

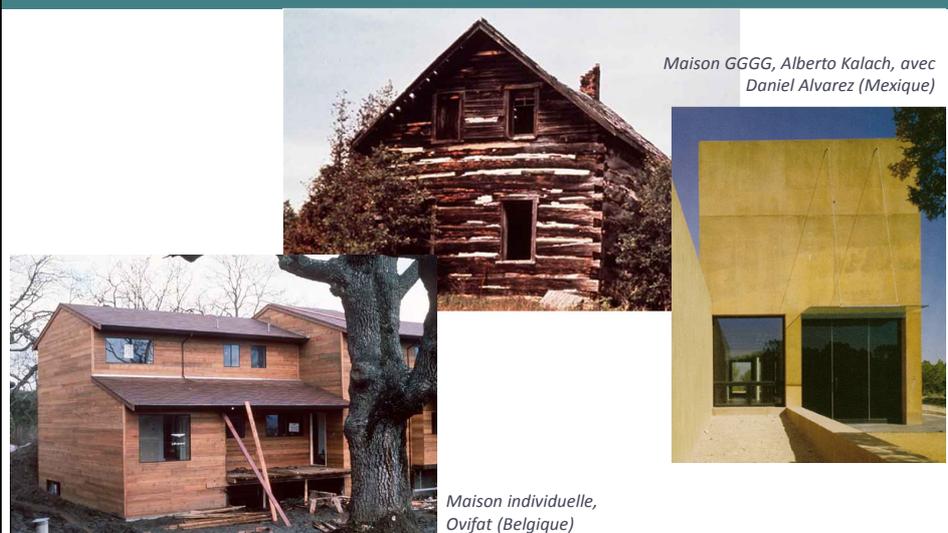
Durabilité(s) des matériaux de construction: un *challenge* pour l'ingénieur

Luc COURARD, Université de Liège, Belgique

Benoît BISSONNETTE, Université Laval, Canada

ACFAS, Université Laval, Québec, 6 – 10 mai 2013

Quel est le bâtiment le plus durable?



Quel est le pont le plus durable?



Pont couvert de Hartlund, NB, Canada



*Pont de Wandre, Belgique
Date de construction : 1989
Architecte : René Greisch*

Quel est le pont le plus durable?



Sommaire

Raison(s) et besoins

les constructions changent

Critères de sélection

l'énergie grise

Méthodes d'évaluation

l'analyse du cycle de vie

Outils d'évaluation

LeNSE et eNISTRA

Applications (exemples)

un hall industriel

les pierres naturelles

Concept et principes

éco-bénéficienne

la stratégie des 3R

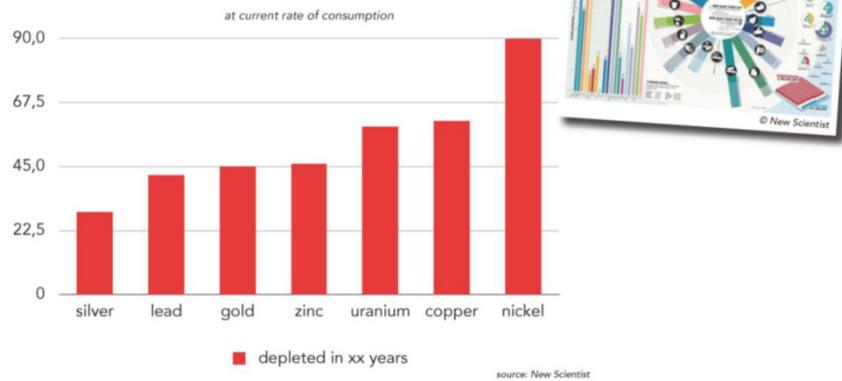
Conclusions

Raison(s) et besoins

Les constructions changent

Raison(s) et besoins

Extinction des ressources



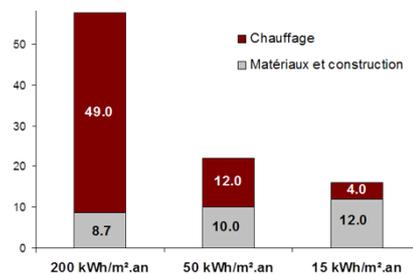
Raison(s) et besoins

Développement de matériaux et techniques alternatives pour le bâtiment

Amélioration des performances énergétiques des bâtiments

Augmentation du poids relatif des matériaux de construction / impacts environnementaux

Nécessité de développer de nouveaux matériaux / techniques

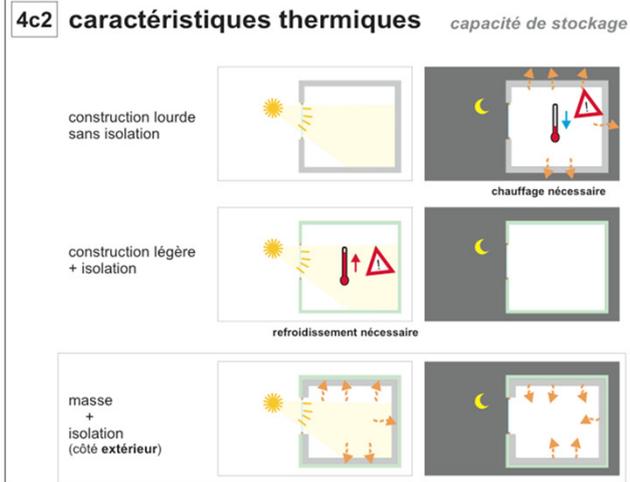


Il faut maîtriser l'approche « Matériaux »

Source : G. Escadeillas, *Métamorphoses*, Liège, 2011

Raison(s) et besoins

Il faut maîtriser l'approche « Matériaux »



Raison(s) et besoins

Matériaux renouvelables: quelques exemples

Projet *Béton de bois*

Mélange de copeaux de bois et de pâte de ciment

Réalisation de cloisons intérieures et extérieures (avec recouvrement)

Isolation thermique: $\lambda = 0.09 \text{ W/m}^\circ \text{ K}$

(bloc de béton cellulaire $\lambda = 0.12 \text{ W/m}^\circ \text{ K}$; brique de terre cuite $\lambda = 0.27$

$\text{W/m}^\circ \text{ K}$)



Raison(s) et besoins

Matériaux renouvelables: quelques exemples

Amélioration de l'inertie thermique des bâtiments à ossature bois par incorporation de matériaux biosourcés au moment de la préfabrication



AGROMOB (2012-2014) Programme Cwality (MOBIC/ULg) - Wallonie

Raison(s) et besoins

Matériaux renouvelables: quelques exemples

Utilisation de la paille comme matériau isolant dans la construction



aPROpaille (2012-2014) Vers une reconnaissance de l'usage de la paille comme matériau isolant dans la construction. Programme Erable (ULg/UCL/ICEDD/PailleTech/GbxAgroBioTech) - Wallonie

Raison(s) et besoins

Matériaux renouvelables: quelques exemples

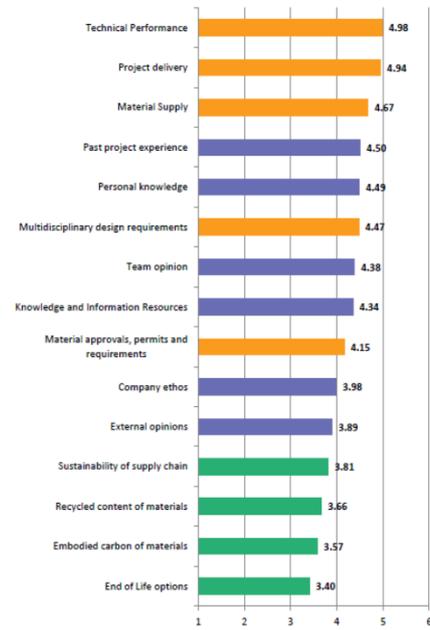


Critères de sélection

L'énergie grise

Critères de sélection

Les paramètres environnementaux sont encore au bas de l'échelle des critères de choix des matériaux!



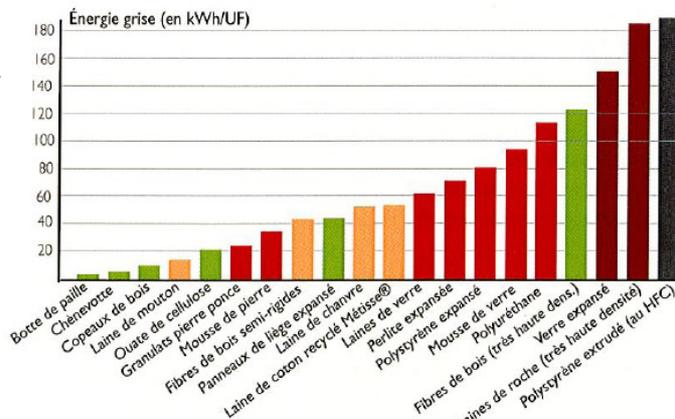
Source : étude 2011 – CSI – Allemagne, Royaume-Uni, Etats-Unis, Brésil (d'après B. Mathieu, Métamorphoses, Liège, 2011)

Figure 16 Rate the extent of influence that each factor has on decisions around material choice. (Online Survey)

Critères de sélection des matériaux

Energie grise des matériaux (kWh/m³ ou T)

machines d'extraction,
carburant pour le transport,
consommation d'électricité pour la transformation,
pétrole utilisé pour la production.



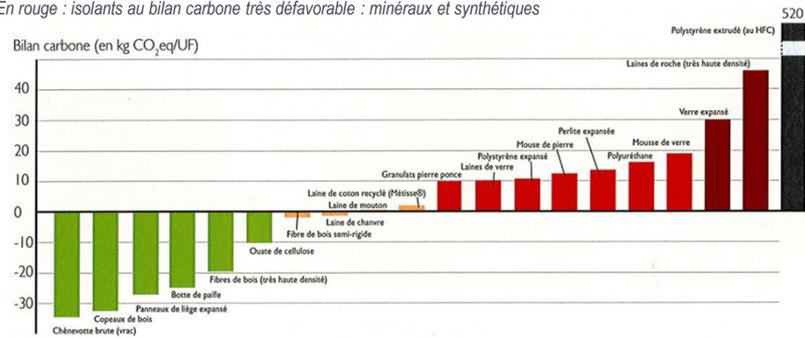
Source : Isolation thermique et écologique J.P. Oliva et S. Courgey (d'après G. Escadeillas, Métamorphoses, Liège, 2011)

Critères de sélection des matériaux

En vert : isolants « puits de carbone » peu transformés ou denses

En jaune : isolants neutres : laines végétales

En rouge : isolants au bilan carbone très défavorable : minéraux et synthétiques



« Bilan CO₂ » de 1 m² de divers isolants pour une épaisseur correspondant à une résistance thermique de 5 m²K/W.

Source : Isolation thermique et écologique J.P. Oliva et S. Courgey (d'après G. Escadeillas, Métamorphoses, Liège, 2011)

Méthodes d'évaluation

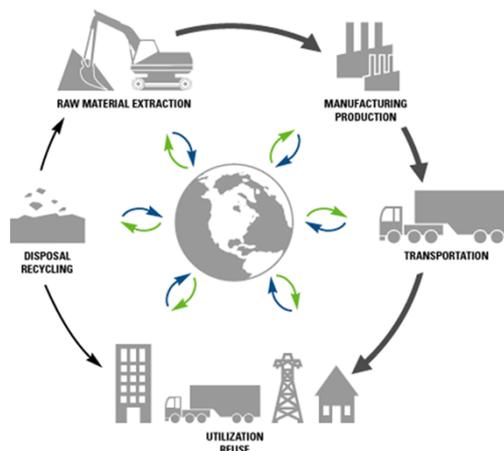
Les techniques et outils

Méthodes d'évaluation

<i>Synthèse des méthodes disponibles</i>	
Méthode	Champ de l'étude
<i>Check-list</i>	Aide mémoire des points essentiels à prendre en compte lors de la conception/réalisation d'un projet.
Méthode qualitative de certification	Évaluation d'un projet donnant lieu à une certification (label).
Méthode quantitative d'Analyse de Cycle de Vie (ACV)	Évaluation des impacts au cours de toute la durée de vie du projet.
Évaluation des Impacts sur l'Environnement (EIE)	Étude d'impact d'un projet ou d'une activité demandée par la législation.
Méthode/Système de management environnemental (SME)	Système organisationnel adopté par l'entreprise en vue de contrôler l'impact de ses activités sur l'environnement sur base de 2 normes possibles: <ul style="list-style-type: none"> •norme internationale ISO 14001; •norme européenne EMAS (<i>Environmental Management and Audit Scheme</i>).

Méthodes d'évaluation

Analyse de Cycle de Vie (ACV)



Méthodes d'évaluation

Analyse de Cycle de Vie (ACV)

Étude de l'ensemble des étapes du cycle de vie
(« *from cradle to grave* »)

Normalisation: série EN1404x

Technique d'aide à la décision environnementale et à l'élaboration
de politiques de développement durable

Outil performant et reconnu

***Ne traite que des aspects environnementaux
(aspects sociaux et économiques non pris en compte)***

Méthodes d'évaluation

Évaluation des impacts environnementaux

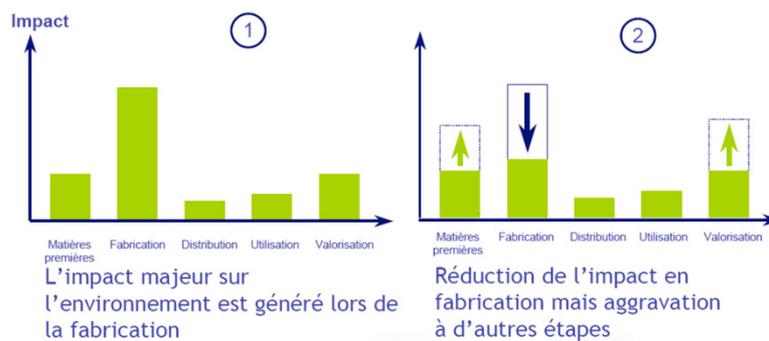
Catégories d'impacts	
Catégories orientées dommages	<ul style="list-style-type: none"> • l'épuisement des ressources • l'impact sur la santé humaine • les impacts écologiques
Catégories orientées problèmes	<ul style="list-style-type: none"> • changements climatiques / réchauffement climatique • destruction de l'ozone stratosphérique • acidification • eutrophisation • formation d'agents photo-oxydants • atteinte des ressources abiotiques • atteinte des ressources biotiques • utilisation des terres • impact éco-toxicologique

Méthodes d'évaluation

Utilisations et applications d'une ACV

Identifier les principaux impacts environnementaux

Éviter les transferts de pollution



Méthodes d'évaluation

Bases de données matériaux et systèmes pour le bâtiment



www.buildingmaterials.univ.edu

(Minnesota building material database, USA)

Matériaux (155), composants ou systèmes de bâtiments avec des données quantitatives / qualitatives relatives à la durabilité et aux coûts

www.bauteilkatalog.ch

(Catalogue des constructions, Suisse)

Matériaux (150), composants, ou systèmes de bâtiments, données quantitatives et qualitatives

www.eco-bau.ch

(Eco-devis, Suisse)

Matériaux, composants, ou systèmes (37) de bâtiments, données quantitatives et qualitatives

Applications (exemples)

Un hall industriel

Les pierres naturelles

Application: Hall industriel

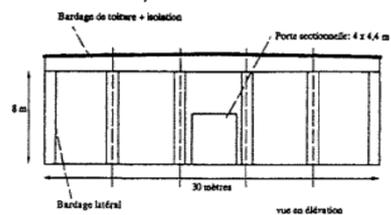
Comparaison hall industriel

Cas d'étude (options)

poutres/colonnes en béton armé

poutres/colonnes en acier

poutres en lamellé/collé et colonnes en béton armé



Evaluation environnementale des matériaux et des procédés de construction: application de l'analyse de cycle de vie à la construction d'un hall industriel. L. Courard, Ph. Teller. Mater. Struct., 34 (Août-Septembre 2001), 404-412.

Application: Hall industriel

Comparaison
hall industriel

Calcul des
écopoints pour
la production de
1 m³ de béton

Rejets	Béton fondation			Béton propreté		
	Emissions spécifiques	Eco-facteurs	Eco-points	Emissions spécifiques	Eco-facteurs	Eco-points
Consommation énergie (MJ)						
Équivalent énergétique	1239	0,497	615,4	810	0,497	402,3
Emissions atmosphériques (g)						
CO (monoxyde de carbone)	504	0,775	390,1	335	0,775	259,4
NOx (oxyde d'azote)	886	6,541	5797,9	710	6,541	4644,1
SO2 (dioxyde de soufre)	429	2,468	1059,3	210	2,468	518,7
HCl (acide chlorhydrique)		6,541	0,0		6,541	0,0
NH3 (ammoniaque)	0,220	16,771	3,7	0,180	16,771	3,0
N2O (oxyde nitreux)	39	37,915	1491,2	25	37,915	928,9
Comp. organiques volatils	80	10,722	862,3	78	10,722	837,3
CO2 (dioxyde de carbone)	508360	0,009	4772,2	501760	0,009	4710,3
Rejets dans l'eau (g)						
COD (demande chimique en oxygène)	0,126	4,074	0,5	0,096	4,074	0,4
BOD (demande biologique en oxygène)	0,042	11,735	0,5	0,032	11,735	0,4
Nitrates	0,008	22,896	0,2	0,008	22,896	0,2
Déchets solides (g)						
Déchets industriels	18572	0,099	16445	7784	0,099	12817
TOTAL	-	-	16445	-	-	12817

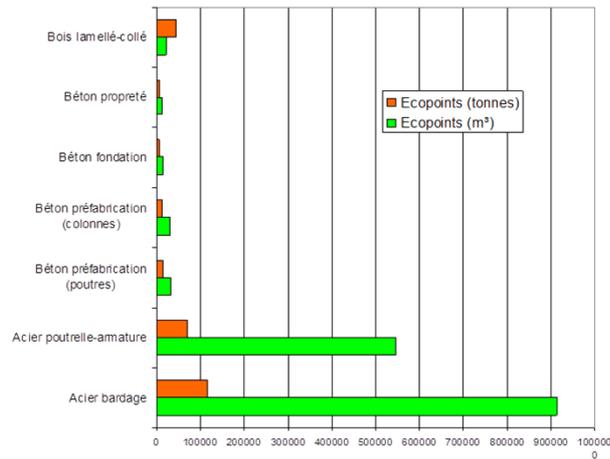
Application: Hall industriel

Comparaison hall industriel

Matériau	Ecopoints / m ³	Ecopoints / tonne
Acier de bardage	914 525	116 520
Acier structural (poutrelle-armature)	547 380	69 730
Béton préfabriqué (poutres)	33 847	14 403
Béton préfabriqué (colonnes)	31 682	13 656
Béton de fondation	16 445	7 091
Béton de propreté	12 817	5 800
Bois lamellé-collé	22 075	44 150

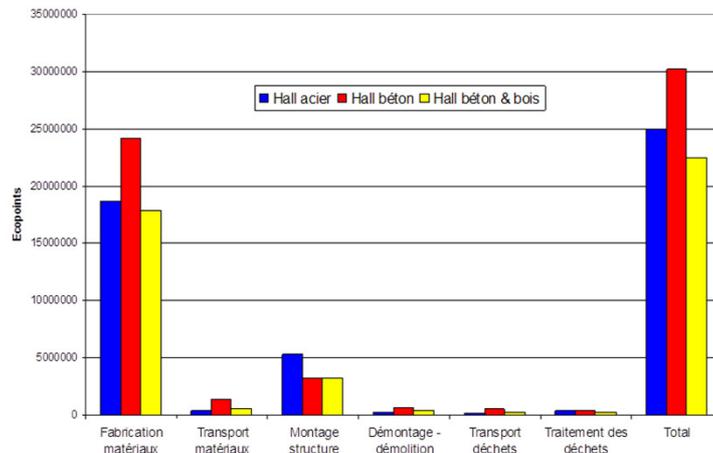
Application: Hall industriel

Comparaison hall industriel



Application: Hall industriel

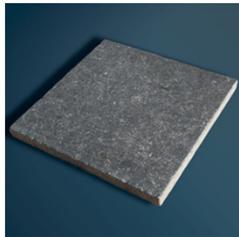
Comparaison hall industriel



Application: Pierres naturelles

Compétition asiatique

pierre belge:
proximité, qualité



pierre chinoise:
exotisme, bas prix



Prix imbattables
Besoin d'arguments
pour les produits belges



ENVIRONNEMENT

Source : LCA as decision tool for sustainable choices in mineral materials field: environmental declarations of Belgian products and their foreign equivalents. S. Belboom, R. Renzoni, A. Léonard, F. Tourneur, Laboratoire de génie chimique, Université de Liège, 2013

Application: Pierres naturelles

Unité fonctionnelle de comparaison

1000 m² de pavage

Paramètres d'analyse

Production des dalles/pavés

Extraction

Façonnage

Transport du site de production à Bruxelles

Mise en œuvre

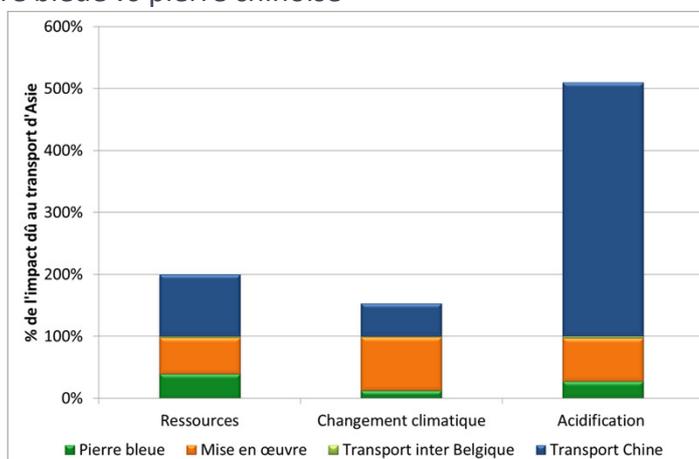
Application: Pierres naturelles

Pierre bleue vs pierre chinoise

Catégorie d'impact	Production pierre bleue	Mise en œuvre	Transport Intra – Belgique	Transport Chine – Belgique	Impact Pierre chinoise
Énergie primaire (MJ)	1381,46	2046,28	72,37	3493,5	6921,2
Changement climatique (kg_{eq}CO₂)	55,44	386,30	4,56	236,55	681,85
Acidification (kg_{eq}SO₂)	0,28	0,73	0,036	4,26	5,3

Application: Pierres naturelles

Pierre bleue vs pierre chinoise



Application: Pierres naturelles

Conclusions

L'impact du seul transport d'Asie est équivalent à l'impact de la production et de la mise en œuvre des produits belges

L'impact est doublé pour les produits asiatiques

- Changement climatique

- Énergie primaire

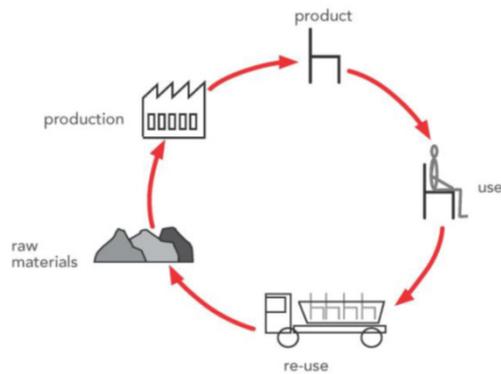
- Acidification

Concepts et principes

Eco-efficacité et éco-bénéficienne

Recyclage et ré-emploi

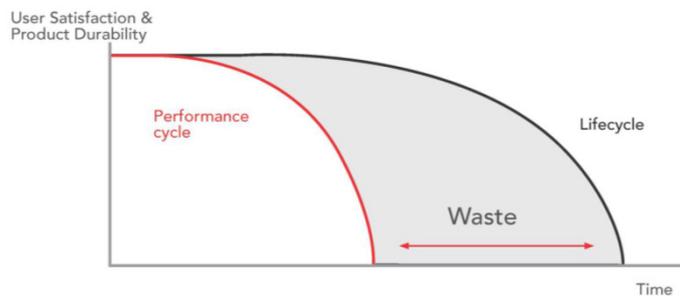
Eco-bénéfice



C2C - TECHNICAL NUTRIENT CYCLE

SOURCE: S. BECKERS (d'après M. BRAUNGART – EPEA, Cradle to Cradle)

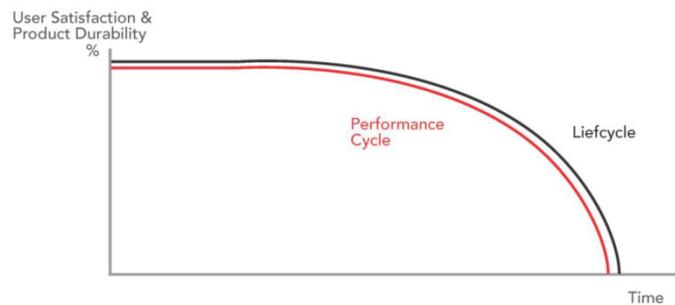
Eco-bénéfice



Life cycle versus Performance cycle

SOURCE: S. BECKERS (d'après M. BRAUNGART – EPEA, Cradle to Cradle)

Eco-bénéficine



Life cycle versus Performance cycle

SOURCE: S. BECKERS (d'après M. BRAUNGART –EPEA, Cradle to Cradle)

Eco-bénéficine

Concevoir les matériaux de disposition (déchets) comme des « *nutriments* »

Concevoir des produits comme des produits de service

cela implique de les fabriquer en vue de leur désassemblage / réutilisation

l'industrie n'a plus besoin de créer des produits plus durables que nécessaire

un immeuble doit être construit de façon à pouvoir être adapté à des générations successives (notion de sur-cyclage)

Avantages du système

minimise la production de déchets inutiles

des *nutriments techniques* circulent en permanence

Recyclage et réemploi

Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des 3 R

réduire, qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets,

réutiliser, qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage,

recycler, qui désigne le procédé de traitement des déchets par recyclage.

Conclusions et perspectives

Demain, les matériaux

Conclusions

Notre façon de concevoir et construire doit changer

Se libérer de procédés / composants responsables identifiés nocifs

Suivre des préférences personnelles fondées
(respect, intelligence écologique, bien-être, etc.)

Favoriser la diversité

Concevoir des *nutri-matériaux*

La nature le fait, pourquoi pas l'homme?

Remerciements

*Avec le soutien des gouvernements de la Wallonie (Wallonie-
Bruxelles International) et du Québec (Ministère des Relations
Internationales)*

