

GUIDE TECHNIQUE DES APPLICATIONS RECOMMANDÉES DANS LE CADRE DU PROJET ECOMAT^{GE}



SOMMAIRE

Généralités

Bétons.....	p. 4
Minergie ECO (utilisation de béton recyclé).....	p. 8
Procédés de stabilisation pour aménagements.....	p. 10
Enrobés bitumineux posés à froid.....	p. 16
Ville ECOMAT.....	p. 20

Fiches techniques

Bétons.....	p. 22
Aménagements.....	p. 30
Enrobés bitumineux.....	p. 42
Tableau récapitulatif.....	p. 48

Rappel des normes techniques et des matériaux.....	p. 54
---	--------------

LA DÉMARCHE ECOMAT^{GE}

Le projet ECOMAT^{GE} découle d'une série d'études sur la problématique des matériaux inertes dans le canton de Genève initiées, dès 2002, par le service de géologie, sols et déchets (GESDEC).

Ces études visent à répondre aux deux nouveaux défis que doit relever le secteur genevois de la construction. Le premier concerne notre approvisionnement en matières premières. En effet, au rythme d'exploitation actuel de nos gravières, les réserves genevoises de gravier seront épuisées d'ici une trentaine d'années. Le second touche l'élimination des déchets de chantiers, dont les volumes excèdent, depuis quelques années, la capacité libérée dans les gravières qui servent de sites de stockage.

Le groupe de travail ECOMAT^{GE}, réunissant des représentants de l'Etat et des professionnels de la construction, a testé sur des chantiers pilotes diverses applications à base de matériaux recyclés. Les conclusions des études-tests menées et validées par le groupe ECOMAT^{GE} sont disponibles sous la forme du présent guide technique.

GÉNÉRALITÉS SUR LES PROPRIÉTÉS DU BÉTON RECYCLÉ À L'ÉTAT FRAIS ET DURCI

Consistance

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. À 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.

Module d'élasticité

Le module d'élasticité du 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 (Ru). Il en résulte donc un module d'élasticité du béton recyclé inférieur à celui d'un béton primaire, constitué de granulats naturels. Cette baisse sera directement dépendante du type (Rc ou Rb) et de la proportion massique de granulats recyclés contenue dans le béton recyclé. La probable augmentation du volume de pâte de ciment du béton recyclé accentuera encore cette baisse de module.

Fluage et retrait

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

Domaine d'application

En raison d'un dosage en eau augmenté pour le béton recyclé, il est très difficile de garantir les rapports e/c prescrits dans le tableau NA3 de l'annexe nationale de la SN EN 206-1 pour les classes d'exposi-

tion sévères sans augmenter en conséquence la quantité de ciment ou diminuer la proportion massique de granulats recyclés. Nous conseillons donc l'utilisation de béton recyclé uniquement pour du béton maigre ou des éléments de structure situés à l'abri des intempéries (classes XC1, XC2 et éventuellement XC3). Les caractéristiques mécaniques (résistance, module) étant réduites, l'utilisation de béton recyclé devrait logiquement être limitée aux éléments de structure peu sollicités.

TYPES DE CIMENT

Le ciment est le composant du béton qui détermine de façon prépondérante l'énergie grise et la quantité de CO₂ d'un mètre cube de béton, il est donc primordial de le choisir avec soin si l'on désire respecter au mieux ces critères environnementaux. La quantité de clinker influence pratiquement directement la charge environnementale du ciment. Les ciments composés [selon SN EN 197-1], ayant une faible proportion de clinker et d'autres composants principaux sont ainsi clairement favorables. L'addition, par exemple, de cendre volante dans le béton lors du malaxage permet de réduire légèrement le dosage en ciment et représente aussi une alternative possible. Du point de vue normatif (dosage min. en ciment et rapport e/c max. imposés), cette façon de faire est cependant moins efficace.

En résumé, du point de vue écologique (énergie grise et CO₂), la préférence devrait être donnée aux bétons confectionnés avec les ciments suivants :

1. CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R (Exemples: Bisolvo 3R et Flextremo 3R²)
2. CEM II/A-M (V-LL) 42,5 R (Exemple: Flextremo 4R²)
3. CEM II/A-LL 42,5 N (Exemple: Fluvio 4)
4. CEM II/A-LL 42,5 N + ajout de cendre volante¹
5. CEM I 42,5 N + ajout de cendre volante¹

¹ Les limitations de l'annexe nationale NC de la SN EN 206-1 doivent impérativement être respectées

² Ciment spécial pour béton autocompactant

NORMES TECHNIQUES

En vigueur:

- Norme SN EN 206-1 (SIA 162.051), Béton - Partie 1: Spécification, performance, production et conformité, ainsi que ses annexes nationales
- Norme SIA 262 - Construction en béton (2003)
- Norme SIA 262/1 - Construction en béton - Spécifications complémentaires (2003)
- Recommandation SIA 162/4 - Béton de recyclage (1994), en cours de révision et sera prochainement remplacée par la SIA 2030
- Norme EN 12620:2002 + A1:2008 - Granulats pour béton
- SN EN 197-1 (SIA 215.002), Ciment - Partie 1: Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants (2000)
- SN EN 197-2 (SIA 215.003), Ciment - Partie 2: Evaluation de la conformité (2000)
- Déchets - Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux, Matériaux bitumineux et non bitumineux de démolition des routes, béton de démolition, matériaux non triés, Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage (OFEFP), ancienne version datant de juillet 1997
- Déchets - Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux, Matériaux bitumineux et non bitumineux de démolition des routes, béton de démolition, matériaux non triés, Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2^e édition actualisée en 2006

En consultation:

- Directive SIA 2030 - Béton de recyclage (2008), version allemande cette recommandation est actuellement en consultation et n'est pas encore valable
- Recommandation SIA 2030 est en cours de consultation

Les normes référencées sont contradictoires sur certains points. Elles sont par ailleurs en cours de révision, ce qui ne permet pas, à l'heure actuelle, de garantir que les matériaux proposés les respectent entièrement. Cependant, les producteurs de béton tendent à respecter et à intégrer au mieux ces critères normatifs.

Les informations légales seront tenues à jour sur le site ECOMAT^{GE} www.ge.ch/ecomat-ge

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES POUR LES BÉTONS

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES POUR LES BÉTONS MAIGRES

Conception ↘ Respect du D_{max} ;
 ↘ Contrôle recommandé de la qualité
 et de la propreté des granulats.

Mise en œuvre –

Qualité –

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES POUR LES BÉTONS CLASSÉS

Conception ↘ Usage limité aux éléments non exposés
 aux intempéries et faiblement sollicités ;
 ↘ Module d'élasticité réduit ;
 ↘ Fluage et retrait augmentés ;
 ↘ D_{max} 16mm à éviter.

Mise en œuvre ↘ Risque de perte de consistance au fil du
 temps, en particulier par temps chaud ;
 ↘ Déconseillé pour les murs de moins de 22 cm.

Qualité ↘ Rapport E/C : prise en compte impérative
 de l'absorption d'eau des granulats ;
 ↘ Différence de teinte probable ;
 ↘ Vérification recommandée de la teneur en
 chlorure des granulats (en cas de doutes sur
 la provenance des granulats).

MINERGIE-ECO

Le label Minergie ECO exige l'utilisation de béton recyclé. Il définit le type de granulats et des valeurs minimales pour la proportion massique :

- ↳ du granulats recyclés qui entrent dans la composition du béton,
- ↳ du béton recyclé utilisé sur l'ensemble de la construction.

Pour les bétons classés à base de granulats de béton recyclé, la proportion massique minimale de granulats recyclés se monte à 25 % (RC-Béton-B selon norme SN EN 206). Il en est de même pour le granulats mélangé (RC-Béton-M selon norme SN 206). Si l'on considère le tonnage de béton sur l'ensemble de la construction, la moitié de celui-ci doit être réalisé avec du béton recyclé pour obtenir le label Minergie ECO.

Pour les bétons maigres, en revanche, la proportion massique minimale s'élève à 40 % pour le granulats de béton recyclé et pour le granulats mélangé et cela pour l'ensemble des applications.

Exemple: (cf. tableau page 9)

Volume du bâtiment: 5000 m³

Cubage total de béton: 850 m³

Objectif du label Minergie ECO: la part de béton RC (selon SN EN 206) ne doit pas être inférieure à 50 % de la masse des constructions en béton pour lesquelles le béton RC peut être utilisé.

Matériaux utilisés:

RC Béton: Béton recyclé

GM: Granulats mélangés

GB: Granulats de béton

GN: Granulats naturels

Résultat: la part de béton RC (selon SN EN 206) équivaut à 54 % de la masse des constructions en béton pour lesquelles le béton RC peut être utilisé. Par conséquent, les exigences du label Minergie ECO en matière de béton RC-B sont respectées.

EXEMPLE DE MISE EN ŒUVRE MINERGIE-ECO

Type de béton	Volume m ³	Tonnage total	Type de granulats	Tonnage Granulat recyclé	Granulat naturel	Possible dans l'état de la technique	Tonnage total possible	Tonnage réalisé
Béton maigre enrobage propre, etc.	50	100	40% GM ou GB - 60% GN	40	60	OUI	100	100
Béton classé non soumis aux intempéries	300	600	50% RC-B (25% GB - 75% GN) + 50% Béton GN	75	525	OUI	600	300
Béton classé soumis aux intempéries	150	300	100% GN	0	300	non réalisé en RC béton pour cause technique	300	0
Béton classé dalles	350	700	50% RC-B (25% GB - 75% GN) + 50% Béton GN	87.5	612.5	OUI	700	350
TOTAUX	850	1700		202.5	1497.5		1400	750
								54%
								100%
								100%

LES PROCÉDÉS DE STABILISATION POUR AMÉNAGEMENTS

La stabilisation des sols est une technique très ancienne, certaines voies romaines sont encore là pour en témoigner! Aujourd'hui, ce procédé est remis au goût du jour, car il permet de faire face au double problème que constitue la hausse du prix de mise en décharge et du prix des matières premières.

En effet, la stabilisation des sols permet à la fois de réduire la quantité de matériaux à mettre en décharge ainsi que la quantité de matières premières nécessaires à la construction de chemins, de routes, etc. Sur un chantier, lorsqu'on doit évacuer un grand volume de matériaux d'excavation, ceux-ci peuvent souvent être valorisés par un traitement à la chaux. La stabilisation à la chaux permet d'améliorer les qualités mécaniques des sols et de réutiliser les matériaux d'excavation plutôt que de les mettre en décharge.

Aujourd'hui, des techniques particulières permettent de traiter les sols sur des plateformes autorisées par le canton, conformément à l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD). Des projets pilotes sont en cours de finalisation et les essais effectués sont très prometteurs (non gélivité, maniabilité, portance, etc.)

Les étapes de la stabilisation sont les suivantes :

1. Qualification des sols
2. Etude de formulation
3. Mise en œuvre :
 - homogénéisation des sols et état hydrique ;
 - épandage de la chaux ;
 - malaxage (pulvimixer) ;
 - ajustement de l'état hydrique ;
 - réglage et compactage.

Références de guides techniques :

1. Sétra, service d'études techniques des routes et autoroutes, «Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - application à la réalisation des assises de chaussées», France, 2007.
2. Ministère de l'équipement, du logement et des transports, «Réalisation des remblais et de couches de forme», fascicule 1 et 2, juillet 2000.

PROCÉDÉS DE STABILISATION POUR AMÉNAGEMENTS

Applications ↘ Sous-couche routière pour route à faible trafic (chemin forestier, chemin communal, piste cyclable et piste de chantier), trottoir, remblais, parafouilles.

Dénomination ↘ Stabilisation à la chaux.

Matériaux habituellement utilisés ↘ Moraine, matériaux d'excavation.

**MATÉRIAUX RECOMMANDÉS
PAR ECOMAT**
pour une gestion durable
des ressources naturelles

**CONTRAINTES
SUPPLÉMENTAIRES
AUX GRANULATS NATURELS**

1. Matériaux d'excavation stabilisés *in situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

2. Matériaux d'excavation stabilisés *ex situ*

↘ Formulation;
↘ Météo;
↘ Vérification de la non-pollution des matériaux livrés.

NORMES TECHNIQUES

Norme SIA ↘ SIA 215.

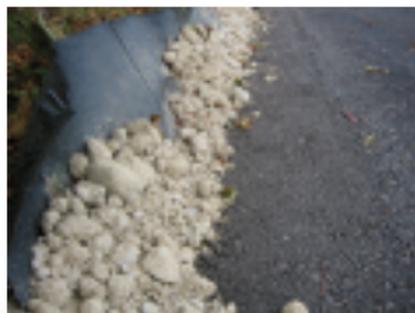
Normes VSS ↘ SN 640500 α /640503 α , SN 670 140b, SN 670 120d; SN 640 585b, SN 551 215, SN 670 321, SN 670 119-NA; dimensionnement: SN 640 324, SN 640 317b.

Autres ↘ Articles normalisés (CAN): 128, 145, 146;
↘ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
↘ Fiche N°4 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

- | | |
|---------------|---|
| Conception | <ul style="list-style-type: none">↘ Analyse laboratoire (teneur en eau, compactage, résistance et gel);↘ Attention au pourcentage de chaux et à l'aspect gélif. |
| Mise en œuvre | <ul style="list-style-type: none">↘ Epandage et compactage en couche de 150 à 300 mm. |
| Qualité | <ul style="list-style-type: none">↘ Granulométrie;↘ Compression simple Fcw;↘ Essais de portance ME;↘ Analyses des fines < 63 µm et fractions 20 µm (gélif/non gélif). |

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: Commune de Meyrin;
- ↘ Lieu: Parking des Planches;
- ↘ Fin des travaux: 2008;
- ↘ Application: parking temporaire;
- ↘ Matériaux: valorisation de matériaux d'excavation provenant d'une centrale mobile de stabilisation en couche de fondation et pose d'un KMF 100% en couche de roulement.

PROCÉDÉS DE STABILISATION POUR AMÉNAGEMENTS

Applications ↘ Sous-couche routière, tronçon de route conséquent avec charge de trafic importante.

Dénomination ↘ Stabilisation à la chaux et aux liants hydrauliques.

Matériaux habituellement utilisés ↘ Moraine, matériaux d'excavation.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES AUX GRANULATS NATURELS

1. Matériaux d'excavation stabilisés *in situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

2. Matériaux d'excavation stabilisés *ex situ*

↘ Formulation;
↘ Météo;
↘ Vérification de la non-pollution des matériaux.

NORMES TECHNIQUES

Norme SIA ↘ SIA 215.

Normes VSS ↘ SN 640500α/640503α/640509α, SN 670 140b, SN 670 120d; SN 640 585b, SN 551 215, SN 670 321, SN 670 119-NA; dimensionnement: SN 640 317b; SN 640 324α.

Autres ↘ Articles normalisés (CAN): 128, 145, 146;
↘ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
↘ Fiche N°4 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

- | | |
|---------------|---|
| Conception | <ul style="list-style-type: none">↘ Analyses en laboratoire (teneur en eau, compactage, résistance et gel);↘ Attention au pourcentage de liants spéciaux/hydrauliques routiers (LSR). |
| Mise en œuvre | <ul style="list-style-type: none">↘ Epan dage et compactage en couche de 150 à 200 mm. |
| Qualité | <ul style="list-style-type: none">↘ Granulométrie;↘ Compression simple Fcw;↘ Essais de portance ME;↘ Analyse des fines <63 m et fractions 20 m (gélif/non gélif). |

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: AREA;
- ↘ Lieu: France voisine;
- ↘ Fin des travaux: 2009;
- ↘ Application: réalisation de l'autoroute Genève Annecy A41;
- ↘ Matériaux: stabilisation à la chaux (env 1%) et aux liants hydrauliques (4-5%) sur matériaux *in situ* (+120 MPa) pour la couche de fondation.

LES ENROBÉS BITUMINEUX POSÉS À FROID

Aujourd'hui, de nombreux matériaux de construction peuvent être valorisés, dont les matériaux bitumineux. Par ailleurs, les accords de Kyoto (1997) demandent de ramener les émissions de gaz à effet de serre (GES) au même niveau qu'en 1990. En Suisse, les émissions de CO₂ doivent être réduites de 10% par rapport à 1990. C'est fort de ces constats que certaines entreprises ont décidé de remettre au goût du jour la pose d'enrobé bitumineux posés à froid.

Des avantages qui se complètent :

1. L'utilisation rationnelle des ressources et la valorisation des matériaux plutôt que la mise en décharge ou le «downcycling», avec un mélange de granulat noir et blanc recyclé.
2. La fabrication d'enrobés bitumineux à froid permet un gain d'environ 60% d'énergie fossile par rapport à la pose à chaud et diminue de près de 35% les émissions de CO₂.

Les normes suisses existent et les producteurs se conforment à celles-ci. Il s'agit aujourd'hui, dès la conception des ouvrages, de prendre en compte la problématique des ressources utilisées et des énergies consommées.

ENROBÉS BITUMINEUX POSÉS À FROID

Applications ↘ Toutes les couches de surface à base d'enrobé.

Dénomination ↘ KMF (enrobé bitumineux à froid).

Matériaux habituellement utilisés ↘ Enrobé recyclé.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES AUX GRANULATS NATURELS

1. Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé pose à froid)

↘ Pas de pose sous la pluie;
↘ Pas de pose lors de conditions de gel.

NORMES TECHNIQUES

Normes VSS ↘ SN 640 506α, SN 640 324, SN 640 740,
SN 640 741, SN 640 431, SN 640 452C,
SN 640 302b, SN 640 420.

Autres ↘ Directive pour la valorisation des déchets
de chantier minéraux;
↘ Recommandations OFEV pour les HAP.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception ↘ Contrôle des contaminants du granulat
(<20'000HAP);
↘ Fuseau;
↘ Qualité du liant résiduel;
↘ Type et propriété des agrégats.

Mise en œuvre ↘ Test d'écrasement Duriez Norme française
NF P 98-251-4;
↘ Contrôle des émulsions de bitume
liant sans solvant;
↘ Épaisseurs nominales de 100 à 200 mm.

Qualité ↘ Sols convenant aux liants bitumineux;
↘ Norme SN 640 500;
↘ Stabilisation;
↘ Tests de compacité et portance.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE

ESREC Chânants ↘ Maître d'ouvrage: Services des
constructions environnementales (DT);
↘ Lieu: Commune de Bellevue, Les Chânants;
↘ Fin des travaux: 2006;
↘ Application: espace
de récupération (ESREC);
↘ Matériaux: sous-couche constituée de
granulat recyclé; couche de liaison posée
à froid, 100% bitumineux recyclé,
7 cm épaisseur + 4 cm, AC11 en couche
de roulement.

ENROBÉS BITUMINEUX: TRONÇON ROUTIER*

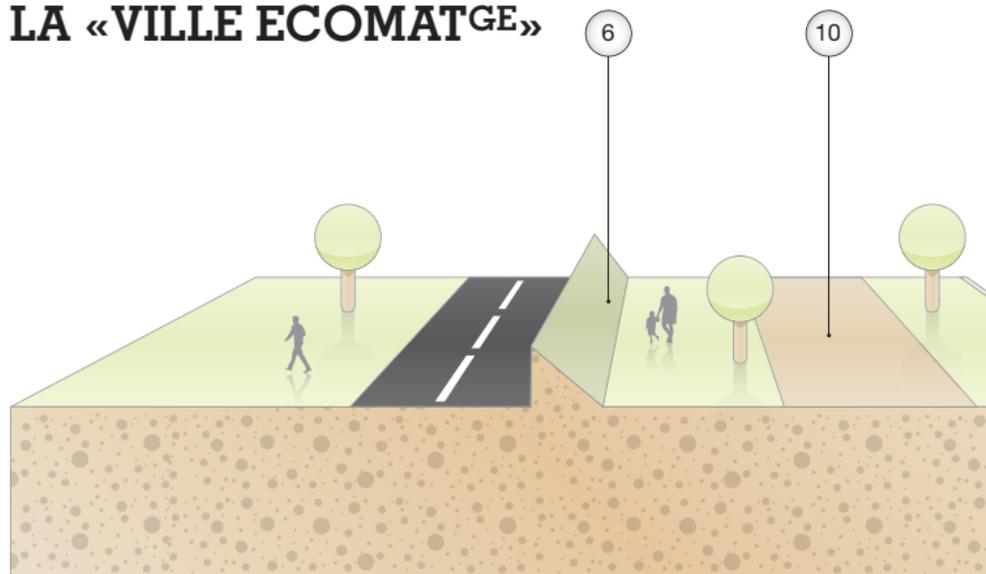
MATERIAUX	CM	M³	TYPE DE GRANULAT	TONNAGE		MATERIAUX RECOM- MANDÉS PAR ECOMAT ^{GE}	
				GRANULAT RECYCLÉ	GRANULAT NATUREL	ASPECT ENVI- RONNEMENTAL	ASPECT TECHNIQUE
Couche de roulement	12	1200	Gbit Naturel 70%, Gbit Recyclé 30%	558	1302		
			Enrobés bitumineux pose à chaud		1860		
Couche de liaison	15	1500	Gbit Recyclé 100%	2325			
			Enrobés bitumineux pose à chaud	558	1302		
Couche de base	17	1700	Matériaux morainiques	2465			
			Enrobés bitumineux pose à froid	2325			
Couche de base	32	3200	GM 100%; GA 100%	4864			
			Grave 1 ou 2 naturelle		7000		

Couche de fondation	Moraine stabilisée à la chaux	30	3000	Matériaux morainiques	4200		
	Moraine stabilisée aux liants hydrauliques	25	2500	Matériaux morainiques	3625		
	Grave 1 ou 2 recyclée	48	4800	GM 100%; GA 100%	7296		
	Grave 1 ou 2 naturelle	60	6000	Grave ronde naturelle 100%		10500	
	Moraine stabilisée à la chaux			pas nécessaire			
Couche de forme	Sol compacté	0	0	100 % terrain naturel			
					Total matériaux recommandés	9408	1302
					Total matériaux non recommandé	558	20662

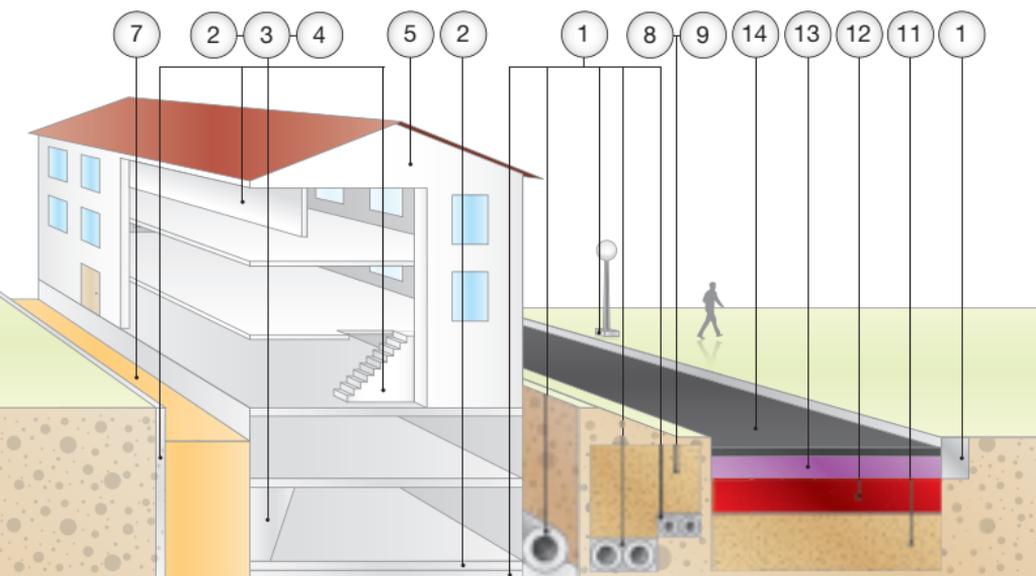
- 1 cm de grave ronde = 0,8 cm de granulats concassé
- 1 cm de HMF = 1,2 cm de KMF
- non recommandé
- bémols
- recommandé

* longueur: 1km; largeur: 10 m; surface concernée environ 10'000 m²; classe de trafic T4: lourd équivalent 300-1000 Vhc/jour; classe de portance S1: faible 6'000-15'000 Me

LA «VILLE ECOMAT^{GE}»



N° Fiches	Dénomination / Applications
①	Béton maigre CP 100-250 Béton de remplissage, béton de propreté, béton d'enrobage, conduite SIG, socles et fondations divers.
②	RC Euro-Béton CP 20/25 XC1 XC2 (grue) Radier, fondation, élément structurel à faibles contraintes.
③	RC-B ou RC-M, C25/30, XC1, XC2 (grue, Dmax 32mm) Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée.
④	RC-B ou RC-M, C25/30, XC1, XC2 (pompé, Dmax 32mm) Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée.
⑤	RC-B, C30/37, XC3 (pompé, Dmax 32mm) Construction armée, dalle, murs porteurs intérieurs, murs extérieurs avec protection.
⑥	Remblais Butte antibruit, aménagement extérieur, parcs et jardins.



N° Fiches	Dénomination / Applications
7	Parafouilles Comblement de fouilles après terrassement.
8	Canalisations : eau potable, gaz, électricité Remblais de fouilles SIG, travaux en marge du génie civil.
9	Canalisations : eaux usées EU et eaux claires EC Remblais de fouilles, travaux en marge du génie civil.
10	Chemin forestier, communal, piste de chantier Accès chantier, accès provisoire, chemin.
11	Renforcement des sols Infrastructure zone hors gel.
12	Couche de fondation Route, chemin, piste de chantier.
13	Couche de base et de liaison Superstructure avant la pose de la couche de roulement.
14	Couche de roulement Route, piste cyclable, trottoir.

- Applications ➤ Béton de remplissage, béton de propreté, béton d'enrobage, conduite SIG, socles et fondations divers.
- Dénomination ➤ Béton maigre CP 100-250 (dosage maximum en liants 250 kg/m³; Dmax 16 mm ou Dmax 32 mm).
- Type de ciment ➤ Ciment composé de préférence: CEM II/A ou CEM II/B (cf. introduction, types de ciment).

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ

MODULE D'ÉLASTICITÉ

1. RC- Béton

100% granulats d'excavation et résidus de béton frais lavé.

*

2. RC-M100

100% granulats mélangés.

*

3. RC-B100

100% granulats béton.

*

4. RC-M40

40%** granulats mélangés.

*

5. RC-B40

40%** granulats béton.

*

* Valeurs non nécessaires

** % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- Maître d'ouvrage: Commune de Plan les Ouates;
- Lieu: Arare;
- Fin des travaux: 2009;
- Application: béton de remplissage (enrobage) de canalisation EU, EC;
- Matériau: RC-Béton.

Applications ↘ Radier, fondation, élément structurel à faibles contraintes.

Dénomination ↘ RC Euro - Béton, CP 20/25; XC1, XC2 (grue; Dmax 32 mm).

Type de ciment ↘ Ciment composé de préférence: CEM II/A ou CEM II/B, (cf. introduction, types de ciment).

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT pour une gestion durable des ressources naturelles	TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ	MODULE D'ÉLASTICITÉ (N/MM ²)
1. RC-B60	60% granulats béton; 40% granulats naturels.	Env. 25000*
2. RC-B25	25%** granulats béton; 75% granulats naturels.	Env. 30000*
3. RC-M25	25%** granulats mélangés; 75% granulats naturels.	Tests en cours

* Valeurs en cours de confirmation chez les fabricants

** % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: Etat de Genève (DT);
- ↘ Lieu: Genève, La Paille;
- ↘ Fin des travaux: 2006;
- ↘ Application: murs et dalles de l'espace de récupération (ESREC);
- ↘ Matériau: RC-B50.

Applications ➤ Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée.

Dénomination ➤ RC-B ou RC-M, C25/30; XC1, XC2 (grue; Dmax 32 mm).

Type de ciment ➤ Ciment composé de préférence: CEM II/A ou CEM II/B (cf. introduction, types de ciment).

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ

MODULE D'ÉLASTICITÉ (N/MM²)

1. RC-B50

50% granulats béton;
50% granulats naturels.

Env. 27000*

2. RC-B25

25%** granulats béton;
75% granulats naturels.

Env. 30000*

3. RC-M25

25%** granulats mélangés;
75% granulats naturels.

Tests en cours

* Valeurs en cours de confirmation chez les fabricants

** % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- Maître d'ouvrage: Coopérative de l'habitat associatif (CoDHA);
- Lieu: Grand Saconnex, quartier du Pommier, rue Sonnex;
- Fin des travaux: 2010;
- Applications: radiers et murs porteurs pour des habitations répondant aux critères du label Minergie ECO;
- Matériau: RC-B50.

Applications ➤ Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée.

Dénomination ➤ RC-B ou RC-M, C25/30; XC1, XC2 (pompé; Dmax 32 mm).

Type de ciment ➤ Ciment composé de préférence: CEM II/A ou CEM II/B (cf. introduction, types de ciment).

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT pour une gestion durable des ressources naturelles	TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ	MODULE D'ÉLASTICITÉ (N/MM ²)
1. RC-B50	50% granulats béton; 50% granulats naturels.	Env. 27000*
2. RC-B25	25%** granulats béton; 75% granulats naturels.	Env. 30000*
3. RC-M25	25%** granulats mélangés; 75% granulats naturels.	Tests en cours

* Valeurs en cours de confirmation chez les fabricants

** % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- Maître d'ouvrage: International Union for Conservation of Nature (IUCN);
- Lieu: Gland;
- Fin des travaux: 2009;
- Applications: fabrication de dalles sur deux étages pour la construction d'un bâtiment administratif répondant aux critères des labels Minergie-P et Minergie ECO;
- Matériau: RC-B50 (2000m³ de béton).

Applications ➤ Construction armée, dalle, mur porteur intérieur, mur extérieur avec protection.

Dénomination ➤ RC-B, C30/37; XC3 (pompé; Dmax 32 mm).

Type de ciment ➤ Ciment composé de préférence: CEM II/A ou CEM II/B (cf. introduction, types de ciment).

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ

MODULE D'ÉLASTICITÉ (N/MM²)

1. RC-B25

25%** granulats béton;
75% granulats naturels.

30000*

2. RC-B40

40% granulats béton;
60% granulats naturels.

Env. 28000*

* Valeurs en cours de confirmation chez les fabricants

** % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



SIG la Renfile

- Maître d'ouvrage: SIG;
- Lieu: commune de Carouge (SIG La Praille) et commune de Vernier (SIG La Renfile);
- Fin des travaux: 2006 (SIG La Praille) et 2008 (SIG La Renfile);
- Applications: murs intérieurs, dalles de petite portée, sommiers intérieurs fortement sollicités;
- Matériaux SIG La Renfile: RC-B25; RC-B, C30/37 pompé (sommiers).

BÉTONS: TABLEAU RÉCAPITULATIF DES MATÉRIEAUX RECOMMANDÉS

MATÉRIEAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT pour une gestion durable des ressources naturelles	TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ	APPLICATIONS	CLASSES D'EXPOSITION	FICHES
1. RC-M50-100	50 %-100 % granulat mélangé; 0 %-50 % granulat naturel	Bâtiments: ➤ Béton de propreté; ➤ Mur de reprise en sous œuvre; ➤ Paroi, plafond, cage d'escaliers (sec et intérieur). Canalisations, conduites: ➤ Béton d'injection et d'enrobage; ➤ Renforcement temporaire de talus; ➤ Paroi berlinoise (selon exigences).	XC1, XC2 XC1, XC2 XC1...XC2	Fiche 1 Fiche 2-4 Fiche 2-4 Fiche 1 Fiche 1 Fiche 2-4

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT pour une gestion durable des ressources naturelles	TYPE ET PROPORTION MASSIQUE DE GRANULAT RECYCLÉ	APPLICATIONS	CLASSES D'EXPOSITION	FICHES
2. RC-M40	40%* granulats mélangés; 60% granulats naturels.	<p>Bâtiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Béton de propreté; ➤ Murs de reprise en sous œuvre; ➤ Parois, plafonds, cage d'escaliers (sec et intérieur). <p>Candlisation conduite:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Béton d'injection et d'enrobage; ➤ Renforcement temporaire de talus; ➤ Paroi berlinoise (selon exigences). 	<p>XC1, XC2</p> <p>XC1, XC2</p> <p>XC1...XC2</p>	<p>Fiche 1</p> <p>Fiche 2-4</p> <p>Fiche 2-4</p> <p>Fiche 1</p> <p>Fiche 1</p> <p>Fiche 2-4</p>
3. RC-B50	50% granulats béton; 50% granulats naturels.	<p>Bâtiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Béton de propreté; ➤ Mur de reprise en sous œuvre; ➤ Paroi, plafond, cage d'escaliers (sec et intérieur); ➤ Dalle, escalier, mur, élément extérieur protégé de la pluie. 	<p>XC1, XC2</p> <p>XC1, XC2</p> <p>XC1, XC2</p> <p>XC3</p>	<p>Fiche 1</p> <p>Fiche 2-4</p> <p>Fiche 2-4</p> <p>Fiche 5</p>

		<p>Canalisation, conduite:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Béton d'injection et d'enrobage; ➤ Renforcement temporaire de talus; ➤ Paroi berlinoise (selon exigences). <p>Construction de routes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fondation pour candélabre, glissière de sécurité, installation de signalisation; ➤ Bordure. 	<p>XC1...XC3</p>	<p>Fiche 1 Fiche 1 Fiche 2-5</p>
<p>4. RC-B25</p>	<p>25%* granulats béton; 75% granulats naturels.</p>	<p>Bâtiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Béton de propreté; ➤ Mur de reprise en sous œuvre; ➤ Paroi, plafond, cage d'escaliers (sec et intérieur); ➤ Dalle, escalier, mur, élément extérieur protégé de la pluie. <p>Canalisation, conduite:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Béton d'injection et d'enrobage; ➤ Renforcement temporaire de talus; ➤ Paroi berlinoise (selon exigences); <p>Construction de routes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fondation pour candélabre, glissière de sécurité, installation de signalisation; ➤ Bordure. 	<p>XC1, XC2 XC1, XC2 XC1, XC2 XC3</p>	<p>Fiche 1 Fiche 2-4 Fiche 5 Fiche 1 Fiche 1 Fiche 2-5</p>

*% suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

Applications ↘ Butte antibruit, aménagement extérieur, parcs et jardins.

Dénomination ↘ Remblais.

Matériaux habituellement utilisés ↘ Grave naturelle, grave recyclée, matériaux d'excavation.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AU GRANULAT NATUREL

1. Matériaux d'excavation du chantier

–

2. Matériaux d'excavation d'un autre chantier

↘ Vérification de la non-pollution des matériaux livrés.

3. Matériaux d'excavation stabilisés *in situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

4. Matériaux d'excavation stabilisés *ex situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

NORMES TECHNIQUES

Normes VSS ↘ SN 640 575; SN 640 576; SN 640 585; SN 640 585b; SN 640 588α; SN 670 317.

Autres

- ↘ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
- ↘ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux;
- ↘ Fiches N°4 et N°5 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception	<ul style="list-style-type: none">↳ Respect des normes relatives à la protection des eaux;↳ Nécessité de drainage.
Mise en œuvre	↳ Obligation d'une couche de couverture étanche en cas d'utilisation de granulat béton (GB) ou mélange (GM).
Qualité	<ul style="list-style-type: none">↳ $ME \geq 30$ (MNm⁻²) en fonction des besoins pour la construction routière;↳ Compression simple;↳ Teneur en eau (essai AASHO);↳ Vérifier la teneur en fines si nécessité de non-géllivité des matériaux.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↳ Maître d'ouvrage: Fondation des exercices de tir de l'arquebuse;
- ↳ Lieu: Stand de tir, Saint-Georges;
- ↳ Fin des travaux: 2001;
- ↳ Application: Mise en place de déblais pour butte antibruit;
- ↳ Matériaux: matériaux d'excavation du Stade de Genève.

Application	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Comblement de fouilles après terrassement.
Dénomination	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Parafouilles.
Matériaux habituellement utilisés	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Grave naturelle, granulats recyclés.
MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT pour une gestion durable des ressources naturelles	CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AU GRANULAT NATUREL
1. Matériaux d'excavation du chantier	–
2. Matériaux d'excavation d'un autre chantier	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Vérification de la non pollution des matériaux livrés.
3. Matériaux d'excavation stabilisés <i>in situ</i>	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Formulation; ↘ Météo.
4. Matériaux d'excavation stabilisés <i>ex situ</i>	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Formulation; ↘ Météo.
5. Granulats mélangés (GM) 100%	<ul style="list-style-type: none"> ↘ <2 m épaisseur; ↘ Couche étanche; ↘ Protection des eaux.

NORMES TECHNIQUES

- Normes VSS ↘ SN 640 576; SN 640 585; SN 670 317.
- Autres ↘ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
- ↘ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux;
- ↘ Fiches N°4 et N°5 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

- Conception ↘ Respect des normes relatives à la protection des eaux.
- Mise en œuvre ↘ Obligation d'une couche de couverture étanche en cas d'utilisation de granulat béton (GB) ou mélange (GM).
- Qualité ↘ Attention aux portances demandées (accès pompiers, ambulances);
- ↘ Pose du stabilisé en couches;
- ↘ Essais module Me;
- ↘ Essais CBR laboratoire;
- ↘ Essais de compression simple si nécessaire.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: Commune du Grand-Saconnex;
- ↘ Lieu: quartier du Pommier;
- ↘ Fin des travaux: 2008;
- ↘ Applications: fouilles et parafoilles;
- ↘ Matériaux: matériaux d'excavation stabilisés *in situ*.

Applications ↘ Remblais de fouilles SIG; travaux en marge du génie civil.

Dénomination ↘ Canalisations: eau potable, gaz, électricité

Matériaux habituellement utilisés ↘ Grave naturelle.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AU GRANULAT NATUREL

1. Matériaux d'excavation du chantier

–

2. Matériaux d'excavation d'un autre chantier

↘ Vérification de la non pollution des matériaux livrés.

3. Matériaux d'excavation stabilisés *in situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

4. Matériaux d'excavation stabilisés *ex situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

5. Granulat mélangé (GM) 100%

↘ <2 m épaisseur;
↘ Couche étanche;
↘ Protection des eaux.

NORMES TECHNIQUES

Norme SIA ↘ SIA 190.

Normes VSS ↘ SN 640 576, SN 640 585, SN 640 585α, SN 640 535c, SN 640 582, SN 640 583, SN 640 430, SN 640 731, SN 670 315.

Autres	<ul style="list-style-type: none"> ↳ SSIGE; ↳ Directive pour la valorisation, le traitement; ↳ et le stockage des matériaux d'excavation et déblais; ↳ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux; ↳ Fiches N°4 et N°5 du GESDEC.
--------	---

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Protection des conduites; ↳ Enrobage en sable et marquage.
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Obligation d'une couche de couverture étanche en cas d'utilisation de granulat béton (GB) ou mélangé (GM); ↳ Vérification de la teneur en eau lors d'utilisation de moraine (stabilisation).
Qualité	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Pas de granulat bitumineux dans les fractions de granulat recyclé; ↳ Tests: composition selon ARV, granulométrie, compression simple Fcw; ↳ Essais de portance ME si les conduites sont situées dans des fondations routières; ↳ % de chlorure si GB; ↳ Analyses des fines <63 m et fractions 20 m (gélif/non gélif).

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↳ Maître d'ouvrage: SIG;
- ↳ Lieu: Commune de Vernier, Bois-de-Bay;
- ↳ Fin des travaux: 2008;
- ↳ Applications: canalisation et infrastructure eau lors de la construction de la Step du Bois de Bay;
- ↳ Matériaux: valorisation de matériaux d'excavation provenant d'une centrale mobile de stabilisation en sous-couche de chemin d'accès avec techniques.

Applications ↘ Remblais de fouilles, travaux en marge du génie civil.

Dénomination ↘ Canalisations: eaux usées EU et eaux claires EC

Matériaux habituellement utilisés ↘ Grave naturelle.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AU GRANULAT NATUREL

1. Matériaux d'excavation du chantier

–

2. Matériaux d'excavation d'un autre chantier

↘ Vérification de la non pollution des matériaux livrés.

3. Matériaux d'excavation stabilisés *in situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

4. Matériaux d'excavation stabilisés *ex situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

5. Granulat mélangé (GM) 100%

↘ <2 m épaisseur;
↘ Couche étanche;
↘ Protection des eaux;
↘ Non pollué.

NORMES TECHNIQUES

Norme SIA ↘ SIA 190.

Normes VSS ↘ SN 640 576; SN 640 585; SN 640 585a; SN 640 535c; SN 640 582; SN 640 583; SN 640 430; SN 640 731; SN 640 360; SN 670 315.

- Autres
- ↳ SSIGE;
 - ↳ Norme EN 12390-3;
 - ↳ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
 - ↳ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux;
 - ↳ Fiches N°4 et N°5 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

- Conception
- ↳ Protection des conduites, enrobage en sable et marquage.

- Mise en œuvre
- ↳ Obligation d'une couverture étanche en cas d'utilisation de granulat mélangé (GM);
 - ↳ Vérification de la teneur en eau lors d'utilisation de déblais (stabilisation).

- Qualité
- ↳ Pas de granulat bitumineux dans les fractions de granulat recyclé;
 - ↳ Tests: composition selon ARV, granulométrie, compression simple Fcw;
 - ↳ Essais de portance ME si les conduites sont situées dans des fondations routières;
 - ↳ % de chlorure si GB;
 - ↳ Analyses des fines <63 µm et fractions 20 µm (gélif/non gélif).

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↳ Maître d'ouvrage: Commune de Plan-les-Ouates;
- ↳ Lieu: Arare, Centrale de stabilisation;
- ↳ Fin des travaux: 2009;
- ↳ Application: comblement de fouilles;
- ↳ Matériaux: valorisation des matériaux excavés, stabilisés *in situ*.

Applications ↘ Accès chantier, accès provisoire, chemin.

Dénomination ↘ Chemin pour route à faible trafic (chemin forestier, chemin communal, piste cyclable et piste de chantier).

Matériaux habituellement utilisés ↘ Granulat de démolition non trié, grave naturelle.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AU GRANULAT NATUREL

1. Granulat mélangé (GM) 100% ↘ Durée <3 mois autrement couche de couverture.

2. Matériaux d'excavation stabilisés *in situ* ↘ Formulation;
 ↘ Météo;
 ↘ Ok pour durée >3 mois.

3. Matériaux d'excavation stabilisés *ex situ* ↘ Formulation;
 ↘ Météo;
 ↘ Ok pour durée >3 mois.

4. Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé pose à froid) ↘ Formulation;
 ↘ Météo;
 ↘ Ok pour durée >3mois.

NORMES TECHNIQUES

Normes VSS ↘ Dimensionnement SN 640 317b;
 ↘ Module Me SN 670 317.

Autres ↘ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
 ↘ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux;
 ↘ Fiches N°4 et N°5 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception	↘ Prendre en compte la durée de vie de la piste ou du chemin.
Mise en œuvre	↘ Composition selon ARV; ↘ Obligation d'une couverture étanche en cas d'utilisation de granulat béton (GB) ou de granulat mélangé (GM).
Qualité	↘ Obligation de mise en DCMI ou en installation de traitement pour valorisation des matériaux inertes en cas de présence de GB ou GM en fin de vie.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: Commune d'Aire-la Ville;
- ↘ Lieu: Aire-la-Ville;
- ↘ Fin des travaux: 2008;
- ↘ Application: chemin communal peu fréquenté;
- ↘ Matériaux: valorisation de matériaux d'excavation provenant d'une centrale mobile de stabilisation à la chaux, renforcement de la sous-couche et couche de roulement (2 en 1), portance requise ME=300, résultat: après 3 jours ME=450.

Application ↘ Infrastructure zone hors gel.

Dénomination ↘ Renforcement des sols.

Matériaux habituellement utilisés ↘ Grave naturelle, tout-venant.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AU GRANULAT NATUREL

1. Matériaux excavation stabilisés *in situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

2. Matériaux excavation stabilisé *ex situ*

↘ Formulation;
↘ Météo.

3. Granulat mélangé (GM) 100%

↘ <2 m épaisseur;
↘ Couche étanche;
↘ Protection des eaux;
↘ Non pollué.

NORMES TECHNIQUES

Normes VSS ↘ SN 640 324α, SN 670 120b, SN 640 585b, SN 670 320α, SN 670 330b, SN 670 345α, SN 670 120d, SN 640 580α, SN 670 140b, dimensionnement: SN 640 324, SN 640 317b.

Autres ↘ Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais;
↘ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux;
↘ Fiches N°4 et N°5 du GESDEC.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

- | | |
|---------------|---|
| Conception | <ul style="list-style-type: none">↘ Etudier les matériaux déjà en place et favoriser la réutilisation;↘ Utiliser la grave naturelle en dernier recours. |
| Mise en œuvre | <ul style="list-style-type: none">↘ Obligation d'une couverture étanche en cas d'utilisation de granulat mélangé (GM);↘ Respect de la portance demandée. |
| Qualité | <ul style="list-style-type: none">↘ Planification du chantier et récupération des déblais. |

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



Épandage de la chaux

- ↘ Maître d'ouvrage: Fondations des Terrains Industriels (FTI);
- ↘ Lieu: Commune de Meyrin, rte de Satigny;
- ↘ Fin des travaux: 2006;
- ↘ Application: plate forme de stockage;
- ↘ Matériaux: matériaux d'excavation stabilisés *in situ* pour renforcer la portance du sol, complément portance avec la pose de granulat partiellement recyclé, portance finale +1000Me.

Applications ↘ Route, chemin, piste de chantier (couche de fondation -30 cm à -10 cm; épaisseur nominale granulométrique 60-150 mm, 80-200 mm).

Dénomination ↘ Couche de fondation: ACF 22, ACF 32.

Matériaux habituellement utilisés ↘ Grève naturelle.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT
pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AUX BÉTONS BITUMINEUX POSÉS À CHAUD

1 Granulat mélangé (GM) 100%

–

2. Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé pose à froid ou granulat mélangé)

Cf. introduction, enrobés bitumineux.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception Contrôle:
 ↘ contaminants du granulat (<20'000 HAP);
 ↘ fuseau;
 ↘ qualité du liant résiduel;
 ↘ type et propriété des agrégats;
 ↘ homogénéité des matériaux.

Mise en œuvre ↘ Test d'écrasement Duriez Norme française NF P 98-251-4;
 ↘ Contrôle des émulsions de bitume liant sans solvant.

Qualité ↘ Sols convenant aux liants bitumineux;
 ↘ Norme SN 640 500 Stabilisation;
 ↘ Tests de compacité et portance.

NORMES TECHNIQUES

Normes VSS ↘ SN 640 431-8NA, SN 640 431-1αNA,
SN 640 324, SN 640 506α.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: Office fédéral des routes (OFROU);
- ↘ Lieu: Bursins;
- ↘ Fin des travaux: 2008;
- ↘ Application: Centre d'entretien des routes nationales;
- ↘ Matériaux: pose d'enrobé froid 100% recyclé 22 mm comme couche de fondation; couche de roulement AC8 basse température.

Applications ➤ Superstructure avant la pose de la couche de roulement (couche de base et de liaison : -20 cm à -5 cm ; épaisseur nominale granulométrique : 30-50 mm, 45-70 mm, 60-100 mm, 90-140mm).

Dénomination ➤ Couche de base et de liaison : ACT 11L(N), ACT 16L(N,S), ACT 22L (N,S,H), ACT 32S (H).

Matériaux habituellement utilisés ➤ Enrobé bitumineux à chaud.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AUX BÉTONS BITUMINEUX POSÉS À CHAUD

- | | |
|---|--|
| 1. Enrobé bitumineux KMF, (100% recyclé pose à froid) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pas de pose sous la pluie; ➤ Attention au compactage (lourd). |
| 2. Enrobé bitumineux à chaud, 60% recyclé intro à chaud | - |
| 3. Enrobé bitumineux à chaud, 30% recyclé intro à froid | - |

CARACTÉRISTIQUES LÉGALES

Normes VSS ➤ SN 640 324 α , SN 670 120b, SN 640 585b, SN 670 320 α , SN 670 330b, SN 670 345 α , SN 670 140b, SN 640 506; dimensionnement : SN 640 324, SN 640 317b.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception	<ul style="list-style-type: none">↳ Classe de trafic;↳ Granulométrie adéquate;↳ Utilisation de grave naturelle sans granulats recyclés en dernier recours.
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none">↳ Test d'écrasement Duriez Norme française NF P 98-251-4;↳ Contrôle des émulsions de bitume liant sans solvant.
Qualité	<ul style="list-style-type: none">↳ Respect des normes en vigueur.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



granulats recyclés



Pose d'enrobé à froid

Maître d'ouvrage: Etat de Genève (DCTI);

- ↳ Lieu: Commune de Collex-Bossy;
- ↳ Fin des travaux: 2006;
- ↳ Application: piste cyclable;
- ↳ Matériaux: sous-couche constituée de granulats partiellement recyclés; couche de liaison posé à froid constituée de béton bitumineux 100% recyclé; couche de roulement AC8S (15% de matériaux recyclés).

Applications ↘ Route, piste cyclable, trottoirs (couche de roulement - 10 cm à 0 cm; épaisseur nominale granulométrique 20 mm- 50 mm).

Dénomination ↘ Couche de roulement: AC 16, AC11, AC8, AC4, y compris ACMR.

Matériaux habituellement utilisés ↘ Enrobé bitumineux à chaud.

MATÉRIAUX RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

CONTRAINTES SUPPLÉMENTAIRES PAR RAPPORT AUX BÉTONS BITUMINEUX POSÉS À CHAUD

- | | |
|--|--|
| 1. Enrobé bitumineux KMF, (100% recyclé pose à froid) | ↘ Pas de pose sous la pluie;
↘ Compactage lourd;
↘ Faibles sollicitations. |
| 2. Enrobé bitumineux à chaud, 30% recyclé intro à chaud | ↘ Types L et N. |
| 3. Enrobé bitumineux à chaud, 15% recyclé intro à froid | ↘ Types L et N. |
| 4. Enrobé bitumineux à chaud, 30% recyclé intro à chaud; Enrobé bitumineux à chaud, 15% recyclé intro à froid. | ↘ Types F et H avec accord du maître d'ouvrage. |

NORMES TECHNIQUES

Normes VSS ↘ SN 640 431-1αNA, SN 640 324α, SN 640 431-8NA, SN 640 506α.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Conception	Contrôle: <ul style="list-style-type: none">↘ contaminants (<20'000HAP)↘ qualité du liant résiduel,↘ type et propriétés des granulats.
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none">↘ Test d'écrasement Duriez Norme française NF P 98-251-4;↘ Contrôle des émulsions de bitume liant sans solvant.
Qualité	↘ Respect des normes en vigueur.

EXEMPLE DE CHANTIER PILOTE



- ↘ Maître d'ouvrage: Commune d'Anières;
- ↘ Lieu: Chemin Côte d'Or;
- ↘ Fin des travaux: 2005;
- ↘ Application: chemin de campagne;
- ↘ Matériau: pose à froid d'un enrobé bitumineux, 100% recyclé sur une grave de fondation existante de 7 cm d'épaisseur.

FICHES TECHNIQUES : TABLEAU RÉCAPITULATIF

N° Fiches	Applications/ Dénomination	Type de matériaux recommandé par ECOMAT	Contraintes supplémentaires de fabrication et/ou de mise en œuvre par rapport au granulats naturels
Fiche 1	Béton de remplissage, béton de propreté, béton d'enrobage, conduite SIG, socles et fondations divers Béton maigre CP 100-250	<p>RC- Béton 100 % granulats d'excavation et résidus de béton frais lavé*.</p> <p>RC-M100 100 % granulats mélangés.</p> <p>RC-B100 100 % granulats béton.</p> <p>RC-M 40 ≥ 40 % granulats mélangés, solde granulats naturels ;</p> <p>RC-M40 = % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO.</p> <p>RC-B 40 ≥ 40 % granulats béton, solde granulats naturels ;</p> <p>RC-B40 = % suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO.</p>	<p>sans</p> <p>sans</p> <p>sans</p> <p>sans</p> <p>sans</p>

Fiche 2	Radier, fondation, élément structurel à faibles contraintes RC Euro-Béton CP 20/25 XC1 XC2 (grue)	RC-B60 60% granulats béton, 40% granulats naturels.	avec
		RC-B25 25%* granulats béton, 75% granulats naturels.	sans
		RC-M25 25%* granulats mélangés, 75% granulats naturels.	sans
Fiche 3	Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée RC-B ou RC-M, C25/30, XC1, XC2 (grue, Dmax 32 mm)	RC-B50 50% granulats de béton, 50% granulats naturels.	avec
		RC-B25 25%* granulats béton, 75% granulats naturels.	sans
		RC-M25 25%* granulats mélangés, 75% granulats naturels.	sans
Fiche 4	Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée RC-B ou RC-M, C25/30, XC1, XC2 (pompe, Dmax 32 mm)	RC-B50 50% granulats béton, 50% granulats naturels.	avec
		RC-B25 25%* granulats béton, 75% granulats naturels.	sans
		RC-M25 25%* granulats mélangés, 75% granulats naturels.	sans

*% suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

N° Fiches	Applications/ Dénomination	Type de matériaux recommandé par ECOMAT	Contraintes supplémentaires de fabrication et/ou de mise en œuvre par rapport au granulats naturels
Fiche 5	Construction armée, dalle, murs porteurs intérieurs, murs extérieurs avec protection RC-B , C30/37, XC3 (pompé, Dmax 32 mm)	RC-B25 25%* granulats béton, 75 % granulats naturels. RC-B40 40% granulats béton, 60 % granulats naturels.	sans sans
Fiche 6	Butte antibruit, aménagement extérieur, parcs et jardins Remblais	Matériaux d'excavation du chantier. Matériaux d'excavation d'un autre chantier. Matériaux d'excavation stabilisés in situ. Matériaux d'excavation stabilisés ex situ.	sans sans avec avec
Fiche 7	Comblement de fouilles après terrassement Parafouilles	Matériaux d'excavation du chantier. Matériaux d'excavation d'un autre chantier. Matériaux d'excavation stabilisés in situ. Matériaux d'excavation stabilisés ex situ. 100% granulats mélangés.	sans sans avec avec sans

Fiche 8	Remblais de fouilles SIG, travaux en marge du génie civil Canalisations: eau potable, gaz, électricité	Matériaux d'excavation du chantier.	sans
		Matériaux d'excavation d'un autre chantier.	avec
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>in situ</i> .	avec
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>ex situ</i> .	avec
		100% granulats mélangé.	avec
Fiche 9	Remblais de fouilles, travaux en marge du génie civil Canalisations: eaux usées EU et eaux claires EC	Matériaux d'excavation du chantier.	sans
		Matériaux d'excavation d'un autre chantier.	sans
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>in situ</i> .	sans
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>ex situ</i> .	sans
		100% granulats mélangé.	sans
Fiche 10	Accès chantier, accès provisoire, chemin Chemin forestier, communal, piste de chantier	100% granulats mélangé.	sans
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>in situ</i> .	sans
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>ex situ</i> .	sans
		Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé posé à froid).	sans
		Matériaux d'excavation stabilisé <i>in situ</i> .	avec
Fiche 11	Renforcement des sols	Matériaux d'excavation stabilisé <i>ex situ</i> .	avec
		100% granulats mélangé.	sans

*%suffisant pour remplir les exigences du label Minergie ECO

N° Fiches	Applications/ Dénomination	Type de matériaux recommandé par ECOMAT	Contraintes supplémentaires de fabrication et/ou de mise en œuvre par rapport au granulats naturels
Fiche 12	Route, chemin, piste de chantier Couche de fondation	100% granulats mélangés.	sans
Fiche 13	Superstructure avant la pose de la couche de roulement Couche de base et de liaison	Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé posé à froid). Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé posé à froid). Enrobé bitumineux à chaud, 60% recyclé intro à chaud. Enrobé bitumineux à chaud, 30% recyclé intro à froid.	avec avec sans sans

Fiche 14	Route, piste cyclable, trottoir Couche de roulement	<p>Enrobé bitumineux KMF (100% recyclé posé à froid).</p> <p>Enrobé bitumineux à chaud, 30% recyclé intro à chaud.</p> <p>Enrobé bitumineux à chaud 15% recyclé intro à froid .</p> <p>Enrobé bitumineux à chaud, 30% recyclé intro à chaud ; Enrobé bitumineux à chaud, 15% recyclé intro à froid.</p>	avec sans sans sans
-------------	--	--	--

RAPPEL DES NORMES TECHNIQUES ET DES MATÉRIAUX

RAPPEL DES PRINCIPALES NORMES TECHNIQUES

Normes SIA	<ul style="list-style-type: none">↳ SIA 430 gestion des déchets de chantier;↳ SIA 162/4 Recommandation sur les bétons de recyclage.
Normes VSS	<ul style="list-style-type: none">↳ SN 670 062: Recyclage généralités;↳ SN 670 141: Recyclage matériaux bitumineux de démolition;↳ SN 670 142: Recyclage matériaux non bitumineux de démolition;↳ SN 670 143: Recyclage béton de démolition;↳ SN 670 144: Recyclage matériaux de démolition non trié.
Autres	<ul style="list-style-type: none">↳ OTD Ordonnance sur le traitement des déchets;↳ O Pair Ordonnance sur la protection de l'air;↳ OMoD Ordonnance sur le mouvement des déchets;↳ Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux;↳ Directive pour la valorisation des matériaux d'excavation;↳ Fiches N° 4 et N° 5 du GESDEC, (www.ge.ch/déchets/chantier).

RAPPEL DES MATÉRIAUX NON BITUMINEUX, RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

- Matériaux d'excavation, déblais*
- Matériaux d'excavation stabilisés*
- Granulat mélangé (GM)**
- Granulat de béton (GB)**
- Grave de recyclage B**
- Grave de recyclage P**

* Ces matériaux doivent être compris dans des valeurs inférieure à U (polluants), s'ils sont entre U < et < T ils doivent être signalés à la direction des travaux (matériaux tolérés).

**Matériaux inertes avec une garantie de non pollution

RAPPEL DES MATÉRIAUX COMPORTANT DES BITUMINEUX, RECOMMANDÉS PAR ECOMAT

pour une gestion durable des ressources naturelles

Granulat bitumineux

Ce type de granulat recyclé doit être intégré dans la mesure du possible à de nouvelles applications liées à la fabrication de bitume (recyclage à chaud ou à froid cf. Fiches enrobés bitumineux).

Grave de recyclage A

Dans la mesure du possible ce type de granulat ne devrait plus être utilisé dans les différentes applications précitées. Il s'agirait alors d'un «downcycling» et d'une perte de qualité des granulats. En effet, les granulats devraient dans la mesure du possible rejoindre une filière qui leur correspond. La politique suisse prône à terme une séparation du «granulat noir» et du «granulat blanc».

ecomat^{GE}



GRANULAT RECYCLÉ

Pour commander ce guide technique
ou la brochure ECOMAT^{GE}

Pour toute information sur la démarche
ECOMAT^{GE} ou la gestion des déchets

**Service de géologie sols
et déchets (GESDEC)**

Quai du Rhône 12
Case postale 36
1211 Genève 8

Tél. 022 546 70 70

Fax 022 546 70 90

gesdec@etat.ge.ch

www.ge.ch/ecomat