

ETUDE COMPARATIVE DE LA CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES ARGILES (LATERITE ET ZANGA) DE LA CITE DE LUKALA/KONGO CENTRAL/REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

¹NGOMBE ODIKO Christine, ²KABANGO MABILO Simeone, ³WANSENDE FIASOLUA Wafi, ⁴NONA MANI – A- VITA Emmanuel Junior, ⁵KABUIKA MUKULU Pascaline, ⁶IUNGBI SINGA Nathan, ⁷KINDELA FADJAY BANDA Jean Faustin.

^{1,7}Chimie inorganique (chimie de matériaux)

^{2,4,5}Chimie analytique et procédé

^{3,6}Chimie de l'environnement (eau et environnement, hydrogéochimie)

Corresponding Author:

ngombedikutach@gmail.com

To Cite This Article:

ETUDE COMPARATIVE DE LA CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES ARGILES (LATERITE ET ZANGA) DE LA CITE DE LUKALA/KONGO CENTRAL/REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO (N. O. Christine, K. M. Simeone, W. F. Wafi, NONA MANI – A- VITA Emmanuel Junior, K. M. Pascaline, I. S. Nathan, & K. F. B. J. Faustin, Trans.). (2026). *Journal of Advance Research in Applied Science* (ISSN 2208-2352), 12(1), 72-78. <https://doi.org/10.61841/nm-as-12-1-27>

RESUME

Le présent travail a pour objectif la caractérisation comparative de deux matrices argileuses naturelles de Lukala situé dans la province du Kongo central en République Démocratique du Congo. Les analyses des paramètres physico-chimiques (pH et perte au feu), la fluorescence des rayons X (FRX), la diffraction des rayons X (DRX) et la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ont permis de distinguer deux matrices aluminosiliceuses par leurs assemblages minéralogiques accessoires distincts, malgré un fond kaolinique commun.

Le pH de l'argile zanga est quasi neutre (7,14) avec une perte au feu (PF) de 8,21% alors que la latérite indique un pH alcalin (8,16) et une perte au feu (PF) de 6,08 %. La fluorescence des rayons X montre un matériau fortement siliceux pour l'argile zanga ($\text{SiO}_2 = 73,62\%$) avec un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 5,27$, pourtant la latérite révèle un profil sesquioxidique très riche en Fer $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 27,52\%$, rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,83$. Ces caractéristiques sont confirmées par la diffraction des rayons X (DRX) et la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), ces analyses montrent que l'argile zanga mélange la kaolinite (20%) à des tectosilicates (albite 20%, quartz 8%), de l'illite-muscovite (13%) et des carbonates (14% de calcite-dolomite). En revanche, la latérite se caractérise par une trame kaolinique (16%) mélangée à de la chamosite-ferrocarpholite (26%), ainsi que par une accumulation massique d'oxy-hydroxydes métalliques de fer et d'aluminium (37% d'hématite, goethite et gibbsite). Ces résultats fournissent des données importantes sur le potentiel de valorisation de ces deux ressources locales du Kongo Centrale.

MOTS-CLES: Argiles naturelles ; Latérite ; Zanga ; Etude comparative ; Caractérisation physico-chimique ; Minéralogie ; Kongo Central.

ABSTRACT

This study aims to comparatively characterize two natural clayey matrices from Lukala, located in the Kongo Central province of the Democratic Republic of the Congo. Analyses of physicochemical parameters (pH and loss on ignition), X-ray fluorescence (XRF), X-ray diffraction (XRD), and Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy made it possible to distinguish between two aluminosilicate matrices based on their distinct accessory mineral assemblages, despite a shared kaolinitic background.

The "Zanga" clay has a near-neutral pH (7.14) and a loss on ignition (LOI) of 8.21%, whereas the laterite exhibits an alkaline pH (8.16) and an LOI of 6.08%. X-ray fluorescence reveals that the Zanga clay is highly siliceous ($\text{SiO}_2 = 73.62\%$; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio = 5.27), whereas the laterite displays a sesquioxidic profile rich in iron ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 27.52\%$; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio = 1.83). These characteristics are confirmed by XRD and FTIR analyses, which show that the Zanga clay consists of a mixture of kaolinite (20%), tectosilicates (albite 20%, quartz 8%), illite-muscovite (13%), and carbonates (14% calcite-dolomite). In contrast, the laterite is characterized by a kaolinitic framework (16%) mixed with chamosite-ferrocarpholite (26%), as well as a massive accumulation of iron and aluminum oxy-hydroxides (37% hematite, goethite, and gibbsite). These results provide important data regarding the potential for utilizing these two local resources from Kongo Central.

KEYWORDS: Natural clays; Laterite; Zanga; Comparative study; Physicochemical characterization; Mineralogy; Kongo Central.

INTRODUCTION

Les argiles et les roches d'altération continentales jouent un rôle essentiel au sein des formations sédimentaires de la croûte terrestre. Elles sont composées d'assemblages complexes de phyllosilicates associés à des minéraux allogènes (feldspaths, quartz) ou oxy-hydroxydes (aluminium, fer). Ces matrices retiennent une attention scientifique soutenue dans diverses applications technologiques et environnementales (Bergaya & Lagaly, 2013). Leur abondance naturelle, leur meilleur marché d'extraction et la présence de charges électriques de surface régissent des propriétés d'échange ionique et d'adsorption exploitées notamment dans les matériaux de construction, la céramique et l'épuration des eaux usées (Amari *et al.*, 2018 ; Sarkar *et al.*, 2018). La caractérisation de ces matériaux repose sur la complémentarité des méthodes d'analyse spectrales et structurales comme la Fluorescence des Rayons X (FRX), la Diffraction des Rayons X (DRX) et la Spectroscopie Infrarouge (FTIR) (Mukengeshayi *et al.*, 2021). En République Démocratique du Congo, la province du Kongo Central renferme des gisements argileux importants nés de l'altération des formations de séries argileuses géologiques de l'Ouest Congo (Mango-Itulamy *et al.*, 2020). Dans les gisements d'extraction de cette province, notamment dans la région de Mbanza-Ngungu, de Kasangulu et de Lukala, les matrices argileuses brutes et les formations latéritiques sont abondantes mais sont encore très peu exploitées à l'échelle industrielle ou sont seulement orientées à des usages artisanaux rudimentaires (Bukasa *et al.*, 2022). Malgré une géologie régionale bien établie, les résultats relatifs à la caractérisation spectrale et structurale fine de l'argile locale communément appelée « Zanga » restent demeurent très limités. Il n'existe pas d'analyse comparative systématique combinant la Fluorescence des Rayons X (FRX), la Diffraction des Rayons X (DRX) et la Spectroscopie Infrarouge (FTIR) pour confronter la réactivité de surface et la composition minéralogique de l'argile zanga et la latérite locale. Ce manque de données analytiques représente un obstacle majeur à la valorisation rationnelle et ciblée de ces deux géomatériaux. En effet, la question centrale de cette recherche est : quelles sont les différences et ressemblances physico-chimiques, structurales et minéralogiques entre les deux types d'argiles (latérite et zanga) de la province du Kongo-Central, et en quoi leurs propriétés de surface conditionnent-elles leur potentiel d'application comme absorbant ? à cette question, une réponse provisoire est donnée de la manière suivante : l'argile Zanga possède une matrice essentiellement aluminosilicatée (kaolinitique) caractérisée par une forte densité des liaisons silanols et aluminols (Si-OH et Al-OH), alors que la latérite est principalement constituée des oxy-hydroxydes de fer (Fe_2O_3), ce qui induit des variations différentes importantes de leur pH de surface, de la perte au feu de leurs spectres Infrarouge (FTIR). Pour valider cette hypothèse, le présent travail vise à réaliser une caractérisation physico-chimique, structurale et minéralogique comparative de deux matrices argileuses (latérite et zanga) présent en abondance dans la province du Kongo Central. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer les paramètres physico-chimiques (pH en suspension aqueuse et perte au feu à 1000°C). Evaluer la teneur en oxydes majeurs par la fluorescence des rayons X (FRX). Déterminer les phases minérales cristallines présentes par diffraction des rayons X (DRX). Caractériser les liaisons chimiques ainsi que les groupements fonctionnels de surface par la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR). La combinaison de ces données permettra d'établir une description scientifique de ces deux matrices argileuses en vue de leur valorisation ultérieure dans la dépollution des eaux usées.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. MATERIEL

Le matériel qui a fait l'objet de cette étude est constitué de deux types d'argiles (Zanga et Latérite). En dehors de ces deux, les autres matériels ont été utilisés pour l'analyse et échantillonnage, entre autres : le pH-mètre, le Diffractomètre RX, Fluorimètres RX, Spectrophotomètre FTIR, et autres.

Les argiles ont été prélevé dans des gisements de la cimenterie de Lukala (CILU) en République Démocratique du Congo situés à 8 km de l'usine. Après le prélèvement, les échantillons ont subi des opérations de traitement ci-après : lavage, séchage, broyage mécaniquement puis tamisage au moyen d'un tamis enfin d'obtenir une fraction granulométrique homogène inférieure ou égale à $100\ \mu\text{m}$ sous forme de poudre fine.

2.2. METHODES

2.2.1 DETERMINATION DU PH

La mesure du pH a été effectuée sur une suspension argileuse à l'aide d'un pH-mètre du type HANNA. Cette méthode repose sur l'évaluation de la libération des espèces ioniques acides ou basiques lors de la mise en suspension du matériau dans un milieu aquatique. Elle fournit des informations directes sur le caractère acido-basique global de l'argile et son comportement d'échange ionique au contact de l'eau (Norme ISO 10390 pour le pH des sols).

2.2.2. PERTE AU FEU

La perte au feu repose sur le principe de la mesure de la perte de masse d'un échantillon provoquée par une calcination à haute température. Cette méthode permet de déterminer la proportion massique globale des constituants volatils ou décomposables de la matrice, tels que l'humidité structurale (eau d'intercouche et d'hydratation), la matière organique et les carbonates. La valeur de la perte au feu est déterminée par la formule ci-dessous (Qlihaa *et al.*, 2016) :

$$PF = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) \times 100$$

Où :

PF = perte au feu exprimée en pourcentage (%)

$m_1(P_1)$ = masse initiale en gramme (g)

$m_2(P_2)$ = masse finale en gramme (g)

FLUORESCENCE RAYON X

La fluorescence des rayons X est une technique d'analyse physico-chimique fondée sur le principe de l'émission secondaire de rayons X caractéristiques par les atomes de l'échantillon préalablement excités par une source de rayons X. Elle fournit des informations quantitatives et qualitatives sur la composition chimique élémentaire globale du matériau, notamment la teneur en oxydes majeurs et en éléments traces. Pour cette étude, l'analyse de la composition élémentaire des échantillons d'argile a été réalisée au moyen d'un spectromètre à fluorescence des rayons X du type **Bruker S8 TIGER** au laboratoire de la cimenterie de Lukala (CILU).

DIFFRACTION DES RAYONS X

La diffraction des rayons X repose sur le principe de la diffraction du rayonnement électromagnétique par les plans réticulaires des réseaux cristallins selon la loi de Bragg. Cette méthode permet d'obtenir la caractérisation minéralogique précise du matériau en identifiant les différentes phases cristallines (minéraux argileux et non argileux) présentes dans la matrice (Środoń, J., 2018). Les analyses ont été effectuées au laboratoire de physique de l'Université de Kinshasa sur les matrices argileuses (latérite et zanga) à l'aide d'un diffractomètre de type PHYWE XR 4.0 EXPERT UNIT, équipé d'une source à anticathode de cuivre émettant la radiation $K\alpha$ de longueur d'onde $\lambda = 1,5406\text{\AA}$.

SPECTROMETRIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER

La spectrométrie IRTF repose sur l'absorption sélective du rayonnement infrarouge par les liaisons chimiques des molécules qui entrent en vibration. Elle apporte des informations fondamentales sur l'identification des groupements fonctionnels et la nature des liaisons chimiques présentes au sein de la matrice (Madejová, J., Gates, W. P., & Petit, S. 2017). L'analyse a été menée au laboratoire ACOREP sur un spectrophotomètre Agilent Cary 630 FTIR dans la plage des nombres d'onde allant de 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} .

RESULTATS ET DISCUSSION

PH ET PERTE AU FEU

Tableau 1: pH et perte au feu des argiles (latérite et zanga)

Paramètres	pH	Perte au feu
Argile latérite	7,14	8,21
Argile zanga	8,16	6,08

Les résultats tels que présentés dans le tableau 1 montrent les différences structurales et géologiques remarquées entre les deux matrices argileuses brutes. L'argile latéritique brute présente un pH quasi neutre ($\text{pH} = 7,14$) et une perte au feu plus haute (8,21%). Cette valeur élevée de la PF s'explique par le cumul de la déshydratation et de la déshydroxylation de sa matrice riche en phases altérées (79%), mélangeant la kaolinite aux oxy-hydroxydes métallique de fer et d'aluminium (goethite, gibbsite, hématite). A l'inverse, l'argile zanga brute se distingue par un pH alcalin (8,16), témoignant la présence d'une fraction carbonate active (14 % de calcite et de dolomite), associée à une perte au modérée (6,08%) maintenue à un niveau faible en raison de la prédominance de tectosilicates thermiquement stable (albite et quartz). Les résultats similaires ont été observés par Mbaye et al., 2024 ; El Ouahabi et al., 2020 ; Bentahar et al., 2023 lors de la caractérisation des matériaux argileux.

FLUORESCENCE RAYON X

Tableau 2: Composition chimique élémentaire des argiles (latérite et zanga)

Géomatériau	Composition chimique (%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	MnO
Latérite	37,24	20,26	27,52	2,18	1,42	1,97	0,24	0,11	0,39	0,12	0,32
Zanga	73,62	13,96	4,36	1,26	0,53	0,20	2,12	0,04	0,08	0,00	0,05

Les résultats de la caractérisation par fluorescence des rayons X (FRX) des matrices argileuses brutes Latérite et Zanga présentés dans le tableau 3.2, prouvent leur nature aluminosiliceuses commune, dominé par trois oxydes SiO₂, Al₂O₃ et Fe₂O₃, tout en mettant en évidence deux profils géochimiques profondément différents. L'argile zanga se distingue par une matrice très siliceuse (SiO₂ = 73,62 %, Al₂O₃ = 13,96 % et Fe₂O₃ = 4,36 %) avec un rapport massique SiO₂/Al₂O₃ atteignant 5,27. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Bentahar et al., 2023, il a trouvé que le rapport supérieur à celui d'une kaolinite pure ($\approx 1,18$) indique un accroissement dominant en silice libre (quartz et feldspaths), alors que sa teneur en K₂O (2,12 %) et ses faibles teneurs en CaO (0,53 %) et MgO (0,20 %) montrent la présence respective d'illite/micas et de traces carbonatées. A la différence, l'argile latéritique brute révèle une composition sesquioxydique typique des sols ferralitiques, marquée par un rapport SiO₂/Al₂O₃ plus faible (1,83) (SiO₂ = 37,24 %, Al₂O₃ = 20,52 %) et une accumulation massique en fer (Fe₂O₃ = 27,52 %). Cette forte teneur en fer, associé à une charge notable en TiO₂ (2,18 %), prouve directement un lessivage poussé en milieu tropical ayant favorisé l'accumulation d'oxy-hydroxydes métallique (goethite,

hématite) riches en sites hydroxyles réactifs Fe-OH. De plus, la latérite révèle un léger enrichissement en CaO (1,42 %) et MgO (1,97 %) par rapport à l'argile zanga. Ces résultats corroborent les travaux antérieurs de El Ouahabi *et al.*, (2020) ; Hajjaji, M *et al.*, (2021) ; Mbaye, M *et al.*, (2024).

CARACTERISATION STRUCTURALE PAR DIFFRACTION DES RAYONS X (DRX)

L'analyse des diffractogrammes de rayons X (DRX) a permis de déterminer la composition structurales, cristallographiques et minéralogiques des matrices argileuses (latérite et zanga).

DIFFRACTOGRAMMES RAYONS X D'ARGILE LATÉRITE

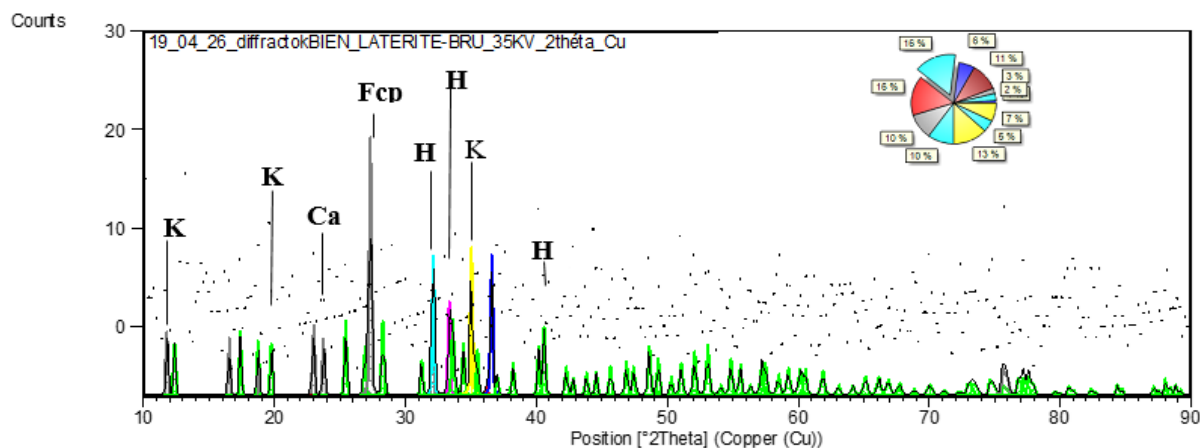


Figure 1: Diffractogramme de rayons X de l'argile latérite brute

K: kaolinite; Ca: calcite; Fcp: Ferrocarpholite; H: hématite

Le diffractogramme du matériau argileux brut (latérite) présenté dans la figure 1 montre un profil ferralitique typique identifié par une accumulation marquée en phases argileuses d'altération et en oxy-hydroxydes métalliques. Les phases argileuses (≈ 42 %) forment le cœur de la matrice : la kaolinite (16 %) est mélangé à des silicates d'altération ferriques tels que la Ferrocarpholite et la Chamosite (26 %), responsable de l'intense réflexion identifiée à $2\theta \approx 26,7^\circ$ décrit par Bentahar *et al* (2023). Cette spécificité de la latérite réside dans sa très forte proportion en oxy-hydroxydes de fer et d'aluminium (≈ 37 %), observée par la série de réfractions complexes entre $2\theta = 32,1^\circ$ et $40,5^\circ$ mélangeant l'hématite (11 %), la goéthite (6%) et la gibbsite (10%), signatures fondamentales d'un processus poussé de la latérisation confirmé par Mbaye *et al* (2024).

DIFFRACTOGRAMMES RAYONS X D'ARGILE ZANGA BRUTE

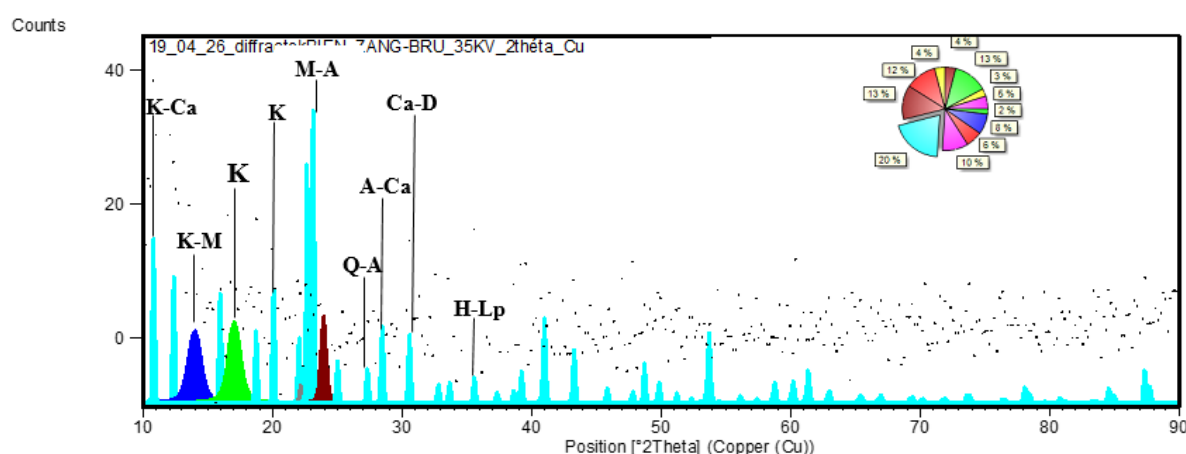


Figure 2: Diffractogramme de rayons X de l'argile zanga brute

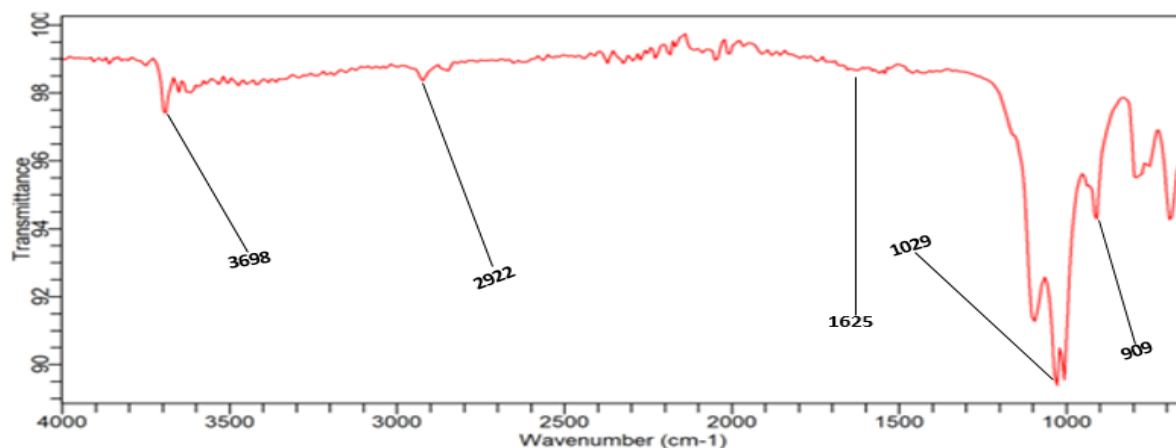
K : Kaolinite, M : Muscovite, A : Albite, Q : Quartz, Ca : Calcite, D : Dolomite, H : Hématite, Lp : Lepidocrocite.

L'analyse spectrale du matériau argileux brut zanga-brut indique que, l'argile zanga est formée d'un assemblage minéralogique hétérogène. La fraction silicatée est dominée par les tectosilicates (≈ 28 %), où l'albite (20 %), responsable du pic le plus intense à $2\theta \approx 23,5^\circ - 24^\circ$ prédomine face au quartz libre (8 % à $26,7^\circ$), indiquant une basse maturité chimique du dépôt sédimentaire similaire aux résultats trouvé par Bentahar *et al* (2023). Les phyllosilicates (≈ 26 %) sont équitablement répartis entre la kaolinite (13 %, observée vers $2\theta = 11,8^\circ, 13,8^\circ$ et $17,2^\circ$) et la muscovite/illite (13 %), prouvant la nature mixte des feuillets aluminosiliceux (Hajjaji *et al.*, 2021). L'échantillon s'identifie également par une fraction carbonatée notable (≈ 14 %) composée de calcite (10 %) et dolomite (4 %), fréquemment identifiée dans les

argiles naturelles brutes (El Ouahabi *et al.*, 2020). Enfin, les oxydes et hydroxydes de fer ($\approx 10\%$), représentés par l'hématite et la lépidocrocite, apportent une réactivité de surface secondaire (Mbaye *et al.*, 2024).

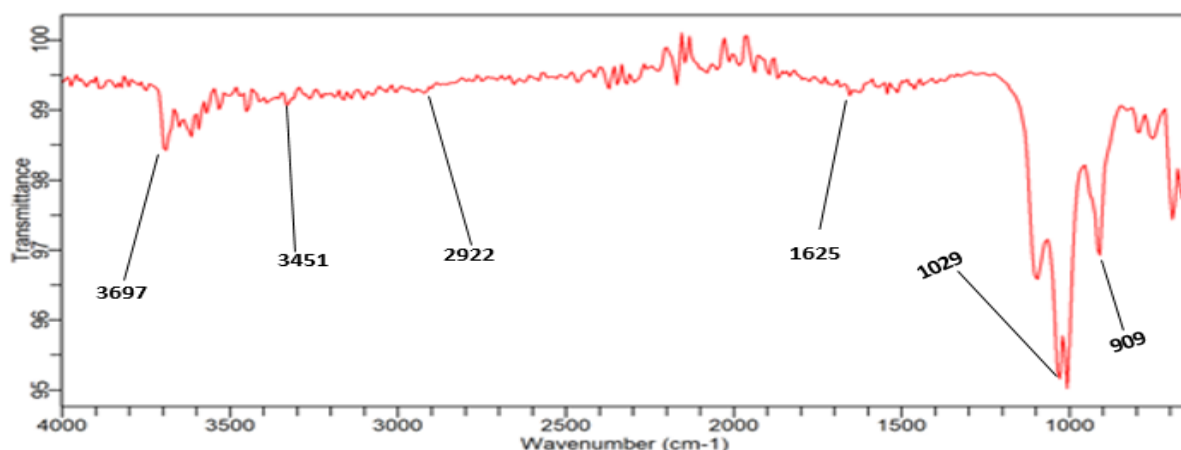
En observant les résultats de ces deux matériaux on constate que l'échantillon latérite-brut possède une matrice intrinsèquement plus réactive dominée à $\approx 79\%$ par des phases d'altération (argiles et oxydes), contre seulement $\approx 36\%$ pour zanga-brut. La présence massive d'oxy-hydroxydes métalliques dans la latérite ($\approx 37\%$ d'hématite, goéthite et gibbsite) offre une densité très élevée de sites réactifs hydroxyles (Fe-OH, Al-OH), alors que dans zanga-brut, la réactivité repose uniquement sur les surfaces de la kaolinite, des micas et de l'albite (Si-OH, Al-OH) (Hajjaji *et al.*, 2021 ; Mbaye *et al.*, 2024)

1. ZANGA



L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) de l'argile Zanga brute confirme qu'il s'agit d'un aluminosilicate phyllosilicaté dioctaédrique. La bande fondamentale très intense observée à 1029 cm^{-1} (avec un épaulement à 1096 cm^{-1}) est attribuée aux vibrations d'élongation asymétrique des liaisons Si-O-Si du réseau tétraédrique, une position typique des argiles naturelles brutes riches en silice (Bentahar *et al.*, 2023 ; Tchakouté *et al.*, 2021). Le caractère dioctaédrique aluminique du feuillet est quant à lui attesté par le pic de déformation dans le plan $\delta(\text{Al-Al-OH})$ situé à 909 cm^{-1} et la bande à 3698 cm^{-1} issue de la vibration d'élongation de valence des hydroxyles structuraux (Al-OH) intrafoliarités (Nguemtchouin *et al.*, 2020 ; Hajjaji *et al.*, 2021). Par ailleurs, la bande située à 1625 cm^{-1} correspond à la déformation angulaire ($\delta\text{H-O-H}$) des molécules d'eau physisorbée en surface et dans l'espace interfoliaire. L'examen du spectre révèle également la présence de phases minérales associées et d'impuretés : le doublet/massif à 790 cm^{-1} et 693 cm^{-1} constitue le marqueur caractéristique du quartz libre (SiO_2) (Bissengue *et al.*, 2022 ; Mbaye *et al.*, 2024), tandis que la bande à 1424 cm^{-1} (ν_3 de CO_3^{2-}) traduit la présence de carbonates minéraux de type calcite, fréquemment observés dans les gisements d'argiles sédimentaires brutes non purifiées (El Ouahabi *et al.*, 2020 ; Ouakki *et al.*, 2023). Enfin, les faibles signaux d'élongation C-H enregistrés à 2922 cm^{-1} et 2848 cm^{-1} indiquent des traces de matière organique aliphatique naturelle piégée dans le matériau (Djangang *et al.*, 2022).

2. LATERITE



L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) de l'argile latéritique brute met en évidence la signature caractéristique d'un matériau kaolinitique et ferrugineux. Le pic majeur et très intense observé à 1029 cm^{-1} est attribué aux vibrations d'élongation asymétrique des liaisons Si-O-Si du réseau tétraédrique silicaté, typiques de la structure des phyllosilicates (Tchakouté *et al.*, 2021 ; Bentahar *et al.*, 2023). La présence dominante de la kaolinite est confirmée par la bande fine à 3697 cm^{-1} correspondant aux vibrations d'élongation de valence des groupements hydroxyles structuraux (Al-OH) intrafoliarités, ainsi que par le pic de déformation dans le plan $\delta(\text{Al-Al-OH})$ à 909 cm^{-1} .

(Nguemtchouin et al., 2020 ; Hajjaji et al., 2021). Le massif large centré vers 3451 cm^{-1} traduit le recouvrement des vibrations d'élongation des groupements -OH de l'eau adsorbée et des oxy-hydroxydes métalliques de fer et d'aluminium (tels que la goethite et la gibbsite), marqueurs fondamentaux des sols latéritiques (Bissengue et al., 2022 ; Mbaye et al., 2024). Par ailleurs, le pic situé à 1625 cm^{-1} est associé à la déformation angulaire ($\delta\text{ H-O-H}$) des molécules d'eau physisorbées. Enfin, le faible signal enregistré à 2922 cm^{-1} correspond aux élongations aliphatiques C-H d'origine organique résiduelle piégée dans la matrice latéritique (Djangang et al., 2022).

La comparaison des spectres FTIR des deux argiles brutes indique une matrice aluminosiliceuse commune dominée par la kaolinite, attestée par la superposition quasi parfaite de la bande maîtresse Si-O (1029 cm^{-1} pour Zanga et 1028 cm^{-1} pour la latérite), du pic de déformation Al-Al-OH à 909 cm^{-1} et du groupement hydroxylique structural à 3698 cm^{-1} 3697 cm^{-1} . Cependant, les deux matériaux se distinguent par la nature de leurs phases accessoires. L'argile latéritique se caractérise par un massif large et prononcé à 3451 cm^{-1} , attribuable aux hydroxyles d'oxy-hydroxydes de fer et d'aluminium (goethite et gibbsite) issus des processus d'altération latéritique, une signature quasiment absente sur la Zanga. Inversement, l'argile Zanga brute révèle une présence marquée de carbonates minéraux (CO_3^{2-} à 1424 cm^{-1}), alors que la latérite en est exemptée. Les deux échantillons contiennent en outre des proportions similaires de quartz libre (790 et 693 cm^{-1}) et de traces organiques aliphatiques (2922 cm^{-1}).

CONCLUSION

Cette étude a permis d'établir une cartographie physico-chimique et minéralogique détaillée des argiles brutes de Zanga et de la latérite provenant de la province du Kongo Central. La combinaison des analyses par pH-métrie, PAF, FRX, DRX et FTIR montre que malgré une trame argileuse commune dominée par la kaolinite et le réseau silicaté (Si-O-Si à 1029 cm^{-1}), leurs conditions de formation géologique génèrent des propriétés fondamentales très distinctes. L'argile Zanga brute constitue un matériau sédimentaire hyper-siliceux, riche en feldspaths (albite) et micas, dont la fraction carbonatée active (14%) confère un pH basique (8,16) et un pouvoir tampon naturel. L'argile latéritique brute correspond à une matrice d'altération ferralitique neutre (7,14), caractérisée par une forte perte au feu (8,21 %) et une charge élevée en oxy-hydroxydes métalliques ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 27,52\%$), offrant une forte densité de sites hydroxyles réactifs de surface (Fe-OH, Al-OH). L'ensemble de ces données expérimentales démontre la complémentarité de ces deux géomatériaux congolais et constitue un prérequis essentiel pour leurs applications ultérieures en ingénierie des matériaux, notamment pour la formulation de géomatériaux hybrides adsorbants destinés à la dépollution des eaux usées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Amari, A., Gannouni, A., & Alharbi, A. (2018). Physicochemical characterization of natural clays for wastewater purification applications. *Journal of Water and Environmental Sciences*, 6(2), 112–124.
2. Bentahar, S., Bendaoudi, A., & Badoc, A. (2023). Physico-chemical characterization and FTIR structural elucidation of natural clay minerals for environmental applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(2), 109450.
3. Bergaya, F., & Lagaly, G. (2013). *Handbook of clay science* (2nd ed.). Elsevier.
4. Bissengue, S., Nkoumbou, C., & Njopwou, D. (2022). Mineralogy, geochemistry, and industrial applicability of natural clays: A spectroscopic and thermal study. *Applied Clay Science*, 228, 106620.
5. Brindley, G. W., & Brown, G. (1980). *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification*. Mineralogical Society, London, Monograph No. 5, 495 p.
6. Bukasa, J. M., Ntumba, K. P., & Kabele, C. M. (2022). Évaluation des propriétés géotechniques et minéralogiques des terres crues du Bas-Congo en RDC. *Journal of African Earth Sciences*, 185, 104415.
7. Djangang, C. N., Kamseu, E., & Melo, U. C. (2022). Organic matter content and structural transformation in natural smectite clays during low-temperature processing. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 268, 120680.
8. Eberl, D. D. (2012). Quantitative mineralogy of clays by X-ray diffraction. *Clay Minerals*, 47(4), 515–532.
9. El Ouahabi, M., Daoudi, L., & Fagel, N. (2020). Mineralogical and geotechnical characterization of raw clay deposits containing carbonate impurities. *Clay Minerals*, 55(3), 245–256.
10. Farmer, V. C. (1974). *The Infrared Spectra of Minerals*. Mineralogical Society, London, Monograph No. 4, 539 p.
11. Gates, W. P., & Johnston, C. T. (2020). Infrared and Raman spectroscopy of clay minerals. *Developments in Clay Science*, 11, 223–263.
12. Hajjaji, M., Alagui, A., & El Bouadili, A. (2021). Structural identification of octahedral hydroxyls in dioctahedral clay minerals by FTIR spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*, 1245, 131010.
13. Madejová, J. (2003). FTIR spectroscopy in clay science. *Vibrational Spectroscopy*, 31(1), 1–10.
14. Madejová, J., Gates, W. P., & Petit, S. (2017). Infrared spectroscopy of clay minerals. In *Infrared and Raman Spectroscopies of Clay Minerals* (Vol. 8, pp. 107–171). Elsevier.
15. Mango-Itulamy, A., Fagel, N., & Ndlandu, B. (2020). Mineralogical and physical characterization of raw clay materials from the lower Congo Basin (DR Congo) for building applications. *Applied Clay Science*, 198, 105820.
16. Mbaye, M., Sene, A., & Diop, C. A. K. (2024). Characterization of local raw clays for wastewater treatment applications: Mineralogical and spectroscopic insights. *Environmental Technology & Innovation*, 33, 103512.
17. Moore, D. M., & Reynolds, R. C. (1997). *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals* (2nd ed.). Oxford University Press, New York.

18. **Mukengeshayi, E. T., Kadiata, B. D., & Mpiana, P. T.** (2021). Caractérisation minéralogique et spectrale des argiles sédimentaires du Kongo Central. *Revue Congolaise des Sciences et Technologies*, 14(2), 45–58.
19. **Nguemtchouin, M. G. M., Mbawala, A., & Ngassoum, M. B.** (2020). FTIR and XRD characterization of dioctahedral phyllosilicates from tropical clay deposits. *International Journal of Mineral Processing*, 182, 45–53.
20. **Qlihaa, A., Dhimni, S., Melrhaka, F., Hajjaji, N., & Srhiri, A.** (2016). Caractérisation physico-chimique d'une argile marocaine [Physico-chemical characterization of a moroccan clay]. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(5), 1743–1750.
21. **Sarkar, B., Rusmin, R., & Naidu, R.** (2019). Modified clay minerals for environmental remediation: Current status and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation*, 13, 221–234.
22. **Środoń, J.** (2018). Identification and quantitative analysis of clay minerals in sedimentary rocks by X-ray diffraction. *Clays and Clay Minerals*, 66(6), 461–480.
23. **Tchakouté, H. K., Rüschler, C. H., & Djobo, J. N. Y.** (2021). Microstructural and spectroscopic study of raw kaolinite-rich clays using FTIR and solid-state NMR. *Minerals*, 11(6), 589.