

# CONCEPTION D'ECO-MATERIAUX LOCAUX A BASE DE SEDIMENTS FLUVIAUX

ABBOU Mohamed<sup>1</sup>, MOULAY-OMAR Hassan<sup>1</sup>, SEMCHA Abdélaziz<sup>1</sup> and MEKERTA Belkacem<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Technology, University Ahmed Draya Adrar, Algeria

## RÉSUMÉ

Durant ces dernières années le développement de la construction des logements et des infrastructures, en Algérie, a engendré un besoin énorme en matériaux de construction et une pénurie de plus en plus marquée des matériaux traditionnels issus des carrières. Par ailleurs, les matériaux économiques à base des produits naturels locaux représentent un intérêt certain en tant que matériaux de substitution.

Dans les régions sahariennes, telle que la région d'Adrar, les cours d'eau (oueds), sont à sec durant presque toute l'année, charrient des quantités considérables d'agrégats pendant les crues (graviers roulés, sables, limons et argiles). La région d'Adrar est située dans la partie occidentale de la plateforme saharienne dans le prolongement de la chaîne d'Ougarta qui sépare les deux bassins sédimentaires de Reggane et de Timimoun à faciès marins et continentaux.

Dans ce contexte la région d'Adrar dispose de nombreux gisements pouvant être d'exploités dans le secteur BTP. De là est née l'idée de conception d'éco-matériaux de construction à base de ces matériaux locaux qui ont prouvé leur usage depuis des millénaires, à travers des sites patrimoniaux remarquables. Nous avons ciblé dans ce travail, la conception de brique de terre à partir d'argiles prélevées sur un site sélectionné ainsi que du sable et des fibres disponibles en abondance dans cette région.

*Mots clés : Argiles, Sables, éco-matériaux, Briques, Bâtiment.*

## INTRODUCTION

A cause d'une croissance démographique des plus fortes au monde, et la politique d'industrialisation choisie par l'Algérie depuis son indépendance, ainsi que l'influence des nouvelles techniques des matériaux constructifs, accentuées par le besoin urgent en logements, le gouvernement Algérien est actuellement contraint de revenir aux matériaux traditionnels et à la conception des éco-matériaux de construction à base des produits locaux. Les recherches scientifiques dans ce domaine sont fortement encouragées.

Les matériaux de construction en terre crue qui existent depuis des temps immémoriaux, et qui possèdent une grande variété des techniques, sont appelés à revenir comme solution pour enrichir le secteur du bâtiment. Les techniques de la brique de terre comprimée (BTC) à base d'argile offre une adaptation à l'environnement désertique des zones arides et répond aux critères de la durabilité, dans ces régions telle qu'Adrar.

Dans ce travail, nous présentons la localisation géologique de la région du Touat (Adrar) ainsi que l'Oued de la Saoura. Par la suite nous ferons une présentation de la valorisation des matériaux locaux à base des sédiments de nature argileux. Au préalable une étude expérimentale englobera l'identification des matériaux utilisés : la densité sèche d'une argile augmente avec l'énergie de compactage ; pour cela nous avons adopté un

compactage statique à fin d'augmenter la densité sèche de l'argile utilisée.

Finalement, nous avons ciblé l'évolution de la caractéristique optimale du compactage statique de l'argile de la région d'Adrar en fonction de la variation de la contrainte de confection imposée (1MPa, 1,5MPa et 2MPa).

## CONTEXTE GEOLOGIQUE DU SITE

La région d'étude se situe dans l'Ouest-Sud-Ouest du Sahara algérien au niveau de la plate-forme saharienne (Fig.1). Des ergs (massifs de dunes de sable) et des regs (plateaux caillouteux) constituent les paysages de la zone étudiée. Seuls les monts d'Ougarta présentent des reliefs significatifs.

Par ailleurs, les affleurements se rencontrent dans le lit des oueds limités par des hamadas plateaux [1].

L'Oued de la Saoura est connu par ses crues qu'il arrive à pousser à quelque deux cent kilomètres plus loin au Bas-Touat. La crue transporte des quantités importantes de particules fines et solides.

Dans ce contexte géologique particulier la région d'Adrar dispose d'une grande réserve de dépôts sédimentaires de nature argileuse ainsi que d'un lit de sable de dune d'épaisseur énorme [2].

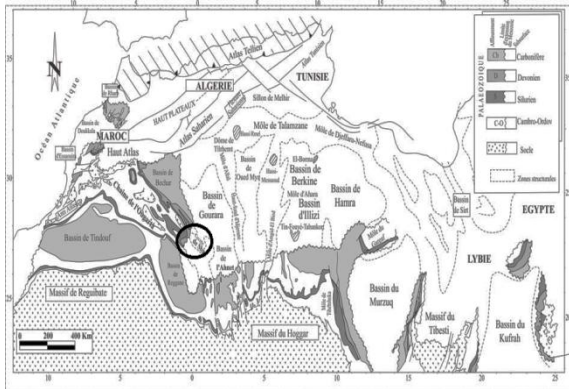


Fig. 1 Carte des principaux éléments morpho-structuraux de la plate-forme saharienne (modifiée d'après Boote et al., 1998)[1].

## UTILISATION DES MATERIAUX EN TERRE CRUE EN ALGERIE

L'Algérie a manifesté très tôt son intérêt pour la revalorisation des matériaux locaux qui sont biodégradables et qui ne nuisent pas à l'environnement.

L'étude de la réhabilitation et la restauration de l'ancien hôpital d'Adrar construit en terre, conçu en 1942 par Michel Luyckx, et classé en 2007 patrimoine local, présente un exemple vivant sur l'importance de l'utilisation des matériaux en terre dans le sud algérien.

Le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du bâtiment, regroupe plusieurs projets réalisés en terre crue et en BTC qui ont pu voir le jour tels que:

- 120 logements du village agricole de Madher à Boussaada sont réalisés en BTS.
- 40 logements réalisés à Chéraga près d'Alger en blocs de terre comprimée.
- 10 logements réalisés à Adrar en BTC.
- 10 logements réalisés à Reggane en BTC.
- 24 logements réalisés à Tamanrasset par l'office de promotion et de gestion immobilière en BTC.
- 44 logements réalisés par l'ETR de Tamanrasset en BTC.

## IDENTIFICATION DES MATERIAUX LOCAUX

Les sols diffèrent d'une région à une autre, pour cela, une identification de leurs caractéristiques s'impose. Dans notre étude nous devons identifier deux matériaux locaux, l'argile et le sable de dune. La distribution granulométrique a été déterminée par deux méthodes complémentaires, le tamisage par voie humide et une analyse par sédimentation, respectivement selon les normes XP P94-041 [4] et NF P 94-057 [5].

Les propriétés plastiques de la fraction fine, particules de taille inférieure à 400  $\mu\text{m}$ , ont été mesurées comme il est défini dans la NF P94-051 [6]. La masse volumique des particules solides ( $G_s$ ) a été mesurée en utilisant un pycnomètre NF P 94-054 [7].

### L'Argile

L'argile utilisée se localise dans le crétacé inférieur communément appelé continentale intercalaire. Dans la première partie du secteur des sédiments du crétacé inférieur sont recouverts par une épaisse couche de dépôts récents (sable, limon, débris de grès, galets de quartz et localement d'anhydrite).

Le site est situé à quelques kilomètres au nord de la ville d'Adrar (Est de la RN6). Le matériau a une couleur rouge, et sert à alimenter la briqueterie d'Adrar. Selon les classifications LCPC, cette argile est très plastique (At), et d'activité normale ( $A_c = I_p / \% < 2\mu\text{m}$ ).

La surface spécifique totale déduite de l'essai au bleu de méthylène par la formule de Tran Ngoc Lan (1977) [3], est de 230,23  $\text{m}^2/\text{g}$ . Le Tableau 1 résume les résultats d'identification de l'argile utilisée.

Tableau 1 : Propriétés de l'argile utilisée.

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Poids volumique des grains solides	$\gamma_s$	$\text{g}/\text{cm}^3$	2.60
Limite de liquidité	$\omega_L$	%	81
Limite de plasticité	$\omega_p$	%	34
Indice de plasticité	$I_p$	-	47
Limite de retrait	$\omega_s$	%	19.34
Sable	F1	%	10
Limon	F2	%	54
Argile	F3	%	36
Activité des argiles	$A_c$	-	1.30
La valeur de bleu de méthylène	VBS	%	11

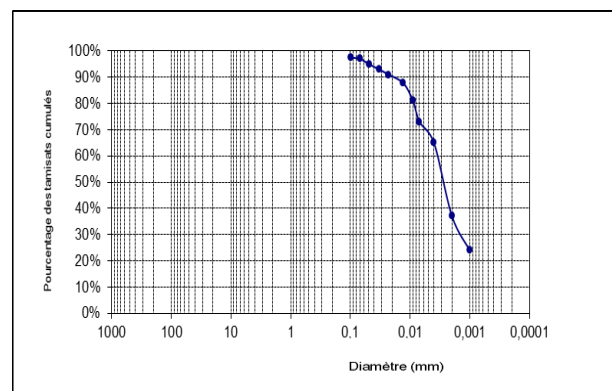


Fig. 2 : Courbe granulométrique de l'argile utilisée.

Les analyses des compositions chimiques et minéralogiques sont effectuées au laboratoire CETIM à Boumerdès (Algérie).

L'analyse chimique élémentaire effectuée par fluorescence X sur cette argile, a révélé la composition chimique présentée sur le tableau 2.

Tableau 2 : Composition chimique de l'argile.

Paramètres	Unité	Valeur
SiO <sub>2</sub>	%	58.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	17.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	7.08
CaO	%	0.63
MgO	%	2.39
SO <sub>3</sub>	%	0.35
K <sub>2</sub> O	%	4.68
Na <sub>2</sub> O	%	0.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.07
Perte au feu	%	7.29
Cl	%	0.055

### Le Sable

Le sable analysé est un sable de dune d'une classe granulaire (0/2) propre mal gradué, provenant de la région de Bouda (ville d'Adrar). Les caractéristiques géotechniques du sable, déterminées selon les normes AFNOR, sont présentées sur le tableau 3.

Tableau 3 : Propriétés du sable de dune.

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Tamisât < 80µm	$\omega_L$	%	81
Tamisât < 2mm	$\omega_p$	%	34
Equivalent de sable	ES	%	77
Module de finesse	Mf	-	1.9
Masse volumique apparente	MVapp	g/cm <sup>3</sup>	1.53
Masse volumique absolue	MVabs	g/cm <sup>3</sup>	2.60

### METHODE DE COMPACTION ET CONCEPTION DES EPROUVETTES

Les échantillons de terre (Argile) crue ont été compactés à trois niveaux de pression différents : 1, 1.5 et 2 MPa. Avant compaction, 200 grammes de matériau sont mélangés à une quantité déterminée d'eau dans un malaxeur pendant 15 minutes. Cette durée est suffisante pour assurer une bonne homogénéité du mélange [8]. L'échantillon humide est ensuite placé dans un milieu étanche pour empêcher toute perte d'eau pendant 24 heures. Cette

étape permet la redistribution homogène de la teneur en eau. Pour finir, le matériau humide est introduit dans un moule cylindrique creux, de dimension 3.5/7 cm, et ce par analogie avec les éprouvettes du béton. Toutefois ces éprouvettes n'ont pas les mêmes dimensions que celles du béton puisque notre granulométrie maximale est inférieure à 5mm [10] et compacté en appliquant le niveau de pression fixé par une presse de capacité 50 kN.

Le matériau est compacté verticalement en partie haute et en partie basse au moyen de deux pistons cylindriques.

D'après des études menées par Mesbah et al. [9]-[10] le compactage statique est mieux adapté aux sols argileux, et que la détermination de la teneur en eau optimale pour le BTC à partir de l'essai Proctor est inappropriée, car l'énergie de compactage n'est pas la même que celle d'un compactage statique utilisé pour la fabrication du BTC. Toutefois, cette thématique fait partie des objectifs de cette étude.

Après compaction, tous les échantillons sont placés dans une enceinte climatique (28°C).



Fig. 3 Confection des éprouvettes cylindrique.



Fig. 4 Conservation des éprouvettes d'argile.

## RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 5 représente la densité sèche en fonction de la teneur en eau des différents échantillons testés pour chaque niveau de compactage (1, 1.50 et 2 MPa).

La figure 6 montre que l'augmentation de la pression de compactage entraîne une augmentation du maximum de densité sèche pour la teneur en eau optimale. L'augmentation de la densité avec la pression de compactage n'est pas linéaire, la variation de densité pour un changement de pression de 1.5 à 2 MPa est supérieure à celle observée quand la pression varie de 1 à 1.5 MPa.

Par ailleurs notre objectif dans cet article est de présenter les caractéristiques optimales obtenues par l'essai de compactage statique de l'argile de la région d'Adrar.

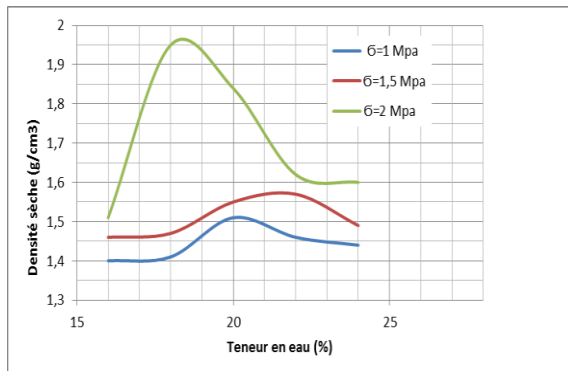


Fig. 5 Courbes de compactage (1, 1.5 et 2 MPa).

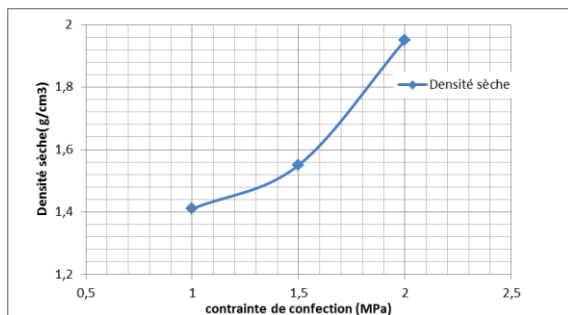


Fig. 6 Variation de la densité sèche en fonction de la pression de compactage.

## VALORISATION DES MATERIAUX

Pour une valorisation des matériaux de la région d'Adrar, nous proposons une approche basée sur l'association de l'argile locale avec un pourcentage de sable de dunes tout en cherchant un mélange d'une courbe granulométrique inscrite dans le fuseau de recommandation du CRATerre (Centre International de la Construction en Terre) pour la

conception d'une brique de terre comprimée (BTC) [11], ainsi que l'amélioration de la plasticité de l'argile pour adopter les recommandations qui définissent des écarts de plasticité et les domaines de validité des sols en vue de leur utilisation comme matériau de construction (BTC) [12].

Dans ce cadre une étude de formulation est nécessaire, pour optimiser le pourcentage de l'argile comme matériau de base et le taux de sable de dune adéquat, pour obtenir une distribution granulaire conforme aux recommandations de la conception des blocs comprimés. Nous déterminerons la consistance du mélange optimal pour localiser l'indice de plasticité par rapport au fuseau de spécification de CRATerre [12].

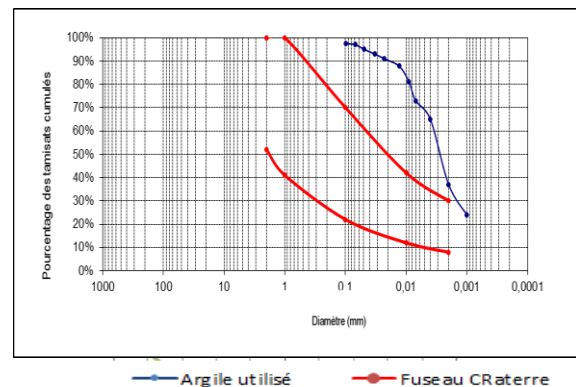


Fig. 7 Distribution granulométriques et recommandations.

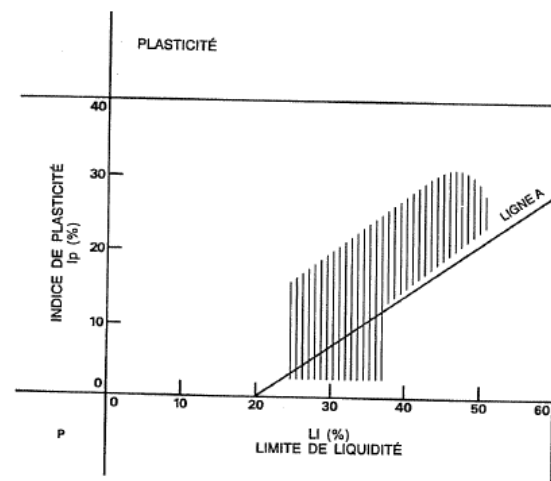


Fig. 8 Fuseau des indices de plasticité de terre utilisable pour les BTC [12].

## CONCLUSION

Dans le contexte géologique, la région d'Adrar est située dans la cuvette limitée par deux grandes bassins de sédimentaire le bassin de Timimoun et le bassin de Reggane. Devant cette formation la région

dispose une grande réserve de sédiments de nature argileuse continentale intercalaire. Ainsi que le sable de dune qui recouvre la grande partie du Sahara Algérien.

Cette étude a permis d'utiliser des matériaux locaux, et d'identifier les caractéristiques physico-mécanique et chimique de l'argile de la région d'Adrar ayant pour objet de conception des briques comprimées à base de l'argile et le sable.

Les essais de compactage statique effectués sur l'argile au niveau des trois pressions de compactage (1, 1.5 et 2MPa) ont été présentés. Ils avaient d'abord pour but une présentation des caractéristiques optimales de l'argile pour chaque niveau de contrainte et la conception des éprouvettes cylindriques d'élancement égal à 2.

Cette présentation a permis de suivre l'évolution des caractéristiques de l'argile compactée statiquement, notamment la densité sèche maximale et la teneur en eau optimale.

Il reste cependant à étudier un nouveau matériau composé d'argile et de sable de dune, cela pour conception des briques de terre comprimée mais au préalable, il faut confirmer que ce nouveau matériau à base des matériaux locaux (argile + sable) est conforme aux normes de fabrication des blocs de terre comprimée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Boote D.R.D., Clark-Lowes D.D. et Traut M.W. (1998). Paleozoic petroleum systems of North Africa. In : Petroleum Geology of North Africa, eds. D.S. Macgregor, R.T.J. Moody and D. D. Clark-Lowes, Geol. Soc. Spec. Pub., 133, 7-68.
- [2] Gautier E.-F., Larnaudé Marcel. L'oued Saoura. In: Annales de Géographie, t. 30, n°163, 1921. pp. 50-59
- [3] Tran Ngoc Lan. "Nouvel essai d'identification des sols : l'essai au bleu de méthylène", Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées, 88, Mars - Avril, pp. 136-137, 1977.
- [4] AFNOR. XP P 94-041. Sols: reconnaissance et essais –Identification granulométrique - Méthode de tamisage par voie humide. AFNOR, 1995.
- [5] AFNOR. NF P 94-057. Sols: reconnaissance et essais – Analyse granulométrique des sols - Méthode par sédimentation. AFNOR, 1992.
- [6] AFNOR. NF P 94-051; Sols: reconnaissance et essais – Détermination des limites d'Atterberg – Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau. AFNOR, 1993.
- [7] AFNOR. NF P 94-054; Sols: reconnaissance et essais – Détermination de la masse volumique des particules solide des sols - Méthodes du pycnomètre à l'eau. AFNOR, 1991.
- [8] Kouakou C.H., Morel J.C., Strength and elastoplastic properties of non-industrial building materials manufactured with clay as a natural binder, Applied Clay Science, 2009, 44, 27-34.
- [9] Mesbah A., Morel J.C., Olivier A., Comportement des sols fins argileux pendant un essai de compactage statique: détermination des paramètres pertinents, Materials and Structures/ Matériaux et Construction, 1999, 32, 687-694.
- [10] P'KLA A. Caractérisation en compression simple des blocs de terre comprimée (BTC): Application aux maçonneries « BTC-Mortier de terre. Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon, France, 2002.
- [11] Houben H. et Guillaud H., 1995. Traité de construction en terre, CRATerre. Editions Paranthèses, Marseille.
- [12] CRATerre-EAG, CDI, Compressed earth blocks: Standards – Technology series No.11, Brussels: CDI, 1998.