

GUIDE TECHNIQUE

Pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

AVE
WBV

AVGB

AVST
AVGB

IAVS

sia

société suisse des ingénieurs et des architectes
schweizerischer ingenieur- und architektenverein
section valais - sektion wallis

Edition
2024

Préface

Chère lectrice, cher lecteur,

Que vous soyez ingénieur, architecte, entrepreneur, fournisseur, représentant d'un maître d'ouvrage ou du monde privé, je vous souhaite une bonne lecture du nouveau **Guide technique pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux**.

La force et la spécificité de ce document, qui succède à la première édition de 2016, résident dans son aspect multidisciplinaire. En effet, la même base de travail est mise à la disposition de tous les acteurs de l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage.

Je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la rédaction de ce guide. Ce document est le fruit d'un partenariat public-privé réussi. La consolidation de ce partenariat est d'ailleurs la condition qui permettra la mise en œuvre de ce guide, pour ainsi atteindre l'objectif fixé par le Conseil d'Etat : « *Favoriser l'utilisation des matériaux recyclés sur le marché de la construction* ».

Il s'agit d'intensifier le dialogue entre maîtres d'ouvrage, bureaux d'ingénieurs, entrepreneurs et fournisseurs. Le maître d'ouvrage doit, dès le tout début de son projet, penser à l'intégration de matériaux minéraux de recyclage. Les bureaux d'ingénieurs ou d'architectes mandatés doivent être informés de cette volonté et devenir une force de proposition innovante. Le fournisseur procurera à l'entrepreneur des matériaux recyclés de qualité. L'entrepreneur, quant à lui, mettra en œuvre ces matériaux de manière intelligente et respectueuse de l'environnement. Car les matériaux recyclés ne doivent pas être synonymes de baisse de qualité par rapport à un matériau noble. Au contraire, nous voulons des infrastructures valaisannes de qualité et durables. Dans cette optique, on visera à réutiliser les matériaux de récupération dans leur fonction initiale et à effectuer plusieurs cycles de recyclage. Les matériaux de construction doivent donc être employés de manière à pouvoir être déconstruits séparément et valorisés à nouveau au terme de la durée de vie d'un ouvrage.

L'information et la sensibilisation de tous les acteurs sont nécessaires pour diffuser le contenu du présent document, et permettre sa mise en œuvre. Chacun est concerné à sa manière. Ce n'est qu'en tirant tous à la même corde que l'exercice sera réussi, que des matériaux recyclés de qualité seront mis en place, à satisfaction de chaque partenaire.

Franz RUPPEN
Conseiller d'Etat

Table des matières

p.		p.	
4	1. Introduction	49	4. Enrobés bitumineux avec agrégats d'enrobés – Enrobés de recyclage
4	1.1 Contexte		
5	1.2 Structure du document	49	4.1 Préambule
5	1.3 Définitions	50	4.2 Cycle de vie et valorisation
6	1.4 Champ d'application	51	4.3 Etude du projet
8	1.5 Tableau des tâches et rôles des intervenants	57	4.4 Mise en soumission
10	1.6 Tableau synoptique résumé des normes	61	4.5 Fabrication et pose
12	2. Valorisation : principes généraux	62	4.6 Contrôles de conformité et de mise en œuvre
12	2.1 Préambule	65	4.7 Réception de l'ouvrage
13	2.2 Principes généraux	67	5. Bétons avec granulats recyclés
13	2.3 Planification avant déconstruction	67	5.1 Préambule
15	2.4 Déconstruction séparée	69	5.2 Normes, directives et littérature
17	2.5 Traitement des déchets de chantier minéraux	70	5.3 Utilisation des bétons de recyclage
19	2.6 Fabrication de matériaux recyclés	73	5.4 Terminologie et définitions
20	3. Graves avec granulats recyclés	75	5.5 Propriétés des bétons de recyclage à l'état frais et durci
20	3.1 Préambule	77	5.6 Certifications et certificats
20	3.2 Fabrication des graves	78	5.7 Mise en soumission
21	3.3 Spécifications à la livraison des graves non traitées		
23	3.4 Valorisations autorisées et restrictions		
29	3.5 Contrôles de qualité et essais		
33	3.6 Références		
34	3.7 Annexes		

1. Introduction

1.1 Contexte

Depuis 2013, le Conseil d'Etat valaisan a nommé, et renouvelé à chaque nouvelle législature, une commission «*Déchets et Ressources minérales*» et une sous-commission «*Ressources minérales*». Formées de représentants des départements cantonaux concernés et des associations professionnelles partenaires, ces entités sont chargées d'aborder la problématique des déchets et des ressources minérales. Quant à elle, la sous-commission traite plus spécifiquement des ressources minérales, en particulier de la gestion des déchets minéraux et de leur recyclage. Via ces commissions et la commission de suivi pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage, le Conseil d'Etat a comme objectif de *favoriser l'utilisation des matériaux recyclés sur le marché de la construction*.

Le présent **Guide technique pour la valorisation des matériaux de déconstruction minéraux** est un élément clé qui doit permettre d'atteindre cet objectif. L'importance de fermer les cycles de vie (mot-clé : économie circulaire), de recycler le plus possible les matériaux minéraux, n'est plus à prouver, dans un esprit de développement durable. Le **Plan cantonal de gestion des déchets**, édition 2023, ancre ces objectifs et explique de manière générale les orientations actuelles en termes de gestion des déchets.

En plus de la parution du *Guide technique d'application pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage* en 2016, un intéressant mouvement de rééquilibrage s'est produit dans les installations de valorisation des déchets minéraux valaisannes (IVDM) : les quantités réutilisées ont dépassé les quantités entrées en IVDM en 2015, 2016, 2017, 2020 et 2021. Il reste cependant des efforts considérables à faire afin d'atteindre les objectifs du développement durable.

Depuis 2016, l'OLED (Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets) est entrée en vigueur (à la place de l'OTD), a déjà été révisée à 8 reprises et s'est imposée. De nombreuses modifications normatives ont eu lieu, ceci concernant les trois domaines clés du guide technique, les enrobés, les graves et les bétons. Des projets de recherche ont été menés dans plusieurs domaines. Il devenait urgent de faire paraître une nouvelle version du guide technique.

Egalement depuis 2016, IAVS (Ingénieurs Architectes Valais), l'AVST (les services techniques communaux), le SEN (Service de l'environnement), le SIP (Service immobilier et patrimoine) et enfin la SIA Valais depuis mi-2023 ont rejoint les rangs de la commission de suivi des recyclés et sont impliqués dans la parution du présent guide 2024, avec les partenaires initiaux que sont le SDM (Service de la mobilité), le SCRN (Service de la construction des routes nationales), l'AVE (Association valaisanne des entrepreneurs) et l'AVGB (Association valaisanne de l'industrie des graviers et du béton).

1.2 Structure du document

Destiné à la fois aux maîtres d'ouvrages, aux ingénieurs et architectes, aux entrepreneurs et aux fournisseurs (également appelés fabricants), ce guide, basé sur l'OLED, participe à la concrétisation des objectifs politiques et se veut avant tout pratique. Il définit notamment des conditions-cadre pour une augmentation de l'utilisation des matériaux de recyclage sur les chantiers valaisans.

Le guide formule les exigences à respecter lors de la valorisation des déchets de chantier minéraux (matériaux bitumineux et non bitumineux, béton de démolition, matériaux minéraux non triés, tesson de tuiles) pour obtenir des matériaux recyclés de haute qualité, dont l'utilisation sera respectueuse de l'environnement.

Le guide contient d'abord une introduction dans laquelle les rôles et tâches respectifs des intervenants lors des différentes phases de projet ainsi que les spécificités de l'utilisation de matériaux de recyclage sont décrits sous forme de tableau. Cette partie présente également l'état des lieux des dispositions normatives en vigueur pour les matériaux et leurs composants. Ensuite, un chapitre général décrit les principes généraux de valorisation communs aux trois groupes de matériaux différents que sont les graves, les enrobés et les bétons. Enfin, trois chapitres distincts sont consacrés aux applications spécifiques : les graves, les enrobés et les bétons de recyclage. Ces chapitres peuvent être appréhendés de manière indépendante, selon le renseignement recherché. Ils incluent également des données et considérations en lien avec les conditions-cadre de production et de mise en œuvre.

Le présent document est largement inspiré du document de l'aide à l'exécution de l'OLED, qui remplace la directive de 2006 pour la valorisation des déchets de chantier minéraux (OFEV 2006) :

Déchets de chantier, Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux, Une partie du module « Déchets de chantier » de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED), OFEV, 2023

Les autres documents législatifs et normatifs de référence sont listés dans chaque chapitre.

A noter que les différentes lois et normes figurant dans le présent guide sont celles en vigueur en date du **30 septembre 2023**.

Cette version annule et remplace le *Guide technique d'application pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage* du 28 janvier 2016.

1.3 Définitions

Déchets de chantier. Déchets produits lors de la construction, de la transformation ou de la déconstruction d'installations fixes (art. 3 let. e OLED).

Déchets de chantier minéraux. Déchets selon définition ci-dessus, mais de composition minérale, pouvant provenir de matériaux de déconstruction minéraux, de matériaux d'excavation et de percement, ou de matériaux terreux issus du décapage du sol. La liste complète se trouve à l'annexe 1 de l'OLED, catégorie 4.

Matériaux de déconstruction. Matériaux provenant de la transformation ou de la démolition d'installations ou d'ouvrages.

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.

- En font également partie les matériaux de déconstruction non liés présentant une composition définie de matériaux provenant de la déconstruction de fondations ou de matériaux de coffres de fondation se situant sous **un revêtement étanche** (p. ex. matériaux non bitumineux de démolition des routes), qui ont été mis en œuvre à l'origine de manière légale en tant que partie d'un ouvrage.
- En revanche les matériaux excavés provenant de sites sans revêtement étanche et dont la composition n'est pas définie (par ex. remplissages et remblais) *ne sont pas des matériaux de déconstruction minéraux* et entrent dans la catégorie des matériaux d'excavation. Ils sortent donc du champ d'application du présent document.

Les matériaux de déconstruction minéraux peuvent être classés dans les catégories suivantes :

Béton de démolition : matériau obtenu lors de la démolition ou du fraisage d'ouvrages ou de revêtements en béton armé ou non armé ;

Matériaux de démolition non triés : mélange des fractions minérales provenant d'éléments de constructions massives en béton, en briques de terre cuite, en briques silico-calcaires et en pierre naturelle ;

Matériaux bitumineux de démolition : matériaux obtenus par fraisage ou par démolition d'un revêtement bitumeux ;

Matériau non bitumineux de démolition des routes : terme générique désignant un matériau qui n'est pas lié, qui se compose principalement de granulats naturels non pollués et partiellement de déchets de chantier minéraux (p. ex. matériaux de fondation et de coffre de fondation) ;

Tessons de tuiles : déchets se composant exclusivement de tuiles en céramique grossière qui ne peuvent pas être réutilisées en tant que telles ;

Autres déchets de chantier minéraux : déchets qui n'entrent pas dans les catégories susmentionnées, tels que les plâtres triés, la céramique ou le verre.

1.4 Champ d'application

Le présent guide technique s'applique aux **matériaux de déconstruction minéraux**, qu'ils proviennent d'une déconstruction routière ou de bâtiment.

Concernant les bâtiments, ceux-ci comprennent :

- Les matériaux de démolition non triés
- Le béton de démolition
- Les tessons de tuiles
- Les matériaux de fondation

Quant aux matériaux de déconstruction routière, ils peuvent être classés dans les catégories suivantes :

- Les matériaux bitumineux de démolition
- Les matériaux de coffrage (coffres de fondation)
- Les matériaux non bitumineux de démolition des routes

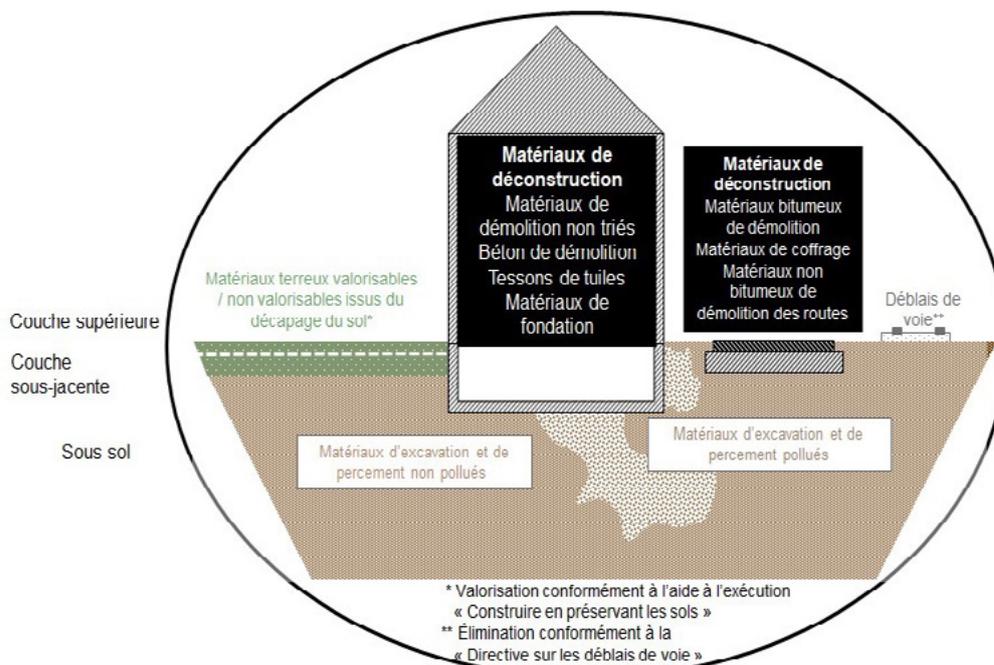


FIGURE 1.1 - DISTINCTION ENTRE LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE DÉCHETS DE CHANTIER MINÉRAUX.

Source : inspiré de Fig. 1 de OFEV 2023

Les matériaux d'excavation et de percement (tunnels) ne font pas partie du présent document mais sont une autre partie du module « Déchets de chantier » de l'aide à l'exécution relatives à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED). Quant aux matériaux terreux issus du décapage du sol, ils se réfèrent au module d'aide à l'exécution « Construire en préservant les sols ».

Le présent guide traite

- des graves avec granulats recyclés,
- des enrobés bitumineux avec agrégats d'enrobés (enrobés de recyclage),
- des bétons avec granulats recyclés,

et porte sur leur mise en œuvre sur les chantiers de construction en Valais, principalement sur les chantiers de génie civil et de béton armé (bâtiment).

1.5 Tableau des tâches et rôles des intervenants

	<u>Maître d'ouvrage (MO)</u>	<u>Mandataire</u>	<u>Entrepreneur / Fournisseur</u>
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'expérience 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.
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 bases du projet. - Elabore le <i>Plan d'assurance qualité</i>. 	

	<u>Maître d'ouvrage (MO)</u>	<u>Mandataire</u>	<u>Entrepreneur</u>	<u>Entrepreneur / Fournisseur</u>
Phases 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 (évt. 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 œuvre 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.

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 _u	Verre R _g	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

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 _u 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 ²) > 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 ²) > 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)	**	**	**	

2. Valorisation : principes généraux

2.1 Préambule

Le présent chapitre traite des principes généraux du recyclage des matériaux minéraux, principes communs aux graves, bétons et enrobés recyclés. Il se base largement sur la Partie «Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux» du module «Déchets de chantier» de l'aide à l'exécution de l'OLED (ci-après OFEV, 2023). Toutes les questions environnementales sont traitées dans ce document de l'OFEV, tandis que pour les aspects techniques, il faut se référer aux normes.

On entend par déchets de chantier au sens de l'art. 3 let. e de l'ordonnance sur les déchets (OLED, 2023) tout déchet produit lors de la construction, de la transformation ou de la déconstruction d'installations fixes. Ces déchets peuvent présenter une composition très différente. Le fait que l'OLED prévoit des dispositions spécifiques sur l'élimination des déchets concernés n'a aucune incidence sur la classification du déchet comme déchet de chantier.

Afin de permettre de définir exactement la classification particulière des déchets de chantier, il faut se baser sur la construction du module «Déchets de chantier» de l'aide à l'exécution de l'OLED. Ce module comprend les parties suivantes :

- Diagnostic des polluants et informations concernant l'élimination des déchets de chantier,
- Valorisation des matériaux d'excavation et de percement,
- Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux.

Dans le présent document, seule la partie «Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux» nous intéresse. A noter que le stockage définitif des déchets de chantier ne fait pas partie du module cité ci-dessus.

Le champ d'application de la partie «Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux» englobe les déchets minéraux de déconstruction au sens de l'art. 20 OLED. Il s'agit de tous les éléments d'une construction utilisés légalement à des fins de construction, soit aussi les fondations en matières premières primaires ou secondaires présentant une composition définie et une courbe granulométrique, se situant sous un revêtement étanche.

Des restrictions d'utilisation s'appliquent aux matériaux de construction recyclés produits à partir de matériaux de déconstruction minéraux.

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.

De plus la composition des matériaux recyclés doit satisfaire à certaines exigences découlant principalement des normes SN et EN.

Il est donc impératif de distinguer les matériaux d'excavation et de percement des matériaux de déconstruction non liés (p. ex. différencier fondation de gravier et matériaux non bitumineux de démolition de routes) en raison des différences qui s'appliquent en matière d'élimination.

La mise en application des principes et exigences légales énoncés doit permettre de pousser toujours plus vers une économie circulaire en diminuant l'impact sur le paysage par une réduction des volumes extraits et des déchets mis en stockage définitif.

2.2 Principes généraux

Les principes généraux de la gestion des déchets en Valais sont développés dans le Plan cantonal de gestion des déchets (SEN, 2023).

Les principes généraux valables pour la valorisation des déchets de chantier minéraux sont présentés ci-dessous et dans les chapitres suivants :

- Il s'agit tout d'abord de planifier suffisamment tôt et précisément la déconstruction (chap. 2.3), de manière à pouvoir revaloriser le maximum de déchets
- Ensuite, une déconstruction sélective est obligatoire (chap. 2.4, tri des déchets), de manière à garantir une qualité suffisante des futurs matériaux recyclés.
- Les principes du traitement des déchets de chantier minéraux (chap. 2.5) consistent à employer un matériau recyclé pour un usage analogue à sa fonction première et ainsi éviter un décyclage. L'idée sous-jacente est de préserver la possibilité d'un nouveau recyclage.
- Enfin, en fabriquant des matériaux recyclés (chap. 2.6), il est interdit de mélanger les déchets dans le but de diluer les polluants.

Quant à **l'aménagement et l'exploitation des installations de valorisation des déchets** de chantier minéraux (IVDM), il faut se référer à l'aide à l'exécution cantonale en la matière :

Aide à l'exécution, Aménagement et exploitation des Installations de Valorisation de Déchets de chantiers Minéraux (SEN, à paraître en 2024)

2.3 Planification avant déconstruction

Dans sa demande de permis de construire, ceci si les quantités de déchets de chantier dépassent vraisemblablement 200 m³, ou s'il faut s'attendre à des polluants dangereux pour l'environnement ou la santé dans les déchets de chantier (comme des PCB, des HAP, du plomb ou de l'amiante), le maître d'ouvrage devra fournir le document suivant (art. 16 OLED) :

Un plan d'élimination des déchets produits sur le chantier.

Ce plan d'élimination contiendra au moins les indications suivantes :

- les types de déchets prévus, leurs propriétés et leurs quantités ;
- les résultats du diagnostic polluants, à savoir les polluants que l'on peut s'attendre à trouver sur le

chantier en raison de la nature des matériaux en présence (par exemple goudron ou amiante) et/ou qui pourraient résulter de l'exploitation industrielle ou artisanale du terrain (liste établie sur la base d'un examen visuel et de la consultation du dossier), ainsi que les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et autres polluants, afin d'identifier les matériaux à base de goudron par ex. et de les éliminer séparément ;

- les filières et les installations d'élimination des déchets.

Ce plan sert de base à l'élimination de tous les déchets dans le respect de l'environnement. L'accent doit y être mis sur la valorisation. Le plan d'élimination des déchets est à établir le plus tôt possible dans le développement d'un projet et sera mis à jour durant le projet. En pratique, il s'agit de remplir le document Tableau d'élimination des déchets de chantier, disponible sur la plateforme www.dechets.ch. L'annexe A2 du Module Déchets de chantier de l'aide à l'exécution OLED donne également des renseignements sur la manière de remplir le document susnommé.

Afin d'atteindre un taux de valorisation élevé, le plan d'élimination des déchets prendra en compte l'ensemble de la chaîne de processus ci-dessous (fig. 2.1), de l'identification des polluants jusqu'aux matériaux recyclés produits.

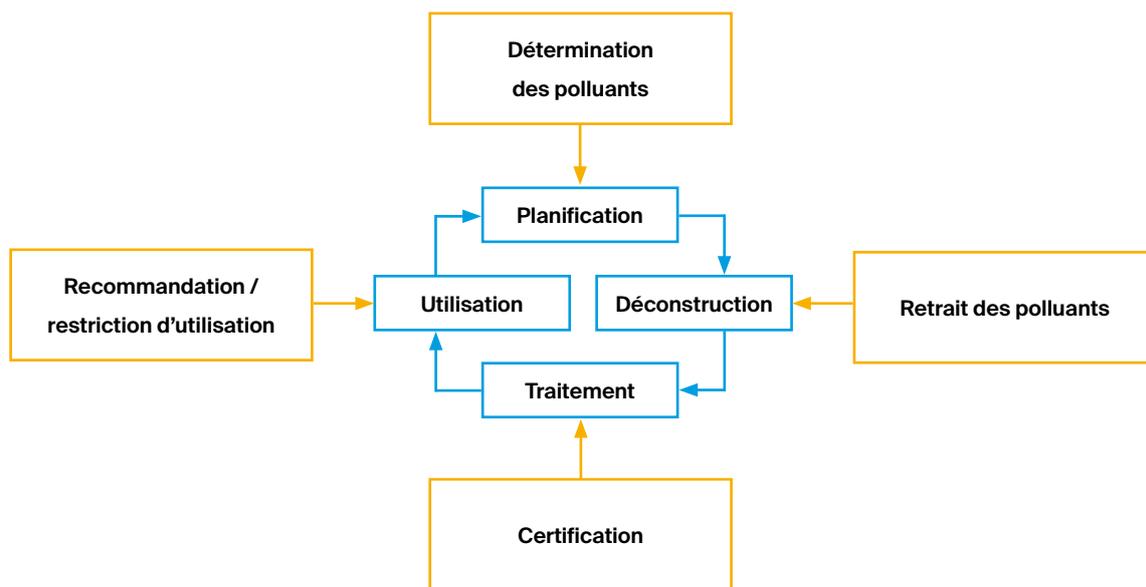


FIGURE 2.1 - FABRICATION ET UTILISATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS : CHAÎNE DE PROCESSUS

Source: Fig. 2 de OFEV 2023

2.4 Déconstruction séparée

2.4.1 Généralités

De manière générale, il s'agit de démonter les éléments réutilisables sans les détruire. On parle bien de déconstruction et non plus de démolition.

En détail, il s'agit de :

- veiller à collecter séparément les déchets spéciaux et à les diriger vers des filières d'élimination adéquates (art. 17 al. 1 OLED), puis
- **séparer le reste des déchets de chantier** (art. 17 al. 1 OLED), **directement sur le chantier**, entre :
 - matériaux terreux ;
 - matériaux d'excavation et déblais non pollués ;
 - autres déchets de chantier minéraux ;
 - autres matériaux pouvant faire l'objet d'une valorisation matière, tels que le verre, les métaux, le bois et les matières plastiques ;
 - déchets combustibles qui ne peuvent pas faire l'objet d'une valorisation matière ;
 - autres déchets.
- Concernant les **autres déchets de chantier minéraux**, ceux-ci doivent être triés sur le chantier entre :
 - matériaux bitumineux de démolition ;
 - béton de démolition ;
 - matériaux non bitumineux de démolition des routes/matériaux de déconstruction non liés ;
 - tessons de tuiles ;
 - matériaux de démolition non triés ;
 - autres déchets de chantier minéraux recyclables triés le plus proprement possible, comme le plâtre ;
 - autres déchets de chantier minéraux.

L'autorité peut exiger un tri plus poussé si cette opération permet de valoriser des fractions supplémentaires des déchets (art. 17 al. 3 OLED).

Pour que le tri puisse s'organiser lors de démolitions ou de travaux de transformation, il est impératif de procéder à une « déconstruction », respectant à l'envers les étapes de la construction.

Le maître d'ouvrage devra garantir la qualité requise des matériaux recyclés pour les catégories de déchets de chantier minéraux utilisés directement comme matériaux recyclés après une déconstruction sans traitement préalable.

Lorsqu'il prévoit d'utiliser ces matériaux sur le chantier où ils auront été produits, le maître d'ouvrage devra prouver avant le début des travaux de construction que les matériaux recyclés satisfont aux exigences de qualité énoncées dans le présent document.

2.4.2 Exigences spécifiques pour les matériaux de démolition des routes

Le présent tableau indique les exigences qui sont spécifiques aux matériaux bitumineux de démolition et aux matériaux non bitumineux de démolition des routes, que ce soit en termes de détermination des polluants que de déconstruction et d'élimination.

TABLEAU 2.1 - DÉTERMINATION DES POLLUANTS ET DÉCONSTRUCTION DES MATÉRIAUX BITUMINEUX.

Source: tableau 1 de OFEV 2023

	Détermination des polluants	Déconstruction et élimination
Matériaux bitumineux de démolition	<p>La teneur en HAP des matériaux bitumineux de démolition à éliminer doit être analysée conformément à l'aide à l'exécution « Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués ». Jusqu'à un seuil de 30 m³, une analyse effectuée sur place, p. ex. à l'aide d'un marqueur d'HAP sous forme de spray, est également autorisée. La question de savoir s'il faut analyser le revêtement étanche, la couche de base et la couche d'accrochage séparément ou en tant qu'ensemble dépend du type de démolition et des lots de déchets qui en résultent.</p>	<p>Lors de la déconstruction, il convient d'éviter que la couche bitumineuse liée ne se mélange avec la fondation en gravier. Après la destruction mécanique, les restes de matériaux bitumineux doivent être éliminés de la surface du coffre de gravier.</p> <p>Les matériaux bitumineux de démolition doivent être valorisés en fonction de leur teneur en HAP et dans le respect des prescriptions des art. 20 et 52 OLED, en priorité pour la fabrication de revêtements. Si leur valorisation n'est pas possible, ils peuvent être stockés définitivement conformément à l'annexe 5 OLED.</p>
	<p>Le nombre d'échantillons dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> > de l'homogénéité et de la longueur du tronçon de route à rénover, > du type d'enrobé, et > de l'âge du revêtement. 	
Matériaux non bitumineux de démolition de routes	<p>En l'absence d'indices concrets de pollution de la fondation par des HAP ou d'autres polluants, il n'est pas nécessaire d'analyser la grave de fondation.</p>	<p>La production de matériaux non bitumineux de démolition des routes contenant > 4 % de matériaux bitumineux doit être évitée par une déconstruction appropriée. Les restrictions énoncées au chapitre 3.4 du présent guide s'appliquent au traitement et les exigences mentionnées au point 3.4.5 à la valorisation sur place.</p> <p>Les matériaux non bitumineux de démolition des routes doivent être valorisés sur place. Si leur valorisation n'est pas possible, les matériaux non bitumineux de démolition des routes qui :</p> <ul style="list-style-type: none"> > ont été mis en œuvre initialement sous forme de grave de fondation, et > pour lesquels il n'existe aucun indice concret de pollution par des HAP (cf. colonne détermination des polluants) <p>peuvent être stockés définitivement dans une décharge de type B en vertu de l'annexe 5 ch. 2.1 let. g OLED.</p>
	<p>La teneur exacte en HAP des matériaux non bitumineux de démolition des routes doit être déterminée dans les cas suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> > la couche bitumineuse en contact avec le coffre de gravier présente une teneur en HAP supérieure à 1000 mg/kg ; > dans le passé, une imprégnation bitumineuse a été appliquée dans le corps de la route ; > les matériaux non bitumineux de démolition des routes ont une odeur particulière ; > il existe des indices (p. ex. plans, documents) selon lesquels des couches bitumineuses contenant plus de 1000 mg/kg d'HAP ou des couches d'imprégnation ont été enlevées lors d'assainissements antérieurs. 	<p>En fonction de leur teneur en HAP, les matériaux non bitumineux de démolition des routes sont à valoriser (la valeur limite fixée à l'annexe 3 ch. 2 OLED est respectée), à traiter sur place ou à stocker définitivement en respectant les valeurs limites pour les HAP fixées à l'annexe 5 ch. 2.3 (décharge de type B) ou ch. 5.2 (décharge de type E) OLED.</p>
	<p>Une analyse de tous les polluants pertinents doit être effectuée en vertu de l'OLED dans les cas suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> > des substances étrangères (p. ex. anciennes scories, sables de fonderie, éléments non minéraux) sont manifestement présentes ; > il s'agit d'un site pollué 	<p>En fonction de leurs teneurs en polluants, les matériaux non bitumineux de démolition des routes sont à valoriser sur place (les valeurs limites fixées à l'annexe 3 ch. 2 OLED sont respectées), à traiter ou à stocker définitivement en respectant les valeurs limites fixées à l'annexe 5 ch. 2.3 (décharge de type B) ou 5.2 (décharge de type E) OLED.</p>

2.5 Traitement des déchets de chantier minéraux

2.5.1 Principes

Le traitement des déchets de chantier minéraux comprend toutes les opérations que sont le tri, la séparation des éléments indésirables, le concassage et la classification. Le but du traitement est d'obtenir des matériaux recyclés qui satisfont aussi bien aux exigences environnementales (en particulier de protection des eaux souterraines) qu'aux exigences techniques.

On veillera à utiliser les matériaux recyclés de façon optimale en **préservant la possibilité d'un nouveau recyclage**. Afin d'atteindre ce but, on tâchera d'employer un matériau recyclé pour un usage analogue à sa fonction première et d'éviter un décyclage.

Par décyclage, de l'anglais downcycling, on entend le traitement de matériaux de déconstruction conduisant à des matières de moindre qualité par rapport au matériau initial, ce qui constitue une dévalorisation.

C'est pour cette raison que l'on ne liera pas un matériau contenant des constituants bitumineux au moyen d'un liant hydraulique. De même, on n'utilisera pas de liant bitumineux pour lier un matériau contenant des constituants de béton.

2.5.2 Matériaux de déconstruction minéraux et exigences de qualités posées aux matériaux et produits recyclés

A partir des matériaux de déconstruction minéraux, il est possible de fabriquer les matériaux et produits recyclés suivants :

TABLEAU 2.2 - CATÉGORIES DE MATÉRIAUX DE DÉCONSTRUCTION ET DE MATÉRIAUX RECYCLÉS

Source : tableau 2 de OFEV 2023

Matériau de déconstruction	Matériaux recyclé	Produits recyclés: exigences techniques et spécifiques aux matériaux
Béton de démolition	Granulats de béton	- Norme de base RC SN 670 071
Matériaux de démolition non triés	Granulats de matériaux de démolition non triés	- SN EN 13285 Graves non traitées – Spécifications
Matériaux bitumineux de démolition	Granulats bitumineux	- VSS 70 119 Graves non traitées ; spécifications techniques à la livraison
Matériaux non bitumineux de démolition des routes matériaux de déconstruction non liés	Graves recyclées	- SN EN 206 Béton – Définition, caractéristiques, fabrication et conformité
Tessons de tuiles	Granulats de tuiles au sens de l'annexe A1	- Cahier technique SIA 2030, Béton avec granulats recyclés
		- SN EN 13108-x, Mélanges bitumineux – Spécifications pour le matériau
		- SN EN 12620 Granulats pour béton

Pour que les déchets de chantier traités puissent être valorisés comme matériaux recyclés, de manière respectueuse de l'environnement conformément à l'aide à l'exécution, le taux de substances étrangères doit être inférieur à 1% en poids. Sont considérés par exemple comme substances étrangères : le gypse, les matériaux isolants minéraux ainsi que toutes les parties non minérales, en particulier : les matériaux isolants organiques, le papier et carton, les matières plastiques, le bois, les métaux, le caoutchouc.

Pour que les matériaux recyclés puissent être classés comme produits recyclés, les exigences des normes correspondantes doivent être satisfaites et leur respect doit être prouvé.

Si, après le traitement, la qualité requise n'est pas atteinte et ne peut pas l'être au moyen d'éventuelles étapes supplémentaires, les matériaux doivent être éliminés conformément à l'OLED.

2.5.3 Processus de traitement

Les matériaux de déconstruction minéraux peuvent être préparés par des procédés mécaniques par voies sèche ou humide.

- Lors du traitement mécanique par voie sèche, les matériaux de déconstruction sont concassés et fractionnés en fonction de leur granulométrie. Les polluants s'accumulent dans la fraction fine.
- Dans le traitement mécanique par voie humide, les matériaux sont concassés, puis séparés physiquement par leur densité. Ainsi les fractions sont nettoyées et les polluants se concentrent dans la fraction fine (mousse de flottation, gâteau de filtration).

S'agissant de la production de granulats recyclés pour des **applications non liées**, la fraction fine (taille des granulats inférieure à 8 mm) des matériaux de déconstruction minéraux non triés doit être tamisée avant le traitement par voie sèche afin d'éliminer les polluants. Dans le traitement par voie humide, les boues d'épuration doivent être extraites et valorisées, respectivement éliminées conformément aux prescriptions énoncées au point 2.5.4.

En ce qui concerne la production de granulats recyclés destinés à **des applications liées**, il n'est pas nécessaire d'extraire la fraction fine des matériaux de démolition non triés.

2.5.4 Elimination des fractions fines

La fraction fine tamisée issue du traitement par voie sèche ainsi que le gâteau de filtration issu du traitement par voie humide doivent être analysés chimiquement conformément au module «Échantillonnage des déchets solides» de l'aide à l'exécution relative à l'OLED. Les filières d'élimination ci-après sont possibles en respectant les exigences correspondantes; dans ce contexte, la valorisation en tant que matière première secondaire est préférable au stockage définitif :

- Agrégat pour le béton ou additif pour le ciment (annexe 3 ch. 2 OLED en relation avec l'annexe 4 ch. 3.1 let. f OLED)
- Matière première pour la fabrication de ciment (annexe 4 OLED)
- Décharge de type B (annexe 5 ch. 2.3 OLED)
- Décharge de type E (traitement à sec: annexe 5 ch. 5.1 let. c OLED; traitement par voie humide: annexe 5 ch. 5.2 OLED).

2.6 Fabrication de matériaux recyclés

2.6.1 Fabrication de matériaux recyclés

Il est interdit de mélanger des matériaux de déconstruction et des produits recyclés avec d'autres déchets ou quelque autre substance que ce soit **si cette opération sert avant tout à réduire par dilution leurs teneurs en polluants ou en substances étrangères (art. 9 OLED).**

De même, afin de préserver les ressources naturelles, le gravier primaire ne peut être mélangé à des produits recyclés **qu'à des fins de construction (art. 1 let. c OLED).**

D'autres matériaux, comme le gravier, peuvent par contre être ajoutés aux matériaux recyclés issus du traitement si cela s'avère nécessaire pour **obtenir les propriétés techniques requises par la norme.** Par contre, l'inverse, c'est-à-dire l'ajout de matériaux recyclés à une grave primaire, est interdit.

On veillera à fabriquer uniquement des matériaux recyclés pouvant être valorisés à plusieurs reprises.

Afin de garantir le respect de ce principe, il est interdit de mélanger les matériaux bitumineux, le béton et les briques (les règles suivantes s'appliquent : « noir avec noir », « gris avec gris » et « rouge avec rouge »).

2.6.2 Restrictions s'appliquant aux déchets de chantier et aux matériaux recyclés bitumineux

Les matériaux bitumineux de démolition et les granulats bitumineux doivent être **valorisés en priorité sous forme liée** pour la production de matériaux bitumineux.

Sous forme non liée, ils peuvent être utilisés exclusivement dans la construction routière, comme **couche de nivellement (ou de réglage)** sous un revêtement étanche. Ils ne doivent pas être mélangés à d'autres types de matériaux.

Les **graves recyclées présentant une part de matériaux bitumineux supérieure à 4% (anciennement grave A)**, qui sont issues de la déconstruction, **peuvent être réemployées uniquement sur le lieu de production sous forme non liées.**

Pour plus de détails concernant la fabrication et l'utilisation de graves recyclées, se référer aux chap. 3.2 et suivants du présent guide.

3. Graves avec granulats recyclés

3.1 Préambule

Le présent chapitre traite des graves recyclées. Il se base sur les normes (VSS principalement) pour ce qui concerne la technique et sur la Partie «Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux» du module «Déchets de chantier» de l'aide à l'exécution de l'OLED (ci-après OFEV, 2023) pour les restrictions d'utilisation liées à la protection des eaux souterraines. Pour les aspects liés aux pratiques du Service de la mobilité (SDM), ce chapitre se réfère au rapport interne «Stratégie sur les graves non traitées des fondations de chaussées» de fin 2023 du SDM.

3.2 Fabrication des graves

Les principes généraux liés à la fabrication de matériaux recyclés sont développés au chap. 2.6 du présent guide.

Pour rappel, il est interdit de mélanger des matériaux de déconstruction et des produits recyclés avec d'autres déchets ou quelque autre substance que ce soit **si cette opération sert avant tout à réduire par dilution leurs teneurs en polluants ou en substances étrangères (art. 9 OLED).**

3.2.1 Adjonction de gravier primaire

L'adjonction de matériaux recyclés (cf. tab. 2.2 du chap. Valorisation) au gravier primaire **n'est pas autorisée** pour la fabrication de graves recyclées. Par contre, l'adjonction de gravier primaire à des graves recyclées est **autorisée, ceci exclusivement pour obtenir les caractéristiques techniques souhaitées**; la part de matériau primaire ajouté ne **pouvant excéder 20% de la grave recyclée**.

L'adjonction de gravier primaire **n'est pas autorisée pour fabriquer, à partir de grave de fondation, de la grave recyclée soumise à de faibles restrictions d'utilisation** (p. ex. un ajout de gravier primaire pour que la proportion de béton < 4%).

3.2.2 Adjonction de gravier issu du traitement de matériaux d'excavation

La fraction de gravier issue du traitement des matériaux d'excavation non pollués est assimilée au gravier primaire.

Afin de pouvoir être utilisée pour la production de matériaux recyclés, la fraction de gravier issue du traitement des matériaux d'excavation pollués (p. ex. par lavage de sol):

- doit respecter les valeurs limites fixées à l'annexe 3 ch. 2 OLED, et
- doit contenir, outre les granulats naturels, uniquement des matériaux de déconstruction minéraux au sens du présent guide technique (cf. tab. 2.2 du chap. Valorisation) et pas d'autres substances étrangères.

3.3 Spécifications à la livraison des graves non traitées

3.3.1 Importance des normes suisses pour les produits recyclés

Les directives relatives à la composition des matériaux recyclés figurent dans la législation suisse et dans les normes sur les produits de construction. A cet égard la norme VSS 70 119 (2021-10-30) s'applique plus spécifiquement, ainsi que la SN EN 13242+A1 (2021-10-30) et la SN EN 13285 (2021-10-31).

La norme VSS 70 119 spécifie les exigences techniques à la livraison pour les graves non traitées produites à partir de granulats naturels, de granulats fabriqués industriellement et de granulats recyclés, utilisées pour la construction et l'entretien des routes, des aérodromes et d'autres aires de circulation.

3.3.2 Classification et désignation des graves

La désignation des matériaux, respectivement du pourcentage des matériaux recyclés ou fabriqués industriellement, la classification des constituants doit être déclarée.

Les matériaux RC-graves sont définis conformément aux exigences du schéma ci-dessous:

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

3.3.3 Désignation et composition des graves recyclées

Pour que les déchets de chantier retraités puissent être classés comme **produits recyclés** les exigences suivantes doivent être remplies de manière cumulative selon l'état de la technique.

Les caractéristiques et exigences relatives aux graves non traitées, ou matériaux recyclés RC, sont détaillées principalement dans la **VSS 70 119, édition 2021-10** (graves non traitées, spécifications techniques à la livraison), **la SN EN 13285 et l'annexe nationale, édition 2021-10** (graves non traitées spécification) ainsi que la **SN EN 13242 + A1, édition 2021-10** (granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées).

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]

Comme nous le verrons plus loin, les graves GNT RC-Grave A ne doivent plus être produites pour des raisons environnementales.

Spécifiquement lors de l'utilisation de granulats recyclés, la proportion des composants principaux des graves (granulats béton, granulats asphalte, granulats non liés) peut différer de + ou - 25% (relatif) par rapport à la composition déclarée. Les valeurs maximales et minimales des divers composants sont à respecter dans tous les cas. Source : SN EN 13285, annexe nationale, art. 13.1.

La classification des composants principaux ainsi que leur pourcentage déclaré, tout en respectant les courbes granulométriques des graves GNT ainsi que des différentes valeurs de références normatives, qualifient de manière univoque la grave fournie et leur possible utilisation.

Les matériaux de récupération qui n'atteignent pas la qualité requise seront soit réacheminés vers la filière de traitement et leur qualité à nouveau contrôlée avant l'utilisation, soit éliminés conformément à l'OLED. La figure ci-dessous illustre ceci.

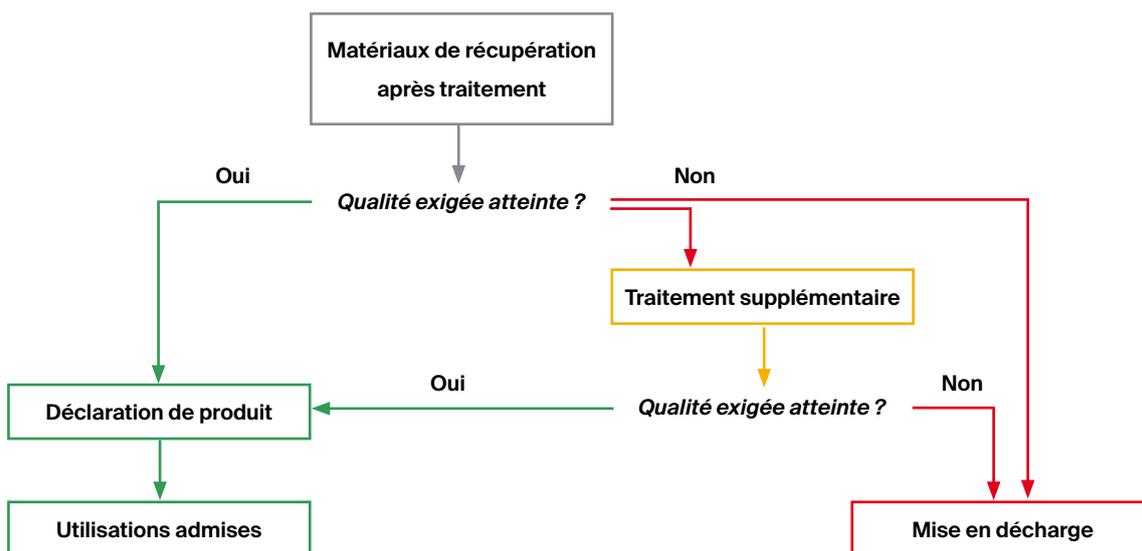


FIGURE 3.1 - FABRICATION ET UTILISATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS : CHAÎNE DE PROCESSUS.

Source : figure inspirée de la fig. 3 de la Directive OFEV 2006 (plus en vigueur)

3.4 Valorisations autorisées et restrictions

De manière générale, pour une utilisation durable des ressources, les deux principes suivants s'appliquent :

- La circularité des matériaux de construction doit être maintenue sur plusieurs cycles de vie ; pas de downcycling.
- Il s'agit d'éviter que les matériaux recyclés entrent en contact avec l'eau et que d'éventuels polluants soient lessivés ; application du principe de précaution et application de l'art. 6 LEaux.

3.4.1 Conditions d'emploi fixées par le SDM pour les couches de fondations de chaussées

Avant de définir les restrictions d'utilisation liées à la protection des eaux souterraines (voir chap. suivants), il est inscrit ici pour information les utilisations admises par le Service de la mobilité (SDM) de l'Etat du Valais.

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	-

Légende : idem définitions tableau 3.1, ci-avant

Une restriction cantonale est imposée vis-à-vis de l'utilisation pour les couches de fondations de chaussées pour les RC-GB (grave de granulats béton) et RC-GM (grave de granulats non triés). Ces exigences limitatives découlent d'une diminution de compactibilité et de portance, ainsi que de la modification du coefficient d'absorption d'eau.

La fabrication et la fourniture de la RC-grave A comme couche de fondation sont à proscrire pour d'évidentes raisons environnementales (mélange noir et gris). Seule est possible la 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 déjà en place, comme couche de fondation et

recouverte d'un revêtement étanche. On parle alors de chantier autonome. Voir chap. 3.4.9.

Concernant les autres restrictions d'utilisation des RC-graves, notamment environnementales, se référer aux chapitres suivants.

3.4.2 Valorisation sous forme liée

Du point de vue des exigences environnementales, le béton composé de granulats recyclés et les matériaux bitumineux recyclés sont assimilés à des matériaux de construction primaire. Les possibilités de valorisation sont détaillées dans le tableau 3.3.

Par ailleurs la forme liée se réfère exclusivement au béton ou aux matériaux bitumineux imperméables. Le béton maigre entre dans cette catégorie si la quantité de liant est $>150 \text{ kg/m}^3$.

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	non	oui
		Non liée avec revêtement étanche	non	oui
		Liée	oui	oui
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	non	non
		Non liée avec revêtement étanche	non	oui
		Liée	oui	oui
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	non	non
		Non liée avec revêtement étanche	non	non*
		Liée	oui	oui

*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)

3.4.3 Valorisation sous forme non liée

Les possibilités de valorisation des différents matériaux recyclés sont détaillées dans le tableau 3.3. Les matériaux recyclés :

- qui sont constitués d'au moins 95% en poids de granulats naturels (gravier et sable), et
- qui contiennent au maximum 5% en poids de granulats recyclés (somme des granulats de démolition non triés + granulats de béton + granulats de matériaux bitumineux) et de substances étrangères, la part de ces dernières ne devant toutefois pas excéder 1% en poids au maximum,

ne doivent pas être utilisés dans les zones de protection des eaux souterraines. Ces matériaux recyclés ne sont pas soumis à d'autres restrictions d'utilisation (cf. tab. 3.3).

3.4.4 Revêtement étanche

La mise en œuvre de matériaux comportant plus de 4% en poids de granulats recyclés est autorisée 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. Ainsi :

- Les revêtements en matériaux bitumineux poreux (matériaux bitumineux drainants) ainsi que les revêtements superficiels constitués d'argile ou de marne ne sont pas considérés comme étanches au sens du présent guide.
- De même, le granulat bitumineux épandu à froid et laminé n'équivaut pas à une valorisation sous forme liée et n'est pas considéré comme un revêtement étanche. **Son utilisation en tant que telle n'est donc pas autorisée.**
- Le revêtement étanche doit être mis en place au plus tard douze mois après la mise en œuvre des matériaux recyclés.

3.4.5 Valorisation sur place

Une valorisation sur place, c'est-à-dire dans le cadre du projet de construction autorisé, des matériaux de fondation déconstruits est admissible aux conditions suivantes :

- lorsque la présence de polluants – notamment de HAP – n'est pas suspectée ou si des analyses correspondantes ont été effectuées et le prouvent,
- lorsqu'ils ont été mis en œuvre initialement **comme couche de fondation**,
- lorsque les matériaux de fondation sont exclusivement composés de granulats naturels ou de matériaux de récupération minéraux conformément aux normes ou à l'ancienne « Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux » (OFEV 2006).

En fait, si les mélanges de granulat recyclés respectent les exigences de l'ancienne directive de 2006, ils peuvent être réemployés sur place. En règle générale, il est possible de procéder à la même utilisation qu'avant la déconstruction.

Ainsi, les graves recyclées présentant une part de matériaux bitumineux supérieur à 4% (anciennement grave de recyclage A), qui sont issues de la déconstruction, doivent être réemployées uniquement sous forme non liée **sur le lieu de production**.

3.4.6 Fondations en enrobés bitumineux à froid

Les fondations bitumineuses coulées à froid ne peuvent être réalisées que dans une installation appropriée (stationnaire ou mobile) par l'ajout de bitume mousse. Ce faisant, il n'est pas permis de mélanger les couches liées au bitume avec le coffre de gravier ni de les stabiliser au ciment. Si la fondation est mise en œuvre sur la base de ces prescriptions, elle est considérée comme une application liée.

3.4.7 Pistes de chantier temporaires

Sur les surfaces situées dans le périmètre du projet de construction, des pistes et des installations de chantier temporaires peuvent être construites avec des matériaux de récupération. Dans ce cas, il convient d'utiliser un géotextile de séparation afin que la déconstruction puisse être effectuée autant que possible dans le respect du tri par matière.

Cependant:

- L'utilisation de matériaux de récupération à cette fin n'est pas autorisée sur les surfaces qui seront remises à l'état initial sans revêtement étanche après la phase de construction.
- Il n'est pas non plus autorisé d'utiliser des matériaux de récupération pour des pistes et des installations de chantier temporaires construites directement sur sol naturel.

3.4.8 Conditions liées à l'environnement

Si les produits recyclés sont utilisés conformément à la présente aide à l'exécution, la valorisation est considérée comme respectueuse de l'environnement au sens de l'art. 30 LPE. Si, en revanche, les produits recyclés ne sont pas utilisés de manière respectueuse de l'environnement, l'autorité fait procéder à une élimination dans le respect de la législation environnementale.

L'autorité doit également faire procéder à une élimination dans le respect de l'environnement lorsque les substances utilisées ne répondent pas aux exigences de qualité des produits recyclés (part de substances étrangères <1% en poids).

Les matériaux recyclés ne satisfaisant pas aux exigences de qualité (voir 3.4.3) ne doivent pas être utilisés sous forme non liée pour des applications où un contact direct avec les eaux souterraines ne peut être exclu (art. 6 LEaux). **Ainsi, les restrictions d'utilisation suivantes s'appliquent :**

- Dans le secteur Au de protection des eaux, les matériaux recyclés ne peuvent être utilisés que si tout contact direct avec les eaux souterraines est exclu. En règle générale, il y a lieu de respecter une distance d'**au moins 2 m** entre les matériaux recyclés et le niveau maximum de la nappe. Les informations en lien avec l'emplacement et la hauteur de la nappe phréatique en Valais sont disponibles sur le géoportail du Service de l'environnement : https://sitonline.vs.ch/environnement/nappe_phreatique/fr/#/.

- Dans certains cas, il est possible de descendre en dessous de cette distance minimale avec l'accord du service cantonal spécialisé si l'on peut prouver qu'un contact avec les eaux souterraines est exclu et ainsi écarter tout danger pour ces dernières.
- Dans les autres secteurs (üB), les matériaux recyclés non liés ne peuvent être utilisés qu'au-dessus du niveau maximum de la nappe.
- L'utilisation de matériaux recyclés en tant que matériaux de fondation est autorisée dans la zone de la banquette des routes si les conditions suivantes sont remplies :
 - les produits recyclés sont conformes aux normes ;
 - la couverture de la fondation sous l'accotement présente un coefficient de perméabilité $k < 10^{-6}$ m/s ; et
 - l'accotement a une largeur maximale de 1 m.
- L'utilisation de matériaux recyclés minéraux pour des couches drainantes dans les installations d'infiltration et les conduites de drainage n'est pas autorisée en dehors des décharges.
- L'épaisseur de la couche des matériaux recyclés minéraux devant être appliquée doit être déterminée exclusivement sur la base des exigences de construction. Elle ne devrait toutefois pas dépasser 2 m.
- Dans les zones de protection S1 et S2, aucune route ne devrait y avoir été construite. Si pour des raisons historiques cela devait tout de même être le cas, aucune utilisation de matériaux minéraux de recyclage n'est admise dans ces secteurs.
- De manière générale, tous les documents utiles concernant la protection des eaux souterraines en Valais se trouvent sur le site internet du SEN : <https://www.vs.ch/web/sen/eaux-souterraines-et-constructions>.

3.4.9 Cas de la RC-Grave A

En ce qui concerne la RC-Grave A, c'est-à-dire une grave contenant plus de 4% de matériaux bitumineux de la norme VSS 70 119, les éléments suivants sont à mettre en exergue :

- Lors du fraisage d'un revêtement (déconstruction), il convient d'éviter que la couche bitumineuse liée ne se mélange avec la fondation en gravier. Ainsi, les restes de matériaux bitumineux doivent être éliminés proprement de la surface de la couche de fondation de gravier (bonne séparation des couches).
- Les matériaux bitumineux de démolition et les 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 la construction routière, comme couche de nivellement (réglage) sous un revêtement étanche. Ils ne doivent pas être mélangés à d'autres types de matériaux.
- Les revêtements en matériaux bitumineux poreux (matériaux bitumineux drainants) ainsi que les revêtements superficiels constitués d'argile ou de marne ne sont pas considérés comme étanches au sens de la présente aide à l'exécution.
- De même, le granulats bitumineux épandu à froid et laminé n'équivaut pas à une valorisation sous forme liée et n'est pas considéré comme un revêtement étanche. Son utilisation est donc interdite.

- Lors d'une valorisation sur place, les graves recyclées présentant une part de matériaux bitumineux > 4 % (anciennement RC-Grave A), qui sont issues de la déconstruction, peuvent être réemployées uniquement sur le lieu de production, sous forme non liée.
- Ainsi, pour des raisons environnementales, il n'est plus possible de produire ni d'utiliser de nouvelles RC Grave-A, ni d'en créer de nouvelles in situ dans le cadre de chantiers autonomes où il n'y en avait pas (voir le chap. 3.4.5 pour la valorisation sur place).

3.5 Contrôles de qualité et essais

3.5.1 Contrôle de la qualité

La fréquence et la portée des contrôles de la qualité portant sur les matériaux de récupération sont fixées dans la **VS 70 119, édition 2021-10** (graves non traitées, spécifications techniques à la livraison), la **SN EN 13285 et l'annexe nationale, édition 2021-10** (graves non traitées spécification) ainsi que la **SN EN 13242 + A1, édition 2021-10** (granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées).

3.5.2 Fréquence des contrôles du fournisseur et durée de validité des documents

3.5.2.1 Production certifiée

Dans le cas d'une production certifiée (le certificat doit être valable au moment de la livraison), la fréquence des contrôles est régie par le fournisseur dans le cadre de la certification de son produit. La fréquence doit être adaptée au plan qualité de la production du fournisseur en question. Un dossier complet doit être remis au maître d'ouvrage annuellement. La durée de validité des documents qui le composent est de 1 an, sauf pour les essais pour lesquels la norme prévoit un délai différent et qui sont listés ci-dessous (état mars 2023) :

- Résistance au gel (cf. normes SN EN 13286-47, VSS-70 321) : 2 ans
- Perméabilité (cf. norme SN EN ISO 17892-11) : 2 ans
- Portance (CBR1 et CBR2) (cf. norme SN EN 13286-47) : 2 ans

Le dossier fourni pour un produit doit correspondre au matériau qui sera effectivement utilisé pour le chantier. Le maître d'ouvrage peut se réserver le droit de procéder aux contrôles des livraisons sur le chantier, ainsi qu'aux contrôles requis lors de la mise en place et le compactage du produit livré.

3.5.2.2 Production non certifiée ou production « coup par coup »

Dans le cas d'une production non certifiée, par exemple production du type « au coup par coup », le contrôle devra être fait selon le tableau 3.4 et le tableau 3.5 et un dossier complet devra être soumis au maître d'ouvrage au plus tard lors du dépôt de l'offre.

Le maître d'ouvrage procédera de manière anticipée à des contrôles préliminaires au dépôt de l'entrepreneur du stock de matériaux spécifiquement préparés pour l'utilisation fixée. Il procédera également aux contrôles lors des livraisons sur le chantier ainsi qu'aux contrôles requis lors de la mise en place et le compactage du produit livré.

Le dossier fourni pour un matériau spécifiquement préparé pour un chantier ou une utilisation fixée doit absolument correspondre à celui qui sera livré.

3.5.3 Essais usuels selon la norme VSS 70 119

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 \leq 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)	
	Passant 75 à 99%				
	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 \pm 11%					
1 mm (Tamis E)			2 mm (Tamis E)		
Tolérance \pm 9%					
0.5 mm (Tamis F)			1 mm (Tamis F)		
			1 mm (Tamis G)		
Tolérance \pm 5%					
Continuité	SN EN 13285	Différence entre les passants au tamis de		Tableau 8	
		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%					

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	Forme des gravillons Fractions 4/8, 8/16, 16/32 et 32/D	SN EN 13242	F ₃₅	
Essai Los Angeles	Résistance à la fragmentation Fractions 4/8 et 11/16	SN EN 13242	LA ₄₀	
Grains concassés	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

3.5.4 Essais complémentaires exigés par le SDM

Pour information, en fonction de la teneur en fine déclarée, des essais complémentaires sont imposés par le SDM, dans le cas de chantiers de routes cantonales, en plus de la liste figurant au tableau 3.4 ci-dessus : voir tableau 3.5 ci-dessous.

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/d} ≤ 1 g Mb/kg	-
4	> 7 et ≤ 9	Grave et RC-Grave	≥ 0,5	≥ 0,5	A déclarer	MB _{0/d} ≤ 1 g Mb/kg	P0.02mm < 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.

3.5.5 Documentation des contrôles

Le fabricant garantit que les matériaux de récupération qu'il offre ont la qualité requise et la vérifie lui-même régulièrement en procédant au minimum aux contrôles suivants :

- contrôles visuels en régime normal ;
- analyse des matériaux ;

Le taux de substances étrangères dans les produits recyclés est contrôlé régulièrement par l'exploitant de l'installation.

La norme VSS 70 119 explicite au point 22, pages 10, 11 et 12, les caractéristiques et exigences relatives aux graves non traitées, ainsi que les exigences relatives aux granulats utilisés selon le domaine d'application de ladite norme.

L'évaluation et la vérification de la constance des performances peuvent se retrouver à l'article 14 de l'annexe nationale à l'EN 13285, pages 11 et 12.

Les fréquences minimales des essais visant à déterminer les caractéristiques générales ou les caractéristiques des granulats d'origine particulière sont visibles aux tableaux C.1 et C.2 pages 34 et 35 de l'EN 13242:2002 + A1:2007.

L'autorité cantonale fixe l'étendue et la fréquence de ces contrôles dans l'autorisation.

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

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

Propriété des granulats	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.

3.5.6 Déclaration des produits

Lors de chaque livraison de produits recyclés, l'exploitant de l'installation doit confirmer au preneur (entreprise qui reçoit le matériel) que les exigences concrétisées dans la présente aide à l'exécution ainsi que les autres exigences légales pertinentes sont respectées.

Par ailleurs, l'exploitant de l'installation devrait informer le preneur des éventuelles restrictions d'utilisation selon le chapitre 3.4 « Valorisations autorisées et restrictions ».

L'exploitant de l'installation documente les contrôles effectués sur l'installation et sur les matériaux et communique les résultats à l'autorité sur demande.

3.6 Références

- Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets OLED (état 26 septembre 2023).
- Loi fédérale sur la protection de l'environnement LPE (état 1^{er} janvier 2022).
- Ordonnance sur la protection des eaux OEaux (état 1^{er} février 2023).
- Ordonnance sur les mouvements de déchets OMoD (état 1^{er} janvier 2020).
- Ordonnance du DETEC concernant les listes pour les mouvements de déchets (état 1^{er} janvier 2018).
- OFEV, Aide à l'exécution relative à l'OLED, Module « Déchets de chantier » (2020).
- OFEV, Aide à l'exécution relative à l'OLED, module « Déchets de chantier », partie Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux (août 2023).
- OFEV, Aide à l'exécution relative à l'OLED, module « Déchets de chantier », partie Valorisation des matériaux d'excavation et de percement (2021).
- OFEV, Aide à l'exécution « Construire en préservant les sols », partie Evaluation des sols en vue de leur valorisation (2021).
- OFT, Directive sur les déblais de voie (31.08.2023).
- DMTE / SDM, Directives sur les graves non traitées des fondations de chaussée (01.10.2023), disponible sur <https://www.vs.ch/fr/web/sdm/documentation>.
- DMTE / SEN, Aide à l'exécution, Aménagement et exploitation des installations de valorisation de déchets de chantiers minéraux (à paraître en 2024), sera disponible sur <https://www.vs.ch/web/sen/ivdm>.
- DMTE / SEN, Géoportail pour les données de la nappe phréatique: https://sitonline.vs.ch/environnement/nappe_phreatique/fr/#/
- DMTE / SEN, Divers documents et directives concernant la protection des eaux souterraines: <https://www.vs.ch/web/sen/eaux-souterraines-et-constructions>
- VSS 70 119, édition 2021-10-31, graves non traitées. Spécifications techniques à la livraison.
- VSS 40 580, édition 2023-05-31, couches de fondation non liée (exécution et exigences relatives aux couches en place).
- VSS / SN, EN 13242+A1, édition 2021-10-31, granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.

- VSS / SN, EN 13285, édition 2021-10-31, Graves non traitées (spécifications).
- SIA 430:2023, Limitation et gestion des déchets de chantier.
- Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux, Tableau synoptique résumé des normes (cf. chap. 1.6).

3.7 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*

Déclaration de conformité 2023

N° déclaration de performance	RC-B 0-45_DC 2023	
1. Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
2. Utilisation du produit	Grave pour couche de fondation	
3. Fabricant		
4. Système d'évaluation et de vérification de la constance des performances du produit	CE 2+	
5. Norme harmonisée	VSS 70'119	
Instance de certification notifiée	SN EN 13'285 NB 2115 (ASMP)	
6. Performance déclarée		
Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
Caractéristiques relatives aux graves non traitées (SN EN 13'285)	Performance	
Désignation de la grave	Catégorie	0/45
Teneur maximale en fines	Catégorie	UF ₇
Teneur minimale en fines	Catégorie	LF _N
Dimension maximale des granulats	Catégorie	OC ₇₅
Tamis d'analyse	Catégorie	0/45
Plages granulométriques	Catégorie	G _C
Granularité des lots individuels	Catégorie	G _C
Résistance à l'eau ²	CBR ₂ / CBR ₁	1.30
Résistance au gel ^{1, 2}	CBR _F / CBR ₁	0.84
		→ Grave résistante au gel et à l'eau
Masse volumique sèche	[kg/m ³]	2'180
Teneur en eau optimale	[%m]	6.5
Portance	[%]	49.4 / 64.0
Perméabilité ¹	[m/s]	2.7 x 10 ⁻⁸
Classification des constituants ³	Catégorie	RC-Grave B

APD : aucune performance déterminée

² : si CBR₂/CBR₁ et CBR_F/CBR₁ ≥ 0.5¹ : à effectuer si teneur en fines > 3[%m]³ : pour graves recyclées

Les performances des produits susmentionnés correspondent aux performances déclarées. Seul le fabricant indiqué ci-dessus est responsable de l'établissement de la déclaration de performance, conformément aux prescriptions légales s'y rapportant.

Sion, le 2 juin 2023

Responsable d'exploitation

Déclaration de performance 2023

N° déclaration de performance	RC-B 0-45_DP 2023	
1. Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
2. Utilisation du produit	Grave pour couche de fondation	
3. Fabricant		
4. Système d'évaluation et de vérification de la constance des performances du produit	CE 2+	
5. Norme harmonisée	VSS 70'119	
Instance de certification notifiée	SN EN 13'242	
	NB 2115 (ASMP)	
6. Performance déclarée		
Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
Caractéristiques géométriques, physiques et chimiques relatives aux granulats (SN EN 13'242)	Performance	
Granularité	Catégorie	G _A 75
Coefficient d'aplatissement	Catégorie	FI ₂₀
Grains concassés	Catégorie	C _{50/10}
Teneur en fines	Catégorie	f ₇
Qualité des fines	-	non nocive ²
Résistance à la fragmentation Los Angeles, LA (4/8, 11/16)	Catégorie	LA ₃₅ - LA ₃₀
Masse volumique réelle ³	-	APD
Coefficient d'absorption d'eau ³	[%m]	APD
Classifications des constituants ¹	Catégorie	RC-Grave B
Sulfate soluble dans l'acide ³	Catégorie	APD
Soufre total ³	Catégorie	APD
Sulfate soluble dans l'eau ⁴	Catégorie	APD
Constituants influençant la prise et le durcissement ³	-	APD
Impuretés	-	aucune visible

APD : aucune performance déterminée

¹ : pour graves recyclées² : selon EN 13'242, annexe A, paragraphe d³ : pour graves traitées aux liants hydrauliques⁴ : à vérifier en cas de doute

Les performances des produits susmentionnés correspondent aux performances déclarées. Seul le fabricant indiqué ci-dessus est responsable de l'établissement de la déclaration de performance, conformément aux prescriptions légales s'y rapportant.

Sion, le 2 juin 2023

Responsable d'exploitation

Commettant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	02.05.23

**Caractéristiques techniques sur graves
non traitées**

Procès-verbal N°

Matériau : RC - Grave B

indications du com-
mettant / fournisseur

provenance :
usage : grave
granularité : 0/45

Échantillon

numéro : 23/14
prélevé par : Vv Labco
date de prélèvement : 18.04.23
mode de prélèvement : stock
date de réception : 18.04.23
remarque : -

Masse volumique sèche $\rho_{d\ opt}$
selon SN EN 13'286-2

$\rho_{d\ opt}$: **2.18 [t/m³]**

Teneur en eau optimale w_{opt}
selon SN EN 13'286-2

w_{opt} : **6.5 [%]**

Portance

selon SN EN 13'286-47

CBR₁ : 49.4 [%]

selon SN EN 13'286-47

CBR₂ : 64.0 [%]

selon SN EN 13'286-47 et VSS 70'321

CBR_F : 41.7 [%]

Résistance au gel

selon SN EN 13'286-47 et VSS 70'321

CBR₂ / CBR₁ : 1.30 [-]

CBR_F / CBR₁ : 0.84 [-]

Remarque : **selon la norme VSS 70'321, cette grave est considérée comme RÉSISTANTE au gel car CBR₂ / CBR₁ et CBR_F / CBR₁ > 0.50.**

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. V. Vermy G. Giroud

Proctor

selon SN EN 13'286-2

Paramètres d'essai

Dame :	masse :	4500 g
	hauteur de chute :	457 mm
Moule :	B diamètre :	150 mm
	hauteur de base :	120 mm
	volume :	2121 cm ³
Compactage :	nombre de couches :	5
	nombre de coups :	25

Proctor modifié (CBR)

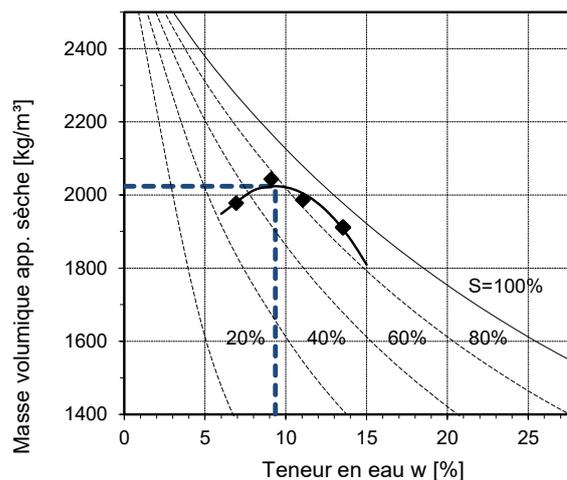
énergie de compactage :	1.19 MJ/m ³
Matériau	
masse volumique abs :	2700 kg/m ³
fraction > 16 mm :	39.0 %
teneur en eau opt. >16 :	2 %
date d'essai :	19-20.04.23

Résultats

Mesure N°	1	2	3	4	5	6	7
Masse échantil [g]	4484	4589	4667	4593	---	---	---
Teneur eau [%]	6.9	9.1	11.0	13.5	---	---	---
Masse vol. app.							
humide [kg/m ³]	2115	2229	2205	2170	---	---	---
sèche [kg/m ³]	1978	2043	1986	1912	---	---	---

Optimum Proctor	fraction <16 [mm]	Ensemble
Teneur en eau [%]	9.4	6.5
Masse volumique apparente		
humide [kg/m ³]	2210	2320
sèche [kg/m ³]	2020	2180
Degré saturation [%]	75	73

Remarque : -



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

CBR 1

selon SN EN 13'286-47

Paramètres d'essai

échantillonnage : diviseur à couloir
écrêtage à : 16 mm
énergie de compactage : 1.19 MJ/m³
optimum Proctor : teneur en eau : 9.4 %
densité : 2020 kg/m³

surcharge : 7.5 kg
cure / conservation: aucune, essai immédiat
date d'essai : 01-02.05.2023

Résultats

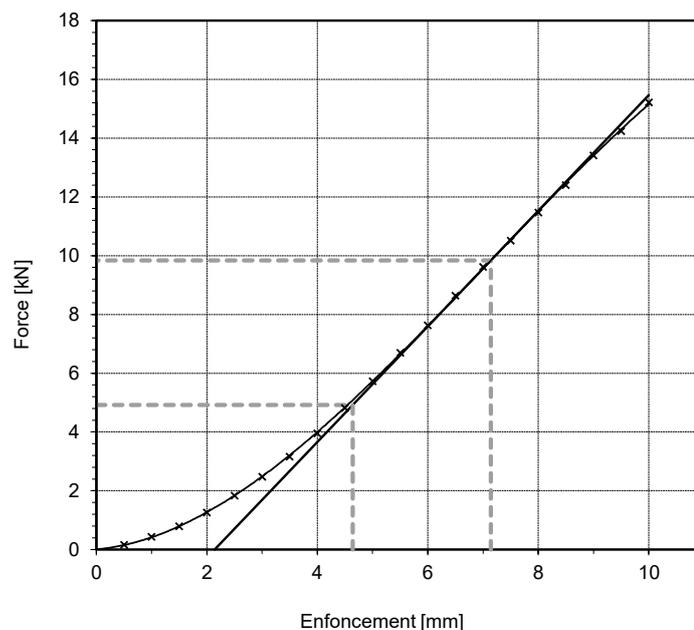
teneur en eau : 9.7 %
masse volumique sèche : 2030 kg/m³

Enfoncement corrigé *	Force	CBR
[mm]	[kN]	[%]
4.64	4.92	37.3
7.14	9.88	49.4

Indice portant Californien
CBR₁ 49.4 %

* car le point d'inflexion est inférieur à 7.5 mm d'enfoncement.

Remarque : -



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

CBR 2

selon SN EN 13'286-47

Paramètres d'essai

échantillonnage :	diviseur à couloir	surcharge :	7.5 kg
écrêtage à :	16 mm	cure / conservation:	96h dans l'eau (20 ± 2°C)
énergie de compactage :	1.20 MJ/m ³	date d'essai :	21-25.04.23
optimum Proctor :	teneur en eau : 9.4 %		
	densité : 2020 kg/m ³		

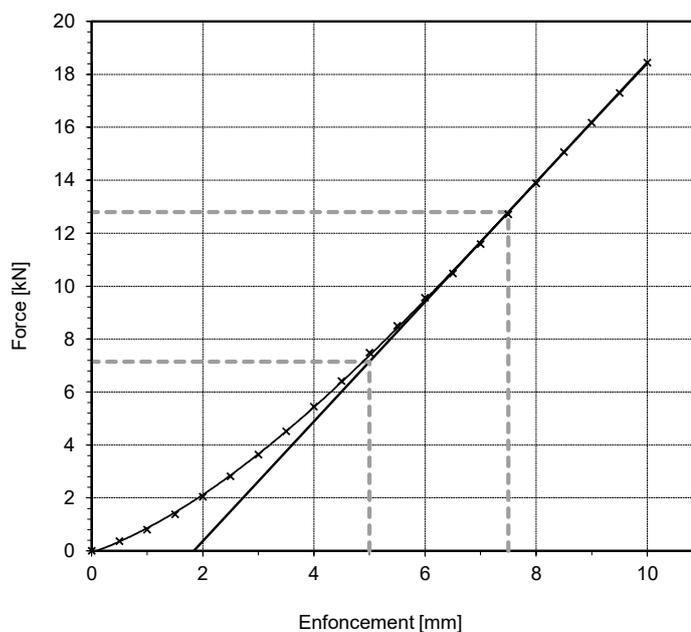
Résultats

teneur en eau initiale :	9.9 %
teneur en eau finale:	10.0 %
masse volumique sèche :	2030 kg/m ³
gonflement total :	-0.07 %

Enfoncement corrigé *	Force	CBR
[mm]	[kN]	[%]
5.00	7.15	54.1
7.50	12.80	64.0

Indice portant Californien
CBR₂ 64.0 %

* car le point d'inflexion est supérieur à 7.5 mm d'enfoncement.



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

CBR F

selon SN EN 13'286-47 et VSS 70'321

Paramètres d'essai

échantillonnage :	diviseur à couloir	optimum Proctor :	teneur en eau : 9.4 %
écrêtage à :	16 mm		densité : 2020 kg/m ³
énergie de compactage :	1.21 MJ/m ³	surcharge :	7.5 kg
volume échantillon :	2336 cm ³	cure / conservation :	-
masse vol. solides :	2700 kg/m ³	date d'essai :	21-25.04.23

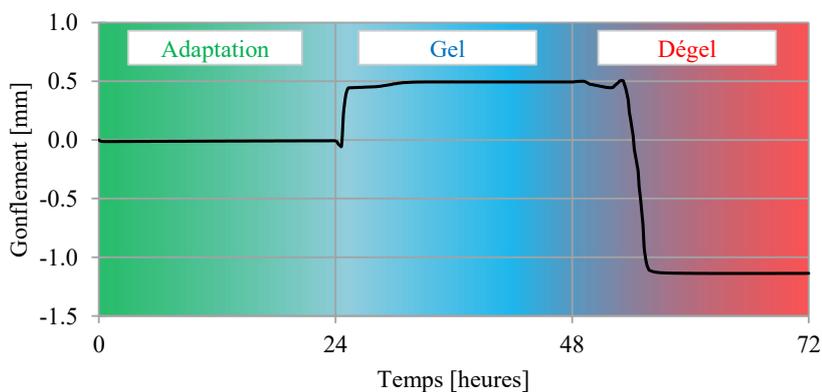
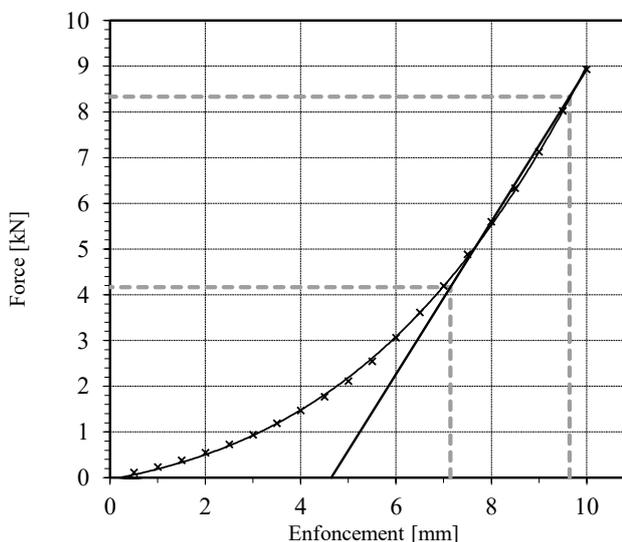
Résultats

teneur en eau initiale :	9.3 %	soulèvement maximal :	0.6 mm
eau écoulée lors de l'essai :	0.0 g	soulèvement résiduel :	-1.1 mm
teneur en eau finale :	10.9 %		
masse volumique sèche initiale :	2030 kg/m ³		
masse volumique sèche finale :	2050 kg/m ³		

Enfoncement corrigé *	Force	CBR
[mm]	[kN]	[%]
7.14	4.17	31.6
9.64	8.33	41.7

Indice portant Californien
CBR_F 41.7 %

* car le point d'inflexion est supérieur à 7.5 mm d'enfoncement.



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

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

Essai de classification des constituants des gravillons recyclés

Procès-verbal N°

selon SN 670'902-11-NA et EN 933-11:2009/AC:2009

+ directive OFEV 3106

Granulat : RC - Grave B

indications du com-
mittant / fournisseur

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 Éléments de maçonnerie en béton	29.4
R _u	Graves non traitées, pierre naturelle Granulats traités aux liants hydrauliques	70.0
R _b	Éléments en terre cuite (briques, tuiles, ...) Éléments de maçonnerie en silicate de calcium Béton cellulaire non-flottant	0.3
R _a	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_u	70.0	64.7	73.5	69.0	---	70.0
R_b	0.3	0.3	0.4	---	---	0.3
R_a	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_a	R_b	R_c	R_u	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	< 0.3
RC-Grave de granulats non triés	< 4	> 95			< 2	< 5	< 1
RC-Grave P	< 4	< 1	< 4	> 95	< 2	< 5	< 0.3
RC-Grave A	< 30	< 1	< 4	> 70	< 2	< 5	< 0.3
RC-Grave B	< 4	< 1	< 30	> 70	< 2	< 5	< 0.3

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

Committant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	23.03.23

Analyse granulométrique

SN EN 933-1

Procès-verbal N°

Granulat : RC - Grave B

indications du committant / fournisseur
 provenance :
 usage : grave
 granularité : 0/45

Echantillon

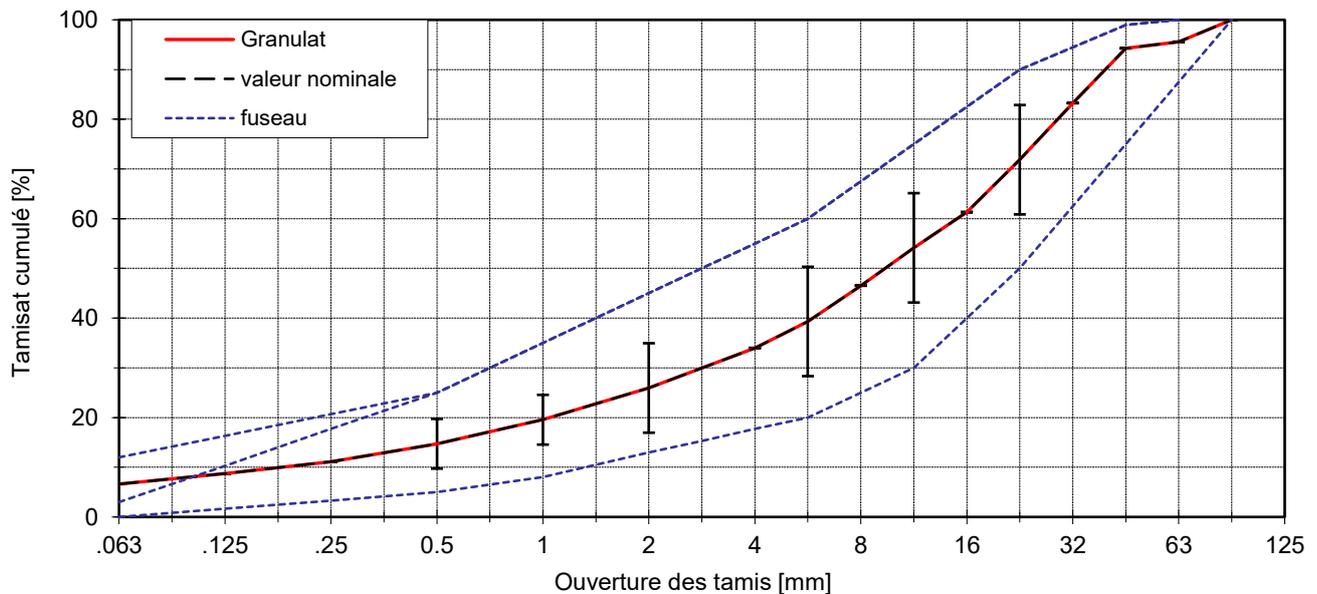
numéro : 23/2
 prélevé par : Vv et Sem Labco
 date de prélèvement : 13.02.23
 mode de prélèvement : stock
 date de réception : 13.02.23
 remarque : côté Ouest

Résultats

masse sèche de la prise d'essai : 13'032 g
 teneur en eau : --- %
 teneur en fine (<0.063 mm) : 6.6 %

méthode : lavage et tamisage à sec
 date d'essai : 15-16.02.2023
 opérateur : Vv + Sem Labco

Ouverture [mm]	.063	.125	0.25	0.5	1.0	2.0	4.0	5.6	8.0	11.2	16.0	22.4	31.5	45.0	63	90
refus tamisé [g]	12'169	11'896	11'585	11'111	10'482	9'650	8'600	7'907	6'968	5'977	5'041	3'667	2'183	747	574	0
tamisé cum [%]	6.6	9	11	15	20	26	34	39	47	54	61	72	83	94	96	100
valeur nominale [%]	6.6	9	11	15	20	26	34	39	47	54	61	72	83	94	96	100
tolérance [%]	---	---	---	-5/+5	-5/+5	-9/+9	---	-11/+11	---	-11/+11	---	-11/+11	---	---	---	---



Remarque: -

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. Verrey G. Giroud

ESSAI DE PERMEABILITE À L'EAU

ESSAI SOUS CHARGE VARIABLE AVEC SORTIE CONSTANTE

SN EN ISO 17892-11

Type de matériau : **RC-Grave B 0/45**

N° étude : 5398	N° échantillon : C23.188	Objet :
Client : LABCO		Chantier : Qualification de granulats
Réf. client : 23/14		
Date prélèvement : 18 avril 2023	Heure : ---	Type de prélèvement : ---
Auteur prélèvement : Client		Profondeur : ---
Provenance : Côté Ouest		Diamètre maxi. des grains : ---
Lieu prélèvement : Stock		
Date réception labo : 8 mai 2023		Quantité de matériau prélevé : 1 sac 20kg
Etat visuel : OK		Préparation des échantillons d'analyses selon : SN 670'330-47
Remarques : ---		Teneur en eau naturelle : ---

Ce rapport d'essai ne concerne que les objets soumis aux essais

CARACTÉRISTIQUES DU MATERIAU

Classification U.S.C.S. / G.T.R. : --- / ---	Fraction éliminée [%] : 39
Diam. max. éch. analyse [mm] : 16	Teneur en eau de la fraction éliminée [%] : 1.0
Teneur en eau de compactage [%] : 8.6	Masse volumique des particules solides [kg/m ³] : 2700
Modalités de traitement éventuel : ---	Saturation préalable de l'éprouvette : Oui - 120 h

CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI SN EN ISO 17892-11

Type de Moule : CBR	Masse de la dame [g] : 2 490
Energie de compactage : Proctor normal / NF	Hauteur de chute [mm] : 305
Charge d'eau initiale [mm] : 281	Nombre de couches : 3
Diamètre du moule [mm] : 151.9	Nombre de coups / couche : 55
Hauteur de l'éprouvette [mm] : 116.5	Energie de compactage [MJ/m ³] : 1.3
Volume du moule [cm ³] : 2111	Masse volumique du sol sec [Mg/m ³] :

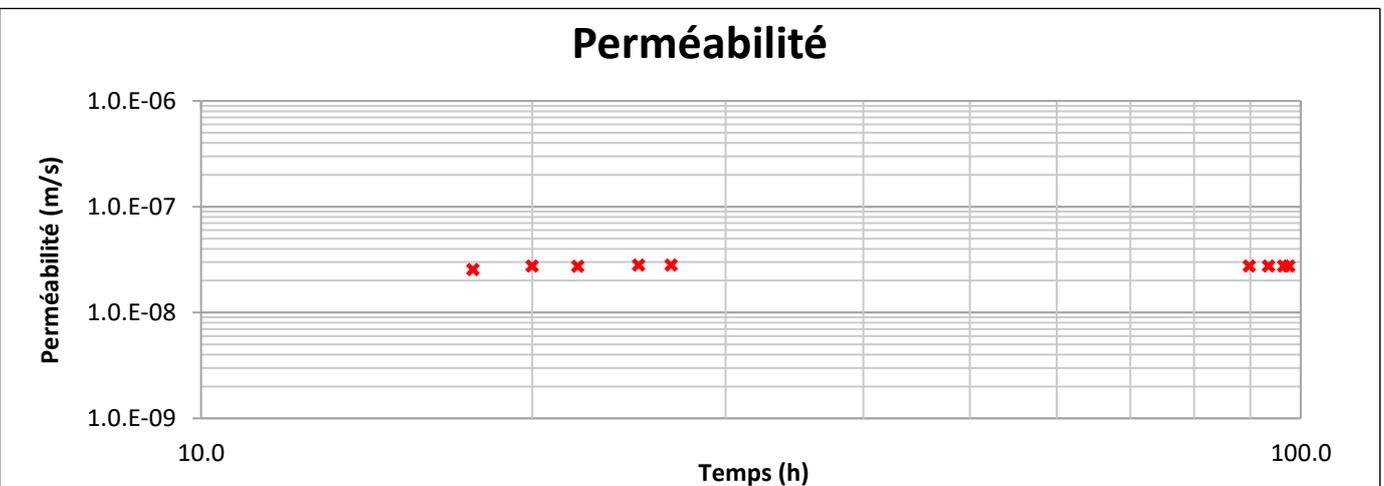
Essais perméabilité avec moule CBR

Temps [h]	t	0	17.7	20.0	22.0	25.0	26.7	89.7	93.5	96.5	97.5
Perméabilité [m/s]	ki	0.0.E+00	2.5.E-08	2.8.E-08	2.7.E-08	2.8.E-08	2.8.E-08	2.7.E-08	2.7.E-08	2.7.E-08	2.7.E-08

Temps [h]	t										
Perméabilité [m/s]	ki										

Perméabilité (k) [m/s] 2.7.E-08

Calcul sur les 4 dernières valeurs - cf. norme



L'incertitude de mesure peut être obtenue sur demande auprès de l'ingénieur

Delémont le : 17.mai.2023

L'ingénieur responsable :

M. BILLOTTE

Toute reproduction de ce document, même partielle doit être soumise à l'accord de SACR

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

Résistance à la fragmentation méthode Los Angeles

Procès-verbal N°

SN EN 1097-2

Granulat : RC - Grave B

indications du com-
mettant / fournisseur
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

Paramètres d'essai

procédé d'échantillonnage : diviseur à couloir

date d'essai : 21.04.23
opérateur(s) : Sem Labco

Résultats

		Coefficient Los Angeles LA			
		Résultats	Catégorie selon EN 13'242	Exigences	Evaluation
---	Fraction 4/8	31	LA 35	LA 40	conforme
---	Fraction 11/16	30	LA 30	LA 40	conforme
---	---	---	---	---	---

Remarque : -

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. Vermey G. Giroud

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

Pourcentage de surface cassées dans les gravillons

Procès-verbal N°

SN EN 933-5:1998/A1:2004

Granulat : RC - Grave B

indications du com-
mettant / fournisseur
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

procédé d'échantillonnage : diviseur à couloir

date d'essai : 20.04.23
opérateur(s) : Sem Labco

	Classe granulaire d/D [mm]	Echantillon			analysée $M_{i,1}$	totalement concassé M_{tc}	Masse [g]		
		total M_0 [g]	tamisé				semi concassé (y compris tc) M_c	semi roulé (y compris tr) M_r	totalement roulé M_{tr}
			$M_{i,1}$ [g]	V_i [% mas.]					
Fractions issues d'une grave	32/max	7'839.0	2580.0	32.9	2'579.7	2'052.4	2'253.9	325.8	111.9
	16/32	7'839.0	4135.0	52.7	4'125.3	3'531.9	3'758.2	367.1	197.6
	8/16	7'839.0	1017.0	13.0	1'016.5	889.2	930.8	85.7	16.9
	4/8	7'839.0	107.0	1.4	106.4	100.4	101.8	4.6	0.9

	Classe granulaire d/D [mm]	Pourcentage de grains [%]			
		totalement concassé C_{tc}	semi concassé (y compris tc) C_c	semi roulé (y compris tr) C_r	totalement roulé C_{tr}
Fractions issues d'une grave	32/max	80	87	13	4
	16/32	86	91	9	5
	8/16	87	92	8	2
	4/8	94	96	4	1
	4/max	84	90	10	4

Classification selon

EN 13'242

Fraction	Catégorie
32/max	C 50/10
16/32	C 50/10
8/16	C 90/3
4/8	C 90/3
4/max	C 50/10

Remarque : -

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

Glen Giroud G. Giroud

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

Coefficient d'aplatissement FI

selon SN EN 933-3

Procès-verbal N°

Granulat : RC - Grave B

Indications du committant
fournisseur :
usage : granulat pour grave
type : grave
granularité : 0/45

Échantillon

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

Paramètres d'essai

mode d'échantillonnage : échantillonneur à couloir

masse de l'échantillon : 12216.9 g
date d'essai : 20.04.23

Résultats

Granulat élémentaire d_i / D_i [mm]	Masse de la fraction [g]	Ecartement des fentes [mm]	Passant sur la grille [g]	Aplatissement FI [-]	Par fraction pour les graves
80 / 100		50		-	
63 / 80		40		-	
50 / 63		31.5		-	
40 / 50	1267.2	25	84.7	7	31.5 / max
31.5 / 40	1393.2	20	120.8	9	8
25 / 31.5	1561.2	16	70.1	4	
20 / 25	1288.1	12.5	184.6	14	16 / 31.5
16 / 20	1315.8	10	206.3	16	11
12.5 / 16	1266.1	8	171.2	14	
10 / 12.5	1012.1	6.3	150.7	15	8 / 16
8 / 10	942.1	5	113.1	12	14
6.3 / 8	793.2	4	98.1	12	
5 / 6.3	717.0	3.15	85.6	12	4 / 8
4 / 5	558.0	2.5	65.8	12	12

Remarque : -

Coefficient d'aplatissement FI 11
catégorie selon la norme SN 670'119 FI₂₀
exigence selon la norme SN 670'119 < 35

Le chef du laboratoire

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.

P.O. Vermey G. Giroud

4. Enrobés bitumineux avec agrégats d'enrobés – Enrobés de recyclage

4.1 Préambule

Comme pour d'autres matériaux de construction, l'utilisation **d'agrégats d'enrobés** (en acronyme: **AE**) obtenus par fraisage à froid ou concassage est bien décrite dans les normes SN et EN y relatives. Les fournisseurs d'enrobé bitumineux et d'asphalte coulé routier travaillent selon les normes en vigueur. La particularité du domaine des enrobés et asphaltes est qu'il n'y a pas besoin de mentionner spécifiquement l'emploi d'agrégats d'enrobés dans les appels d'offres pour autoriser leur emploi; cependant le catalogue des articles normalisés CAN 223 du CRB prévoit la possibilité de faire déclarer aux soumissionnaires la «Quantité ajoutée d'agrégats d'enrobés en % massique». L'intégration d'agrégats d'enrobés (AE) dans la production de mélanges bitumineux se fait selon le procédé choisi (incorporation à chaud ou à froid) et selon le type d'enrobé produit.

Tout cela est défini:

- Pour les enrobés bitumineux: dans la norme SN EN 13108-1°:2022-09 fr, «Mélanges bitumineux, Spécifications pour le matériau – Partie 1: Enrobés bitumineux» et son Annexe nationale, Exigences;
- Pour les asphaltes coulés routiers: dans la norme SN EN 13108-6°:2022-04 fr, «Mélanges bitumineux, Spécifications pour le matériau – Partie 6: Asphaltes coulés routiers»;
- Pour les agrégats d'enrobés: dans la norme SN EN 13108-8°:2019-11 fr, «Mélanges bitumineux, Spécifications pour le matériau – Partie 8: Agrégats d'enrobés».

La suite de ce chapitre du guide traitera plus spécifiquement du cas des enrobés bitumineux (appelés les AC).

Pour l'utilisation et la quantité d'agrégats d'enrobés dans la fabrication d'asphaltes coulés routiers (désignés ACR ou MA en anglais), on se référera à la norme SN EN 13108-6:2022-04 fr citée ci-dessus, principalement aux chiffres 4.2.3 pour l'ajout du nouveau bitume et 4.4 pour l'utilisation, la quantité et les propriétés des agrégats d'enrobés.

4.2 Cycle de vie et valorisation

Le cycle de vie des agrégats d'enrobés (AE) peut être représenté comme suit :

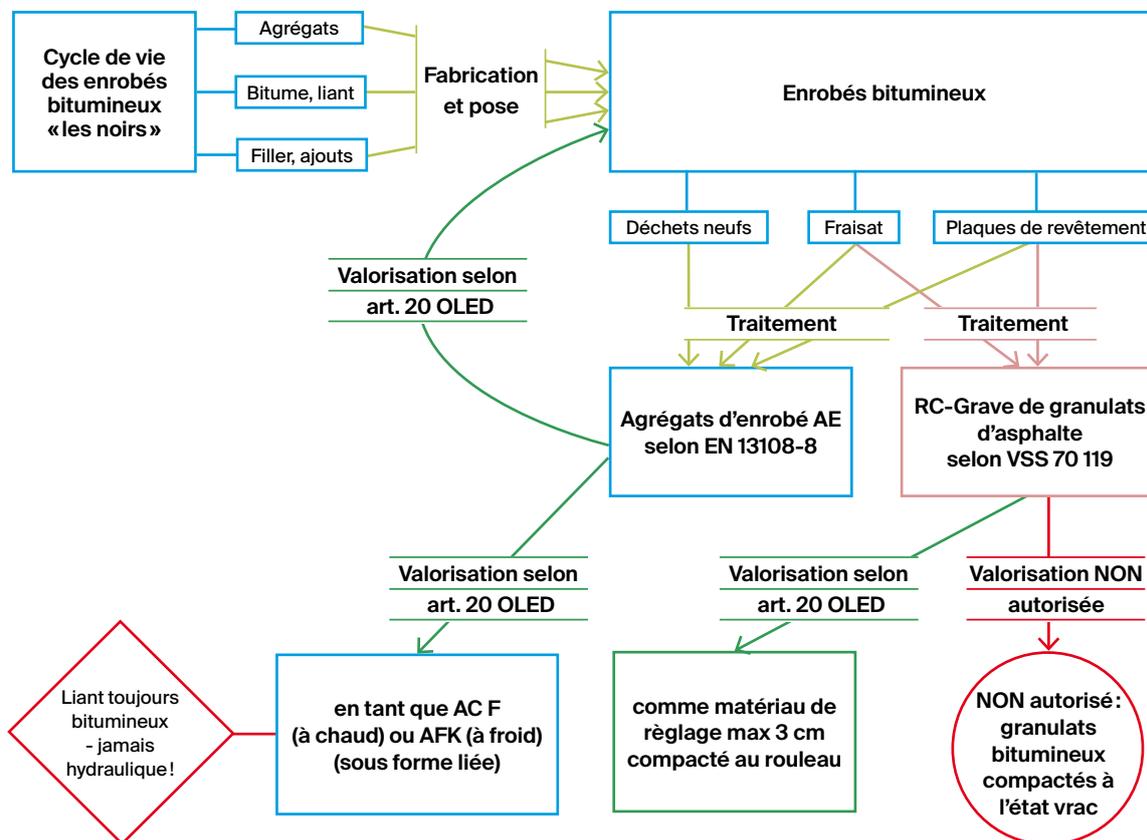


FIGURE 4.1 - CYCLE DE VIE DES ENROBÉS BITUMINEUX (LES « NOIRS »)

On y distingue la **fabrication et pose** d'enrobés bitumineux à partir de constituants neufs, le **traitement** de déchets neufs et des matériaux bitumineux de démolition (fraisats et/ou plaques de revêtement) ainsi que les **valorisations** autorisées et une valorisation qui n'est plus autorisée selon la nouvelle aide à l'exécution OLED (cf. UV-1826-F, OFEV 2023).

Dans un esprit d'économie circulaire – et considérant que le liant bitumineux est beaucoup plus cher que les granulats minéraux – la **principale réutilisation**, à toujours viser au maximum, est la valorisation des agrégats d'enrobés (AE) par incorporation dans la fabrication d'enrobés de recyclage.

L'utilisation **sous forme non liée** d'agrégats d'enrobés AE et/ou de RC-Grave de granulats d'asphalte est autorisée comme matériau de nivellement ou couche de réglage avant la pose des couches de revêtements bitumineux.

La pratique courante dans le passé de « valoriser » les fraisats en agrégats d'enrobés ou granulats d'asphalte par compactage au rouleau sous forme non liée et pas recouvert par un revêtement étanche (bitumineux ou en béton) **n'est plus du tout autorisée!** (Cf. « Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux », une partie du module « Déchets de chantier » de l'aide à l'exécution relative à l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets OLED, OFEV 2023).

4.3 Etude du projet

4.3.1 Introduction

Il est primordial que les routes actuelles et futures fassent un usage optimal des capacités des couches de revêtement dans la superstructure. Toute amélioration des projets routiers dans ce sens est à saluer et à privilégier. Le potentiel d'économie sur la durée de vie d'une route est particulièrement dépendant du bon choix et du dimensionnement de toutes les couches de revêtement.

Le canevas suivant poursuit ce but, tout en y intégrant le savoir relatif à l'emploi judicieux d'agrégats d'enrobés provenant du recyclage de chaussées bitumineuses et de déchets et surplus des productions d'enrobés.

4.3.2 Compétences et spécialistes

Le projet doit être clairement établi et faire l'objet d'un dimensionnement adéquat. Pour ce faire, il faut s'assurer des compétences spécifiques des différents mandataires et, au besoin, faire appel aux spécialistes (laboratoires, bureaux spécialisés, spécialistes du « noir », etc.)

– Bureaux spécialisés ou Laboratoires, tels que :

- | | |
|--|---|
| · Consultest AG | https://consultest.ch |
| · Ertec S.A. | https://ertec.ch/ |
| · IMP Bautest SA | https://www.impbautest.ch |
| · Infralab SA | https://infralab.ch/ |
| · Laboratoire de la Construction (dit « Labco ») | http://labco-vs.ch/ |
| · Laboroute SA | http://laboroute.ch |

La liste **n'est pas exhaustive**. D'autres laboratoires peuvent être trouvés par exemple sur :

<http://vab-ala.ch/> ou <https://www.laborobin.ch/fr/>

– Spécialistes individuels, comme entre autres :

- | | |
|--|--|
| · Dr Christian Angst – prés. CA IMP Bautest AG | c.angst@impbautest.ch |
| · Dr Nicolas Bueche – IMP Bautest AG
tél. 079 602 16 32 | n.bueche@impbautest.ch |
| · Manfred Kronig – Consultest AG | manfred.kronig@consultest.ch |
| · Fabian Traber – ASTRA | fabian.traber@astra.admin.ch |
| · Tony Bühler – État de Vaud
tél. 021 316 73 62 | tony.buhler@vd.ch |
| · Dr Martin Hugener – EMPA | martin.hugener@empa.ch |

- Prof. Dr. Carlo Rabaiotti – OST Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil carlo.rabaiotti@ost.ch
tél. 058 257 49 75
- Prof. Dr. Aybike Öngel, – BFH Berner Fachhochschule aybike.oengel@bfh.ch
tél. 031 848 53 39
- Dr Mehdi Ould Henia – nibuXs Sàrl mehdi.ould-henia@nibuxs.ch
- Jean-Louis Cuénoud – Infralab SA jean-louis.cuenoud@infralab.ch
- Michel Pittet – Indépendant mpittet-consulting@bluewin.ch

Aucune prétention ni revendication ne peut être déduite de cette énumération. Les indications sont données uniquement pour faciliter la recherche de spécialistes.

Dernière actualisation : en octobre 2023.

- Possibilités de formation :
 - ERTEC SA : <https://ertec.ch> (Possibilité de cours personnalisés pour acquérir les bases, rafraîchir les connaissances)
 - IMP Bautest AG/SA : www.impbautest.ch/ (différents modules possibles en allemand et en français + «Manuel – Chaussées bitumineuses et étanchéités de ponts» à commander + Forum Strasse allemand/français à Olten)
 - nibuXs Sàrl : <https://nibuxs.ch> (sur des thèmes tels que dimensionnement, relevé d'état, matériaux de chaussées, ...)
 - Journée d'Étude de la Route et des Infrastructures : <https://confjeri.ch>
 - asphaltssuisse – l'association des producteurs suisses de l'industrie d'asphalte (Conférence spécialisée annuelle) <https://asphaltssuisse.ch>
 - VSS : <https://www.vss.ch/fr/education-et-formation> (Association Suisse des professionnels de la route et des transports)
 - Eurobitume – représentation locale en Suisse (organise la Journée du bitume) <https://www.eurobitume.eu/>

- Revues techniques
 - «Asphalt-Magazin» <https://asphalt-magazin.de>
 - «der asphaltprofi» de MOAG <https://derasphaltprofi.ch/>
 - «Nynas News» de Nynas : <https://www.nynas.com/>
 - «RoadNews» du groupe Wirtgen <https://www.wirtgen-group.com/fr-fr/>
 - «ROUTE ET TRAFIC» de la VSS <https://www.vss.ch/fr/route-et-traffic/>
 - «Newsletter» de **asphaltssuisse** <https://asphaltssuisse.ch> > Téléchargements
 - etc.

4.3.3 Méthodologie de dimensionnement

Toujours commencer par récolter des données sur :

- A. le sol** SN-EN-ISO-14688-1_2019_FR – Partie 1: Identification et description des sols (ISO 14688 :2017) et SN-EN-ISO-14688-2_2019_FR – Partie 2: Principes pour une classification (ISO 14688-2:2017),
- B. l'infrastructure** VSS-40 324 « Dimensionnement de la structure des chaussées ; Sol de fondation et chaussée »,
- C. le climat** VSS-70 140B « Gel, y compris carte » et
- D. le trafic** VSS-40 320 « Dimensionnement de la structure des chaussées ; Trafic pondéral équivalent ».

Déterminer la durée de vie du projet routier ou de la mesure d'entretien de la route. Ensuite, dimensionner la superstructure pour la durée fixée (dimensionnement à la portance) et toujours vérifier la nécessité de dimensionnement au gel. Pour ce faire, suivre la méthode décrite dans la norme de dimensionnement VSS-40 324 ou faire recours à un logiciel de dimensionnement (par exemple par l'intermédiaire de bureaux spécialisés tels que mentionnés ci-dessus).

4.3.4 Répartition en couches du revêtement

La répartition en couches et les épaisseurs des couches seront définies « in fine » en suivant les recommandations contenues dans la norme VSS-40 430 « Enrobés bitumineux compactés ; Conception, exécution et exigences relatives aux couches en place ». Il est évident qu'un logiciel de dimensionnement peut également servir à l'optimisation de cette étape.

Le tout devra se faire en portant un soin particulier sur le choix du liant du mélange final de chaque couche. A partir de 1'000 mètres d'altitude, on choisira une classe de pénétration plus molle pour éviter des fissurations du revêtement dues au froid. Sur les routes principales, cette limite peut être portée à 1'500 mètres d'altitude.

4.3.5 Possibilités de revalorisation des agrégats d'enrobés existants

4.3.5.1 Aspects légaux

Une fois que le dimensionnement de l'infrastructure projetée a été réalisé, il y a lieu de vérifier si les enrobés bitumineux existants peuvent être réutilisés. Pour ceci, il faut évaluer si ces matériaux contiennent des polluants qui empêcheraient leur revalorisation (HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques, amiante, etc.).

Pour les HAP, il est important de tenir compte de l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) du 4 décembre 2015 (État le 26 septembre 2023), qui fixe des limites pour la valorisation des enrobés bitumineux de démolition contenant des HAP. Ces limites sont exprimées **en mg/kg de matériau total** :

- **Teneur en HAP \leq 250 mg/kg** → valorisation sans restriction dans la fabrication d'enrobés (art. 20 al. 1 OLED) ;

- **Teneur en HAP > 250 mg/kg** → **interdiction***) de valoriser ces matériaux (art. 20 al. 2 OLED).

*) : Jusqu'aux termes fixés par l'art. 52 OLED, les dispositions transitoires suivantes s'appliquent :

Valorisation des matériaux bitumineux de démolition **possible jusqu'à fin 2025**, si :

- **Teneur en HAP comprise entre 250 et 1000 mg/kg** → valorisation uniquement dans des installations appropriées et teneur en HAP dans les enrobés bitumineux ainsi produits toujours < 250 mg/kg (art. 52 al. 1 let. a OLED) ;
- **Teneur en HAP > 250 mg/kg** → si l'utilisation est faite de manière à empêcher les émissions de HAP, celle-ci est possible uniquement en accord avec l'autorité cantonale, le SEN en Valais (art. 52 al. 1 let. b OLED).

Elimination des matériaux bitumineux de démolition **possible jusqu'à fin 2027**, si :

- **Teneur en HAP > 250 mg/kg** → élimination possible dans une **décharge de type E** (art. 52 al. 2 OLED) ;
- **Teneur en HAP ≤ 250 mg/kg** → élimination possible dans une **décharge de type B** (art. 52 al. 3 OLED).

Selon le document «Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux», une partie du module «Déchets de chantier» de l'aide à l'exécution relative à l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets OLED (cf. UV-1826-F, OFEV 2023), lorsqu'un chantier produit plus de **30 m³ de matériaux bitumineux de démolition** (environ 50 tonnes), la teneur en HAP de ces matériaux doit être déterminée par des analyses conformément à l'aide à l'exécution «Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués». En dessous de ce seuil de 30 m³, une analyse effectuée sur place, p. ex. à l'aide d'un marqueur d'HAP sous forme de spray, est également autorisée. Voir également le chapitre 4.3.5.2.

En Valais, des HAP n'ont été retrouvés que très rarement dans des enrobés bitumineux routiers en place. Ceci est dû au fait que les centrales d'enrobage du canton n'avaient pas pour habitude d'employer des bitumes-goudrons (en allemand: Teerbitumen) très prisés outre-Sarine. Le plus souvent on les trouve dans les produits bitumineux d'étanchéification d'ouvrages ou dans d'anciennes fondations de chaussée et sa présence ne peut donc pas être exclue. Les prescriptions ci-dessus sont tout de même à appliquer.

Pour ce qui est de **l'amiante**, il peut être présent naturellement dans les roches. Ceci concerne principalement les chantiers de tunnel et rarement les travaux en surface. En Suisse, deux carrières amiantifères exploitées ont été recensées, une dans les Grisons et une en Valais. Selon les renseignements obtenus, la carrière située dans le val d'Hérens n'a jamais produit d'agrégats minéraux par concassage, ni pour les enrobés bitumineux, ni pour le béton.

4.3.5.2 Méthodes de détection des HAP

Les méthodes de détection les plus habituelles sont les suivantes :

- **Analyses en laboratoire** (cf. chapitre suivant) :

Il existe différentes méthodes de laboratoire pour détecter la présence de HAP (spectroscopie IR, chromatographie liquide ou gazeuse, méthode par sublimation, etc.). Ces méthodes de détection sont les plus précises et doivent, en principe, être utilisées en priorité pour évaluer la quantité de HAP contenue dans un échantillon. En général, toutes ces méthodes de détection sont considérées comme étant des méthodes qualitatives et quantitatives.

- **A l'odeur:**

En cas de forte concentration, les HAP produisent une odeur détectable par le nez humain. Cette méthode de détection est bien évidemment une méthode subjective et sert essentiellement à alerter les travailleurs!

- **Essai au toluène** (autorisé jusqu'à un seuil de 30 m³):

Le principe consiste à laisser tomber quelques gouttes de toluène sur le bord d'un morceau d'enrobé bitumineux placé sur un papier filtre (papier buvard). Le toluène dissout le liant, qui s'écoule avec lui sur le filtre, et une tache en auréole orange se forme s'il y a des HAP (*Projet ATI Colas: Evaluation des moyens pour la réduction du taux de HAP dans un stock de matériaux, 2014-2015, EEIGM*). Bien que des différences dans l'intensité de l'auréole peuvent être observées en fonction de la teneur en HAP de l'échantillon, cette méthode de détection est considérée comme étant une méthode principalement qualitative.

- **PAK-Marker ou marqueur d'HAP sous forme de spray** (autorisé jusqu'à un seuil de 30 m³):

La méthode consiste dans l'application d'une base de peinture blanche contenant un solvant pulvérisé sur l'échantillon d'enrobé bitumineux. Ce solvant dissout les HAP et, au séchage, par réaction, fait virer la couleur de la peinture au jaune/brun clair. Si la couleur de la peinture change, l'enrobé est pollué aux HAP (*Projet ATI Colas: Evaluation des moyens pour la réduction du taux de HAP dans un stock de matériaux, 2014-2015, EEIGM*). Tout comme l'essai au toluène, cette méthode de détection est une méthode qualitative.

La méthode dite au PAK-Marker est couramment utilisée, car elle est facile d'emploi et peu onéreuse. Elle permet de détecter, **en première approche**, si un échantillon est pollué aux HAP. Le PAK-Marker devrait toujours être utilisé de la manière suivante (instructions également fournies sur la bonbonne):

- Porter le PAK-Marker à température ambiante avant utilisation;
- Secouer la bombe pendant 2 minutes, pour agiter les billes contenues dans la bouteille PAK Marker;
- Utiliser le spray à 20-30 cm de distance sur l'échantillon d'enrobé bitumineux;
- **Toujours sprayer le côté** de la carotte ou de la plaque, et **non pas** le dessus en contact avec la pluie et les véhicules!

Afin d'optimiser la visibilité, l'essai peut être effectué dans un local assombri. Si une coloration (jaune à brun clair) apparaît dès le traitement au PAK-Marker, le matériau contient certainement des HAP (la limite de détection dans un enrobé bitumineux routier est d'environ 650 mg/kg à la lumière du jour).

En cas de doute sur la couleur, il est conseillé d'utiliser une lampe UV. Si une coloration est instantanée, on peut supposer que la teneur du liant en HAP est supérieure à 400 mg/kg.

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

4.3.5.3 Laboratoires réalisant des analyses HAP

Les bonnes pratiques indiquent qu'il est recommandable d'effectuer une analyse à tous les changements notables de revêtements anciens, afin d'évaluer la quantité de HAP contenue dans les enrobés bitumineux existants.

Pour rappel, l'échantillonnage pour envoi au laboratoire devra être effectué selon le module d'aide à l'exécution relatif à l'OLED : Echantillonnage des déchets solides, 2019.

Ci-dessous, une liste **non exhaustive** de laboratoires (accrédités ou non) pratiquant des analyses HAP et/ou amiante et leurs coordonnées :

TABLEAU 4.1 - LISTE NON EXHAUSTIVE DE LABORATOIRES POUR DES ANALYSES HAP. ÉTAT : OCTOBRE 2023

Entreprise	Adresse	Contact / Site internet	Conditionnement HAP (quantité minimale d'enrobé)	Temps de traitement pour analyse HAP	Analyses d'amiante	Remarques
Surcotec SA	Chemin du Pont-du-Centenaire 109A, 1228 Plan-les-Ouates (Genève)	022 794 73 83 labo@surcotec.ch https://surcotec.ch	200 g sous forme de carotte, plaque ou fraisat bitumineux (minimum 50 g)	3 à 5 jours ouvrés	Oui	Analyse urgente possible sur demande
Laboroute SA	Beeschi Mattenstrasse, Postfach 67, 3940 Steg VS	info@laboroute.ch www.laboroute.ch 027 321 14 14	2 kg sous forme de carotte, plaque ou fraisat bitumineux	3 jours ouvrés	Oui	Analyse urgente possible sur demande
	Route de l'Industrie 78, Case postale 131, 1564 Domdidier	026 676 92 60				
	Rue du Pré-Salomon 18, 1242 Satigny	022 301 24 21				
Laboratoires Anesa SA	Av. de la Gare 48, 1920 Martigny	027 722 99 88 laboanesa@netplus.ch	200 g sous forme de carotte, plaque ou fraisat bitumineux	10 jours ouvrables	Non	Analyse urgente possible sur demande
NeoScope SA (anc. BATLAB SA)	Rue du Bourgo 2, 1630 Bulle	026 919 36 66 info@neoscope.ch https://neoscope.ch	500 g à 5 kg sous forme de carotte, plaque ou fraisat bitumineux	1 à 2 jours ouvrés	Oui	Analyse urgente possible sur demande
Analysis Lab SA	Route de l'Etrier 5, 1950 Sion	027 203 30 00 vs@analysis-lab.ch https://analysis-lab.ch	200 g sous forme de carotte, plaque ou fraisat bitumineux	1 à 2 jours ouvrés	Oui	Analyse urgente possible sur demande

D'autres (et tous les) laboratoires accrédités peuvent être trouvés dans la **banque de données des organismes accrédités** par le Service d'accréditation suisse SAS à l'adresse suivante: <https://www.sas.admin.ch/sas/fr/home/akkreditiertestellen.html> (Mot clé: HAP ou amiante, Type: STS)

4.4 Mise en soumission

Ci-dessous, différents éléments à prendre en compte pour la mise en soumission :

- Valorisation des matériaux provenant du marché de la construction :
 - Créer un cercle de réutilisation des matériaux de déconstruction directement sur le chantier.
 - Aptitude et quantité d'agrégats d'enrobés pouvant être directement recyclés.
- Taux et procédé de recyclage souhaité :
 - En fonction des matériaux mis à disposition par le Maître d'Ouvrage.
 - Recyclage à chaud pour les sollicitations sévères des nouveaux revêtements, recyclage à froid pour les couches de moindre importance ou provisoires.
- Disponibilité sur le marché des types d'enrobé choisis :
 - Si possible, utilisation d'enrobés « standards » (se renseigner auprès des différentes centrales)
 - > Famobit SA <https://famobit-villeneuve.business.site/>
 - > Camandona SA <https://www.camandona.ch/centrales-de-production>
 - > ChablAsphalte SA <https://www.chablasphalte.ch/>
 - > SEP - Sion <https://www.sep-sion.ch/>
 - > Seval SA <http://www.seval-vs.ch/>
 - > Tapidrance SA <http://www.tapidrance.ch/>
 - > Volken Group <https://www.volken-group.ch/de/bauen/belagsbau>
 - > BEWO <https://www.belagswerk.info/>
 - > Ulrich Imboden AG <https://www.ulrichimboden.ch/sites/leistungen/belagsbau>

Liste des principales centrales d'enrobage pour le Valais. État : octobre 2023

Tout nouvel enrobé produit par une centrale et/ou posé pour la première fois par une entreprise nécessite une formation spécifique à tous les niveaux et induit un supplément de coûts pour l'élaboration de la déclaration de conformité du producteur.

Ne pas oublier de **joindre à l'appel d'offres** les différents types de documents à fournir (Épreuve de formulation, rapports d'essais, valeurs nominales, conformité des constituants, fiches techniques, fiches de données de sécurité, etc.) et veiller à leur validité au moment de l'exécution des travaux.

Tableau 4.2 avec principales caractéristiques : voir tableau aux pages suivantes

- Le tableau est un résumé synoptique des exigences en vigueur des normes sur les enrobés bitumineux compactés. La colonne intitulée « Recyclé » donne les pourcentages admissibles en agrégats d'enrobés (AE) par type et sorte d'enrobé.

- Une remarque explique la **pratique du Service de la mobilité (SDM)** de limiter, dans un premier temps, le taux d'AE dans les couches de roulement de type S (AC 8 S et/ou AC 11 S) à 20 %.
- La tendance des normes européennes est **de laisser de plus en plus le choix** du principe et de la quantité d'agrégats d'enrobés incorporés ou non aux pouvoirs adjudicateurs, voire aux entreprises contractantes.

4.5 Fabrication et pose

4.5.1 Préparation et traitement d'agrégats d'enrobés (AE)

- Dans le meilleur des cas, la teneur en HAP doit être déterminée avant la livraison. Si cela n'est fait que sur place, par exemple à l'aide de marqueurs HAP, la livraison doit être séparée jusqu'au résultat.
- Si la taille de l'aire de recyclage le permet, les couches de roulement et les couches de support doivent être stockées et traitées séparément (teneur en bitume et pénétration très différentes).
- Si l'espace n'est pas suffisant, il faut veiller à un très bon mélange des matériaux. Il faut utiliser des systèmes avec concassage, puis criblage et recyclage des granulats excédentaires. Cela permet d'obtenir une courbe de criblage homogène.
- Le traitement de l'asphalte de démolition devrait être effectué avec des concasseurs à fraise ou des broyeurs à impact, afin que les pierres soient détachées les unes des autres et ne soient pas brisées. La préparation avec des concasseurs à mâchoires devrait plutôt être évitée.
- Un léger ajout d'eau pendant le concassage est souhaitable pour lutter contre la poussière.

4.5.2 Fabrication en centrale d'enrobage

- En général, une préparation à chaud est préférable à une addition à froid. Cela permet d'une part d'obtenir des taux de AE plus élevés et d'autre part de préparer le matériau de manière plus «douce». L'addition à froid entraîne parfois une trempe du nouveau bitume et donc une fragilisation. De plus, les températures très élevées du minéral blanc (> 220 °C) peuvent «brûler» les nouveaux bitumes.
- La température dans le tambour de recyclage dépend des procédés appliqués et se situe entre 110°C et 150°C. Toutefois, c'est au producteur d'enrobés d'assurer les bonnes températures afin de préserver la qualité du bitume, ainsi que de limiter les rejets de polluants.
- En cas de gradient élevé entre le matériau blanc et le matériau noir, les moments d'ajout des différents composants et la durée du malaxage peuvent être modifiés, ce qui doit être discuté au préalable avec le fabricant de l'usine d'asphalte.
- Le temps de séjour dans le silo de stockage à chaud doit être aussi court que possible. En effet, l'humidité résiduelle dans le matériau AE entraîne une baisse de la viscosité à court terme et l'asphalte s'auto-compacte partiellement dans le silo.

4.5.3 Transport et pose du revêtement

- La mise en œuvre sur le chantier devrait si possible se faire à la machine, ce qui permet un meilleur mélange.
- Le temps de séjour dans la benne du camion ou dans le silo thermique devrait être limité, car l'humidité dans les agrégats d'enrobés entraîne une diminution de la viscosité. Pour cette raison, l'asphalte a tendance à s'auto-compacter.

4.6 Contrôles de conformité et de mise en œuvre

Ce chapitre décrit principalement la procédure pour les contrôles effectués par le Maître d'Ouvrage (MO) pour assurer la conformité des enrobés bitumineux (revêtements) ainsi que leur bonne mise en œuvre. Ces contrôles sont des vérifications indépendantes de celles de l'entrepreneur et ils ne dispensent en aucune façon celui-ci de son devoir de garantir la qualité des matériaux mis en œuvre par ses soins selon les termes du contrat.

La procédure de contrôle se déroule selon les principes des normes VSS et comprend les étapes suivantes :

- Vérification de la conformité des matériaux proposés par l'entreprise : épreuve de formulation,
- Contrôle des matériaux fournis sur chantier,
- Contrôle de la mise en œuvre des matériaux sur le chantier.

Le contrôle de la pose du revêtement se déroule en principe selon le programme des essais pour enrobés bitumineux compactés de la norme VSS 40 434 (Fig. 4.3), celui-ci varie en fonction de la taille du chantier (Tab. 4.3).

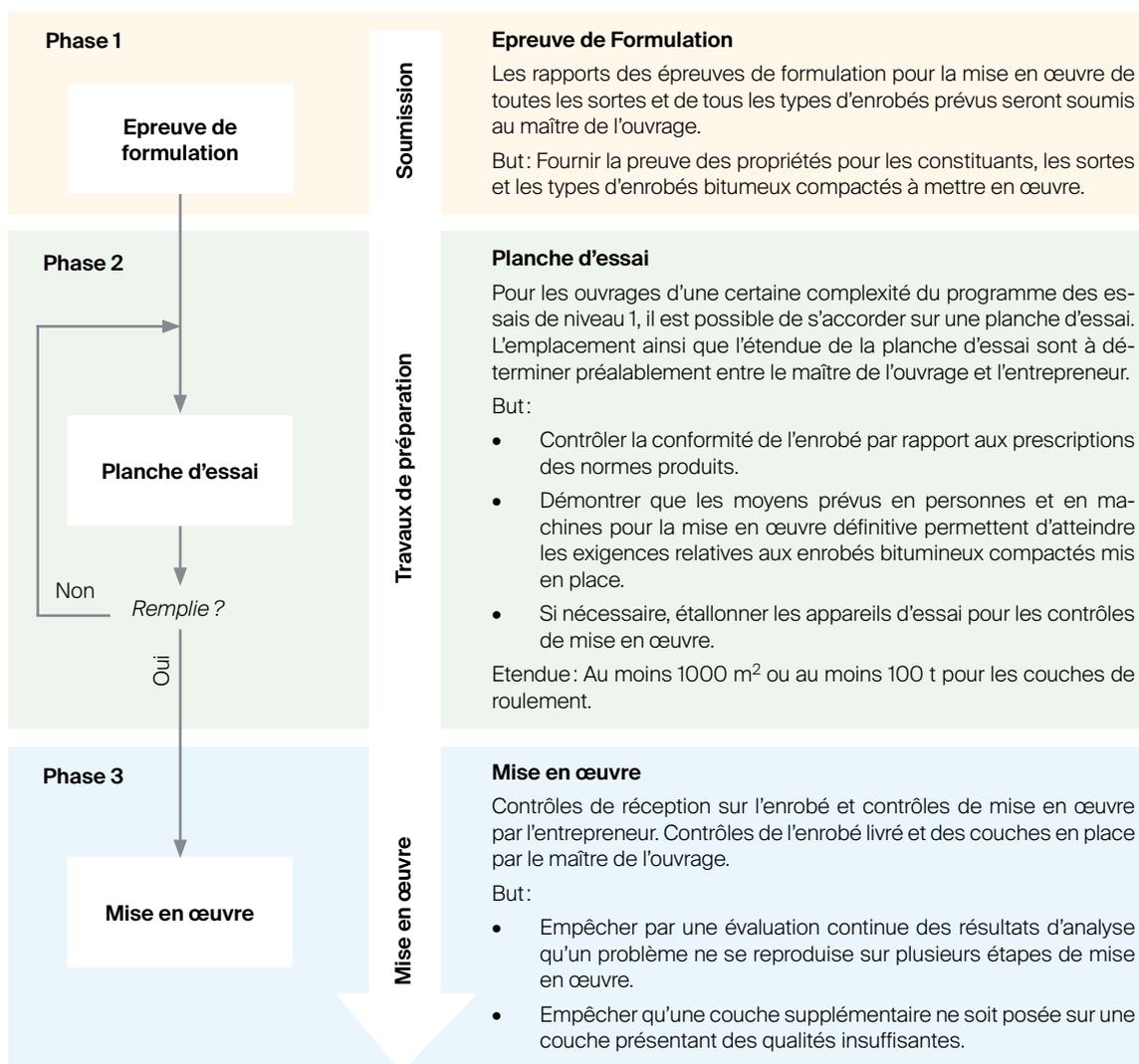


FIGURE 4.3 - CONTRÔLE QUALITÉ POUR ENROBÉS BITUMINEUX (inspiré de fig. 1 VSS 40 434)

4.6.1 Contrôle avant le début des travaux (Epreuve de formulation)

Dans le cadre de ses travaux, le Service de la mobilité (SDM) du Canton du Valais tient à jour **une liste des enrobés bitumineux approuvés**. Par analogie, les différents Maîtres d'Ouvrages désirant utiliser des produits figurants dans cette liste n'ont plus besoin de demander les épreuves de formulation (EF) aux fournisseurs.

Le «Tableau de synthèse des enrobés bitumineux» peut être consulté en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.vs.ch/fr/web/sdm/documentation>, sous la rubrique «Synthèse des graves et enrobés bitumineux admis».

Les épreuves de formulation (EF) sont décrites dans la norme SN EN 13108-20:2022-09 fr. Elles doivent définir la provenance et la qualité des composants (granulats, filler et liant) et les valeurs nominales du mélange. Un rapport d'EF comprend prioritairement :

- La désignation du mélange avec un numéro de référence **permettant son identification** lors de la livraison sur le chantier (bon de livraison).
- Les valeurs nominales annoncées pour ce mélange,
- La provenance des composants : bitume, filler, granulats par classe, agrégats d'enrobés (AE),
- Le pourcentage d'agrégats d'enrobés (AE).

Le respect des **valeurs nominales** annoncées dans l'EF doit être démontré par des essais en laboratoire. Ces valeurs nominales doivent impérativement être fournies avec l'EF, car elles servent de référence pour les contrôles de la mise en œuvre. La masse volumique apparente sur éprouvette Marshall doit être indiquée comme valeur de référence pour le contrôle du compactage.

4.6.2 Contrôle avant et lors de la pose (support et fourniture)

Avant la pose du revêtement, il faudra contrôler l'état du support (propreté et température). Lors de l'arrivée de l'enrobé bitumineux sur le chantier, il faudra également contrôler que le produit fourni est bien celui commandé et vérifié lors de l'étape précédente (chap. 4.6.1) ainsi que la température de l'enrobé bitumineux livré.

Pour sa gestion qualité, le SDM exige que les informations minimum suivantes figurent sur chaque **bulletin de livraison** :

- Groupe (AC, AC B, AC T, AC EME, AC F, AC MR, SDA, SMA, PA, etc.)
- Sorte d'enrobé (granulométrie, c.-à-d. diamètre du grain max.)
- Type d'enrobé (L, N, S, H ou sans types)
- Liant final de l'enrobé (type et classe du bitume)

Les contrôles de la fourniture sont effectués sur des échantillons de matériaux prélevés sur le chantier avant leur mise en œuvre. Les matériaux prélevés servent au contrôle des éléments suivants :

- Granulométrie et teneur en liant de l'enrobé,
- Essai Marshall : pour la détermination des vides résiduels (fabrication) et comme référence pour le compactage,

- Caractéristiques du liant récupéré :
 - Pénétrabilité,
 - Température anneau-bille,
 - Retour élastique (uniquement pour les bitumes modifiés aux polymères).

TABLEAU 4.3 - CONTRÔLES EN FONCTION DE LA TAILLE DU CHANTIER (inspiré de tab. 2 de VSS 40 434)

Mise en œuvre, nombre d'essais et prélèvement d'échantillons de réserve							
Objet	Essais	Exigences selon	Programme des essais				Remarques
			Niveau 1		Niveau 2		
			Maître de l'ouvrage	Entrepreneur	Maître de l'ouvrage	Entrepreneur	
Enrobé Couche de roulement, de liaison et de base	Teneur en vides résiduels Marshall [19, 21]	SN 640 431-1-NA [3] SN 640 431-5-NA [4] SN 640 431-7-NA [5]	A	A	B ⁴⁾	B	Pour chaque sorte et type d'enrobé
	Granularité [16]	SN 640 431-20-NA [6]					
	Teneur en liant soluble [15]	SN 640 431-21-NA [7] VSS 40 436 [8]					
Liant récupéré de l'enrobé	Point de ramollissement A et B [23]	Pas d'exigences ³⁾	C	C	D ⁴⁾	D	Pour chaque sorte et type d'enrobé
	Pénétrabilité [22]						
	Retour élastique ¹⁾ [24]						
	Force-ductilité ²⁾ [25]						
Carottes Couche de roulement, de liaison et de base	Epaisseur de la couche [20]	VSS 40 430 [2] VSS 40 436 [8]	E	-	F	-	
	Teneur en vides résiduels [17]						
	Degré de compactage [17]						
	Liaison entre les couches selon Leutner [21]						
Adhérence Couche de roulement	Méthodes de mesure dynamiques [9]	VSS 40 520 [11]	1	-	1	-	Par ouvrage Par voie de roulement sur la trace de roues droite
Planéité Couche de roulement	Planéité longitudinale [10]	VSS 40 520 [11]	1	-	1	-	Par ouvrage Par voie de roulement sur la trace de roues droite
Procès-verbal de la mise en œuvre Couche de roulement, de liaison et de base		VSS 40 430 [2]	-	1	-	1	Par étape de mise en œuvre

- A** 1 par 500 t ou 2500 m² et au minimum 2 par étape de mise en œuvre; en supplément 1 échantillon de réserve par 500 t et au minimum 2 par étape de mise en œuvre.
- B** Au minimum 1 par ouvrage; en supplément 1 échantillon de réserve par 500 t et au minimum 3 échantillons de réserve par ouvrage.
- C** 1 par étape de mise en œuvre.
- D** 1 par ouvrage.
- E** 4 par 2500 m² et au minimum 4 par étape de mise en œuvre.
- F** 4 par 5000 m² et au minimum 4 par ouvrage
- ¹⁾ Seulement pour les PmB modifiés aux élastomères (selon les indications du fournisseur)
- ²⁾ Seulement pour les PmB modifiés aux plastomères (selon les indications du fournisseur)
- ³⁾ Des exigences pourront être convenues.
- ⁴⁾ Facultatif.

La conformité des enrobés est évaluée sur la base des valeurs nominales déclarées dans l'épreuve de formulation, en tenant compte des tolérances admissibles. Les valeurs nominales utilisées pour le contrôle de la fourniture des enrobés sont :

- La courbe granulométrique,
- La teneur en liant,
- Les caractéristiques Marshall : teneur en vide, stabilité et fluage.

4.6.3 Contrôles après la pose (mise en œuvre)

Les **contrôles des enrobés mis en œuvre** se font quant à eux sur des carottes ø 150mm prélevées après la pose selon la norme VSS 40'434 (plan de prélèvement des carottes). Ces carottes servent à la vérification des éléments suivants :

- Épaisseur réelle des couches,
- Degré de compactage,
- Teneur en vides résiduels de l'enrobé mis en œuvre,
- Liaison entre les couches (essai Leutner).

L'évaluation de la conformité de la mise en œuvre se base en principe sur la valeur moyenne d'un minimum de 4 valeurs individuelles par couche et jour de pose.

4.7 Réception de l'ouvrage

Pour la construction, l'aménagement et l'entretien du réseau suisse des routes nationales, les Instructions OFROU «**Qualité des revêtements bitumineux – Mesures en cas de non-respect des exigences**» **ASTRA 71005** sont applicables. Le document peut être téléchargé dans sa version la plus récente à l'adresse URL suivante :

<https://www.astra.admin.ch/astra/fr/home/services/dokumente-nationalstrassen/standards-pour-les-routes-nationales/weisungen.html>

Le canton du Valais en tant que Maître d'Ouvrage pour l'achèvement de l'autoroute A9 se trouve dans ce cas de figure. Le programme des essais de niveau 1 (2x Maître d'Ouvrage et 2x Entreprise) selon VSS 40 434:2019 de/fr y est appliqué. (Cf. Tab. 4.3 ci-dessus)

Le programme des essais de niveau 2 comprend des essais minimaux, mais permet d'assurer des essais supplémentaires grâce aux échantillons de réserve. Le programme des essais de niveau 2 s'ap-

plique principalement aux routes principales RP (classe de trafic T4) et routes de liaison RL (classe de trafic T3). (Cf. *chap. 4.3.2 de VSS 40 434 et chap. 2.1.2 Essais déterminants de ASTRA 71005*)

Actuellement pour l'entretien et l'aménagement des routes cantonales, le SDM adopte les instructions OFROU citées en les intégrant régulièrement dans leurs appels d'offres et contrats d'entreprise des marchés de construction suffisamment importants.

D'autres Maîtres d'Ouvrage (Communes, villes, aéroports, chemins de fer, industries privées, etc.) qui commandent l'exécution de revêtements bitumineux d'une certaine importance peuvent décider d'en faire également un document contractuel. Dans ce cas, il faut le mentionner dans les documents d'appels d'offres.

5. Bétons avec granulats recyclés

5.1 Préambule

En 2015 il était estimé qu'environ 7% de la production totale de béton en Suisse contenait des matériaux de recyclage. Cette pratique déjà bien ancrée, est en augmentation régulière et tend à s'accroître dans toutes les régions. En 2021, cette part a atteint 11% en Suisse (soit environ 1.7 million de m³ de béton avec granulats recyclés).

L'utilisation de matériaux de recyclage dans la fabrication du béton correspond à des objectifs et enjeux de type environnementaux et/ou écologiques : d'une part, un épuisement moins rapide des réserves existantes en matière de granulats entrant dans la fabrication du béton et en corollaire une protection des ressources existantes et d'autre part, une contribution à l'élimination des matériaux de démolition au travers de leur valorisation, même partielle.

Dans le contexte normatif en vigueur en Suisse, il est distingué entre :

- **le béton dit 'béton normal', qui peut tout de même contenir une faible part de matériaux recyclés pouvant aller jusqu'à 25% en masse de granulats de béton ou 10% en masse de granulats de gravats mixtes.**
- **les bétons dits 'bétons de recyclage', contenant une part de matériaux recyclés plus importante.**

Les **conditions-cadre** et les **enjeux techniques et financiers** d'une utilisation plus systématique et d'une valorisation de l'utilisation des bétons de recyclage sont multiples et notamment les suivants :

A. Domaines d'utilisation des bétons de recyclage :

L'utilisation la plus répandue et conseillée des bétons de recyclage se trouve dans les bétons maigres, les bétons de remplissage ou des éléments de structure situés à l'abri des intempéries. Les caractéristiques mécaniques (résistance, module) étant réduites, l'utilisation de béton de recyclage doit être prise en considération dès les prémices du projet, afin que les éléments structurels soient dimensionnés en conséquence.

Les bétons de recyclage ne sont cependant pas adaptés pour des éléments de structure devant résister au gel et aux sels de déverglaçage, ni aux éléments devant présenter de très hautes valeurs de résistance.

B. Volume disponible et localisation :

La quantité de granulats recyclés disponible est directement liée au volume du marché de la déconstruction dans une zone définie. L'utilisation des bétons de recyclage doit être assujettie à la disponibilité « locale » de ces matériaux évitant ainsi des transports sur de longues distances.

C. Coût des bétons de recyclage :

Similaire à celui d'un béton fabriqué à partir de matériaux primaires, le coût des bétons de recyclage peut être expliqué par différents facteurs :

- La préparation des granulats de béton et des granulats non triés (qui pourrait être optimisée par des procédés techniques).
- Un dosage parfois plus élevé en ciment et en adjuvants dans la composition des préparations.
- La façon dont sont calculés les coûts. Pour effectuer une véritable comparaison, il faudrait prendre en compte la totalité des coûts de démolition et de nouvelle construction, mais également les coûts de valorisation des matériaux minéraux de déconstruction, ceux liés à la mise en décharge des matériaux non valorisables et les coûts liés aux transports (en constante augmentation).

D. Maîtrise de la qualité et de la constance des produits (bétons avec granulats recyclés) :

Pour atteindre une qualité constante et, en conséquence, une production 'routinière' des bétons avec granulats recyclés, un concept d'élimination mettant l'accent sur la valorisation et une préparation minutieuse des matériaux de recyclage sont impératifs. Pour ce faire, le processus de déconstruction des anciens ouvrages et bâtiments est essentiel afin d'obtenir directement une bonne qualité des granulats recyclés. La technologie et la logistique de *production des bétons avec granulats recyclés peuvent aussi contribuer à diminuer les coûts (techniques de production moins onéreuses) et à augmenter l'attractivité de ces bétons*. Mais cela nécessite, de la part des fournisseurs de la 'matière première' et des fabricants de bétons, des compléments spécifiques d'équipements, c'est-à-dire des adaptations logistiques (par exemple : silos complémentaires), et donc des investissements. La densification et la raréfaction des nouveaux terrains à bâtir vont accélérer le nombre de déconstructions d'anciens ouvrages et la disponibilité des granulats recyclés va augmenter. Un volume suffisant sera atteint pour engendrer des économies d'échelle et rendre ainsi les bétons avec granulats recyclés plus compétitifs économiquement alors qu'ils le sont déjà largement du point de vue environnemental.

Les exigences envers les matériaux de recyclage, respectivement les bétons de recyclage, sont les mêmes que pour les matériaux et bétons traditionnels de manière à ne pas péjorer la qualité finale. Il est de la responsabilité des fournisseurs d'adapter leurs outils de production en conséquence.

Pour atteindre au mieux les objectifs fixés et développés ci-dessus, le soutien et l'engagement des collectivités cantonales et communales et des maîtres d'ouvrage en général ainsi que ceux des concepteurs, des entrepreneurs et des fournisseurs sont nécessaires.

Les processus, rôles et tâches des différents intervenants pour la mise en œuvre de bétons de recyclage sont décrits dans le tableau général. Voir chap. 1.5 du présent guide.

5.2 Normes, directives et littérature

Le présent guide technique a été mis à jour principalement selon la nouvelle version du cahier technique SIA 2030:2021.

Autres normes et documents de base:

SN EN 206:2013 +A2:2021	Béton – Spécification, performances, production et conformité
Cahier technique SIA 2030:2021	Béton avec granulats recyclés
Norme SN 670 071	Recyclage - Norme de base
Norme SIA 262:2013	Construction en béton
Norme SIA 262/1:2020	Construction en béton – Spécifications complémentaires
SN EN 12620:2002 +A1:2008	Granulats pour béton
Norme SN 670 102b-NA	Granulats pour béton - Avant-propos national – Annexe nationale
Norme VSS 70 115	Granulats minéraux: Minéralogie et pétrographie qualitative et quantitative
SIA 430 (Norme Suisse 509 430)	Limitation et gestion des déchets de chantier
Aide à l'exécution OLED, 2023	<u>Valorisation des matériaux de déconstruction minéraux, partie du module Déchets de chantier de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), OFEV, 2023</u>
OLED	<u>Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets des déchets (état 26 septembre 2023)</u>

Les essais pour le béton durci et les granulats ainsi que pour le béton de recyclage sont indiqués au chiffre 0.2 *Références normatives* respectivement au chiffre 6 *Preuves du béton de recyclage* du Cahier technique SIA 2030.

Littérature

- [1] Guide technique des applications recommandées dans le cadre du projet ECOMAT^{GE} (GE)
- [2] KBOB Recommandation « Béton de granulats recyclés » 2007/2
- [3] Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton mit Mischgranulat (CemSuisse –Projekt 200602 – September 2011)
- [4] Korrosionsbeständigkeit eines nichtrostenden Chromstahls in karbonisiertem Normal-, Leicht- und Recyclingbeton (Beton- und Stahlbetonbau 105, Heft 12, Hunkeler F. und Baurle (2010)).

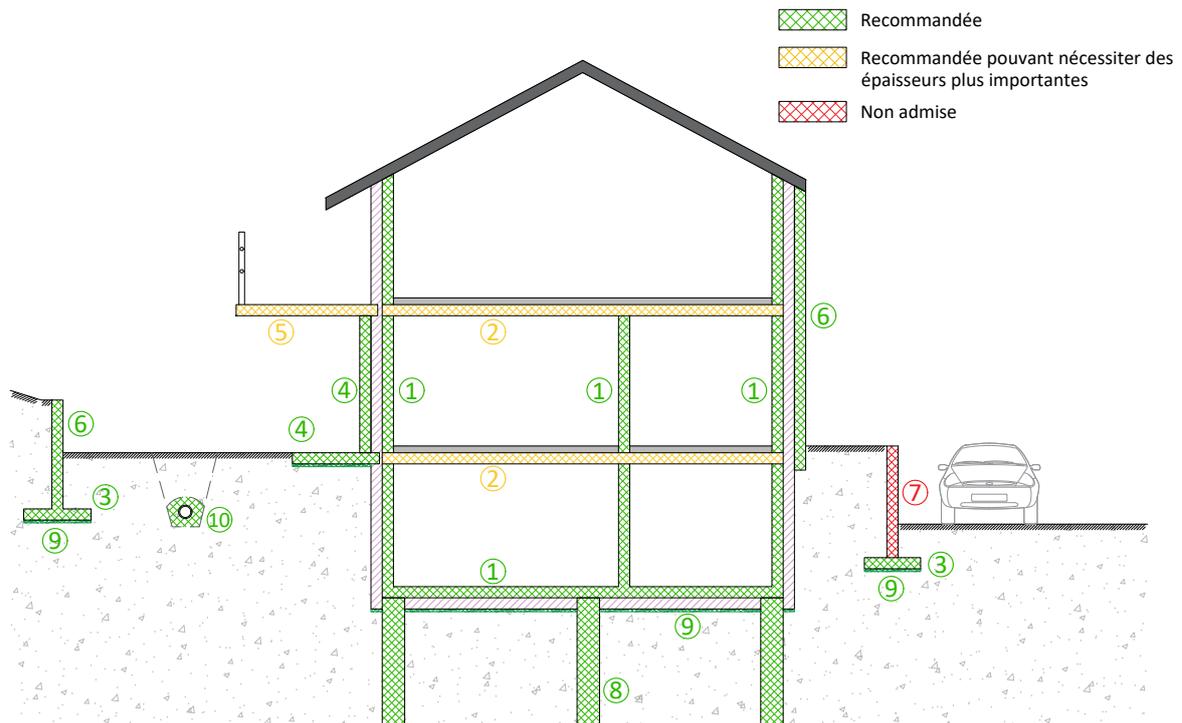
5.3 Utilisation des bétons de recyclage

5.3.1 Domaines d'utilisation

Les domaines d'utilisation dans les éléments de construction sont décrits dans le schéma et le tableau ci-dessous :

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.

Les tableaux 'Propriétés et applications recommandées des bétons de recyclage' des pages suivantes décrivent les applications recommandées en fonction des classes d'exposition des éléments de construction concernés.

5.3.2 Propriétés et applications recommandées des bétons de recyclage

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	$25\% \leq C < 50\%$	<u>admis</u>			<u>1)</u>	<u>non admis</u>			<u>admis</u>
	RC-C50	$50\% \leq C \leq 100\%$	<u>admis</u>			<u>1)</u>	<u>non admis</u>			<u>1)</u>
RC-M**	RC-M10	$10\% \leq M < 40\%$	<u>admis</u>		<u>1)</u>	<u>non admis</u>			<u>1)</u>	
	RC-M40	$40\% \leq M \leq 100\%$	<u>admis</u>	<u>1)</u>		<u>non admis</u>			<u>1)</u>	

- 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) atteigne au moins 40% en masse.

Ce tableau est basé sur le tableau 1 du cahier technique SIA 2030:2021 avec des compléments tirés de la terminologie au chapitre 1 de ce même cahier. Pour plus de précisions sur les exigences de composition des granulats C et M, il faut se référer directement au chapitre 5 du cahier technique SIA 2030:2021.

5.3.3 Caractéristiques des bétons de recyclage

TABLEAU 5.3 - CARACTÉRISTIQUES ET APPLICATIONS RECOMMANDÉES DES BÉTONS DE RECYCLAGE

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 SN 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_{max32}	D_{max32}	D_{max32}	D_{max32}	D_{max32}	D_{max32}	D_{max32}	D_{max32}
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
Exigences supplémentaires (à spécifier selon l'objet)								
Résistance à la RAG					selon chiffre NA.5.3.4.6			
Résistance aux sulfates	néant	néant	néant		chiffre NA.5.3.4.9			
Exigences à la composition et aux essais								
Rapport E/C resp. rapport E/C_{eq} maximal [-]	-	0,65	0,60	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45
Dosage min. en ciment C_{min} [kg/m ³] ^{7,8)}		280	280	300	300	300	320	320
Essais de durabilité ⁹⁾	néant	néant	PE 10 RCarb	RCarb	RCarb GDS	RCarb GDS	RCI GDS	RCI GDS
Autres exigences	SN EN 1 2620 contient les exigences relatives aux granulats							
Ciments admis	Voir le tableau NA.1 de la SN EN 206:2013+A1:2016. En cas de combinaisons de classes d'exposition, le choix du ciment se fait en fonction de l'exigence la plus sévère							

— Applications recommandées pour le RC-C25 et RC-C50

— Applications recommandées pour le RC-M10

— Applications recommandées pour le RC-M40

- 1) La sorte de béton A couvre aussi les exigences de la classe d'exposition XC1(CH).
- 2) La sorte de béton D couvre aussi les exigences de la classe d'exposition XF3(CH).
- 3) Les sortes D et E couvrent la classe d'exposition XD2a(CH). Déf. voir NA.4.1. SN EN 206:2013+A1:2016.
- 4) Les sortes F et G couvrent la classe d'exposition XD2b(CH). Déf. voir NA.4.1. SN EN 206:2013+A1:2016.
- 5) La classe de teneur en chlorures indiquée convient au béton armé et au béton précontraint.
- 6) La classe de consistance indiquée est informative. Sa pertinence relative aux conditions cadres du projet et aux besoins de l'utilisateur (par ex. méthode de mise en place du béton) doit être vérifiée par l'utilisateur du béton au moment de la phase de soumission. Le cas échéant, celui-ci doit l'adapter dans son offre (cf. chiffre NA.5.3.4.1 SN EN 206:2013+A1:2016). Note: Selon chiffre 5.4.1 (5) de EN 206, la conformité de la consistance doit être établie au moment de la livraison à l'utilisateur.
- 7) Le dosage minimal en ciment est valable pour des bétons sans additions et pour D_{max32} mm. Pour d'autres D_{max} , adapter le dosage minimal en ciment selon tabl. NA.7 de la SN EN 206:2013+A1:2016.
- 8) Pour le ciment de type CEM II/B-LL la note de bas de page du tabl. NA.1 de la SN EN 206:2013+A1:2016 est à consulter.
- 9) Essais selon la norme SIA 262/1, annexes A, B, C et I, pour la perméabilité à l'eau (PE), la résistance aux chlorures (RCI), la résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglaçage (GDS) et la résistance à la carbonatation (RCarb). Les valeurs limites et critères de conformité figurent au chiffre NA.8.2.3.4 (tabl. NA.14) de la SN EN 206:2013+A1:2016.
- 10) La perméabilité à l'eau (PE) est à déterminer lorsque cette preuve est demandée selon chiffre NA.8.2.3.4 de la SN EN 206:2013+A1:2016

Ce tableau des exigences de base et supplémentaires aux sortes de béton fréquemment utilisées (bétons plastiques, mise en place à la grue ou à la pompe) pour le bâtiment (A à C) et le génie civil (D à G) est un résumé des tableaux NA.5 et NA.6 de la norme SN EN 206:2013+A1:2016. La « sorte de béton » est équivalente au « type NPK de béton » utilisé couramment en Suisse et dans le CAN.

5.4 Terminologie et définitions

Les tableaux suivants sont basés sur le cahier technique SIA 2030:2021.

TABLEAU 5.4 - TYPES DE BÉTONS

Béton		
BÉTON DE RECYCLAGE		BÉTON NORMAL
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 de masse volumique (après séchage à l'étuve) supérieure à 2000 kg/m ³ , mais inférieure ou égale à 2600 kg/m ³ , 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

TABLEAU 5.5 - TYPES DE GRANULATS. Photos de François Glassey

GRANULAT						
Matériau granulaire utilisé en construction. <i>Un granulat peut-être naturel ou recyclé, selon SN EN 12620</i>						
RECYCLÉ				NATUREL		
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				Granulat d'origine minérale n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique, selon SN EN 12620		
DE BÉTON C		DE GRAVATS MIXTES M				
Granulat recyclé, obtenu par traitement du béton de démolition propre		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+A1:2008, tableau 20				Éléments étrangers	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	FL cm ³ /kg
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)
Granulat de gravats mixtes (M)	Rcu ₉₀ (< 90 M.-%)	Rc _{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						
						
						

Légende du tableau : se référer au tableau 3.1 du chapitre des graves recyclées.

5.5 Propriétés des bétons de recyclage à l'état frais et durci

5.5.1 Consistance – ouvrabilité et cure

Les granulats recyclés présentent **une très forte absorption d'eau**, en particulier s'il s'agit de granulats mélangés de faible masse volumique, ainsi qu'une *teneur en vides supérieure aux granulats naturels*. A ces inconvénients techniques, s'ajoute une *forte variabilité de la composition et des propriétés des granulats*, engendrée par les origines diverses des matériaux recyclés.

Afin d'assurer une *ouvrabilité* raisonnable, permettant la mise en place du béton frais, les dosages en eau, en ciment et en adjuvants sont très souvent augmentés.

Il est nécessaire de maîtriser la *consistance* car un béton de recyclage a tendance à avoir un raidissement plus précoce qu'un béton normal, dû à l'absorption d'eau plus importante des granulats recyclés.

A l'aide d'adjuvants, il est possible de fabriquer un béton de recyclage avec un rapport E/C bas tout en conservant une consistance permettant une bonne ouvrabilité.

La *cure* du béton de recyclage est aussi importante que celle du béton normal.

5.5.2 Module d'élasticité

Le *module d'élasticité* d'un béton est principalement dicté par celui des granulats et par la quantité de pâte de ciment (eau + ciment + air). Les granulats recyclés, en particulier les granulats mélangés, présentent un module plus faible que celui des granulats naturels (R_u). Il en résulte donc un *module d'élasticité d'un béton de recyclage inférieur à celui d'un béton normal*, constitué de granulats naturels. Cette baisse sera directement dépendante du type (C ou M) et de la proportion massique de granulats recyclés contenue dans le béton de recyclage. La probable augmentation du volume de pâte de ciment d'un béton de recyclage accentuera encore cette baisse de module.

Le module d'élasticité d'un 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. La déclaration du module d'élasticité d'un béton de recyclage RC-C et RC-M doit se faire au moyen des classes de module d'élasticité selon le tableau ci-dessous tiré du cahier technique SIA 2030. Les classes de module d'élasticité dépendent du module d'élasticité moyen E_{rcm} et de la valeur de mesure minimale du module d'élasticité $E_{rc,i,min}$

TABLEAU 5.6 - CLASSES DE MODULE D'ÉLASTICITÉ

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.

5.5.3 Fluage et retrait

Le fluage et le retrait d'un béton de recyclage, mesurés sur éprouvettes selon SIA 262/1, sont supérieurs au fluage et au retrait d'un béton normal constitué de granulats naturels. Ces observations résultent à la fois du volume de pâte de ciment supérieur du béton de recyclage et du module d'élasticité inférieur des granulats recyclés.

Le coefficient de fluage est augmenté d'un facteur 1.25 et le coefficient de retrait du facteur E_{cm}/E_{rcm} .

Etant donné des coefficients de fluage et de retrait augmentés et un module d'élasticité réduit, les déformations d'un béton de recyclage sont plus grandes que celles d'un béton normal avec des résistances à la compression identiques.

5.5.4 Valeurs de dimensionnement

Les règles de la norme SIA 262 sont 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 sont à prendre en compte concernant les déformations spécifiques maximales ainsi que les résistances à l'effort tranchant et à la flexion. Elles sont décrites au chapitre 4.2 du cahier technique SIA 2030.

5.5.5 Masse volumique

La masse volumique d'un béton de recyclage est légèrement inférieure à celle d'un béton normal et se situe à environ 2'350 kg/m³.

5.5.6 Remarques générales

Les matériaux de déconstruction sont concassés puis fractionnés à sec selon leur granulométrie ou par voie humide avec de l'eau (cf. aussi chap. 2.5.3 et 2.5.4). Dans le cadre de l'utilisation de mélanges de démolition préparés à sec, on constate que les *granulats recyclés contiennent trop d'impuretés problématiques dans les fines*. Ces substances incontrôlables provoquent de fortes fluctuations du point de vue de la qualité et conduisent à une absorption d'eau élevée. L'absorption d'eau des granulats recyclés étant environ 4 fois plus importante que celle des granulats naturels, il est nécessaire de garantir la gestion de l'humidité des granulats recyclés. L'enlèvement de la fraction 0/8 permet une meilleure gestion de l'absorption d'eau des granulats recyclés par la réduction des fines et des farines. Dans la mesure du possible, il est recommandé de prévoir une humidification préalable des granulats recyclés.

Lorsque les fines sont séparées durant la préparation des granulats recyclés, elles peuvent présenter des quantités trop élevées en chromates aussi bien dans les traitements mécaniques à sec que par voie humide [1]. Dans ce cas, elles doivent être mises en décharge appropriée ou réutilisées sous formes liées conformément à l'OLED en fonction de leurs teneurs en polluants.

Un surdosage en ciment d'un béton de recyclage peut s'avérer nécessaire par la présence de granulats recyclés concassés par rapport à un béton normal composé uniquement de granulats naturels roulés.

Le MO se laisse toujours la possibilité de demander à l'entrepreneur/fournisseur de remettre la recette du béton livré, en particulier d'annoncer le % de granulats recyclés qu'il contient et l'élément d'ouvrage concerné par la fourniture.

5.6.3 Contrôle interne de production de la centrale (CIP)

Les bétons de recyclage doivent être certifiés par un contrôle Interne de Production (CIP). L'attestation de certification peut faire partie des pièces demandées par le MO ou remises par les entreprises.

5.7 Mise en soumission

5.7.1 Conditions particulières pour les cahiers d'appels d'offres de travaux

Lorsque le MO demande ou laisse possible l'utilisation de bétons de recyclage pour la réalisation d'un ouvrage donné, les conditions particulières du cahier d'appel d'offres des travaux pour cet ouvrage doivent contenir toutes les mentions utiles afférentes. Le béton de recyclage RC-C est spécifié comme béton à propriétés spécifiées selon SN EN 206:2013+A2, avec exigences complémentaires telles que la classe de béton de recyclage et la classe de module d'élasticité selon cahier technique SIA 2030.

Exemple :

– **Béton de remplissage – Béton de propreté (béton sorte 0)**

Pour les bétons de remplissage et de propreté qui n'exigent pas une qualité particulière de béton, il est prescrit un béton de recyclage type RC-C ou RC-M.

– **Béton (béton sortes A, B et C)**

Pour les éléments structuraux en béton des sortes A à C, l'utilisation de béton de recyclage est imposée par le maître d'ouvrage. Les types de béton exigés selon SN EN 206:2013+A2 sont les suivants:

- *Béton sorte A pour murs: C20/25, XC2(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **type RC-C25, RC-C50 ou RC-M10, E15***
- *Béton sorte A pour dalles: C20/25, XC2 (CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **type RC-C25, RC-C50 ou RC-M10, E20***
- *Béton sorte B pour murs: C25/30, XC3(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **type RC-C25, RC-C50 ou RC-M10, E20***
- *Béton sorte B pour dalles: C25/30, XC3(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **type RC-C25, RC-C50 ou RC-M10, E25***
- *Béton sorte C pour murs: C30/37, XC4(CH), XF1(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **type RC-C25 ou RC-C50, E20***
- *Béton sorte C pour dalles: C30/37, XC4(CH), XF1(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **type RC-C25 ou RC-C50, E25***

5.7.2 Articles de mise en soumission des travaux

Soumission: utilisation des articles de soumission selon CAN 241 « Construction en béton coulé sur place » F/19(V 24)

241	Constructions en béton coulé sur place			
600	Béton (I)			

	. Le sous-art. 000.200 indique les conditions de rémunération, règles de métré et définitions à prendre en considération.			
	. Le béton recyclé peut être utilisé selon le cahier technique SIA 2030 à la place du béton avec granulats naturels.			
	Celui-ci sera décrit à l'art. 685.			
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	.....
.120	RC-C 50.			
.121	Classe de module d'élasticité			
			
	Conc. art.			
	Elément de construction .....	.....	m3	.....
.200	Type de béton NPK B RC-C.			
.210	RC-C 25.			
.211	Classe de module d'élasticité			
			
	Conc. art.			
	Elément de construction .....	.....	m3	.....

.220	RC-C 50.				
.221	Classe de module d'élasticité				
				
	Conc. art.				
	Elément de construction .....	.....	m3	.....	.....
.300	Type de béton NPK C RC-C.				
.310	RC-C 25.				
.311	Classe de module d'élasticité				
				
	Conc. art.				
	Elément de construction .....	.....	m3	.....	.....
.320	RC-C 50.				
.321	Classe de module d'élasticité				
				
	Conc. art.				
	Elément de construction .....	.....	m3	.....	.....
.400	Type de béton NPK A RC-M.				
.410	RC-M 10.				
.411	Classe de module d'élasticité				
				
	Conc. art.				
	Elément de construction .....	.....	m3	.....	.....
.420	RC-M 40.				
.421	Classe de module d'élasticité				
				
	Conc. art.				
	Elément de construction .....	.....	m3	.....	.....
.500	Type de béton NPK B RC-M.				
.510	RC-M 10.				
.511	Classe de module d'élasticité				
				
	Conc. art.				
	Elément de construction .....	.....	m3	.....	.....
.601	Type de béton				
	Type de béton recyclé				

Classe de module d'élasticité

.....

Conc. art.

Elément de construction

Métré:

up =

Divers up

241 Total Constructions en béton coulé sur place

Impressum

Le présent guide technique a été rédigé par la *Commission de suivi pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage* ainsi que ses groupes de travail spécifiques.

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

Groupe de travail « Graves »

Loris CHITTARO
Léonard JACCAUD
Lionel LATHION
Luis RICARDO
Philippe RITHNER

Groupe de travail « Enrobés »

Stefan AEBERSOLD
Glenn GIROUD
Olivier SCHALBETTER
Andreas SCHMID
Diego IGLESIAS

Groupe de travail « Bétons »

Pierre BRUCHEZ
Zoé BONOMI
François GLASSEY
Jean-Baptiste LUYET
Martin VOLKEN