

# Comportement mécanique des couches d'assises modifiées par des débris de démolition

Hocine HADIDANE<sup>1</sup>, Hocine OUCIEF<sup>2</sup>, Mouloud MERZOUZ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Laboratoire MGE, Université Badji Mokhtar-Annaba, BP 12 Annaba 23000, Algérie

hocinehadidane@gmail.com

oucief@yahoo.fr

merzoud\_mouloud@yahoo.fr

**RÉSUMÉ.** L'activité de construction génère d'une part, l'épuisement des gisements naturels de granulats qui imposent de chercher des nouvelles sources d'approvisionnement, d'autre part, l'accumulation des quantités de déchets de construction, qui peuvent être estimée à des millions de tonnes par an dans les pays du monde notamment en Algérie, Le recyclage de ces matériaux déjà engagé dans le secteur des travaux publics est la solution la plus prometteuse.

Le recyclage de l'ancien matériau offre de multiples avantages sur le plan environnemental : une économie de matériaux naturels, une forte diminution du trafic de poids lourds qui transportent ces matériaux et ainsi une grande économie d'énergie.

Ce travail constitue une contribution expérimentale à l'étude de la durabilité des différents matériaux provenant de la démolition du bâtiment (béton, brique et parpaing) en vue de leur utilisation dans les infrastructures des chaussées souples.

Les résultats obtenus sont extrêmement encourageants pour l'incorporation de ces matériaux recyclés dans le corps de chaussées

**ABSTRACT.** The activity of construction generates on the one hand, the exhaustion of the natural aggregate layers which force to seek new sources of provisioning, on the other hand, the accumulation of the quantity of waste of construction, which can be estimated at million tons per annum in the countries of the world in particular in Algeria, the recycling of these materials already engaged in the sector of public works is the most promising solution.

Using recycled materials, beyond the economic interest that it provides, presents other advantage such as the preservation of natural resources.

This work constitutes an experimental contribution to the study of the durability of various materials coming from the demolition of the building (concrete, brick and breeze block) for their use in the infrastructures of the flexible pavements.

The primary results obtained are extremely encouraging for maximum incorporation of recycled materials, in the body roads.

**MOTS-CLÉS :** béton, brique, parpaing, recyclage, caractérisation, environnement.

**KEY WORDS:** concrete, brick, breeze block, recycling, characterization, environment.

## 1. Introduction :

Chaque année les activités du Bâtiment et des Travaux Publics produisent des millions de tonnes de matériaux de démolition, qui dans le cas général sont des déchets inertes. Leur réutilisation dans un contexte d'économie de la ressource naturelle a vite été considérée comme une priorité pour les acteurs des Travaux Publics. L'utilisation de tels matériaux dits recyclés offre plusieurs avantages : économie des ressources naturelles de granulats ; réduction des volumes de stockage des déchets inertes ; économie de transports. [1] L'objectif Cette étude expérimentale est d'étudier le comportement mécanique et la durabilité des matériaux recyclés utilisés en couches d'assises des chaussées souples, et d'analyser les phénomènes et les mécanismes qui se produisent à travers : La nature des granulats de recyclage, la granulométrie, l'état de compacité des matériaux.

## 2. Catégories de granulats de recyclage :

Les produits de recyclage sont de natures différentes allant de graves non calibrées aux granulats classés tels que sables et gravillons. On peut définir cinq Graves de Recyclage, GR0 à GR4 (tableau1). Leur caractérisation est faite à partir des normes NF P 11-300 [2], XP P 18-545 [3], NF EN 13242 [4] et NF EN 13285 [5],

Référence à la norme	NF P 11-300		XP P 18-540 et NF P 98-129 (GNT A)		
	F 72	F 71			
Catégories de GR	GR <sub>0</sub>	GR <sub>1</sub>	GR <sub>2</sub>	GR <sub>3</sub>	GR <sub>4</sub>
Granularité	Non calibré	0/D D ≤ 80 mm	0/D D ≤ 31,5 mm	0/D D ≤ 20 mm	0/D D ≤ 20 mm

<b>Dureté</b>	Non spécifié	LA ≤ 45 MDE ≤ 45	LA ≤ 45 MDE ≤ 45	LA ≤ 40 MDE ≤ 35	LA ≤ 35 MDE ≤ 30
<b>Propreté</b>	Non spécifié	ES non spécifié	ES ≥ 50	ES ≥ 50	ES ≥ 50
<b>Teneur en Sulfate</b>	Selon utilisation	≤ 0,7%	≤ 0,7%	≤ 0,7%	≤ 0,7%

**Tableau 1 :** Caractéristique des graves de recyclage. [1][6]

**3. Domaines d'emploi :** Les matériaux définis ci-dessus peuvent être utilisés en constructions routières pour réaliser les remblayages divers, les couches de forme et les assises de chaussées.

**3.1- Les graves GR0 :** Ces graves peuvent contenir une petite proportion de plâtre qui vise à limiter la fragmentabilité du matériau. Elles sont inutilisables en couche de forme mais leur emploi est possible en remblai.

**3.2- Les graves GRI :** Comme les graves GR0 cette catégorie peut être employée dans les remblais et les couches de forme en particulier lorsque les graves GR0 ne peuvent pas être utilisées.

**3.3- Les graves GR2, GR3 et GR4 :** Leur emploi en assises de chaussées est possible, soit sous forme de graves non traitées. Les spécifications relatives aux possibilités ou aux conditions d'emploi de ces graves sont données en fonction de la position de la couche dans l'assise et de l'intensité du trafic selon les classes de trafic. [1][6]

#### 4. METHODOLOGIES EXPERIMENTALES :

Dans cette partie expérimentale nous avons procédé à une identification complète des matériaux pour la détermination de leurs caractéristiques physiques et géotechniques puis nous avons procédé à la réalisation des essais destinés à étudier les caractéristiques mécaniques des granulats.

##### 4.1- Description des échantillons :

Après le concassage des blocs, les granulats produits ont été soumis au séchage à l'étuve à la température de 105 °C, ensuite nous avons réalisé une série d'essais d'identification.

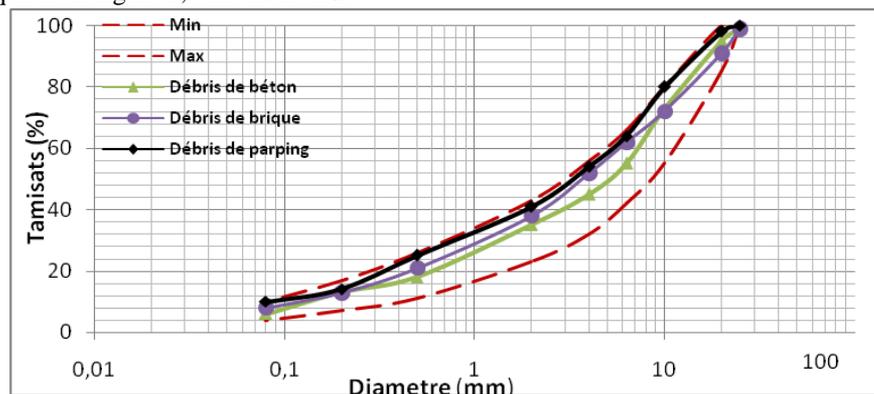
##### 4.2- Propriétés physiques des matériaux utilisés :

Conformément à la norme (NF EN 1097-6 + A1) [7], les propriétés physiques essentielles obtenus pour les trois matériaux sont donnés dans le tableau 2.

Débris de :	béton	brique	parpaing
<b>Masse volumique du solide <math>\gamma_s</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,56	2,21	2,39
<b>Masse volumique humide <math>\gamma_h</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,50	1,01	1,49
<b>Masse volumique sèche <math>\gamma_d</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,73	1,45	1,73
<b>L'indice des vides e (%)</b>	67	89	74
<b>Teneur en eau W (%)</b>	0,91	0,18	1,36
<b>Degré de saturation Sr (%)</b>	3,18	0,51	5,16
<b>La porosité n (%)</b>	42,03	49,2	40,33

**Tableau 2 :** Propriétés physiques des trois échantillons.

**4.3- Analyse granulométrique :** (NF EN 933-1) [8] Les résultats obtenus sont donnés par la courbe granulométrique de la figure 1, et le tableau 3.



**Figure 1 :** Courbes granulométriques des trois échantillons

Les caractéristiques granulométriques obtenues montrent que les trois échantillons ont une granulométrie étalée, cela nous a permis de choisir toutes les classes granulométriques que nous avons utilisé par la suite.

**4.4- Equivalent de sable :** NF EN 933-8 [9] Les résultats obtenus sont donnés par le tableau 3.

débris de :	béton	brique	parpaing
Cu	187,5	120	150
Cc	2,13	1,4	9,38
ES	90,9	94,44	87,83

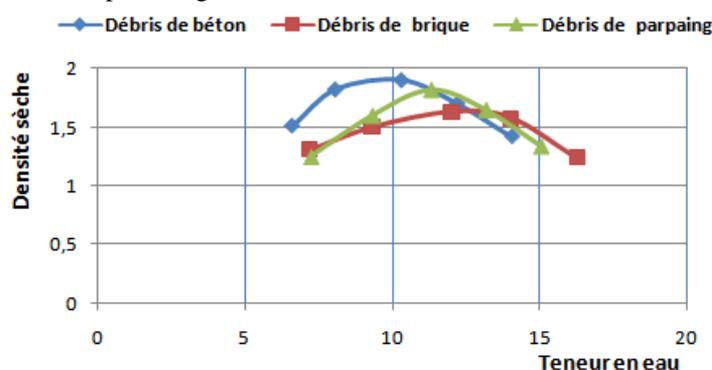
**Tableau 3 :** Caractéristiques granulométrique et équivalent de sable des trois échantillons.

Les résultats Nous permis de dire que les matériaux étudiés sont dits non plastiques et ne contiennent pas de fines argileuses.

## 5. ESSAIS MECANIQUES :

### 5.1- Essai PROCTOR : NF P94 093[10]

Cet essai consiste à déterminer, pour un compactage normalisé d'intensité donnée, la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale. Les essais sont réalisés au moule CBR et la dame du Proctor modifié, Les résultats de ces essais sont donnés par la figure 2.

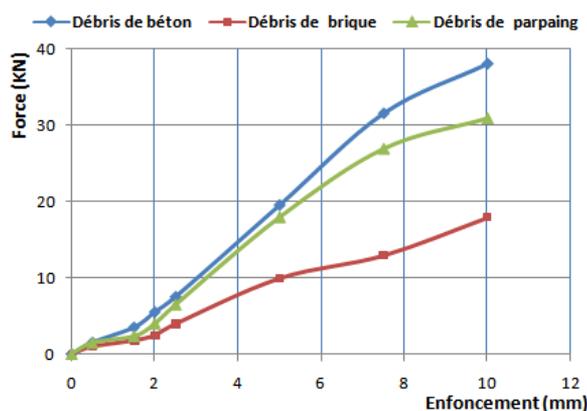


**Figure 2 :** Courbe Proctor modifié.

### 5.2- Essai C.B.R (CALIFORNIAN BEARING RATIO) (NFP 94-078) [11]

L'indice CBR est le résultat d'un essai mécanique permettant de caractériser la portance d'un sol. Il est déterminé à partir de la mesure de l'enfoncement d'une pointe normalisée dans un échantillon compacté à l'énergie Proctor. Plus cet indice est élevé, meilleur est le comportement du sol.

Les résultats de ces essais sont donnés par la figure 3.



**Figure 3 :** Courbes forces-enfoncements (CBR).

### 5.3- Interprétation des résultats :

Dans notre étude, les courbes Proctor obtenues (figure 2) ont une allure aplatie, cela s'explique par le fait que nos matériaux sont peu sensibles à l'eau. Les trois échantillons présentent des valeurs de densité sèche maximales rapprochées et avoisinante de 2 % ce qui caractérise une bonne compacité, néanmoins l'échantillon de brique présente une densité légèrement petite par rapport à celle des deux autres échantillons, Quant à la teneur en eau optimale, elle est plus élevée pour cet échantillon, ce qui montre que les débris de brique absorbent une quantité importante d'eau pour obtenir une meilleure compacité de ce matériau. L'énergie de compactage, dépendent de la nature du matériau et de sa teneur en eau, l'indice CBR croit avec l'augmentation de l'énergie de compactage Il est d'autant meilleur que la teneur en eau est optimale. [12]

Les résultats trouvés indiquent une portance satisfaisante de nos matériaux, pour leur utilisation dans le corps de chaussée. Il est évident que les débris de brique présenteront une portance moins élevée par rapport aux deux autres échantillons, du fait qu'ils présentent une mauvaise compacité.

### 6. ESSAIS DE DURETE ET DE DURABILITE :

Pour étudier la dureté et la durabilité des granulats et déterminer leurs caractéristiques mécaniques nous avons procédé à la réalisation d'une série d'essais qui contient :

#### 6.1- Essai Los Angeles : (NF EN1097-2 §5) [13]

Cet essai permet de mesurer les résistances combinées à la fragmentation par chocs des boulets et à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

**6.2- Essai Micro Deval :** (NF EN 1097-1) [14] Cet essai permet de mesurer la résistance des granulats à l'usure par frottement. Les résultats des deux essais sont donnés dans le tableau4.

Essai	Los Angeles(%)	Micro Deval (%)
Débris de béton	32	29
Débris de brique	18	17
Débris de parpaing	37	31

**Tableau 4 :** Essais Los – Angeles, et Micro – Deval

#### 6.3- Essai de fragmentabilité :

L'essai de fragmentabilité selon la norme NF P 94-066 [15] permet d'apprécier et de mesurer la sensibilité d'un matériau rocheux à se fragmenter sous la sollicitation des engins de terrassements.

#### 6.4- Essai de dégradabilité :

L'essai consiste à déterminer la réduction du D10 d'un échantillon de 2 kg d'une fraction de 10/20, soumis à quatre cycles imbibition- séchages conventionnels[16]. Les durées de séchage et d'immersion sont respectivement 8h et 16h. Après les quatre cycles de 24h, L'échantillon est soumis à une analyse granulométrique complète. L'essai se traduit par le coefficient de dégradabilité DG

#### 6.5- Essai d'altérabilité :

L'essai consiste à déterminer la réduction du D10 d'un échantillon de 1 kg d'une fraction de 10/20, soumis à cinq cycles imbibition- séchages conventionnels. L'essai se traduit par le coefficient d'altérabilité AL.

Les résultats obtenus pour ces trois essais sont regroupés dans le tableau 5.

Essai	Fragmentabilité	Dégradabilité	Altérabilité
Débris de béton	6,53	1,25	1,1
Débris de brique	2,9	1,15	1.03
Débris de parpaing	7,48	1,31	1,27

**Tableau 5 :** Tableau récapitulatif des différents essais de dégradation.

#### 6.6-Interprétation des résultats :

On constate une corrélation d'un aspect particulier entre les essais de dureté et de durabilité, en effet les matériaux présentant les résistances mécaniques les plus élevées sont les matériaux les plus résistants à l'action de l'eau. L'échantillon de brique est caractérisé par une forte résistance au choc, à l'usure et à la fragmentation dynamique, cela est du à la dureté de ce matériau sachant qu'il est produit à des pressions et des températures très élevées. La résistance mécanique des granulats dépend essentiellement des forces de liaisons interparticulaires et assez peu de la dureté des particules. Le parpaing est caractérisé par une résistance médiocre au choc et à la fragmentation dynamique, ces essais font donc intervenir la notion de fragilité qui caractérise ce matériau [12]

## 7. Conclusion générale :

A travers tous les essais effectués on constate un lien direct entre la résistance mécanique, la dureté et la durabilité des matériaux étudiés. En effet, les débris de brique dont les granulats sont relativement durs présentent une meilleure réponse aux cycles du point de vue résistance mécanique et durabilité. De même, les débris de parpaing dont les granulats sont relativement tendres, présentent la plus faible résistance et des taux d'écrasement les plus importants, c'est donc le matériau le moins durable.

Les résultats obtenus sur ces matériaux dont les performances sont considérables par rapport aux granulats naturels de point de vu de dureté et durabilité, résistances et épaisseurs des couches, son utilisation dans le domaine routier permis de recycler ces déchets industriels, d'utiliser un minimum de produits nécessitant une énergie d'exploitation importante et une économie sur les couches de surface réalisées avec des matériaux onéreux

## Références bibliographique :

[IDR11] IDRRIM Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité N°22 - CLASSIFICATION ET AIDE AU CHOIX DES MATERIAUX GRANULAIRES RECYCLES - FEVRIER 2011 PAGE 3 ET 8.

[AFN 92] AFNOR – NF P 11-300 - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières – septembre 1992

[AFN 08] AFNOR – XP P 18-545 – Granulats – Eléments de définition, conformité et codification – mars 2008

[AFN 08] AFNOR – NF EN 13242+A1 – Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées – mars 2008

[AFN 10] AFNOR – NF EN 13285 – Graves non traitées – spécifications – décembre 2010

[SER 13] SERIFOU MAMERY. Thèse de doctorat Le 23 DECEMBRE 2013 .page 26. Béton à base de recyclats : influence du type de recyclats et rôle de la formulation L'UNIVERSITE BORDEAUX 1. 191p

[NFE 97] NF EN 1097-6 + A1 2006 Mesure des masses volumiques, porosité, coefficient d'absorption et teneur en eau des gravillons et cailloux

[NFE 12] NF EN 933-1 Mai 2012 Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 1 : détermination de la granularité - Analyse granulométrique par tamisage –

[NFE 12] NF EN 933-8 Mars 2012 Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 8 : évaluation des fines - Équivalent de sable -

[NFP 14] NF P94-093 Octobre 2014 : Sols : reconnaissance et essais - Détermination des références de compactage d'un matériau - Essai Proctor Normal - Essai Proctor modifié -

[NFP 97] NFP 94-078 Mai1997, Graves traités Indice CBR après immersion – indice CBR immédiat – indice portant immédiat. Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR. - Essais CBR,

[EAZ 08] Fazia BOUDJEMIA. Mémoire de magister .ETUDE DE LA DURABILITE DES MATERIAUX RECYCLES 2008.

[NFE 97] NF EN1097-2 §5 2010 Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats Partie 2 : Méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation (Los Angeles)

[NFE 11] NF EN 1097-1 2011 Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats Partie 1 : Détermination de la résistance à l'usure (micro-Deval)

[NFP 92] NF P 94-066 Décembre 1992 Sols - reconnaissance et essais Coefficient de fragmentabilité des matériaux rocheux

[NFP 92] NF P94-067 Décembre 1992 Sols : reconnaissance et essais - Coefficient de dégradabilité des matériaux rocheux

[NFP 13] NF P18-576 Février 2013 Granulats - Détermination du coefficient de friabilité du sable

[NFE 07] NF EN 1367-1 Août 2007Essais de détermination des propriétés thermiques et de l'altérabilité des granulats - Partie 1 : détermination de la résistance au gel-dégel -