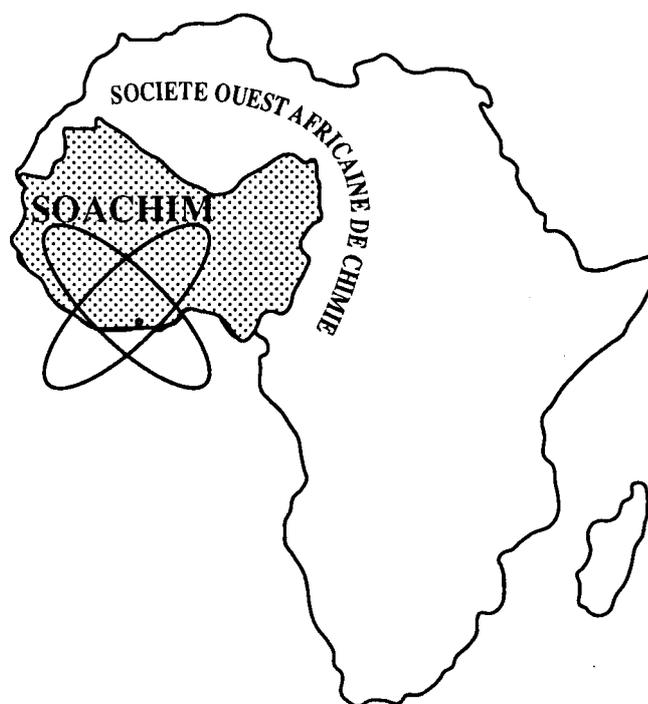


Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

J. Soc. Ouest-Afr. Chim.
Code Chemical Abstracts : JSOCF2
Cote INIST (CNRS France) : <27680>

ISSN 0796-6687

17^{ème} Année, Décembre 2012, N° 034



Site Web: <http://www.soachim.org>

Comportement thermique de céramiques à base d'argiles naturelles du Burkina Faso

Lamine Zerbo^{1*}, Brahim sorgho¹, Sié Kam², Julien Soro³, Younoussa Millogo¹, Boubié Guel⁴, Karfa Traoré¹, Moussa Gomina⁵, Philippe Blanchart³

1 Laboratoire de Physico-Chimie et Technologie des Matériaux, U.F.R.-S.E.A/Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

2 Laboratoire d'Energies Thermiques Renouvelables, U.F.R.-S.E.A/Université de Ouagadougou.

3 Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH), Centre Européen de la Céramique (CEC) 87068 Limoges cedex, France

4 Laboratoire de Chimie Physique et d'Electochimie (LCPE), U.F.R –SEA/Université de Ouagadougou.

5 Equipe Structure et Comportement Thermomécanique des Matériaux (ESCTM) du CRISMAT, UMR 6508, CNRS/ENSICAEN, 6 boulevard du Maréchal Juin, 14050 Caen Cedex 4, France

(Reçu le 27/ 03/2012 – Accepté après corrections le 20 /12/2012)

Résumé : Le comportement thermique de céramiques élaborées à partir d'argiles locales du Burkina Faso a été caractérisé dans cette étude. L'argile SIT est composée majoritairement de montmorillonite, de quartz, d'albite de kaolinite et d'illite, tandis que l'argile GAR contient les phases majeures que sont le talc, la dolomite et la chlorite. Des mélanges de ces deux argiles contenant 0 %, 5 % et 10 % de GAR ont été réalisés. Pour chaque nuance, le coefficient de dilatation linéaire a été déterminé et la conductivité thermique calculée en fonction de l'épaisseur des éprouvettes d'essai. Des chocs thermiques descendants avec des sauts de température allant de 300 à 1000 °C ont été réalisés par trempe à l'eau à température ambiante. Les résistances résiduelles consécutives aux chocs thermiques ont été déterminées pour les tessons de mélange frittés au préalable à 1100 °C. Il ressort de cette étude que les trois mélanges ont des coefficients de dilatation et des conductivités thermiques moindres, comparativement aux matériaux métalliques par exemple. En outre, les trois nuances de céramiques élaborées ont un saut critique de température voisin de 600 °C. Par ailleurs, le mélange à 5 % de GAR présente la meilleure résistance résiduelle aux chocs thermiques, toutes choses qui donnent des indications sur les conditions et la durée d'utilisation de ce type de céramiques.

Mots clés : argiles locales ; conductivité thermique ; choc thermique ; résistance résiduelle

Thermal behavior of natural clays ceramics from Burkina Faso

Abstract : The thermal behavior of ceramics produced from local clays of Burkina Faso has been characterized in this study. The SIT clay is composed mainly of montmorillonite, quartz, albite, kaolinite and illite, while the GAR clay contains the major phases that are talc, dolomite and chlorite. Mixtures of these clays, containing 0%, 5% and 10% of GAR have been realized. For each grade, the linear coefficient of expansion was determined and the thermal conductivity calculated according to the thickness of the test specimens. With break temperature ranging from 300 to 1000 °C, descendant thermal shocks were carried out by dipping in water at room temperature. Consecutive residual strengths at thermal shock were determined for the mixture shards sintered prior to 1100 °C. It appears from this study that the three mixtures are coefficients of expansion and lower thermal conductivities compared to metallic materials, for example. In addition, three shades of ceramics have developed a critical jump in temperature close to 600 °C. Moreover, the 5% mixture of GAR has the best residual resistance to thermal shock, which gives indications on the conditions and duration for utilization of this kind of ceramics.

Keywords: local clays, thermal conductivity, thermal shock, residual strength

* **Auteur correspondant:** lamine_zerbo@univ-ouaga.bf ou lamine_zerbo@yahoo.fr

1. Introduction

Les matières premières argileuses du Burkina Faso sont largement utilisées par les populations locales pour divers besoins (poterie, matériaux de construction, céramiques pour construction de fours artisanaux...). Des travaux récents^[1- 4],portants sur la caractérisation physico-chimique et la valorisation des argiles du Burkina Faso, sont disponibles dans la littérature. Dans la pratique quotidienne des populations, certaines céramiques élaborées à base d'argiles locales sont soumises à des chocs thermiques, notamment par trempe dans l'eau à température ambiante (trempe des poteries dans des décoctions végétales pour leur émaillage à chaud, refroidissement à l'eau froide des parois internes des fours encore chauds). Ces chocs thermiques répétés fragilisent ces matériaux et les endommagent. Cette fatigue thermique est d'autant plus importante que l'amplitude et la fréquence des variations brusques de température sont élevées. Il existe de nombreuses méthodes d'étude du comportement thermique des matériaux céramiques. Certaines de ces méthodes, largement utilisées pour la caractérisation des chocs thermiques descendants, se fondent sur la trempe dans l'eau à température ambiante^[5]. La résistance résiduelle après la trempe et la variation critique de température sont les deux paramètres utilisés pour la caractérisation de la résistance aux chocs thermiques des matériaux céramiques.

L'objet du présent travail est de caractériser la dilatation thermique, la conductivité thermique et la résistance résiduelle aux chocs thermiques descendants, de matériaux céramiques élaborés à partir de deux argiles locales du Burkina Faso. Lors de la trempe, les tessons céramiques sont soumis à des variations plus ou moins brusques de température. Il s'en suit des variations dimensionnelles. En conséquence, lorsque le matériau soumis à la trempe n'est pas libre de se contracter ou de se dilater, il subit des contraintes thermiques. Pour un élément de longueur L_0 d'un solide soumis à la trempe descendante et libre de se contracter, le raccourcissement relatif ε est donné par la relation suivante^[6] :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \cdot \Delta T \quad (1)$$

α est le coefficient de dilatation linéique du matériau et ΔT la variation de température. La contrainte de traction qui s'ensuit a pour expression :

$$\Delta \sigma_T = \frac{E \varepsilon}{1 - \nu} \quad (2)$$

Compte tenu de l'équation (1) on a :

$$\Delta \sigma_T = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{1 - \nu} \quad (3)$$

ν est le coefficient de Poisson et E le module d'Young du matériau.

La contrainte thermique n'atteint sa valeur maximale qu'au bout d'un temps plus ou moins long. Cette valeur maximale est donnée par la relation :

$$\Delta \sigma_T = \Psi E \cdot \alpha \cdot \Delta T f(\nu) \quad (4)$$

$f(\nu)$ est une fonction du coefficient de Poisson dont la valeur ($f(\nu) \neq 1 / (1 - \nu)$) dépend de la géométrie de la pièce. Ψ est compris entre 0 et 1 et est sans dimension. Il rend compte des conditions réelles du choc thermique. Ces conditions sont caractérisées par le nombre de Biot β [6], relatif à la géométrie de la pièce et à la sévérité du choc thermique :

$$\beta = \frac{dh}{k} \quad (5)$$

d est la dimension moyenne de la pièce, h le coefficient de transfert de chaleur à l'interface pièce-milieu et k la conductivité thermique du matériau. La relation entre Ψ et β est de la forme :

$$\Psi^{-1} = a_1 + a_2 \beta^{-1} \quad (6)$$

a_1 et a_2 sont des coefficients qui dépendent de la géométrie de la pièce^[6].

Lorsque le choc thermique est sévère et qu'il correspond donc à un nombre de Biot élevé, le coefficient Ψ tend vers 1. A la limite quand $\Psi = 1$, on peut déduire la variation critique de température ΔT_c qui engendre une contrainte thermique $\Delta \sigma_T$ dont la valeur est égale à celle de la résistance R_m de matériau soit^[6,7] :

$$\Delta T_c = P1 = \frac{R_m}{E \alpha f(\nu)} \quad (7)$$

$P1$ est le paramètre qui caractérise la résistance aux chocs thermiques sévères.

Pour les échanges lents de chaleur, β est faible et on a $\Psi \approx \frac{\beta}{a_2}$. On déduit alors

$$\Delta T = \frac{a_2}{\beta} = \frac{\Delta \sigma_T}{E \alpha f(\nu)} \quad (8)$$

Lorsque $\Delta \sigma_T = R_m$, on peut déduire que :

$$\Delta T_c = \frac{a_2 k}{dh} \frac{R_m}{E \alpha f(\nu)} \quad (9)$$

$$\text{ou encore } \Delta T_c = k \cdot P1 \cdot \frac{a_2}{dh} \quad (10)$$

Le paramètre $P2 = k \cdot P1$ (11) caractérise les chocs thermiques peu importants.

2. Matériaux et méthodes

Les argiles SIT et GAR sont exploitées dans deux régions du Burkina Faso depuis des décennies (**Figure 1**). Ce sont des carrières à ciel ouvert exploitées par les populations locales. Le site de l'argile SIT, est situé à la latitude de 10,36° nord et à une longitude de 4,48° ouest, à une distance de 10 km de la ville de Banfora^[8]. L'argile GAR a été prélevée dans le Centre-Est du pays aux environs de

La ville de Garango située à la latitude Nord de 11,48° et à la longitude Ouest de 0,33°. Nous utilisons le site argileux Sitiéna à cause de composition minéralogique assez variée donc représentant les argiles types de cette zone. L'argile GAR est utilisée à cause de sa dominance en minérale talc qui est un minéral pourvoyeur de MgO. Le talc est consolidateur et favorise la cristallisation de certaines phases minérales^[9].

La composition chimique élémentaire des argiles SIT et GAR est donnée dans le **tableau I**. Les diffractogrammes des poudres des deux argiles sont présentés en **figures 2 et 3**^[8; 10]. Dans l'argile SIT, une montmorillonite coexiste avec le quartz et l'albite. De petites quantités d'illite, de kaolinite et d'orthose sont également présentes. Dans l'argile GAR, le talc coexiste avec de la chlorite, de la dolomite et du quartz qui sont en petites quantités^[10].



Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement des échantillons

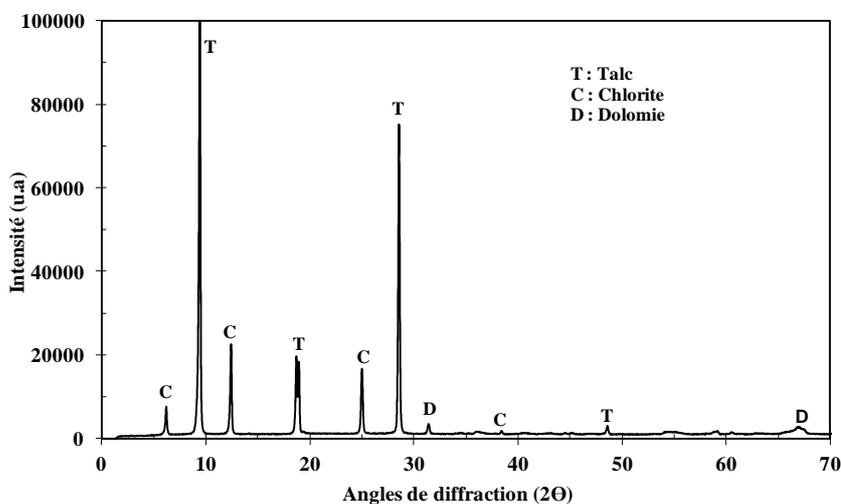


Figure 2 : Diffractogramme orienté des rayons X de GAR

Tableau I : Composition chimique élémentaire des argiles SIT et GAR

Oxydes	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Fe ₂ O ₃	P.F _{1000°C}
SIT	55,71	20,15	0,63	1,21	2,15	2,70	1,23	6,82	8,10
GAR	50,25	24,5	0,7	2,34	0,17	0,47	11,66	1,13	6,4

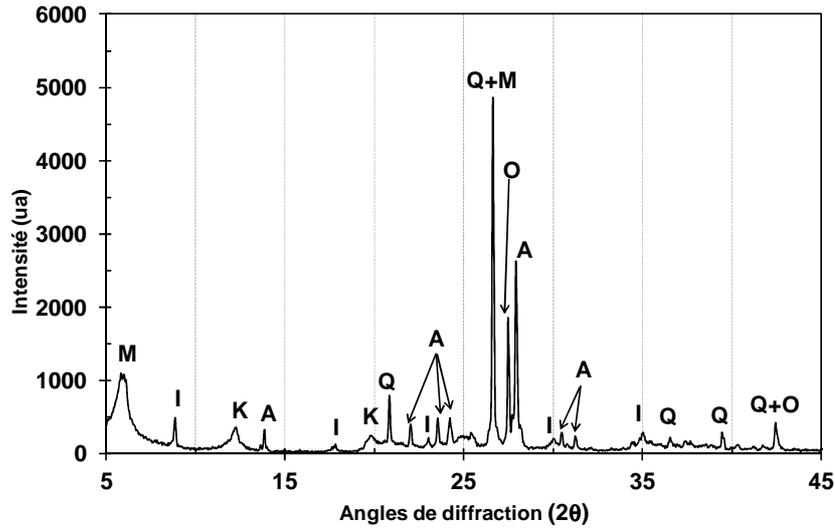


Figure 3 : Diffractogramme X de l'argile SIT : K=kaolinite, I=illite, Q=quartz, M=Montmorillonite, A=albite et O=orthose.

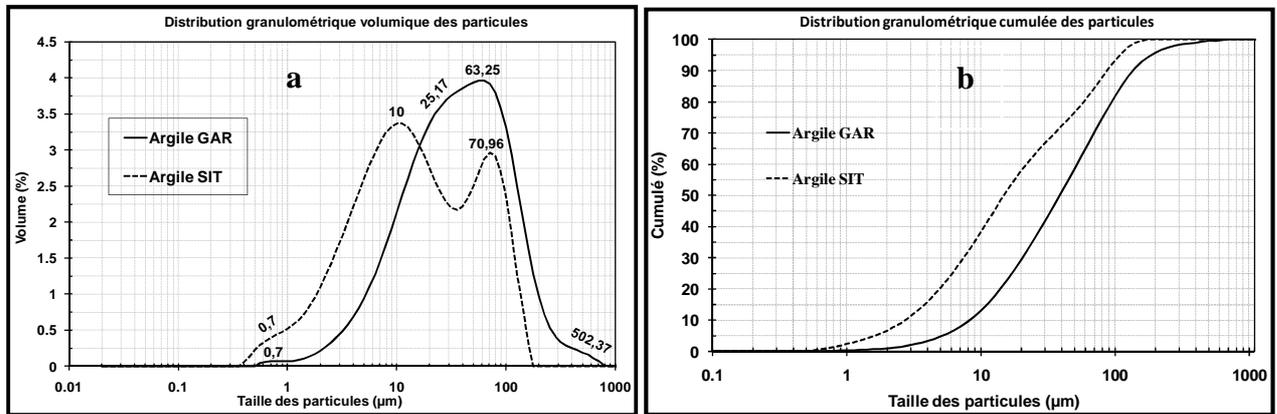


Figure 4 :Distribution granulométrique volumique (a)et cumulative (b) des poudres des argiles

Les distributions granulométriques des argiles SIT et GAR sont données en **figure 4**. Ces figures indiquent que la taille des particules des poudres. Les proportions de particules fines sont importantes dans les échantillons puisque plus de 90 % de particules sont en dessous de 100μm pour les deux argiles. Les poudres obtenues ont ensuite subi en l'état, une mise en forme avec de faibles vitesses de pressage pour favoriser la densification ^[11 ; 12]. Pour la présente étude de comportement thermique, des nuances de poudres ont été préparées en

mélangeant les argiles SIT et GAR à certains pourcentages à l'aide d'un agitateur " tubulaire ". Les poudres ont été homogénéisées pendant une heure dans des boîtes plastiques contenant des billes en alumine. La composition de ces différents mélanges est résumée dans le **tableau II**. Les taux de 5 % et de 10 % de talc ne sont pas des taux optimums pour ces genres de mélanges, mais sont intéressants pour suivre les transformations : 5 % est le pourcentage type d'un bon mélange et 10 % le mélange nuisible aux matériaux.

Tableau II : Composition des mélanges de poudres préparées

Mélange	% massique de SIT	% massique de GAR
M0	100	0
M5	95	5
M10	90	10

Dans un premier temps 3 g de poudre de chaque nuance ont été utilisés pour confectionner par pressage des pastilles cylindriques de 20 mm de diamètre pour une épaisseur de 5 mm. La charge de pressage des pastilles est de 0,75 tonne.

Des échantillons parallélépipédiques de dimension (3x3x14) mm³ ont été taillés dans un lot de pastilles crues pour les mesures de dilatation thermique. Les dilatations thermiques et les retraits ont été mesurés à l'aide d'un dilatomètre MISURA-System 3.32. La longueur de l'échantillon parallélépipédique est mesurée par caméra optique pendant le cycle thermique programmé. La vitesse de chauffe est de 10 °C/min sous atmosphère d'air. Les autres pastilles ont été frittées à 1100 °C pour servir ensuite à l'étude des chocs thermiques et aux essais de compression diamétrale.

Dans un second temps, 50 g de chaque mélange sont utilisés pour confectionner des carreaux de dimension (120x50x10) mm³. Le pressage des carreaux a été fait suivant un cycle d'une minute avec une charge maximale de 9 tonnes^[10]. Après frittage des carreaux à 1100 °C, des éprouvettes (longueur = largeur = 3 mm ; épaisseur = 2 ou 4 ou 6 mm) ont été taillées puis rectifiées (afin que les plaques adhèrent sur les surfaces) pour les mesures de conductivité thermique.

Pour les cycles de cuisson, nous avons adopté un temps de palier final d'une heure à 1100 °C, avec des vitesses de montée et de descente en température de 2,5 °C/min. Les fours utilisés pour les cuissons et les chocs thermiques sont de type NABERTHERM. Pour réaliser les chocs thermiques, les pastilles préalablement frittées à 1100 °C et refroidies à la température ambiante sont chauffées à une température fixée, avec un palier final de 30 min sous air, puis trempées dans de l'eau à 20 °C.

Pour la détermination de la conductivité thermique, chaque éprouvette est placée entre deux petites plaques dont l'une émet un flux de chaleur tandis que l'autre est réceptrice. Au bout de 15 minutes, on relève les différents flux des plaques.

La résistance résiduelle des pastilles a été déterminée par un essai de compression diamétrale (essai brésilien) après l'essai de choc thermique.

L'essai brésilien, également dénommé essai de traction indirecte ou essai de compression diamétrale a été utilisé pour mesurer la résistance en traction des bétons, puis a été étendu à d'autres types de matériaux^[13,14]. Il consiste à soumettre une éprouvette de géométrie cylindrique à deux forces axiales opposées en la plaçant entre les plateaux d'une presse (seul le plateau supérieur est mobile).

Nous avons utilisé une presse de type INSTRON piloté par un logiciel bluehill. La pastille est ainsi comprimée entre deux plans parallèles à l'axe du cylindre. La vitesse de traverse utilisée pour les essais est de 3mm/min.

3. Résultats et discussions

3.1. Dilatation thermique

Le fait de chauffer un matériau accroît son énergie interne, en raison de l'agitation thermique. L'accroissement des distances interatomiques moyennes peut être corrélé avec la température par un facteur de proportionnalité qui est le coefficient de dilatation. La mesure de la dilatation d'un matériau ne permet, en général, que de caractériser sa dilatation linéique^[15]. Pour chaque température on peut déduire le coefficient de dilatation linéique α de la relation (1) dans laquelle L désigne une longueur de l'éprouvette:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad (12)$$

Par suite, le comportement thermique d'un matériau quelconque peut, entre autres, être caractérisé par les valeurs que prend le coefficient de dilatation entre deux températures données. Quand l'une des deux températures précitées tend vers l'autre, ce comportement se caractérise par le coefficient vrai de dilatation^[16]. D'autre part, de nombreux matériaux dont les terres cuites sont susceptibles d'évoluer structurellement en fonction de la température du fait qu'ils sont le siège de polymorphismes, de réactions chimiques, de transformations de seconde espèce, etc.

Les courbes dilatométriques des mélanges réalisés (**figure 5**) montrent un premier retrait vers 150 °C dus à la déshydratation des minéraux argileux. Le léger retrait entre 450 et 600 °C est induit par la déshydroxylation des minéraux argileux dont principalement la kaolinite. L'illite et les smectites influencent également l'ampleur du processus de ce retrait dilatométrique^[17]. Au-delà de la transformation du quartz à 573 °C, la réorganisation structurale des minéraux argileux déshydroxylés s'observe entre 900 et 950 °C. La densification commence après 1050 °C pour l'ensemble des nuances. Le procédé de densification permet de contrôler le taux de porosité résiduelle, mais définit également la pureté de la matrice^[18]. Le maximum de densification est atteint à la température de 1200 °C. Au-delà il y a recristallisation notamment pour la nuance M5 (**figure 6**). Les coefficients de dilatation linéaire pour les trois nuances sont donnés dans le **tableau III**.

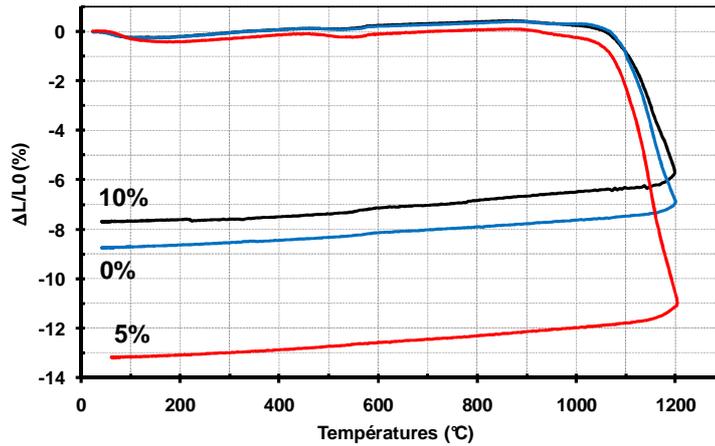


Figure 5 :courbes dilatométriques des différentes nuances

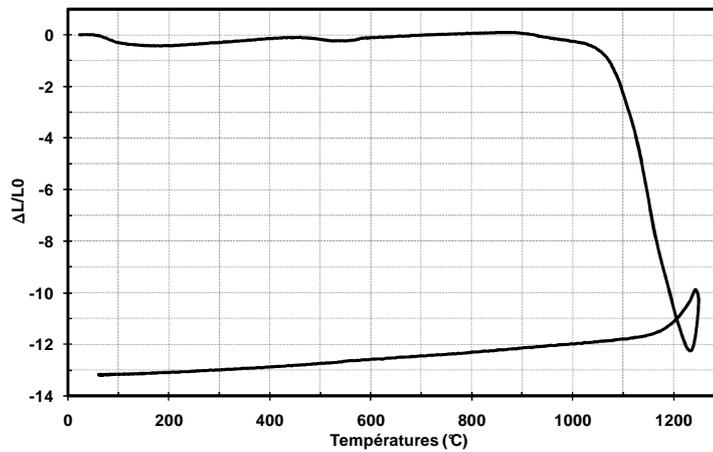


Figure 6 : courbe dilatométrique avec recristallisation de la nuance M5 enregistrée à 1250 °C

Tableau III : Coefficients de dilatation linéaire α_L

Mélanges	Coefficient α_L ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
M0	$1,17 \cdot 10^{-4}$
M5	$1,29 \cdot 10^{-4}$
M10	$1,37 \cdot 10^{-4}$

3.2. Conductivité thermique

Différentes études ont été menées afin de comprendre les mécanismes de conduction de la chaleur dans les matériaux céramiques qui sont des matériaux dont les propriétés optiques varient fortement sur le domaine des longueurs d'onde associées au rayonnement thermique ($0,3 \mu\text{m} < \lambda < 50 \mu\text{m}$). Ces propriétés sont fortement dépendantes de la température et de la microstructure (impuretés, défauts...). L'importance relative de la conduction thermique et du rayonnement dans le transport de la chaleur en leur sein peut ainsi varier en fonction de la température [18]. Les paramètres d'intérêt sont la morphologie des inclusions, leur distribution, et l'existence de points de contact entre les différentes phases. Les modèles les plus utilisés sont basés sur

le calcul de la conductivité moyenne arithmétique et géométrique [18-20]. Nous avons évalué la conductivité thermique des différentes nuances traitées dans les mêmes conditions. Les terres cuites sont des matériaux qui ont une certaine porosité avec des joints de grains et des tailles de grains variées. L'équation suivante est utilisée pour déterminer la valeur de la conductivité thermique λ du matériau :

$$\lambda = \frac{e_1 - e_2}{R_{G1} - R_{G2}} \quad (13)$$

e est l'épaisseur des pièces et R_G sa résistance thermique apparente. On utilise la pente de la droite $R_G = f(e)$ pour déduire λ . Le tableau IV nous donne les valeurs obtenues lors des mesures de la résistance thermique apparente.

Tableau IV : Résistance thermique apparente R_G avec l'épaisseur des tessons.

Epaisseur (m)		0,002	0,004	0,006
R_G (K m ² /W)	M0	0,0093	0,0137	0,0159
	M5	0,0114	0,0107	0,0142
	M10	0,0103	0,0120	0,0144

En utilisant la relation (13) on obtient les valeurs consignées dans le **tableau V**. Dans les céramiques en terre cuite, il y a peu d'électrons libres (contrairement aux métaux), d'où leur faible conductivité thermique. Comparativement à certaines valeurs de la littérature données dans le **tableau VI**^[21- 23], la nuance M5 peut être classée parmi les conducteurs de chaleur, à la différence des nuances M0 et M10 qui sont à la frontière entre matériaux conducteurs de chaleur et matériaux isolants thermiques. La conductivité thermique des terres cuites qui sont hétérogènes dépend également de la nature des joints de grains au niveau desquels les impuretés et les pores résident préférentiellement. La présence de ce type de défauts conduit à une chute importante de la conductivité thermique. A cela s'ajoute l'effet des phases secondaires, qui elles aussi sont localisées au niveau des joints de grain, ce qui conduit également à la chute de la conductivité thermique des terres cuites^[18].

Tableau V : Conductivité thermique des échantillons

Echantillons	Conductivité thermique λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)
M0	0,60
M5	1,43
M10	0,98

Tableau VI : conductivité thermique de quelques matériaux [23]

Matières	Conductivité thermique λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)
Matériaux conducteurs: pierre, béton	0,6 < λ < 5
Isolants brique	0,2 < λ < 0,6
Bons isolants: bois, laine minérale	λ < 0,2
Air immobile	$\lambda = 0,024$

3.3. Chocs thermiques

Afin de déterminer la contrainte résiduelle, la force appliquée sur l'éprouvette est enregistrée en fonction de la flèche qui est le déplacement du couteau supérieur par rapport au couteau inférieur. La formule suivante permet d'accéder aux valeurs de la contrainte de rupture :

$$\sigma_r = \frac{2P}{\pi DH} \quad (14)$$

Avec σ_r la contrainte à la rupture, P la force appliquée, D et H respectivement le diamètre et l'épaisseur de la pastille. Le **tableau VII** nous donne les valeurs de la contrainte résiduelle des éprouvettes des différentes nuances après les essais de chocs thermiques.

Tableau VII : Effets du choc thermique sur les contraintes de rupture en essais brésiliens

Températures (°C)	Contraintes (MPa)		
	M0	M5	M10
20	10,28	14,38	13,15
300	5,43	12,99	11,69
400	5,38	12,67	11,57
500	5,32	12,59	11,23
600	4,56	10,84	9,08
700	4,11	10,78	8,07
800	4,28	10,52	8,72
900	3,70	8,75	7,65
1000	3,75	7,19	6,01

La **figure 7** montre l'évolution de ces valeurs suite aux effets des chocs thermiques. La décroissance nette de la contrainte est marquée pour les nuances M5 et M10. Il en ressort que la variation critique de température (ΔT_c), comprise entre 500 et 700 °C, se situe aux environs de 600 °C pour les trois mélanges^[7,24]. Lorsque la variation de température des chocs est supérieure à ΔT_c , la résistance résiduelle des nuances diminue fortement.

La relation (3) qui indique que la contrainte résiduelle augmente avec le coefficient de dilatation α est valable pour un élément situé au cœur du matériau^[6]. Lorsqu'un élément est situé près de la surface libre on a :

$$\Delta \sigma_T = E \cdot \alpha \cdot \Delta T f(v) \quad (15)$$

La relation (15) n'est valable que pour des variations de température extrêmement rapide, ce qui est rare. Toutefois, des contraintes thermiques apparaissent lorsque le matériau est polyphasé et que les coefficients de dilatation linéiques des phases en présence sont différents. C'est le cas notamment des céramiques en terre cuite dont la symétrie de la structure cristalline de plusieurs de leurs phases constituantes est souvent faible, ce qui entraîne une anisotropie marquée du coefficient de dilatation.

La relation (6) indique le lien entre la contrainte $\Delta \sigma_T$ qui augmente avec la conductivité thermique k. Les paramètres P1 et P2 définis par les relations (10) et (11) caractérisent physiquement la résistance du matériau à l'amorçage d'une fissure au cours d'un choc thermique, ce qui suppose que le matériau testé est libre de toute fissure ou de tout défaut préalable.

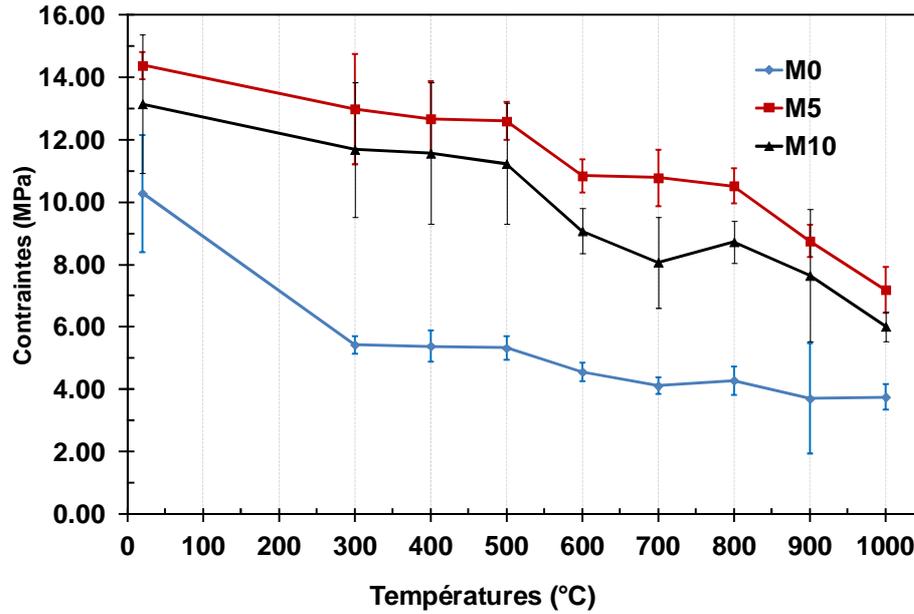


Figure 7 : effets du choc thermique sur les contraintes de rupture en essais brésiliens

Cette dernière condition est loin d'être satisfaite pour les céramiques telles que les terres cuites dont la microstructure renferme des pores qui peuvent être considérés comme des fissures à la racine desquelles il y a une concentration de contrainte.

Pour les céramiques hétérogènes comme nos matériaux en terre cuite, on considère des paramètres de résistance aux chocs thermiques qui caractérisent plutôt leur résistance à la propagation de fissures au cours du choc soit :

$$P3 = \frac{E}{R_m^2 f(v)} \quad (16) \quad \text{et} \quad P4 = \frac{E \cdot \gamma_s}{R_m^2 f(v)} = \gamma_s \cdot P3 \quad (17)$$

Avec R_m , la résistance du matériau correspondant à la variation critique de température ΔT_c , et γ_s l'énergie de surface du matériau. Le paramètre P4 représente en fait une longueur critique de fissure [6].

De façon pratique, les paramètres P1 et P2 servent à évaluer la résistance aux chocs thermiques de matériaux homogènes, sans fissures ni porosité (verres, céramiques vitrifiées...). Par contre les paramètres P3 et P4 sont utilisés lorsque le matériau étudié est hétérogène et renferme des fissures initiales et des pores (terres cuites, béton...). Les expressions des paramètres P1 (ou P2) et P3 (ou P4) indiquent qu'il est impossible pour un matériau donné de maximiser simultanément ces paramètres, c'est-à-dire d'améliorer à la fois la résistance du matériau à l'amorçage des fissures et sa résistance à leur propagation au cours d'un choc thermique.

En somme, l'utilisation d'une céramique hétérogène comme la terre cuite implique d'accepter la fissuration précoce ou même préexistante du matériau qui est choisi à cause de sa faible résistance à la traction, afin que la dégradation de la pièce due à la propagation de fissures reste limitée en cours d'utilisation et affecte peu ses performances.

Il se produit durant la cuisson des terres argileuses, un certain nombre de transformations physico-chimiques (fusion partielle et réactions entre phases minérales), qui ont une grande influence sur les paramètres structuraux des produits finis. Les mélanges M5 et M10 présentent une meilleure résistance résiduelle suite aux chocs thermiques, comparativement à l'argile M0. On note donc une amélioration des caractéristiques des matériaux avec l'ajout de talc notamment. En outre, le mélange M5 offre une meilleure résistance aux chocs thermiques, en comparaison avec les autres nuances. Ce qui est en corrélation avec son comportement dilatométrique indiquant son faible retrait.

4. Conclusion

Cette étude a permis de caractériser le comportement thermique de céramiques en terre cuite, élaborées à partir de mélanges d'argiles (SIT et GAR) du Burkina Faso. La dilatométrie a été utilisée pour évaluer les coefficients de dilatation linéaire qui demeurent faibles, comparativement aux coefficients de dilatation des matériaux

métalliques. En outre, la conductivité thermique des pièces élaborées est relativement faible, comparativement à d'autres types de matériaux céramiques. Toutefois, le mélange M5 peut être classé comme conducteur de chaleur, à la différence des nuances M0 et M10 qui se situent à la frontière entre matériaux conducteurs de chaleur et matériaux isolants thermiques. Les valeurs des contraintes résiduelles suite aux chocs thermiques descendants, indiquent une variation critique de température voisine de 600 °C pour les trois nuances. Cependant, le mélange M5 présente une meilleure résistance résiduelle, comparativement aux autres nuances, toutes choses qui donnent des indications sur les conditions et la durée d'utilisation de ce type de céramiques. L'utilisation de GAR (riche en talc) comme additif vise à apport en MgO à l'argile favorisant ainsi la formation de phases cristallines résistant aux chocs thermiques.

Remerciements :

Les auteurs remercient les projets IRD / AIRES-Sud-7226(France) et IPICS/ISP/BUF:02 (Suède) pour leur soutien financier et scientifique à la « recherche sur les matériaux argileux du Burkina Faso en vue de leur valorisation », à l'université de Ouagadougou.

Bibliographie

- [1] Kabré T. S., Traoré K. and Blanchart P.; Applied Clay Science (1998) 12, 463–477
- [2] Traoré K., Kabré T. S. and Blanchart P.; Applied Clay Science (2000) 17, 279–292
- [3] Millogo Y., Traoré K., Ouédraogo R., Kaboré K., Blanchart P., Thomassin J. H., Construction and Building Materials (2008) 22, 70–76
- [4] Seynou M., Ouédraogo R., Millogo Y., Traoré K., Bama B.C.A.; J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2009) 27, 9 - 19.
- [5] Lewis D., Thermal shock and thermal shock fatigue testing of ceramics with the water quench test, in: BRADT C., EVANS A.G., HASSELMAN D.P.H., LANGE F.F. / Fracture Mechanics of Ceramics vol. 6, Edition Plenum Press, 1983, New York.
- [6] Dorlot J.-M., Bailon J.-P. et Masounave J. / Des matériaux, deuxième édition revue et augmentée, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 1986, Montréal.
- [7] Zhang T., Jin H.-Y., Zhao J.-F. and Jin Z.-H.; J. of Ceram. Process. Res. (2009) Vol. 10 No. 2, 227–229
- [8] Kam S., Zerbo L., Seynou M., Soro J., Traoré K., Bathiébo J.D., Millogo Y., Ouédraogo R., Gomina M., Blanchart P., J. Soc. Ouest-Afr. Chim., (2009), 55 – 62
- [9] M.L. Sandoval, M.A. Pucheu, M.H. Talou, A.G. Tomba Martinez, M.A. Camerucci, Journal of the European Ceramic Society 29 (2009) 3307–3317
- [10] Zerbo L., Transformations thermiques et réorganisation structurale d'une argile du Burkina Faso, Thèse de l'Université de Ouagadougou (2009), Ouagadougou
- [11] Grojean P. Contribution à la mono cuisson rapide de faïence au talc ; étude de pâtes et émaux. Application à l'industrie du carreau de revêtement, Mémoire d'Ingénieur DPE ENSCI Limoges, 1983, Limoges.
- [12] Youshaw R. A. and Halloran J. W., ceram. Bull. Soc., (1986) 69 n°10, C246-C247
- [13] Carneiro F. L. L., Barcellos A., concrete tensile strength, Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures 13, 1953, Paris
- [14] Akazawa T., tension test method for concrete, Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures, 16, 1953, Paris
- [15] Traoré K., Frittage à basse température d'une argile kaolinique du Burkina Faso. Transformations thermiques et réorganisations structurales, Thèse des universités de Limoges et de Ouagadougou, 2003, Limoges
- [16] Bernache-Assollant D., Chimie physique du frittage, Editions Hermès 1993, Paris.
- [17] Kamseu E., Leonelli C. J., Thermal Analysis and Calorimetry, (2007) 88 (2), 571-576.
- [18] Cabrero J., Amélioration de la conductivité thermique des composites à matrice céramique pour les réacteurs de 4ème génération, Thèse de l'université Bordeaux I, école doctorale de sciences chimiques, 2009, Bordeaux
- [19] Belova I.V., Murch G. E., J. of Mat. Process. Tech., (2004) 1-3, 741-745
- [20] Le Flem M., Allemand A., Urvoy S., Cedat D., Rey C., Journal of Nuclear Materials, (2008) 1-3, 85-92
- [21] Michot A., Caractéristiques thermo physiques de matériaux à base d'argile : évolution avec des traitements thermiques jusqu'à 1400 °C, Thèse de l'Université de Limoges, 2008, Limoges.
- [22] Shrivastava M., Datta A.K., J. of Food Engineering, (1999) 39, 255-260
- [23] Michot A., Smith D.S., Degot S., Gault C., Journal of the European Ceramic Society (2008) 28, 2639–2644
- [24] Zhang B. and Guo J., Journal of the European Ceramic Society, (1995) 15, 929-933