Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

Analyse de durabilité de mélanges d'enrobés

Journée du Bitume et de l'Enrobé 2022

BluePoint Business Center, Bruxelles

23 mars 2022

ir. Luc De Bock

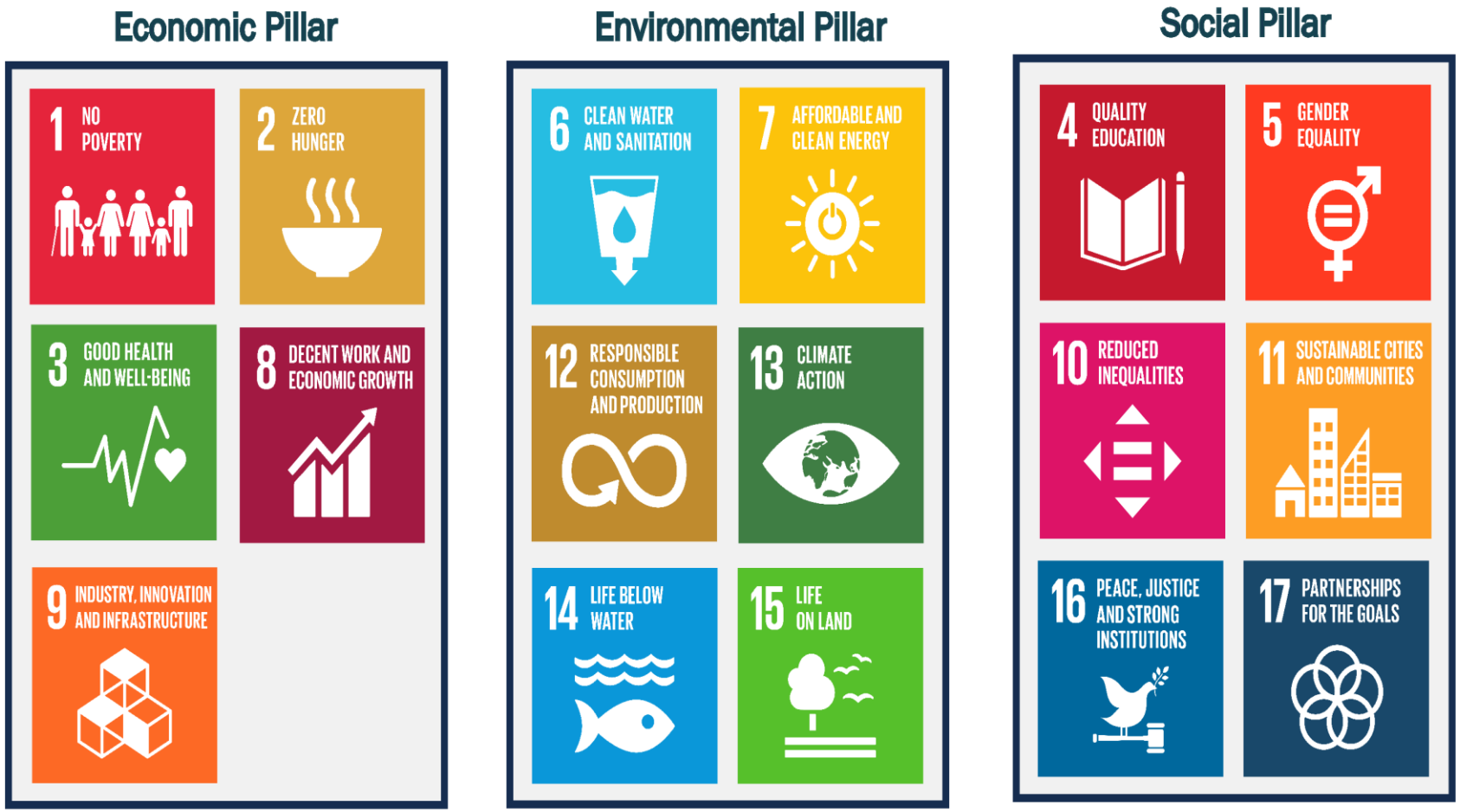
Contenu de la présentation

- Mise en situation et importance de la durabilité
- Méthodes de mesure et normes pour une construction durable
- Méthode EDGAR
- Étude de cas calculée (influence recyclage et régénérant)
- Conclusions

Développement durable

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

- ✓ 3 piliers
- ✓ peut se poursuivre indéfiniment
- ✓ pour les générations actuelles *et* futures

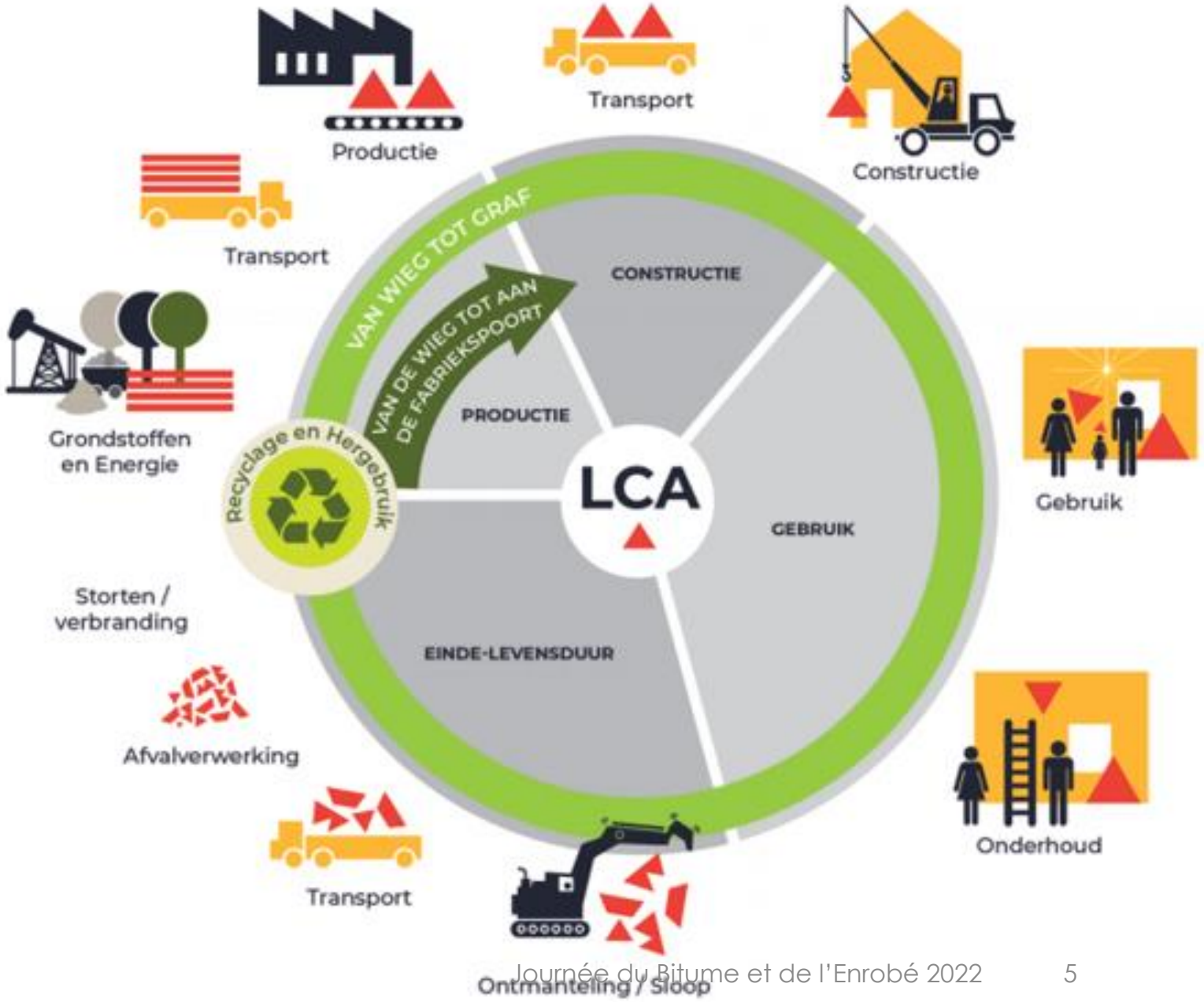


Définition de normes européennes au sein du CEN/TC350

Cohésion entre les normes de l'analyse de durabilité des travaux de construction

Framework level	*Sustainability Assessment*			*Technical characteristics*	*Functionality*
	EN 15643 (revisions of EN 15643-1…5) Sustainability of Construction Works – Framework for Assessment of Buildings and Civil Engineering Works			*Service Life Planning – Principles ISO 15686-1*	Note : Functional requirements are part of client's brief and building regulations.
Works level **Revision of Building Standards: 2020-23**	**prEN15978-1 (EN 15978rev) Assessment of Environmental Performance of Buildings**	**prEN15978-2 (EN 16309rev) Assessment of Social Performance of Buildings**	**prEN 15978-3 (EN 16627rev) Assessment of Economic Performance of Buildings**	*EN ISO 52000 Energy Performance of Buildings*	
	prEN WI 350029 Evaluation of the Potential for Sustainable Refurbishment of Buildings				
	prEN 17472 Sustainability Assessment of Civil Engineering Works				
Product level	**EN 15804 + A2:2019 Environmental Product Declarations – Core Rules for Construction Products**			*Service Life Prediction Procedures ISO 15686-2,* *Feedback from Practice ISO 15686-7,* *Reference Service Life & Service Life Estimation ISO 15686-8*	
	prEN 15942rev Comm. Format B-to-B				
	prEN 15941rev Data Quality				
	prEN WI 350036 Rules for B-to-C Comm.				
	prEN ISO 22057 Data templates for the use of EPDs in BIM				
	CEN/TR 16790 Guidance for EN 15804				
	CEN/TR 17005 Add. Indicators				

Life-cycle thinking



Catégories d'impact environnemental

- Ensemble principal + éléments complémentaires
- les unités peuvent différer d'un logiciel à l'autre

Symbool, indicator en afkorting		Milieu-impact	Impact environnemental	eenheid
Global Warming Potential	GWP	Klimaatverandering	Changement climatique	kg CO_2 -equivalent
Abiotic depletion potential for non-fossil ressources	ADP-elements	Uitputting abiotische grondstoffen	Épuisement des ressources abiotiques	kg Sb-equivalent (antimoon)
Abiotic depletion potential for fossil ressources	ADP-fossil fuels	Uitputting fossiele energiedragers	Épuisement des combustibles fossiles	MJ of kg Sb-equivalent
Ozone Depletion	ODP	Ozonlaagaantasting	Appauvrissement de la couche d'ozone	kg CFC_{11} -equivalent
Acidification potential	AP	Verzuring	Acidification	kg PO_4 -equivalent
Eutrophication potential	EP	Vermesting	Fertilisation	kg SO_2 -equivalent
Photochemical ozone creation	POCP	Smogvorming	Formation du smog	kg etheen -equivalent
Human toxicity (carcinogenic effects) *Human toxicity (non-carcinogenic effects)*	HTP (CE en nCE)	Menselijke toxiciteit (kanker en niet-kanker)	Toxicité humaine (cancer et non cancéreux)	kg 1,4-dichlooorbenzeen-equivalent
Ecotoxicity for aquatic fresh water + aquatic marine water + terrestrial	FAETP MAETP TETP	Ecotoxiciteit, aquatisch (zoetwater / zeewater) en terrestrisch milieu	Écotoxicité, aquatique (eau douce / eau de mer) et terrestre	kg 1,4-dichlooorbenzeen-equivalent
Particulate matter	PM	Fijn stof	Poussières fines	kg $PM_{2,5}$ -equivalent

EDGAR

- Projet dans le cadre du CEDR Transnational Road Research Programme (2014-2016)

EDGAR

Evaluation and Decision process for Greener Asphalt Roads

Infos et résultats sur https://www.ntnu.edu/edgar

- Analyse des indicateurs/impacts pertinents pour l'enrobé

Indicateurs EDGAR

Environnement aux

Sociaux et/ou économiques

Facteurs techniques

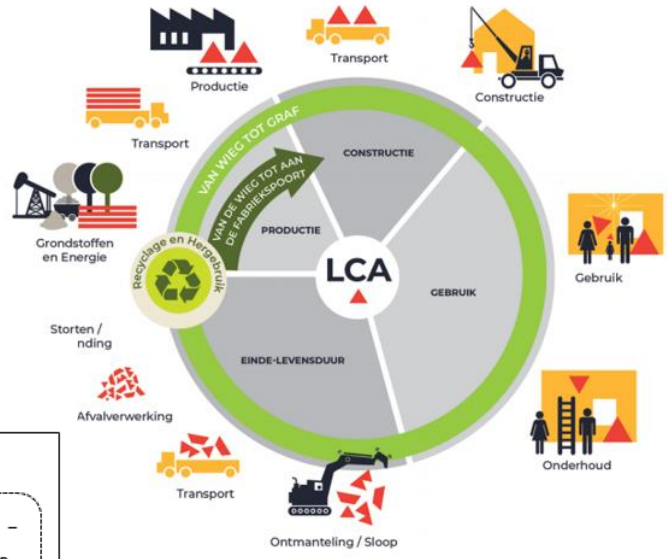
Impact / Indicateur	Description
Changement climatique	la contribution au changement climatique par les gaz à effet de serre
Épuisement des ressources abiotiques	la contribution à l'épuisement des ressources primaires non renouvelables
Pollution aérienne	la contribution à la pollution de l'air (émissions acidifiantes et smog)
Lixiviation	le potentiel de lixiviation de substances chimiques nocives vers la nappe phréatique et les eaux souterraines
Nuisances sonores	la production de bruit consécutive à l'interaction entre pneu et revêtement
Recyclabilité	l'évaluation de la recyclabilité future de l'enrobé lorsqu'il sera parvenu en fin de vie
Rugosité	rugosité déterminée par les caractéristiques de la surface de l'enrobé, en tant qu'indicateur essentiel pour la sécurité routière (pertinent pour les couches supérieures)
Achats responsables	évalue le degré de responsabilité vis-à-vis des impacts sociaux et écologiques au long du processus d'achat, par tous les acteurs du processus de production
Coût	le coût financier de l'ensemble du cycle de vie (pose, entretien, travaux de fraisage et recyclage)
Congestion du trafic	l'évaluation de l'impact de la pose et de l'entretien (selon la technologie) sur la mobilité de l'usager de la route
Prestations, durabilité technique	combinaison d'indicateurs de prestation (résistance à l'usure et à la formation de traces, perméabilité) liés à la durée de vie attendue

Analyse effectuée sur des mélanges d'enrobés pour couches supérieures, y compris le recyclage des GE et les régénérants

- pour chaque indicateur, nous calculons l'impact du mélange d'enrobés
- mélange de référence sans recyclage
- 4 variantes *avec* recyclage
  - pourcentage de substitution de 20 ou 50 % des fractions d'agrégat
  - sans régénérant et *avec* régénérant
- comparaison des variantes
- focus sur les phases de production (modules A1-A5 du cycle de vie)

Life-cycle thinking

« **modules** d'information » pertinents pour les routes bitumineuses



A1-3	A4-5	B1-7	C1-4	D
Productiefase	**Bouwfase**	**Gebruiksfase**	**Sloopfase**	**Milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen**
A1 Winning grondstoffen *Asfaltgranulaat, (gemodificeerd) bitumen, steenslag, zand, vulstof brekerzand, afdruipremmende stof, additieven, andere materialen*	A4 Transport naar bouwwerk	B1 Gebruik *Uitloging*	C1 Sloop *Freesmachine, veegzuigwagen, wegdekreiniger, kraan*	Uitsparing *Primaire grondstoffen*
A2 Transport grondstoffen	A5 Aanleg *Asfaltspreidmachine, wals*	B2 onderhoud *Levensduur verlengend onderhoud*	C2 Transport naar afvalverwerking	
A3 Productie asfalt *Verhitten, mengen*			C3 Afvalverwerking *Breken en mengen asfaltgranulaat, stort*	

Composition

en kg
par tonne
d'enrobé

Composition du mélange de la couche supérieure	Référence	20 % recyclage GE		50 % recyclage GE	
	pas de recyclage	sans régénérant	avec régénérant	sans régénérant	avec régénérant
pierre concassée	565	485	485	367	367
sable concassé	245	188	188	85	85
sable non concassé	56	33	33	14	14
filler neuf	75	47	47	5	5
minéraux récupérés dans le GE	-	188	188	471	471
liant récupéré dans le GE	-	11	11	26	26
bitume B50/70	59	48	48	33	32
régénérant			0,4		1
Total	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000

Méthode de calcul

Pour chaque module du LC, nous répétons :

<u>Formule :</u>

Impact total (émission) = Σ (sur tous types de matériaux j) **masse** $_j$ **x** $\mathbf{FE_j}$

FE_j étant le **facteur d'émission** pour le matériau j

exprimé dans l'unité de référence
(p. ex. kg d'éq. CO_2 par tonne d'enrobé)

Facteurs d'émission

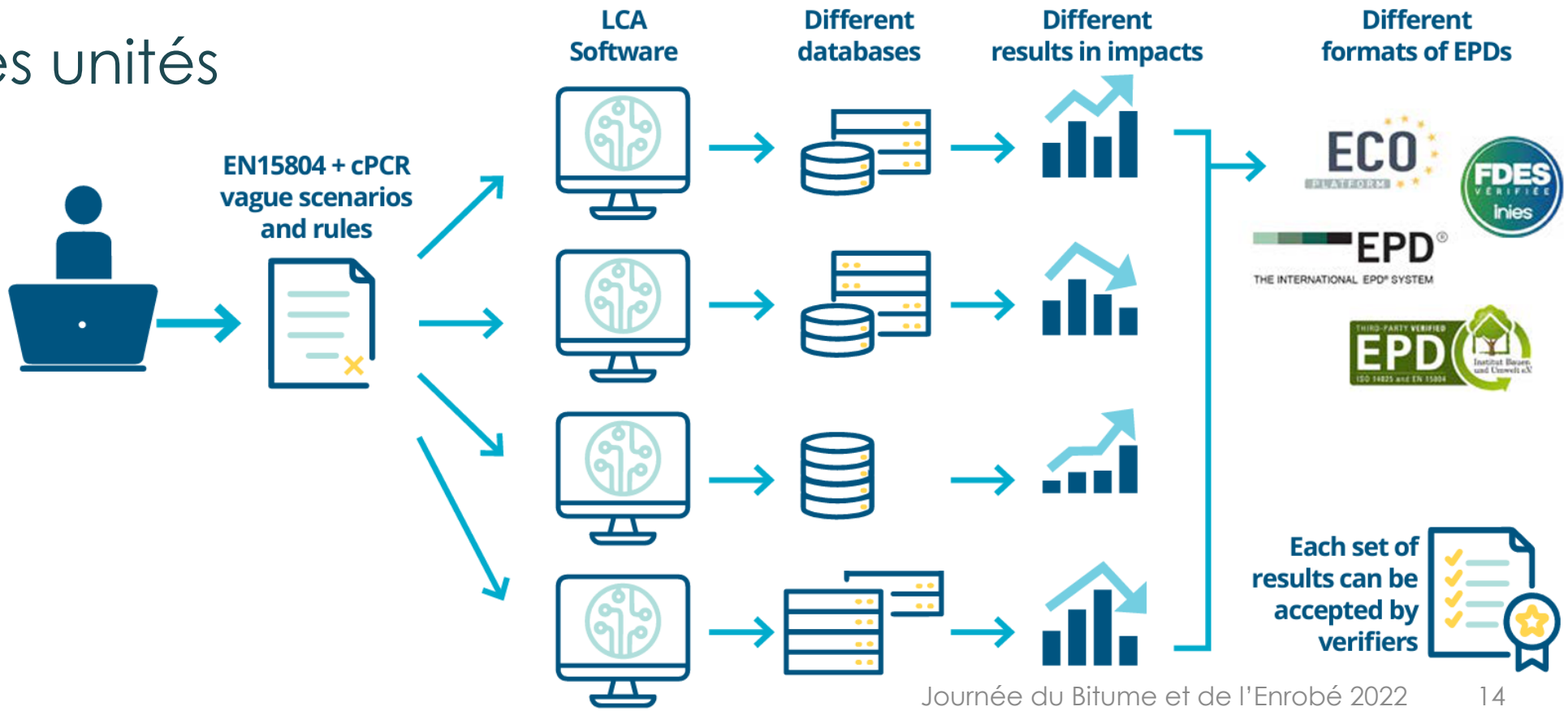
= bases élémentaires des calculs

- Les logiciels LCA se reposent ici sur des bases de données et combinent celles-ci avec des bilans de masse
- L'EPD (*Environmental Product Declaration* /profil environnemental) fournit ces infos pour la matière première ou le produit (intermédiaire)
- Les EPD sont accessibles au public via les bases de données nationales
- En Belgique : www.b-epd.be

(→ https://www.health.belgium.be/fr/base-de-donnees-pour-declarations-environnementales-de-produits-epd)

Hétérogénéité dans les EPD

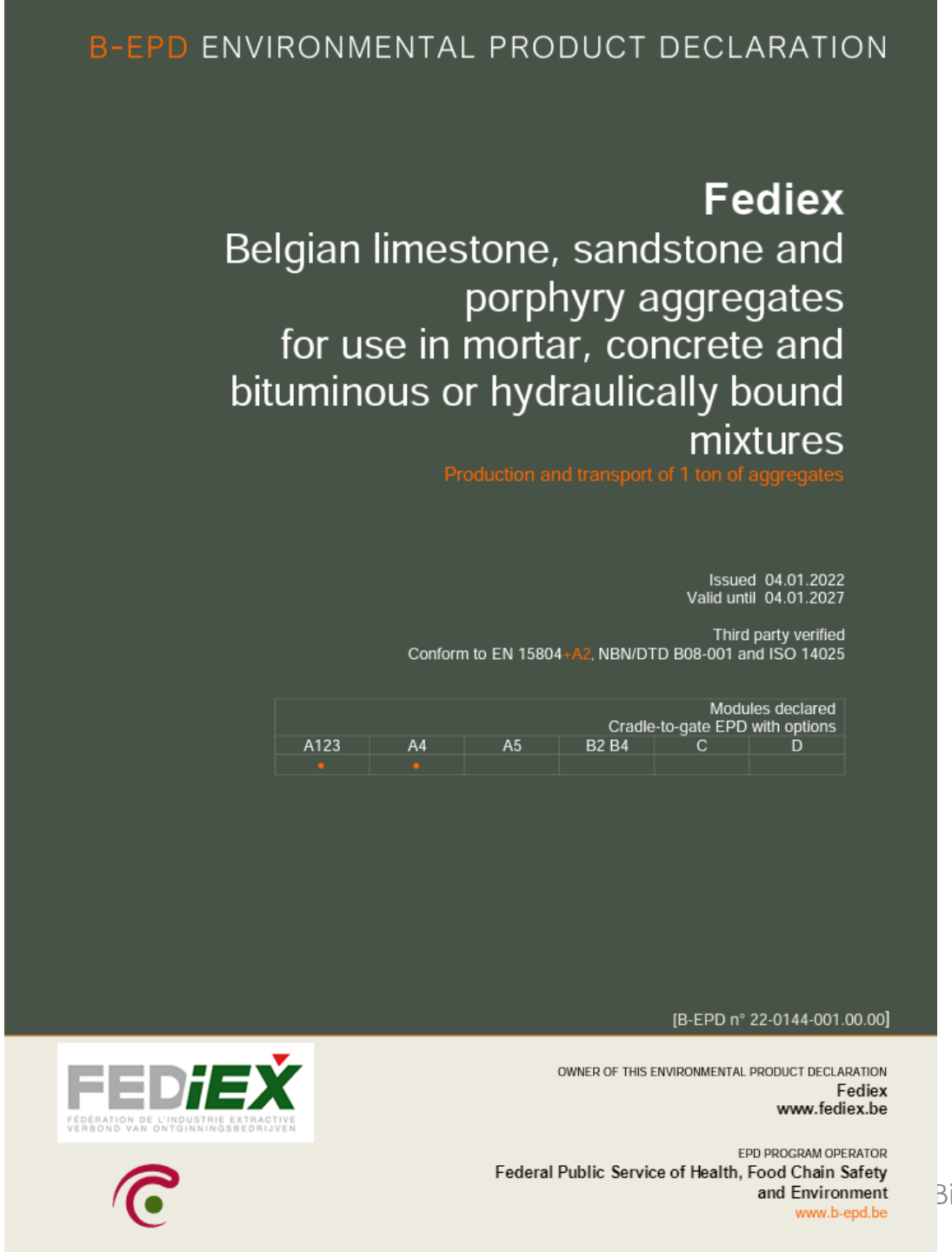
- différents cycles de vie (modules)
- différents indicateurs
- différentes unités



Exemple : pierre concassée

production de granulats (module A1-A3)

→ 4,35 kg d'éq. CO_2 par tonne de granulat



B-EPD ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

Fediex

Belgian limestone, sandstone and porphyry aggregates for use in mortar, concrete and bituminous or hydraulically bound mixtures

Production and transport of 1 ton of aggregates

Issued 04.01.2022
Valid until 04.01.2027

Third party verified
Conform to EN 15804+A2, NBN/DTD B08-001 and ISO 14025

Modules declared Cradle-to-gate EPD with options					
A123	A4	A5	B2 B4	C	D
•	•				

[B-EPD n° 22-0144-001.00.00]

FEDIEX
FÉDÉRATION DE L'INDUSTRIE EXTRACTIVE
VERBOND VAN ONTGINNINGSBEDRIJVEN

OWNER OF THIS ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION
Fediex
www.fediex.be

EPD PROGRAM OPERATOR
Federal Public Service of Health, Food Chain Safety and Environment
www.b-epd.be

Mélange de granulats de natures diverses :

(77 % calcaire + 19 % porphyre + 4 % grès), aussi bien lavés que non lavés

Exemple de calcul
pour « changement climatique » dans le module A1 (extraction de matières premières)

	pierre concassée	sable	filler	GE	bitume	régénérant
Facteur d'émission (GWP_i) (kg d'éq. CO_2/tonne)	4,35	3,0	32	1,5	208	-1220

- 4,35 * 0,565 + 3,0 * 0,301 + 32 * 0,075 + 1,5 * 0 + 208 * 0,059 + 0 = 2,45 + 0,90 + 2,41 + 0 + 12,0 + 0 = 18,0

Résultat : pour 1 tonne de mélange d'enrobé = 18 kg d'équivalent CO_2

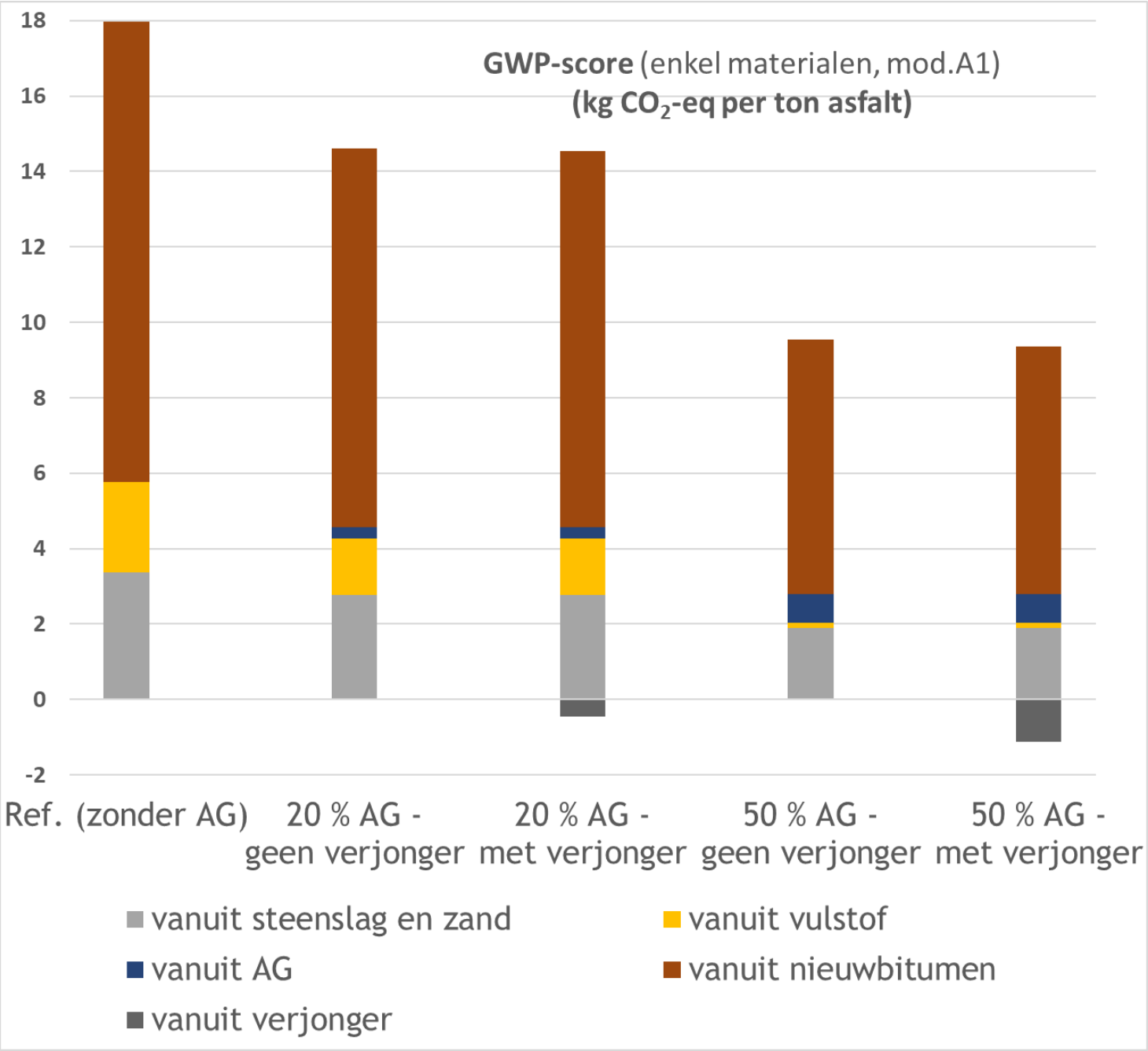
	Referentie
Samenstelling APT-C mengsel	kilo's per ton asfalt
steenslag	565
gebroken zand	245
ongebroken zand	56
aanvoervulstof	75
teruggewonnen mineralen in AG	-
teruggewonnen bindmiddel in AG	-
bitumen B50/70	59
verjongingsmiddel	
Totaal	1.000

Potentiel de changement climatique (A1) pour les 5 variantes de composés

		20 % GE		50 % GE	
Score GWP *(uniquement module A1)* **en kg d'éq. CO_2 par tonne d'enrobé**	Référence (pas GE)	sans régénérant	avec régénérant	sans régénérant	avec régénérant
pierre concassée	2,45	2,11	2,11	1,60	1,60
sable	0,88	0,65	0,65	0,29	0,29
filler neuf	2,41	1,51	1,51	0,15	0,15
GE	-	0,30	0,30	0,75	0,75
nouveau bitume 50/70	12,2	10,1	10,0	6,8	6,6
régénérant	-	-	-0,45	-	-1,13
Total	**18,0**	**14,6**	**14,1**	**9,6**	**8,2**

résultats « changement climatique » (module A1)

pour les 5 variantes



GWP, module A2 (transport de matières premières vers le poste d'enrobage)

d'après des données de transport réelles tirées du processus d'achat ou des scénarios moyens du secteur :

Grondstof →	**steenslag**	**gebroken zand**	**natuurzand**	**vulstof**	**AG**	**bitumen**	**verjongingsmiddel**	
veronderstelde gemiddelde transportafstand (km)	75	75	250	150	50	100	1000	100
transportmiddel	vrachtwagen (trekker-oplegger zwaar; 29 ton bulklading)		binnenschip (Kempenaar, 600 ton bulklading)	vrachtwagen (trekker-oplegger zwaar; 29 ton bulklading)			zeeschip (kustvaart, containerlading 20 ton)	vrachtwagen (trekker-oplegger zwaar; 20 ton container)
emissiefactor vh transportmiddel (kg CO_2-eq per ton.km)	0,088	0,088	0,042	0,088	0,088	0,088	0,032	0,121
Emissies per aanvoer per ton (kg CO_2-eq.)	6,6	6,6	10,5	13,2	4,4	8,8	32	12,1

https://www.facteursdemissionco2.be/ (cf. page sur le transport de marchandises)

Transport de matières premières vers le poste d'enrobage (module A2)

Score GWP *(module A2)* en kg d'éq. CO_2 par tonne d'enrobé	Référence (pas GE)	20 % GE		50 % GE	
		sans régénérant	avec régénérant	sans régénérant	avec régénérant
Total	7,4	6,7	6,7	5,7	5,7

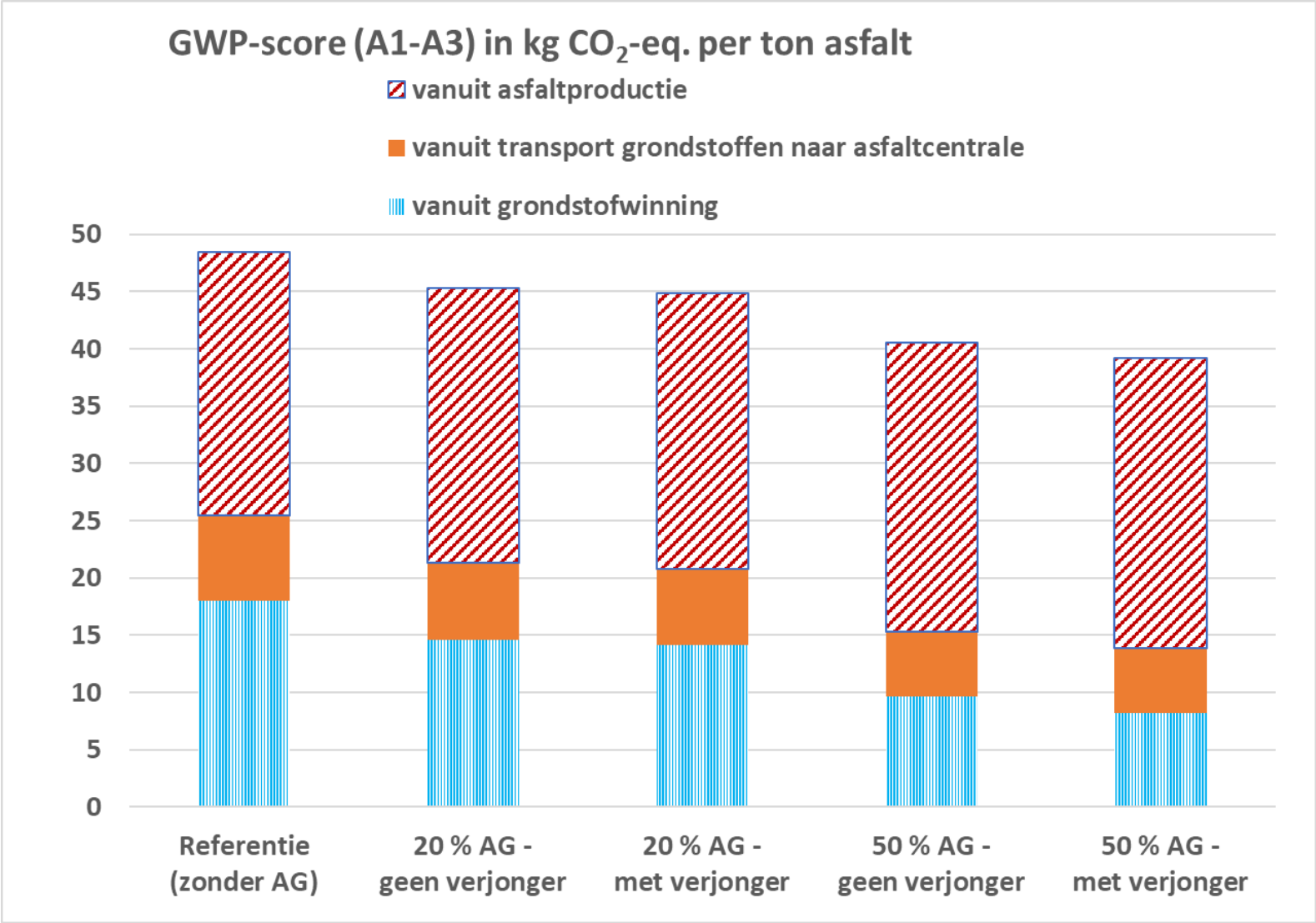
Consommation d'énergie du poste d'enrobage (module A3 = phase de production d'enrobé)

Le recyclage de GE consomme un peu plus d'énergie :

- ✓ 23 kg d'éq. CO_2 pour un mélange APT-C sans recyclage,
- ✓ 24 kg d'éq. CO_2 par tonne d'enrobé pour un faible taux de recyclage (20 % GE),
- ✓ 25,3 kg d'éq. CO_2 par tonne d'enrobé pour un taux élevé de recyclage (50 % GE).

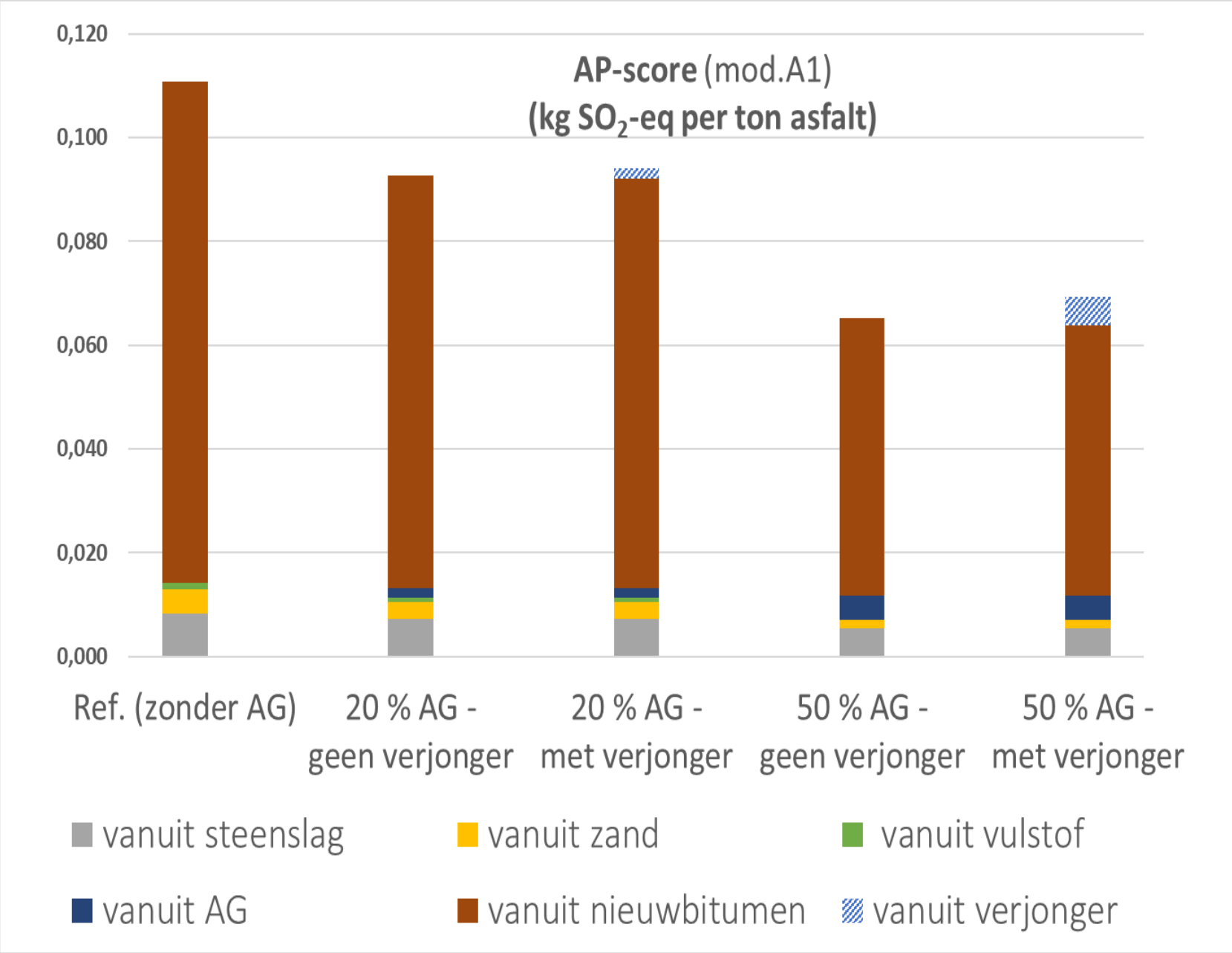
Somme des modules A1 + A2 + A3 (partie climat)

Avantage évident du recyclage
car réduit l'impact de l'extraction de matières premières



Acidification

- ici aussi avantage du recyclage,
- le régénérant a un impact défavorable



Aperçu de l'évaluation de la durabilité pour les différents indicateurs

Indicateur	APT-C avec 20 %/50 % de GE vs. référence (sans GE)	Influence complémentaire du régénérant (biobasé)
Changement climatique	amélioration de 6 %/16 %	amélioration supplémentaire de 1 à 3 pour cent (caractère biogène)
Épuisement des ressources-matériaux abiotiques - combustibles fossiles	amélioration de 13 %/33 % amélioration de 18 %/45 %	amélioration supplémentaire de 1 à 2 pour cent
Pollution aérienne	amélioration de 15 %/40 %	amélioration supplémentaire de 1 à 2 pour cent
Lixiviation	aucune information disponible	aucune différence
Nuisances sonores	aucune différence supposée	
Recyclabilité	aucune différence supposée	
Rugosité	aucune différence supposée	
Politique d'achats responsable	aucune différence	
Congestion du trafic	aucune différence	
Coût	amélioration de 15 %/40 %	Minimal (mais moins bon car coût du régénérant)
Prestations, durabilité technique	aucune différence ? (d'après les connaissances actuelles)	

Conclusions

- Une analyse objective de la durabilité est vivement souhaitée pour évaluer les efforts requis pour parvenir au DD
- Les normes européennes n'offrent pas encore de réponse pratique
- Le « Lifecycle-thinking » est nécessaire ;
  Étendre le LCA « cradle-to-gate » au « cradle-to-grave » ou C2C
- La base de données EPD ne contient pas encore beaucoup de profils environnementaux pour la construction routière
- La méthode EDGAR intègre 3 piliers
- L'étude de cas avec recyclage GE et régénérants démontre un avantage en termes de durabilité
- Le CRR prépare une publication à ce sujet.

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

Luc De Bock

Senior researcher – conseiller technologique
Centre de recherches routières

T 02/766 03 57
E l.debock@brrc.be
W www.brrc.be/fr