

VALORISATION DES FRAISATS ROUTIERS ET PRODUITS DE DEMOLITION POUR LA FABRICATION DE MELANGES GRANULAIRES TRAITES AUX LIANTS HYDRAULIQUES (MGTLH)

Samy MEZHOUD¹, Hacéne HOUARI², FERKOUS Boubaker², BELACHIA Mouloud³

¹LASTERN, Faculté des Sciences de la terre, Université Mentouri de Constantine, Algérie.

²LMDC, Département génie civil, Université Mentouri de Constantine, Algérie.

³Laboratoire Matériaux, Géotechnique, Habitat et Urbanisme Université de Skikda, Algérie.3

RÉSUMÉ

The objectives of this work are to promote the act of valorization and to show the significant potential of recycled material in roads construction. In this aims, the above research will present an experimental study for making granular mixtures, hydraulically bounded (MGTLH) from two recycled materials that are: 1) concrete demolition products and 2) Reclaimed asphalt materials. At the first stage, a characterization work was done, to understand especially the physical and mechanical properties of recycled materials. Furthermore, several mixtures incorporating these materials were formulated and which are compared with a control MGTLH based on aggregates quarry. Performance verifications focused on the ability to compaction via a Proctor study. Moreover, mechanical performances are verified using unconfined compressive strength, tensile test device and indirect measurements of elastic modulus values. Finally deformations of produced GTLH are checked through measurement of the total shrinkage. The results obtained show that the incorporation of these materials present lower performance that the control GTLH. However, remains significant and encouraging their admittance in the roads construction.

Mots Clés: *MGTLH, demolition products, asphalt millings, reclaimed aggregate, recycling*

1. INTRODUCTION

Le recyclage, la réutilisation, ou la valorisation sont des comportements qui visent à minimiser l'énergie d'élaboration et à tirer profit des matériaux usés. L'objectif principal sera sans doute de faire des économies de cout. Heureusement, la recherche de cet intérêt humain découlera à un certain respect de l'environnement, liée au fait de minimiser les risques de pollution de l'extraction et l'emploi des matériaux dites « nobles ». D'autre parts, le concept du développement durable comme adopté au « sommet de la terre de L'ONU », tenu à Rio [1], est définie comme : la capacité de satisfaire nos besoins sans compromettre l'aptitude des générations futures à couvrir leurs propres besoin avec un minimum de changement ». Dans cet esprit, l'emploi de ce type de matériaux recyclés notamment les fraisâtes de route et produits de démolition devient une priorité et une alternative qui mérite d'être clairement approuver. L'entrée du vingt et unième siècle, est déjà caractérisée par une forte croissance de la population locale et une augmentation exponentielle de ces besoins en infrastructures routières. Cela prescrit aux pays émergents tel que l'Algérie et le Maroc de changer d'avantage les anciennes pratiques basées sur l'emploi des matériaux neufs très cher et de penser sérieusement sur l'emploi de ces nouvelles techniques.

Les chaussées mixtes, employant des matériaux granulaires traités aux liants hydrauliques « MGTLH », sont utilisées depuis 1908, date à laquelle J.H Aimes a enregistré son brevet relatif au procédé de stabilisation des sols [2]. Le recours à cette technique augmente significativement la résistance et la durabilité du matériau granulaire marginal et participe à une meilleure contribution structurale, économique et écologique de la chaussée en générale. D'autres parts l'intégration de ces matériaux traités permet d'avoir un corps de chaussée optimisé et plus rigide, en comparaison avec les chaussées flexibles. Ceci permettra d'avoir un comportement bien adapté aux sollicitations engendrées par le trafic lourd.

Le choix des chaussées mixtes comme domaine pour valoriser les matériaux objet de ce travail, s'articule sur le fait que la construction des couches de fondations en matériaux traités, nécessite des matières plus au moins nobles, de qualité inférieure et avec des performances requises de niveau médium. Ceci n'empêchera pas bien sûr, d'avoir les objectifs et privilège de l'usage des chaussées mixtes.

A travers la recherche bibliographique, il existe plusieurs études qui ont abordé les agrégats recyclé pour la confection des bétons et mortier [3, 4, 5, 6, 7]. Les conclusions préliminaires portées sur les intérêts environnementaux d'une telle intégration [4]. Cependant elles ne sont pas concluantes. Les granulats recyclés sont considéré comme granulats hors normes [8]. La principale limitation dans le cas des produits de démolition est la teneur soluble des sulfates, qui a un maximum de 0,8 % autorisée [7]. Dans le cas d'incorporation dans les couches de routes, Il y a peu de recherche sur ce sujet. On note les travaux de Xuan et al [6] qui ont étudié l'influence de la proportion de particules de démolition sur les performances des MGTLH produits. Ils ont déterminé une relation entre le degré de compactage, la teneur en ciment et de la teneur en produit recyclé avec de la résistance à la compression des mélanges. Agrela et al. [7] ont conclu de leur part les MGLTH à base granulats recyclé ont : 1) une faible densité optimale, 2) un besoin important en eau pour permettre le compactage optimal, et 3) un temps d'ouvrabilité inférieur. Par contre ils présentent une résistance à la compression suffisante et faibles déformations sous charge d'impact. Par conséquent, ce type d'agrégats peut devenir une alternative de point de vue environnement et économie.

De ce fait, s'inscrit cette étude expérimentale, qui a pour objet d'évaluer dans un contexte purement locale les propriétés des MGTLH fabriquées à base d'agrégats recyclés. Ces derniers sont issus à partir de deux types de matériaux qu'on trouve abondamment stocké un peu partout : les fraisâts de route et les produits de démolition de béton. Ceci pour pouvoir juger une telle possibilité de valorisation dans le domaine des routes.

2. MATERIAUX UTILISES

- Le ciment utilisé est de type CEM II / A 42.5N, il provient de la cimenterie HAMMA BOUZIYANE, Wilaya de Constantine (Tableau 1).
- Une Grave non traité 0/31.5 concassée est utilisée comme témoin (Figure 1). Elle provient de la carrière Grouz situé à la Wilaya Mila et exactement à la commune DE CHELGOUM LAID. La roche mère est de d'origine calcaire.
- Produits de démolition de béton et matériau de construction (Figure 2 à gauche). Ils proviennent des déchets du laboratoire LMDC, ils sont constitués de : 50% produit de démolition d'éprouvette, restes de gravier, sable et 50% de produit de maçonnerie (brique et leur mortier). Le produit est sans doute mélangé avec une portion d'argile et déchet de papier ou plastique. Il est à signaler que pour constituer la quantité nécessaire, il y lieu de faire un broyage séparé avec l'appareil los-angles, et faire passer les produits au tamis 31.5mm. Après ils vont être mélangés à sec à l'aide d'un malaxeur à béton.

- Des produits de fraisât qui proviennent de l'opération de fraisage de l'autoroute est-ouest de la section situé entre PK152+000 au PK 154+000 (Figure 2, à droite). C'est fraisât sont déjà stocker dans des tas, devant le site du projet.

| Caractéristiques chimiques | | | |
|--------------------------------|------------|--------------------|------|
| Elément | % en masse | Norme na | |
| PAF 975 °C | 1-2 | NA 230 | |
| CaO | 55-65 | NA 230 | |
| SiO ₂ | 22-28 | NA 230 | |
| Al ₂ O ₃ | 5-6 | NA 232 | |
| Fe ₂ O ₃ | 3-3,6 | NA 231 | |
| MgO | 1-2 | NA 231 | |
| K ₂ O | 0,3-0,6 | | |
| Na ₂ O | 1,8-2,5 | NA 440 | |
| SO ₃ | 0,8-1,8 | | |
| CaOL | 0-0,01 | | |
| Composition Potentielle En % | | Des Constituants % | |
| C3S | 55-65 | CLINKER | ≥ 74 |
| C2S | 10-25 | GYPSE | 4-6 |
| C3A | 8-12 | CALCAIRE | 0 |
| C4AF | 9-13 | LAITIER | < 20 |

TABLEAU 1. Caractéristique du ciment utilisé



Figure 1 : Agrégat 0/31.5 Grouz Mila



Figure 2 : Produit de démolition et fraisât de l'autoroute est-ouest

3. RESULTATS

3.1 CARACTERISATION DES MATERIAUX VALORISES

Pour les maitres de l'ouvrage et entreprises, l'emploi des matériaux en couche traitée aux liants hydraulique est régi par une réglementation stricte. En outre la courbe granulométrique doit s'insérer dans le fuseau de spécification de la norme NF EN 13285[9]. La figure 3 présente le résultat de l'analyse granulométrique des trois graves utilisés.

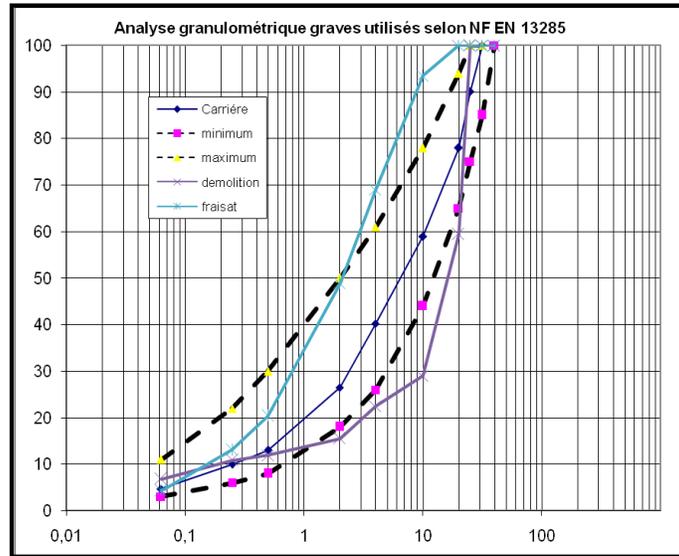


Figure 3 :Analyse granulométriques des graves utilisée

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que les granulats recyclés sont en dehors du fuseau de spécification. Ceci démontre que ce type d'agrégats nécessite une correction granulométrique. Surtout la fraction 5/10, dans le cas des granulats à base de matériau de construction. Cette discontinuité granulaire peut influencer les performances mécaniques.

Il y a lieu de vérifier aussi la propreté des graves utilisés par l'intermédiaire de l'essai d'équivalent de sable et celui du bleu de méthylène. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

On constate que la GNT 0/31.5 est très propre, les fraisâts présentent un pourcentage d'impureté, mais reste dans les tolérances normatives (2.5). Les produits de démolition montrent un pourcentage important d'impureté liée beaucoup à l'argile des fragments broyés de briques de construction.

| Nature Granulat | Paramètre de Propreté | |
|--------------------|-----------------------|------|
| | P.S | VBS |
| GNT Grouz | 57.5 | 0.4 |
| Produit démolition | 19.5 | 3.33 |
| Les Fraisâtes | 22.1 | 1.21 |

TABLEAU.2 Propreté des graves utilisés

D'autre part, la dureté et l'abrasion des graves sont appréciés par le biais de l'essai Los- Angles et Micro-Deval, les résultats sont reportés dans la figure 4.

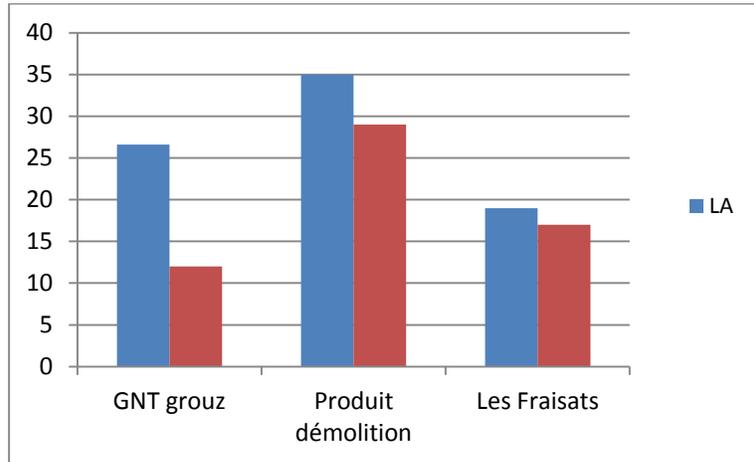


Figure 4 : Comparaison des essais mécaniques

Les résultats permettent de procéder à une classification des graves conformément à la norme XP 18-545 (figure 5) [10]. La codification des granulats utilisés permet de vérifier la possibilité de leur emploi en couches de chaussée. Effectivement Les granulats dont le code est C, E et D sont utilisables en couche de base des chaussées selon les spécifications normatives

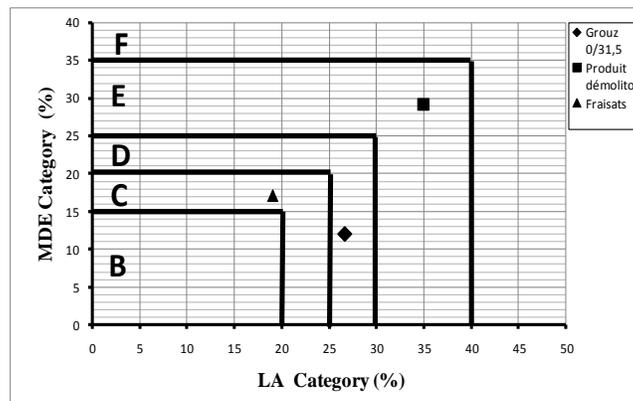


Figure 5 : Code des graves utilisés.

3.2 FORMULATION DES MELANGES

Une étude de formulation est réalisée sur la base de la norme EN14227-1 [11]. Le pourcentage de ciment optimal est le paramètre recherché, pour avoir les exigences mécaniques minimales requises des graves traitées au ciment. L'étape de conception des chaussées requière des valeurs convenables à 360 jours des modules d'élasticité et résistances en traction. Pour avoir ces derniers, il n'est pas nécessaire de faire des observations qui dure une année, il suffit juste d'avoir ces paramètres à 28 jours, et par le moyen de coefficients et formules on peut obtenir les valeurs de conception à 360 jours. Cette méthode est stipulée par le guide technique de LCPC-SETRA [12]. Les valeurs mécaniques courantes à 360 jours d'une MGTLH traitée sont : $E = 23000 \text{ Mpa}$ et $\sigma_t = 0.83 \text{ Mpa}$. Ceci induit pour un âge de 28 jours, des valeurs minimales de module d'élasticité $E = 14950 \text{ Mpa}$ et

résistance à la traction : $R_{it} = 0.67$ Mpa. Pour les agrégats recyclés avoir des performances avoisinantes les seuils stipulés ci-dessus permet de conclure que leurs emploi est très faisable. Dans ce contexte, plusieurs mélanges sont confectionnés. Les variables sont alors le type d'agrégat et le pourcentage de ciment. Les mélanges seront ainsi caractérisés du point d'aptitude au compactage (étude Proctor) et divers essais mécaniques (essai de compression, traction indirect et module d'élasticité et retrait total). La figure 6 présente la méthodologie d'essais réalisés.

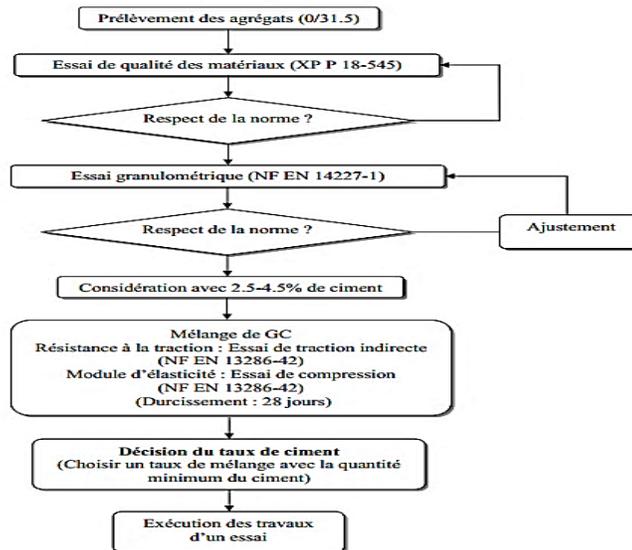


Figure 6 : Méthodologies d'essais de formulation.

3.3 RESULTATS DES PERFORMANCES PHYSICO-MECANIQUES

Les résultats d'essais de compactage (Figure 7) montrent que les « mgtlths » à base de granulats recyclés, demandent une quantité importante en eau, elle peut atteindre le double que celle demandée par un « mgtlh » à base de granulats naturel. Ceci peut être expliqué par la structure très alvéolaire de l'ancien mortier et béton qui retiennent plus d'eau [8]. Les densités obtenues des « mgtlths » à base des granulats recyclés sont supérieures à celles à base de granulats naturels, ceci est sûrement lié à l'aspect très angulaire du mélange recyclé qui permet une meilleure intercalation des grains sous l'effet du compactage.

En ce qui concerne les performances mécaniques (Figure 8, 9,10), les résultats des « mgtlths » recyclés sont en deçà du seuil requis, tandis que les « mgtlths » naturel présentent des valeurs supérieures. Ceci est peut être en relation avec la présence du bitume dans le cas des fraisats et à la discontinuité granulaire détectée dans le cas des des produit de démolition. Ces paramètres ont vraisemblablement affectés les performances mécaniques. Cette situation est remédiable, si on procède à des corrections granulaires, ou à l'ajout de ces matériaux comme des fractions bien déterminé dans le mélange granulaire. D'autant plus que les granulats recyclés seuls demandent une quantité supérieure de ciment pour avoir l'effet escompté. Les mgtlh naturel atteignent les performances requises pour un pourcentage de ciment inférieur même à 4 %, tandis que les autres graves traitées requièrent un pourcentage supérieur à 8%. Malheureusement dépasser ce seuil faire sortir l'opération de valorisation du contexte économique et devienne très onéreuse à mettre en œuvre.

Néanmoins, il se peut que la nature de ciment utilisé (CEM II / A 42.5N), à un rôle dans l'opération du traitement à considérer ultérieurement. Dans le cas des mesures du retrait total (Figure 11), les « mgtlths » recyclés présentent des valeurs importantes de retrait dues à la quantité d'eau supplémentaire qui n'a pas servi au

processus d'hydratation. En plus ces deux matériaux présentent même des gonflements liés à la présence d'une fraction argileuse comme confirmé dans les essais de propreté.

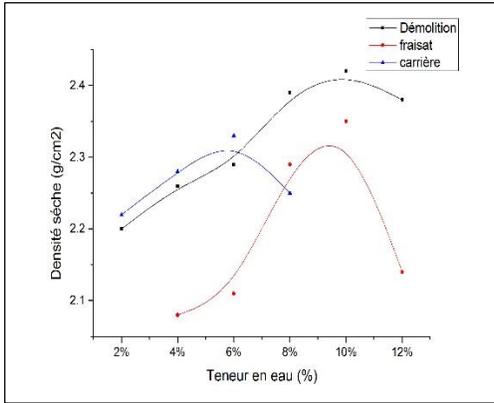


Figure 7 : Courbe Proctor (cas ciment à 6%).

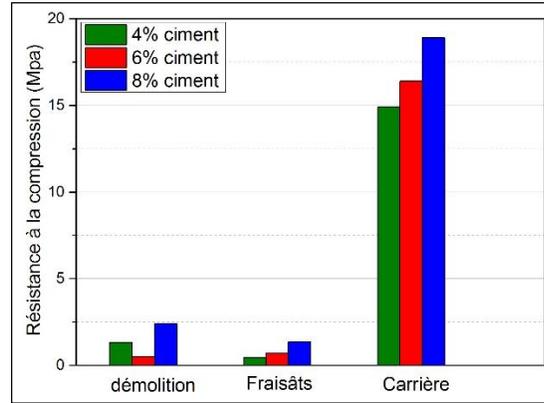


Figure 8 : Essais compression (éprouvette 16x32).

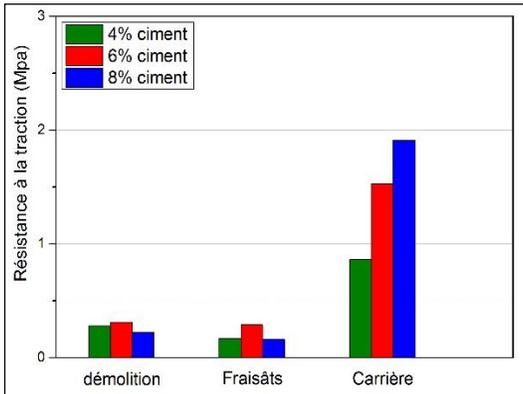


Figure 9 : Essais traction par fendage.

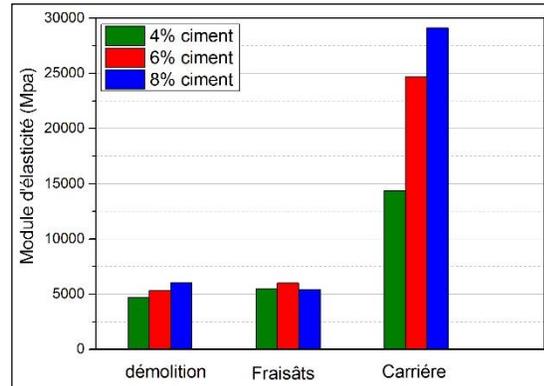


Figure 10 : Essais module d'élasticité.

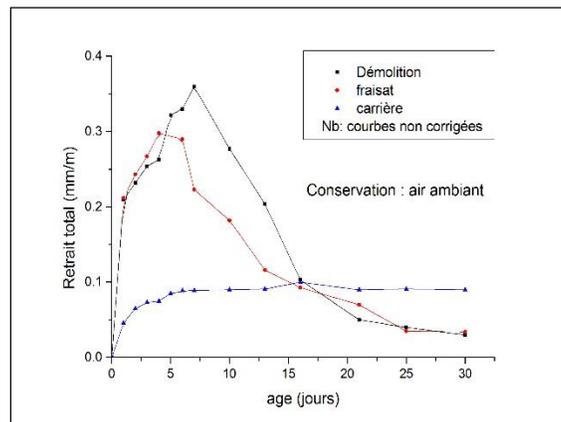


Figure 11 : Mesure retrait total.

4. CONCLUSIONS

L'objectif que nous avons fixé au démarrage de cette étude c'est essayé de valoriser deux type de matériaux qu'on trouve abondamment stocké un peu partout : les produits de démolition et les fraisâtes de route. Après réaliser une campagne d'essais de caractérisation, d'essai mécanique et mesure de retrait en peut conclure ce qui suit : Les matériaux type GNT reste toujours des matériaux nobles que les performances enregistrés sont meilleure et homogène.

- 1- Pour les matériaux de recyclage les résultats démontrent des performances moindres que la GNT, mais reste appréciable et incitent à un emploi dans le domaine routier.
- 2- Les fraisât de route apparait comme un matériau homogène avec un grand potentiel de valorisation. Toutefois la présence de bitume peut diminuer l'effet d'adhésion souhaité du liant hydraulique.
- 3- Pour les agrégats de recyclage d'origine matériaux construction, une attention particulière devra être donnée à l'aspect homogénéité des mélanges pour ne pas avoir des résultats dispersés.

5. REFERENCES

- [1] Conférence des Nations Unies sur le développement- Sommet de Johannesburg. 2002. Available from : <http://www.un.org/french/events/wssd/pages/cnued.html>
- [2] Williams, R. I. T. 1986. Cement-treated pavements : materials, design, and construction Elsevier Applied Science Publisher ; New York, NY, USA
- [3] Molenaar AAA, Van Niekerk AA. Effects of gradation, composition, and degree of compaction on the mechanical characteristics of recycled unbound materials. *Transportation Research Record* 2002;1787:73–82.
- [4] Rodríguez G, Alegre FJ, Martínez G. The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: the case of the Autonomous Community of Madrid (Spain). *Resources, Conservation and Recycling* 2007;50(3):334–49.
- [5] Leite FC, Motta RS, Vasconcelos KL, Bernucci L. Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. *Construction and Building Materials* 2011;25:2972–9.
- [6] Xuan DX, Houben LJM, Molenaar AAA, Zhonghe S. Mixtures optimization of cement treated demolition waste with recycled masonry and concrete. *Materials and Structures* 2011., doi:10.1617/s11527-011-9756-3.
- [7] Francisco Agrela, Auxi Barbudo, Antonio Ramírez, Jesús. Ayuso, María Dolores Carvajal, José Ramón Jiménez, Construction of road sections using mixed recycled aggregates treated with cement in Malaga, Spain. *Resources, Conservation and Recycling* Volume 58, January 2012, Pages98–106.
- [8] Nourredine ARABI & Layachi BERREDJEM. 2011. Valorisation des déchets de démolition comme granulats pour bétons. *Déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 60 : 25-30.*
- [9] NF EN 13285. 2010. Graves non traitées - Spécifications
- [10] Norme, X. P. P 18-545 (2008). Granulats. Éléments de définition, conformité et codification, 20-25.
- [11] NF EN 14227-1. Mélanges traités aux liants hydrauliques—Spécifications—Partie, 1.
- [12] L. C. P. C et SETRA. 1994. Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée: Guide Technique. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme.