

Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes

Guide des bonnes pratiques
Brochure de présentation



Sponsors



Partenaire scientifique



Introduction

Le guide des bonnes pratiques « **Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes** » est essentiellement axé sur la pratique. Il résume et complète la législation, la normalisation et la documentation technique disponibles ainsi que les expériences réalisées en Suisse et quelques pays voisins sur les thèmes du recyclage des agrégats d'enrobés et des enrobés tièdes.

L'objectif principal du guide est de vous aider de manière pratique dans l'intégration et la promotion des enrobés bitumineux à forte teneur en agrégats d'enrobés ainsi que des enrobés tièdes dans les projets de construction routière, ceci sans pour autant générer de risque supplémentaire.

La structure du guide des bonnes pratiques est présentée ci-contre; cette brochure vous proposant également un aperçu du contenu du guide.

Partie 1: Informations et connaissances de base

Chapitre 1 L'agrégat d'enrobé et le granulat bitumineux

1.1–1.2: Définition et composition de l'agrégat d'enrobé.
1.3–1.4: Processus d'obtention et différences avec les matériaux primaires.
1.5: Norme SN EN 13 108-8.

Chapitre 2 Les enrobés

2.1–2.2: Brève description des différents enrobés bitumineux.
2.3–2.4: Avantages et spécificités des enrobés recyclés et des enrobés tièdes.
2.5–2.6: Aspects concernant la fabrication et mise en œuvre.

Partie 2: Etat des connaissances

Chapitre 3 Facteurs entravant le développement des enrobés recyclés et des enrobés tièdes

Aspects techniques, économiques, institutionnels et normatifs.
Perception et état des connaissances.

Chapitre 4 Expériences avec les enrobés recyclés et les enrobés tièdes

4.1: Normalisation suisse.
4.2–4.3: Bonnes pratiques en Suisse, directives et initiatives locales.
4.4: Projets de recherche nationaux
4.5: Etat des connaissances et exemples provenant de l'étranger

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

Chapitre 5 Domaine d'application étendu et exigences y relatives

5.1: Teneur en agrégats d'enrobés recommandée dans les enrobés.
5.2: Choix du liant.
5.3–5.6: Exigences relatives aux liants et aux enrobés.

Chapitre 6 Promotion et intégration des enrobés recyclés et des enrobés tièdes dans le cadre des projets

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

Agrégats d'enrobé et enrobés recyclés

Un agrégat d'enrobé

- Est un matériau bitumineux obtenu lors de la déconstruction ou du fraisage des chaussées (1.1).
- Peut être utilisé en tant que matière première secondaire.
- Possède des propriétés particulières. Ces dernières doivent être prises en compte lors de l'utilisation (1.4).
- Est constitué de granulats et de filler (~95 M.-%) ainsi que de liant (~5 M.-%) (1.2.1).
- Peut également contenir des matériaux étrangers (1.2.2) ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP (1.2.3).
- Est transformé en granulat bitumineux réutilisable (1.3).

Référence principale SN EN 13108-8 (1.5)

Un enrobé recyclé

- Est un enrobé bitumineux, qui contient une certaine teneur en agrégats d'enrobés (2.1). Pour ce faire, plusieurs éléments (2.4) doivent être pris en compte, notamment :
 - L'homogénéité et les propriétés des agrégats d'enrobés utilisés.
 - Le mélange entre le liant provenant des agrégats d'enrobés avec celui du bitume d'apport.
 - Les caractéristiques du liant récupéré des agrégats d'enrobés ainsi que celles du bitume d'apport, des éventuels additifs ainsi que du liant résiduel final.
- Offre plusieurs avantages (2.3) comparativement aux enrobés bitumineux traditionnels :
 - Optimisation du cycle des matériaux en termes d'environnement et d'économie.
 - Préservation de ressources naturelles et des espaces de dépôt des déchets.

Différents processus de fabrication permettent la réutilisation d'agrégats d'enrobés dans des nouveaux mélanges bitumineux (2.5.1). Le compactage de l'enrobé recyclé est l'un des aspects déterminants lors de la mise en œuvre (2.6).

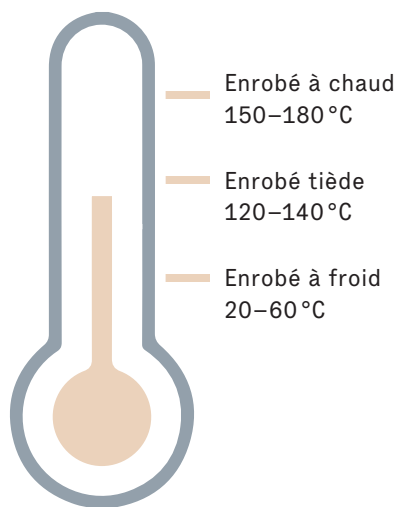
Type de centrale	Description	Teneur théorique en AE
Centrale non équipée pour l'ajout d'agrégats d'enrobés	<ul style="list-style-type: none"> • Faible proportion du parc existant en Suisse. • A la limite de la viabilité économique. 	0 %
Centrale avec un seul tambour sécheur, mais équipée pour l'ajout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

Enrobés tièdes

L'enrobé tiède est un enrobé bitumineux dont la température de production et de pose est réduite (-30 °C minimum) par rapport à celle d'un enrobé à chaud (2.1). Les différentes températures de production des enrobés bitumineux sont indiquées dans le diagramme ci-dessous.

Concernant ce type d'enrobé, un certain nombre de points doivent être pris en compte (2.4), tout particulièrement l'obtention d'une maniabilité suffisante de l'enrobé tout au long du processus : de la production du mélange (2.5.2) jusqu'à la mise en service de la chaussée après la mise en œuvre (2.6).

La diminution de la température de fabrication tout en maintenant une viscosité appropriée du mélange est rendue possible grâce à des procédés de fabrication spécifiques (2.5.2).



Les différents types d'enrobés bitumineux selon la température de fabrication.

	Enrobé tiède (principales techniques)	
	Ajout d'additifs	Bitume mousse
Principe	Ajout de différents types d'additifs (liquides, solides) qui modifient les caractéristiques du liant.	Formation de mousse de bitume par l'ajout d'eau.
Effets	Réduction de la viscosité et/ou amélioration de la maniabilité.	Réduction de la viscosité du liant et/ou amélioration de la maniabilité.
Equipements requis centrale	Pas d'équipement spécifique, éventuellement une ligne d'approvisionnement supplémentaire.	Equipement spécifique (générateur de mousse).
Fonctionnement centrale/flexibilité	Fabrications ponctuelles possibles, après adaptation de la température.	Réorganisation de l'ensemble de la production, plutôt adapté pour des tonnages élevés.
Aspects économiques	Des coûts supplémentaires pour l'achat des additifs sont à prévoir	Coûts d'investissement initial pour l'équipement.
	Coûts similaires aux enrobés à chaud (fourniture).	
Aspects écologiques (bilan environnemental global)	Economies d'énergie significatives.	
	A moduler en fonction du type d'additif utilisé.	Meilleur que celui d'un enrobé à chaud.

Plusieurs technologies de fabrication des enrobés tièdes coexistent. Par conséquent, il est difficile de tirer des conclusions générales relatives aux aspects environnementaux et économiques.

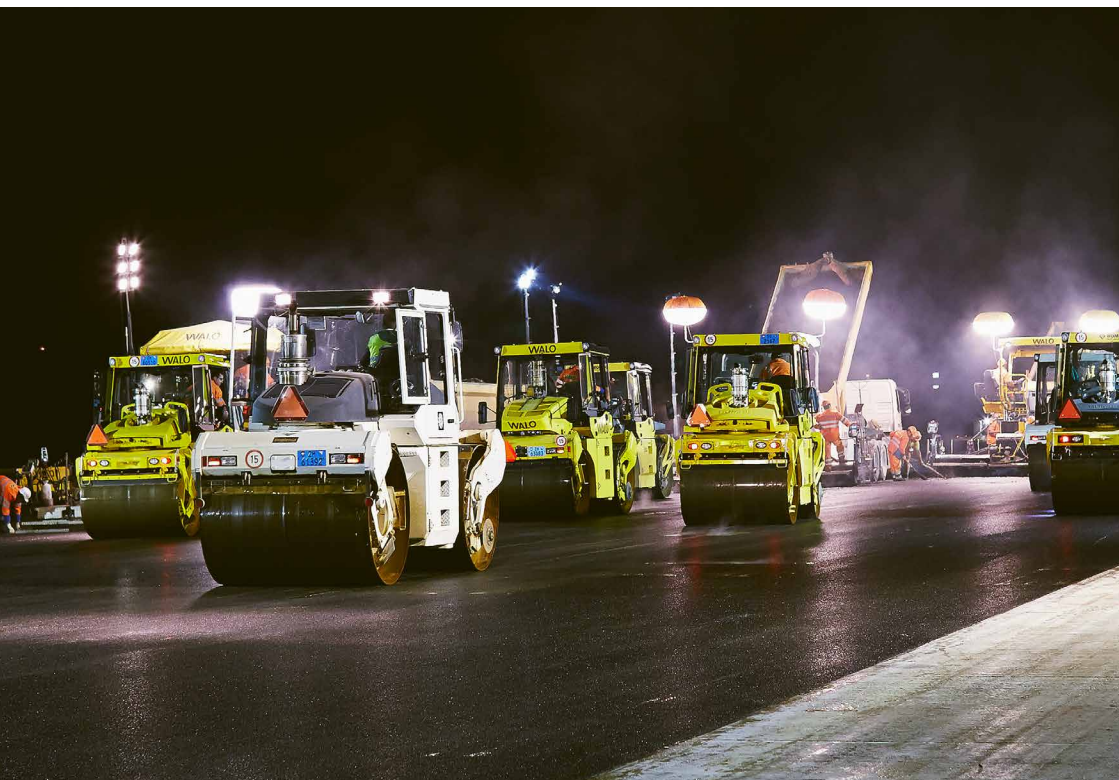
Teneurs en agrégats d'enrobés conseillées pour les enrobés recyclés

Une analyse des expériences déjà réalisées dans le domaine des enrobés recyclés et des enrobés tièdes a été menée :

- en Suisse, concernant les bonnes pratiques (4.2), les initiatives locales (4.3) et les projets de recherche nationaux (4.4)
- à l'étranger (4.5).

Sur la base de l'évaluation des expériences, il est recommandé, en dérogation à la norme suisse, d'utiliser des pourcentages admissibles d'asphalte bitumineux plus élevés sans prendre de risques supplémentaires (5.1). Dans le cas d'une combinaison entre recyclage et enrobés tièdes, les exigences actuelles selon SN 640 431-1-NA sont adaptées. Le champ d'application nouvellement défini permet l'utilisation d'enrobé recyclé sans prise de risque supplémentaire par rapport à des enrobés à chaud ne contenant pas d'agrégats d'enrobés.

Assainissement de la piste de l'aéroport de Zurich-Kloten / Photo : Ralph Bensberg



Teneurs recommandées pour couches de fondation, de base et de liaison

Type d'enrobé	Teneur en agrégats d'enrobés conseillée par le guide		Quantité admissible à l'heure actuelle (SN 640 431-1-NA)
AC F	min. 60 %	max. 100 %	max. 70 %
AC T	min. 50 %	max. 90 %	max. 60 %
AC B	min. 20 %	max. 60 %	max. 30 %

Teneurs recommandées pour les AC EME et couches de roulement

Type d'enrobé	Teneur en agrégats d'enrobés conseillée par le guide		Quantité admissible à l'heure actuelle (SN 640 431-1-NA)
AC EME	min. 10 %	max. 50 %	max. 30 %
AC Couche de roulement	N	min. 0 %	max. 50 %
	S/H	min. 0 %	max. 30 %

La teneur minimale en agrégats d'enrobés spécifiée correspond à ce qu'un maître d'ouvrage est en droit d'attendre de la part des producteurs d'enrobés et des entreprises de construction en matière d'enrobés recyclés. Des conditions de garantie identiques à celles des produits standards s'appliquent.

La teneur optimale en agrégats d'enrobés dans un enrobé recyclé ne correspond pas nécessairement au maximum techniquement réalisable. Cela est fortement dépendant du type et de la sorte d'enrobé, des conditions locales, du type de chantier et des conditions de mise en œuvre ainsi que constituants disponibles.

Exigences relatives aux liants et aux enrobés

Les exigences relatives aux enrobés recyclés et aux enrobés tièdes doivent respecter les exigences normatives ainsi que les prescriptions du maître d'ouvrage relatives aux enrobés à chaud traditionnels, par exemple la norme produit SN 640 431-1-NA/ EN 13108-1.

Les propriétés d'un enrobé bitumineux sont largement dépendantes de celles de son liant.

Par conséquent, le respect des exigences normatives et de paramètres issus du retour d'expérience sont des conditions nécessaires afin de garantir les caractéristiques, les performances et la qualité de l'enrobé bitumineux fabriqué et mis en œuvre.

Les principaux essais sur liant et les enrobés, de même que leur principe de ainsi que les exigences et/ou valeurs pratiques et y relatives, sont présentés dans le guide des bonnes pratiques. L'accent est cependant mis sur la problématique des enrobés recyclés et des enrobés tièdes.



Détermination du point de ramollissement par la méthode bille et anneau.



Détermination de la pénétrabilité à l'aiguille.

Essais sur liant

- Les essais traditionnels sont adaptés pour le contrôle usuel du liant (5.3). Ces essais ne sont cependant pas suffisants pour caractériser de manière exhaustive la complexité du liant provenant d'enrobés recyclés et d'enrobés tièdes.
- Des essais supplémentaires, par ex. essais rhéologiques avec rhéomètre à cisaillement dynamique DSR, sont davantage adaptés à la problématique des enrobés recyclés et des enrobés tièdes (5.4). Ces essais sont pour l'instant davantage destinés au développement de formulations d'enrobés ainsi qu'aux cas d'expertises.

Essais sur enrobé

- Essais conventionnels pour le développement et la vérification de formulations (5.5), y compris :
 - Caractéristiques essentielles à prendre en compte dans le cas des enrobés recyclés et des enrobés tièdes (5.5.2).
 - Essais complémentaires à considérer, particulièrement pertinents dans le cas d'enrobés recyclés et d'enrobés tièdes (5.5.3).
- Contrôle de la fourniture et de la mise en œuvre sur le chantier (5.6)
 - Synthèse des éléments de la norme VSS 40 434.
 - Compléments avec les points-clé et les facteurs à considérer lors de la mise en œuvre d'enrobés recyclés et d'enrobés tièdes.

Intégration dans le cadre du processus projet

Les enrobés recyclés avec une forte teneur en agrégats d'enrobés et les enrobés tièdes peuvent être livrés et mis en œuvre sur quasi l'ensemble des chantiers de construction en Suisse.

Il est toutefois important, lors de la mise en œuvre, de considérer certains facteurs-clé de réussite, dont notamment :

- La température et la viscosité des enrobés bitumineux, qui garantissent leur maniabilité et leur aptitude au compactage.
- L'utilisation de camions thermos (recommandé) pour le transport.
- La mise en œuvre (fortement recommandée) à la machine (dans le cas des enrobés tièdes).
- Des références et une expérience de l'entreprise de construction avec ce type de produit est nécessaire.

Le recours aux enrobés recyclés et aux enrobés tièdes doit être intégré dans le processus projet et ce, dès la phase de planification. Des recommandations et des éléments d'aide relatifs aux différentes phases de projet sont disponibles dans le guide.



Mise en œuvre d'enrobés recyclés (Bülach-Kloten, canton de Zürich).



Prélèvements d'enrobés bitumineux (avant/après essai).

Phase de conception/planification (6.1)

- La réalisation d'essais préliminaires est primordiale, notamment pour la préparation de la déconstruction :
 - Mise en place d'une méthodologie de déconstruction adaptée.
 - Estimation des quantités de matériaux à déconstruire et définition des filières de valorisation et d'élimination.
- En ce qui concerne le choix des types et sortes d'enrobés bitumineux, les enrobés recyclés doivent être privilégiés dans la mesure du possible. Il faut toutefois garantir les facteurs-clé de réussite y relatifs.
- Consolidation des aspects financiers et du dimensionnement structurel.

Documents pour l'appel d'offre (6.2 et 6.3)

- Référence nécessaire aux documents importants, aux exigences spécifiques et description détaillée des produits souhaités.
- Documents requis lors du dépôt d'une offre :
 - Rapport technique.
 - Copie des épreuves de formulation et de la dernière version de la déclaration de conformité du produit.
 - Références de l'entreprise de construction.
- Promotion et évaluation positive des enrobés recyclés et des enrobés tièdes sur la base des critères d'aptitude et des critères d'adjudication (proposition de démarche et exemples).

Phase d'exécution (6.4)

- Lors de la livraison de l'enrobé : contrôle des bons de livraison.
- Lors de la mise en œuvre de l'enrobé :
 - Contrôle de la température lors de la pose et du compactage.
 - Contrôle visuel de l'homogénéité et de l'enrobage.
 - Suivi du compactage.
 - Prélèvement d'échantillons d'enrobé (fourniture).
 - Elaboration du procès-verbal de mise en œuvre.
- Après la mise en œuvre : prélèvement de carottes.
- Le programme d'essais et les mesures mises en place dans le cadre du contrôle qualité doivent être définis et adaptés pour chaque projet.
- Un grand nombre de contrôles et d'essais peut, dans un premier temps, être effectué directement par la direction des travaux, sans que cela ne nécessite des ressources financières conséquentes.

La plateforme Graviers pour des générations/Kies für Generationen KFG

La plateforme KFG a été créée en avril 2018. Les acteurs engagés au sein de ce groupe de travail sont les suivants :

- Direction des travaux du canton de Zurich.
- L'association asr Recyclage matériaux construction Suisse.
- L'association zurichoise des producteurs de béton et de gravier (FKB Zürich).

L'objectif principal de la plateforme KFG est de « veiller conjointement à ce que les matériaux minéraux issus de la déconstruction restent dans le circuit économique en tant que matériaux de construction et soient revalorisés ».

En pratique, cela se traduit par :

- Donner la priorité aux produits de construction issus de matériaux de déconstruction, par exemple dans le cadre des projets de la Direction des travaux du canton de Zurich.
- Définir des mesures visant à accroître leur acceptation et la demande.
- Reconnaître et promouvoir les innovations.

Des entreprises de la région de Zurich (p. ex. Walo, Eberhard) ainsi que des producteurs d'enrobés (BHZ) sont également actives au sein du groupe de travail.



Couverture du guide des bonnes pratiques.

Le guide des bonnes pratiques **Recyclage des agrégats d'enrobés et recours aux enrobés tièdes** est né de ces efforts communs.

Il a fait l'objet d'un cofinancement de la part des organisations suivantes : cantons AG/BE/FR/GE/LU/VD/VS/ZG/BL/BS/TI/ZH ainsi que du service des ponts et chaussées de la ville de Zurich (TAZ).

Il vous appartient maintenant de mettre en œuvre les recommandations de ce guide et de poursuivre sur la lancée initiée par la plateforme KFG !

Lien vers le guide des bonnes pratiques:

[kiesfuergenerationen.ch_Ziele_Asphalt Recycling_Best Practice Guideline - Bericht und Präsentation_Rapport F](https://www.kiesfuergenerationen.ch/Ziele_Asphalt_Recycling_Best_Practice_Guideline_-_Bericht_und_Praesentation_Rapport_F)



Impressum

1^{ère} édition, décembre 2021

Concept et réalisation : Kies für Generationen

Contenu et texte : Kies für Generationen

Design et conception : Etage Est GmbH, Berne

Images : Haute Ecole Spécialisée Bernoise (couverture), ralphbensberg fotografie/
Flughafen Zürich (page 8), Haute Ecole Spécialisée Bernoise (pages 10 et 12),
canton de Zürich (page 12), Etage Est GmbH (page 14)

Kies für Generationen KFG

c/o asr Recyclage des matériaux de construction Suisse

Bahnhofstrasse 6

8952 Schlieren

+41 44 813 76 56

info@kiesfuergenerationen.ch

www.kiesfuergenerationen.ch



**Kanton Zürich
Baudirektion**



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



fkb
Zürich
Fachverband
für Kies- und
Betonwerke
Kanton Zürich

Partenaires médias



Schweizerischer Baumeisterverband
Société Suisse des Entrepreneurs
Società Svizzera degli Impresari-Costruttori
Societad Svizra dals Impresaris-Costructurs