

# Matériaux et systèmes constructifs

## Critères de sélection

---

Luc COURARD, Université de Liège

*Eco-quartiers: enjeux et opportunités pour la Wallonie, 15 mai 2013*

# Quel est le bâtiment le plus durable?



*Maison GGGG, Alberto Kalach, avec Daniel Alvarez (Mexique)*



*Maison individuelle, Ovifat (Belgique)*



# Quel est le pont le plus durable?



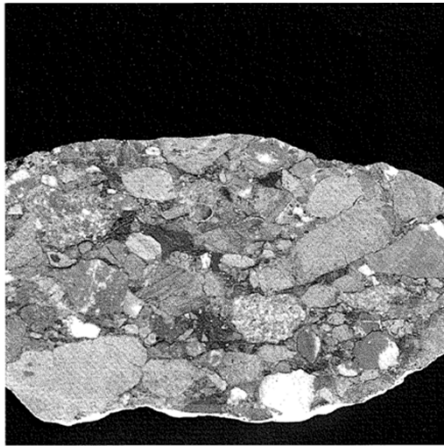
*Pont couvert de Hartlund, NB, Canada*



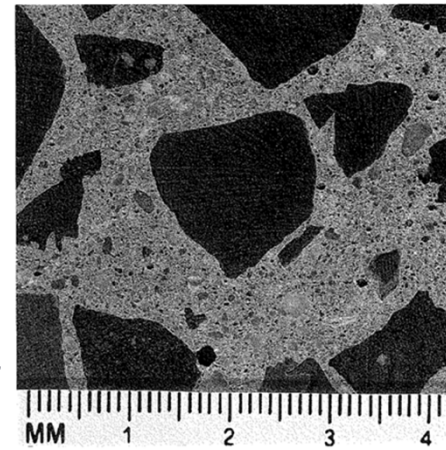
*Pont de Wandre, Belgique  
Date de construction : 1989  
Architecte : René Greisch*

# Quel est le matériau le plus durable (écologique)?

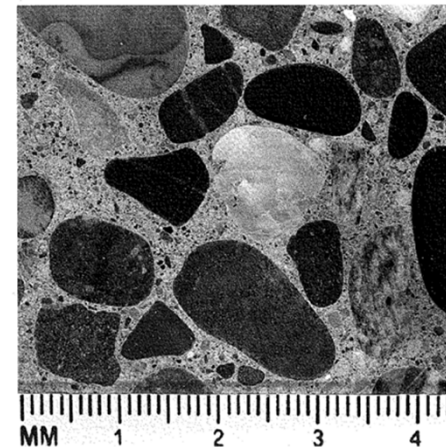
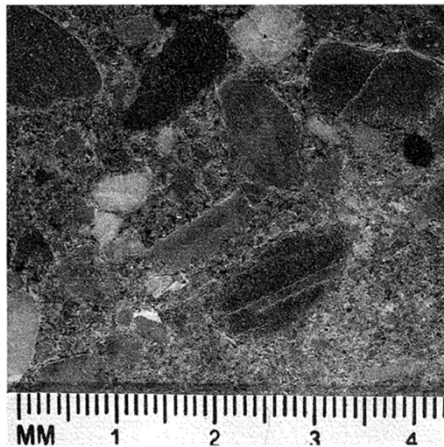
La nature ...



... l'homme



*X millions d'années ...*



# Sommaire

---

## Introduction

*comment choisir?*

## Raison(s) et besoins

*les constructions changent*

## Critères et méthodes de sélection

*l'énergie grise et les ACV*

## Conclusions et perspectives

*demain, les matériaux*

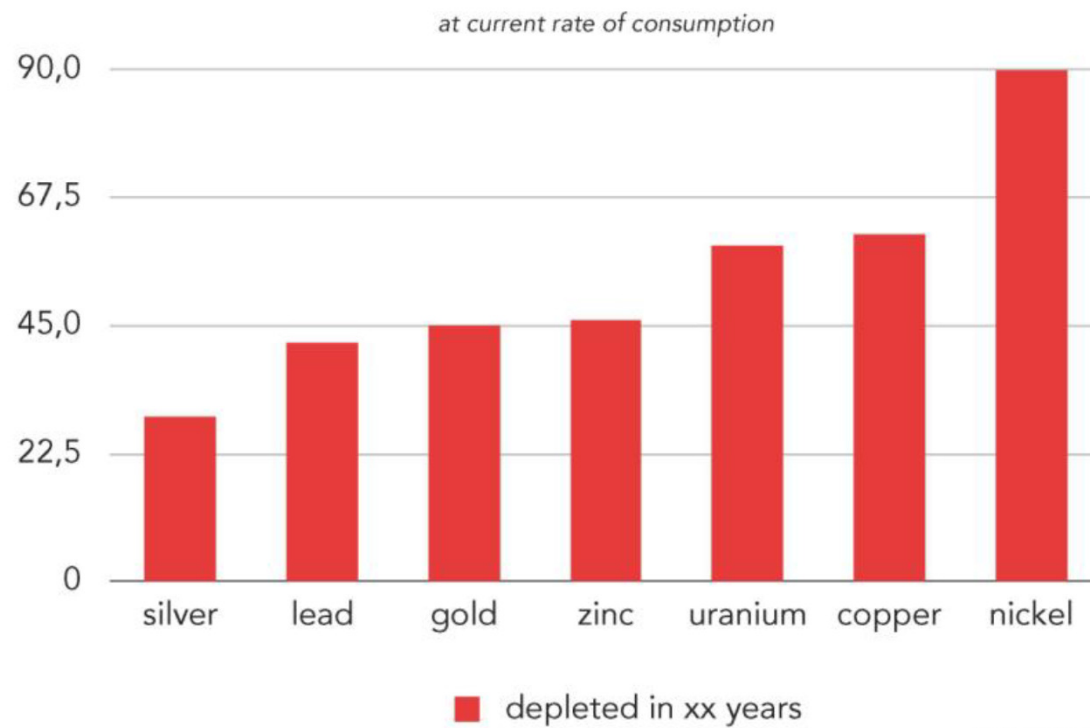
# Raison(s) et besoins

---

Les constructions changent

# Raison(s) et besoins

## Extinction des ressources



source: New Scientist



# Raison(s) et besoins

## *Nous produisons beaucoup de déchets*

Difficile à estimer

Ce chiffre varie de 3.400 à 4000 milliards de kilos par an, soit de 80 à 126 tonnes de déchets générés chaque seconde !

Chaque jour, l'activité humaine produit environ plus de 10 milliards de kilos de déchets.

Selon Pike Research, nous produirons 74 millions de tonnes de déchets et d'équipements électriques et électroniques par an en 2014 soit 2346 kilos par seconde!

Source: <http://www.planetoscope.com/dechets/363-production-de-dechets-dans-le-monde.html>



# Raisons(s) et besoins

*Nous produisons beaucoup de déchets*

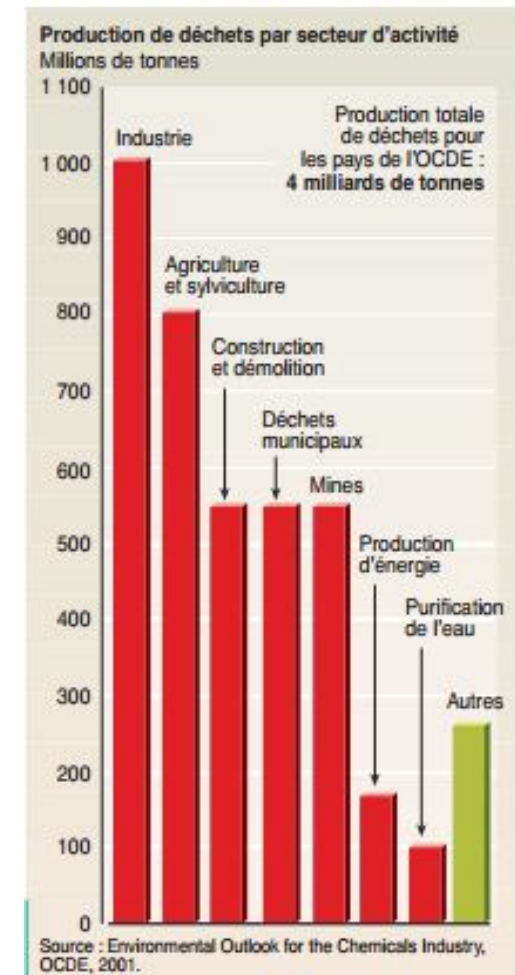
Répartition des déchets (différentes formes)

- 83% des déchets se trouvent sous forme solide;
- 10% des déchets se trouvent sous forme pâteuse;
- 7% des déchets se trouvent sous forme liquide.

Production de déchets industriels

- déchets inorganiques (70%)
- déchets organiques (25%)

Le solde est constitué de déchets non classés



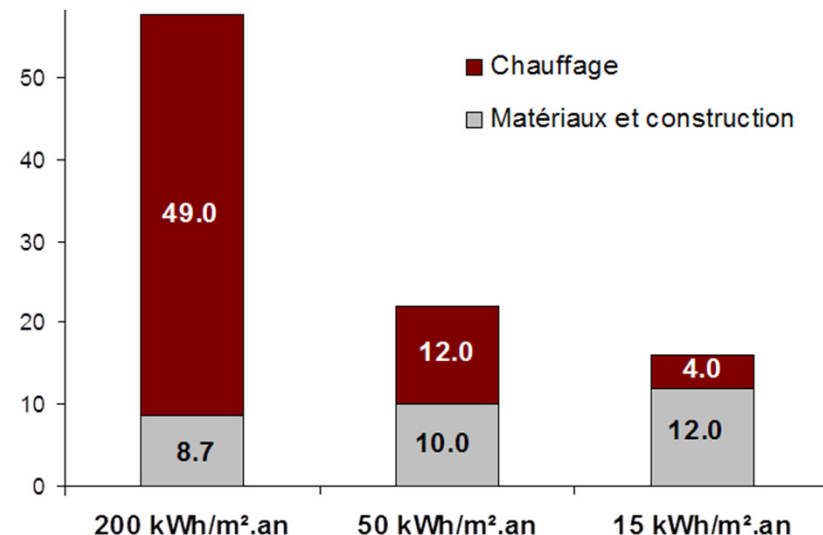
# Raison(s) et besoins

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



**Il faut maîtriser l'approche « Matériaux »**

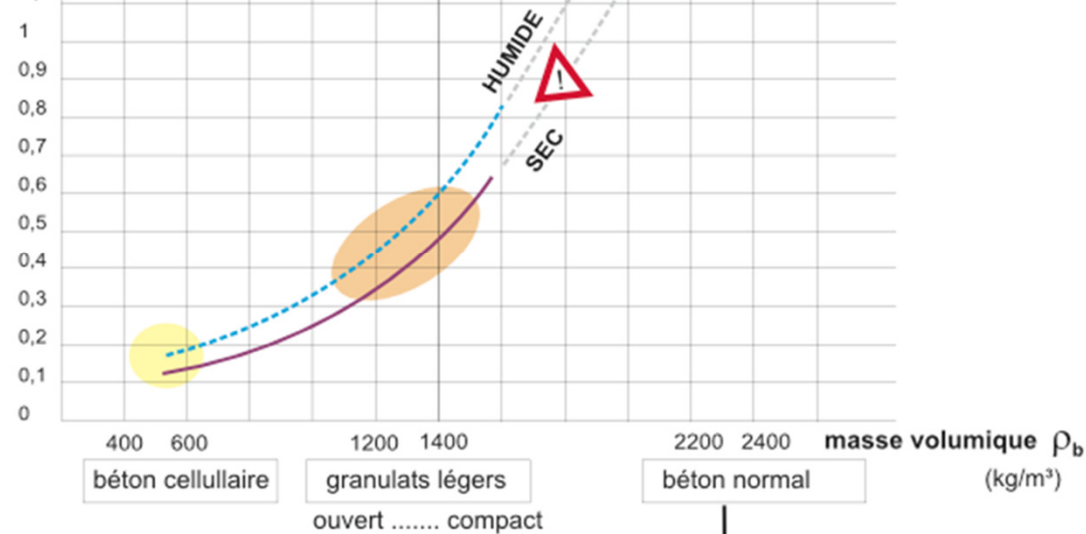
# Raison(s) et besoins

Il faut maîtriser l'approche « Matériaux »

## 4c2 caractéristiques thermiques *isolation*

coefficient de conductivité thermique

$\lambda$  (W/mK)



(comparer avec d'autres matériaux:)

liège : 0,05 - 0,1  
 bois : 0,3 - 0,5  
 fer: ~ 80  
 cuivre: ~ 400

	intérieur	extérieur
non armé	1,3	1,7
armé	1,7	2,2

# Raison(s) et besoins

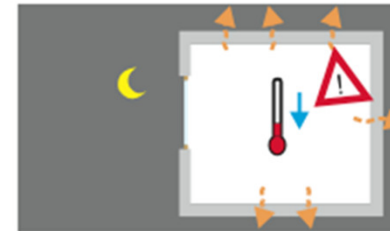
Il faut maîtriser l'approche « Matériaux »

4c2

## caractéristiques thermiques

capacité de stockage

construction lourde  
sans isolation



chauffage nécessaire

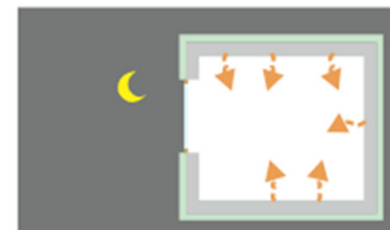
construction légère  
+ isolation



refroidissement nécessaire



masse  
+  
isolation  
(côté extérieur)



# Raison(s) et besoins

Recycler = économiser les ressources

Déchets municipaux

Combustion à 900-1000°C

Opérations post-combustion



Approvisionnement



Criblage



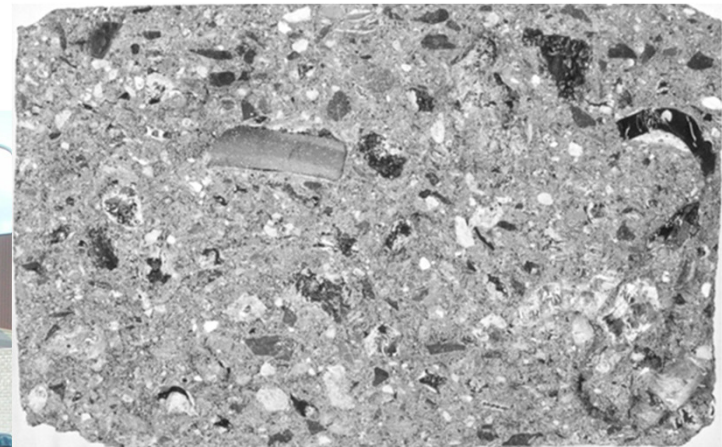
Séparation  
magnétique



Maturation  
(10 – 20 semaines)

# Raison(s) et besoins

Recycler = économiser les ressources



1 cm

Industrial process – 10% MSW slags

Splitting resistance(N/mm <sup>2</sup> )	4.05 ± 0.53
Water absorption (%)	6.61 - 6.29
Abrasion (mm)	0.98 - 1.36

Source : Utilisation des mâchefers d'incinérateur d'ordures ménagères dans la fabrication des pavés en béton. L. Courard, R. Degeimbre, A. Darimont, A.-L. Laval, L. Dupont et L. Bertrand. Mater. Struct., 35 (Juillet 2002), 365-372.

# Raison(s) et besoins

## Matériaux renouvelables

### 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  $\lambda = 0.12 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$  et brique de terre cuite  $\lambda = 0.27 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$ )



# Raison(s) et besoins

Matériaux renouvelables

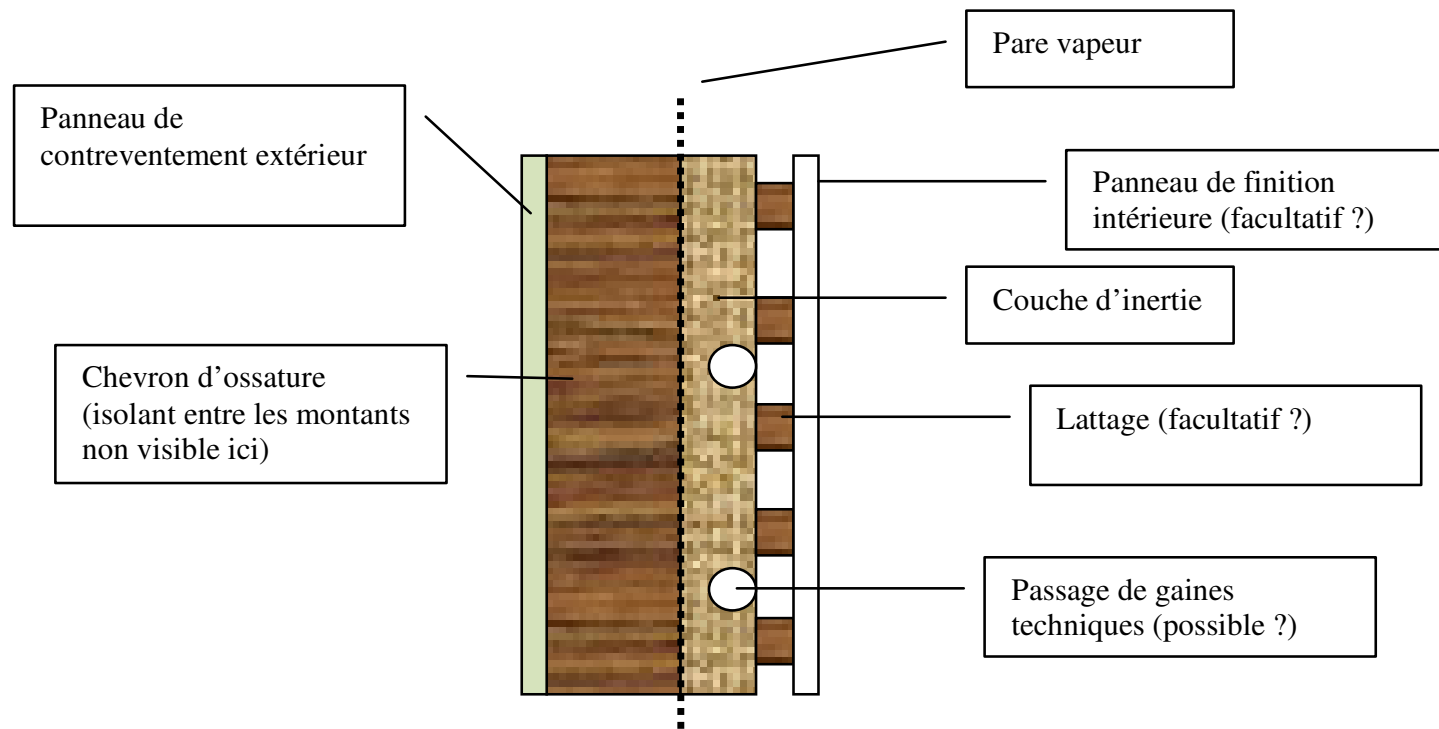
Amélioration de l'inertie thermique des bâtiments à ossature bois par incorporation de matériaux biosourcés au moment de la préfabrication





# Raison(s) et besoins

## Matériaux renouvelables



# Raison(s) et besoins

Matériaux renouvelables

Utiliser 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

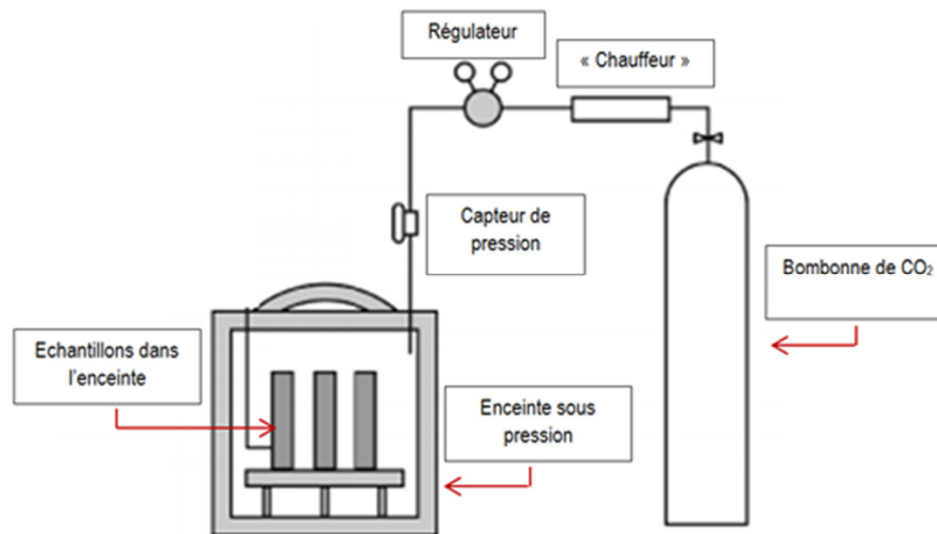
## Matériaux renouvelables



# Raison(s) et besoins

Captation du CO<sub>2</sub>

Fabrication de blocs de construction à base de miscanthus minéralisé et injection de CO<sub>2</sub>



# Critères et méthodes de sélection

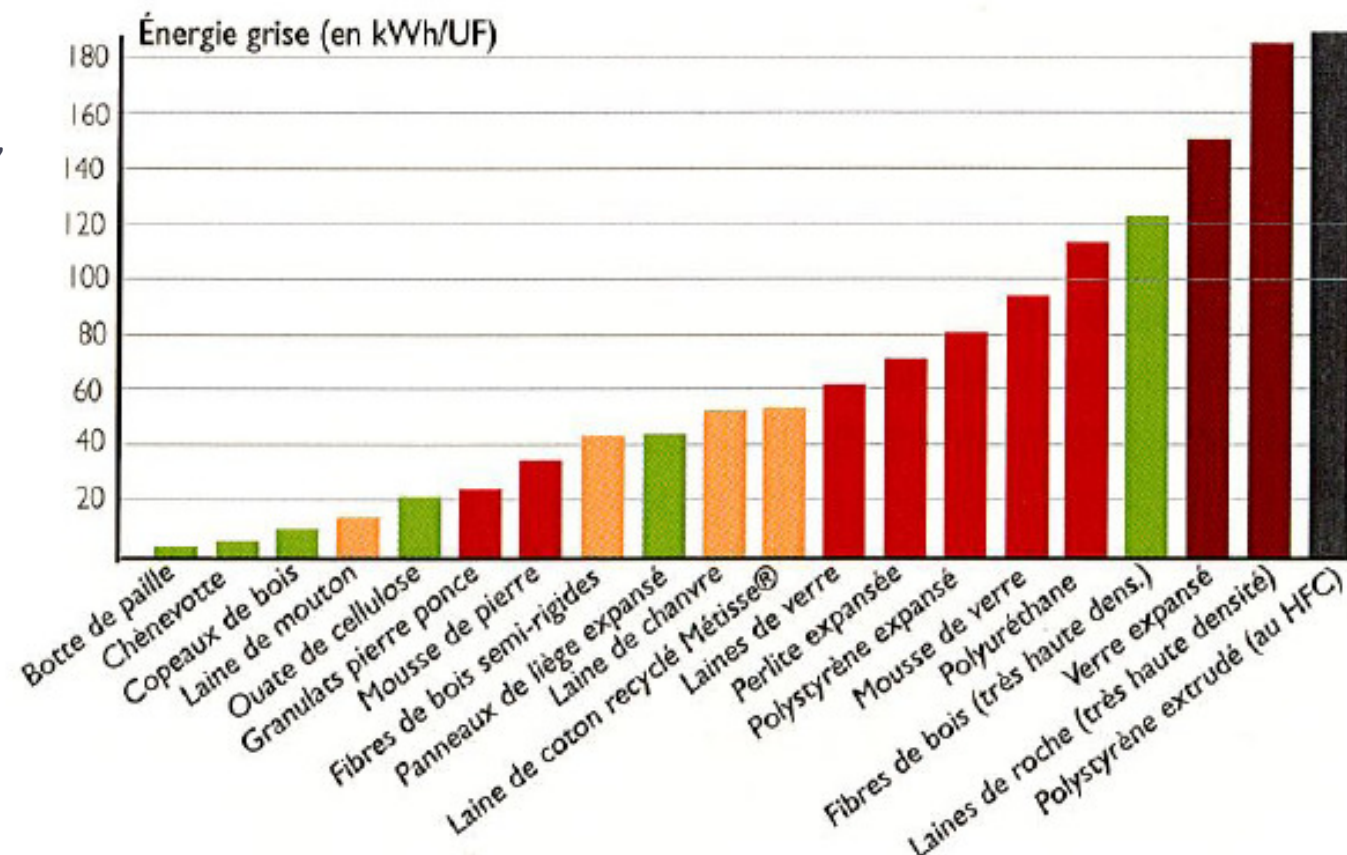
---

L'énergie grise et les ACV

# Critères de sélection des matériaux

## Energie grise des matériaux (kWh/m<sup>3</sup> 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

Consommation  
d'énergie pour la  
production de 1m<sup>3</sup> de  
béton armé

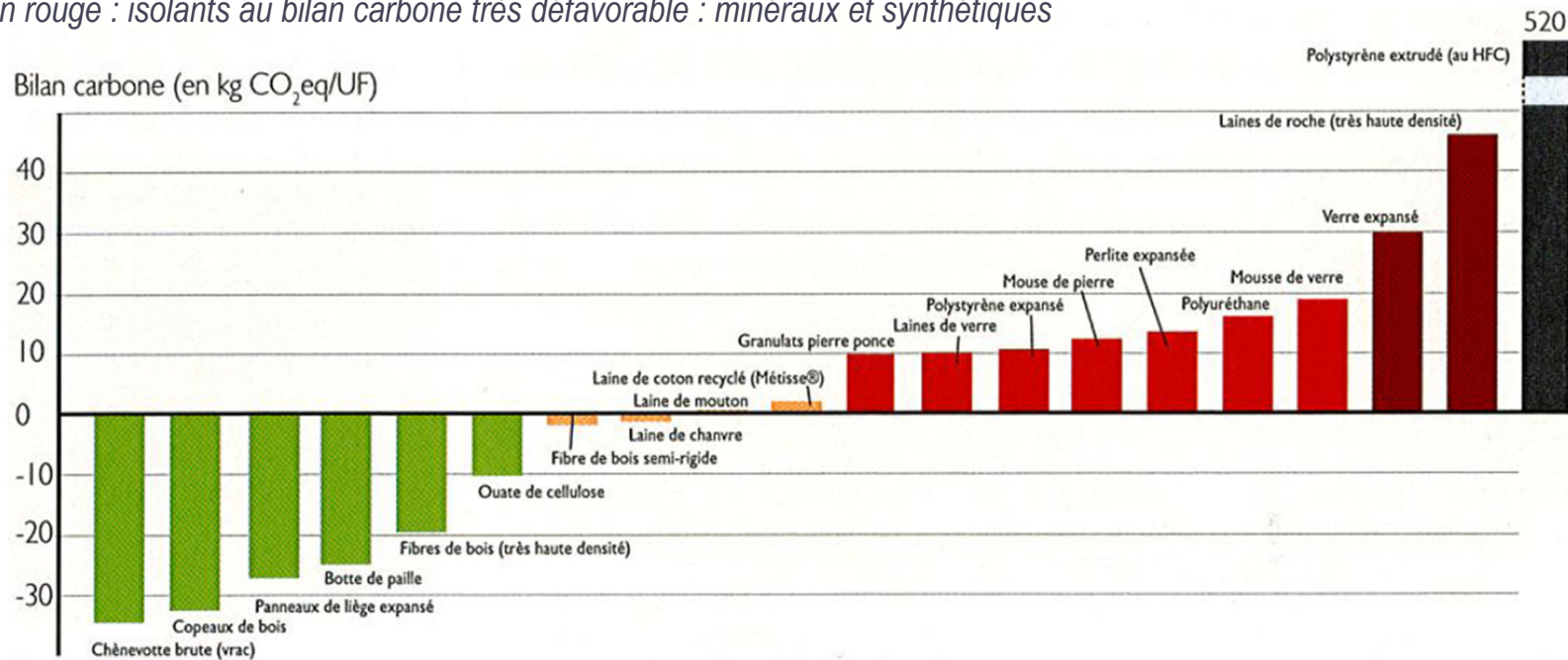
Matériau/opération	Energie (GJ)
Ciment	1.58
Sable et granulats	0.27
Armatures	2.25
Coffrage	0.43
Transport et mise en œuvre	0.34
Démolition et traitement des déchets	0.27
TOTAL	5.14

# 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 CO<sub>2</sub> » de 1 m<sup>2</sup> de divers isolants pour une épaisseur correspondant à une résistance thermique de 5 m<sup>2</sup>K/W.



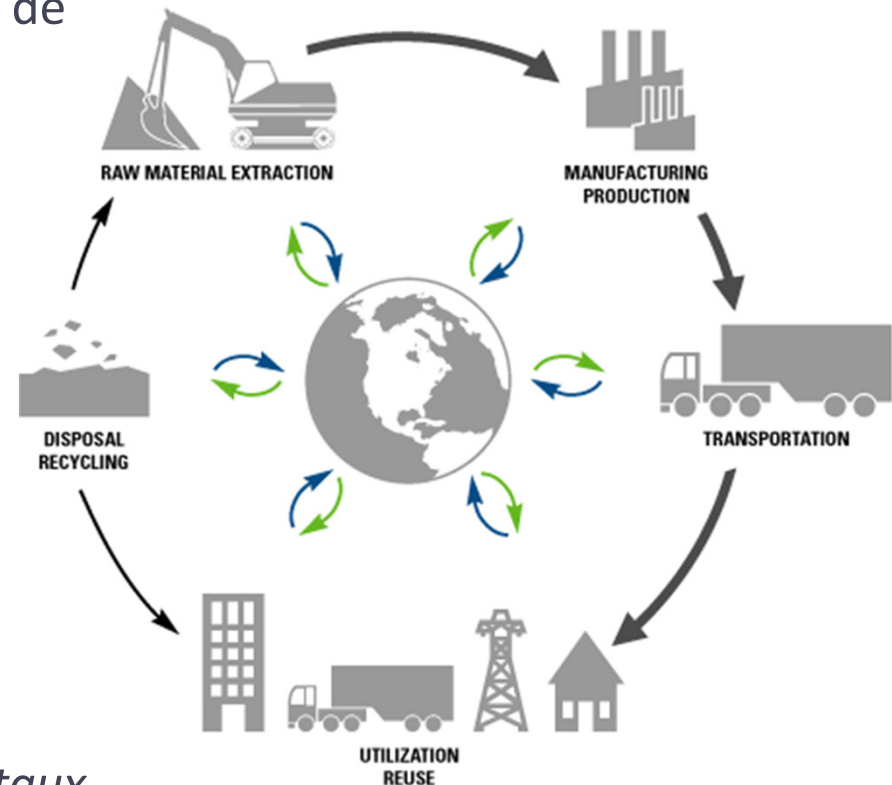
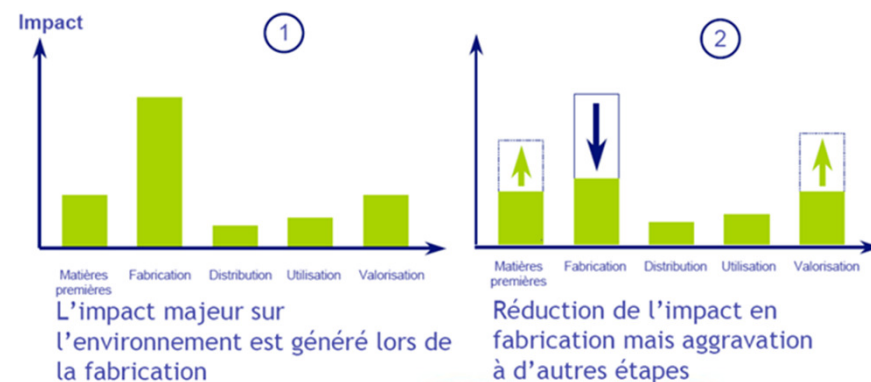
# Méthodes de sélection

## Analyse de Cycle de Vie (ACV)

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

Normalisation: série EN1404x

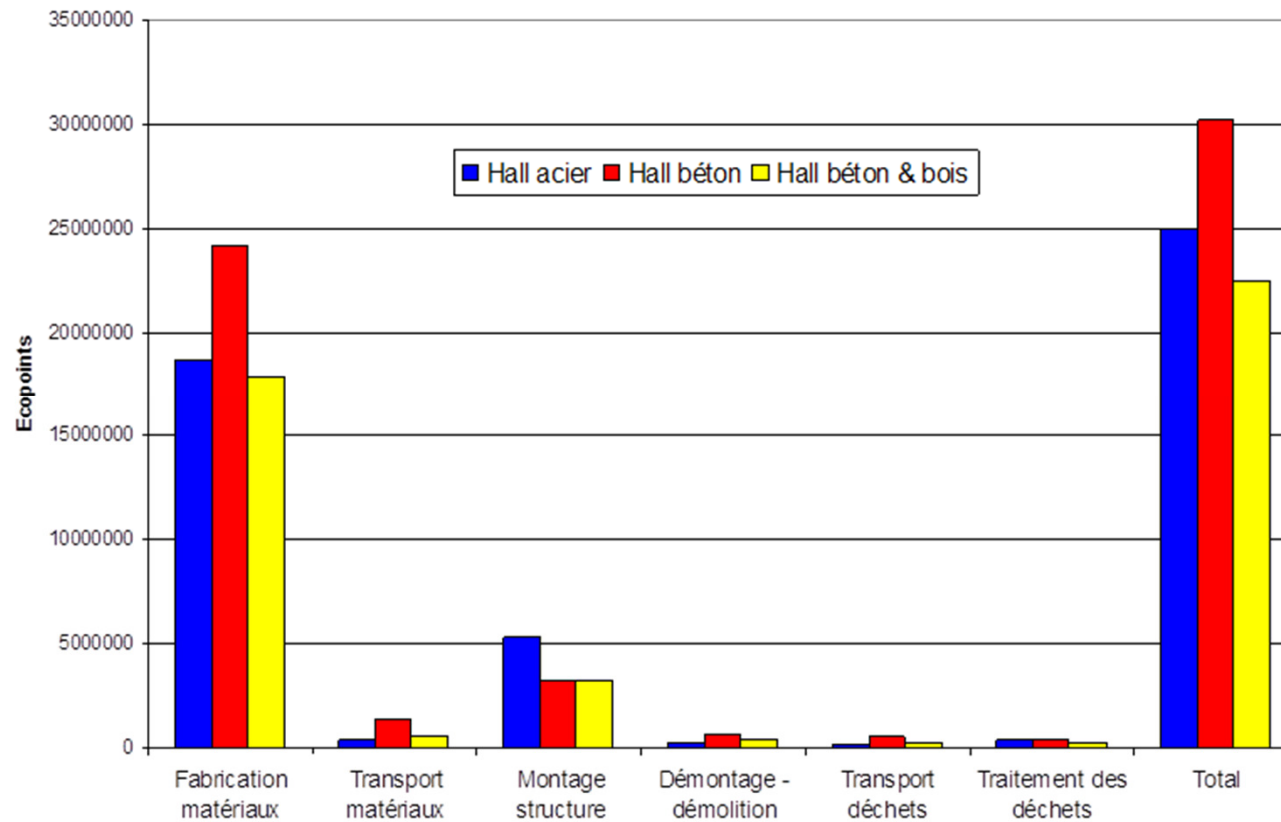
Outil performant et reconnu



*Ne traite que des aspects environnementaux (ni social, ni économique)*

# Application: hall industriel

## Comparaison hall industriel

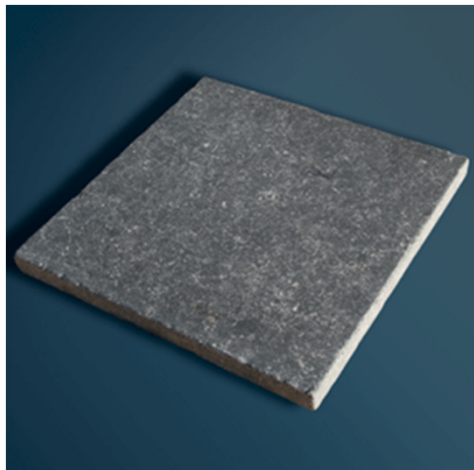


Source: *Evaluation environnementale des matériaux et des procédés de construction : application de l'analyse de cycle de vie à la construction d'un hall industriel.* L. Courard, Ph. Teller. *Mater. Struct.*, 34 (Août-Septembre 2001), 404-412.

# Application: pierres naturelles

Compétition déloyale de l'Asie?

Proximité et qualité



Exotisme et bas prix



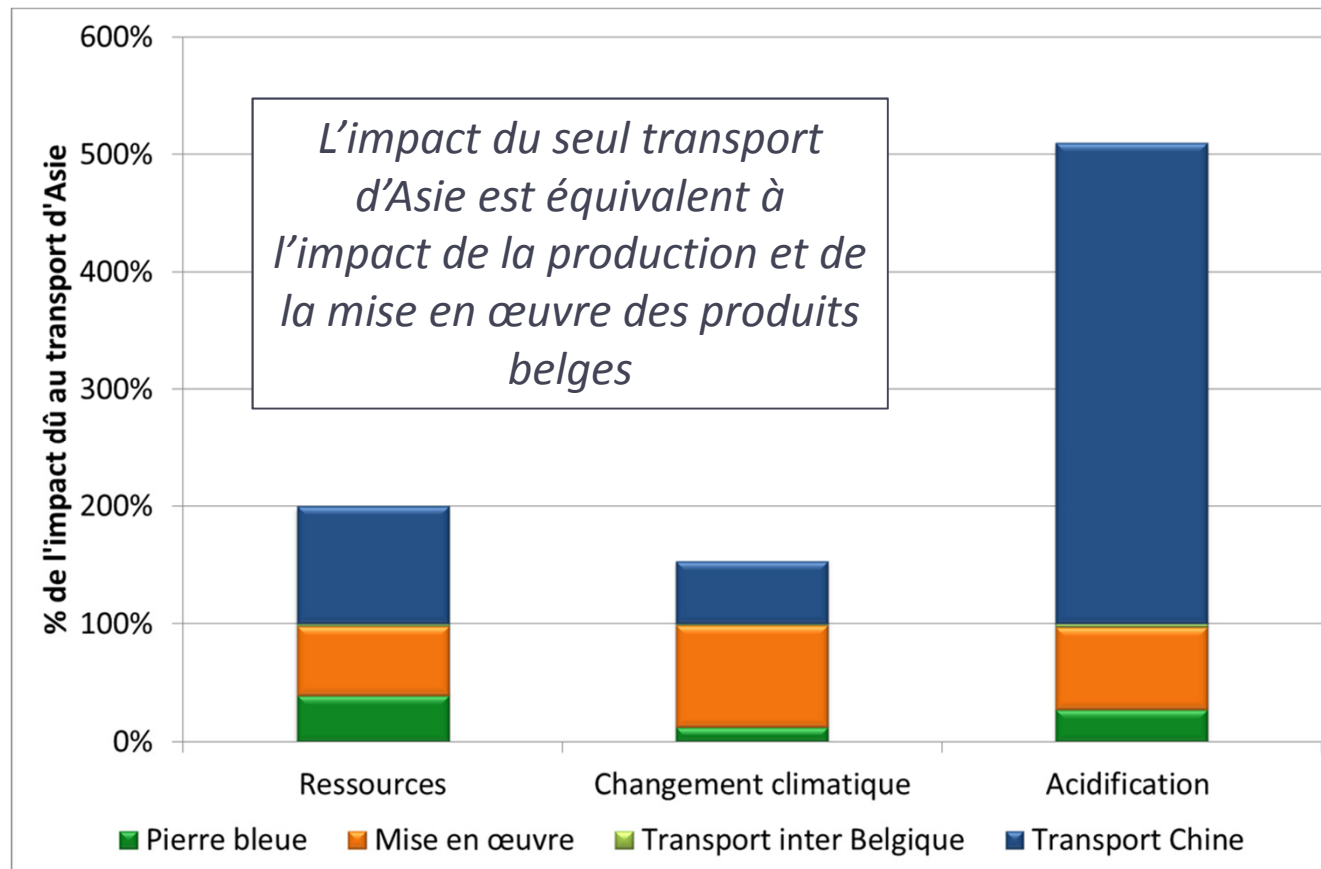
Prix imbattables  
Besoin d'arguments  
pour les produits belges



ENVIRONNEMENT

# Application: pierres naturelles

## Pierre bleue vs pierre chinoise



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

# Conclusions et perspectives

---

Demain, les matériaux

# Conclusions

Notre façon de concevoir les matériaux et les systèmes constructifs doit changer .....

Affiner les techniques d'évaluation et intégrer de nouveaux critères de sélection

“Social Value of Materials”

Respecter la diversité

Concevoir des nutri-matériaux

Exploiter la mine urbaine

***Research center for Construction, Society, Urban development,  
Materials, Architecture and Ressources ConSUMAR - ULg***