

Valorisation de la marne et du laitier cristallisé dans les corps de chaussées

Omar BOUDLAL¹, ALI HAMOUDI²

¹ Laboratoire de recherche en Géomatériaux, Environnement et Aménagement (L.G.E.A), Département de Génie Civil, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), Algérie.

² Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), Algérie.

RESUME : La présente étude fait partie d'un projet de recherche initié sur la préservation des ressources naturelles habituelles de granulats en Algérie. Leur extraction devient de plus en plus abusive ces dernières années en rapport avec le développement des secteurs du génie civil et des travaux publics en particulier. Elle a pour objectif principal, la valorisation de nouveaux matériaux locaux naturels et le recyclage de matériaux industriels considérés comme déchets, de façon à toucher rationnellement les deux volets économique et écologique. Elle se porte sur l'étude du comportement mécanique de mélanges de marne et de laitier cristallisé (déchet de haut fourneau) sous différentes sollicitations routières. Les résultats obtenus notamment pour les mélanges à forte proportions de laitier sont très intéressants et peuvent ouvrir un large éventail d'exploitation des matériaux cités. Ils peuvent ainsi présenter une alternative propre, durable et rentable dans le domaine de la construction routière en particulier et éventuellement dans le domaine du génie civil en général.

Mots-clés : Matériaux (marne-laitier), comportement, valorisation, chaussées, environnement

I. INTRODUCTION

Ce travail a pour objectif la valorisation de nouveaux matériaux locaux naturels et industriels en l'occurrence la marne et le laitier du haut fourneau très abondants en Algérie (Benhassaine, 1980). D'une part pour satisfaire la demande excessive en granulats afin d'assurer la continuité d'approvisionnement des projets en exploitant d'autres matériaux naturels (marne). D'autre part, pour se débarrasser de certains matériaux considérés comme déchets (laitier) en tenant compte des facteurs environnemental et économique. Le laitier peut répondre parfaitement à ces deux exigences ; il présente généralement les caractéristiques d'une roche poreuse résistante (Direction, 2012) et stable chimiquement. Il peut présenter une alternative durable et non dangereux selon l'article R541-8 (2011) du code de l'environnement relative à la classification des déchets

II. PRELEVEMENT ET PREPARATION DES ECHANTILLONS

Les matériaux étudiés, sont la marne et le laitier du haut fourneau (laitier cristallisé) prélevés sous forme de blocs. La marne est prélevée sur un gisement situé à 1km environ du chef-lieu de la

wilaya de Tizi-Ouzou. Le laitier du haut fourneau est du type cristallisé, récupéré sur le complexe d'El Hadjar (Annaba) à 500 km environ de Tizi-Ouzou (à l'Est de l'Algérie). Les deux matériaux sont concassés séparément de telle sorte à former une même classe granulométrique, délimitée par le fuseau relatif aux corps de chaussée prescrit par la norme NF EN 13-285, (voir figure 2).

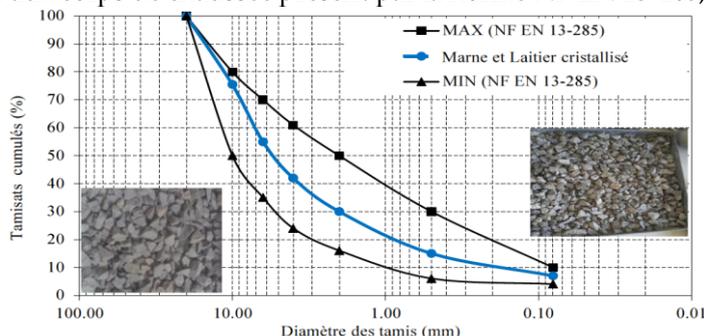


FIGURE 1. Granulométrie des matériaux étudiés.

Les matériaux présentés sont d'abord soumis aux essais d'identification, ensuite sont reconstitués en échantillons (mélanges) avec différentes proportions de laitier (30, 50 et 70%). Ils sont ensuite soumis aux différents essais mécaniques et routiers reproduisant les types de sollicitations mécaniques et hydriques rencontrés ultérieurement sur chantier lors de leur mise en service.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les matériaux étudiés sont soumis à plusieurs séries d'essais d'identification, mécanique et routiers. Les résultats obtenus sont présentés dans ce qui suit.

IV. ESSAIS D'IDENTIFICATION

TABLEAU 1. Caractéristiques physiques et chimiques de la marne.

Caractéristiques Physiques	w (%)	wl (%)	wp (%)	Ip (%)	qs (g/cm³)	qh (g/cm³)	Sr (%)	e (%)	n (%)
Valeurs	03,60	33	21,29	11,71	2,40	2,24	18,06	45	31
Caractéristiques Chimiques	Chrome (%)	Silicium (%)	Chlorite de Sodium (%)	Carbonate de calcium (%)	Oxyde de silicium (%)				
Valeurs	1	2	1	36,4	59,6				

TABLEAU 2. Caractéristiques du laitier cristallisé. (Cherfa et Ait Mokhtar, 2009).

Caractéristiques	Masse volumique absolue (g/cm²)	Masse volumique apparente (g/cm²)	Porosité (%)	Coeff de réactivité α	MDE (%)	LA (%)	Coeff d'aplatissement
Valeurs	2,8	1,2	50	39	16	26	18

V. ETUDE DU COMPORTEMENT MECANIQUE

A. Essais de compactage au Proctor modifié

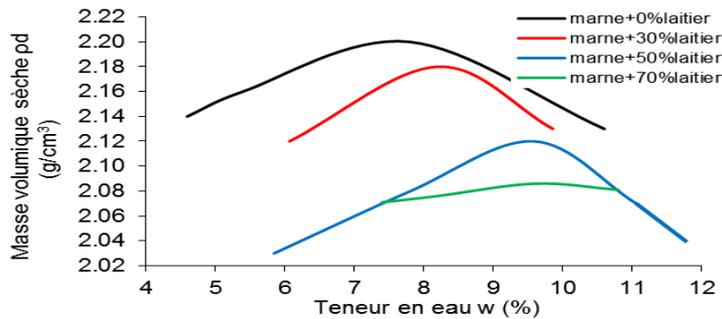


FIGURE 2. Courbes de compactage au Proctor modifié.

Bien que l'ajout du laitier a réduit légèrement les densités sèches des mélanges (voir Fig.2). Toutefois, elles vérifient les exigences des normes en vigueur ($\rho_d > 2$ et $w \approx 9\%$). Ces caractéristiques, comparativement aux matériaux routiers habituels (Braja, 2008), permettent de les qualifier (du point de vue compactage) pour les couches inférieures de chaussées (SETRA-LCPC, 2000).

B. Essais de portance CBR après immersion

Les essais CBR réalisés après immersion (voir Fig. 3), montrent que la portance des mélanges augmente considérablement avec l'ajout du laitier. En effet, elle passe de 13 pour la terre seule à environ 40 avec l'ajout de 70% de laitier. L'indice CBR des échantillons étudiés est directement lié aux proportions de laitier et de terre qui les compose. Vu son évolutivité, la terre présente généralement de faibles caractéristiques mécaniques à l'état humide (Serratrice, 2017).

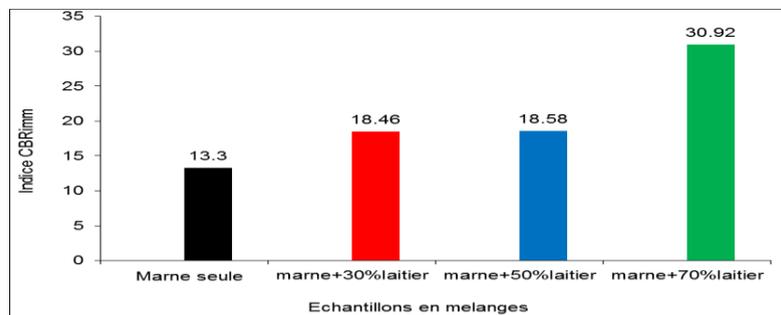


FIGURE 4. Résultats des essais CBR après immersion.

Ainsi, les mélanges à fortes teneurs en laitier (moins sensibles à l'eau) présentent une structure renforcée qui développe de meilleures résistances au poinçonnement. Selon les seuils de portance des sols et des matériaux cités dans la littérature (ALBTP, 2018), leur réemploi est fortement envisageable en couches inférieures de chaussées notamment à faible trafic.

C. Autres essais routiers

Les résultats des essais de résistance aux chocs (Los Angeles, LA) et à l'usure (Micro-deval, MDE), ainsi qu'à la fragmentabilité (FR), et à la dégradabilité (DG), sont récapitulés dans le tableau 4. L'ajout du laitier a amélioré notablement le comportement des mélanges. Ces derniers se présentent comme des matériaux peu fragmentables sous pilonnage ($FR < 7$) et peu dégradables

sous l'effet des cycles alternés humidification-séchage ($DG < 5$), avec une meilleure résistance aux chocs et à l'usure. Ils peuvent être insérés dans la famille des matériaux de catégorie E. Ce type de matériau peut être utilisé en couches inférieures de chaussées, notamment en couche de forme.

TABLEAU 4. Résultats des essais routiers.

	LA	MDE	LA + MDE	FR	DG
Marne seule	50	100	150	2,2	4
Marne + 70% de laitier	40	36	76	2,17	3,66

V CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que les matériaux reconstitués de marne et de laitier ont présenté des résultats très intéressants relativement aux normes en vigueur sous les sollicitations appliquées. Ils peuvent être par conséquent proposés en leur état naturel comme granulats routiers en couches inférieures, notamment dans le cas des chaussées de faible à moyen trafic. Ces matériaux, peuvent ainsi constituer une alternative intéressante : économique, propre et durable comme matière première dans la construction routière. Il convient alors de concerter les efforts des acteurs économiques et scientifiques pour développer la valorisation et l'exploitation des matériaux présentés et d'autres matériaux similaires dans les filières du BTP.

REFERENCES

- Annexe II de l'article R541-8 du Code de l'Environnement relative à la classification des déchets (2011), Modifié par décret n°2016-288 du 10/03/2016 - art. 6. <http://ofrir2.ifsttar.fr/materiaux/categories-de-materiaux/co-produits-industriels/laitiers-de-haut-fourneau/>
- Association Africaine des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics (ALBTP). (2018). Règles techniques pour la construction routière dans les pays africains de la zone intertropicale. <http://biblioconstruction.blogspot.com/2019/05/livre-regles-techniques-pour-la.html>
- Benhassaine, M. (1980). Recherche sur les modèles de relief et les formations superficielles dans la vallée de l'oued Sébaou. Thèse 3^{ème} cycle, Université Paris VI, France, p 282.
- Braja M. Das, (2008). Advanced soil mechanics. Third edition. Tylor and Francis. <https://www.engbookspdf.com/Civil-Books/Advanced-Soil-Mechanics-3rd-Edition>
- Diallo, M. S. (2013). Les matériaux routiers - Chapitre IV. <https://fr.scribd.com/document/386195078/Chapitre-4-Les-materiaux-routiers-pdf>
- Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement. (2012). p. 295-299. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Laitier_\(métallurgie\)#cite_note-DREAL-24](https://fr.wikipedia.org/wiki/Laitier_(métallurgie)#cite_note-DREAL-24)
- H. Cherfa, K. Ait Mokhtar. (2009). Valorisation des déchets industriels pour la stabilisation des couches de chaussées : cas des laitiers des hauts fourneaux, séminaire international « Innovation et Valorisation dans le Génie Civil ». Les 5 -7 février à Hammamet, Tunisie, 79-89.
- Serratrice, J.F. (2017). Divers aspects du comportement mécanique des marnes en laboratoire. Rev. Fr. Geotech. 151, +3. <https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/2017/02/geotech160016.pdf>
- SETRA-LCPC. (2000). Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes-LCPC. Guide technique, Réalisation des remblais et des couches de forme. Fascicule I, Principes généraux. 2^{ème} édition. https://www.academia.edu/22823860/Réalisation_des_remblais_et_des_couches_de_forme_Fascicule_I_Principes_généraux_Guide_technique.