

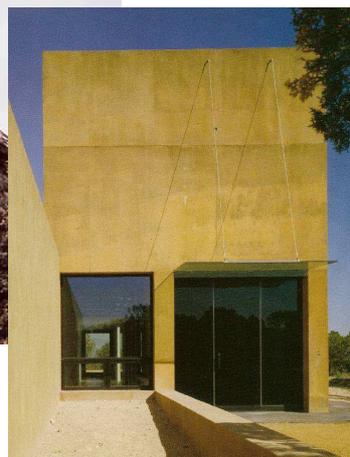
# Changements dans l'art de construire: le choix des matériaux

**Luc COURARD**

**Université de Liège, Département ARGENCO  
Secteur GEMME - Matériaux de Construction**



Quel est le bâtiment le plus écologique?



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



## Quel est le pont le plus écologique?

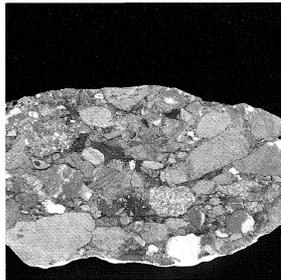


*Pont couvert de Hartlund, NB, Canada*



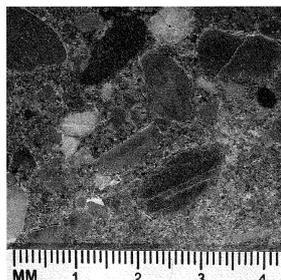
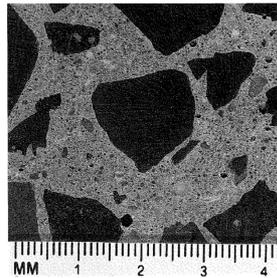
*Appellation : Pont de Wandre  
Adresse : Herstal  
Date de construction : 1989  
Architecte : René Greisch*

## Quel est le matériau le plus écologique?

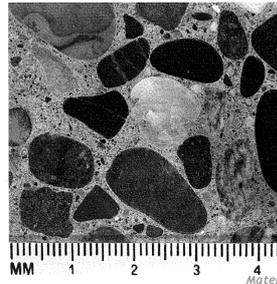


*La nature ...*

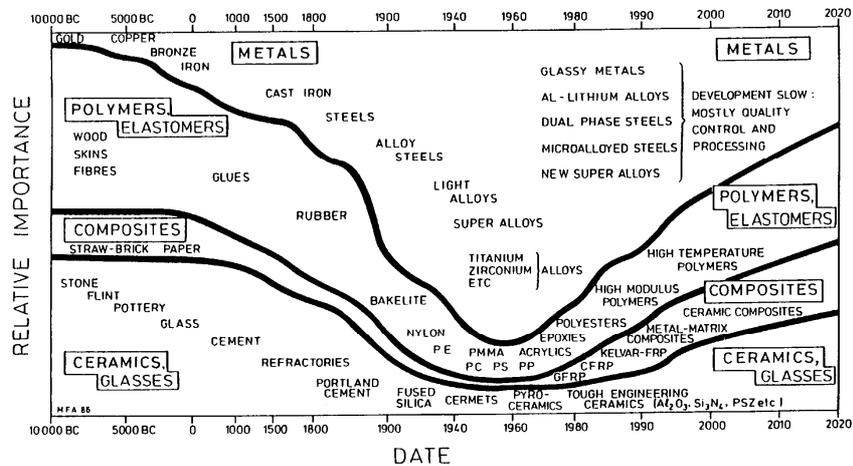
*X millions  
d'années*



*... l'homme*



## Matériaux et histoire



âge de la pierre    âge du bronze    âge du fer    matériaux avancés!  
 - 2000000 BC    - 3200 BC    - 1200 BC    aujourd'hui



## L'art de construire

- Construction
  - Objet
    - Ouvrage d'art: pont, barrage, ...
    - Bâtiments
    - Filière « eau » (transport, épuration, ...)
    - Installations industrielles
    - Routes et infrastructures
    - Construction navale
    - Génie militaire
    - .....



## L'art de construire

- Construction
  - Action
    - Construction neuve
    - Entretien
    - Réparation, restauration, réhabilitation
    - Renforcement

Quel est le problème?

---

## L'art de construire et l'environnement

### ■ Construction vs Environnement

#### - **Dynamisme d'une nation**

- infrastructures de transport
- logements
- bâtiments structurants
- bâtiments industriels

#### - **Vitrine de savoir faire**

- audace technique
- rendu esthétique



#### - **Milieu naturel**

- épuisement des constituants
- source de déchets solides
- émetteur de gaz à effet de serre
- poussière, bruit ...

#### - **Individus**

- santé (amiante, COV, ...)
- économie, confort, énergie

?

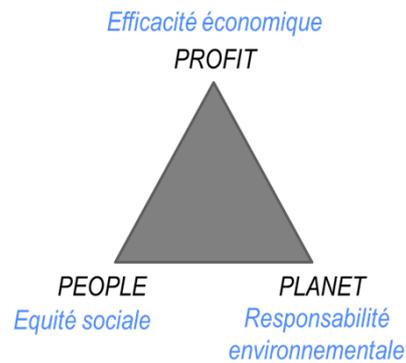
**Construction  
&  
développement durable**



## L'art de construire et l'environnement

### ■ Environnement

- Naturel
- Social
- Economique



« Un mode de développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs »

Rapport Brundtland, 1987

## L'art de construire et l'environnement

- Environnement social
  - au niveau européen, 7,5% de l'emploi total est généré par l'industrie de la construction,
  - au niveau européen, la construction représente 28,1% de l'emploi dans l'industrie manufacturière.



## L'art de construire et l'environnement

- Environnement économique
  - la construction au sens large consomme entre 40 et 50% des ressources naturelles sous forme de matériaux,
  - la construction utilise et consomme 40% de l'énergie utilisée et produit près de 40% du CO<sub>2</sub> et 50% de tous les déchets produits dans le monde,
  - la construction absorbe aussi beaucoup de déchets générés par elle-même, par l'industrie et la vie collective.



## L'art de construire et l'environnement

### ■ Environnement économique

#### □ Génération de déchets

*En France en 2007, l'activité du BTP a généré la production de 343 millions de tonnes de déchets (80% des déchets totaux !) :*

- *Travaux Publics : 295 millions de tonnes, massivement recyclés (car 95% d'inertes)*
- *Bâtiment : 48 millions de tonnes, très peu recyclés (car seulement 65% d'inertes et tri peu développé)*



## L'art de construire et l'environnement

### ■ Environnement vs Construction

#### □ Vieillesse des matériaux

*Police fédérale, Saint-Léonard, 2006*



*Poria*



*Pont de Sclessin, (Tourbach) 2007*



## L'art de construire et l'environnement

- Environnement vs Construction
  - Vieillissement des matériaux



*Église de Fexhe-Slins, 2006*



*Efflorescence due à des sels contenus dans le sol ou dans la terre cuite (source Febelcem)*

## Que peut-on faire?

## L'art de construire et l'environnement: actions

- Réduction des consommations énergétiques des bâtiments et des émissions de GES
  - L'isolation
    - Limiter les déperditions de l'enveloppe des bâtiments
  - La conception bioclimatique
    - Concevoir un bâtiment en valorisant le climat, son implantation géographique et son usage afin de limiter les consommations énergétiques
  - Le recours aux énergies renouvelables
    - Limiter la consommation des énergies fossiles par l'utilisation de ressources renouvelables telles que le solaire (thermique et photovoltaïque), l'éolien, la géothermie, etc.

## L'art de construire et l'environnement: actions

- Développement de matériaux et techniques alternatives pour le bâtiment

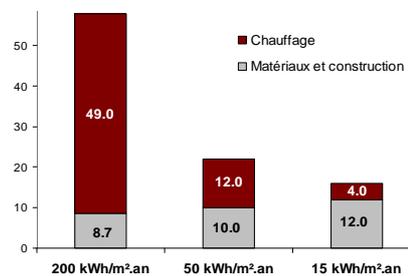
**Amélioration des performances énergétiques des bâtiments**

↓

**Augmentation du poids relatif des matériaux de construction / impacts environnementaux**

↓

**Nécessité de développer de nouveaux matériaux**



## L'art de construire et l'environnement: actions

- Un bâtiment c'est :
  - Une à deux dizaines de matériaux différents pour la structure
  - Plusieurs centaines pour l'enveloppe, les équipements, les aménagements

*=> pas d'Eco-conception  
sans maîtrise de l'approche  
Matériaux*

L. Demilecamps, Métamorphoses, 2011



## L'art de construire et l'environnement: actions

- Développement de matériaux et techniques alternatives pour le bâtiment
  - limiter les consommations énergétiques pendant la phase d'exploitation du bâtiment,
  - être sains,
  - contribuer à la notion de confort,
  - leur production ne doit pas générer une consommation importante d'énergie ni une production de déchets.

Sur quelle(s) base(s)  
sélectionner un matériau?

*Les matériaux de l'urbanisme sont le  
soleil, les arbres, le ciel, l'acier, le ciment:  
dans cet ordre hiérarchique et  
indissolublement.*

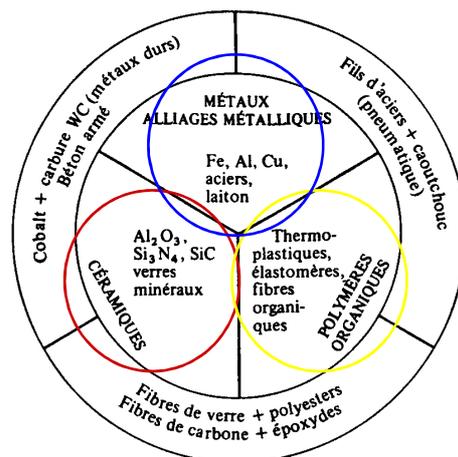
*Le Corbusier*

# Matériaux

## ■ Matériaux

- Substance (ou substances) à partir desquelles un objet est ou peut être fabriqué;
- Matière;
- Relatif à ou consistant en ce qui occupe l'espace

# Classement des matériaux en fonction de leur composition, leur microstructure ou leurs propriétés



Trois grands groupes:

Métaux: solides atomiques ( $T_{\text{ambiante}}$ )

Polymères organiques: matériaux composés de molécules

Céramiques: matériaux inorganiques

+

Matériaux composites

➡ Subdivision arbitraire (p.e. diamant)

## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- Matériaux renouvelables
- Matériaux recyclables
- Matériaux durables
- Matériaux non polluants

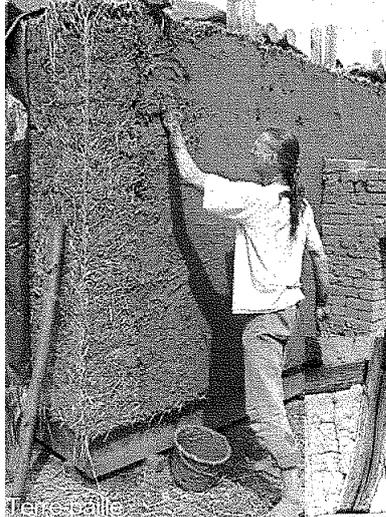


## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

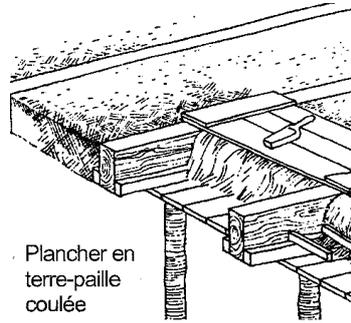
- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- Matériaux renouvelables
- Matériaux recyclables
- Matériaux durables
- Matériaux non polluants



## Matériau naturel



Terre-paille



Plancher en terre-paille coulée

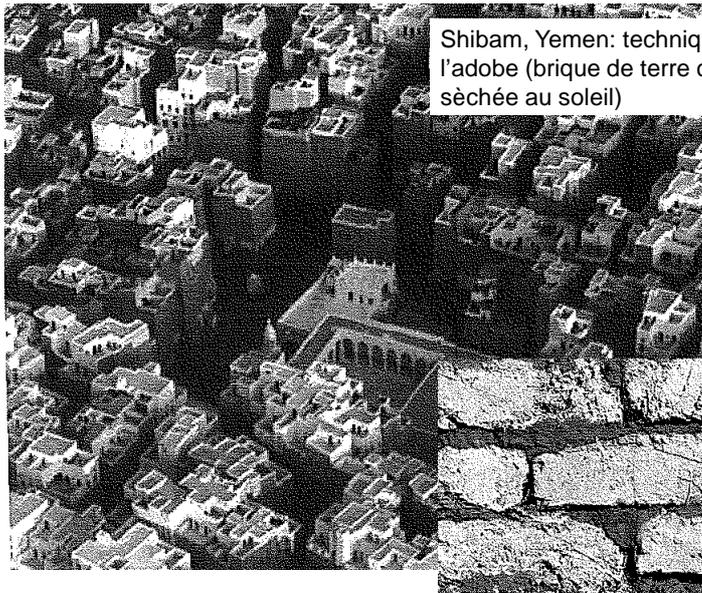


Forçis dans le plâtre



Environnement

## Matériau naturel



Shibam, Yemen: technique de l'adobe (brique de terre crue séchée au soleil)



## Matériau naturel ... transformé



dimensions

Blocs de terre crue comprimée (BTC)



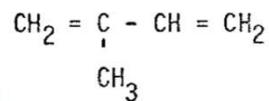
Blocs creux à emboîtement :  
Protection des armatures

Environnement

## Matériau naturel



- Extrait de latex végétal (hévéa, ...): émulsion de c/c dans l'eau, dont 30-45% de matières solides (90% c/c)
- c/c = polymère linéaire de l'isoprène hydrocarbure aliphatique)



Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Matériau naturel



*bitume naturel: bitume de Trinidad (asphalte = mélange de bitume (55%) et d'éléments minéraux (filler 45%)) – suintement (Pitch Lake)*



*Sables bitumineux – Canada (Alberta) - 173 milliards de barils (bien plus que l'Iran, l'Irak et le Koweït...)*



Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Matériau artificiel

- Matériaux silicatés
  - Terres cuites (briques, tuiles, boisseaux, ...)
  - Verre
- Liants hydrauliques: ciment, plâtre
- Liants polymériques: PS, PET, PP, PVC, ... mais aussi PUR, PES
- Liants aériens: chaux

➡ **préparation suivant processus industriel + énergie**

Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- Matériaux renouvelables
- Matériaux recyclables
- Matériaux durables
- Matériaux non polluants

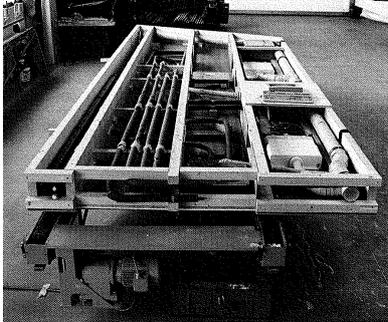
## Matériaux à mettre en œuvre sur chantier



Mise en peinture

Coulage d'une dalle

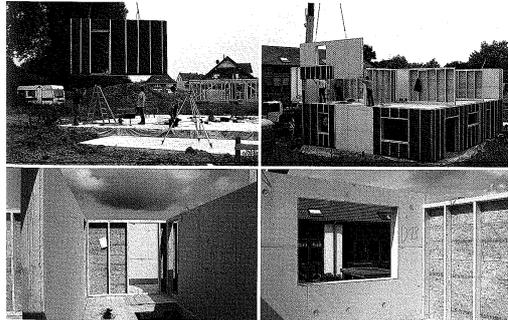
## Matériaux préfabriqués



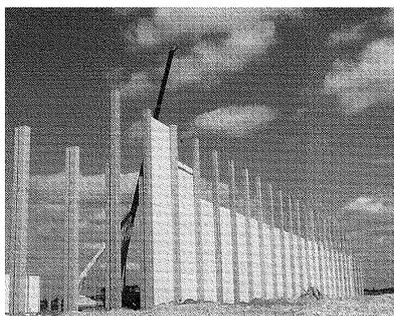
Panneau rassemblant tous les équipements: installations de chauffage, de cuisine, de salle de bain et de toilettes

### *Murs flottants:*

Construction en panneaux de bois, avec fonction portante et mis en place à l'aide d'une grue



## Matériaux à assembler



Hall industriel en dalles de béton cellulaire et colonnes en acier



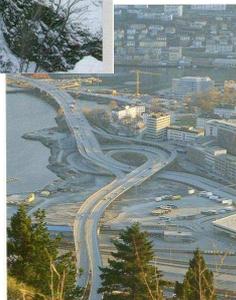
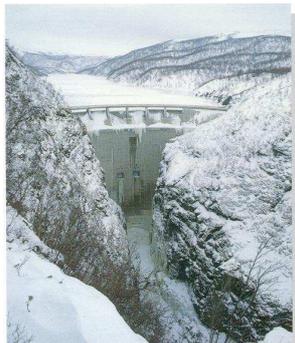
Blocs de béton cellulaire



## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- **Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...**
- Matériaux renouvelables
- Matériaux recyclables
- Matériaux durables
- Matériaux polluants

## Matériaux structurels



## Matériaux structurels



## Matériau naturel ... transformé

*Bois = 50% du cube sur pied sur le parterre de la coupe + 30% déchets de débitage, sciage, .... + seulement 20% réellement utilisés comme bois de charpente*



*Nantes, Arch. Pellegrino*



*Pont couvert ND-de-Stanbridge, QC, Canada*

## Matériaux architecturaux

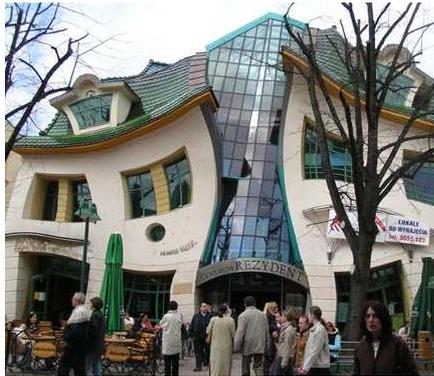
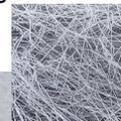


Photo A. Darimont  
Matériaux &  
Environnement

## Matériaux d'équipement et d'isolation

- Laine de verre: isolant thermique incombustible, imputrescible et léger
  - obtenues par la fonte de verre et de sable quartzes et passage/étirage dans une filière
  - traitées par un produit hydrofuge - liées à l'aide d'un produit thermodurcissant pour former des rouleaux et des panneaux
- Verre cellulaire: le verre cellulaire est une mousse de verre obtenue par expansion de celui-ci lorsqu'il est en fusion. Les cellules ainsi formées contiennent un gaz inerte.



Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- **Matériaux renouvelables**
- Matériaux recyclables
- Matériaux durables
- Matériaux polluants

## Matériau renouvelable



*Culture du miscanthus*



Photo Meve

- Paille, chanvre, lin, roseau, sisal, crin de cheval, ...

## Matériau renouvelable

- Béton de bois
  - Mélange de copeaux de bois et de pâte de ciment
  - Réalisation de cloisons intérieures et extérieures (avec recouvrement)
  - Isolation thermique:  $\lambda = 0.09$  W/m. K (bloc de béton cellulaire  $\lambda = 0.12$  W/m. K et brique de terre cuite  $\lambda = 0.27$  W/m. K)

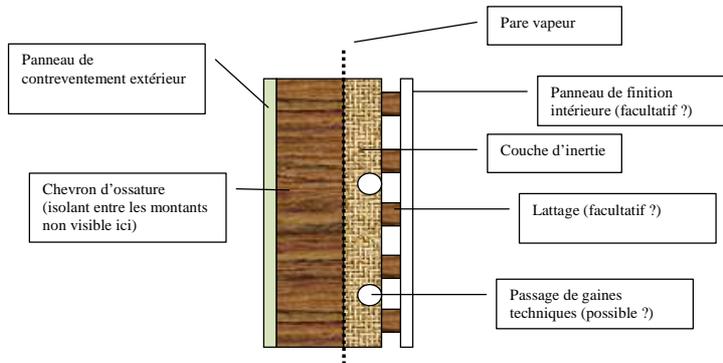


## Matériau renouvelable

- AGROMOB (2011-2013) Amélioration de l'inertie thermique des bâtiments à ossature bois par incorporation de matériaux biosourcés au moment de la préfabrication
  - Objectif: développement et mise au point d'un complexe de matériaux naturels pouvant conférer de l'inertie aux systèmes constructifs à ossatures bois, y compris l'optimisation du produit en application industrielle avec la contrainte de l'automatisation du process. Ce système sera résistant au transport, à la mise en œuvre sur chantier et ergonomique, pour les travaux de finition de l'habitation.



## Matériau renouvelable



## Matériau renouvelable

- aPROpaille (2011-2013) Vers une reconnaissance de l'usage de la paille comme matériau isolant dans la construction.
  - Objectif: améliorer la connaissance sur le comportement et les performances de parois dont la performance thermique est essentiellement obtenue par usage de la paille en optimisant un module constructif préfabriqué.



## Matériau renouvelable



Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- Matériaux renouvelables
- **Matériaux recyclables**
- Matériaux durables
- Matériaux non polluants

Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Matériaux recyclables



- Aspects du « recyclage »
  - le recyclage, qui consiste à refaire le même produit que le produit initial (bouteilles en verre) ;
  - la réutilisation, qui consiste à fabriquer un autre produit que celui qui a donné naissance au déchet (bouteilles en PVC pour la fabrication de jouets) ;
  - le réemploi, qui consiste à prolonger la durée de vie d'un produit (bouteilles consignées) ;
  - la régénération, qui consiste à redonner au déchet les qualités et propriétés du produit initial par un ou plusieurs procédés adaptés (purification des huiles de vidange) ;
  - la valorisation énergétique, par incinération.

## Matériaux recyclés

- Recyclage des cailloux



le Palais Idéal du facteur Cheval (Photo G. Thérin)

## Matériaux recyclés

### ■ Recyclage du papier

Mobilier dans la maison en papier  
d'Elis Stenman (Pigeon Cove,  
Massachusetts)

Source: Elfers, J. & Schuyt, M., « Les  
bâtisseurs de rêves »



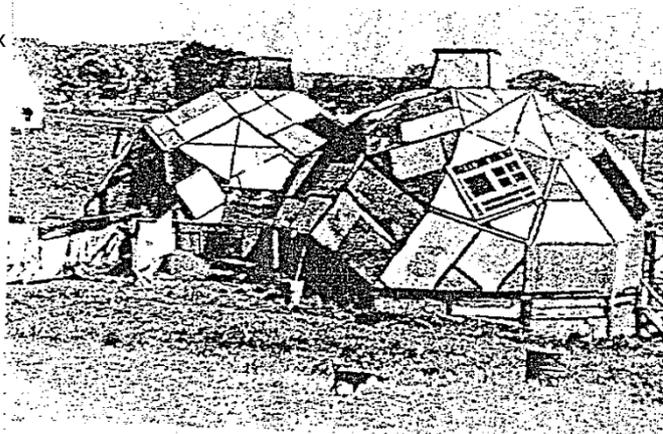
[www.paperhouserockport.com](http://www.paperhouserockport.com)

Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Matériaux recyclés

### ■ Recyclage des déchets

Dômes en matériaux  
de récupération,  
réalisés par une  
communauté de  
hippies, sous la  
direction de  
Buckminster Fuller,  
Colorado, 1965  
Source: Elfers, J. &  
Schuyt, M., « Les  
bâtisseurs de  
rêves »



## Matériaux recyclés

### ■ Recyclage des déchets

**Baldaccini, César - "Compression" -  
Compression 1960 - Métal compressé,  
pots d'échappement d'automobiles**



**Baldaccini, César - "Compression" -  
(1960)**



## Matériaux recyclés

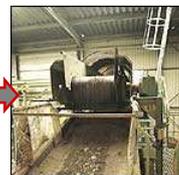
➡ Déchets municipaux  
Combustion à 900-1000°C ➡  
Opérations post-combustion



Approvisionnement



Criblage



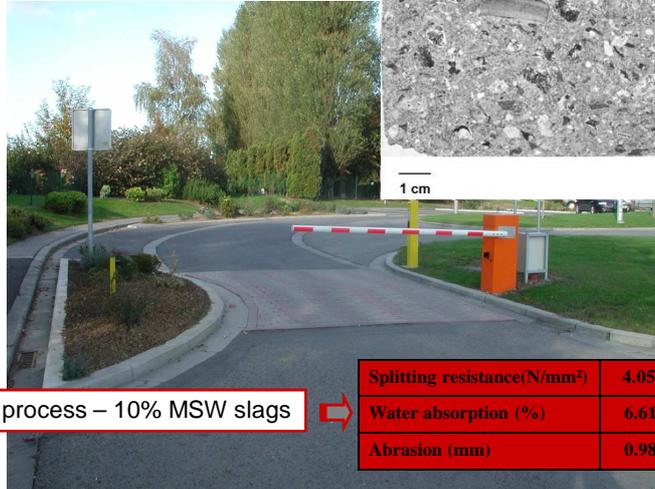
Séparation  
magnétique



Maturation  
(10 – 20 semaines)



## Matériaux recyclés



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

## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- Matériaux renouvelables
- Matériaux recyclables
- **Matériaux durables**
- Matériaux non polluants

## Classement des matériaux en fonction de leur état et/ou fonction

- Matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Matériaux finis, semi-finis ou mis en œuvre sur chantier
- Matériaux structurels ou matériaux d'équipement, d'isolation, ...
- Matériaux renouvelables
- Matériaux recyclables
- Matériaux durables
- Matériaux non polluants



## Matériaux polluants

- Exploitation
  - Ex: découpage des pierres ornementales → fines
- Utilisation
  - Ex: génération de radon → radiations
- Entretien
  - Ex: utilisation de peintures minérales ou contenant des métaux lourds
- Elimination
  - Ex: broyage des fibro-ciments



## Comment mettre un matériau sur le marché? (ou quelles sont les exigences légales sur un matériau?)

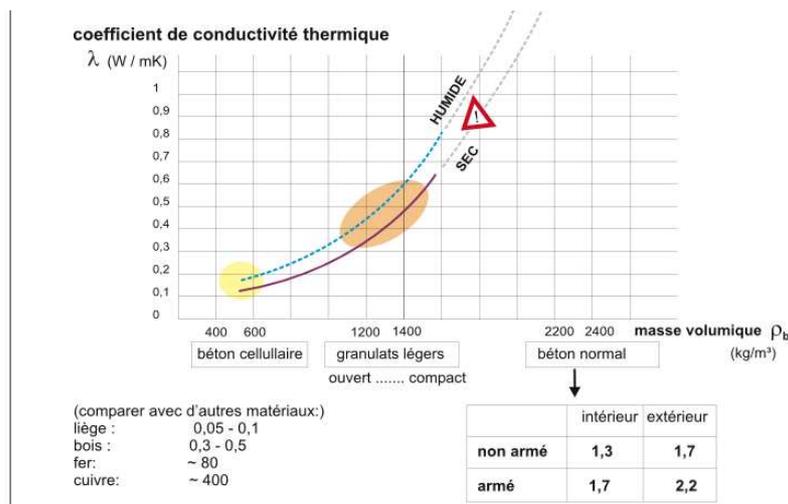
### Directive Produits de Construction

- Directive 89/106/CEE du Conseil, relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états-membres concernant les **produits de construction** (1988, modifiée par la directive 93/68/CEE (1993)).
- Objectifs:  
*assurer la libre circulation de l'ensemble des produits de construction, par l'harmonisation des législations nationales concernant les exigences essentielles de ces produits en matière de santé, de sécurité, de bien-être.*

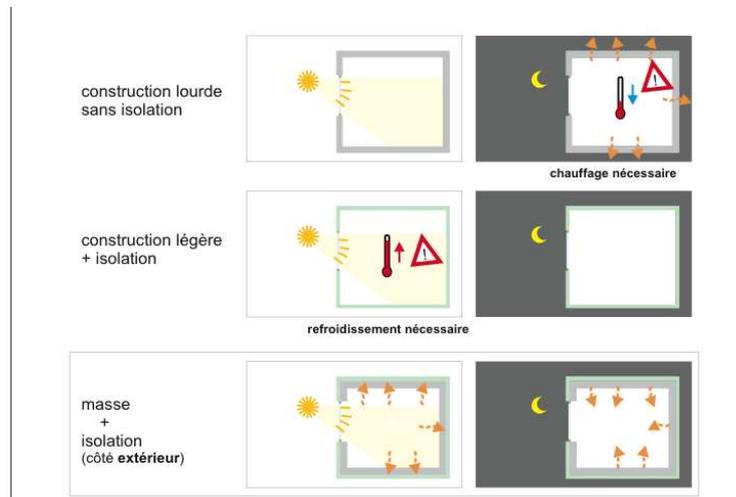
## Directive Produits de Construction

- Six **exigences essentielles** à la base des systèmes réglementaires et législatifs nationaux
- Permettre d'ériger des ouvrages qui remplissent, pendant une durée de vie raisonnable du point de vue économique, les exigences essentielles en matière de :
  - Résistance mécanique et de stabilité : stabilité et **durabilité** des résistances mécaniques ;
  - Sécurité en cas d'incendie;
  - **Environnement thermique**, éclairage, **qualité de l'air, humidité et bruit** ;
  - Sécurité d'utilisation;
  - **Protection contre le bruit**;
  - **Economie d'énergie** et d'**isolation thermique**.

## Propriétés thermiques: conductivité



## Propriétés thermiques: capacité de stockage



Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

Sur quelle(s) base(s)  
sélectionner un *éco*-matériau?

---

## Eco-...

- Note de prospective '08 du Conseil Wallon de l'Environnement pour le Développement Durable
  - *(p.13) ... au-delà de la performance énergétique des bâtiments, le CWEDD estime qu'il faut promouvoir l'éco-construction ... et qui tient notamment compte du **contenu en énergie** des **matériaux** mis en œuvre (« énergie grise ») ...*

## Critères de choix

- Aspects techniques
  - Propriétés mécaniques, physiques et chimiques des matériaux
  - Calcul et dimensionnement
- Aspects sociaux
- *Aspects environnementaux*

## Critère de choix: aspects environnementaux

- Calcul de l'énergie grise des matériaux et de leur bilan CO2
  - L'énergie grise est l'énergie primaire totale consommée tout au long du cycle de vie d'un composant d'ouvrage de l'extraction des matières premières à l'élimination des déchets.
  - Problème complexe - Résultats très variables  
*Rester critique !*
  - Le bilan carbone prend en compte toutes les émissions (production, transport des matériaux et des personnes, ...).

## Critère de choix: aspects environnementaux

La notion d'**Énergie grise**, c'est-à-dire l'énergie, calculée en kWh/m<sup>3</sup> ou T, associée à un matériau, permet de prendre en compte les aspects suivants : machines d'extraction, carburant pour le transport, consommation d'électricité pour la transformation, pétrole utilisé pour la production.

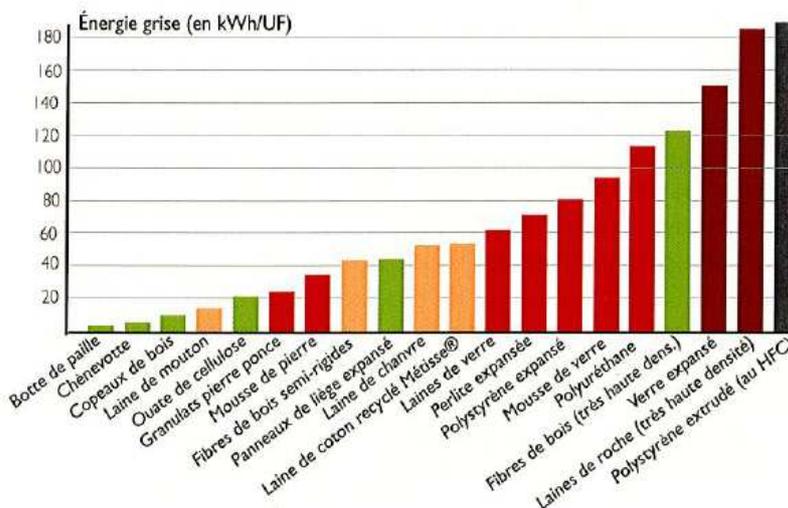
Matériau	Energie grise (kWh/m <sup>3</sup> )
Brique perforée	700
Brique silico-calcaire	350
Enduit synthétique	3300
Enduit au ciment	1100
Profilés en acier	57000
Bois d'œuvre	180
Panneaux d'agglomérés (liés avec résine formaldéhyde)	2000
Panneaux de fibres de bois (tendre)	1400
Polystyrène expansé (isolant)	450
Isolant à base de cellulose de bois	50

## Critère de choix: aspects environnementaux

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

## Critère de choix: aspects environnementaux



**Energie nécessaire pour la fabrication des matériaux**

Source : Isolation thermique et écologique J.P. Oliva et S. Courgey

## Critère de choix: aspects environnementaux

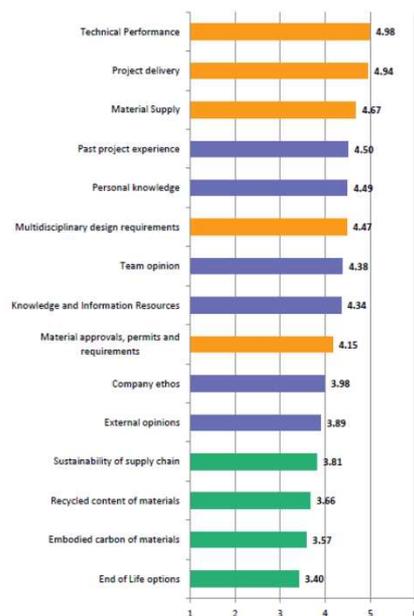
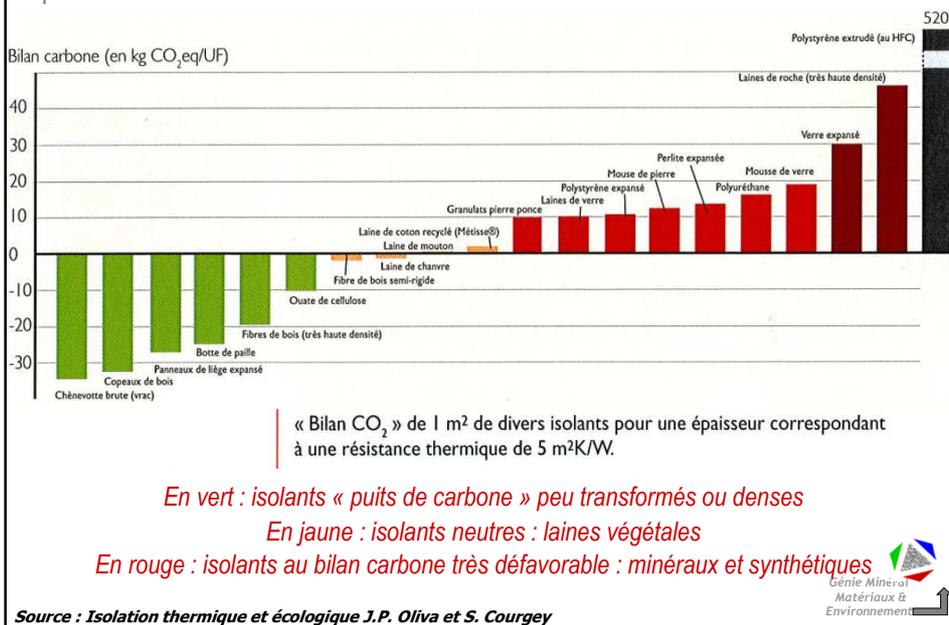


Figure 16 Rate the extent of influence that each factor has on decisions around material choice. (Online Survey)

Métamorphoses – Liège – 2011 (B. Mathieu, HeidelbergCement)

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

(étude 2011 – CSI – Allemagne, Royaume-Uni, Etats-Unis, Brésil)



Génie Minéral  
Matériaux & Environnement

## Critère de choix: aspects environnementaux

### ■ Avantages économiques des agro-matériaux

- remplacement d'isolants issus de l'industrie pétrolière par des végétaux, c'est-à-dire des ressources renouvelables;
- réduction de la consommation d'énergie pour la fabrication des isolants à base de végétaux par rapport aux matériaux synthétiques ;
- matériaux aux performances isolantes élevées, réduisant la consommation énergétique pour le chauffage/refroidissement des bâtiments ;
- stockage du CO2 lors de la croissance des végétaux constitutifs des bâtiments ;
- absence de risque de diffusion de résidus chimiques émanant des isolants dans les habitations (Concentrés Organiques Volatils – COV) par rapport aux matériaux synthétiques ;
- possibilité de recyclage de produits végétaux en fin de vie, notamment dans l'industrie cimentière, au travers de l'apport de combustibles de substitution et l'apport de minéraux constitutifs nécessaires à la fabrication du cru.



Quels sont les outils disponibles?

## Principales méthodes

Ensemble de règles , d'étapes et de procédures permettant de parvenir à un résultat

Présentation synthétique des différentes méthodes	
Nom	Champ de l'étude
Check-list	Aide mémoire des points essentiels à prendre en compte lors de la conception/réalisation d'un projet.
Évaluation des Impacts sur l'Environnement (EIE)	Étude d'impact d'un projet ou d'une activité demandée par la législation.
Méthode quantitative d'Analyse de Cycle de Vie (ACV)	Évaluation des impacts au cours de toute la durée de vie du projet.
Méthode qualitative de certification	Évaluation d'un projet donnant lieu à une certification (label).
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"><li>• norme internationale ISO 14001,</li><li>• norme européenne EMAS (Environmental Management and Audit Scheme).</li></ul>

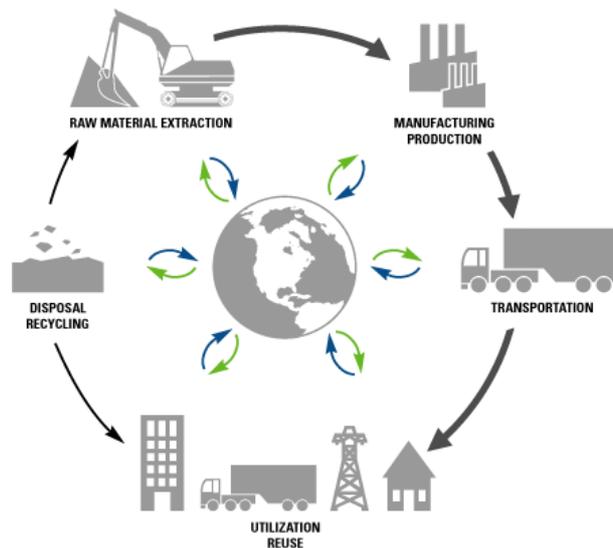
Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## 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 (ni social, ni économique)*

Génie Minéral  
Matériaux &  
Environnement

## Analyse de Cycle de Vie (ACV)



## Analyse de Cycle de Vie (ACV)

- Objectifs et champ de l'étude
  - intégrer des notions environnementales dans les choix ;
  - trouver la meilleure façon de fabriquer un produit donné (d'un point de vue de son impact environnemental) ;
  - comparer différents produits qui rendent le même service ;
  - distinguer un ou plusieurs produits en raison de la qualité de leur bilan écologique (attribution d'un écolabel).

## Analyse de Cycle de Vie (ACV)

- Utilisations et applications d'une ACV
  - Identifier les principaux impacts environnementaux
  - Éviter les transferts de pollution



## Analyse de Cycle de Vie (ACV)

Calcul des écopoints pour la production de 1 m<sup>3</sup> de béton

Rejets	Béton fondation			Béton propreté		
	Emissions spécifiques	Eco-facteurs	Eco-points	Emissions spécifiques	Eco-facteurs	Eco-points
<b>Consommation énergie (MJ)</b>						
Équivalent énergétique	1239	0,497	615,4	810	0,497	402,3
<b>Émissions atmosphériques (g)</b>						
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
<b>Rejets dans l'eau (g)</b>						
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
<b>Déchets solides (g)</b>						
Déchets industriels	18572	0,099	7784	0,099	7784	7784
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>16445</b>	-	-	<b>12817</b>

TFE Ch. Rademaker: Application de la notion de Life Cycle Analysis aux éléments de constructions industrielles (acier, bois, béton)



## Analyse de Cycle de Vie (ACV)

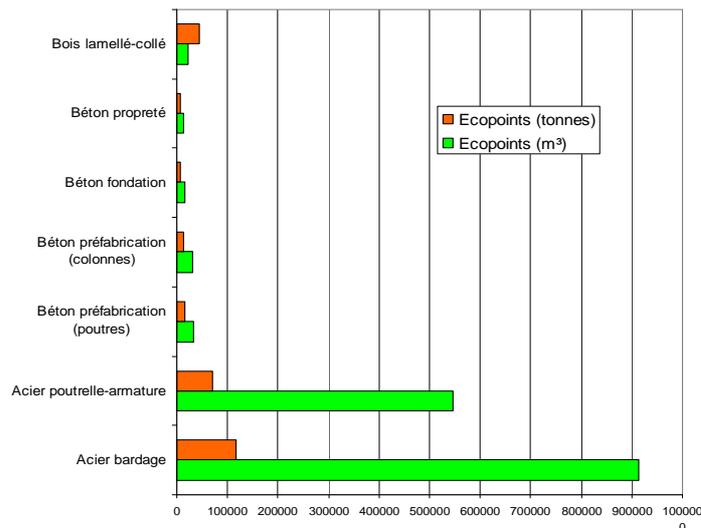
### ■ Comparaison hall industriel

Matériau	Ecopoints (m <sup>3</sup> )	Ecopoints (tonnes)
Acier bardage	914525	116520
Acier poutrelle-armature	547380	69730
Béton préfabrication (poutres)	33847	14403
Béton préfabrication (colonnes)	31682	13656
Béton fondation	16445	7091
Béton propreté	12817	5800
Bois lamellé-collé	22075	44150

TFE Ch. Rademaker: Application de la notion de Life Cycle Analysis aux éléments de constructions industrielles (acier, bois, béton)



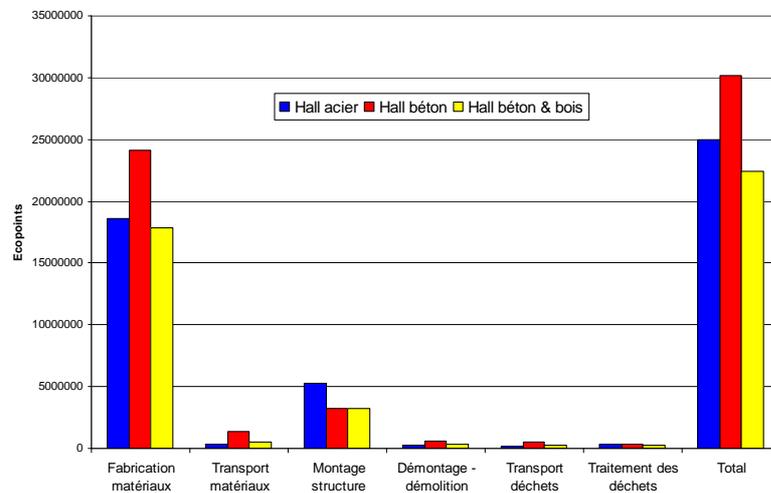
## Analyse de Cycle de Vie (ACV)



TFE Ch. Rademaker: Application de la notion de Life Cycle Analysis aux éléments de constructions industrielles (acier, bois, béton)



## Analyse de Cycle de Vie (ACV)



TFE Ch. Rademaker: Application de la notion de Life Cycle Analysis aux éléments de constructions industrielles (acier, bois, béton)



## Eco-bases de données

- Base de données matériaux et systèmes pour le bâtiment
  - [www.buildingmaterials.univ.edu](http://www.buildingmaterials.univ.edu) (Minnesota building material database) : Matériaux (155) , composants, ou systèmes d'un bâtiments avec des données concernant la durabilité, les coûts...données quantitatives et qualitatives (USA)
  - [www.bauteilkatalog.ch](http://www.bauteilkatalog.ch) (catalogue constructions): Matériaux (150) , composants, ou systèmes d'un bâtiments, données quantitatives et qualitatives (Suisse)
  - [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) (Eco-devis): Matériaux, composants, ou systèmes (37) d'un bâtiments, données quantitatives et qualitatives (Suisse)



## Eco-bases de données



[www.cd2e.com/sections/fr/eco-materiaux/guides\\_de\\_choix](http://www.cd2e.com/sections/fr/eco-materiaux/guides_de_choix)

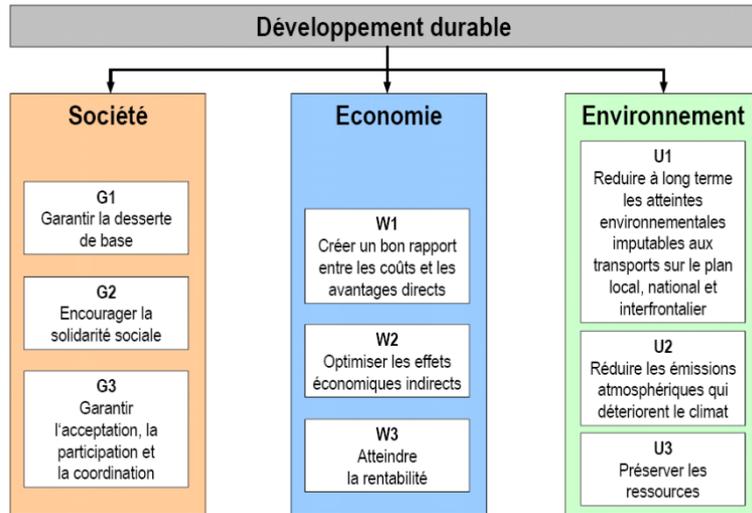
Choix des matériaux – écobilan des parois (portail énergie Wallonie)



## Qu'en est-il en génie civil?

# Routes: eNISTRA

9 objectifs principaux de la méthode NISTRA

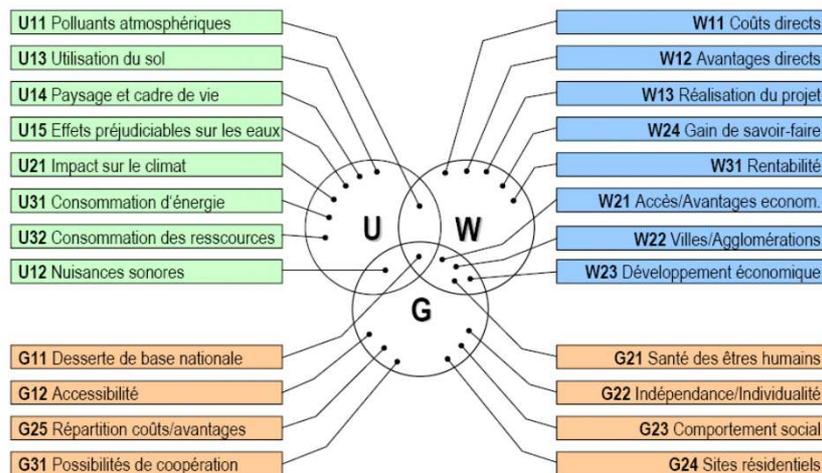


CRR et TFE M. Nemes: Evaluation de la Qualité Environnementale des constructions dans le domaine du génie civil (2008)



# Routes: eNISTRA

objectifs partiels de la méthode NISTRA



CRR et TFE M. Nemes: Evaluation de la Qualité Environnementale des constructions dans le domaine du génie civil (2008)



## Conclusions

## Sélection des matériaux

- La réponse n'est pas simple!
- Sélectionner un **éco-matériau**, c'est tenir compte de:
  - Typologie de la construction
  - Conditions économiques
  - Aspects techniques spécifiques
  - Aspects architecturaux
  - Disponibilité locale
  - Aspect social
  - Impact environnemental
  - Recyclabilité
  - ... *la méthode d'analyse* ...

## Remerciements

*Louis Demilecamps, Groupe VINCI*  
*Gilles Escadeillas, Université de Toulouse*  
*Bernard Mathieu, Heidelberg Cement*  
*Christophe Rademaker, Schüco*



Merci  
Dziękuję  
Thank  
you  
Dank u  
Grazie  
Danke  
Gratias  
Arigato  
Efkaristos

