



La pierre wallonne : la solution  
pour construire durable !  
Colloque et table ronde du 26 août 2022

# Communication environnementale et Analyse du cycle de vie de produits en pierres régionales

**Prof. Dr Ir Angélique Léonard**

**Dr Ir Sylvie Gros Lambert**

*a.leonard@uliege.be ; s.gros Lambert@uliege.be*

Product, Environment, and Processes (PEPs)

Chemical Engineering

ULiège

<http://chemeng.uliege.be/>



## AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL

LAVE LINGE  
 Marque : WHIRLPOOL  
 Référence : WHIRLPOOL—AWOD-8451

### Le baromètre écologique



3,6<sup>\*</sup> /5 économisez **15€** /an

Effet de serre	0,79 kg eq. CO2
Eau	27,65 cm <sup>3</sup> eq. eau
Terre	0,6108 g eq.

Discounto s'engage dans les économies et vous aide à faire votre choix en connaissant :

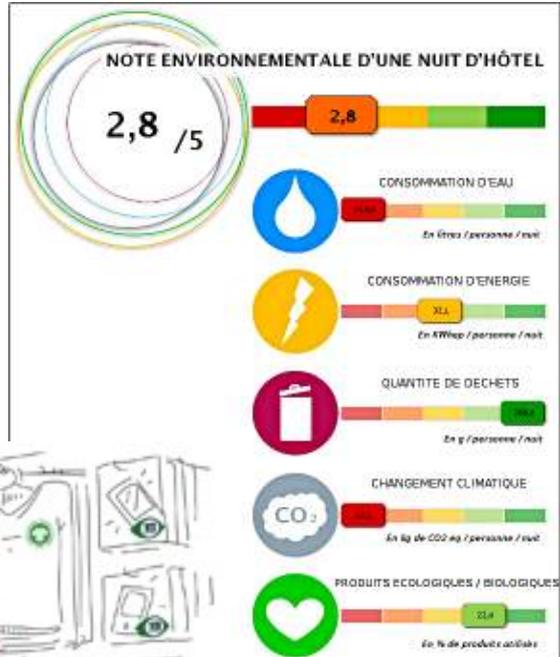
- La note écologique globale du produit
- La consommation d'énergie (électricité et eau) de votre produit, ainsi qu'une estimation du coût réel sur votre facture comparé à un produit moyen du marché.

propulsé par **hopscore**

\* Discounto participe à l'expérimentation nationale de mise à disposition d'informations environnementales initiée par le Grenelle Environnement. [Plus d'informations](#)

Combien d'euros économiserez-vous si vous utilisez cet appareil ?

**OBTENIR MON ESTIMATION GRATUITE**



<b>14021 Type II</b>
Auto-déclaration
Rapide, partielle (monocritère)
Mono ou bi critères (recyclable, biodégradable,...)

3 types de déclarations



# Trois types de labels

14024 Type I	14021 Type II
Écolabels	Auto-déclaration
Répondre à des critères définis par organismes compétent (Global Ecolabelling Network)	Rapide, partielle (monocritère)
Multi-étapes Multi-critères	Mono ou bi critères (recyclable, biodégradable,...)

*Synthèse des 3 types de déclarations*



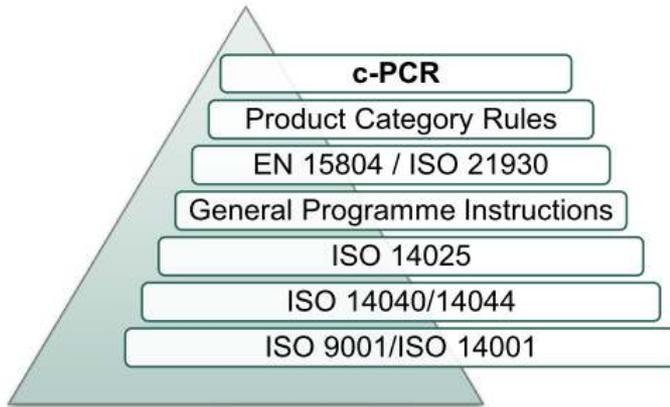
# Trois types de labels

14024 Type I	14021 Type II	14025 Type III
Écolabels	Auto-déclaration	Déclaration environnementale Éco-profil
Répondre à des critères définis par organismes compétent (Global Ecolabelling Network)	Rapide, partielle (monocritère)	Complexe, complète ex. <b>FDES</b>
Multi-étapes Multi-critères	Mono ou bi critères (recyclable, biodégradable,...)	ACV complète

Synthèse des 3 types de déclarations



## ► Déclaration environnementale type III – ISO 14025



*Norme belge*

---

**EN 15804:2012+A2:2019** NBN  
**NBN EN 15804:2012+A2:2019**

---

**Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction**



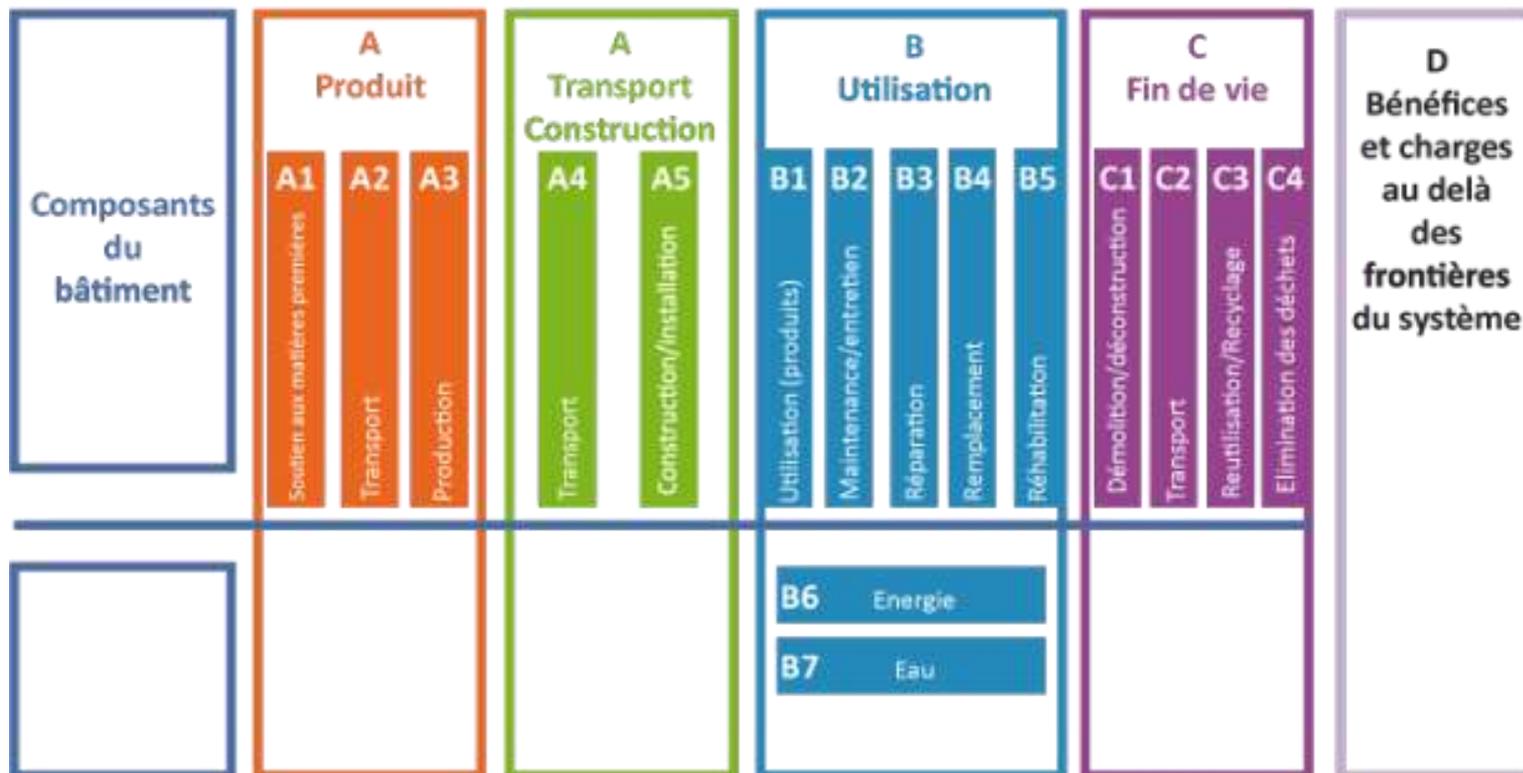
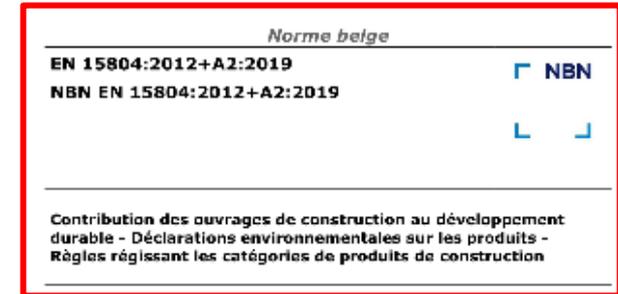
PRODUCT CATEGORY RULES  
 EN 15804  
 NPCR 018 version 1.0  
 Issue date: xx.xx.2020  
 Valid to: xx.xx.2025

Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method

PCR-Part B for natural stone products, aggregates and fillers



- ▶ Existence d'un PCR spécifique à la construction
  - ▶ Assure la comparabilité
  - ▶ Même cadre, même méthodologie



## ► Catégories d'impact alignées sur le PEF

<u>Impact category</u>	<u>Unit</u>			
Global warming	kg CO2 eq	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GWP total</li> <li>• GWP from fossil carbon</li> <li>• GWP from biogenic carbon</li> <li>• GWP from land use change</li> </ul>		
Ozone depletion	kg CFC 11 eq			
Acidification for soil and water	kg SO2 eq	Mol H+eq		
Eutrophication	kg (PO4)3- eq	Eutrophication terrestrial		
		Eutrophication aquatic freshwater		
		Eutrophication aquatic marine		
Photochemical ozone creation	kg Ethene eq			
Depletion of abiotic resources - elements	kg Sb eq			
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	MJ, net calorific value			
Water scarcity	m3 water eq			
			<b><u>Additional impact categories</u></b>	
			Human toxicity - cancer effects	CTUh
			Human toxicity - non-cancer effects	CTUh
			Particulate matter	kg PM2,5 eq
			Ionising radiation - human health effects	kg U235 eq
			Ecotoxicity - freshwater	CTUe
			Land use related impacts (soil quality)	





## ► Utilisations possibles

### ► Introduction dans des outils d'évaluation à l'échelle du bâtiment

- Pays-Bas → MPG Berekening (MilieuPrestatie gebouwen)
- Monétarisation = **coût financier de la réparation des dommages causés**
- Depuis 1/1/2018 : max 1€/m<sup>2</sup>an pour les immeubles de bureau (>100 m<sup>2</sup>)
- À partir du 1/7/2021 : max 0,8€/m<sup>2</sup>an pour les nouvelles habitations



Tabel 8: Weegfactoren (voor de milieu-impactcategorieën)

Milieu-impactcategorie	Equivalent eenheid	Weegfactor [€ / kg equivalent]
Uitputting abiotische grondstoffen (exclusief fossiele energiedragers) – ADP	Sb eq	€ 0,16
Uitputting fossiele energiedragers – ADP	Sb eq <sup>10</sup>	€ 0,16
Klimaatverandering – GWP 100 j.	CO <sub>2</sub> eq	€ 0,05
Aantasting ozonlaag – ODP	CFK-11 eq	€ 30
Fotochemische oxidantvorming – POCP	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	€ 2
Verzuring – AP	SO <sub>2</sub> eq	€ 4
Vermesting – EP	PO <sub>4</sub> eq	€ 9
Humane toxiciteit – HTP	1,4-DCB eq	€ 0,09
Zoetwater aquatische ecotoxiciteit – FAETP	1,4-DCB eq	€ 0,03
Mariene aquatische ecotoxiciteit – MAETP	1,4-DCB eq	€ 0,0001
Terrestrische ecotoxiciteit – TETP	1,4-DCB eq	€ 0,06

Grondstoffen

Emissies

1-puntsscore



<https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen>

## ► Utilisations possibles

- Promotion des produits → « marketing vert »
- Indicateurs d'impact environnementaux chiffrés
  - Réponse à un cahier de charge avec clauses environnementales
  - Obtention de subsides



- ▣ **Règlement grand-ducal** du 23 décembre 2016 ... instituant un **régime d'aides pour la promotion de la durabilité**, de l'utilisation rationnelle de l'énergie ... dans le domaine du logement.
- ▣ Art. 1er. Conditions d'octroi ... de l'aide financière ...
- ▣ Il atteint 24 points pour le critère de durabilité 4.1.1 «Évaluation environnementale des matériaux de construction – indicateur environnemental  $I_{env}$ »...

$$I_{env} = 10^3 \cdot \left( \frac{0,54 \cdot GWP_{mat}}{11\,209} + \frac{0,09 \cdot ODP_{mat}}{0,0146} + \frac{0,12 \cdot POCP_{mat}}{60} + \frac{0,09 \cdot AP_{mat}}{51} + \frac{0,16 \cdot EP_{mat}}{0,75} \right)$$

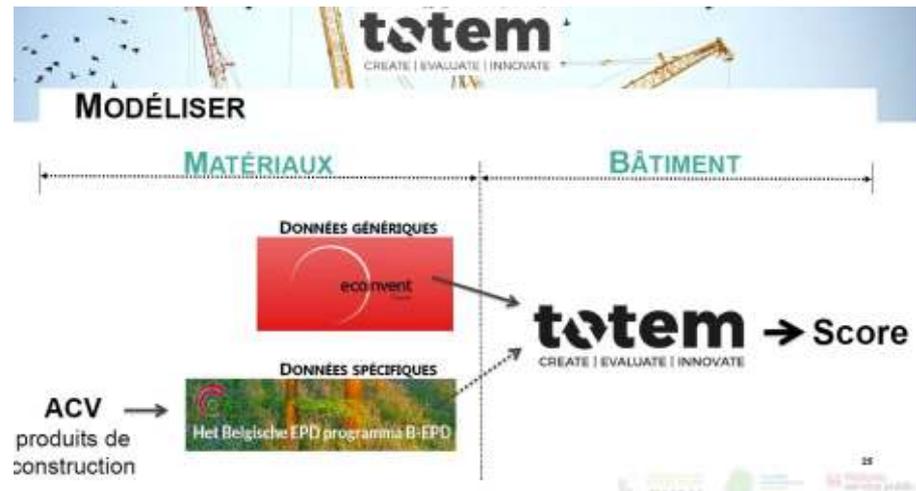
$$I_{env} = \frac{\sum_i I_{env,Ae,i} \cdot A_i + I_{env,IW} \cdot A_{IW} + I_{env,DE} \cdot A_{DE}}{\sum_i I_{env,Ae,ref,i} \cdot A_i + I_{env,IW,ref} \cdot A_{IW} + I_{env,DE,ref} \cdot A_{DE}}$$

Ae: structure extérieure  
IW: parois et dalles intérieures

$I_{env}$	Point(s)
$\leq 0,45$	40 points
$\leq 0,65$	35 points
$\leq 1,23$	5 points
$> 1,23$	0 point

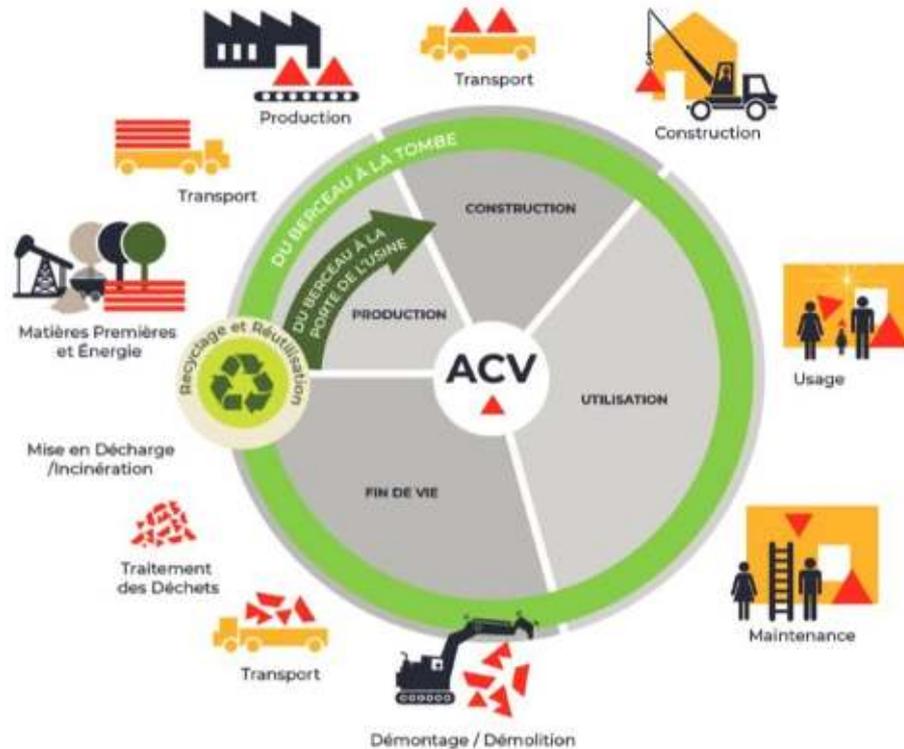


- ▶ Obligatoire
  - ▶ En cas d'allégation environnementale (cf. AR 2014)
  - ▶ Pour l'intégration à l'outil TOTEM
    - = Tool to Optimize the Total Environmental impact of Materials
- ▶ En développement rapide
- ▶ ? Obligatoire à ? terme pour certains marchés publics ?



## ISO 14040/44:2006

- aspects environnementaux & **impacts potentiels**
- tout au long du **cycle de vie**



# Différence Empreinte carbone et ACV

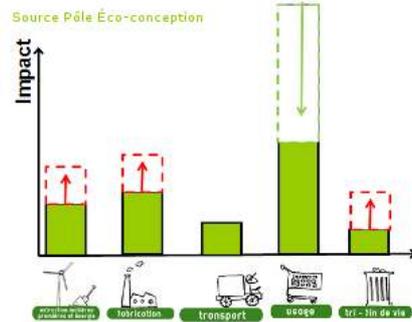
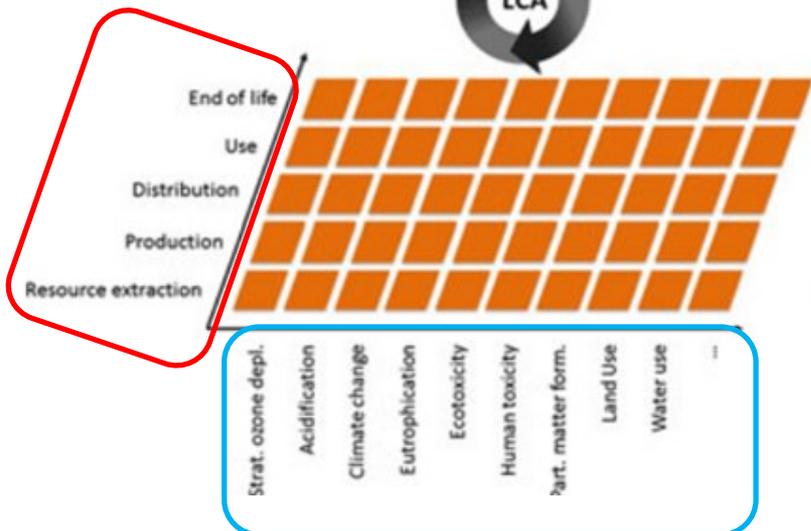
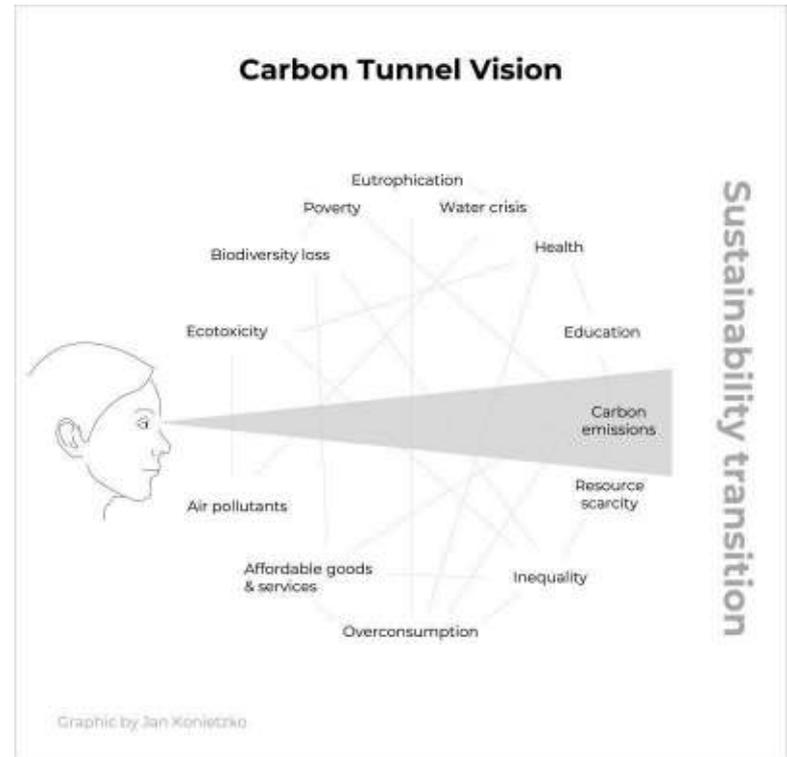
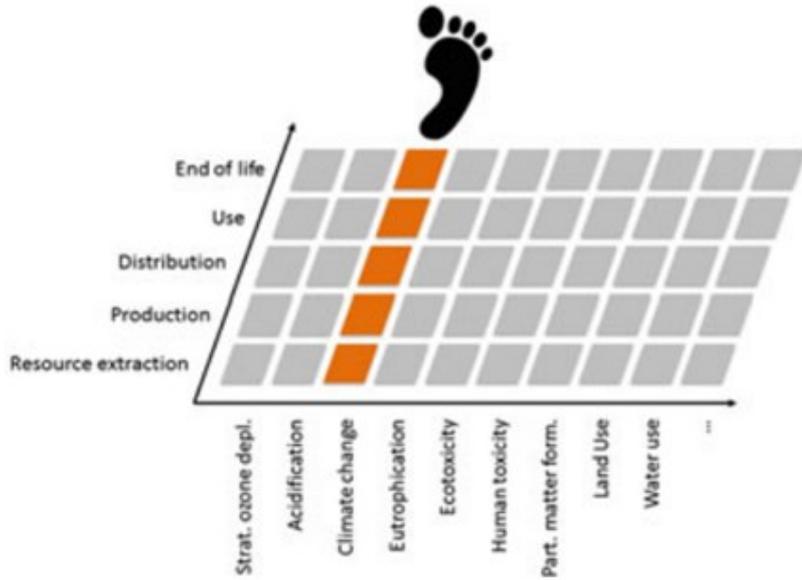


Illustration du transfert d'impact d'une étape du cycle de vie à d'autres étapes.

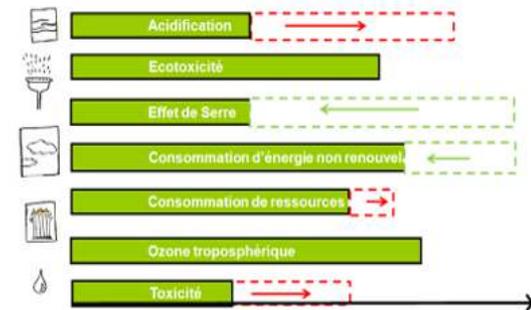


Illustration du transfert d'impacts à d'autres impacts environnementaux



# Analyse du cycle de vie



Méthode



# Frontières et Règles d'imputation

▶ Norme EN15804+A2:2019

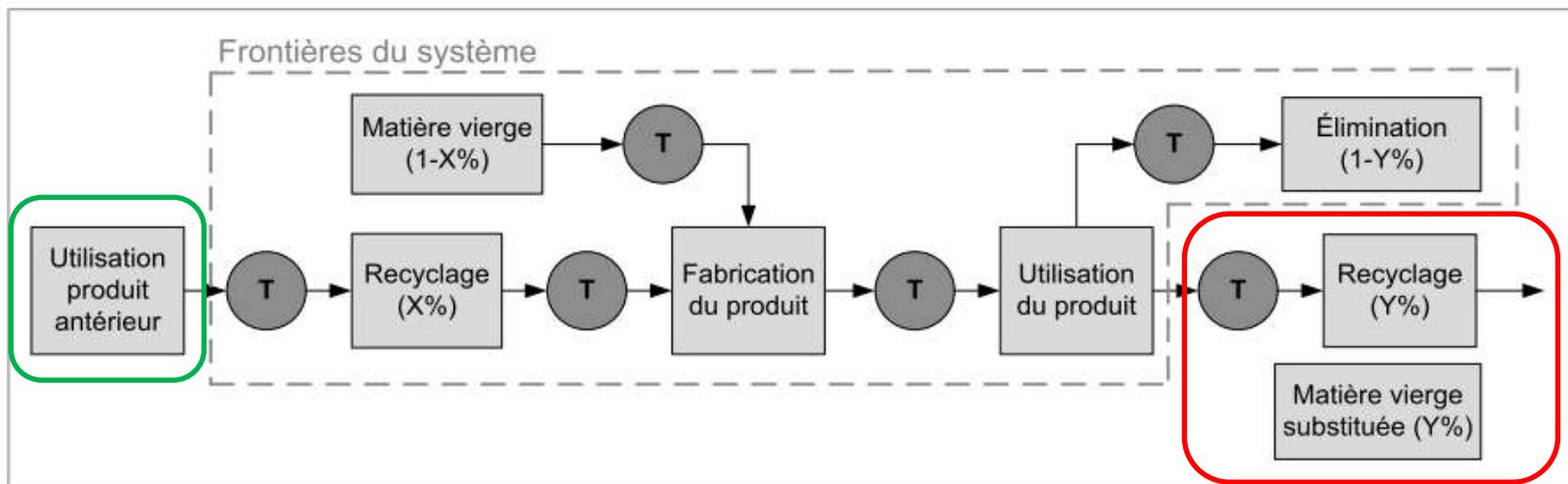
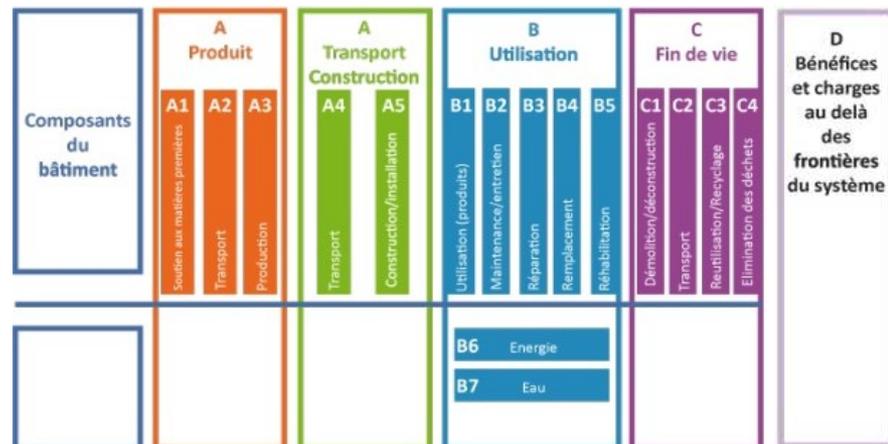
▶ "Cut-off"



▶ Recyclé = "gratuit"

▶ MAIS ~~recyclage~~ en fin de vie

▶ ⇒ Module D → pavés réutilisés et recyclés en fin de vie



# 1. Objectif et Champ de l'étude

## Objectif

- ▶ ACV d'un pavé platine (en vue de l'édition d'une B-EPD)
- ▶ Pavé de 15 x 15 x 8.5 cm
- ▶ Carrière des Grès du Bois d'Anthisnes (GBA) (Pulseur)



# 1. Objectif et Champ de l'étude

## Champ de l'étude

- ▶ Unité fonctionnelle (UF) : recouvrement de 1 m<sup>2</sup> par des pavés (15 x 15 x 8.5 cm), non installés  
1 UF = 196 kg de pavés
- ▶ Année de référence : 2019
- ▶ Frontière du système : cradle to gate to gate + fin de vie (A1-A3 ; A4 ; C1-C4 ; D)  
Modules non déclarés : A5 (placement), B1-B7 (usage)
- ▶ Durée de vie : 60 ans (imposé !)  
→ plusieurs centaines d'années, réutilisés 6 x
- ▶ Installation suggérée mais non incluse : sur sable stabilisé, avec joints en ciment (de 1 cm de large)



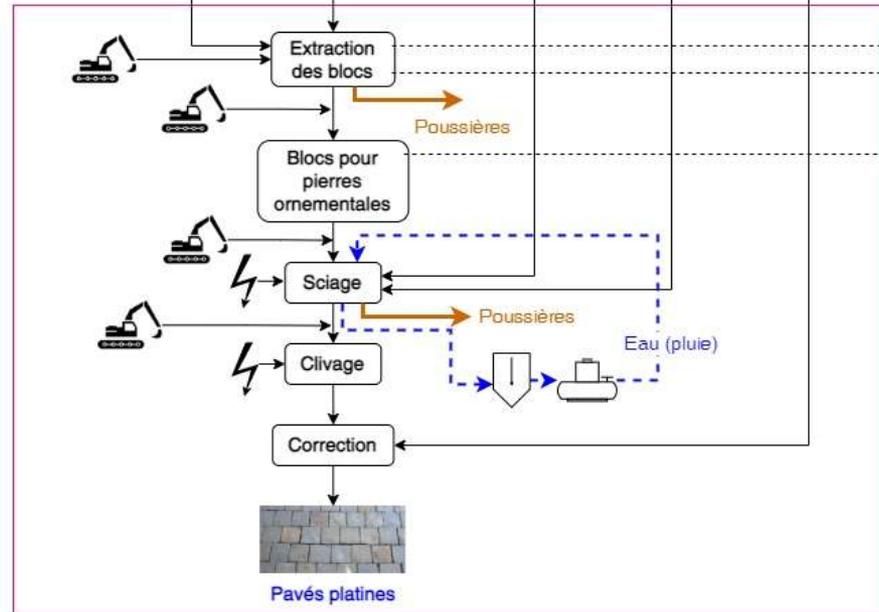
## 2. Inventaire – pavé : A1-A3 : Production



A1



A3



Déchets  
(remblais)  
Concassés

Blocs bruts  
et  
Blocs à découper



- ▶ Idem pour fin de vie (EoL) (démontage → réutilisation, recyclage) (C, D)
- ▶ Fin de vie :
  - ▶ 85% pavés réutilisés
  - ▶ 15% concassés → granulats (avec 5% de pertes)

# 2. Inventaire – pavé : A1-A3 : Production

► Plusieurs produits de valeur ≠

► Répartition des impacts ?

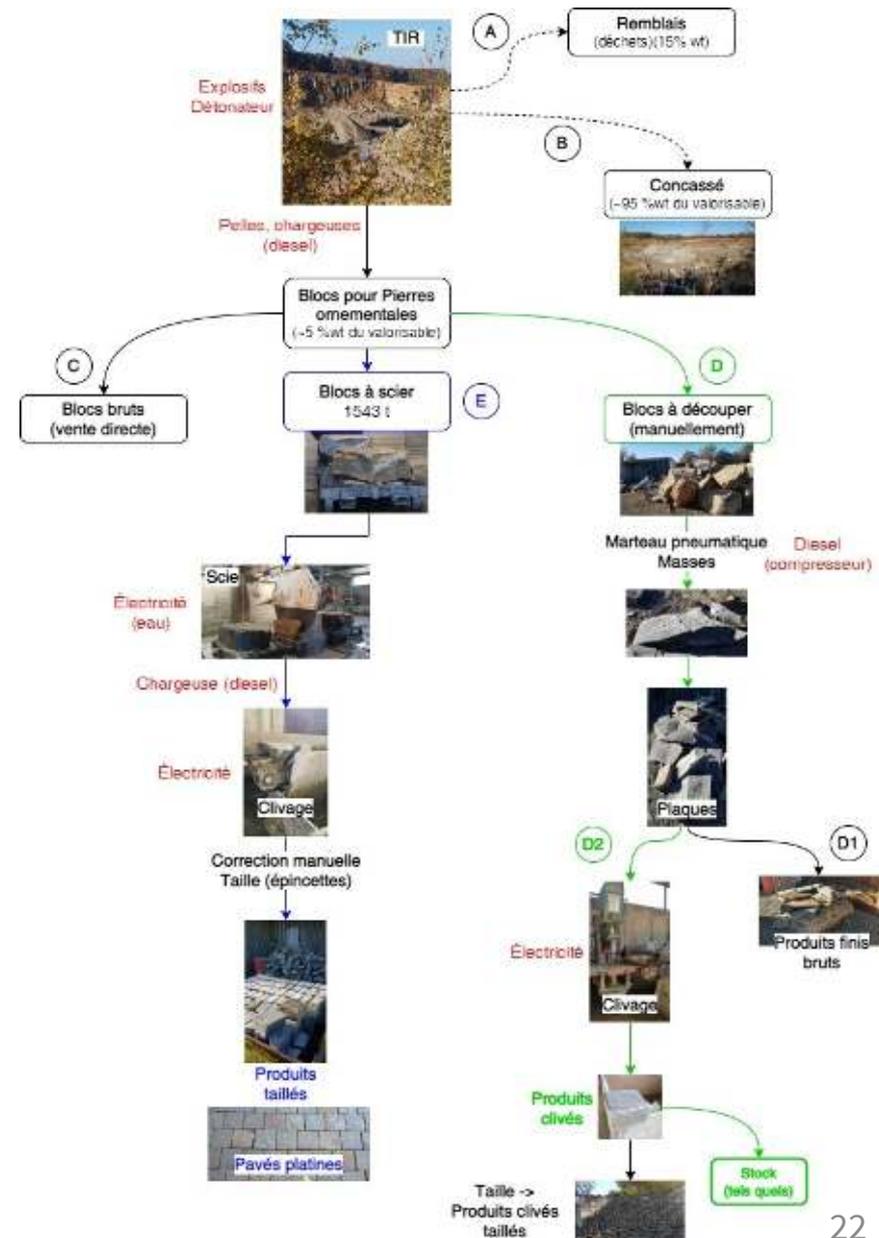


► Physique (masse) ↔ économique (revenu)



► Pondération :  
masse (kg) x prix de vente (€/kg)

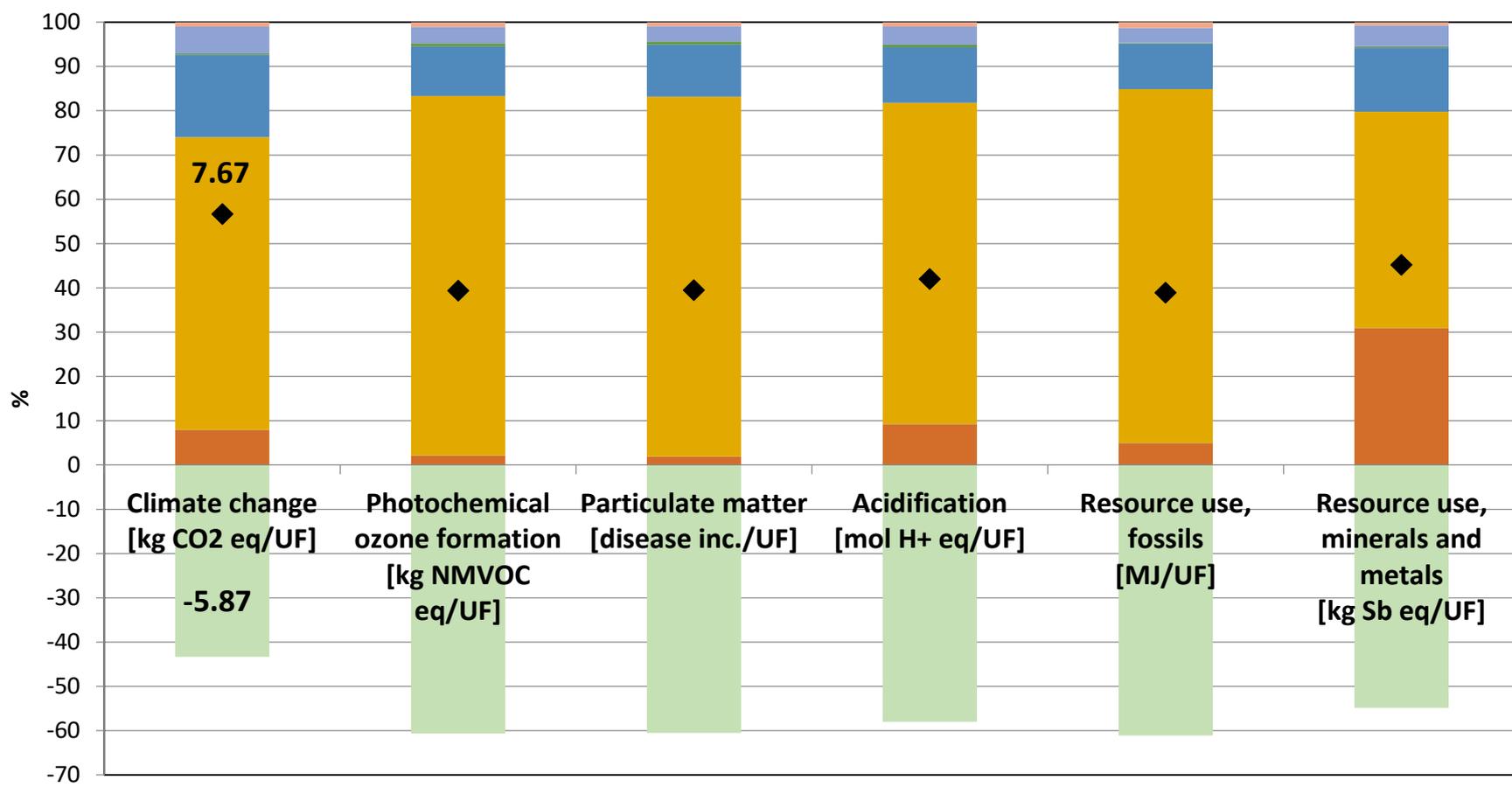
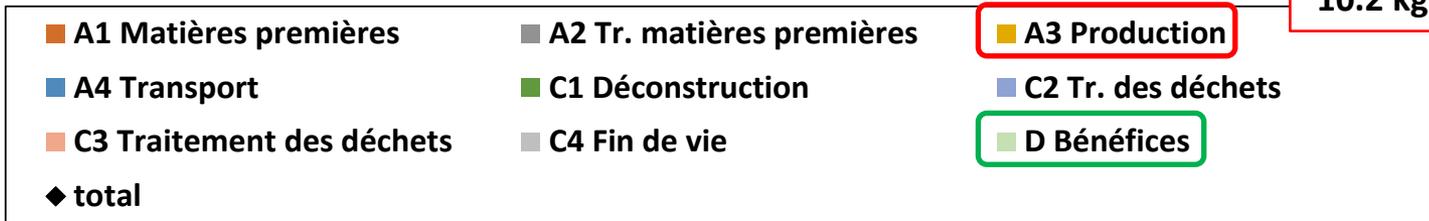
► → Allocation économique : € pavés / € total



# 3. Évaluation - 4. Interprétation

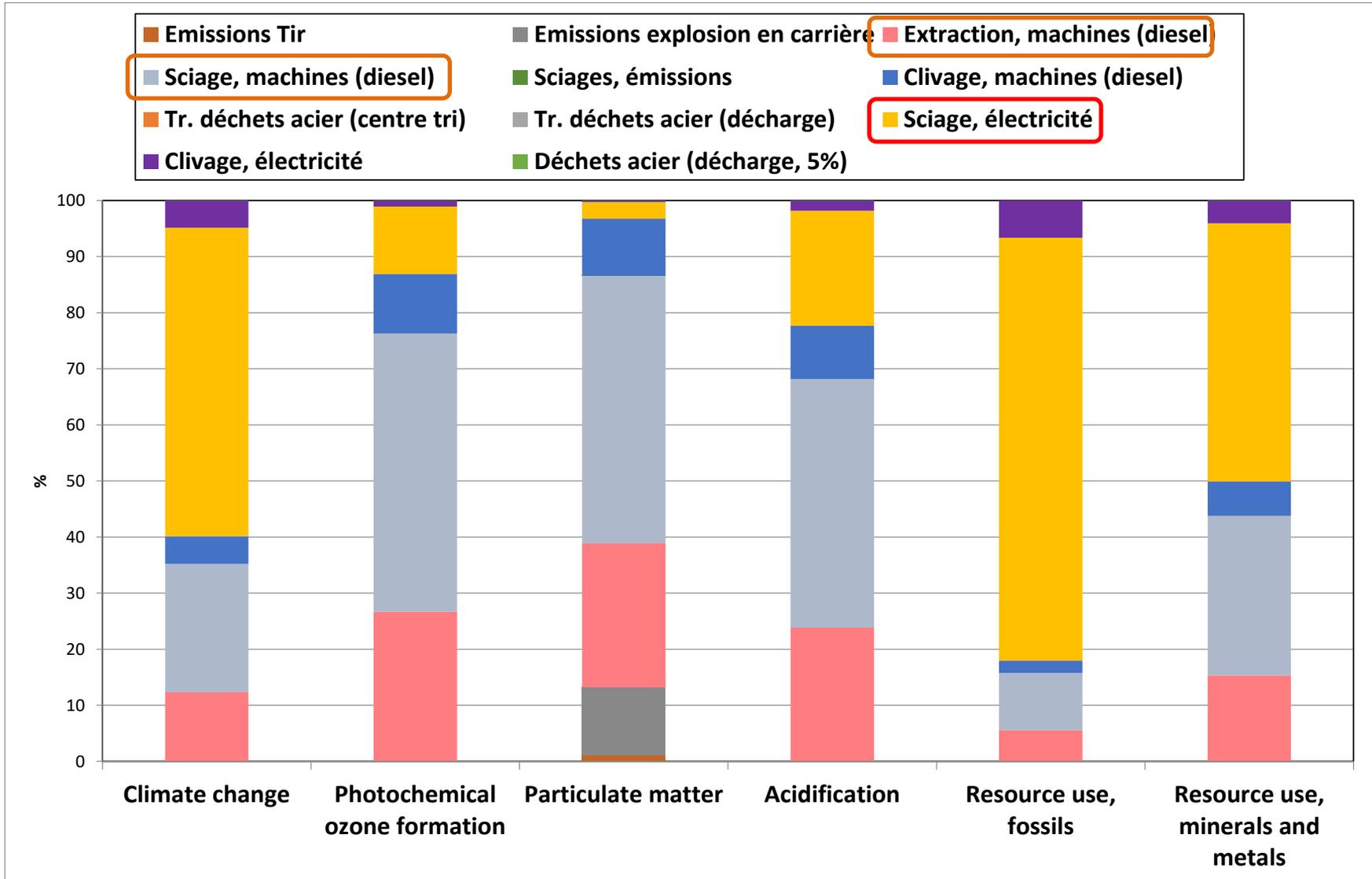
UF = 1 m<sup>2</sup> de pavés - **Caractérisation** – EN15804+A2:2019

**A1-A3**  
10.2 kg CO<sub>2</sub> eq/UF



# 3. Évaluation - 4. Interprétation

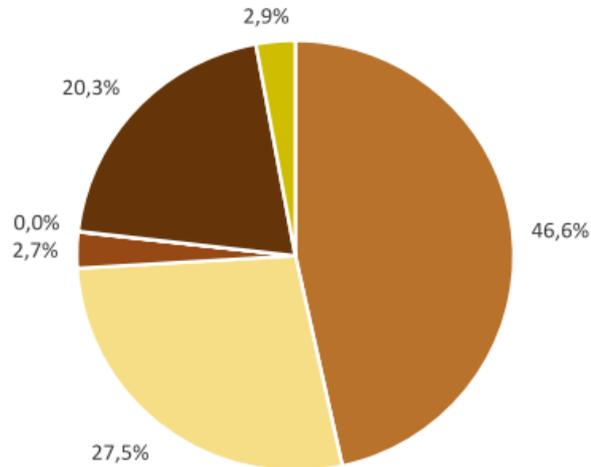
UF = 1 m<sup>2</sup> de pavés - **Caractérisation Production A3** – EN15804+A2:2019



## 2.2. Production brute d'électricité en 2019

Électricité		TWh
Nucléaire		43,5
Gaz naturel		25,7
Combustibles fossiles solides et gaz sidérurgiques		2,5
Produits pétroliers		0,0
Énergies renouvelables		19,0
Autres sources*		2,7
<b>Total</b>		<b>93,5</b>

\*Les autres sources comprennent l'hydroélectricité pompée, la chaleur de récupération, les déchets non renouvelables et autres.



EN15804+A2:2019

Uranium = Ressource use, fossils

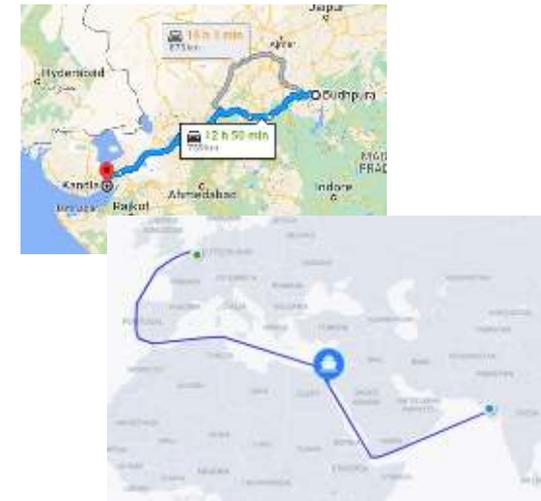
ReCiPe (2016)

Uranium = Mineral resource scarcity  
(Fossiles = "C fossile" uniquement)

- ▶ Et le transport ? (A4)
- ▶ Valeur par défaut B-EPD
  - ▶ Camion  $\Rightarrow$  **GWP = 2.52 kg CO<sub>2</sub> eq/UF**
- ▶ Inde (Rajasthan) : concurrent ( NB : qualité ?)
  - ▶ Camion/Porte conteneur (~ 740/11 500 km)  
/ Camion  
 $\Rightarrow$  **GWP = 42.25 kg CO<sub>2</sub> eq/UF**
  - ▶ + électricité !

Belgique : 0.248 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh

Inde (de l'Est) : 1.83 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh / Inde (de l'Ouest) : 1.63 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh



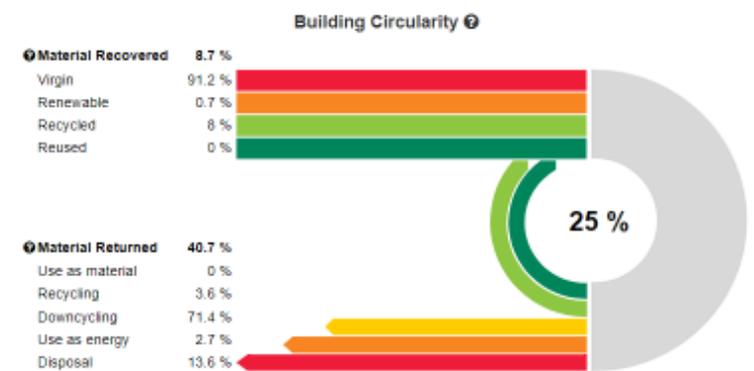


## INFORMATIONS ADDITIONNELLES SUR LA RÉVERSIBILITÉ

Description	Type of fixing	Level of reversibility	Simplicity of disassembly	Speed of disassembly	Ease of handling (size and weight)	Robustness of material (material resistance to disassembly)	Comment
Describe to what element or other product the product is connected to at building level (e.g. wooden frame, metal frame, brickwork, ...)	Describe the ancillary material and way of connecting. One line per way of connecting. See table below for options.	Indicate the level of reversibility based on the table below <b>per type of fixing</b> . <ul style="list-style-type: none"> <li>Reversible connections</li> <li>Reversible connections with light repairable damage</li> <li>Reversible connections with non-repairable damage</li> <li>Non-reversible connections</li> </ul>	per type of connection, choose from <ul style="list-style-type: none"> <li>simple – no specific dismantling tools required</li> <li>Simple – requires the use of specific though common tools</li> <li>Simple, but collecting the material is a bit more intensive (ex. bulk material)</li> <li>More complex – requires specific tools and/or skills</li> </ul>	Per type of connection choose from <ul style="list-style-type: none"> <li>speedy disassembly</li> <li>Speedy, lightweight material</li> <li>Speedy, material loosely laid / in bulk</li> <li>Rather-speedy disassembly</li> <li>Speed of disassembly varies from quick to slow depending on element dimensions</li> <li>Speed of disassembly varies from quick to slow depending on element dimensions and number of fixations per distance unit</li> <li>Disassembly is slow (due to dimensions, weight and/or fixation method)</li> </ul>	Per type of connection choose from <ul style="list-style-type: none"> <li>Easy to manipulate (by hand (small size and limited weight): one worker should be sufficient</li> <li>Material easy to manipulate by hand, one to two workers required depending on dimensions</li> <li>Can be handled manually, but due to size, weight and/or tools two or more workers are required</li> <li>At least two workers and additional specific equipment are needed</li> <li>Comes in a manipulable size, but the whole is rather heavy to manipulate.</li> </ul>	Per type of connection choose from <ul style="list-style-type: none"> <li>The material resists well during disassembly</li> <li>Disassembly is possible but should be done carefully in order not to generate any damage</li> <li>Material with a long lifespan, disassembly is possible but the material should be handled with care in order to prevent damaging it</li> <li>Disassembly is possible but can cause damage to the material due to the type of assembly or fixing used.</li> <li>Disassembly is possible but will likely cause damage to the material due to the type of assembly or fixing used</li> <li>Disassembly is possible but will likely cause damage to the material due to the type of assembly or and tools used and the presence of additional layers.</li> </ul>	
Pavés posés sur le sol en tant que revêtement, sur une couche de sable stabilisé et avec un joint en mortier de ciment	Loose laid but with cement mortar joints (Rjoint < Rmat) (Pose libre mais avec joints en mortier de ciment (Rjoint < Rmat))	Reversible connections with light repairable damage (Connexions réversibles avec dommages léger : nettoyage des pavés après dépose)	Simple – no specific dismantling tools required (Simple – pas d'outil de démontage spécifique nécessaire)	Rather speedy disassembly (Démontage assez rapide)	Easy to manipulate (by hand (small size and limited weight): one worker should be sufficient (Facile à manipuler (à la main) (petite taille et poids limité) : un seul ouvrier devrait suffire)	The material resists well during disassembly (Le matériau résiste très bien durant de démontage)	Rjoint < Rmat cf. grès plus dur que le mortier (option non disponible dans la table de référence)  Les pavés en grès sont très durs et résistent très bien au démontage (85% de réutilisation possible - voir D)

# Indice de circularité

## Résultats : Indicateurs de circularité et de localité calculés automatiquement



- ▶ = Do Not Significant Harm
- ▶ Taxonomie vert européenne



1. Emissions significatives de **gaz à effet de serre** (GHG);
2. Impact adverse sur le **climat actuel et futur**, sur l'activité elle-même ou encore que sur la nature, les biens et les personnes;
3. Impact négatif sur le potentiel écologique et la **qualité des eaux** de surface, des eaux souterraines ou des eaux marines;
4. Utilisation inefficente directe ou indirecte des **ressources naturelles** et génération accrue de **déchets** d'incinération ou d'enfouissement à long terme
5. Accroissement significatif des **émissions de polluants** dans l'air, l'eau ou le sol
6. Impact sur la qualité et la résilience des **écosystèmes** ou sur la qualité des habitats et la **biodiversité**

## L'analyse du cycle de vie (ACV) c'est ...

- ▶ Un outil scientifique complexe
  - ▶ Multicritères (dont le changement climatique)
  - ▶ Multi-étapes (approche cycle de vie)
  - ▶ Quantitatif & Objectif (normes, transparence)
- ▶ Un outil d'Amélioration - **ce qui est** -  
et d'Écoconception - **ce qui sera** ...



**Merci pour votre attention!**



dreamstime.

