



Baustoffrecycling Schweiz
Recyclage matériaux construction Suisse
Riciclaggio materiali costruzione Svizzera

Point de Mire 2023

2 novembre 2023 – Hôtel Aquatis Lausanne

Mise en pratique de l'économie circulaire dans la construction

Gebrüder **Egli**



PROBST
MAVEG

Le béton recyclé dans le projet métamorphose : pire ennemi ou meilleur ami ?

2.11.2023

Guillaume Dekkil
Responsable du Bureau de développement & projet Métamorphose



MÉTAMORPHOSE

Ici nos vies se rassemblent



Ville de Lausanne

1. Le projet Métamorphose
2. La première étape et la prise en compte du béton recyclé dans le processus de construction.
3. La planification de la 2^{ème} étape
4. Conclusion – synthèse : le béton recyclé, meilleur ennemi ou pire ami ?

MÉTAMORPHOSE

Ici nos vies se rassemblent

 Ville de Lausanne

1

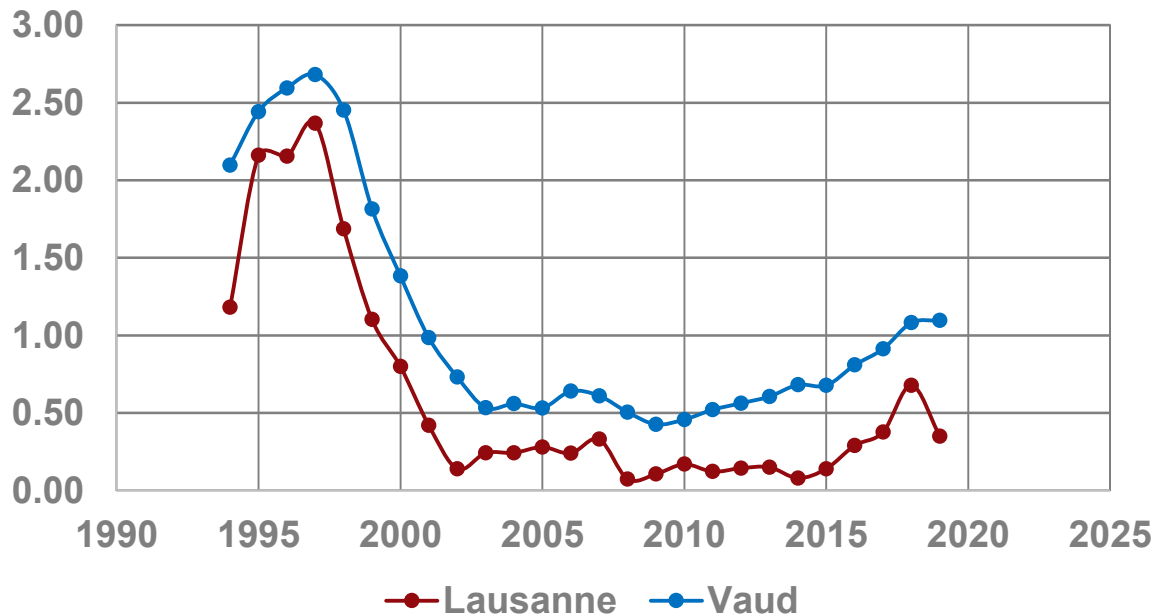
Le projet Métamorphose

Pourquoi Métamorphose?

Un manque chronique de logements

Pénurie de logements

Pourcentage de logements vacants



Pourquoi Métamorphose?

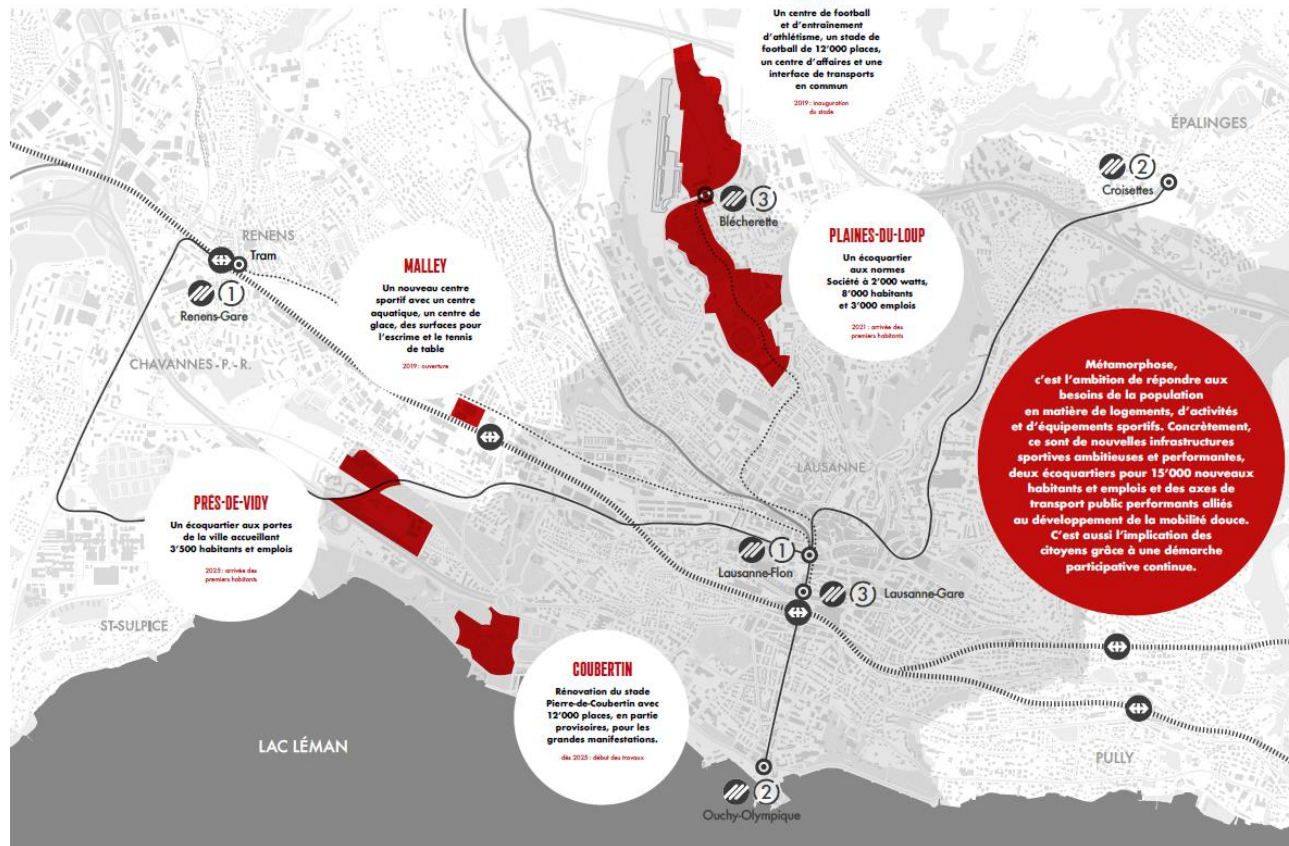
Le programme sportif de Métamorphose

- **Stade de la Tuillière** ainsi qu'un centre sportif à la Tuillière
- **Vaudoise Arena**
- Une adaptation du **stade de Coubertin**

Renouvellement des installations sportives



Les 5 sites du projet Métamorphose



3 sites sportifs
2 écoquartiers

MÉTAMORPHOSE

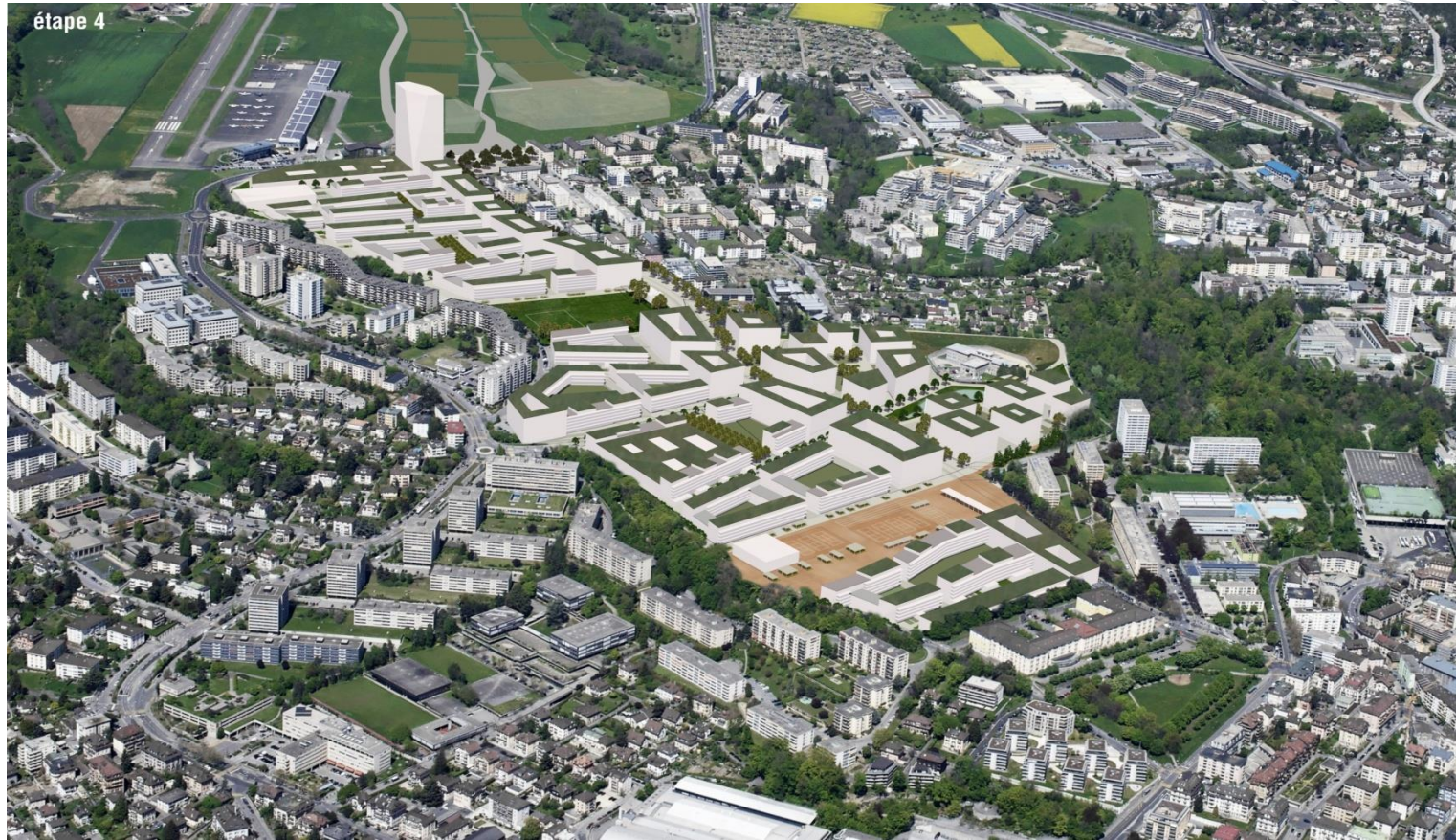
2

La première étape et la prise en compte du béton recyclé dans le processus de construction.

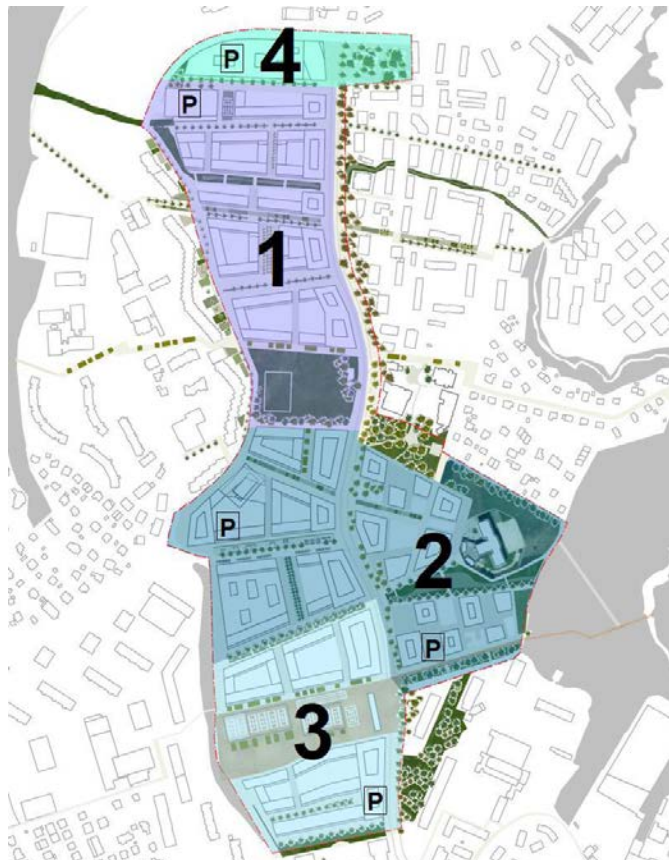


étape 0

étape 4



4 étapes de réalisation

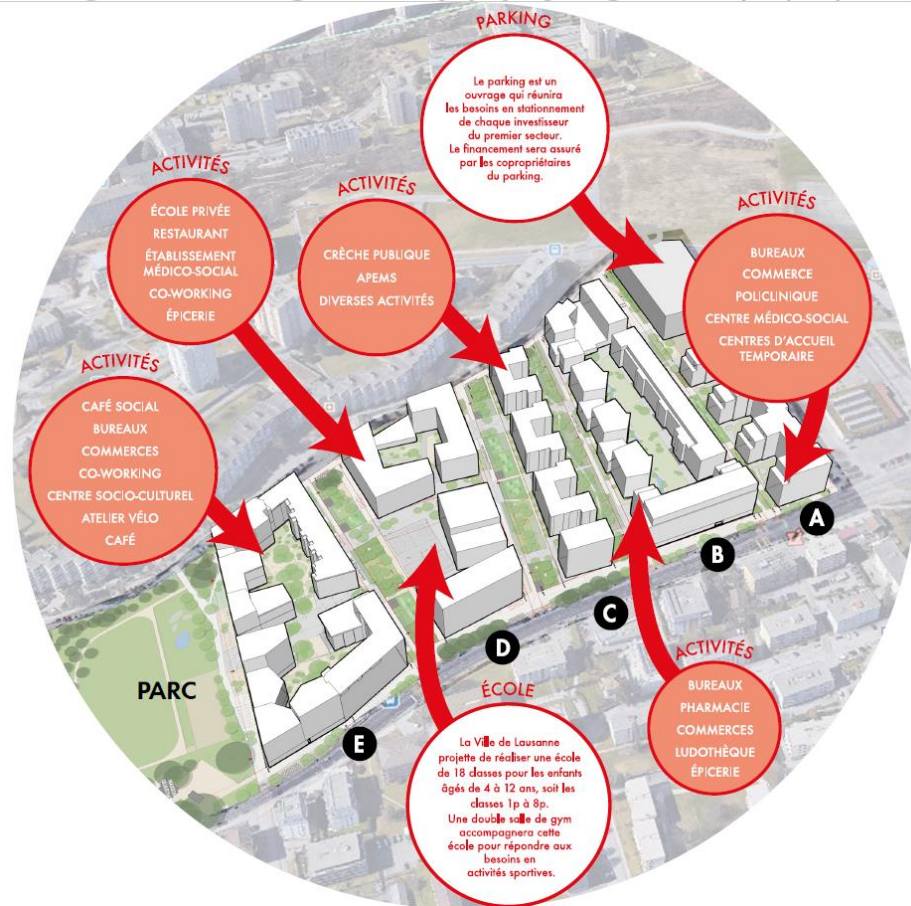


Les plans partiels d'affectation (PPA) Propriété foncière

	habitants + emplois
PPA 1	3'500
PPA 2	4'200
PPA 3	2'300
PPA 4	1'000
Ecoquartier Plaines-du-Loup	11'000

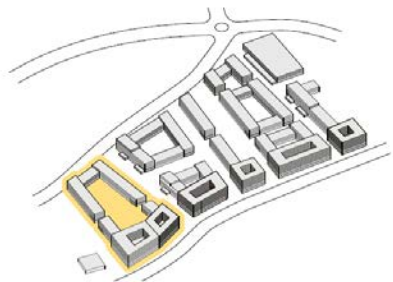
L'étape 1 en chiffres

- 142'600 m2 de Surface de plancher.
- ~1100 logements, 24'700 m2 d'activités privées et de commerces, 8'000 m2 d'équipements publics et parapublics.
- 2'200 habitants et environ 1'100 emplois.
- 1 parking centralisé de 710 places.
- 1 école de 18 classes, une salle de gym double .
- Une nouvelle maison de quartier pour le nord Lausannois.
- Un parc public : le parc du Loup.



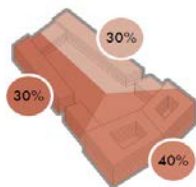
Processus d'appels d'offres et d'allotissement

1 – Délimitation des pièces urbaines

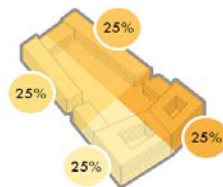


2 – Principe d'attribution des lots

types de logements



types d'investisseurs



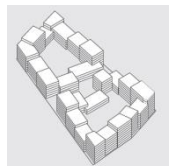
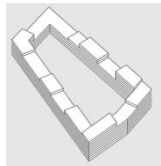
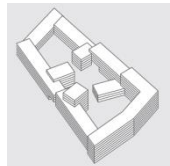
3 – Appel d'offre, réception des offres et choix par la ville des investisseurs



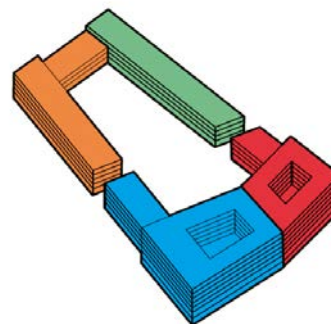
4 – Les investisseurs retenus forment une société simple par pièce urbaine



5 – La société simple organise un concours visant à donner une forme urbaine et à localiser précisément les investisseurs



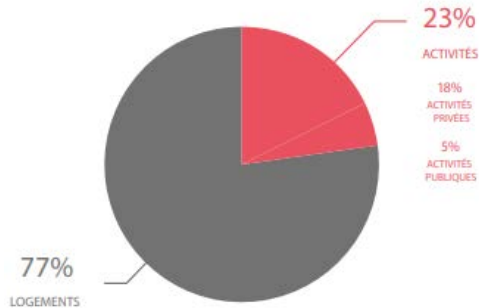
6 – La pièce urbaine fait l'objet d'un concept d'ensemble puis chaque investisseur présent un permis de construire



La mixité sous toutes ses formes, un pari relevé

Mixité fonctionnelle

Avec presque un quart du PPA1, les activités sont au rendez-vous et conformes aux objectifs politiques.

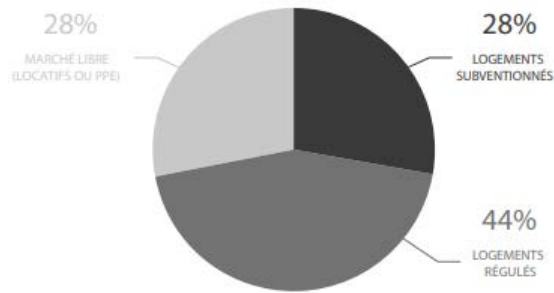


Mixité sociale

La Municipalité a affiné ses objectifs de mixité sociale selon la politique des 3 tiers, qui se décline de la manière suivante :

- 40% de logements régulés
- 30% de logements subventionnés
- 30% de logements en marché libre (locatifs ou PPE)

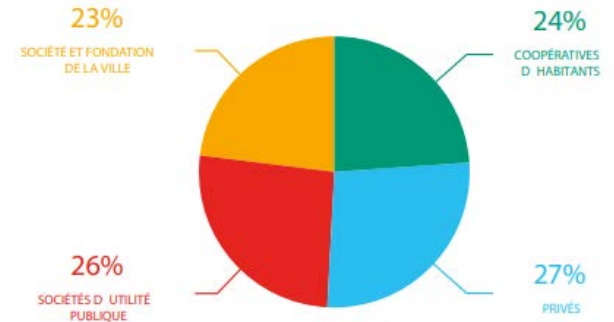
Celle-ci est satisfaite au PPA1 des PdL.



Mixité des investisseurs

La Municipalité a défini une répartition équilibrée entre les 4 types d'investisseurs suivants :

- Les sociétés propriétés de la Ville
- Les coopératives d'habitants
- Les sociétés privées d'utilité publique
- Les investisseurs institutionnels, privés traditionnels



Procédures de concours

PU A – Concours SIA 142 sélectif à 2 degrés

Parking (PU A) – Appel d'offres – pool architectes et ingénieur civil)

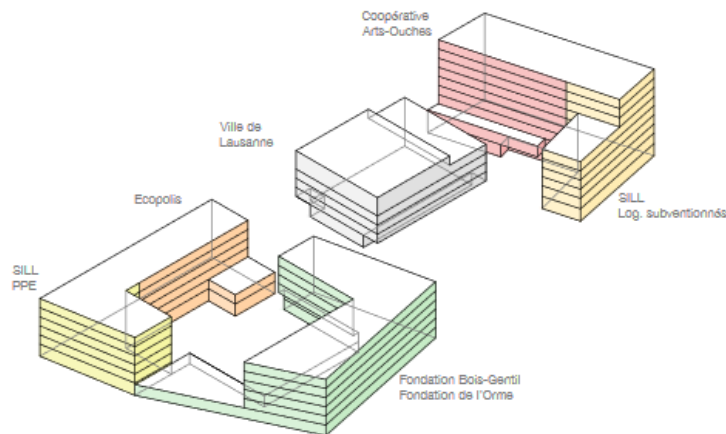
PU B – Mandat d'études parallèles (MEP) SIA 143 sélectif à 2 degrés

PU C – Concours ouvert SIA 142

PU D – MEP SIA 143 sélectif pour la pièce urbaine puis concours SIA 142 (lots SILL)

PU E – MEP SIA 143 sélective pour la pièce urbaine puis SIA 142 pour les lots

La PU D



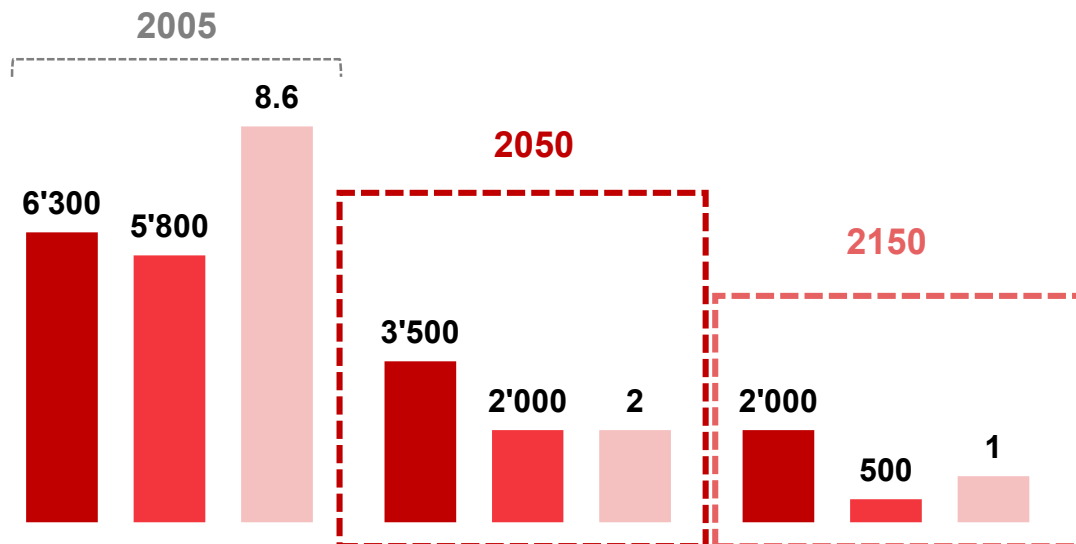
La vision d'ensemble de la 1^{ère} étape



Objectifs énergétiques

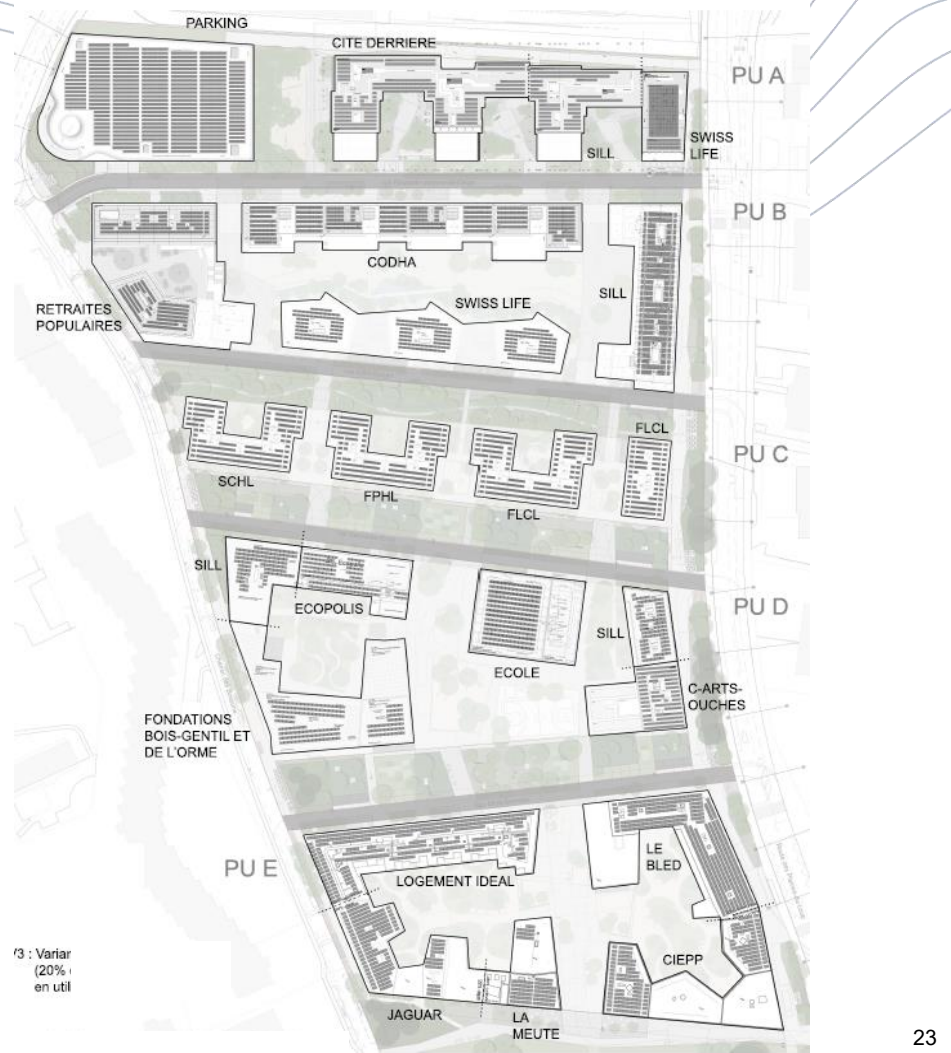
Energie	Objectif 2000 watts
Construction Mobilité	Année 2050
Exploitation	Année 2150 → Contracting énergétique

→ Performances des bâtiments et des systèmes de production énergétique - **SméO**



- Energie Primaire (Watts/personne)
- Part non renouvelable de l'énergie primaire (Watts/personne)
- Gaz à effet de serre (tCO2/an)

Production photovoltaïque

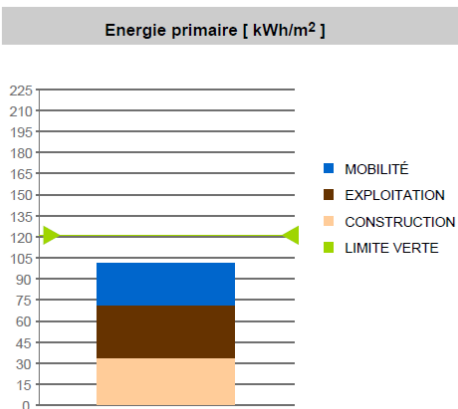


Exigences de durabilité

Les performances globales de durabilité des projets sont suivies grâce à l'outil **SméO**.

Au niveau **énergétique** l'outil évalue notamment l'atteinte des objectifs de la société à 2000 watts

Si on constate dans cet exemple que l'objectif global est atteint, **celui pour les matériaux de construction** est difficile à atteindre.



[kWh/m ² an]	Valeurs projet	Valeurs cibles
CONSTRUCTION	33.7	30.6
MOBILITÉ	29.0	36.1
EXPLOITATION - EP	37.3	55.6
TOTAL	100.1	122.2



- RESPECT DE LA SOCIÉTÉ à 2000 WATTS
- ÉCOLOGIE DE LA CONSTRUCTION
- RESPECT DES ENGAGEMENTS FINANCIERS
- AUTRES EXIGENCES
 - Viabilité économique
 - Qualité de vie
 - Nature
 - Concept constructif
 - Economies d'énergies
 - Chauffage
 - Eau chaude sanitaire
 - Climatisation
 - Electricité

Suivi des exigences

Les critères d'écologie de la construction reprennent les critères d'exclusion de Minergie-ECO® :

- **Béton classé de recyclage**
- Choix du **bois**
- Pose et **étanchéité** (mousses de montage ou de remplissage)
- Matériaux de **couverture** et de raccords (tôles en façade)
- Produits contenant des **biocides**
- Protection **chimique** préventive **du bois**
- Émissions de **formaldéhyde** provenant de matériaux de construction dans les locaux chauffés
- Emissions de **solvant** provenant de matériaux de construction et d'adjuvants
- Plomb

Béton classé de recyclage

Lorsqu'il est possible de se procurer du béton de recyclage dans un rayon de 25 km autour du chantier, l'utilisation de béton RC selon SN EN 206 est maximisée. La part de béton RC sur la masse des constructions en béton pour lesquelles il peut être en principe utilisé est :

Vert : supérieure à 50%

Noir : inférieure à 50%

Dans le cas des
Plaines-du-Loup



- RESPECT DE LA SOCIÉTÉ à 2000 WATTS
- ECOLOGIE DE LA CONSTRUCTION
- RESPECT DES ENGAGEMENTS FINANCIERS
- AUTRES EXIGENCES
 - Viabilité économique
 - Qualité de vie
 - Nature
 - Concept constructif
 - Economies d'énergies
 - Chauffage
 - Eau chaude sanitaire
 - Climatisation
 - Electricité

M



3

La planification de la 2^{ème} étape

**Projet lauréat
du concours
des espaces publics
de la 2^{ème} étape**



La 2^{ème} étape

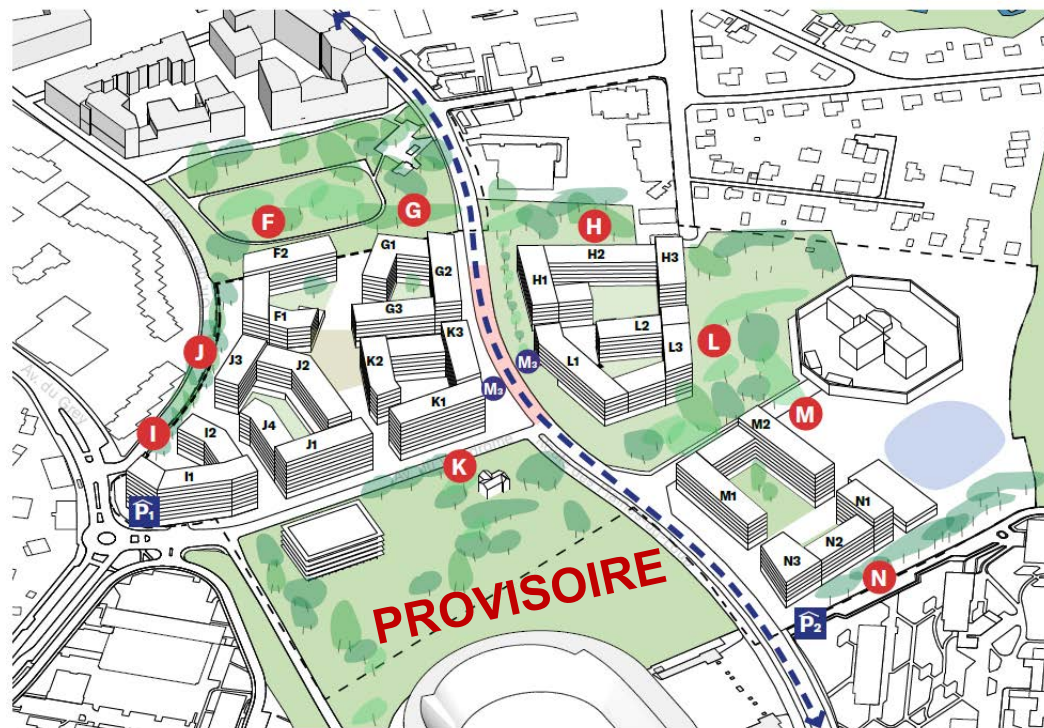
Un appel d'offres investisseurs sera lancé en 2024 sur la base d'un travail d'allotissement

Projet

- 169'000 m² SPd (y.c. prison)
- 3'600 habitants-emplois
- 1'200 logements
- 1'500 emplois

Objectifs

- Ecoquartier mixte
- 70% de logements
- Objectifs de la société à 2000 watts
- Grand parc urbain
- Équipement scolaire et salle de gymnastique triple
- Intégration d'une station m3



Cibles pour les critères écologiques concernant le béton

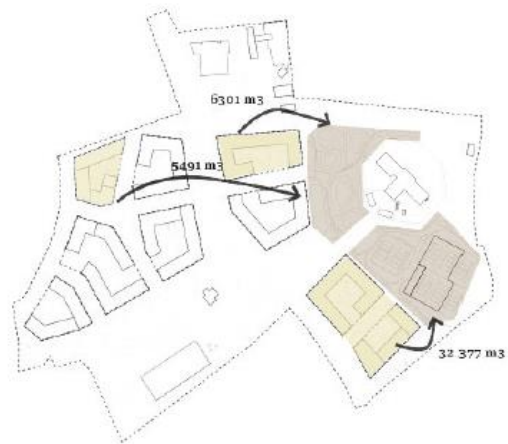
Titre	Objectif global	Cible
Béton classé de recyclage (RC) OBLIGATOIRE	L'utilisation de béton RC selon la norme SN EN 206-1 doit être maximisée dans le but de réduire l'empreinte écologique due à la construction.	La fraction volumique de béton RC est de plus de 50% de la quantité totale de béton.
Recyclage (RC) - Béton RC avec une teneur élevée en granulats recyclés	Pour les bétons de remplissage, d'enrobage et lits de béton, la quantité de granulats recyclés (Rc + Rb) utilisée doit être maximisée.	La fraction volumique de granulats recyclés mise en œuvre est de plus de 75% de la quantité de béton totale dans les cas cités.
Ciments pour les bétons normalement sollicités	Pour les bétons normalement sollicités (béton d'enrobage, de remplissage et d'injection), l'utilisation des ciments avec de faibles teneurs en clinker portland, comme CEM II/B-LL, CEM III ou équivalent, doit être privilégiée.	Ces deux classes de ciments sont utilisées systématiquement là où c'est possible.

Bilan neutre de terres

PHASAGE PROPOSÉ

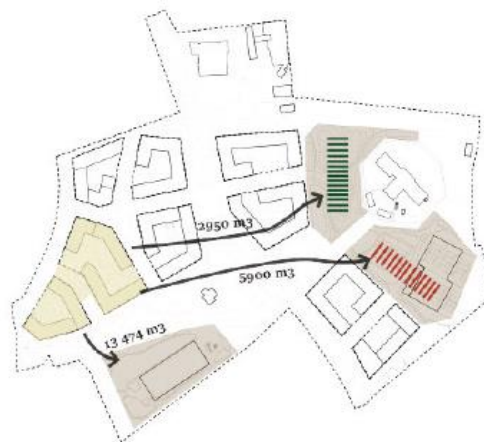
1 2

PHASE 1



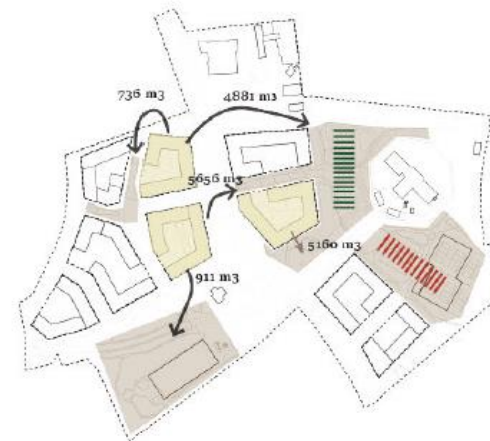
■ Déblais
■ Remblais

PHASE 2



■ Déblais
■ Remblais
■ Reconstitution d'horizon A
■ Reconstitution d'horizon B

PHASE 3



■ Déblais
■ Remblais
■ Reconstitution d'horizon A
■ Reconstitution d'horizon B

Proposition au moment du concours.

Conclusion – synthèse

Le béton recyclé dans le projet métamorphose : pire ennemi ou meilleur ami ?

- La question des matériaux de construction doit être appréhendée dès les premières phases des projets.
- L'utilisation des matériaux est une réponse à des objectifs énergétiques. La finalité passe avant la solution. Il n'y a pas de solution unique.
- Les critères écologiques de décisions des matériaux de construction sont combinés à des approches socio-économiques.

MÉTAMORPHOSE

Ici nos vies se rassemblent

 Ville de Lausanne

Merci pour votre attention !





Du ciment circulaire à 100 %, est-ce possible?

ASR - Point de Mire, 2 novembre 2023, Lausanne

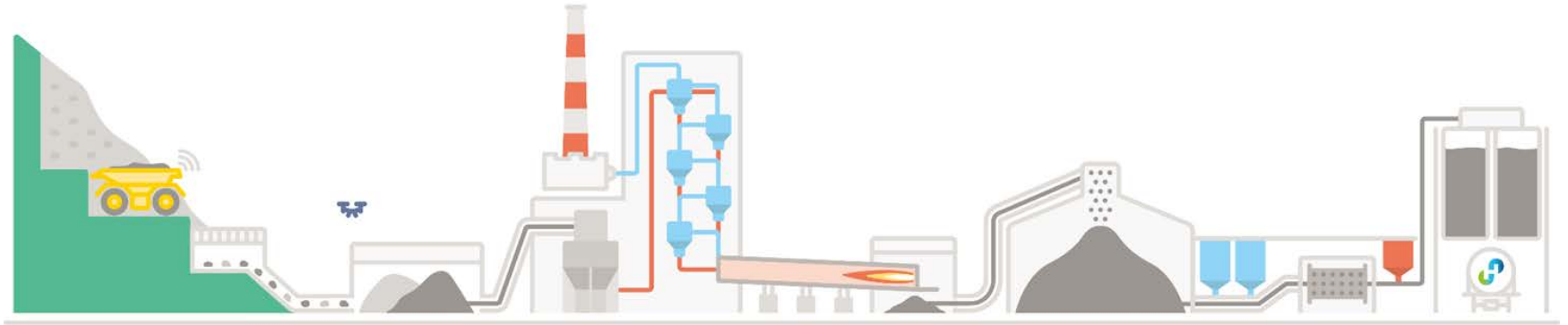
Francois Girod, Holcim (Suisse) SA

Economie circulaire et production de ciment



<https://www.rts.ch/info/suisse/12169855-climat-holcim-et-lonza-les-plus-gros-pollueurs-en-suisse.html#chap02>

Production de ciment, modèle linéaire historique avant 1990



Evolution de l'extraction au fil des années (1950 → aujourd'hui)

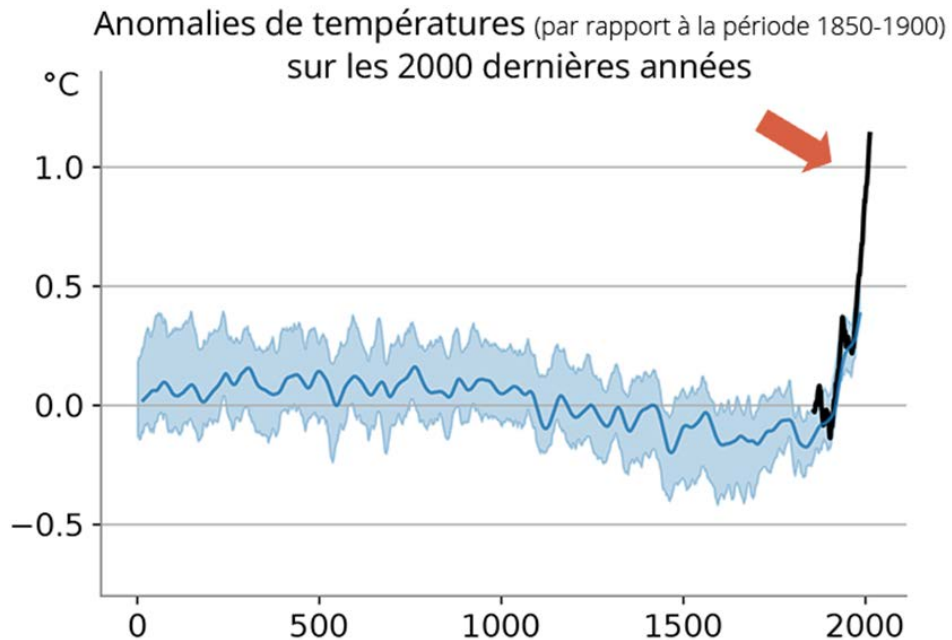


<https://www.rts.ch/info/regions/vald/13734913-vu-du-ciel-comment-la-carriere-du-mormont-sest-etendue-depuis-1950.html>

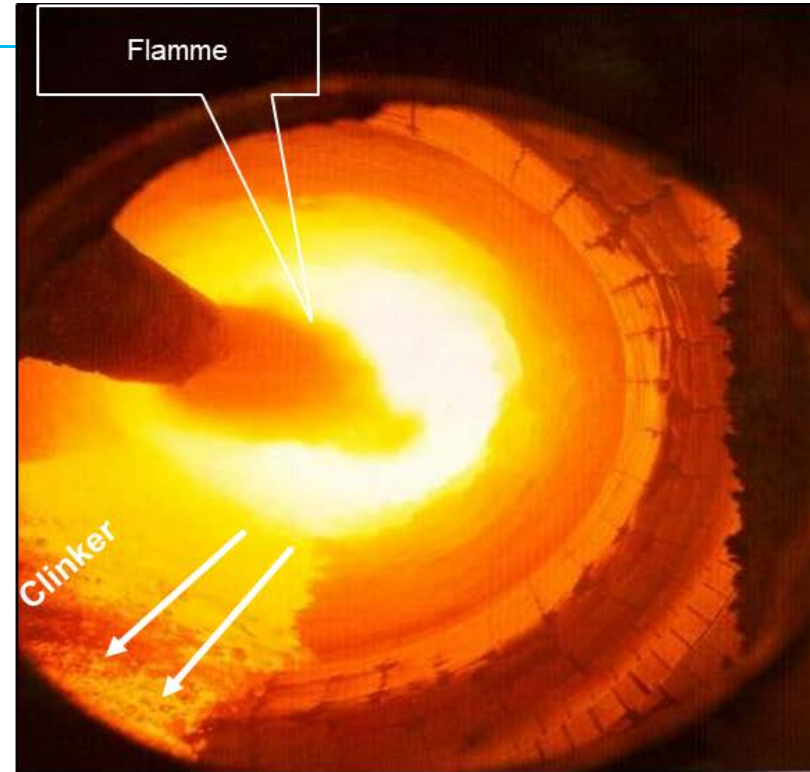
Nos opposants ainsi que les activistes nous perturbent ...



Le dérèglement climatique nous impacte de plus en plus sérieusement



Les fours produisent toujours du clinker mais les combustibles changent



Flamme: 2'000°C, clinker à 1450°C

Des déchets incinérés sans production de cendres / mâchefers



Evolution des compositions et réduction de la teneur en clinker

- **Clinker** (55 à 95% selon le type de ciment)
- **Gypse** → régulateur de prise (2 à 6%)
- **Ajouts minéraux** selon le type de ciment
 - Calcaire
 - Laitier de hauts-fourneaux
 - Schiste calciné
- **Agent de mouture**
- **Réducteur de chrome VI**

Transition vers plus de circularité avec le **Susteno**

- **Clinker** (55 à 95% selon le type de ciment)
- **Gypse** → régulateur de prise (2 à 6%)
- **Ajouts minéraux** selon le type de ciment
 - Calcaire
 - Laitier de hauts-fourneaux
 - Schiste calciné
 - **Grave mixte**
- **Agent de mouture**
- **Réducteur de chrome VI**



Susteno: une innovation Suisse !



- La fabrication selon la norme SN EN 197-1 n'est pas possible.
- Le MB SIA 2049 permet d'utiliser de nouveaux composants, par exemple des granulats de mélange préparés.

Kurzzeichen	Bezeichnung	Portlandzementklinker	Bestandteile		Nebenbestandteile
			normiert	neu ²⁾	
ZB/D	CH-Portlandzement	50-64	36-50		0-5
ZB/E		35-49	51-65		0-5
ZB/F		20-34	66-80		0-5
ZN/D		50-64		36-50	0-5
ZN/E		35-49		51-65	0-5
ZN/F		20-34		66-80	0-5
HSN	CH-Hüttensandkompositzement	0-20	80-100 ¹⁾		0-5

<https://www.holcimpartner.ch/fr/produits/ciments/susteno>

Sites de recyclage à travers la Suisse



RCO à Niederstetten (SG)



Eclépens (VD)



Avenches (VD)



SRREC à Satigny (GE)

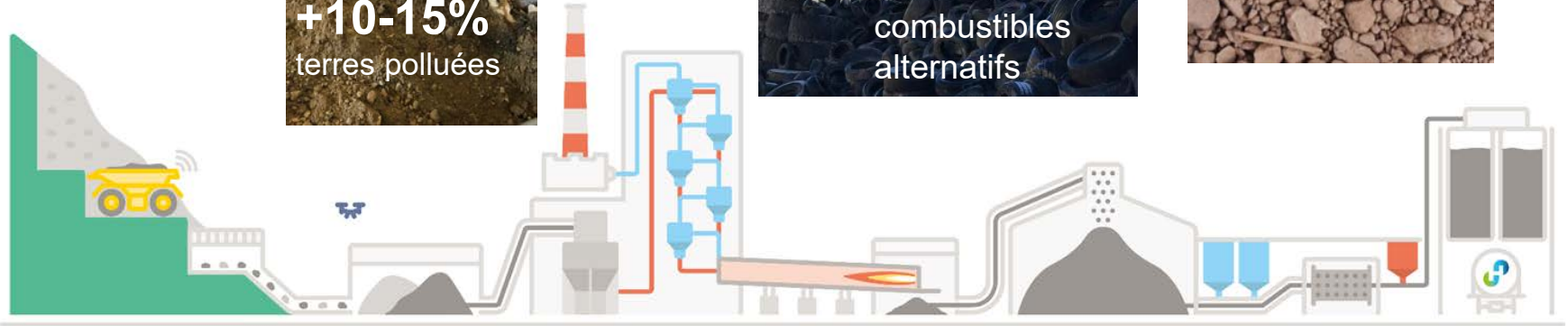
Production de ciment, transition vers plus de circularité

+ 5-20%
dechets type A et
correctifs (Si,Al)

+10-15%
terres polluées

+ 60-95%
combustibles
alternatifs

+ 5-20%
grave mixte
de démolition



+ Récupération de chaleur & production d'électricité

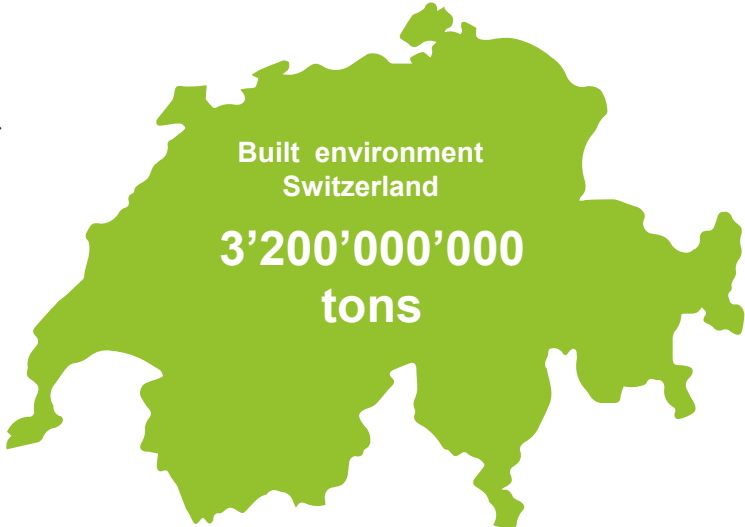


CADcime
CHAUFFAGE À DISTANCE



Flux de matières en CH selon EMPA

70 mio t annually new building materials
of which **40 mio t concrete**, which contain ~5 mio t cement



17 mio t de-construction of which **~6 mio t de-construction concrete**



57 mio t excavation material

74 mio t Waste

COMMENT ÊTRE PLEINEMENT CIRCULAIRE ?

Sources: Empa MatCH (2016), BAFU (2019)

Vers une modification des équilibres ?



“75% du béton n’est pas structurellement requis”

Prof. Dr. Walter Kaufmann



Potential d’amélioration de l’efficacité dans la construction pour réduire le volume de béton requis



Espace limité pour la construction ce qui favorise la transformation ou démolition



augmentation de 6 à 7-8 mio tonnes de béton de déconstruction ?

Possibilité de croître la circularité si la demande en béton baisse et la déconstruction augmente

Plus de circularité est possible et nécessaire !

Intégrer des déchets en substitution aux matières premières et combustibles permet de :

- réduire la vitesse d'extraction des matières premières
- une valorisation de déchets combustibles sans production de mâchefers
- offrir une valorisation matière qui évite la mise en décharge
- une réduction de l'empreinte carbone

Du ciment à 100% circulaire à base de clinker est théoriquement possible mais pas réaliste au vu des quantités limitées de déchets sur le marché

De la production du ciment jusqu'à la construction



*“Tous les efforts à la production ne servent à rien si le béton n’est pas utilisé de manière parcimonieuse et efficace dans la construction”
K.Scrivener*

**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**

QUESTIONS?



HOLCIM

Les bétons recyclés

De la fabrication à son utilisation

GCM SA

Laurent Dorthe

Directeur

Point de Mire du 2 novembre 2023

1. Principe de l'Economie circulaire
2. Granulats recyclés : production et certification
3. Bétons recyclés : production et certification
4. Label Minergie® ECO
5. Exemples de réalisation
6. En conclusion : pourquoi ne pas en faire plus ?

1. Principe de l'Économie circulaire

L'économie circulaire se caractérise par une **utilisation des matières premières efficace et sur une durée aussi longue que possible**. La fermeture des cycles des matières et des produits implique une réutilisation permanente des matières premières, ce dont bénéficient aussi bien l'environnement que l'économie suisse.

Economie circulaire - BAFU

[BAFU](https://www.bafu.admin.ch)

<https://www.bafu.admin.ch> › [thèmes](#) › [économie-circulaire](#)



Extraction des graviers primaires



Installation de traitement de matériaux recyclés



Construction d'un ouvrage en béton



Déconstruction d'un bâtiment.



1. Economie circulaire, présentation de GCM SA



Savigny

Google Earth

Centrales à béton

Recyclage

Concassage-Lavage
granulats naturels

Gravière et
décharge type A

2. Granulats recyclés : production et certification



Béton de démolition



Matériaux de démolition non triés (terre cuite > 3%)



Unité de production des granulats et graves recyclés

Production GCM SA : traitement à sec



sia

SIA 2030:2021 Construction

SNR Schweizer Regel
Règle Suisse
Regola Svizzera

592030

Remplace SIA 2030:2010

Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
Calcestruzzo con aggregati riciclati
Concrete with recycled aggregates

Béton avec granulats recyclés

SNV / licensed to 11066893 - GRAVIÈRE DE LA CLAIÉ-AUX-MOINES SA / S105741 / 2023-06-19_15:20 / SNR 592030:2021

Numéro de référence
SNR 592030:2021 fr
Valable dès le: 2021-11-01

Éditeur
Société suisse des ingénieurs
et des architectes
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 20

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Groupe de prix: 16

2030

Tableau 3 Exigences relatives à la composition du granulat de béton (C) et de gravats mixtes (M)

Désignation	Composants du granulat recyclé en s'appuyant sur SN EN 12620:2002+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	FL cm ³ /kg
C Granulat de béton (C)	Rcu ₉₀ (≥ 90 M.-%)	Rc ₅₀ (≥ 50 M.-%)	Rb ₁₀₋ (≤ 10 M.-%)	Ra ₁₋ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5-} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)
M Granulat de gravats mixtes (M)	Rcu ₉₀₋ (< 90 M.-%)	Rcu _{déclaré} ¹⁾	Rb ₁₀₋ (> 10 M.-%)	Ra ₁₋ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5-} (≤ 0,5 M.-%)	FL ₂₋ (≤ 2 cm ³ /kg)



¹⁾ Rc_{déclaré} signifie que la teneur en RC doit être inférieure à 50 pourcent en masse et que la teneur effective doit être déclarée, par ex. Rc₄₀ (< 40 M.-%). Il s'agit d'une indication spécifique du producteur.

C



M



		Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute Association suisse des professionnels de la route et des transports Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti Swiss Association of Road and Transportation Experts	Schweizer Norm Norme Suisse Norma Svizzera Swiss Standard	
		670 102b-NA		
Nationales Element Elemento nazionale	Elément national National Element	EN 12620: 2002 / A1: 2008		
EINGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG SNV NORME ENREGISTRÉE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION				
Gesteinskörnungen für Beton		Granulats pour béton		
Aggregates for Concrete				
NATIONALES VORWORT		AVANT-PROPOS NATIONAL		
NATIONALER ANHANG Anforderungen		ANNEXE NATIONALE Exigences		
Die Europäische Norm EN 12620: 2002 / A1: 2008 hat den Status einer Schweizer Norm [1]. Sie ist zusammen mit diesem Nationalen Vorwort und Nationalen Anhang anzuwenden.		La norme européenne EN 12620: 2002 / A1: 2008 a le statut d'une norme suisse [1]. Elle est à appliquer avec cet avant-propos national et cette annexe nationale.		
Herausgeber: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS Sihlquai 255, 8005 Zürich		Editeur: Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS Sihlquai 255, 8005 Zürich		
Bearbeitung: VSS-Fachkommission 4, Baustoffe VSS-Expertenkommissionen 4.01, Gestein und Gleisschotter, und 4.03, Recycling von Baustoffen		Elaboration: Commission technique VSS 4, Matériaux de construction Commissions d'experts VSS 4.01, Granulats minéraux et ballasts de voies ferrées, et 4.03, Recyclage de matériaux de construction		
Referenznummer: EN 12620: 2002 / A1: 2008, publiziert mit der 88. Normenlieferung		N° de référence: EN 12620: 2002 / A1: 2008, publié avec la 88 ^e livraison des normes		
SNV-Registriernummer: EN 12620: 2002 / A1: 2008		N° d'enregistrement: EN 12620: 2002 / A1: 2008		
Genehmigt: Oktober 2009		Adoptée: octobre 2009		
Ersetzt: SN 670 102a-NA vom Dezember 2004 und Teile der EN 12620: 2002		Remplace: SN 670 102a-NA de décembre 2004 et parties de l'EN 12620: 2002		
Gültig: ab 1. November 2009		Valable: dès 1 ^{er} novembre 2009		
www.vss.ch		© 2009, VSS Zürich		

Pour certifier un granulats recyclé pour l'utilisation dans le béton, des propriétés supplémentaires doivent être contrôlées par rapport aux granulats naturels:

- **Composition des gravillons recyclés**
- **Influence sur le temps de prise initiale du ciment**
- **Teneur en sulfates solubles dans l'eau**
- **Chlorures solubles dans l'acide**

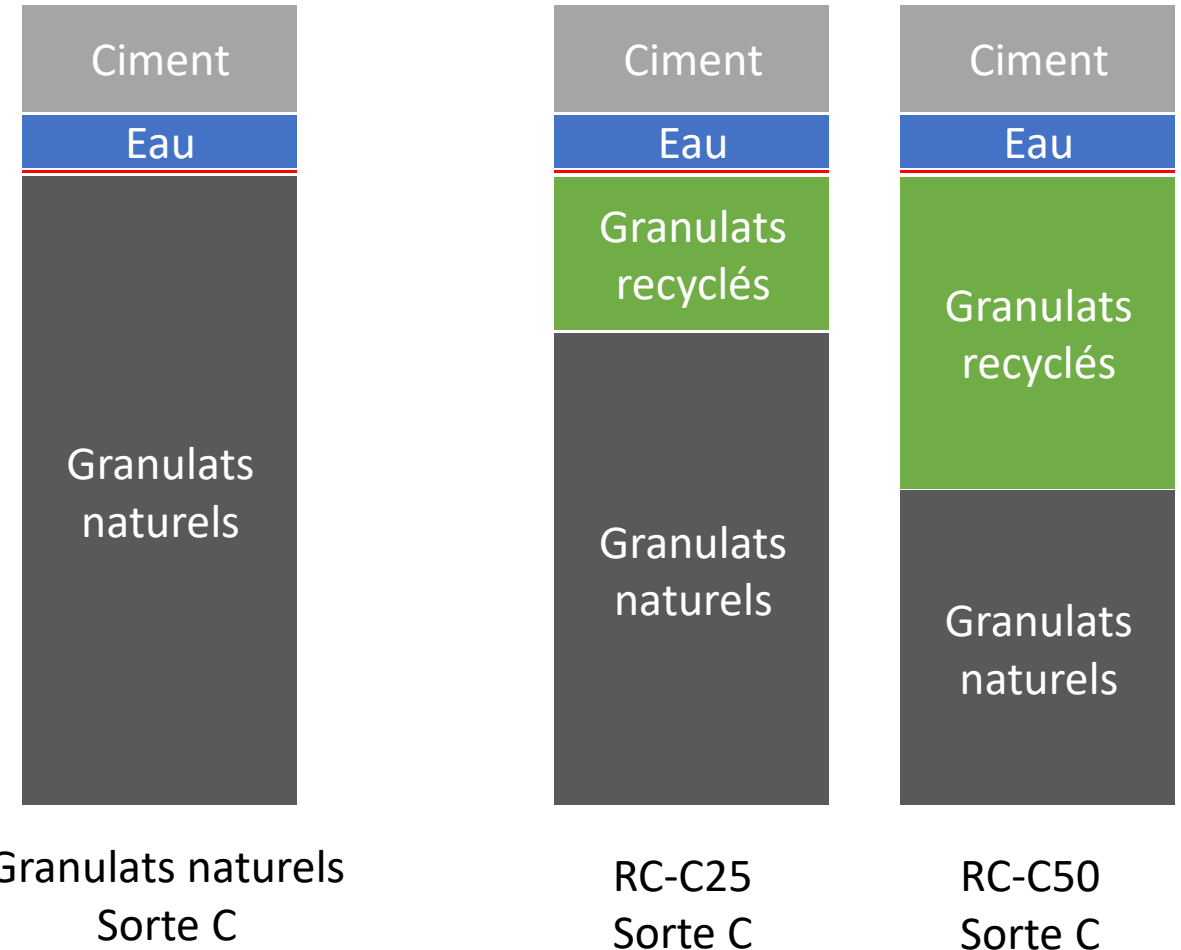


DOP C-4/22

3. Bétons recyclés : production et certification

Remplacer une part de granulat noble **par du granulat recyclé** (min. 25%)

et **NE PAS SURDOSER** le ciment = écobilan positif



sia

SIA 2030:2021 Construction



Schweizer Regel
Règle Suisse
Regola Svizzera

592030

Remplace SIA 2030:2010

Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
Calcestruzzo con aggregati riciclati
Concrete with recycled aggregates

Béton avec granulats recyclés

2030

Numéro de référence
SNR 592030:2021 fr

Valable dès le: 2021-11-01

Éditeur
Société suisse des ingénieurs
et des architectes
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 20

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Groupe de prix: 16

SNV / licensed to 11066893 - GRAVIÈRE DE LA CLAIE-AUX-MOINES SA / S105741 / 2023-06-19_15:20 / SNR 592030:2021

- Le type de granulat recyclé et le dosage doivent être déclaré selon une des classes prévues (% massique):

RC-C25 → 25 % ≤ C < 50 %

RC-M10 → 10 % ≤ M < 40 %

RC-C50 → 50 % ≤ C ≤ 100 %

RC-M40 → 40 % ≤ M ≤ 100 %

- Pour certifier un béton recyclé, **le module d'élasticité** doit être contrôlé et déclaré selon une des classes prévues par la SIA 2030

3.2 Déformations élastiques

- 3.2.1 Le module d'élasticité du béton de recyclage est à déclarer, puisqu'il dépend fortement de la teneur et de la composition du granulat recyclé et ne peut pas être estimé selon la norme SIA 262:2013, chiffre 3.1.2.3.3 (coefficient k_E).

Tableau 2 Définition des classes de module d'élasticité et exigences relatives aux modules d'élasticité mesurés

Classe de module d'élasticité	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	pas d'exigence	pas d'exigence
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

s i a

SIA 2030:2021 Construction



Schweizer Regel
Règle Suisse
Regola Svizzera

592030

Remplace SIA 2030:2010

Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
Calcestruzzo con aggregati riciclati
Concrete with recycled aggregates

Béton avec granulats recyclés

2030

Numéro de référence
SNR 592030:2021 fr

Valable dès le : 2021-11-01

Nombre de pages: 20

Éditeur
Société suisse des ingénieurs
et des architectes
Case postale, CH-8027 Zurich

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Groupe de prix : 16

SNV / licensed to 11066693 - GRAVIÈRE DE LA CLAIE-AUX-MOINES SA / S105741 / 2025-06-19_15:20 / SNR 592030:2021

3.3 Dilatation thermique

Le coefficient de dilatation thermique du béton de recyclage α_T peut être estimé comme suit :

RC-C: $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (comme un béton avec du granulats naturel)

RC-M: $\alpha_T = 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (comme un béton léger)

3.4 Fluage et retrait

3.4.1 Le comportement de fluage du béton de recyclage peut être estimé de manière analogue au béton selon SN EN 206:2013+A2, en utilisant le module d'élasticité E_{rcm} (voir tableau 2) selon l'approche suivante :

$$\varphi_r(t, t_0) = 1,25 \cdot \varphi(t, t_0) \quad (1)$$

3.4.2 Le comportement de retrait du béton de recyclage peut être estimé comme pour le béton selon SN EN 206:2013+A2, en divisant la valeur de retrait spécifique $\varepsilon_{cs,\infty}$ par η_r :

$$\varepsilon_{rcs,\infty} = \frac{\varepsilon_{cs,\infty}}{\eta_r} \quad \text{avec} \quad \eta_r = \frac{E_{rcm}}{E_{cm}} \leq 1 \quad (2)$$

La valeur de référence E_{cm} doit être choisie pour un béton de même classe de résistance à la compression, en tenant compte du coefficient k_E en fonction du granulats naturel.

$\varphi_r(t, t_0)$ coefficient de fluage du béton de recyclage

E_{cm} valeur moyenne du module d'élasticité du béton normal avec un granulats naturel

E_{rcm} valeur moyenne du module d'élasticité du béton de recyclage des valeurs mesurées

Le béton recyclé à propriétés spécifiées

Qui prend la responsabilité ? => **le producteur de béton**

Indications : **Béton RC selon SN EN 206-1**

RC-C25

Teneur en granulat
recyclé de béton

C 30/37

Classe de résistance
à la compression

XC4

Classe d'exposition

CL 0.20

Classe de teneur en
chlorure

Dmax. 32

Dimension maximale
des granulats

C3

Classe de
consistance

E30

E_{rcm} Module
d'élasticité moyen

s i a

SIA 2030:2021 Construction


 Schweizer Regel
 Règle Suisse
 Regola Svizzera

592030

Remplace SIA 2030:2010

 Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
 Calcestruzzo con aggregati riciclati
 Concrete with recycled aggregates

Béton avec granulats recyclés

2030

 Numéro de référence
 SNR 592030:2021 fr
 Valable dès le : 2021-11-01

 Éditeur
 Société suisse des ingénieurs
 et des architectes
 Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 20

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Groupe de prix: 16

Domaines d'application

Le béton de recyclage est traité comme un béton à propriétés spécifiées selon SN EN 206:2013+A2 et la norme SIA 262, à condition que les exigences de SN EN 206:2013+A2 et du présent cahier technique soient respectées. L'emploi du béton de recyclage est réglé au tableau 1.

Tableau 1 Emploi du béton de recyclage

Classe de béton de recyclage	Sortes de béton selon SN EN 206:2013+A2:2021, tableaux NA.5 et NA.8								
	0	A	B	C	D	E	F	G	Béton de pieux P1, P2, P3, P4
RC-C25	admis				1)	non admis			admis
RC-C50	admis				1)	non admis			1)
RC-M10	admis			1)	non admis				1)
RC-M40	admis	1)			non admis				1)

1) Seulement admis après des essais préliminaires correspondants. Les résultats des essais préliminaires ne peuvent être utilisés pour l'admission que si la composition du béton testé, en particulier celle de son granulat recyclé, est comparable à celle du béton prévu pour l'ouvrage.



E44410
Sorte B **RC-C25** C30/37 XC3 32 Cl.0,20 C3 **E30**
Étalement 500 mm (F4)



E44326
Sorte C **RC-C25** C30/37 XC4 22 Cl.0,20 C3 **E30**
Étalement 500 mm (F4)



E43364R – Béton pieux PPM P4
RC-C25 C25/30 XAc 22 Cl.0,20 F5 **E25**,
Étalement 560-650 mm (F5-F6)

E34345 – Béton autoplaçant
RC-C25 C30/37 XC4/XF1 22 Cl.0,20 SF2 **E30 – SCC**
Étalement 675 - 725 mm (F5-F6)

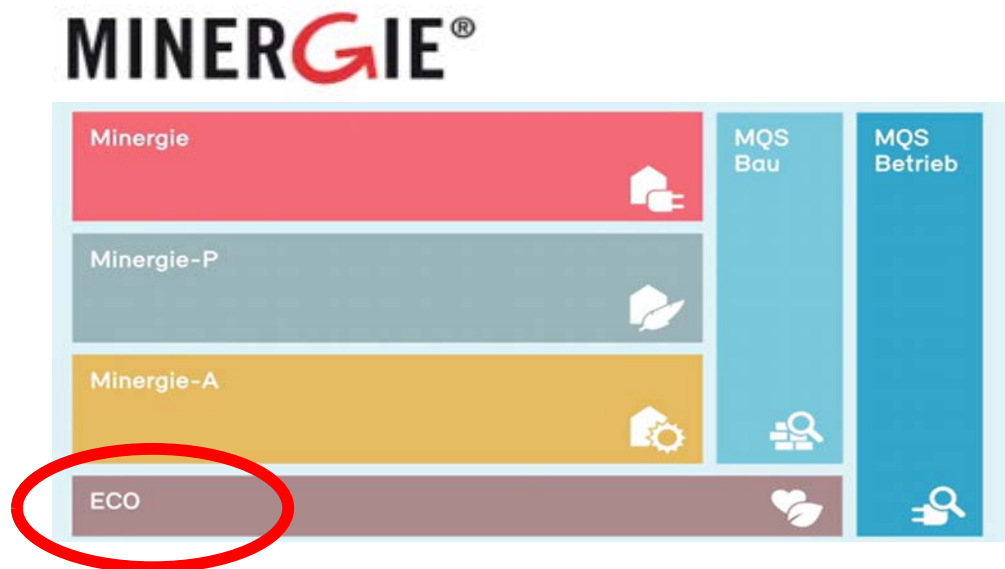


E34345_ Mise en place.MOV



IMG_2934.MOV

4. Le label Minergie® ECO



Le complément ECO

Minergie-ECO est un projet coopératif entre l'Association Minergie et [ecobau](#). Minergie-ECO offre un complément aux trois labels Minergie en incluant directement des aspects liés à la santé et à l'écologie de la construction.

Le catalogue ECO pour les nouvelles constructions englobe au total 80 critères dont 10 sont considérés comme des critères d'exclusion.

Vue d'ensemble des exigences

N°	Thème
A	Critères d'exclusion
MNA2.050	Recyclage (RC) - béton
M	Matériaux et processus de construction
MNM1.010	Protection des sols
MNM2.010	Label pour le bois et les dérivés du bois
MNM3.020	Recyclage (RC) – Béton classé avec une teneur élevée en granulats recyclés
MNM3.030	Recyclage (RC) - Béton de remplissage, d'enrobage et béton maigre avec une teneur élevée en matériaux recyclés (Rc)
MNM3.040	Béton classé RC à base de granulats non triés
MNM4.010	Ciments pour les bétons à sollicitation normale
MNM4.020	Isolants nuisibles pour l'environnement (toits, plafonds et radiers)
MNM4.021	Isolants nuisibles pour l'environnement (murs)
MNM4.030	Protection chimique de l'étanchéité contre les racines
MNM4.040	Façades avec revêtement sans biocides
MNM4.050	Matériaux des installations sans halogènes
MNM4.060	Matériau composite organique (organo-minéraux)
MNM4.070	Revêtement et étanchéité à base de résine synthétique difficilement séparables
MNM4.080	Matériau en PVC nuisibles à l'environnement
MNM4.090	Éléments de construction contenant des métaux lourds et exposés aux intempéries l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment
MNM5.010	Renoncer à chauffer le gros œuvre
G	Energie grise des matériaux de construction

Critère d'exclusion pour le complément ECO

Là où du béton RC peut être utilisé, sa fraction volumique (selon le cahier technique SIA 2030) ne doit pas être inférieure à 50%

Si aucun fournisseur de béton recyclé ne se trouve à moins de 25 km du chantier ou encore si le matériau recyclé doit être transporté plus de 25 km jusqu'à la centrale à béton, alors cette exigence est non applicable (N/A)

Critères concédant des points supplémentaires

- Béton classé avec une teneur élevée en granulats recyclés C + M
→ Béton avec teneur en granulats recyclés C + M $\geq 40\%$ -M
- Béton de remplissage, d'enrobage et béton maigre avec une teneur élevée en matériaux recyclés C + M
→ Béton avec teneur en granulats recyclés C + M $\geq 80\%$ -M
- Béton classé à base de granulats non triés
→ Béton avec teneur en granulats recyclés M $\geq 25\%$ -M

5. Exemples de réalisation



PENSEZ ÉCO ET DURABLE

Volumes de béton fourni par GCM SA sur ce chantier
Ecobeton® → 3'380 m³ (98% du béton utilisé)

Projet Métamorphose

Client: IMPLERIA



RC-M → 370 m³ (3% du béton utilisé)
RC-C25 → 9'185 m³ (70 % du béton utilisé)

Client: ADV Construction

Projet: Immeuble locatif de 16 appartements situé au cœur de Lausanne répartis sur 6 étages.
Murs de la cage d'escalier en coffrage Type 4.



RC-M40 → 38 m³ (6% du béton utilisé)
RC-C25 → 460 m³ (82 % du béton utilisé)

Client: Losinger Marazzi

Projet: Conception et réalisation d'un bâtiment de 96 logements pour une surface totale de 8'000 m² et d'un second bâtiment dédié aux activités commerciales de plus de 4'000 m². Nos projets sont labellisés Minergie P-ECO et SMéO



RC-M40 → 70 m³ (1% du béton utilisé)
RC-C25 → 3'900 m³ (62 % du béton utilisé)

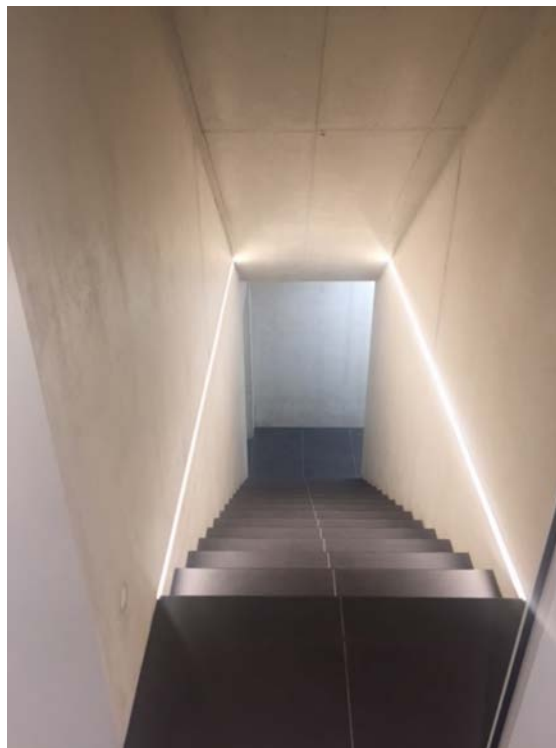
Ecobeton® RC-C C30/37 XC4 Cl.0,20 32 C3 E30

Exigences particulières :

40 % de granulats recyclés Rc

Ciment blanc

Couvrir les exigences Minergie® Eco



6. En conclusion, pourquoi ne pas en faire plus ?

Le 95 % du besoin en béton dans le bâtiment peut être du béton recyclé. Qui peut influencer la demande ?

- Le Maître d'ouvrage
- L'ingénieur
- L'entreprise de construction

Ça c'était hier !

Aujourd'hui :

Les Ecoquartiers

Les **bilans carbone**s des constructions sont demandés

VD : inscription de l'économie circulaire dans la Constitution

Demain :

Les bétons recyclés ne doivent plus être une variante, mais être généralisés

Merci pour votre attention



PENSEZ ÉCO ET DURABLE

ECOBETON® - ECOGRAVE® - ECOSTAB®

www.gcm.ch admin@gcm.ch 021 784 84 30 Ch. de Geffry 2 1073 Savigny



Béton recyclé et économie circulaire – expériences chantier

Charly Grand, Gebr. Zengaffinen AG



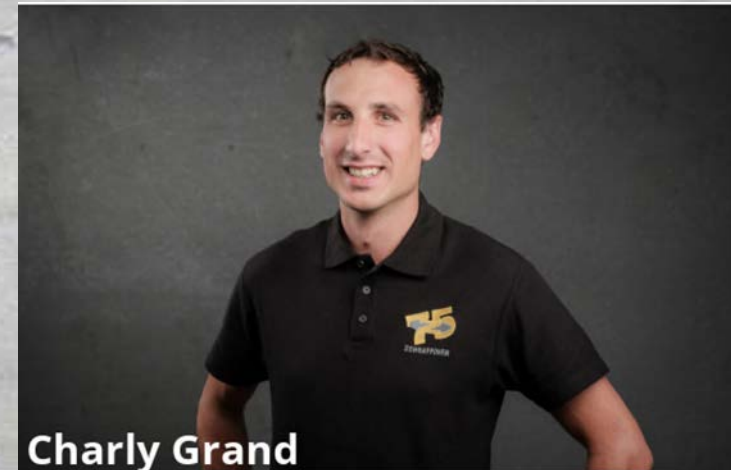
Présentation personnelle :

Charly Grand

Responsable de la construction Valais Romand

Ingénieur civil EPFL

Diplôme fédéral d'entrepreneur-construction



Présentation entreprise :

Gebr. Zengaffinen AG, Steg

Entreprise fondée en 1946

Entreprise familiale en troisième génération

Activités: Génie civil, terrassement, bâtiment, maçonnerie en pierre naturelle, démolition, assainissement des sites pollués, recyclage des produits minéraux gravières et décharges

>120 employés

Utilisation des bétons recyclés

1) Béton recyclé RC-M

- Normes et demande clients
- Mise en œuvre et aspects chantier
- Avantages
- Limites

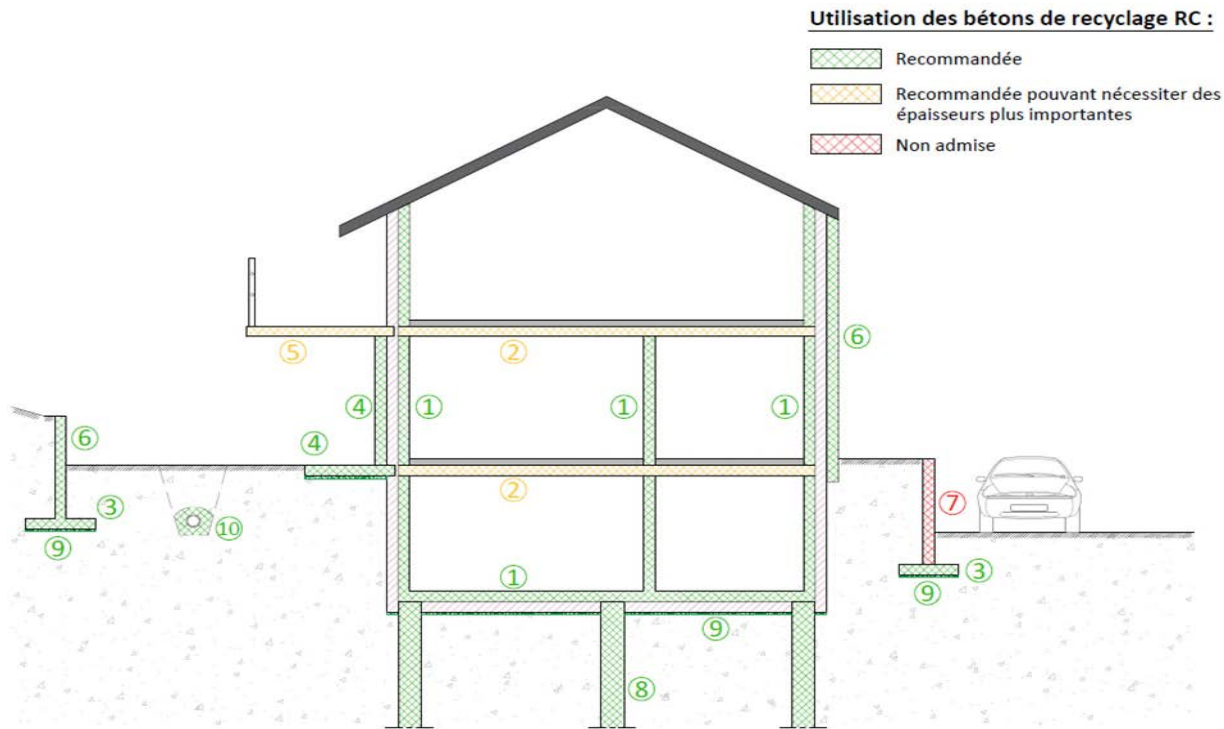
2) Béton recyclé RC-C

- Normes et demande clients
- Mise en œuvre et aspects chantier
- Avantages
- Limites

3) Economie circulaire



1) Béton recyclé RC-M



	Classe d'exposition Expositionsklassen	Sorte de béton Betonart	RC béton recommandé RC Beton empfohlen
1 Radiers et murs intérieurs Innenbodenplatten und -wänden	XC1	Sortes A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
2 Dalles intérieures ¹⁾ Innendecken	XC1	Sortes A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
3 Structures extérieures enterrées (fondations) Aussenstrukturen unterirdisch (Fundamente)	XC2	Sortes A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
4 Structures extérieures à l'abri de la pluie Aussenstrukturen vor Regen geschützt	XC3	Sortes B	RC-C25, RC-C50 RC-M10
5 Dalles extérieures ¹⁾ Aussendecken	XC4	Sortes C	RC-C25, RC-C50
6 Structures extérieures exposées à la pluie Aussenstrukturen Regen ausgesetzt	XC4	Sorte C	RC-C25, RC-C50
7 Structures exposées aux sels de déverglaçage Strukturen Taumittel ausgesetzt	XC4 - XD1 à XD3	Sortes D à G	-
8 Pieux forés Bohrpfähle	-	Sortes P1 à P4	RC-C25
9 Béton de propreté Sauberkeitsschicht	X0	Sorte 0	RC-C25, RC-C50 RC-M10, RC-M40
10 Enrobage de tuyaux Rohrumhüllung	X0	Sorte 0	RC-C25, RC-C50 RC-M10, RC-M40

1) Le module d'élasticité plus faible du béton recyclé peut conduire à des épaisseurs de dalle plus importantes.
Der geringere Elastizitätsmodul von Recyclingbeton kann zu größeren Deckendicken führen.

1) Béton recyclé RC-M

Normes et demande client

Béton de recyclage			Sortes de béton selon SN EN 206 :2013+A2 :2021, tableaux NA.5 et NA.8							
Type / Classe	Teneurs [%-Masse]	0	A	B	C	D	E	F	G	Béton de pieux P1, P2, P3, P4
RC-C *	RC-C25 25% ≤ C < 50%	admis			1)	non admis			admis	
	RC-C50 50% ≤ C ≤ 100%	admis			1)	non admis			1)	
RC-M **	RC-M10 10% ≤ M < 40%	admis	?		1)	non admis			1)	
	RC-M40 40% ≤ M ≤ 100%	admis	1)		non admis			1)		

Sources: SIA 2030:2021 et version provisoire du futur guide technique d'application pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux du canton du Valais.

1) Béton recyclé RC-M

Mise en œuvre et aspects chantier

- Béton maigre
- Béton de remplissage / d'enrobage
- (Béton des objets à l'abri des intempéries)
- Granulats 0/22
- Mieux 200 kg/m³ (théoriquement possible dès 150 kg/m³)



1) Béton recyclé RC-M

Avantages

- Réutilisation bétons de démolition → diminution volume de décharge type B
- Meilleur prix → entre 10 – 20 CHF/m³ d'économie
- Mise en œuvre facile avec pelle hydraulique / grue / à la main
- Granulométrie adaptée pour couche de 0-50 ou 50-100 mm



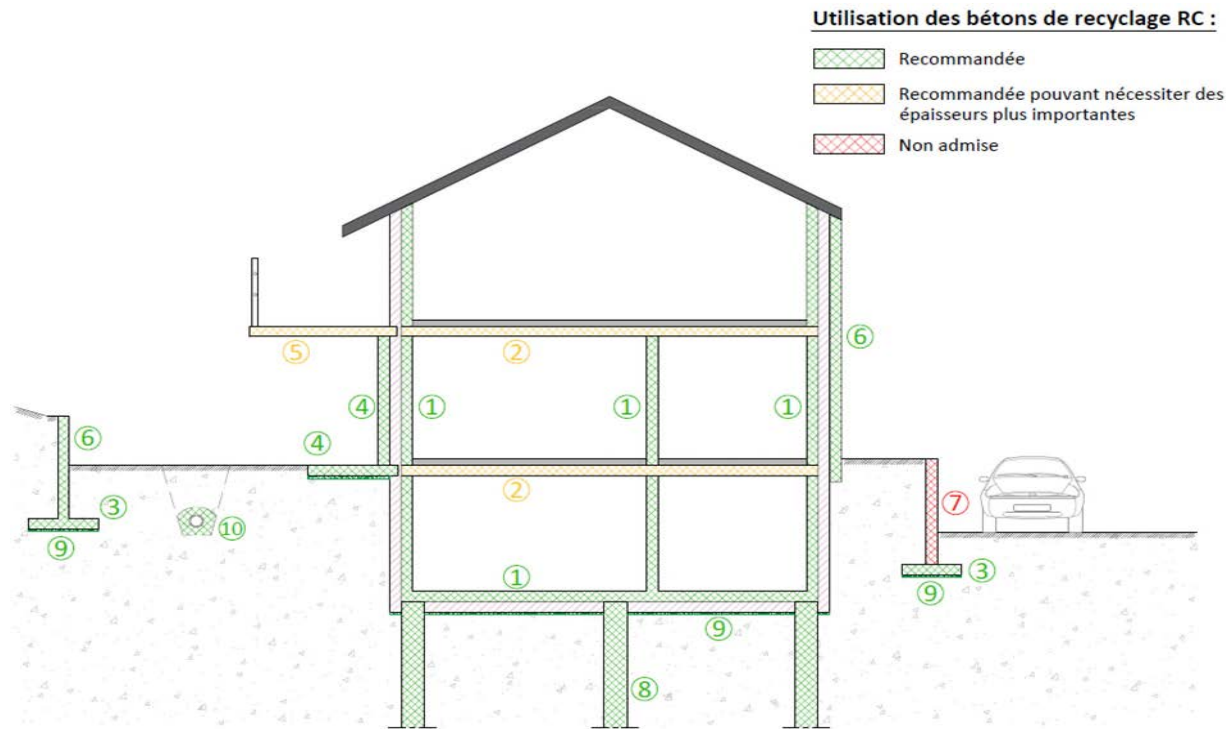
1) Béton recyclé RC-M

Limites

- Recette à modifier pour du béton pompé → rajout du sable / ciment / adjuvants
- Augmentation de prix si béton doit être pompé
- Particules étrangères dans le produit fournit
- Caractéristique collant du béton



2) Béton recyclé RC-C



		Classe d'exposition Expositionsklassen	Sorte de béton Betonart	RC béton recommandé RC Beton empfohlen
1	Radiers et murs intérieurs Innenbodenplatten und -wänden	XC1	Sortes A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
2	Dalles intérieures ¹⁾ Innendecken	XC1	Sortes A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
3	Structures extérieures enterrées (fondations) Aussenstrukturen unterirdisch (Fundamente)	XC2	Sortes A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
4	Structures extérieures à l'abri de la pluie Aussenstrukturen vor Regen geschützt	XC3	Sortes B	RC-C25, RC-C50 RC-M10
5	Dalles extérieures ¹⁾ Aussendecken	XC4	Sortes C	RC-C25, RC-C50
6	Structures extérieures exposées à la pluie Aussenstrukturen Regen ausgesetzt	XC4	Sorte C	RC-C25, RC-C50
7	Structures exposées aux sels de déverglaçage Strukturen Taumittel ausgesetzt	XC4 - XD1 à XD3	Sortes D à G	-
8	Pieux forés Bohrpfähle	-	Sortes P1 à P4	RC-C25
9	Béton de propreté Sauberkeitsschicht	X0	Sorte 0	RC-C25, RC-C50 RC-M10, RC-M40
10	Enrobage de tuyaux Rohrumhüllung	X0	Sorte 0	RC-C25, RC-C50 RC-M10, RC-M40

- 1) Le module d'élasticité plus faible du béton recyclé peut conduire à des épaisseurs de dalle plus importantes.
Der geringere Elastizitätsmodul von Recyclingbeton kann zu größeren Deckendicken führen.

1) Béton recyclé RC-M

Normes et demande client

Béton de recyclage			Sortes de béton selon SN EN 206 :2013+A2 :2021, tableaux NA.5 et NA.8							
Type / Classe	Teneurs [%-Masse]	0	A	B	C	D	E	F	G	Béton de pieux P1, P2, P3, P4
RC-C *	RC-C25 25% ≤ C < 50%	admis			?	1)	non admis		admis	
	RC-C50 50% ≤ C ≤ 100%	admis			?	1)	non admis		1)	
RC-M **	RC-M10 10% ≤ M < 40%	admis			1)	non admis		1)		
	RC-M40 40% ≤ M ≤ 100%	admis	1)			non admis		1)		

Sources: SIA 2030:2021 et version provisoire du futur guide technique d'application pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux du canton du Valais.

2) Béton recyclé RC-C

Mise en œuvre et aspects chantier

- Sorte A / Sorte B / Sorte C
- Proportion granulats recyclés $> 25\%$ et normalement $< 75\%$
- Choix des objets appropriés pour du béton recyclé
- Définition exigences
 - Module d'élasticité
 - Retrait
 - Fluage
- Granulats concassés \rightarrow garantir l'ouvrabilité
- Souvent dosage ciment plus élevé
- Aspet visuel sans changement significatif



2) Béton recyclé RC-C

Avantages

- Réutilisation bétons de démolition → diminution volume de décharge type B
- Prix attractif
- Critère demandé par Minergie ECO
- Béton adapté en fonction des objets appropriés (réservation du béton primaire pour les autres objets)



3) Béton recyclé RC-C

Limites

- Module d'élasticité inférieur, fluage et retrait plus important
- Pas ou peu d'expérience à long terme
- Refus par mandataire
- Granulats «boivent» l'eau
- XD1 = corrosion par sel de déverglaçage
- XF2 = attaque par gel-dégel avec agent de déverglaçage
- Aspect visuel après traitement de surface

- Applications recommandées pour le RC-C25 et RC-C50
- Applications recommandées pour le RC-M10
- - - Applications recommandées pour le RC-M40

Sorte	Sorte 0 («zéro»)	Sorte A ¹⁾	Sorte B	Sorte C	Sorte D (T1) ^{2,3)}	Sorte E (T2) ³⁾	Sorte F (T3) ⁴⁾	Sorte G (T4) ⁴⁾
Exigences de base (Conformité des béton selon EN EN 206)								
Classe de résistance à la compression	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Classe(s) d'exposition (combinaison des classes indiquées)	X0(CH)	XC2(CH)	XC3(CH)	XC4(CH), XF1(CH)	XC4(CH), XD1(CH), XF2(CH)	XC4(CH), XD1(CH), XF4(CH)	XC4(CH), XD3(CH), XF2(CH)	XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)
Dimension maximale nominale du granulat	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32
Classe de teneur en chlorures ⁵⁾	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10
Classe de consistance ⁶⁾	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
Exigences supplémentaires pour les classes d'exposition XF2 (CH) à XF4 (CH)								
Résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglaçage	néant	néant	néant	néant	moyenne	élevée	moyenne	élevée

Version provisoire du futur guide technique d'application pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux du canton du Valais.

3) Economie circulaire

L'économie circulaire du point de vue de l'entreprise

- ✓ Triage et traitement
- ✗ Projet conception durable
- ✗ Demande des produits revalorisés
- ✓ Mise en œuvre produits revalorisés

Ne pas oublier!

- Apport matières premières
- Mise en décharge déchets résiduels



3) Exemple économie circulaire

Présentation chantier:

Cour de Gare Sion

Un nouveau quartier d'activités mixtes en plein centre de Sion.

Le projet s'étend sur un terrain de plus de 16'000 m² et comprend 8 bâtiments



80'000 m³ terrassement, dont:

- 22'000 m³ type B
- 2'000 m³ type E
- 4'000 m³ > type E

30'000 m³ bâtiments enterrés

Différents autres objets à démolir (enrobé, murs de soutènement, fondations, etc.)



3) Exemple économie circulaire



Objective: éviter la mise en décharge finale

Matériaux primaires / recyclés pour gravières

- Production de grave
 - GNT 0/45 normée
 - Chaille 30/60 ou 60/90
 - RC Grave

Matériaux primaires et recyclés pour centrales à béton

- Production béton (et enrobé)
- RC-M / RC-C

Autres:

- Remblai

3) Exemple économie circulaire

5'000 m³ granulats béton 0/22
→ Béton maigre / béton recyclé

1'000 m³ granulats béton 0/45
→ Grave recyclé

6'000 m³ béton de démolition
pour production béton / grave
→ Béton ou grave recyclé

2'000 m³ mélange béton de
démolition et grave
→ Grave recyclé

1. Triage objets/matériaux mobiles et travaux selon rapport assainissement du bâtiment (désamiantage etc.)
2. Démolition des bâtiments et objets en béton
3. Triage matériaux
4. Concassage 0/22 ou 0/45
5. Revalorisation des granulats pour production grave ou béton recyclé



3) Exemple économie circulaire

Démolition soignée



Séparation, triage, traitement



Mise en œuvre produit revalorisé



Upcycling dans centrale à proximité

Quelques photos



Quelques photos



Résumé

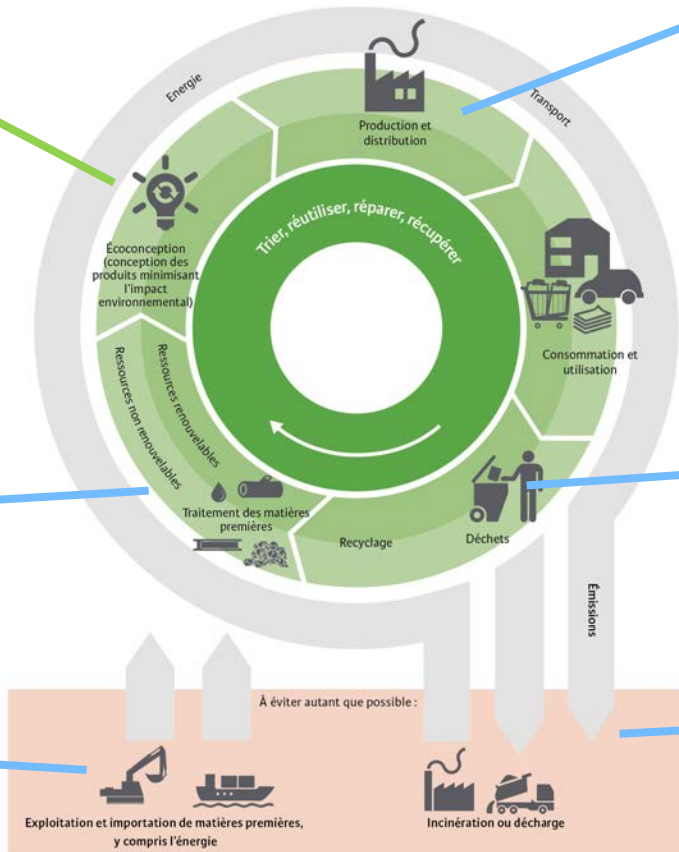
Qu'est-ce qui est nécessaire pour l'utilisation des béton recyclés?

Demande par client/mandataire
Définition produits et objets

Mise à disposition savoir-faire et informations

Traitement des matériaux primaires ou recyclés

Extraction des matériaux primaires



Livraison et mise en œuvre des produits recyclés

Contrôle et essais

Démolition soignée et tri des déchets

Elimination des déchets

Je vous remercie pour votre attention.

Questions ?





Écobilans des produits en béton

asr – Recyclage matériaux construction Suisse
2 novembre 2023

Dr. Linda Roberts
Neosys AG

À votre service avec tous les outils du développement durable.



Neosys AG | Privatstrasse 10 | 4563 Gerlafingen | Tel. +41 32 674 45 11 | info@neosys.ch | www.neosys.ch

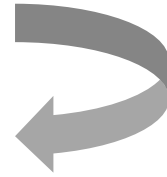
Büro Bern: Wasserwerkstrasse 2 | 3011 Bern | Tel. +41 31 351 98 66 | **Bureau Romand:** Ch. des Tuileries 7 | 1066 Epalinges | Tél. +41 21 784 41 24

A quoi servent les écobilans?

- Le recyclage de matériaux de construction contribue de manière significative à la gestion durable des ressources
- Motivation plus générale: Construire en respectant l'environnement
 - ⇒ Gestion durable des ressources
 - ⇒ Minimisation des impacts environnementaux négatives (Emission de CO₂, polluants, etc.)
- L'écobilans nous permet de comparer l'impact environnemental de différentes constructions
 - Au niveau de matériaux de construction, composants de construction
 - Au niveau de composants d'un projet de construction (construction; construction & utilisation)
- Le béton est un matériau à l'empreinte carbone relativement élevée
 - ⇒ Divers efforts pour réduire l'empreinte
 - ⇒ L'écobilans représente un instrument important pour faciliter le choix entre différentes options de béton (production, utilisation)

L'écobilans – c'est quoi?

- L'écobilans nous permet de quantifier des différents impacts environnementaux
- Points clé à déterminer:
 - 1) Motivation
 - 2) Unité déclarée ou fonctionnelle
 - 3) Limites du système



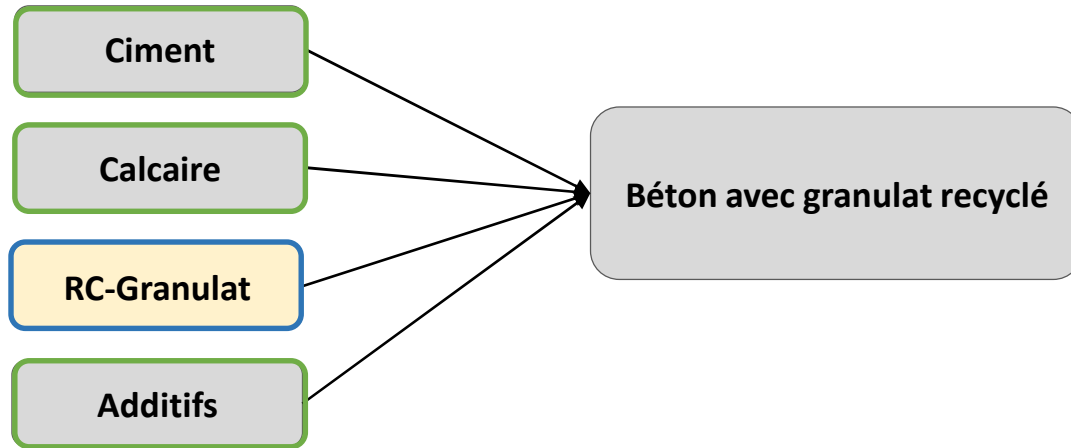
Exemple:

- Motivation: Connaitre les impacts environnementaux de divers types de béton recommandés pour une certaine application
- Unité déclarée: m³ de béton; tonne de béton

Limites du système d'un écobilans

- Question clé: Quelles sont les impacts environnementaux qu'il me faut attribuer au produit en considération?
 - Quelles consommations de ressources, quelles émissions?

Exemple: Ecobilans d'un béton avec granulats recyclés



Granulats de béton recyclés: Déchet ou ressource?

Principe du pollueur-payeur

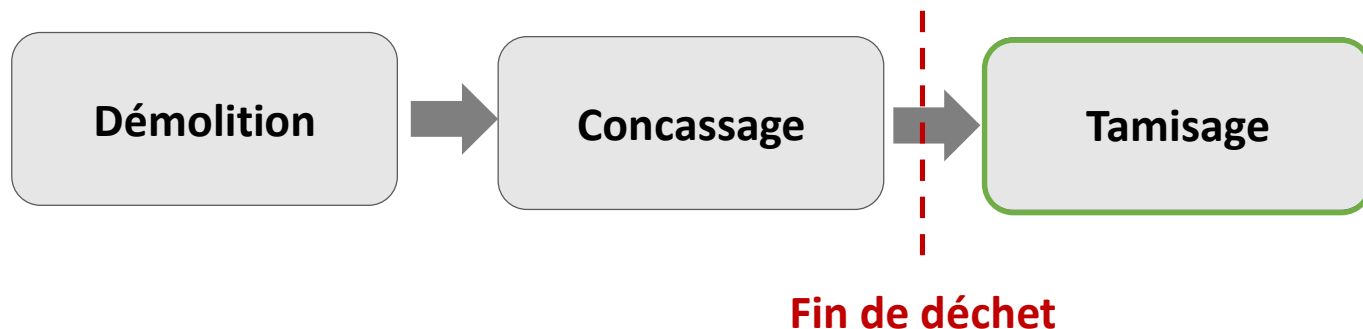
Les processus de traitement des déchets doivent être associés au système à l'origine du déchet jusqu'à ce que le **statut de fin de déchet** soit atteint.



Le granulats recyclés contribuent à l'écobilan d'un produit qui le contient à partir du point où le granulats n'est plus considéré un déchet mais une ressource.

Limites du système d'un écobilans

Définition de statut de fin de déchet dans le contexte des produits de béton



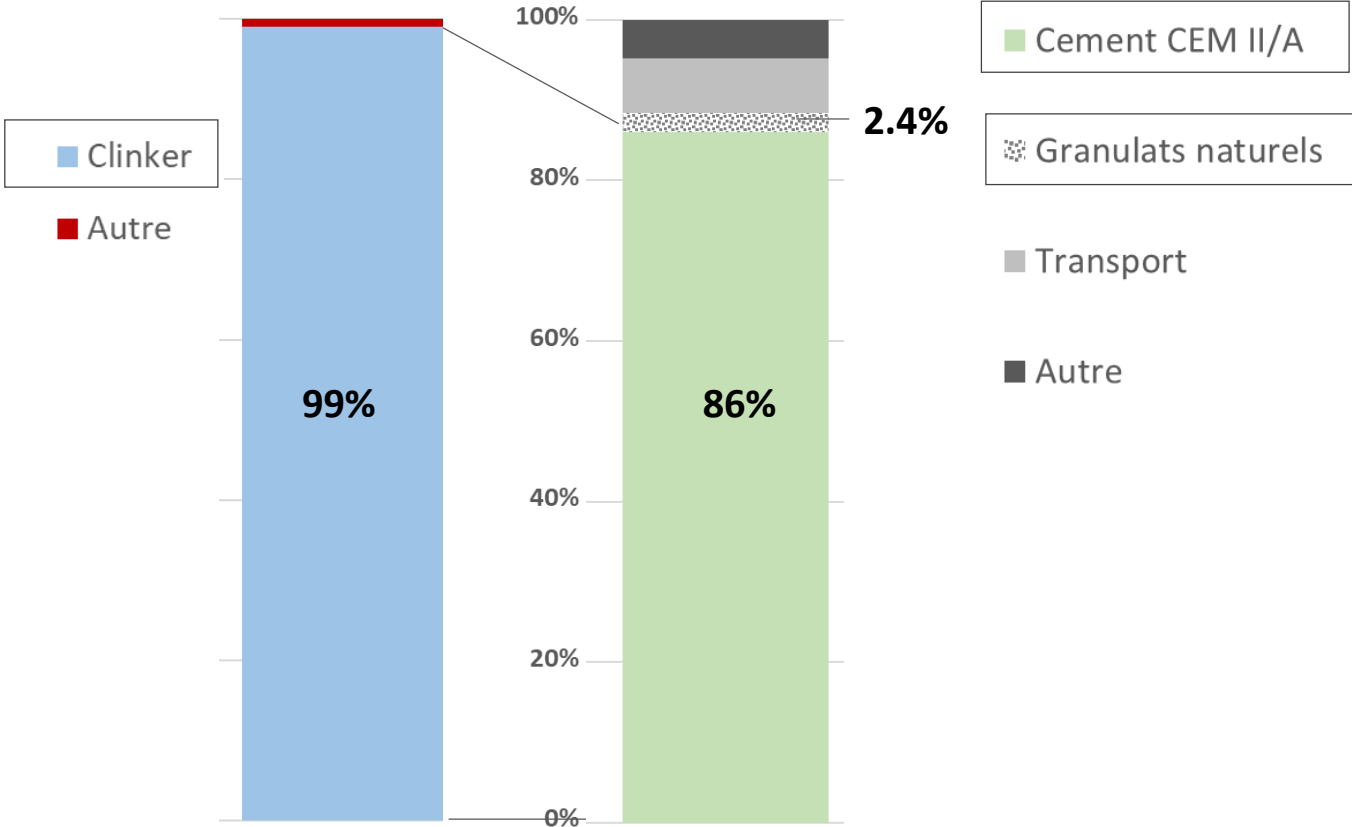
Dans l'écobilan d'un produit qui contient granulats recyclés les impacts environnementaux de la préparation du granulats recyclés sont à considérer dès le tamisage.

- Le tamisage ne consomme pas beaucoup d'énergie par tonne de granulats recyclés produits
 ⇒ La contribution du granulats de béton recyclés aux résultats de l'écobilans est très limitée.

Effet de l'utilisation de granulats recyclés sur l'écobilans des produits en béton

Question clé: Qu'est-ce que ce le granulats recyclés remplace?

Exemple: Contributions à l'empreinte carbone d'un béton à base de ciment CEM II/A

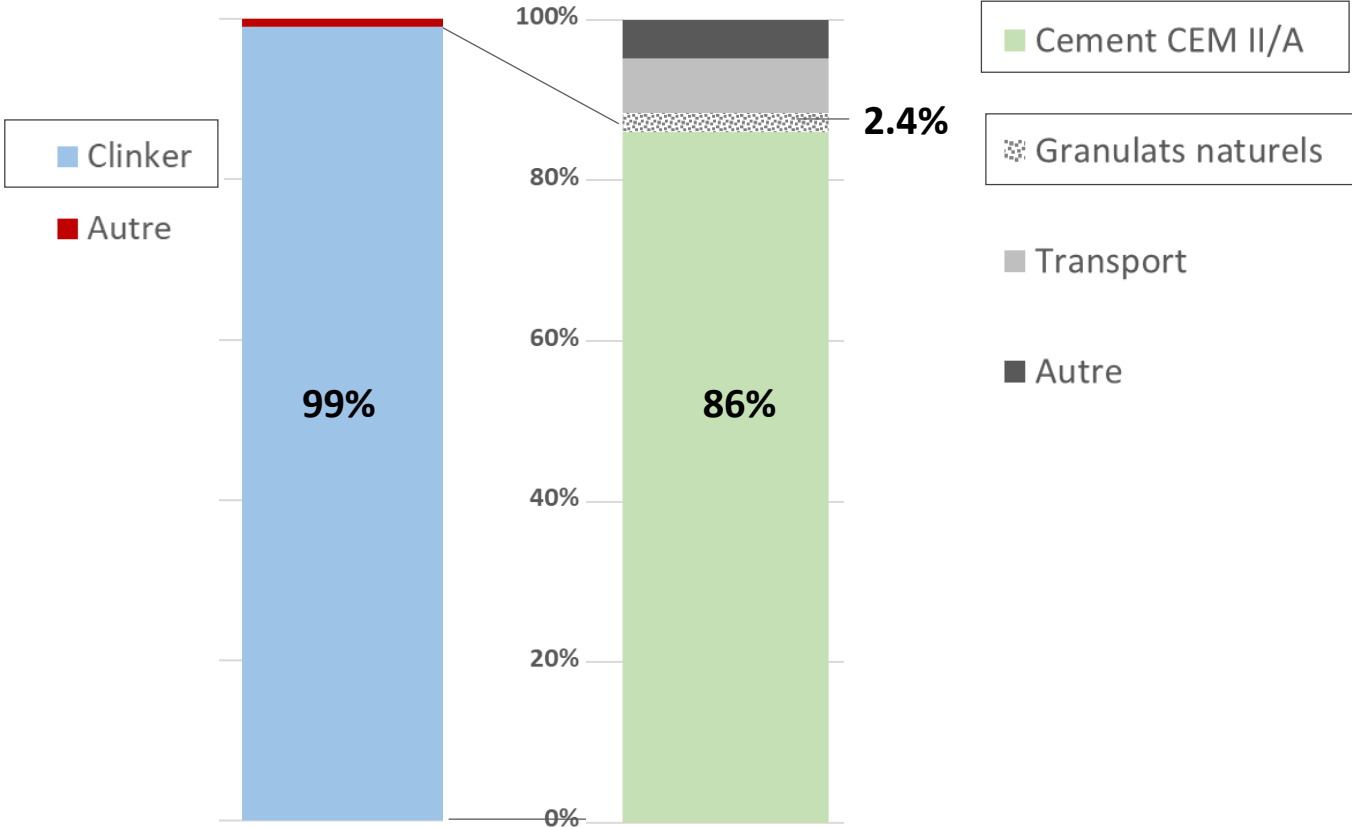


Compte tenu de la contribution à l'empreinte carbone dominante du ciment (en effet du clinker) le potentiel de réduire l'empreinte carbone d'un béton est plus élevé si on utilise utilisant le granulats de béton recyclé au niveau de production du ciment plutôt que pour remplacer des granulats naturels dans la production du béton.

Effet de l'utilisation de granulats recyclés sur l'écobilans des produits en béton

Question clé: Qu'est-ce que ce le granulats recyclés remplace?

Exemple: Contributions à l'empreinte carbone d'un béton à base de ciment CEM II/A



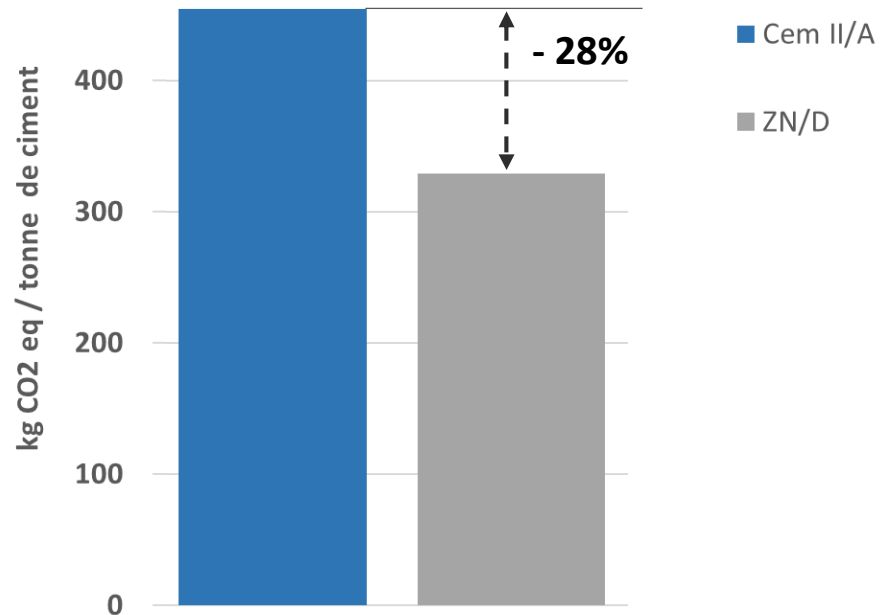
Mise en garde: L'effet positive de l'utilisation du granulats de béton sur l'empreinte carbone peut être compensé par une modification de la recette du béton (rendue nécessaire à cause du RC-granat)

Exemple: On remplace une partie des granulats naturels et par contre on utilise un pourcentage plus élevé du ciment

Effet de l'utilisation de granulats recyclés sur l'écobilans des produits en béton

Question clé: Qu'est-ce que ce le granulats recyclés remplace?

Exemple: Comparaison de l'empreinte carbone d'un ciment ZN/D avec un ciment CEM II/A



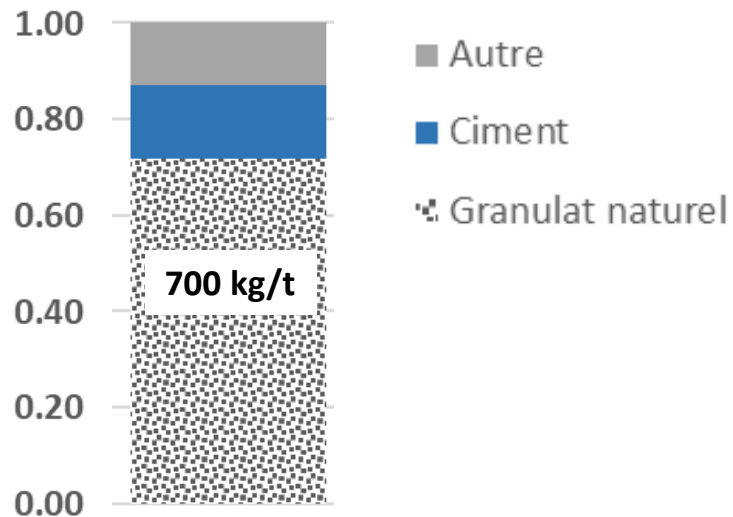
⇒ Les effets de l'utilisation de granulats de béton recyclés sur l'écobilans du ciment et les produits en béton peuvent être significatives.

- Le ciment ZN/D contient 29% moins de clinker

Effet de l'utilisation de granulats recyclés sur l'écobilans des produits en béton

Question clé: Qu'est-ce que ce le granulats recyclés remplace?

Exemple: Effet supplémentaire pouvant être obtenu par la carbonatation du béton

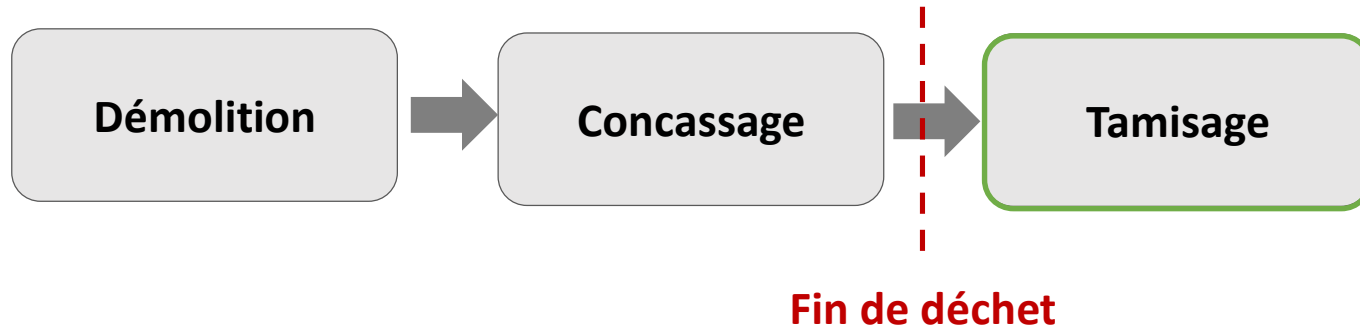


- Composition typique d'un béton à base de Cem II

- En exposant le granulats du béton recyclés au dioxyde de carbone on peut fixer du CO_2 dans le granulats
- $\sim 10 \text{ kg CO}_2$ peut être fixé par tonne de granulats
- 25% - 45% du granulats naturels peut être remplacé par le granulats de béton recyclés
 - $\Rightarrow \sim 1.8 - 3.2 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ peuvent donc être incorporés par tonne de béton
- Empreinte carbone typique d'un béton (CEM II) $\sim 80 - 100 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} / \text{t}$ béton
 - \Rightarrow Le gazage du granulats de béton recyclés peut réduire l'empreinte carbone d'un béton de quelques points de pourcentage

Effet de l'utilisation de granulats recyclés sur l'écobilans des produits en béton

Est-ce qu'il y a une différence entre l'utilisation du granulat de béton et du granulat non trié ?



Dans l'écobilan d'un produit qui contient des granulats recyclés, les impacts environnementaux de la préparation du granulat recyclé sont à considérer dès le tamisage.

- Le tamisage du granulat non trié consomme ~ la même énergie que le tamisage du granulat de béton
 - ⇒ Du point de vue de la contribution du granulat recyclé aux résultats de l'écobilan, il n'y a pas de différence significative
 - ⇒ L'effet obtenu est dans le remplacement => Questions clés : qu'est-ce qu'on peut remplacer si on utilise le granulat non trié ? Quelles modifications de recette sont nécessaires ?

Types d'écobilans courants dans le secteur construction

- Déclarations environnementales de produit (DEP; EPD) – au sein de l'UE => EN 15804
- Ecobilans selon les règles du KBOB - Suisse

Etape de production A1-A3			Etape de la construction du bâtiment		Etape d'utilisation								Etape d'élimination C				D Crédits et débits en dehors des frontières du système
Approvisionnement en matières premières	Transport	Production	Transport sur le chantier	Installation dans le bâtiment	Utilisation/ Application	Maintenance	Réparations	Remplacement	Renouvellement	Utilisation d' énergie pour le bâtiment	Utilisation d' eau pour le bâtiment	Déconstruction/démolition	Transport	Traitement des déchets	Décharge	Potentiel de réutilisation, récupération ou recyclage	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

- Limites du système: Selon la norme EN 15804+A2 un EPD doit inclure au moins les modules 1) **A1–A3**, 2) **C** et 3) **D**
- Les résultats de ces 3 blocs sont déclarés séparément
- Les écobilans KBOB ne contient pas le module D

EN 15804:2012+A2:2019 + AC:2021: Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant les catégories de produits de construction

Dfférences fondamentales entre EPD et écobilans KBOB

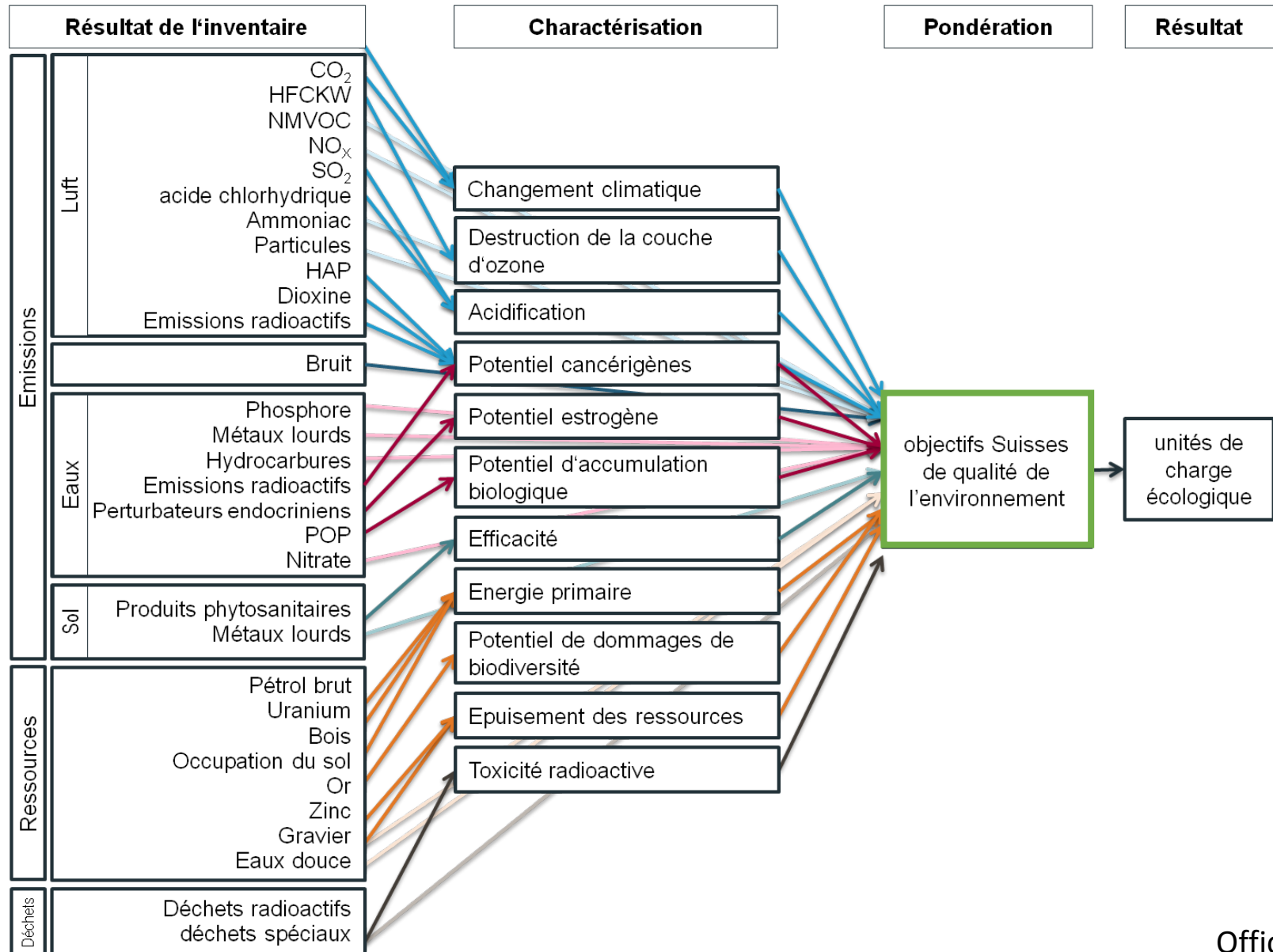
- L'EPD fourni les résultats de 38 différents indicateurs d'impact environnementale
- Ecobilans selon les règles du KBOB:
 - Energie primaire (renouvelable / non renouvelable)
 - Emissions de gaz à effect de serre (CO_2_{eq}) => empreinte carbone
 - Unités de charge écologique (UCE) selon la méthode de la saturation écologique

Tableau 5 : Indicateurs d'évaluation de l'impact du cycle de vie

Abréviation	Unité	Indicateur
GWP	kg éq. CO_2	Potentiel de réchauffement planétaire
ODP	kg éq. CFC 11	Potentiel de déplétion ozonique
AP	kg éq. SO_2	Potentiel d'acidification
EP	kg éq. PO_4^3	Potentiel d'eutrophisation
POCP	kg éq. éthène	Potentiel de création d'ozone photochimique
ADPE	kg éq. Sb	Potentiel d'appauvrissement abiotique pour les ressources non fossiles
ADPF	MJ	Potentiel d'appauvrissement abiotique pour les ressources fossiles

Une partie des indicateurs d'impact déterminés par les EPD

Méthode de la saturation écologique



Comparaison EPD et écobilans KBOB

EPD

- Pertinent dans le contexte européen et internationale
- L'information fourni d'un EPD n'est pas forcément claire et facile à comprendre
- Les EPD peuvent être enregistré à travers des programmes EPD qui prévoient une vérification externe de l'EPD => Crédibilité
- En contexte européenne il y a un nombre croissant de base de données EPD de matériaux et composants de construction à la disposition pour réaliser des écobilans des projet de construction

Une liste de fournisseurs de programmes EPD est disponible à l'adresse suivante :

<https://www.eco-platform.org/the-eco-epd-programs.html>



Exemple d'un programme:



Comparaison EPD et écobilans KBOB

Ecobilans selon KBOB

- Utilisé seulement en Suisse
- L'analyse agrégée en unité de charge écologique permet une comparaison plus facile de résultats (1 seul nombre)
- L'agrégation en UCE est normative; l'interprétation du résultat n'est pas évidente
- La liste KBOB des données écobilans dans la construction est un outil important dans le contexte suisse

Données Ecobilans Construction		KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022, Version				
ID-Nummer	BAUMATERIALIEN Hinweis: Anzeigen der herstellerepezifischen und herstellerregionenspezifischen Daten durch Anklicken der '+' am linken Rand.	Rohdichte/ Flächen- masse	Bezug Référence	UBP'21		
		Masse volumique/ surface		Total	Herstellung	Entsorgung
00	Vorbereitungsarbeiten	-				
00.001	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, gespriesst	-	m ²	1'300'000	1'140'000	167'000
00.002	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, unverankert	-	m ²	1'230'000	1'070'000	167'000
00.003	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, verankert	-	m ²	846'000	735'000	111'000
00.004	Baugrubensicherung, Nagelwand	-	m ²	188'000	164'000	24'300
00.005	Baugrubensicherung, Rühlwand, auskragend	-	m ²	436'000	397'000	39'000
00.006	Baugrubensicherung, Rühlwand, gespriesst	-	m ²	305'000	282'000	22'800

Merci de votre attention

Questions?



Système de normatives et règles pertinentes pour les EPD

- Une EPD est une analyse du cycle de vie d'un produit **selon certaines règles**.
- **Normes et règles applicables**
 - **ISO 14040 & 14044: 2006** Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework; Requirements and guidelines
 - **ISO 14025:2006** Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures
 - **EN 15804:2012+A2:2019** Durabilité des constructions - Déclarations environnementales de produits - Règles de base pour la catégorie de produits de construction
 - **EN 16757:2022** Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant la catégorie de produits pour le béton et les éléments en béton
- Selon le fournisseur du programme EPD, d'autres instructions de programme et des règles de catégories de produits complémentaires s'appliquent



Services écobilans Neosys

- EPD, sans ou avec validation externe
- Empreintes carbone
⇒ Certificat du Product Carbon Footprint
- Ecobilans comparatives



Certificat du Product Carbon Footprint

Nous certifions que le produit

XYZ

de la Société

XY SA

a été sujet d'une étude approfondie et scrupuleuse de ses émissions spécifiques en gaz à effet de serre, selon les principes de ISO 14060 et le « Greenhousegas Protocol ». Ces émissions spécifiques, le « Carbon Footprint » (cradle to gate), se montent à :

xy kg CO₂-eq brut* par m³ Béton

dont

Module A1 (matières premières) : xy kg CO₂-eq par m³

Module A2 (transports) : xy kg CO₂-eq par m³

Module A3 (production) : xy kg CO₂-eq par m³

* : la valeur brute contient la contribution en émissions CO₂ des combustibles de déchets

Limites du système d'un écobilans

- Matériaux recyclés contribuent au écobilan d'un produit qui contient des matériaux recyclé du point où ils atteignaient le **statut de « fin de déchet »**

Définition de statut de « fin de déchet »

Un matériau a atteint le statut de fin de déchet lorsque

- 1) le matériau récupéré est utilisé à des fins spécifiques
- 2) il y a un marché pour le matériau, caractérisé par exemple par une valeur économique positive
- 3) Le matériau récupéré satisfait aux exigences techniques pour l'utilisation prévue fins spécifiques et satisfait à la législation et aux normes existantes en matière de produits
- 4) l'utilisation du matériau récupéré n'entraîne pas d'effets nocifs pour la santé ou l'environnement

Définition: Statut de Fin de Déchet

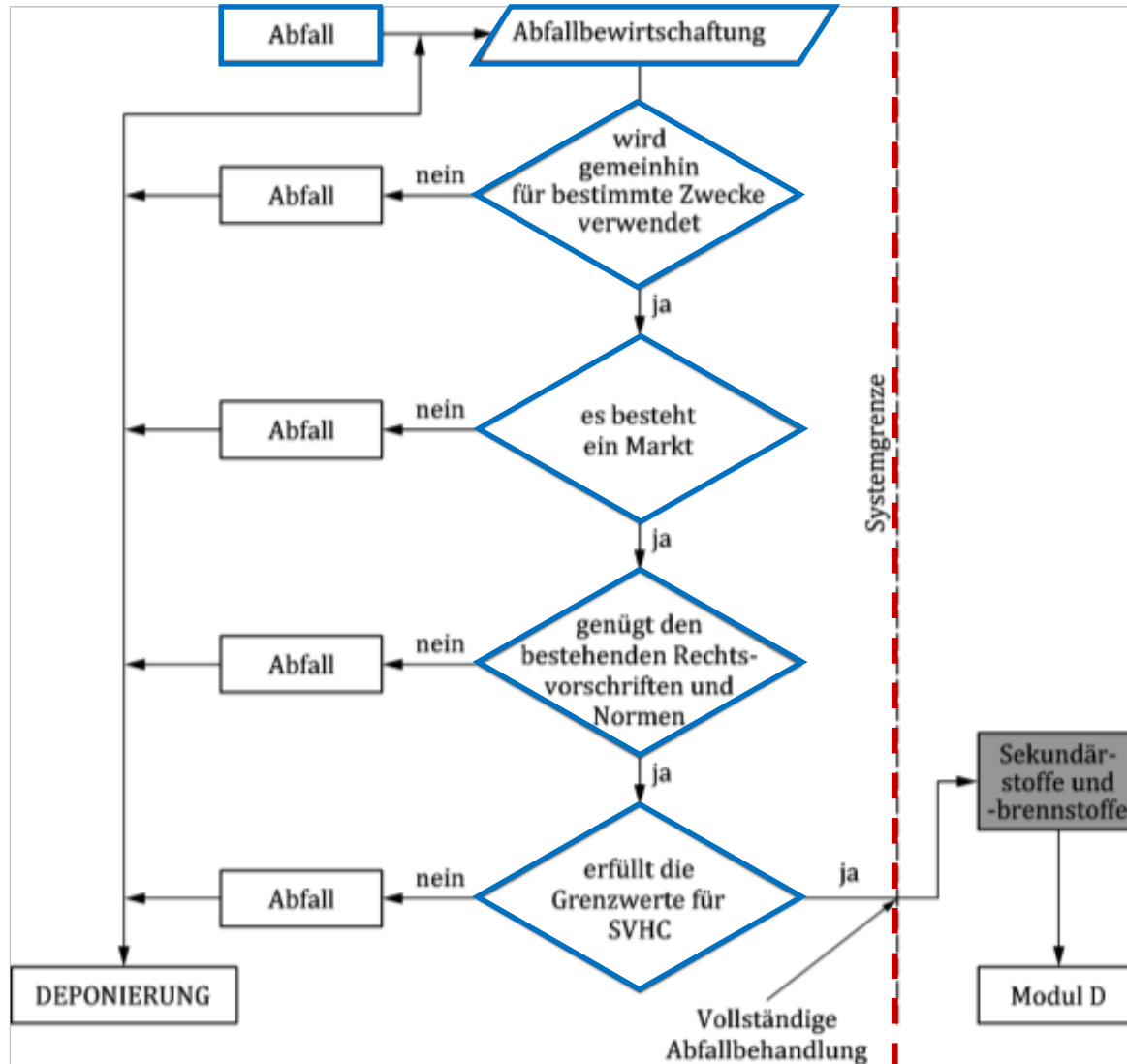
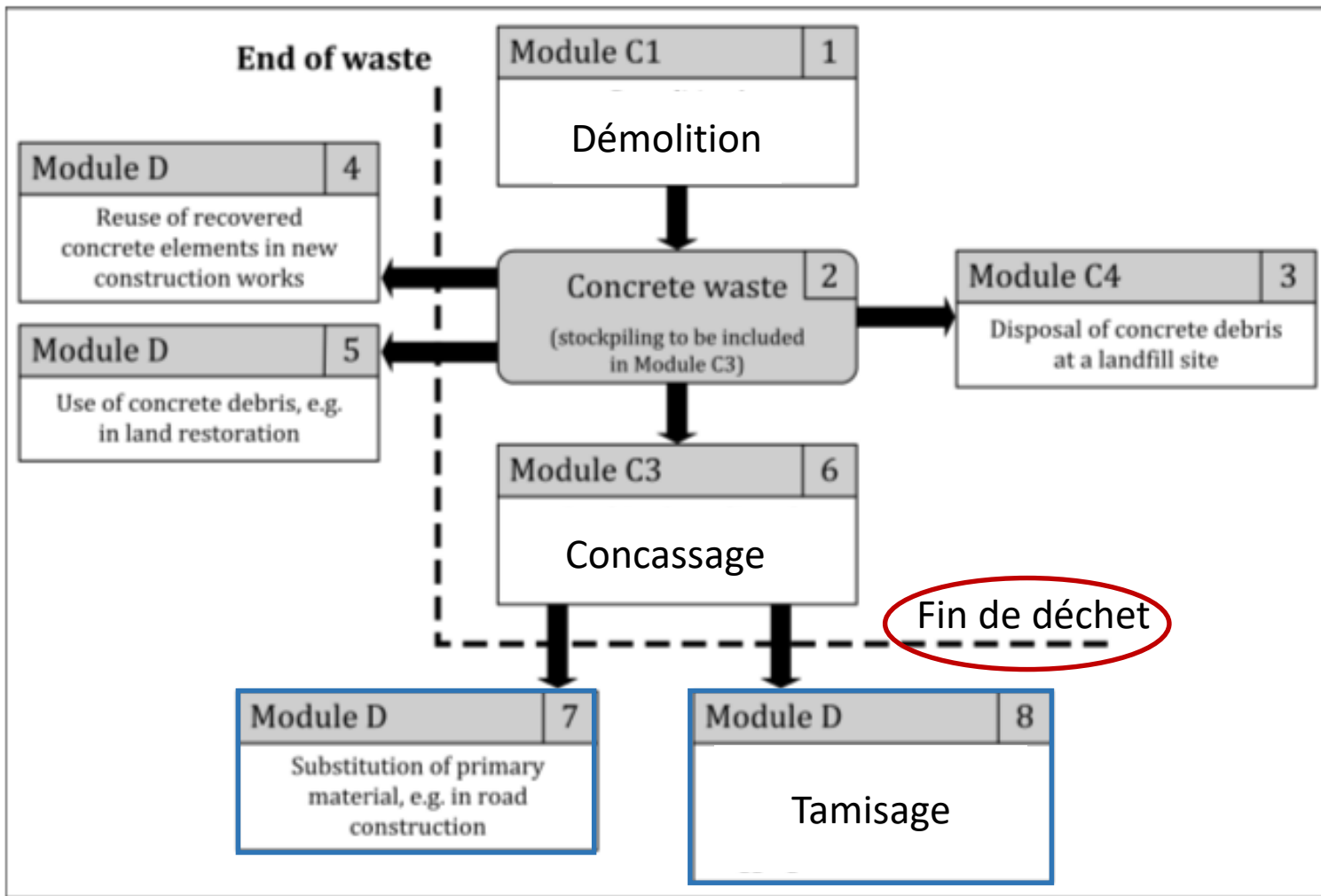


Bild B.1 — Entscheidungsbaum für das Ende der Abfalleigenschaft

DIN EN 15804:2012+A2:2019 + AC:2021:
 Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant les catégories de produits de construction

Définition de statut de fin de déchet dans le contexte des produits en béton



Dans l'écobilan d'un produit qui contient granulats recyclés les impacts environnementaux de la préparation du granulats recyclés sont à considérer dès le tamisage


Fournisseur de programmes EPD

Une liste de fournisseurs de programmes EPD est disponible à l'adresse suivante :

<https://www.eco-platform.org/the-eco-epd-programs.html>



Par exemple :

The logo for EPD, featuring a horizontal bar with three segments (light green, dark green, black) followed by the text 'EPD' and a registered trademark symbol.

THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM

The
International
EPD® System

environdec.com

Number of EPDs: 1680
(Status 1.7.2021)

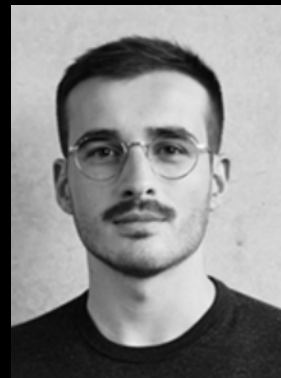


Croqué ou scié : le réemploi du béton

Maléna Bastien-Masse, Dr ès Sc. EPFL
Ingénieure civile et chercheuse

Structural Xploration Lab

<http://sxl.epfl.ch>

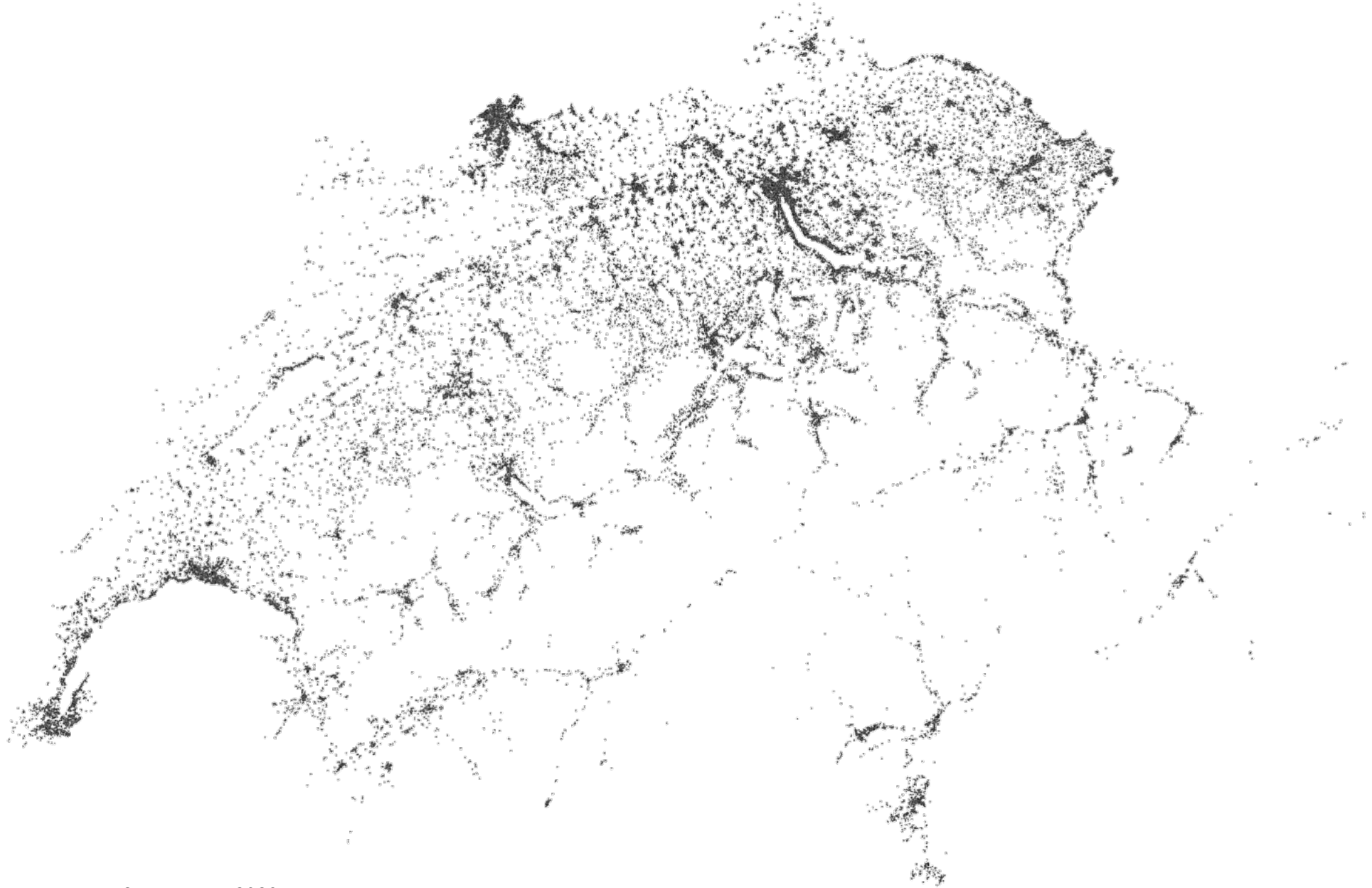




<http://sxl.epfl.ch>
<http://www.smartlivinglab.ch>
<http://enac.epfl.ch>

contexte

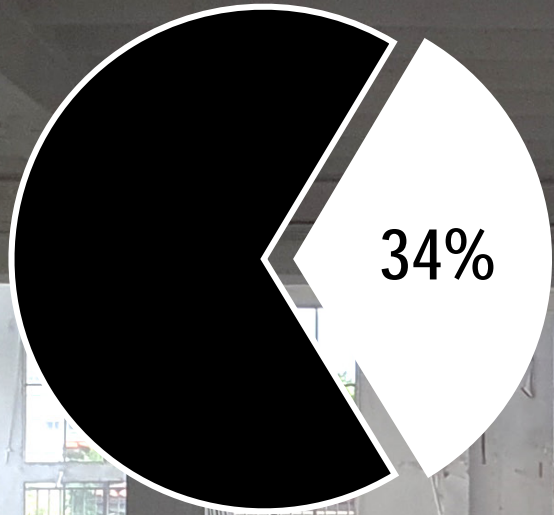
70'000 bâtiments démolis entre 2000 et 2022



évolution des besoins



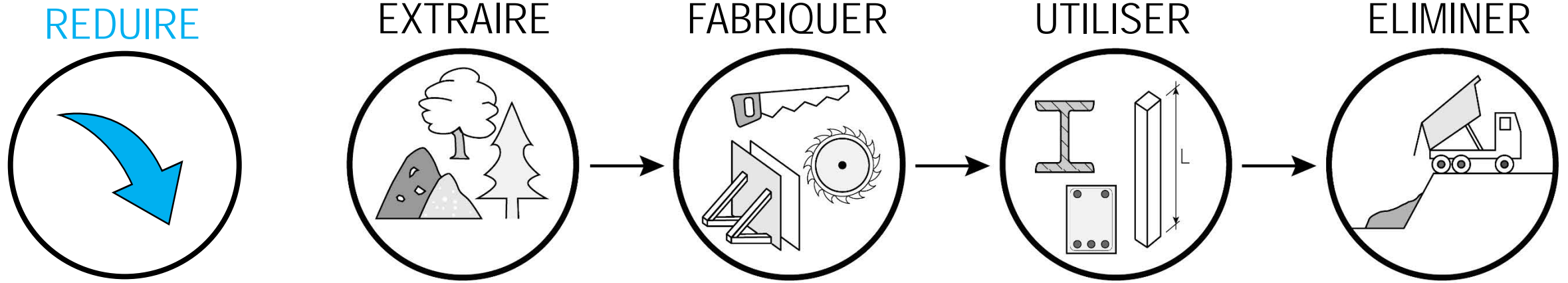
déchets de béton



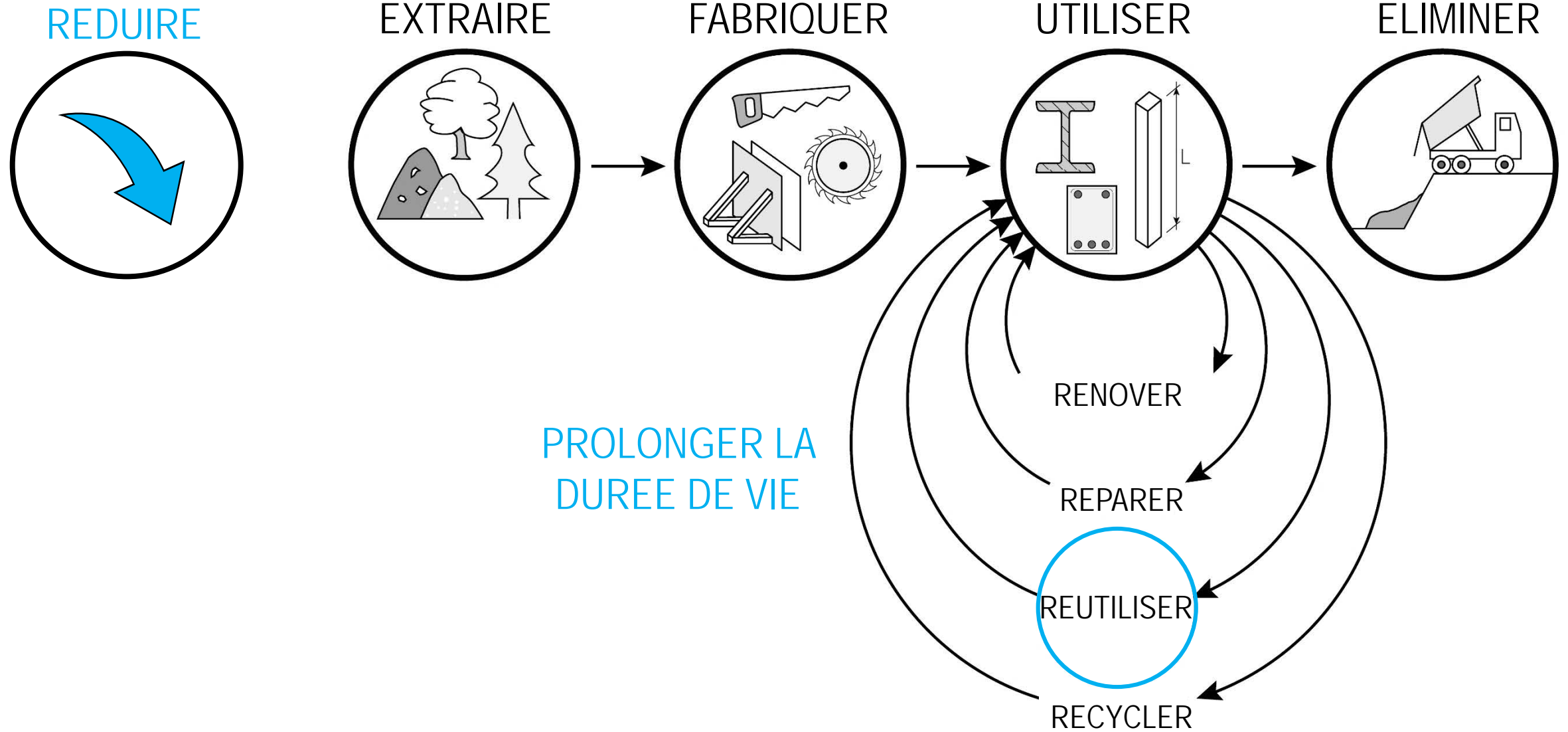
des déchets de construction & démolition

Bauabfälle in der Schweiz - Hochbau
Wüest & Partner, BAFU, 2015

économie linéaire



économie circulaire



solutions

transformation



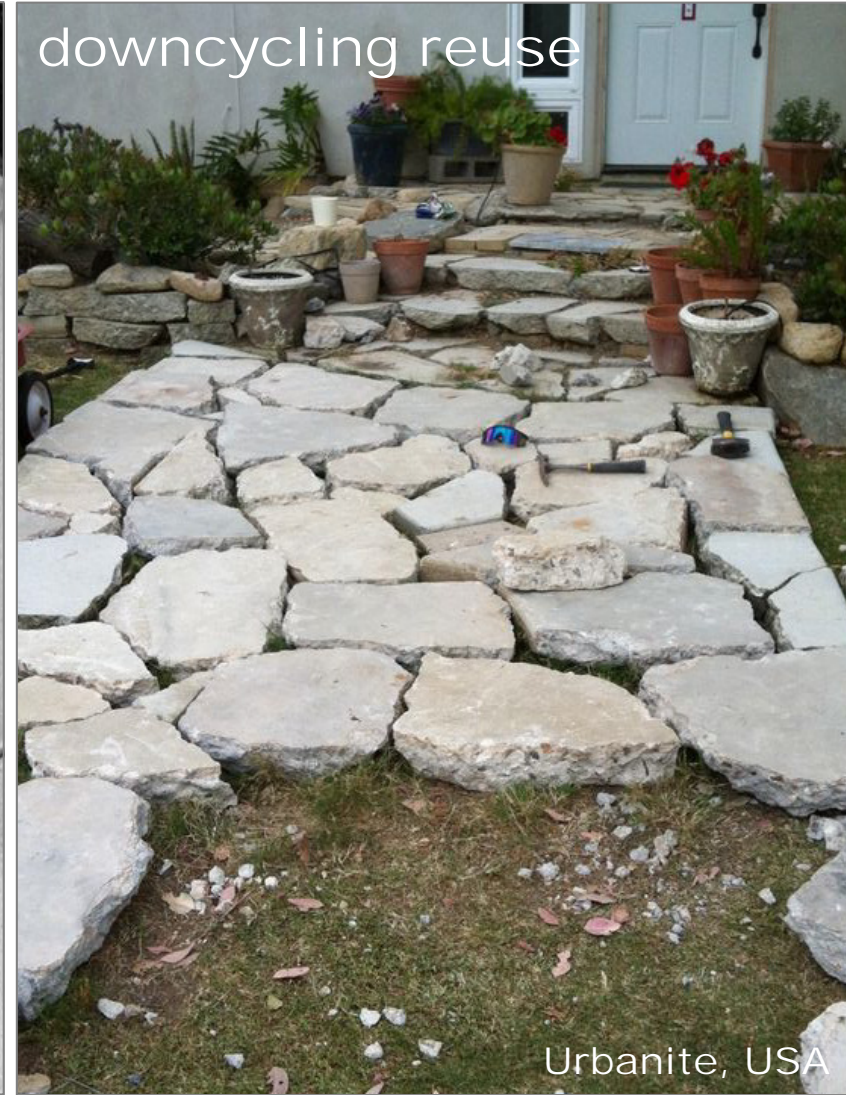
Haus der Statistik, Berlin
© Bastien-Masse, 2022

réemploi d'éléments



Udden housing, Linköping (S), 1997
© Eklund

downcycling reuse



Urbanite, USA

plus de 50 exemples



réemploi d'éléments préfabriqués



Bâtiment de logement
(Middelburg, NL, 1984-1986)

Réemploi de panneaux préfabriqués (murs et dalles) pour la reconstruction de bâtiments de 3 et 4 étages

réemploi de composants coulés sur place



SXL EPFL
RE:CRETE, passerelle
(Fribourg, CH, 2021)



Baubüro in situ
Fondation pour
colonnes
(Zürich, CH, 2022)



FAZ Architectes
Dalles pour parking
(Meyrin, CH, 2021)



rebuilT
Pavillon associatif
(Ecublens, CH, 2023)

déconstruction et réassamblage

scie circulaire



déconstruction

scie à ruban



hydro-démolition



réassameblage



barres scellées et piquage



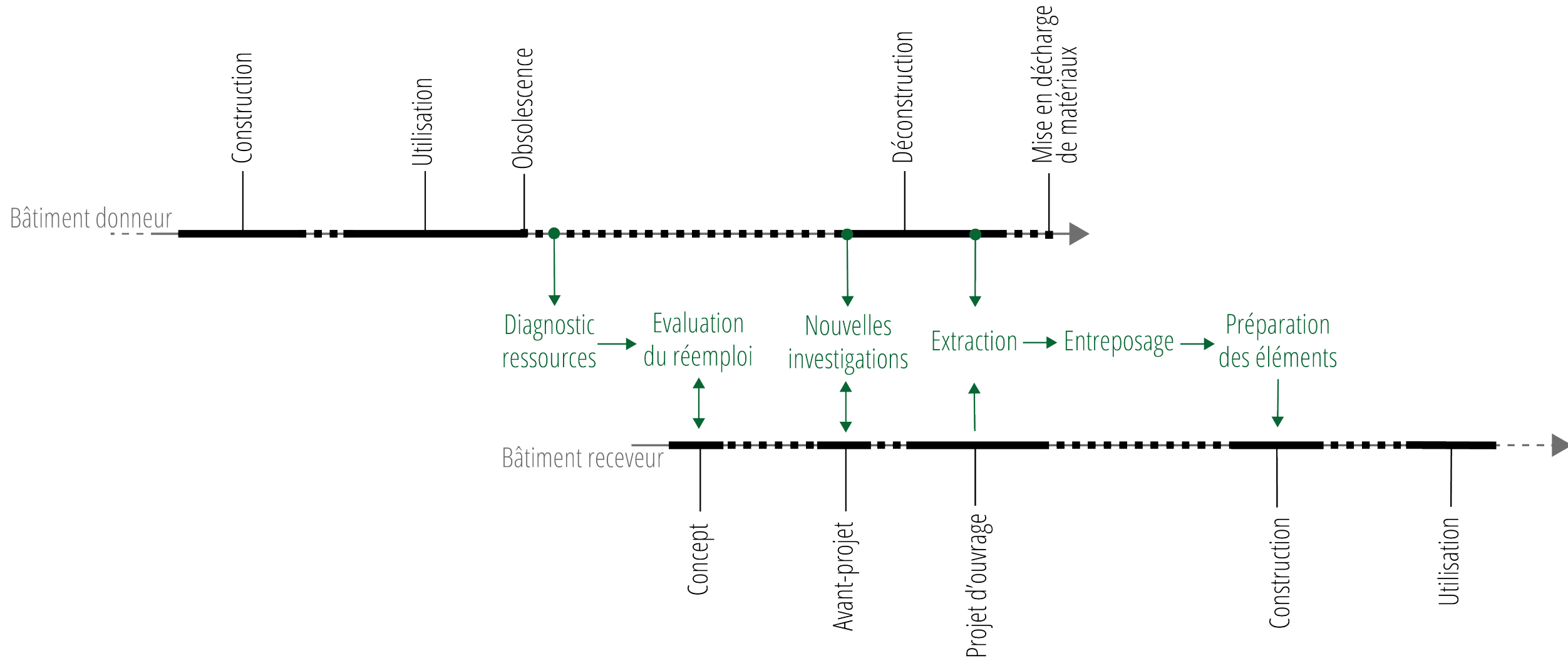
forage et précontrainte



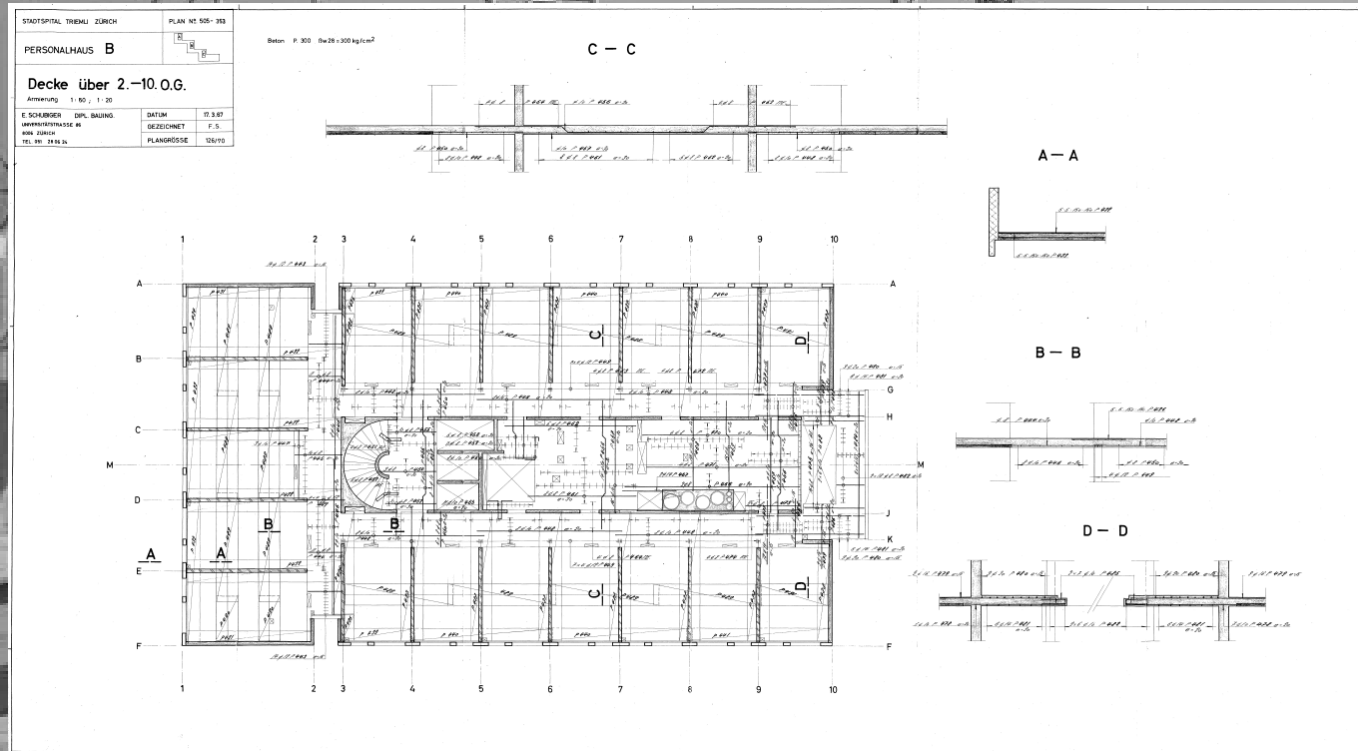
ajout de matériaux

méthodes

nouvelles phases de projet



données existantes



inventaire

Precast RC

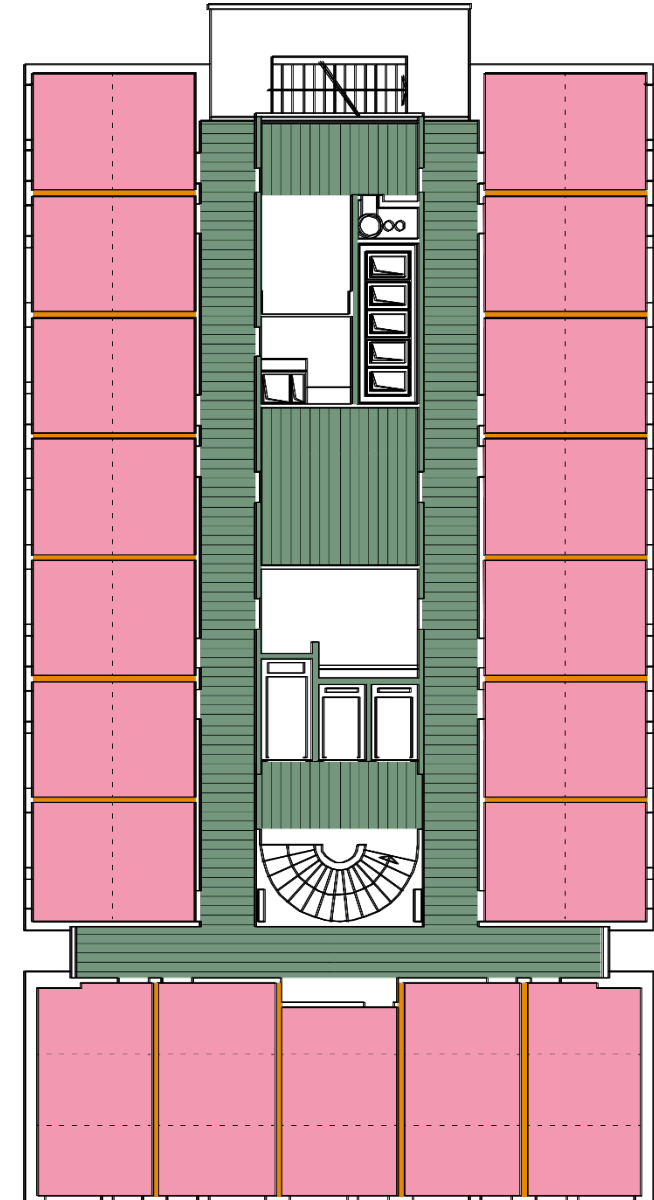
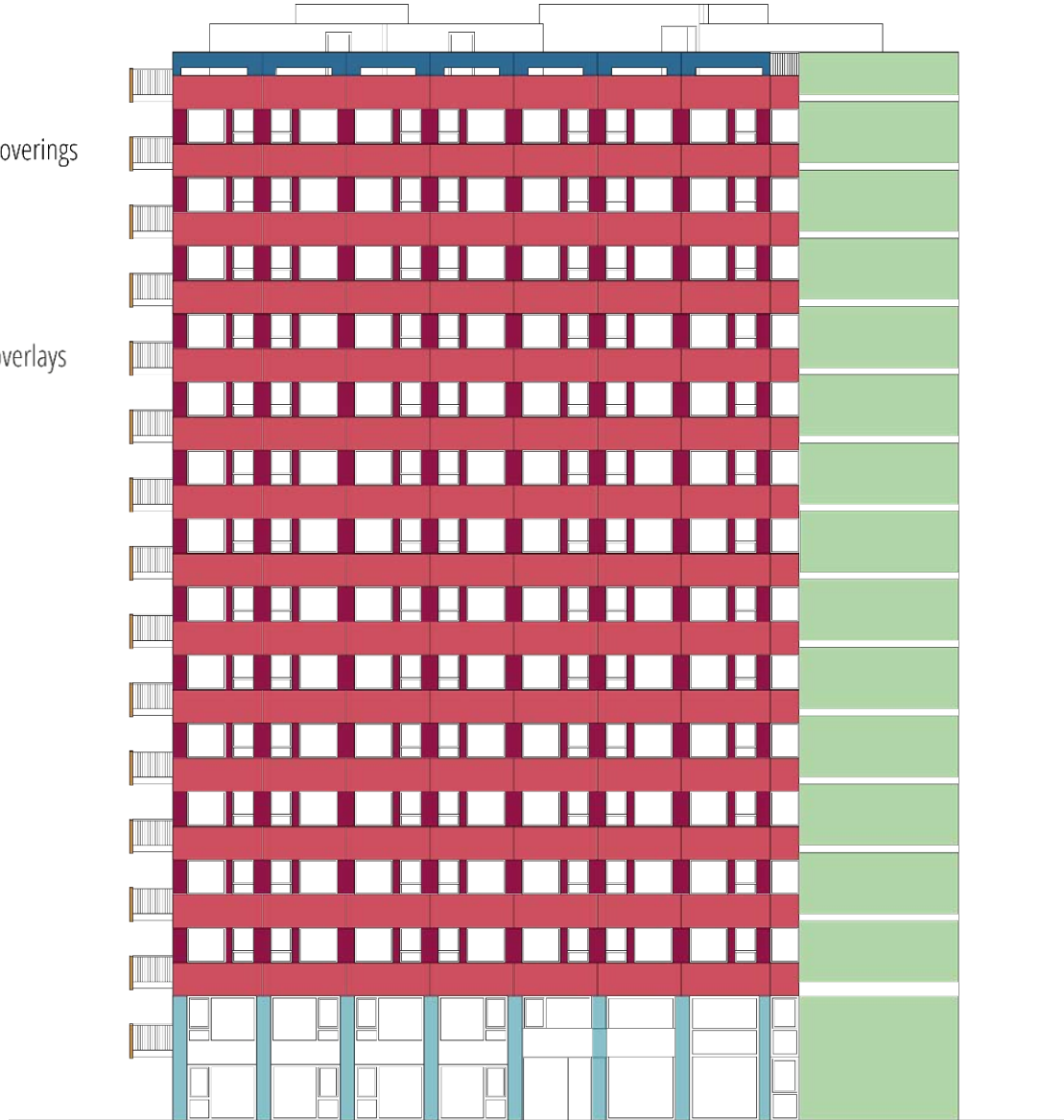
- 01 - Balcony railings
- 02 - Ground- and 1st-floor column coverings
- 03 - Window apron walls
- 04 - Walls between windows
- 06 - Attic walls
- 08 - Prelam slabs with cast-in-place overlays

Cast-in-place RC

- 07 - Cast-in-place facade walls
- 09 - Cast-in-place slabs
- 11 - Cast-in-place interior walls

Precast masonry

- 10 - Preton walls 15 cm



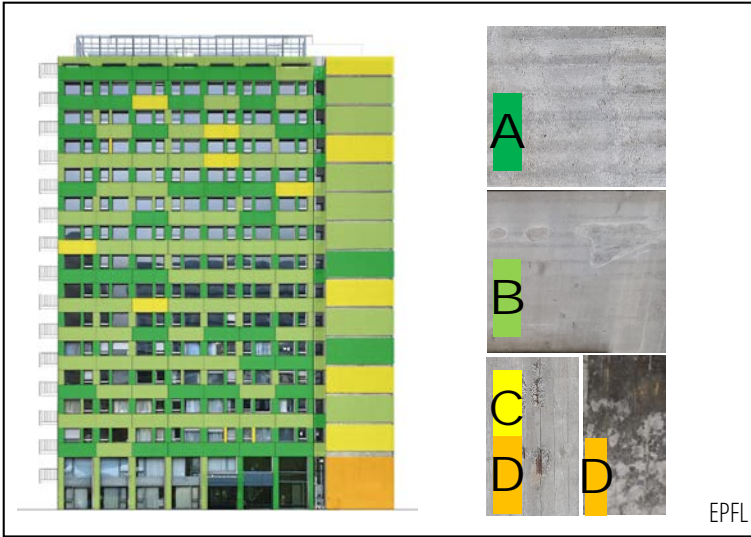
investigations

inspection visuelle

géo-radar

scléromètre

non-destructif



destructif



carbonatation



disposition armature



propriétés mécaniques

fiche technique

Type SOC5903 Category: Slab components

Cast-in-place slabs

Location

Location plan for the second floor.

Photos

Overlays

Floor surface coating

Suspended or acoustic ceiling type

Type SOC5903 Category: Slab components

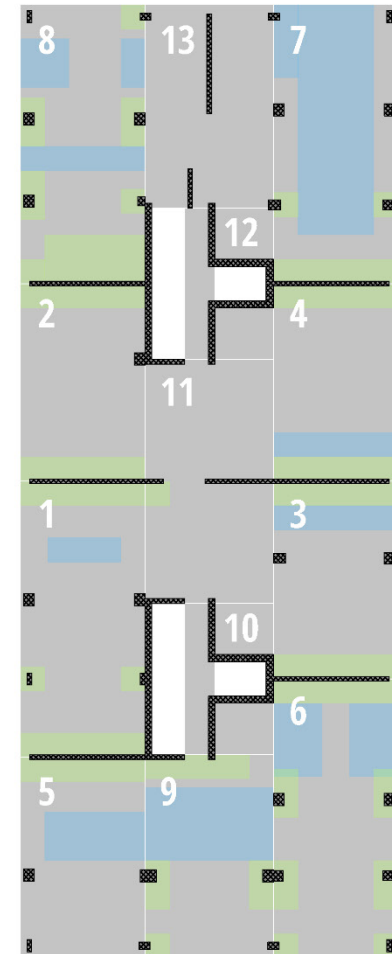
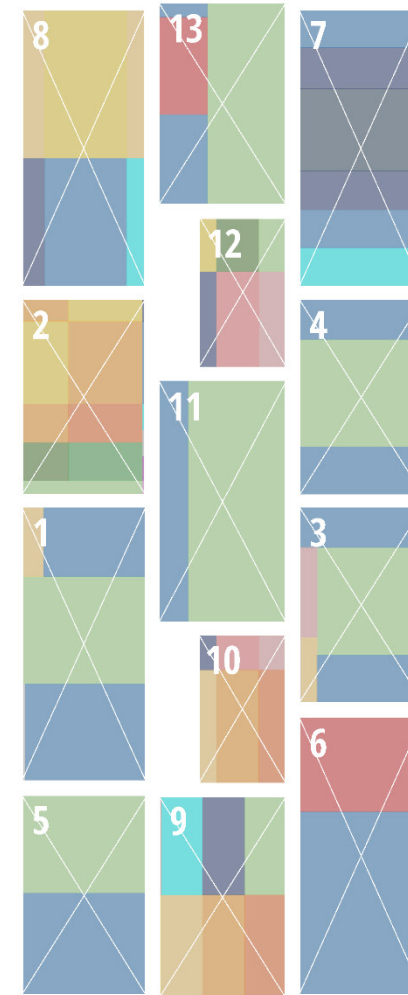
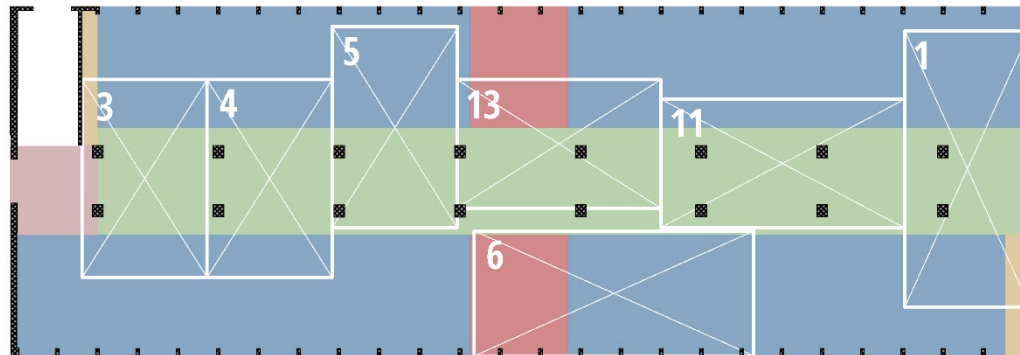
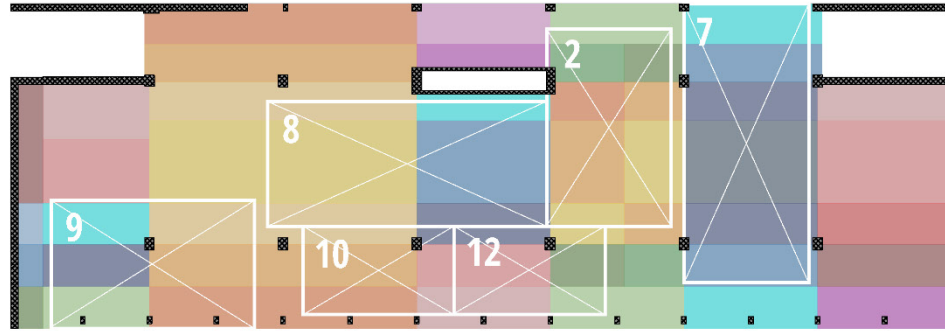
Cast-in-place slabs

Description			Condition and durability	
Construction year	1965		Damage assessment	100 % good
Material	Cast-in-place reinforced concrete		Carbonatation depth [mm]	n.a
Actual location	All floors		Toxic substance	Asbestos*, PCB**
Initial function	Slab load-bearing component		Mechanical characteristics	
Accessibility	Difficult - 3 & more component to dismantle before		Concrete density (ρ_c)	2350 kg/m ³
Anchor points	None		Concrete compressive strength (f_{cd})	37 MPa
Exposition	Inside, not exposed		Concrete young modulus (E_{cm})	36.2 GPa
Color	Shade of grey		Reinforcement tensile strength (f_{sd})	300 MPa
Finishing	Horizontal wood plank patterns		Reinforcement young modulus (E_s)	n.a
Overlays	Type	Fixation	Thickness	
Upper surface	Multiple color linoleum	Unknown	Unknown	
	Cement screed		9.0 - 10.5 cm	
	Coconut wool		1.0 - 1.4 cm	
Lower surface	Metal suspended ceiling or plaster acoustic ceiling		Unknown	
Connexion type	Monolithic connexion with facades, walls and columns			
Deconstruction tool	Diamond saw or hydro-blasting			

Component	Geometry			Inventory				Environmental impacts			
	Dimensions (T) [mm]	Reinforcement [mm] ***	Cross-section resistance [kNm] ***	Quantity [m ²]	Weight [kg/m ²]	Total volume [m ³]	Volume significance	Initial production [kgCO ₂ -eq/m ²]	Conventional demolition [kgCO ₂ -eq/m ²]	Initial production [kWh oil-eq/m ²]	Conventional demolition [kWh oil-eq/m ²]
Orange area L=2.9 m	160	Mid-span: L: Ø10; s = 150 T: Ø8; s = 150	Mid-span: L: 20.0 T: 12.0	506	400	81	12.1 %	36	52	49	20.8
Green area L=4.6 m	160	Mid-span: L: Ø10; s = 150 T: Ø8; s = 150	Mid-span: L: 20.0 T: 12.0	916	400	147	21.9 %	36	52	49	20.8
Blue area L = 6.5 m	160	Mid-span: L: Ø10; s = 150 T: Ø8; s = 150	Mid-span: L: 20.0 T: 12.0	358	400	57	8.56 %	36	52	49	20.8
Others L = var.	160	Mid-span: L: Ø10; s = 150 T: Ø8; s = 150	Mid-span: L: 20.0 T: 12.0	750	400	120	17.9 %	36	52	49	20.8

L: longitudinal and T: transversal directions

conception avec le stock

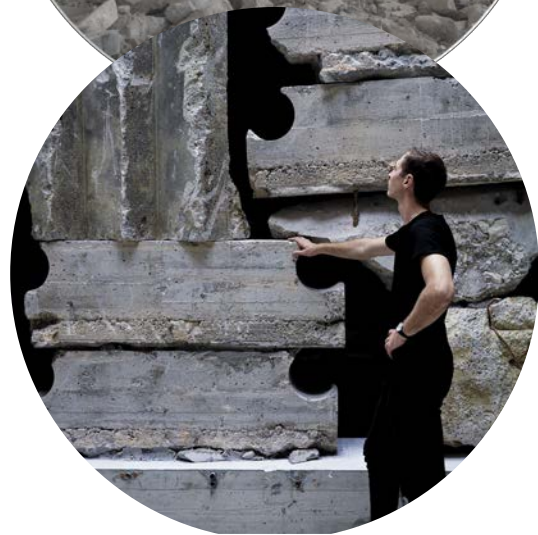


prototypes

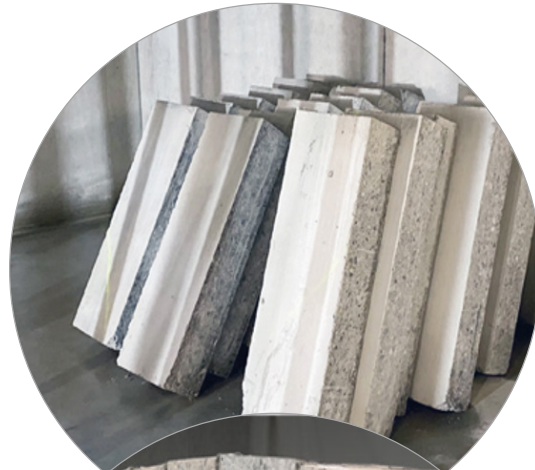
tout est bon
dans le béton



débris



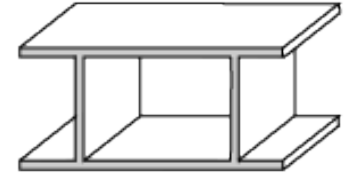
blocs



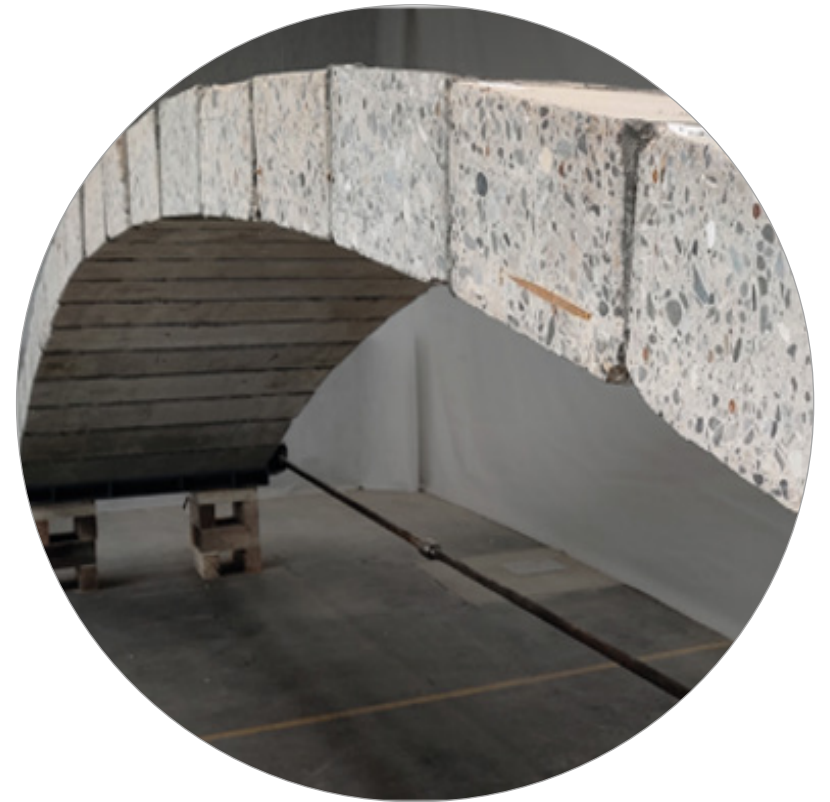
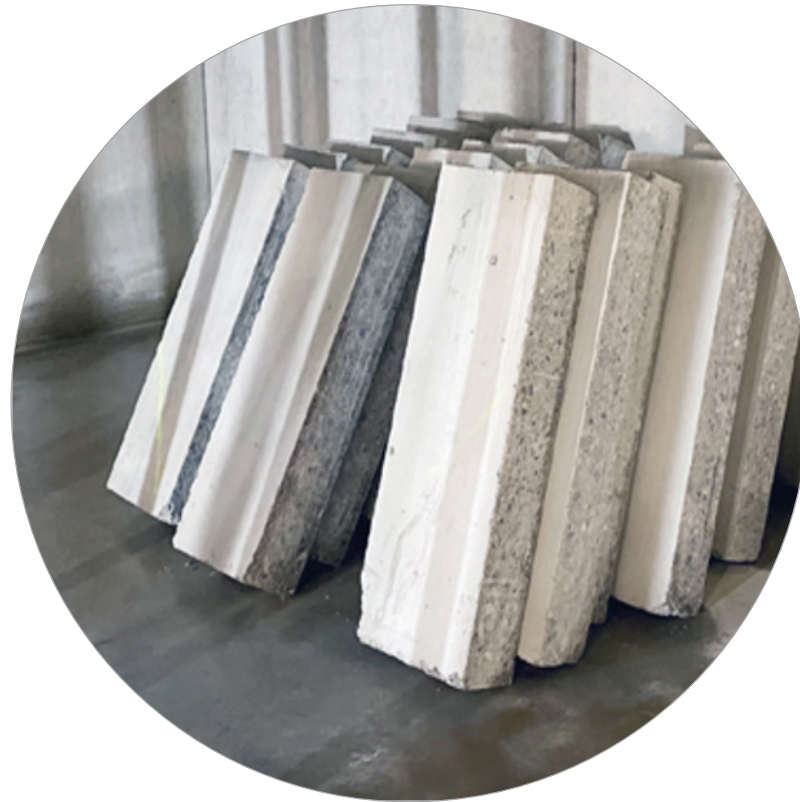
dalles/murs



assemblage



blocs



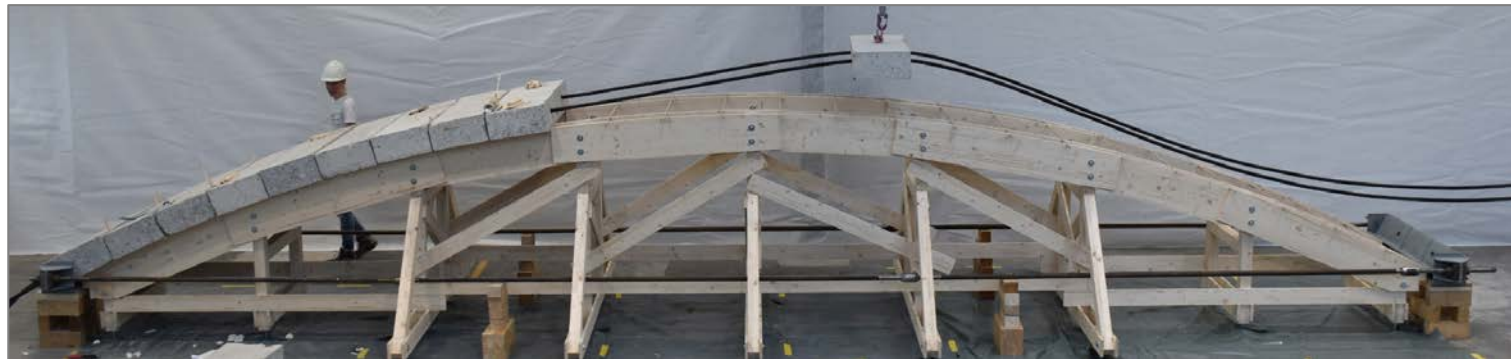
passerelle Re:Crete



approvisionnement



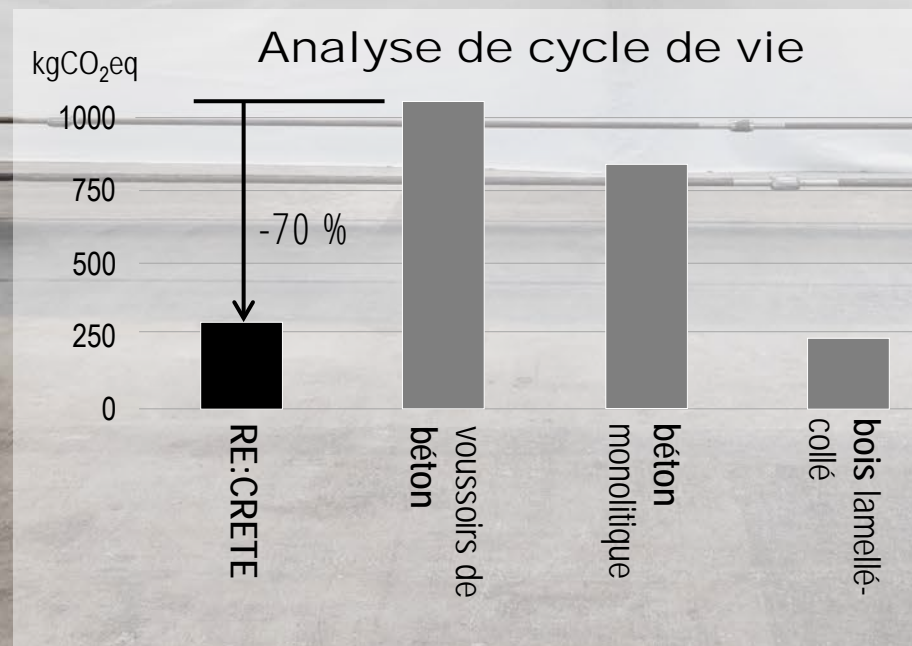
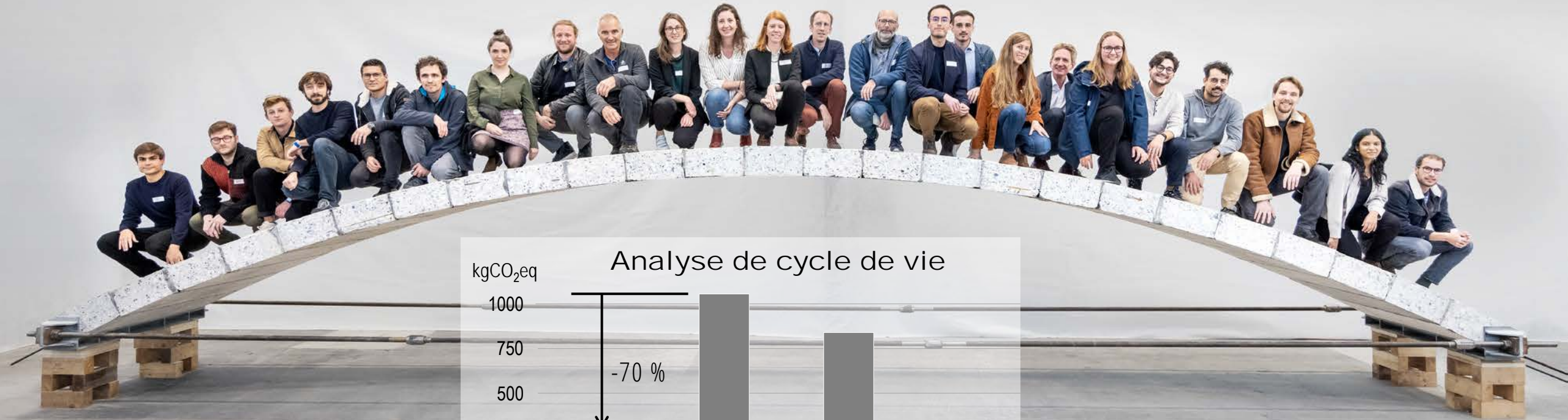
assemblage



précontrainte



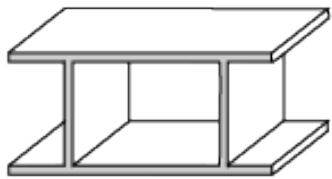
essai de charge



installation sur site



assemblage



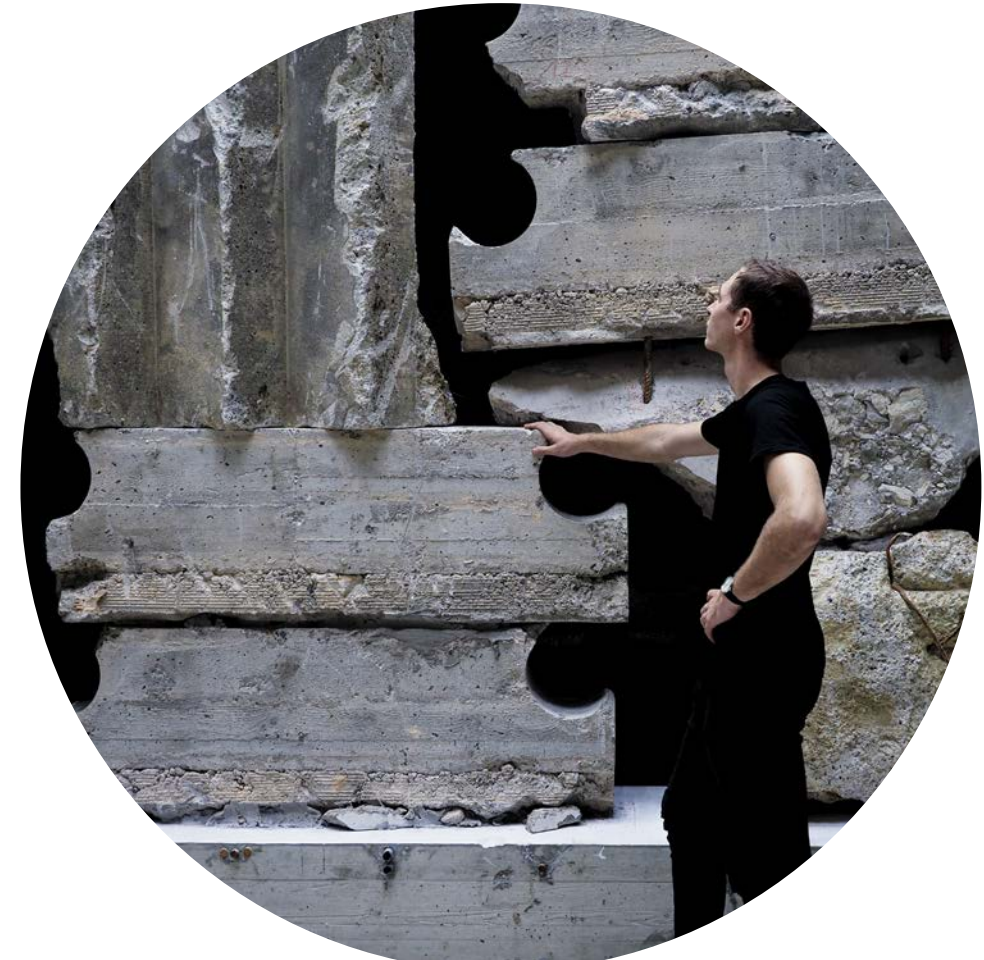
rebuilT, pavillon communautaire



rebuiLT, pavillon communautaire



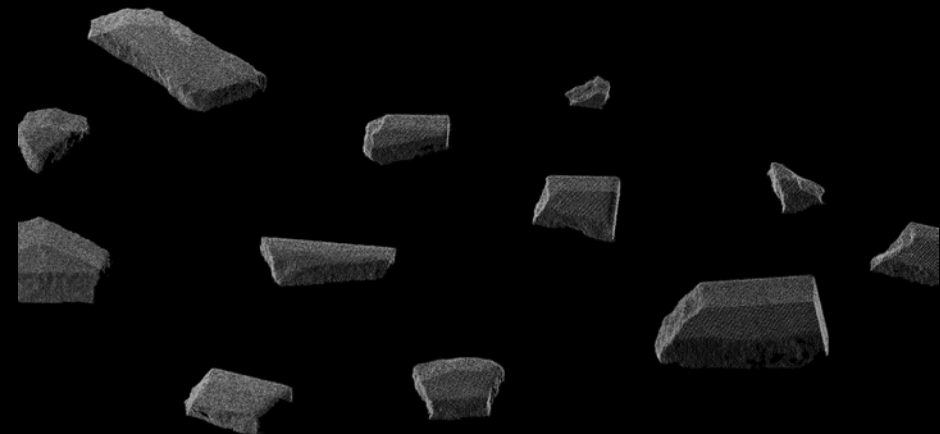
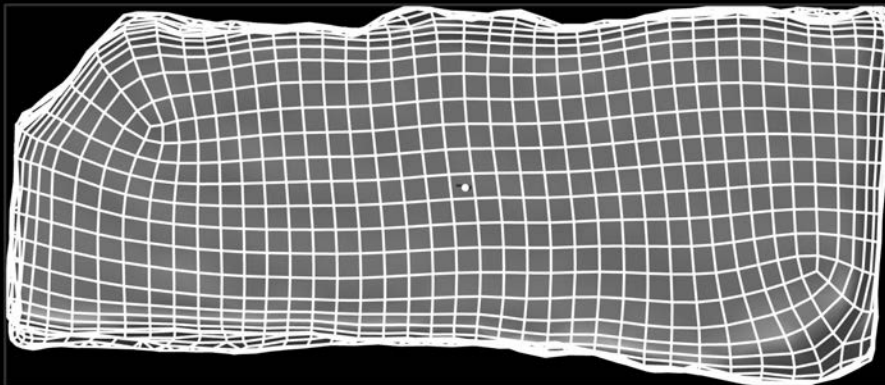
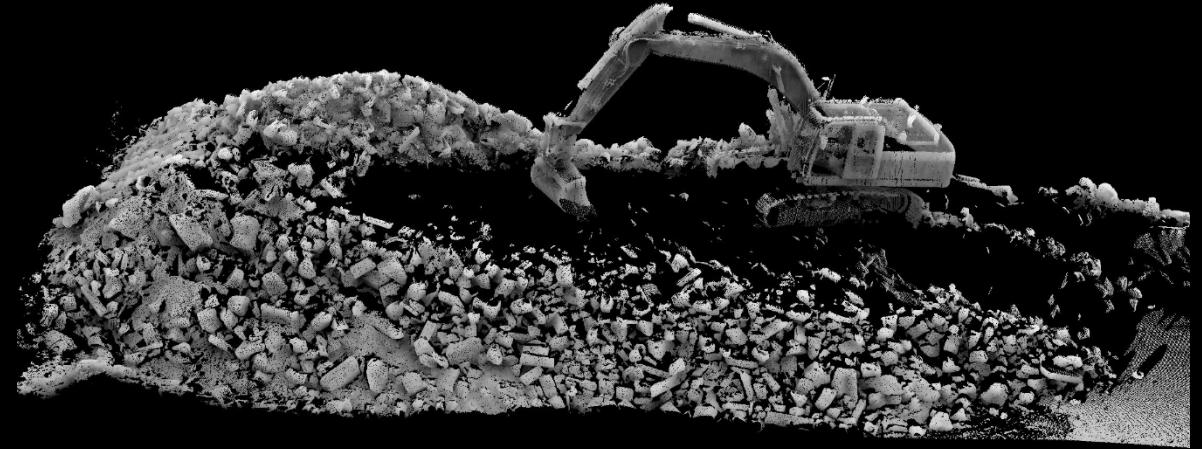
débris



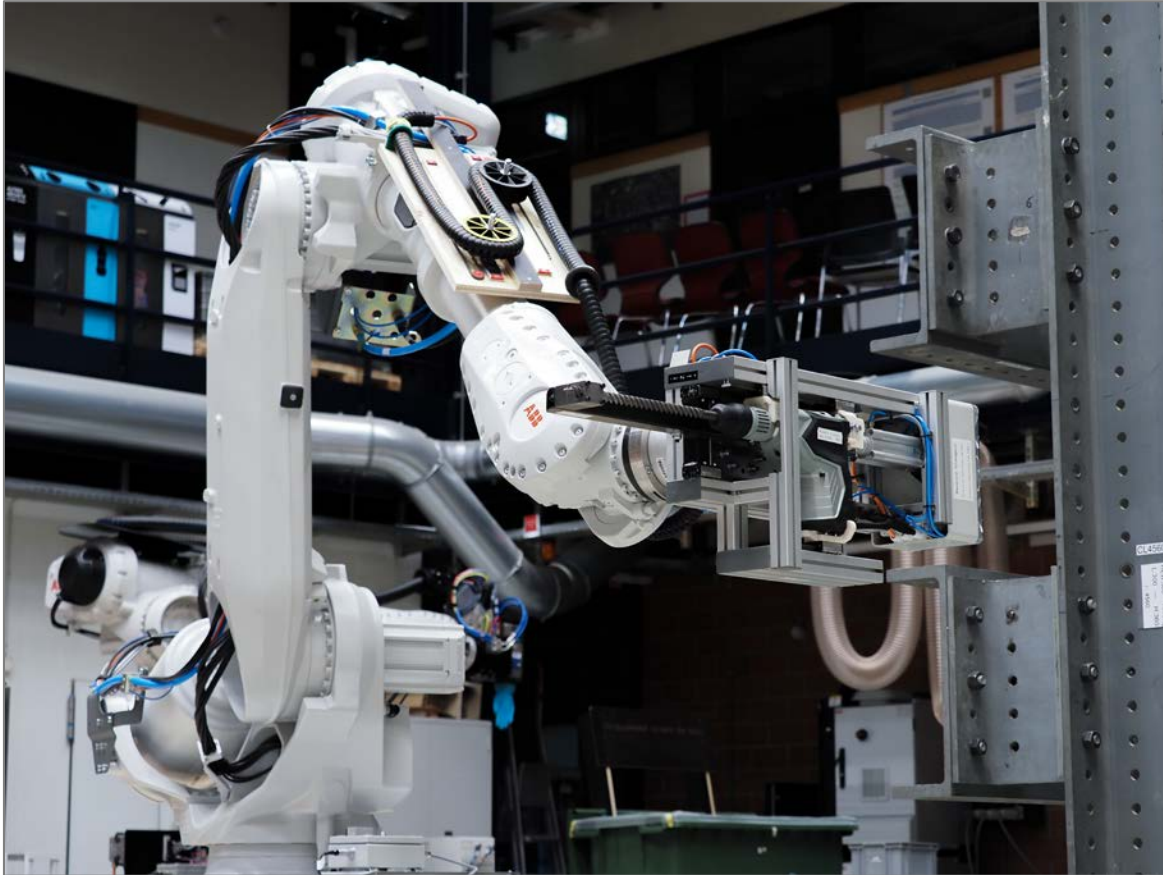
stock de matériaux



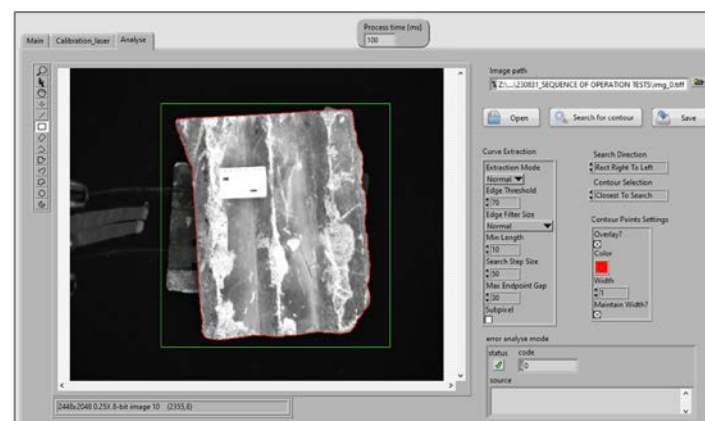
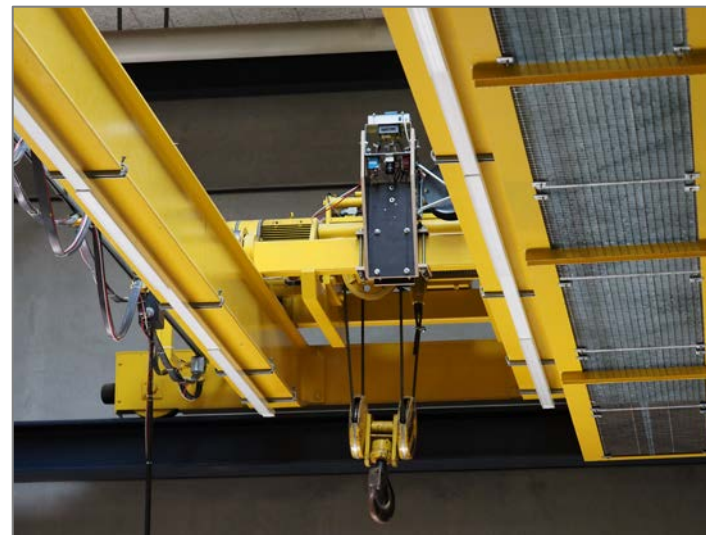
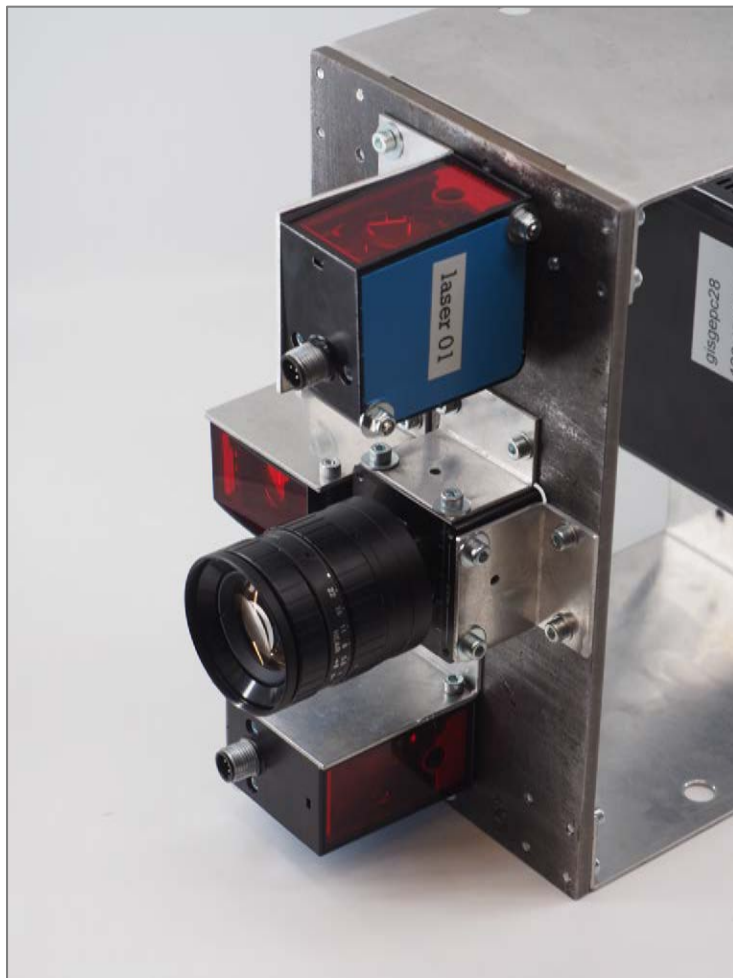
caractérisation du stock



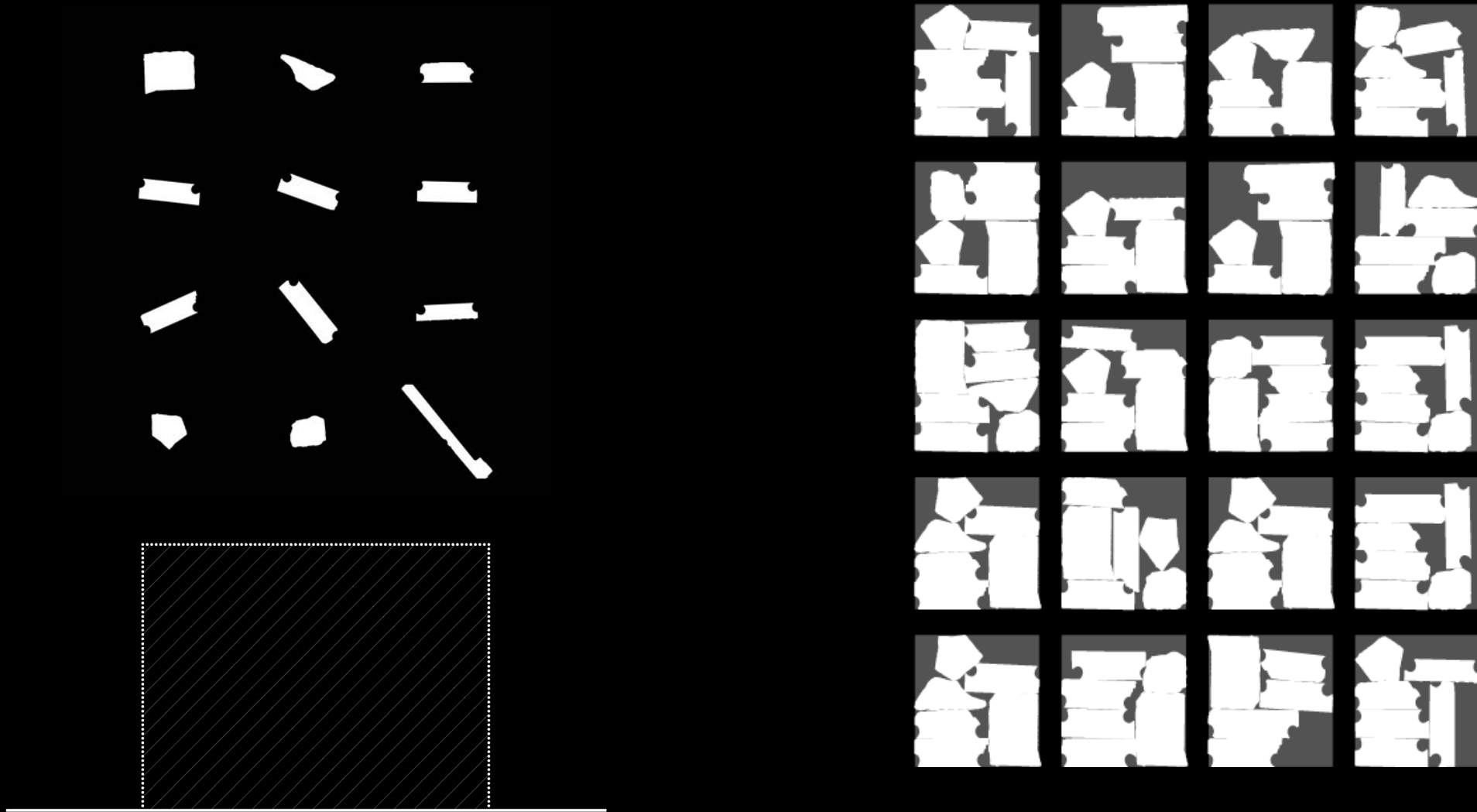
combiner outils digitaux et ceux spécifiques au béton



détection de géométrie par pont roulant digitalisé



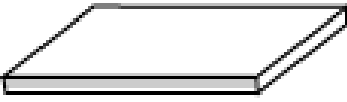
planification géométrique 2D via algorithmes



prototype 01



dalles/murs



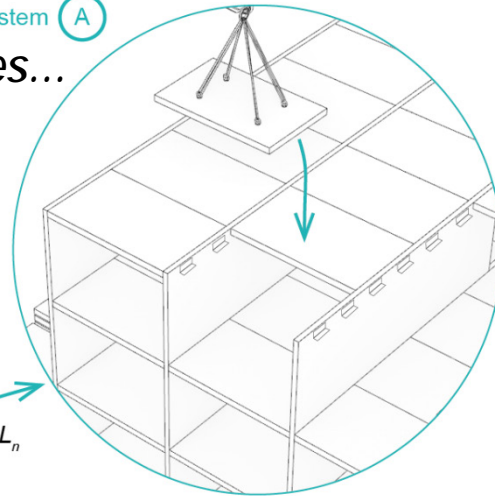
nouveau système de dalles

nouvelle structure

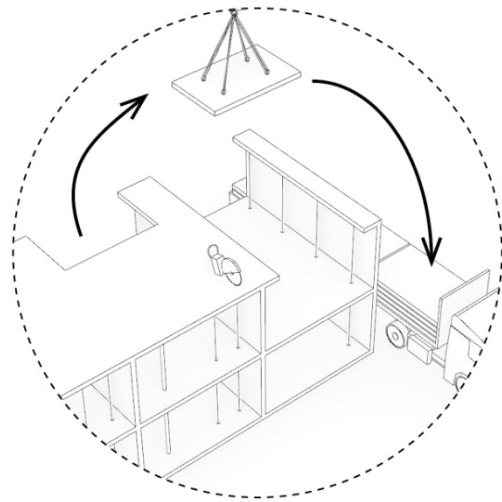
structure donneuse

pièces sciées assez longues...

System A



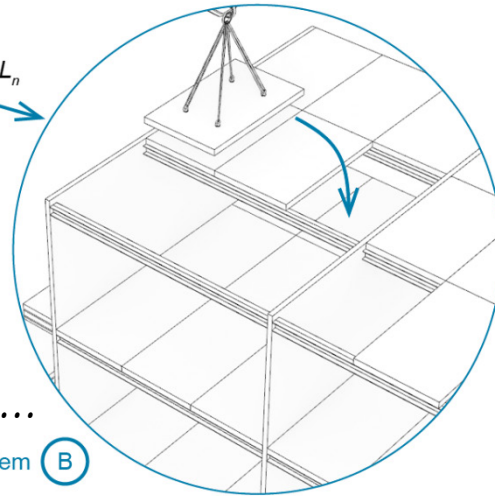
$$L_a \geq L_n$$



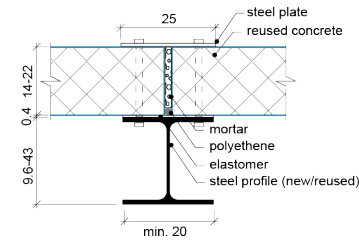
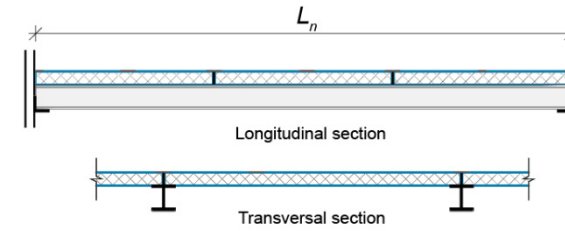
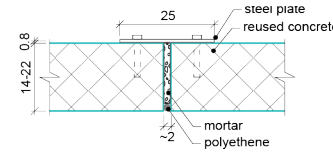
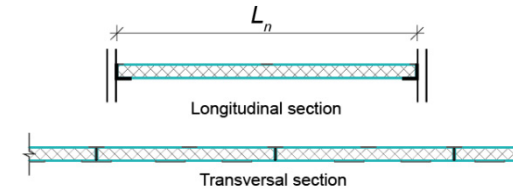
L_a = Allowable cut-piece span
 L_n = New-system span

pièces sciées trop courtes...

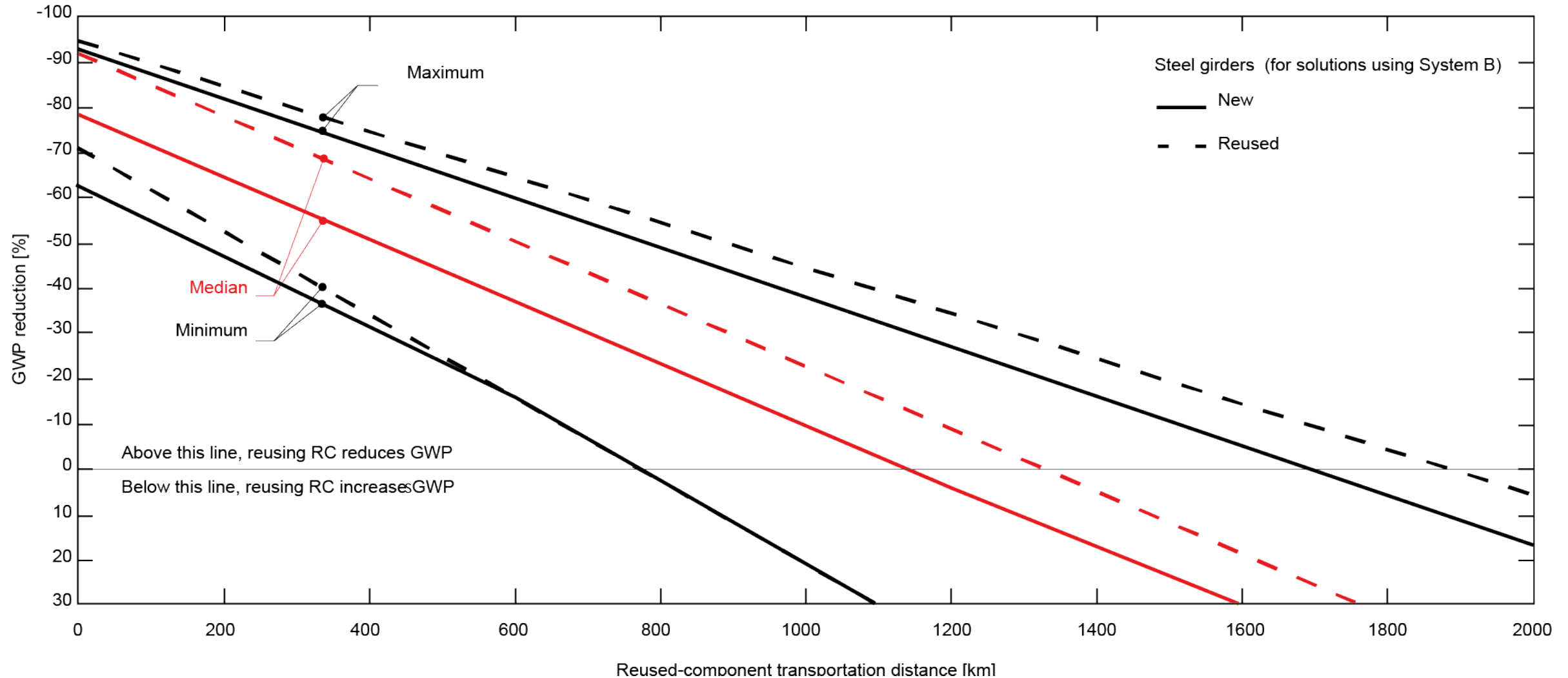
System B



$$L_a < L_n$$



réduction du CO₂ jusqu'à 800 km de transport



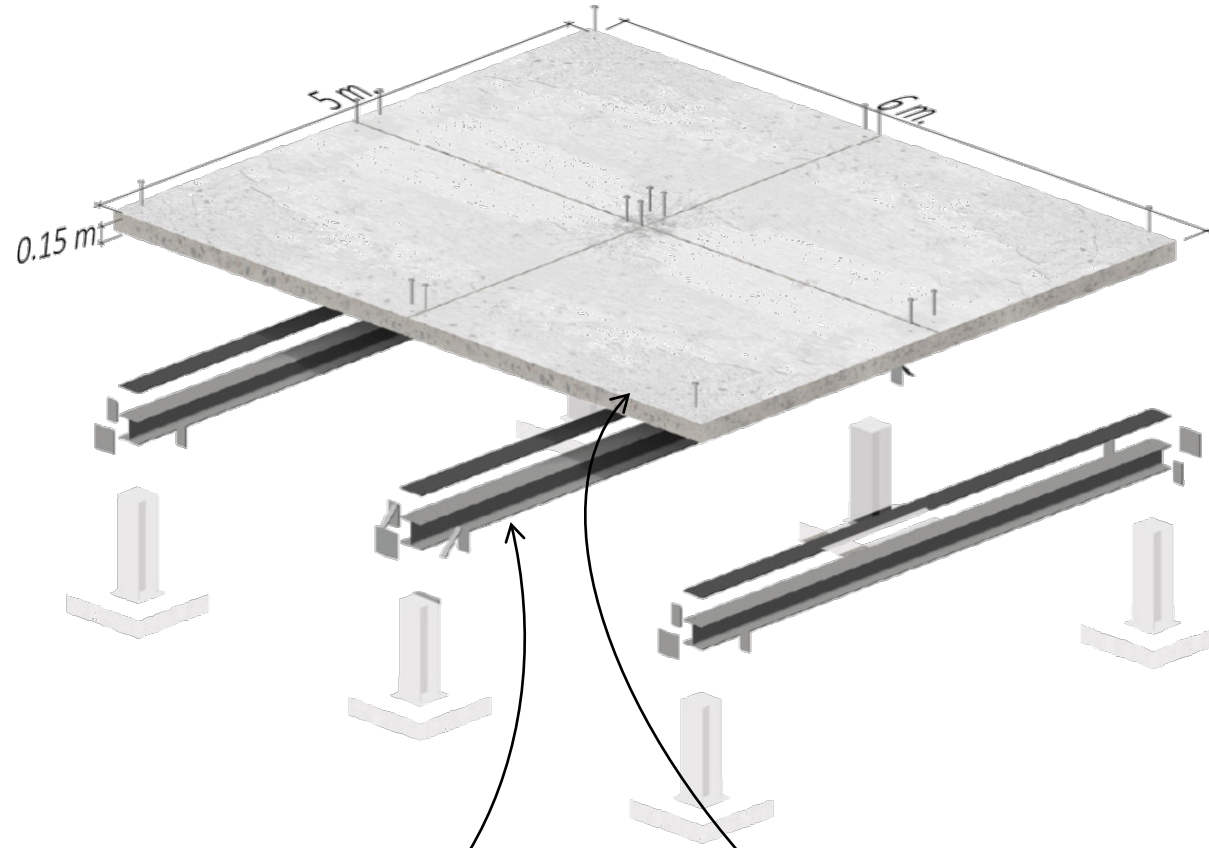
ancienne dalle de toiture



ancienne halle industrielle



30 m² de dalle



profilés
d'acier
réemployés

dalles de
béton armé
sciées



FLORE

Plancher porteur **béton armé** & **acier** de réemploi

VERNISSAGE

mardi 14 novembre 2023 • 17h

Blue Factory • Fribourg

une invitation du Structural Xploration Lab

EPFL

Fonds national
suisse

smart
living
lab

Equipe FLORE

Célia Küpfer, Maléna Bastien-Masse, Numa Bertola,
Corentin Fivet et Claude-Alain Jacot

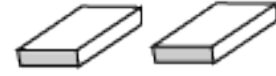
Entreprises partenaires

Diamcoupe SA, La Ressourcerie, Consortium Lyon 106-108: aeby+mouthon architectes / SOTRAG SA / Perret SA / Favre+Guth architecture SA / Thomas Jundt ingénieurs civils SA, Küpfer Géomètres SA, ATBA, HSE Conseils

débris



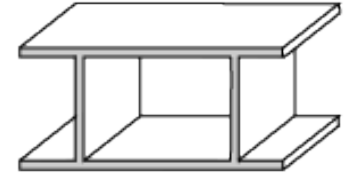
blocs



dalles/murs



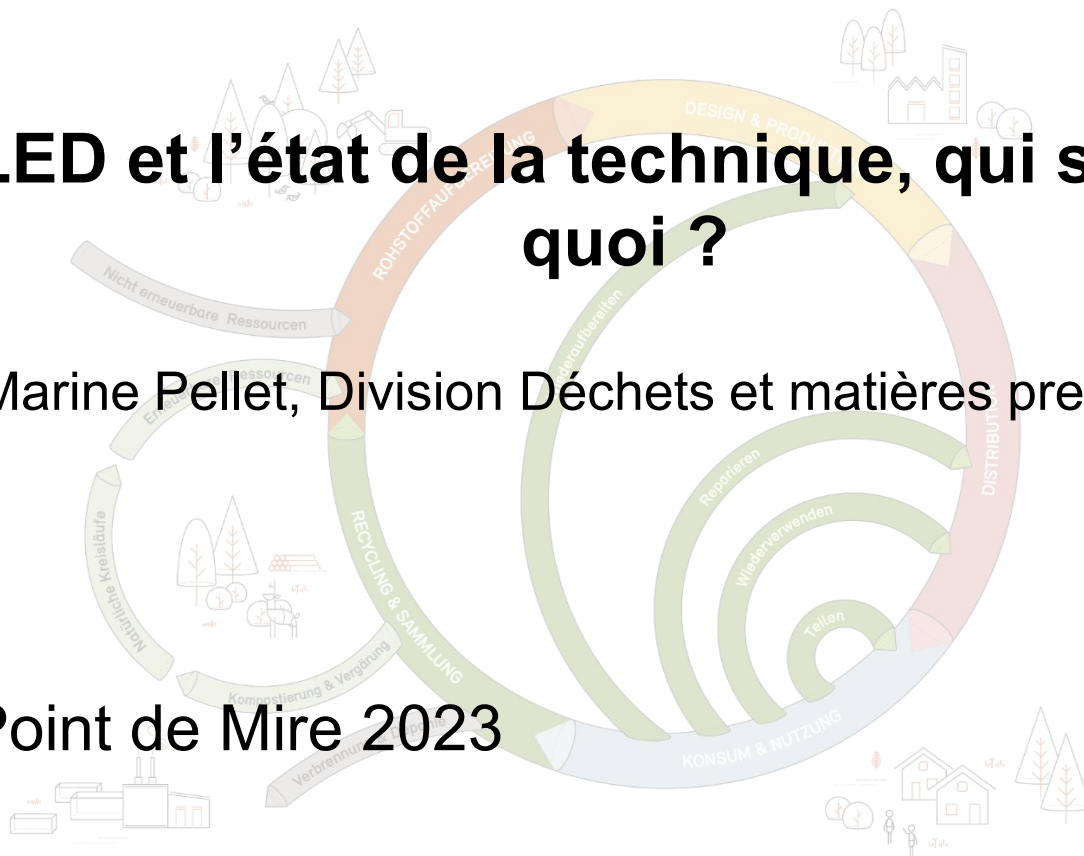
assemblage



L'OLED et l'état de la technique, qui s'adapte à quoi ?

Clara-Marine Pellet, Division Déchets et matières premières, OFEV

ASR Point de Mire 2023





Les idées, la pratique et la loi



Exemples:

- Valorisation des matériaux bitumineux – Révision de l’OLED terminée (2022)
- Valorisation des déblais de voie – Révision de l’OLED en cours (2025)
- Partie «Valorisation des matériaux minéraux issus de la déconstruction» de l’Aide à l’exécution de l’OLED – Publiée (2023)



Elimination des déchets bitumineux (rév. 2022)

Les FAITS

- Pénurie d'espace en décharges de type B
- Etat de la technique a progressé en terme d'utilisation de granulats recyclés dans la fabrication d'enrobé

Les OBJECTIFS

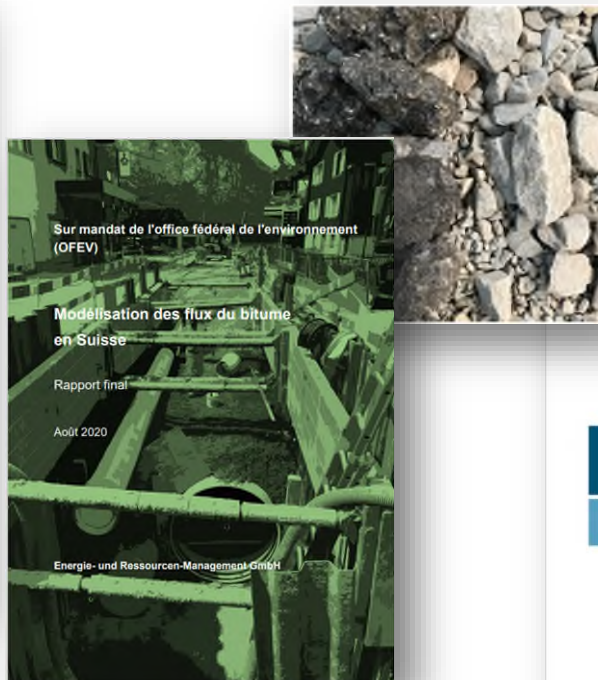
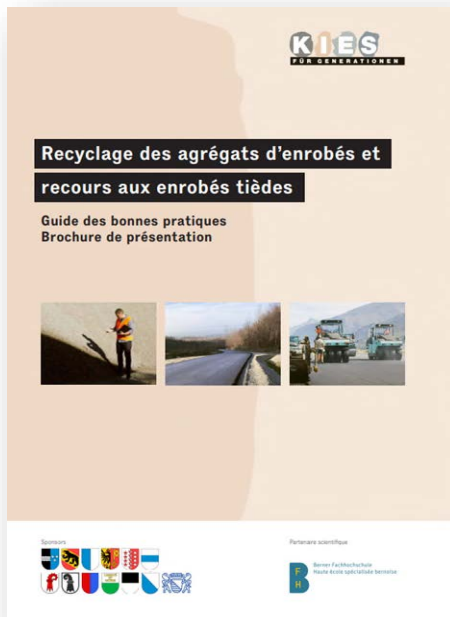
- Les décharges doivent être réservées pour les matériaux ne pouvant pas être valorisés
- Les déchets bitumineux valorisables doivent rester dans le cycle des matériaux
- La protection de l'environnement doit être assurée via le respect des valeurs-limites fixées par l'OLED pour la mise en décharge de déchets contenant des HAP

Le MOYEN

- Révision de l'OLED pour que les valeurs-limites fixées pour la mise en décharge de déchets contenant des HAP (DTB = 25 mg HAP / kg, DTE = 250 mg HAP / kg) s'appliquent à tous les déchets, y compris les déchets bitumineux.

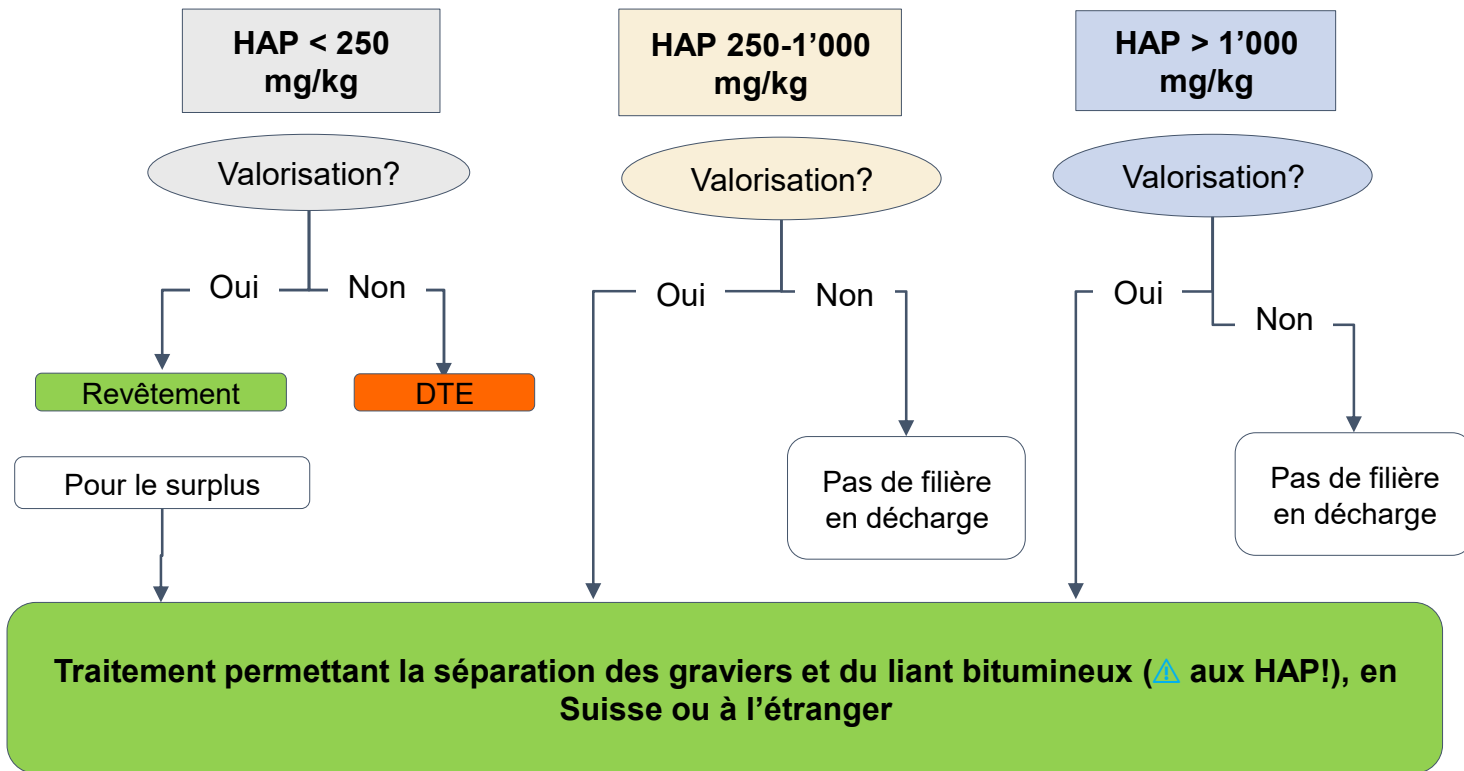


Elimination des déchets bitumineux (rév. 2022)





Elimination des déchets bitumineux dès 2028

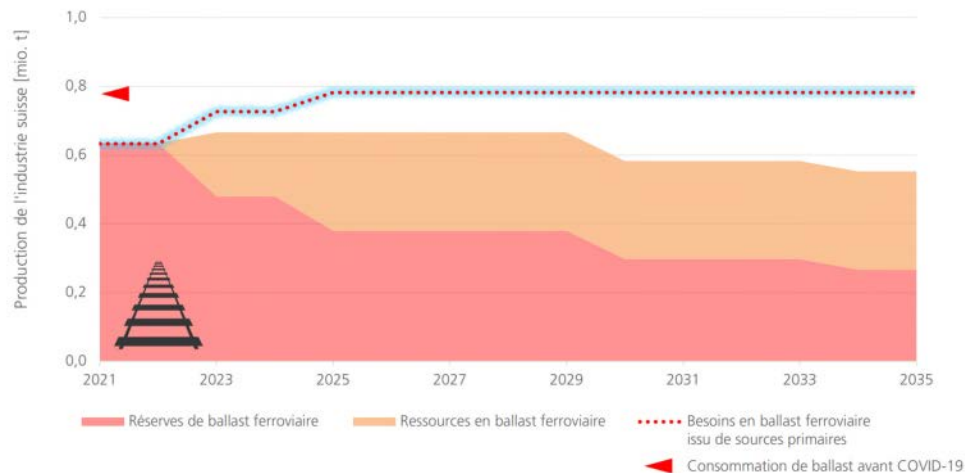




Élimination des déblais de voie

LES FAITS

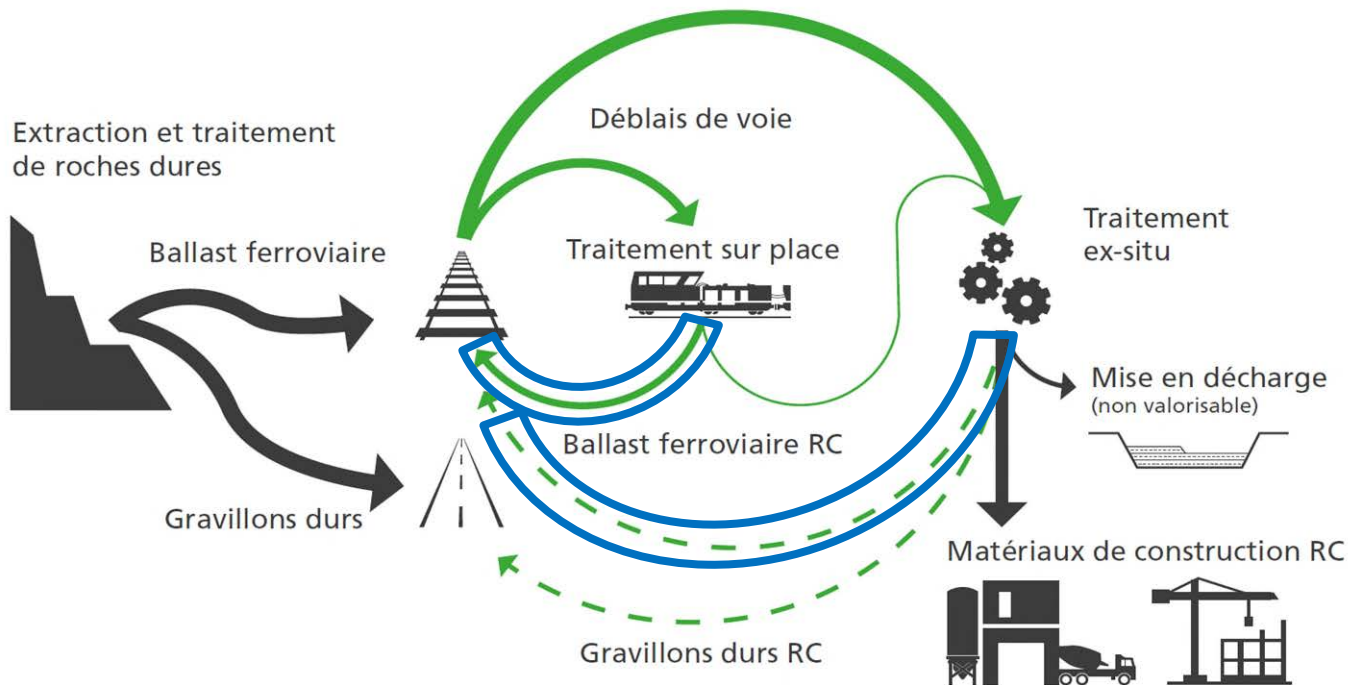
- L'élimination des déblais en tant que matériaux d'excavation a conduit à des situations environnementalement insatisfaisantes
- **Pénurie des ressources** en roches dures indigènes à moyen terme (Rapport Swisstopo 2021 «[Besoins et état de l'approvisionnement en granulats issus de roches dures en Suisse](#)»)



@Swisstopo 2021




Elimination des déblais de voie





Elimination des déblais de voie

carbotech 
Umweltprojekte und Beratung

Bericht
**Verwertungspflicht des Gleisaushubes:
Behandlungsverfahren und Verwertungspotential**

Phase B: Ökobilanz, Kosten und Öko-Effizienz

Auftraggeberin
Bundesamt für Verkehr

Verfasser
Thomas Kägi, Gavin Roberts, Fredy Diemel, Carbotech AG, Basel

Basel, März 2022

Carbotech AG
www.carbotech.ch
info@carbotech.ch

Büro Basel
St. Alban-Vorstadt 19, 4052 Basel
T +41 61 206 95 25

Büro Zürich
Gasmeterstrasse 9, 8005 Zürich
T +41 44 444 20 10

Geotechnisches Institut


**Verwertungspflicht des Gleisaushubs:
Behandlungsverfahren und
Verwertungspotential**

Grundlagenstudie im Hinblick auf die Revision der
Gleisaushubrichtlinie

Bundesamt für Verkehr BAV, Bern

Auftrags-Nr. 31.5280.001
Bern, 1. April 2022 / Bia

131_Bern1315280_Verwertungspflicht_Gleisaushub001f6_bericht1312022a01_Bericht Teil 01.docx


 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral des transports OFT
Division Sécurité

Directive sur les déblais de voie

**Planification de travaux d'excavation,
évaluation et élimination des déblais de voie**

Reference: BAV-522.450.23/234/10
Date: 31.03.2022
Version: V1.1.1

 C:\Users\JRB5410888\AppData\Local\Microsoft\OneDrive\OneDrive\Documents\BAV-522.450.23/234/10/20220331_01_DirectiveSurLesDeblaisDeVoie_V1.1.1.docx
BAV-D-08813401436



Elimination des déblais de voie

LES OBJECTIFS

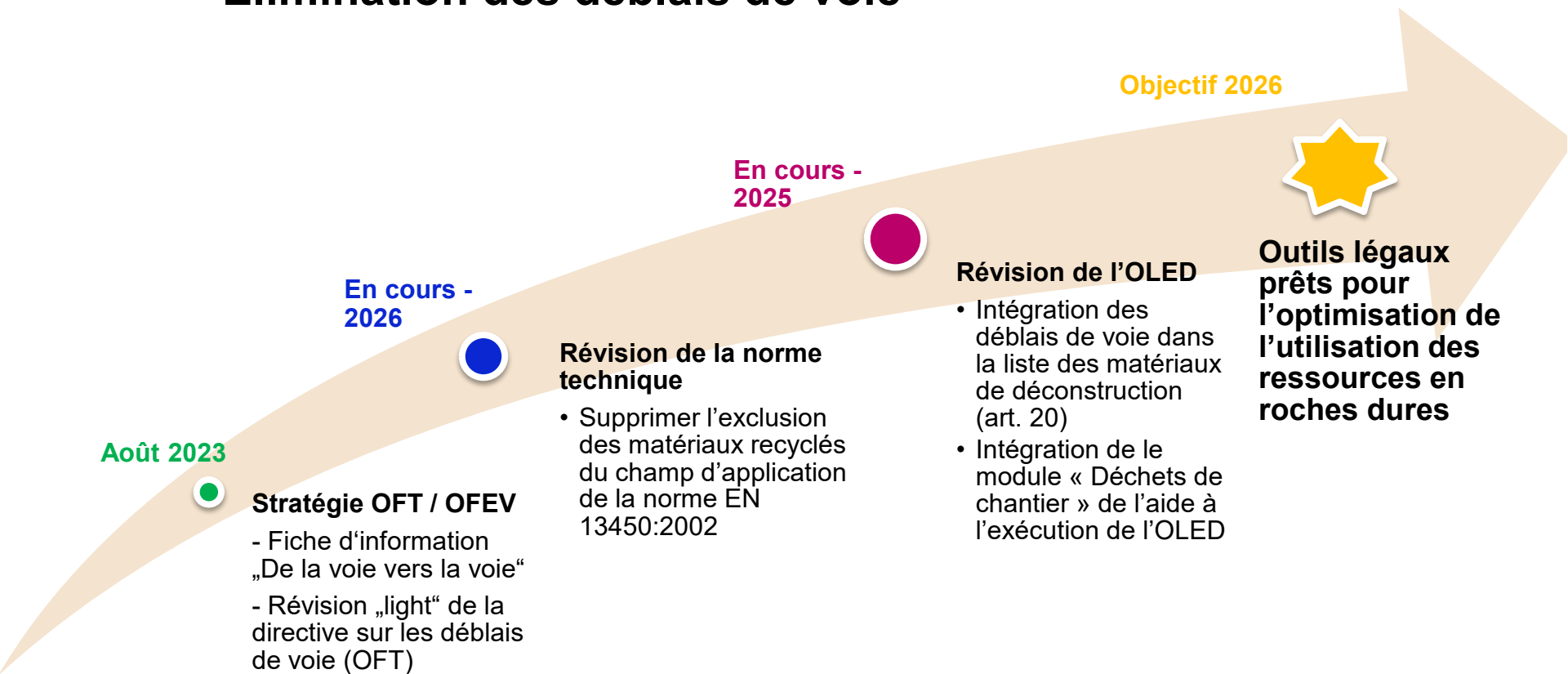
- Les décharges sont réservées aux matériaux ne pouvant pas être valorisés
- Les roches retournent sur la voie. Le downcycling est évité.
- Le cycle des roches dures est amélioré

LE MOYEN:

- Intégration des déblais de voie dans l'OLED, absents jusqu'à présent, dans **la liste de l'art. 20** sur les matériaux de déconstruction.
- Les déblais de voie seront ainsi officiellement considérés comme des **matériaux de déconstruction** et devront être valorisés comme tels.
- On considère qu'un déblais de voie est **toujours au moins faiblement pollué**. De par son exploitation pendant parfois plusieurs décennies, le soupçon de pollution ne peut être levé.
→ Intégration de cet élément dans la directive sur les déblais de voie révisée en 2023.



Elimination des déblais de voie





AE de l'OLED: «Valorisation des matériaux minéraux issus de la déconstruction»



Publiée en été 2023

Certaines choses ne sont plus possible.
La directive avait 20 ans et se basait sur l'OTD

Matériaux de construction RC:

Composition

Restrictions d'utilisation

Préparation et installations

Matériaux de construction RC :

Composition (NOUVEAU : référence aux normes)

Restrictions d'utilisation

Préparation, y compris le mélange de gravier etc.

Installations

NOUVEAU : Aspects de l'économie circulaire (Re-Recycling)



La fin des graves de type A ?



Depuis 20 ans selon la Directive 2006 :

Les matériaux de récupération doivent présenter la qualité requise (chiffre 5-3) pour pouvoir être mélangés à d'autres matériaux (p. ex. du gravier) en vue de présenter certaines caractéristiques techniques. Cela vaut notamment pour la fabrication de béton et de revêtements bitumineux. Il est cependant interdit de mélanger du gravier à du granulat bitumineux pour obtenir de la grave de recyclage A.

5-4

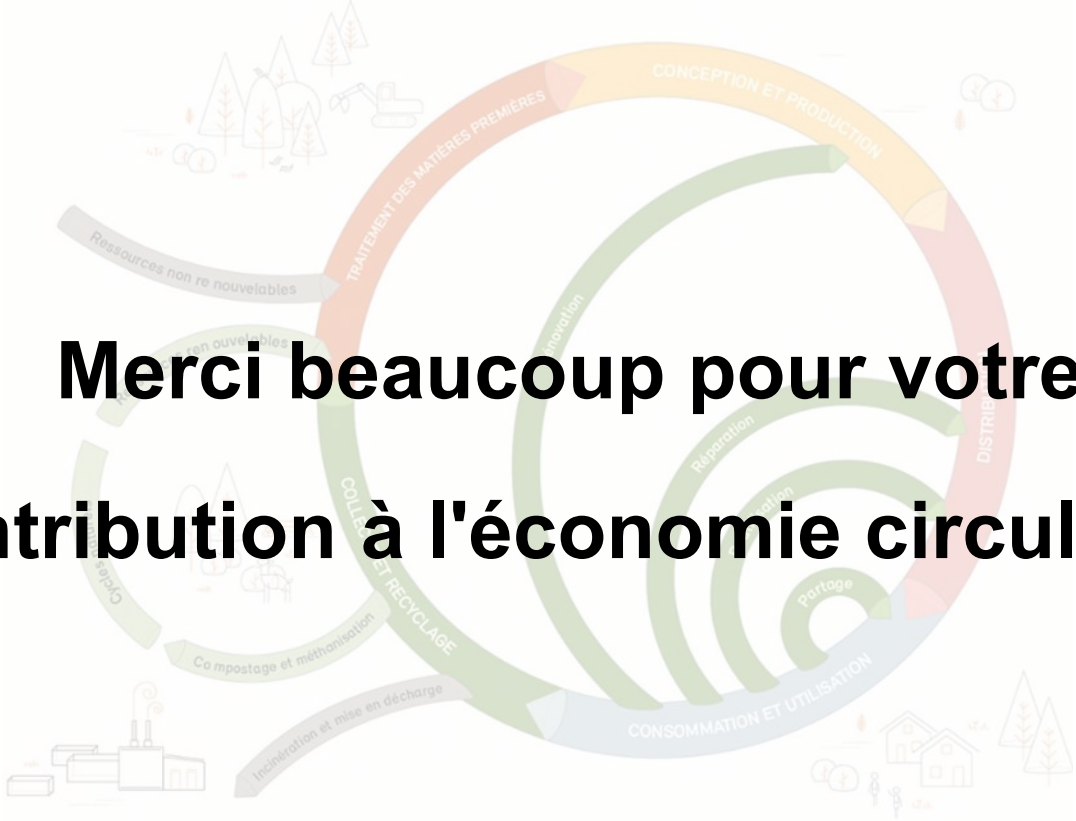
→ Idée de la Directive : La grave de type A est produit lors de la déconstruction

→ Dans la pratique : La grave de type A est produite par mélange **≠ Directive**



Nouveau dans l'aide à l'exécution de l'OLED

- Lors de travaux de déconstruction, l'état de la technique permet la production de Grave de type P (<4% Bitume)
- La grave de type A n'est pas recyclable et va à l'encontre de l'art. 1 OLED pour une valorisation des déchets respectueuse de l'environnement.
- La grave avec > 4% de bitume ne peut être utilisée que là où elle a été produite. Sinon, elle n'est **plus autorisée**.



The diagram illustrates the circular economy process as a continuous loop. It features several stages: 'TRAITEMENT DES MATIÈRES PREMIÈRES' (Raw material processing), 'CONCEPTION ET PRODUCTION' (Design and production), 'DISTRIBUTION' (Distribution), 'CONSOMMATION ET UTILISATION' (Consumption and use), and 'COLLECTE ET RECYCLAGE' (Collection and recycling). The recycling stage is further divided into 'Compostage et méthanisation' (Composting and methanation), 'Incinération et mise en décharge' (Incineration and landfill), and 'Génération d'énergie' (Energy generation). A 'partage' (sharing) sub-cycle is also shown. The diagram is color-coded: orange for production, red for distribution, blue for consumption, and green for recycling. It includes icons for trees, a factory, a house, and a recycling symbol. Labels for 'Ressources non renouvelables' (Non-renewable resources) and 'Ressources renouvelables' (Renewable resources) are also present.

**Merci beaucoup pour votre
contribution à l'économie circulaire !**



KFG – Sous-groupe Asphalte, phase II, projets 2+3+4

ASR | Point de mire 2023 | Lausanne, 02.11.2023
Hans-Peter Beyeler



Organisation/Membres/Mission/Thèmes KFG-GPG



Gravier pour les Générations GPG

Membres



Fachverband Kies- und
Betonwerke
Kanton Zürich



Baustoffrecycling Schweiz
Recyclage des matériaux de construction Suisse
Riciclaggio di materiali da costruzione Svizzera

arv Baustoffrecycling Schweiz



**Kanton Zürich
Baudirektion**

Baudirektion Kanton Zürich

Mission

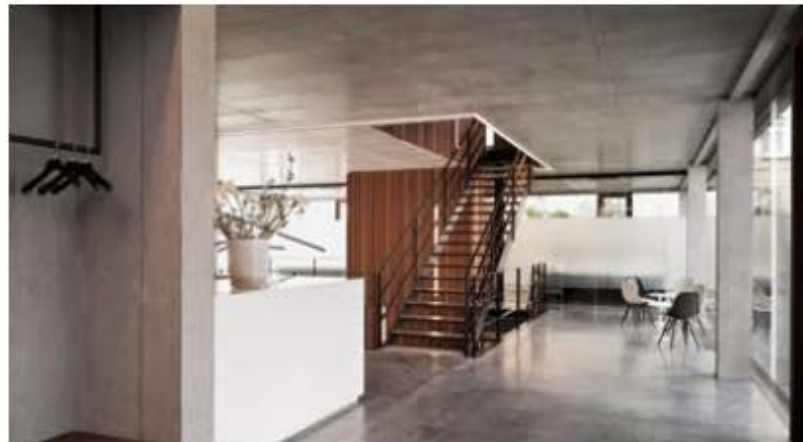
"Gravier pour les générations" s'engage afin que les matériaux de déconstruction soient reconnus et valorisés comme un matériau de construction quotidien et précieux.

Les objectifs de la plate-forme sont les suivants :

- Améliorer, par un bon travail d'information, l'importance des matériaux de déconstruction dans le cycle des matières valorisables et les établir comme alternative ou complément attractif aux ressources primaires.
- Créer une plateforme soutenue par des acteurs principaux qui transmettent les connaissances relatives à l'offre, la production et l'utilisation des matériaux de déconstruction et qui servent de plateforme d'échange d'informations pour les différents acteurs.
- Créer les conditions cadres appropriées pour établir et intégrer le plus largement possible les matériaux de déconstruction sur le marché.

Organisation/Membres/Mission/Thèmes KFG-GPG

Thèmes



Beton-Recycling



Asphalt-Recycling



Mischabbruch-Recycling

Les projets

Projet 1

Publié au printemps 2021



Partenaires

Projet 1

Sponsors / partenaires



Les projets

Projets 2 + 3 + 4

Projet 2:

Essais performantiels pour les enrobés avec recyclés et/ou enrobés tièdes

Projet 3:

Méthode uniforme pour la réalisation d'écobilans des chaussées

Projet 4:

Code de bonne pratique pour l'utilisation des enrobés à froid

Les projets

Projets 2 + 3 + 4

Projet 2:
Budget/Coûts CHF 220'000.--

Projet 3:
Budget/Coûts CHF 90'000.--

Projet 4:
Budget/Coûts CHF 90'000.--

Partenaires



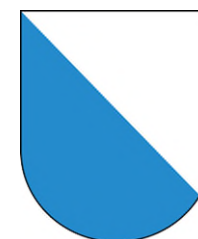
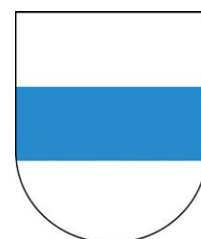
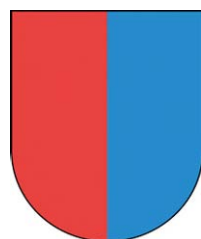
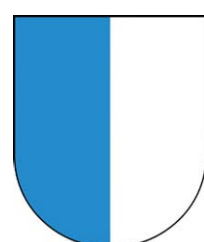
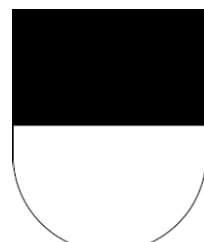
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Office fédéral des routes OFROU



arv
asr Baustoffrecycling Schweiz
Recyclage matériaux construction Suisse
Riciclaggio materiali costruzione Svizzera

asphaltsuisse

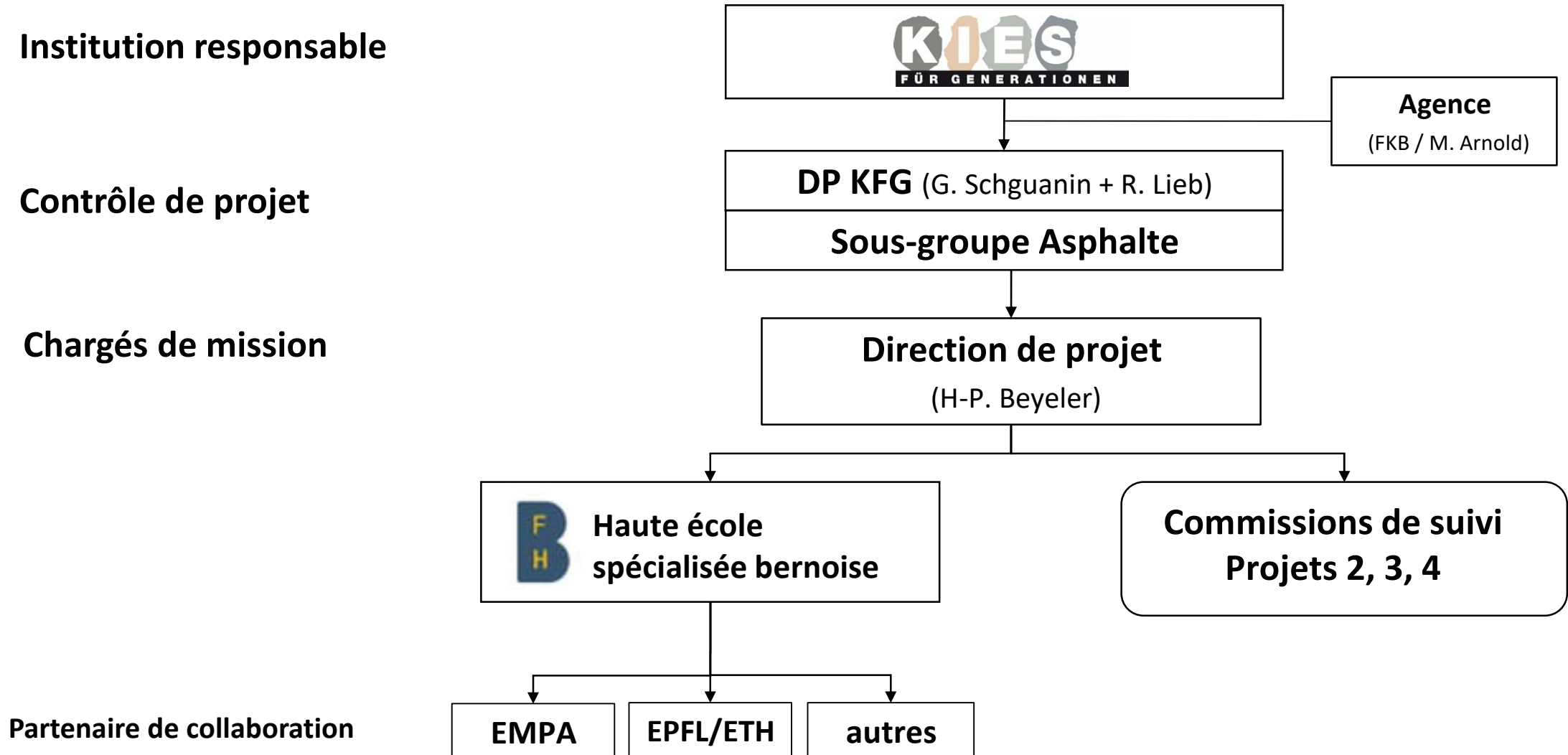


SBV
SSE
SSIC

KIES
FÜR GENERATIONEN

B Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise

Organisation du projet



Commission de suivi

Stefano Bradanini	TBA Kanton Aargau
Thierry Berset	SPC canton Fribourg
Myriam Meyer	SSE
Martin Horat	Stadt Zürich
Laure Gauthiez	OFROU
Fabian Traber	OFROU
Philip Bürgisser	TBA Kanton Basel-Landschaft
Christoph Gassmann	TBA Kanton Zürich
Christoph Abegg	TBA Kanton Zürich
Benedikt Eberle	TBA Kanton Thurgau
Bernhard Kunz	asphaltsuisse
Roman Kohler	VZS (Baumeisterverband ZH/SH)
Dominik Oetiker	AWEL Kt. Zürich
Clara-Marine Pellet	OFEV
Volker Wetzig	ASGB
Bernhard Hirschi	asphaltsuisse
Gion Dosch	TBA Kanton Graubünden



Recyclage des enrobés: guide technique, cas pratiques et perspectives

ASR | Point de mire 2023 | Lausanne, 02.11.2023
Prof. Dr. Nicolas Bueche

Haute école spécialisée bernoise | Nibuxs Sàrl



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise



Nibuxs

Guide technique

Cas pratiques

Quelques exemples d'implémentation pratique

Perspectives

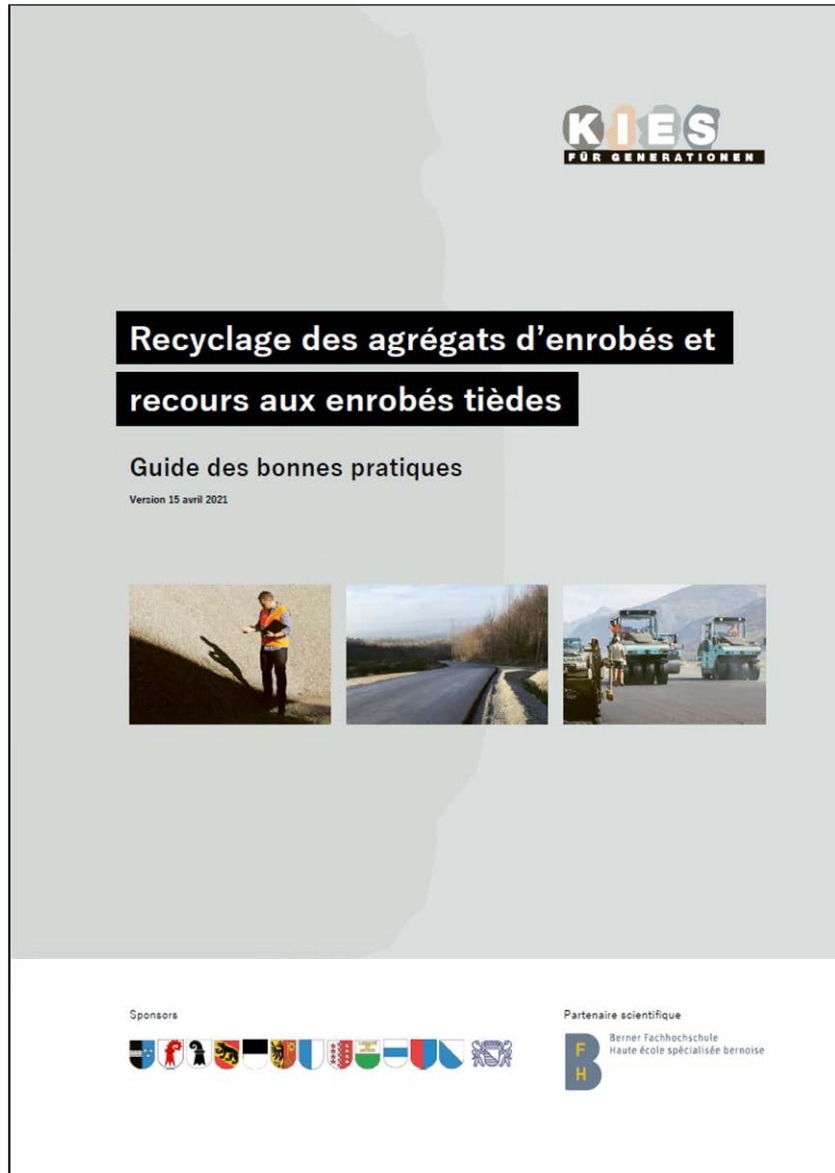
- Projets KFG (Kies für Generationen) N° 2 et N° 3
- Bilan personnel



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Guide technique

Lien




KIES
FÜR GENERATIONEN

Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes

Guide des bonnes pratiques

Version 15 avril 2021

Sponsors



Partenaire scientifique



Partie 1: Informations et connaissances de base

Chapitre 1

Les agrégats d'enrobés: matériau récupéré et ressource secondaire

1.1 - 1.2: Définition et composition des agrégats d'enrobés.

1.3 - 1.4: Processus d'obtention et différences avec les matériaux primaires.

1.5: Norme SN EN 13 108-8.

Chapitre 2

Les enrobés

2.1 - 2.2: Brève description des différents enrobés bitumineux.

2.3 - 2.4: Avantages et spécificités des enrobés recyclés et des enrobés tièdes.

2.5 - 2.6: Aspects concernant la fabrication et mise en œuvre.

Partie 2: Etat des connaissances

Chapitre 3

Facteurs entravant le développement des enrobés recyclés et des enrobés tièdes

Aspects techniques, économiques, Institutionnels et normatifs.

Perception et état des connaissances.

Chapitre 4

Expériences avec les enrobés recyclés et les enrobés tièdes

4.1 : Normalisation suisse.

4.2-4.3 : Bonnes pratiques en Suisse, directives et initiatives locales.

4.4 : Projets de recherche nationaux.

4.5 : Etat des connaissances et exemples provenant de l'étranger.

Partie 3 : Domaine d'application étendu et exigences y relatives – Promotion et intégration dans les projets d'infrastructures routières

Chapitre 5

Domaine d'application étendu et exigences y relatives

5.1 : Teneur en agrégats d'enrobés recommandée dans les enrobés.

5.2 : Choix du liant.

5.3-5.6 : Exigences relatives aux liants et aux enrobés.

Chapitre 6

Promotion et intégration des enrobés recyclés et des enrobés tièdes dans le cadre des projets routiers

6.1 - 6.4: Informations et recommandations pour les différentes phases de projet.

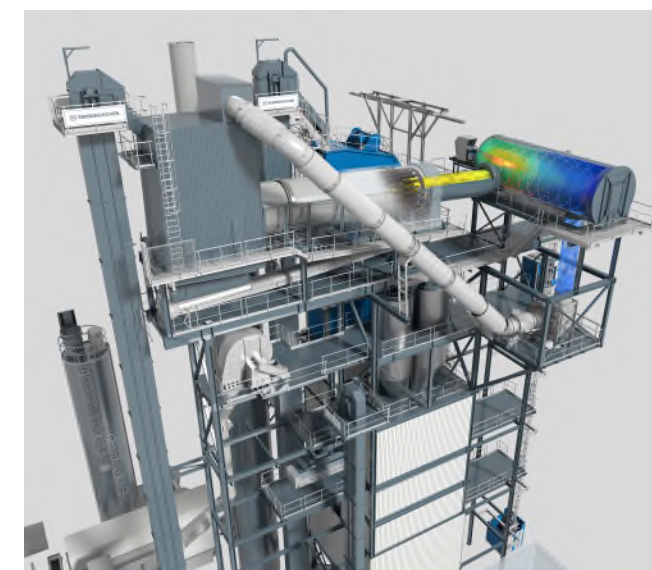
Source: BFH, Guide des bonnes pratiques, mandat KFG, 2021

Références normatives

Normes de base	<ul style="list-style-type: none"> • Recyclage: SN 670 071 • Granulats: SN 670 050 • Enrobés bitumineux: SN 640 420 • Liants bitumineux: SN 670 061
Normes concernant les composants des enrobés bitumineux	<ul style="list-style-type: none"> • Agrégats d'enrobés: SN EN 13108-8 - SN 670 103b/EN 13043 • Granulats (naturels et recyclés): SN 670 103b /EN 13043 • Liants bitumineux <ul style="list-style-type: none"> • Bitumes routiers: SN EN 12 591 • Bitumes modifiés par des polymères: SN EN 14 023 • Bitumes routiers de grade pur: SN EN 13 924
Normes produits (enrobés bitumineux)	<ul style="list-style-type: none"> • Enrobés bitumineux AC: SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 • Bétons bitumineux drainants PA: SN EN 13108-7 • Enrobés semi-denses SDA: VSS 40 436
Normes concernant les aspects liés à la conception et la mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • AC, PA et AC EME: VSS 40 430 • SDA: VSS 40 436
Normes concernant le contrôle de la qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Programme d'essais: VSS 40 434 • Epreuve de formulation: SN EN 13108-20 • Contrôle de la production en centrale: SN EN 13108-21

Production des enrobés recyclés

Type de centrale	Description	Teneur théorique en AE
Centrale non équipée pour l'ajout d'agrégats d'enrobés	<ul style="list-style-type: none"> • Faible proportion du parc existant en Suisse. • A la limite de la viabilité économique. 	0%
Centrale avec un seul tambour sécheur, mais équipée pour l'ajout d'agrégats d'enrobés à froid	<ul style="list-style-type: none"> • Encore largement utilisée. • Nécessite un important chauffage des granulats pendant le séchage. • Endommagement/Vieillessement potentiel du bitume en raison de la température élevée des granulats. • Désavantageuse d'un point de vue énergétique et émissions de CO2. • Possible formation de vapeur dans le malaxeur (ajout d'agrégats d'enrobés humides). • Emissions élevées. 	15 - 25%
Tambour parallèle classique (ajout d'agrégats d'enrobés à chaud)	<ul style="list-style-type: none"> • Largement utilisée en Suisse. • Les granulats (env. 200 ° C) et les agrégats d'enrobés (120 ° C) sont chauffés séparément. • Répond aux exigences actuelles en matière d'émissions (filtration particules fines). 	30 - 60%
Centrale de « nouvelle génération » (ajout d'agrégats d'enrobés à chaud)	<ul style="list-style-type: none"> • Nouvelle génération. • Principe similaire au tambour parallèle classique, avec une adaptation en ce qui concerne le tambour de recyclage (principe contre-courant). • Chauffage indirect (moins agressif) des agrégats d'enrobés à haute température (150 ° C). • Les deux tambours (granulats d'apport et agrégats d'enrobés) ne doivent pas nécessairement fonctionner simultanément. • Valeurs d'émissions généralement inférieures aux limites actuelles. 	60 - 100%



Source: BFH, Guide des bonnes pratiques, mandat KFG, 2021

Source: Benninghoven

Teneur maximale en agrégats d'enrobés

- Proposition de recommandations (attention: référence SN 640 431-1 NA: 2013)

Type d'enrobé	Teneurs en agrégats d'enrobés conseillées par le guide		Quantités admissibles selon norme (SN 640 431-1-NA)	Quantités admissibles conseillées, à intégrer lors de la révision de la norme
AC F	min. 60%	max. 100%	max. 70%	max. 100%
AC T	min. 50%	max. 90%	max. 60%	max. 80%
AC B	min. 20%	max. 60%	max. 30%	max. 50%

Type d'enrobé	Teneurs en agrégats d'enrobés conseillées par le guide		Quantités admissibles selon norme (SN 640 431-1-NA)	Quantités admissibles conseillées, à intégrer lors de la révision de la norme
AC EME	min. 10%	max. 50%	max. 30%	max. 50%
AC couche de roulement	N	min. 0%	max. 50%	max. 40%
	S/H	min. 0%	max. 30%	max. 30%

Source: BFH, Guide des bonnes pratiques, mandat KFG, 2021

SN EN 13108-1: 2022-09

Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen Enrobés bitumineux, quantités admissibles d'agrégats d'enrobés en fonction des couches, des sortes et des types d'enrobés		
Mischgutsorten und Mischguttypen für Schichten Sortes et types d'enrobés pour couches	Anteil Ausbauasphalt Teneur en agrégats d'enrobés	
	Kaltzugabe Incorporation à froid	Warmzugabe Incorporation à chaud
[Masse-%] / [% massique]		
Deckschichten / Couches de roulement		
Asphaltbeton für Deckschichten AC H und AC MR Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC H und AC MR	0	0 ¹⁾
Asphaltbeton für Deckschichten AC S, AC N und AC L Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC S, AC N et AC L	≤ 15	≤ 40 ¹⁾
Binderschichten und Hochmodul-Asphaltbeton / Couches de liaison et enrobés bitumineux à module élevé		
Asphaltbeton für Binderschichten AC B, Hochmodul-Asphaltbeton AC EME Enrobés bitumineux pour couches de liaison AC B, enrobés bitumineux à module élevé AC EME	≤ 15	≤ 60 ¹⁾
Trag- und Sperrschichten / Couches de base et couches d'étanchéité		
Asphaltbeton für Tragschichten AC T, Asphaltbeton für Sperrschichten im Gleisbau AC RAIL Enrobés bitumineux pour couches de base AC T, enrobés bitumineux pour couches d'étanchéité pour voies ferrées AC RAIL	≤ 25	≤ 80 ¹⁾
Fundationsschichten / Couches de fondation		
Asphaltbeton für Fundationsschichten AC F Enrobés bitumineux pour couches de fondation AC F	≤ 30	≤ 100

Exigences: expériences diverses (OFROU, cantons, communes)

Quantité d'agrégats d'enrobés [% massique] – exemple au niveau communal		
	Ville de Berne [26]	SN 640 431-1-NA [11]
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC H, AC MR, PA, SDA	0%	0%
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC S	≤ 30%	0%
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC N, AC L	≤ 50%	≤ 30%
Enrobés bitumineux pour couches de liaison AC B	≤ 70%	≤ 30%
Enrobés bitumineux à module élevé AC EME	C1: ≤ 40% C2: ≤ 50%	≤ 30%
Enrobés bitumineux pour couches de base AC T	≤ 70%	≤ 60%
Enrobés bitumineux pour couches de fondation AC F	≤ 90%	≤ 70%

Source: BFH, Guide des bonnes pratiques, mandat KFG, 2021

Quantité d'agrégats d'enrobés [% massique] – exemples au niveau cantonal			
	Canton d'Argovie [28]	Canton de Berne [30]	SN 640 431-1-NA [11]
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC MR, PA, SDA	0%	0%	0%
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC H	0%	≤ 20%	0%
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC S	≤ 20%	≤ 20%	0%
Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC N, AC L	≤ 30%	≤ 50%	≤ 30%
Enrobés bitumineux pour couches de liaison AC B	≤ 60%	≤ 50%	≤ 30%
Enrobés bitumineux pour enrobés à module élevé AC EME	Pas d'exigence	≤ 50%	≤ 30%
Enrobés bitumineux pour couches de base AC T S, AC T H	≤ 60%	≤ 80%	≤ 60%
Enrobés bitumineux pour couches de base AC T N	≤ 80%		
Enrobés bitumineux pour couches de fondation AC F	≤ 80%	≤ 90%	≤ 70%

Ancienne version

Références



Projet Bülach-Kloten (canton de Zurich): phase de mise en œuvre.



Source: BFH, Guide des bonnes pratiques, mandat KFG, 2021

	Canton de Berne 2014	Ville d'Uster (ZH) 2019 et 2020	Ville de Berne 2019 et 2020	Canton de Zurich 2018	Canton de Zurich 2020
Domaine d'applications		Routes collectrices principales sur le territoire communal	Routes de quartier	RGD Bülach-Kloten Classe de trafic T6	Limmattalbahn lots 4 et 5 Classe de trafic T4
Produits mis en œuvre	Couches de roulement (projets pilotes) avec une teneur en agrégats d'enrobés jusqu'à 50%.	Objectif: fabrication et mise en œuvre de revêtement avec une teneur en agrégats d'enrobés allant jusqu'à 100% dans les couches de base AC T . En pratique: utilisation de 60% d'agrégats d'enrobés et 30% de gravillons secondaires dans les couches de base AC T (facteur limitant la teneur en agrégats d'enrobés: exigences concernant la courbe granulométrique).	AC F (teneur en agrégats d'enrobés jusqu'à 80-90%) AC T (teneur en agrégats d'enrobés jusqu'à 70-80%). La technologie du recyclage dans les enrobés a été combinée avec un ajout de fibres ainsi qu'une température de fabrication tiède (température de fabrication : 110-120°C).	Couche de fondation AC F 22 B 50/70 avec 90 % d'agrégats d'enrobés . → Une teneur élevée en agrégats d'enrobés (90%) a pu être atteinte par l'intermédiaire de l'ajout d'un réjuvenateur/additif (Rejuvenator Sylva-road).	Couche de liaison AC B 22 H (liant d'apport: Grisolast E85 HM), 50% RAP et env. 15% de gravillons secondaires . Couche de base AC T 22 S (liant d'apport: bitume spécial VJ330) 65% RAP et env. 15% de gravillons secondaires .
Essais de laboratoire ou in situ spécifiques		La ville d'Uster a bénéficié de l'appui d'un laboratoire privé pour les essais en laboratoire et in situ.	<ul style="list-style-type: none"> Aucun essai spécifique en laboratoire ou in situ n'ont été effectués. Les tronçons mis en œuvre sont considérés comme des planches d'essai « grandeur nature ». Le suivi (monitoring) des tronçons est en cours. 	Les produits mis en œuvre doivent répondre aux mêmes exigences que les revêtements fabriqués uniquement à partir de matériaux primaires. Les essais standards, c'est-à-dire ceux relatifs à l'épreuve de formulation, à la planche d'essai et aux contrôles in situ, ont été réalisés.	Des essais DSR (rheologie sur le liant) ont été réalisés dans le cadre de ce projet.

Exigences relatives aux liants récupérés (exemples)

		B50/70	B70/100	PmB 10/40-70 (CH-E)	PmB 25/55-65 (CH-E)	PmB 45/80-65 (CH-E)	PmB 65/105- 60 (CH-E)	B10/20	B15/25		
Normes VSS	Pénétrabilité (EN 1426)	Original	50...70	70...100	10...40	25...55	45...80	65...105	10...20	15...25	
		Vieillessement RTFOT <i>Calculée selon les indications de la norme concernant la pénétrabilité résiduelle</i>	≥ 50% 25...70	≥ 46% 32...100	≥ 60% 6...40	≥ 60% 15...55	≥ 60% 27...80	≥ 60% 39...105	≥ 55% 6...20	≥ 55% 8...25	
	Point de ramollissement bille-anneau (EN 1427)	Original	46...54	43...51	≥ 70	≥ 65	≥ 65	≥ 60	58...78	55...71	
		Vieillessement RTFOT <i>Calculée selon les indications de la norme concernant l'augmentation et la diminution admissibles du point de ramollissement</i>	≤ 9°C (augmentation) 46...63	≤ 9°C (augmentation) 43...60	≤ 8°C (augmentation) ≤ 5°C (diminution) 65...78	8°C (augmentation) ≤ 5°C (diminution) 60...73	8°C (augmentation) ≤ 5°C (diminution) 60...73	8°C (augmentation) ≤ 5°C (diminution) 55...68	≤ 10°C (augmentation) ≤ 2°C (diminution) 56...88	≤ 10°C (augmentation) ≤ 2°C (diminution) 53...81	
Retour élastique 25°C (EN 13398)	Original			≥ 80	≥ 80	≥ 80	≥ 80				
	Vieillessement RTFOT			≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60				
OFROU	Pénétrabilité (EN1426)	Original	30...55	40...75	10...35	15...50	30...70	40...90	6...16	8...21	
	Point de ramollissement bille-anneau (EN 1427)	Récupéré	48...65	45...62	≥ 65	≥ 60	≥ 60	≥ 55	≥ 60	≥ 57	
	Retour élastique 25°C (EN 13398)										
Canton de Zurich	Pénétrabilité (EN1426)	Récupéré	AC	30...55	40...75						
			AC B				20...50	35...70	45...90		
			AC T AC F	25...55	35...75	15...35				6...16	15...35
	Point de ramollissement bille-anneau (EN 1427)	Récupéré	AC	48...65	45...62						
			AC B				60...80	60...80	55...75		
			AC T AC F	50...55	47...62	65...87				60...85	65...80
Retour élastique 25°C (EN 13398)	Récupéré	AC				≥ 60	≥ 60	≥ 60			
		AC B									
		AC T AC F			≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50			

Nouvelle version VSS 40 430: 2022-09
→ Annexe 3 (liant récupéré)

Avantages / Paramètres à considérer

	Enrobés recyclés
Avantages	<ul style="list-style-type: none">• Optimisation du cycle des matériaux, au niveau des aspects économiques et environnementaux.• Economie des ressources naturelles, telles que les granulats ou le pétrole.• Diminution de l'encombrement des dépôts de matériaux/des décharges.• Diminution des coûts d'approvisionnement en liant.

	Enrobés recyclés
Paramètres et caractéristiques spécifiques à considérer	<p>Homogénéité des agrégats d'enrobés à déterminer (et à garantir).</p> <p>Prise en compte des modifications des caractéristiques géométriques des granulats et du vieillissement du liant résiduel.</p> <p>Quid du mélange entre le liant issu des agrégats d'enrobés et le liant d'apport ?</p> <p>Limites techniques concernant la fabrication d'enrobés recyclés à fort taux à destination des couches de roulement et pour les AC EME.</p>



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Cas pratiques

Quelques exemples d'implémentation pratique

Canton de Zurich

- ▶ Service des Ponts et Chaussées
 - ▶ Conditions particulières relatives à la teneur en agrégats d'enrobés

Asphaltemischgut	Minimaler Anteil Ausbauasphalt RAP ohne Sekundärsplitt (Warmzugabe)	Maximaler Anteil Ausbauasphalt RAP und Sekundärsplitt (Warmzugabe)
Deckschichten AC S und AC H	0%	30%
Deckschichten AC L und AC N	20%	50%
Binderschicht AC B	30%	60%
Tragschicht AC EME	20%	40%
Tragschicht AC T	50%	80%
Foundationsschicht AC F	60%	100%

Die Anforderungen an das rückgewonnene Bindemittel müssen dabei unverändert erfüllt werden (Aufteilung Deck-, Binder- resp. Trag-/Foundationsschicht)

Source: TBA Kt Zürich, Kombiveranstaltung 2021, C. Gassmann



Bau- und Umweltschutzdirektion, TBA, Rheinstrasse 29, 4410 Liestal

An die
Belagsaufbereitungsanlagen Regio Basel

Liestal, 20. September 2022

Mindestanteil von RC-Asphaltgranulat in Asphaltbelägen

Sehr geehrte Damen und Herren

Mit Interesse haben wir Ihre Rückmeldungen zum obigen Thema im Zusammenhang mit Ihren Belagsaufbereitungsanlagen gelesen.

Das Ziel unserer Anforderungen an den RC-Anteil bei Trag- und Binderschichten sowie beim AC F ist, die Ressourcen zu schonen und den Materialkreislauf zu fördern. Diese Zielsetzung entspringt einerseits aus dem Massnahmenpaket zur Förderung des Baustoffkreislaufes Regio Basel, der Richtlinie «Materialtechnologie im Tiefbau» beider Basel vom 1. Januar 2021 und andererseits aus der «Best Practice Guideline» der Plattform Kies für Generationen vom 15. April 2021. Die letztgenannte Guideline setzt bewusst die in den einschlägigen Normen festgelegten Recyclinganteile höher an, dies aus dem Wissen und den Erfahrungen des ASTRA und weiteren Institutionen wie verschiedenen Belagsaufbereitungsanlagen und der *asphaltsuisse*. Mit den gewünschten Recyclinganteilen wollen wir auch bewusst allfälligen gesellschaftspolitischen Forderungen vorgreifen

Canton de Vaud



Direction générale de la mobilité et des routes DGMR
Division entretien

CONDITIONS PARTICULIÈRES – LOT 22.ER.163.01

Version des CP : 14.11.2021

Les conditions générales pour la superstructure des routes VSS 07 701 (Edition : 2019-03) / SIA 118/708 sont applicables, sauf convention contraire des présentes CP.

- b) Contrairement à la norme SN 640 431-1-NA / EN13108-1 (Edition : 2013-12) les agrégats d'enrobé (AE) seront tolérés dans les couches AC S et AC H, selon le tableau ci-dessous :

Type d'enrobé	Taux d'AE conseillé Recommandation DGMR *	Taux d'AE selon la norme SN 640 431-1-NA
AC F	min. 60%...max. 100%	max. 70%
AC T	min. 50%...max. 90%	max. 60%
AC B	min. 50%...max. 60%	max. 30%
AC EME	min. 0%...max. 50%	max. 30%
AC L, N	min. 0%...max. 50%	max. 30%
AC S / H	min. 0%...max. 30% ¹⁾	0%

* Basé selon «Guide des bonnes pratiques», BFH – Kies für generationen, ASR, Kanton Zurich, fkb Zurich

Approche canton de Neuchâtel

- ▶ Objectif: augmenter l'utilisation d'agrégats d'enrobés (priorité 1) et le recours aux enrobés tièdes (priorité 2)
- ▶ Approche pragmatique, intégrant les acteurs du canton via la FNE
- ▶ Manuel en cours de finalisation / validation (mandant: SPCH NE)



Octobre 2023

Valorisation des agrégats d'enrobés et des enrobés tièdes dans le canton de Neuchâtel

Canton de Neuchâtel, Service des Ponts et Chaussées, M. Merloti et M. Flückiger
Ville de Neuchâtel, M. Benacloche et M. Thorens
Ville de la Chaux-de-Fonds, M. Schneider

Nicolas Bueche (nicolas.bueche@nibuxs.ch)

Rita Galrito (rita.galrito@nibuxs.ch)

Nibuxs sàrl · Chemin du Croset 9 · 1024 Écublens

T. +41 21 550 95 32 · nibuxs.ch



Approche canton de Neuchâtel (en cours)

- ▶ Critères d'**aptitude** (principaux éléments)
 - ▶ Respect de la teneur en agrégats d'enrobés (AE) → *tableau avec valeurs min/max selon mode d'ajout des AE*
 - ▶ Rapport technique, démonstration des compétences techniques du soumissionnaire
- ▶ Critères d'**adjudication**
 - ▶ Teneur en AE → *meilleure note pour une teneur en AE plus élevée*
 - ▶ Impact du transport des matériaux bitumineux → *distance entre centrale et chantier*
 - ▶ Rapport environnemental → *3 questions*



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Perspectives

- Projets KFG (Kies für Generationen) N° 2 et N° 3
- Bilan personnel

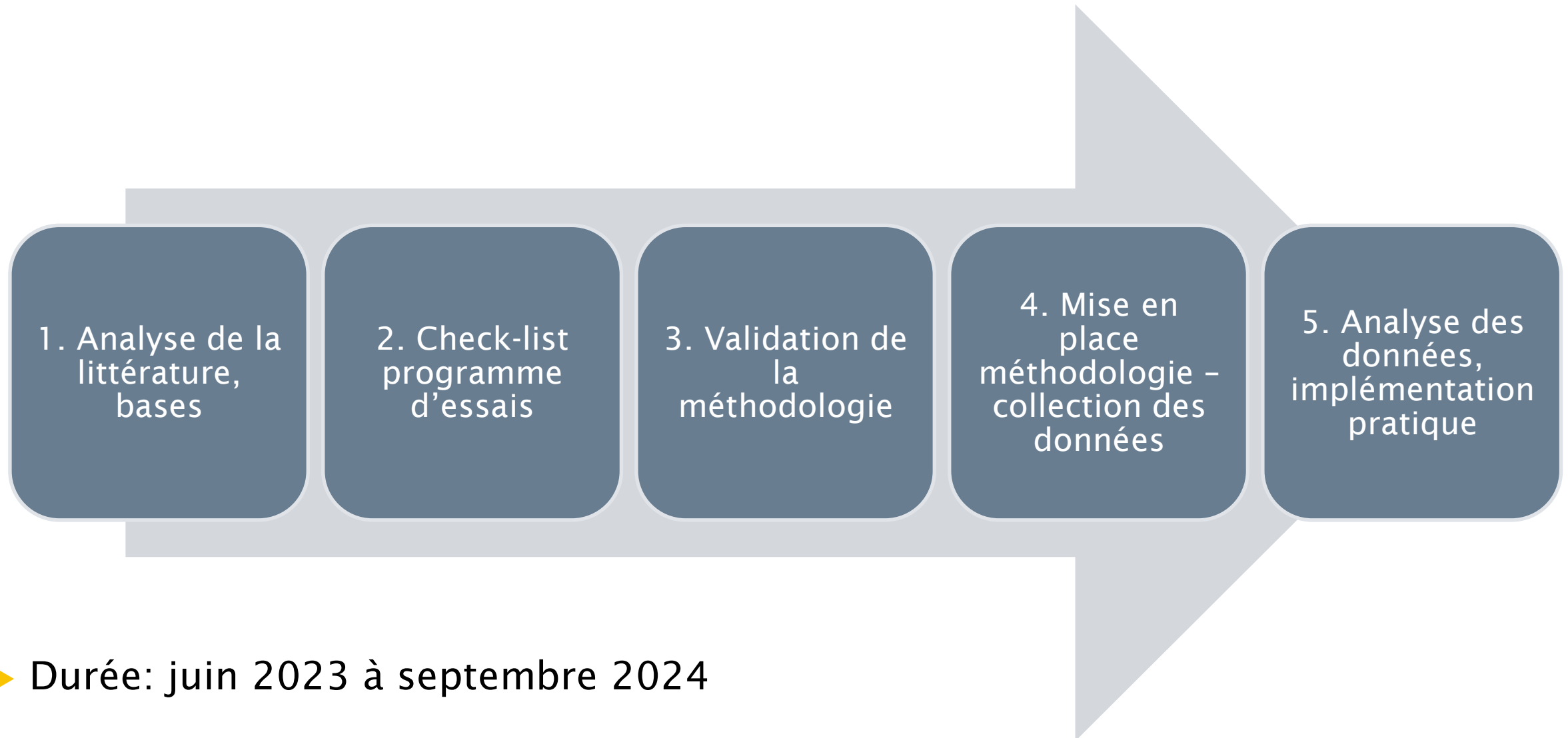
Projet KFG N° 2: Essais performantiels pour les enrobés avec matériaux recyclés et/ou enrobés tièdes

- ▶ Objectif: **ouvrir la voie à des méthodes d'essai axées sur la performance lors de l'utilisation d'agrégats d'enrobés ou d'enrobés tièdes**



- ▶ Points principaux
 - ▶ Focalisation sur les **paramètres** qui peuvent être **critiques** en cas de teneur élevée en agrégats d'enrobés et/ou d'utilisation d'enrobés tièdes.
 - ▶ Acquisition **d'expérience** grâce à une **collaboration** intensive avec les maîtres d'ouvrage.
 - ▶ Elaboration d'un **programme d'essai** comprenant la description des essais de laboratoire et la formulation des exigences proposées.
 - ▶ Les résultats finaux doivent être **orientés vers la pratique**. La contribution doit être d'une grande utilité pour la normalisation et pour les maîtres d'ouvrage suisses.

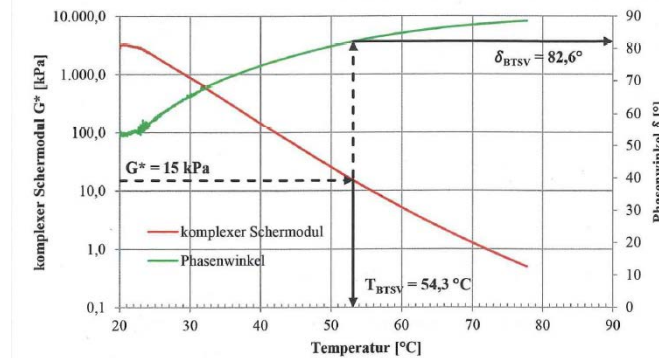
Projet KFG N° 2: Vue globale du projet (phases)



► Durée: juin 2023 à septembre 2024

Projet KFG N° 2: Quelques réflexions - méthodes d'essais

- ▶ Essai BTSV (essai 'rapide' de caractérisation du bitume)



Source : L. Huber (IMP Bautest AG), Pavono Tagung 2022



- ▶ Autres méthodes d'essais avec DSR, par ex. MSCR (fluage-recouvrance sous contraintes répétées), modification des conditions d'essais

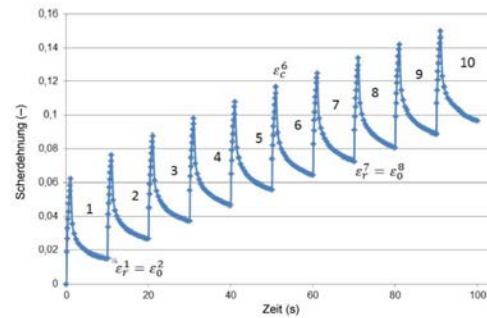
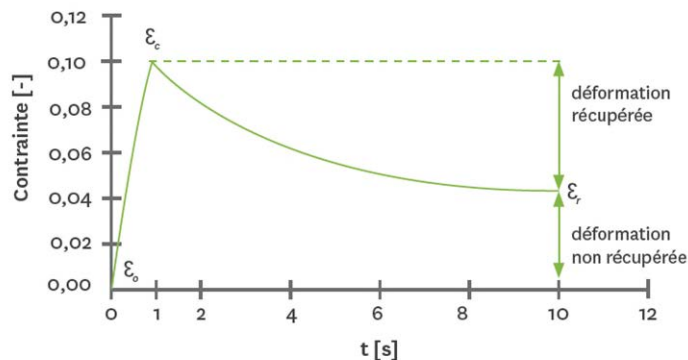


Bild 2 — Typische Kriech-Erholungs-Kurve für 10 aufeinanderfolgende Zyklen

Projet KFG N° 3: Méthode uniforme pour la réalisation d'écobilans des revêtements

► Objectifs

- Définir une procédure uniforme pour la réalisation d'un écobilan de projets routiers (matériaux).
- La procédure doit finalement appuyer le maître d'ouvrage et apporter une contribution dans le cadre d'un critère de comparaison uniforme lors de l'évaluation de projets.
- La méthodologie doit être présentée de manière uniforme et transparente.



Projet KFG N° 3: Conditions cadres

- ▶ Il n'est **pas prévu** de **développer une nouvelle méthodologie** pour l'ICV (Inventaire du Cycle de Vie) ou l'ACV (Analyse du Cycle de Vie), mais de se baser sur les **expériences/modèles existants**.
- ▶ Il ne s'agit **pas d'une recherche** visant à développer quelque chose de totalement nouveau (pas de recherche fondamentale).
- ▶ Les **données d'entrée** (pour les premières analyses) seront reprises de **bases de données** ou de projets existants, comme par exemple Ecoinvent®. Si nécessaire, des hypothèses aussi réalistes que possible seront faites et documentées proprement en conséquence.
- ▶ Le projet se concentre sur les **revêtements bitumineux avec et sans agrégats d'enrobé**. Les revêtements en béton ne font pas (encore) l'objet de l'étude.

Projet KFG N° 3: Vue globale du projet (phases)

1. Analyse de la littérature, définition des limites

2. Développement de la méthodologie

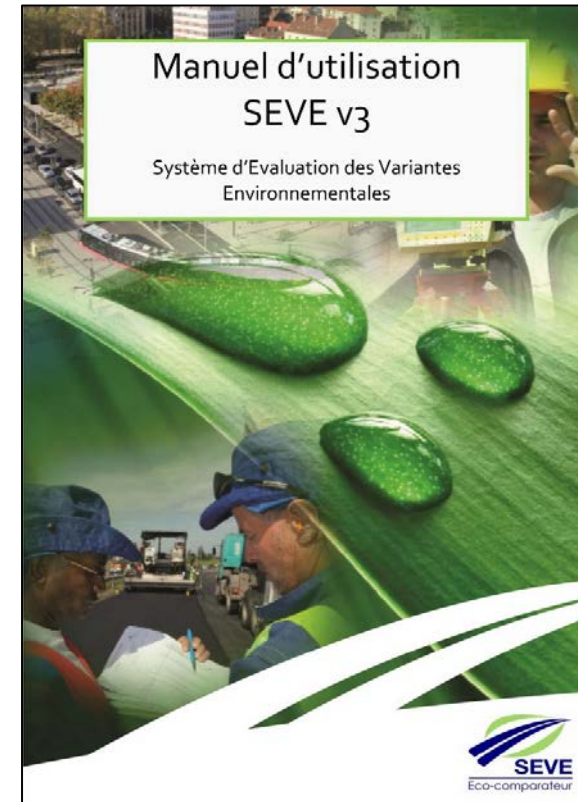
3. Application de la méthodologie

4. Conclusions, mise en application

► Durée: juin 2023 à mai 2024

Projet KFG N° 3: Quelques réflexions - méthodes



- ▶ Outils d'ACV pour l'écobilan dans la construction routière
 - ▶ Différents logiciels
 - ▶ Nombreuses solutions développées à l'échelle nationale
 - ▶ Objectif : quantifier l'impact sur l'environnement des différents processus de la construction routière
 - ▶ Beaucoup d'outils gratuits
 - ▶ ECO2nstruct (Infra Suisse)
 - ▶ NAPA GHG Calculator (USA)
 - ▶ Dubocalc (NL)
 - ▶ Athena Pavement LCA (USA)
 - ▶ SEVE (F)
 - ▶ SimaPro (Intl)



Source: infra Suisse

Projet KFG N° 3: Quelques réflexions - méthodes


► EPD (Environmental Product Declaration)

ASPHALT MIXTURES

AG, ABB, ABT, ABS – with penetration bitumen, polymer modified bitumen or special stone. Produced in Hok or Östad

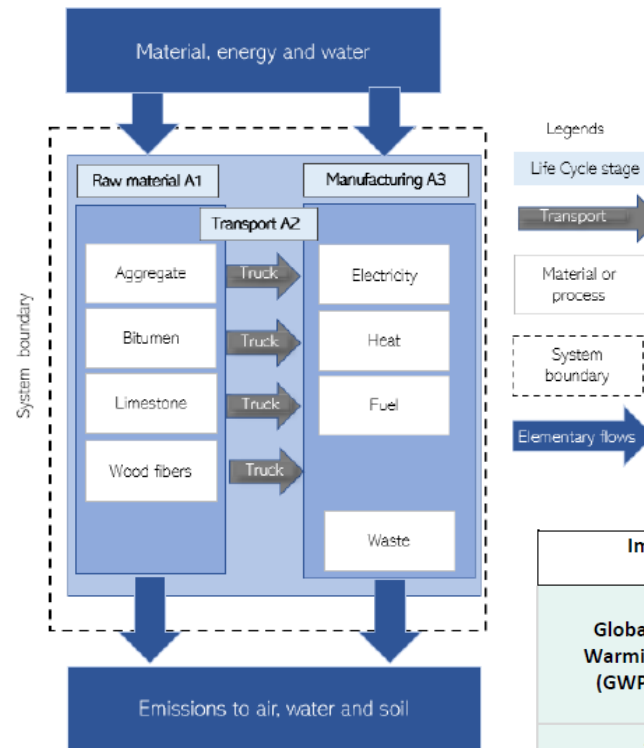
In accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A1:2013. For:
Sandahls grus & asfalt AB
 Gammavägen 6,556 52 Jönköping, Sweden



Programme: The International EPD® System, www.environdec.com
 Programme operator: EPD International AB
 EPD registration number: S-P-04994
 Publication date: 2021-12-07
 Latest update: 2022-10-24
 Valid until: 2026-12-07

An EPD should provide current information and may be updated if conditions change. The stated validity is therefore subject to the continued registration and publication at www.environdec.com

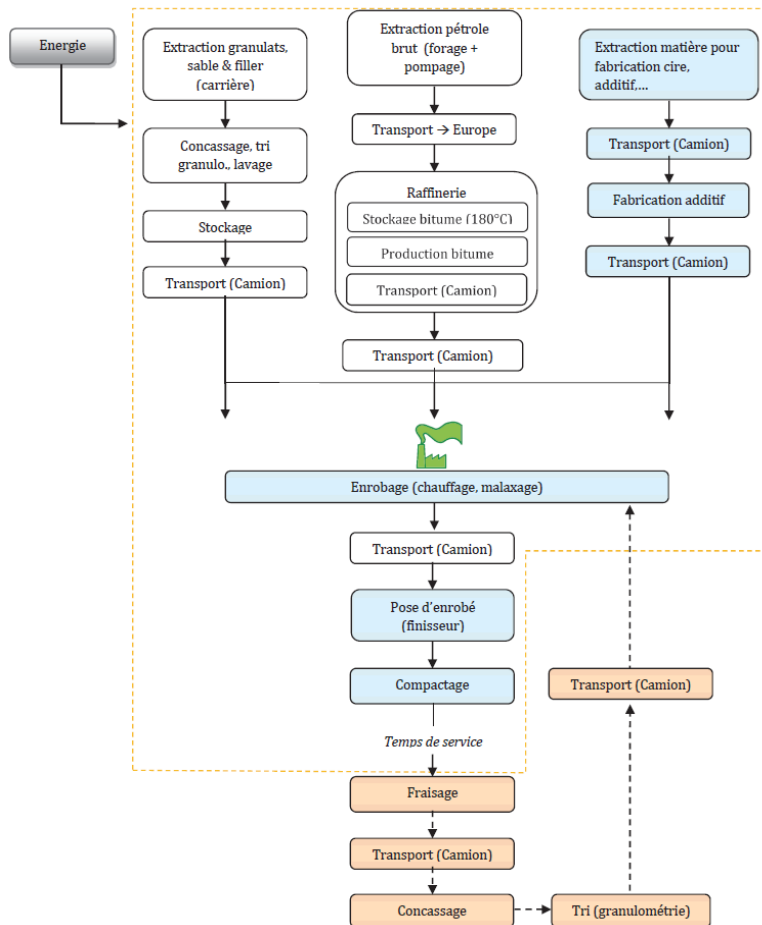
Source: <https://www.environdec.com>



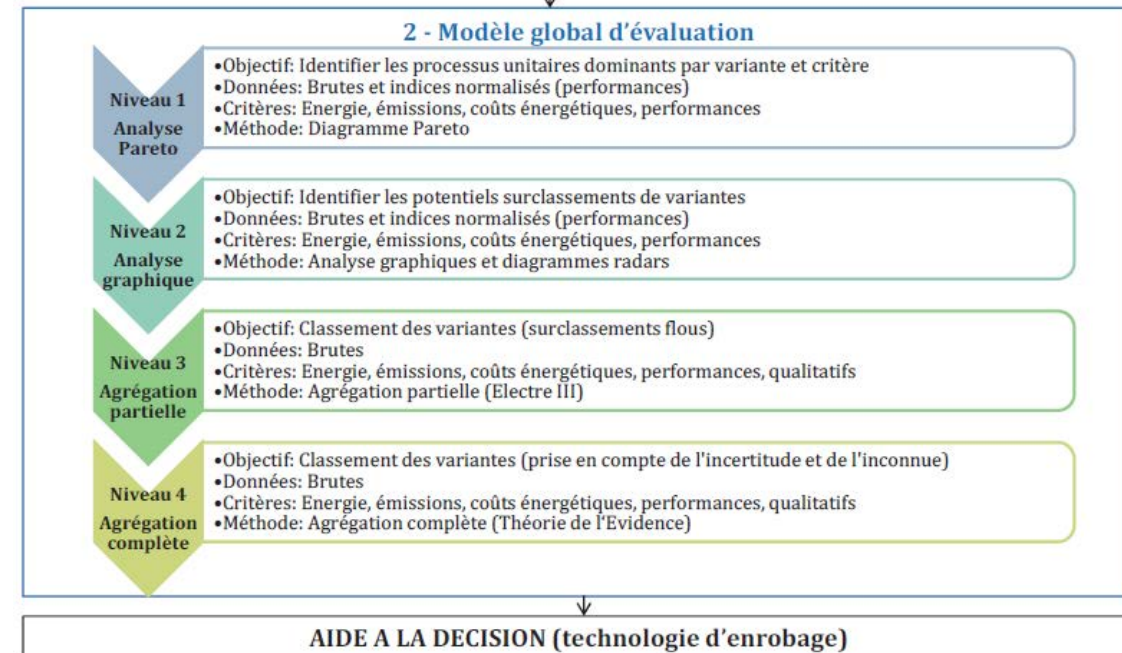
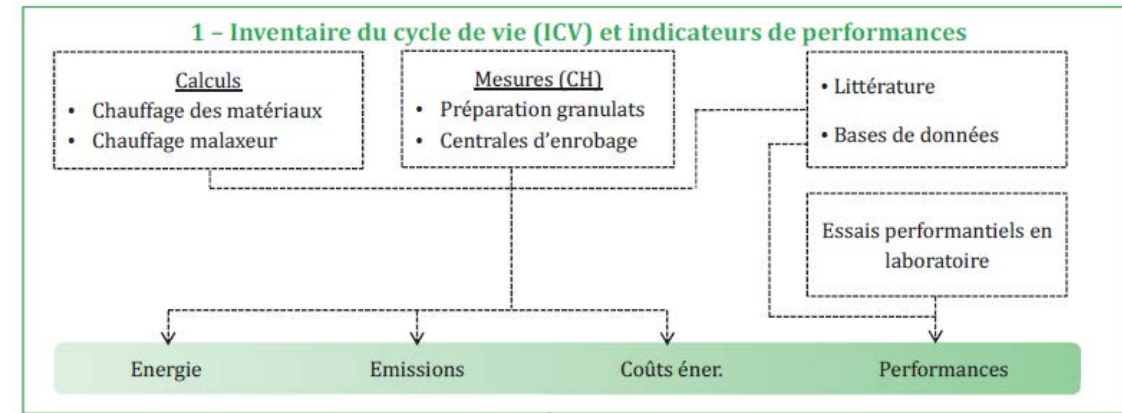
Impact category		Unit	AG - Pen. Bitumen			
			Raw materials A1	Transports to site A2	Production A3	Sum A1-A3
Global Warming (GWP)	Fossil	Kg CO2,eq	1,32E+01	1,84E+00	6,25E+00	2,13E+01
	Biogenic	Kg CO2,eq	1,41E-01	5,23E-03	4,66E-01	6,12E-01
	Land use and LU Change	Kg CO2,eq	7,57E-03	7,83E-04	3,16E-02	3,99E-02
	Total	Kg CO2,eq	1,34E+01	1,84E+00	6,75E+00	2,20E+01
Acidification		Kg SO2,eq	9,99E-02	4,18E-03	4,25E-02	1,47E-01
Eutrophication Freshwater		Kg PO4,eq	2,15E-03	3,85E-04	1,39E-03	3,92E-03
Photochemical Ozone Formation		Kg C2H4,eq	6,49E-02	2,80E-03	4,41E-02	1,12E-01
Resource use, minerals and metals		kg Sb,eq	7,01E-05	7,16E-06	2,18E-05	9,90E-05
Resource use, fossils		MJ	2,26E+03	2,78E+01	1,02E+02	2,39E+03
Ozone depletion		kg CFC11,eq	3,68E-07	4,23E-07	1,29E-06	2,08E-06

Projet KFG N° 3: Quelques réflexions - méthodes

► Modèle global d'évaluation (projet PLANET)



Source: PLANET Projekt / Thesis N. Bueche, 2011



Synthèse



- ▶ Le recyclage des agrégats d'enrobés est une nécessité et une pratique courante dans le domaine des infrastructures de transport.
- ▶ Utiliser des agrégats d'enrobés n'implique pas une concession au niveau des performances.
- ▶ Différentes aides existent (normalisation, guides techniques, législation, ...).
- ▶ Travail d'équipe (MO – bureaux ingénieurs – spécialistes – laboratoires).

Tendances majeures (appréciation personnelle)



Augmentation de la teneur en matériaux recyclés (AE)

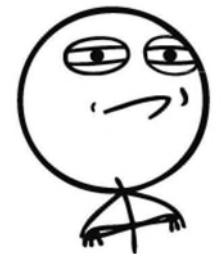
Diminution des températures (production, pose)

Matériaux à longue durée de vie (ex. Gussasphalt)

Matériaux / liants «verts»

Méthodes d'essais et contrôles

CHALLENGE ACCEPTED



Merci pour votre
attention !

Bueche Nicolas

 nicolas.bueche@bfh.ch

 +41 79 602 16 32

arv Baustoffrecycling Schweiz
asr Recyclage matériaux construction Suisse
Riciclaggio materiali costruzione Svizzera

Point de Mire 2023

Mise en pratique de l'économie circulaire dans la construction

Gestion durable des déchets bitumineux en Suisse

Etat de la technique et perspectives

Eric Säuberli CSD Ingénieurs SA

Base de la présentation

Etude réalisée en 2020/2021 pour l'OFEV dans le cadre des nouvelles dispositions de l'OLED destinée à répondre aux objectifs suivants :

- Vision claire des flux de déchets bitumineux à gérer sur la période 2026 – 2035
- Analyse technique et économique de la situation de l'élimination des déchets bitumineux en Suisse et de son évolution
- Etat de la technique actuel et prospectif des filières de traitement des déchets bitumineux
- Définitions des bases permettant de concrétiser la stratégie souhaitée :
 - Mise en œuvre des principes de l'économie circulaire
 - Assurer la sécurité du désapprovisionnement
 - Garantir la pertinence environnementale et économique des solutions préconisées



Base de la présentation

Deux études réalisées de manière coordonnées sur mandat de l'OFEV :



Modélisation des flux de bitume en Suisse

Août 2020

Energie- und Ressourcen-Management GmbH

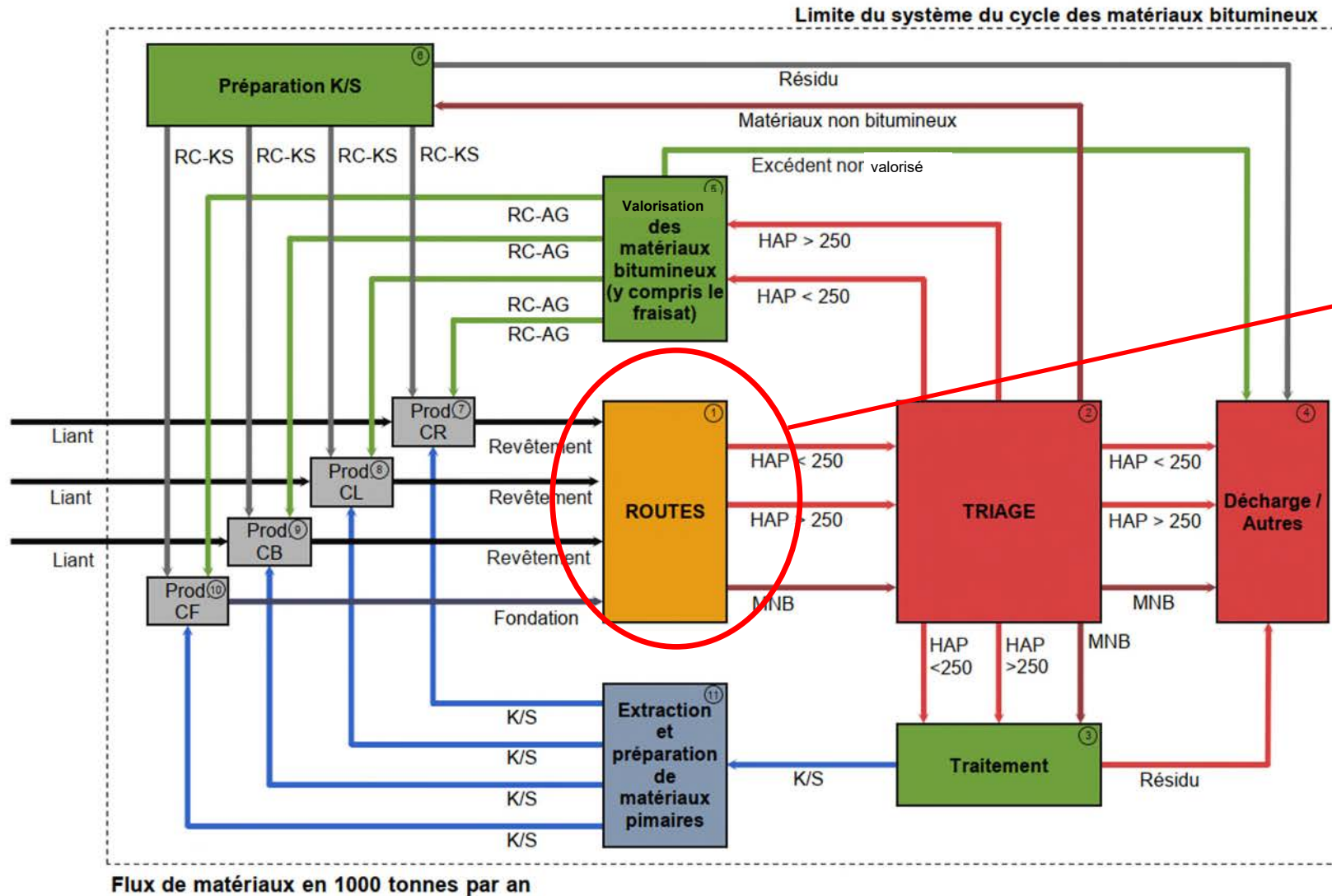


Gestion des déchets bitumineux en Suisse – Installations de traitement, Bilan économique et technique de la situation de l'élimination des déchets bitumineux en Suisse

Février 2021

CSD Ingénieurs SA

Modélisation des flux des revêtements de bitume



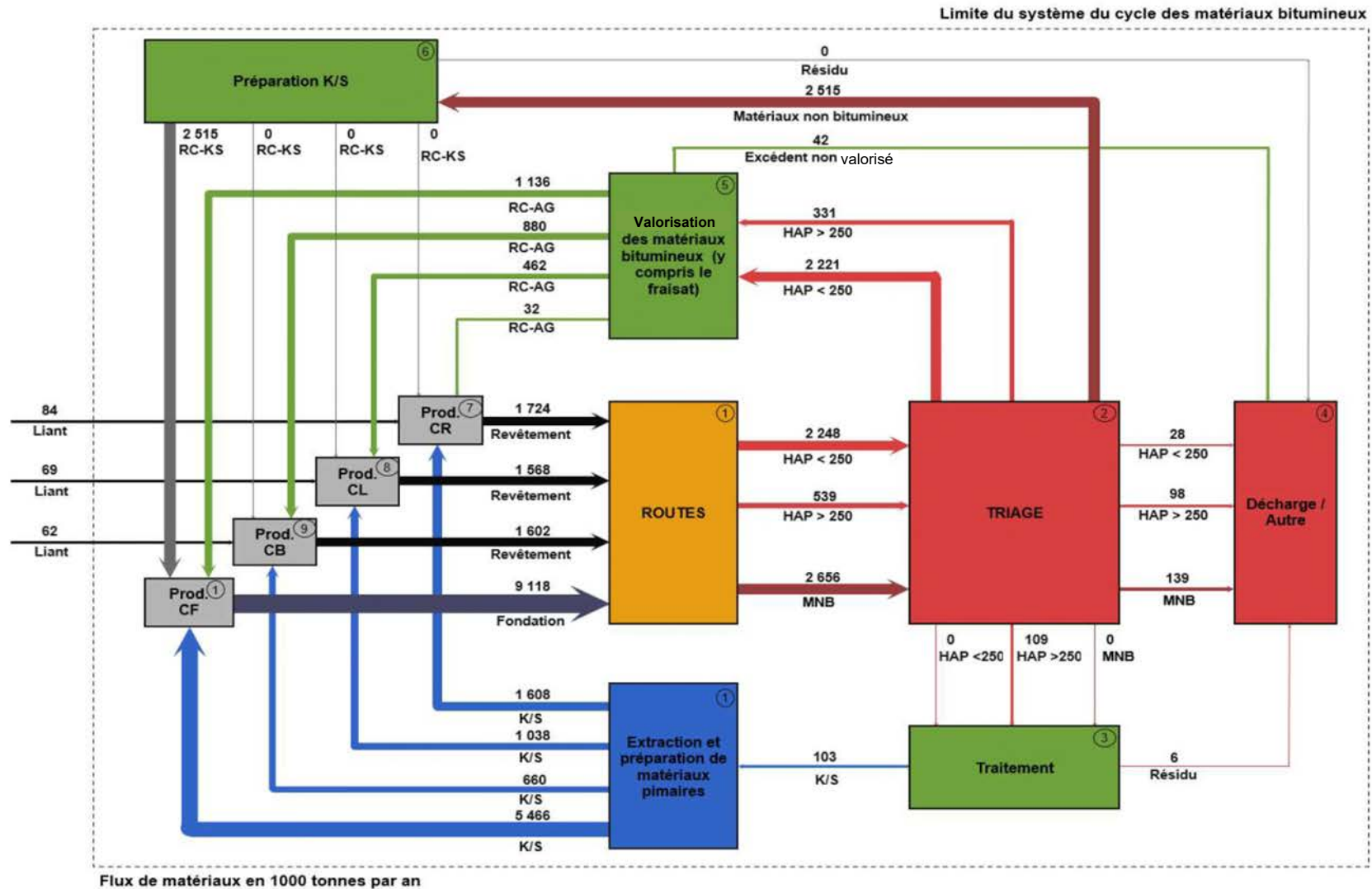
Stock total de revêtement bitumineux en Suisse :
2018 : 288 millions de tonnes
2035 : 330 millions de tonnes

Définition du système de quantification et de modélisation des flux (Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2020)

Filières possibles en fonction de l'évolution du cadre légal et réglementaire (OLED)

Teneur en HAP	Transitoire => 2025/27	2028 et après
> 1000 mg/kg	Valorisation interdite Elimination thermique Mise en décharge possible (type E) jusqu'au 31.12.27	Valorisation interdite Mise en décharge non autorisée
250 – 1000 mg/kg	Valorisation routière possible sous conditions ; jusqu'au 31.12.25 Mise en décharge possible (type E) jusqu'au 31.12.27	
>250 mg/kg	Valorisation routière à privilégier Mise en décharge possible (type B) jusqu'au 31.12.27	Valorisation routière à privilégier Mise en décharge non autorisée

Quantification des flux de revêtements de bitume – Etat de référence (2018)



Source : Energie- und Ressourcen-Management GmbH

Evolution future du potentiel de valorisation des déchets bitumineux

La quantité globale maximale de déchets bitumineux valorisable dans la construction routière dépend des éléments suivants :

- La teneur maximale admissible en agrégats recyclés dans chacune des couches (normes / pratiques concrètes)
- L'extension de la surface asphaltée dans le futur qui conditionne le paramètre « offre vs demande » en agrégats recyclés :
 - Par le passé et jusqu'à un futur proche, une extension relative importante du réseau routier est à considérer, générant une demande importante en agrégats recyclés
 - Les orientations définies en matière d'aménagement du territoire et de mobilité vont fortement limiter la création de nouvelles routes à moyen terme :
 - Limitation de la demande potentielle en agrégats bitumineux recyclés.
 - Afin d'éviter d'être confronté à des quantités importantes d'excédents d'agrégats bitumineux non valorisés, nécessité d'augmenter significativement la proportion d'agrégats bitumineux recyclés utilisés lors des travaux de réfection du réseau routier dans le futur => concrétisation des principes de l'économie circulaire

Scénarios futurs de valorisation dans la construction routière considérés

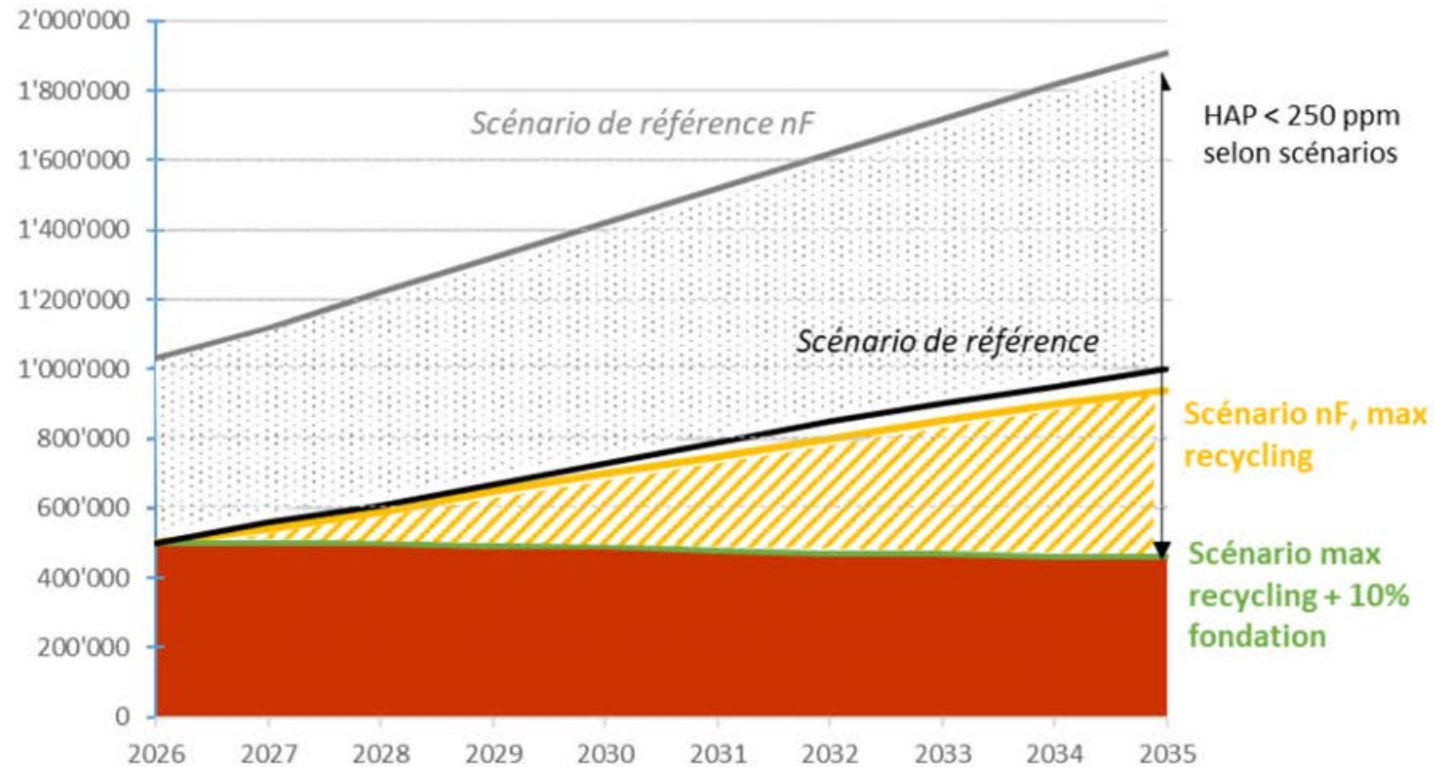
Année	SZ Referenz	SZ Ref, nF	SZ nF, max REC	SZ Max Recycling + 15% Fund
	Scénario de référence reflet de la situation actuelle extrapolée à 2035	Scénario de référence sans utilisation de grave RC A, ni de granulats d'asphalte (forme libre ou liée)	Pas de réutilisation dans les fondations (grave RC A et granulats) et recyclage maximum de RC dans la production d'asphalte	Recyclage maximum de RC dans la production d'asphalte et valorisation de 15% dans les fondations (couche de fondation à chaud)
		Deckschicht – Couche de roulement		
2025/26	5%	5%	30%	30%
2035	5%	5%	30%	30%
		Binderschicht – Couche de liaison		
2025/26	30%	30%	60%	60%
2035	30%	30%	60%	60%
		Tragschicht – Couche de base		
2025/26	60%	60%	80%	80%
2035	60%	60%	80%	80%
		Fundationschicht – Couche de fondation		
2025/26	11%	0%	0%	15%
2035	11%	0%	0%	15%

Scénario «laisser faire»

Scénario «vertueux»
considéré

Quantité de déchets bitumineux non valorisables

Quantité de déchets bitumineux non valorisable dans la construction routière à traiter par d'autres filières (t/an)



HAP < 250 mg/kg

Scénario de référence nF

- 2026 : 500'000 t/an
- 2035 : 1'400'000 t/an

Scénario nF max recycling

- 2026 : 0 t/an
- 2035 : 480'000 t/an

HAP > 250 mg/kg

- 2026 : 500'000 t/an
- 2035 : 460'000 t/an

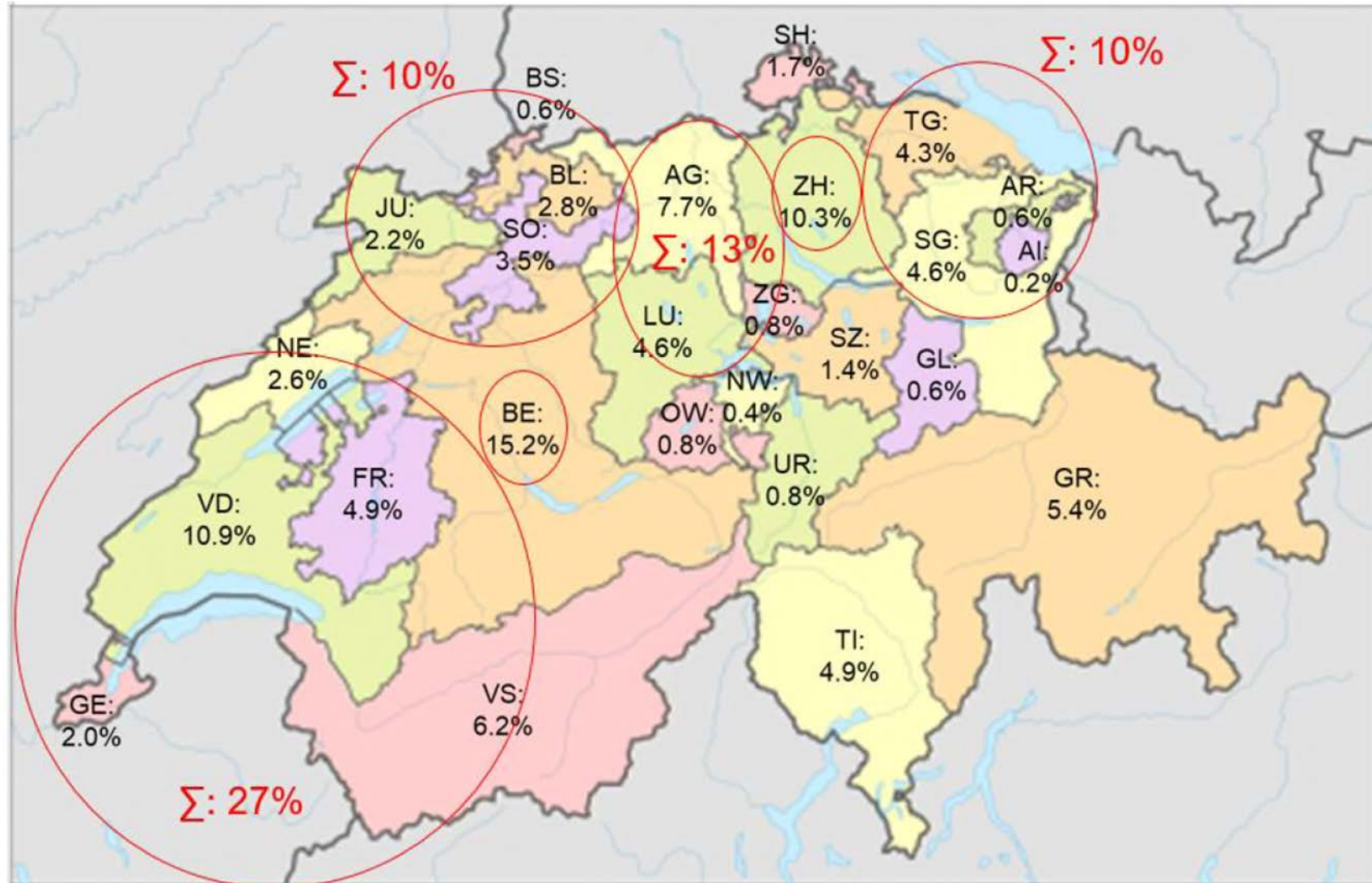
Indépendamment des scénarios

Quantité totale de déchets bitumineux à traiter dans des filières spécifiques :

- 2026 : 500'000 à 1 million de t/an
- 2035 : 700'000 à 1,4 million de t/an

Répartition de la production sur le territoire national

Production répartie de manière relativement diffuse à l'échelle de l'ensemble de la Suisse



Rôle des installations de traitement des déchets bitumineux dans le cadre des objectifs et principes de la gestion des déchets en Suisse (LPE, art. 30)

a. **La production de déchets doit être limitée dans la mesure du possible**

- Développements techniques permettant d'améliorer la durabilité des revêtements et d'espacer les fréquences de renouvellement des différentes couches.

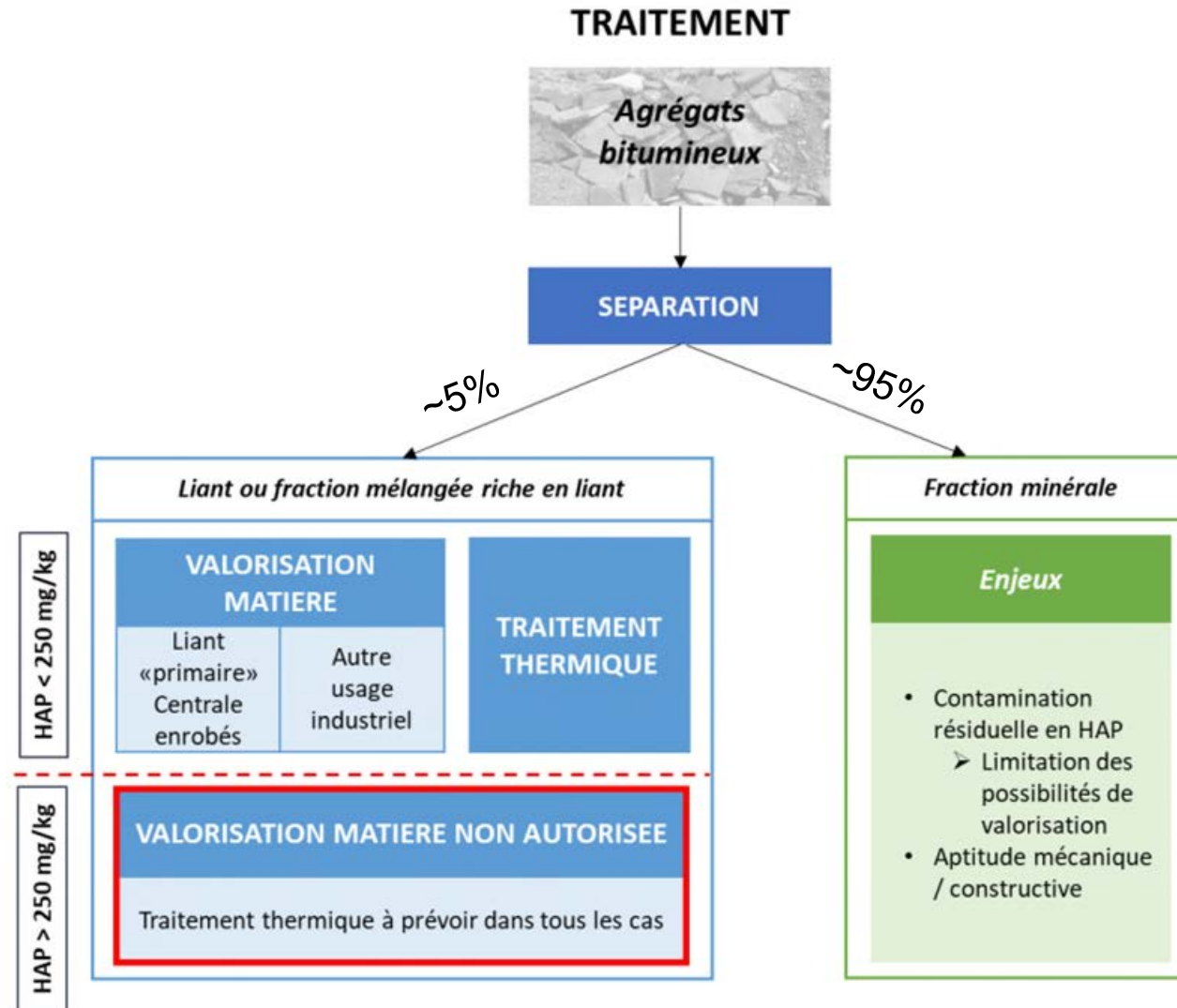
b. **Les déchets doivent être valorisés dans la mesure du possible**

- Valorisation en premier lieu des agrégats bitumineux dans le cadre de la production de nouveaux revêtements -création des conditions cadre permettant d'atteindre les scénarios les plus ambitieux en termes de parts valorisées
- Pour les quantités excédentaires non valorisées comme agrégats recyclés ➡ favoriser dans toute mesure du possible les processus de traitement permettant d'optimiser la valorisation matière des différents constituants
- L'optimisation environnementale de ces processus doit être appréhendée dans une perspective élargie de durabilité, associant outre les questions liées à la gestion des ressources et des déchets, les enjeux énergétiques et climatiques en particulier.

c. **Les déchets doivent être éliminés d'une manière respectueuse de l'environnement et, pour autant que ce soit possible et approprié, sur le territoire national**

- Elimination respectueuse de l'environnement à prévoir pour les quantités ou fractions qui ne peuvent rationnellement faire l'objet d'une valorisation matière sur la base de l'état actuel de la technique et des développements envisagés dans le futur.
- Elimination à prévoir dans tous les cas en ce qui concerne les agrégats contaminés aux HAP (>250 mg/kg) - pour le liant ou la fraction riche en liant de ces derniers.

Principes de traitement



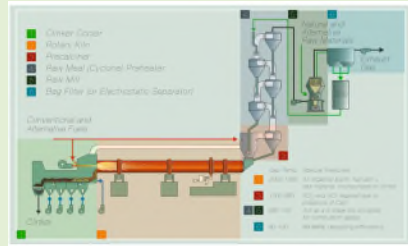
Les filières de traitement des déchets bitumineux non valorisables dans la construction routière impliquent une séparation entre le liant bitumineux (ou une fraction mélangée riche en bitume) et la fraction minérale

Types de traitement envisageables :

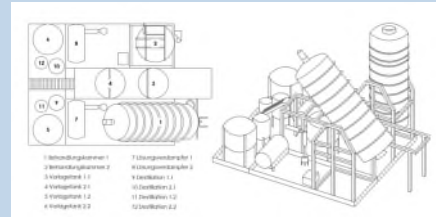
Thermique



Mécanique



Physico-chimique



Mixte / Autres

Traitement thermique

Installation de traitement dédiée



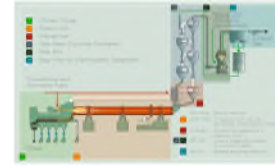
Existante à l'étranger

- Capacité de traitement importante à priori assurée à long terme
- Coût de traitement (yc transport) compétitif
- Risques économiques limités
- Navigabilité du Rhin a priori assurée jusqu'en 2085
- Option envisageable à maintenir pour le futur

A créer en Suisse

- Gisement ne permet pas d'assurer la capacité critique nécessaire
 - Alteration des propriétés mécaniques de la fraction minérale
 - Problématiques logistiques et d'acceptabilité
 - Faisabilité économique non établie
- ❌ Faisabilité non-établie

Traitement en cimenterie



Dans les fours existants

- Envisageable pour le liant ou la fraction riche en liant
- Capacité limitée (60'000 t/an)
- Compétitivité économique à confirmer

? Intérêt à confirmer

Réacteur thermique spécifique à créer

- Implique des investissements conséquents et une capacité critique importante
- Coût du traitement a priori non compétitif vis-à-vis des filières dédiées à l'étranger

❌ Faisabilité non-établie

Pyrolyse



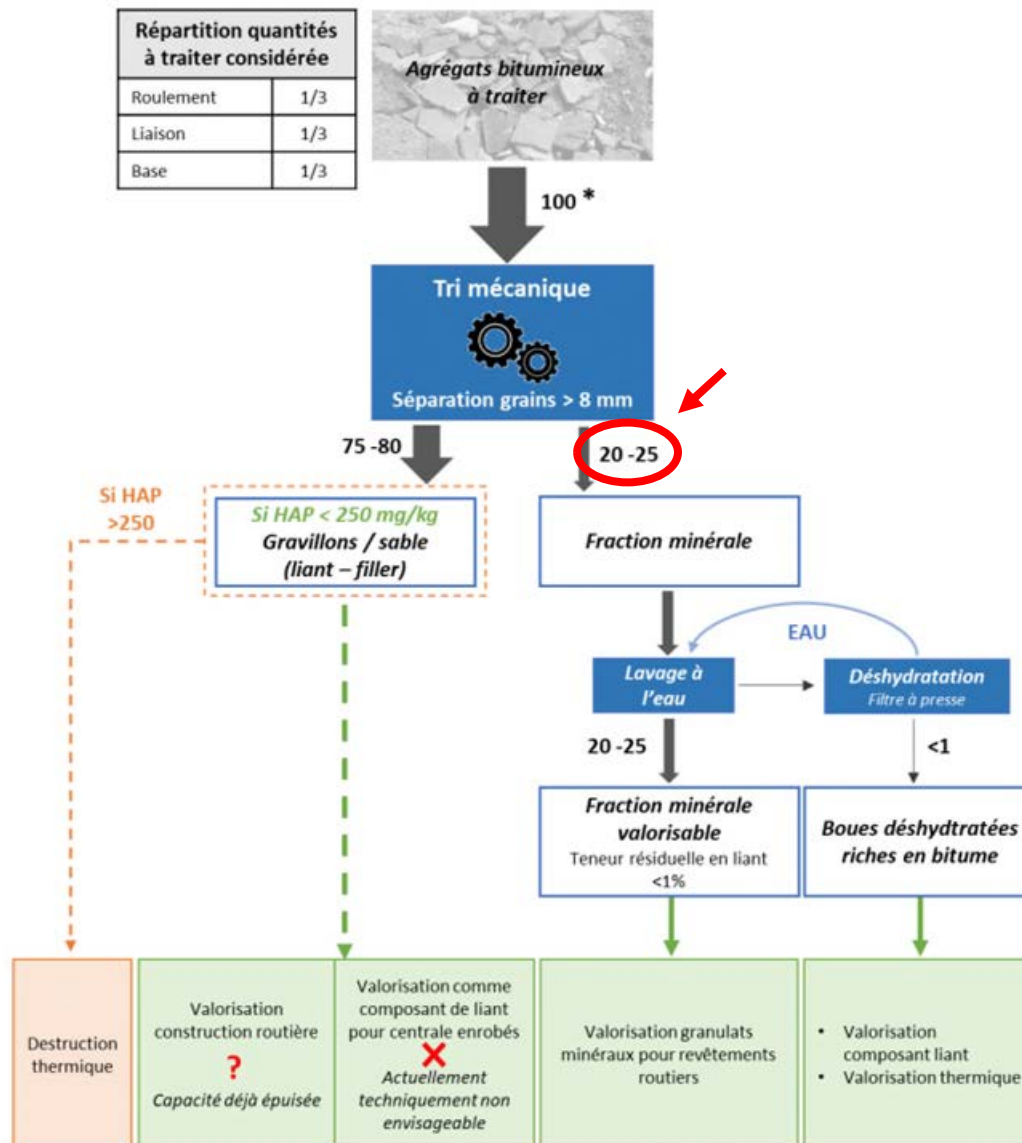
- Pas d'installation éprouvée à large échelle
- Résultats mitigés des essais pilotes réalisés à l'étranger

❌ Faisabilité non-établie

Traitement thermique – Synthèse de l'évaluation des filières

Process		THERMIQUE				
		Traitement en installation dédiée au Pays-Bas	Traitement en cimenterie en Suisse		Pyrolyse	
			Configuration actuelle	Réacteur parallèle		
Evaluation Caractéristiques		Traitement thermique (T> 850°C) avec destruction du liant et récupération des granulats minéraux	Introduction directe dans le four	Création d'un réacteur de traitement spécifique	Traitement thermique en absence d'oxygène (T>500°C) avec combustion du gaz pyrolytique et du liant	
Description						
Etat de la technique		✓ Installations industrielles en exploitation	? Installations existantes – capacité limitée	? Installation spécifique à créer	?? Installation pilote appliquée sans succès à ce jour aux déchets bitumineux	
Capacité critique d'une installation		> 500'000 t/an	Capacité totale limitée (~60'000 t/an pour toute la Suisse)	~100'000 t/an ? A préciser	Min. 10'000 t/an A préciser	
Coût de revient estimé		~ 80 - 120 CHF/t	~100 CHF/t ? A préciser		> 100 CHF/t ? A préciser	
Aptitude à prendre en charge les différentes catégories de teneurs en HAP		Prise en charge commune des deux catégories	OUI	OUI	OUI	
		HAP > 250 mg/kg	Capacité de traitement en principe disponible à long terme. Alternatives et mesures d'accompagnement à définir pour éviter dépendance exclusive ✓	Traitement thermique limité à 60'000 t (Σ total) – fraction minérale incorporée dans klinker ✓	Traitement thermique avec fraction minérale a priori altérée – propriétés mécaniques à préciser ?	Fraction minérale valorisable propriétés mécaniques à vérifier ?✓
		HAP < 250 mg/kg	Non indiqué			Non indiqué (sauf éventuellement en combinaison avec lavage au biosolvant)

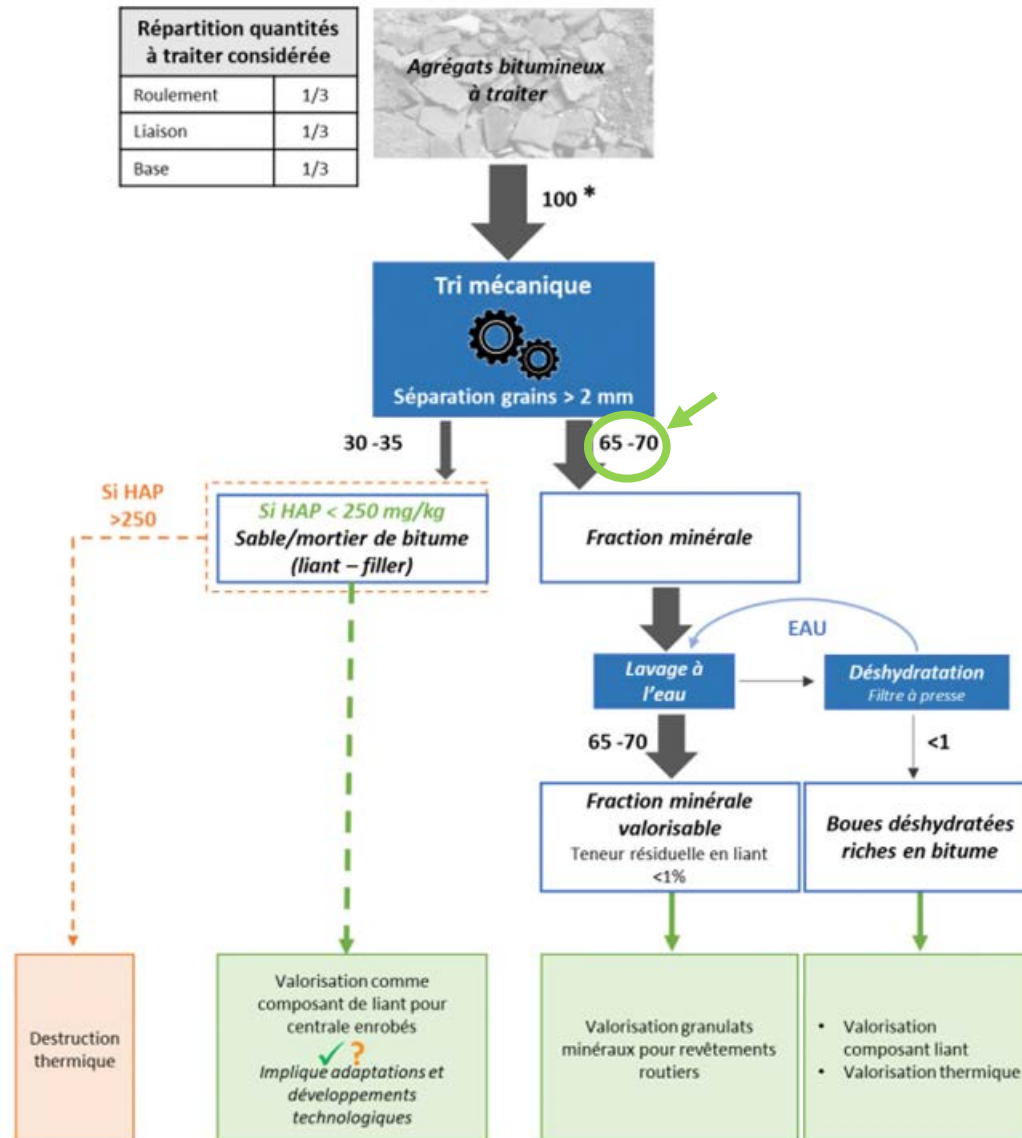
Traitement mécanique – Etat de la technique en Suisse



* valeurs: % poids (estimation)

- Criblage / scalpage spécifique afin de séparer la fraction minérale > 8 mm
- Lavage de la fraction minérale permettant de ramener la teneur résiduelle en liant à < 1%
- Pas d'altération significative des propriétés mécaniques des granulats récupérés – exigences normes VSS respectées

Traitement mécanique – Etat de la technique optimisé (en cours de développement)



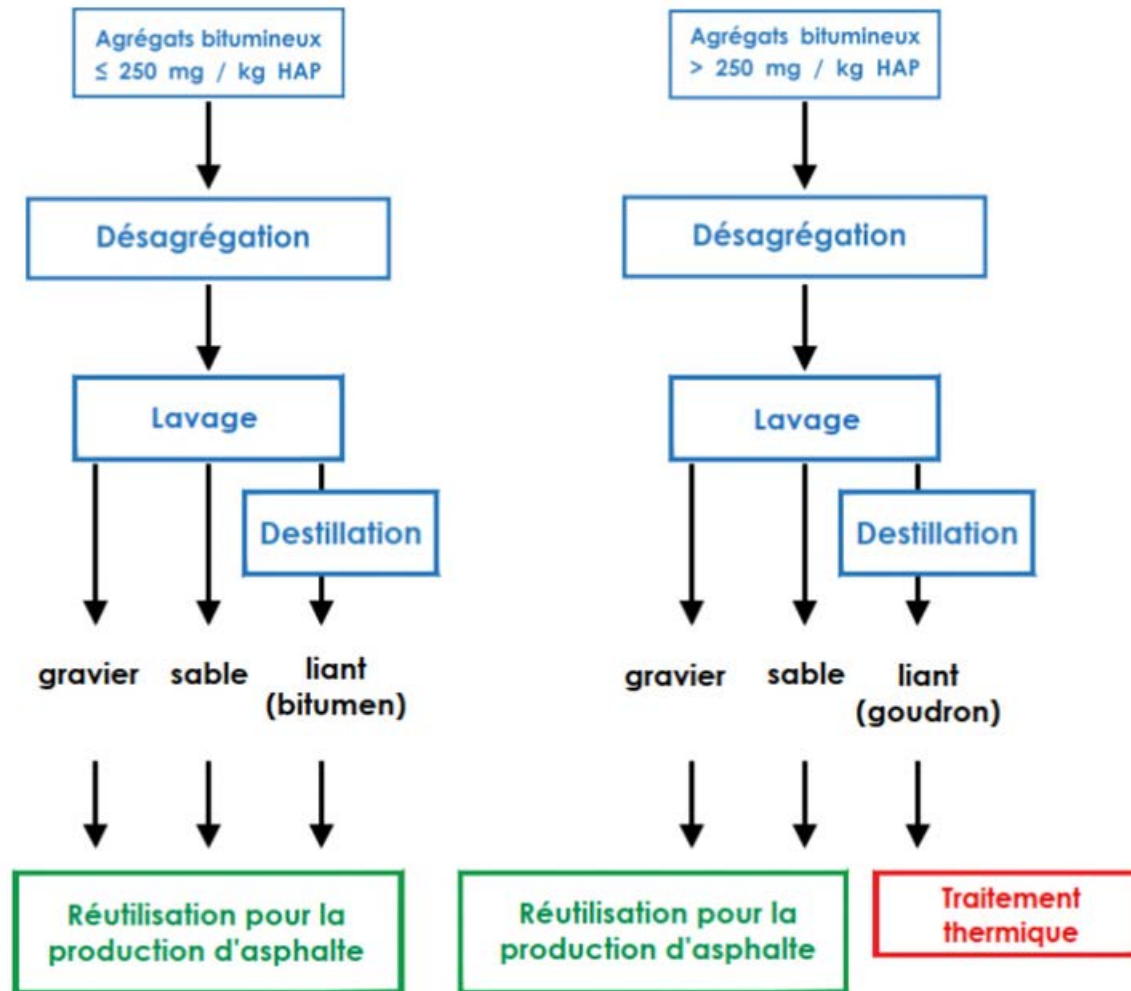
* valeurs: % poids (estimation)

- Séparation optimisée de la fraction minérale (crible vibrant haute fréquence;...) permettant d'abaisser la granulométrie récupérée à > 2 mm (correspond à 65-70% de la quantité entrante)
- Fraction riche en bitume valorisable (30-35% de la quantité entrante) sous la forme d'un mortier de bitume en tant que composant de base pour les centrales d'enrobé (après mélange et homogénéisation)
Adaptation de la configuration des centrales nécessaire

Traitement mécanique – Synthèse de l'évaluation des filières

Process		MECANIQUE					
		Actuel optimisé		Optimisé amélioré			
Evaluation							
Caractéristiques							
Description		Traitement mécanique permettant de séparer les granulats > 8mm des granulats fins (<8mm) riche en liant		Traitement mécanique amélioré (crible vibrant haute fréquence) permettant de séparer les granulats > 2mm d'un mortier de bitume <2mm			
Etat de la technique		✓	Installation industrielle – en cours d'optimisation	?	Installation pilote en cours de développement (NL) - faisabilité industrielle à confirmer		
Capacité critique d'une installation		50'000 - 100'000 t/an		~ 100'000 t/an			
Coût de revient estimé		~15 - 20 CHF/t		~30 - 50 CHF/t A préciser			
Aptitude à prendre en charge les différentes catégories de teneurs en HAP		Prise en charge commune des deux catégories		NON			
		Traitement préalable avant traitement thermique					
		HAP > 250 mg/kg		~ 25% Granulats minéraux > 8mm (1% liant) VALORISABLE ?✓	~ 75% Fraction < 8mm riche en liant TRAITEMENT THERMIQUE ✓	~ 65-70% Granulats minéraux (1% liant) > 2mm ?✓	~ 30-35% Fraction < 2mm riche en liant TRAITEMENT THERMIQUE ✓
		HAP < 250 mg/kg		~ 25% Granulats minéraux > 8mm (1% liant) ?✓	~ 75% Valorisation limitée si potentiel de recyclage déjà ??	~ 65-70% Granulats minéraux > 2mm VALORISABLE ?✓	~ 30-35% Valorisation pour fabrication liant reconstitué (centrale enrobés) ??

Traitement physico-chimique



- Processus en 4 étapes:
 - Désagrégation et tri granulométrique
 - Lavage physico-chimique avec adjonction d'un solvant
 - Distillation en plusieurs étapes pour récupérer le solvant
- Valorisation intégrale des fractions (HAP<250 mg/kg)
- Traitement éprouvé dans le domaine de l'industrie mais pas encore mis en oeuvre à l'échelle opérationnelle pour le traitement des agrégats bitumineux (uniquement installation pilote)

Traitement mixte / Autres

- Lavage au biosolvant chauffé avec désagrégation mécanique préalable:
 - ❑ Obtention d'une fraction minérale propre et d'une liqueur chargée de résidus de bitume dissous distillée afin de séparer le bitume à valoriser et la liqueur régénérée pour le processus de traitement
 - ❑ Concept breveté avec installation pilote

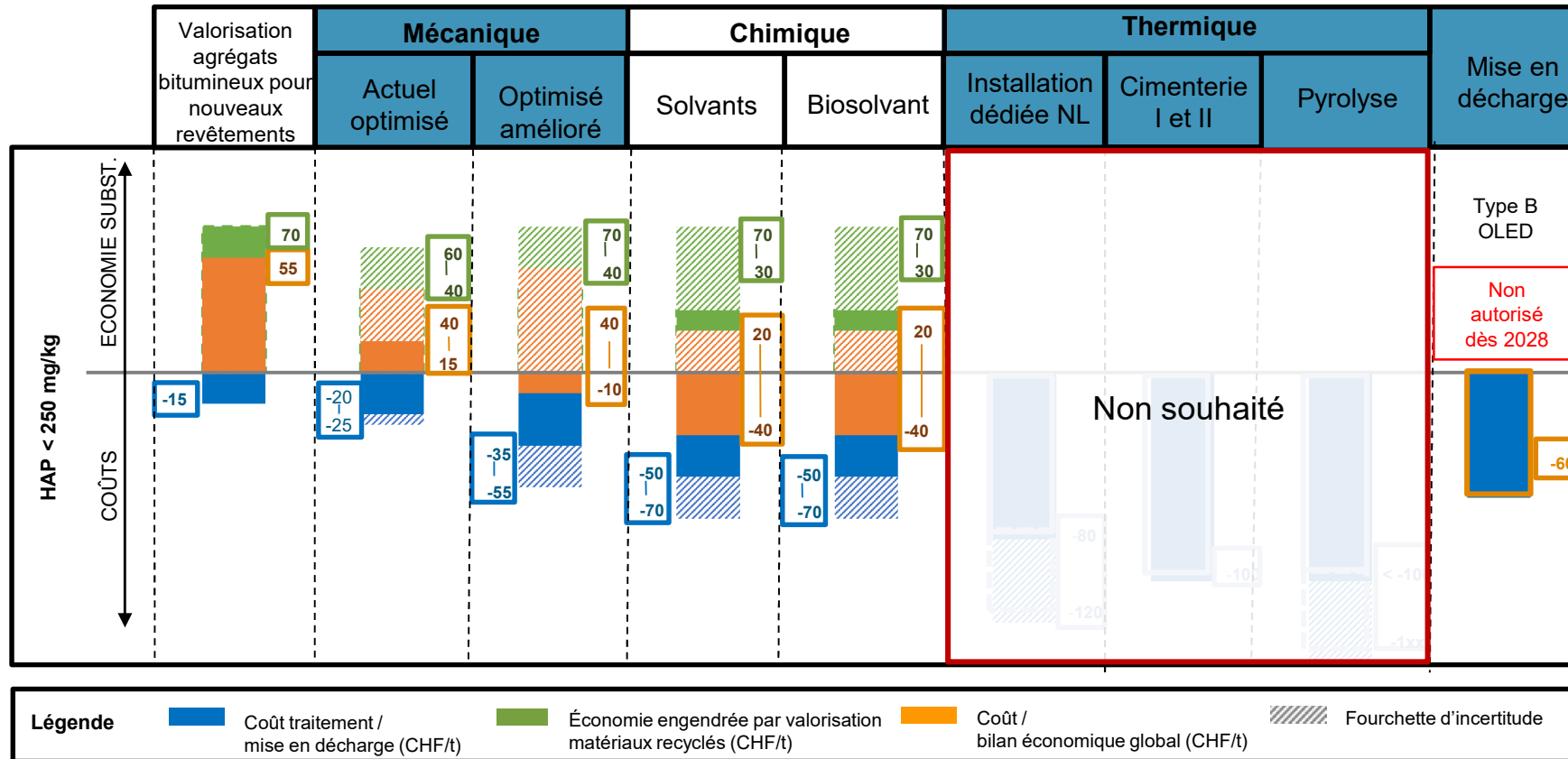
- Autres procédés en cours de développement

Traitement physico-chimique – Synthèse de l'évaluation des filières

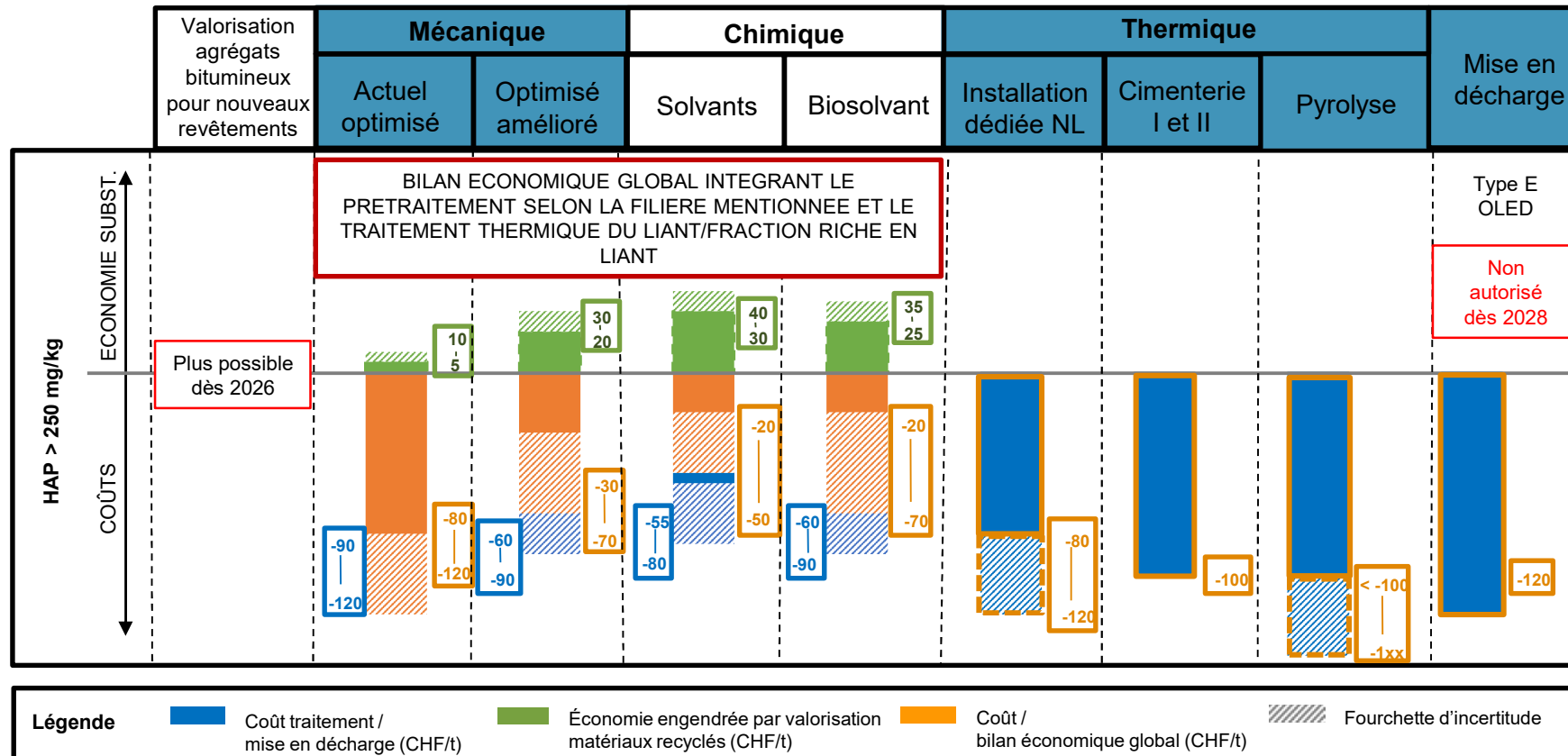
Autres filières en cours de développement

Process		CHIMIQUE / MIXTE	
		Lavage au solvant	Lavage au biosolvant
Evaluation Caractéristiques			
Description		Lavage aux solvants (alcanes) avec distillation permettant de séparer les granulats du liant	Lavage au biosolvant chauffé permettant d'obtenir des granulats propres >2mm, une fraction fine et du bitume chargé en filler
Etat de la technique		? Installation pilote (0.2-0.3 t/h) – faisabilité industrielle reste à confirmer	? Brevet et installation pilote (1 t/h)
Capacité critique d'une installation		60'000 - 80'000 t/an	~50'000 t/an ? A préciser
Coût de revient estimé		~50 - 70 CHF/t ? A préciser	~50 - 70 CHF/t ? A préciser
Prise en charge commune des deux catégories		NON	NON
Aptitude à prendre en charge les différentes catégories de teneurs en HAP		Traitement préalable avant traitement thermique	Traitement préalable avant traitement thermique (par pyrolyse – module intégré)
	HAP > 250 mg/kg	~ 95% Granulats minéraux (1% liant) VALORISABLE ?✓	~ 5% Liant TRAITEMENT THERMIQUE ✓
	HAP < 250 mg/kg	~ 95% Granulats minéraux (1% liant) VALORISABLE ?✓	~ 5% Valorisation (centrale enrobés) pour fabrication liant reconstitué ??
		~ 70-90% Granulats minéraux > 2mm (non altérés) VALORISABLE ✓	~ 10-30% Liant + filler TRAITEMENT THERMIQUE ✓
		~ 70-90% Granulats minéraux > 2mm (non altéré) VALORISABLE ✓	~ 10-30% Valorisation (centrale enrobés) pour fabrication liant reconstitué ??

Synthèse des bilans économiques des différentes filières (teneur en HAP < 250 mg/kg)




Synthèse des bilans économiques des différentes filières (teneur en HAP > 250 mg/kg)



Principes d'une stratégie globale de gestion et de traitement des déchets bitumineux

- En **première priorité** => favoriser au maximum la valorisation en tant que granulats recyclés dans la construction routière => objectif stratégique optimal de tendre vers un recyclage intégral de cette catégorie HAP < 250 mg/kg, et dans tous les cas de limiter les excédents non valorisés selon le scénario « max recycling, nF »
- Le **deuxième axe consiste à développer des filières de traitement spécifique sur le territoire national** pour la prise en charge des déchets bitumineux HAP > 250 mg/kg ainsi que, si nécessaire, de la fraction excédentaire HAP < 250 mg/kg n'ayant pu être valorisée :
 - Les différentes filières doivent encore faire l'objet de développements ou d'optimisations pour leur mise en œuvre à l'échelle industrielle
 - Les traitements **mécaniques, chimiques et mixtes** constituent des options à envisager, à la fois pour le traitement intégral des déchets bitumineux HAP < 250 mg/kg et pour le prétraitement HAP > 250 mg/kg
Pas de capacité critique de traitement très élevées nécessaire=> installations décentralisées envisageables
 - Le **traitement thermique en cimenterie** présente une capacité limitée dans la configuration actuelle des installations (env. 60'000 t/an à l'échelle de l'ensemble de la Suisse) et l'intérêt de l'option de mise en œuvre de réacteurs parallèles spécifiques à ce type de déchets reste à établir – option à envisager pour le traitement thermique du liant ou de la fraction fine riche en liant de la catégorie HAP > 250 mg/kg
 - La consolidation de ces filières permettra de s'affranchir d'une dépendance intégrale vis-à-vis de l'exportation des déchets HAP > 250 mg/kg en installation de traitement dédiée aux Pays-Bas



Merci pour votre attention
Questions ? / Discussion

Des matériaux recyclés dans les routes?

Chronique d'un changement de paradigme à l'Etat de Fribourg

Point de Mire de l'asr 2023

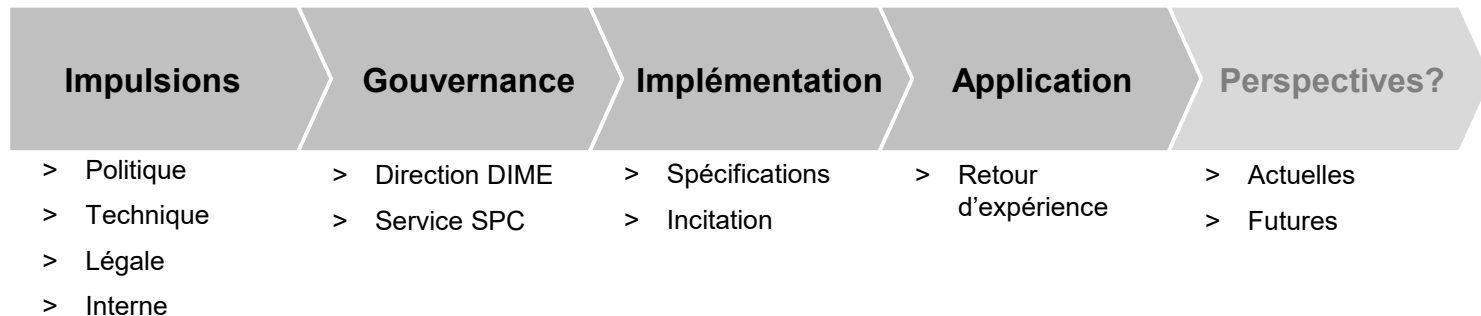
Mise en pratique de l'économie circulaire dans la construction.

2 novembre 2023 – Hôtel Aquatis – Lausanne.

André Magnin, Ingénieur cantonal et Chef du Service des ponts et chaussées,
Fribourg

Sommaire

Chronologie du changement de paradigme



1. Des impulsions

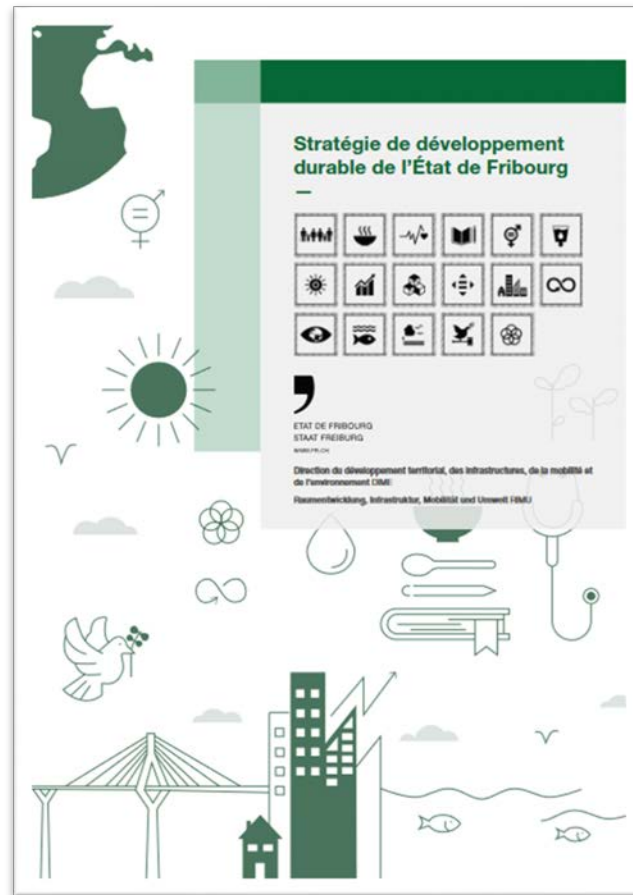
Une volonté politique forte

La Stratégie du développement durable

- > Des objectifs clairement définis
- > Une implication de plusieurs services de l'Etat
- > Des moyens financiers

Cible 12.1

Promouvoir une consommation et des marchés publics durables

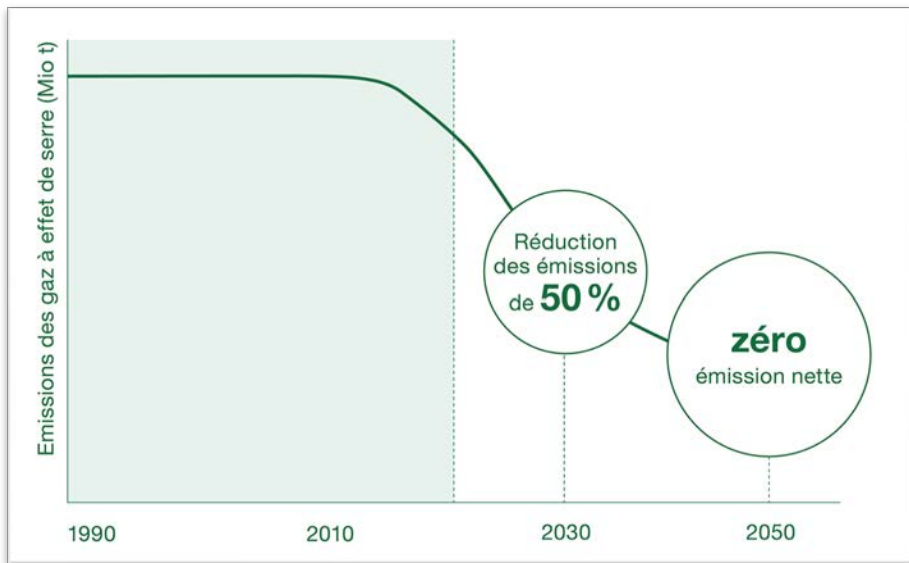


1. Des impulsions

Une volonté politique forte

Loi cantonale sur le Climat

> Réduction des émissions CO₂



1. Des impulsions

Une assise technique solide

Le guide des bonnes pratiques

- > Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes

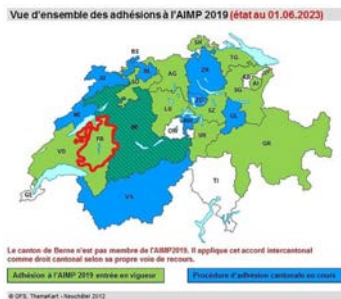


1. Des impulsions

Une base légale adaptée

L'AIMP 2019

- > Intègre la notion de durabilité dans les appels d'offre (Art. 2 al. 1)
- > Permet la prise en compte des critères de durabilité dans les critères d'adjudication (Art. 29 al. 1)
- > Ratification par le canton de Fribourg au 1^{er} janvier 2023



1

731.2-1

Accord intercantonal sur les marchés publics (AIMP 2019)

du 15.11.2019 (état au 01.07.2021)

Edicté par l'organe intercantonal des marchés publics (AIMp) le 15 novembre 2019.

1 Objet, but et définitions

Art. 1 *Objet*

¹ Le présent accord s'applique à la passation de marchés publics par les adjudicateurs qui lui sont assujettis, que ces marchés soient soumis ou non aux accords internationaux.

Art. 2 *But*

¹ Le présent accord vise les buts suivants:

- a une utilisation des deniers publics qui soit économique et qui ait des effets économiques, écologiques et sociaux durables;
- b la transparence des procédures d'adjudication;
- c l'égalité de traitement et la non-discrimination des soumissionnaires;
- d une concurrence efficace et équitable entre les soumissionnaires, en particulier par des mesures contre les accords illicites affectant la concurrence et contre la corruption.

Art. 3 *Définitions*

¹ Au sens du présent accord, on entend par:

- a soumissionnaire: une personne physique ou morale, de droit privé ou de droit public, ou un groupe de telles personnes qui offre des prestations ou qui demande à participer à un appel d'offres public ou à se voir déléguer une tâche publique ou octroyer une concession;


* Tableaux des modifications à la fin du document
21-110

1. Des impulsions


De nouveaux standards exigeants

Le standard SNBS Infrastructure

> Recyclage des matériaux



**ENVIRONNEMENT
MATIÈRES PREMIÈRES, ÉNERGIE ET SOL
U 1.5 UTILISATION DE MATÉRIAUX ET DE RESSOURCES
RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT**



**SNBS
INFRASTRUCTURE
Version 1.0**

U 1.5.1 Utilisation efficace des ressources

Objectif	Minimisation de la consommation des ressources et des nuisances environnementales lors de la production, de la fabrication, du transport et de la mise en œuvre des matériaux de construction et des matériaux auxiliaires
Type	Indicateur-clé K
Application	Construction nouvelle, rénovation, modification, entretien, exploitation
Parties prenantes à la planification	
Mise en œuvre par phase SIA	1 Définition des objectifs 2 Études préliminaires 3 Étude du projet 4 Appel d'offres 5 Réalisation 6 Exploitation

Vue d'ensemble

ÉVALUATION (POINTS)	0	1	2
CLASSEMENT	Exigences non remplies	Exigences partiellement remplies	Exigences remplies



SNBS
Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz
Standard Construction durable Suisse
Standard Construzione Sostenibile Svizzera
Sustainable Construction Standard Switzerland

SNBS 1.0 Infrastructure

DESCRIPTION DES CRITÈRES

Domaines de la mobilité/du transport, de l'énergie, de l'eau, Infrastructure de communication et de protection



Édition du 1er octobre 2020

1. Des impulsions

Une hiérarchie de service réceptive et acquise au changement

Un soutien au changement de la hiérarchie et d'une majorité des collaborateurs et collaboratrices du SPC

- > Chef de service
- > Chefs de sections et de secteurs
- > Chefs et cheffes de projets



(Source: <https://virtuzone.com>)

2. Gouvernance

Groupe de travail – Exigences Développement Durable des marchés du SPC

Elaboration de la stratégie du développement durable

- > Service des ponts et chaussées (SPC)
 - > Technicité

- > Service de l'environnement (SEn)
 - > Etat des décharges
 - > Disponibilité et stocks de matériaux

- > Bureau de la Durabilité (DIME)
 - > Vision de durabilité
 - > Soutien juridique



2. Gouvernance

Groupe de travail – Exigences Développement Durable des marchés du SPC

Mise en œuvre de la stratégie au SPC

- > par le SPC,
 - > Chef de service
 - > Chefs de sections et secteurs
 - > Chef.fes de projets
 - > Responsable du développement durable
 - > Juriste
- > accompagné de mandataires
 - > Spécialiste matériaux de construction routière

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Le développement durable dans les appels d'offre

Intégration de critères **sociaux** et **environnementaux** en plus des critères **économiques** dans les appels d'offre entreprise:

> **Conditions de participation**



- > Egalité salariale et lutte contre le travail au noir: LOGIB, Carte professionnelle

> **Critères d'aptitude**



- > Management et compétences de l'environnement: ISO 14001, spécialiste métier

> **Spécifications techniques (Conditions générales), force obligatoire**

- > Enrobés tièdes (pas pour le phonoabsorbant)
- > Utilisation de matériaux recyclés: couches de fondation, de base et de liaison

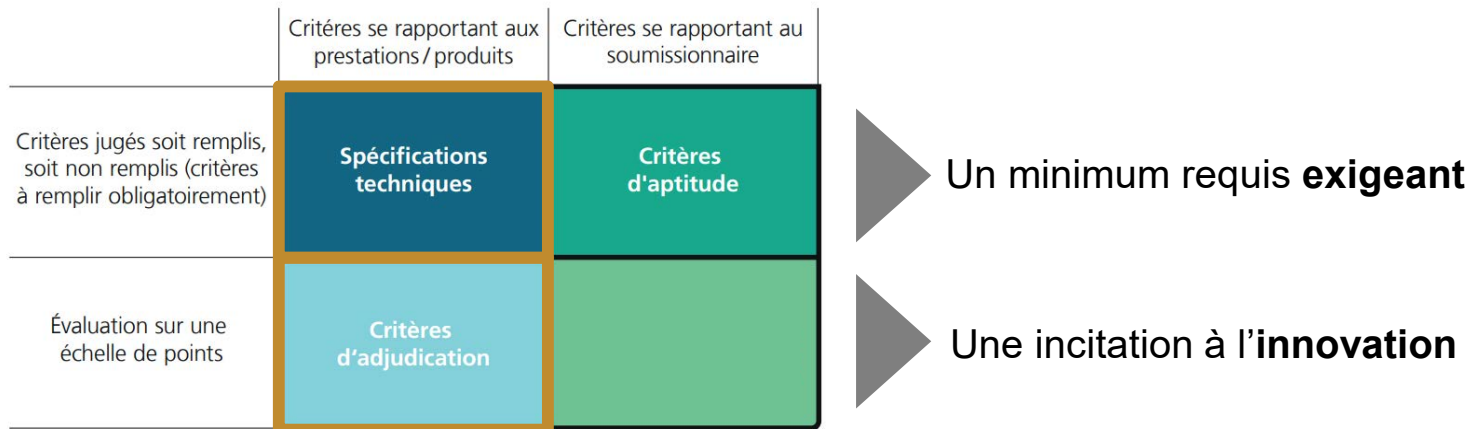
> **Critères d'adjudication, valoriser les entreprises innovantes**

- > Teneur en agrégats d'enrobés (recyclés)
- > Impact du transport des matériaux

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Une approche sous deux angles différents

- > Certains critères doivent être remplis pour entrer dans le marché (spécifications techniques)
- > On évalue en attribuant plus ou moins de points (critères adjudication)



(Source: Office fédéral des constructions et de la logistique OFCL)

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Enrobés tièdes : spécifications techniques dans les conditions générales

.240 Température de fabrication

En cas de classe de trafic inférieure ou égale à T3 selon VSS-40 430, les couches de fondation (AC F), de base (AC T) et de liaison (AC B) seront réalisées en enrobés bitumineux tièdes, ceci pour autant que la pose puisse être effectuée de manière continue à la machine et que **l'étape de pose représente un tonnage d'au moins 120 tonnes**. Le terme « enrobé tiède » est défini ici comme un enrobé bitumineux dont la température de production est d'au moins 30 C inférieure à celle du même enrobé (type et sorte) produit à chaud, soit en général une température de production d'environ 130 °C. A cet égard, le soumissionnaire fournira les conditions de mise en température et de réchauffage pour la confection des échantillons de laboratoire (Marshall notamment), ceci selon le programme d'essai prévu.

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Recyclé : spécifications techniques dans les conditions générales

Base légale et normative:

- > Les graves de fondation doivent :
 - > répondre aux normes VSS en vigueur
- > Les agrégats d'enrobé doivent
 - > satisfaire l'OLED, notamment pour la contamination aux HAP (OLED, art. 52),
 - > respecter les exigences normatives relatives aux agrégats d'enrobés selon SN EN 13108-8
 - > faire l'objet d'une déclaration spécifique (dossier de conformité).

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Recyclé : spécifications techniques dans les conditions générales

Les couches de fondation

Couches de fondation **liées** (AC F) :

- > Minimum **60%** d'agrégat d'enrobés
 - > Selon Guide des bonnes pratiques

Couche de fondation **non liées**:

- > **100%** de matériaux de récupération
 - > Selon OFEV

Couches de fondation liées (AC F)

- > La teneur en agrégats d'enrobés sera au minimum de 60%, en accord avec la valeur minimale recommandées dans le *Guide des bonnes pratiques KFG, Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes* (Tableau 18, version du 15.04.2021), disponible à l'adresse <https://www.kiesfuergenerationen.ch/ziele/asphalt-recycling>.

Couches de fondations non liées

- > La couche de fondation non liée ou la partie non liée de la couche de fondation doit être composée à 100% de matériaux de récupération au sens de la Directive de l'OFEV pour la valorisation des déchets minéraux.
- > Dans les couches de fondation non liées ou la partie non liée des couches de fondations situées sous un revêtement en matériaux liés, les matériaux de récupération acceptés seront (selon SN 70119-NA) :
 - > de la RC-Grave de granulats béton (RC-GB)
 - > de la RC-Grave B (RC-B)
 - > de la RC-Grave P (RC-P)
 - > de la RC-Grave de granulats d'asphalte (RC-GA). Ceux-ci ne peuvent être utilisés que pour des planies (couche de réglage : max 70 mm).
- > Dans les couches de fondation non liées ou la partie non liée des couches de fondations qui ne sont pas situées sous un revêtement en matériaux liés, les matériaux de récupération acceptés seront (selon SN 70119-NA) :
 - > de la RC-Grave B (RC-B)
 - > de la RC-Grave P (RC-P)
- > Les différents types de matériaux de récupération ne doivent pas être mélangés.

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Recyclé : spécifications techniques dans les conditions générales

Les couches de base, de liaison et de roulement

Couches de **base** (AC T) :

- > Minimum **50%** d'agrégat d'enrobés
 - > Selon Guide des bonnes pratiques

Couches de **liaison** (AC B) :

- > Minimum **20%** d'agrégat d'enrobés
 - > Selon Guide des bonnes pratiques

Couche de **roulement** (AC N ou S/H)

- > Pas de minimum imposé d'agrégat d'enrobés
 - > Dans le respect des normes

.220 Couches de base (AC T) et de liaison (AC B)

La teneur en agrégats d'enrobés sera au minimum de 50% pour l'AC T et de 20% pour l'AC B, en accord avec les valeurs minimale recommandées dans le Guide des bonnes pratiques KFG, Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes (Tableau 18, version du 15.04.2021), disponible à l'adresse <https://www.kiesfuergenerationen.ch/ziele/asphalt-recycling>.

.230 Couche de roulement

La teneur en agrégats d'enrobés sera définie par l'entreprise dans le respect des valeurs normatives (notamment EN 13108-1), tout en garantissant notamment les exigences liées à l'adhérence selon VSS-40 525.

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Recyclé : critères d'adjudication

→ 1 à 5

Notation sur la «teneur en agrégats d'enrobés» (recyclé) de toutes les couches pour obtenir la note maximale de 5

- > AC N 50 %
- > AC B 60 %
- > AC EME 60 %
- > AC T 90 %
- > AC F 100 %
- > Selon Guide des bonnes pratiques

CRITERE D'ADJUDICATION	Pondération en %			Notation	Commentaires - Preuves			
	i	ii	iii					
3.2.3								
Teneur en agrégats d'enrobés (AE) synthétisant toutes les couches bitumineuses de l'infrastructure routière	10	8	5	<p>Une note individuelle est attribuée à chaque couche. Puis, une note globale est calculée. Celle-ci tient compte de la quantité d'AE (en tonnes) prévue pour chaque couche.</p> <p>Si le minimum en AE exigé dans les conditions générales (point 750 Exigences particulières) n'est pas respecté pour une couche, l'offre est exclue de l'adjudication. Dans le cas contraire, la note individuelle vaut :</p> $n_i = c_i \times (\% AE)_i$ <p>Le coefficient c_i est donné dans le tableau de notation au chapitre 4.2.</p> <p>La note globale s'obtient ainsi :</p> $n_g = \frac{\sum (tonnes AE)_i \times n_i}{\sum (tonnes)_i}$	Le soumissionnaire fournit l'épreuve de formulation de chaque produit sur laquelle est indiquée la teneur (%) en agrégats d'enrobé (AE). Cette valeur nominale sera considérée pour l'évaluation. La quantité (tonnes) à considérer pour chaque produit est celle prévue selon la soumission.			
	Couche de roulement		Couche de liaison		Couche de base		Couche de fondation	
	AC N	AC B	AC EME	AC T	AC EME	AC F		
Coefficient c_i	5/50	5/60	5/60	5/90	5/60	5/100		

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Comparaison des quantités admissibles d'agrégats d'enrobés au SPC, en fonction des couches, des sortes et des types d'enrobés avec la littérature

Couche	Ancienne norme SN 640 431-1-NA (< 09.2022)	Nouvelle norme EN 13108-1 (> 09.2022)	KIES für Generationen		SPC Spécifications techniques Minimum toléré	SPC Critères d'adjudication Quantité pour la note maximale
			Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes. Guide des bonnes pratiques			
			Minimum conseillé	Maximum conseillé		
AC N	≤ 30 %	≤ 40 %	0 %	50 %	-	50 %
AC B	≤ 30 %	≤ 60 %	20 %	60 %	20 %	60 %
AC EME	≤ 30 %	≤ 60 %	10 %	50 %	-	60 %
AC T	≤ 60 %	≤ 80 %	50 %	90 %	50 %	90 %
AC F	≤ 70 %	≤ 100 %	60 %	100 %	60 %	100 %

3. Implémentation dans les appels d'offres entreprises

Avantages et inconvénients des enrobés recyclés ou enrobés tièdes

	Enrobés recyclés	Enrobés tièdes
Avantages	<ul style="list-style-type: none">• Optimisation du cycle des matériaux, au niveau des aspects économiques et environnementaux• Economie des ressources naturelles (granulats et le pétrole)• ↘ de l'encombrement des dépôts de matériaux/des décharges• ↘ des coûts d'approvisionnement en liant	<ul style="list-style-type: none">• ↘ de consommation d'énergie• ↘ des émissions de gaz à effet de serre (CO₂ eq.)• ↘ des fumées/odeurs (fabrication et mise en œuvre)• ↘ des impacts auprès des riverains des centrales d'enrobage• ↘ du vieillissement/altération du liant• ↘ du temps de séchage et délais de remise en circulation• ↗ des conditions de travail (centrale d'enrobage et chantier)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">• ↗ de la difficulté de gestion de l'hétérogénéité des sources• ↗ de la difficulté de la maîtrise de la qualité• ↗ de la difficulté de contrôler la source des matériaux• ↗ d'éventuels besoins en additifs (réjuvenateurs)	<ul style="list-style-type: none">• Utilisation d'adjuvants• ↗ de la maîtrise technique nécessaire• Adaptation de la logistique et de la méthode de pose

4. Application des nouveaux appels d'offre

Retour d'expérience (faible recul)

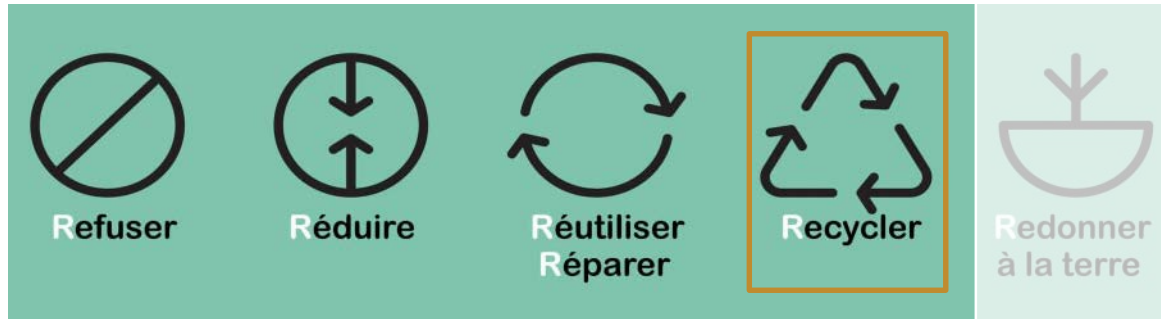
- > Utilisation de graves recyclées: Projet concluant
- > Réticence au changement (Chef.fes de projet, mandataire, entreprises)
 - > Temporalité du changement de normes
 - > Nombreux critères de DD implémentés en une fois
- > Innovation des entreprises
 - > Le recyclage est déjà une réalité
 - > Les capacités d'adaptation semblent rapides
 - > La généralisation demandera des ajustements



5. Perspectives

Et la suite? ...

Quelles étapes pour **fermer le cycle** des matériaux et rendre les projets routiers **plus durables** ?



La règle des 5 R

5. Perspectives

Et la suite? ...



Refuser :

- > Requestionner les effets d'une variante **avec** nouvelle construction, contre une variante **sans** nouvelle construction.
- > L'infiltration sur le bas-côté plutôt que l'évacuation



Moins c'est mieux?

5. Perspectives

Et la suite? ...



Réduire :

- > Allonger la durée des vies de cycles des matériaux
- > Phono absorbants (nettoyage préventif, micro-fraisage...)



(Source: 123rf.com)



(Source: Etat de Fribourg)

- > Des bordures de trottoirs en Gneiss durables
- > Réduire le transport des matériaux
- > Diminuer l'extraction de matières premières grâce au réemploi/recyclage

Ou pas mieux... mais plus longtemps!

5. Perspectives

Et la suite? ...



Réutiliser :

- > Intégrer le réemploi dans le domaine de la construction.
- > Construction du pont de la Bibera



- > Anticiper la disponibilité et la mutualisation des ressources réutilisables

Plus longtemps et plusieurs fois.

5. Perspectives

Et la suite? ...



Recycler :

- > Augmenter le pourcentage de matériaux recyclés
- > Augmentation du pourcentage d'agrégat d'enrobé
- > Soutenir l'innovation technique



(Source: Paul Weimann)



(Source: BFH)

- > Augmenter les domaines de recyclages la recherche
- > Recyclage du béton dans les ouvrages d'art ?

De plusieurs fois, à l'infini.

5. Fin de la présentation...

... mais début du changement de paradigme

Merci pour votre attention.

Granulat secondaire

Désignation, définition, classification

Recyclage : granulat bitumineux vs granulat second.

Un projet issu de la pratique

François Glassey, Implenia Suisse SA / Bernhard Kunz, BHZ Baustoff Holding AG
Membres Asphaltsuisse

Granulat secondaire

Idée, objectif, réalisation, attentes

- **Idée**

Situation actuelle des déchets d'enrobé bitumineux / Possibilités de réutilisation

- **Objectif**

Exigences du projet et intégration dans les normes

- **Réalisation**

Technologie des procédés et qualités des matériaux

- **Attentes**

Procédure de certification et cycle fermé

Idée

Situation actuelle des déchets d'enrobé bitumineux / Possibilités de réutilisation

Déchets d'enrobé bitumineux



Teneur en HAP

Production de matériaux bitumineux



Norme VSS

Non lié / Décharge



Norme / Type

Idée

Situation actuelle des déchets d'enrobé bitumineux / Possibilités de réutilisation

Déchets d'enrobé bitumineux



3,5 Mio / to

Production de matériaux bitumineux



2,0 Mio / to

Non lié / Décharge



1,5 Mio / to

Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes

- **Granulat bitumineux** Technologie des procédés pour des taux d'ajout maximaux
- **Qualité** Caractéristiques des liants dans les enrobés / Norme VSS
- **Utilisation** Substituer les granulats et le bitume, cycle fermé
- **Industriel** Étapes du processus pour les gros volumes

Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes

Fractions d'après
EN 933-1

4/8 mm

8/11 mm

11/16 mm

16/22 mm

Procédure

Liant résiduel

< 1.0 %m

Pourcentage de
granulats concassés

Cat C 70/10

Classification dans
les normes
existantes

VSS SN 670 103b

Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes

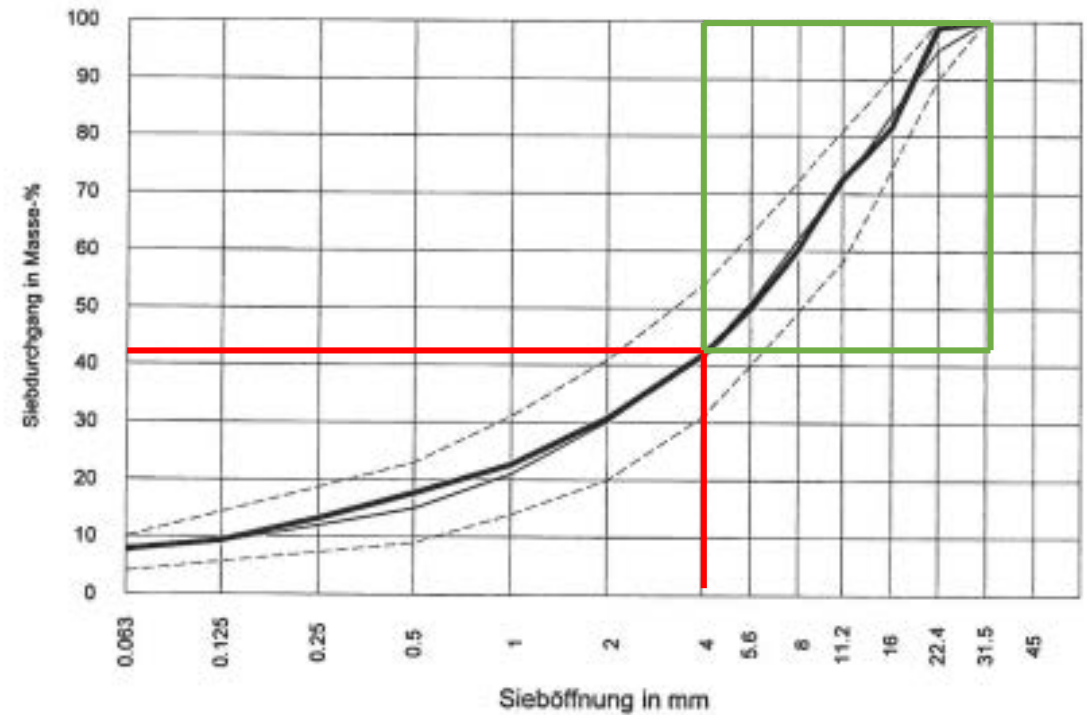
Enrobé
ACT 22 N

Korngrößenverteilung

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]	Soll-Wert* [Masse-%]
45.0		
31.5	100.0	100.0
22.4	98.9	95.0
16.0	81.6	84.0
11.2	72.4	72.0
8.0	60.3	62.0
5.6	49.9	51.0
4.0	41.8	42.0
2.0	30.7	30.0
1.0	22.6	21.0
0.5	17.7	15.0
0.25	13.2	12.0
0.125	9.3	9.0
0.063	7.8	7.5

Sieblinie EN 12697-2

Sollwertbereich SN 640 431-1NA/-5NA-7NA



Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes

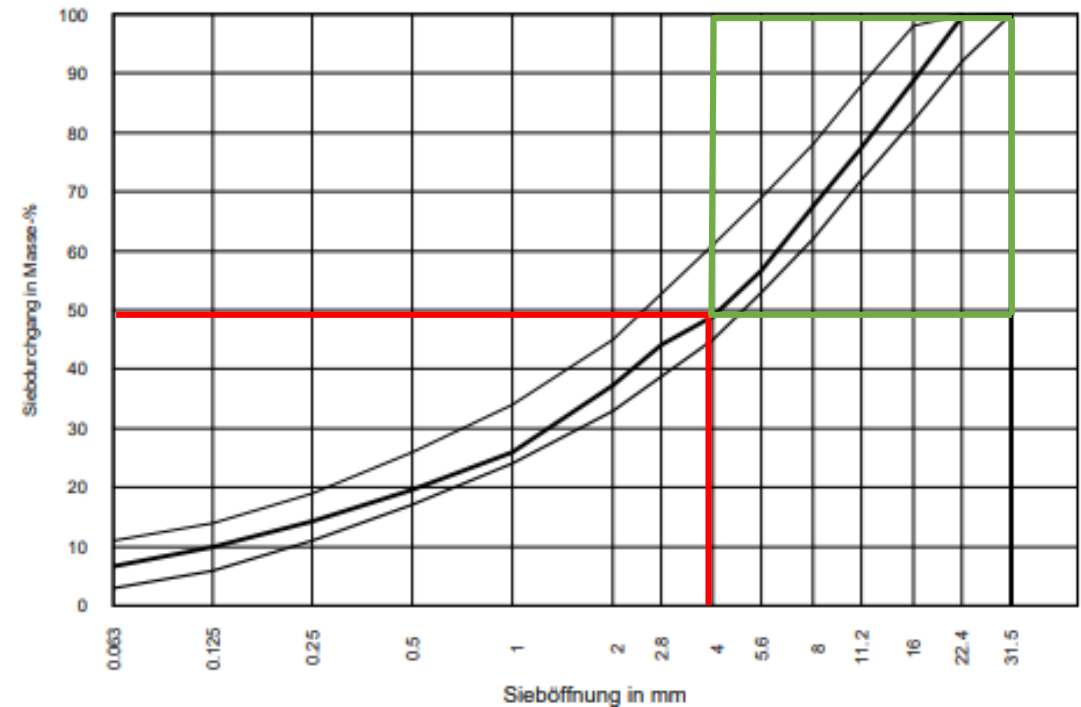
Granulats
bitumineux
0/22 mm

Korngrößenverteilung

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Soilwertbereich SN EN 13108-1:2022/-5:2022/-7:2022/ VSS 40 436:2022

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	100.0
22.4	99.6
16.0	88.7
11.2	77.4
8.0	67.5
5.6	56.7
4.0	48.9
2.8	44.0
2.0	37.2
1.0	26.0
0.5	19.6
0.25	14.3
0.125	9.9
0.063	6.7



Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes

Enrobé
ACT 22 N

Korngrößenverteilung

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]	Soll-Wert * [Masse-%]
45.0		
31.5	100.0	100.0
22.4	98.9	95.0
16.0	81.6	84.0
11.2	72.4	72.0
8.0	60.3	62.0
5.6	49.9	51.0
4.0	41.8	42.0
2.0	30.7	30.0
1.0	22.6	21.0
0.5	17.7	15.0
0.25	13.2	12.0
0.125	9.3	9.0
0.063	7.8	7.5

Korngrößenverteilung

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	100.0
22.4	99.6
16.0	88.7
11.2	77.4
8.0	67.5
5.6	56.7
4.0	48.9
2.8	44.0
2.0	37.2
1.0	26.0
0.5	19.6
0.25	14.3
0.125	9.9
0.063	6.7

Granulats
bitumineux
0/22 mm

Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes

Fractions d'après
EN 933-1

1/4 mm

4/8 mm

8/11 mm

11/16 mm

16/22 mm

Procédure

Liant résiduel

< 1.0 %m

Pourcentage de
granulats concassés

Cat C 70/10

Classification dans
les normes
existantes

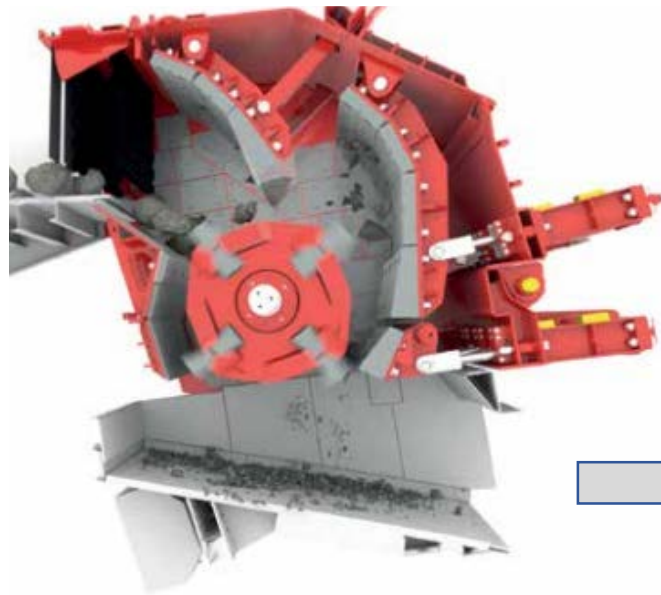
VSS SN 670 103b

Réalisation

Technologie des procédés et qualités des matériaux

Granulats bitumineux
concassé 0/22 mm

Granulats bitumineux
0/8 mm



Tamissage 0/22 mm
0/8 mm
8/22 mm

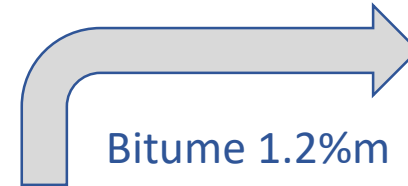
8/22 mm
granulat
secondaire



Réalisation

Technologie des procédés et qualités des matériaux

Granulats bitumineux
concassé 8/22 mm



Granulats bitumineux
4/22 mm

Tamisage 0/22 mm
0/4 mm
4/22 mm



0/4 mm sable
bitumineux



Bitume 8.3% m

Granulat secondaire
4/22 mm

Réalisation

Technologie des procédés et qualités des matériaux

Granulat secondaire
4/22 mm



Fractions

4/8 mm, pourcentage
< 0.8 %m

8/11 mm, pourcentage
< 0.7 %m

11 /22 mm, pourcentage
< 0.6 %m





VersuchsStollen Hagerbach AG
Polistrasse 1
CH-8893 Flums Hochwiese
www.hagerbach.ch

Baustoff-Prüflabore in:

Flums

Altdorf

Regensdorf

Basel

Tel +41 81 734 14 00

Tel +41 41 872 09 71

Tel +41 44 840 22 61

Tel +41 61 322 25 45

Fax +41 81 734 14 01

Fax +41 41 872 09 70

Fax +41 44 840 22 62

Fax +41 61 322 25 46

**Coefficient de polissage
accéléré (CPA)
(PSV - polished stone value)**

Prüfbericht Polierwert - PSV SN EN 1097-8:2021

Bericht-Nr. 202311654

Projekt-Nr. 50 Z10027 0001

Auftraggeber
zusätzl. Kopien an

ViaTec AG Institut für Baustofftechnologie, Peter Bodmer, Technoramastrasse 8, 8404 Winterthur

Bauobjekt	RZO Splitt		
Bauteil	Leistungserklärung 2023		

Baustoff	Angaben gemäss Auftraggeber	Art	Gesteinskörnung für Asphalt
Name/Bezeichnung	Splitt RZO	Herkunft	RZO AG
weitere Angaben	015-23		

Probematerial	Angaben gemäss Auftraggeber	Eingang im Labor	21.02.23
Lieferschein-Nr.		Probenmenge	3 Kübel à 20 kg
Entnahmestelle	Boxen	Probenehmer	RZO AG, N. Aga
Entnahmedatum	27.01.23	Überbringer	Viatec, Peter Bodmer
weitere Angaben			

**PSV-Wert
der Gesteinskörnung**

53

Angaben zum Prüfverfahren

Die Prüfung wird an Gesteinskörnungen durchgeführt, die durch ein 10-mm-Sieb hindurchgehen und auf einem 7.2-mm-Schlitzsieb zurückbleiben. Die Einzelmessproben werden in einer Schnellopoliermaschine einer Polierwirkung ausgesetzt und der Widerstand der polierten Oberfläche anschliessend mit einem Pendelgerät bestimmt. Der PSV wird, unter Berücksichtigung des Parallelversuchs mit dem PSV-Kontrollgestein, berechnet.

Untersuchungsergebnisse

Probenbezeichnung		Prüfdatum	PSV-Wert der Gesteinskörnung	Einzelwerte PSV und Kontrollgestein siehe Seite 2
Auftraggeber	VSH		53	
015-23	8862	29.03.23		

Réalisation

Technologie des procédés et qualités des matériaux

Déclaration de performance 2023 Splitt 8/11

N° de déclaration de performance

Nr. 9 – Production RZO Januar 2023

1. Nom du produit

Splitt 8/11 (Splitt = granulat)

2. Utilisation du produit

Granulat pour enrobé et traitements de surface de routes, pistes d'aéroport et autres voies de circulation

3. Producteur

RZO AG, obere Heslibachstrasse 8, 8700 Küsnacht

5. Système d'évaluation et de contrôle des performances

Speziell RZO 

6.a) Norme harmonisée
Organisme de certification

EN 13043 : 2002 / AC : 2004

Détermination de la proportion de grains concassés

Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 970 902-5b:2006 / EN 933-5:1998 / A1:2004

SN 670 103b:2006 Tab. 4 / EN 13043:2002 Tab. 9 / AC:2004, SN EN 13242+A1:2021 Tab. 7

Auftrags-Nr.: 0013-23 Auftraggeber: RZO AG
Probe-Nr.: 36213 Hardstrasse 31
externe Probenr.*: 015-23 8604 Volketswil

Mineral / Korngruppe: Sek.Splitt 8/11

Probееingang Datum: 27.01.2023

Entnahme Datum*: 27.01.2023 / 09:00 Uhr

Hersteller*: RZO

Entnahme durch*: N.Aga

Herkunft*: k.A.

Entnahmeort*: Box 11

LS-Nr.*: k.A.

Temperatur Luft °C*: k.A.

Zustand der Probe: i.O.

Witterung*: k.A.

Prüfdatum: 30.01.2023

C 90/1

Masse der Messprobe Mo=	440.9	Masse M _i in g =		441.1
		Massen in g		Anteile in %
Kontrolle M _i in g	M_c inkl. M _{tc}	M_r inkl. M _{tr}	C_c inkl. C _{tc}	C_r inkl. C _{tr}
441.1	410	31	93%	7%
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	M_{tc}	M_{tr}	C_{tc}	C_{tr}
0.0%	294	4	67%	1%

Kategorie C (SN 670 103b-NA:2006, Tab. 4 / EN 13043:2002, Tab. 9):

C 90/1

Coefficient d'aplatissement selon EN 933-3

Bestimmung der Plattigkeitskennzahl nach EN 933-3

Anforderung SN 670 103b-NA:2006 / EN 13043:2002 Tab. 7 / AC:2004 / SN 670 902-3:2013 / EN 933-3:2012

Auftrags-Nr. 0013-23 Auftraggeber RZO AG
 Probe-Nr. 36213 Hardstrasse 31
 externe Probennr. 015-23 8604 Volketswil

Mineral/Korngruppe*: Sek. Splitt 8/11
 Hersteller*: RZO Probeneingang Datum: 27.01.2023
 Herkunft*: k.A. Entnahme Datum*: 27.01.2023 / 09:00 Uhr
 LS-Nr.*: k.A. Entnahme durch*: N.Aga
 Prüfdatum: 30.01.2023 Entnahmeort*: Box 11
 Witterung*: k.A. Temperatur Luft °C*: k.A.
 Zustand der Probe: i.O.

FI = 3%

Masse Messprobe Mo =	2265.4	Masse > 100mm (g)		
		Masse < 4mm (g)	3.8	
Minimale Messprobe gemäss Norm EN 933-1 =	1350	verworfenne Masse (g)	3.8	
Kornklasse d/D _i (mm)	Masse R _i (g)	Stabsieb (mm)	Stabsieb Durchgang m _i (g)	FI= (m _i /R _i)x100
80/100		50		0.0
63/80		40		0.0
50/63		31.5		0.0
40/50		25		0.0
31.5/40		20		0.0
25/31.5		16		0.0
20/25		12.5		0.0
16/20		10		0.0
12.5/16	68.6	8	5.3	7.7
10/12.5	896.2	6.3	30.7	3.4
8/10	1080.6	5	22.3	2.1
6.3/8	171.1	4	3.7	2.2
5/6.3	33.8	3.15	0.9	2.7
4/5	11.1	2.5	0.0	0.0
M1= Summe R _i (g)	2261	M2 = Summe m _i	63	

Gesamt-Plattigkeitskennzahl FI = 3%



**Estimation de l'affinité entre
le granulat et le bitume**

Bestimmung der Affinität von Gesteinskörner und Bitumen

SN EN 12697-11:2021

Auftraggeber: RZO AG

Recycling Züri Oberland
Hardstrasse 31
8604 Volketswil

Auftragsnr. 0013-23
Probe-Nr. 36213

Baustelle*: RZO Kontrolle 2023

Unternehmer*: RZO

Mischwerk*: ab Tobega
Bitumen*: **B 70/100**
Raffinerie*: k.A.
Haftmittel & Anteil [g]*: Ja

Probееingang Datum: 27.01.2023
Entnahme Datum*: 27.01.2023
Entnahme durch*: N.Aga
Entnahmeort*: Box 11
Lieferschein Nr.*: k.A.
Witterung*: k.A.
Temperatur Luft °C*: k.A.
Zustand der Probe: in Ordnung
Prüfung Datum / Zeit: 02.02.2023
Geprüft durch: k.A.

Klumpenbildung der Gesteinskörnungen: Nein

Splittsorte*: **8/11**
Lieferant*: **RZO**

Adhésivité

85%

Haftvermögen

85%



Teneur en HAP d'un enrobé bitumeux

Somme des HAP mg/kg enrobé (OLED)

13

**Limite HAP dans enrobés :
≤ 250 mg/kg**

Valorisation sans restriction ou décharge type B

Kurzbericht :

PAK-Bestimmung bituminöser Fahrbahnbelag

Auftrags-Nr.:

0013-23

Probe-Nr. :

Probenahme Datum*:

27.01.2023

Probenahme durch*:

Objekt* :

RZO RA 0/25 Kontrolle, Konformitätsprüfung 2023

Niutec Nr.: 23.0105_044

Viatec-Probenummern: 36213

Sek. Split 8/11

Löslicher Anteil	%	0.65
Probengewicht	g	2360.5
Bindemittel, Anteil in Probe	g	15.2
Bindemittel, Anteil in Extrakt	%	1.07

Naphthalin	mg/kg	2.20
Acenaphthylen	mg/kg	<0.3
Acenaphthen	mg/kg	1.1
Fluoren	mg/kg	0.9
Phenanthren	mg/kg	2
Anthracen	mg/kg	0.6
Fluoranthren	mg/kg	2
Pyren	mg/kg	2
Benzo(a)anthracen	mg/kg	1
Chrysen	mg/kg	0.7
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	0.6
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0.3
Benzo(a)pyren	mg/kg	0.6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0.3
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0.3
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	0.30
Summe PAK im Feststoff	mg/kg	12.8
Bindemittelanteil	%	0.65
Summe PAK im Bindemittel	mg/kg	1978
Summe PAK im Feststoff (VVEA)	mg/kg	13



Niutec Nr.: 23.0105.21
Probeneingang: 30.01.2023
Ausgang: 01.02.2023
Sachbearbeiter Niutec: A. Saucedo
geprüft, Datum/Vis.: 01.02.2023/RI

**PAK Grenzwerte Feststoff
≤ 250 mg/kg**
**Verwertung ohne
Einschränkung
oder
Ablag. Deponie Typ B**

Attentes

Procédure de certification et circularité

- **Certification**

Contrôle de production en usine / Déclaration de conformité

- **Granulat 1-4 mm**

Séparer la fraction du mélange 0/4 mm, Bitume < 1.0 %m

- **Sables bitumineux 0/1 mm**

Classification des caractéristiques du liant (Pénétration / bille et anneau / teneur)

- **Bitume à 2 composants**

Ajout dans la production des enrobés, liants et agents

Granulats secondaires

Idée, objectif, réalisation, attentes

• Idée

Situation actuelle des déchets d'enrobé bitumineux / Possibilités de réutilisation



• Objectif

Exigences du projet et intégration dans les normes



• Réalisation

Technologie des procédés et qualités des matériaux



• Attentes

Procédure de certification et circularité



Conclusion

Le matériau «produit» correspond à du granulats primaire en termes de qualité.

En centrale d'enrobés, les granulats secondaires sont séchés et tamisés selon le même procédé que les matériaux «blancs».

Le procédé ne nécessite ni énergie supplémentaire de chauffe, ni agents chimiques.

Conclusion

La valorisation des granulats bitumineux en granulats secondaires nécessite une coordination avec la production d'enrobés bitumineux.

Conclusion

La valorisation des granulats bitumineux en granulats secondaires nécessite une coordination avec la production d'enrobés bitumineux.

Je vous remercie de votre attention.



Mise en pratique de l'économie circulaire dans la construction:

Enrobés bitumineux basse température

Samuel Probst, responsable matériaux et centrales d'enrobage,
Weibel SA



Baustoffrecycling Schweiz
Recyclage matériaux construction Suisse
Riciclaggio materiali costruzione Svizzera

Conférence **Point de Mire 2023**

02.11.2023 | Aquatis, Lausanne

Dénomination:

EBT

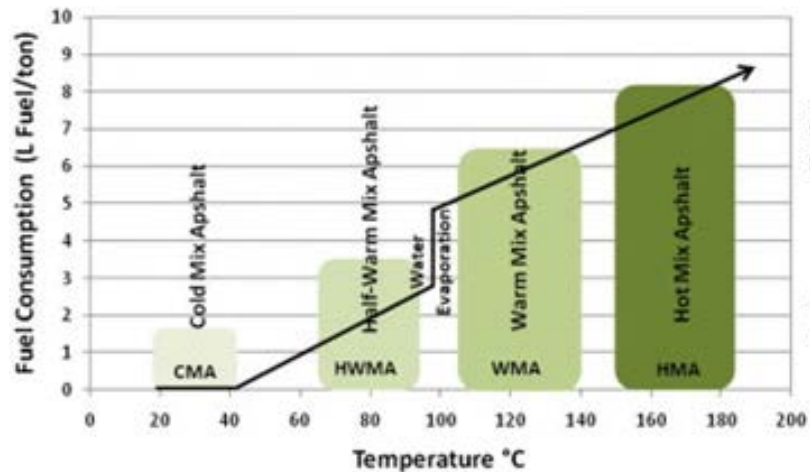
Enrobé Basse Température

OU

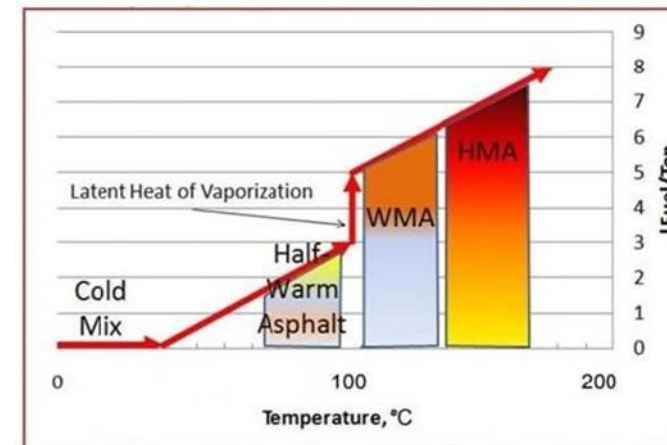
Enrobé Bitumineux Tiède

EBT – qu’est-ce que c’est?

enrobés bitumineux qui, par rapport aux enrobés conventionnels, sont fabriqués et mis en œuvre à des températures réduites



(totalité des images: internet recherche d’images par thème)



EBT – qu'est-ce que c'est?

définition / exigences :

Mélanges bitumineux, qui répondent en tous points (mécaniques et pose) aux exigences des normes VSS/EN en vigueur...

...à l'exception des **prescriptions de températures**

EBT – qu’est-ce que c’est?

Tableau 4 de la VSS 40 430

Walzasphalt, Mindesttemperaturen des Mischguts unmittelbar vor dem Walzen in °C Enrobés bitumineux compactés, températures minimales des enrobés immédiatement avant le compactage en °C		
Bitumen Bitume	Schichtdicken Épaisseurs des couches	
	≤ 50 mm	> 50 mm
[°C]		
35/50	150	140
50/70	140	130
70/100	130	120
100/150	125	115
160/220	120	110

Tableau 6 de la SN/EN 13 108-1

Asphaltbeton, Bereiche der zulässigen Mischguttemperaturen in allen Phasen der Aufbereitung Enrobés bitumineux, plages des températures d'enrobés admissibles pour toutes les phases de production	
Penetration des Bitumens Pénétration du bitume [1/10 mm]	Bereiche der zulässigen Mischguttemperaturen Plages des températures d'enrobés admissibles [°C]
30/50	150...190
50/70	140...180
70/100	140...180
100/150	130...170
160/220	130...170

EBT – qu'est-ce que c'est?

Phrase clé de la SN/EN 13108-1:

En cas d'utilisation d'ajouts ou d'autres procédés des températures plus basses sont possibles si l'aptitude en est démontrée

EBT – descriptif / texte de soumission



Direction générale de la mobilité et des routes DGMR
Division entretien

CONDITIONS PARTICULIÈRES – LOT 23.ER.407.01

755.3.4 Enrobé bitumineux tiède - EBT

755.3.4.1 Le procédé de fabrication de l'enrobé bitumineux tiède (EBT) doit permettre une baisse de la température de fabrication et de mise en œuvre d'environ 30 °C par rapport à un enrobé à chaud et ceci tout en conservant les performances d'un enrobé conventionnel (qualité de l'enrobage, maniabilité, compacité, caractéristiques de surface, etc.)



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service des ponts et chaussées SPC
Tiefbauamt TBA

Section entretien des routes
Sektion Strassenunterhalt

.300 Enrobé bitumineux tiède - EBT

.301 Le procédé de fabrication de l'enrobé bitumineux tiède (EBT) doit permettre une baisse de la température de fabrication et de mise en œuvre d'environ 30 °C par rapport à un enrobé à chaud et ceci tout en conservant les performances d'un enrobé conventionnel (qualité de l'enrobage, maniabilité, compacité, caractéristiques de surface, etc.).

.302 Les exigences de l'enrobé bitumineux tiède (EBT) sont identiques aux exigences SN d'un enrobé classique à chaud (fabrication et mise en œuvre).

définition d'une **différence de température** par rapport à une "température nominale prescrite"

EBT – descriptif / texte de soumission

.302 Les exigences de l'enrobé bitumineux tiède (EBT) sont identiques aux exigences SN d'un enrobé classique à chaud (fabrication et mise en œuvre).



Comment «faire» des EBT?



(image: internet recherche d'images par thème)

produits miracles?

Comment «faire» des EBT?





Procédés actuellement disponibles sur le marché:

- | | | | |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|
| • Chimie: | Ajouts avec propriétés modifiant la viscosité du liant | Cecabase
Greenseal | ~ 30° C |
| • Cires: | Ajout de cires
(dans le liant, ev. dans l'enrobé) | Sasobit
Asphaltan | ~ 30° C |
| • Zéolithes: | Ajout de silicates (minéraux)
contenant de l'eau | aspha-min | ~ 30° C |
| • Bitume mousse: | Moussage du bitume
par ajout d'eau | W-ecophalt [®]
C-ecophalt [®] | ~ 50° C |
| • "Procédés": | Procédés et séquences de malaxage
spéciaux (év. en combinaison avec
des ajouts susmentionnés) | LEA | > 50° C |

Pourquoi EBT? Avantages:

- 👍 Réduction importante du besoin en énergie lors de la production (env. -15% par rapport à un EBC)
- 👍 Réduction des émissions de CO2
- 👍 Meilleure qualité du liant dans le produit final en raison d'un procédé de fabrication plus «doux» qui ménage le bitume
- 👍 Moins d'émanations de vapeurs et d'odeurs lors de la pose et de la production (-10°K = réduction de 50% des vapeurs)
- 👍 Qualité au moins égale à celle des enrobés classiques à chaud (EBC)
- 👍 Ajout de recyclés (RA) possible sans autre, teneurs au minimum identiques aux EBC
- 👉 Distances de transport / « plage de pose » idem aux mélanges classiques
- 👉 Eventuellement mise sous trafic plus rapide (en fonction du procédé choisi)

...et quelques consignes/restrictions:

-  Mise en œuvre à la main difficile (maniabilité, structure/texture de la surface posée)
-  selon procédé BT un « fine-tuning » peut être nécessaire lors du compactage (moment du compactage, nombre de passes de rouleau, nombre de passes avec vibration, etc.)
-  Débit de production en centrale réduit
-  Equipement de la centrale adapté afin de pouvoir «jongler» entre EBT et EBC

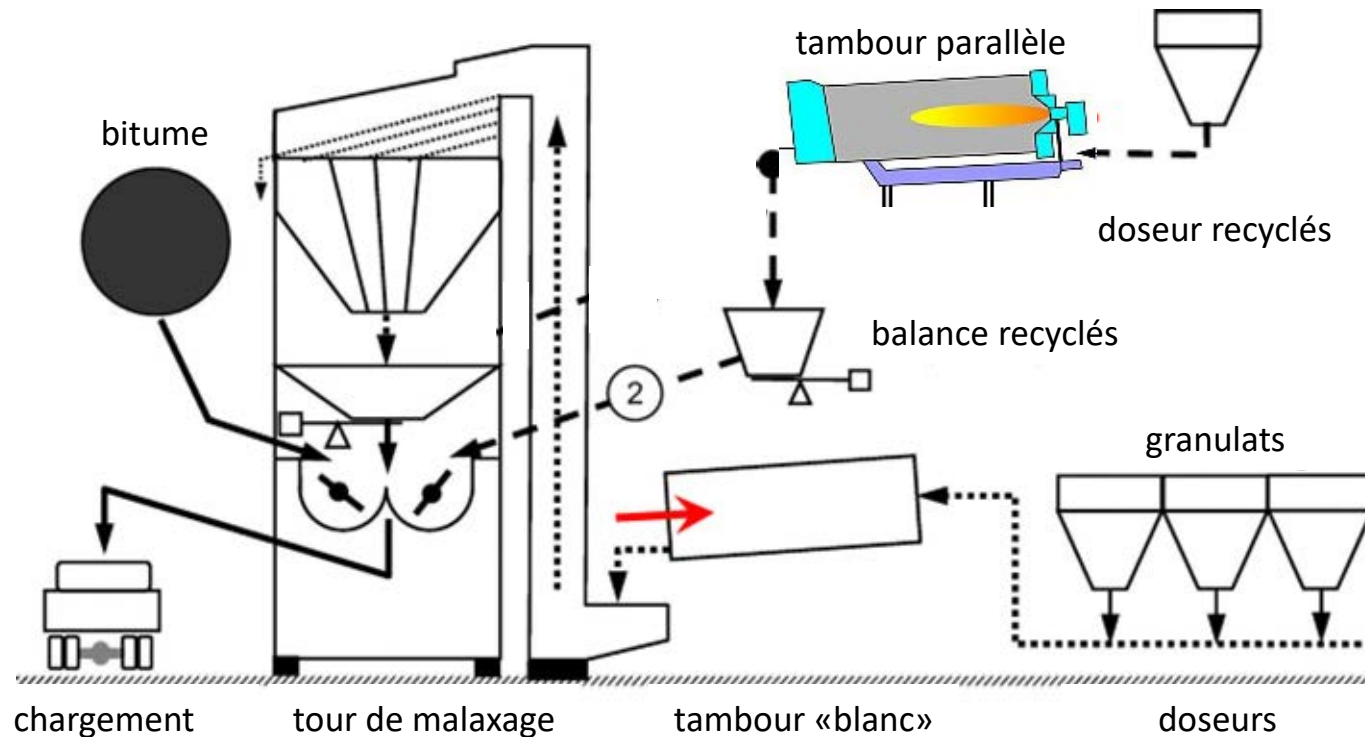
EBT – recyclés?

Adjonction recyclés (RA) en centrale d'enrobage à l'aide d'un tambour parallèle

Température RA: 110...130° C



(image: internet www.wirtgen-group.com)



(image: internet recherche d'images par thème)

EBT – recyclés?

L'incorporation à chaud de RA se prête parfaitement à la fabrication d'EBT – grâce à cela des enrobés bitumineux contenant jusqu'à 99% de RA sont possibles, exemples:



Route d'accès à la décharge GGV SA, Granges-de-Vesin / FR (2017)

Production et pose de 300 tonnes de Mono-Phalt «R»

Conditions locales

- Trafic lourd et engins de chantier exclusivement
- Pente raide au début de la route d'accès

Conditions de pose

- Été, température extérieure d'environ 20°C



Route d'accès à la gravière Hurni SA, Kallnach / BE (2019)

Production et pose de 1'800 tonnes de Mono-Phalt «R»

Réutilisation à 100% des matériaux bitumineux issus de la démolition de la route d'accès

Conditions locales

- Trafic lourd exclusivement
- En partie en forêt, peu d'ensoleillement

Conditions de pose

- Automne, brouillard matinal, température extérieure d'environ 2°C

EBT – retour d'expérience



Divers assainissements de routes cantonales ct. VD (depuis 2010)
 Production et pose de :
 > 75'000t EBT W-Ecophalt®
 Maître d'ouvrage : Direction générale de la mobilité et des routes (DGMR), canton VD

Carrefour Berne Forsthaus, assainissement total (2022)
 Production et pose de :
 940t AC F 22 EBT (R50)
 680t AC T 22 S BmP EBT (R50)
 650t AC B 22 S BmP EBT (R50)
 310t AC MR 8 BmP EBT (R0)
 Maître d'ouvrage : OFROU

Aéroport Bern Belp, assainissement de piste (2017)
 Production et pose de :
 6'000t AC T 22 S EBT (R50)
 Maître d'ouvrage : Flughafen Bern AG

EBT – perspectives et conclusion

- Les EBT possèdent de nombreux avantages et présentent une excellente opportunité de réduire l’empreinte environnementale de nos enrobés bitumineux – sans pour autant devoir faire des concessions quant à la qualité des produits.
- Grâce à la température de fabrication réduite, la technologie des EBT peut amener à un taux de RA plus élevé.
- Les retours d’expérience techniques sont positifs, les différentes technologies permettant la fabrication et la mise en oeuvre des EBT sont connues – aux donneurs d’ordre de demander ces produits et de les mettre en soumission. Différents cantons Romands montrent le chemin!

Les EBT ont encore beaucoup de potentiel!





Questions?

Merci beaucoup pour votre attention!



SUPSI

DeCo

Deco. Lignes directrices pour la déconstruction et le démontage des bâtiments contemporains.

Richtlinien für die Dekonstruktion und Demontage der jüngsten Gebäuden

Stefano Zerbi – Professor DACD
Carlo Gambato – Ricercatore ISAAC
Cristina Mosca - Ricercatrice IMC
Isabella Fibioli – Assistente ISAAC



Quelle: Saint-Gobain Weber: Recyclingfähiges
Wärmedämmverbundsystem, in Detail selection:
Recycling: Materialien, Systeme, Konzepte, 2020.

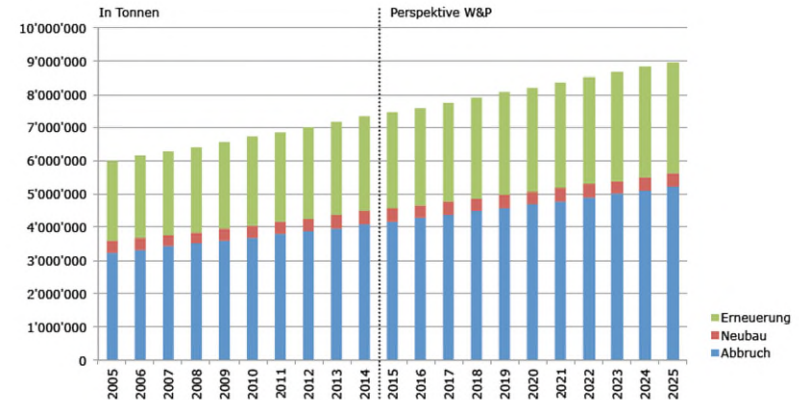
Kontext

- In der Schweiz wurden ca. 1.2 m³ e ca. 1 Tonne von Abfällen pro Bewohner und pro Jahr bei dem Bausektor produziert.
- Die Gebäude weisen in der Schweiz komplexe Konstruktionslösungen auf (Wärme- und Schalldämmung)

Problem:

- Abbruch: **Gefahr der Vermischung zwischen Wärmedämmung und anderen Abfällen**
- **Ungleichmäßige Praxis**
- Zunahme von **Sonderabfällen in den Deponien**

Der Bausektor ist heute noch eine **lineare Wirtschaft**.



2025 : + 20%

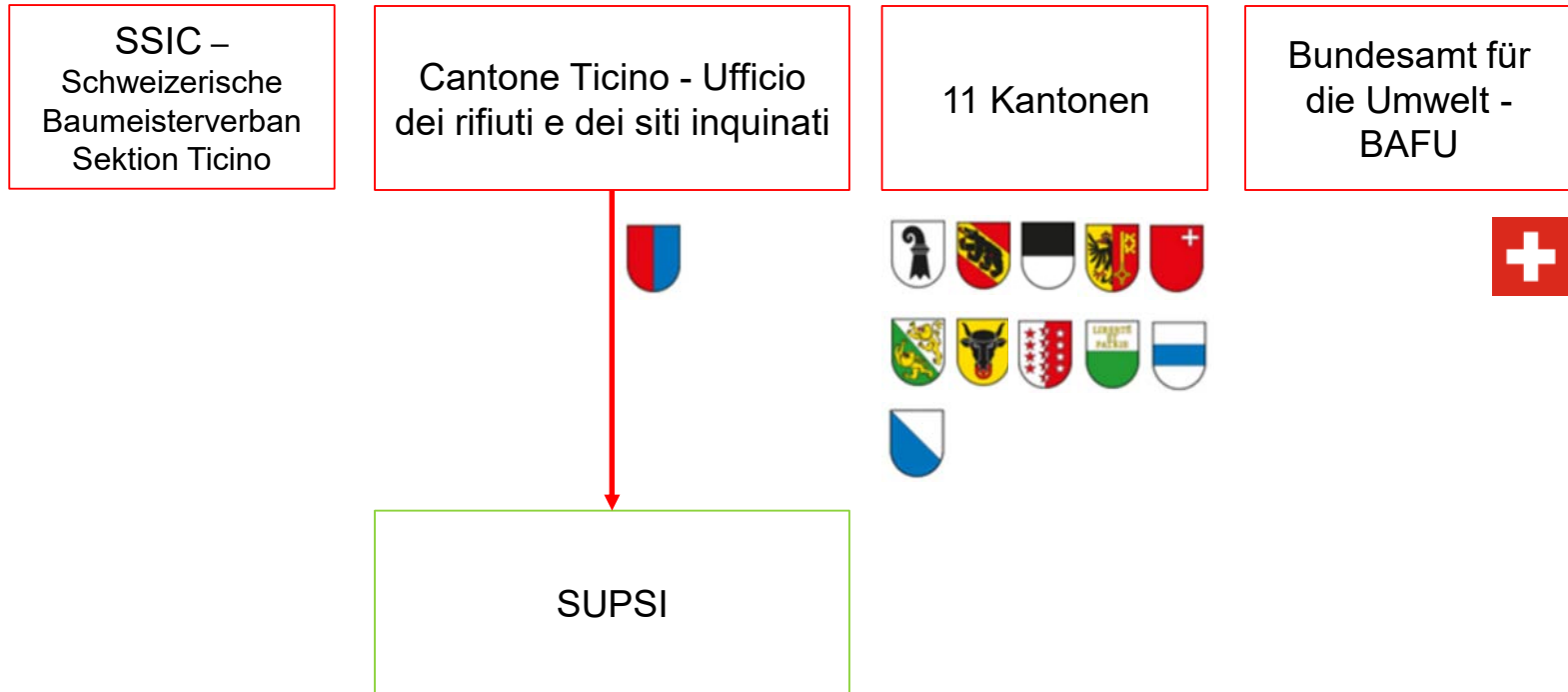
Bauabfälle in der Schweiz – Hochbau. Studie 2015. Bundesamt für Umwelt BAFU



IWARU – Institut für Infrastruktur
Wasser Ressourcen Umwelt
(Münster)

PARADE, <https://www.vtt.fi/sites/PARADE>

Das Projekt DeCo / Organigramm



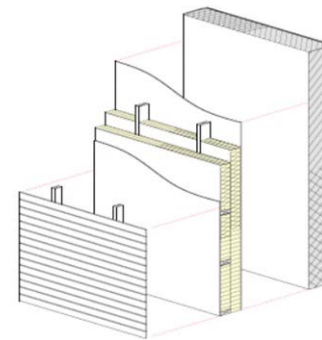
Aktueller Stand der Bausystemen

- Übereinstimmung mit dem Katalog von Bauteilen von BFE



Bau/Umbau

DeCO



Demontageverfahren



Sammlung und Analyse von Fallstudien

- Nationalen und internationalen wissenschaftlichen Publikationen \cong 40 Publikationen
- Rotor – Belgien
Publikationen/Beratungen/Projekte für die Dekonstruktion und Wiederverwendung von Baumaterialien
- baubüro in situ - Zürich
Erfahrung in der Dekonstruktion und Wiederverwendung
- Firmen: Swisspor, Isover, ecc..
- Rechtsrahmen und Normen
- Fallstudien von Kanton
- Schweizerischer Baumeisterverband



*Recupero dei materiali di demolizione di CaseClima.
Prov. Autonoma di Bolzano*



Praktischer Rückbau

- traditioneller Rückbau
- **selektiver Rückbau**
- **Strip-out (DeCo)**

Demontage aller Schichten bis zur Tragstruktur und Trennung von Dämmstoffen und Abfällen derselben Klasse. Erweiterung der Strip-Out-Technik auf alle Bauelemente mit Wärmedämmung.



Quelle: Saint-Gobain Weber: Recyclingfähiges Wärmedämmverbundsystem, in Detail selection: Recycling: Materialien, Systeme, Konzepte, 2020.



Strip-out: rimozione pannelli di cartongesso (partizioni interne verticali e orizzontali).



Fig. 4. Rimozione isolamento esterno di facciata con metodo parzialmente selettivo.

Uso di demolitore selezionatore.



Fig. 5. Isolamento esterno di facciata rimosso con metodo parzialmente selettivo.



Strip-out: rimozione lastre controsoffitto contenente amianto.

Quelle: VDPM (Verband für Dämmssysteme, Putz und Mörtel e.V.)

Richtlinien für die Dekonstruktion

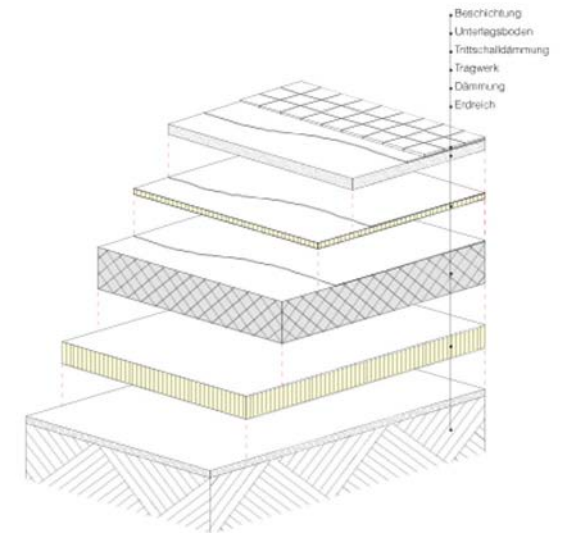
Datenblätter für die Dekonstruktion

- Demontageverfahren für 22 Bauweisen
- Angaben der Schwierigkeit und Gefahr für Mensch und Umwelt
- Kontaminationsgefahr
- Datenblätter für das Ende der Lebensdauer von Baumaterialien
- Wiederwendungspotential

Gefahren	
	Gefahr für Umwelt und Gesundheit Vermeiden von Freisetzung von Kunststoffen und/oder Fasern (Minerale Dämmstoffe)
Vermischung	
	Hohe Gefahr Hohe Gefahr der Vermischung von Materialien unterschiedlicher Klassen V.a. Vermischung von Zuschlagstoffen, Wärmedämmung und Materialien unterschiedlicher Klassen sind zu vermeiden
	Mittlere Gefahr Mittlere Gefahr der Vermischung von Materialien unterschiedlicher Klassen
	Geringe Gefahr Geringe Gefahr der Vermischung von Materialien unterschiedlicher Klassen
Schwierigkeit bei der Demontage	
	Hohe Schwierigkeit Manuelle Arbeit
	Mittlere Schwierigkeit Mechanisierbare und manuelle Arbeit
	Geringe Schwierigkeit Mechanisierbar

1.2 Wärmedämmung unter der Bodenplatte 1.2.3 Gegen Erdreich

Gefahr  Gefahr für Umwelt und Gesundheit	Vermischung  Hohe Gefahr	Schwierigkeit bei der Demontage  Mittlere Schwierigkeit
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Referenzen Bundeskataloge	B3, B5, B10, B12, B15, B17, B19
Merktblatt: Ende der Lebensdauer	FV.1.2 ; FV.1.8 Dämmstoffe
Potenzial für Wiederverwendung	Beschichtung von unbeschädigten Bodenbelägen (Keramik, Holz, Naturstein)

Richtlinien für die Dekonstruktion

1.2 Wärmedämmung unter der Bodenplatte

1.2.1 Abgehängte Decke

Gefahr



Gefahr für Umwelt und Gesundheit

Vermischung

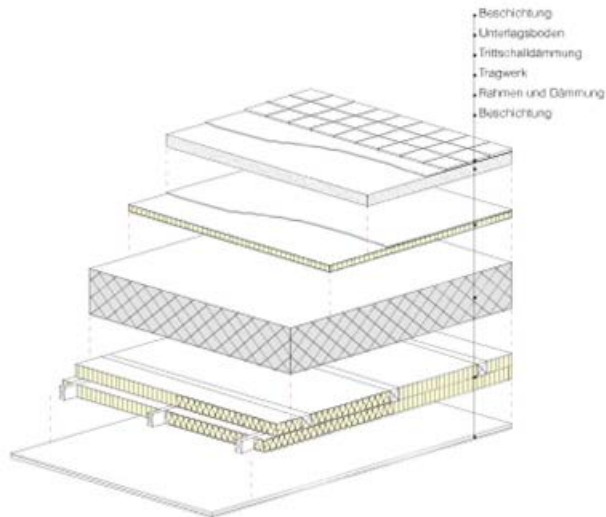


Hohe Gefahr

Schwierigkeit bei der Demontage



Mittlere Schwierigkeit



Referenzen Bundeskataloge

B3, B5, B10, B12, B15, B17, B19

Merkblatt: Ende der Lebensdauer

FV.1.1 - FV.1.7 Dämmstoffe

Potenzial für Wiederverwendung

Beschichtung von unbeschädigten Bodenbelägen (Keramik, Holz, Naturstein)
Abgehängte Decken (Platten und Metallstruktur)
Deckenleuchten

VORSICHTSMASSNAHMEN

- Die Wärme- und Schalldämmplatten und eventuelle Kunststofffolien müssen vom inertem Material getrennt werden.
- Die Schalldämmplatten und eventuelle Kunststoffplatten befinden sich unter dem Unterlagsboden (ca. 8 cm).
- Die Wärmedämmplatten befinden sich unter der Bodenplatte.
- **WARNUNG:** der Unterlagsboden kann Kunststoff- oder Metallrohre von Fussbodenheizung oder elektrische Widerstände enthalten.

ABBRUCHREIHEFOLGE

Von oben:

- Abbruch von Bodenschicht und Unterlagsboden. Wenn möglich zuerst Boden entfernen.
- Getrenntes Sammeln des inertem Materials aus dem Abbruch des Unterlagsbodens, der möglicherweise Rohre von Fussbodenheizung enthält, von dem anderen sauberen inertem Material aus dem Abbruch der festen Strukturen.
- Getrenntes Sammeln von Wärme- und/oder Schalldämmplatten und Kunststofffolien.

Von unten:

- Plastikfolie in den Raum unter die zu demontierende Decke legen, damit die abgelöste Wärmedämmung vom Boden getrennt bleibt.
- Bei Gipskartonplatten: Gipskartonplatten mit einem Akku-Bohrschrauber aufschneiden oder abschrauben.
- Kassettendecke: mit Hilfe von Saugnäpfen werden die Kassetten entfernt.
- Gipskartonplatten oder Kassetten getrennt sammeln.
- Entfernen / abziehen der Wärmedämmschicht.
- Abgehängter Metallrahmen von der Decke durch Reissen (mit leichtem Werkzeug), Schneiden der Dübel (Trennscheibe) oder Herausschlagen (Brechtstange) lösen.
- Wärmedämmschichten separat aufheben.
- Metallteile separat sammeln.
- Massivdecke abbrechen.
- Sauberes inertes Material aus dem Abbruch der Massivdecke getrennt von dem gemischten inertem Material aus dem Abbruch des Unterlagsbodens sammeln.

Richtlinien für die Dekonstruktion

FV.1.0 EPS Expandiertes Polystyrol

Identifizierung des Materials

Erscheinungsbild und Farbe	Weiss oder grau. Sphären sind erkennbar.
Dichte ρ [kg/m³]	Von 15 bis 30. Zur Überprüfung: Bestimmung der Dichte gemäss Norm EN 1602.
Mögliche Formate	Hartplatten, Blöcke, Kugelnchen.
Handelsnamen	SAGEX von Sager AG, swissporEPS von Swisspor AG, Soprema EPS von SOPREMA.
Wichtigste Standardreferenzen	SIA 279, Ausgaben 1960, 1986, 2000 und spätere Ausgaben. 2003-2004 CE-Kennzeichnungspflicht in Europa für die Wärmedämmung von Gebäuden, harmonisierte Normen. EN 13163, Produktnorm für EPS-Wärmedämmung für Bauanwendungen. EN 13499, Norm für Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) auf EPS-Basis.



Kennzeichnende Elemente

Vorhandensein potenzieller Gefahren	Zu ermitteln: Datum der Herstellung oder Anwendung der Dämmung. Gefahr für die Umwelt (Luft): Mögliches Vorhandensein von HBCD (Flammenschutzmittel) bei EPS, das vor 2015 hergestellt und bis 2017 installiert wurde. Bei der Demontage besteht kein Gesundheitsrisiko. Polludoc.ch auf eventuelle Aktualisierungen überprüfen.
Methoden der Einbindung	Integrierte Einbindung von Hartschaumplatten in andere Materialien. Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) die folgendes beinhalten: a) Verklebung mit dem Untergrund (Klebmörtel); b) Verdübelung der Platten auf dem Untergrund (Kunststoffdübel); c) Beschichtung bestehend aus Glättung, Armierungsgewebe, Grundierung und Verputz.
Mögliche Verschlechterung	Unter Standardbedingungen behält es seine Eigenschaften bei und gilt als ein langlebiges Material. Falsche Materialauswahl, Konstruktions- und Installationsfehler sowie ungeeignete Einsatzbedingungen können den Erhaltungszustand des Materials beeinträchtigen und Folgendes kann eintreten: - dauerhafte Verformungen; - hoher Wassergehalt, Vorhandensein von Feuchtigkeit (Sickerwasser, Kondensation); - Haftungsdefekte, Risse usw.

Ende der Lebensdauer-Management: mögliche Lieferketten

Verwertung		Beseitigung	
Wiederverwendung	Recycling	Verbrennungsanlage	Mülldeponie
Zu begünstigender Prozess	Zu begünstigender Prozess	Erlaubter Prozess	Auszuschliessender Prozess

Machbarkeit und Optionen für Recycling / Wiederverwendung

Das Polystyrol ist ein "thermoplastisches" Material, also ein potenziell recycelbarer Kunststoff. Die Entsorgung auf Mülldeponien ist nicht erlaubt.

Ersatzbrennstoffwerk: Energierückgewinnung

Nutzung des Brennwertes von EPS in Verbrennungsanlagen und/oder Zementwerken: 1 kg Abfall spart 1,3 Liter anderer Brennstoffe. Der Vorteil dieses Prozesses ist, dass der Reinigungsaufwand für EPS-Abfälle gering ist. Andererseits hat die Verbrennung von PS-Schaum (die bei sehr hohen Temperaturen stattfindet), der das Flammenschutzmittel HBCD enthält, keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt, wird vollständig zerstört und verursacht keine Veränderungen bei den Verbrennungsprodukten in Bezug auf die Zusammensetzung der Endprodukte wie Schlacke, Staub und Filterrückstände. Das bedeutet, dass alte HBCD-haltige EPS-Abfälle (die vor 2015 produziert wurden) in jeder modernen Verbrennungsanlage verbrannt werden können.

Besonderheiten für den Bausektor. Merkmale des Materials um recycelt / wiederverwendet zu werden

Um Recycling-/Wiederverwendungsstrategien für EPS-Abfälle aus dem Bausektor zu verfolgen, muss eine getrennte Sammlung bereits auf der Baustelle umgesetzt werden. Wenn nämlich Bauschutt gemischt gesammelt wird, müsste die Sortierung später von Entsorgungsunternehmen vorgenommen werden.

Im Bausektor werden EPS-Platten in komplexen Bausystemen verwendet, bei denen die Dämmschicht fest mit anderen Schichten aus verschiedenen Materialien verbunden ist, z. B. mit Klebstoffen, Putz, Kunststoffdübeln usw.

Die grösste Problematik für das Recycling/die Wiederverwendung dieser Materialien ist daher die Möglichkeit, perfekt getrenntes Material aus dem selektiven Rückbau-/Abbruchprozess zu erhalten, was dann zu "sauberem" Material führt.

Gerade aus diesem technischen Grund ist die Strategie der energetischen Verwertung (Verbrennungsanlage oder Zementwerk) heute die am weitesten verbreitete Lieferkette. Dies bedeutet zweifellos eine weniger anspruchsvolle Verwendung in Bezug auf die Sauberkeit des zurückgewonnenen Materials und kann Abfälle jeglicher Herkunft (auch gemischte) aufnehmen.

Recycling

Wichtigste Faktoren, die bei der Wahl des Recyclings zu berücksichtigen sind:

- Qualität des eingehenden Materials, weil sie sich unmittelbar auf die Qualität des Ausgangsmaterials auswirkt. Darüber hinaus ist sie ein entscheidender Kostenfaktor.
- Sammlung und Vorbehandlung von Material aus Abbruchbaustellen durch spezialisierte Unternehmen.
- Überprüfung des HBCD-Gehalts (nur für Produkte vor 2015) und des Vorhandenseins anderer Verunreinigungen wie Wasser, Zement, Leim, Bitumen usw.

Mechanisches Recycling

Eine Möglichkeit zur Entsorgung von EPS aus Bau- und Abbruchabfällen ist das mechanische Recycling, bei dem EPS-Abfälle (auch solche, die nicht ganz sauber sind) zu Granulat gemahlen werden. Es kann z. B. zu Wärmedämmplatten hinzugefügt werden, dient aber auch als Zuschlagstoff für leichte Materialien (z. B. Beton, Isolierputz usw.).

Dieses Recyclingverfahren ist für EPS-Verpackungen ohne HBCD und EPS für den Bau mit pFR möglich, aber nicht für EPS mit HBCD aus der Zeit vor 2015.

Diese Technologien sind bereits verfügbar und werden von den Herstellern eingesetzt, die auch spezielle Säcke für die Sammlung und den Transport anbieten.

Physikalisch-chemisches Recycling: in Entwicklung und Erprobung

Das Forschungsprojekt PolyStyrene2.0 entwickelt eine Lösung mit einem physikalisch-chemischen Recyclingprozess auf Basis der CreaSolv-Technologie. Die angewandte Technologie verwandelt Isolierschaumabfälle in einen neuen hochwertigen Rohstoff. Während des Recyclingprozesses werden Verunreinigungen wie Zement oder andere Baureste sowie das enthaltene Flammenschutzmittel HBCD entfernt. Das HBCD wird zerstört, während die wertvolle Bromkomponente und das Polystyrol zurückgewonnen werden. Erwähnenswert ist auch das Technologie-Startup Polystyvert im kanadischen Montréal, das 2016 die weltweit erste Anlage zur Verarbeitung von Polystyrol auf Lösungsmittelbasis gebaut hat.

Wiederverwendung

EPS-Dämmplatten können zur Wiederverwendung demontiert werden (vorausgesetzt, dies ist machbar und die Demontage führt nicht zur Zerstörung oder Verunreinigung der Platten). Sie können zum Beispiel als Schutzplatten oder als alternative Wärmedämmung verwendet werden.

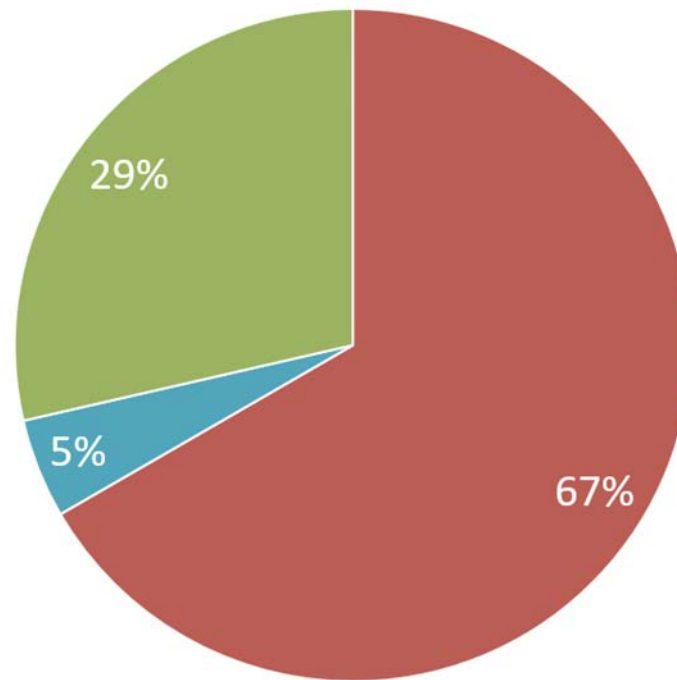
Ausserdem ist es möglich die Lebensdauer der Platten durch eine "Verdoppelung der Dämmung" zu verlängern. Wenn bei einer Renovierung eine Erhöhung der thermischen Leistung der Gebäudehülle erforderlich ist und alle Bedingungen erfüllt sind (Nachweis der vorhandenen Stabilität und des Verhaltens unter zusätzlicher Belastung), wäre es möglich, die vorhandene Platte mit einer zusätzlichen Dämmschicht zu überlappen.

Kostenanalyse Ergebnisse

Mittelkostenerhöhung + **63.7%**

Zusammensetzung der Kostenerhöhung

Composizione dei costi aggiuntivi di decostruzione



■ manodopera ■ altri costi indiretti operativi ■ costi opere provvisionali

Kostenanalyse

Szenarien der Deponierung

Ergebnisse

Szenario I - mittelfristig

Dekonstruktion Deponierung Kosten – **23%**

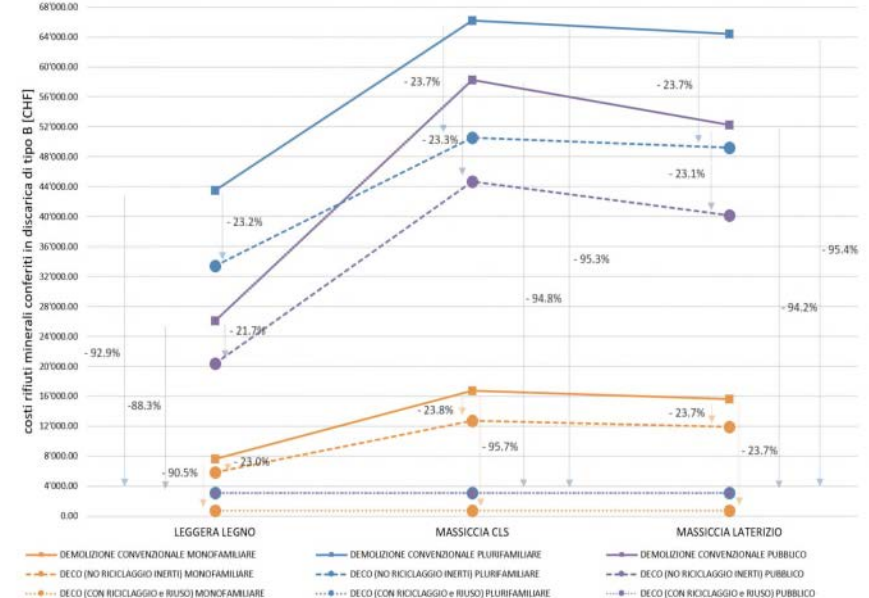
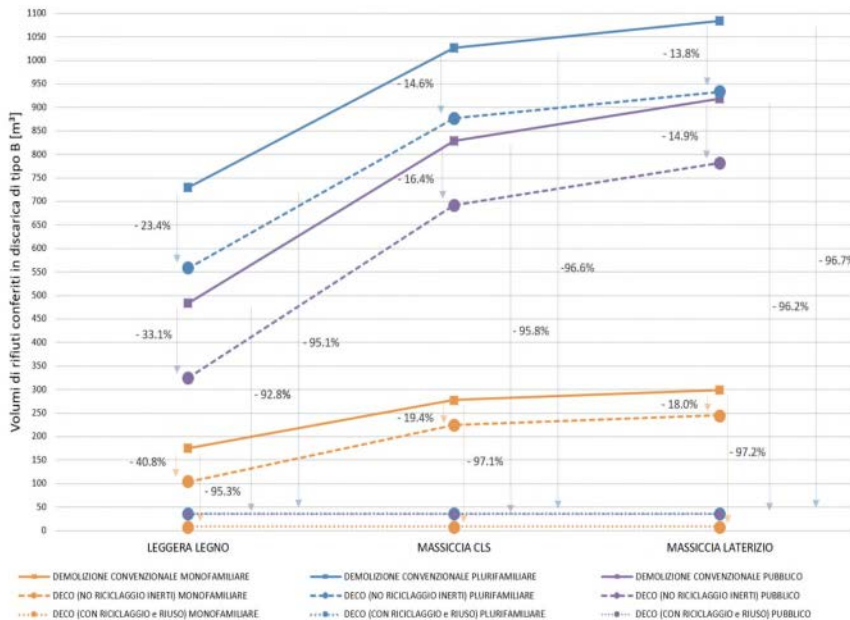
Volumen – **22%**

Kostenerhöhung + **53 %**

Scenario II – best case Kreislaufwirtschaft

Dekonstruktion Deponierung Kosten – **93%**

Volumen – **96%**



Ergebnisse

- nationaler und internationaler Stand der Technik
- Rückbau und Dekonstruktionstechniken
- Kostenanalysen
- ergänzenden Informationen
- Auf Deutsch, Französisch und Italienisch

<https://www4.ti.ch/dt/da/spaas/ursi/temi/gestione-rifiuti/gestione-rifiuti/rifiuti-edili/demolizione-edifici-recenti-isolati>

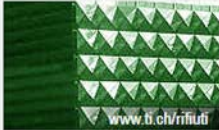
The screenshot shows the website 'Gestione rifiuti' with a green header and a navigation menu. The main content area is divided into sections: 'Tema', 'Contatti', and 'In primo piano'. The 'Tema' section features a graphic of green triangles and the URL 'www.ti.ch/rifiuti'. The 'Contatti' section provides information for the 'Ufficio dei rifiuti e dei siti inquinati' and the 'Capoufficio' of Mauro Togni. The 'In primo piano' section lists several articles, with 'Demolizione edifici moderni (isolati)' highlighted by a red box. A footer section contains a paragraph about waste management and a 'continua' link.

ti DT DA SPAAS Ufficio dei rifiuti e dei siti inquinati www.ti.ch/rifiuti 🔍 👤

Gestione rifiuti

TEMA **GESTIONE RIFIUTI** SPORTELLLO BASI LEGALI PER SAPERNE DI PIÙ

Tema



www.ti.ch/rifiuti

Contatti

Ufficio dei rifiuti e dei siti inquinati tel. +41 91 814 29 71
Via Franco Zorzi 13
6501 Bellinzona

Capoufficio
Mauro Togni

In primo piano

 **I palloncini scoppiano!**
[Scheda informativa](#)

 **Direttiva raccolta plastiche PP e PE**

 **Demolizione edifici moderni (isolati)**

 **Piano di gestione dei rifiuti 2019-2023**

I rifiuti sono oggetti o sostanze di cui il detentore si disfa o ha l'intenzione o l'obbligo di disfarsi.
Per questo motivo è necessaria una regolamentazione che ne garantisca un corretto smaltimento ...
> [continua](#)