
Déchets inertes du BTP : vers un nouveau matériau anti-ruissellement et dépolluant.

**Y.Bentarzi, A.Terfous, F.Hlawka, A.Ghenaim, P.Ferreira.
E.Caillaud, J.B.Poulet.**

*LGeCo Laboratoire de Génie de la Conception
INSA Strasbourg.
24, boulevard de la Victoire 67084 Strasbourg
(younes.bentarzi@insa-strasbourg.fr)*

RÉSUMÉ. Traiter les problèmes de la gestion des eaux pluviales et de la valorisation des déchets inertes par une solution de techniques alternatives (compensatoires) d'assainissement pluvial fait l'objet de cet article. Un nouveau modèle de matériau, conçu à partir de déchets inertes du BTP et de boues de stations d'épuration permettrait sa mise en œuvre en zone urbaine sous forme d'une chaussée drainante pour parkings à faible trafic (à circulation occasionnelle). Il favoriserait l'infiltration de l'eau de ruissellement et diminuerait les risques d'inondation tout en valorisant les déchets. Un travail exploratoire au laboratoire a été réalisé pour déterminer les caractéristiques de mélanges (RBE + Compost) par des essais Proctor, CBR et de perméabilité. Les résultats obtenus confirment que ces matériaux possèdent de bonnes caractéristiques mécaniques pour des teneurs en eau proche de l'optimum Proctor.

ABSTRACT. The aim of this study is to present a solution to the management of rain waters and the beneficiation of inert wastes using some alternative drainage system solutions. Based on a conception of a material model coming from inert wastes of the BTP and the muds of purification stations, in order to apply it in the urban zones as a draining roadway in parking area with weak traffic. The purpose of the model is to support the infiltration of the water runoff in urban zones and to decrease flood risks, with the beneficiation of wastes. A study in the laboratory has been realized to determine the characteristics of (RBE + Compost) by Proctor essays, CBR and permeability tests. The results show that these materials have good characteristics for water contents close to optimum Proctor.

MOTS-CLÉS: ruissellement, déchets inertes, pollution routière, teneur en eau, portance, perméabilité.

KEYWORDS: runoff, inert wastes, road pollution, water content, bearing capacity, permeability.

1. Introduction

La croissance démographique, l'évolution industrielle et celle des transports sont à l'origine de l'accroissement de la superficie des zones urbaines et également de la surconsommation de matières premières. Il en résulte deux grands problèmes :

- L'imperméabilité du sol par les surfaces étanches (routes, bâtiment, trottoirs....) perturbe le cycle naturel de l'eau. Lors de fortes précipitations, les ruissellements deviennent une surcharge pour les réseaux de collecte, ce qui provoque des inondations et aussi le lessivage de ces grandes surfaces imperméables. Les eaux de pluie se chargent en polluants qui, récupérés par les milieux récepteurs, génèrent des difficultés importantes pour le traitement des eaux.

- Dans le domaine du Génie Civil, la grande consommation de matières premières, d'une part mène à l'épuisement de la ressource et, d'autre part, génère une quantité des déchets très importante - en France 131 millions de tonnes par an, dont 100 millions de tonnes pour les travaux publics et 31 millions de tonnes pour le bâtiment. La gestion et la valorisation de ces déchets présentent à la fois des problèmes économiques et environnementaux, qu'il faut essayer de résoudre par une meilleure recyclabilité.

1.1. La maîtrise des eaux pluviales

Aux problèmes soulevés par la gestion des eaux pluviales, il n'existe pas de solution universelle car les problèmes diffèrent d'une ville à l'autre en fonction des spécificités locales (topographie, degré d'urbanisation, réseaux et ouvrages d'épuration, fragilité du milieu naturel etc.). Cependant, trois types d'actions possibles s'offrent pour la maîtrise des eaux pluviales [CAR 01]. Tout d'abord, la mise en place d'un réseau séparatif ou par un surdimensionnement du réseau unitaire pour pouvoir recueillir les eaux pluviales lors des fortes précipitations. Une seconde solution est apportée par le stockage des eaux pluviales pour réduire la charge des stations d'épurations. La troisième action réside dans les techniques alternatives (ou compensatoires) [SYL 98]: il s'agit de structures drainantes en surface et constituées d'une couche poreuse réservoir. Les techniques alternatives par rapport aux ouvrages classiques sont moins coûteuses et s'intègrent plus facilement dans la ville.

1.2. La gestion des déchets

Les déchets sont générés par les activités et les besoins de l'être humain. La nature non biodégradable et parfois toxique de ces déchets se répercute négativement sur l'environnement. Les lois de 15 juillet 1975 et de 3 juillet 1992, regroupées et inscrites dans le code de l'environnement, fixent les objectifs à respecter pour gérer ces déchets, classés selon leur origine et leurs degrés d'impact sur l'environnement. Le but de cette recherche est d'utiliser les déchets inertes (95% des déchets du BTP), c'est à dire des déchets qui ne se décomposent pas et ne produisent aucune réaction chimique, physique ou biologique de nature à nuire à l'environnement [MIN 04].

1.3. La pollution routière dans les zones urbaines

Les ruissellements dans les zones urbaines chargent l'eau en polluants résultant du lessivage des routes. De 1996 à 2000[LEG 01], de nombreuses publications ont cherché à les identifier, qu'il s'agisse d'eaux de ruissellement provenant de chaussées autoroutières ou urbaines. Ces polluants proviennent du trafic automobile qui diffère d'une agglomération à une autre, notamment par sa densité. Les polluants routiers sont alors quantifiés par rapport à la zone de la densité du trafic automobile. Figurent en première place les hydrocarbures [HER 94] et les métaux lourds émis par les véhicules. Des analyses ont été effectuées afin d'évaluer les teneurs en polluants dans les carburants et les métaux utilisés pour la construction des routes et des automobiles [PAG 99].

2. Solution alternative

Pour répondre aux problématiques de maîtrise, de gestion des eaux pluviales et de valorisation des déchets, la réutilisation de déchets inertes BTP et de boues de station d'épuration paraît une technique alternative performante. Il s'agit de concevoir un nouveau modèle de matériau utilisé en couche de surface drainante à intégrer dans les zones urbaines. Il permettrait à la fois de réduire les eaux de ruissellement dues aux fortes précipitations, de valoriser les déchets, de diminuer la pollution et de lutter contre l'épuisement de la ressource. Une étude fonctionnelle, réalisée [THI 03] précédemment, a permis de conclure que ce type de chaussée ne devrait être utilisé que pour des parkings à faible trafic (circulation occasionnelle). Ce modèle utilise un mélange de RBE (Recyclé Béton Enrobé) - issu de la déconstruction d'ouvrages d'art et d'infrastructures routières- et de compost comprenant des boues de stations d'épuration.

2.1. Le RBE (Recyclé Béton Enrobé)

Il s'agit d'un granulat 0/20 mm issu de déchets inertes BTP recyclés constitué d'un mélange de 50% de béton et de 50% d'enrobé, généralement utilisé dans les différentes couches de chaussée hors couche de roulement. Dans notre étude, il est utilisé en couche de surface en mélange avec du compost, destiné à assurer la bonne portance de la structure.

2.2. Le compost

Le compost utilisé est un matériau composé d'un tiers d'écorces, d'un tiers de déchets verts et d'un tiers de boues de station d'épuration. Il se prépare en plusieurs étapes à savoir le recouvrement, l'oxygénation hebdomadaire et la fermentation. Les performances du compost dans le mélange sont les suivantes :

- Il permet la croissance des végétaux.
- Il augmente le pouvoir de la rétention de l'eau par la structure.
- Il améliore la stabilité structurale des sols légers.

2.3. L'herbe

La structure drainante sera engazonnée. L'intérêt du gazon est multiple : favoriser l'évapotranspiration pour dégager l'eau infiltrée dans la structure par un

“effet éponge“, empêcher les composantes polluantes de diffuser dans le sol par absorption, puisqu’il les utilise pour sa croissance. Le choix du gazon doit être effectué selon les caractéristiques de chaque variété et surtout par rapport aux différentes conditions climatiques de la région où on va le mettre en œuvre. Le gazon choisi comporte 30% de fétuques élevées, 30% de fétuques ovines, 30% de fétuques rouges ½ traçantes, 5% de ray grass, 5% d’agrostide.

3. Essais au laboratoire

L’étude effectuée au laboratoire sur le mélange (RBE + Compost) a pour but de réaliser une étude comparative pour différentes proportions du mélange. Pour le tester on a incorporé de 0 à 20% de compost avec les compositions suivantes :

- 100% RBE 0/20.
- 90% RBE 0/20 + 10% compost.
- 80% RBE 0/20 + 20% compost.
- 80% RBE 10/20 (écrêté à 10 mm) + 20% compost.

L’objectif de ces essais est de déterminer les caractéristiques de chaque mélange lors des essais suivants : Optimum Proctor, Essai CBR et perméabilité.

3.1. *L’optimum Proctor* - L’essai Proctor normal (NFP 94-093).

Cet essai a pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour la mise en œuvre du matériau et la densité sèche maximale par un compactage normalisé d’intensité donné.

3.2. *La portance* L’essai CBR (NFP 94-078)

L’essai CBR immédiat permet d’obtenir la portance la plus importante juste après la mise en œuvre.

L’essai CBR après immersion permet d’obtenir la portance du matériau sous la pluie, lorsque le matériau est saturé en eau.

En géotechnique routière, on met en œuvre une forme de sous couche de roulement pour augmenter à long terme la résistance mécanique et assurer à court terme une couche de roulement pour les véhicules de chantier. Cette couche est caractérisée par sa classe définie par un intervalle de module élastique. Dans notre étude, la couche de roulement est évaluée comme une couche de classe 3, c’est-à-dire avec un module supérieur à 120MPa (Figure I). Les essais CBR nous donnent des résultats adimensionnels, mais empiriquement le module d’élasticité est estimé égal de 4 à 5 fois l’indice CBR. Le critère retenu concerne donc une couche de forme de classe 3 dont la valeur minimale de l’indice CBR est de 20.

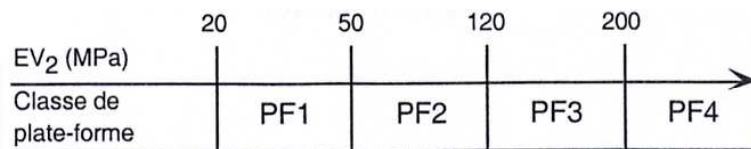


Figure 1. classe de couche de forme.

3.3. La perméabilité

Cet essai nous permet de connaître la capacité d'infiltration de l'eau de chaque échantillon à charge constante. Quelques valeurs courantes sont rapportées dans la Figure II.

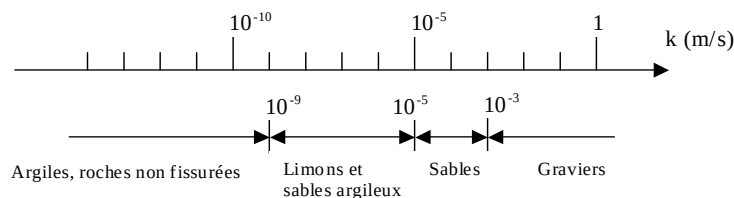


Figure 2. Valeurs courantes de perméabilité.

4. Résultats et discussions

4.1. Essais Proctor et CBR

Les résultats sont regroupés dans le tableau I.

Échantillon 100% RBE.

Il présente une teneur en eau optimale de 9 % et une densité sèche optimale de 1.96 t/m^3 . Ce matériau se densifie facilement et devient très compact. En plus, on remarque que les valeurs de la densité sèche n'évoluent que très peu avec la teneur en eau. D'autre part, son indice **CBR immédiat 65** à un optimum Proctor 9% montre la bonne portance du 100%RBE, même après immersion : le matériau est insensible à l'eau.

Tableau 1. Résultats des essais Proctor et CBR.

$w_{opt}(\%)$: Teneur en eau optimale. $\theta_{d opt}(\text{t/m}^3)$: Densité sèche optimale.

Mélange	Proctor		CBR immédiat à l'optimum	CBR immersion à l'optimum
	$w_{opt}(\%)$	$\theta_{d opt}(\text{t/m}^3)$		
100 % RBE	9	1.96	65	65
90% RBE + 10% compost	12	1.912	58	35
80% RBE + 20% compost	12	1.85	30	20
80% RBE écrêté + 20% compost	11	1.75	57	*

Mélanges RBE + compost.

Concernant les trois échantillons **90%RBE + 10% compost**, **80% RBE + 20% compost** et **80% RBE écrêté + 20% compost**, pris dans cet ordre, on remarque que la densité sèche diminue un peu par rapport à l'échantillon 100% RBE respectivement de 2.5%, 5% et 10%.

La teneur en eau passe de 9% à 11% (pour 80%RBE écrêté) et 12 % pour 90%RBE et 80% RBE, parce que l'ajout du compost augmente la rétention d'eau.

Finalement le compost modifie légèrement la compacité du matériau et tous ces mélanges restent peu sensibles à l'eau.

Pour le **90%RBE + 10% compost** et le **80%RBE + 20% compost** : l'ajout du compost diminue un peu la portance de matériau. Si l'on compare le CBR immédiat et après immersion on remarque une diminution notable de la portance : 37% pour le **90%RBE + 10% compost** et 33% pour le **80% RBE + 20% compost**.

Le **90%RBE + 10% compost** : pour une plage de compactage entre 9% et 12% les indices sont compris respectivement entre : 50 - 60 pour l'indice CBR immédiat et 25- 50 pour l'indice CBR après immersion. La couche peut donc bien être classée en couche de classe PF3, avec une teneur en eau de mise en œuvre comprise entre **9 et 12%**.

Quant au **80%RBE écrêté + 20%compost**, on remarque que l'indice CBR immédiat a augmenté. Cela s'explique par l'élimination des particules fines de 0/10 mm représentant 70% de la masse du matériau, ce qui donne un bon squelette granulaire offrant beaucoup plus de résistance mécanique.

4.2. Essais de perméabilité

Les résultats sont regroupés dans le tableau II.

Pour le 100%RBE, 90%RBE + 10%compost, 80% RBE + 20% compost : on constate que la perméabilité est faible (comparable à celle des limons et sables argileux Figure II) qui est due à la désagrégation du matériau par l'essai Proctor et CBR. L'ajout de compost occupe les vides de squelette granulaire de RBE. Il diminue l'indice de vide. De ce fait, la perméabilité baisse. Elle est de l'ordre de :

- 10^{-6} m/s pour le 100% RBE.
- 10^{-8} m/s pour le 90% RBE + 10%compost.
- 10^{-7} m/s pour le 80% RBE + 20%compost.

La teneur en eau à saturation augmente avec l'ajout du compost, ce qui confirme qu'il permet de bien retenir l'eau dans la structure.

Tableau 2. Résultats de l'essai de perméabilité.

Mélange	Perméabilité (m/s)		Teneur en eau (%)	
	Initiale	Après 72 heures	Initiale	Finale (saturation)
100 % RBE	$7 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	8	12
90 % RBE + 10 % compost	$1 \cdot 10^{-6}$	$4.7 \cdot 10^{-8}$	10	13
80 % RBE + 20 % compost	$2.8 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-7}$	10	17
80% RBE écrêté + 20 % compost	$1.7 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$ (après 48h)	8	17

Le mélange 80%RBE écrêté + 20% compost présente une perméabilité de 10^{-5} m/s, ce qui se rapproche de la perméabilité d'un sable. De plus sa teneur en eau à saturation est restée la même que celle du mélange 80/20 classique, la même proportion de compost permettant un stockage d'eau identique dans la structure.

5. Conclusion

Dans le but de préserver notre environnement contre les risques d'inondation, de la pollution et de l'épuisement de la ressource pour les générations à venir, cette étude permet d'introduire une solution alternative pour la gestion des eaux pluviales et la valorisation des déchets. Cette solution alternative est basée sur la conception d'une structure de chaussée drainante par la réutilisation des matériaux recyclés BTP et de boues de station d'épuration. Ces chaussées sont destinées aux parkings à faible trafic (circulation occasionnelle).

La structure de cette chaussée est composée d'un mélange de RBE (Recyclé Béton Enrobé) issu des déchets BTP (Bâtiment et travaux publics), d'un compost comportant des boues de station d'épuration et de l'herbe (gazon).

- Le RBE assure la portance, c'est le squelette de la structure.
- Le compost a la capacité de stocker l'eau dans la structure et c'est un nutriment pour l'herbe.
- Le gazon aura pour objectif de dégager l'eau par l'évapotranspiration et de filtrer les polluants des eaux de ruissellement.

Les résultats obtenus par ces premiers essais montrent que le matériau présente de bonnes performances mécaniques. Les essais Proctor montrent que le matériau est peu sensible à l'eau. Les essais CBR montrent qu'il faut se placer à une teneur en eau proche de l'optimum Proctor. Les portances sont conformes au critère d'une plate forme de classe 3.

Les essais concernant le mélange comprenant 80%RBE écrêté et 20% de compost démontrent particulièrement les bonnes performances de ce matériau alliant tout à la fois une bonne perméabilité et une bonne portance.

6. Bibliographie

- [CAR 01] Cartel- eau. , la maîtrise des eaux pluviales : Quelles solutions techniques, Mise à jour : décembre 2001, <http://www.carteleau.org/guide/m004.htm> .
- [HER 94] Herman. H. Hahn, Rudiger Pfeifer « The contribution of parked vehicle emissions to the pollution of urban runoff » *the science of Total environment* 146/147 (1994) 525-533.
- [MIH 01] Michel Legret, pollution et impact d'eaux de ruissellement de chaussées- 1^{er} partie : pollution des eaux et des sols liée au ruissellement sur chaussées en RASE CAMPAGNE, décembre 2001, LCPC.
- [MIN 04] Ministère de l'Écologie et Développement Durable, Guide de bonnes pratiques relatif aux installations de stockage de déchets inertes issus du BTP, juin 2004.
- [PAG 99] Pagatto C., Étude sur l'émission et le transfert dans les eaux et les sols des éléments traces métalliques et hydrocarbure en domaine routier, Thèse de doctorat, université de Poitiers, 252p 1999.
- [SYL 98] Sylvie Vigneron., *Technique alternatives aux réseaux d'assainissement pluvial élément-clés pour la mise en œuvre*, CERTU novembre 1998.
- [THI 03] Thibaud Samuel., Vers une approche plus rationnelle dans la conception et la réalisation de parking : arbre de décision et qualification d'un concept « parking vert », Rapport de PFE, juin 2003, INSA Strasbourg.