

CARACTÉRISATION DES ARGILES DE LA RÉGION D'ABIDJAN : ÉTUDE COMPARÉE DE QUELQUES GITES ET LEUR PERSPECTIVE DE VALORISATION

**E. EMERUWA¹, K. C. KOUADIO^{1*}, C. H. KOUAKOU¹,
O. M. BOFFOUE¹, A. A. ASSANDE¹, S. OUATTARA¹,
Y. COULIBALY², A. DAUSCHER³ et B. LENOIR³**

¹ *Laboratoire de pédologie et géologie appliquée, UFR STRM, Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

² *Laboratoire de géologie du socle et de métallogénie, UFR STRM, Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

³ *Laboratoire de physique des matériaux, Ecole nationale supérieure des mines Nancy, France Parc de Saurupt 54042 Nancy, CEDEX France*

(Reçu le 11 Décembre 2007, accepté le 19 Mai 2008)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : *kklements@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

En vue de déterminer des gisements d'argile aptes à la stabilisation au ciment, des échantillons d'argile ont été prélevés dans la région d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire) et soumis à des analyses de caractérisation (analyses granulométrique, chimique et minéralogique). Les résultats obtenus montrent que ces argiles sont essentiellement composées de kaolinite, d'illite auxquelles est associé du quartz. Elles présentent beaucoup de similitudes avec l'argile de Dabou pour laquelle des études ont montré des aptitudes à la stabilisation au ciment.

Mots-clés : *Argile, caractérisation, stabilisation au ciment, Abidjan*

ABSTRACT

Characterization of some clays from Abidjan region: comparative study of deposits and valorisation perspectives.

In order to determine clay deposits for cement stabilization, some samples of clay were taken from Abidjan region (South of Côte d'Ivoire) and submitted to characterization analysis (grain-size distribution, chemical and mineralogical analysis). The results show that these clays are essentially

composed of kaolinite, illite associated with quartz. They present many similarities compared to the clay of Dabou for which studies showed good properties for cement stabilization.

Keywords : *Clay, characterization, cement stabilization, Abidjan*

I - INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire regorge de nombreux gisements d'argile [1]. Mais les premières études de caractérisation en vue de les utiliser comme matériaux de construction ont donné des résultats peu satisfaisants [2-5]. Ceci a conduit à l'abandon de cette importante matière première pour matériaux de construction. Après de nombreuses années de désaffection, l'équipe de Géomatériaux de l'UFR des Sciences de la terre et des ressources minières de l'Université de Cocody a démarré de nouvelles études visant à valoriser ces matières premières minérales et l'étude de l'impact de leur exploitation [6-12].

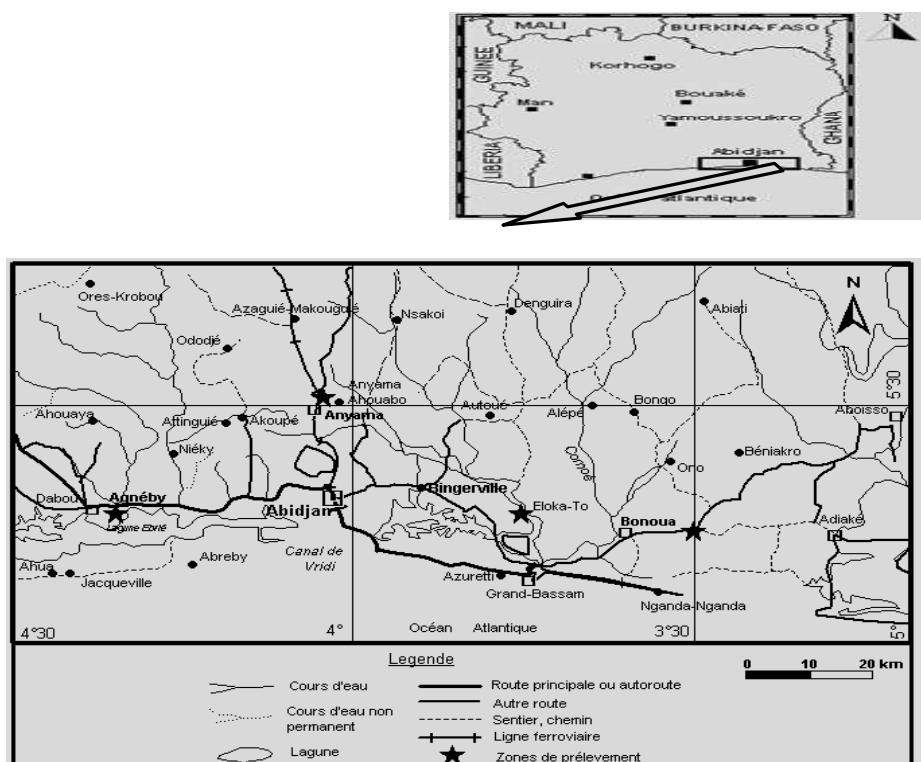


Figure 1 : *Localisation des zones de prélèvement*

Les travaux concernant l'argile de Dabou (Ouest d'Abidjan) ont montré que celle-ci présente des aptitudes à la stabilisation au ciment [13-16]. Au vu de ces résultats satisfaisants, des prospections ont été effectuées dans la région d'Abidjan (Bonoua, Anyama et Bingerville) (**Figure 1**), des échantillons ont été prélevés et soumis à des analyses de caractérisation (analyses physique, chimique, minéralogique et thermique). Ces analyses vont permettre de comparer les nouveaux échantillons à ceux de Dabou afin de juger de leur aptitude à la stabilisation au ciment ou de déterminer d'autres utilisations possibles.

II - MATÉRIAUX ÉTUDIÉS ET TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

II-1. Matériaux

Les échantillons ont été prélevés sur différents sites dans la banlieue d'Abidjan (**Tableau 1**).

L'échantillon de Dabou ayant fait l'objet d'études complètes [13,14] servira comme échantillon de référence.

Les échantillons prélevés, ont été séchés pendant deux semaines au laboratoire où la température moyenne est de 25°C pour un taux d'humidité relative variant entre 70 et 75 %. Ils ont ensuite été broyés grâce à un broyeur à billes et passés au tamis de

2 mm d'ouverture de mailles afin d'en éliminer les éléments grossiers. Les différentes poudres ainsi obtenues ont été utilisées pour cette étude.

Tableau 1 : Présentation des échantillons

Echantillon	Situation géographique	Observations (couleur)
Anyama	Nord d'Abidjan	Brun
Bingerville	Est d'Abidjan	Rose clair
Bonoua	Est d'Abidjan	Rouge brique
Dabou	Ouest d'Abidjan	Gris clair

II-2. Techniques expérimentales

Les poudres présentées ci-dessus ont été soumises à différentes analyses de caractérisation. Il s'agit des analyses physiques (analyse granulométrique), analyses chimique (fluorescence X), thermique (ATD et ATG) et minéralogique (diffraction des rayons X).

La répartition granulométrique des différents échantillons a été déterminée par voie humide grâce à un granulomètre laser «LS 230» de type Coulter. La distribution en poids des particules est automatiquement délivrée par l'appareil pour des diamètres compris entre 0,04 et 2000 µm.

La proportion massique des oxydes qui composent les différentes argiles a été déterminée par fluorescence X sur des pastilles réalisées à partir des différents échantillons à l'aide d'un spectrophotomètre S4.

Une analyse par diffraction des rayons X a été effectuée (analyse sur roche totale) pour connaître la composition minéralogique des différentes argiles à l'aide d'un diffractomètre INEL CPS 120 de type Siemens à anticathode de cobalt ($\lambda K\alpha_1 Co = 1,78897 \text{ \AA}$).

Des analyses thermiques (ATD, ATG) ont aussi été faites sur ces échantillons en vue de connaître leur comportement en fonction de la variation de température (chauffage). Ces deux analyses ont été effectuées grâce à un appareil ATD–ATG couplé de type SETARAM-TG 96 pour un intervalle de mesure compris entre 25 et 1400°C.

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Analyse granulométrique

La *Figure 2* et le *Tableau 2* présentent la répartition granulométrique des différentes argiles.

Ces échantillons, à l'exception de celui de Bonoua, sont composés uniquement de particules fines ($\phi < 80 \mu\text{m}$).

Cependant l'argile de Bingerville renferme la plus grande proportion de particules argileuses (particules dont le diamètre est inférieur à 2 µm), avec 60 %, suivi de l'échantillon de Dabou (55 %). L'échantillon d'Anyama présente la plus faible proportion avec environ 3% de particules argileuses.

Ces observations peuvent s'expliquer par le fait que l'échantillon de Bingerville a été prélevé dans une couche assez profonde (30 m) de la surface du sol et résulterait de ce fait d'une altération très ancienne donc complète des roches à l'origine de sa formation ; alors que l'échantillon d'Anyama a été prélevé en surface sur une roche mère en cours d'altération.

L'échantillon de Bonoua présente la répartition granulométrique la plus étalée avec cependant une grande proportion ($\approx 80 \%$) de particules dont le diamètre est supérieur à 100 µm.

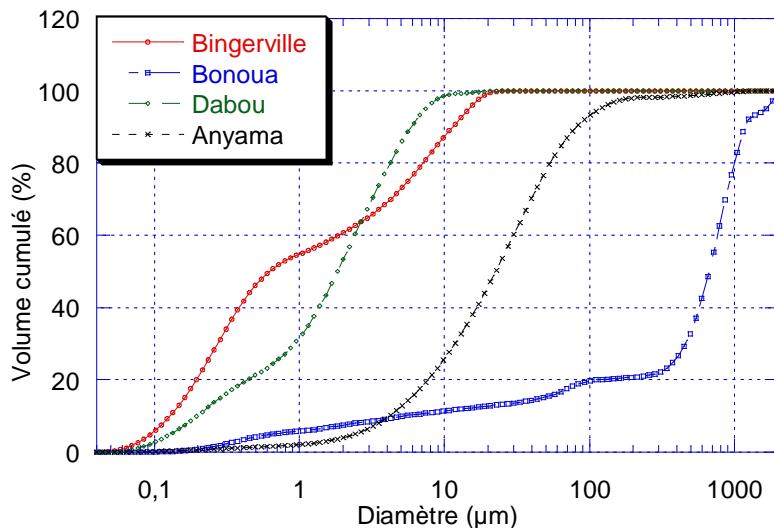


Figure 2 : Courbes d'analyse granulométrique des argiles étudiées

Tableau 2 : Répartition granulométrique des particules

Echantillon	Pourcentage de fines ($\phi < 80\mu\text{m}$)	Pourcentage d'argile ($\phi < 2\mu\text{m}$)	Pourcentage de limon ($2\mu\text{m} < \phi < 20\mu\text{m}$)	Pourcentage de sable fin ($20 < \phi < 80\mu\text{m}$)	Pourcentage de sable grossier ($\phi > 80\mu\text{m}$)
Bingerville	100	61	39	0	0
Bonoua	20	8	5	7	80
Dabou	100	55	44,30	0,8	0
Anyama	85	3	40	42	15

III-2. Analyse chimique

Les résultats de l'analyse chimique par fluorescence X sont présentés dans le *Tableau 3*.

L'analyse des échantillons étudiés montre les spécificités suivantes : ils sont composés de trois oxydes majeurs: SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3 . La silice se présente comme la composante principale de ces échantillons. Elle représente plus de 50 % en proportion massique. L'échantillon d'Anyama présente la plus forte teneur avec environ 60 % et celui de Bonoua, la teneur la plus faible avec 43,45 %.

Ils présentent tous des teneurs en alumine (Al_2O_3) supérieures à 20 % avec la forte teneur pour Bingerville (36,8 %). Selon *Ledoussal* [17], ils peuvent servir de matière première pour la confection de produits réfractaires. Mais cette possibilité est réduite pour les échantillons d'Anyama et de Dabou à cause de la teneur élevée en fondants alcalins (K_2O et Na_2O).

Tableau 3 : Teneur chimique en pourcentage (%)

	Bingerville	Bonoua	Dabou	Anyama
SiO_2	54,70	43,45	56,20	59,85
Al_2O_3	36,80	26,65	27,75	27,15
Fe_2O_3	5,32	25,01	6,60	6,72
TiO_2	1,18	0,55	1,19	0,03
Na_2O	0,29	0,20	0,64	1,25
K_2O	1,26	0,70	1,79	3,41
CaO	0,02	0,03	1,14	0,03
MgO	0,26	0,36	0,73	0,29
P_2O_5	0,10	0,17	0,10	0,12
MnO	0,05	0,64	0,07	0,03
SO_3	0,17	0,29	1,19	0,28
ZrO_2	0,96	0,69	0,86	0,03
Cr_2O_3	0,06	0,08	0,06	0,67

L'échantillon d'Anyama présente la teneur en K_2O la plus élevée, ce qui indique que cette argile est probablement plus riche en illite [18]. Les autres éléments sont en proportion mineurs.

La teneur élevée en SiO_2 et Al_2O_3 montre que les échantillons sont des aluminosilicates ; propriété caractéristique des phyllosilicates ; la répartition des grains (analyse granulométrique) permet de les classer parmi les argiles pour les échantillons de Dabou, Bingerville et Anyama et parmi les sables argileux pour l'échantillon de Bonoua [19].

Ils présentent une teneur en oxydes colorants ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) élevés (> 5 %). L'argile de Bonoua se caractérise par sa teneur particulièrement élevée en Fe_2O_3 (25 %) ce qui justifie sa couleur rouge brique. Cette coloration constitue un atout pour cette argile. Des études ont montré qu'elle peut être utilisée comme colorant naturel pour les blocs de terre stabilisée et les tuiles.

III-3. Analyse minéralogique

La **Figure 3** présente les résultats de l'analyse minéralogique par diffraction des rayons X.

L'analyse de tous les diffractogrammes montre que ces échantillons ont sensiblement la même composition minéralogique car on note une superposition presque parfaite des différents pics avec des intensités variables.

Ils sont composés de kaolinite (2 SiO_2 , Al_2O_3 , $2\text{H}_2\text{O}$), d'illite (K_2O , $2\text{H}_2\text{O}$, $2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})$), auxquels est associé du quartz (SiO_2). On observe que les pics caractéristiques de l'illite, ont une intensité très faible sur la courbe Bonoua alors qu'ils sont clairement exprimés sur les autres échantillons en particulier l'échantillon d'Anyama. On note aussi la présence d'hématite (Fe_2O_3) dans l'échantillon de Bonoua, ce qui justifie sa coloration rouge brique.

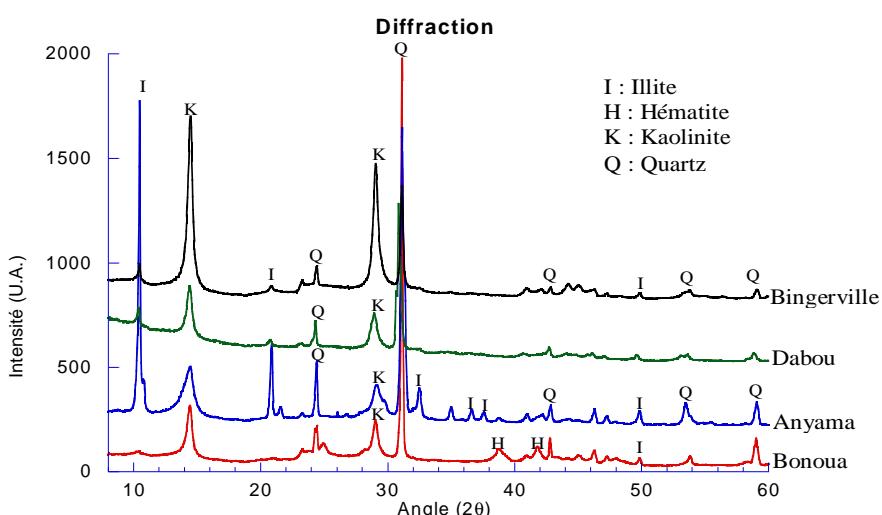


Figure 3 : Spectres DRX comparatifs des échantillons étudiés

III-4. Analyses thermiques

Les résultats des analyses thermiques sont présentés aux **Figures 4 et 5**. Les thermogrammes montrent beaucoup de similitudes.

Trois (3) pics endothermiques et deux (2) pics exothermiques ont été mis en évidence pour l'argile de Bonoua. Le premier pic endothermique, autour de

105°C, est lié à l'élimination de l'eau hygroscopique des feuillets de l'illite [18,20]; il engendre une perte de masse de 0,65 %. Le second pic (exothermique), à 268°C environ, indique la combustion de la matière organique contenue dans l'échantillon [21]; la perte de masse qui s'en suit est de 0,41 %. Le troisième pic (endothermique) qui commence à 511°C, d'intensité plus importante, peut être attribué au départ de l'eau de constitution de la kaolinite et sa transformation en métakaolin [22,23]. Cette transformation entraîne une perte de masse de 3,2 %. Le dernier événement endothermique qui se produit à 574°C est caractéristique de la transformation allotropique du quartz (passage du quartz α au quartz β), confirmant la présence du quartz dans cette argile. Cet événement n'entraîne pas de perte de masse. Le pic exothermique observé à 965°C suggère la formation de mullite ou de spinelle [24]. Ces spectres confirment que ces échantillons sont composés d'illite, de kaolinite et de quartz. Les variations observées lors du chauffage des différents échantillons sont résumées dans les **Tableaux 3 à 6**.

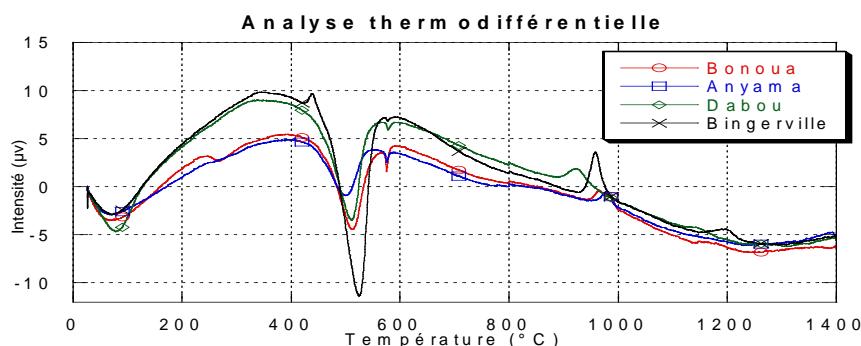


Figure 4 : Courbes d'analyses thermodifférentielles

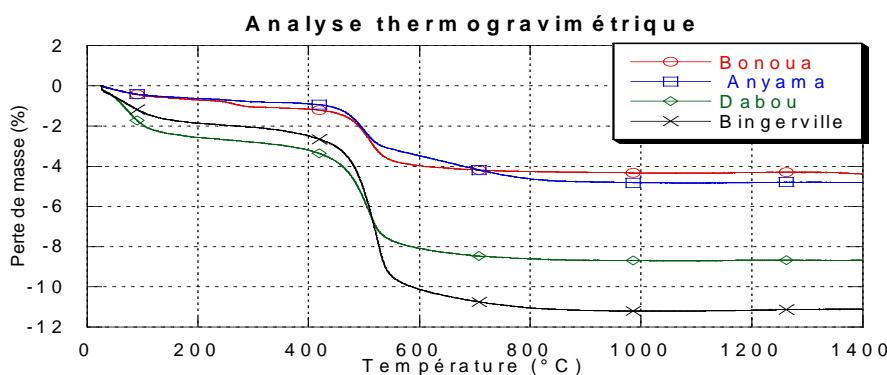


Figure 5 : Courbes d'analyses thermogravimétriques

Tableau 3 : Analyses thermiques de l'argile de Bonoua

Nature du pic	T (°C)	Perte de masse (%)	Observations
endothermique	105	0,65	Perte de l'eau hygroscopique de l'illite
exothermique	268	0,41	combustion de la matière organique
endothermique	511	3,2	Départ de l'eau de constitution de la kaolinite
endothermique	574		Passage du quartz α au quartz β
exothermique	965		formation de mullite ou de spinelle

Tableau 4 : Analyses thermiques de l'argile de Dabou

Nature du pic	T (°C)	Perte de masse (%)	Observations
endothermique	90	2,23	Perte de l'eau hygroscopique
exothermique	385	2,5	Combustion de la matière organique
endothermique	511	6,02	Départ de l'eau de constitution de la kaolinite
endothermique	579		Passage du quartz α au quartz β
exothermique	925		formation de mullite ou de spinelle
Phase vitreuse	1141		formation d'une 2 ^e génération de mullite

Tableau 5 : Analyses thermiques de l'argile de Bingerville

Nature du pic	T (°C)	Perte de masse (%)	Observations
endothermique	98	1,46	Perte de l'eau hygroscopique
exothermique	425	1,53	Combustion de la matière organique
endothermique	522	7,86	Départ de l'eau de constitution de la kaolinite
endothermique	575		Passage du quartz α au quartz β
exothermique	957		formation de mullite ou de spinelle
Phase vitreuse	1195		formation d'une 2 ^e génération de mullite

Tableau 6 : Analyses thermiques de l'argile d'Anyama

Nature du pic	T (°C)	Perte de masse (%)	Observations
endothermique	114	0,68	Perte de l'eau hygroscopique de l'illite
exothermique	395	0,33	Combustion de la matière organique
endothermique	500	3,02	Départ de l'eau de constitution de la kaolinite
endothermique	575	1	Passage du quartz α au quartz β
exothermique	979		formation de mullite ou de spinelle

Les résultats combinés de l'analyse chimique, de la diffraction des rayons X et des analyses thermiques nous ont permis d'évaluer les quantités relatives des différentes phases minérales contenues dans les échantillons prélevés.

III-5. Composition minéralogique approximative des différents échantillons

Le bilan minéralogique quantitatif est obtenu grâce aux calculs effectués à partir de la relation suivante [25] :

$$T(a) = \sum Mi Pa \quad (1)$$

où $T(a)$ est la teneur (%) oxyde de l'élément chimique "a"; Mi la teneur (%) en minéral "i" dans la matière étudiée et contenant l'élément "a"; Pa : proportion de l'élément "a" dans le minéral "i" (cette proportion est déduite de la formule idéale (formule simplifiée) attribuée au minéral "i").

Les calculs sont effectués en se basant sur des formules chimiques simplifiées exprimées sous forme d'oxydes.

Pour la kaolinite, on a : $2 \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$

Pour l'illite : $\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, 2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}\text{OH}$, l'hématite : Fe_2O_3 .

Pour l'échantillon de Dabou composé de kaolinite, d'illite, et de quartz, l'approche quantitative a été effectuée sur la base des postulats suivants [26] :

- Le potassium est contenu uniquement dans l'illite
- la silice est repartie dans le quartz, la kaolinite et l'illite.

Ainsi donc on a :

$$\% - illite = \frac{\% - K_2O \times 814}{94} \quad (2)$$

Avec en g.mol ⁻¹	
Masse molaire de l'illite	814
Masse molaire de la kaolinite	258
Masse molaire du quartz (SiO_2)	60
Masse molaire hématite	160
Masse molaire de K_2O	94
Masse molaire de Al_2O_3	102

$$\% - kaolinite = \frac{\% - Al_2O_3 - \% - illite - \times \frac{102 \times 3}{814}}{102} \times 258 \quad (3)$$

$$\% - quartz = SiO_2 - \% - kaolinite - \times \frac{60 \times 2}{258} - \% - illite - \times \frac{60 \times 6}{814} \quad (4)$$

A partir d'approximations faites sur la base sus évoquées, les proportions des différentes phases minérales ont été déterminées et résumées dans le **Tableau 7**.

Tableau 7 : Proportions pondérales approximatives des différentes phases minérales (%)

	kaolinite	illite	quartz	hématite
Anyama	41	30	27	
Dabou	56	16	24	
Bingerville	82	11	10	
Bonoua	62	6	12	25

Ces résultats basés sur des formules chimiques idéales montrent que l'échantillon de Bingerville renferme la plus grande proportion de kaolinite (82 %). Les échantillons de Bonoua et de Dabou ont sensiblement les mêmes teneurs en kaolinite. Quant à l'échantillon d'Anyama, sa teneur en illite est la plus élevée de tous les échantillons analysés avec environ 30 %. Ce qui se remarque sur le spectre de diffraction des rayons X avec un pic intense à $2\theta = 10^\circ$ et confirme les résultats de l'analyse chimique.

Ces résultats confirment aussi que l'échantillon de Bingerville est le plus argileux avec environ 90 % d'argile (kaolinite et illite). Sa teneur en quartz relativement faible (autour de 10 %) peut favoriser son utilisation à d'autres fins (faïences, porcelaine...). On pourrait expliquer la répartition granulométrique particulière de l'échantillon de Bonoua par le fait que les particules fines de kaolinite soient prises autour des concréctions d'hématite, ce qui empêche la défloction complète lors de l'analyse granulométrique.

IV - ORIGINE ET USAGE POSSIBLE DES ARGILES ETUDIÉES

IV-1. Origine

Le diagramme AB permet de distinguer les roches ou sédiments riches en éléments ferromagnésiens de ceux qui sont riches en éléments alumineux. Les valeurs de ces paramètres

$A=Al + (Na+K+2Ca)$ et $B = Fe+Mg+Ti$ permettent d'émettre des hypothèses sur les origines probables des sédiments à la base de la formation des couches argileuses par comparaison avec les paramètres A et B des roches saines. Ainsi les argiles pauvres en ferromagnésiens : Fe, Ti et Mg (une valeur faible

de B) pourraient provenir de l'altération de roches acides (de type granitoïde) tandis que les argiles riches en ferromagnésiens (valeur de B élevée) proviendraient de l'altération des roches mafiques ou ultramafiques. Les valeurs des paramètres A et B obtenues, montrent que les échantillons de Dabou, Anyama et Bingerville proviendraient de sédiments issus de l'altération de roches acides comme les granitoïdes tandis que celui de Bonoua proviendrait de roches ultra mafiques de type basaltique.

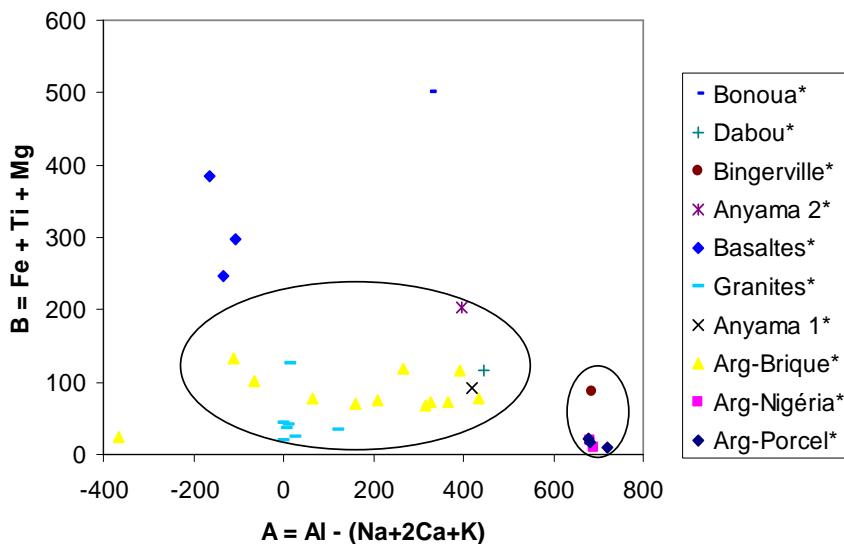


Figure 5 : Diagramme de discrimination AB

IV-2. Usages possibles

Afin de déterminer des utilisations possibles pour ces argiles, les résultats de l'analyse chimique sont comparés à ceux d'autres argiles dont l'utilisation est connue (argiles à porcelaines, argile à briques). Ainsi la projection des échantillons étudiés dans le diagramme montre que les échantillons de Bingerville et Anyama peuvent servir à la confection des briques comme l'échantillon de Dabou dont les aptitudes ont été prouvées dans des études antérieures (ils ont une teneur moyenne en alumine et en ferromagnésiens). Quant à l'argile de Bonoua, vu sa forte teneur en oxydes colorants, elle peut être utilisée comme colorant naturel pour la coloration de tuiles [27] ou d'autres produits tels que les briques d'argile stabilisée au ciment [28]. L'argile de Bingerville du fait de sa position dans le diagramme et de sa finesse (Cf. analyse granulométrique) pourrait servir de matière première

aussi bien pour la confection de briques (surtout de briques réfractaires du fait sa forte teneur en Al_2O_3) que pour la confection de porcelaine ou de faïence (des essais et des analyses complémentaires dans ce sens sont cependant nécessaires). Pour tirer plein profit de ces importantes quantités d'argile disponibles en Côte d'Ivoire, il serait bon d'étudier d'autres possibilités d'utilisation de celles-ci car cette importante matière première est laissée à l'abandon faute d'études complètes de leurs propriétés.

V - CONCLUSION

L'utilisation judicieuse d'un matériau exige la maîtrise de ses propriétés physiques, chimiques et minéralogiques. C'est pour cela que les échantillons d'argile ont été soumis à toutes ces analyses de caractérisation. Les différentes analyses montrent que les échantillons sont essentiellement composés de particules fines ($\varphi < 80 \mu\text{m}$). Cependant, l'échantillon de Bingerville renferme la plus grande proportion de particules argileuses ($< 2 \mu\text{m}$ (60 %)).

L'analyse chimique indique que ces argiles contiennent sensiblement les mêmes éléments chimiques et renferment majoritairement 3 oxydes : SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3 . L'analyse minéralogique (DRX) et les analyses thermiques (ATD et ATG) permettent d'affirmer que ces échantillons sont composés de kaolinite et d'illite auxquels est associé du quartz. Tous les échantillons renferment majoritairement de la kaolinite. Cependant, l'échantillon d'Anyama contient une teneur en illite plus importante que les autres argiles étudiées.

La similitude de composition des différents échantillons (Bonoua, Bingerville, Anyama) avec l'argile de Dabou montre que ces argiles peuvent être stabilisées au ciment.

Elles peuvent donc servir de matière première pour la confection de blocs stabilisés au ciment. L'argile de Bingerville, de par la grande proportion de particules fines, présente aussi des aptitudes pour servir de matière première pour la confection de céramique fine (faïence, porcelaine). L'échantillon de Bonoua de par sa teneur élevée en oxydes colorant ($\approx 30\%$), peut servir de colorant naturel pour divers usages (coloration de tuiles, briques...) cependant des études complémentaires en vue de valoriser cette grande quantité de matière première méritent d'être faites car ces ressources, utilisées correctement, peuvent permettre l'émergence d'une industrie céramique en Côte d'Ivoire.

RÉFÉRENCES

- [1] - E. EMERUWA « Les matières premières à usage céramique de Côte d'Ivoire ». Rapport de SODEMI, Abidjan, N°634 (1993) 16
- [2] - R. OUATTARA et B. TEYTON « Recherche d'argiles à briques dans la région de San Pédro ». Rapport SODEMI, Abidjan, N°216, (1969 a) 16
- [3] - R. OUATTARA et B. TEYTON « Recherche d'argiles à briques dans la région dans la région d'Agboville ». Rapport SODEMI, Abidjan, N°225, (1969 b) 26
- [4] - J. P. YVELIN « Etude technologique des argiles de Gounioubé ». Rapport SODEMI, Abidjan, N°85, (1964) 40
- [5] - H. MADON et J. P. YVELIN « Quatre cuvettes argileuses du plateau de Gounioubé :- prospection et géologie complémentaire,- Etude technologique des matières premières ». Rapport SODEMI, Abidjan, N°221, (1968) 70
- [6] - A. A. ASSANDE - Valorisation des latérites de Côte d'Ivoire. Fabrication de briquettes de parement à base de latérite stabilisée à froid à l'aide d'un liant hydraulique : le ciment portland. Doctorat Sciences de la terre, Université d'Abidjan-Cocody, (2007) 142
- [7] - E. EMERUWA, M. O.BOFFOUÉ, C. H. KOUAKOU, Y. COULIBALY « Caractérisation d'une argile rouge de la région du Sud Comoé en Côte d'Ivoire ». BIOTERRE, *Revue internationale des Sciences de la Vie et de la Terre*, Vol. 1, N°1 (2000) 94-100
- [8] - D. C. VONTO - Confection de briquettes de parement : stabilisation à froid de la latérite de Dabou à l'aide du ciment portland. Densification par vibro compactage. DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, (2003) 54 p
- [9] - C. H. KOUAKOU, E. EMERUWA, M. O. BOFFOUÉ, Y. COULIBALY et A. KOUAKOU - Influence de l'eau et du ciment sur la stabilité et la conductivité thermique des briquettes d'argile ciment”, Acte du séminaire sous régional sur le thème « Valorisation des matières premières argileuses pour un développement durable dans les domaines de l'industrie du bâtiment et de l'artisanat » Université de Ouagadougou, (2003) 72-79
- [10] - K. J. BITTI - Impact environnemental de l'exploitation des matières premières entrant dans la production des géomatériaux dans la région d'Abidjan. DEA Sciences de la terre, Université d'Abidjan-Cocody, (2005) 44 p

- [11] - K. F. S. ANDO - Conception d'un filtre à eau à base d'argile et de charbon de bois. DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, (2006), Abidjan, Côte d'Ivoire, 57 p
- [12] - S. OUATTARA - Recherche de briques : Etude de la stabilisation à froid de l'argile de Dabou avec un déchet industriel (sciure de bois). DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, (2005), Abidjan, Côte d'Ivoire, 59 p
- [13] - C. H. KOUAKOU « Valorisation des argiles de Côte d'Ivoire : Etude de la stabilisation de blocs d'argile comprimée et stabilisée au ciment à l'aide de liants hydrauliques ». Doctorat Sciences de la terre, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2004) 186 p
- [14] - K. C. KOUADIO - Elaboration et caractérisation de blocs d'argile comprimée et stabilisée au ciment. Cas de l'argile de Dabou. DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2003) 57 p
- [15] - C. H. KOUAKOU, M. O. BOFFOUE, Y. COULIBALY, E. EMERUWA, A. ASSA, M. MENIN, A. KOUAKOU ET S. SORO, « Influence du ciment sur la qualité des briquettes à base d'argile stabilisée à froid », BIOTERRE, *Revue Internationale Sciences de la vie et de la terre*, Vol. 3, N°1, Editions Universitaires de Côte d'Ivoire, (2003) 99-105.
- [16] - G. R. BIE - Etude de l'argile de Nieky (Dabou) en vue de la fabrication des briques et tuiles en terre cuite. DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2000) 56 p.
- [17] - H. LEDOUSSAL - Les produits réfractaires. Société française de céramique, Paris, (1985) 40 p.
- [18] - A. ASSIFAOUI « Etude de la stabilité des barbotines à base d'argiles locales : application aux formulations céramiques industrielles. Doctorat, Université Hassan II, Casablanca, Maroc (2002) 140 p.
- [19] - H. MEKKI, E. AMMAR, M. ANDERSON et M. BEN ZINA Recyclage des déchets de la trituration des olives dans les briques de construction. Annales chimie sciences des matériaux (28), *Elsevier Sciences*, (2003) 109-127.
- [20] - S. CAILLERE, S. HENIN ET M. RAUTUREAU Minéralogie des argiles, tomes 1 et 2, 2^e édition, Edition Masson et Cie (1982)
- [21] - C. A. JOUENNE Traité de céramique et de matériaux minéraux. Editions Septima, Paris, France ; (1984) 657
- [22] - G. ALIPRANDI « Matériaux réfractaires et céramiques techniques : éléments de céramurgie et de technologie ». Editions Septima, Paris, France ; (1979) 612
- [23] - C. Y. CHEN, G. S. LAN et W. H. TUAN “Microstructural evolution of mullite during the sintering of kaolin powder compacts Ceramics International (26)”, *Elsevier Sciences*, (2000) 715-720.

- [24] - N. S. SORO Influence des ions fer sur les transformations thermiques de la kaolinite. Doctorat, Université de Limoges, France (2003) 176.
- [25] - K. TRAORE "Frittage à basse température d'une argile kaolinitique du Burkina Faso". Transformation thermiques et réorganisation structurale. Doctorat, Université de Limoges, France (2003) 129 p.
- [26] - C. BICH "Contribution à l'activation thermique du kaolin : évolution de la structure cristallographique et activité pouzzolanique". Doctorat, INSA Lyon, France (2005) 264 p.
- [27] - B. K. M. AMOHA « Coloration des blocs d'argile ciment (CIMARG) ». DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, (2006), Abidjan, Côte d'Ivoire, 54 p.
- [28] - E. EMERUWA "Valorisation des argiles de Côte d'Ivoire : Essai de coloration des tuiles en microbéton par l'argile rouge de Bonoua", *Africa Géoscience revue*, Vol. 7, N°2 (2000) 201-209.