

STUDY OF THE CONSOLIDATION OF LATERITE THROUGH ORGANIC AND INORGANIC ACIDS

KAZE Rodrigue Cyriaque^{1,2}, LECOMTE-NANA Gisèle Laure², KAMSEU Elie³,
CHINJE MELO Uphie¹

¹Laboratoire de chimie inorganique appliquée, Faculté des sciences, Université de Yaoundé I, BP 812, Yaoundé, Cameroun.

²Institut de Recherche sur les Céramiques (IRCER, UMRCNRS 7315), ENSIL-ENSCI, Université de Limoges, CEC, 12 rue Atlantis, 87068 limoges cedex, France

³Laboratoire de matériaux, mission de promotion des matériaux locaux, MINRESI/MIPROMALO, P.O. Box 2396, Yaoundé, Cameroun.

Abstract: This study valorizes the laterites widely available in Cameroon in the production of geomaterials for sustainable buildings through an acid consolidation process. Laterites LAI600 and LAC600 were consolidated using fulvic and phosphoric acids. The different samples are kept at 20 and 40°C and then mechanically tested (7 and 28 days). Steaming at 40°C accelerates the consolidation process. Specimens made from LAI600 exhibit the best mechanical strengths unlike LAC600 samples. The consolidation through fulvic acid results in a higher porosity rate correlated with lower thermal conductivity.

Keywords: laterite, phosphoric acid, fulvic acid, geomaterials, mechanical properties, thermal conductivity

1. INTRODUCTION

Les latérites sont des sols rencontrés en zones tropicales et subtropicales. Ils sont formés à partir d'un processus dit d'induration qui résulterait de l'altération de sols argileux dans lesquels les ions Fe^{2+} et Fe^{3+} issus des débris végétaux et animaux (sous l'effet de lixiviation avec le temps) se substituent aux atomes d'aluminium, occupant les sites octaédriques des minéraux argileux (kaolinite, halloysite, montmorillonite etc.), concédant ainsi la coloration rouge ou jaune à ces sols. Les études géologiques menées au Cameroun permettent d'estimer qu'environ 67% de sa superficie est constituée de sols latéritiques. Malgré cette disponibilité, ils sont très peu valorisés soit quelque fois utilisés dans la construction routière, soit stabilisés par le ciment Portland (2 à 8%) pour la construction des maisons. Les sols latéritiques constituent un matériau dont le pourcentage en Fe_2O_3 , SiO_2 et en Al_2O_3 peut permettre l'utilisation pour la synthèse des géomatériaux et de plus en plus de chercheurs commencent à les utiliser comme source d'aluminosilicate pour produire des liants géopolymériques. Toutefois l'aptitude de cette matière première à donner des liants consolidés aux caractéristiques intéressantes varie en fonction de leurs compositions minéralogique et chimique. Avec le souci de préserver l'environnement pour les générations futures, différentes voies de consolidation des laterites (en voie acide ou basique) ont été explorées dans le but d'obtenir des matériaux alternatifs au ciment Portland. En effet la production de ce ciment requiert beaucoup d'énergie et engendre des émissions conséquentes de gaz à effets de serres. Les latérites consolidées par Lecomte et al.[1] impliquant des réactions acides et alcalines (acide fulvique et calcium hydroxyde) suivi d'une période de cure de 18 jours à 60°C sous atmosphère saturée en eau, présentaient une résistance en compression mécanique de 18 MPa, une bonne stabilité à l'eau et une structure compacte et dense. Plus tard certains auteurs [2], [3] ont activé les laterites calcinées (500, 600 et 700°C) et non calcinées en milieu alcalin (soude ou silicate de sodium plus soude) et en ont conclu que les propriétés résultantes dépendent des conditions de synthèse, température de curage et de calcination etc. La présente étude s'inscrit dans cette optique de développement d'alternative durable et accessible en terme de géomatériaux pour le bâtiment par rapport au ciment usuel. Il s'agira de proposer à long terme des mortiers et bétons comme matériaux de construction à faible coût. Plus précisément à travers l'investigation des interactions entre les matières premières latéritiques et

différents acides. L'état de consolidation sera déterminé à travers la mesure des propriétés d'usages et corollées à la microstructure.

2. MATERIAUX ET MÉTHODES DE CARACTÉRISATION

2.1. Matériaux

Les latérites utilisées dans ce travail ont été prélevées dans les localités de Ngoa Ekele (LAC) et Odza (LAI) de la ville de Yaoundé région du centre (Cameroun). Préalablement à leur utilisation elles ont été étuvées, broyées ensuite tamisées à l'aide d'un tamis de maille d'ouverture $\leq 80\mu\text{m}$. Les poudres issues du tamisage ont été calcinées à 600°C pour accroître leur réactivité (suite à une étude préliminaire) et les poudres issues de la calcination sont dénommées LAI600 et LAC600, respectivement pour les latérites provenant d'Odza et de Ngoa Ekele. Les solutions activatrices utilisées pour la synthèse sont des solutions d'acide phosphorique et d'acide fulvique de $\text{pH} \leq 2$.

2.1.1. élaboration des géomatériaux à base des latérites

L'élaboration des pâtes de géomatériaux consiste à mélanger les solutions acides avec les poudres de latérites calcinées (LAC600 et LAI600) selon un rapport massique solution acide/solide égal à 0,5 et 0,8, respectivement pour l'acide fulvique et l'acide phosphorique. Le mélange est intimement homogénéisé à l'aide d'un malaxeur de marque M & O N50-G pendant 6 minutes d'où il en résulte une pâte homogène. La pâte visqueuse obtenue est utilisée pour la détermination du temps de début de prise ou pour le façonnage des éprouvettes d'expérimentation. Pour façonner une éprouvette de ciment la pâte est coulée dans les moules cylindriques (hauteur = 60 mm et diamètre = 30 mm) et (hauteur = 20 mm et diamètre = 10 mm) en PVC. Ces éprouvettes de hauteur 60 mm sont utilisées pour les mesures mécaniques. Pour éviter l'évaporation d'eau au cours de la prise et du durcissement de la pâte des géomatériaux, les éprouvettes sont couvertes avec un fin film de polyéthylène puis placées dans l'atmosphère ambiante du laboratoire ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) et le démoulage se fait 24 heures après le coulage.

2.1.2. méthodes de caractérisation

Les phases minéralogiques des matières premières et produits consolidés ont été obtenues sur un appareil Brucker-AXS D8 Advance de type Debye-Scherrer utilisant la radiation $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda_{\text{K}\alpha} = 1,54056 \text{ \AA}$) et un monochromateur arrière en graphite, suivant la gamme d'analyse est comprise entre 5 et 70° avec un pas de $0,04^\circ$ et un temps d'acquisition de 2s. La composition chimique quant à elle a été déterminée par fluorescence X sur l'appareil PANALYTICAL Zetwion.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les figures 1 et 2 mettent en exergue les phases cristallines présentes dans les latérites calcinées et non calcinées. Il s'agit de Quartz (SiO_2 , PDF #46-1045), Hématite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, PDF #33-664), Anatase (TiO_2 , PDF #4-447), Kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})$, PDF #14-64), Illite ($(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,(\text{H}_2\text{O})]$), Maghémite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, PDF# 15-615), Goethite ($\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$ PDF# 29-713). Les deux matières premières (LAC et LAI) sont constituées majoritairement d'oxydes de Fe_2O_3 , SiO_2 et Al_2O_3 titrant 49,34 ; 20,10 et 17,35 % ; 13,15 ; 42,97 et 28,01 %, respectivement.

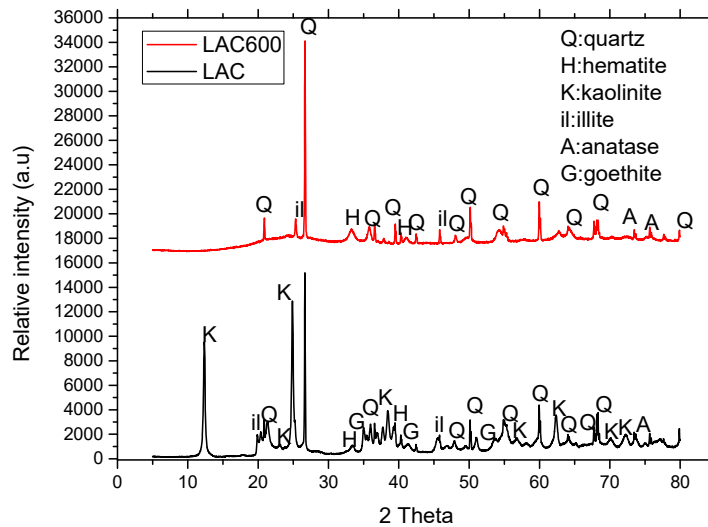


Figure.1 Diffractogrammes des latérites non calcinée (LAC) et calcinée (LAC600)

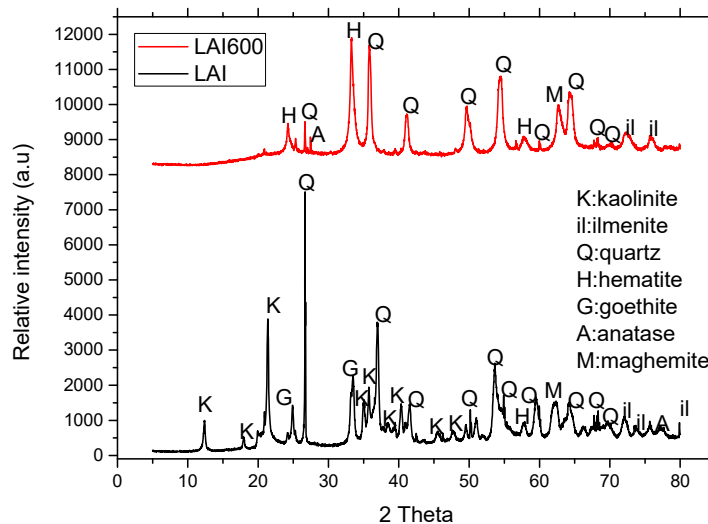


Figure 2. Diffractogrammes des latérites non calcinée (LAI) et calcinée (LAI600)

Les données de mesures de résistances à la compression sont reportées dans le Tableau I. il ressort de ce tableau que l'augmentation de la température de 20 à 40°C améliore les résistances à la compression des géomatériaux élaborés à partir de l'acide phosphorique (PA). Ceci est dû au fait que l'étuvage à 40°C pendant 24h accroît la dissolution et il en résulte une quantité importante de phase liante qui contribuerait à renforcer la matrice et rendant la structure plus dense et compacte. Cette augmentation est plus perceptible avec les formulations des spécimens faits à partir de la latérite calcinée LAI600, qui présentent de meilleures résistances à la compression comparées à celles obtenues à partir de LAC600. Cette différence est relative à la forte teneur de Fe_2O_3 qui en milieu acide aurait conduit à la formation des phases amorphes telles FePO_4 et AlPO_4 . Par contre l'activation par l'acide fulvique nécessite un curage à 40°C durant 2 mois pour consolidation, ce qui prouve la faible dissolution des latérites calcinées en présence de cet acide. Les géomatériaux élaborés à partir de LAI600 en milieu d'acide phosphorique possèdent les valeurs de conductivité thermiques proches de 1 W/m.K et relativement élevées comparées à celles obtenues pour les produits à base de LAC600. Ceci pourrait se justifier par la différence au niveau de la masse volumique ou par la dissolution importante des minéraux riches en fer qui serait combiné à la phase liante de la matrice et faciliterait une bonne conduction pour ces échantillons. Les géomatériaux activés avec l'acide fulvique présentent de faibles valeurs de conductivité thermique (Tableau 2). Cette différence serait

liée à la faible valeur des masses volumiques apparentes et aussi à la porosité. Cette valeur élevée en conduction thermique peut être aussi expliquée par le taux d'humidité durant l'exposition des spécimens qui serait meilleur conducteur que la chaleur [4]

Tableau 1. Valeurs de résistances à la compression et de conductivités thermiques des géomatériaux latéritiques.

	CONDITIONS DE CURE		CONDUCTIVITÉ THERMIQUE (W/M.K)		RERSISTANCE A LA COMPRESSION (MPA)	
	Température (°C)	Temps (jours)	AF	PA	AF	PA
LAI	20	7	/	0,74	/	39±1
		28	/	0,89	/	62±1
	40	7	/	0,91	/	59±1
		28	0,23	0,72	0,56	65±1
LAC	20	7	/	0,72	/	15±1
		28	/	0,85	/	38±1
	40	7	/	0,63	/	48±1
		28	0,33	0,77	0,46	52±1

4. CONCLUSIONS

L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence d'acides (phosphorique et fulvique) sur les propriétés mécaniques et conductivités thermiques des géomatériaux obtenus à partir de deux latérites (LAC600 et LAI600) calcinées à 600°C. Ces études ont permis de montrer que les géomatériaux provenant de l'activation de LAI600 en présence d'acide phosphorique ont des résistances à la compression élevées (39-62MPa à 20°C; 59-65MPa à 40°C) contrairement aux échantillons LAC600 (15-38MPa à 20°C et 48-52MPa 40°C). Cet écart pourrait se justifier par une structure plus compacte et aussi par la présence des phases amorphes telles que la berlinite. La valeur de conductivité thermique élevée dans les deux échantillons LAI600 (≤ 1 W/m.K) et LAC600 ($\leq 0,5$ W/m.K) en milieu d'acide phosphorique s'expliquerait par une grande cohésion entre les différents grains ou particules résiduels et la phase liante laissant apparaître une faible porosité. Ce qui serait le contraire lorsque ces mêmes poudres sont consolidées par le biais d'acide fulvique. Bien qu'étant calcinée à 600°C, température inférieure à celle utilisée pour rendre le kaolin réactif, la latérite apparaît donc comme un matériau alternatif pour l'élaboration des éco liants. Les résultats issus des essais mécaniques étant bien concluants, certaines caractérisations complémentaires comme la durabilité (résistance sèche et humide), la lixiviation, etc. sont à expérimenter à moyen et long termes.

RÉFÉRENCES

- [1] G. Lecomte-nana, H. Goure-doubi, A. Smith, A. Wattiaux, and G. Lecomte, "Applied Clay Science Effect of iron phase on the strengthening of lateritic-based ' geomimetic ' materials," *Appl. Clay Sci.*, vol. 70, pp. 14–21, 2012.
- [2] E. A. Obonyo, E. Kamseu, P. N. Lemougna, A. B. Tchamba, U. C. Melo, and C. Leonelli, "A sustainable approach for the geopolymerization of natural iron-rich aluminosilicate materials," *Sustain.*, vol. 6, no. 9, pp. 5535–5553, 2014.
- [3] R. C. Kaze, L. M. Beleuk à Moungam, M. L. Fonkwe Djouka, A. Nana, E. Kamseu, U. F. Chinje Melo, and C. Leonelli, "The corrosion of kaolinite by iron minerals and the effects on geopolymerization," *Appl. Clay Sci.*, vol. 138, pp. 48–62, 2017.
- [4] H. Goure-Doubi, G. Lecomte-Nana, F. Nait-Abbou, B. Nait-Ali, A. Smith, V. Coudert, and L. Konan, "Understanding the strengthening of a lateritic ' geomimetic ' material," *Constr. Build. Mater.*, vol. 55, pp. 333–340, 2014.