur la gestion des eaux pluviales et eaux usées, réduire les consommations d'eau potable.

Contenu le plus récent



Arbres de pluie

Environnement physique >

Enrichir le paysage urbain, limiter l'impact du bâtiment sur le quartier et traiter les sols pollués.

Contenu le plus récent



Enrichir le paysage urbain

Matériaux >

Choisir judicieusement les matériaux de construction d'un point de vue environnemental et sanitaire.

Contenu le plus récent



Vignette



- ex. Isolation thermique:
 - > DOSSIER | Choix durable des matériaux d'isolation thermique
 - Quel type de matériau isolant pour quelle application ?

Isolation thermique d'un mur hors sol



Source: kelbtp.com (hors ligne)

La palette de choix des matériaux isolants pouvant être mis en œuvre dépend fortement du choix de la composition des éléments de façade (structure d'une part – voir dossier <u>Choix durable des techniques</u> <u>constructives et des matériaux et éléments de structure</u> – et matériaux de parement d'autre part – voir dossier Choix durable des matériaux de parement).

Dans le cas d'ossatures ou d'éléments préfabriqués en caisson, les matériaux compressibles (i.e. souples) et en vrac (à déverser ou à insuffler) sont recommandés.

Si la couche d'isolation thermique est appliquée à l'extérieur de la structure, le choix sera influencé par les éléments de façade venant compléter la composition de façade du côté extérieur

Type d'isolant thermique

Position de l'isolant	en vrac	souple	semi-rigide	rigide	projeté
par l'extérieur	-	0	х	X	-
dans la coulisse	0	0	х	Х	-
entre éléments de structure (*)	-	х	х	Х	-
par l'intérieur	-	X	х	X	х
intégré à des caissons (remplissage)	х	х	х	-	-



- ex. Isolation thermique:
 - > DOSSIER | Choix durable des matériaux d'isolation thermique
 - Tenir compte des performances:

	Conduct	ibilité the	ductibilité thermique λ {[W/(m.K)] (selon la documentation)									
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11		
Polystyrène extrudé	0,027 à 0	,034										
Polystyrène expansé	0,028 à 0	,04										
Polyuréthane	0,024 à 0,029											
Laine de verre		0,035 à 0	,04									
Laine de roche		0,035 à 0,04										
Cellulose en vrac ou en panneaux		0,035 à 0,04										
Rouleaux de textile recyclés Laine de mouton		0,035 à 0	,045									
Bois feutré (panneaux mous ou panneaux mi-durs)			0,042 à	0.07								
Chanvre ou laine de chanvre			0,039 à	0,08								
Argile expansée									0,103 à	0,108		



- ex. Isolation thermique:
 - > DOSSIER | Choix durable des matériaux d'isolation thermique
 - Comparaison d'isolants thermiques rigides à base de matières premières minérales





- ex. Isolation thermique:
 - > DOSSIER | Choix durable des matériaux d'isolation thermique
 - Tenir compte des risques sanitaires:

	Avantages	Inconvénients
Argile expansée	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides Pas d'émissions de <u>COV</u> Pas d'émissions de formaldéhyde Absence de liants	Dégagement important de poussières fors de la mise en œuvre
Chenevotte	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides Pas d'émissions de COV Pas d'émissions de formaldéhyde Absence de lients	
Fibre de bois	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides Pas d'émissions de COV Pas d'émissions de tormaidéhyde	Présence possible de liants synthétiques
Laine de bois	Pas d'agents ignifuges Pas de biocides Pas d'émissions de COV Pas d'émissions de formaldéhyde	/



Outils d'accompagnement – en Belgique:

Matériaux pour la rénovation intérieure de bâtiments:

Objectifs:

Mettre à disposition des fiches, recommandations et exemples de clauses afin de faciliter l'achat de matériaux durables pour le réaménagement de bâtiments, et ce dans les règles de l'art juridique

Groupes de produits:

 Eclairage intérieur, parois intérieures et faux-plafonds, revêtements de sol, menuiseries extérieures, revêtements de toiture plate

Remarques:

- > Les fiches sont accessibles en ligne
- > overheid.vlaanderen.be/materialen-herinrichting-gebouwen



Vlaamse overheid

(versie 23.09.2016)

MATERIALEN VOOR DE HERINRICHTING VAN GEBOUWEN WANDPANELEN EN VERLAAGDE PLAFONDS

INHOUD

	TOFPACCINICCOFFIED	
1	TOEPASSINGSGEBIED	
2	OVERWEGINGEN VOORAF	
2.1	Juist keuze van producten	2
2.2	Kwaliteitsvolle producten en uitvoering	
2.3	Milieulabels als bewijsmiddel	3
3	Wilieulabels als bewijsmiddel	1
4	TECHNISCHE VEREISTEN	
4.1	Vlot aanpasbare systemen	5
4.2	Thermisch en akoestisch comfort	5
4.3	Gebruik van gerecycleerd gips (gips en op gips gebaseerde panelen)	5
4.4	Beperken van emissies naar binnenlucht (plafondtegels)	6
4.5	Hout uit duurzaam beheerde bossen (hout)	6
4.6	Gebruik van duurzame papiervezels in gipsplaten	7
5	GUNNINGSCRITERIA	7
5.1	Duurzaam materiaalbeheer	7
5.2	Luchtzuiverende stoffen in gipsplaten	7
5.3	Gebruik van gerecycleerd gips (gips en op gips gebaseerde panelen)	8
6	UITVOERINGSVOORWAARDEN	3
6.1	Inzameling van zuivere afvalstromen	8
6.2	Instructies en opleiding over onderhoud	9
7	OPMERKINGEN M.B.T. DE FICHE?	9



Outils de classification:



Origine: Royaume Uni, Building Research Establishment Site web: tools.bregroup.com/greenguide

Principes:

- Basé sur une méthodologie ACV, l'outil compare (par catégorie et par unité fonctionnelle) différents produits et éléments de construction à l'aide de 12 indicateurs d'impact
- Vue d'ensemble de l'évaluation globale sous forme d'un score pondéré, allant de A+ (meilleur choix) à E (à éviter). Les scores sont attribués après pondération des données obtenues pour les différents indicateurs, mais les résultats chiffrés ne sont pas visibles.
- Approche par élément, sur base des matériaux choisis (choix prédéfinis)
- Données sousjacentes: génériques (valeurs représentatives pour les produits présents sur le marché britannique)

► Remarques:

- Accessible en ligne gratuitement (moyennant création d'un compte d'utilisateur).
- > Connaissance de l'EN requise



Outils de classification:



► Indicateurs d'impact considérés:

	Impactindicate	Autres (propres à l'outil):		
X	Changement climatique	X	Toxicité humaine	Déchets (tonne)
X	Appauvrissement de la couche d'ozone	-	Formation de certains substances	• Déchets nucléaires (m³)
X	Acidification	-	Rayonnement ionisant	
X	Eutrophisation	X	Ecotoxicité	
X	Formation d'ozone photochimique	-	Occupation des sols	
X	Epuisement des ressources abiotiques: non-fossiles	-	Impact paysager	
X	Epuisement des ressources abiotiques: fossiles	X	Epuisement de la ressource eau	



ex. Isolation thermique:

Element type > Insulation

Green Guide 2008 ratings Building type > Domestic Category > Insulation

	Element number	Summary rating
Cavity blown glass wool insulation - density 17 kg/m³	815320036	A+
Cavity blown stone wool insulation density 30 kg/m³	<u>815320037</u>	A+
Cellular glass insulation - density 100 kg/m³	915320051	A+
Cellular glass insulation - density 110 kg/m³	915320052	Α
Cellular glass insulation - density 115 kg/m³	915320053	Α
Cellular glass insulation - density 165 kg/m³	915320057	В
Cellular glass insulation - density 200 kg/m³	915320058	С
Corkboard insulation - density 120kg/m³	<u>815320021</u>	А
<u>Dry blown recycled cellulose insulation - density</u> 24kg/m³	1315320009	A+
Expanded polystyrene (EPS) - density 15 kg/m³	815320022	A+
Expanded polystyrene (EPS) - density 20 kg/m³	<u>815320023</u>	A+
Expanded polystyrene (EPS) - density 25 kg/m³	815320024	A+
Expanded polystyrene (EPS) - density 30 kg/m³	<u>815320025</u>	A+
Glass wool insulation - density 32 kg/m³	815320003	A+
Glass wool insulation - density 48 kg/m³	<u>815320004</u>	A+
Glass wool insulation - density 80 kg/m ^s	915320059	А

Functional unit for insulation:

 1m^2 of insulation with sufficient thickness to provide a thermal resistance value of 3 $\text{m}^2\text{K/W},$ equivalent to approximately 100mm of insulation with a conductivity (k value) of 0.033 W/mK. To include any repair, refurbishment or replacement over the 60-year study period.

Grey Expanded Polystyrene (EPS) insulation - density 20 kg/m3	1315320016	A+
Grey Expanded Polystyrene (EPS) insulation - density 30 kg/m3	1315320017	A+
<u>Grey Expanded Polystyrene (EPS) insulation - density</u> <u>40 kg/m3</u>	1315320018	A+
Rigid urethane (pentane blown) with gas-tight facers, density 32 kg/m³ and k-value 0.023 W/m.K	1415320205	Α
Sheep's wool insulation - density 25 kg/m3	<u>1115320021</u>	A+
Stone wool insulation - density 100 kg/m³	<u>815320011</u>	Α
Stone wool insulation - density 128 kg/m³	815320012	В
Stone wool insulation - density 140 kg/m³	815320013	В
Stone wool insulation - density 160 kg/m³	815320014	С
Stone wool insulation - density 33 kg/m³	815320007	A+
Stone wool insulation - density 45 kg/m³	815320008	A+
Stone wool insulation - density 60 kg/m³	815320009	A+
Stone wool insulation - density 80 kg/m³	815320010	Α
Straw bale used as insulation	815320029	Α
Strawboard thermal insulation (420kg/m³)	815320034	С
Wet blown recycled cellulose insulation -density 45 kg/m³	815320039	A+



Outils de classification

- utilisation peu gourmande en temps
- + facilité d'interprétation
- pas transparent
- général, absence de contexte
- un peu "datés"



PLAN DE L'EXPOSÉ

Introduction

Outils à l'échelle des

- **►** matériaux
- **▶** produits
- **▶** éléments

Conclusion



Autodéclarations

ProduitsLabels indépendants















Autodéclarations:

- consultation peu gourmande en temps
- + facilité d'interprétation
- pas transparentes
- pas 100% fiables
- souvent "ciblées"





EPD's

Format destiné à communiquer les résultats d'une ACV, cadré par une réglementation et une norme

► Principe:

- > Déclarations environnementales de type III (régies par norme ISO 14024)
- Couramment appelées EPD (Environmental Product Declaration)
- > Harmonisation des systèmes d'EPD (NBN EN 15804 NBN EN 15978)
- Renseignent l'impact d'un produit via une série d'indicateurs environnementaux qui peuvent différer d'une base de données à l'autre
- Les valeurs détaillées sont disponibles, mais doivent être interprétées, ce qui implique un recours à un outil ACV et l'implication d'un professionnel pour effectuer l'analyse
- La mise à disposition de ces données est indispensable car elles constituent la base d'une approche ACV intégrée à l'échelle des éléments et des bâtiments



 Egalement utiles lors d'une évalutation à l'aide d'outils de certification de matériaux et pour les écolabels

EPD's

- Evolution actuelle:
 - > Disponibles aujourd'hui en Belgique: 112 B-EPD's.
 - > Depuis le 01/01/2015:
 - Arrêté Royal du 22/05/2014: tout fabricant qui souhaite assortir son produit une information d'ordre environnemental doit en amont faire effectuer une analyse du cycle de vie
 - Ces données (EPDs) sont reprises dans une base de données (européenne) centralisée – application web: www.environmentalproductdeclaration.eu (SPF Santé
 - Différentes bases de données étrangères sont également consultables:



- Origine: France
- Plus de 6000 fiches disponiblesSie web: <u>www.inies.fr</u>
- €: Gratuit concerne le marché français



- Origine: Allemagne, IBU (Institut Bauen und Umwelt)
- Environ 1745 fiches disponibles
- Website: https://ibu-epd.com/
- €: Gratuit concerne le marché allemand et autrichien

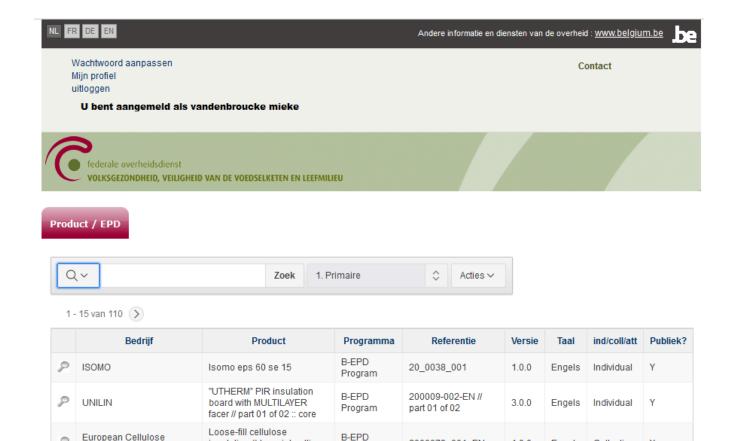


EPD's

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL	. IMPACT:	1 m³ PAVAFLEX		
Parameter	Unit	A1-A3	СЗ	D
Global warming potential	[kg CO ₂ -Eq.]	1.63E+0	2.61E+2	-2.08E+2
Depletion potential of the stratospheric ozone layer	[kg CFC11-Eq.]	3.73E-9	-	-1.11E-8
Acidification potential of land and water	[kg SO ₂ -Eq.]	2.60E-1	-	-4.11E-2
Eutrophication potential	[kg (PO ₄)3-Eq.]	2.36E-2	-	6.38E-3
ormation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	[kg Ethen Eq.]	2.20E-2	-	-4.50E-3
Abiotic depletion potential for non fossil resources	[kg Sb Eq.]	2.80E-5	-	-1.67E-6
Abiotic depletion potential for fossil resources	[MJ]	1.53E+3	-	-5.13E+2
ESULTS OF THE LCA - RESOURCE USE:	1 m ³ PAVA	FLEX		
Parameter	Unit	A1-A3	C3	D
Renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	1.78E+2	-	-5.07E+1
Renewable primary energy resources as material utilization	[MJ]	7.59E+2	-	0.00E+0
Total use of renewable primary energy resources	[MJ]	9.37E+2	-	-5.07E+1
Non renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	1.43E+3	-	-6.14E+2
Non renewable primary energy as material utilization	IMJ	2.20E+2	-	0.00E+0
Total use of non renewable primary energy resources	[MJ]	1.65E+3	-	-6.14E+2
Use of secondary material	[kq]	0.00E+0	-	0.00E+0
Use of renewable secondary fuels	[MJ]	3.12E-2	-	-8.18E-3
Use of non renewable secondary fuels	MJ	2.47E-1	-	-9.03E-2
Use of net fresh water	[m³]	1.61E-1	-	1.08E-1
ESULTS OF THE LCA – OUTPUT FLOWS I m³ PAVAFLEX	AND WAST	E CATEGORIES	:	
Parameter	Unit	A1-A3	C3	D
Hazardous waste disposed	[kg]	1.49E-1	-	-3.67E-2
Non hazardous waste disposed	[kg]	2.93E+1	-	1.55E+0
Radioactive waste disposed	[kg]	4.77E-2	-	-4.05E-2
Components for re-use	[kg]	0.00E+0	-	0.00E+0
Materials for recycling	[kg]	0.00E+0	-	0.00E+0
Materials for energy recovery	[kg]	1.07E+0	5.50E+1	0.00E+0
Exported electrical energy	[MJ]	0.00E+0	-	0.00E+0
Exported thermal energy	[MJ]	0.00E+0	-	0.00E+0



EPD's



Program

B-EPD

Program

2000079_001_EN

2000079_001_EN

1.0.0

1.0.0

Engels

Collective

Engels Collective Y

insulation (blown into attic

insulation blown into walls

Loose fill cellulose

floors)

Insulation Association

European Cellulose

Insulation Association



EPD's

- objectivité
- + données de base
- difficulté d'interprétation
- difficulté de comparaison



PEF

- = Product Environmental Footprint (≠ EPD)
- ► Analyse de toutes les phases du cycle de vie obligatoire
- Règles de calcul identiques pour tou.te.s, méthode unique
- Benchmark (procédure de test) par groupe de produits
- ▶ Uniformisation et simplification
- Amené à devenir LA référence en Europe pour la réalisation d'une ACV



Ecolabels:

- Principes :
 - > Déclarations environnementals de type I (norme ISO 14024)
 - La labellisation est gérée par des instances indépendantes de l'industrie et atteste du fait qu'un matériau ou produit a un impact environnemental (et sanitaire, selon le label concerné) qui correspond aux exigences du label.

Les exigences diffèrent selon le label!

- > Tout le cycle de vie du produit est considéré, sur base d'une analyse du cycle de vie
- Le fait qu'un matériau/produit ne dispose pas d'un écolabel ne signifie par qu'il a un profil environnemental ou sanitaire défavorable







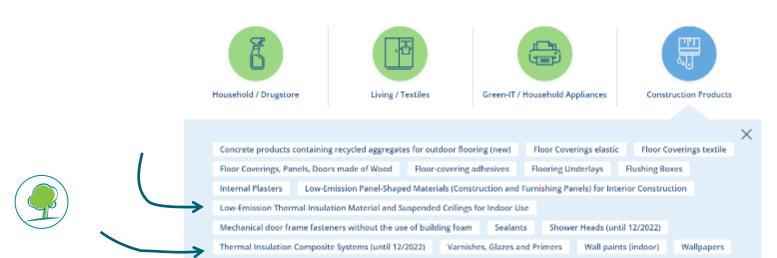






Ecolabels:

- ▶ Der Blaue Engel (1978):
 - Label géré par le "Deutsches Institut fûr Gütesicherung und Kennzeichnung" (Institut allemand pour la santé, la qualité et la labellisation)
 - > Controle indépendant par tierce partie
 - Compte plus de 20.000 produits, répartis dans 9-8 catégories principales, dont des produits de construction
 - > www.blauer-engel.de
- ex. isolation thermique:





Ecolabels:

- Natureplus (2001):
 - Label privé, géré par Natureplus e.V. (Internationaler Vere für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen)
 - > Contrôle indépendant par tierce partie
 - > Concerne plus de 500 produits de construction
 - > www.natureplus.org
- ex. isolation thermique:

▼ Insulation materials made of renewable resources

Cellulose-fibre insulation materials (bonded)
Cellulose-fibre insulation materials (loose)
Coconut fibre insulation materials
Cork insulation
Flax insulation
Flax insulation materials (loose)
Hemp insulation materials
Jute fibre insulation materials
Reed insulation panels
Sheep's wool insulation
Straw insulation
Wood-fibre insulation boards
Wood-fibre insulation materials (loose)

▼ Mineral insulation materials

Calcium silicate insulation board
Foam glass insulation boards
Mineral foam insulation boards
Perlite insulation boards
Wood wool insulation boards (with pore sealing)
Wood wool insulation boards (without pore sealing)
Wood wool multi-layer insulation boards
Wood-chip insulation boards

Insulation materials

instructions 🕐	print view
† title	manufacturer
Acoustic Board easyTECH	4Floor GmbH
Acoustic Board hydro-tec	REPAC Montagetechnik GmbH & Co. KG
Acoustic Board hydro-tec	4Floor GmbH
best wood FIBRE	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood FLOOR 140	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood FLOOR 220	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood MULTITHERM 110	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood MULTITHERM 140	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood ROOM 140	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood TOP 140	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood TOP 160	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood TOP 180	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood TOP 220	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood WALL 110	best wood SCHNEIDER GmbH
best wood WALL 140	best wood SCHNEIDER GmbH
host wood MALL 100	host wood CCUNETDED CMHU





Ecolabels

Différentes catégories de critères:

- environnement
- santé
- social
- provenance
- qualité

Nature différente:

- obligatoire
- volontaire

Différentes catégories de produits: Différentes instances:

- construction
- bois
- électroménager
- textile

- Public: Der Blaue Engel, Nordic Swan, EU Ecolabel
- Collecif privé: Nature Plus, FSC, PEFC

Différents niveaux d'exigence:

- part de marché (faisabilité)
- produits exemplaires

Différents degrés de transparence:

- critères
- contrôle
- validité



Ecolabels

Criteria	Nordic Swan	EU ecolabel	nature pass the cold of de mon Nature Plus	Blauer Engel
Contrôle indépendant	✓	✓	*	~
Normes pour les COV (composés organiques volatils)	•	✓	critères sévères	critères sévères
Normes sur la présence du dioxyde de titane	~	~	×	*
Normes sur le formaldéhyde	critères sévères	critères sévères	✓ critères sévères	✓
Normes sur la présence de métaux lourds	*	*	✓ critères sévères	×
Normes sur la présence de résidus pesticides	×	×	4	×
Utilisation interdite de substances nocives	~	~	4	×
Normes de qualité (résistance à l'abrasion, pouvoir opacifiant,)	critères sévères	critères sévères	×	•
Critères de nuisance olfactive	×	×	*	×
Normes d'émission maximale consommation d'énergie lors de la production	×	×	•	×



Ecolabels

Un label de qualité combine les meilleurs éléments issus des meilleures approches:

- Evaluation indépendante et description claire des critères
- Quantification scientifique
- Excellente lisibilité au moyen d'un seul symbole

Le rest est une question de choix: quel est le niveau d'exigence du consommateur / de l'utilisateur ?



• Cas particuliers: les certifications d'exploitation durable

Forest Stewardship Council:



Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes :





- Cas particuliers: les certifications d'exploitation durable
 - ➤ Souvent confondus avec les écolabels, les certifications d'exploitation durable diffèrent des déclarations environnementales de type I, et ce sous différents aspects:
 - Elles ne sont pas régies par une norme internationale (excepté pour la définition de la méthode de calcul du pourcentage de matières premières satisfaisant aux exigences du cahier des charges du certificat concerné)
 - Le produit ne fait l'objet d'aucune évaluation d'impact environnemental à l'aide d'une ACV. Par contre, le certificat impose des **exigences de haut niveau en termes d'exploitation et de traçabilité des ressources** (et une vérification annuelle du respect des ces exigences est effectuée par des tierces parties)
 - Tous les acteurs concernés au long de la chaîne de production sont soumis à un controle:
 - garantie de qualité de l'exploitation durable et de la provenance des matières premières
 - garantie de la composition des produits finaux / finis
 - Chaque système de certification dispose de son cahier des charges 60 spécifique



- Cas particuliers: les certifications d'exploitation durable
 - ► Forest Stewardship Council (1993):
 - › Certificat collectif privé: www.fsc.org
 - > Pour rechercher des produits en Belgique et au Luxembourg: https://www.ikzoekfsc.be



- > Pour la traçabilité sur chantier: controle sur leur site web à l'aide du numéro de controle de la chaîne: fsc.org/en/fsc-public-certificate-search
- > Variantes: FSC 100% / FSC Mix (mélange de matériaux certifiés FSC, de matériaux recyclés ou de matériaux issus d'autres sources contrôlées) / FSC Recycled (min. 85% de contenu recyclé postconsommateur).









- Cas particuliers: les certifications d'exploitation durable
 - Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (1999):
 - > Certificat collectif privé : www.pefc.org
 - > Pour rechercher des produits en Belgique et pour la traçabilité sur chantier: controle sur leur site web à du numéro de controle de la chaîne:

PEFC Belgique

> Variantes: PEFC / PEFC Recycled







PEFC





Ecolabels

- + faciles à comprendre
- + fiables
- grande diversité d'écolabels
- pas de contexte
- critères pas toujours clairs
- nombre de produits vérifiés limité



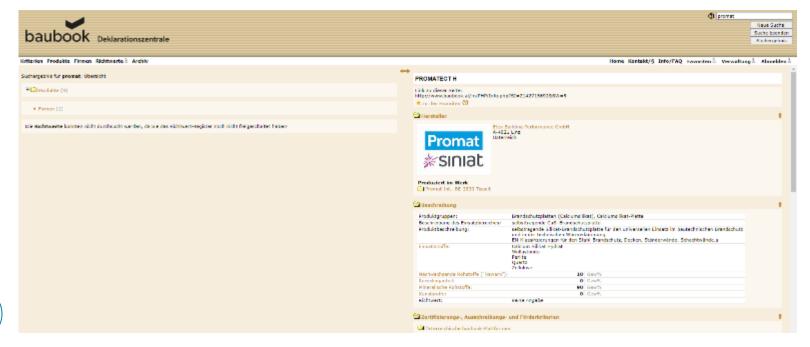
Outils d'évaluation

Utilisent les données d'impact issues d'une base de données de produits



Indicateurs $CO_2/C_2H_4/SO_2/PO_4$

- Origine: Autriche, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
- Site web: www.baubook.info
- Fn Allemand
- €: Gratuit





PLAN DE L'EXPOSÉ

Introduction

Outils à l'échelle des

- **►** matériaux
- **▶** produits
- **▶**éléments

Conclusion



Outils d'évaluation

- Utilisent les données d'impact issues d'une ou plusieurs base(s) de données de produits
 - qu'ils utilisent pour calculer l'impact d'un élément (unité fonctionnel = ex. 1m² de paroi)
- Permet de comparer plusieurs scénarios de composition d'un élément de construction ou d'un bâtiment dans son ensemble, sur base d'un nombre d'indicateurs d'impact donné
 - L'utilisateur doit s'assurer que la comparaison se fait à performance égale (ex. comparer deux fenêtres aux dimensions identiques et à la performance énergétique égale)
- > Au niveau d'un <u>élément</u> OU d'un <u>bâtiment</u> dans son ensemble



Outils d'évaluation



Indicateurs environnementaux Cradle to grave: NRE / PEI / CO₂ / UBP



Site web:

www.catalogueconstruction.ch

- Langues: FR et DE
- €: payant
- Origine: Suisse, Ecole polytechnisch fédérale de Lausanne
- Site web: www.lesosai.com
- Langues: FR et DE
- €: payant



Indicateurs environnementaux Cradle to grave: NRE / PEI / CO₂ / SO₂ / UBP

ozone photochimique / etc.



Outils d'évaluation – ex. isolation thermique:

► IBO Passivhaus Bauteilkatalog – baubook:



68

Outils d'évaluation:

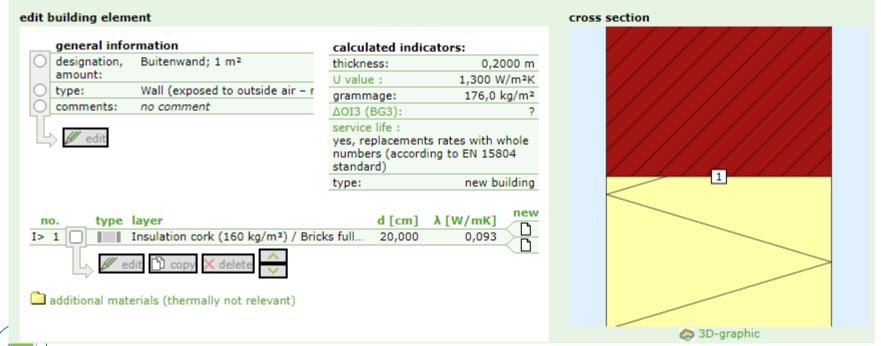


Indicateurs
environnementaux
Cradle to gate:
NRE / CO₂ / SO₂ / PO₄ /
C₂H₄ / CFC-11 / △ OI3

- Origine: Autriche, Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie,
- Website:

www.baubook.at/eco2soft/

- Langues: FR et DE
- €: payant



Outils d'évaluation



15 indicateurs d'impact Cradle to grave:

(CEN et CEN+)

+ monétarisation (1 indicateur)

- Origine:Pays-bas, W/E adviseurs
- Site web: https://gprsoftware.nl
- Langue: NL
- €: version demo 1 mois gratuite, ensuite FF / projet + MD software
- 5 thèmes sont évalués en tout:
 - Energie
 - Environnement
 - Santé
 - Qualité d'usage
 - Valeur à terme



4 indicateurs d'impact Cradle to grave:

Choisis en fonction du type d'évaluation réalisé

- Origine: Suisse, HEIG VD (Laboratoire d'énergétique solaire et de physique du bâtiment)
- Fusion de eco-bat en USai
- Site web: http://www.eco-sai.com
- Langues: FR, DE, EN, IT
- € : licence de base +/- 300,- €



Outils d'évaluation



12 indicateurs d'impact Cradle to grave:

- Origine: Royaume Uni, Building Research Establishment (BRE)
- Site web: <u>bregroup.com/products/impact/</u>
- Langue: EN
- €: payant



Base de données Cradle to grave:

= infofiches produits / EPD's (INIES)

- Origine: France, division
 Environnement du CSTB de
 Grenoble
- Site web: <u>elodie.cype.fr</u>
- Langue: FR
- €: payant



Outils d'évaluation:

TOTEM, développé en Belgique par et pour les 3 régions



- « Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials »
 - › Basé sur la méthode de calcul MMG (performances environnementales des matériaux à l'échelle des éléments de construction et du bâtiment), développée par KUL, VITO, WTCB
 - Différents indicateurs d'impact environnemental, résultats par élément et comparaison de variantes, avec indicateurs environnementaux détaillées, et/ou phases du cycle de vie détaillées
 - > Aggrégation en 1 score et vue d'ensemble des résultats
 - > A l'échelle d'un élément ou d'un bâtiment
 - > Gratuit (moyennant création d'un compte d'utilisateur)
 - > http://www.totem-building.be



Outils d'évaluation:

TOTEM, développé en Belgique par et pour les 3 régions





Bibliothèque

▶ L'outil sera présenté en détail en journée 2 par Sophie **Bronchart (Bruxelles Environnement)**

Mes paramètres

EΝ

EΝ

FR NL



Update - details of the latest TOTEM update

Formation - Introduction à TOTEM

Import - Excel template

> Tous les téléchargements





Outils d'évaluation

- + objectivité
- + simplicité d'interprétation
- + contexte
- moins accessibles



PLAN DE L'EXPOSÉ

Introduction
Outils à l'échelle des

- **►** matériaux
- **▶** produits
- **▶** éléments

Conclusion



CONCLUSIOn

Différents niveaux et différents outils d'aide peuvent être complémentaires

Selon le but recherché et le public cible (particulier, entrepreneur, architecte...)

Gardez un oeil critique, le context a toujours son importance



SITES WEB:

Guide Bâtiment Durable de Bruxelles Environnement: https://www.guidebatimentdurable.brussels

- CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction): https://www.cstc.be/
- TOTEM: http://www.totem-building.be
- Publications d'écobilans et outils utilisés:
 - Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie www.nibe.info/nl/milieuclassificaties
 - ▶ BRE, Green Guide to Specification: tools.bregroup.com/greenguide
 - CRTI-B, Guide pour la Construction et la Rénovation Durables <u>www.crtib.lu</u>
 - ► ECO-BAU, fiches ECO-CFC en ECO-DEVIS: <u>www.ecobau.ch</u>
 - Catalogues Construction: www.catalogueconstruction.ch
 - ▶ IBO Passivhaus Bauteilkatalog baubook: http://www.baubook.at/phbtk/



SITES WEB (suite):

- The International EPD® system a communication tool for international markets: www.environdec.com
- Comparaison entre différents labels (environnement et social) http://www.infolabel.be



Ouvrages:

- ANDERSON, J., THORNBACK, J., (2012), A guide to understanding the embodied impacts of construction products, Construction Products Association, Londres
- BAKER-BROWN, D. et al, (2017), The Re-Use Atlas, RIBA Publishing, Londres
- BORDEN, G. (ed.), (2011), *Matter: Material Processes in architectural production*, Routledge
- BRADY, J., EBBAGE, A., LUNN, R., (2011), *Environmental management in organizations*, The Institure of Environmental Management and Assessment (IEMA), Earthscan, New York
- CRAWFORD, R., (2011), Life Cycle Assessment in the Built Environment, Routledge
- CRTE (Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement, 2008), « Guide de la construction et de la rénovation durables », version 2.0, Luxembourg : <u>www.crtib.lu</u>
- DEPLAEZ, A. et al, (2005), Constructing architecture: materials processes structures, Birkhaüser, Bâle
- HEBEL, D., HEISEL, F., (2017), Cultivated building materials: Industrialized natural resources for architecture and construction, Birkhaüser, Bâle
- HEBEL, D, WISNIEWSKA, M., HEISEL, F., (2014), Building from Waste: Recovered Materials in Architecture and Construction, Birkhaüser, Bâle



Ouvrages (suite):

- HEGGER, M., AUCH-SCHWELK, V., FUCHS, M., ROSENKRANZ, T., (2009), Construire: atlas des matériaux, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne
- HEGGER, M., DREXLER, H., ZUEMER, M., (2007), Matérialité, Birkhaüser, Bâle
- HILLEBRANDT, A., RIEGLER-FLOORS, P., ROSEN, A., SEGGEWIES, J-K., (2019), Manual of Recycling, Birkhaüser, Munich
- KÖNIG, H., KOHLER, N., KREIBIG, J., LÜTZKENDORF, T., (2010), A life cycle approach to buildings, Institut für international Architektur-Dokumentation, Munich
- KUR, Friedrich, (1999), L'habitat écologique Quels matériaux choisir, Terre Vivante, Metz
- OLIVA, J.-P., COURGEY, S., (2010), L'isolation thermique écologique, éditions Terre Vivante, Mens
- SCHWARTZ, Jutta, (1998), L'écologie dans le bâtiment Guides comparatifs pour le choix des matériaux de construction
- SNELL, C., CALLAHAN, T., (2006), Manuel de construction écologique, La Plage, Paris
- ST HILL, K. et al, (2016), *This is temporary*, RIBA Publishing, Londres



Contact

Mieke VANDENBROUCKE

Gestionnaire de projet Rue Ernest Allard 21 – 1000 Bruxelles

2: 02/537.47.51

E-mail: mieke.vandenbroucke@ceraa.be



