



CONGRÈS | 20^E ÉDITION
INFRA 2014



Vers une nouvelle dynamique municipale
pour une urbanité durable

1^{ER} AU 3 DÉCEMBRE | PALAIS DES CONGRÈS DE MONTRÉAL



Le recyclage des enrobés : *bilan de 30 ans d'expériences,* *les spécificités du milieu urbain.*



Yves BROSSEAUD

Directeur de recherche

Michèle ST-JACQUES

Ingénieur, Professeure ÉTS

ÉTS

Le génie pour l'industrie



IFSTTAR

« Vers une nouvelle dynamique municipale pour une urbanité durable »

Sommaire

1. Recyclage : quelques chiffres, intérêts, limites
2. Problèmes du moment : recherche matériaux indésirables
3. Bilan enquête recyclage dans 7 grandes villes de France
 - Ressources disponibles, expériences
 - Moyens matériels : sites de traitement, centrales
 - Incitations au recyclage
 - Avis et comportement
4. Bilan enquête recyclage dans 7 grandes villes du Québec et MTQ
5. Taux de recyclage urbain:
 - Faible : 10 à 15 % AE «types», propriétés
 - Moyen : 20 à 25 % AE « homogène », exemple GB4
 - Fort taux : 40% AE, comparaison des taux, exemple CUS
 - Taux ultime : 100% AE, piste cyclable CUS
6. Conclusions

ÉTS

Le génie pour l'industrie

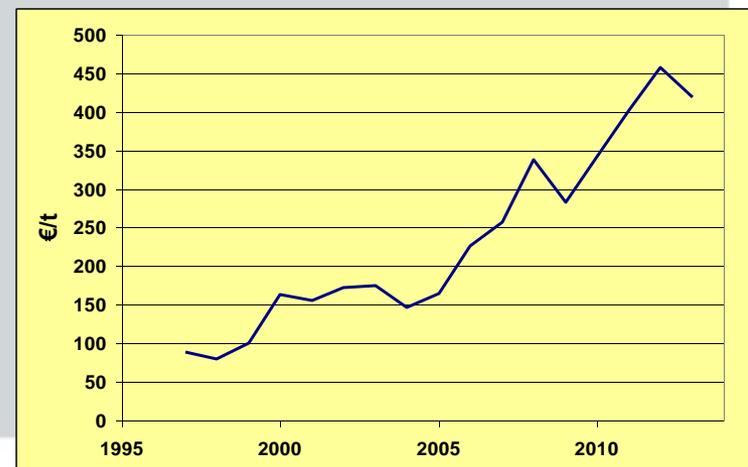


Pourquoi recycler?



- Respect des législations, recommandations,...
- Économie de matériaux non renouvelables
 - Granulats et Bitumes
 - Pas de mise en décharge de matériaux valorisables
- Economie de produits pétroliers - énergie
 - Bitumes ayant encore une action liante
 - Carburant pour transporter les matériaux (nouveaux, décharge, extraction)
 - Gaz et fuel (procédés tièdes)
- Satisfaire le Développement Durable

*Evolution du prix des matériaux
Ex: prix du bitume*



Le recyclage : de l'histoire ancienne

- **1975 : Premières applications françaises** (*suite à un voyage aux USA*)
 - Fraisage : chaud – froid?
 - Faible taux : 10 à 15% , problème d'introduction AE
- **1980-82 : Nombreuses expérimentations sur RN- A** (*DR, LCPC-SETRA*)
 - Chantiers d'entretien appropriés (décollement couche de roulement)
 - Fraisage à froid de grande capacité
 - Étude de formulation, méthodologie française
 - Centrale TSE (TSM, courant parallèle, cage d'écureuil)
 - Taux variables: 20 à 50 et même 60%
 - Suivis très rigoureux, premières recommandations et spécifications
- **1983-90: Abandon de la technique**
 - Trop de contraintes vraies ou fausses:
 - Manque de motivation, de moyens matériels, d'assurance de chantiers,...
- **1990: Charte innovation A: recyclage BBDr en BBDr** (*relance recyclage ciblé*)
 - Fort taux : 40 à 50%
 - Centrale Astec double barrel
 - Bon bilan
- **1992-2005: Stagnation**, recyclage à faible taux 10%
- **2005-2014: Politique d'environnement – recyclage urbain**
 - Reprise et développement généralisé du recyclage à chaud

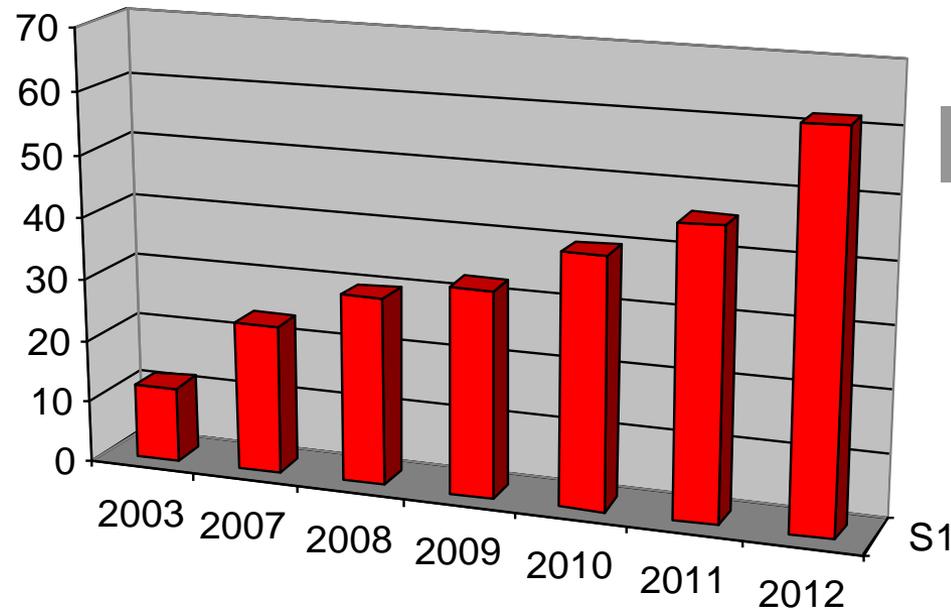


Où en est-on? la situation actuelle

- Production d'enrobés par an : 35 millions tonnes (95% de granulats)
- Production importante d'agrégats (7 millions de tonnes)
 - 60 % réutilisés dans les enrobés (chaud)
 - soit 5 % de la consommation française de bitume
- Contraintes budgétaires + Matériaux plus économiques et sobres en énergie
 - ➔ L'incorporation d'agrégats est une solution
- Initiatives fortes pour le recours au recyclage
 - Utilisation au minimum de 70% en poids de déchets non dangereux issus de la déconstruction (Directive cadre sur les déchets, 2008)
 - Réutilisation d'AE (Convention d'Engagement Volontaire, 2009)
 - Imposition d'un minimum de 10% d'AE (Circulaire MEEDDM, 2009)

Tendances : forte augmentation du recyclage AE

% d'agrégats d'enrobés recyclés à chaud en centrale



Objectif CEV pour 2012: 60 % AE recyclés chaud en centrale

MAIS

ÉTS
Le génie pour l'industrie



Composants interdits: recherches



- **Goudron (HAP)** : détection, dosage (**< 75 mg/kg**)
- **Amiante** :
 - **Industriel** : chrysotile (1 à 2% jusqu'en 1995)
 - Documenté, analyse* (**si présence = interdit**)
 - Risque santé (déconstruction)
 - Prévention: caractérisation, traçabilité, gestion

- **Naturel** : actinolite (découverte en 2013)
 - Minéral naturel présent dans certain granulats
 - **MAIS** : variante amiantifère (amiante actinolite)
 - Traces d'amiante (pb d'analyse, méthode, détection)
 - Risque santé ?
 - Application du principe de précaution

- Coût global 200 €/ analyse, + délai, + décision, + surcoût
- Détection par tronçon, 33 000 à Nantes

IDRRIM Institut des Routes, des Puentes et des Infrastructures pour la Mobilité

NOTE D'INFORMATION

N°27
Déc. 2013

Responsabilités des maîtres d'ouvrage et dispositions à prendre lors d'opérations de fraisage, de démolition, de recyclage ou de réutilisation d'enrobés bitumineux

Sommaire

P.2 | Préambule & Résumé

P.3 | Nécessité de caractériser les enrobés

P.3 | Substances visées et travaux concernés

P.4 | Obligations réglementaires et responsabilités

P.4 | Caractérisation des enrobés bitumineux de la chaussée

P.5 | Obligations réglementaires du maître d'ouvrage employeur

P.6 | Liste des fiches et annexes du guide

Annexe | Guide du Comité de Pilotage national

Certains enrobés en place contiennent des constituants aujourd'hui interdits, reconnus comme pouvant générer des problèmes de santé pour les travailleurs lors de leur manipulation ou à leur contact, ou par respiration des émissions générées par les matériaux chauffés.

Lors de travaux sur chaussées existantes, les maîtres d'ouvrage doivent informer les entreprises de la présence ou de l'absence de ces constituants :

- amiante dans les enrobés, si les couches d'enrobés doivent être déstructurées ou si les travaux prévus généreront de la poussière ;
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en teneur élevée, si les enrobés sont fraisés et amenés à être recyclés à chaud et à tiède.

ENVIRONNEMENT

Amiante : Eurovia ferme une carrière au nom du principe de précaution

Jean-Philippe Defawe (Bureau de Nantes du Monteur) - LE MONITEUR.FR - Publié le 06/10/14 à 18h10

Mots clés : Air - Établissements industriels, agricoles, ICPE - Bâtiment et santé - Entreprise du BTP

© Kliber-Moreau - La carrière de granulats de La Moilleraie-Tilly où les analyses du BRGM ont révélé la présence d'amiante actinolite.

Conséquences de l'actinolite



- Exigences de certificats de non présence d'amiante
- Arrêts des chantiers en cours
- Report des travaux
- Saturation des aires de stockage
- Mesures conservatoires (mise sous surveillance 40 carrières, analyse labos, ...)
- Demande d'étude, par l'Etat, au BRGM (07/2014)
 - État des lieux et recensement exhaustif
 - Mise au point d'analyse : fiable, robuste, différenciant actinolite/variante amiantifère
 - Etude sanitaire (si besoin), proposition de seuils*?
 - Dispositions à court et moyen termes (mesures d'exposition)
- **Enjeux considérables pour l'avenir du BTP**

**réflexion sur l'allègement des EPI si seuil < 5 fibres/litre.*

1. PRÉSENTATION DE LA SITUATION

Entre les années 78 et 90 de l'amiante industriel (obtenu à partir de chrysotile) avait été ajouté dans certains enrobés routiers. Aujourd'hui, ceci représente un risque anxiogène des travaux de déconstruction des chaussées.

Face à ce risque, des mesures de prévention ont été élaborées par la Profession et les Pouvoirs Publics : elles portent sur la caractérisation des enrobés, le tri sélectif, les dispositions à prendre selon la nature des travaux (sciage, fraiseage, démolition, recyclage, etc.) et la gestion des déchets d'enrobés. Ces mesures, qui ont fait l'objet d'actions de sensibilisation et de formations des salariés, sont aujourd'hui maîtrisées.

À l'occasion de caractérisations d'enrobés existants à la recherche de l'amiante ajouté, on a trouvé dans certains cas de l'actinolite, minéral naturel présent dans certains granulats.

L'actinolite existe, dans de rares cas, sous forme amiantifère : elle prend alors le nom d'amiante-actinolite. Mais, aujourd'hui, on ne sait pas distinguer complètement l'actinolite de l'amiante-actinolite et dans le doute les laboratoires signalent la présence de « traces d'amiante » !

Cette situation a conduit certains maîtres d'ouvrage à suspendre les chantiers ou à exiger des certificats de non-présence d'amiante dans les granulats.

Parallèlement, l'administration a pris le 30 juillet 2014 des mesures de précaution sur 40 carrières présentant un risque de présence d'actinolite (sans préjuger de la forme de cette actinolite), suite à une étude du BRGM.

2. ACTIONS DE LA PROFESSION

Devant cette situation, la FNTP considère qu'il faut rapidement lever le doute :

- d'une part, sur la présence d'amiante-actinolite et sur le risque sanitaire de ces éventuelles fibres d'amiante ;

Note FNTP 13/10/2014



Zones urbaines: recyclage à faible taux

- Particularités des AE urbains:
 - Diverses provenances = **hétérogénéité maximale**
 - Chantiers
 - Couches
 - Formules
 - Âges
- Traitements :
 - Stockage / Concassage / Criblage / Conservation / Reprise
= **homogénéisation correcte + taux faible 10%**
 - Caractérisation = AE « profil type »



Recyclage à chaud, en centrale

Gestion des AE en centre de tri, traitement, centrale

- Criblage
- Stockage séparé
 - Origine
 - Classes granulaires
- Protection contre la pluie
- Utilisation de prédoseurs



ÉTS

Le génie pour l'industrie



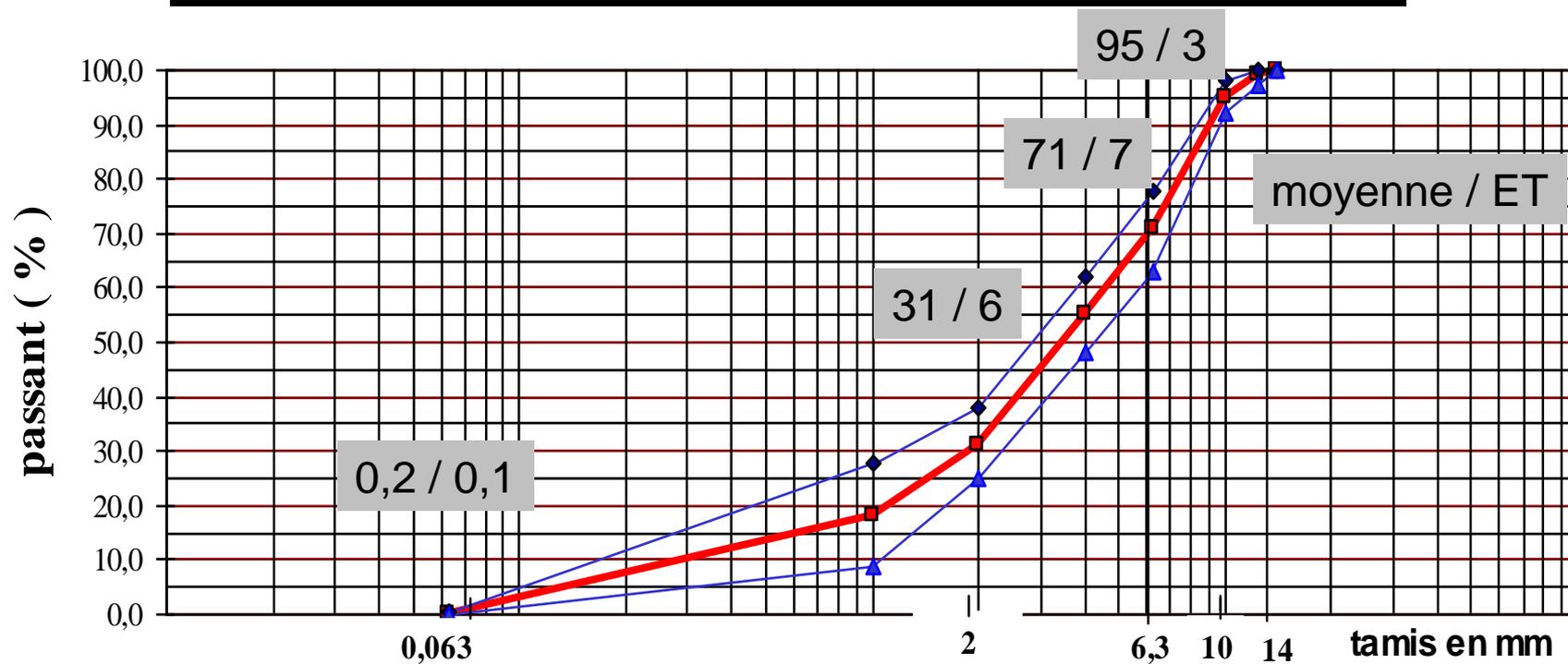
Profil type d'un AE* : granularité

Protection stock AE



AE tel que, avec liant, toutes régions confondues

granulométrie AE concassé - criblé : moyenne / étendue, sur la France (Navaro)



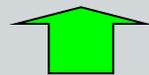
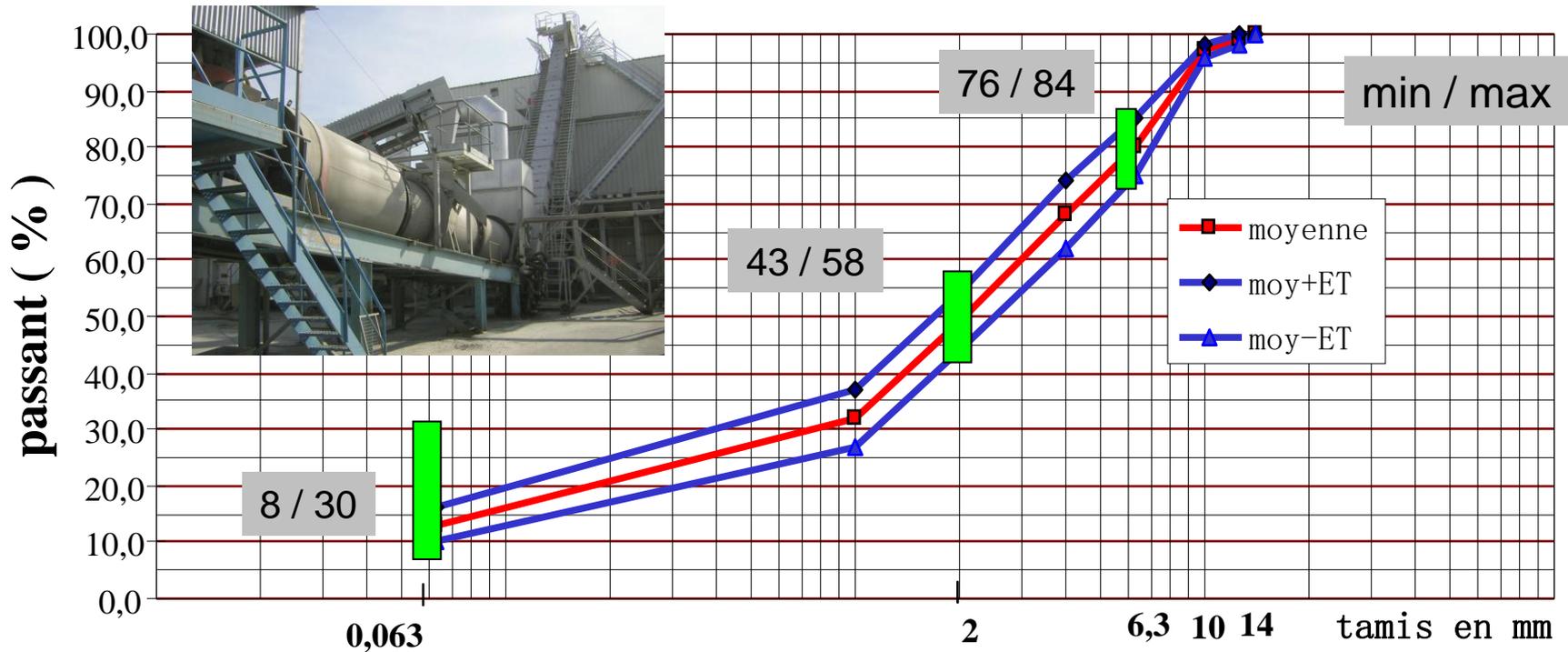
* Diverses provenances, compositions surface/structure, concassé, criblé à 14mm



* Origine : thèse de J. Navaro

Profil type d'un AE* : étendue de la granularité

granulométrie AE concassé - criblé : moyenne / étendue, sur la France



Attention il peut y avoir de grandes variations: 8 à 29 % de fines à 0,063



Profil type et Traçabilité des AE

FTAE

- Profil type AE homogénéisé
 - Granulométrie moyenne 0/10 cont.
 - **TL2** : 4,7 % (étendue : 3,8 – 5,3%)
 - Dureté élevé **B1** ou **B2**
 - Péné : moy 15 ±7
 - TBA : moy 70 ±5
 - Evolutions:
 - TL vers 5 à 5,2%
 - Dureté de + en + forte

NFEN 13108-8		GUNE ou FTAE	
P15	Tous > 10	B1	Tous > 5
péné	Moyenne > 15	ou	Etendue < 15*
S70	Tous < 77° C	B1	Tous < 77° C
TBA	Moyenne < 70° C		Etendue < 8*

		NANTES ENROBÉS Avenue de la Vertonne 44120 VERTOU						
AGREGATS D'ENROBES AE								
FTAE selon NF EN 13108-8								
12 AE 0/10 mm								
Lot : 08 octobre 2013 - 25 novembre 2013								
Lieu de production : NANTES ENROBÉS			Origine : Concassage					
Quantité : 23000 T			Nombre d'échantillons : 23					
Dimension apparente de l'agrégat d'enrobé - UAE : 12 mm								
Dimension du plus gros granulat de l'agrégat - D : 10 mm								
Matériaux étrangers	Groupe 1 : béton, mortier de ciment, briques, sous couche, métaux		< 1%					
	Groupe 2 : synthétiques, bois, plastiques		< 0.1%					
	Catégorie de teneur en matériaux étrangers		F1					
	Ce lot d'agrégats d'enrobés ne contient pas d'amiante							
Type de liant	Bitume pur		oui					
	Bitume modifié		oui					
	Bitume dur		oui					
	Présence d'additif		non					
LIANT								
	Teneur (%)		Pénétrabilité (1/10 mm)		Point de ramolissement (°C)			
Maxi	5.49		19		71.0			
Moyenne	4.94		16		67.0			
Mini	4.54		12		63.8			
Etendue	0.95		7		7.2			
Classe			P15		S70			
GRANULAT								
Granulométrie								
	1.4 D	D	Maille large	2mm	Maille fine	0.063mm	Propriétés	
	14 mm	10 mm	6.3 mm		0.25 mm		Los Angeles	Micro Deval
Maxi	100.0	96.4	81.5	47.5	18.5	11.4	16	11
Moyenne	100.0	92.9	73.0	41.7	17.0	10.3		
Mini	100.0	90.4	60.9	32.7	15.0	8.9		
Etendue	0.0	6.0	20.6	14.8	3.5	2.5		
Date de mise à jour : 29 novembre 2013								

Pénétrabilité en 1/10 mm	TBA en °C	Fréquence des essais	Catégorie
Minimale = 5 et étendue ≤ 15	Maximale = 77 et étendue ≤ 8	1 essai pour 1000 tonnes avec un minimum de 5 essais	B ₁
Minimale = 5	Maximale = 77	1 essai pour 1000 tonnes avec un minimum de 5 essais	B ₂
A déclarer	A déclarer	Non spécifiée	B _{NS}

Tableau 13 : classification vis à vis de l'étendue de la pénétrabilité ou de la TBA du liant

Pas de nouvelle étude si 10% AE

Guide technique
Utilisation des normes enrobés à chaud



- Étude LCPC (1995) :
 - 10% en roulement
 - 15 % en assises
- Les performances des matériaux restent comparables
 - Compactage (PCG)
 - Résistance à l'orniérage (voire meilleur)
 - Propriétés mécaniques
- Peu de modification des centrales
- Bonne expérience, et durabilité
- Incitation MO : en faire partout

EB 10 roul/lai 50/70		NF EN 13108-1			
Date d'étude :	nov-10	Référence de l'étude :	10-335		
Date de validité :	nov-15	Épaisseur moyenne de mise en oeuvre :	4 à 6 cm		
Niveau d'étude :	1	Épaisseur minimale de mise en oeuvre :	2 cm		
		Teneur en liant Minimum TL %	TL _{min} 6,4		
ORIGINE DES GRANULATS		CLASSE	FRACTION	COMPOSITION ENROBE	
				Granulaire (ppc)	Appellation européenne (%)
Nordhouse		BIII	6,3/10		23,1%
Nordhouse		BIII	4/6,3		13,2%
Nordhouse		a	0/4		46,8%
Agrégats d'enrobés			0/10		9,9%
Fines Calcaires		F2			1,4%
TOTAL GRANULATS					94,4%
BITUME					5,6%
BITUME APPOURTE PAR LES AE					0,5%
BITUME TOTAL DE L'ENROBE					6,02%
TAMIS en mm	% PASSANT				
20,0	100				
14,0	100				
10,0	95				
6,3	75				
5,0	66				
4,0	57				
2,0	36				
0,50	18				
0,250	13				
0,080	7,7				
0,063	6,9				
		Densités de référence		Spécifications	
		MVR de la reconstitution (Mg/m ³)	2,622		
		MVR de l'enrobé (Mg/m ³)	2,399		
		Module de richesse (K)	3,8	≥ 3,7	
		Essai DURIEZ (NF P 98-251-1)		Spécifications	
		MVA hydrostatique (Mg/m ³)	2,250		
		Taux de vides (%)	7,20		
		RC 18°C air (MPa)	10		
		Rapport r/R	0,94	≥ 0,80	
		Essai PCG (NF EN 12697-31)		Spécifications	
		Taux de vides à 10 girations (%)	12,9	-	
		Taux de vides à 60 girations (%)	6,9	V _{min} à V _{max} 9	
		Taux de vides à 120 girations (%)	1,5	-	

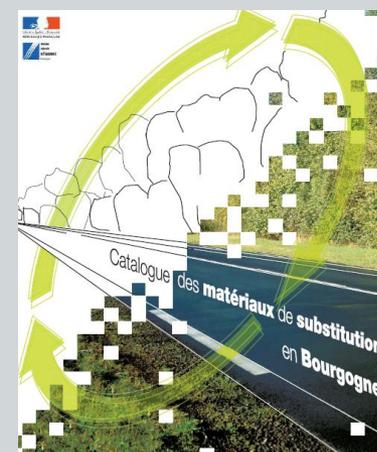
Bilan enquête : ressources, identifications, traitement



- Ressources: pas de données quantitatives (sauf CUS)
- Identification systématique (loi amiante 2013)
 - sauf cas documentés (CUS)
 - HAP : très peu en ville (abandon des ESU)
 - base de données, cartographie
 - présence amiante : **problème grave** (frein ou interdiction?)
- Stockage et traitement
 - centres spécialisés, centrales, concassage/criblage
 - Absence de protections (recueil des eaux et couvertures)
 - Pas de zones dédiées pour la ville
 - Traçabilité : FTPAE
 - Contrôles et études

Bilan enquête: moyens matériels (sites de traitement, centrales)

- Développement du matériel de recyclage
 - Taux moyen 30%
 - Fort taux 50%
 - Polyvalence incluant le tiède
- Nouveaux investissements depuis 5 ans
 - Bordeaux, Lyon, Toulouse,
- Guide matériel IDRRIM



Bilan enquête : depuis quand, incitations au recyclage

- Depuis quand recycle-t-on?
 - Très longue expérience CUS > 20 ans
 - Longue expérience Paris, Lyon > 10 à 15 ans
 - Bordeaux, Lille, Rouen < 10 ans
 - Toulouse, Nantes # 5 ans
- Incitations au recyclage
 - Marchés, appel d'offre variantes, points supplémentaires (abaissement températures)
 - Limitation taux : 20% roulement, 30 à 40% assises
 - Nécessité, obligation 10%
 - Gains et bénéfices (> 15 à 20 % AE), bitume, dureté, fines

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Bilan enquête : Avis et comportement

- Justifications:
 - environnemental : écologiciens SEVE (Ecorce)
 - Technique (représentativité formulation/terrain?)
 - Ressource non renouvelable
 - Plan climat, DD, ACV, transition énergétique, économie circulaire,...
- Bilan technique
 - Juge la performance et non mes moyens
 - Pas de différence avec et sans
 - Comportement favorable (CUS, Paris, Lyon,...)

ÉTS

Le génie pour l'industrie



**Pendant ce temps,
que se passe-t-il au Québec?**

ÉTS

Le génie pour l'industrie



INFRA 2011

- Enquête auprès des dix principales municipalités du Québec et du MTQ en 2010.
 - Pratiquement toutes les municipalités récupèrent les matériaux provenant de la démolition des assises de chaussées.
 - 377 000 tonnes de matériaux ont été réutilisés en 2010.
 - 445 000 tonnes d'enrobés: $\frac{1}{4}$ enrobés recyclés à chaud moyen taux (20%); $\frac{1}{4}$ enrobés recyclés à chaud faible taux (10%).

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Principales municipalités du Québec

- **Montréal** (1 667 000)
- **Québec** (508 349)
- **Laval** (395 814)
- **Gatineau** (255 000)
- **Longueuil** (232 516)
- **Sherbrooke** (155 583)
- **Saguenay** (143 650)
- **Lévis** (136 066)
- **Trois-Rivières** (126 323)
- **Terrebonne** (101 558)

+ **MTQ**



http://www.zonu.com/cartes_quebec/Carte_uebec_2.htm



Utilisation de matériaux recyclés sur leur réseau routier

- MTQ : Oui
- Trois-Rivières: Oui
- Sherbrooke: Oui
- Longueuil: Oui
- Lévis: Oui
- Saguenay: Oui
- Québec: Oui
- Montréal: Oui

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Règlement concernant utilisation des matériaux recyclés

- MTQ : Oui (Norme gouvernementale)
- Longueuil: Non (c'est une Orientation)
- Montréal: Non (mis à part les devis techniques de la Ville)
- Trois-Rivières: Non
- Sherbrooke: Non
- Lévis: Non
- Saguenay: Non
- Québec: Non

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Depuis quand recycle-t-on?

- MTQ : autour de 1996
- Montréal: années 1990
- Québec: 1995
- Sherbrooke: 2000
- Lévis: un peu avant la fusion de 2002
- Longueuil: 2005
- Saguenay: 2009
- Trois-Rivières: 2011

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Volume de matériaux recyclés utilisés

	2013	2012
• MTQ :	1 123 011 t.m.	1 281 395 t.m.
• Québec:	202 109 t.m.	192 227 t.m.
• Lévis:	35 000 t.m.	42 000 t.m.
• Saguenay:	40 000 t.m.	14 000 t.m.
• Sherbrooke:	± 1 000	± 500
• Trois-Rivières:	n.d.	n.d.
• Longueuil:	n.d.	n.d.
• Montréal:	n.d.	n.d.

Impact au niveau des coûts

- MTQ: Non
- Longueuil: Non
- Trois-Rivières: Non
- Sherbrooke: Oui - Diminution
- Lévis: Oui - Diminution
- Saguenay: Oui – Diminution et subvention
- Québec: Oui - Diminution (ne payent pas de frais pour disposer des rebuts)
- Montréal: n.d.

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Type de route où matériaux recyclés utilisés

- MTQ: Collectrice, Régionale, Nationale, Autoroute
- Trois-Rivières: Locale, Collectrice, Régionale
- Longueuil: Locale, Collectrice, Régionale
- Lévis: Locale, Collectrice, Régionale
- Montréal: Locale, Collectrice, Régionale
- Québec: Locale, Collectrice
- Sherbrooke: Locale
- Saguenay: Locale

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Enrobés fabriqués avec matériaux recyclés

- MTQ : Enrobés tièdes et Enrobés à chaud
- Lévis: Enrobés tièdes et Enrobés à chaud
- Québec: Enrobés tièdes et Enrobés à chaud
- Trois-Rivières: Enrobés à chaud
- Sherbrooke: Enrobés à chaud
- Saguenay: Enrobés à chaud
- Montréal: Enrobés à chaud
- Longueuil: Aucun matériel recyclé dans les enrobés

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Matériaux recyclés à base de

- MTQ : Enrobés (98%) et Béton (2%)
- Trois-Rivières: Enrobés et Béton
- Longueuil: Enrobés et Béton
- Lévis: Enrobés (30%) et Béton (70%)
- Saguenay: Enrobés (50%) et Béton (50%)
- Québec: Enrobés et Béton
- Montréal: Enrobés et Béton
- Sherbrooke: Enrobés

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Particules de béton utilisées

- MTQ: Couches de base (d'assise)
- Trois-Rivières: Couches de base (d'assise)
- Saguenay: Couches de base (d'assise)
- Québec: Fondations et sous-fondations dans les rues et sous les trottoirs
- Lévis: Couches de base, trottoirs, bordures
- Montréal: Fondations granulaires
- Longueuil: Sous-fondations
- Sherbrooke: n.a.

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Particules d'enrobés utilisées

- MTQ : Couches de surface
- Sherbrooke: Couches de surface
- Trois-Rivières: Couches de base (d'assise)
- Saguenay: Couches de base (d'assise)
- Montréal: Couches de base (d'assise)
- Longueuil: Sous-fondations
- Lévis: Couches de base et Couches de surface
- Québec: Structures de chaussées, Couches de Base et Couches de Surface



Proportion moyenne de matériaux recyclés utilisés

- MTQ: 15%
- Lévis: 15%
- Sherbrooke: 15%
- Longueuil: 20%
- Montréal: 10%, 15% ou 20%
- Québec: 20%, 50% ou 100%
- Saguenay: 50%
- Trois-Rivières: n.d.

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Proportion maximum de matériaux recyclés utilisés

- Sherbrooke: 15%
- MTQ : 20% (dans les enrobés)
- Longueuil: 20%
- Lévis: 20%
- Québec: 20%, 50%, 80-100% (Fondations vs EB)
- Saguenay: 75%
- Trois-Rivières: n.d.
- Montréal: n.d.

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Matériaux recyclés utilisés tout de suite après fraisage

- MTQ : Oui
- Sherbrooke: Oui
- Saguenay: Oui
- Montréal: Oui
- Trois-Rivières: Non
- Longueuil: Non
- Lévis: Non
- Québec: Non

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Zones de stockage spécifiques pour matériaux recyclés

- MTQ : Oui
- Saguenay: Oui
- Québec: Oui
- Lévis: Oui
- Trois-Rivières: Non
- Sherbrooke: Non
- Longueuil: Non
- Montréal: La Ville s'en procure via la liste des fournisseurs approuvés

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Traitement effectué sur particules pour faciliter leur réutilisation

- MTQ: Non
- Trois-Rivières: Non
- Sherbrooke: Non
- Lévis: Non
- Saguenay: Non
- Québec: Non
- Montréal: Non
- Longueuil: Oui (béton et enrobés)

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Limitation dans le choix des entrepreneurs

- MTQ : Non
- Sherbrooke: Non
- Lévis: Non
- Saguenay: Non (seulement à l'interne)
- Québec: Non
- Longueuil: Oui
- Trois-Rivières: Oui
- Montréal: Liste de fournisseurs approuvés

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Promotion pour l'utilisation de matériaux recyclés

- MTQ: Oui (Intégration dans le CCDG et normes)
- Sherbrooke: Oui (Politique municipale)
- Longueuil: Oui (Conscience d'ingénieurs)
- Saguenay: Oui (Obligation)
- Lévis: Oui
- Québec: Oui
- Montréal: Oui
- Trois-Rivières: Non

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Objectif de l'étude de recyclage à 25%



- Boulevard périphérique de Rouen
- Réemployer un enrobé BBSG 0/10, ancienne couche de roulement, dans une grave bitume en assise pour renforcer la chaussée .
- Objectif : rechercher un optimum du taux de recyclé:
 - Homogénéité et disponibilité AE,
 - Possibilité de la centrale d'enrobage: max 35%
 - Compromis prix/performances
- Démontrer l'aptitude à recycler à 25%, pour parvenir aux performances d'une GB 0/14 de classe 4
- Caractériser, formuler, évaluer les performances de la GB4

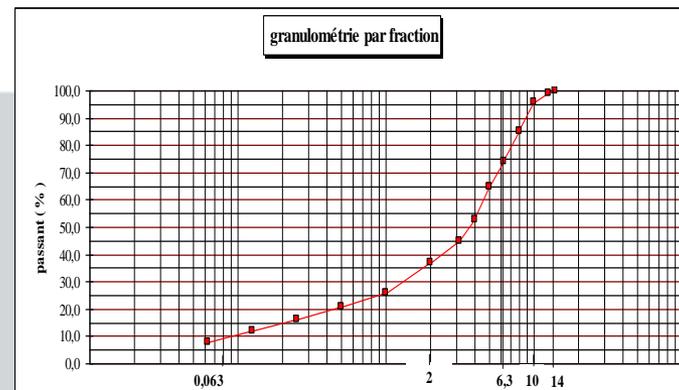
ÉTS

Le génie pour l'industrie



Caractéristiques AE : ancien BBSG 0/10

- Liant résiduel (récupération NF EN 12697-3):
 - Péné : 13
 - TBA : 71,2 ° C
 - S'apparente : 10/20
- Teneur en bitume :
 - 5,0% en moyenne
 - Étendue : 0,5% en absolue

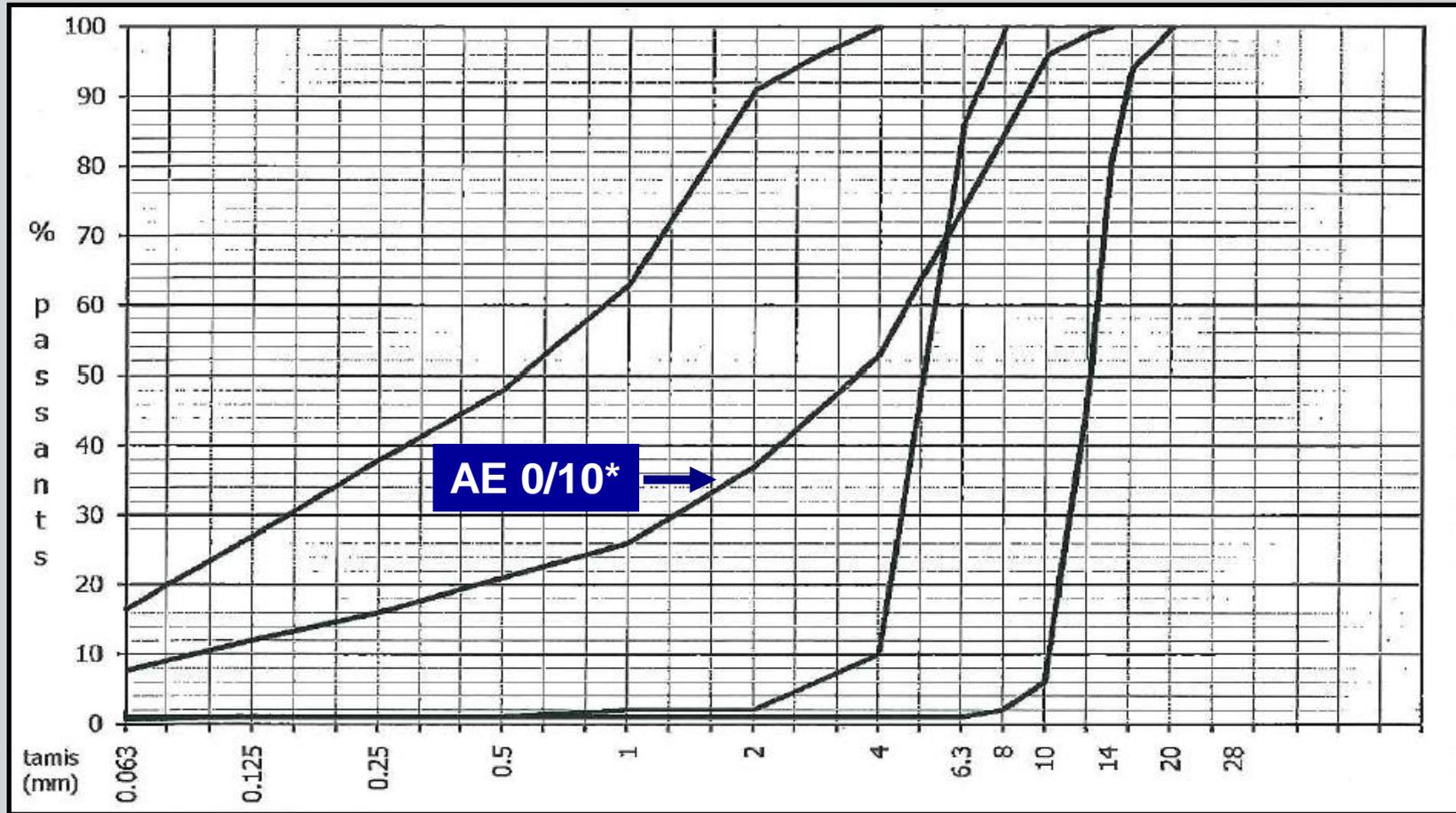


Utilisation des agrégats d'enrobés							
Usage dans la chaussée	Couche de roulement		0 %	10 % ⁽¹⁾	30 %	10 %	40 %
	Couche de liaison		10 %	20 %	30 %	40 %	
	Couche d'assise						
Composants de l'agrégat d'enrobé	Liant bitumineux	Teneur	TL _{NS}	TL ₂		TL ₁	
		Pénétrabilité ou TBA	B _{NS}		B ₂	B ₁	
	Granulat	Granularité	G _{NS}		G ₂		G ₁
Caractéristiques intrinsèques		R _{NS}			R ₁	R _{NS}	R ₁

- Propriétés conforme : TL1 et B1 (*guide application BB*)
- Possibilité de recycler à fort taux : jusqu'à 40% (*guide application BB*)



Compositions granulométriques des fractions



* Après extraction du bitume



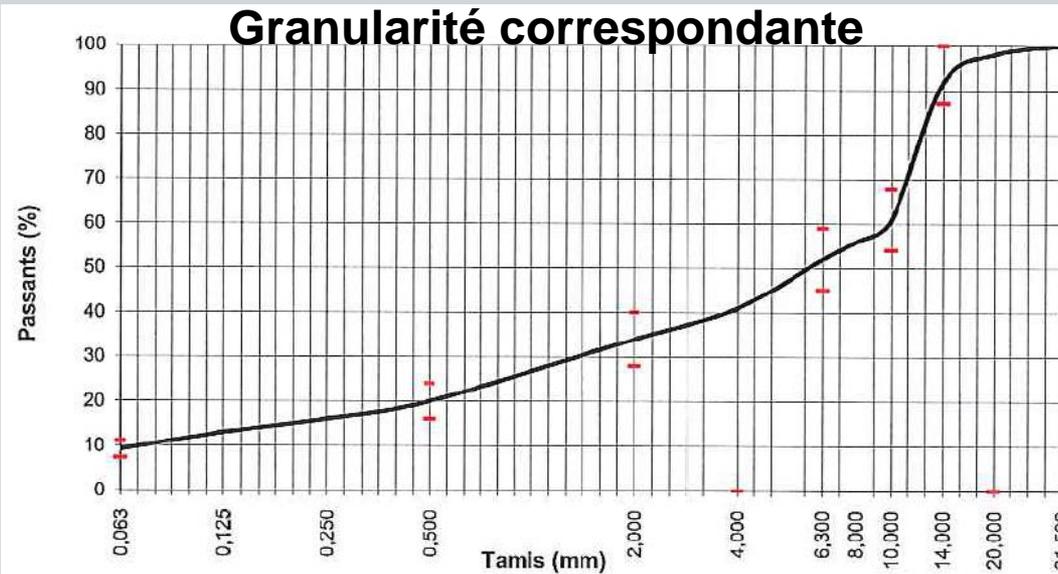
Formulation de la GB 4 avec 26% AE

nature et provenance		classe ou grade	dosage	
Quartzite VIGNAT (61)	: Grès quartzite, granulats durs	10/14	38.7	%
Quartzite VIGNAT (61)		4/6	7.0	%
Quartzite VIGNAT (61)		0/2	22.0	%
Calcaire PIKETTY (77)	: calcaire broyé	Filler	3.0	%
Agrégats d'enrobés 0/10 - RN 28 (76)		0/10	26.0	*%
Bitume Total Feyzin (69)		35/50	3.3	%

Neuf

AE

Bitume
neuf



* 1,3% bitume ancien

TL total : 4,4%

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Résumé des performances de la GB 4

PERFORMANCES MECANIKUES	Mesures	Spécifications	
		<i>min</i>	<i>max</i>
% de vides PCG (NF EN 12697-31)			
<i>Pourcentage de vides à 10 girations</i>			
<i>100 girations</i>	3,5%		9 %
Sensibilité à l'eau (NF EN 12697-12)			
<i>Teneur en vides</i>	6,0 %		
<i>Rapport i/C</i>	1,00	≥	0,70
Essai d'orniérage (NF EN 12697-22)			
<i>% d'ornière à 60 °C, 30000 cycles</i>	5,9 %	≤	10 %
Fatigue (NF EN 12697-24)			
<i>ε6 à 10°C, 25 Hz (μdef)</i>	109	≥	105 μdef
Module (NF EN 12697-26)	<i>15°C, 10Hz</i>		15100 Mpa

- Cette étude satisfait les spécifications techniques



Comparaison d'étude à 10, 20 et 40% AE

C.U. Strasbourg

Strasbourg.eu
& COMMUNAUTÉ URBAINE

10%

20%

40%

EB 10 roul/liai 50/70		NF EN 13108-1	
Date d'étude :	nov-10	Référence de l'étude :	10-335
Date de validité :	nov-15	Épaisseur moyenne de mise en oeuvre :	4 à 6 cm
Niveau d'étude :	1	Épaisseur minimale de mise en oeuvre :	2 cm
		Teneur en liant Minimum TL %	TL _{min} 5,4
ORIGINE DES GRANULATS		CLASSE	FRACTION
		COMPOSITION ENROBE	
		Granulaire (ppe)	Appellation européenne (%)
Nordhouse	BIII	6,3/10	23,1%
Nordhouse	BIII	4/6,3	13,2%
Nordhouse	a	0/4	46,8%
Agrégats d'enrobés		0/10	9,9%
Fines Calcaires	F2		1,4%
TOTAL GRANULATS			94,4%
BITUME		50/70	5,6%
BITUME APORTE PAR LES AE			0,5%
BITUME TOTAL DE L'ENROBE			6,02%

EB 10 roul/liai 50/70		NF EN 13108-1	
Date d'étude :	nov-10	Référence de l'étude :	10-336
Date de validité :	nov-15	Épaisseur moyenne de mise en oeuvre :	4 à 6 cm
Niveau d'étude :	2	Épaisseur minimale de mise en oeuvre :	2 cm
		Teneur en liant Minimum TL %	TL _{min} 5,4
ORIGINE DES GRANULATS		CLASSE	FRACTION
		COMPOSITION ENROBE	
		PROVENANCE	Appellation européenne (%)
Nordhouse	6381 C	BIII	6,3/10
Nordhouse	6381 B	BIII	4/6,3
Nordhouse	6381 A	a	0/4
Agrégats d'enrobés	6381 E		0/10
Fines Calcaires	5996	F2	
TOTAL GRANULATS			95,2%
BITUME		50/70	4,8%
BITUME APORTE PAR LES AE			0,94%
BITUME TOTAL DE L'ENROBE			5,75%

EB 10 roul/liai 50/70		NF EN 13108-1	
Date d'étude :	juin-12	Référence de l'étude :	12-136
Date de validité :	juil-17	Épaisseur moyenne de mise en oeuvre :	4 à 6 cm
Niveau d'étude :	1	Épaisseur minimale de mise en oeuvre :	2 cm
		Teneur en liant Minimum TL %	TL _{min} 5,4
ORIGINE DES GRANULATS		CLASSE	FRACTION
		COMPOSITION ENROBE	
		PROVENANCE	Appellation européenne (%)
Nordhouse	BIII	4/6,3	8,0%
Nordhouse	BIII	6,3/10	14,0%
Nordhouse	a	0/4	33,8%
Fines Calcaires	F2		0,0%
Agrégats d'enrobés		0/14	40,0%
TOTAL GRANULATS			95,8%
BITUME		50/70	4,2%
BITUME APORTE PAR LES AE			1,8%
BITUME TOTAL			6,0%

TAMIS en mm	% PASSANT
20,0	100
14,0	100
10,0	95
6,3	75
5,0	66
4,0	57
2,0	36
0,50	18
0,250	13
0,080	7,7
0,063	6,9

Densités de référence	Spécifications
MVR de la reconstitution (Mg/m ³)	2,622
MVR de l'enrobé (Mg/m ³)	2,399
Module de richesse (K)	3,8
	≥ 3,7

Essai DURIEZ (NF P 98-251-1)	Spécifications
MVA hydrostatique (Mg/m ³)	2,250
Taux de vides (%)	7,20
RC 18°C air (MPa)	10
Rapport r/R	0,94
	≥ 0,80

Essai PCG (NF EN 12697-31)	Spécifications
Taux de vides à 10 girations (%)	12,9
Taux de vides à 60 girations (%)	6,9
Taux de vides à 120 girations (%)	1,5
	V _{min} à V _{max}

TAMIS en mm	% PASSANT
20,0	100
14,0	100
10,0	95
6,3	75
5,0	65
4,0	55
2,0	35
0,50	16
0,250	12
0,080	6,8
0,063	6,3

Densités de référence	Spécifications
MVR de la reconstitution (Mg/m ³)	2,617
MVR de l'enrobé (Mg/m ³)	2,404
Module de richesse (K)	3,7
	≥ 3,7

Essai DURIEZ-NF P 12697-12-Méthode B	Spécifications
MVA hydrostatique (Mg/m ³)	2,262
Taux de vides (%)	5,90
C ₀ 18°C air (kPa)	10516
C ₀ eau 18°C (kPa)	10244
Rapport r/C	97
	≥ 80

Essai PCG (NF EN 12697-31)	Spécifications
Taux de vides à 10 girations (%)	11,5
Taux de vides à 60 girations (%)	4,3
Taux de vides à 120 girations (%)	1,7
	V _{min} à V _{max}

TAMIS en mm	% PASSANT
20	100
16	100
14	100
12,5	99
10	96
8	86
6,3	75
4	56
2	36
1	24
0,500	17
0,315	14
0,250	12
0,125	8
0,080	6,8
0,063	6,3

Densités de référence	Spécifications
MVR de la reconstitution (Mg/m ³)	2,655
MVR de l'enrobé (Mg/m ³)	2,425
Module de richesse (K)	3,70
	≥ 3,7

Essai DURIEZ-NF EN 12697-12-méthode B	Spécifications
MVA hydrostatique (Mg/m ³)	2,235
Taux de vides (%)	7,8
Cd 18°C air (kPa)	10922,4
Rapport r/C	87
	≥ 0,80

Essai PCG-NF EN 12697-31	Spécifications
Taux de vides à 10 girations (%)	14,8
Taux de vides à 60 girations (%)	7,8
	4 à 9

- Même recomposition granulométrique : 6,5 / 35 / 75 % – fines / 2 / 6 mm
- Ajustement bitume pour tenue à l'eau et compactibilité
- Conformité des propriétés, formulation niveau 1

Note : il faudrait vérifier la résistance à l'orniérage, si trafic canalisé.

Comparaison d'étude à 10, 20 et 40% AE

C.U. Strasbourg

Taux AE	10	20	40
% bitume AE*	0,5	0,94	1,8
% bitume 50/70	5,6	4,8	4,2
% bitume total	6,1	5,75	6,0
r/R (> 80)	94	97	87
V60 (4 à 9%)	6,9	4,3	7,8

* Économie de bitume

Recyclage ultime : taux de 100%



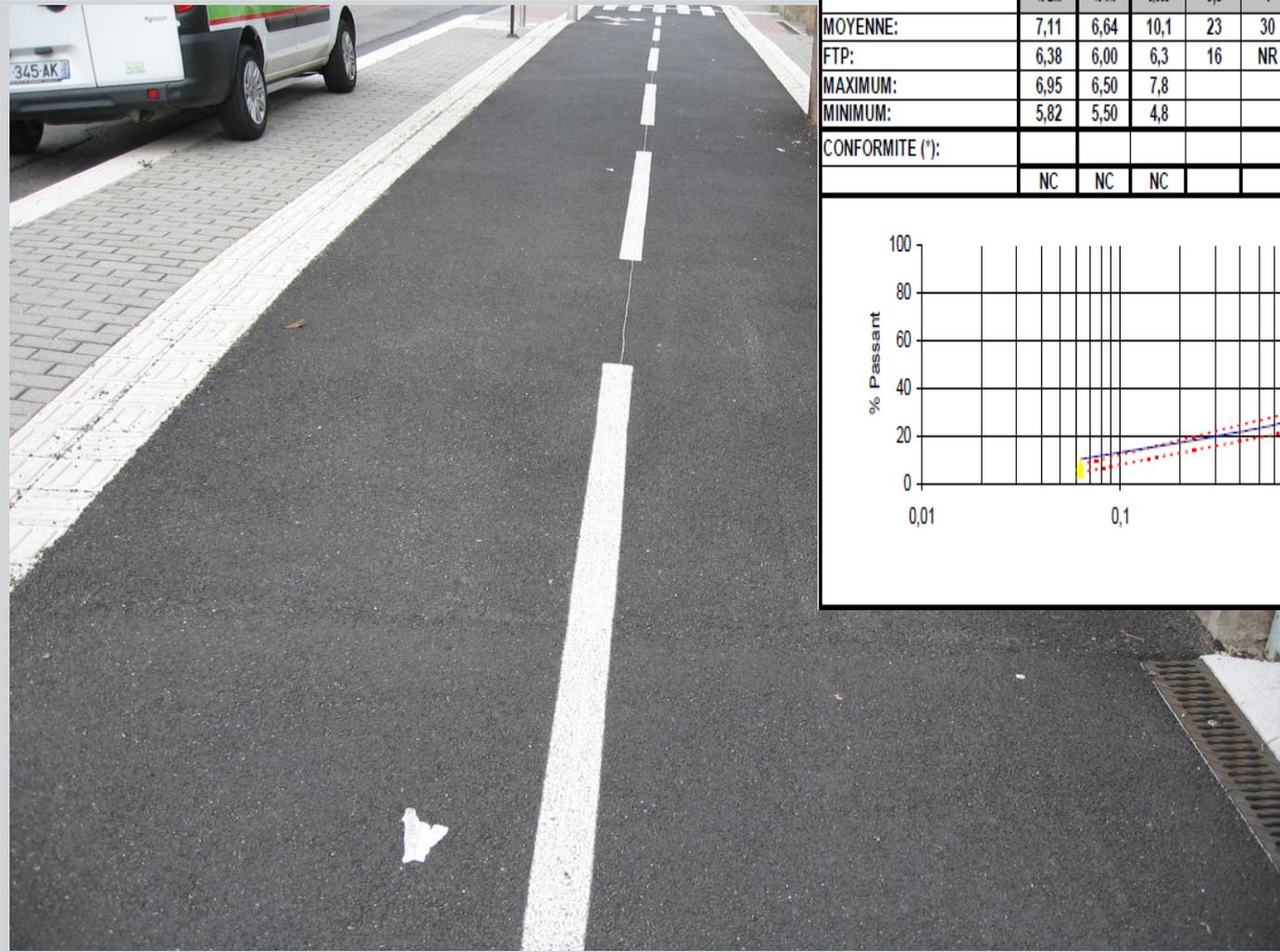
- Piste cyclable
- Unterjaegerhof
- AE 0/10
- Réchauffage 100/110° C
- Ajout 50/70 : 1%

Plateforme de recyclage > 1988
SARM

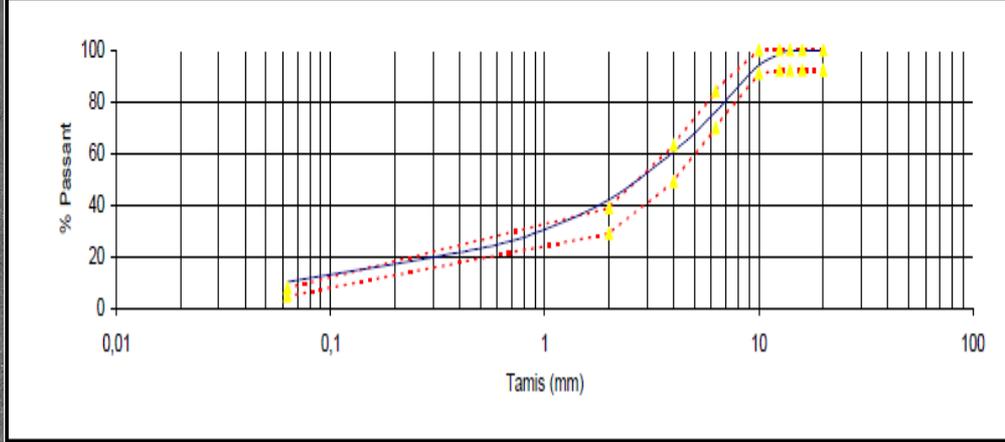


Double tambour : 70% AE - tièdes

Très bon comportement : 3 ans



RESULTATS :	Liant		%PASSANT												
	% Ext	% Int	0,075	0,15	0,3	0,6	1,2	2,5	5,0	7,5	15,0	30,0	47,5	75,0	150,0
MOYENNE:	7,11	6,64	10,1	23	30	42	61	76	86	94	98	100	100	100	100
FTP:	6,38	6,00	6,3	16	NR	34	56	77	NR	96	NR	100	100	100	100
MAXIMUM:	6,95	6,50	7,8			39	63	84		100	100	100	100	100	100
MINIMUM:	5,82	5,50	4,8			29	49	70		91	92	92	92	92	92
CONFORMITE (*):															
	NC	NC	NC			NC	C	C		C	C	C	C	C	C



Conclusion



- Recyclage à chaud* solution compétitive :

*(tiède)

- Environnement
- Technique
- Economie
- Energie
- Développement durable (matériau Vert ou «Grenellisé»)



surtout dans le contexte urbain, où l'entretien impose le respect des seuils, et donc la récupération systématique de tous les matériaux: principe du zéro rejet.

- ✓ Recherches nécessaires pour:

- Améliorer les performances à long terme (vieillesse, remobilisation),
- Évaluer les critères du Développement durable.

➤ **Inquiétude : sanitaire et juridique >> technique**

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Remerciements à



- ANDONIAN Serge – Chef du laboratoire – C.U. Strasbourg
- AZAMBRE Nelly – Chef du Laboratoire – CU Lyon
- GODART Philippe – Ingénieur voiries – C.U. Bordeaux
- LACASSY Gilles – DIR Atlantique
- LASCROUX Laurent – Ingénieur services techniques – Ville de Toulouse
- LEMEE A. - Ingénieur, SGD, patrimoine et voiries, Ville de Paris
- MAHE Bernard – Directeur Technique, Colas Pays de Loire
- MOUSSU Luc – Directeur Technique Eurovia Bretagne
- PEZAS Nicolas – Directeur technique – CG Gironde
- RABILLER Daniel – Ingénieur, Nantes-Métropole
- ST-JACQUES Michèle - Professeure ÉTS - Montréal – Canada



Remerciements

- ◆ Sylvain Roy, Ville de Montréal
- ◆ Patrice Bergeron et Daniel Lessard, Ville de Québec
- ◆ Saliha Yahmi, Ville de Longueuil
- ◆ Jocelyn Grenier, Ville de Sherbrooke
- ◆ Laval Claveau et Normand Bouchard, Ville de Saguenay
- ◆ Marc Fréchette, Ville de Lévis
- ◆ Guy Plamondon et Benoit Plante, Ville de Trois-Rivières
- ◆ Michel Paradis, MTQ

Attention ceci n'est pas un geste citoyen du Grenelle.



«Ne jetez plus vos vieilles routes, réutilisez les et recyclez vos AE.»

Merci de votre attention



CERIU Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines

20^e ÉDITION

Congrès INFRA 2014

1^{er} AU 3 DÉCEMBRE • PALAIS DES CONGRÈS DE MONTRÉAL

ÉTS

Le génie pour l'industrie