



Full Length Research Paper

CARACTERISATION GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX ARGILEUX DU 10^{ème} ARRONDISSEMENT DE LA VILLE DE N'DJAMENA (TCHAD) EN VUE DE LEUR UTILISATION COMME BRIQUES CUITES.**Al-hadj Hamid Zagalo¹, Ahmat Abakar Noubaimi², Fabien Szymkiewicz³, Sébastien Burlon⁴, Armand S.L Wouatong²**¹Université des Sciences et de Technologie d'Ati-Faculté des Sciences de la Vie, de la Terre et de l'Aménagement du Territoire, Ati-Tchad²Université de Dschang-Faculté des Sciences, Dschang-Cameroun³ Université Gustave Eiffel, Paris-France⁴Terrasol, Paris-France*Received April 2021 – Accepted June 2021***Corresponding author : alhadzagalo@yahoo.fr*

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License.

Résumé / Abstract:

Le présent article porte sur la caractérisation géotechnique des sols du 10^{ème} Arrondissement de la ville de N'Djamena en vue de leur utilisation pour la fabrication des briques cuites. Les essais géotechniques et céramiques ont été effectués. Il ressort de ces résultats que les sols étudiés sont essentiellement fins avec une moyenne de 86,9% des passants au tamis de 80 μ m. Ces sols appartiennent au groupe A-7 et sous-groupe A-7-5 suivant la classification Américaine des sols (HRB). La valeur moyenne de l'indice de plasticité est de 28,2% confère aux sols étudiés un caractère plastique. En ce qui concerne les propriétés céramiques, les matériaux ont été stabilisés par cuisson à trois (3) paliers de température (850°C, 950°C et 1050°C). La couleur des briques varie du brun jaune à rouge-jaune-claire. De plus, la résonance est métallique quel que soit le degré de température, le taux d'absorption en eau de ces briques varie de 10,2 à 14,3 %, la résistance à la compression varie de 12,9 à 24,6 MPa, la résistance à la flexion varie de 5,20 à 6,33 MPa, la masse volumique apparente de ces briques cuites varie entre 1,88 à 2,08g/cm³ et les valeurs du retrait linéaire à la cuisson varient de 6,1 à 7%. Cette caractérisation montre que les sols étudiés sont aptes pour la fabrication des briques de qualité, des briquettes voire même des tuiles et autres objets céramiques.

Mots clés/Keyword: géotechnique, matériaux argileux, briques cuites, N'Djamena, Tchad.**Cite this article:****Al-hadj Hamid Zagalo, Ahmat Abakar Noubaimi, Fabien Szymkiewicz, Sébastien Burlon, Wouatong Armand S.L (2021). Caractérisation géotechnique des matériaux argileux du 10^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména (Tchad) en vue de leur utilisation comme briques cuites. Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l'Ing., Vol. 3(1), pp. 1-7. ISSN 2630-1164.****1. Introduction**

Les formations argileuses intéressent la plupart des chercheurs dans le monde, parce qu'elles sont facilement accessibles dans la nature ([1] et [2]).

Le Tchad dispose d'énormes ressources en formations argileuses susceptibles d'être exploitées et valorisées à l'état naturel, ou améliorées par divers ajouts pour des utilisations variées. La ville de N'Djamena renferme un

volume important des matériaux argileux dont la valorisation dans le secteur de l'habitat contribue à la réduction du prix des matériaux de construction.

C'est pour valoriser les matériaux locaux du 10^{ème} Arrondissement de la ville de N'Djamena (Fig.1) dans le secteur de l'habitat que le présent travail a été effectué. Il utilise les résultats des essais effectués sur 12 échantillons de matériaux argileux au Laboratoire

de Génie Civil (LABOGEC) de N'Djamena (Tchad) et au Laboratoire Mission de Promotion des Matériaux Locaux (MIPROMALO) de Yaoundé (Cameroun).

Du point de vue géologique, la zone d'étude présente deux types de formations (Figure 2) : sables et argiles avec la présence des états intermédiaires (sable argileux et argile sableuse).

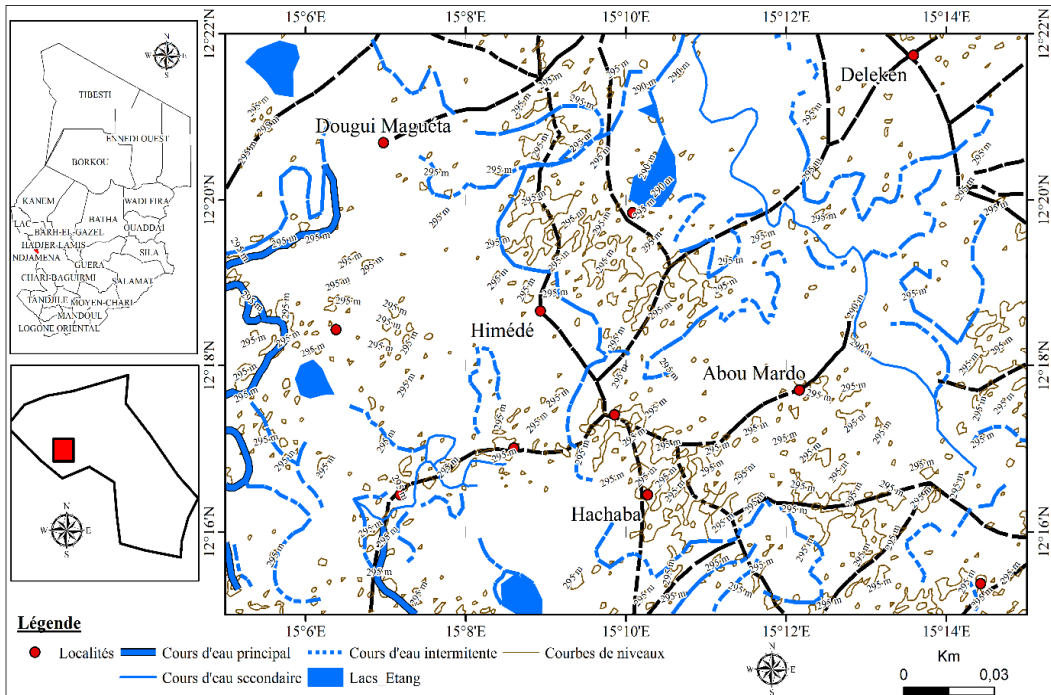


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude (extrait de la carte topographique de N'Djamena à l'échelle 1/200000°, IGN, 1958).

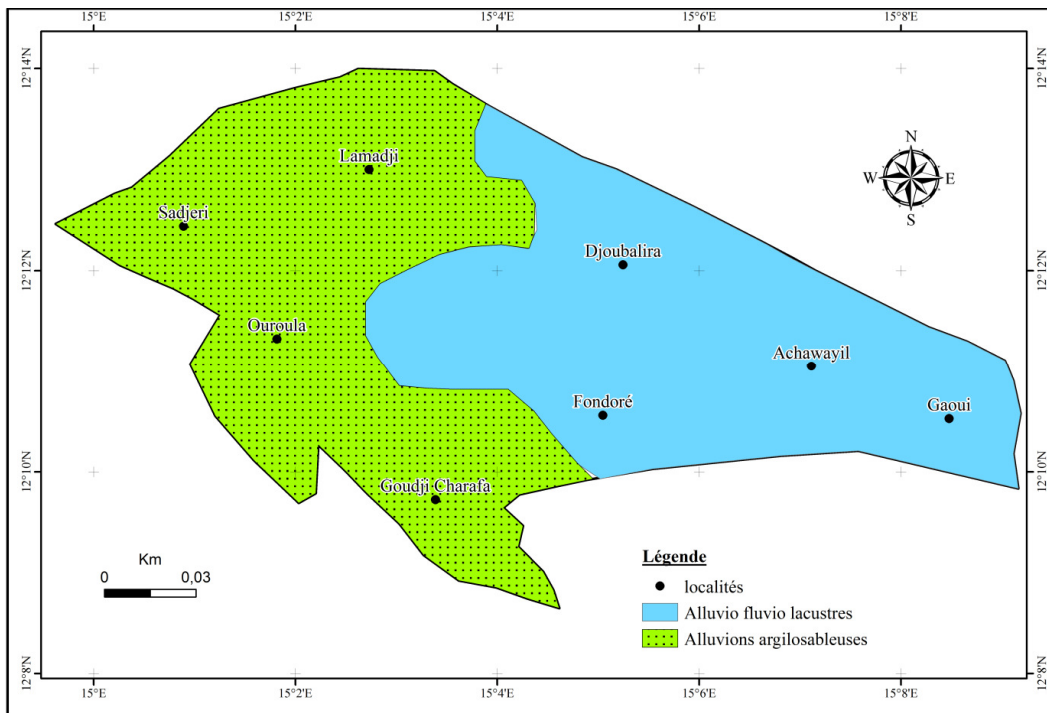


Figure 2: Carte géologique du secteur d'étude

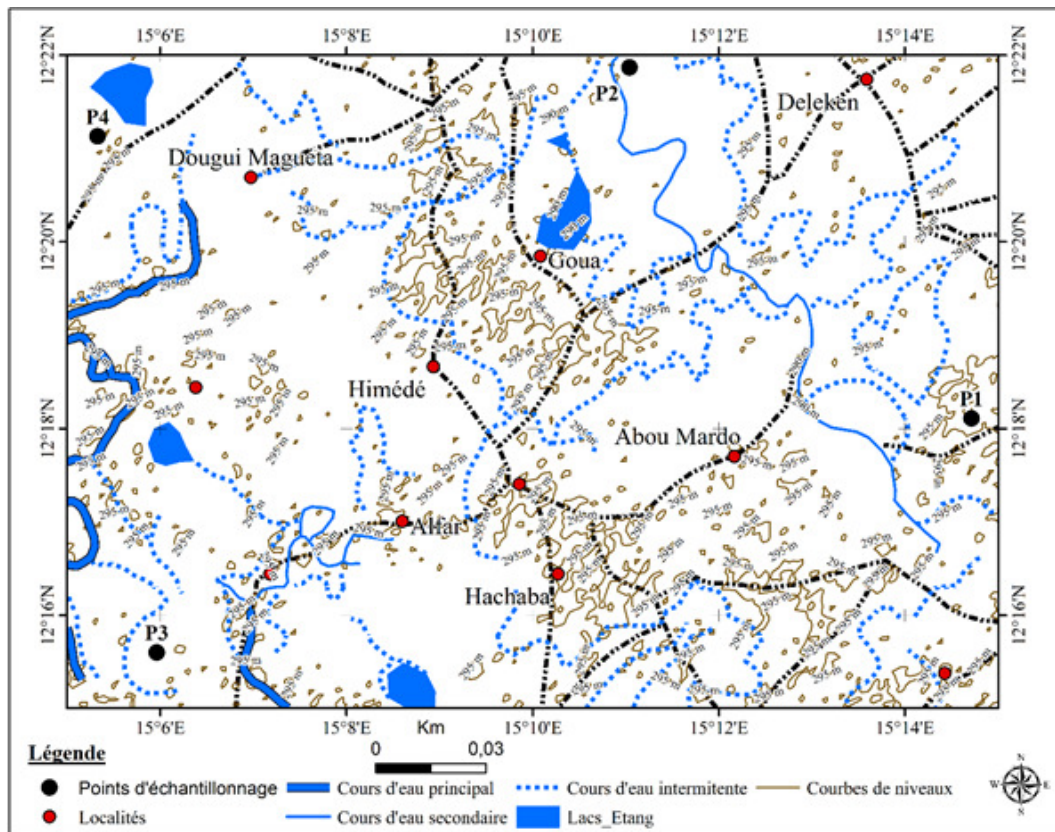


Figure 3 : Carte d'échantillonnage du secteur d'étude

2. Méthodologie

2.1 Localisation des sites d'étude et échantillonnage

Dans le but d'avoir les échantillons représentatifs du secteur d'étude, les points d'échantillonnage ont été situés dans les différents quartiers du 10^{ème} Arrondissement. Les échantillons destinés à la détermination de la teneur en eau naturelle ont été prélevés de façon intacte. En revanche les analyses granulométriques, les limites d'Atterberg, les masses volumiques, les essais Proctor et les propriétés céramiques ont été réalisés sur les échantillons remaniés. La carte d'échantillonnage est présentée sur la Figure 3.

2.2 Protocole expérimental

L'analyse granulométrique des sols a été effectuée par tamisage par voie humide dont le principe s'inspire de la norme NF P 94 – 056 [3]. La séparation granulométrique des particules fines (dimension inférieure à 0,08 mm) a été effectuée par sédimentation suivant la norme NF P 94 – 057 [4].

L'étude de consistance des sols a été menée sur la base des essais Limites d'Atterberg. La limite de plasticité a été déterminée par la méthode du rouleau telle que décrite par la norme NF P 94 – 051 [5] et la limite de liquidité à l'aide de la coupelle de Casagrande. L'indice de plasticité a été déterminé par calcul.

La teneur en eau naturelle des sols étudiés a été déterminée par étuvage suivant les prescriptions de la norme NF P 94 – 050 [6].

La masse volumique des grains solides a été déterminée à l'aide des pycnomètres suivant la norme NF P 94-054 [7], et la masse volumique apparente a été déterminée par la méthode de la trousse coupante. La masse volumique sèche des sols, la porosité et l'indice des vides ont été déterminés par calcul à l'aide des relations entre les différents paramètres physiques.

Concernant les propriétés céramiques, la cuisson a été faite à trois températures différentes 850, 950 et 1050°C. A cet effet, les échantillons préparés sont séchés à l'étuve (à 105°C pendant 24heures), puis broyés et tamisés au tamis 1mm. Les tamisats obtenus sont ensuite mélangés à des proportions d'eau variant entre 10% et 20% pour le façonnage des éprouvettes. Ces dernières sont faites sous forme de parallélépipède et séchés à l'étuve à 105°C pendant 24h. La cuisson proprement dite est faite en fixant les éprouvettes dans le four électrique puis, soumettre aux différents paliers des températures (850°C, 950°C et 1050°C) à une vitesse de 5°/min. la cuisson a été faite à trois paliers de température différente.

De plus, la coloration est déterminée par une appréciation visuelle des produits cuits. Pour bien apprécier la qualité de la brique, quelques paramètres ont été déterminés comme la sonorité, la masse volumique apparente des éprouvettes, la résistance mécanique à la flexion, le retrait linéaire et la résistance à la compression.

a. Le retrait linéaire

Le retrait linéaire est la variation de longueur de l'éprouvette de forme parallélépipédique ou quelconque de matériau entre la température ambiante

et la température de cuisson ou de séchage. Il est obtenu par la relation :

$$R_L = \left(\frac{L_0 - L_c}{L_0} \right) \times 100 \quad \text{Equation 1}$$

L_0 : longueur avant la cuisson (mm)

L_c : longueur après cuisson (mm)

b. La résistance à la compression

L'essai a pour but de déterminer les contraintes des ruptures des matériaux fragiles (béton, céramique). En effet, elle exprime la force qu'une éprouvette de forme parallélépipédique, cubique ou cylindrique que le matériau peut supporter avant sa rupture sous l'effet d'une charge newtonienne. La force de compression est axialement opposée et obtenue par la formule suivante :

$$R_c = \frac{F}{S} \quad \text{Equation 2}$$

R_c : résistance à la compression simple (N/mm²)

F : la force (N)

S : la surface (mm²)

c. La résistance à la flexion

Elle est obtenue par calcul après mesure de la charge qu'un matériau peut supporter avant sa rupture. Cet essai est effectué à l'aide d'un appareil à flexion qui utilise la méthode des trois points. Cet essai est basé sur le protocole P.61-503 des normes françaises.

Avant tout l'éprouvette est séchée ou cuite à une température définie. Après refroidissement, elle est placée horizontalement sur deux appuis cylindriques. Un troisième cylindre immobile de même dimension est placé au-dessus, parallèlement et de façon symétrique aux deux précédents. Ensuite on fait monter le socle des deux cylindres à une vitesse de 2,5mm/min les charges sont appliquées sur l'éprouvette jusqu'à la rupture. La lecture sur un écran permet de déterminer la charge produisant cette rupture. La résistance à la flexion est donnée par la relation suivante :

$$R_f = \frac{1,5 F_f \times l}{b \times a \times a} \quad \text{Equation 3}$$

R_f : la résistance à la flexion (MPa)

f : force à la rupture de l'éprouvette (N)

l : écart entre les cylindres horizontaux (mm)

b : largeur de l'éprouvette (mm)

a : épaisseur de l'éprouvette (mm)

d. Taux d'absorption

Le taux d'absorption est le pourcentage d'eau absorbée par un matériau immergé pendant 24h.

Pour mesurer le taux d'absorption d'eau sur une éprouvette de matériau, sa masse (M_s) est premièrement déterminée à l'air libre après séchage ou

cuisson puis refroidissement. Ensuite, elle est immergée dans l'eau pendant 24h puis l'éprouvette est retirée et nettoyée avec du papier absorbant. L'éprouvette sera repesée pour déterminer sa masse (M_a). Le taux d'absorption d'eau (T_{ab}) est obtenu par la relation suivante :

$$T_{ab} = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad \text{Equation 4}$$

e. La masse volumique apparente

Elle est le quotient de la masse sèche (M_s) de l'échantillon par le volume occupé par la matière solide, y compris les vides contenus dans les grains (volume apparent).

Il est nécessaire de mesurer la masse sèche M_s de l'échantillon après cuisson et son volume V qui est déterminé en mesurant ses dimensions. La masse volumique apparente est donnée par la relation suivante :

$$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{M}{V} \quad \text{Equation 5}$$

3. Résultats et discussions

Le pourcentage des passants au tamis de 80 microns et les paramètres de consistances des sols sont consignés dans le tableau 1.

Ce tableau montre que la teneur en particules fines varie de 40,1 à 99% avec une moyenne arithmétique de 86,9%. Ces valeurs confèrent aux sols étudiés un caractère essentiellement fin. La limite de liquidité WL se situe entre 22,5 à 82,7% avec une valeur moyenne de 57,8%. Cet intervalle de variation est légèrement inférieur à celui obtenu par ZAGALO et al [8] sur les sols d'Amtiman (Sud-Est Tchad) qui varie de 37,7 à 82,6% avec une moyenne de 59,95%. Cet écart pourrait être expliqué par la durée de la saison pluvieuse qui a un impact sur le degré d'altération des sols.

L'indice de plasticité I_p des matériaux étudiés varie de 13 à 40,7% avec une moyenne arithmétique de 28,2%.

Ces valeurs indiquent que les sols du secteur d'étude sont plastiques. D'après la classification Américaine des sols HRB [10], ils appartiennent au groupe A-7 et sous-groupe A-7-5 de la classe des sols argileux.

La teneur en eau des matériaux du secteur d'étude varie de 4,40 à 27,02%, soit une valeur moyenne de 12,7%. Les variations de la teneur en eau du secteur d'étude sont dues aux variations saisonnières (il pleut 3 mois sur 12 dans la zone d'étude), à la capacité de rétention en eau de ces sols ainsi qu'à leur nature lithologique.

Les valeurs de la porosité (n) des matériaux du secteur d'étude varient entre 51 à 63%, soit une valeur moyenne de 57,41%. Enfin l'indice des vides de ces matériaux varie de 1,04 à 1,70, avec une valeur moyenne de 1,35.

Les données obtenues à l'issue de la masse volumique des grains solides varient de 2,6 à 2,7 g/cm³, soit une moyenne arithmétique de 2,65 g/cm³. Les masses volumiques apparentes varient de 1,11 à 1,27 g/cm³ soit une valeur moyenne de 1,18g/cm³. Quant à la

masse volumique sèche, les valeurs oscillent entre 0,89 et 1,14 g/cm³ soit une valeur moyenne de 1,01g/cm³. Les caractéristiques physiques des produits céramiques sont consignées dans le tableau 2.

La couleur des échantillons varie en fonction de la température de cuisson (figure 3). Elle varie de brun rouge à 850°C, Rouge jaune à 950°C, et enfin à 1050°C, elle devient brune rouge claire.

Tableau 1 : Teneurs en particules fines et paramètres des consistances des matériaux étudiés.

	Limite de liquidité w _L (%)	Limite de plasticité w _p (%)	Indice de plasticité I _p (%)	Indice de consistance I _c	Indice de liquidité I _L	Teneurs en particules < à 80 microns (%)
Valeur minimale	35	20,5	13	1,2	0,2	40,1
Valeur maximale	82,7	41,5	40,7	1,9	0,9	99
Valeur Moyenne	57,8	31,8	28,2	1,6	0,6	86,9



Figure 4 : Résultats de la coloration après cuisson

En ce qui concerne la sonorité, tous les échantillons ont une résonance métallique, quelle que soit la température de cuisson (tableau 2). De plus, les éprouvettes préparées et cuites indiquent que les

valeurs du retrait linéaire à la cuisson varient de 6,1 à 7%.

D’après Bomeni [11], le retrait linéaire est un paramètre qui traduit la réactivité d’un matériau au cours de la cuisson et qu’une bonne brique de qualité présente un retrait total en dessous de 8%. Les résultats obtenus du retrait linéaire de la zone d’étude concordent bien avec cette affirmation des chercheurs cités et par conséquent, ces matériaux peuvent servir à la confection des briques de qualité.

Les valeurs de la résistance mécanique à la compression varient de 12,9 à 24,6MPa pour les matériaux étudiés.

Les valeurs de la résistance à la flexion des éprouvettes préparées et cuites varient de 5,20 à 6,33MPa. Ces valeurs obtenues ne concordent pas avec celles de Ndjilbe [12] qui oscillent entre 11,78 et 21,88MPa et celles de Bomeni [13]. Cette différence s’explique par le fait que les deux sols n’ont pas le même processus de formation.

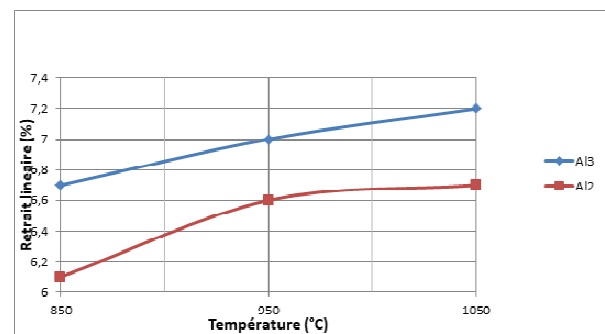


Figure 5 : variation du retrait linéaire après la cuisson en fonction des températures

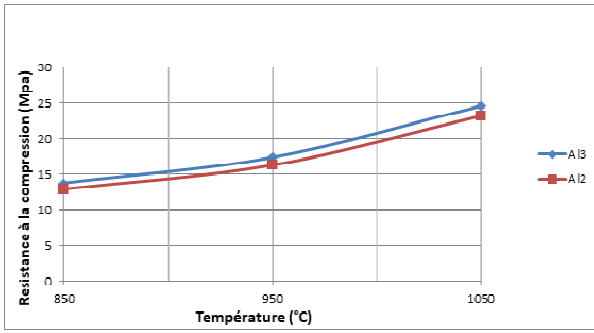


Figure 6 : variation de la résistance mécanique en compression en fonction des températures.

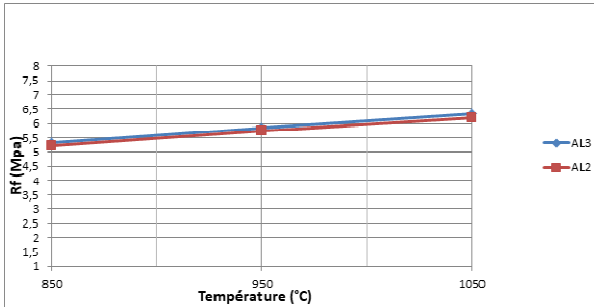


Figure 7: variation de la résistance mécanique à la flexion en fonction de la température de cuisson.

D'une manière générale, les valeurs du taux d'absorption d'eau varient de 10,2 à 14,3% pour toutes les éprouvettes. Cependant, l'allure de la courbe d'absorption (figure 7) décroît au fur et à mesure de l'augmentation de la température. Les éprouvettes ont chacune une faible valeur à 1050°C, soit 10,2% pour AL3 et 10,8% pour AL2. L'absorption de l'eau est liée aux pores ouverts, aux dessiccations et à la composition chimique. Enfin la masse volumique apparente de ces éprouvettes varie de 1,88 à 2,08g/cm³.

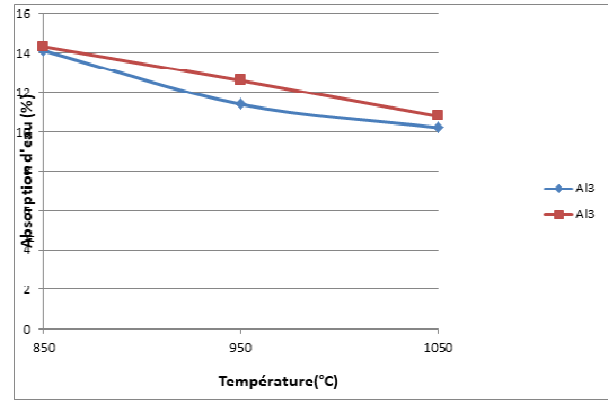


Figure 8 : Variation du taux d'absorption en fonction des températures de cuisson

Tableau 2: Résultats des essais Céramiques.

Echantillons	Caractéristiques	Température			Valeurs de Référence
		850°C	950°C	1050°C	
AL3	Couleur	5 YR 5/3 Brun rouge	5 YR 5/8 Rouge jaune	5 YR 6/4 Brun rouge clair	Couleur rouge
	Cohésion	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
	Résonance	Métallique	Métallique	Métallique	Métallique
	Retrait linéaire (%)	6,7	7,0	7,0	< 8%
	Absorption d'eau (%)	14,1	11,4	10,2	<25%
	Résistance à la Compression (MPa)	13,9	17,4	24,6	12,5 à 40%
	Résistance mécanique à la flexion (Rf) (MPa).	5,33	5,86	6,33	5 à 20MPa
	Densité apparente (g/cm ³)	1,95	1,98	2,08	2 à 2,2
AL2	Couleur	5 YR 5/8 Brun jaune	10 YR 6/6 Jaune brun	10 YR 6/3 Brun pâle	Couleur rouge
	Cohésion	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
	Résonance	Métallique	Métallique	Métallique	Métallique
	Retrait linéaire (%)	6,1	6,6	6,7	< 8%
	Absorption d'eau (%)	14,3	12,6	10,8	<25%
	Résistance à la Compression (MPa)	12,9	16,3	23,2	12,5 à 40%

Résistance mécanique à la flexion (MPa)	5,20	5,74	6,21	5 à 20MPa
Densité apparente (g/cm ³)	1,88	1,96	2,03	2 à 2,2

4. Conclusion

Le présent travail intitulé caractérisation géotechniques des matériaux argileux de N'Djamena et valorisation dans la construction de l'habitat (briques Cuites). Les différentes caractérisations ont permis de classer les matériaux du secteur d'étude. Les caractéristiques physiques ont montré que les matériaux du secteur d'étude sont essentiellement fins, moyennement plastiques à très plastiques. Les propriétés céramiques ont montré que ces matériaux sont favorables pour la confection des briques des qualités. Les données acquises sur les sols du secteur Nord de la ville de N'Djamena et sur les éprouvettes fabriquées permettent de justifier leur utilité dans la briqueterie ainsi que dans les céramiques.

REFERENCES

- [1] Abakarali., Riadbenelmir, Jean Louis Tanguier, Abdoulaye Saleh, (2017). Caractéristiques mécaniques de l'argile de Ndjama stabilisée par la gomme arabique. *Revue d'Afrique Science* 13(5) (2017) 330-341.
- [2] Abdoulaye Haroun, (2014). Caractérisation géotechnique des argiles du secteur Est de la ville de N'Djamena (Tchad). Mémoire de master en Science de la Terre, Université de Dschang, 62p
- [3] Norme Française NF P 94-056 (1996). Sols : Reconnaissance et Essai. Analyse granulométrique. Méthode par tamisage à sec après lavage. AFNOR, Paris.
- [4] Norme Française NF P 94-057 (1992). Sols : Reconnaissance et Essai. Analyse granulométrique. Méthode par sédimentométrie. AFNOR, Paris.
- [5] Norme Française NF P 94-051 (1993). Sols : reconnaissance et essai. Détermination des limites d'Atterberg. Limite de liquidité à la coupelle-limite de plasticité au rouleau. AFNOR, Paris.
- [6] NF P 94 – 050, (1995). Sols : reconnaissance et essais. Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux. Méthode par étuvage. AFNOR, Paris.
- [7] NF P 94 – 054, (1991). Sols : reconnaissance et essais. Détermination de la masse volumique des particules solides des sols. Méthode du pycnomètre à eau. AFNOR, Paris.
- [8] Al-Hadj Hamid Zagalo, François Ngapgue, Kwekam Maurice Et Idriss Goudja Tchere (2017) : Caractérisation physique des sols de la ville d'Amfiman (Tchad) comme assises de fondation. *Revue du CAMES-Sciences Appliquées et de l'Ingénieur* 2 (2), 54-58pp.
- [9] Amadou Tedjani,(2008). Caractéristiques physiques et mécaniques des sols ferrallitiques de Bafoussam et leurs corrélations. Thèse doctorat, Ecole Nationale Polytechnique de l'Université de Yaoundé 1, Cameroun, 162p.
- [10] Norme de Classification des sols : Classification Américaine HRB
- [11] Bomeni I. Y., (2013). Caractérisation minéralogique et physico-chimique des matériaux argileux de Babouantou (Haut-Nkam, Ouest Cameroun) en vue de leur valorisation dans la céramique traditionnelle. Mémoire de master en Science de la Terre, Université de Dschang 67p + Annexes.
- [12] Ndjilbe, (2016). Caractérisation physique, minéralogique et géochimique des argiles du secteur Sud-Est de Ndjama en vue d'une possible valorisation ou exploitation en général et en particulier dans le secteur du bâtiment. Mémoire de master en Science de la Terre, Université de Dschang 70p + annexes.
- [13] Bomenii. Y., Wouatong A., F. Ngapgue, V. Kamgang And N. Fagel, (2018). Geological and Physicochemical study of the Alluvial Clay of the MONOUN Plain (West Cameroon) as raw Materials for Ceramic product. *Clay Science* 22, 29-37 (2018).