

Etude Comparative des Caractéristiques Mécaniques des Briques en Mortiers de Sable et de Latérite Comprimée Stabilisés au Ciment

[Comparative Study of the Mechanical Characteristics of Sand Mortar and Compressed Lateritic Bricks Stabilized with Cement]

Bozabe Renonet Karka¹, Kinet Ouinra², and Tomtebaye Ngakoutou Fulbert²

¹Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), N'Djamena, Chad

²Laboratoire de génie civil de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), N'Djamena, Chad

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The purpose of this study is to determine the dry and wet mechanical resistances after immersion in water of bricks of 15 x 20 x 40 cm³ in sand mortar (cinder blocks) and 10 x 14 x 28 cm³ compressed lateritic mortar bricks (BTC) stabilized with cement. The experimental results obtained show that the 28-day compressive strength values of the 12% cinder blocks and those of the 10% cement Btcs are respectively 2.55 MPa and 7.90 MPa. These values are in accordance with the normative values recommended by the Building Materials Centre (CMC) in N'Djamena (2.4 MPa) and the Land Materials Research Centre (CRATERre) (5 MPa). In the presence of moisture, the loss of resistance is only 28% for BTC and 46% for cinder blocks. Also, the bricks have a suction capacity ranging from 2.50 to 5.02 g/cm² S^{1/2} for BTC and 6.12 to 10.90 g/cm² S^{1/2} for cinder blocks. These values are all less than 20 g/cm² S^{1/2}, a value imposed by NF P 554. A comparison of the results of this work shows that, with the same cement content, during dry seasons as in rainy seasons, Btcs are more resistant and more economical than cinder blocks.

KEYWORDS: Mechanical resistance, brick, lateritic, immersion, suction, Chad.

RESUME: L'objet de cette étude est la détermination des résistances mécaniques sèches et humides après immersion dans l'eau des briques de dimensions 15 x 20 x 40 cm³ en mortier de sable (parpaings) et des briques de 10 x 14 x 28 cm³ en mortier de latérite comprimée (BTC) stabilisés au ciment. Ces deux variétés de briques (blocs) sont couramment utilisées en constructions au Tchad. Les résultats expérimentaux obtenus montrent que les valeurs de la résistance à la compression à 28 jours des parpaings dosés à 12% et celles des BTC dosés à 10% de ciment sont respectivement de 2,55 MPa et 7,90 MPa. Ces valeurs sont conformes aux valeurs normatives recommandées par le Centre des Matériaux de Construction (CMC) de N'Djamena (2,4 MPa) et par le Centre de Recherche des matériaux en terres (CRATERre) (5 Mpa). En présence de l'humidité, la perte de résistance est seulement de 28% pour les BTC et 46% pour les parpaings. Aussi, les briques ont une capacité de succion allant de 2,50 à 5,02 g/cm² S^{1/2} pour les BTC et 6,12 à 10,90 g/cm² S^{1/2} pour les parpaings. Ces valeurs sont toutes inférieures à 20 g/cm² S^{1/2}, valeur imposée par la norme NFP554. La comparaison des résultats de ce travail montre qu'à dosage de ciment égal, pendant les saisons sèches comme en saisons pluvieuses, les BTC sont plus résistantes et plus économiques que les parpaings.

MOTS-CLEFS: Résistance mécanique, brique, latérite, immersion, succion, Tchad.

1 INTRODUCTION

Le Tchad, pays de l'Afrique centrale, regorge d'énormes quantités de matériaux de construction mais la plupart des habitants ignorent certaines de leurs valeurs. Dans le secteur du bâtiment et des travaux publics par exemple, cela entraîne d'innombrables problèmes de stabilité. Pourtant, pour réaliser des ouvrages durable et économique, les matériaux locaux de qualités sont incontournables. C'est dans la perspective de les mettre en valeur que cette étude porte sur les sols latéritiques et les sols sablonneux accessibles par tous les rangs sociaux. Les sols latéritiques ont été prélevés dans la province de la Tandjilé Ouest sur l'axe Kelo-Moundou à 12 Km (Village Marbelem) côté droit. Le ciment utilisé pour la stabilisation des mortiers est de type CPA 32,5 fabriqué localement par la Société Nationale de Ciment (SONACIM) à Pala (Mayo Kebbi Ouest). Le sable est prélevé sur le lit du fleuve Chari au village Klessoum. Les travaux expérimentaux sont réalisés au laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics de N'Djamena (ENSTP). Les briques en sols latéritiques ou blocs de terre comprimée (BTC) sont confectionnées à l'aide d'une presse manuelle ayant une pression statique de compactage allant de 1,1 à 2,3 MPa. Les échantillons de sols ont été soumis au préalable à quelques essais géotechniques classiques d'identification avant d'être stabilisés au ciment afin d'accroître la résistance mécanique et la résistance à l'eau. Les briques fabriquées à base des mortiers de sable et de latérite ont été soumises à une cure humide sous couverture en sac à cure selon les périodes d'essai de compression allant de 3, 7 et 28 jours [1]. La mesure de la résistance à la compression est faite par écrasement des briques au moyen d'une presse hydraulique à béton [2-4].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 RÉPARTITION DE LA LATÉRITE AU TCHAD

D'une manière générale, les latérites sont situées dans la zone méridionale où il fait très chaud et où les pluies sont abondantes soit toute l'année, soit au cours d'une saison humide.

2.2 CARACTÉRISTIQUES PÉTROGRAPHIQUES DES MATÉRIAUX

Les caractéristiques d'un mortier pour fabriquer les briques dépendent de celles des matériaux rentrant dans sa composition. Les deux types de matériaux à savoir la latérite et le sable utilisés dans cette étude sont de nature pétrographique différente :

- La latérite fait partie de la famille des graveleux latéritiques [5-7]. Elle provient du village Marbelem Kemssian dans la Tandjilé Ouest et est prélevé à partir de 30 cm en dessous du terrain naturel. La carrière se situe sur l'axe Kélo-Moundou à 12 km côté droit (Figures 1).
- Le sable provient du fleuve Chari dans la partie longeant le village Klessoum. Il est prélevé du lit du fleuve environ 3 m en dessous du terrain naturel et à une masse volumique apparente de 1.48 kg/l. Les essais de tamisage à sec montrent que notre sable est un sable moyen, propre et mal gradué.



Fig. 1. Localisation et Site de prélèvement de la latérite

2.3 CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES MATÉRIAUX

Les caractéristiques géotechniques nécessaires sont déterminées par les essais d'identification et l'essai Proctor selon les normes françaises AFNOR [8-12]:

- La masse volumique réelle : NF P 94-054

- La masse volumique apparente : NF P 98-250
- L'analyse granulométrique par tamisage : NF P 94-056
- Les limites d'Atterberg : NF P 94-051
- L'équivalent de sable E_s : NF P 18-597
- L'essai Proctor modifié : NF P 94-093

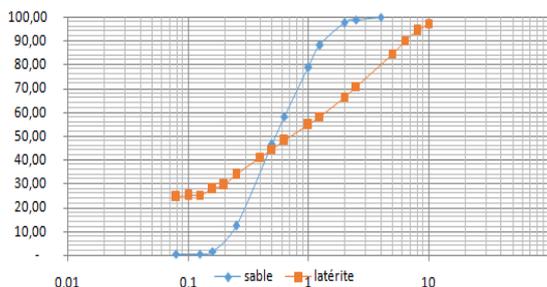


Fig. 2. Courbes granulométriques de la latérite et du sable

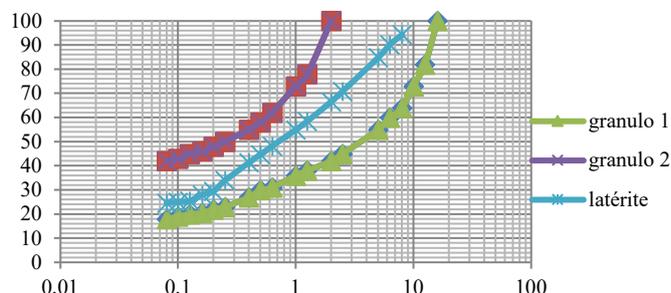


Fig. 3. Fuseau granulométrique de référence [13]

Pendant la phase de la préparation, le sol a été remanié à sec pour éliminer les cailloux. Après cela et selon les recommandations par CRATerre pour la fabrication des blocs de terre comprimée (BTC), la courbe granulométrique (Figure 2) ne doit pas sortir du fuseau granulométrique de référence (Figure 3). Sinon, on doit procéder à une correction granulométrique. Ce qui n'est pas notre cas.

Tableau 1. Récapitulatif des caractéristiques de la latérite et du sable

Matériaux	Masse volumique apparente ρ_a (g/cm ³)	Masse volumique réelle ρ_r (g/cm ³)	Granulométrie				Limites d'Atterberg			Essai Proctor		Equivalent de Sable	
			< 2 mm	< 80 μ m	M_f	C_u	C_c	ω_L	ω_p	I_p	γ_d	ω_{opt}	E_s
Latérite	1,87	2,60	66,51	24,63	2,74	-	-	25	22	3	2,03	11,4	-
Sable	1,48	2,71	97,63	0,75	2,00	3	1	-	-	-	-	-	90

2.4 CALCUL DES DOSAGES

Le calcul des dosages consiste à déterminer les proportions de chaque élément entrant dans la formulation du produit. Pour la présente étude, il s'agit du ciment et de l'eau. Pour le dosage du mortier de latérite, le calcul est basé sur la Méthode du Pôle Technologique pour la promotion des Matériaux locaux POTEMAT-EPAC Cotonou, Benin. Les mesures sont faites à l'aide d'un récipient (seau) de volume connu et les différentes proportions obtenues sont converties dans les unités convenables.

2.4.1 DOSAGE EN CIMENT

- Volume du seau : 10 litres
- Masse d'un seau de la latérite sèche : 18,7 kg
- Masse volumique apparente de la latérite : 1,87 kg/litre
- Volume de la brouette : 60 litres

Un exemple du dosage à 4% donne :

- Dosage 4% = 4 kg de ciment pour 100 kg de terre
- $\frac{1}{4}$ de sac soit 12.5kg de ciment correspond à $(12,5 \times 100) / 4 = 312.5$ kg de terre
- En volume : 312,5 kg de terre équivalent à : $\frac{312,5}{1,87} = 167$ litres

- 167 litre de terre équivalent à 2 brouettes et 5 seaux de 10 litres
- Avec un sac de ciment, il faut 11 brouettes et 2 seaux de terre.

Cette opération est répétée pour les dosages successifs de 6%, 8%, 10% et 12%.

2.4.2 DOSAGE EN EAU

- Le but est de déterminer avec exactitude la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un bon mélange et une bonne compacité. Le principe consiste à déterminer la quantité d'eau qui permet d'obtenir la densité la plus élevée, autrement dit les briques les plus lourdes. Pour obtenir ce paramètre, il faut procéder à une série d'essais erreurs de production qui seront comparées sur une courbe. L'essai consiste à malaxer le matériau avec une quantité d'eau voisine de la teneur en eau optimale qui est de 11,4 % (Tableau 1) et en fabriquer quelques briques (environ 4) puis les peser et faire la moyenne. Répéter au moins quatre fois la même opération en augmentant chaque fois le pourcentage de l'eau. On obtient au moins quatre points par lesquels passe une courbe. L'abscisse du sommet de cette courbe est la teneur en eau optimal à considérer (POTEMAT). Pour les sols grenu et moins argileux, une autre méthode consiste à déterminer la teneur optimal par l'essai Proctor modifié (NF P 94-093).
- Un exemple du dosage à 6% donne :

Densité sèche (kg/l)	1,8	1,84	1,82	1,81
Teneur en eau (%)	11,1	12,53	14,04	15,16

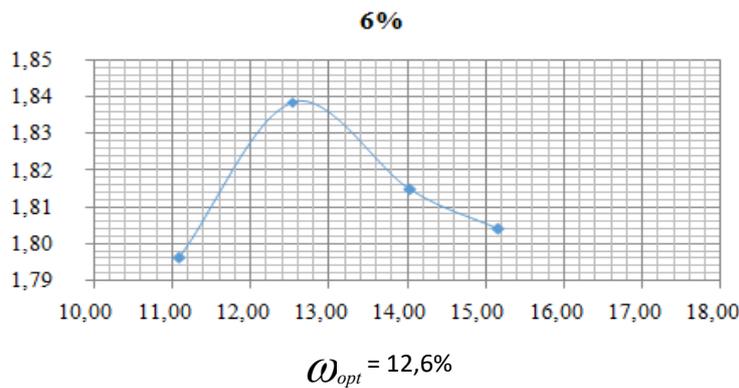


Fig. 4. Teneur en eau à 6%

Tableau 2. Résumé du dosage à 6%

Ciment en kg	¼ de sac (12.5)	½ sac (25)	1 sac (50)
Latérite en kg	208,33	416,66	833,32
Masse du mélange à sec en kg	220,83	441,66	883,32
Volume d'eau (12,6 %) en litres	27,8	56,65	111,29

2.5 CONFECTION DES BRIQUES EN LATÉRITE DE 10 X 15 X 28 CM³

Les étapes de la production sont celles recommandées par le Pôle Technologique pour la promotion des Matériaux locaux (POTEMAT-EPAC Cotonou-Benin). Il s'agit respectivement de l'extraction, la préparation, le mélange, le pressage (Figure 5), les conditions de cure (Figure 6).



Fig. 5. Presse manuelle utilisée

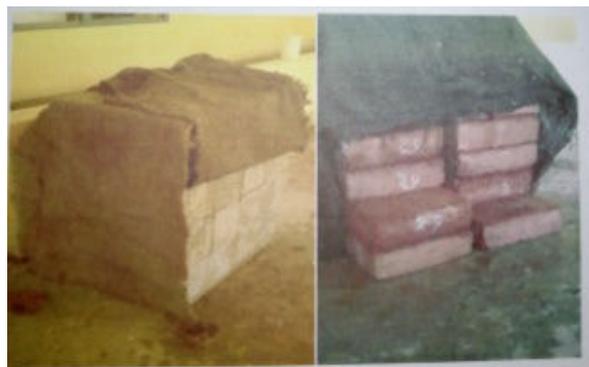


Fig. 6. Conditions de cure

2.6 CONFECTION DES PARPAINGS DE 15 X 20 X 40 CM³

Les étapes de la production sont celles couramment effectuées au Tchad : Extraction, préparation, mélange, moulage, cure et stockage. Un exemple de calcul du dosage à 6% donne :

- Masse de sable nécessaire pour une brique : $M_s = 14,5 \text{ kg}$
- Masse du ciment correspondant : $M_c = (6/100) \times 14,5 = 0,87 \text{ kg}$
- Nombre de brique par sac : $(50/0,87) = 57 \text{ briques}$
- Masse du sable par sac : $57 \times 14,5 = 826,5 \text{ kg}$
- Volume du sable par sac : $826,5/1,48 = 0,558 \text{ m}^3$

La composition du dosage à 6% se présente comme suit :

Sable (kg)	826,5
Ciment (Kg)	50
Mélange sec (Kg)	876,5
Eau de gâchage (en %)	9,5

2.7 LES ESSAIS MÉCANIQUES [14]

L'objectif recherché est la détermination des résistances mécaniques des blocs confectionnés. Compte tenu des sollicitations qu'ils subiront pendant leur utilisation, l'accent a été mis particulièrement sur la compression simple et la flexion trois points. Les résultats de ces essais conduiront à la détermination des meilleurs dosages à adopter tout en prenant en compte d'autres critères comme les aspects économiques.

2.7.1 ESSAI DE FLEXION : NORME EN 12390-5

Des briques sont soumises jusqu'à rupture à un moment de flexion par application d'une charge F au milieu au moyen d'un rouleau supérieur. Les deux rouleaux inférieurs représentent les appuis. La charge maximale atteinte au cours de l'essai est enregistrée par un comparateur et la résistance en flexion est calculée par la relation suivante :

$$R_f = \frac{F \times L}{l \times H^2} \quad L : \text{longueur, } l : \text{largeur et } H : \text{la hauteur de la brique} \quad (1)$$

En réalité, l'essai de flexion ne peut être réalisé sur les briques pour la simple raison qu'elles ne sont pas spécifiquement sollicitées en flexion.

2.7.1.1 ESSAI DE COMPRESSION NORME EN 12390-3

Le principe est de charger jusqu'à rupture dans une machine pour l'essai de compression (Figure 7). La charge maximale atteinte est enregistrée et la résistance en compression calculée selon la relation suivante :

$$R_c = \frac{F}{A} \text{ A : section de la brique} \quad (2)$$

Après avoir obtenu les caractéristiques des éléments à l'état sec, il est aussi important de les déterminer dans les conditions défavorables c'est-à-dire en présence de l'humidité car tout ouvrage doit présenter un minimum de résistance face aux intempéries. Ainsi un échantillon de chaque dosage âgé de 28 jours a été imbibé pendant 24 heures (Figure 8) afin d'être soumis à la compression, et le coefficient d'absorption est déterminé. A l'issue de cette opération, des pertes de résistance ont été constatées.

2.7.1.2 ESSAI D'ABSORPTION PAR CAPILLARITÉ : NORME NF P 554

Cet essai permet de déterminer le comportement des briques vis-à-vis des conditions d'humidité. Il consiste à sécher les différentes briques à l'étuve pendant 24 heures sous une température de 105°C. A la sortie de l'étuve et après refroidissement, on les pèse, soit M_1 ; après cette opération ces derniers sont immergés sur la face inférieure à une profondeur de 5mm (Figure 9). Dix (10) minutes après, on les sort de l'eau pour les peser, soit M_2 et mesurer la surface immergée. Le coefficient d'absorption est calculé par la relation :

$$C_b = \frac{M_2 - M_1}{S\sqrt{t}} \times 100 \quad (3)$$

C_b : Coefficient d'absorption en $g/cm^2.s^{1/2}$

S : surface immergée en cm^2 ;

M_1 et M_2 en grammes ;

t : temps en secondes.



Fig. 7. Essai de Compression des briques en latérite et parpaing



Fig. 8. Essai d'immersion des briques en latérite et parpaing



Fig. 9. Essai de succion par capillarité des briques en latérite et parpaing

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 LES BRIQUES EN LATÉRITE

- Résultats d’essai de Résistance à la Flexion

En utilisant la relation 1, nous avons les résultats suivants :

Tableau 3. Résistance à la flexion

Dosage en ciment	Longueur L (mm)	Largeur l (mm)	Hauteur H (mm)	Charge (N)	Resistance (Mpa)
8%	224	150	85	5000	1.03
10%	224	150	85	5000	1.03

Malgré l’amélioration de la qualité du point de vue physique et chimique apportée à la latérite pour confectionner les briques, leurs résistances à la flexion croient faiblement. Ces faibles valeurs (1,03 MPa) traduisent la parfaite plasticité des éléments. Bien que ces résultats soient faibles, l’on ne devrait pas se faire des inquiétudes ; en effet, vue les sollicitations que subissent les briques dans la maçonnerie, la flexion et la traction n’ont pas un grand effet. Même le béton fortement dosé résiste faiblement à la flexion et à la traction (BAEL 91 mod. 99).

- Résultats d’essai de Résistance à la Compression à sec

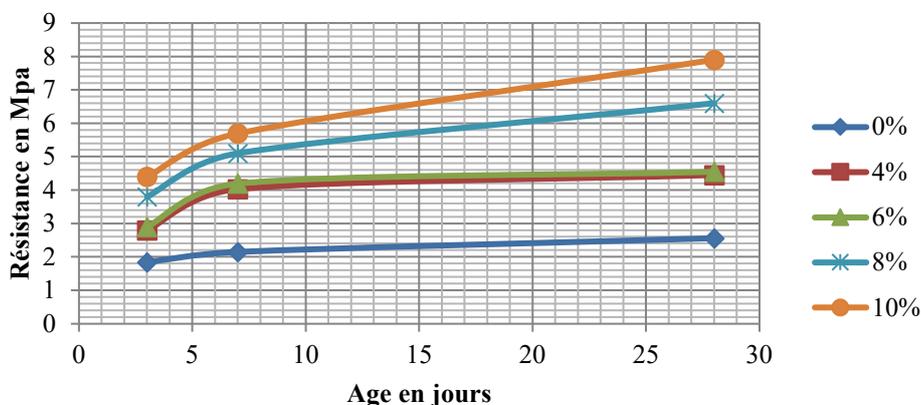


Fig. 10. Courbe de Résistance à la compression à sec(Age)

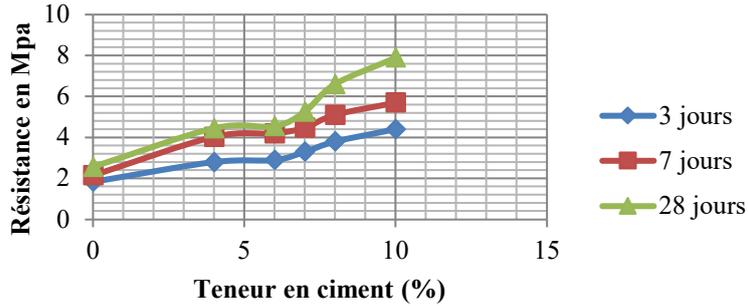


Fig. 11. Courbe de Résistance à la compression à sec (% ciment)

Les figures 10 et 11 montrent l'évolution de la résistance en fonction de la durée de cure. La période de conservation est étalée sur 28 jours afin de prendre connaissance du comportement du matériau à court et à long terme. Pour chaque dosage, la résistance augmente en fonction de la durée de cure en raison de la réaction sol-ciment qui fait croître progressivement la liaison entre les grains. On remarque que cette croissance va de l'ordre de 1,18 à 1,3MPa entre 3 et 7 jours et de 0,35 à 2,2 MPa entre 7 et 28 jours. L'écart de la variation entre ces deux intervalles prouve qu'au jeune âge, la réaction sol-ciment est accélérée ; par contre, elle est ralentie après le septième jour. En somme, la résistance croît fortement lorsque la teneur en ciment est élevée. Tel est le cas de 10% qui offre une résistance de 7,9 MPa à 28 jours.

Bien que la granulométrie de la latérite est conforme aux normes techniques en vigueur reconnues par le fuseau de CRATerre et les résistances mécaniques obtenues sont aussi appréciables, nous avons voulu apporter une amélioration du point de vue esthétique sur les parois. C'est ce qui nous a conduit à réduire la granulométrie de 10mm à 5mm et vu les résistances offertes par les dosages à 6 et 8%, nous avons préconisé une formulation avec un dosage intermédiaire de 7% en ciment avec une teneur en eau optimale de 13% pour constater si cela ne compromet pas les caractéristiques mécaniques exigées, tout en vérifiant la nouvelle courbe granulométrique par rapport au fuseau de CRATerre. Ainsi, nous avons obtenu les résultats présentés sur la figure 12.

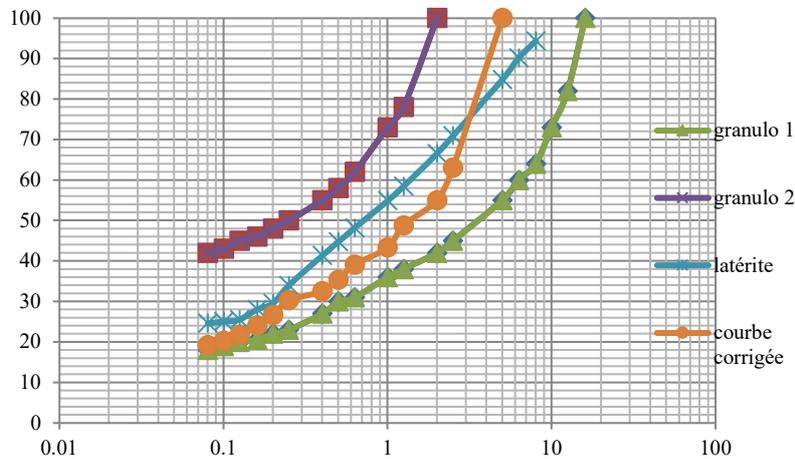


Fig. 12. Courbe corrigée par rapport au fuseau de CRATerre

Tableau 4. Perte de résistance après immersion

Dosage en ciment	Poids sec (kg)	Poids humide (kg)	Coefficient d'abs. (%)	Surface (mm ²)	Charge (N)	Résistance après immersion (MPa)	Résistance à sec (MPa)	Perte en résistance %
4%	6,3	7,2	14,3	38920	125	3,20	4,45	28%
6%	6,3	7,2	14,3	39200	135	3,44	4,55	24%
7%	5,5	6,2	12,7	45296	180	3,96	5,26	24%
8%	6,4	7,1	10,9	39200	200	5,08	6,6	23%
10%	6,3	6,9	9,5	39200	240	6,16	7,9	22,1%

Le tableau 4 donne les résultats du comportement des éléments vis-à-vis de l'eau. On constate une diminution de la résistance de chacun de ces dosages. Malgré cette diminution, les résistances offertes sont toujours acceptables hors-mis le dosage à 0% qui offre un comportement médiocre après immersion. La perte de résistance varie de 22 à 28% selon la teneur en ciment. Plus le taux de ciment est élevé, plus la perte décroît faiblement. L'absorption croît avec le taux de ciment.

Tableau 5. Coefficient d'absorption par capillarité

Dosage	M ₁ (g)	M ₂ (g)	Surface (cm ²)	Cb(g/cm ² .S ^{1/2})
4%	6450	6985	435	5,02
6%	6500	6980	435	4,50
7%	6555	7017	435	4,33
8%	7699	7988	392	3,00
10%	7628	7866	392	2,50

D'après ces résultats (tableau 5), les coefficients d'absorption par capillarité sont très faibles car, toutes ces valeurs sont inférieures à 20%, valeur en dessous de laquelle l'élément est qualifié de faible capillarité selon la norme NF P 554.

3.2 LES BRIQUES EN SABLES (PARPAING)

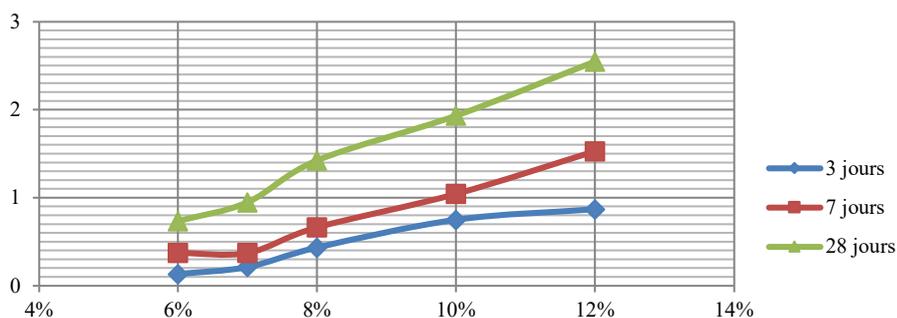


Fig. 13. Courbe de Résistance à la compression à sec (dosage en ciment)

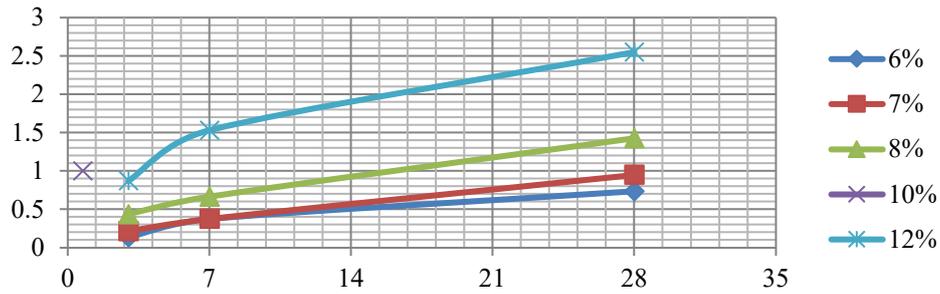


Fig. 14. Courbe de Résistance à la compression à sec (Age)

Les Figures 13 et 14 présentent les résultats de l’essai de compression sur les blocs de parpaing. Les valeurs obtenues vont croissant en fonction de l’âge et du taux de ciment. Par rapport à l’âge, la variation de la résistance est de l’ordre de 0,160 à 0,660 MPa entre 3 et 7 jours et de 0,360 à 1,02 MPa entre 7 et 28 jours. En fonction du taux de ciment, nous avons des variations suivantes après 28 jours: 0,215 MPa entre 6 et 7%, 0,475 MPa entre 7 et 8%, 0,510 MPa entre 8 et 10% et 0,615 MPa entre 10 et 12%.

Tableau 6. Perte de résistance après immersion

Dosage (%)	Poids sec (kg)	Poids humide (kg)	Coef. d’abs (%)	Volume mouillé (cm ³)	Densité humide (g/cm ³)	Surface mm ²	Charge (N)	Résistance après immersion (MPa)	Résistance à sec (MPa)	Perte (%)
6%	13,7	15,7	14,6	8737,5	1,79	60000	24000	0,4	0,735	(46%)
7%	13,7	15,7	14,6	8737,5	1,79	60000	35000	0,58	0,95	(39%)
8%	14,0	15,9	13,5	8737,5	1,80	60000	62000	1,04	1,425	(27%)
10%	14,0	15,8	12,9	8737,5	1,83	60000	90000	1,50	1,935	(23%)
12%	14,2	16,0	12,6	8737,5	1.86	60000	117000	1,95	2.55	(23%)

Le tableau 6 est le résumé des résultats des écrasements des blocs de parpaing après 24 heures d’immersion. Les coefficients d’absorption restent identiques entre 6, 7 et 8% puis une croissance brusque entre, 8, 10 et 12%. Ce comportement montre que le coefficient d’absorption d’un parpaing ne dépend pas seulement du taux de ciment mais également du compactage qui réduit le volume des vides entre les grains. Dans cette catégorie de briques, la perte de la résistance après immersion varie de 23 à 46% ; cette perte croit lorsque le taux de ciment est faible.

Tableau 7. Coefficient d’absorption par capillarité

Dosage (%)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	Surface (cm ²)	Cb(%)
6%	13700	15300	600	10,9
7%	13600	15200	600	10,88
8%	14100	15400	600	8,84
10%	14200	15200	600	6,80
12%	14400	15300	600	6,12

Les valeurs du Cb sont toujours inférieures à 20%, donc ces blocs sont de faible capillarité, par contre, elles sont plus élevées que celles des blocs de latérite.

3.3 DISCUSSIONS

Après identification des matériaux sable et latérite à travers les essais de laboratoire (Résultats du Tableau 1), ceux-ci ont servi à la confection des briques par stabilisation chimique au ciment. Les briques confectionnées ont subi une cure de 28 jours, durée pendant laquelle ces dernières ont atteint presque leur limite de maturité. Afin d’éviter un jugement par apparence sur

ces blocs, ils ont été soumis à divers tests sur lesquels les discussions seront basées. Il s'agit des résultats expérimentaux des résistances limites sèches et humides à la compression, le coefficient d'absorption et le coût de revient.

4 RÉSISTANCES LIMITES À LA COMPRESSION

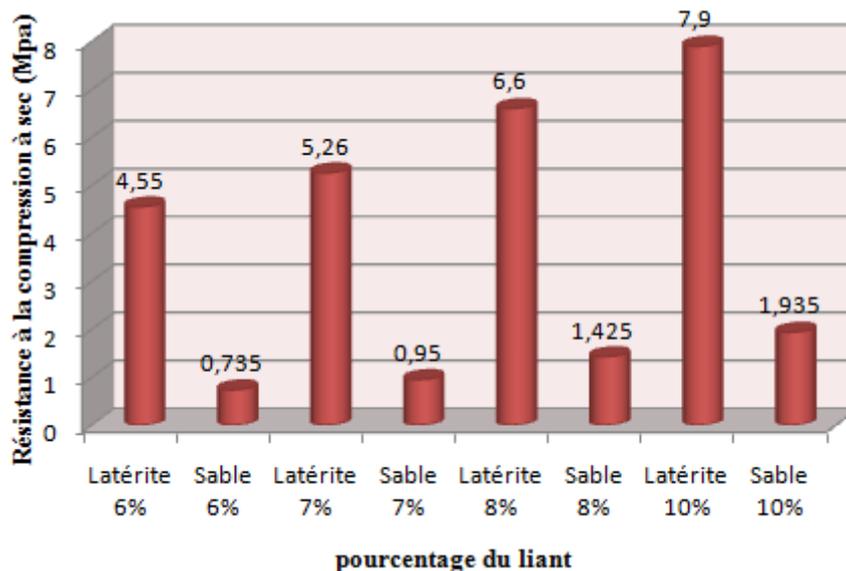


Fig. 15. Comparaison des résistances sèches à 28 jours

A l'état sec, les briques en latérite dosées à 10% de ciment offrent une résistance maximale moyenne de 7,9 MPa à 28 jours alors que les parpaings dans les mêmes conditions, ont une résistance moyenne maximale de 1,9 MPa. Ce grand écart constaté n'est pas le fait du hasard car d'une part, suivant les autres dosages, le même phénomène est observé et d'autre part, les travaux de recherche sur les latérites stabilisées de MAHAMAT SALEH IBRAHIM YACOUB (2IE 2010) ont montré que ces sols ont des résistances appréciables à la compression [15]. Aussi, selon Pierre Meukam (2004), la latérite stabilisée à 8 et 10% a donné respectivement 6,5 MPa et 8 MPa, valeurs presque identiques à celles trouvées ici et supérieures à 4 MPa, imposé par CRATerre (GUILAUD H., 1997) [16-17].

Aussi, cette large différence s'explique par un certain nombre de paramètres tels que la nature du sol, l'énergie de compactage, l'état de surface des grains et la masse volumique. Selon la nature du sol, la latérite présente une granulométrie discontinue (25% de silt ou limon ; 5% de sable fin ; 37% de sable grossier ; 33% de grave) alors que le sable a une granulométrie continue (0,75% de limon ; 4,5% de sable fin ; 92% de sable grossier ; 2,75% de grave).

Vu la proportion des éléments fins dans chacun de ces sols, la latérite en présente beaucoup plus que le sable. Ces éléments fins lui confèrent l'avantage à la cohésion entre ses grains. Ce qui fait que la latérite même non stabilisée présente une résistance de 2,56 MPa ; résistance que le parpaing atteint avec 12 % de ciment. En ce qui concerne l'énergie de compactage, les parpaings sont faiblement comprimés par rapport aux blocs de latérite. De ce fait, les grains de latérite se resserrent au maximum sous l'effet de la force de compression (Ottou 1987). Ce resserrement entre les grains leur procure de très bonne adhérence et donc une densité plus élevée que celle des parpaings. Ottou (1987) rapporte par les travaux de Danson qui estiment que la résistance à la compression est proportionnelle à la pression de compactage. Du point de vue état de surface, les grains de sable présentent une surface lisse, difficile à faire adhésion avec le liant, ce qui ne permet pas à cet ensemble d'avoir une résistance appréciable. Par rapport à la masse volumique, on constate que plus la masse volumique est grande, plus la résistance est élevée. Ce dernier paramètre a été prouvé par les recherches de Cormon cités par Bidjocka (1990) qui stipule que la masse volumique est un critère de variation de la résistance à la compression.

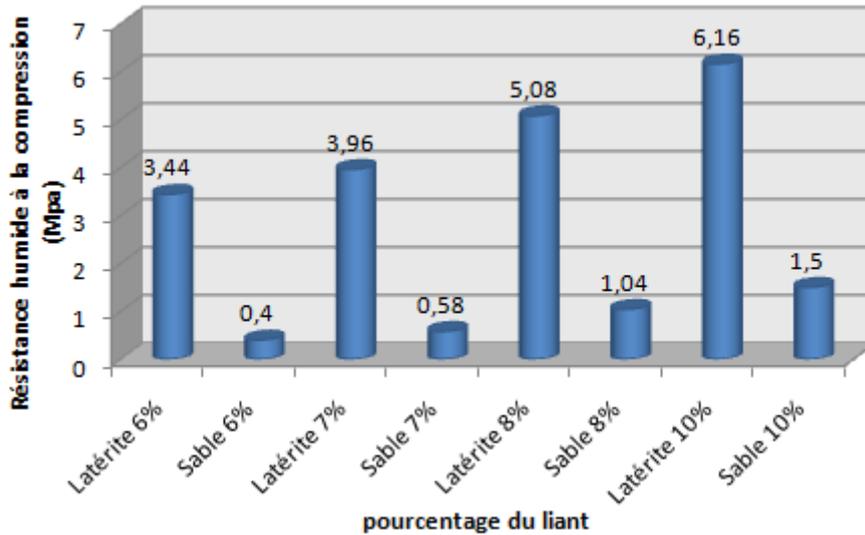


Fig. 16. Comparaison des résistances humides

Après immersion, une diminution de résistance est observée sur chaque élément, soit une perte de 22 à 28 % pour les briques en latérite et de 23 à 46 % pour les parpaings. Ces résultats prouvent qu'en présence de l'eau, les blocs de latérite sont toujours meilleurs par rapport aux parpaings. Pour justifier ce changement de comportement, il est nécessaire d'aborder la notion du coefficient d'absorption de chacun de ces blocs.

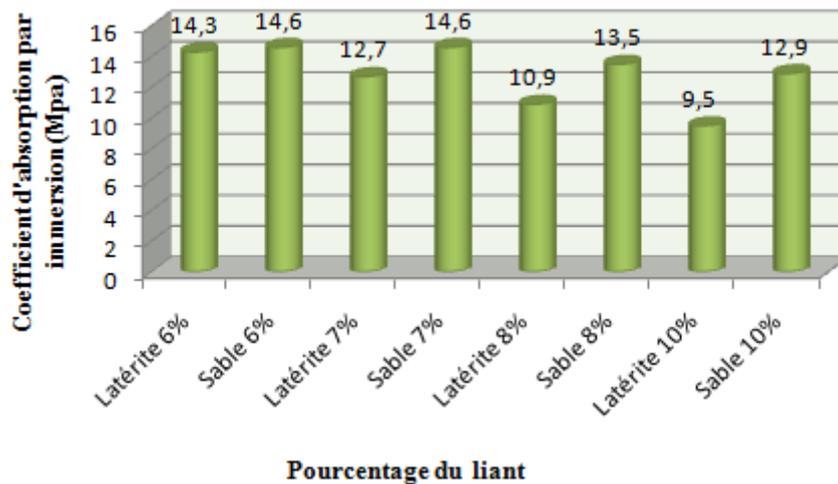


Fig. 17. Comparaison des coefficients d'absorption par immersion

D'après la figure 17, les parpaings absorbent plus de l'eau que ceux des briques de latérite. Cette absorption peut s'expliquer par certains facteurs dont le nombre de pores et leurs dimensions. La forte absorption de l'eau par les parpaings est due à la granulométrie continue du sable avec faible proportion des éléments fins. Malgré l'ajout du liant, les vides laissés entre les grains ne sont pas totalement comblés ; aussi avec la faible pression manuelle, le resserrement total de ces grains n'est pas possible. En effet, ces vides constituent des orifices de recueillement des eaux, occasionnant une grande chute de résistance à la compression. Par contre les blocs en latérite n'absorbent pas trop d'eau car la granulométrie de la latérite présente une proportion importante des éléments fins qui, associés au liant provoquent une obstruction des interstices laissés entre les grains. En plus, l'effet de l'énergie de compactage de la presse assure un resserrement maximum des grains. Cela conduit à une diminution en taille et en nombre des pores. Par conséquent, ces derniers sont moins sensibles à l'eau et donc les coefficients d'absorption sont toujours faibles par rapport à ceux des parpaings. De ce qui précède, l'eau affecte très peu le comportement des blocs en latérite.

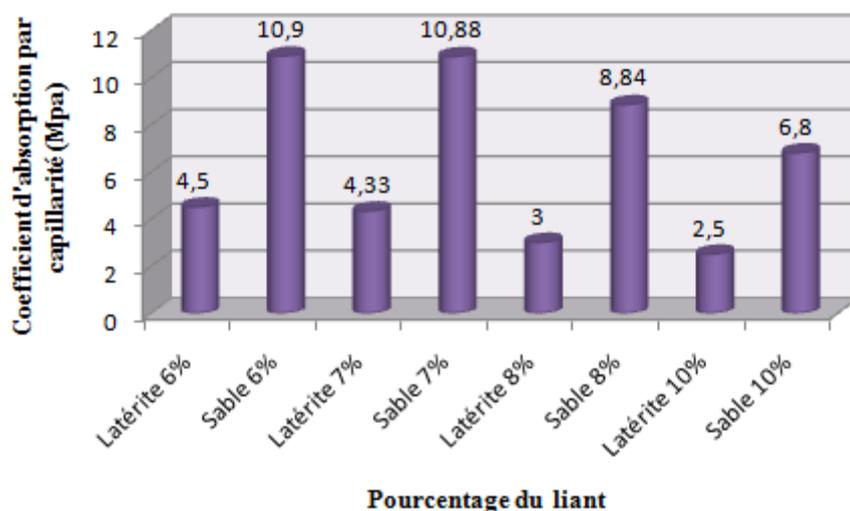


Fig. 18. Comparaison des coefficients d'absorption par capillarité

La figure 18 donne les résultats de l'essai d'absorption par capillarité sur les blocs de latérite et de parpaings. Ces résultats montrent que les parpaings ont une forte capacité de succion d'eau par rapport aux blocs de latérite ; Cela vient confirmer l'absorption par imbibition. Cette inégalité de comportement peut s'expliquer de la même manière que les raisons citées dans l'absorption par immersion. En effet, le pouvoir de succion est fonction de la porosité de l'élément. Malgré l'écart entre les deux types d'éléments, ils sont donc de bonne qualité en absorption capillaire car, leurs coefficients sont inférieures à 20%, imposée par la norme NF P 554 : (2,5 à 5, % et 6,12 à 10,9%), respectivement pour la latérite et le parpaing.

Tableau 8. Comparaison des études coûts de revient

Ciment	6%			7%			8%			10%		
	Nb/sac	PU en FCFA	Coût/m ²	Nb/sac	PU (FCFA)	Coût/m ² (FCFA)	Nb/sac	PU (FCFA)	Coût/m ² (FCFA)	Nb/sac	PU (FCFA)	Coût/m ² (FCFA)
latérite	128	105	3150	110	117	3510	96	131	3930	77	157	4710
sable	57	285	3563	49	312	3900	44	338	4225	34	405	5063

Après avoir évalué les coûts de production des différents éléments, il ressort que les parpaings coutent plus cher que ceux de latérite. Les prix des blocs de latérite varient de 79 F à 157 F selon les dosages et de 285 F à 468 F pour les parpaings. En raison de ces prix, on peut évaluer le coût d'un mètre carré de maçonnerie en parpaings et en latérite respectivement 5063F et 4710 F pour un même dosage (10%). En tenant compte de la qualité des éléments, les blocs de parpaing dosés à 10% ne doivent pas être comparés à ceux de latérite du même dosage, mais plutôt à ceux de 4%. En effet, la latérite non stabilisée offre déjà une résistance supérieure au parpaing dosé à 10%. Partant de ce principe de qualité, la comparaison entre parpaings dosé à 12% et latérite à 4% semble raisonnable. Ce qui fait coûter 5850F et 2400 F par mètre carré de maçonnerie respectivement en parpaing et de latérite, soit une économie de 3450 F par mètre carré. Cette comparaison est faite en considérant les paramètres locaux. Cependant, pour une utilisation en dehors des zones non latéritiques, le coût de transport doit intervenir pour augmenter le prix des blocs.

5 CONCLUSION

La comparaison des résistances des briques en sol latéritique et des blocs en sol sablonneux, stabilisés au ciment dans les mêmes proportions montre que la latérite offre une meilleure résistance (7,9 MPa) à 28 jours, tandis que le sable présente une très faible résistance (1,9 MPa) au même âge. Après 24 heures d'immersion, une chute de résistance s'observe sur les deux types d'éléments, mais cela n'empêche pas à la latérite de demeurer la meilleure car sa résistance décroît faiblement. On note une variation de 7,9 à 6,2 MPa pour la latérite et de 1,9 à 1,5 MPa pour le sable, soit une perte de 22% et 23% respectivement pour la latérite et le sable. Quant au coefficient d'absorption, les parpaings ont un pouvoir de succion plus élevé que ceux de la latérite. Tout de même, ces deux types de matériaux ont des valeurs très appréciables en succion. On enregistre 6,1 à 10, 9%

pour les parpaings et 2,5 à 5% pour la latérite et suivant les dosages. Par rapport aux exigences de CRATerre et le Centre des Matériaux de Construction (CMC) de N'Djamena, les résistances requises sont atteintes. En somme, ce travail a permis de mettre en évidence d'une part, l'inégalité des propriétés qui réside entre les matériaux sable et latérite à travers un stabilisant, le ciment et d'autre part, l'avantage de l'utilisation des matériaux locaux.

REFERENCES

- [1] Olivier, M. and Mesbah, A. (1986). Earth material: The test of static compaction for the manufacture of comprehended raw earth bricks. *Liaison Bulletin of Ponts et Chaussées Laboratoires (LPC)* 146 34–37 (France).
- [2] Abalo P'kla. (2002). Simple compression characterization of compressed earth blocks (BTC): Application to masonry «BTC-EARTH MORTAR». Phd thesis in Civil Engineering. INSA Lyon (France), 234 p.
- [3] M. Olivier, A. Mesbah, Z. El Gharbi, J. C. Morel. (1997). Test method for strength tests on blocks of compressed. RILEM TC 164-EBM: Mechanics of Earth as a Building Material, Vol. 30, pp 515-517. <https://doi.org/10.1007/BF02486394>.
- [4] Olivier, M., (1994). The earth material: compaction, behaviour, application to structures in earth blocks. Phd thesis, INSA Lyon, Order No 94 ISAL 0004.
- [5] Creuset Michel. (1997). Materials and Components, Gros œuvres. Delagrave - Paris (France).
- [6] Coursnet Yves. (2010). 2nd edition, Properties and characteristics of building materials. Monitor. Paris (France).
- [7] H. Houben, H. Guillaud. (1995). Treaty of earth construction. Edition parenthesis, Marseille, France, 355 p.
- [8] AFNOR, (2001). Earth Blocks Tablets for Walls and Partitions, Paris (France).
- [9] AFNOR NF EN 13286-53. (2005). Mixtures treated and not treated with hydraulic binders, Part 53: axial compression method for specimens made from materials treated with hydraulic binders.
- [10] NF EN 413-1. (1994). Masonry cement. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, Part 1: specification.
- [11] NF EN 413-1. (1994). Masonry cement. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, Part 2: Test methods.
- [12] EUROCODE 6. (1996). Construction of masonry structures. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION.
- [13] CRATerre. (1985). Building in soil, alternative editions, Paris, 286 p.
- [14] Daniel CORDARY, (1994), Soil mechanics, rue Lavoisier, Paris cedex, 359 p.
- [15] Mahamat Saleh Ibrahim Yacoub, (2010), Comparative study between the improvements of compressed earth bricks stabilized by cement and slaked lime, memory 2ie 46 p.
- [16] Meukam P., Noumowé A., Duval R., Jannot Y. (2003). Thermo physical and mechanical characterization of stabilized earth for thermal insulation in buildings. *Materials and structures* 36 (7) ; 453-460.
- [17] Meukam P., (2004), Upgrading of stabilized earth bricks with a view to the thermal insulation of buildings, Phd thesis, 3rd cycle, University of Yaoundé I.