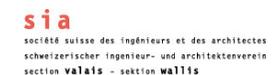


GUIDE TECHNIQUE

Pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux

**Séances
d'information des
12 et 14 mars 2024**



1. Accueil

Bienvenue dans cette salle pour la séance d'information au sujet du nouveau
«*Guide technique pour la valorisation des matériaux de déconstruction
minéraux*»

Merci à tous ceux et celles qui ont contribué à l'organisation pratique de cet
après-midi ainsi que pour l'apéritif qui sera servi à la fin des présentations.

1. Mot de Thomas Knubel

M. Knubel est secrétaire général adjoint du CDMTE et président de la sous-commission «Ressources minérales»

Ordre du jour

- | | |
|---|------------------|
| 1. Accueil | |
| 2. Introduction générale | Lucien Pignat |
| 3. Valorisation et aspects environnementaux | Thierry Pralong |
| 4. Graves avec granulats recyclés | Loris Chittaro |
| 5. Enrobés de recyclage | Stefan Aebersold |
| 6. Bétons avec granulats recyclés | Pierre Bruchez |
| 7. Questions | |
| 8. Apéritif | |

Ordre du jour

1. Accueil
2. Introduction générale Lucien Pignat
3. Valorisation et aspects environnementaux Thierry Pralong
4. Graves avec granulats recyclés Loris Chittaro
5. Enrobés de recyclage Stefan Aebersold
6. Bétons avec granulats recyclés Pierre Bruchez
7. Questions
8. Apéritif

2. Introduction générale – Qui sommes-nous ?

- AVE, Association valaisanne des entrepreneurs
- AVGB, Association valaisanne de l'industrie des graviers et du béton
- AVST, Association valaisanne des services techniques communaux
- IAVS, Ingénieurs architectes Valais
- SIA Valais, Société suisse des ingénieurs et architectes, section Valais
- Etat du Valais
 - Service de la mobilité (SDM)
 - Service de la construction des routes nationales (SCRN)
 - Service immobilier et patrimoine (SIP)
 - Service de l'environnement (SEN)

2. Introduction générale - Historique

- ▲ *Guide technique d'application pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage* publié en 2016
- ▲ Mise en place d'une *Commission de suivi pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage* (dite *c'sion de suivi*) dès sa publication

2. Introduction générale - Historique

Commission de suivi pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage	
Raoul ZENGAFFINEN	AVE, Président de la commission
Loris CHITTARO	Secrétaire de la commission
Didier AEBY	AVGB
Lucien PIGNAT	DMTE / SDM
Stefan AEBERSOLD	DMTE / SCRN
Olivier SCHALBETTER	DMTE / SDM
Pierre BRUCHEZ	IAVS
Thierry PRALONG	DMTE / SEN
Zoé BONOMI	DFE / SIP
Olivier MÉNÉTREY	AVST
Grégory MORAND	SIA Section Valais

2. Introduction générale - Historique

- ▲ Rôles de la *Commission de suivi pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage*
 - Séances de sensibilisation et de formations organisées en 2016 et 2017
 - Suivi du marché, veilles légale, normative et technologique
 - La c'sion de suivi fait un rapport annuel à la sous-commission *Ressources minérales* nommée par le CE
 - Tentative mise à jour du guide en 2019, avortée

2. Introduction générale - Historique

- ▲ Travail constant de la sous-commission et de la c'sion de suivi, avec accélération ces dernières années
- ▲ Notamment :
 - *Plan cantonal de gestion des déchets* publié par le SEN en août 2023
 - *Aménagement et exploitation des installations de valorisation de déchets de chantiers minéraux (IVDM)*, aide à l'exécution cantonale à venir

2. Introduction générale - Contexte

- ▲ Nombreux changements normatifs dès 2021
 - SIA 2030 pour les bétons en 2021
 - Mise à jour norme des graves 2021
 - Mise à jour normes des revêtements en 2022
 - *Partie Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux* du module *Déchets de chantier* de l'aide à l'exécution de l'OLED publiée en août 2023
- ▲ Réactivation des groupes de spécialistes
- ▲ Rédaction étalée sur plusieurs années, au fur et à mesure des avancées normatives

2. Introduction générale – Rédacteurs du guide

Groupe de travail « Graves »

Loris CHITTARO

Léonard JACCAUD

Lionel LATHION

Luis RICARDO

Philippe RITHNER

2. Introduction générale – Rédacteurs du guide

Groupe de travail « Enrobés »

Stefan AEBERSOLD

Glenn GIROUD

Olivier SCHALBETTER

Andreas SCHMID

Diego IGLESIAS

2. Introduction générale – Rédacteurs du guide

Groupe de travail « Bétons »

Pierre BRUCHEZ

Zoé BONOMI

François GLASSEY

Jean-Baptiste LUYET

Martin VOLKEN

2. Introduction générale – Guide 2024

- ▲ Consultation de nombreux spécialistes et de la sous-commission *Ressources minérales*
- ▲ Intégration de toutes les remarques
- ▲ Merci à tous les groupes, et merci à tous les rédacteurs et rédactrices du guide !
- ▲ Cette version de 2024 annule et remplace la version de 2016
- ▲ Le titre a changé de manière à correspondre à l'intitulé de l'aide à l'exécution
- ▲ Guide 2024 mis en page par atelier ETCO à Sion et traduit par cs-consultants Sàrl à Sion

2. Introduction générale – Guide 2024

▲ Tables des matières

- Préface du CDMTE M. Franz Ruppen
- Introduction
- Valorisation : principes généraux
- Graves avec granulats recyclés
- Enrobés de recyclage
- Bétons avec granulats recyclés

▲ Le guide à jour se trouve sur le site internet du SDM :
<https://www.vs.ch/fr/web/sdm/documentation>

Sous Matériaux minéraux de recyclage

2. Introduction générale – Guide 2024 – Intro

▲ Définitions

▲ Principes

- **Economie circulaire**

- Éviter le plus possible de mettre les matériaux en décharge
- Responsabiliser chaque organisation et chaque acteur
- Promotion de l'utilisation de matériaux recyclés

▲ Champ d'application

- **Matériaux de déconstruction minéraux**
 - Déconstruction routière ou de bâtiments

▲ Le guide ne traite pas !

- **Matériaux d'excavation et de percement**
- **Matériaux de décapage du sol, remblais/déblais, etc.**

2. Introduction générale – Guide 2024

1.5 Tableau des tâches et rôles des intervenants

	Maître d'ouvrage (MO)	Mandataire	Entrepreneur / Fournisseur	
			Entrepreneur	Fournisseur
Tâches préliminaires et/ou permanentes	<ul style="list-style-type: none"> Tient à jour <ul style="list-style-type: none"> - son catalogue des produits disponibles (notamment des produits certifiés) - sa liste de fournisseurs, afin d'évaluer les possibilités d'utilisation de produits à base de matériaux minéraux de recyclage sur ses chantiers. Collabore à la mise en place de modules communs (MO, mandataires, entrepreneurs et fournisseurs) de formation initiale et continue. Assure la formation interne initiale et continue de ses collaborateurs concernés. Contribue/Participe aux échanges d'expériences entre MO - Mandataires - Entrepreneurs - Fournisseurs. Désigne une personne spécialiste de référence. 	<ul style="list-style-type: none"> Collabore à la mise en place de modules communs (MO, mandataires, entrepreneurs et fournisseurs) de formation initiale et continue. Assure la formation interne initiale et continue de ses collaborateurs concernés. Contribue/Participe aux échanges d'expériences MO - Mandataires - Entrepreneurs - Fournisseurs. 	<ul style="list-style-type: none"> Collabore à la mise en place de modules communs (MO, mandataires, entrepreneurs et fournisseurs) de formation initiale et continue. Assure la formation interne initiale et continue de ses collaborateurs concernés. Contribue/Participe aux échanges d'expériences MO - Mandataires - Entrepreneurs - Fournisseurs. 	<ul style="list-style-type: none"> Teste et atteste (via un organisme externe) les performances, compositions et provenances (traçabilité) des matériaux minéraux de recyclage et des produits fabriqués avec ces derniers. Tient à jour son catalogue des produits disponibles et de ses produits certifiés. Il renseigne également le catalogue du MO. Crée et alimente en continu une éventuelle plateforme d'échange de données concernant les volumes de matériaux minéraux de recyclage disponibles. Collabore à la mise en place de modules communs (MO, mandataires, entrepreneurs et fournisseurs) de formation initiale et continue. Contribue/Participe aux échanges d'expériences MO - Mandataires - Entrepreneurs - Fournisseurs.
Au lancement du projet	<ul style="list-style-type: none"> Retient <ul style="list-style-type: none"> - l'utilisation voulue (= utilisation décidée par le MO) ou - l'utilisation possible (= utilisation dont le MO décide que la possibilité technique sera à évaluer en phase de projet) de matériaux minéraux de recyclage pour le projet. Fixe les documents de référence en la matière (normes, directives, catalogues, etc..). Elabore le cahier des charges des mandataires en y intégrant les aspects de revalorisation et d'utilisation de matériaux minéraux de recyclage. 	<ul style="list-style-type: none"> Propose l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage pour le projet. 	<ul style="list-style-type: none"> Propose l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage pour le projet. 	<ul style="list-style-type: none"> Propose l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage pour le projet.
Dans la phase de projet	<ul style="list-style-type: none"> Fixe les types de produits qui seront, respectivement pourront, être utilisés (RC-C, RC-Grave B, AC F, ...). Examine les propositions du mandataire et statue. Valide la <i>Convention d'utilisation</i>. Valide le <i>Plan d'assurance qualité</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionne les éléments d'ouvrage concernés selon les propriétés des matériaux / produits sélectionnés. Evalue la possibilité technique d'utiliser des matériaux minéraux de recyclage. Conseille le MO selon un processus interactif MO <-> Mandataire. Elabore la <i>Convention d'utilisation</i>. Elabore les <i>bases du projet</i>. Elabore le <i>Plan d'assurance qualité</i>. 		

2. Introduction générale – Guide 2024

	<u>Maître d'ouvrage (MO)</u>	<u>Mandataire</u>	<u>Entrepreneur / Fournisseur</u>	
			<u>Entrepreneur</u>	<u>Fournisseur</u>
Phase de mise en soumission, appels d'offres et contrats	<ul style="list-style-type: none"> Fixe la procédure d'appel d'offres, les critères d'adjudication et d'exclusion, etc... Fixe les <i>Conditions générales</i> de l'appel d'offres. Valide les <i>Conditions particulières</i> de l'appel d'offres. Est attentif aux positions utilisées en relation avec les bétons, graves et enrobés recyclés et les valide. Conduit l'appel d'offres. Se détermine sur les éventuelles variantes déposées. Choisit l'entrepreneur (évtl. le fournisseur) et adjuge les travaux. Participe à l'élaboration du contrat d'entreprise et le signe. 	<ul style="list-style-type: none"> Elabore le cahier de mise en soumission, en y intégrant dans la mesure du possible un maximum d'articles favorisant l'utilisation de matériaux recyclés. Elabore les <i>Conditions particulières</i> du document d'appel d'offres et y intègre toutes les conditions en lien avec l'utilisation de matériaux / produits de recyclage. Contrôle les certificats et attestations transmis par l'entrepreneur / fournisseur et joints au dossier d'offres déposé. Procède à l'évaluation technique et au contrôle des offres déposées, y compris des variantes d'exécution; appuie le MO dans le choix de l'entrepreneur / fournisseur. Participe à l'élaboration du contrat d'entreprise. 	<ul style="list-style-type: none"> Transmet au(x) fournisseur(s) les conditions particulières et articles de soumissions liés aux matériaux / produits (bétons, graves, enrobés) de recyclage demandés. Offre les matériaux / produits de recyclage en qualité et quantité voulues et dépose avec son offre les certificats et attestations requis. Propose ses éventuelles variantes d'utilisation. Participe à l'élaboration du contrat d'entreprise et le signe. 	<ul style="list-style-type: none"> Remplit l'offre à l'attention de(s) l'entrepreneur(s). Remet à (aux) l'entrepreneur(s) les résultats des essais, les certificats et attestations requis pour les produits demandés.
Phase de réalisation	<ul style="list-style-type: none"> Assume la DGT (évtl. également la DLT). Mandate les essais de contrôle relevant du MO. Réceptionne l'ouvrage. Contrôle l'application du <i>Plan d'assurance qualité</i> par les mandataires, entrepreneurs, fournisseurs. 	<ul style="list-style-type: none"> Suit et contrôle la réalisation et la mise en œuvre. Assume éventuellement la DLT des travaux. Tient à jour la <i>Convention d'utilisation</i> et la <i>Base du projet</i>. Fait appliquer le <i>Plan d'assurance qualité</i>, notamment : commandes et/ou contrôles des essais et des certificats de conformité, contrôles des bons de livraison. 	<ul style="list-style-type: none"> Fournit respectivement met en œuvre les matériaux / produits de recyclage, selon la qualité requise. Contrôle la livraison (bons de livraison). Applique le <i>Plan d'assurance qualité</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Fournit les matériaux / produits de recyclage, selon la qualité requise. Fournit à l'entrepreneur les bons de livraison afférents.

La volonté et la mise en oeuvre de matériaux minéraux de recyclage sur les chantiers est un travail commun de tous les acteurs que sont maître d'ouvrage, mandataire, entrepreneur et fournisseur. Une saine collaboration main dans la main de chaque acteur permettra d'atteindre ce but.

2. Introd

1.6 Tableau synoptique résumé des normes

Définitions		Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux, module Déchets de chantier, aide à l'exécution OLED, OFEV 2023
Matériaux de déconstruction minéraux	>	Déchets provenant du milieu bâti, produits lors de travaux de déconstruction et de transformation et composés à plus de 95% en poids de pierres ou d'éléments analogues. Mais qui ne sont pas des matériaux d'excavation, ni des sols.
Catégories des matériaux de déconstruction minéraux	>	Matériaux bitumineux de démolition, matériaux non bitumineux de démolition des routes, béton de démolition, matériaux de démolition non triés, tessons de tuiles, autres déchets de chantier minéraux.
Matériaux de construction recyclés	>	Matériaux produits à partir de matériaux de déconstruction minéraux.

Production et utilisation de matériaux de déconstruction minéraux recyclés UV-1826-F (OFEV 2023) et SN 670 071:2022-12 fr

Catégories de matériaux de déconstruction	Provenance / Production	Matériaux de construction recyclés
Matériaux bitumineux de démolition	Démolition / fraisage des couches d'enrobés	Utilisation sous forme non liée: > RC-Grave de granulats d'asphalte; VSS 70 119:2021-10 de/fr --> couche de réglage Utilisation sous forme liée: > Enrobés bitumineux à partir d'agrégats d'enrobés; SN EN 13108-8:2019-11fr > Enrobés bitumineux à froid pour couches de fondation AFK; VSS 40 492:2019 de/fr
Matériaux non bitumineux de démolition des routes	Matériaux constitués de granulats pierreux naturels non liés (Couches de fondations)	Utilisation sous forme non liée: > RC-Grave P; VSS 70 119:2021-10 de/fr > RC-Grave A ; VSS 70 119:2021-10 de/fr --> PAS autorisée pour les routes en Valais > RC-Grave B; VSS 70 119:2021-10 de/fr Utilisation sous forme liée: > Mélanges traités aux liants hydrauliques; SN 640 496-NA:2015 de/fr
Béton de démolition	Démolition / fraisage de construction en béton armé ou non armé.»	Utilisation sous forme non liée: > RC-Grave de granulats béton; VSS 70 119:2021-10 de/fr > RC-Grave B; VSS 70 119:2021-10 de/fr Utilisation sous forme liée: > Granulats pour béton; SN 670 102b-NA:2009_EN 12620:2002+A1:2008 F > Béton de recyclage RC-C; SN EN 206:2013+A2:2021 fr, SIA 2030:2021 fr
Matériaux de démolition non triés	Traitement des déchets de chantier. Mélange de béton, briques en terre cuite et pierres naturelles»	Utilisation sous forme non liée: > RC-Grave de granulats non triés; VSS 70 119:2021-10 de/fr Utilisation sous forme liée: > Granulats non triés > Béton de recyclage RC-M; SN EN 206:2013+A2:2021 fr, SIA 2030:2021 fr
Tessons de tuiles	Débris de tuile en céramique grossière non réutilisable	> Fabrication de granulats de tuiles certifiés.

COMPOSITION DES MATERIAUX DE DECONSTRUCTION RECYCLES Tab. 1 VSS 70 119:2021-10 de/fr

Teneur min. / max. En % massique - sauf catégorie FL en % volumique	Matériaux bitumineux R _a	Tuiles briques R _b	Béton R _c	Granulats non liés et fabriqués industr., pierre naturelle R _d	Verre R _e	Autres matériaux X	Matériau flottant FL (en %-vol.)
RC-Grave de granulats d'asphalte: RC-GA	≥ 80	≤ 2		≤ 20	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Grave de granulats béton: RC-GB	≤ 4	≤ 2	≥ 30	≤ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Grave de granulats non triés: RC-GM	≤ 4		≥ 95		≤ 2	≤ 1	≤ 5
RC-Grave P: RC-P	≤ 4	≤ 1	≤ 4	≥ 95	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Grave A: RC-A --> QUE SI valorisation sur place	≤ 30	≤ 1	≤ 4	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Grave B: RC-B	≤ 4	≤ 1	≤ 30	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5

2. Introd

UTILISATION DES MATERIAUX RECYCLES		Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux, module Déchets de chantier, aide à l'exécution OLED, OFEV 2023		
Désignation (graves recyclées selon VSS 70 119)	Composition (% en poids)	Forme d'utilisation	Utilisation dans la zone de protection des eaux souterraines S3	Utilisation dans le secteur A ₀ de protection des eaux ou dans d'autres secteurs (ÜB)*
RC-P	> 95% de granulats naturels Somme (substances étrangères ¹ + matériaux de démolition non triés + béton + matériaux bitumineux) < 5% ¹ Substances étrangères < 1%	Non liée sans revêtement étanche	non	oui
		Non liée avec revêtement étanche	non	oui
		Liée	oui	oui
RC-GB RC-B RC-GM Granulat de béton (C) Granulat de gravats mixtes (M)	< 95% de granulats naturels Somme (substances étrangères ¹ + matériaux de démolition non triés + béton + matériaux bitumineux?) > 5% ¹ Substances étrangères < 1% ² Matériaux bitumineux < 5%	Non liée sans revêtement étanche	non	non
		Non liée avec revêtement étanche	non	oui
		Liée	oui	oui
RC-GA RC-A Enrobés bitumineux à chaud Fondations à froid AFK	< 95% de granulats naturels Somme (substances étrangères ¹ + matériaux de démolition non triés + béton + matériaux bitumineux?) > 5% ¹ Substances étrangères < 1% ² Matériaux bitumineux > 5%	Non liée sans revêtement étanche	non	non
		Non liée avec revêtement étanche	non	non*
		Liée	oui	oui

* Les exigences énoncées au point 3.4.8 du présent guide doivent être respectées.

* L'utilisation est autorisée:

- > si les granulats bitumineux peuvent être utilisés dans la construction routière en tant que matériaux de nivellement, pour autant qu'ils soient couverts d'un revêtement étanche;
- > si les matériaux non bitumineux de démolition des routes peuvent exclusivement être réutilisés là où ils ont été produits (valorisation sur place).

Couches de fondation non liées, remblais, proximité des eaux souterraines

- > Si on peut admettre qu'avant leur première utilisation, les granulats minéraux constituant la sorte de matériaux de démolition ont déjà été contrôlés quant à leur aptitude, il est possible de renoncer à un nouvel examen de qualification (cf. SN 670 071:2022-12 fr et normes de produits pertinentes).
- > Des restrictions d'utilisation s'appliquent aux matériaux de déconstruction minéraux répondant aux exigences de qualité des produits recyclés. En effet, leur emploi n'est admis, à quelques exceptions près, que sous une couche de couverture ou sous forme liée, des prescriptions en matière de protection des eaux devant en outre être respectées (cf. chap. 3.4.2 à 3.4.9 du présent guide).

Quantités admissibles d'agrégats d'enrobés (en% massique) SN EN 13108-1:2022-09 fr / SN EN 13108-7:2022-04 fr / VSS 40 430:2022-09 de/fr

Sortes et types d'enrobés	Incorporation à froid	Incorporation à chaud	
AC H, AC MR et SDA	0%	0%	Couches de roulement en enrobés spéciaux
PA (nouveau)	≤ 10%	≤ 10%	Couches de roulement en asphalte poreux (PA)
AC S (nouveau), AC N et AC L	≤ 15%	≤ 40% *)	Couches de roulement (*: limité à 20% pour AC S sur routes cantonales)
AC B / AC EME	≤ 15%	≤ 60%	Couches de liaison (AC B) et couches en enrobés à module élevé (AC EME)
AC T / AC RAIL	≤ 25%	≤ 80%	Couches de base (AC T) et couches d'étanchéité de voie ferrées (AC RAIL)
AC F	≤ 30%	≤ 100%	Couches de fondation

Béton de recyclage Cahier technique SIA 2030/SN EN 206+A2

Béton de recyclage RC-C	béton selon SN EN 206+A2, dont les granulats contiennent au moins 25%-massique de granulats de béton C
Béton de recyclage RC-M	béton selon SN EN 206+A2, dont les granulats contiennent au moins 10%-massique de granulats de gravats mixtes M

Emploi du béton de recyclage Cahier technique SIA 2030/SN EN 206+A2

Béton de recyclage	Classes d'exposition				
	X0	XC2	XC3	XC4	XD, XF2-4 XA1-3
**admis, après essais préliminaires correspondants					
RC-C25 et RC-C50 25 M.-% ≤ C < 50 M.-% et 50 M.-% ≤ C ≤ 100 M.-%	admis	(correspond à sorte O, sorte A, sorte B et sorte C)			sorte D **
RC-M10 10 M.-% ≤ M < 40 M.-%	admis	(correspond à sorte O, sorte A et sorte B)	**		pas admis
RC-M40 40 M.-% ≤ M ≤ 100 M.-%	admis	(sorte O)	**	**	



Questions ?

Ordre du jour

1. Accueil
2. Introduction générale Lucien Pignat
3. **Valorisation et aspects environnementaux** **Thierry Pralong**
4. Graves avec granulats recyclés Loris Chittaro
5. Enrobés de recyclage Stefan Aebersold
6. Bétons avec granulats recyclés Pierre Bruchez
7. Questions
8. Apéritif

3. Valorisation et aspects environnementaux

▲ Généralités

- Se base sur la partie sortie en 2023 « Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux » du module « Déchets de chantier » de l'aide à l'exécution de l'Ordonnance fédérale sur les déchets (OLED)
 - Traitement des questions environnementales
 - Renvoi aux normes pour les aspects techniques
- Uniquement matériaux de déconstruction minéraux
 - Autre partie pour matériaux d'excavation et de percement
- Planification > Déconstruction sélective > Recyclage > Interdiction de mélanger

3. Valorisation et aspects environnementaux

▲ Généralités

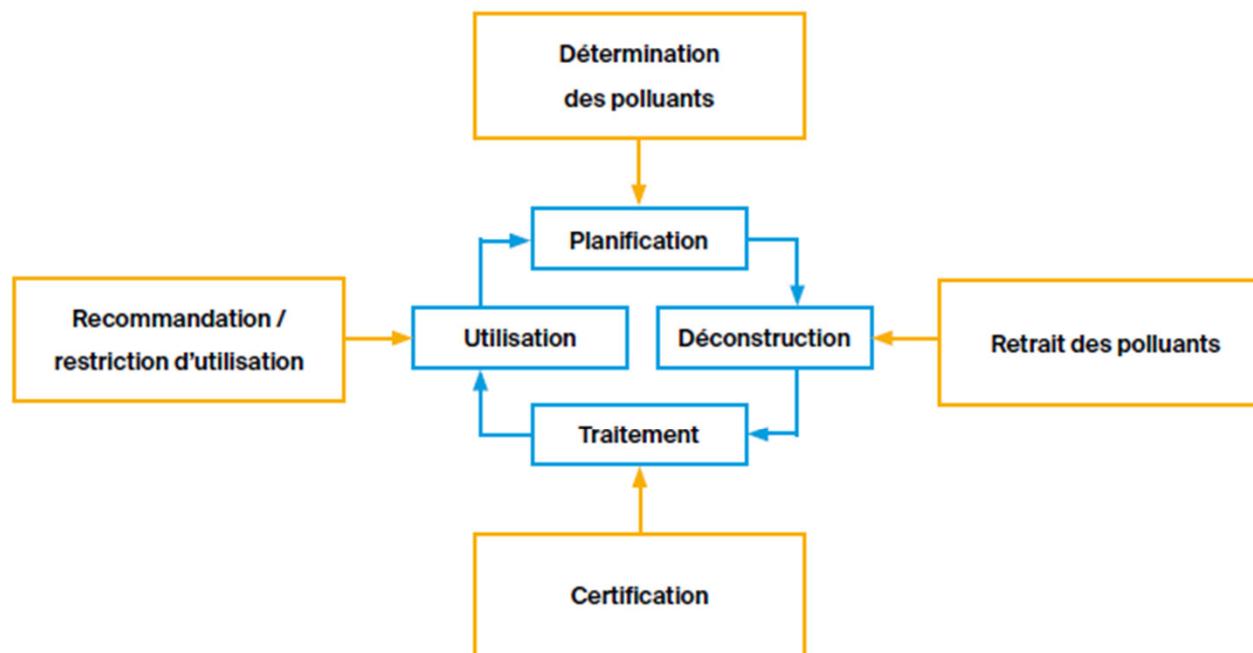


FIGURE 2.1 - FABRICATION ET UTILISATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS : CHAÎNE DE PROCESSUS

Source: Fig. 2 de [OFEV 2023](#)

3. Valorisation et aspects environnementaux

▲ Planification avant déconstruction

- **Concept d'élimination des déchets**

- Quantités de déchets > 200 m³ ou présence de polluants dangereux (amiante, PCB, HAP, métaux lourds, etc.)

- Tableau d'élimination des déchets de chantier à disposition sur <https://www.dechets.ch/>

- ▲ Types, qualités et quantités de déchets

- ▲ Résultats du diagnostic polluants <https://forum-amiante.ch/>

- ▲ Filières et installations d'élimination des déchets

- Infos sur les polluants sur <https://polludoc.ch/>

3. Valorisation et aspects environnementaux

▲ Déconstruction séparée

- Etapes «à l'envers» de la construction
- Collecter séparément les déchets spéciaux
- Séparer le reste des déchets de chantier
 - Matériaux terreux
 - Matériaux d'excavation et de percement
 - Matériaux minéraux de déconstruction (béton, bitume, plâtre, etc.)
 - Autres déchets pour valorisation matière (verre, métaux, etc.)
 - Déchets combustibles
 - Autres déchets
- Preuve des exigences de qualité par le maître d'ouvrage si utilisation directe sur le chantier
- Exigences pour les matériaux de démolition de routes

3. Valorisation et aspects environnementaux

▲ Traitement

- Recyclage = usage analogue
- Eviter le décyclage (par ex. bitume avec liants hydrauliques)
- Matériaux recyclés = déchets: substances étrangères < 1%
- Produits recyclés: preuve du respect des normes
- Types de traitement mécanique
 - Par voie sèche > concassage et fractionnement
 - Par voie humide > concassage et séparation par leur densité
 - ▲ Matériaux non triés: fraction fine (< 8mm) à éliminer au préalable pour les applications non liées dans les filières suivantes
 - » Agrégat pour le béton ou additif pour le ciment
 - » Matière première pour la fabrication de ciment
 - » Décharges de type B ou E (selon résultats d'analyse)

3. Valorisation et aspects environnementaux

▲ Fabrication

- Interdiction de mélanger pour éviter la dilution
- Matériaux non liés
 - Ajout de gravier primaire aux graves recyclés uniquement pour obtenir les propriétés techniques requises
 - Ajout de matériaux recyclés à une grave primaire **interdit** pour la fabrication de graves recyclées
- Matériaux bitumineux de démolition et granulats bitumineux
 - Valorisation prioritaire sous forme liée
 - Sous forme non liée > couche de nivellement sous revêtement étanche
 - Utilisation des anciennes graves A sur lieu de provenance

Questions ?

Ordre du jour

1. Accueil
2. Introduction générale Lucien Pignat
3. Valorisation et aspects environnementaux Thierry Pralong
4. **Graves avec granulats recyclés** **Loris Chittaro**
5. Enrobés de recyclage Stefan Aebersold
6. Bétons avec granulats recyclés Pierre Bruchez
7. Questions
8. Apéritif

4. Graves avec granulats recyclés - Préambule

- ▲ Produits graves recyclées : normes techniques s'appliquent (VSS 70 119)
- ▲ Restrictions d'utilisation liées à l'environnement : aide à l'exécution OLED
- ▲ Aspects pratiques SDM : directive/stratégie du SDM

4. Graves avec granulats recyclés - Préambule

▲ Le guide s'applique aux matériaux de déconstruction minéraux :

- Béton de démolition, matériaux de démolition non triés **sous un revêtement étanche**, matériaux bitumineux de démolition, tessons de tuiles et autres déchets de chantier minéraux

▲ Ne s'applique pas :

- Matériaux d'excavation et de percement (tunnels), remplissages et remblais, **provenant de sites sans revêtements étanches et dont la composition n'est pas définie.**
- Matériaux terreux issus du décapage du sol

4. Graves avec granulats recyclés – Classification et composition

- ▲ Pour les déchets de chantier minéraux retraités classés comme produits recyclés, les **exigences** suivantes doivent être remplies :
 - La VSS 70 119, édition 2021-10
 - La SN EN 13285 et l'annexe nationale, édition 2021-10
 - La SN EN 13242 + A1, édition 2021-10
- ▲ Graves GNT RC-Grave A **ne doivent plus être produites** pour des **raisons environnementales**

4. Graves avec granulats recyclés – Classification et composition

- ▲ La désignation des matériaux et la classification des constituants **doit être déclarée**
- ▲ Utilisation de granulats recyclés : proportion des composants principaux des graves + ou – 25% (relatif) par rapport à la composition déclarée

Mais les valeurs maximales et minimales des divers composants sont à respecter dans tous les cas

4. Graves avec granulats recyclés - Classification

▲ RC-graves sont définis conformément aux exigences :

Désignations

Les mélanges habituellement utilisés sont: 0/16, 0/22, 0/45.

La désignation d'une grave non traitée est la suivante

- **Pour mélanges d'origine naturelle**
GNT 0/D selon la SN EN 13285, origine Y, dépôt Z
- **Pour mélanges de granulats recyclés ou fabriqués industriellement**
GNT Indic. 0/D selon la SN EN 13285, origine Y, dépôt Z

Avec

D: Dimension maximale des grains

Y: Origine du mélange

Z: Dépôt d'où est livré le mélange

Indic: Désignation des matériaux, respectivement du pourcentage des matériaux recyclés ou fabriqués industriellement (y compris matériaux recyclés RC)

Les abréviations suivantes peuvent être utilisées (les pourcentages de granulats fabriqués industriellement sont à déclarer en plus):

- RC-Grave de granulats asphalte: RC-GA
- RC-Grave de granulats béton: RC-GB
- RC-Grave de granulats non triés: RC-GM
- RC-Grave P: RC-P
- RC-Grave A: RC-A
- RC-Grave B: RC-B
- granulat laitier issu d'un four à arc électrique: LAFE-G

4. Graves avec granulats recyclés – VSS 70 119

TABLEAU 3.1 - COMPOSITION TYPIQUE DES GRAVES CONSTITUÉES DE GRANULATS RECYCLÉS,
sur la base de 70 119

Désignation selon (SN-670 050)	Composition (Réf. SN EN 13242)						
	Ra	Rb	Rc	Ru	Rg	X	FL
	[% massique]						[cm ³ .kg ⁻¹]
GNT RC-Grave de granulats asphalté (GNT RC-GA)	≥ 80	Rb + Rc ≤ 2		≤ 20	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
GNT RC-Grave de granulats béton (GNT RC-GB)	≤ 4	≤ 2	≥ 30	≤ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
GNT RC-Grave de granulats non triés (GNT RC-GM)	≤ 4	Rb + Rc + Ru ≥ 95			≤ 2	≤ 1	≤ 5
GNT RC-Grave P (GNT RC-P)	≤ 4	≤ 1	≤ 4	≥ 95	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
GNT RC-Grave A (GNT RC-A)	≤ 30	≤ 1	≤ 4	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
GNT RC-Grave B (GNT RC-B)	≤ 4	≤ 1	≤ 30	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5

Légende:

Ra - Matériaux bitumineux [% massique]

Rb - Eléments en argile cuite (briques et tuiles), éléments en silicate de calcium, béton cellulaire non flottant [% massique]

Rc - Béton, produits en béton, granulats traités aux liants hydrauliques (couches stabilisées), mortier, éléments en béton [% massique]

Ru - Granulats non liés et fabriqués industriellement, pierre naturelle [% massique]

Rg - Verre [% massique]

X - Autres matériaux (métaux, bois, matière plastique et caoutchouc non flottants, plâtre) [% massique]

FL - Matériau flottant [cm³.kg⁻¹]

4. Graves avec granulats recyclés - Classification et composition - Proportion des composants principaux

Commandant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	10.05.23

Essai de classification des constituants des gravillons recyclés
selon SN 670'902-11-NA et EN 933-11:2009/AC:2009
+ directive OFEV 3106

Procès-verbal N°

Granulat : RC - Grave B
provenance :
usage : grave
granularité : 0/45

Echantillon
numéro : 23/2
prélevé par : Vv et Sem Labco
date de prélèvement : 13.02.23
mode de prélèvement : stock
date de réception : 13.02.23
remarque : côté Ouest

Résultats

température de séchage t : 40 [°C] | date d'essai : 09.05.23

Constituant	Description	Proportions [cm ³ /kg]
FL	Matériaux flottants	---

Constituant	Description	Proportions [% massique]
R _c	Béton, produits à base de béton, mortier Eléments de maçonnerie en béton	29.4
R _a	Graves non traitées, pierre naturelle Granulats traités aux liants hydrauliques	70.0
R _b	Eléments en terre cuite (briques, tuiles, ...) Eléments de maçonnerie en silicate de calcium Béton cellulaire non-flottant	0.3
R _s	Matériaux bitumineux	0.3
R _g	Verre	0.0
X	Autre (ex. : cohésif (argile, sols), métaux, bois, plas-tique, caoutchouc non-flottant, gypse, plâtre, ...)	---

Remarques : analyse effectuée sur la fraction 8/63

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais. Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées. Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire
p.o. Vermy G. Giroud

Procès-verbal N°

Constituant	Proportions [% massique]					
	selon norme SN EN 933-11	selon directive OFEV 3106				
	Fraction 8/63	Fraction 8/16	Fraction 16/32	Fraction 32/63	Fraction 63/100	Fraction 8/100
R _c	29.4	33.7	26.1	31.0	---	29.4
R _a	70.0	64.7	73.5	69.0	---	70.0
R _b	0.3	0.3	0.4	---	---	0.3
R _s	0.3	1.2	---	---	---	0.3
R _g	0.0	0.1	---	---	---	0.0
X	---	---	---	---	---	---

	Proportions [% massique] selon SN 670'119-NA						
	Matériaux bitumineux	Tuiles / briques	Béton	Granulats naturels	Verre	Matériaux flottants	Autres matériaux
	R _s	R _b	R _c	R _a	R _g	FL [% vol.]	X
RC-Grave de granulats asphalte	> 80	< 2	< 20	< 2	< 5	< 0.3	
RC-Grave de granulats béton	< 4	< 2	> 30	< 70	< 2	< 5	
RC-Grave de granulats non triés	< 4	> 95	< 2	< 5	< 1		
RC-Grave P	< 4	< 1	< 4	> 95	< 2	< 5	
RC-Grave A	< 30	< 1	< 4	> 70	< 2	< 5	
RC-Grave B	< 4	< 1	< 30	> 70	< 2	< 5	

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais. Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées. Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire
p.o. Vermy G. Giroud



4. Graves avec granulats recyclés – Conditions

- ▲ Conditions fixées par SDM pour **couches de fondations de chaussées** pour certaines catégories de graves :

RC – GB ainsi que RC – GM

- exigences limitatives découlent d'une diminution de compactibilité et de portance, et de la modification du coefficient d'absorption d'eau

RC – A (ancienne grave A)

- fabrication et fourniture RC-grave A comme couche de fondation sont à proscrire pour raisons environnementales
- seule est possible la **revalorisation in situ** d'une ancienne grave de recyclage A déjà en place, comme couche de fondation et recouverte d'un revêtement étanche (chantier autonome)

4. Graves avec granulats recyclés – Acceptabilité par le SDM

TABEAU 3.2 - FABRICATION ET UTILISATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS POUR LE SDM

Source : Tab. 1 de la Directive sur les graves non traitées des fondations de chaussées (SDM 2023)

Désignation selon (SN-670 050)	Composition (Réf. SN EN 13242)							Dispositions du SDM
	Ra	Rb	Rc	Ru	Rg	X	FL	
	[% massique]						[cm ³ , kg ⁻¹]	
GNT RC-Grave de granulats asphalté (GNT RC-GA)	≥ 80	Rb + Rc ≤ 2		≤ 20	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Utilisation uniquement en tant que matériau de réglage (couche de nivellement) et couvert d'un revêtement étanche
GNT RC-Grave de granulats béton (GNT RC-GB)	≤ 4	≤ 2	≥ 30	≤ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Non autorisée comme couche de fondation
GNT RC-Grave de granulats non triés (GNT RC-GM)	≤ 4	Rb + Rc + Ru ≥ 95			≤ 2	≤ 1	≤ 5	Non autorisée comme couche de fondation
GNT RC-Grave P (GNT RC-P)	≤ 4	≤ 1	≤ 4	≥ 95	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Valorisée si possible prioritairement sur place dans le cas d'une déconstruction routière, éventuellement récupération d'une autre déconstruction non routière
GNT RC-Grave A (GNT RC-A)	≤ 30	≤ 1	≤ 4	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Revalorisation in situ (adjonction maximale de 20% de graviers primaires, uniquement pour obtenir les caractéristiques techniques requises par la norme) d'une ancienne grave A en place, comme couche de fondation et couvert d'un revêtement étanche
GNT RC-Grave B (GNT RC-B)	≤ 4	≤ 1	≤ 30	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	-

4. Graves avec granulats recyclés - Fabrication

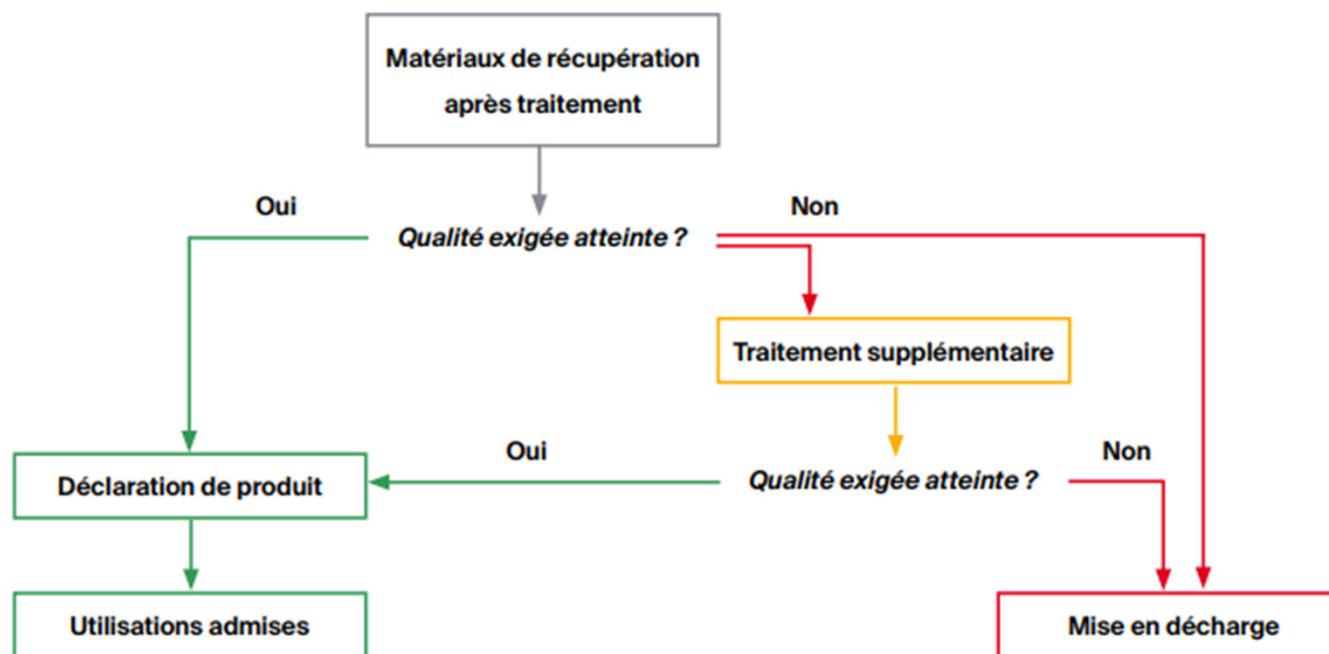


FIGURE 3.1 - FABRICATION ET UTILISATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS : CHAÎNE DE PROCESSUS.
Source : figure inspirée de la fig. 3 de la Directive OFEV 2006 (plus en vigueur)

4. Graves avec granulats recyclés - Valorisation

▲ Pour une **utilisation durable**, deux principes suivants s'appliquent :

- Circularité des matériaux de construction doit être maintenue sur plusieurs cycles ; **pas de downcycling**.

(décyclage c-à-d déconstruction conduisant à des matières de moindre qualité par rapport au matériau initial).

▲ Éviter contact entre matériaux recyclés et eau (lessivage polluants) ; **application du principe de précaution** et application de l'art. 6 [LEaux](#)

4. Graves avec granulats recyclés – Valorisation sous forme liée

- ▲ Exigences environnementales : béton composé de granulats recyclés et matériaux bitumineux recyclés sont assimilés à des matériaux de **construction primaire**.
- ▲ La forme liée se réfère exclusivement au béton ou aux matériaux bitumineux imperméables. Le béton maigre avec $> 150 \text{ kg} / \text{m}^3$ de liant également.

4. Graves avec granulats recyclés – Revêtement étanche

- ▲ Matériaux comportant **plus de 4% en poids** de granulats recyclés, autorisés uniquement sous un revêtement étanche
- ▲ Un revêtement étanche est une couche liée (matériaux bitumineux ou béton avec un coefficient de perméabilité $k < 10^{-8}$ m/s) qui empêche durablement les eaux de s'infiltrer dans les matériaux sous-jacents.

4. Graves avec granulats recyclés – Revêtement étanche

▲ Ainsi :

- revêtements en matériaux bitumineux poreux et les revêtements superficiels constitués d'argile ou de marne ne sont **pas considérés comme étanches**
- granulat bitumineux épandu à froid et laminé ≠ valorisation sous forme liée et donc **pas revêtement étanche**. Son utilisation en tant que telle n'est donc pas autorisée.
- revêtement étanche doit être mis en place au plus tard **12 mois après** mise en œuvre des matériaux recyclés

4. Graves avec granulats recyclés – Valorisation sur place

▲ Valorisation sur place de l'ancienne grave de recyclage A

- Valorisation sur place autorisée si :
 - matériaux de fondation sont exclusivement composés de granulats naturels ou de matériaux de récupération minéraux conformes à l'ancienne directive de l'OFEV
 - présence de polluants – notamment de HAP – n'est pas suspectée ou si des analyses ont été effectuées et le prouvent
 - mis en œuvre initialement comme couche de fondation
 - graves recyclées présentant une part de matériaux bitumineux supérieur à 4 %, issues de la déconstruction, doivent être réemployées uniquement sous forme non liée sur le lieu de production.
 - valorisation sur place : l'adjonction de gravier primaire en vue d'obtenir une amélioration des caractéristiques techniques est autorisée , max. 20% de la grave recyclée en place.
- Donc interdiction de produire et d'utiliser de nouvelles RC Grave-A (impératif environnemental).

4. Graves avec granulats recyclés – à froid

▲ Fondations en enrobés bitumineux à froid

- ne peuvent être réalisées que dans **une installation appropriée** (stationnaire ou mobile) **par l'ajout de bitume mousse**
- pas permis de mélanger les couches liées au bitume avec le coffre de gravier ni de les stabiliser au ciment

▲ Pour rappel

- **Noir avec noir**
- **Gris avec gris**
- **Rouge avec rouge.**

4. Graves avec granulats recyclés – Conditions liées à l’environnement

- ▲ Dans secteur Au de protection des eaux, matériaux recyclés ne peuvent être utilisés qu’en respectant **distance > 2 m** entre matériaux recyclés et niveau max de la nappe.
 - Dans certains cas, possible de descendre en dessous de distance minimale avec accord du service cantonal spécialisé
- ▲ Dans secteurs üB, matériaux recyclés non liés ne peuvent être utilisés qu’**au-dessus du niveau max de la nappe**
- ▲ Dans zones de protection S1 et S2, aucune utilisation de matériaux minéraux de recyclage n’est admise dans ces secteurs

TABLEAU 3.3 - UTILISATIONS POSSIBLES DES MATÉRIAUX RECYCLÉS

Tableau inspiré du tab. 3 de OFEV 2023

Désignation	Composition (% en poids)	Forme d'utilisation	Utilisation dans la zone de protection des eaux souterraines S3	Utilisation dans le secteur Au de protection des eaux ou dans d'autres secteurs (üB)+
GNT RC - Grave P	> 95% de granulats naturels Somme (substances étrangères ¹ + matériaux de démolition non triés + béton + matériaux bitumineux) < 5% ¹ Substances étrangères < 1%	Non liées sans revêtement étanche	<u>non</u>	<u>oui</u>
		Non liée avec revêtement étanche	<u>non</u>	<u>oui</u>
		Liée	<u>oui</u>	<u>oui</u>
GNT RC - GB GNT RC - B GNT RC - GM	< 95% de granulats naturels Somme (substances étrangères ¹ + matériaux de démolition non triés + béton + matériaux bitumineux ²) > 5% ¹ Substances étrangères < 1% ² Matériaux bitumineux < 5%	Non liée sans revêtement étanche	<u>non</u>	<u>non</u>
		Non liée avec revêtement étanche	<u>non</u>	<u>oui</u>
		Liée	<u>oui</u>	<u>oui</u>
GNT RC - GA RC - Grave A	< 95% de granulats naturels Somme (substances étrangères ¹ + matériaux de démolition non triés + béton + matériaux bitumineux ²) > 5% ¹ Substances étrangères < 1% ² Matériaux bitumineux > 5%	Non liée sans revêtement étanche	<u>non</u>	<u>non</u>
		Non liée avec revêtement étanche	<u>non</u>	<u>non*</u>
		Liée	<u>oui</u>	<u>oui</u>

*Les exigences énoncées au point 3.4.8 ci-dessous doivent être respectées.

*L'utilisation est autorisée:

- > si les granulats bitumineux peuvent être utilisés dans la construction routière en tant que matériaux de nivellement, pour autant qu'ils soient couverts d'un revêtement étanche;
- > si les matériaux non bitumineux de démolition des routes peuvent exclusivement être réutilisés là où ils ont été produits (valorisation sur place)

4. Graves avec granulats recyclés – Conditions liées à l’environnement

- ▲ Pour couches drainantes dans installations d’infiltration et conduites de drainage, utilisation de matériaux recyclés minéraux n’est **pas autorisée** en dehors des décharges
- ▲ Épaisseur de la couche des matériaux recyclés doit être déterminée exclusivement sur la base des exigences de construction. Mais au max **< 2 m**

4. Graves avec granulats recyclés – Conditions liées à l’environnement

- ▲ Dans zone de banquette des routes, utilisation matériaux recyclés en tant que matériaux de fondation est **autorisée si** conditions suivantes sont remplies :
 - produits recyclés conformes aux normes
 - couverture de la fondation sous l’accotement avec coefficient de perméabilité $k < 10^{-6}$ m/s
 - accotement a une largeur maximale de 1 m

4. Graves avec granulats recyclés – Grave GA

Cas de la grave de granulats asphalte (ancien. granulats bitumineux)

- Fraisage d'un revêtement : éviter que couche bitumineuse liée ne se mélange avec fondation en gravier -> bonne séparation des couches au fraisage
- Matériaux bitumineux de démolition et granulats bitumineux doivent être **valorisés en priorité sous forme liée** pour la production de matériaux bitumineux (revêtements)
- Sous forme non liée, ils peuvent être utilisés exclusivement dans construction routière, comme **couche de nivellement (ou de réglage)** sous revêtement étanche. Ils ne doivent pas être mélangés à d'autres types de matériaux.
- Le granulat bitumineux épandu à froid et laminé ≠ valorisation, son utilisation est donc **interdite**

4. Graves avec granulats recyclés - Contrôles

▲ Contrôle de qualité

- **Fréquences fixées dans VSS 70 119,**
- **SN EN 13285 et SN EN 13242 + A1**

▲ Production certifiée

- **Fréquences des contrôles régies par fournisseur**
- **Documents valides 1 an (sauf résistance au gel, perméabilité et portance : 2 ans)**

4. Graves avec granulats recyclés - Contrôles

▲ Production *non certifiée* ou au ‘coup par coup’

- Contrôle selon tableaux suivants et dossier complet soumis aux maître d’ouvrage lors du dépôt de l’offre (au plus tard)
- M.O. procède à contrôles préliminaires
- M.O. contrôle lors des livraisons, de la mise en place et du compactage
- Dossier fourni pour un matériau préparé doit absolument correspondre à celui livré.

- *Pour que les déchets de chantier minéraux retraités soient classés comme produits recyclés, les exigences des normes techniques correspondantes doivent être respectées.*

4. Graves avec granulats recyclés – Essais usuels selon norme VSS 70 119

Essai CBR	Résistance au gel	SN EN 13286-47 VSS 70 321	$CBR_F / CBR_1 \geq 0.5$	Si teneur en fines: > 5% pour Grave et > 3% pour RC-Grave
	Résistance à l'eau	SN EN 13286-47	$CBR_2 / CBR_1 \geq 0.5$	Voir: SN EN 13285
	Portance	SN EN 13286-47	$CBR_2 \geq 40$ et $CBR_1 \geq 40$	
Essai de perméabilité	Essai de perméabilité	SN EN ISO 17892-11	A déclarer	Si teneur en fines: > 5% pour Grave et > 3% pour RC-Grave
Essai Proctor	Masse volumique sèche et teneur en eau optimale	SN EN 13285	A déclarer	Classe granulaire 0/16 moule B énergie 1.2 MJ.m ⁻³
Coefficient d'aplatissement EN 933-3	Forme des gravillons Fractions 4/8, 8/16, 16/32 et 32/D	SN EN 13242	Fl ₃₅	
Essai Los Angeles EN 1097-2	Résistance à la fragmentation Fractions 4/8 et 11/16	SN EN 13242	LA ₄₀	
Grains concassés EN 933-5	Angularité des granulats Fractions 4/8, 8/16, 16/32 et 32/D	SN EN 13242	A déclarer	
	Impuretés	SN EN 13242	Aucunes visibles	Granulats naturels

TABLEAU 3.4 - ESSAIS USUELS SELON LA NORME VSS 70 119 Source : Tab. 2 de SDM 2023

Essais	Caractéristiques	Références	Exigences Grave et RC-Grave		Remarques
Analyse granulométrique - SN EN 933-1	Désignation de la grave	SN EN 13285	GNT 0/22	GNT 0/45	(d/D)
	Dimension maximale nominale des grains D [mm]	-	22	45	(D)
	Teneur en fines maximale	SN EN 13285	UF 12	UF 12	Tableau 2
			Soit passant au tamis de 0.063mm ≤ 12%		
	Dimension maximale admissible des grains	SN EN 13285	OC 75	OC 75	Tableau 4 (2D)
			Tamis [mm]		
			45 (2 D)	90 (2 D)	
			Passant 100%		
			31.5 (1.4 D)	63 (1.4 D)	
			Passant 85 à 100%		
			22 (D)	45 (D)	
	Fuseau granulométrique	SN EN 13285	GC	GC	Tableau 5
			11.2 mm (Tamis A)	22.4 mm (Tamis A)	
			Spécification 50 à 90% - Déclarée (VDF) 61 à 79%		
			5.6 mm (Tamis B)	11.2 mm (Tamis B)	
			Spécification 30 à 75% - Déclarée (VDF) 41 à 64%		
			2 mm (Tamis C)	5.6 mm (Tamis C)	
			Spécification 20 à 60% - Déclarée (VDF) 31 à 49%		
			1 mm (Tamis E)	2 mm (Tamis E)	
			Spécification 13 à 45% - Déclarée (VDF) 22 à 36%		
			0.5 mm (Tamis F)	1 mm (Tamis F)	
			Spécification 8 à 35% - Déclarée (VDF) 13 à 30%		
			-	1 mm (Tamis G)	
			Spécification 5 à 30% - Déclarée (VDF) 10 à 25%		
	Granularité des lots individuels	SN EN 13285	11.2 mm (Tamis A)	22.4 mm (Tamis A)	Tableau 7
			5.6 mm (Tamis B)	11.2 mm (Tamis B)	
			2 mm (Tamis C)	5.6 mm (Tamis C)	
			Tolérance ± 11%		
1 mm (Tamis E)			2 mm (Tamis E)		
Tolérance ± 9%					
0.5 mm (Tamis F)			1 mm (Tamis F)		
1 mm (Tamis G)					
Continuité	SN EN 13285	Tolérance ± 5%		Tableau 8	
		Différence entre les passants au tamis de			
		11.2 mm (Tamis A)	22.4 mm (Tamis A)		
		5.6 mm (Tamis B)	11.2 mm (Tamis B)		
		et entre			
		5.6 mm (Tamis B)	11.2 mm (Tamis B)		
		2 mm (Tamis C)	5.6 mm (Tamis C)		
		Différence comprise entre 7 et 30%			
		Différence entre les passants au tamis de			
		2 mm (Tamis C)	5.6 mm (Tamis C)		
		1 mm (Tamis E)	2 mm (Tamis E)		
		Différence comprise entre 7 et 20%			
		Différence entre les passants au tamis de			
		1 mm (Tamis E)	2 mm (Tamis E)		
0.5 mm (Tamis F)	1 mm (Tamis F)				
Différence comprise entre 4 et 15%					

4. Graves avec granulats recyclés ou non. Essais complémentaires exigés par le SDM Teneur en fines déclarée

TABLEAU 3.5 - ESSAIS COMPLÉMENTAIRES EXIGÉS PAR LE SDM EN FONCTION DE LA TENEUR EN FINES DÉCLARÉE

Source : Tab. 3 de SDM 2023

Catégorie	% de passant au tamis de 63 μm (teneur en fines)	Nature	Essais complémentaires selon norme VSS 70-119			Essais complémentaires* hors norme VSS 70-119	
			Résistance à l'eau CBR ₂ /CBR ₁	Résistance au gel CBR _F /CBR ₁	Perméabilité	Essai au bleu de méthylène	Sédimentométrie
			SN EN 13286-47		SN EN ISO 17892-11	EN 933-9	EN ISO 17892-4
1	≤ 3	Grave et RC-Grave	≥ 0.5	-	-	-	-
2	> 3 et ≤ 5	Grave	≥ 0.5	-	-	-	-
		RC-Grave	≥ 0.5	≥ 0.5	A déclarer	-	-
3	> 5 et ≤ 7	Grave et RC-Grave	≥ 0.5	≥ 0.5	A déclarer	MB _{0,075} ≤ 1 g Mb/kg	-
4	> 7 et ≤ 9	Grave et RC-Grave	≥ 0.5	≥ 0.5	A déclarer	MB _{0,075} ≤ 1 g Mb/kg	PO.02mm < 3%
5	> 9 et ≤ 12	Grave et RC-Grave	Non autorisé				
Hors norme	> 12	Grave et RC-Grave					

* La pertinence des essais proposés et les valeurs définies ci-dessus feront l'objet d'un suivi annuel par le SDM. En fonction des résultats réels obtenus ils pourront faire l'objet de correctifs et adaptés au minimum tous les deux ans.

4. Graves avec granulats recyclés – Documentations des contrôles

- ▲ Fabricant garantit qualité des matériaux de récupération et vérifie lui-même avec contrôles
 - Contrôles visuels en régime normal
 - Analyse des matériaux
- ▲ Exploitant contrôle taux de substances étrangères dans produits recyclés
- ▲ Autorité cantonale fixe l'étendue et la fréquence de ces contrôles dans l'autorisation

4. Graves avec granulats recyclés – Documentation des contrôles

TABLEAU 3.6 - FRÉQUENCES D'ESSAI MINIMALES POUR LES MÉLANGES NON TRAITÉS

(SN EN 13285:2021-10, tableau 10 de EN 13285:2018 F, pages 18 et 19)

Propriété des granulas	Paragraphe	Remarques	Méthode d'essai	Fréquence minimale d'essai
Exigences relatives aux granulats	4.2	Conformément à l'EN 13242 ou partagés	-	-
Teneur en fines	4.3.2		EN 933-1	1 par semaine de production ou 1 par 5'000 t (le plus fréquent des deux)
Dimensions maximales	4.3.3		EN 933-1	
Granulométrie	4.3.4		EN 933-1	
Masse volumique sèche et teneur en eau optimale en laboratoire	4.3.5		EN 13286-2 ou EN 13286-3 ou EN 13286-4 ou EN 13286-5	1 par an
Susceptibilité au gel	4.3.6	Conformément aux dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation		
Perméabilité				
Lixiviation				

En outre, un organisme de contrôle indépendant et accrédité doit être chargé de contrôler régulièrement le taux de substances étrangères, au moins tous les 20 000 m³ de produits recyclés obtenus sur un site et au moins une fois par an.

Dans le cadre de ses tâches de surveillance, le service cantonal compétent (SEN) peut procéder ou faire procéder à des contrôles supplémentaires.

4. Graves avec granulats recyclés - Déclaration

- ▲ En outre, un **organisme de contrôle** indépendant et accrédité doit être chargé de contrôler régulièrement le taux de substances étrangères, au moins tous les 20'000 m³ de produits recyclés obtenus sur un site et au moins une fois par an
- ▲ Pour les fines, dimensions maximales, granulométrie: 1 x par semaine de production ou 1 x par 5'000 To.
- ▲ Dans le cadre de ses tâches de surveillance, le service cantonal compétent (SEN) peut procéder ou faire procéder à des contrôles supplémentaires.

4. Graves avec granulats recyclés - Déclaration

▲ Déclaration des produits

- Lors de chaque livraison de produits recyclés, exploitant de l'installation doit confirmer au preneur que les exigences sont respectées.
- Par ailleurs, l'exploitant de l'installation devrait informer le preneur des éventuelles restrictions d'utilisation
- Exploitant de l'installation documente les contrôles effectués sur l'installation et sur les matériaux et communique les résultats à l'autorité sur demande.

4. Graves avec granulats recyclés - Annexes

▲ Exemple complet de classification d'une grave recyclée, mis à disposition par Labco:

- Déclaration de conformité
- Déclaration de performance
- Caractéristiques techniques sur graves non traitées
- Essai de classification des constituants des gravillons recyclés
- Analyse granulométrique
- Essai de perméabilité à l'eau
- Résistance à la fragmentation méthode Los Angeles
- Pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons
- Coefficient d'aplatissement F1

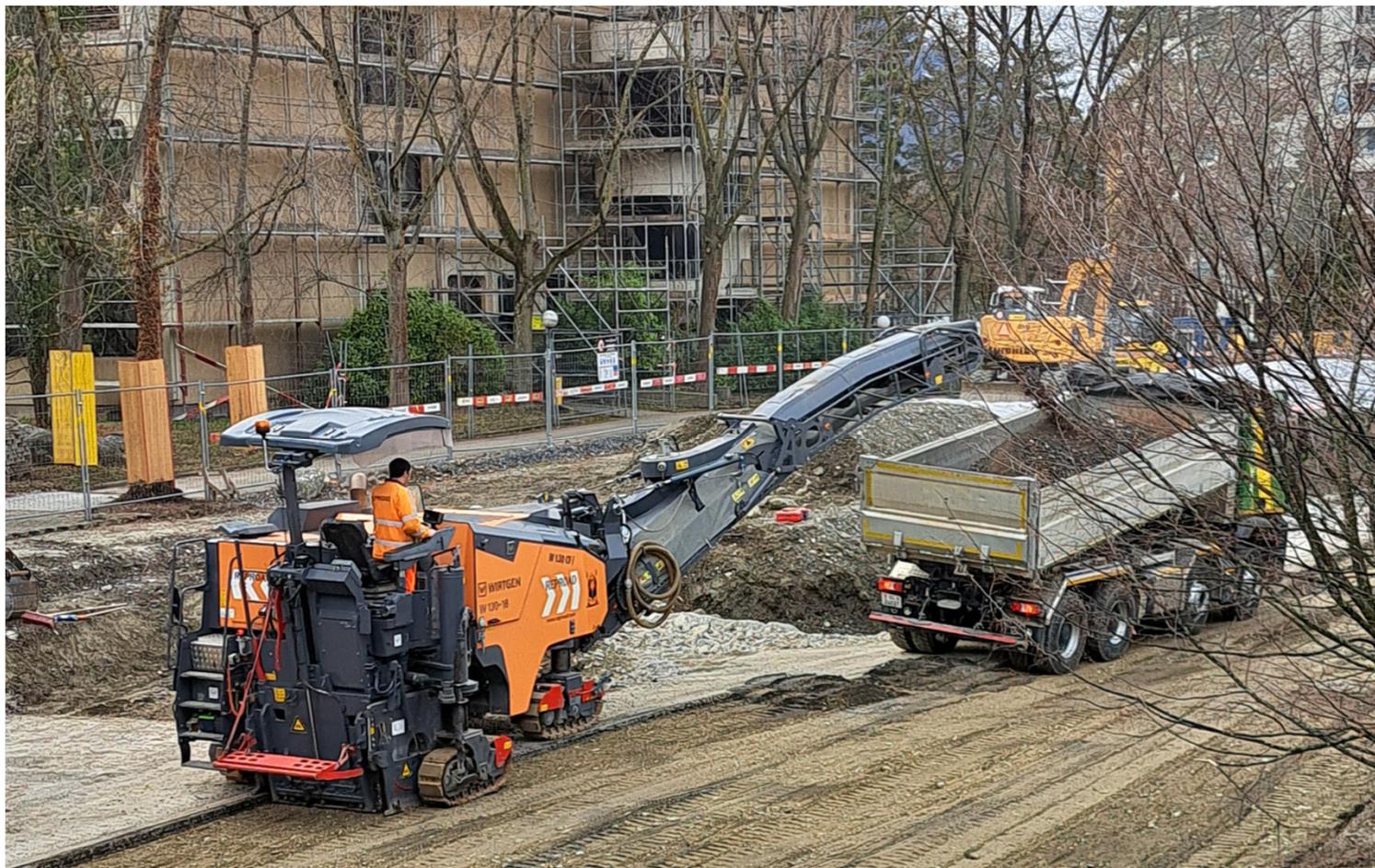
Questions ?

Ordre du jour

1. Accueil
2. Introduction générale Lucien Pignat
3. Valorisation et aspects environnementaux Thierry Pralong
4. Graves avec granulats recyclés Loris Chittaro
5. **Enrobés de recyclage** **Stefan Aebersold**
6. Bétons avec granulats recyclés Pierre Bruchez
7. Questions
8. Apéritif

5. Enrobés de recyclage

→ VOIR CHAPITRE 4 DU GUIDE TECHNIQUE AUX PAGES 49 À 66



5. Enrobés de recyclage

→ VOIR CHAPITRE 4 AUX PAGES 49 À 66 DU GUIDE TECHNIQUE, ÉDITION 2024

▲ Définitions

- **Enrobés de recyclage :**
 - Enrobés bitumineux contenant une proportion plus ou moins grande **d'agrégats d'enrobés (AE)**
- **Agrégats d'enrobés :**
 - Agrégats d'enrobés (en acronyme : AE) - ou **Reclaimed Asphalt (RA)** en anglais - proviennent **du fraisage** de couches de revêtement bitumineux et/ou **du concassage** de plaques d'asphalte et de déchets neufs (surplus de production).

→ *le cycle de vie des enrobés bitumineux est représenté au cliché suivant et à la page 50 du Guide technique.*

5. Enrobés de recyclage

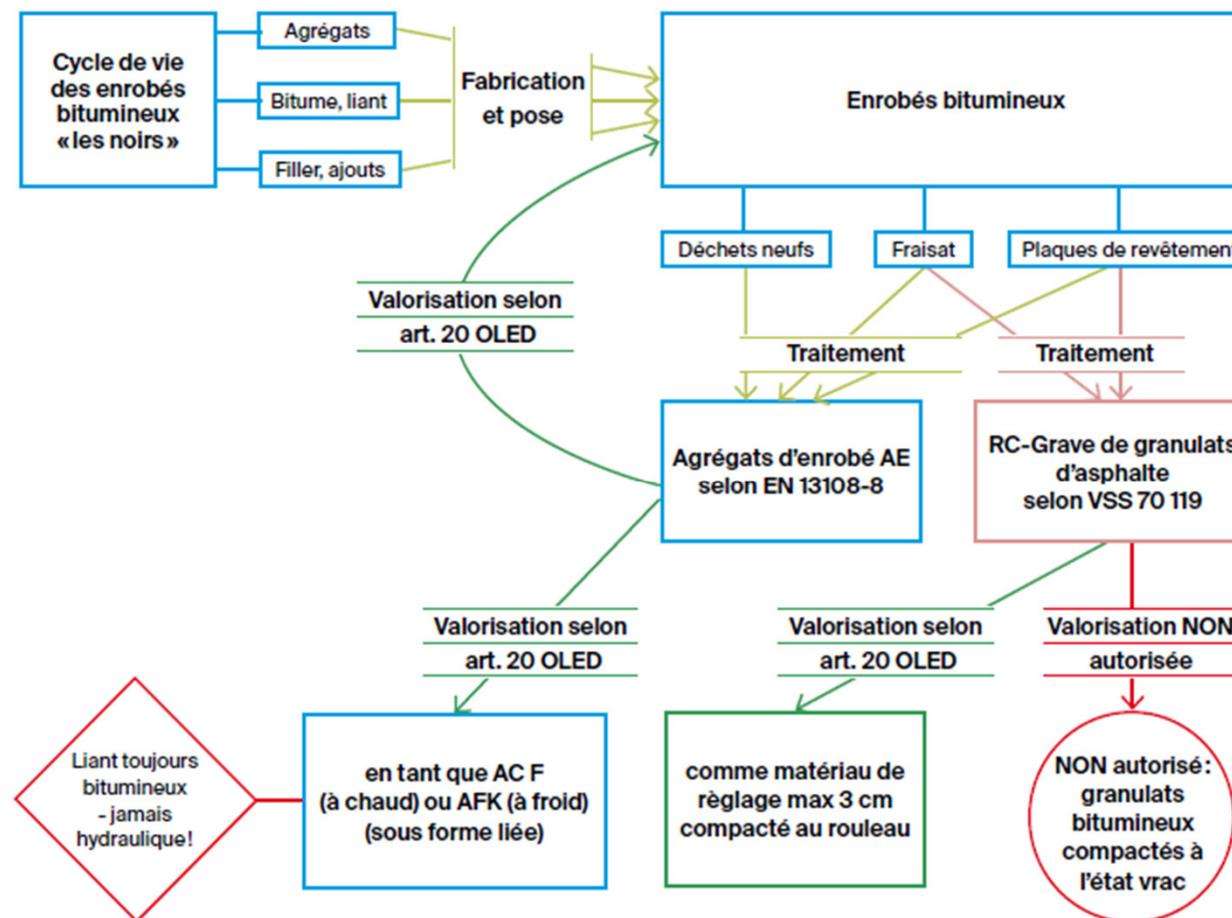


FIGURE 4.1 - CYCLE DE VIE DES ENROBÉS BITUMINEUX (LES « NOIRS »)

5. Enrobés de recyclage

▲ Nouveautés – depuis la version 2016 du guide :

- Nouvelles normes SN EN 13108-xy et VSS 40 430 avec notamment des **taux de recyclés plus élevés !**
- Nouvelles stratégies et directives SDM (oct./nov. 2022)
- Méthodes de détection et laboratoires réalisant des **analyses des HAP** et d'amiante
- Adaptation de l'Ordonnance sur les déchets, **OLED** :
 - Teneur en HAP ≤ 250 mg/kg → Valorisation **sans** restriction dans la fabrication d'enrobés à chaud 😊
 - Teneur en HAP entre 250 et 1'000 mg/kg → valorisation en centrale d'enrobage **possible jusqu'à fin 2025** (encore 21 mois !)
 - Elimination des matériaux bitumineux de démolition **possible que jusqu'à fin 2027** (dans moins de 3 ans)

5. Enrobés de recyclage

▲ Nouveautés – par rapport à la directive OFEV de 2006 :

- Épandage et compactage au rouleau de fraisats bitumineux **n'est plus autorisé**.
 - **Seule** exception : couche de réglage sous une couche en béton bitumineux (= revêtement)
- Fondations en enrobés bitumineux à froid (dite: AFK) **que** dans installation appropriée et par l'ajout de bitume-**mousse**. Ce faisant, il n'est **pas autorisé** de mélanger les AFK avec de la grave **ni** de les stabiliser au ciment.
 - **Principe** de valorisation: noir → noir, blanc → blanc, et pour les briques; rouge → rouge.
 - ➔ Le respect de ces filières séparées garde la voie libre pour le re-re-re-re-cyclage.

5. Enrobés de recyclage – Etude du projet

LES DEVOIRS ...

- ▲ Tout projet routier doit être dimensionné
 - Faire appel à des spécialistes
 - Récolter les données
 - Dimensionner la superstructure
- ▲ Tout matériau doit être exempt de polluants
 - Valeurs admissibles
 - Détection de polluants

ET LES QUESTIONS

- ▲ Portance du sol ?
- ▲ Homogénéité du tronçon?
- ▲ Charge de trafic ?
 - Dimensionnement à la portance
- ▲ Ensoleillement et gélivité ?
 - Dimensionnement au gel
- ▲ Méthodes de détection ?
 - PAK Marker si $\leq 30 \text{ m}^3$
 - Exemples de laboratoires

5. Enrobés de recyclage – test au PAK-Marker

Ci-dessous, des exemples de tests positifs et négatifs au PAK-Marker:



Test au PAK-Marker positif (Source : Labco, Martigny)



Tests au PAK-Marker négatifs (Source : Labco, Martigny)

FIGURE 4.2 - EXEMPLES DE RÉSULTATS DE TESTS AU MARQUEUR-SPRAY D'HAP

5. Enrobés de recyclage – mise en soumission

LES TÂCHES ...

- ▲ Tout chantier nécessite un plan de valorisation et d'élimination des déchets
 - dès 200 m³ soumettre le plan au SEN
- ▲ À mettre à disposition
 - Rapports d'analyse : présence / absence de HAP, amiante, etc.
- ▲ À demander avec l'offre
 - Épreuves-type
 - Valeurs nominales

ET LES QUESTIONS

- ▲ Catégories et quantités de déchets minéraux ?
 - Aptitude et quantité de matériaux bitumineux de démolition (teneur en HAP)
 - Réutilisation directement sur le chantier (mini-cycle)
- ▲ Enrobés disponibles sur le marché en Valais ?
 - Vérifier auprès des centrales d'enrobage
 - Consulter la Synthèse des enrobés admis par le SDM

5. Enrobés de recyclage – fabrication et pose

▲ Préparation d'agrégats d'enrobés (AE)

- Déterminer la teneur en HAP avant la livraison
 - ≤ 250 mg HAP par kg
- Stocker les couches de roulement à part, car :
 - teneur en bitume et pénétration très différentes
 - gravillons NON polissables → Adhérence de la chaussée 😊

▲ Traitement en centrale

- Préparation à chaud est préférable à introduction à froid dans le malaxeur
 - Permet taux d'AE plus élevés
 - Préparation plus «douce»
 - 7 des 9 centrales pour le Valais sont équipés → renseignez-vous

▲ Transport et pose

- Limiter le temps sur camion
 - Tendance à l'auto-compactage
- Pose si possible à la machine
 - permet un meilleur mélange

5. Enrobés de recyclage – exigences et contrôles

Les contrôles des enrobés se font selon la norme VSS 40 434 :

« Programme des essais pour enrobés bitumineux compactés »

Pour les autoroutes, le **programme des essais de niveau 1** s'applique:

Par jour de pose :

2 analyses d'enrobé par le M.O. et 2 analyses par l'entrepreneur

4 carottes par le M.O.

A la fin du chantier :

Planéité et qualité antidérapante (adhérence) de la chaussée par le M.O.

Pour les routes principales (T9 et les cols) et de liaison (routes secondaires) le **programme des essais de niveau 2** s'applique:

Nombre d'essais minimal

Éventuels essais supplémentaires grâce aux échantillons de réserve.

N. B. : Qu'un enrobé contienne des recyclés ou non, les exigences sont les mêmes.

5. Enrobés de recyclage

TABLEAU 4.2 - ENROBÉS BITUMINEUX AVEC LES TAUX AUTORISÉS EN AGREGATS D'ENROBÉS INCORPORÉS

	Enrobé									Recyclé		Couche posée						Tolérances					
	Teneur en liant		Vides Vm		Vides combles VFB	Stabilité S	Fluage F	Profondeur d'ornières * à 10'000 cycles * à 30'000 cycles	Sensibilité à l'eau ITSR	Incorporation à froid	Incorporation à chaud	Epaisseur		Compactage [%]		Teneur en vides [%]		Teneur en liant [%] par rapport à la composition cible		Ecart max [%] par rapport à l'épaisseur nominale (sur valeur isolée)			
	[%]	[%]	[%]	[kN]	[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[mm]	isolée	moy.	isolée	moy.	isolée	moy.	ép. de carotte					
min	min	max	min	min	max	max	min	max	max	max	min	max	min	max	min	max	min	max	<30[mm]	≥30[mm]			
Norme	SN EN 13108-1									VSS 40 430						SN EN 13108-21		VSS 40 430					
Edition	2022-09									2022-09						2022-09		2022-09					
Couches de roulement																							
AC 4 L	7.2			-							15	20			1.0	9.0	2.0	8.0			-		
AC 8 L	6.2	2.0	5.0	89	5.0	2	5	-	70	15	40	20	35	96.0	97.0				± 0.5	± 0.3	± 25%		
AC 11 L	5.8			86								35	50			1.5	8.0	2.0	7.0		± 20%		
AC 16 L	5.4											45	70						± 0.6				
AC 8 N	6.0			86								20	35							± 0.5	± 25%		
AC 11 N	5.6	2.0	5.0	83	7.5	2	4	-	70	15	40	35	50	97.0	98.0	2.0	8.0	2.5	6.5	± 0.5	± 0.3	-	± 20%
AC 16 N	5.2											45	70						± 0.6				
AC 8 S	5.8	3.0	6.0	-	-	-	-	10.0°	70	15	40°	25	35	97.0	98.0	2.0	7.5	2.5	6.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20%
AC 11 S	5.4											35	50								-	± 20%	
Couches de liaison																							
AC B 11 S	4.8	3.0	6.0	-	-	-	-	10.0°	70	15	60	35	50	97.0	98.0	2.0	7.5	2.5	6.0	± 0.5			
AC B 16 S	4.4											45	70							± 0.3	-	± 20%	
AC B 22 S	4.0	4.0	7.0									65	100	98.0	99.0		8.0		6.5	± 0.6			
AC B 16 H	4.4	3.0	6.0	-	-	-	-	7.5°	70	15	60	45	70	97.0	98.0	2.0	7.5	2.5	6.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20%
AC B 22 H	4.0	4.0	7.0									65	100	98.0	99.0		8.0		6.5	± 0.6			
Couches de base																							
AC T 11 L	5.2	2.0	5.0	83	5.0	2	4	-	70	25	80	30	50	96.0	97.0	1.5	9.0	2.0	7.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20%
AC T 16 L	4.8											45	70							± 0.6		-	
AC T 22 L	4.4											60	100										
AC T 11 N	5.0											30	50							± 0.5	± 0.3	± 25%	
AC T 16 N	4.6	3.0	6.0	80	7.5	1.5	3.5	-	70	25	80	45	70	97.0	98.0	2.0	8.5	2.5	6.5	± 0.6	± 0.3	-	± 20%
AC T 22 N	4.2											60	100							± 0.6			
AC T 16 S	4.4	3.0	6.0	-	-	-	-	10.0°	70	25	80	45	70	97.0	98.0		7.5		6.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20%
AC T 22 S	4.0	4.0	7.0	-	-	-	-	10.0°	70	25	80	65	100	98.0	99.0	2.0	8.0	2.5	6.5	± 0.6	± 0.3	-	± 20%
AC T 32 S	3.6											90	140										
AC T 22 H	4.0	4.0	7.0	-	-	-	-	7.5°	70	25	80	65	100	98.0	99.0	2.0	8.0	2.5	6.5	± 0.6	± 0.3	-	± 20%
AC T 32 H	3.6											90	140										
AC EME 22 C1	4.6	3.0	6.0	-	-	-	-	5.0°	70	15	60	80	120	99.0	100.0	2.0	7.0	2.5	6.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20%
AC EME 22 C2	5.2	1.0	4.0	-	-	-	-	7.5°	70	15	60	80	120			0.0	5.0	0.5	4.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20%

5. Enrobés de recyclage

	Enrobé											Recyclé		Couche posée						Tolérances								
	Teneur en liant		Vides Vm		Vides comblés VFB		Stabilité S		Fluage F		Profondeur d'ornières ° à 10'000 cycles * à 30'000 cycles		Sensibilité à l'eau ITSR		Incorporation à froid		Incorporation à chaud		Epaisseur		Compactage [%]		Teneur en vides [%]		Teneur en liant [%] par rapport à la composition cible		Ecart max [%] par rapport à l'épaisseur nominale (sur valeur isolée)	
	[%]	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
Norme	SN EN 13108-1 // SN EN 13108-7 // VSS 40 436													VSS 40 430						SN EN 13108-21		VSS 40 430						
Edition	2022-09 // 2022-04 // 2022-09													2022-09						2022-09		2022-09						
Couches de fondation																												
AC F 22	3.8																											
AC F 32	3.4	3.0	10.0	80	5.0	1.5	3.5	-	70	30	100	60	150	96.0	98.0	1.5	14.0	2.0	12.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20 %					
Couches d'étanchéité pour voies ferrées																												
AC Rail 16	5.4																											
AC Rail 22	5.2	0.5	2.5	-	5.0	1.5	3.5	-	70	25	80	45	70	97.0	99.0	-	5.0	-	3.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20 %					
Couches de roulement																												
AC 8H	5.8																											
AC 11H	5.4	3.0	6.0	-	-	-	-	10.0*	70	0	0	25	35	97.0	98.0	2.0	7.5	2.5	6.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20 %					
Couches de roulement																												
AC MR 8	5.8																											
AC MR 11	5.6	3.0	6.0	-	-	-	-	7.5*	70	0	0	25	40	97.0	98.0	2.5	8.0	3.0	7.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20 %					
Couches de roulement																												
PA 8	6.0	16	-	-	-	-	-	-	70	10	10	25	35	97.0	98.0	15.0	23.0	16.0	22.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20 %					
PA 11	5.5	18	-	-	-	-	-	-	70	10	10	35	50	97.0	98.0	15.0	23.0	16.0	22.0	± 0.5	± 0.3	-	± 20 %					
Couches de liaison																												
PA B 16	4.0																											
PA B 22	3.5	22	-	-	-	-	-	-	70	≥ 10 ³	≥ 10 ³	40	80	96.0	98.0	19.0	29.0	21.0	27.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20 %					
Couches de drainage																												
PA S 16	3.5																											
PA S 22	3.0	18	-	-	-	-	-	-	80	≥ 10 ³	≥ 10 ³	40	80	95.0	97.0	14.0	22.0	16.0	20.0	± 0.6	± 0.3	-	± 20 %					
PA S 32	3.0																											
Couches de roulement																												
SDA 4 - 12	6.0	10	14																									
SDA 4 - 16	6.0	14	18	-	-	-	-	7.5*	70	0	0	25	35	97.0	98.0	9.0	17.0	10.0	16.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20 %					
SDA 4 - 20	6.0	18	22																									
SDA 8 - 12	5.8	10	14	-	-	-	-	7.5*	70	0	0	30	40	97.0	98.0	9.0	17.0	10.0	16.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	± 20 %					
SDA 8 - 16	5.8	14	18																									

♦ Remarque : le Service de la mobilité SDM limite le taux d'AE à 20 % pour les AC S. 40 % que admis en justifiant la provenance des granulats (par exemple d'un chantier autoroutier)

♣ Remarque : la norme européenne SN EN 13108-7 ne restreint pas le taux d'agrégats d'enrobé, sauf pour les couches de roulement avec emploi de bitumes modifiés aux polymères.



Questions ?

Ordre du jour

1. Accueil
2. Introduction générale Lucien Pignat
3. Valorisation et aspects environnementaux Thierry Pralong
4. Graves avec granulats recyclés Loris Chittaro
5. Enrobés de recyclage Stefan Aebersold
6. **Bétons avec granulats recyclés** **Pierre Bruchez**
7. Questions
8. Apéritif

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Définition

- **Normes principales**
 - SIA 2030, éd. 2021 : Béton avec granulats recyclés
 - SN EN 206 :2013 +A2 :2021 : Béton – Spécification, performances, production et conformité
- **Terminologie et définitions**
 - Types de bétons
 - **Béton normal**: peut contenir jusqu'à 25% de granulats de béton ou 10 % de granulats de gravats mixtes
 - **Béton de recyclage**: contenant une part plus importante de matériaux recyclés
 - Types de granulats

TABLEAU 5.4 - TYPES DE BÉTONS

6. B

Béton

BÉTON DE RECYCLAGE

Béton selon SN EN 206 dont la part du granulat contient au moins 25% M (pourcent masse) de granulats de béton C ou au moins de 10% M de granulats de gravats mixtes M

BÉTON NORMAL

Béton de masse volumique (après séchage à l'étuve) supérieure à 2000 kg/m³, mais inférieure ou égale à 2600 kg/m³, selon SN EN 206

RC-C

Béton selon SN EN 206 dont la part du granulat contient au moins 25% M de granulats de béton C et doit être désigné en tant que RC-C.

Qualité: Proche du béton ordinaire

RC-M

Béton selon SN EN 206 dont la part du granulat contient au moins 10% M de granulats de gravats mixtes M et doit être désigné en tant que RC-M.

Qualité: Retrait important et fluage, flèche plus importante qu'avec le béton ordinaire

Béton dont la composition comprend moins de 25% M de granulats de béton C ou moins de 10% M de granulats de gravats mixtes M

Qualité: doit respecter toute les qualités prescrites pour un béton normal sans granulats recyclés.

Le béton de recyclage RC-C est divisé selon les teneurs déclarées de granulats de béton (C) en les classes suivantes:

RC-C25:

25 M.-% ≤ C < 50 M.-%

RC-C50:

50 M.-% < C ≤ 100 M.-%

En pourcent en masse

Il n'est pas permis d'ajouter au béton RC-C du granulat de gravats mixtes (M)

Le béton de recyclage RC-M est divisé selon les teneurs déclarées de granulats de gravats mixtes (M) en les classes suivantes:

RC-M10:

10 M.-% ≤ M < 40 M.-%

RC-M40:

40 M.-% < M ≤ 100 M.-%

En pourcent en masse

Il est permis d'ajouter au béton RC-M du granulat de béton (C) et de le compter en tant que granulat de gravats mixtes (M), à condition que la teneur minimale de granulats de gravats mixtes (M) atteigne au moins 40 pourcent en masse.

Classe de béton selon SN EN 206

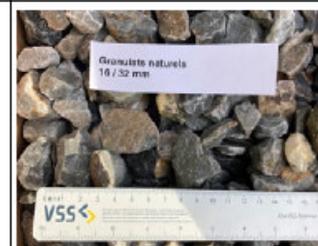
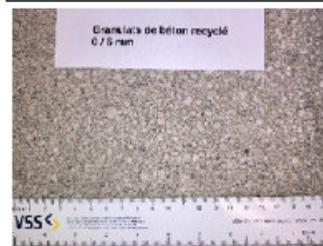
6. Bétons

TABLEAU 5.5 - TYPES DE GRANULATS. Photos de François Glassey

GRANULAT Matériau granulaire utilisé en construction. Un granulat peut-être naturel ou recyclé, selon SN EN 12620	
RECYCLÉ Granulat recyclé résultant de la transformation de matériaux inorganiques antérieurement utilisés dans la construction, selon SN EN 12620 et dont la composition satisfait le chiffre 5.2, tableau 3 du cahier technique SIA 2030:2021 qui est présenté ci-dessous	NATUREL Granulat d'origine minérale n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique, selon SN EN 12620
DE BÉTON C Granulat recyclé, obtenu par traitement du béton de démolition propre	DE GRAVATS MIXTES M Granulat recyclé, obtenu par traitement de matériaux de démolition mixtes
Le béton de démolition est un matériau obtenu lors de la démolition d'ouvrages ou de revêtements en béton armé ou non armé.	Les matériaux de démolition mixtes sont un mélange de déchets de chantier exclusivement minéraux provenant d'éléments de construction massifs tels que les structures en béton, en briques céramiques ou silico-calcaires et en pierres naturelles

Désignation	Composants du granulat recyclé selon SN EN 12620:2002+At:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X+Rg M.-%	FL cm³/kg
Granulat de béton (C)	Rc ₉₀ (≥ 90 M.-%)	Rc ₅₀ (≥ 50 M.-%)	Rb ₁₀ (≤ 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} (≤ 0.5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm³/kg)
Granulat de gravats mixtes (M)	Rc ₉₀ (< 90 M.-%)	Rc _{déclaré} ¹⁾	Rb ₁₀ (> 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} (≤ 0.5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm³/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



6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Domaines d'application

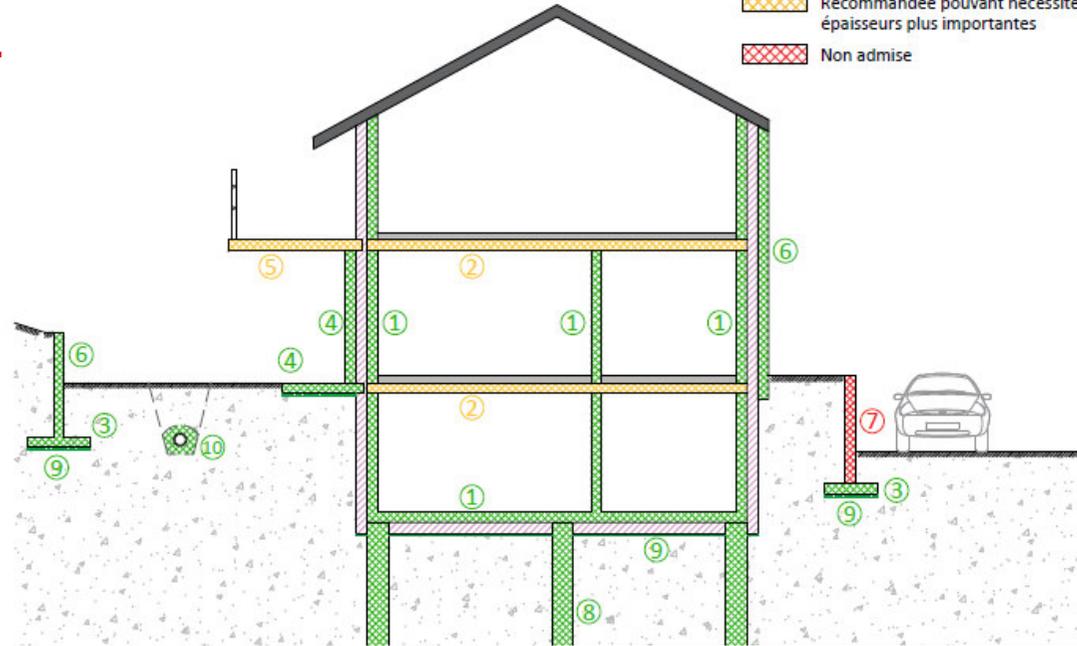
- **Recommandé pour:**
 - Bétons maigres et bétons de remplissage
 - Éléments de structure situés à l'abri des intempéries
- **Pas adapté pour:**
 - Éléments de structure devant résister au gel et aux sels de déverglaçage
 - Éléments de structure devant présenter de très hautes valeurs de résistance ou de rigidité

6. Béton

TABLEAU 5.1 - DOMAINES D'UTILISATION DES BÉTONS DE RECYCLAGE

Utilisation des bétons de recyclage RC :

-  Recommandée
-  Recommandée pouvant nécessiter des épaisseurs plus importantes
-  Non admise



		Classe d'exposition Expositionsklassen	Sorte de béton Betonart	RC béton recommandé RC Beton empfohlen
1	Radiers et murs intérieurs Innenbodenplatten und -wänden	XC1	Sorte A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
2	Dalles intérieures ¹⁾ Innendecken	XC1	Sorte A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
3	Structures extérieures enterrées (fondations) Aussenstrukturen unterirdisch (Fundamente)	XC2	Sorte A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
4	Structures extérieures à l'abri de la pluie Aussenstrukturen vor Regen geschützt	XC3	Sorte B	RC-C25, RC-C50 RC-M10
5	Dalles extérieures ¹⁾ Aussendecken	XC4	Sorte 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 Struckturen 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.

6. Bétons avec granulats recyclés

TABLEAU 5.2 - PROPRIÉTÉS ET APPLICATIONS RECOMMANDÉES DES BÉTONS DE RECYCLAGE

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

C Granulat recyclé de béton, obtenu par traitement du béton de démolition (voir Tab. 5.5 ci-après pour la définition)

M Granulat recyclé de gravats mixtes, obtenu par traitement de gravats mixtes (voir Tab. 5.5 ci-après pour la définition)

1) Admis après des essais préliminaires correspondants

***** Il n'est pas permis d'ajouter au béton RC-C du granulat de gravats mixtes (M).

****** Il est permis d'ajouter au béton RC-M du granulat de béton (C) et de le compter en tant que granulat de gravats mixtes (M), à condition que la teneur minimale de granulats de gravats mixtes (M) atteint au moins 40% en masse.

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Propriétés des bétons de recyclage

- **Coûts**
 - Similaires à ceux des bétons normaux
- **Consistance, ouvrabilité et cure**
 - Forte absorption d'eau, malgré l'enlèvement de la fraction fine 0/8 des granulats recyclés
 - Dosages en eau, ciment et adjuvants souvent augmentés
 - Tendance à un raidissement plus précoce
 - Cure aussi importante que pour un béton normal

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Propriétés des bétons de recyclage

- **Module d'élasticité**

- Plus faible que pour un béton normal
- Changement important: le module d'élasticité est à déclarer au moyen des classes de module d'élasticité selon le tableau ci-dessous tiré du cahier technique SIA 2030

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

¹⁾ Les classes de module d'élasticité supérieures sont admises sur la base d'essais préliminaires correspondants. Elles sont à définir par échelon de 2000 N/mm².

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Propriétés des bétons de recyclage

- **Fluage et retrait**
 - Coefficient de fluage augmenté d'un facteur 1.25
 - Coefficient de retrait augmenté du facteur E_{cm}/E_{rcm}
=> Augmentation des déformations
- **Valeurs de dimensionnement**
 - Règles de la norme SIA 262 valables pour les bétons de recyclage, en tenant compte du module d'élasticité déclaré du béton de recyclage
 - Quelques règles de dimensionnement supplémentaires concernant les bétons RC-M (SIA 2030)
- **Masse volumique**
 - Plus faible que pour un béton normal: env. 2350 kg/m³

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Propriétés des bétons de recyclage

- Rendu

- Similaire à un béton normal
- Différence potentielle en cas de traitement de surface (lavages, ponçages, ...) : mise en évidence possible de granulats de briques ou de tuiles



FIGURE 5.1 - EXEMPLES DE MURS EN BÉTON DE RECYCLAGE RC-C: MUR DE SOUTÈNEMENT POUR UN PRIVÉ ET MURS D'UNE ÉCOLE. Photos du groupe Volken.

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Mise en soumission

- CAN 2024 mis à jour selon SIA 2030

680	Suppléments ou déductions sur travaux de bétonnage				

685	Suppléments ou déductions pour utilisation de béton recyclé selon SIA 2030 à la place de béton avec granulats naturels.				
.100	Type de béton NPK A RC-C.				
.110	RC-C 25.				
.111	Classe de module d'élasticité				
.....					
	Conc. art.				
	Elément de construction	m3

6. Bétons avec granulats recyclés

▲ Conclusion

- Large possibilité d'utilisations (sortes 0 à C)
- Dimensionnement du béton de recyclage facilité grâce à la déclaration des modules d'élasticité
- L'utilisation du béton de recyclage nécessite:
 - une volonté du MO et des mandataires pour une prise en considération dès les prémices du projet, afin que les éléments structurels soient dimensionnés en conséquence
 - une déconstruction soignée de la part des entrepreneurs pour obtenir des granulats recyclés de qualité
 - des investissements de la part des fournisseurs

Questions ?

Apéritif