

## VALORIZATION OF CLAY MATERIALS FROM CENTRAL AFRICAN REPUBLIC AS SILICATE CERAMICS

Rosellyne SEREWANE DERAMNE<sup>1,2</sup>, Gisèle Laure LECOMTE-NANA<sup>1\*</sup>, Bruno Serge GONIDANGA<sup>2</sup>, Claire PEYRATOUT<sup>1</sup>, Gado TCHANGBEDJ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IRCER, Centre Européen de la Céramique, 12 rue Atlantis, 87068, LIMOGES

<sup>2</sup> Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Bangui, BP 908 Bangui, Centrafrique

<sup>3</sup> Laboratoire Gestion-Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD), Faculté des Sciences, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01 Togo

**Abstract:** The present study is in line with sustainability and environmental issues regarding the utilization of local materials and wastes for developing silicate ceramics in RCA (Central African Republic). Two clay deposits were selected for this purpose and noted NZ1 and KO. Their chemical and mineralogical analyses revealed the presence of major clay mineral phases as kaolinite and illite; while quartz, and iron oxide/hydroxide phases were detected as secondary crystalline phases. The use of Winkler and chemical composition diagrams, according to the results of chemical analysis and granulometry of these clay materials, indicated their suitability as starting materials for the manufacture of earthenware ceramics.

**Keys words:** Valorization, ceramic, clay materials, Central African Republic.

### 1. INTRODUCTION

L'Afrique dispose d'importants gisements minéralogiques. Parmi ces gisements nous pouvons citer les argiles, utilisées depuis la plus haute antiquité dans l'artisanat traditionnel [1]. De nos jours, les domaines d'applications sont variés [2]. Indispensables à la fabrication de nombreux produits céramiques, les argiles sont des matières premières les plus importantes dans l'industrie céramique. La céramique traditionnelle est encore abondamment utilisée de nos jours dans de nombreux pays du tiers monde. Bien que la consommation de ces produits tend à se généraliser, leur production reste très peu développée dans certains pays en voie de développement.

En République Centrafricaine (RCA), plusieurs types de formations argileuses ont été observés [3][4]. Cependant, ces matériaux exploités majoritairement de façon artisanale par la population locale, n'ont pas encore fait à ce jour l'objet d'étude scientifique de caractérisations minéralogiques, physico-chimiques et structurales appropriées. Les produits en terre cuite offerts sur les marchés centrafricains sont essentiellement des briques de qualité modeste (peu esthétique, faible résistance mécanique, ...) provenant des briqueteries artisanales. Les artisans qui exploitent ces matériaux sont tous confrontés à des difficultés dues essentiellement à l'insuffisance d'informations relatives aux caractéristiques des argiles contenues dans les sites. La valorisation des ressources naturelles locales en vue de la production des matériaux de bonne qualité trouve donc tout son intérêt et constitue un des atouts importants du processus de développement durable dans cette région. C'est dans ce cadre que se situe la présente étude qui a pour objectif d'apporter un appui scientifique important dans la connaissance et la caractérisation des matières premières minérales argileuses de la République Centrafricaine. Elle a l'avantage de contribuer (i) à la promotion des matériaux locaux tout en améliorant la qualité des produits issus de la transformation de ces matériaux, (ii) à inciter la création des Petites et Moyennes Entreprises (PME) dans la filière argileuse en Centrafrique.

## 2. MATIÈRES PREMIÈRES ET MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

### 2.1. Matières premières

Les matériaux argileux qui font l'objet de cette étude proviennent des deux sites argileux différents (Nzila et Villa Kolongo) de Bangui (capitale de Centrafrique) et ses environs. Le tableau 1 donne les coordonnées géographiques et la dénomination des échantillons.

Tableau 1: Coordonnées géographiques des sites de prélèvement

Sites	Dénomination des échantillons	Coordonnées géographiques	Altitude (m)
NZila	NZ1	4,30259° N et 18,543° E	342
Villa Kolongo	KO	4,34367° N et 18,54836° E	344

### 2.2. Méthodes expérimentales

#### 2.2.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a été effectuée par diffraction d'un faisceau laser par voie liquide sur une suspension de la poudre d'argile tamisée à 200  $\mu\text{m}$ . Le granulomètre utilisé est de type *Partica* LA-950V2-HORIBA.

#### 2.2.2. Pycnomètre à hélium

Un pycnomètre à hélium de type AccuPyc II 1340 (Micromeritics) a été utilisée pour mesurer la masse volumique des matières premières argileuses étudiées.

#### 2.2.3. Surface spécifique BET (Brunauer, Emmett et Teller)

La surface spécifique (exprimée en  $\text{m}^2/\text{g}$ ) d'une poudre d'argile est la surface développée par l'ensemble des grains et par conséquent il s'agit d'un paramètre important pour le choix des voies de valorisation.

La surface spécifique a été déterminée par la méthode BET d'adsorption d'azote à l'aide de l'équipement Micromeritics ASAP 2020 sur des échantillons dégazés à 200°C sous azote.

#### 2.2.4. Analyse chimique élémentaire par fluorescence X

L'analyse chimique a été effectuée à l'aide d'un spectromètre XRF-fluorescence X de type Panalytical Zetium 1KW. La spectrométrie de fluorescence X est une technique d'analyse élémentaire globale permettant d'identifier et de déterminer la plupart des éléments chimiques qui composent un échantillon.

Le principe général de la technique de préparation des échantillons est celui de l'élaboration d'une perle qui sera analysée par fluorescence X. Pour ce faire, 1g de l'échantillon a été mis dans un creuset en platine et mélangé intimement avec 10g d'un fondant approprié (fusion du tétraborate de lithium avec de l'iodure de lithium, anhydre, 99,50%  $\text{LiB}_4\text{O}_7$ -0,50% LiI), puis porté à 1065°C dans une perleuse de type LE neo FLUXER (CLAISSE) pendant 26 minutes. A la fin de l'opération, le produit obtenu est versé dans une coupelle qui lui a donné la forme définitive sous forme de verre. Le verre ainsi obtenu est analysable par fluorescence X après le refroidissement.

#### 2.2.5. Analyse minéralogique par diffraction aux Rayons X (DRX)

L'analyse minéralogique par diffraction des rayons X a été effectuée sur un diffractomètre D8 ADVANCE BRUKER et le traitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel EVA (Bruker AXS) en utilisant la base de données de l'ICCD (International Center for Crystallographic Data). Les mesures ont été effectuées en utilisant un mode de balayage angulaire en  $2\theta$  dans la gamme  $2^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$ , avec un pas de  $0,02^\circ$  et un temps d'acquisition de 55 minutes.

#### 2.2.6. Analyses thermique différentielle et thermogravimétrique (ATD-ATG)

Les analyses thermiques différentielles (ATD) et thermogravimétriques (ATG) ont été faites à l'aide d'un montage couplé d'ATD-ATG de type Setsys TG-DSC Evolution Setaram (température maximale 1500°C).

L'échantillon analysé est la fraction à 100µm préalablement séché à l'étuve (105°C). Les analyses sont effectuées sous air sec avec une vitesse de montée de 5°C/min jusqu'à la température de 1300°C sans palier et le refroidissement à la vitesse de 20°C/min. De l'alumine préalablement calcinée à 1500°C sert de matériau de référence et le creuset utilisé est un creuset en platine.

#### 2.2.7. Thermodilatométrie

Un dilatomètre vertical Setsys Evolution TMA (gamme de température ambiante/1600°C) a été utilisé pour suivre les variations température des échantillons. La montée en température est de 5°C/min jusqu'à 1250°C avec un palier d'une heure et 10°C/min pour la descente jusqu'à la température ambiante (30°C).

#### 2.2.8. Propriétés d'usage

##### 2.2.8.1. Porosité

La porosité ouverte a été déterminée par la méthode de la poussée d'Archimède (triple pesée) dont le principe consiste à peser la masse de l'échantillon sec M1, en suite la masse apparente M2 quand elle est déterminée par pesée hydrostatique. Cette méthode permet d'obtenir la porosité ouverte et pour finir, sa masse à l'air libre M3 est déterminée quand elle est encore imprégnée du liquide d'imbibition (eau). La porosité ouverte P en pourcentage est alors déterminée par la relation:

$$P(\%) = \left[ \frac{M3 - M1}{M3 - M2} \right] \times 100 \quad (1)$$

##### 2.2.8.2. La résistance à la compression

L'essai de résistance à la compression diamétrale (essai brésilien) est réalisé en utilisant une presse Instron. Si F (en N) est l'effort fourni par la presse au moment de la rupture, R (en mm) le rayon de l'éprouvette et H (en mm) sa hauteur, la résistance à la compression diamétrale  $\sigma$  en MPa est donnée par la formule :

$$\sigma = \frac{F}{\pi RH} \quad (2)$$

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Caractérisation des matières premières argileuses

Les masses volumiques de ces argiles (tableau 2) sont proches de 2,67g/cm<sup>3</sup>, ce qui est en accord avec les valeurs de la littérature qui sont comprises entre 2,3 et 2,7 g/cm<sup>3</sup> [4]. Ce qui montre que ces échantillons sont bien des matières premières argileuses. Les valeurs de la surface spécifique élevées de KO et de NZ1 seraient dues à l'existence de particules fines, de matières organiques ou de la présence de minéraux de fer dans ces échantillons qui contribuent à augmenter la surface spécifique [5].

Les résultats de l'analyse chimique (Tableau 3) et de la granulométrie ont permis d'identifier, sur le diagramme de composition chimique et de Winkler (figure 2), les différents domaines d'utilisation de nos matières premières pour la fabrication de produits céramiques.

Tableau 2. Masse volumique, surface spécifique et minéralogie qualitative de NZ1 et KO

Echantillons	Teneur en eau W (± 0,1%) 105°C	Masse volumique (±0,001g/cm <sup>3</sup> )	Surface spécifique BET (m <sup>2</sup> /g)	Minéralogie (phases cristallines)
<b>NZ1</b>	3,07	2,670	45,6 ± 0,3	Kaolinite, illite, quartz, rutile, goethite
<b>KO</b>	4,14	2,668	72,3 ± 0,6	Kaolinite, illite, quartz, rutile, hématite

Tableau 3 : Composition chimique élémentaire des argiles (exprimée en % massique)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF (1050°C)	Total	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
NZ1	55,62	21,85	8,24	2,21	1,20	0,12	0,60	0,86	0,10	9,04	99,84	2,54
KO	43,15	30,16	10,81	1,73	0,80	---	0,45	0,06	0,13	12,61	99,90	1,43

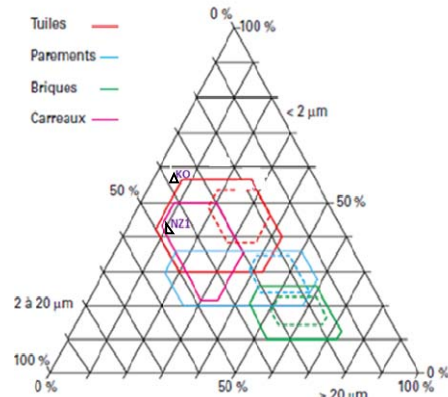
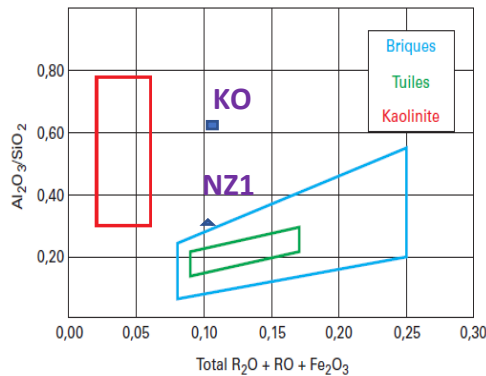


Figure 1. Positionnement sur le diagramme de composition chimique (gauche) et de Winkler (droite)

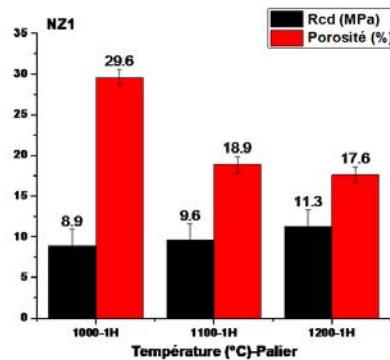


Figure 2: Résistance mécanique en compression diamétrale (Rcd) et la porosité de NZ1

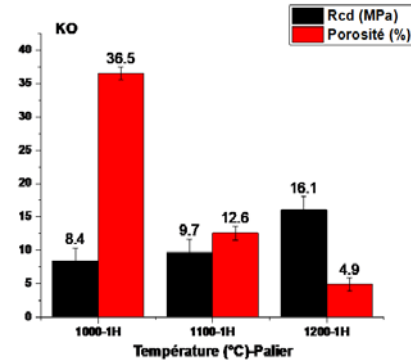


Figure 3: Résistance mécanique en compression diamétrale (Rcd) et la porosité de KO

Nous constatons que la résistance à compression varie avec la température de cuisson. Il faut aussi noter que la porosité peut considérablement influencer les résultats des propriétés d'usage (Résistance à la compression). Elle est faible pour des valeurs de porosité élevées. La porosité diminue rapidement à partir de 1100°C, cela est dû à la densification des produits à partir de 1050°C (résultat de thermodilatométrie). Cette consolidation évolue avec la température.

#### 4. CONCLUSIONS

L'objectif de ce travail consiste à caractériser les matières premières argileuses de Centrafrique en vue de leur utilisation dans le domaine de la céramique silicatée.

La caractérisation physicochimique, minéralogique et les propriétés technologiques de ces argiles montrent qu'elles sont bien utilisables dans le domaine de la céramique. La résistance en compression diamétrale à 1200°C est de 11 MPa pour NZ1 et 16 MPa pour KO. Pour une économie de ressource d'énergie et la protection de l'environnement par la valorisation des déchets organiques biodégradables, nous envisageons, comme perspectives, incorporer dans nos argiles un déchet vert à différentes proportions afin de voir l'effet sur la consolidation de nos argiles à des températures relativement basses.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Michot A., Caractéristiques thermophysiques de matériaux à base d'argile : évolution avec des traitements thermiques jusqu'à 1400°C. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 2008, p.5.
- [2] Hernot F., L'argile, son utilisation à l'officine. Thèse de doctorat, Université Angers, (2016), p. 13
- [3] Wolff, J.P., Argile de Bangui : Mission sous – convention stratégique Bangui, 1962.
- [4] Ministère des mines. Rapport des états généraux des Mines de Centrafrique, 2003, p 10.