



Ministère de l'Équipement, du Transport et de la Logistique

Direction des Routes

Centre National d'Études et Recherche Routières

GRAVES DE RECYCLAGE DE DEMOLITION - Etude Bibliographique -



JUIN 2014

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	2
2. PROVENANCES ET COLLECTE SELECTIVE.....	3
3. ELABORATION ET PRODUCTION	4
a) Elaboration	4
b) Produits de recyclage.....	7
4. UTILISATIONS POSSIBLES ET CONDITIONS D'EMPLOI	12
5. PRECAUTIONS D'EMPLOI	14
6. CONCLUSION	16

1. INTRODUCTION

Dans une période où l'environnement prend en place de plus en plus grande, l'emploi des matériaux recyclés devient une nécessité. Cette technique offre trois avantages :

- l'optimisation des carrières, gisements alluvionnaires et rocheux, qu'il convient de réserver aux usages adaptés à leur qualité,
- une économie de transport puisqu'il s'agit de matériaux locaux,
- la limitation des centres de stockage dont on cherche à réduire le nombre et l'usage.

Après une quinzaine d'années d'usage en Europe, il apparait que les matériaux de recyclage offrent une véritable alternative technique et économique dans un bon nombre d'utilisations en bâtiment et travaux publics.

La diversité des matériaux produits, conséquence de la diversité des « matières premières » et des différentes techniques de traitement, permet de satisfaire à un large éventail d'exigences, depuis les simples remblais jusqu'aux assises de chaussées à trafic lourd.

Cette étude bibliographique a pour objet de présenter cette technique (GRD) et présentera les éléments nécessaires à l'établissement d'un guide et d'un référentiel spécifique aux matériaux recyclés qui seront une aide pour les Maîtres d'Ouvrage, les Maîtres d'Œuvre et les entreprises permettent ainsi de tirer le meilleur parti possible de ces matériaux alternatifs sans pour autant faire concession à la qualité des ouvrages et de l'environnement.

2. PROVENANCES ET COLLECTE SELECTIVE

Par matériaux de démolition, on entend des produits très divers qui ne sont pas tous recyclables pour obtenir des granulats utilisables en techniques routières et donc nécessite une sélection.

Ces matériaux de démolition peuvent être classés en quatre catégories selon leur nature :

1. Les matériaux de déconstruction de bâtiments et ouvrages d'art, constitués de béton armés ou non, sans enduit, ni plâtre, ni amiante, ou autres déchets industriels spacieux
2. Les matériaux de déconstruction de chaussées constitués de matériaux traités aux liants hydrocarbonés, d'anciens blocages, de bordures en béton ou pierre naturelle.
3. Des mélanges de matériaux composites (ossatures en béton, maçonnerie,...) avec de faibles teneurs en plâtres, bois, plastique,...
4. Des mélanges hétérogènes avec des teneurs en matières indésirables (plâtres, bois, plastique,...)supérieures à 10 %.

Les déchets dangereux contenant de l'amiante, des produits dérivés de la houille, classés dans la catégorie des DIS (Déchets Industriels Spéciaux) selon le degré de nocivité, sous forme liée ou non liée à d'autres matériaux doivent être systématiquement éliminés lors de la phase de réception des matériaux ou la phase de tri, et être orientés vers des centres spécialisés.

Les croutes d'enrobés ou produits de fraisage d'enrobés peuvent être utilement et économiquement recyclés sous forme d'agregats (norme XP P98-135) dans les matériaux traités aux liants hydrocarbonés à chaud ou à froid.

Le recyclage est pratiqué sur :

- soit une sélection des matériaux bruts sur les chantiers de déconstruction ;
- soit une réception de matériaux sur leurs centres de traitement, approvisionnés par des entreprises de bâtiments ou de travaux publics

3. ELABORATION ET PRODUCTION

a) Elaboration

Les matériaux bruts sélectionnés font l'objet d'une élaboration pour obtenir divers produits :

- Produits « primaires » : Graves et cailloux,
- Produits « secondaires » : Sables et gravillons.

Les différentes phases d'élaboration des produits issus du recyclage des matériaux de démolition sont les suivants :

- Sélection et stockage des produits bruts en fonction de leur nature (béton, briques, enrobés)
- Le stockage peut éventuellement être sélectif si l'installation traite plusieurs des familles décrites précédemment
- Préparation avant traitement qui consiste à réduire les plus gros éléments à l'aide d'un brise roche hydraulique (B.R.H.), à couper les éléments longs à l'aide d'une cisaille, à retirer les impuretés les plus grosses.
- Concassage primaire à l'aide d'un concasseur à percussion ou à mâchoires, suivi d'un déferraillage électromagnétiques.
- Selon les installations, le concassage peut être précédé d'un criblage destiné à éliminer les matériaux à faibles caractéristiques et suivi d'un tri manuel destiné, à retirer les impuretés (bois, papiers, plastiques) résiduelles.
- Eventuellement concassage secondaire portant sur la fraction supérieure issue du concassage primaire.

Les centres de recyclage peuvent offrir une technicité très variée allant du simple concasseur à mâchoire sans criblage ni épuration jusqu'à l'installation industrielle sophistiquée disposant de deux, voire trois niveaux de concassage, de criblage et d'épuration.

Toutefois, toutes les installations peuvent entrer dans deux catégories principales :

- Les installations fixes : situées à proximité des grands centres de production, permettent la mise en place de matériel de recyclage concassage à grand débit ainsi que d'équipements complémentaires de traitement : lavage, décantation, tri manuel
- Les installations mobiles : permettent de réaliser des interventions ponctuelles sur des plates-formes de regroupement ou des chantiers de déconstruction, dès

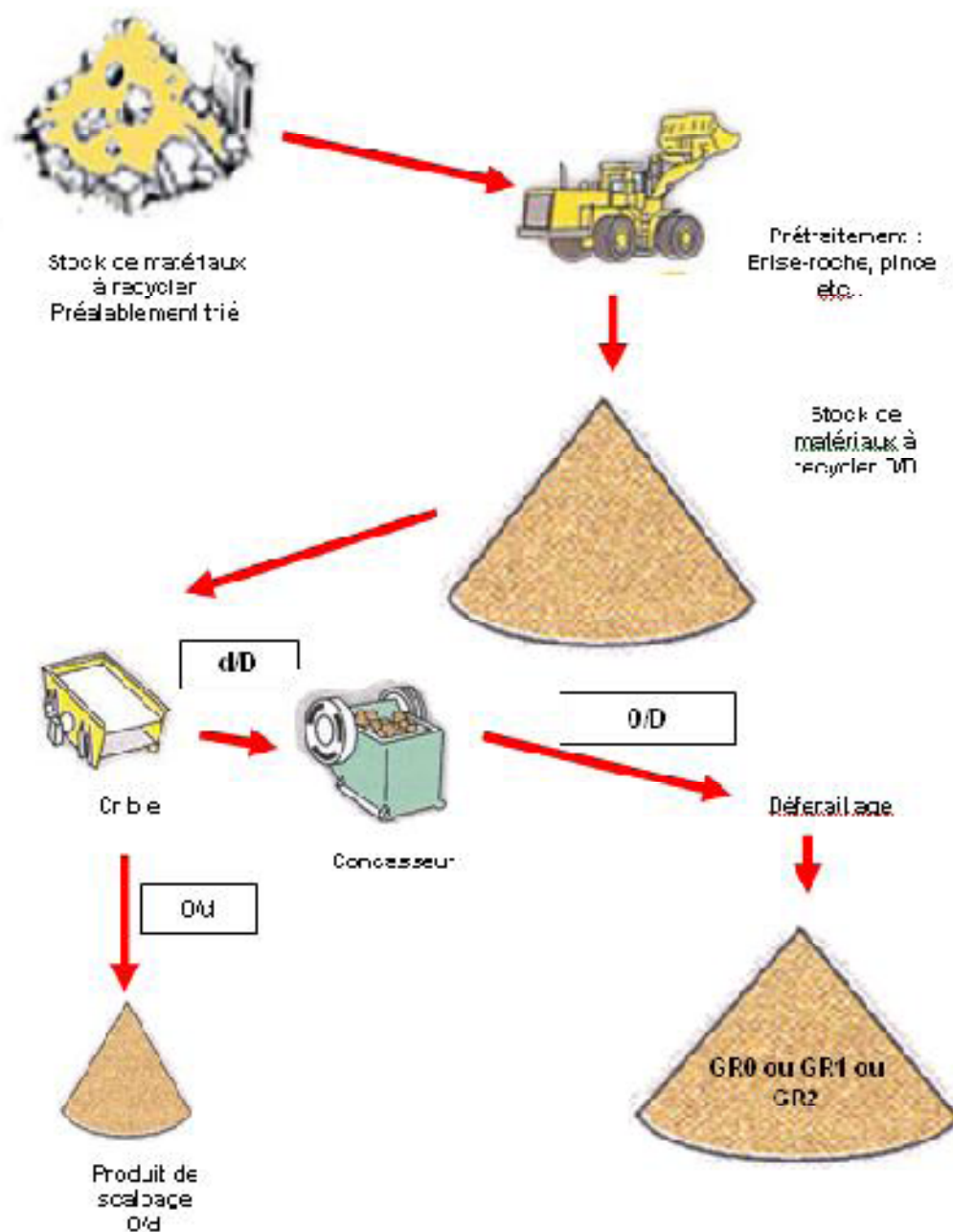
que les quantités à recycler atteignent 500 à 15000t. Cette solution permet de minimiser les coûts de traitement et de développer les plates-formes de regroupement suivant les besoins locaux dans le souci de limiter le transport routier des matériaux recyclables.

Dont chacune peut être subdivisée en deux :

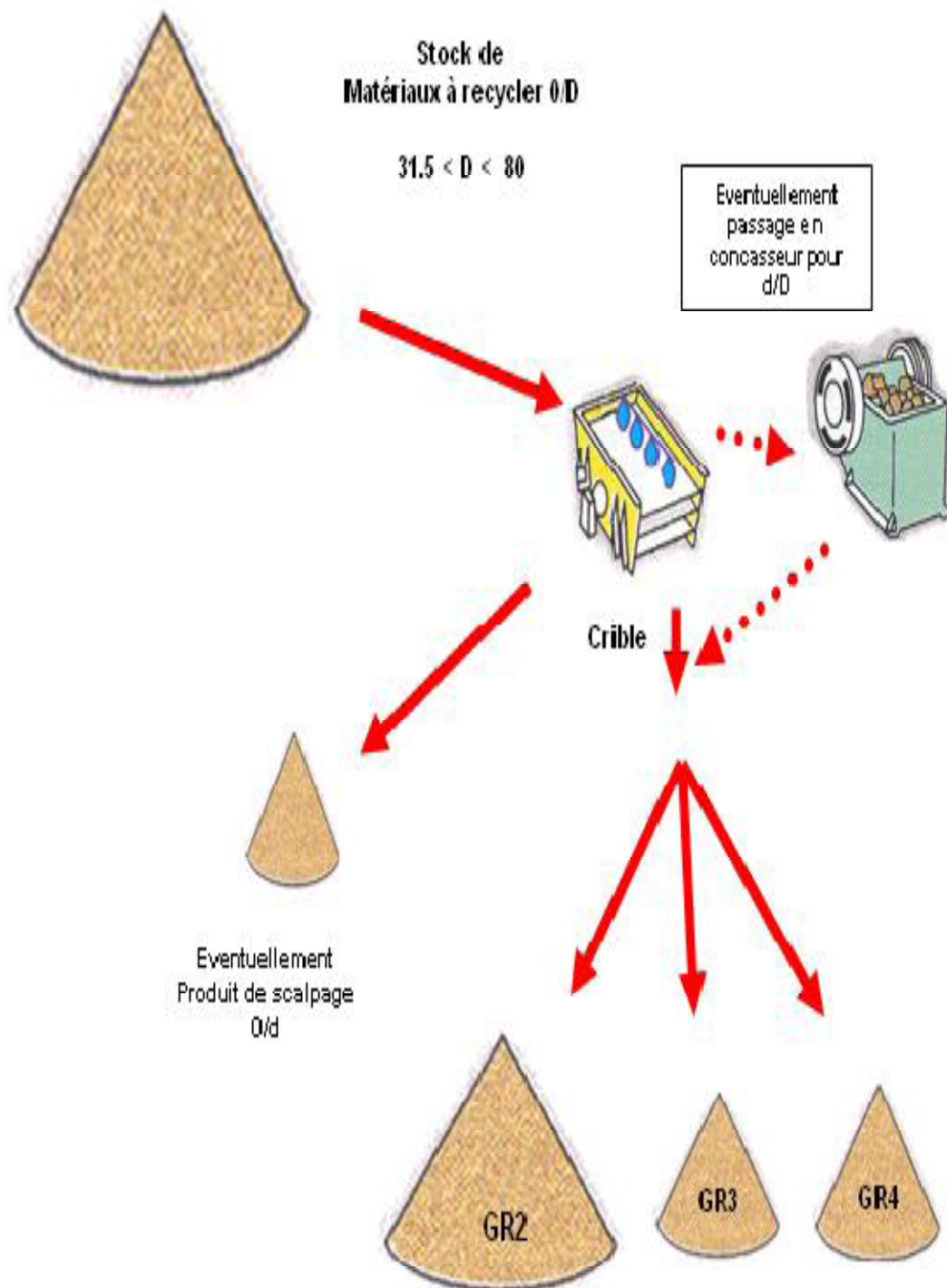
- les installations primaires (un seul niveau de concassage),
- les installations secondaires (au moins deux niveaux de concassage).

Exemples indicatifs de synoptique de production

Exemple 1 : Elaboration des GR0 ou GR1 ou GR2



Exemple 2 :Elaboration des GR2 ou GR3 ou GR4 à partir d'un stock de GNT 0/D type
0/31.5 à 0/80



b) Produits de recyclage

Les produits résultant de ses différents types d'installation sont de natures différentes allant de graves non calibrée aux granulats classés tels que sables et gravillons, en passant par diverses qualités de graves

Les productions observées sur différents centres de recyclage figurent dans le tableau ci-dessous, ainsi que les normes permettant de les classer.

L'essentiel de la production est constitué par des graves 0/D et par des sables, des gravillons et des cailloux.

Type de matériaux	Norme	Installation
Matériaux de pré-criblage	NF P 11-300	Toute installation avec scalpage avant concassage
Grave non calibrée	NF P 11-300	Concassage primaire sans criblage
Grave 0/D	XP P 18-540 et NF P 11-300 ou NF P 98-129	Concassage primaire ou secondaire avec criblage
Sable	XP 18-540	Concassage primaire ou secondaire avec criblage
Gravillons et cailloux	XP O 18-540	

• Les graves de recyclage (G.R.)

Afin de faciliter la caractérisation des Graves de Recyclage dénommées « GR », il a été défini cinq catégories : GR0, GR1, GR2, GR3, GR4 et ce, compte tenu :

- de la nature de la production,
- de critères figurant dans les normes citées.

Leur caractérisation est faite à partir des normes NF P11-300, NF EN 13242 et NF EN 13285.

Deux critères de classification ont été retenues : la catégorie (GR0,GR1,GR2,GR3,GR4) et un indice (B,E,M) en fonction de leur origine :

- **B** : Grave recyclée béton,
- **E** : Grave recyclée enrobés,
- **M** : Grave recyclée mixte.

Type de GR	Granularité max	Appellation
------------	-----------------	-------------

GR0M	Dmax : 150 mm	GR 0 Mixte 0/150
GR0B		GR 0 Béton 0/150
GR1M	Dmax : 80 mm	GR 1 Mixte 0/80
GR1B		GR 1 Béton 0/80
GR2M	Dmax : 31,5 mm	GR 2 Mixte 0/31.5
GR2B		GR 2 Béton 0/31.5
GR2E		GR 2 Enrobé 0/31.5
GR3M	Dmax : 20 mm	GR 3 Mixte 0/20
GR3B		GR 3 Béton 0/20
GR4M	Dmax : 20 mm	GR 4 Mixte 0/20
GR4B		GR 4 Béton 0/20

Avec :

M : grave recyclée **mixte** avec :

- **40%** d'enrobés au maximum pour GR0 et GR1 (NF EN933-11)
- **30 %** d'enrobés au maximum pour GR2,GR3,GR4 (NF EN933-11)

B : grave recyclée **BETON** avec au minimum **90 %** de béton et au maximum **10 %** d'enrobés (NF EN933-11)

E : grave recyclée **ENROBE** avec au minimum **80%** d'enrobés (NF EN933-11)

Afin d'optimiser la valorisation du gisement, le tri des matériaux doit permettre d'entrer dans les classes ci-avant, cependant pour la tranche des matériaux contenant entre 40 et 60 % d'enrobés une étude spécifique ou un retour d'expérience est nécessaire.

Pour appartenir à l'une des catégories GR1,GR2, GR3 ou GR4, les matériaux doivent satisfaire à chacun des critères relatifs à cette catégorie.

Les tableaux de classification ci-après présentent l'ensemble des caractéristiques spécifiques aux graves recyclées.

Matériaux pour Remblais et Couches de forme		
Référence normative	NF P 11300	
Catégorie de grave recyclée	GR0	GR1
Paramètres de fabrication		
Granularité NF P 94-056 [7]	0/D Dmax ≤ 150mm	0/D D max ≤ 80mm
Teneur en fines		0,080 mm vss = 12
Propreté : NF P 94-068 [8]		VBS ≤ 0,2
Caractéristiques intrinsèques		
Dureté		
Los Angeles : NF EN 1097-2 [13]		≤ 45
Micro Deval : NF EN 1097-1 [12]		≤ 45
Caractéristiques physico-chimiques		
Teneur en sulfates solubles dans l'eau NF EN 1744-1 art. 10,2 [14]	SS _{1,3} (SSc)*	SS _{0,7} (SSb)
Identification des gravillons recyclés selon NF EN 933-11 [17] : l'essai consiste à trier manuellement l'échantillon et répartir en constituants. Le résultat s'exprime en masse ou en volume pour les particules flottantes		
X (argile, métaux, plâtre)**		X1
FL (particules flottantes)**	FL5	
Classement géotechnique et assimilation		
Assimilation GTR après analyses géotechniques	C1B2 ou C2B2	B2, B3, C1B2 ou C2B2 ou pour couche de forme : D2 / D3
Les GR0M et GR1M seront respectivement composées au maximum de 40% en poids d'enrobés. Les GR0B et GR1B seront composées au minimum de 90% en poids de béton.		

* Les matériaux de catégorie SSc (≤ 1,3% de sulfates solubles) sont utilisables selon NFP 11-300, en dehors de tout traitement à la chaux et aux liants hydrauliques et de tout contact avec les matériaux traités aux liants hydrauliques.

** Ces essais ont été retenus dans le cadre de ce guide régional en supplément des essais initiaux pour garantir un seuil minimal, y compris pour les GR0, GR1, assurant ainsi une meilleure qualité.

Granulats pour Assises de Chaussées			
Référence normative	NF EN 13242 / NF EN 13285 / NF P 18545		
Catégorie de grave recyclée	GR 2	GR3	GR 4
Paramètres de fabrication			
Granularité NF EN 933-1 [15]	0/31,5	0/20	0/20
Classification selon NF P18545 hors caractéristiques intrinsèques	code c GF 80 GTF 10	code b GF 85 GTF 10	code b GF 85 GTF 10
Teneur en fines * norme NF EN 933-1	0,063 mm mini = 2 maxi = 12	0,063 mm mini = 2 maxi = 12	0,063 mm mini = 2 maxi = 12
Propreté NF EN 933-9 [16]	code c MB ≤ 3 (ou MB 0/D ≤ 1) (ou SE ≥ 40)	code b MB ≤ 2,5 (ou MB 0/D ≤ 0,8) (ou SE ≥ 50)	code b MB ≤ 2,5 (ou MB 0/D ≤ 0,8) (ou SE ≥ 50)
Caractéristiques intrinsèques			
Dureté LA: NF EN 1097-2 MDE: NF EN 1097-1	LA ≤ 45 MDE ≤ 45 LA+MDE ≤ 80	LA ≤ 40 MDE ≤ 35 LA+MDE ≤ 65	LA ≤ 35 MDE ≤ 30 LA+MDE ≤ 55
Caractéristiques physico-chimiques			
Teneur en sulfates solubles dans l'eau NF EN1744-1 art.10.2	SS _{0,7} (SSb)	SS _{0,7} (SSb)	SS _{0,7} (SSb)
Identification des gravillons recyclés selon NF EN 933-11 : l'essai consiste à trier manuellement l'échantillon et répartir en constituants. Le résultat est exprimé en masse ou en volume pour les particules flottantes			
Rc (béton) Ru (GNT et MTLH) Rg (verre)	Les GR mixtes (GR2M, GR3M et GR4M) : <i>Rcug70</i> Les GR enrobés (GR2E) : <i>Ra80</i> . Les GR bétons (GR2B, GR3B et GR4B) : <i>Rcug90</i> .		
X (argile, métaux, plâtre)	X1		
FL (particules flottantes)	FL5		
Les essais LA et MDE ne sont pas adaptés aux graves recyclés enrobés GRE. Les enrobés seront en priorité orientés vers une filière de recyclage pour incorporation dans la fabrication de matériaux bitumineux routiers. * Les fuseaux désignés résultent de l'expérience régionale et réalisés selon la norme NF EN 933-1			

4. UTILISATIONS POSSIBLES ET CONDITIONS D'EMPLOI

Les graves de recyclage GRD peuvent être utilisés en construction routières pour réaliser :

- les terrassements (remblayages divers, couches de forme...)
- les chaussées (assises),.

➤ **Graves GR0 et GR1**

Ces graves sont utilisables en remblai et en couche de forme .Les conditions d'emploi sont déterminées par référence au G.T.R. pour la famille « matériaux de démolition F7 » pour laquelle les dispositions applicables sont celles de la famille de sols « naturels » dont les paramètres d'identification géotechniques sont les mêmes.

➤ **Graves GR2, GR3 et GR4**

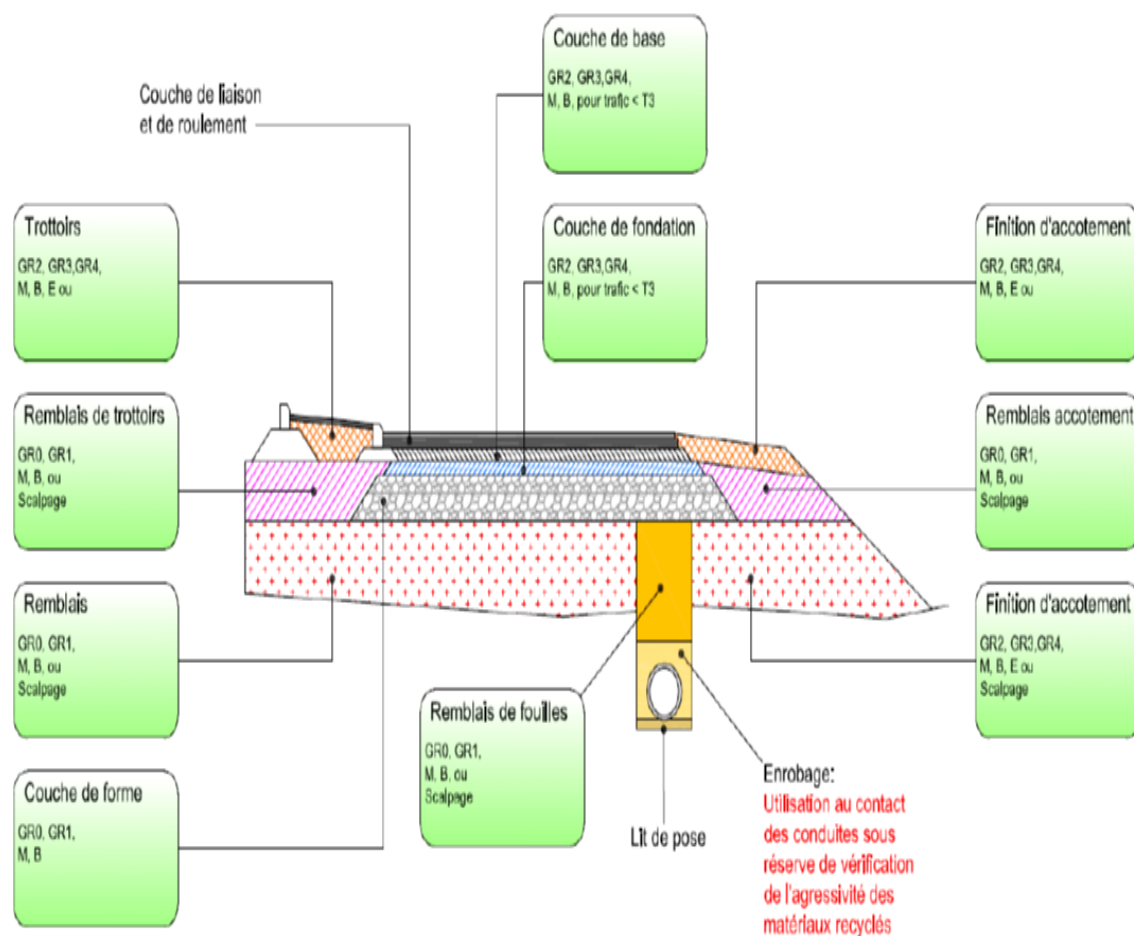
Leur emploi en assise de chaussées est possible, sous forme GNT.

Les spécifications sont données en fonction de :

- La position de la couche dans l'assise (fondation ou base)
- Du trafic selon l'échelle suivante

Classe de trafic	T5	T4	T3	T2	T1	T0	TS	TEX
TMJA de PL/voie	0	25	50	150	300	750	2000	5000

La figure ci-dessous présente les domaines d'emploi préconisés pour chaque matériau.



L'emploi de matériaux GR2 E est à réserver aux couches de faible épaisseur de 10 cm maximum (couche de réglage sous trottoir, parking ou voirie à faible trafic).

Leur utilisation dans d'autres conditions doit être soumise à une validation sous la forme d'une planche de référence permettant de définir les modalités de mise en œuvre, de contrôle et les caractéristiques obtenues in situ.

➤ **Dimensionnement**

Le dimensionnement des structures avec des matériaux recyclés ne diffère pas du dimensionnement avec des matériaux naturels équivalents au sens des normes produits en vigueur (NF p 11-300 et NF EN 13-285).



5. PRECAUTIONS D'EMPLOI

➤ **Compactage et maîtrise de la teneur en eau**

Les graves de recyclage issues des matériaux de déconstruction, notamment les GR1 et GR2, de part leur caractère frottant et leur courbe granulométrique peu sableuse, nécessitent une énergie de compactage « intense » au sens du GTR et DC3 pour le remblayage de tranchées.

Il est donc nécessaire de bien dimensionner l'atelier de mise en œuvre pour atteindre une qualité de compactage suffisant et de bien maîtriser les teneurs en eau lors de la mise en œuvre des matériaux.

Les modalités de compactages seront définies en fonction des données du chantier en se référant aux documents en vigueur :

- Le guide technique « Réalisations des Remblais et des couches de formes », du LCPC-Setra de 1992,
- Guide Technique « Assises de chaussées » du SETRA,LCPC de 1998,
- Guide Technique « Remblayage de tranchées » du SETRA-LCPC de 1994

➤ **Agressivité par rapport aux ouvrages**

Dans le cas d'utilisation des matériaux recyclés au contact d'ouvrages béton, d'ouvrages métalliques (canalisations fontes ou acier, buses métalliques, palplanches), ou de terre armée, il est indispensable de vérifier l'agressivité des produits conformément à la norme NF EN206-1 d'octobre 2005.

6. CONCLUSION

La présente étude bibliographique démontre que les matériaux recyclés sont propres à être employés pour des multiples usages. Simplement, dans certains cas, ils demandent quelques précautions, techniquement faciles à maîtriser.

Leur emploi s'inscrit dans une logique de développement durable (préservation des ressources, diminution des besoins en stockage définitif), sans pour autant présenter d'inconvénient.

Les graves recyclés de démolition sont assimilables à des matériaux de carrière, et conduisent pour la plupart des usages à un dimensionnement comparable de la structure routière. Leur domaine d'emploi est nouveau et leur caractérisation se fait en partie par des essais existants, dont l'interprétation doit être faite avec discernement.

L'utilisation de cette technique est un domaine ouvert à l'innovation. Des chantiers expérimentaux suivis sont nécessaires pour la maîtriser et élargir le domaine d'emploi de ces produits en techniques routières.

La démarche innovation entre les entreprises et l'administration offre un cadre parfaitement défini pour atteindre un objectif de développement et de normalisation pour l'emploi de ces produits.

