



Guide de recyclage et d'utilisation des déchets inertes pour le BTP en Guadeloupe

Rapport final

BRGM/RP-68254-FR

Septembre 2018



Guide de recyclage et d'utilisation des déchets inertes pour le BTP en Guadeloupe

Rapport final

BRGM/RP-68254-FR
Septembre 2018

CLAIR L. et LE LOHER F.

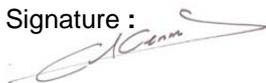
Vérificateur :

Nom : Y. Ménard

Fonction : Responsable scientifique
de Programme

Date : 31/08/2018

Signature :



Approbateur :

Nom : Y. de La Torre

Fonction : Directeur régional de
Guadeloupe

Date : 03/09/2018

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Remerciements

Ce guide a été élaboré grâce à la participation active des acteurs locaux impliqués dans la gestion des déchets inertes : Guillaume XAVIER et Francebert FRANCONY pour la DEAL, Léa OIKNINE pour le Conseil Régional, Julien VERMEIRE pour l'ADEME, David DELANNAY pour Route de Guadeloupe, Félix DANOIS pour Gwada TP, Nathalie LAUL et Pierrot RAMSSAMY pour Albioma, Christelle PELMAR et Madhoni MATHOURAPARSAD pour SOGETRA, Manuela LEPENNE pour AER ECODEC, Audrey BERAL pour GETELEC TP, Maud KARRAMKAN pour GETELEC Electricité, Loic LEGER pour SGB, Jean-Louis NAVARIN pour SGEC, Guenaëlle LEQUELLEC pour SGTP et Raphaël MALPESA pour Aqua TP.

Mots-clés : Guide, Déchet inerte, Pneumatique, Recyclage, Matériau granulaire, Guadeloupe (971)

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Clair L., Le Loher F. (2018) - Guide de recyclage et d'utilisation des déchets inertes pour le BTP en Guadeloupe. Rapport final. BRGM/RP-68254-FR, 80 p., 49 ill., 3 ann.

Synthèse

Le présent guide fait un état des lieux des pratiques actuelles de l'utilisation de déchets inertes valorisés dans le BTP en Guadeloupe, tout en définissant les limites réglementaires et techniques. Son but est de promouvoir une démarche plus vertueuse auprès des entreprises de travaux, des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvres. L'intérêt pour les différents acteurs peut également résider dans un coût moins élevé du matériau recyclé ou de meilleurs caractéristiques géotechniques.

Ce projet est réalisé en partenariat avec la DEAL Guadeloupe et l'ADEME et bénéficie de la subvention pour charge de service public du BRGM.

Afin de favoriser le développement de l'activité de recyclage et l'utilisation des produits valorisés, le présent guide détaille :

- le contexte réglementaire et notamment la responsabilité du producteur de déchets ;
- le gisement de déchets inertes en Guadeloupe ;
- pour chaque déchet valorisable (gravats inertes, pneus, verre propre, fraisât d'enrobé et scories de charbon) : les installations de recyclage, le mode d'exploitation, les caractéristiques du produit, son utilisation en Guadeloupe et ses autres utilisations potentielles (remblaiement de tranchée, couches de forme, sous couche routière, fabrication de béton, remblais allégés, tranchées drainantes, bassins de rétention, sols sportifs et d'aire de jeux etc.) et l'ensemble des documents de référence.

En Guadeloupe, l'un des principaux freins au développement de l'utilisation des matériaux recyclés est l'utilisation quasi-systématique du tuf dans les chantiers de TP. En effet, ce matériau est facilement disponible et la majeure partie de son exploitation en Grande Terre se fait dans des circuits parallèles non réglementés et caractérisés par des coûts de production très faibles mais non sans impact environnemental, social et paysager.

Néanmoins, chaque acteur, à son échelle, peut agir tant au niveau du choix de la ressource que de la gestion des déchets issus des travaux. Par exemple, le maître d'ouvrage peut ajouter des contraintes environnementales à son cahier des charges au niveau du choix de matériau, le maître d'œuvre, dans son rôle de conseil, est en capacité de proposer des variantes, et le constructeur a un rôle crucial dans son choix de matériaux alternatifs. Pour cela, chaque partie prenante doit être informée des bonnes pratiques existantes, ce qui est l'un des objectifs de ce guide, afin d'optimiser l'utilisation de matériaux valorisables.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Contexte réglementaire.....	13
2.1. DÉFINITION.....	13
2.2. RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR ET TEXTES DE RÉFÉRENCE	15
2.3. OBLIGATIONS ET RESPONSABILITÉS	16
2.3.1. Pour les producteurs de déchets inertes	16
2.3.2. Pour les centres de stockage de déchets inertes ou installations de recyclage	17
3. Données sur les déchets inertes en Guadeloupe	19
3.1. LES GISEMENTS	19
3.2. LES DÉCHETS INERTES REVALORISÉS EN GUADELOUPE.....	19
3.2.1. Gravats inertes	20
3.2.2. Grave naturelle	20
3.2.3. Verre propre.....	21
3.2.4. Pneus	21
3.2.5. Fraisât d'enrobé	21
3.3. LES AUTRES DÉCHETS INERTES REVALORISABLES	21
3.3.1. Roches issues du dépierrage des terres agricoles	21
3.3.2. Terre végétale.....	22
3.3.3. Scorries de charbon	22
3.3.4. Sédiments.....	22
4. Filières et produits recyclés	25
4.1. GRAVATS INERTES	25
4.1.1. Installations de recyclage.....	25
4.1.2. Modes d'exploitation	26
4.1.3. Classification et caractérisation.....	28
4.1.4. Utilisations recensées en Guadeloupe	33
4.1.5. Autres utilisations potentielles	33
4.1.6. Documents de référence.....	34
4.2. PNEUS	35
4.2.1. Installation de recyclage.....	35
4.2.2. Modes d'exploitation	35
4.2.3. Classification et caractérisation.....	37
4.2.4. Utilisations en Guadeloupe	41
4.2.5. Autres utilisations potentielles	41
4.2.6. Documents de référence.....	42

4.3. VERRE PROPRE	43
4.3.1. Installation de recyclage.....	43
4.3.2. Modes d'exploitation	44
4.3.3. Classification et caractérisation.....	45
4.3.4. Utilisations en Guadeloupe	46
4.3.5. Autres utilisations potentielles.....	46
4.4. FRAISÂT D'ENROBÉ	47
4.4.1. Installations de recyclage.....	47
4.4.2. Modes d'exploitation	47
4.4.3. Classification et caractérisation.....	49
4.4.4. Utilisations en Guadeloupe	51
4.4.5. Autres utilisations potentielles.....	51
4.4.6. Documents de référence.....	51
4.5. SCORIES DE CHARBON	52
4.5.1. Contexte	52
4.5.2. Utilisations potentielles.....	52
5. Particularités guadeloupéennes.....	55
5.1. EXPLOITATION DU TUF EN GRANDE-TERRE.....	55
5.1.1. Réglementation.....	55
5.1.2. État des lieux (d'après le schéma des carrières).....	55
5.1.3. Concurrence déloyale	55
5.1.4. Caractéristiques mécaniques.....	56
5.2. CONTRAINTES LIEES AU CLIMAT	56
6. Promotion et valorisation des matériaux recyclés.....	59
6.1. SENSIBILISATION DES MAÎTRES D'OUVRAGE ET DONNEURS D'ORDRE	59
6.2. SENSIBILISATION DES MAÎTRES D'ŒUVRE	59
6.3. SENSIBILISATION DES PRODUCTEURS DE MATÉRIAUX RECYCLÉS.....	60
6.4. SENSIBILISATION POUR L'APPORT VOLONTAIRE DES DÉCHETS INERTES DANS LES STRUCTURES DE RECYCLAGE	60
6.5. COÛTS DES MATÉRIAUX RECYCLÉS EN GUADELOUPE.....	61
6.6. MISE EN PLACE DE DOCUMENTS LOCAUX	61
7. Conclusion.....	63
8. Glossaire.....	65
9. Références bibliographiques.....	67

Liste des illustrations

Illustration 1 : Liste des déchets définis comme inertes et admissibles dans les ISDI sans procédure d'acceptation préalable (d'après l'arrêté du 12 décembre 2014).	13
Illustration 2 : Liste des paramètres et valeurs limites à respecter pour le test de lixiviation effectué selon la norme NF EN 12457-2 (d'après l'arrêté du 12 décembre 2014).	14
Illustration 3 : Liste des paramètres et valeurs limites à respecter pour l'analyse en contenu total (d'après l'arrêté du 12 décembre 2014).....	15
Illustration 4 : Bilan des tonnages de déchets inertes annuels collectés et gisements annuels estimés entre 2012 et 2016(source : Observatoire des déchets de Guadeloupe).	19
Illustration 5 : Localisation géographique des producteurs de matériaux recyclés ou réemployables en Guadeloupe.....	25
Illustration 6 : Exemple d'équipements (site de SGB).....	26
Illustration 7 : stockages de matériaux à recycler (de gauche à droite : sites de SGTP, Gwada TP et SGB).	27
Illustration 8 : Crible mobile (Gwada TP).....	27
Illustration 9 : déferrailage par séparation magnétique (SGB).	28
Illustration 10 : Stockage de ferraille (SGTP).....	28
Illustration 11 : Matériaux recyclés issus de gravats des 3 producteurs de Guadeloupe.	28
Illustration 12 : Produits recyclés issus des déchets de gravats en Guadeloupe.	29
Illustration 13 : Chantier de remblaiement de tranchée avec du gravier recyclé à Pointe-à Pitre (chantier Getelec).	29
Illustration 14 : Fiche technique produit pour la grave recyclée mixte.	30
Illustration 15 : Fiche technique produit pour le gravier recyclé (données issues des résultats d'analyses d'un auto-contrôle de SGB et des analyses réalisées sur le chantier test).	32
Illustration 16 : Fiche technique produit pour le sable recyclé (données issues de la fiche technique produit de SGB).	32
Illustration 17 : Matériaux issus de gravats inertes utilisés en remblai.	33
Illustration 18 : Chargement de la toupie pour le transport de béton (SGB).	33
Illustration 19 : Installation de recyclage des pneus usagés (ECODEC).	35
Illustration 20 : Site de stockage des pneus (ECODEC).....	36
Illustration 21 : Installations nécessaires à la production de chips de pneus (ECODEC).....	36
Illustration 22 : Installation pour le retrait textile et déchets associés (ECODEC).	37
Illustration 23 : Presse à injection (ECODEC).....	37
Illustration 24 : Produits issus des déchets de pneus en Guadeloupe.	38
Illustration 25 : Fiches techniques des produits issus de pneus.	40
Illustration 28 : Exemple d'utilisations de chips de pneus.	41
Illustration 29 : Exemples d'utilisation de la poudrette de pneus.	41
Illustration 30: Exemple de murs de soutènement réalisés avec des pneus usagés.....	42
Illustration 31: Installation de recyclage du verre usagé (AER).	43
Illustration 32 : Site de stockage des déchets de verre ménager (AER).	44

Illustration 33 : installations pour le traitement des verres d'écrans (AER).....	44
Illustration 34 : Produits recyclés issus des déchets de verre (AER).....	45
Illustration 35 : Fiche technique produit pour le sable et le gravier de verre.....	45
Illustration 36 : Blocs Transbéton (Site AER).	46
Illustration 37 : Exemples de sols décoratifs avec du verre en inclusion.	46
Illustration 38 : Installation de recyclage du fraisât et engins de production (SGEC).	47
Illustration 39 : Exemple de fraisat en mélange (SGEC).....	48
Illustration 40 : Mélangeur de matériaux pour la production d'enrobés (SGEC).....	48
Illustration 41 : Installations pour la production d'enrobé (SGEC).	49
Illustration 42 : Fraisât d'enrobé pur (SGEC).	49
Illustration 43 : Présentation de l'utilisation des agrégats d'enrobés.	50
Illustration 44 : Fiche technique Produit pour l'enrobé recyclé.....	51
illustration 45 : Enrobé issu de fraisâts d'enrobé.....	51
Illustration 46 : Scories issues de la combustion de charbon.	52
illustration 47 : Classification des tufs. D'après Fèvre et al., 1999.....	56
illustration 48 : Utilisation du tuf selon son type. D'après Fèvre et al., 1999.....	56
Illustration 49 : Coûts indicatifs de certains produits recyclés (d'après les producteurs).....	61

Liste des annexes

Annexe 1 Liste des acteurs ayant participé aux entretiens.....	69
Annexe 2 Coordonnées des producteurs de matériaux recyclés issus de gravats en Guadeloupe	71
Annexe 3 Fiches techniques produits	73

1. Introduction

À l'heure actuelle, le renouvellement urbain et les investissements en infrastructures (CHU, ...) engendrent un besoin important et croissant en matériaux pour la filière du BTP en Guadeloupe. Dans un devoir de préserver les ressources naturelles, *a fortiori* dans un contexte insulaire, il devient nécessaire de favoriser le réemploi de matières premières secondaires inertes, limitant par la même occasion les envois de matériaux valorisables en installation de stockage.

Ce guide est un premier travail de rassemblement des structures et informations disponibles en Guadeloupe, au sujet des déchets inertes valorisables par la filière du BTP. Ce projet est réalisé en partenariat avec la DEAL Guadeloupe et l'ADEME et bénéficie de la subvention pour charge de service public du BRGM. Il s'inscrit dans le cadre :

- de la Directive Cadre 2008/98/CE (objectif de 70 % des DI recyclés d'ici 2020) ;
- de la circulaire du 15 février 2000, prévoyant une organisation des filières de valorisation et préconisant l'utilisation des matériaux recyclés ;
- du développement durable, conformément aux orientations définies par les lois Grenelle 1 et Grenelle 2 pour la valorisation des déchets du BTP produits ;
- du Plan de Gestion Départementale des Déchets du BTP de Guadeloupe (PGDDBTP-G) de 2008 (devant prochainement être mis à jour pour intégrer le Plan de Prévention et de Gestion des Déchets, conformément à l'article L541-13 du Code de l'Environnement), préconisant une sensibilisation et une information des différents acteurs vis-à-vis de leurs droits et de leurs obligations en matière de gestion des déchets inertes ;
- du Schéma Départemental des Carrières, militant pour l'emploi de matériaux alternatifs en remplacement d'une fraction des granulats naturels.

L'élaboration de ce guide s'est déroulée en plusieurs phases successives. La première phase a consisté en une recherche bibliographique. Elle a identifié l'ensemble des documents pertinents, la réglementation en vigueur et les acteurs locaux impliqués dans le recyclage des déchets. Ensuite, des entretiens ont été menés avec ces acteurs (maîtres d'ouvrages, constructeurs, transformateurs, ...), dans le but de connaître leurs besoins, leurs pratiques et de recueillir leurs retours d'expériences. Puis, les caractéristiques des matériaux recyclés ont été collectés (granulométrie, paramètres géotechniques, etc.) et présentés aux maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre afin de les renseigner sur la qualité des produits et leurs possibles utilisations en fonction des normes et des règles de l'art en vigueur pour la construction et en particulier dans le domaine des voiries et réseaux divers (VRD). La dernière étape de ce travail a consisté à compiler les résultats des étapes précédentes et à les interpréter pour la rédaction du présent guide.

2. Contexte réglementaire

2.1. DÉFINITION

Un déchet inerte (DI) est défini dans le code de l'environnement (article R.541-8) comme « *tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine* ».

L'illustration 1 liste l'ensemble des déchets définis inertes dans l'arrêté du 12 décembre 2014, relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées.

CODE DÉCHET	DESCRIPTION	RESTRICTIONS
17 01 01	Béton	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 01 02	Briques	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 01 03	Tuiles et céramiques	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 01 07	Mélanges de béton, tuiles et céramiques ne contenant pas de substances dangereuses	Uniquement les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 02 02	Verre	Sans cadre ou montant de fenêtres
17 03 02	Mélanges bitumineux ne contenant pas de goudron	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 05 04	Terres et cailloux ne contenant pas de substance dangereuse	À l'exclusion de la terre végétale, de la tourbe et des terres et cailloux provenant de sites contaminés
20 02 02	Terres et pierres	Provenant uniquement de jardins et de parcs et à l'exclusion de la terre végétale et de la tourbe
10 11 03	Déchets de matériaux à base de fibre de verre	Seulement en l'absence de liant organique
15 01 07	Emballage en verre	Triés
19 12 05	Verre	Triés

Illustration 1 : Liste des déchets définis comme inertes et admissibles dans les ISDI sans procédure d'acceptation préalable (d'après l'arrêté du 12 décembre 2014).

D'autres déchets, non recensés dans l'illustration 1, peuvent être considérés comme inertes et intégrer un centre de stockage de DI, à condition qu'ils respectent les valeurs limites fixées pour les éléments indiqués en illustration 2 (test de lixiviation) et illustration 3 (sur contenu total).

PARAMÈTRE	VALEUR LIMITE À RESPECTER (en mg/kg de matière sèche)
As	0,5
Ba	20
Cd	0,04
Cr total	0,5
Cu	2
Hg	0,01
Mo	0,5
Ni	0,4
Pb	0,5
Sb	0,06
Se	0,1
Zn	4
Chlorure (1)	800
Fluorure	10
Sulfate (1)	1 000 (2)
Indice phénols	1
COT (carbone organique total) sur éluat (3)	500
FS (fraction soluble) (1)	4 000

(1) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble. (2) Si le déchet ne respecte pas cette valeur pour le sulfate, il peut être encore jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes : 1 500 mg/l à un ratio L/S = 0,1 l/kg et 6 000 mg/kg de matière sèche à un ratio L/S = 10 l/kg. Il est nécessaire d'utiliser l'essai de percolation NF CEN/TS 14405 pour déterminer la valeur lorsque L/S = 0,1 l/kg dans les conditions d'équilibre initial ; la valeur correspondant à L/S = 10 l/kg peut être déterminée par un essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou par un essai de percolation NF CEN/TS 14405 dans des conditions approchant l'équilibre local. (3) Si le déchet ne satisfait pas à la valeur limite indiquée pour le carbone organique total sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai de lixiviation NF EN 12457-2 avec un pH compris entre 7,5 et 8,0. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le carbone organique total sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 500 mg/kg de matière sèche.

Illustration 2 : Liste des paramètres et valeurs limites à respecter pour le test de lixiviation effectué selon la norme NF EN 12457-2 (d'après l'arrêté du 12 décembre 2014).

PARAMÈTRE	VALEUR LIMITE À RESPECTER (en mg/kg de matière sèche)
COT (carbone organique total)	30 000 (1)
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	6
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	50
(1) Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.	

Illustration 3 : Liste des paramètres et valeurs limites à respecter pour l'analyse en contenu total (d'après l'arrêté du 12 décembre 2014).

2.2. RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR ET TEXTES DE RÉFÉRENCE

Le cadre réglementaire général, relatif à la gestion de ce type de déchets, s'appuie notamment sur les textes suivants :

- la **loi du 15 Juillet 1975 (loi n° 75-633)** modifiée par la **loi du 13 Juillet 1992 (loi n° 92-646)**, retranscrite dans le Code de l'Environnement, a renforcé les exigences en matière de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets et a imposé à compter du 1er juillet 2002 la limitation de la mise en décharge aux seuls déchets ultimes ;
- la **circulaire interministérielle du 15 février 2000** planifie la gestion des déchets de chantiers en fixant les principaux objectifs à atteindre : éradication des pratiques illégales d'élimination, mise en place de réseaux de traitement et organisation des circuits financiers, implication des maîtres d'ouvrage, ... ;
- la **circulaire du 18 juin 2001** relative à la gestion des déchets routiers du réseau national demande la valorisation et le recyclage des déchets issus de la route ainsi que la réutilisation des matériaux recyclés issus du B.T.P. et de la route, dans la construction routière ;
- l'**arrêté ministériel du 15 mars 2006** relatif aux types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations notamment en terme de contrôle des risques de contamination et de protection environnementale ;
- la **directive cadre sur les déchets du 20 octobre 2008**, décline des orientations majeures comme le principe du pollueur-payeur, le principe de proximité « gérer les déchets au plus près du lieu de production », et la responsabilité élargie du producteur ;
- la circulaire du 9 février 2009 concerne spécifiquement le recyclage d'agrégats d'enrobés bitumineux, issus notamment de fraisage des chaussées, dans le cadre de la réalisation de couches de chaussées aux liants hydrocarbonés ;
- la **convention du 25 mars 2009** engage des acteurs majeurs de l'infrastructure de transport dans la mise en œuvre des conclusions du Grenelle de l'environnement ;

- la loi d'août 2009 dite Loi Grenelle 1 et la loi du 12 juillet 2010 dite Loi Grenelle 2, dont l'objectif est d'instaurer des plans départementaux de gestion des déchets issus du BTP en privilégiant notamment l'utilisation de matériaux recyclés ;
- l'arrêté ministériel du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets inertes (ISDI), fixe leurs conditions d'exploitation et la liste des types de déchets inertes acceptables dans ce type d'installations ;
- l'ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 sur la transposition en droit français de la directive européenne n° 2008/98/CE du 19 novembre 2008, dite « Directive Cadre Déchets ». Ce texte incite à la réduction de la production de déchets et, le cas échéant, à la mise en place d'une hiérarchisation des modes de traitement en privilégiant la réutilisation et le recyclage. Il est également axé sur la sensibilisation du public sur les conséquences de la production et du traitement des déchets sur l'environnement. À noter qu'un objectif de 70 % de valorisation des DI du BTP a été fixé pour 2020 par cette directive ;
- l'arrêté ministériel du 19 décembre 2011 relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments ;
- l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées. Les annexes de cet arrêté fixent notamment les critères analytiques d'admission des déchets inertes dans les ISDI.

En complément, on peut également citer les guides suivants :

- le Guide du SETRA de mars 2011 : « Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Evaluation environnementale » ;
- le Guide de réutilisation hors site de terres excavées en technique routière et en projets d'aménagement, rapport BRGM/RP-60013-FR d'avril 2012, qui définit le cadre environnemental à respecter pour la réutilisation de terres excavées ;
- le Guide du SETRA de janvier 2016 « accessibilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les matériaux de déconstruction issus du BTP ».

2.3. OBLIGATIONS ET RESPONSABILITÉS

2.3.1. Pour les producteurs de déchets inertes

Conformément à l'article L.541-2 du code de l'environnement, « tout producteur ou détenteur de déchets est tenu d'en assurer ou faire assurer la gestion [...] jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers ». Ainsi, la responsabilité du producteur reste engagée, même après dépôt des déchets inertes dans une structure adaptée.

Les producteurs de déchets doivent également s'assurer que la personne ou la structure qui récupère les déchets soit « autorisée à les prendre en charge ».

Au cours de la réalisation du chantier, un tri à la source des différents déchets produits doit être mis en place par le producteur (Articles L.541-7 et L.541-21-2). Ainsi, lors du dépôt en installation adaptée ou lors de la récupération directement sur site, les mélanges pouvant limiter le recyclage ou le traitement de certains matériaux restent faibles.

Enfin, le producteur renseigne un document de suivi des déchets comprenant à minima les éléments suivants :

- ses coordonnées et son numéro SIRET ;
- les coordonnées du transporteur si le transport des déchets est réalisé par un tiers ;
- la provenance des déchets ;
- la destination (centre de stockage, valorisation matière, ...) ;
- les quantités et le type de déchets (libellé et code à 6 chiffres du type de déchet admis définis dans l'article R.541-8 du code de l'Environnement).

Si nécessaire, les résultats d'analyses effectuées sur les déchets pour vérifier leur caractère inerte devront également être fournis.

2.3.2. Pour les centres de stockage de déchets inertes ou installations de recyclage

En plus de devoir répondre à l'ensemble des normes réglementaires et d'avoir les autorisations nécessaires pour l'exploitation de leur installation, les entités qui réceptionnent les déchets inertes doivent remettre aux producteurs de déchets un accusé de réception qui mentionne :

- les coordonnées du producteur ;
- les coordonnées du transporteur le cas échéant ;
- le type de déchets (libellé et code) ;
- la quantité de déchets admise ;
- la date et l'heure de l'accusé de réception.

Avant tout dépôt de déchets, l'exploitant réalise à minima un contrôle visuel des bennes pour vérifier que les déchets apportés correspondent bien aux critères d'acceptation définis par la structure.

Dans le cas contraire, les déchets peuvent être refusés et l'exploitant doit alors faire parvenir au préfet du département (dans les 48 heures) un document justifiant du refus comprenant :

- les coordonnées du producteur ;
- l'origine des déchets ;
- les caractéristiques et les quantités de déchets refusés ;
- le motif de refus d'admission ;
- le type de déchets (libellé et code).

D'autre part, l'exploitant est tenu d'avoir un registre d'admission qui répertorie l'ensemble des informations sur les déchets réceptionnés (nature, quantités, date et heure, producteur, résultat du contrôle visuel, ...).

3. Données sur les déchets inertes en Guadeloupe

3.1. LES GISEMENTS

Depuis 2013, un observatoire des déchets a été mis en place conjointement par l'ADEME, le Conseil Régional, le Conseil Général et la DEAL Guadeloupe. Il permet notamment de capitaliser l'ensemble des données relatives aux déchets, disponibles sur le territoire (actions réalisées, chiffres clefs, ...). C'est également un important outil de communication et d'information, destiné à l'ensemble de la population et consultable à l'adresse suivante : <http://dechets-guadeloupe.fr>.

Les chiffres fournis par cet observatoire pour la caractérisation du gisement des déchets inertes, des pneus et du verre en Guadeloupe ainsi que les tonnages de collecte pour ces mêmes déchets depuis 2012 sont récapitulés en Illustration 4.

	Déchets du BTP (sans distinction)	Pneus	Verre
2012	non connu	3 274	1 989
2013	37 962	3 338	2 333
2014	65 227	3 452	2 540
2015	94 230	3 412	2 355
2016	49 908	3 545	2 584
Gisement estimé (en tonnes/an)	412 000	5 000	17 440

Illustration 4 : Bilan des tonnages de déchets inertes annuels collectés et gisements annuels estimés entre 2012 et 2016 (source : Observatoire des déchets de Guadeloupe).

Globalement, bien qu'une progression des tonnages collectés depuis 2012 soit observée, les écarts avec les gisements annuels captables restent importants.

Afin de respecter l'objectif fixé par la Directive Cadre Déchets (70 % de DI recyclés en 2020), d'importants efforts de la part de l'ensemble des acteurs locaux concernés sont encore à réaliser pour faciliter le traitement mais aussi pour l'amélioration de la collecte et la juste mesure des flux.

3.2. LES DÉCHETS INERTES REVALORISÉS EN GUADELOUPE

Ce guide s'applique à caractériser les déchets inertes et non dangereux (pouvant être définis inertes après conformité des exigences de l'arrêté du 12 décembre 2014) revalorisés en Guadeloupe et réutilisés pour la plupart dans l'économie locale, à savoir :

- les carrelages, la faïence, les céramiques (17 01 03) ;
- les verres propres (17 02 02) ;
- les parpaings, les bétons armés et non armés (17 01 01) ;
- les pierres, les graves-ciment et graves naturelles non traitées (17 05 04) ;

- les déchets précédemment cités, en mélange ne contenant pas de substances dangereuses (17 01 07) ;
- les fraisats d'enrobés ne contenant pas de goudron (17 03 02) ;
- les déblais d'enrobé et d'émulsion (croutes, rebus) ne contenant pas de goudron (17 03 02) ;
- les pneus usagés essentiellement exploités sous forme de chips ou de granulats (16 01 03).

Des entretiens avec plusieurs acteurs du BTP en Guadeloupe (producteurs, maîtres d'œuvre...) ont été réalisés pour la mise en œuvre de ce guide (liste en annexe 1). Ainsi, les données fournies par la suite sont principalement issues de ces entretiens.

A noter qu'une part des déchets inertes produits est fréquemment réutilisée directement sur site ou à proximité sans passer par une installation spécialisée au préalable. Les volumes que représentent cette pratique ne sont pas connus.

3.2.1. Gravats inertes

Sont considérés comme « gravats » dans ce guide, l'ensemble des déchets inertes se référant aux nomenclatures 17 01 03, 17 01 01, et 17 01 07 de l'article R.541-8 du code de l'Environnement.

En Guadeloupe, il s'agit majoritairement de déchets issus de la déconstruction d'ouvrage en béton (béton armé, sans ferraille, parpaings, ...).

D'après les données recueillies, entre 15 000 et 20 000 tonnes de gravats sont destinés au recyclage chaque année, ce qui représente environ 3,6 à 4,9 % du gisement théorique des déchets inertes.

Des facteurs limitant le développement de cette filière de recyclage ont été identifiés et sont principalement liés (1) à la taille des zones de stockage, sous-dimensionnées pour certaines installations et ne permettant pas d'accepter des tonnages plus importants de déchets à traiter ; (2) au manque de demande pour l'utilisation de ces matériaux alternatifs à profit de l'emploi de matériaux naturels.

3.2.2. Grave naturelle

En Guadeloupe, et particulièrement sur l'île de la Basse-Terre d'origine volcanique, des quantités non négligeables de matériaux naturels tels que les alluvions de rivières ou encore les inertes de carrière peuvent être réutilisés suite à leur extraction. En 2016, d'après les informations disponibles, 510 tonnes de graves ont ainsi été collectées.

À noter que, particulièrement pour les matériaux extraits des rivières et notamment pour ceux dont la granulométrie reste faible (sables et limons), des éléments invalidant le caractère inerte peuvent être présents (pesticides, métaux, ...). Ces derniers ne sont pas considérés dans ce guide qui s'attache à recenser uniquement les produits inertes.

3.2.3. Verre propre

En Guadeloupe, le verre destiné à être recyclé provient des déchets ménagers (emballages en verre), déposés dans les bornes dédiées des communes ;

Le volume de déchets traité est estimé à 2 600 tonnes en 2016 (cf. illustration 4).

De même que pour les autres types de déchets traités, les quantités de production restent conditionnées par les niveaux de performance de la collecte sélective et par le taux de demande pour l'utilisation des produits recyclés.

3.2.4. Pneus

Conformément au décret n° 2015-2003 du 18 août 2015, relatif à la gestion des déchets pneumatiques, une récolte des pneus usagés est effectuée en Guadeloupe. Il est d'abord privilégié la réparation (rechapage, ...) pour la réutilisation avant de procéder au recyclage.

En Guadeloupe 3 500 t de pneus usagés sont collectés par an, soit 70 % du gisement¹.

En revanche, les tonnages de matériaux recyclés produits restent variables et en fonction des commandes effectuées. Les pneus non recyclés au cours d'une année sont stockés sur site.

3.2.5. Frais ât d'enrobé

Les fraisâts sont généralement issus des chantiers de réfection de la chaussée et correspondent au broyat de l'ancien enrobé (mélange composé de sable de gravier et de bitume).

Suite aux entretiens réalisés, il a été estimé que la production annuelle de fraisâts représente environ 35 000 à 40 000 tonnes.

3.3. LES AUTRES DÉCHETS INERTES REVALORISABLES

D'autres flux de déchets inertes présentent un potentiel de valorisation mais ne sont à l'heure actuelle pas mobilisés en Guadeloupe. Ces flux sont actuellement traités en installation de stockage, voire alimentent des dépôts sauvages.

3.3.1. Roches issues du dépierrage des terres agricoles

Avant la mise en place de cultures sur une terre agricole, des opérations de dépierrage peuvent être menées afin de faciliter l'accessibilité et la maniabilité des terrains. Ainsi, un retrait de roches de taille conséquente (> 0,5 m³ en général) est régulièrement effectué sur ce type de parcelle (particulièrement en Basse-Terre).

Aucune information sur les quantités de roches que cette pratique génère n'est actuellement disponible. Néanmoins, ce matériel représente une opportunité pour la réalisation d'enrochements naturels, la fabrication de gabions ou encore la mise en place de chantiers de soutènement.

¹ Excepté les pneus de type 2, installés sur les engins de chantier agricoles ou encore du génie civil (tracteurs, grues, ...) qui ne peuvent pas subir le même traitement que les autres pneus (véhicules légers, motos, poids lourds, ...).

3.3.2. Terre végétale

Les surplus de terre générés par la réalisation de certains chantiers peuvent parfois être conséquents (excavations pour constructions, fouilles, ...). Plusieurs pratiques sont actuellement constatées en Guadeloupe pour la gestion de ces déchets, à savoir :

- transport et utilisation des déblais sur d'autres travaux (remblaiement, création de jardins, mises à niveau...);
- apport en installation de stockage ;
- apport à la société Gwada TP, située à Basse-Terre. Pour l'année 2016, près de 1 770 tonnes de terre ont ainsi été réceptionnés sur l'installation ;
- dépôt sauvage illégal, souvent à proximité de la zone de travaux.

Excepté la part reçue par la société Gwada TP, aucune donnée n'est actuellement disponible pour déterminer plus précisément les flux de terres excavées.

Afin de favoriser le réemploi et de répondre aux besoins, il serait intéressant de développer les « échanges de terre », notamment en mettant en place et en promouvant des outils, comme la plateforme TERRASS (<http://terrass.brgm.fr/>), qui facilitent le contact entre demandeurs et producteurs de matériaux, tout en assurant une traçabilité et une garantie sur les usages possibles des terres en fonction de leur qualité (vérification du caractère inerte ou compatibilité géochimique ou usage agricole adapté).

Pour le moment, la plupart des échanges se font sans vérification de la qualité des matériaux et peuvent, entre autres, engendrer des transferts de contaminants (exemple de la chlordécone) dans des secteurs jusqu'alors non concernés.

3.3.3. Scories de charbon

Les scories et cendres sous chaudière (référéncés 10 01 01 dans l'article R.541-8 du code de l'Environnement) produites en Guadeloupe sont issues de la combustion du charbon pour la production d'énergie électrique. C'est la société ALBIOMA qui par son activité génère, entre autres, des scories. Cette société exploite en Guadeloupe 2 centrales thermiques, générant annuellement entre **20 000 et 25 000 tonnes** de scories.

Partiellement utilisables, comme couches de remblai principalement, les scories produites sont actuellement stockées en installation de stockage de DI. Étant donné qu'une « filière » fut un temps présente sur le territoire pour ce produit, le chapitre 4.5. lui sera consacré dans ce guide.

3.3.4. Sédiments

Qu'ils soient d'origine marine ou fluviatile, les sédiments de curage (portuaires, canaux, rivières, ...) représentent des tonnages conséquents à gérer, lors de la réalisation d'opérations ponctuelles. Leur composition, parfois variable, peut avoir des propriétés intéressantes pour certains travaux, notamment de voirie (remblai, ...).

Avant toute réutilisation, il est nécessaire de caractériser précisément ces matériaux (paramètres géotechniques, propriétés physiques, ...) et vérifier leur nature inerte. En fonction des conditions de curage (grande profondeur, variabilité ou mélange de matériaux, ...), ces vérifications peuvent parfois être difficiles à mettre en œuvre et coûteuses, pour des résultats incertains. Néanmoins, malgré les freins existants, certains types de sédiments (sables, gravillons par exemple), indemnes de pollution, peuvent devenir des matériaux de qualité, réutilisables.

En Guadeloupe, un premier travail de reconnaissance est nécessaire pour (1) identifier les gisements ; (2) définir leurs natures et leurs spécificités (géotechniques, pollutions éventuelles, ...) ; (3) déterminer leur potentiel de réutilisation ; et permettre à terme le développement d'une filière adaptée (prétraitements à effectuer, dimensionnement des installations, débouchés, ...).

4. Filières et produits recyclés

Dans le but de préserver au maximum les matières premières naturelles présentes sur le territoire et de favoriser l'économie circulaire par l'emploi de produits alternatifs issus du recyclage et produits en Guadeloupe, le guide s'attache à faire un recensement des installations de production, propose une description détaillée des filières et des matériaux recyclés et fournit des exemples d'utilisations actuelles ou potentielles.

En Guadeloupe, huit installations distinctes produisent des matériaux recyclés et utilisables dans le BTP. La plupart d'entre elles sont localisées au centre de l'île, notamment dans la zone industrielle de Jarry (Illustration 5).

4.1. GRAVATS INERTES

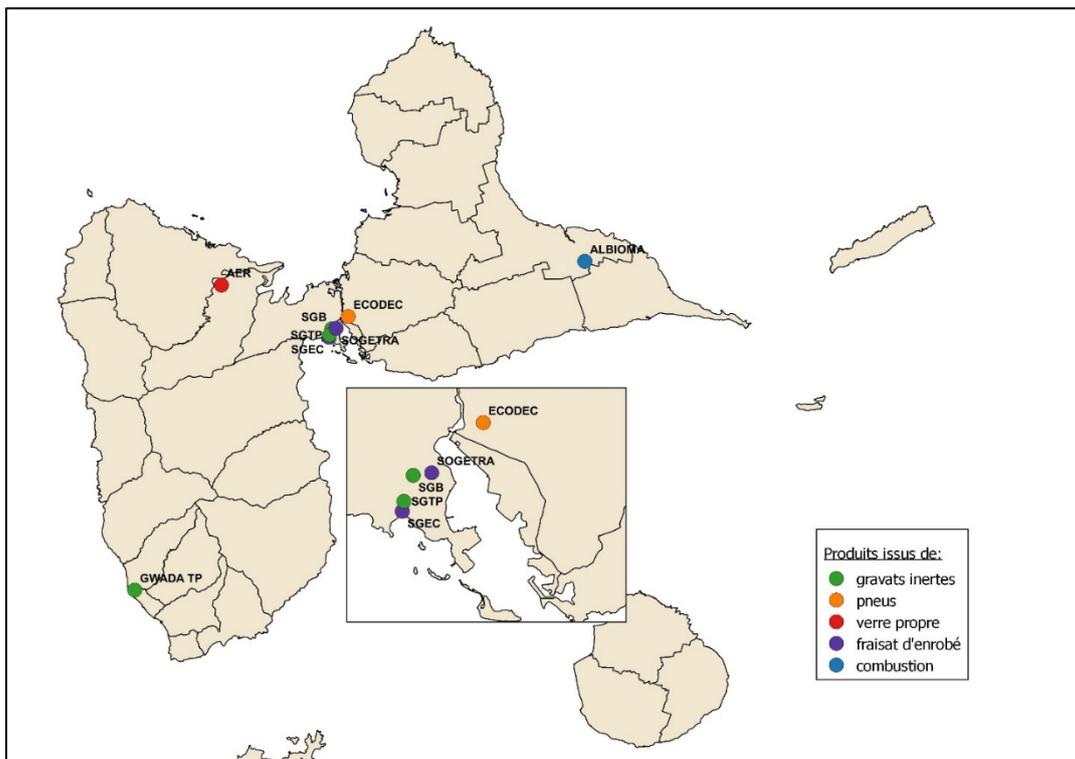


Illustration 5 : Localisation géographique des producteurs de matériaux recyclés ou réemployables en Guadeloupe.

4.1.1. Installations de recyclage

En Guadeloupe, on recense trois installations de valorisation de gravats de béton. Il s'agit des sociétés **Gwada TP** située à Baillif, **SGB** et **SGTP** installées à Jarry (coordonnées complètes disponibles en annexe 2).

À noter que plusieurs entreprises disposent de concasseurs « mobiles » qu'il est ainsi possible d'utiliser temporairement sur chantier ou à proximité.

L'équipement nécessaire à l'élaboration des produits est généralement le suivant : une pelle mécanique, un crible et un concasseur (Illustration 6).

Les capacités de production journalières de ces installations sont estimées par les constructeurs entre 500 t et 700 t et les capacités annuelles comprises entre 100 000 t/an et 200 000 t/an.



Illustration 6 : Exemple d'équipements (site de SGB).

4.1.2. Modes d'exploitation

Les différentes phases d'élaboration des produits issus du recyclage des matériaux inertes sont les suivantes.

a) Réception et tri des matériaux

Un contrôle des entrants est effectué à l'entrée du centre de recyclage par contrôle visuel.

À l'issue de ce contrôle, les camions jugés trop riches en éléments indésirables (bois, plâtre, plastique, ...) sont refusés, les autres sont acceptés.

Les camions acceptés sont alors pesés puis déchargés. Un second contrôle visuel est effectué au déchargement. Si celui-ci s'avère satisfaisant, les matériaux sont alors stockés sur site (Illustration 7), sinon ils repartent avec le camion pour une mise à l'enfouissement selon une autre gestion.

La qualité du contrôle des entrants est primordiale pour obtenir des matériaux recyclés homogènes et propres à des emplois dans le BTP.



Illustration 7 : stockages de matériaux à recycler (de gauche à droite : sites de SGTP, Gwada TP et SGB).

b) Procédé de recyclage

Un tri primaire des matériaux, une réduction des éléments à traiter ou encore un déferraillage grossier peuvent être mis en œuvre comme prétraitement afin de faciliter le passage des déchets dans les machines et limiter l'usure prématurée de ces dernières.

Deux traitements distincts peuvent ensuite être appliqués aux déchets : le passage au crible et le passage au concasseur.

Le crible permet de séparer les différents composants de matériaux en fonction de leur taille (Illustration 8). Un passage préliminaire dans ce type d'installation permet « d'assainir » les matériaux en retirant les particules fines et certains déchets indésirables (morceaux de bois, plastiques, verre, ...). En fin de traitement, il permet de séparer les différents produits selon leur granularité (sables, graviers, ...).



Illustration 8 : Crible mobile (Gwada TP).

Le passage des matériaux au concasseur a pour but de les réduire pour atteindre la taille souhaitée. Il existe des concasseurs à mâchoires ou à percussion.

Ces machines sont souvent associées à la réalisation d'un déferrailage en sortie du concasseur par séparation magnétique (overband) pour récupérer les restes d'éléments ferromagnétiques potentiellement présents dans le produit fini (Illustration 9, Illustration 10).



Illustration 9 : déferrailage par séparation magnétique (SGB).



Illustration 10 : Stockage de ferraille (SGTP).

4.1.3. Classification et caractérisation

Trois types de matériaux distincts sont produits à partir des gravats en Guadeloupe, à savoir :

- grave mixte (nature et taille des constituants potentiellement variables) ;
- graviers (même nature, taille calibrée) ;
- sables (même nature, taille calibrée inférieure à celle des graviers).

L'illustration 11 et l'illustration 12 présentent les différents matériaux recyclés produits par les installations de Guadeloupe.

GWADA TP	SGB	SGTP
graviers 0/60	graviers 2/20	granulat
Grave mixte 0/80	sable 0/4	Grave mixte 0/80
	Grave mixte 0/31	

Illustration 11 : Matériaux recyclés issus de gravats des 3 producteurs de Guadeloupe.



Grave mixte (SGTP)



Gravier (SGB)



Sable (SGB)

Illustration 12 : Produits recyclés issus des déchets de gravats en Guadeloupe.

À partir des données fournies par les producteurs et des analyses de caractérisation géotechniques menées dans le cadre de ce guide sur du granulat recyclé sur un chantier de remblaiement de tranchée (Illustration 13), des Fiches Techniques Produits ont été réalisées pour les trois types de matériaux recyclés issus de gravats (Illustration 14, Illustration 15, Illustration 16).



Illustration 13 : Chantier de remblaiement de tranchée avec du gravier recyclé à Pointe-à Pitre (chantier Getelec).

CLASSIFICATION COMME MATERIAU SELON NF P 11-300		
Catégorie de grave ²	GR1	
Classe granulaire	0/80	
Composition des granulats	Mixte	
	enrobés	0 – 10 %
	béton	30 – 60 %
	matériaux granulaires	30 – 60 %
PARAMETRE DE NATURE		
Granulométrie		D ≤ 80 mm
% fines (tamisat à 0,08mm) NF P 94-056	Vsi	-
	Vss	<12 %
Propreté (VBs) NF P 94-068	Vbs	< 0,2
PARAMETRE DE COMPORTEMENT MECANIQUE		
LA (NF EN 1097-2)	Vss	≤ 45
MDE (NF EN 1097-1)	Vss	≤ 45
CARACTERISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES		
Teneur en sulfate soluble (NF EN 1744-1)	Vss	0,8 %
% contaminants	Plastique + matières putrescibles + métaux	≤ 1 %
CLASSEMENT GEOTECHNIQUE ET ASSIMILATION – DOMAINE UTILISATION		
Classement GTR (NF P 11-300)		F 71
Pour le compactage : assimilation après analyse géotechnique		B31, C1B31 ou D31

Illustration 14 : Fiche technique produit pour la grave recyclée mixte.

² Les catégories de graves sont issues du *Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Île-de-France* et sont largement utilisées dans les autres guides techniques régionaux.

CLASSIFICATION COMME MATERIAU SELON NF P 11-300																																																		
Catégorie de grave ³	GR1																																																	
Classe granulaire	2/20																																																	
Composition des granulats	Béton (96,5 %)																																																	
	Grave non traitée, naturelle (3,5 %)																																																	
PARAMETRE DE NATURE																																																		
Granulométrie	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Passants (mm)</th> <th>min</th> <th>max</th> <th>Vsi</th> <th>Vss</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>98</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>81,99</td> <td>95,37</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>20,29</td> <td>53,18</td> <td>20</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3,92</td> <td>8,13</td> <td>2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2,79</td> <td>5,5</td> <td></td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>0,063</td> <td>0,09</td> <td>2,29</td> <td></td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Passants (mm)	min	max	Vsi	Vss	40	100	100	100		28	100	100	98	100	20	81,99	95,37	80	100	10	20,29	53,18	20	70	2	3,92	8,13	2	15	1	2,79	5,5		5	0,063	0,09	2,29		2									
	Passants (mm)	min	max	Vsi	Vss																																													
	40	100	100	100																																														
	28	100	100	98	100																																													
	20	81,99	95,37	80	100																																													
	10	20,29	53,18	20	70																																													
	2	3,92	8,13	2	15																																													
	1	2,79	5,5		5																																													
0,063	0,09	2,29		2																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Limites attendues</th> <th>Résultats tests</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% fines (tamisat à 0,08mm) NF P 94-056</td> <td>Vsi Vss</td> <td>- < 12 %</td> <td>Cf.granulometrie</td> </tr> <tr> <td>Propreté (VBs) NF P 94-068</td> <td>Vbs</td> <td>< 0,2</td> <td>< 0,1</td> </tr> <tr> <td>Masse volumique réelle (NF EN 1097-6)</td> <td>ρ</td> <td></td> <td>2,19 (Mg/m³)</td> </tr> <tr> <td>Coef. d'absorption d'eau (NF EN 1907-6)</td> <td>w</td> <td></td> <td>9,1 %</td> </tr> <tr> <th colspan="3">PARAMETRE DE COMPORTEMENT MECANIQUE</th> </tr> <tr> <td>LA (NF EN 1097-2)</td> <td>Vss</td> <td>≤ 45</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>MDE (NF EN 1097-1)</td> <td>Vss</td> <td>≤ 45</td> <td>22,2</td> </tr> <tr> <td>Coef. D'aplatissement (NF EN 933-3)</td> <td>Vss</td> <td>< 35</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Essai Proctor (NF P94-093)</td> <td></td> <td></td> <td>W_{OPN}: 14,2 % p_{dOPN}: 1,81 g/cm³</td> </tr> <tr> <th colspan="3">CARACTERISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES</th> </tr> <tr> <td>Teneur en sulfate soluble (NF EN 1744-1)</td> <td>Vss</td> <td>0,8 %</td> <td>0,16 %</td> </tr> <tr> <td>% contaminants</td> <td>Plastique + matières putrescibles + métaux</td> <td>≤ 1 %</td> <td>0,09 %</td> </tr> </tbody> </table>		Limites attendues	Résultats tests	% fines (tamisat à 0,08mm) NF P 94-056	Vsi Vss	- < 12 %	Cf.granulometrie	Propreté (VBs) NF P 94-068	Vbs	< 0,2	< 0,1	Masse volumique réelle (NF EN 1097-6)	ρ		2,19 (Mg/m ³)	Coef. d'absorption d'eau (NF EN 1907-6)	w		9,1 %	PARAMETRE DE COMPORTEMENT MECANIQUE			LA (NF EN 1097-2)	Vss	≤ 45	38	MDE (NF EN 1097-1)	Vss	≤ 45	22,2	Coef. D'aplatissement (NF EN 933-3)	Vss	< 35	3	Essai Proctor (NF P94-093)			W _{OPN} : 14,2 % p _{dOPN} : 1,81 g/cm ³	CARACTERISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES			Teneur en sulfate soluble (NF EN 1744-1)	Vss	0,8 %	0,16 %	% contaminants	Plastique + matières putrescibles + métaux	≤ 1 %	0,09 %
	Limites attendues	Résultats tests																																																
% fines (tamisat à 0,08mm) NF P 94-056	Vsi Vss	- < 12 %	Cf.granulometrie																																															
Propreté (VBs) NF P 94-068	Vbs	< 0,2	< 0,1																																															
Masse volumique réelle (NF EN 1097-6)	ρ		2,19 (Mg/m ³)																																															
Coef. d'absorption d'eau (NF EN 1907-6)	w		9,1 %																																															
PARAMETRE DE COMPORTEMENT MECANIQUE																																																		
LA (NF EN 1097-2)	Vss	≤ 45	38																																															
MDE (NF EN 1097-1)	Vss	≤ 45	22,2																																															
Coef. D'aplatissement (NF EN 933-3)	Vss	< 35	3																																															
Essai Proctor (NF P94-093)			W _{OPN} : 14,2 % p _{dOPN} : 1,81 g/cm ³																																															
CARACTERISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES																																																		
Teneur en sulfate soluble (NF EN 1744-1)	Vss	0,8 %	0,16 %																																															
% contaminants	Plastique + matières putrescibles + métaux	≤ 1 %	0,09 %																																															

³ Les catégories de graves sont issues du *Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Île-de-France* et sont largement utilisées dans les autres guides techniques régionaux.

Chlorures solubles dans l'acide (NF EN 1744-5)			0,05 %
Influence sur le début de prise du ciment (NF EN 1744-6)			10 min
Alcalins actifs solubles dans l'eau de chaux (XP P 18-544)			0,0438 %
CLASSEMENT GEOTECHNIQUE ET ASSIMILATION – DOMAINE UTILISATION			
	Classement GTR (NF P 11-300)		F 71
	Pour le compactage : assimilation après analyse géotechnique		B31, C1B31 ou D31

Illustration 15 : Fiche technique produit pour le gravier recyclé (données issues des résultats d'analyses d'un auto-contrôle de SGB et des analyses réalisées sur le chantier test).

CLASSIFICATION COMME MATERIAU SELON NF P 11-300			
Catégorie de grave ⁴	GR1		
Classe granulaire	0/4 mm		
Composition des granulats	Béton et grave non traitée		
PARAMETRE DE NATURE			
Teneur en particules fines	Tamis	% Tamisats	
	8	100	
	6.3	90.29	
	5.6	86.89	
	4	75.97	
	2.8	64.85	
	2	54.93	
	1	36.36	
	0.5	24.03	
	0.25	15.66	
	0.125	9.78	
0.063	7.51		
		Limites attendues	Résultats tests
Propreté (VBs) NF P 94-068	Vbs	< 0,2	0,09
Modèle de finesse		3,83	
CLASSEMENT GEOTECHNIQUE ET ASSIMILATION – DOMAINE UTILISATION			
	Classement GTR (NF P 11-300)		F 71
	Pour le compactage : assimilation après analyse géotechnique		B31, C1B31 ou D31

Illustration 16 : Fiche technique produit pour le sable recyclé (données issues de la fiche technique produit de SGB).

⁴ Les catégories de gravaux sont issues du *Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Île-de-France* et sont largement utilisées dans les autres guides techniques régionaux.

4.1.4. Utilisations recensées en Guadeloupe

Les matériaux issus de gravats inertes peuvent être employés en tant que remblai de terrassement, couche de forme ou encore remblai de tranchée, cf. Illustration 17, sous condition de respecter les préconisations du guide GTR.



Illustration 17 : Matériaux issus de gravats inertes utilisés en remblai.

Ces matériaux sont définis de classe F71 (« matériaux de démolition, sans plâtre, épurés des éléments putrescibles, concassés, criblés, déferrillés et homogénéisés ») selon la norme NF P 11 300 et sont généralement assimilés en fonction de leurs caractéristiques géotechniques en B31, CB31 ou encore D31.

En Guadeloupe, le granulats recyclés est également incorporé dans la fabrication du béton, en substitution ou en complément de la grave naturelle. La société SGB utilise d'ailleurs l'ensemble de sa production de graviers recyclés à cette fin (Illustration 18).



Illustration 18 : Chargement de la toupie pour le transport de béton (SGB).

4.1.5. Autres utilisations potentielles

Les granulats et le sable recyclés peuvent également rentrer dans la composition d'éléments de voirie (trottoirs, etc.).

D'autre part, de nouvelles gammes de matériaux peuvent être créées, notamment en variant la granulométrie du concassé, afin de multiplier les usages et de répondre aux demandes spécifiques des clients.

4.1.6. Documents de référence

a) Classification des matériaux :

- NF P 11 300 (sept 92) : Exécution des terrassements – Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et couche de forme d'infrastructure routière ;
- la norme NF EN 13 285 (mai 2004) : Graves non traitées Spécifications (remplacement NF P 98-129) ;
- la norme NF EN 13 242 (aout 2003) : Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction de chaussée ;
- la norme NF P 18-545 (septembre 2011) : Granulats – éléments de définition, conformité et codification.

b) Conditions de mise en œuvre

- guide technique « réalisation des remblais et des couches de forme » - 2000 ;
- guide technique « remblayage des tranchées et réfection des chaussées » - 2004.

c) Caractéristiques environnementales :

- guide méthodologique pour l'acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière (2010).

Liens Utiles :

<http://www.afnor.org/>

<http://www.setra.equipement.gouv.fr/>

4.2. PNEUS

4.2.1. Installation de recyclage

La Guadeloupe est équipée d'une unique installation de recyclage fixe pour les pneus usagés, **ECODEC** (Illustration 19). Elle comprend principalement un broyeur, un overband, une installation pour le retrait du textile et une presse à injection.

Actuellement, la quantité de matériaux recyclés est de 3 500 t/an. Néanmoins, les installations présentes ont une capacité de production bien plus élevée et la quantité de déchets pneumatiques traités pourrait augmenter en cas de hausse de la demande.



Illustration 19 : Installation de recyclage des pneus usagés (ECODEC).

4.2.2. Modes d'exploitation

Les différentes phases d'élaboration des produits issus du recyclage des pneus sont les suivantes :

a) Réception et tri des matériaux

C'est par l'intermédiaire de TDA, association loi 1901 créée dans le but de collecter et valoriser certains types de déchets automobiles (pneus, batteries, ...), qu'ECODEC reçoit l'ensemble des pneus collectés pour traitement.

À réception, un contrôle visuel est effectué avant de pouvoir stocker les pneus sur site, en attente de traitement (Illustration 20).



Illustration 20 : Site de stockage des pneus (ECODEC).

La société ECODEC recycle la plupart des catégories de pneus usagés excepté les pneus de type 2 qui correspondent aux pneus d'engins de chantier, non adaptés pour la création de leurs produits recyclés.

b) Conception des produits recyclés

Les pneus subissent un premier broyage pour les réduire à une dimension comprise entre 0,6 et 70 mm (chips de pneus). Les morceaux ainsi obtenus sont ensuite dirigés vers un overband pour retirer la limaille de fer présente (Illustration 21).



Broyeur pour la production de chips de pneus.



Bande électromagnétique pour retrait de la limaille.

Illustration 21 : Installations nécessaires à la production de chips de pneus (ECODEC).

Un autre broyage, associé à un retrait du textile par frottement peut être appliqué (Illustration 22) afin de réduire encore la granulométrie du matériau et de ne conserver uniquement que le caoutchouc (poudre).



Retrait textile



Déchets textiles

Illustration 22 : Installation pour le retrait textile et déchets associés (ECODEC).

La société ECODEC possède également une presse à injection qui permet de fondre un mélange de poudrette et de plastique de type PEHD / PP pour la fabrication de dalles de stabilité des sols (Illustration 23).



Illustration 23 : Presse à injection (ECODEC).

4.2.3. Classification et caractérisation

Trois types de matériaux sont produits par ECODEC (Illustration 24) :

- les chips de pneus (GWADADRAIN taille S sans limaille de fer 0,6/7 mm et XL 0/70 mm) ;
- la poudrette ;
- les plaques de stabilité des sols.



Chips de pneus



Poudrette



Dalle de stabilisation des sols

Illustration 24 : Produits issus des déchets de pneus en Guadeloupe.

Les informations transmises par ECODEC sur les caractéristiques des produits ont permis de mettre en place des premières fiches techniques produits pour les chips, la poudrette et les dalles de stabilité (Illustration 25).

Dénomination	Broyat issu du recyclage des pneumatiques ou « chips de pneus » - GWADADRAIN XL
Origine	Broyat issu du recyclage d'un mélange de pneumatiques usagés de différentes catégories (VL, PL, motos, etc.)
Procédé de fabrication	Broyage mécanique à température ambiante des pneumatiques. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux de quelque nature que ce soit.
Composition	Mélange de caoutchouc, limaille et textile
Paramètres de nature et mécanique	
Granulométrie	0-70 mm
Indice de vide en état foisonné	62,1 % +/- 1,9 %
Indice de vide en état compacté	51,4 % +/- 2,4 %
Masse volumique foisonné	4,6 kN/m ³
Masse volumique compacté	5,9 kN/m ³

Dénomination	Dalle de stabilité des sols - Gwadapark
Origine	Produit issu du mélange de poudrette de pneu et de plastique (PEHD/PP)
Procédé de fabrication	Passage du mélange poudrette/PEHD dans une presse à injection avec fonte du mélange. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux de quelque nature que ce soit.
Composition	Caoutchouc pur, PEHD/PP

Paramètres de nature et mécanique	
Dimensions	500 x 500 x 40 mm
Tests de déformation	Essai de déflexion (20,7 T) Essai de chargement sous vérin hydraulique > Compatible pour des charges équivalentes à 20 T par essieu
Test d'écotoxicité (norme DIN EN ISO 15088)	Validé

Dénomination	Broyat issu du recyclage des pneumatiques ou « chips de pneus » dé-ferraillé - GWADADRAIN S
Origine	Broyat dé-ferraillé issu du recyclage d'un mélange de pneumatiques usagés de différentes catégories (VL, PL, motos, etc.)
Procédé de fabrication	Broyage mécanique à température ambiante des pneumatiques. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux de quelque nature que ce soit.
Composition	Mélange de caoutchouc, limaille et textile
Paramètres de nature et mécanique	
Granulométrie	0,6 – 7 mm
Densité Foisonné	Des grains : 11,7 kN/m ³ Foisonné : 5,1 kN/m ³ Compacté à l'ODN : 6,1 kN/m ³
Classification GTR	Teneur en eau : 6,00 % Valeur au bleu (VBs) : <0.1 Passant à 50 mm : 100,00% Passant à 2 mm : 21,90% Passant à 80 µm : 1,80%
Résistance au frottement	Angle de frottement : 30° +/- 3 Cohésion du matériau : 0 kPa
Indice de vide	Foisonné 60,70% Compacté 50,80 %
Portance	ICBR > 7, soit EV < 60 MPa
Coefficient de terrassement	Non compacté : 1 m ³ nécessite 1,65 m ³ de matériaux foisonné Compacté : 1 m ³ nécessite 2,0 m ³ de matériaux foisonné
Mise en œuvre	Mise en œuvre classique type matériaux propre sans cohésion : Compactage au compacteur sans vibration à petite vitesse Compactage hydraulique
Conditionnement	En Vrac / Big Bag 2 m ³
Aspect écologique	Non nuisible à l'environnement, non toxique

Dénomination	Poudrette de pneus																																																												
Origine	Broyat issu du recyclage d'un mélange de pneumatiques usagés de différentes catégories (VL, PL, TP, manutentions, Motos, etc.)																																																												
Procédé de fabrication	Broyages mécaniques successifs à température ambiante de pneumatiques avec retrait de la limaille de fer et des textiles. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux excepté de l'eau pour retirer le textile																																																												
Composition	Caoutchouc pur																																																												
Paramètres de nature et mécanique																																																													
Granulométrie	0,5 et 2,5 mm																																																												
Analyses toxicologiques par lixiviation (NF P90-112)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sieve/Tamis/Cribas (mm)</th> <th>0.000</th> <th>0.200</th> <th>0.315</th> <th>0.400</th> <th>0.500</th> <th>0.630</th> <th>0.800</th> <th>1.000</th> <th>1.250</th> <th>1.600</th> <th>2.000</th> <th>2.500</th> <th>3.150</th> <th>4.000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Refusal/Refus/Rechazo(g)</td> <td>202.6</td> <td>202.5</td> <td>202.5</td> <td>202.5</td> <td>202.4</td> <td>201.6</td> <td>194.4</td> <td>176.7</td> <td>146.7</td> <td>94.5</td> <td>23.1</td> <td>1.7</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Passing/Passant/Pasante (%)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>13</td> <td>28</td> <td>53</td> <td>89</td> <td>99</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Refusal/Refus/Rechazo (%)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>15</td> <td>26</td> <td>35</td> <td>11</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Sieve/Tamis/Cribas (mm)	0.000	0.200	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	Refusal/Refus/Rechazo(g)	202.6	202.5	202.5	202.5	202.4	201.6	194.4	176.7	146.7	94.5	23.1	1.7	0	0	Passing/Passant/Pasante (%)	0	0	0	0	0	0	4	13	28	53	89	99	100	100	Refusal/Refus/Rechazo (%)	0	0	0	0	0	4	9	15	26	35	11	1	0	0
	Sieve/Tamis/Cribas (mm)	0.000	0.200	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000																																														
	Refusal/Refus/Rechazo(g)	202.6	202.5	202.5	202.5	202.4	201.6	194.4	176.7	146.7	94.5	23.1	1.7	0	0																																														
Passing/Passant/Pasante (%)	0	0	0	0	0	0	4	13	28	53	89	99	100	100																																															
Refusal/Refus/Rechazo (%)	0	0	0	0	0	4	9	15	26	35	11	1	0	0																																															
<p style="text-align: center;">conforme</p>																																																													
Analyses des métaux lourds (NF EN 71-3)	conforme																																																												

Illustration 25 : Fiches techniques des produits issus de pneus.

4.2.4. Utilisations en Guadeloupe

Les chips de pneus sont généralement employées comme remblais allégés ou pour la mise en place de tranchées drainantes et de bassins de rétention (Illustration 26).



Tranchée drainante



Bassin de rétention

Illustration 26 : Exemple d'utilisations de chips de pneus.

La poudrette, quant à elle, rentre dans la composition des sols sportifs, des aires de jeux pour enfants ou encore dans celles de pièces moulées (Illustration 27).



Plaque de stabilité



Terrain sportif

Illustration 27 : Exemples d'utilisation de la poudrette de pneus.

Les dalles de stabilité sont généralement employées pour la création de parkings ou l'installation de zones enherbées. À titre d'exemple, plusieurs mètres carrés de ce produit ont été posés pour la construction du parking de la plage de Malendure (Ville de Bouillante) ou encore celui du cinéma « Cinémanioc » des Abymes.

4.2.5. Autres utilisations potentielles

La poudrette présente de multiples possibilités d'usage. En plus de pouvoir créer des surfaces élastiques, imperméables et durables, elle peut également être intégrée dans des matériaux pour l'isolation phonique, dans des revêtements de sols ou encore pour produire de l'asphalte caoutchouté.

Les pneus entiers peuvent être valorisés sous certaines conditions pour la construction de murs de soutènement en remplacement des gabions naturels par exemple (Illustration 28).



Illustration 28: Exemple de murs de soutènement réalisés avec des pneus usagés.

Comme indiqué précédemment, les pneus de type 2 sont pour l'instant peu réutilisés en Guadeloupe.

4.2.6. Documents de référence

a) Normes

- XP T47-751 : détermination du format des produits issus du broyage primaire. Méthode manuelle basée sur la mesure de la plus grande longueur projetée ;
- XP T47-752 : détermination de la granulométrie des granulats issus de pneus usagés non réutilisables. Méthode basée sur le tamisage mécanique des produits ;
- XP T47-753 : détermination du format des produits issus du broyage primaire. Méthode basée sur la mesure automatisée de la plus grande longueur projetée ;
- XP T47-754 : détermination du taux de fils métalliques ferreux dans les granulats issus de PUNR à l'issue de procédés de granulation. Méthode basée sur le tri magnétique des produits ;
- XP T47-755 : échantillonnage de granulats issus de PUNR. Méthode basée sur la réalisation d'un échantillon représentatif du contenu d'un big-bag par prélèvements successifs à différentes hauteurs ;
- XP T 47-757 : détermination du format des produits issus du broyage primaire. Méthode d'évaluation de barbules ;
- XP T47-761-1 : détermination du taux d'impuretés résiduelles des fils métalliques ferreux issus du broyage primaire ou de la granulation de PUNR - Méthode de référence basée sur la décomposition thermique en atmosphère inerte ;
- XP T47-765 : caractérisation des granulats issus de procédés de granulation - Guide pour une campagne d'essai ;
- XP T47-762-1 : échantillonnage et prélèvement de fils métalliques issus de broyage primaire ou granulation - Partie 1 : scénario convoyeur.

b) Documents techniques

- la publication « AIPCR - association mondiale de la route « matériaux légers pour remblais - 1997 » fixe des règles pour l'utilisation comme remblais légers de pneumatiques broyés (matériaux qui restent soumis au risque de combustion interne) ;
- SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), 1989. « Le PNEUSOL (Soutènement-Répartiteur de contraintes). » Note d'Information Technique n° 47.

4.3. VERRE PROPRE

4.3.1. Installation de recyclage

La société **AER**, située au Lamentin, possède un équipement spécifique pour le traitement du verre. Elle reçoit les déchets d'emballage en verre ménager déposés dans les bornes d'apport volontaire, réparties en Guadeloupe continentale (2 300 t de verre collecté en 2016). L'entreprise pourrait potentiellement augmenter sa production si les tonnages collectés s'avéraient plus importants.

L'installation est composée d'un unique broyeur permettant d'obtenir, *in fine*, des fragments de verre de plus ou moins grande granulométrie (Illustration 29).

Il existe une unité similaire à Terre-de-Haut.



Illustration 29: Installation de recyclage du verre usagé (AER).

4.3.2. Modes d'exploitation

a) Réception et tri des matériaux

Le verre ménager est livré à AER après collecte des bornes d'apport volontaire et stocké sur site (Illustration 30). Un pré-tri manuel est effectué afin d'écartier en particulier les plastiques.



Illustration 30 : Site de stockage des déchets de verre ménager (AER).

En ce qui concerne le verre provenant de déchets électroménagers identifié pour la traçabilité, il est directement acheminé dans la zone de traitement, après démantèlement du matériel sur le site d'AER, qui possède également une filière pour les D3E (déchets d'équipements électroniques et électriques).

b) Conception des produits recyclés

Le broyeur est alimenté en verre par une trémie reliée au chargeur. Un réglage est effectué pour obtenir la dimension souhaitée des fragments de verre.

Par ailleurs, concernant le verre d'écrans, il est dans un premier temps brisé en morceaux, avant de subir un traitement pour la désolidarisation des poudres dans un malaxeur (Illustration 31). A l'issue de ce traitement, le verre est dit « lavé » et stocké.



Réduction des écrans en morceaux



Malaxeur pour le retrait des poudres

Illustration 31 : installations pour le traitement des verres d'écrans (AER).

4.3.3. Classification et caractérisation

Les matériaux utilisables pour le BTP produits par la filière « verres propres » en Guadeloupe sont (

Illustration 32) :

- des graviers - GwadaGlass XL (de 0 à 12 mm) ;
- du sable - GwadaGlass S (de 0 à 5 mm).



Gravier GwadaGlass XL



Sable GwadaGlass S

Illustration 32 : Produits recyclés issus des déchets de verre (AER).

Une fiche technique produit a pu être mise en place à partir des informations transmises par ECODEC (Illustration 33).

Dénomination	Sable de verre – Gwadaglass S	gravier de verre – Gwadaglass XL
Origine	Verre ménager	
Procédé de fabrication	Broyage mécanique du verre à température ambiante avec choix de la granulométrie	
Composition	Verre propre	
Paramètres de nature		
Granulométrie	0-5 mm	0-12 mm
Densité	1,5 kg/L	1,5 kg/L
% de fines < 63 µm (NF EN 933-1)	0,1 %	0,2 %
Caractère inerte (NF EN 12457-2)	Conforme	Conforme

Illustration 33 : Fiche technique produit pour le sable et le gravier de verre.

4.3.4. Utilisations en Guadeloupe

Le verre recyclé peut être utilisé en tant que matériau de remblai de tranchées ou en tant qu'enrobage/lit de pose pour des tuyaux, canalisations, gaines, etc.

En Guadeloupe, le verre est également utilisé dans la fabrication de blocs béton, produits par la société TRANSBETON. Ces blocs, empilés, permettent de dresser des cloisons ou être utilisés en soutènement. Chaque bloc contient environ une tonne de verre (Illustration 36).



Illustration 34 : Blocs Transbéton (Site AER).

4.3.5. Autres utilisations potentielles

Les usages principaux pour le verre recyclé sont déjà effectifs en Guadeloupe. Toutefois, dans le cadre de sols décoratifs/mosaïques, le verre peut être inclus dans de la résine (Illustration 35).



Illustration 35 : Exemples de sols décoratifs avec du verre en inclusion.

4.4. FRAISÂT D'ENROBÉ

4.4.1. Installations de recyclage

Deux entreprises produisent et recyclent le fraisât d'enrobé en Guadeloupe. Il s'agit de **SGEC** et **SOGETRA**, situées sur la zone industrielle de Jarry. Ces sociétés sont spécialisées, entre autres, dans la production d'enrobé à chaud et la mise en place ou la réfection de zones bituminées (routes, parkings, pistes d'aéroport, ...).

Elles possèdent une ou plusieurs centrales d'enrobage qui leur permettent de produire à la demande la quantité de matériau nécessaire. Ces installations sont associées à un laboratoire d'analyses afin de pouvoir effectuer des contrôles réguliers sur la qualité de chaque constituant de l'enrobé ainsi que celle du produit final. Des engins de chantier sont également disponibles, notamment pour le transport ou encore le fraissage (Illustration 36).



Chargeur d'enrobé et malaxeur



Engins sur chantier

Illustration 36 : Installation de recyclage du fraisât et engins de production (SGEC).

En outre, la circulaire du 09 février 2009 concernant le recyclage des fraisâts lors des travaux de chaussées, demande une réutilisation des fraisâts obtenus à hauteur de 20 % minimum dans la formule des enrobés qui seront mis en œuvre.

4.4.2. Modes d'exploitation

a) Réception et tri des matériaux

Le fraisât d'enrobé est produit avec une fraiseuse/barbotteuse qui réduit en morceaux la couche superficielle des zones bituminées (sur les 5 à 7 premiers centimètres). Il est ensuite transporté jusqu'au site de stockage où il est trié en fonction de sa pureté. En effet, lors des opérations de rabotage, il est possible que certains matériaux type tuf, roches ou encore gravats puissent être indissociables du fraisât récolté (Illustration 37).



Illustration 37 : Exemple de fraisat en mélange (SGEC).

b) Conception des produits recyclés

Le fraisât d'enrobé est réincorporé dans la fabrication de nouvel enrobé, à hauteur de 12 % en moyenne en Guadeloupe contre 23 % en métropole (chiffre de 2009 du CEREMA).

En fonction du type de chantier, différentes « recettes » peuvent être appliquées pour obtenir un nouvel enrobé conforme aux futurs usages. Les mélanges de sable, graviers ou encore fraisâts s'effectuent dans un mélangeur (Illustration 38).



Illustration 38 : Mélangeur de matériaux pour la production d'enrobés (SGEC).

Le tout est ensuite envoyé au sécheur pour retirer l'humidité des matériaux avant d'être transféré dans un malaxeur injecteur de bitume pour la préparation du matériau final (Illustration 39).



sècheur

Malaxeur injecteur de bitume

Illustration 39 : Installations pour la production d'enrobé (SGEC).

Des contrôles réguliers en laboratoire sont effectués aux différentes phases de préparation (matières premières, en phase de production, sur le produit fini en centrale ou en application, ...) pour vérifier la bonne conformité du produit vis-à-vis des normes en vigueur (NF EN 13108-1).

4.4.3. Classification et caractérisation

Le fraisât d'enrobé (Illustration 40) est revalorisé dans le cadre de :

- la production de nouvel enrobé (Recyclage en centrale à chaud) ;
- la mise en place de remblais et couches de forme.

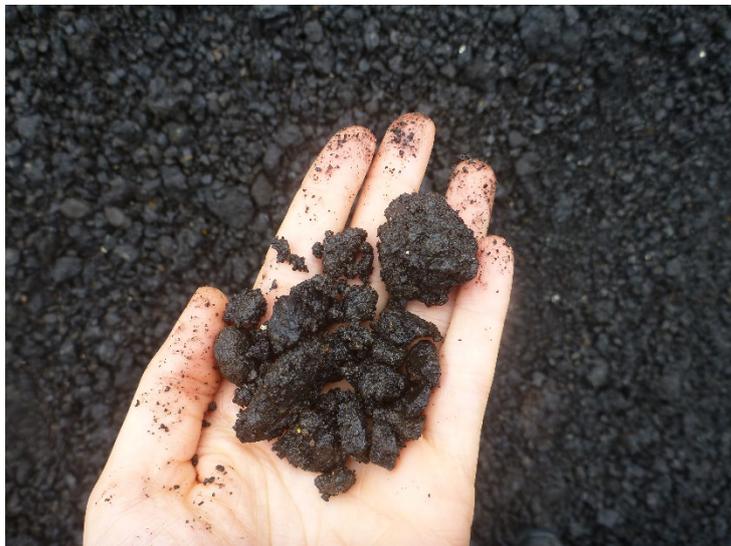


Illustration 40 : Fraisât d'enrobé pur (SGEC).

La valorisation à chaud en centrale des fraisâts d'enrobés permet d'obtenir des agrégats d'enrobés en référence à la norme NF EN 13108-8.

Cette norme permet la classification des agrégats d'enrobés. L'illustration 41 la complète et précise l'emploi possible des agrégats d'enrobés dans la formulation d'enrobés neufs suivant leur composition et caractérisation.

Utilisation des agrégats d'enrobés							
Usage dans la chaussée	Couche de roulement		0 %	10 %	30 %	10 % 40 %	
	Couche de liaison		10 %	20 %	30 %	40 %	
	Couche d'assise						
Composants de l'agrégat d'enrobés	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

Illustration 41 : Présentation de l'utilisation des agrégats d'enrobés.

Les pourcentages d'agrégats d'enrobé indiqués dans ce tableau peuvent être augmentés sous réserve de la caractérisation des lots d'agrégats ou des provenances maîtrisées de ceux-ci, tout en garantissant l'homogénéité et le respect des spécifications. À noter que le pourcentage d'introduction des agrégats dans les formules d'enrobés est également très dépendant des outils de production.

Conformément à la norme NF EN 13108-1, un contrôle des enrobés produits doit être effectué avant toute application. L'illustration 42 présente la fiche technique produit pour un enrobé recyclé, qui rassemble l'ensemble des paramètres à contrôler ainsi que les valeurs limites à respecter pour la conformité du produit.

Dénomination	Enrobé recyclé
Origine	Fraisât d'enrobé issu des routes de Guadeloupe, déchets de poste (blocs et gravillons), bitume
Procédé de fabrication	Mélange spécifique de fraisât d'enrobé, de graviers et de sable. Passage au sécheur avant d'atteindre le malaxeur où l'ajout de bitume est effectué
Composition	Fraisât d'enrobé (entre 10 et 12 % en moyenne en Guadeloupe), graviers, sable, bitume. (proportions variables de chaque composant en fonction des usages du mélange).
Analyses systématiques en laboratoire avant utilisation. Paramètres contrôlés (NF EN 13108-1)	
Pourcentages de vides	Max : 10 % Min : 5 %
Sensibilité à l'eau	78 %
Température du mélange	Entre 150 °C et 190 °C
Granularité	Tamis 20 mm 100 % Tamis 14 mm 99,9 % Tamis 12,5 mm 99,3 % Tamis 10 mm 92,17 % Tamis 6,3 mm 60,3 % Tamis 4 mm 44,9 % Tamis 2 mm 33 % Tamis 1 mm 24,7 % Tamis 0,250 mm 13,7 % Tamis 0,063 mm 6,8 %

Teneur en liant TL	5,8 %
Résistance aux déformations permanentes	P5(4,25 %)

Illustration 42 : Fiche technique Produit pour l'enrobé recyclé.

4.4.4. Utilisations en Guadeloupe

Le fraisât d'enrobé peut être réutilisé directement, sans transformation, pour la réalisation de parkings, chemins et routes souvent privés, dont la surface reste limitée ou encore en tant que remblai.



illustration 43 : Enrobé issu de fraisâts d'enrobé.

Toutefois, son utilisation majeure est celle en tant que composant de nouveaux enrobés qui, jusqu'à 10 %, ne nécessite pas d'étude ou d'analyses spécifiques complémentaires.

4.4.5. Autres utilisations potentielles

Le pourcentage de fraisât réemployé pour la fabrication de nouveaux enrobés peut atteindre 40 %, à condition de respecter les prescriptions des guides techniques détaillés au paragraphe 4.4.6.

4.4.6. Documents de référence

- Normes produits :

- NF EN 13108-1, pour les enrobés bitumineux,
- NF EN 13108-2, pour les bétons bitumineux très minces,
- NF EN 13108-6, pour les enrobés coulés routiers,
- NF EN 13108-7, pour les enrobés drainants,
- NF EN 13108-8, pour les agrégats d'enrobés,
- NF EN 13108-20 et 21 : mélanges bitumineux,
- NF P 98 150 - 1 : fabrication et mise en œuvre des enrobés à chaud,
- NF XP P 98 135 : caractérisation des agrégats d'enrobés pour recyclage en centrale à chaud,
- circulaire n° 2001-39 du 18 juin 2001 relative à la gestion des déchets du réseau routier national (BOMELTT n° 13 du 25 juillet 2001),

- circulaire du 9 février 2009 relative au recyclage de fraisât lors des travaux de chaussées.
- Guide technique :
- utilisation des normes enrobés à chaud (SETRA - janvier 2008),
 - retraitement des chaussées et recyclage des matériaux bitumineux de chaussées (SETRA - juillet 2004).

4.5. SCORIES DE CHARBON

Actuellement, les scories de charbon ne sont pas réemployées en Guadeloupe et sont donc dirigées vers un centre de stockage pour les DI. Ce chapitre s'applique donc uniquement à présenter les principes de fabrication et le potentiel de ce type de matériau.

4.5.1. Contexte

La société **ALBIOMA** dont le siège est situé au Moule, génère plusieurs sous-produits issus de la combustion de charbon, pour ses activités de production énergétique. Cela inclut les scories qui correspondent aux résidus retrouvés à la fin du processus (Illustration 44).



Illustration 44 : Scories issues de la combustion de charbon.

Historiquement, ce matériau était vendu et utilisé principalement en tant que remblai pour les chantiers situés à proximité du site en Guadeloupe. Néanmoins, par la suite, l'emploi progressif et quasi systématique de matériaux naturels (type tuf) a fortement limité l'utilisation des scories et fait chuter la demande pour ce type de produit.

ALBIOMA effectue des vérifications régulières du caractère inerte du matériau conformément à l'arrêté du 12 décembre 2014 et fait des démarches pour trouver des alternatives à l'enfouissement et favoriser le réemploi.

4.5.2. Utilisations potentielles

Les scories peuvent être utilisées directement en tant que :

- remblai ;
- sous-couche routière (selon les conditions définies dans les guides techniques SETRA) ;
- support de cultures (développement des végétaux possibles).

De plus, des études de faisabilité sont actuellement en cours pour évaluer la potentialité d'incorporer un pourcentage de scories aux bétons, en substitution ou en complément du gravier naturel. En cas de retour positif, ce nouveau produit pourrait être employé notamment pour la réalisation d'éléments de voirie, de blocs ou encore de parpaings.

5. Particularités guadeloupéennes

5.1. EXPLOITATION DU TUF EN GRANDE-TERRE

5.1.1. Réglementation

L'exploitation du tuf est régie par les dispositions du code de l'environnement applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement. Les carrières de tuf sont visées à la rubrique 2510 « exploitations de carrières » de la nomenclature des ICPE. Elles relèvent principalement du régime de l'autorisation et sont soumises aux dispositions du chapitre V, titre Ier du livre V du code de l'environnement.

Le code de l'environnement détaille également le schéma des carrières aux articles L515-3 à R515-7 du titre Ier du livre V. Ce schéma est un outil de décision pour une utilisation rationnelle des gisements minéraux et la préservation de l'environnement. Suite à la loi ALUR, le schéma des carrières a été réformé en modifiant l'article L515-3 du code de l'environnement. Le décret n°2015-1676 du 15 décembre 2015 précise les caractéristiques des nouveaux schémas de carrière en mettant en application la « stratégie nationale de gestion durable des granulats terrestres et marins et des matériaux et substances de carrières » (mars 2012). Outre le passage d'une échelle départementale à une échelle régionale, le nouveau schéma des carrières doit mettre en avant les ressources issues du recyclage ce qui est le but de ce guide.

5.1.2. État des lieux (d'après le schéma des carrières)

Le schéma des carrières de la Guadeloupe a été approuvé le 17 janvier 2013 par l'arrêté préfectoral n° 2013-0061. Ce document précise que le tuf calcaire a un usage dans le BTP pour les travaux de remblai pour les fondations de maison et surtout pour les couches d'assises des routes. Ses caractéristiques géotechniques en font un matériau moins polyvalent que les granulats siliceux de Basse-Terre utilisés également pour la production de bétons hydrauliques et d'enrobés routiers.

L'exploitation déclarée dans les carrières autorisées a varié entre 160 000 et 500 000 tonnes entre 1999 et 2007. Cependant, une grande partie de l'extraction du tuf n'est pas déclarée (voir paragraphe suivant). La consommation estimée de tuf calcaire de l'archipel guadeloupéen est de 1 million de tonnes par an, ce chiffre est peu fiable compte tenu de nombreux travaux d'extraction illégaux et de l'absence de dispositifs de pesée en sortie de nombre de carrières autorisées.

5.1.3. Concurrence déloyale

L'extraction illégale du tuf est réalisée sous couvert de travaux de terrassements liés à l'obtention d'un permis de construire notamment dans le secteur des grands-fonds. Le tonnage illégal extrait est estimé très approximativement à 700 000 t/an. Outre l'impact environnemental et paysager du mitage résultant de cette pratique, ces tufs extraits illégalement viennent concurrencer la vente des tufs légaux dont le coût de production est plus élevé

Cette production illégale de tuf vient également concurrencer les produits issus du recyclage.

5.1.4. Caractéristiques mécaniques

Les tufs de Guadeloupe peuvent être divisés en 5 types selon leurs caractéristiques physiques et chimiques (teneur en carbonate de calcium et masse volumique (ρ)) et les propriétés géotechniques de fragmentabilité (FR) et de concentration en argile, appelée valeur de bleu du sol (VBS), cf. illustration 45.

Dénomination	Caractères principaux	Paramètres et valeurs seuils		Sous classe
Tuf et calcaire dense	Matériaux non évolutifs nécessitant une extraction à l'explosif et un concassage	$\rho_d \text{ bloc} > 2,3 \text{ t/m}^3$		T ₁
Tuf peu fragmentable, pas à peu argileux	Matériau nécessitant un fractionnement poussé, peu argileux et peu sensible à l'eau	$\rho_d \text{ bloc} \leq 2,3 \text{ t/m}^3$	FR ≤ 5 VBS $\leq 0,2$	T ₂
Tuf peu fragmentable, argileux	Matériau nécessitant un fractionnement poussé, sensible à l'eau		FR ≤ 5 VBS $> 0,2$	T ₃
Tuf fragmentable, pas à peu argileux	Matériau évolutif peu argileux mais sensible à l'eau		FR > 5 VBS $\leq 0,2$	T ₄
Tuf fragmentable, argileux	Matériau évolutif très sensible à l'eau		FR > 5 VBS $> 0,2$	T ₅

illustration 45 : Classification des tufs. D'après Fèvre et al., 1999.

Ces caractéristiques limitent l'utilisation du tuf selon son type, cf. illustration 46.

Type d'ouvrage Classe de tuf	Remblai	Couche de forme	Assise de chaussée
T1	oui	oui	oui
T2	oui	oui	oui
T3	oui	oui	non
T4	oui	oui	non
T5	oui	non	non

illustration 46 : Utilisation du tuf selon son type. D'après Fèvre et al., 1999.

5.2. CONTRAINTES LIEES AU CLIMAT

Les conditions climatiques de la Guadeloupe et plus largement des Antilles peuvent limiter la durée de vie de certains matériaux et engendrent parfois une usure prématurée des travaux réalisés. Ainsi, les températures importantes (27°C en moyenne annuelle d'après Météo France) et les fortes précipitations ponctuelles peuvent provoquer, entre autres :

- l'érosion des sols et des routes par ruissellement ;
- la fonte partielle des routes bitumées entraînant des déformations permanentes de la chaussée ;
- la fragilisation des pièces/ouvrages en plastiques etc.

Les matériaux issus des déchets inertes, de par leur nature et leurs caractéristiques mécaniques, sont parfois plus résistants au climat tropical que les matériaux classiques.

Par exemple, les dalles de stabilisation contenant de la poudrette de pneu (et donc du caoutchouc) résistent mieux à la température que celles produites uniquement à partir de plastiques (fissures, fractures plus nombreuses). De même, les produits issus de graves recyclées ont une porosité beaucoup plus faible que certains matériaux naturels (type tuf) où l'eau a tendance à s'infiltrer, augmentant la teneur en eau de la roche et la fragilisant.

6. Promotion et valorisation des matériaux recyclés

L'utilisation de matériaux recyclés dans le cadre de travaux divers pour lesquels leurs caractéristiques mécaniques sont suffisantes et conformes aux normes en vigueur est encore peu répandue en Guadeloupe, malgré l'existence de filières locales agréées (installations déclarées et/ou autorisées au titre du code de l'Environnement).

Il est donc nécessaire de développer des stratégies visant à favoriser et promouvoir l'emploi de ces matériaux. Pour cela, chaque acteur du domaine du BTP, à sa propre échelle, a un rôle de sensibilisation à mener.

6.1. SENSIBILISATION DES MAÎTRES D'OUVRAGE ET DONNEURS D'ORDRE

Pour la réalisation d'un chantier, les maîtres d'ouvrages et donneurs d'ordre sont chargés de mettre en place des marchés publics qui détaillent précisément la nature des travaux à mener, leurs exigences, les délais à respecter etc. (cf. code des marchés publics).

Ils peuvent donc favoriser l'utilisation ou la production de produits recyclés dans des installations agréées en incluant au cahier des charges des objectifs environnementaux concernant la gestion des déchets de chantier, la valorisation sur site et hors site des matériaux inertes ou encore la désignation de matériaux recyclés à privilégier, associés à des quantités.

D'un point de vue réglementaire, l'article L-541-33 du code de l'Environnement interdit de refuser un produit de recyclage sur le seul fait de son origine. Ce sont uniquement les caractéristiques présentées dans la fiche technique produit (FTP) qui sont les outils d'acceptation ou non d'un matériau dans un ouvrage de construction.

De plus, conformément au décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics, les donneurs d'ordre peuvent imposer la présentation de plusieurs variantes de la part des candidats à condition de préciser leurs exigences minimales à respecter.

À noter également que le maître d'ouvrage doit donner les moyens nécessaires aux maîtres d'œuvre pour la gestion des déchets de chantiers (budget spécifique, audit, ...). En contrepartie, le maître d'œuvre doit impérativement fournir une traçabilité du devenir de ces déchets (circulaire du 15/02/2000).

La notation des offres peut également intégrer un volet environnemental avec par exemple les taux de recyclages ou l'emploi de matériaux recyclés.

6.2. SENSIBILISATION DES MAÎTRES D'ŒUVRE

Afin d'accompagner les maîtres d'ouvrages dans leur décision finale pour la réalisation des travaux et les guider sur les solutions les plus adaptées à leur besoin, le maître d'œuvre doit avoir un rôle de conseiller et proposer plusieurs alternatives pour le projet.

Il a notamment la possibilité de proposer plusieurs variantes, intégrant des matériaux alternatifs, tant que cela n'impacte pas le résultat final et la durée des travaux prévus, conformément au code des marchés publics et au décret n° 2016-360.

Les maîtres d'œuvre doivent être informés sur les caractéristiques des produits recyclés proposés afin d'évaluer leur adéquation avec les chantiers à venir.

6.3. SENSIBILISATION DES PRODUCTEURS DE MATÉRIAUX RECYCLÉS

Afin de promouvoir et de favoriser l'utilisation de leurs matériaux recyclés, les producteurs doivent :

- garantir les caractéristiques techniques du produit (contrôle en laboratoire, ...) ;
- communiquer sur leurs produits et décrire leurs usages potentiels ;
- faire des fiches techniques produits détaillées et conformes à la norme XP P 18-545.

D'autre part, des Plans d'Assurance Qualité (PAQ) peuvent également être mis en place afin de décrire les procédures de tri avant recyclage, les prétraitements, les procédés d'élaboration, le plan de contrôle (caractéristiques géotechniques et physico-chimiques) ou encore le type de matériaux élaborés. Ils ont pour principal but d'informer et de rassurer l'utilisateur sur la bonne conformité des produits.

6.4. SENSIBILISATION POUR L'APPORT VOLONTAIRE DES DÉCHETS INERTES DANS LES STRUCTURES DE RECYCLAGE

Lors de la réalisation de travaux et notamment dans le cadre de la gestion des déchets de chantiers, le maître d'ouvrage est en droit d'exiger une traçabilité du traitement de ces déchets auprès du maître d'œuvre (circulaire du 15 février 2000). Dans le cadre de marchés présentant des clauses environnementales spécifiques, et notamment concernant le traitement des déchets inertes en installation de recyclage, la traçabilité est un outil indispensable pour vérifier le devenir réel des déchets.

Le coût de traitement des déchets de chantiers est généralement mal évalué et peut paraître conséquent. Un tri sur site peut permettre de les réduire, en distinguant les différents types de déchets et en les dirigeant vers des filières de traitement adaptées. Ainsi les mélanges de déchets envoyés directement en installation de stockage sont limités et les tonnages de déchets ultimes réduits. Les déchets inertes, triés, peuvent alors être apportés en installation de recyclage pour traitement à un coût moins élevé.

De plus, depuis 2015, les distributeurs ont l'obligation de reprise des déchets professionnels. Cette pratique n'est pas encore en place en Guadeloupe.

6.5. COÛTS DES MATÉRIAUX RECYCLÉS EN GUADELOUPE

À titre indicatif, l'illustration 47 fournit, des ordres de grandeur de prix pour certains matériaux recyclés (d'après les informations obtenues lors des rencontres avec les producteurs en 2017).

Produit recyclé	Prix de vente
Chips de pneus Gwadadrain XL	5 euros/tonne
Chips de pneus Gwadadrain S	5 euros/tonne
Poudrette de pneus	200 euros/tonne
Plaque de stabilité	10 euros le m ² si demande > 100 m ² 15 euros le m ² si demande < 100 m ²
Fraisât d'enrobé	13 euros/t
Sables issus de béton	12,30 euros/t
Remblais 0/31 de grave recyclée	9,30 euros/t
Scories	gratuit

Illustration 47 : Coûts indicatifs de certains produits recyclés (d'après les producteurs).

À noter qu'actuellement, le sable et les graviers de verre sont totalement récupérés par la société SADG et que les granulats de béton recyclés produits par la société SGB sont intégralement réutilisés sur site pour la production de béton.

Les prix indiqués sont fonction du tri primaire des déchets inertes et des traitements appliqués par la suite pour l'obtention du produit final.

6.6. MISE EN PLACE DE DOCUMENTS LOCAUX

En Guadeloupe, un projet de charte pour « une gestion durable des déchets de chantier du BTP » a été rédigé lors de la mise en place du plan de gestion départemental des déchets du BTP en 2008. Elle avait pour but d'impliquer les acteurs locaux (État, porteurs de projets, maîtres d'œuvre, entreprises, fabricants, associations, ...) dans la gestion de ces déchets en établissant un certain nombre d'engagement à respecter pour chaque corps de métier.

Ce type de document permet notamment une certaine reconnaissance entre les différentes entités signataires ayant l'objectif commun de préserver les ressources naturelles, réduire le stockage des déchets inertes et favoriser leur réutilisation.

7. Conclusion

Dans le but de préserver au maximum les matières premières naturelles présentes sur le territoire et de favoriser l'économie circulaire par l'emploi de produits alternatifs issus du recyclage et fabriqués en Guadeloupe, ce guide s'applique à faire un recensement des installations de production, propose une description détaillée des matériaux recyclés et des filières de valorisation et fournit des exemples d'utilisations actuelles ou potentielles.

Chaque matériau recyclé est décrit tant du point de vue de sa production (installations de recyclage) que du point de vue des modes d'exploitation, des caractéristiques géotechniques (avec des fiches techniques produits) ou de son utilisation actuelle. Un ordre de grandeur du prix de vente est également fourni. De plus, les normes et autres documents techniques existants sont cités pour chaque produit issu du recyclage.

Par exemple, les gravats inertes peuvent être recyclés en grave mixte, graviers ou en sable qui sont utilisés pour le remblaiement de tranchée, en substitution partielle ou totale de la grave naturelle dans la fabrication de béton et peuvent entrer dans la composition d'éléments de voirie.

Les pneus usagés sont broyés en chips de pneus ou en poudrette. Les chips de pneus sont employées comme remblais allégés ou pour la mise en place de tranchées drainantes et de bassins de rétention. La poudrette rentre dans la composition des sols sportifs, des aires de jeux ou encore dans celles de pièces moulées comme les dalles de stabilité. Par ailleurs, les pneus entiers peuvent être valorisés en murs de soutènement.

Quant au verre recyclé, il est utilisé en tant que remblai de tranchées, d'enrobage/lit de pose et entre dans la fabrication de blocs béton. Le verre peut également être inclus dans de la résine pour fabriquer des sols décoratifs.

Concernant les autres déchets inertes, le fraisât d'enrobé est utilisé pour la production de nouvel enrobé et la mise en place de remblais et couches de forme et les scories de charbon pourraient être utilisées en remblai, sous couche routière et en support de cultures.

Ce guide est issu d'une collaboration avec les acteurs locaux impliqués dans la gestion des déchets inertes (Etat, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres, entreprises de TP, fabricant de matériaux recyclés). Il vise à favoriser la synergie entre les différentes entités ayant l'objectif commun de préserver les ressources naturelles, réduire le stockage des déchets inertes et favoriser leur réutilisation.

Le présent guide aborde également le frein de l'utilisation quasi-systématique du tuf dans les chantiers de TP. En effet, ce matériau est abondant et la majeure partie de son exploitation se fait en dehors du cadre réglementaire des ICPE. Cette production illégale diminue le coût du tuf et concurrence de façon déloyale les matériaux recyclés.

Cependant, des leviers d'action existent, les maîtres d'ouvrages peuvent ajouter des contraintes environnementales au cahier des charges et ainsi favoriser l'utilisation de matériaux recyclés et veiller au recyclage des déchets inertes produits par leurs travaux. De même, les maîtres d'œuvres peuvent proposer des variantes et les constructeurs choisissent des matériaux plus vertueux. Pour ce faire, chaque partie prenante doit être informée des bonnes pratiques existantes, ce qui est l'un des objectifs de ce guide.

8. Glossaire

AFNOR	Agence Française de Normalisation
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
EN	Norme Européenne
FTP	Fiche Technique Produit
GTR	Guide des Terrassements Routiers
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
ISDI	Installation de Stockage des Déchets Inertes
LA	Los Angeles
MO	Maître d'ouvrage
MOE	Maître d'Œuvre
MDE	Micro Deval
NF	Norme Française
PAQ	Plan d'Assurance Qualité
PL	Poids Lourds
SETRA	Service d'Etudes sur le Transports, les routes et leurs Aménagements
TP	Travaux Publics
VBs	Valeur de Bleu de méthylène du Sol
VL	Véhicule léger
VRD	Voirie et Réseaux Divers
Vsi	Valeur Spécifiée Inférieure
Vss	Valeur Spécifiée Supérieure
XP	Norme Expérimentale

9. Références bibliographiques

Blanc C., avec la participation de F. Lefevre (MEDDTL), G. Boissard (BRGM) et B. Hazebrouck (INERIS) (2011) - Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement, version n°3, rapport Brgm-RP-60013-FR, 38 p.

Bourdon E., avec la collaboration de M. Chauvet, (2012) - Schéma Départemental des Carrières de la Guadeloupe, rapport, Brgm-RP-57157-FR, 185 p.

FRBTPG, DDE, ADEME, Proactive Ingénierie (2008) - Plan de gestion départementale des déchets du bâtiment et des travaux publics de Guadeloupe, 83 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (2011) - Guide méthodologique - Acceptabilité de matériaux alternatifs en techniques routières - Évaluation environnementale, 28 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (2011) - Guide méthodologique - Acceptabilité de matériaux alternatifs en techniques routières - Les matériaux de déconstruction issus du BTP, 43 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (1989) - Note d'information technique n° 47 - Le Pneusol (soutènement - répartiteur de contraintes), 43 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (2000) - Guide technique - Réalisation des remblais et des couches de forme - fascicules I et II, 211 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (1994) - Guide technique - Remblayage des tranchées et réfection des chaussées, 71 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (2004) - Guide technique - Retraitement des chaussées et recyclage des matériaux bitumineux de chaussées à chaud - 36 p.

SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (2008) - Guide technique - Utilisation des normes enrobés à chaud - 39 p.

Annexe 1

Liste des acteurs ayant participé aux entretiens

Nom	Type d'activité dans le cadre de ce guide	Contact
AER-Ecodec	Producteur de matériaux recyclés	Manuela LEPENNE
Albioma	Producteur de déchets inertes	Nathalie LAUL Pierrot RAMSSAMY
Aqua BTP	Entreprise de TP	Raphaël MALPESA
Gwada TP	Entreprise de TP et producteur de matériaux recyclés	Félix DANOIS
SGB	Fabrication et recyclage de béton Producteurs de matériaux recyclés	Loïc LEGER
SGEC	Producteur et recycleur de fraisât d'enrobé	Jean-Louis NAVARIN
SGTP	Producteur de matériaux recyclés	Guenaëlle LEQUELLEC
SOGETRA	Producteur et recycleur de fraisât d'enrobé	Christelle PELMAR Madhoni MATHOURAPARSAD
Route de Guadeloupe	Maître d'ouvrage	David DELANNAY

Annexe 2

Coordonnées des producteurs de matériaux recyclés issus de gravats en Guadeloupe

Gwada TP

Pères-blancs
Lieu dit Coton
97123 Baillif
Tél. 0590 80 35 21

SGB

Rue alfred Lumière
Z.I. Jarry – BP2078
97192 Jarry Cedex
Tél. 0590 25 27 26

SGTP

ZAC Houelbourg Voie verte
97122 Baie Mahault

Annexe 3

Fiches techniques produits

- Sable recyclé (SGB)

CLASSIFICATION COMME MATERIAU SELON NF P 11-300																												
Catégorie de grave ⁵	GR1																											
Classe granulaire	0/4 mm																											
Composition des granulats	Béton et grave non traitée																											
PARAMETRE DE NATURE																												
Teneur en particules fines	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamis</th> <th>% Tamisats</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>100</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>90.29</td></tr> <tr><td>5.6</td><td>86.89</td></tr> <tr><td>4</td><td>75.97</td></tr> <tr><td>2.8</td><td>64.85</td></tr> <tr><td>2</td><td>54.93</td></tr> <tr><td>1</td><td>36.36</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>24.03</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>15.66</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>9.78</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>7.51</td></tr> </tbody> </table>		Tamis	% Tamisats	8	100	6.3	90.29	5.6	86.89	4	75.97	2.8	64.85	2	54.93	1	36.36	0.5	24.03	0.25	15.66	0.125	9.78	0.063	7.51		
	Tamis	% Tamisats																										
	8	100																										
	6.3	90.29																										
	5.6	86.89																										
	4	75.97																										
	2.8	64.85																										
	2	54.93																										
	1	36.36																										
	0.5	24.03																										
	0.25	15.66																										
0.125	9.78																											
0.063	7.51																											
		Limites attendues	Résultats tests																									
Propreté (VBs) NF P 94-068	Vbs	< 0,2	0,09																									
Modèle de finesse		3,83																										
CLASSEMENT GEOTECHNIQUE ET ASSIMILATION – DOMAINE UTILISATION																												
	Classement GTR (NF P 11-300)		F 71																									
	Pour le compactage : assimilation après analyse géotechnique		B31, C1B31 ou D31																									

⁵ Les catégories de graves sont issues du *Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Île-de-France* et sont largement utilisées dans les autres guides techniques régionaux.

- Gravier recyclé (SGB)

CLASSIFICATION COMME MATERIAU SELON NF P 11-300					
Catégorie de grave ⁶	GR1				
Classe granulaire	2/20				
Composition des granulats	Béton (96,5 %)				
	Grave non traitée, naturelle (3,5 %)				
PARAMETRE DE NATURE					
Granulométrie	Passants (mm)	min	max	Vsi	Vss
	40	100	100	100	
	28	100	100	98	100
	20	81,99	95,37	80	100
	10	20,29	53,18	20	70
	2	3,92	8,13	2	15
	1	2,79	5,5		5
	0,063	0,09	2,29		2
		Limites attendues	Résultats tests		
% fines (tamisat à 0,08mm) NF P 94-056	Vsi	-	Cf.granulometrie		
	Vss	< 12 %			
Propreté (VBs) NF P 94-068	Vbs	< 0,2	< 0,1		
Masse volumique réelle (NF EN 1097-6)	ρ		2,19 (Mg/m ³)		
Coef. d'absorption d'eau (NF EN 1907-6)	w		9,1 %		
PARAMETRE DE COMPORTEMENT MECANIQUE					
LA (NF EN 1097-2)	Vss	≤ 45	38		
MDE (NF EN 1097-1)	Vss	≤ 45	22,2		
Coef. D'aplatissement (NF EN 933-3)	Vss	< 35	3		
Essai Proctor (NF P94-093)			W _{OPN} : 14,2 % p _{dOPN} : 1,81 g/cm ³		
CARACTERISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES					
Teneur en sulfate soluble (NF EN 1744-1)	Vss	0,8 %	0,16 %		

⁶ Les catégories de graves sont issues du *Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Île-de-France* et sont largement utilisées dans les autres guides techniques régionaux.

% contaminants	Plastique + matières putrescibles + métaux	$\leq 1 \%$	0,09 %
Chlorures solubles dans l'acide (NF EN 1744-5)			0,05 %
Influence sur le début de prise du ciment (NF EN 1744-6)			10 min
Alcalins actifs solubles dans l'eau de chaux (XP P 18-544)			0,0438 %
CLASSEMENT GEOTECHNIQUE ET ASSIMILATION – DOMAINE UTILISATION			
	Classement GTR (NF P 11-300)		F 71
	Pour le compactage : assimilation après analyse géotechnique		B31, C1B31 ou D31

- Chips de pneu GWADADRAIN XL (ECODEC)

Dénomination	Broyat issu du recyclage des pneumatiques ou « chips de pneus » - GWADADRAIN XL
Origine	Broyat issu du recyclage d'un mélange de pneumatiques usagés de différentes catégories (VL, PL, motos, etc.)
Procédé de fabrication	Broyage mécanique à température ambiante des pneumatiques. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux de quelque nature que ce soit.
Composition	Mélange de caoutchouc, limaille et textile
Paramètres de nature et mécanique	
Granulométrie	0-70 mm
Indice de vide en état foisonné	62,1 % +/- 1,9 %
Indice de vide en état compacté	51,4 % +/- 2,4 %
Masse volumique foisonné	4,6 kN/m ³
Masse volumique compacté	5,9 kN/m ³

- Dalle de stabilité des sols GWADAPARK (ECODEC)

Dénomination	Dalle de stabilité des sols - Gwadapark
Origine	Produit issu du mélange de poudrette de pneu et de plastique (PEHD/PP)
Procédé de fabrication	Passage du mélange poudrette/PEHD dans une presse à injection avec fonte du mélange. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux de quelque nature que ce soit.
Composition	Caoutchouc pur, PEHD/PP
Paramètres de nature et mécanique	
Dimensions	500 x 500 x 40 mm
Tests de déformation	Essai de déflexion (20,7 T) Essai de chargement sous vérin hydraulique > Compatible pour des charges équivalentes à 20 T par essieu
Test d'écotoxicité (norme DIN EN ISO 15088)	Validé

- Chips de pneu sans limaille de fer DWADADRAIN S (ECODEC)

Dénomination	Broyat issu du recyclage des pneumatiques ou « chips de pneus » dé-ferraillé - GWADADRAIN S
Origine	Broyat dé-ferraillé issu du recyclage d'un mélange de pneumatiques usagés de différentes catégories (VL, PL, motos, etc.)
Procédé de fabrication	Broyage mécanique à température ambiante des pneumatiques. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux de quelque nature que ce soit.
Composition	Mélange de caoutchouc, limaille et textile
Paramètres de nature et mécanique	
Granulométrie	0,6 – 7 mm
Densité Foisonné	Des grains : 11,7 kN/m ³ Foisonné : 5,1 kN/m ³ Compacté à l'ODN : 6,1 kN/m ³
Classification GTR	Teneur en eau : 6,00 % Valeur au bleu (VBs) : <0.1 Passant à 50 mm : 100,00% Passant à 2 mm : 21,90% Passant à 80 µm : 1,80%
Résistance au frottement	Angle de frottement : 30° +/- 3 Cohésion du matériau : 0 kPa
Indice de vide	Foisonné 60,70% Compacté 50,80 %
Portance	ICBR > 7, soit EV < 60 MPa
Coefficient de terrassement	Non compacté : 1 m ³ nécessite 1,65 m ³ de matériaux foisonné Compacté : 1 m ³ nécessite 2,0 m ³ de matériaux foisonné
Mise en œuvre	Mise en œuvre classique type matériaux propre sans cohésion : Compactage au compacteur sans vibration à petite vitesse Compactage hydraulique
Conditionnement	En Vrac / Big Bag 2 m ³
Aspect écologique	Non nuisible à l'environnement, non toxique

- Poudrette de pneu (ECODEC)

Dénomination	Poudrette de pneus																																																												
Origine	Broyat issu du recyclage d'un mélange de pneumatiques usagés de différentes catégories (VL, PL, TP, manutentions, Motos, etc.)																																																												
Procédé de fabrication	Broyages mécaniques successifs à température ambiante de pneumatiques avec retrait de la limaille de fer et des textiles. Le procédé ne nécessite ni ne rejette aucun additif solide, liquide ou gazeux excepté de l'eau pour retirer le textile																																																												
Composition	Caoutchouc pur																																																												
Paramètres de nature et mécanique																																																													
Granulométrie	0,5 et 2,5 mm																																																												
Analyses toxicologiques par lixiviation (NF P90-112)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sieve/Tamis/Cribas (mm)</th> <th>0.000</th> <th>0.200</th> <th>0.315</th> <th>0.400</th> <th>0.500</th> <th>0.630</th> <th>0.800</th> <th>1.000</th> <th>1.250</th> <th>1.600</th> <th>2.000</th> <th>2.500</th> <th>3.150</th> <th>4.000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Refusal/Refus/Rechazo(g)</td> <td>202.6</td> <td>202.5</td> <td>202.5</td> <td>202.5</td> <td>202.4</td> <td>201.6</td> <td>194.4</td> <td>176.7</td> <td>146.7</td> <td>94.5</td> <td>23.1</td> <td>1.7</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Passing/Passant/Pasante (%)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>13</td> <td>28</td> <td>53</td> <td>89</td> <td>99</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Refusal/Refus/Rechazo (%)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>15</td> <td>26</td> <td>35</td> <td>11</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Sieve/Tamis/Cribas (mm)	0.000	0.200	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	Refusal/Refus/Rechazo(g)	202.6	202.5	202.5	202.5	202.4	201.6	194.4	176.7	146.7	94.5	23.1	1.7	0	0	Passing/Passant/Pasante (%)	0	0	0	0	0	0	4	13	28	53	89	99	100	100	Refusal/Refus/Rechazo (%)	0	0	0	0	0	4	9	15	26	35	11	1	0	0
	Sieve/Tamis/Cribas (mm)	0.000	0.200	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000																																														
Refusal/Refus/Rechazo(g)	202.6	202.5	202.5	202.5	202.4	201.6	194.4	176.7	146.7	94.5	23.1	1.7	0	0																																															
Passing/Passant/Pasante (%)	0	0	0	0	0	0	4	13	28	53	89	99	100	100																																															
Refusal/Refus/Rechazo (%)	0	0	0	0	0	4	9	15	26	35	11	1	0	0																																															
<p style="text-align: center;">conforme</p>																																																													
Analyses des métaux lourds (NF EN 71-3)	conforme																																																												

- **Sable et gravier issu du recyclage du verre ménager(AER)**

Dénomination	Sable de verre – Gwadaglass S	gravier de verre – Gwadaglass XL
Origine	Verre ménager	
Procédé de fabrication	Broyage mécanique du verre à température ambiante avec choix de la granulométrie	
Composition	Verre propre	
Paramètres de nature		
Granulométrie	0-5 mm	0-12 mm
Densité	1,5 kg/L	1,5 kg/L
% de fines < 63 µm (NF EN 933-1)	0,1 %	0,2 %
Caractère inerte (NF EN 12457-2)	Conforme	Conforme

- **Enrobé recyclé (SGEC)**

Dénomination	Enrobé recyclé
Origine	Fraisât d'enrobé issu des routes de Guadeloupe, déchets de poste (blocs et gravillons), bitume
Procédé de fabrication	Mélange spécifique de fraisât d'enrobé, de graviers et de sable. Passage au sécheur avant d'atteindre le malaxeur où l'ajout de bitume est effectué
Composition	Fraisât d'enrobé (entre 10 et 12 % en moyenne en Guadeloupe), graviers, sable, bitume. (proportions variables de chaque composant en fonction des usages du mélange).
Analyses systématiques en laboratoire avant utilisation. Paramètres contrôlés (NF EN 13108-1)	
Pourcentages de vides	Max : 10 % Min : 5 %
Sensibilité à l'eau	78 %
Température du mélange	Entre 150 °C et 190 °C
Granularité	Tamis 20 mm 100 % Tamis 14 mm 99,9 % Tamis 12.5 mm 99,3 % Tamis 10 mm 92,17 % Tamis 6.3 mm 60,3 % Tamis 4 mm 44,9 % Tamis 2 mm 33 % Tamis 1 mm 24 ,7% Tamis 0,250 mm 13,7% Tamis 0,063 mm 6,8 %
Teneur en liant TL	5,8 %
Résistance aux déformations permanentes	P5(4,25 %)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 - Orléans Cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Guadeloupe
Parc d'activités Colin
La Lézarde
97170 - Petit Bourg - Guadeloupe
Tél. : 05 90 41 35 48