

**APPROCHE STRATIGRAPHIQUE, CARACTÉRISATION ET RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES MINÉRAUX ARGILEUX D'ÂGE ALBO-MAASTRICHTIEN À L'EST DE LA MARGE D'ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE**

**Guiako Jonas ABLE<sup>1,2\*</sup>, N'Goran Jean - Paul YAO<sup>1</sup>, Zeli Bruno DIGBEHI<sup>1</sup>, Bakary FOFANA<sup>1,2</sup>, Yaya COULIBALY<sup>2</sup> et N'Taho Prisca RAYMOND<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Département de Géosciences Marines, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

<sup>2</sup>*PETROCI, Centre d'Analyses et de Recherche (CAR), BPV 194 Abidjan, Côte d'Ivoire*

---

\* Correspondance, e-mail : [ablejonas2@gmail.com](mailto:ablejonas2@gmail.com)

## **RÉSUMÉ**

Soixante-dix-sept échantillons issus de sept puits d'exploration implantés dans la marge est d'Abidjan, au large de la Côte d'Ivoire, ont fait l'objet d'étude minéralogique. Cette étude a pour but de proposer un découpage stratigraphique basé sur l'utilisation de minéraux argileux sur les limites des étages. Les minéraux sont d'abord concentrés en six étapes classiques (délitage, centrifugation, mise en suspension, extraction de la fraction < 2 µm, confection des lames orientées et traitement) puis analysés au diffractomètre de Rayons-X « D8 Advance » de type Bruker. Cette étude a permis d'identifier un cortège de minéraux argileux, composé de minéraux argileux simples, de minéraux argileux interstratifiés à deux feuillets réguliers et irréguliers et des minéraux interstratifiés à trois feuillets. Ces minéraux ont servi de marqueurs aux différents toits stratigraphiques allant du Maastrichtien à l'Albien. La kaolinite est le minéral dominant. Elle est de deux types : la kaolinite héritée et la kaolinite authigène. La glauconite se rencontre généralement dans un environnement marin transgressif, sub-oxique à anoxique. Cette étude montre que les minéraux interstratifiés peuvent bien être utilisés comme repères stratigraphiques en absence éventuelle de marqueurs classiques tels que les microfossiles.

**Mots-clés :** *minéraux argileux interstratifiés, minéraux argileux simples, marqueurs stratigraphiques, kaolinite héritée, kaolinite authigène.*

## ABSTRACT

### **Stratigraphic approach, characterization and geographical distribution of Albo-Maastrichtian clay minerals east of the Abidjan margin, Ivory Coast**

Seventy-seven samples from seven exploration wells located in Ivory Coast, eastern margin of Abidjan, were subject to mineralogical studies. It aims to provides a cutting stratigraphic, based on the use of clays minerals on the limits of stratigraphic roofs. Minerals are first concentrated in six Classic steps disintegration, centrifugation, setting suspension, extraction of the fraction  $< 2 \mu\text{m}$ , making blades oriented and treatment) then analyzed in diffractometer of X-Ray (D8 Advance) type Bruker. This study has identified a procession of clay minerals consisting of simple clay minerals, interstratified clay minerals with two regular layers, and irregular and interstratified minerals with three layers. Kaolinite is the dominant mineral. There are two types: inherited kaolinite and authigenic kaolinite. Glauconite occurs generally in a transgressive marine environment, suboxic to anoxic. This study shows that the clay minerals can be used as stratigraphic landmark in absence of any markers classic such as microfossils.

**Keywords :** *interstratified clay minerals, simple clay minerals, stratigraphic marker, inherited kaolinite, authigenic kaolinite.*

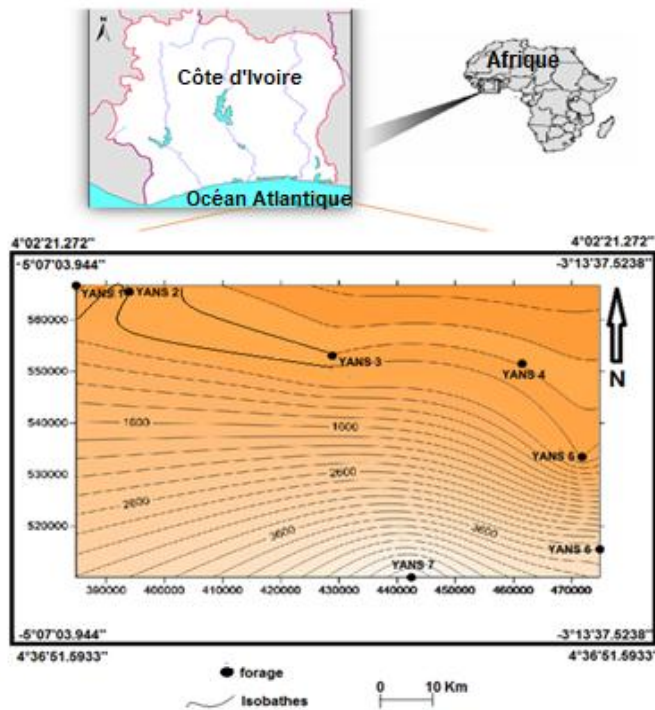
## I - INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire procure des avantages économiques et scientifiques, notamment par une exploration pétrolière accrue des fonds marins [1] et une meilleure connaissance de la géologie du bassin sédimentaire. En effet, depuis la découverte des premiers indices de bitume à Eboinda (Côte d'Ivoire), de nombreux travaux de recherche ont été réalisés dans le bassin sédimentaire ivoirien. Ceux-ci ont permis de proposer une cartographie précise de la morphologie et des sédiments de la plateforme continentale [2, 3]. L'ensemble de ces travaux menés a essentiellement porté sur les études micropaléontologique, géochimique, sédimentologique et palynologique. Aucune étude réalisée sur la minéralogie des argiles aux limites des étages stratigraphiques n'a permis de démontrer la variation de ces minéraux argileux au cours des temps géologiques. C'est dans ce but que ce présent travail porte sur les minéraux argileux aux étages stratigraphiques de sept puits (Y ans 1 à 7) implantés dans la partie offshore du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire, plus précisément dans la partie orientale de la marge d'Abidjan.

## II - LOCALISATION ET MÉTHODE D'ÉTUDE

### II-1. Localisation

La zone d'étude peut être subdivisée en trois secteurs (*Figure 1*) : Le secteur ouest comprenant le « trou sans fond », le secteur Est et le secteur Sud-Est. La situation géographique dans chaque secteur de la zone d'étude est la suivante : le secteur ouest ou du « trou sans fond »  $5^{\circ}07'03,944''$  N,  $5^{\circ}6'41,48895''$  N de Latitude et  $4^{\circ}02'21,272''$  W,  $3^{\circ}57'25,85654$  W de Longitude ; le secteur Est  $4^{\circ}59'58,383''$  N,  $4^{\circ}59'08'',580$  N de Latitude et  $3^{\circ}38'33,261''$  W,  $3^{\circ}20'55'',390$  W de Longitude et le secteur sud-Est  $4^{\circ}49'20'',240$  N,  $4^{\circ}36'51,5933''$  N de Latitude et  $3^{\circ}15'19'',440$  W et  $3^{\circ}31'08,7678''$  W de Longitude. L'objectif de ce travail est de proposer un découpage stratigraphique aux limites des étages, basé sur l'utilisation de minéraux argileux.



**Figure 1** : Localisation de la zone d'étude avec les isobathes du fond marin

### II-2. Méthode d'étude

Les échantillons analysés dans ce travail sont constitués de déblais issus de sept puits d'exploration localisés sur la marge est d'Abidjan. Deux grammes d'échantillon ont été prélevés aux toits de chaque étage, allant du Maastrichtien

à l'Albien. Ces toits ont été au préalable identifiés par des marqueurs biostratigraphiques. La préparation consiste à concentrer la fraction argileuse contenue dans l'échantillon. Celle-ci se fait en six étapes telles qu'adoptées dans les travaux de [4] et qui sont : le délitage, la centrifugation, la mise en suspension, l'extraction de la fraction  $< 2 \mu\text{m}$ , la confection des lames orientées et le traitement. Le traitement se déroule en trois phases en référence aux travaux [5] : le séchage à l'air ou au four à  $40^\circ\text{C}$  favorise l'orientation naturelle des minéraux d'argile dans les réflexions (001) ; la saturation à l'éthylène glycol durant 12 heures, permet de caractériser les feuillettes expansibles et le séchage à  $500^\circ\text{C}$  pendant 4 quatre heures provoque une déshydratation irréversible des minéraux argileux hydratés. Les minéraux sont ensuite analysés au diffractomètre de Rayons-X « D8 Advance » de type Bruker, utilisant la radiation  $K\alpha$  du cobalt ( $\lambda K\alpha_1$  ;  $\text{Co} = 1,78897 \text{ \AA}$ ), générée à 20 mA et 35 kV. Le logiciel fityk [6] aide à décomposer les diffractogrammes [7]. Cette décomposition permet d'obtenir les positions et les intensités des minéraux argileux [8]. L'identification et la classification des minéraux argileux simples et interstratifiés réguliers (R1) et irréguliers (R0), ont constitué l'objet des travaux les travaux de [4, 9 - 12].

### **III - RÉSULTATS ET DISCUSSION**

#### **III-1. Caractérisation et distribution spatiale des minéraux argileux**

##### ***III-1-1. Au toit du Maastrichtien***

Le cortège de minéraux argileux est composé d'une moyenne de 67,5 % de kaolinite avec une valeur maximum de 81 % au sein du puits Yans 5. La glauconite est présente que dans les puits Yans 2, 5 et 7 avec un maximum de 12 %. L'illite est présente aux puits Yans 2 et 7 et le maximum de 16 % est atteint dans le puits Yans 2. Les interstratifiés réguliers à deux (2) feuillettes, l'illite/smectite R1 et la chlorite/smectite R1 ont des valeurs moyennes de 2 à 5 %. Les interstratifiés à trois (3) feuillettes que sont : la smectite/illite/chlorite dont les valeurs varient de 8,7 % (Yans 1) et 24,6 % (Yans 6) ; la smectite/illite/vermiculite qui est identifiée dans deux (2) puits Yans 4 et 5 avec respectivement 9 et 40 %, et enfin, l'illite/smectite/vermiculite et la smectite/chlorite/illite respectivement présentes dans les puits Yans 3 et 7 avec des valeurs de 22 % et 21,4 %.

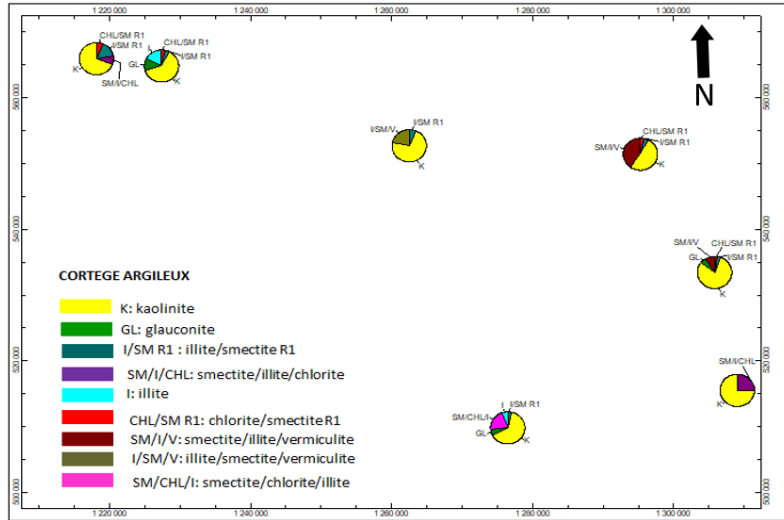


Figure 2 : Caractérisation des minéraux argileux au toit du Maastrichtien

### III-1-2. Au toit du Campanien

La fraction argileuse est dominée par la kaolinite avec une moyenne de 83 % et une valeur maximale de 93 % dans le puits Yans 3. La glauconite présente une valeur moyenne de 3,4 % avec une valeur maximale de 10 % dans le puits Yans 2. L'illite/smectite R1 et la chlorite/smectite R1 ont une moyenne allant de 1 à 2 %. À cet étage, apparaît un interstratifié irrégulier à deux (2) feuillets Illite/chlorite R0 avec un pourcentage assez faible 6 % seulement dans le puits Yans 3. Les interstratifiés à trois (3) feuillets sont peu représentés avec une moyenne de 1 à 4 %. Cependant, la smectite/chlorite/illite atteint une valeur maximale de 17 % dans le puits Yans 7.

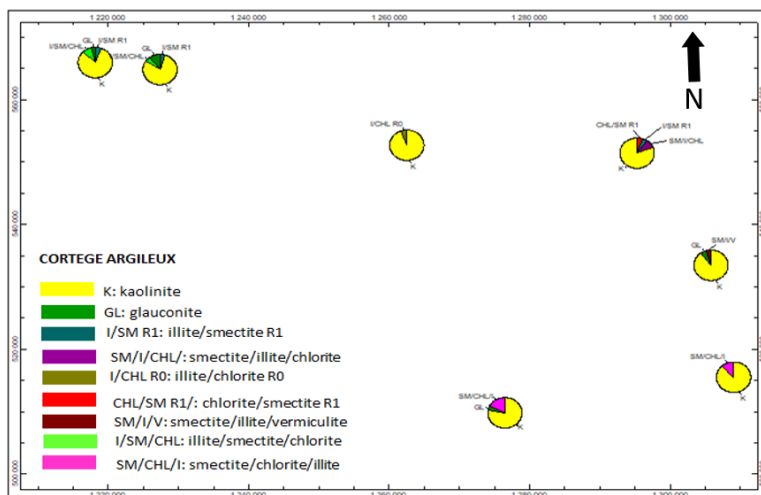


Figure 3 : Caractérisation des minéraux argileux au toit du Campanien

### III-1-3. Au toit du Sénonien inférieur

Le minéral argileux dominant reste la kaolinite avec une moyenne de 77 % et un maximum de 91 % dans le puits Yans 5. L'halloysite, minéral hydraté de la kaolinite a une moyenne de 10 % et le pourcentage maximal (52 %) est atteint dans le puits Yans 2. La glauconite et l'illite ont respectivement des valeurs de 4 à 6 % et sont uniquement présents dans le puits Yans 6. Les interstratifiés réguliers à deux (2) feuillets sont rares avec une moyenne de 2 %. Les interstratifiés à trois (3) feuillets sont aussi faiblement représentés par 1 à 3 %. Cependant, la smectite/chlorite /illite est uniquement présente au sein du puits Yans 7 avec une valeur de 15 %.

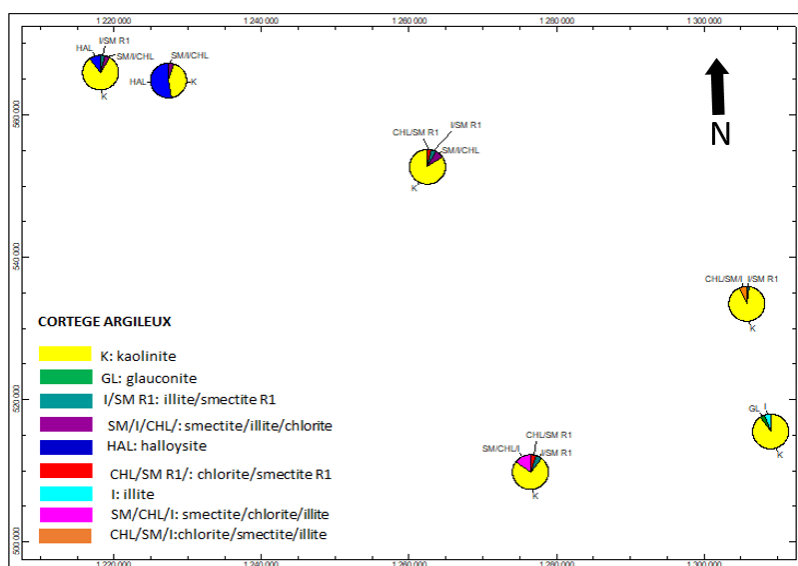


Figure 4 : Caractérisation des minéraux au toit du Sénonien-inférieur

### III-1-4. Au toit du Turonien

La fraction argileuse au toit de cet étage est toujours prédominée par la kaolinite avec une moyenne de 67 % et maximum de 85 % dans le puits Yans 5. Les interstratifiés réguliers à deux (2) feuillets ont de faibles valeurs avec une moyenne de 4 %. La glauconite existe seulement que dans les puits Yans 3 et 4 avec des valeurs respectives de 13 % et 14 %. Quant aux minéraux interstratifiés à trois (3) feuillets que sont : la smectite/illite/chlorite, leur moyenne est de 16 % dans l'ensemble avec un maximum de 38 % dans puits Yans 1 ; la smectite/chlorite/illite présent uniquement dans les puits Yans 2 et 5 avec des taux respectifs de 14 et 13 % et l'illite/smectite/chlorite avec une valeur de 17 % au sein du puits Yans 3.

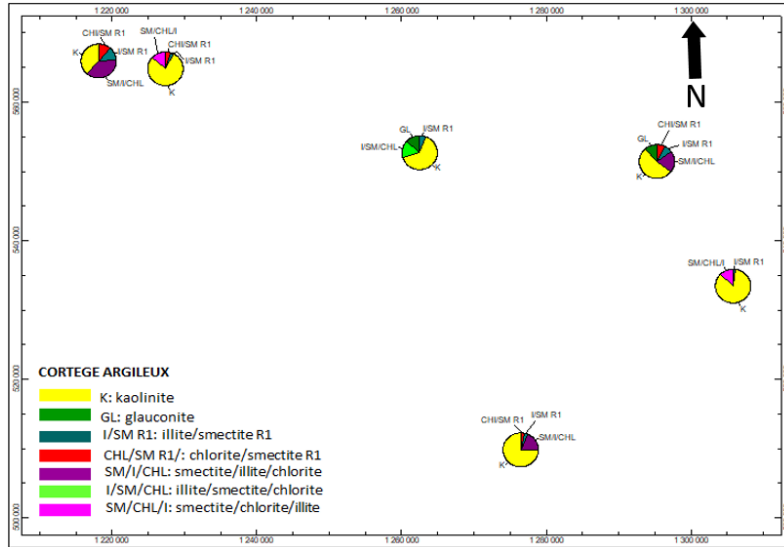


Figure 5 : Caractérisation des minéraux argileux au toit du Turonien

### III-1-5. Au Toit du Cénomanién

Le cortège argileux reste toujours dominé par la kaolinite avec une moyenne de 63 % et un taux maximal de 80 % dans les puits Yans 3 et 5. La glauconite et l’illite ont une moyenne respective de 5 et 4 %. Cependant, les taux maximaux sont de 20 % pour la glauconite dans le puits Yans 1 et 22 % pour l’illite dans le puits Yans 2. La proportion de l’interstratifié régulier à deux (2) feuillets est faible avec une moyenne de 4 %. La smectite/chlorite R0 L’illite/chlorite R0 (interstratifiés irréguliers) sont présentes dans le puits Yans 2 et 6 avec un taux maximal respectif de 9 % et 21 %. La smectite/illite/chlorite est uniquement présente dans le puits Yans 4 avec un taux de 19 %. La smectite/chlorite/illite est présente dans deux (2) puits Yans 1 et 5 avec une moyenne de 6 % et un taux maximal de 32% au sein du puits Yans 1 et l’illite/chlorite/smectite exclusivement présente dans le puits Yans 7 avec un taux de 12.3 %.

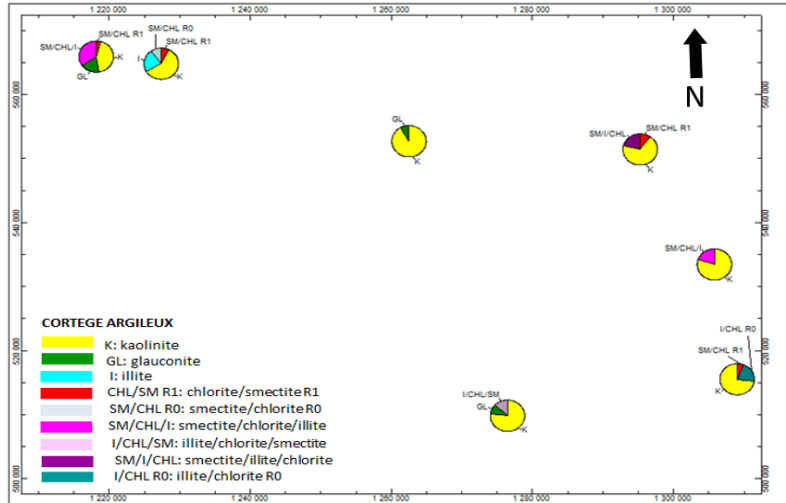


Figure 6 : Caractérisation des minéraux argileux au toit du Cénomaniens

### III-1-6. Au toit de l'Albien

Le cortège argileux reste dominé par la kaolinite avec une moyenne de 64% et un maximum de 87 % dans le puits Yans 5. L'halloysite est exclusivement présente dans le puits Yans 2 tandis que la glauconite est rencontrée dans les puits Yans 1 et 3. Elle atteint un maximum de 26 % au sein du Yans 3. Les proportions des interstratifiés réguliers à deux (2) feuillets sont faibles avec des moyennes de 3 à 4 %. Les interstratifiés irréguliers à deux (2) feuillets illite/chlorite R0 sont présents dans tous les puits, sauf dans Yans 4, où persiste encore l'interstratifié irrégulier smectite/illite/chlorite.

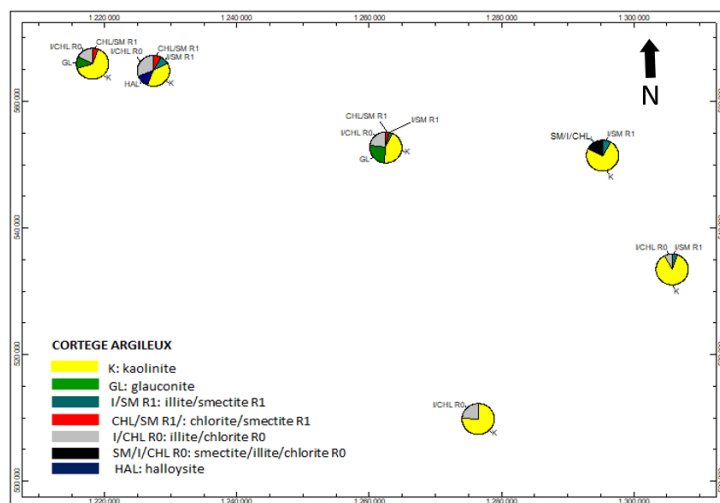


Figure 7 : Caractérisation des minéraux argileux au toit de l'Albien



**Distribution spatiale des minéraux argileux :**

- Le toit du Maastrichtien de la zone d'étude est caractérisé à l'est par les interstratifiés à trois (3) feuillets contenant de la vermiculite, à l'ouest par l'association smectite/chlorite/illite, la chlorite et l'illite et au sud-est par l'assemblage smectite/illite/chlorite et la smectite/chlorite/illite.
- Au toit du Campanien, au sud-est, on y trouve la smectite/chlorite/illite et à l'ouest l'interstratifié illite/smectite/chlorite.
- Le toit du Sénonien inférieur est déterminé à l'ouest par la smectite/illite/chlorite ; à l'est par l'association chlorite/smectite/illite, smectite/illite/chlorite.
- Le toit du Turonien, est caractérisé à l'ouest par le regroupement smectite/illite/chlorite, smectite/chlorite/illite ; à l'est par l'association smectite/illite/chlorite, illite/smectite/chlorite, smectite/chlorite/illite.
- Le toit du Cénomani est marqué à l'est par l'assemblage smectite/illite/chlorite et smectite/chlorite/illite et au sud-est par le regroupement de l'illite/smectite/chlorite et l'illite/chlorite/smectite. Seuls, les interstratifiés irréguliers à deux (2) feuillets illite/chlorite R0 et illite/smectite R0 sont caractéristiques du toit de l'Albien.
- Les minéraux interstratifiés à feuillets de vermiculite et smectite/illite/chlorite associés au minéral simple illite sont les marqueurs du toit du Maastrichtien respectivement à l'est et à l'ouest de la zone d'étude.
- L'illite/smectite/chlorite et la smectite/chlorite/illite sont des marqueurs respectivement à l'ouest et au sud-est au toit du Campanien.
- L'assemblage smectite/illite/chlorite, chlorite/smectite/illite marque au sud-est de la zone d'étude le toit du Sénonien inférieur. La chlorite/smectite/illite indique à l'est le toit du même étage.
- L'association des interstratifiés smectite/illite/chlorite, illite/smectite/chlorite et smectite/chlorite/illite déterminent le toit du Turonien à l'est. L'assemblage smectite/illite/chlorite et smectite/chlorite/illite indiquent le même toit à l'ouest.
- Le regroupement de l'illite/smectite/chlorite et illite/chlorite/smectite indique le toit du Cénomani au sud-est. À l'est, ce toit est caractérisé par l'association smectite/illite/chlorite, smectite/chlorite/illite et à l'ouest par l'assemblage smectite/chlorite/illite et l'illite.
- L'illite/chlorite R0 pourrait être considéré comme un marqueur de l'Albien.
- Les interstratifiés réguliers à deux (2) feuillets sont également des minéraux ubiquistes, mais en faible proportion dans toute la zone d'étude. La kaolinite est le minéral le plus abondant et commun à tous les étages. La glauconite a été identifiée dans quelques-uns des puits allant du Maastrichtien à l'Albien.

#### IV - DISCUSSION

La végétation de l'Albien au Maastrichtien en Afrique de l'Ouest, décrite dans les sédiments continentaux, montre que le paléoclimat a évolué d'un climat chaud et aride à l'Albien à un climat tropical humide et chaud au Maastrichtien [13, 14]. D'après [15], la kaolinite se forme sous un climat tropical humide et chaud et se développe peu dans un climat aride. Ce climat (chaud et humide) est favorable à l'hydrolyse de la roche cristalline et à l'accumulation de la kaolinite sur le continent [16, 15]. Cette kaolinite est par la suite érodée et transportée par les eaux de surface jusqu'au bassin sédimentaire [17]. C'est la kaolinite héritée rencontrée dans les puits Yans 1, 2 et 3 où sa proportion croît de l'Albien au Maastrichtien. Pour [18], la mobilisation et la conservation de la kaolinite ne sont pas seulement liées au climat comme le montrent les taux élevés de kaolinite dans les puits Yans 4, 5, 6 et 7 (plus de 50 %) et dans tous les étages. Cette kaolinite serait formée en présence de solutions interstitielles acides liées à la diagenèse [17, 19]. C'est une kaolinite dite néoformée [4, 20, 21]. La proximité relative des puits Yans 1, 2 et 3 du rivage actuel, pourrait expliquer leur influence par la kaolinite héritée venant du continent et dépendant du climat. À l'opposé, les dépôts kaoliniques distaux dans les puits Yans 4, 5, 6 et 7, ne proviendraient pas du continent. Ils se seraient formés dans le milieu de dépôt. Cette kaolinite est dite authigène.

Dans les minéraux interstratifiés à trois (3) feuillets smectite/illite/chlorite et smectite/illite/vermiculite, la proportion de chaque feuillet décroît respectivement du feuillet smectitique au feuillet chloritique et des feuillets smectitiques au feuillet vermiculitique. L'interstratifié smectite/illite/chlorite aux toits du Maastrichtien, du Turonien et du Cénomaniens dans les puits Yans 1, 6 et 7 se transforme en illite/chlorite irrégulier au toit de l'Albien. Par contre, au toit du Maastrichtien, le minéral smectite/illite/vermiculite se transforme en smectite/illite/chlorite et en smectite/chlorite/illite dans les puits Yans 4 et 5 aux toits du Turonien et du Cénomaniens. L'illite/smectite/vermiculite se transforme en illite/smectite/chlorite dans le puits Yans 3 sur lesdits toits. Puis à l'Albien, ces minéraux s'agradent en chlorite/illite irrégulier dans les puits Yans 3 et 5. Cependant, le minéral smectite/illite/chlorite ne subit aucune transformation à l'Albien dans le puits Yans 4. La transformation des interstratifiés à feuillets de vermiculite en (smectite/illite/chlorite ou illite/smectite/chlorite dépend de deux facteurs qui sont le chimisme du milieu et/ou la diagenèse d'enfouissement :

- *L'influence du chimisme du milieu*

Les feuillets de ces interstratifiés adsorbent les cations  $K^+$  et  $Mg^{2+}$  contenus dans les solutions interstitielles au travers de leurs espaces interfoliaires [19, 22 - 26]. Ainsi, le feuillet de vermiculite des interstratifiés

s'enrichit en  $Mg^{2+}$  et s'agrade en feuillet chloritique, formant ainsi les interstratifiés smectite/illite/chlorite ou illite/smectite/chlorite. Le feuillet de smectite à son tour s'enrichit en  $K^+$  et s'agrade en feuillet illitique d'où sa transformation en illite/chlorite irrégulier.

- *L'influence de la diagenèse d'enfouissement*

Sous l'effet de la pression et de la température, la diagenèse d'enfouissement assure la compaction et provoque la déshydratation des feuillets smectitiques et vermiculitiques. La proportion de feuillets gonflants diminue avec l'enfouissement. Les minéraux interstratifiés smectite/illite/vermiculite s'agradent d'abord en smectite/illite/chlorite ou en illite/smectite/chlorite, ensuite la diagenèse se poursuivant, la smectite disparaît et ils se transforment en chlorite/illite irrégulier [27, 28]. L'illite/smectite régulier ou rectorite et la chlorite/smectite régulier ou corrensite sont les minéraux ubiquistes qui s'agradent lorsque les solutions interstitielles contiennent suffisamment d'ions  $Mg^{2+}$  et/ou  $K^+$ . Ce sont des structures d'équilibre correspondant à un minimum d'énergie interne [16]. Cependant, selon [29], la formation de la rectorite et de la corrensite proviendrait du réarrangement des feuillets irréguliers des interstratifiés l'illite/smectite et chlorite/smectite sous l'effet de la diagenèse croissante. La glauconite rencontrée, pourrait caractériser un environnement transgressif ou de non dépôt, caractéristique d'un hard-ground [30, 31]. Elle caractérise aussi le milieu marin suboxique à anoxique. L'illite cohabitant avec la glauconite par endroits, pourrait être de la berthiérine, comme l'a montré l'étude [32] dans le Golfe de Guinée.

## V - CONCLUSION

L'analyse des minéraux argileux provenant de sédiments aux interfaces des étages stratigraphiques a fourni des résultats qui ont permis de les proposer comme des alternatives aux marqueurs biostratigraphiques classiques que sont les microfossiles. Ainsi, les minéraux argileux ayant servi de marqueurs stratigraphiques sont généralement dominés par les interstratifiés à trois feuillets. L'exception est faite au toit de l'albien, où la caractérisation de la discordance albo-cénomaniennne est exclusivement définie par les minéraux interstratifiés irréguliers à deux feuillets. La transformation des minéraux interstratifiés à trois (3) feuillets en illite/chlorite s'est effectuée grâce à la diagenèse d'enfouissement et/ou le chimisme du milieu. La kaolinite, sédimentée dans la zone d'étude est de deux types : la kaolinite détritique ou héritée provenant du continent et la kaolinite néoformée ou authigène qui a précipité dans le milieu de dépôt. La glauconite dans les sédiments étudiés se serait formée dans un environnement marin transgressif, suboxique à anoxique.

## RÉFÉRENCES

- [1] - H. MADON et J. KODJO, Recherche de gisement de graviers et de sables de verrerie dans la région d'Abidjan. SODEMI, Rapport n°465, Abidjan, (1979) 40.
- [2] - K. AKA, La sédimentation au quaternaire sur la marge ivoirienne : Essai de modélisation. Thèse Doctorat État ès Sciences Naturelles. Univ. Abidjan, N°146 (1991) 320 p.
- [3] - S. MONDE, Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de Côte d'Ivoire. Aspects (morphologiques) et sédimentologique. Thèse, Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université Abidjan, Côte d'Ivoire, (1997) 175 p.
- [4] - G. LORENZI, D. BOSSIROY, R. DREESEN, Les minéraux argileux au service des corrélations stratigraphiques des formations houillères du carbonifère. Commission des communautés européennes recherche technique charbon. Travaux de recherche réalisés avec l'aide financière de la CECA. *Contrat N° 7220-AF 206, Rapport final*, (1992) 165
- [5] - F. HUBERT, Modélisation des diffractogrammes de minéraux argileux en assemblages complexes dans deux sols de climat tempéré. Implications minéralogique et pédologique. *Thèse Université de Poitiers Terre solide et enveloppe superficielle, Poitier*, (2008) 223 p.
- [6] - M. WOJDYR, A general-purpose peak fitting program. *Institute of High Pressure Physics*. Warsaw, Poland ulica Sokolowska, (2010) 1126 - 1128
- [7] - B. LANSON, Decomposition of experimental X-Ray diffraction patterns (profile fitting) : a convenient way to study clay minerals. *Clays and clays minerals*, 45 (1997) 132 - 146
- [8] - L. CANER, F. HUBERT, Développement actuel dans l'identification et la quantification des minéraux argileux des sols. *Publication, Université de Poitiers, France*, (2012) 249 - 261
- [9] - M. ALAIN, Les argiles. Paris : contemporary Publishing International GB Science Publisher 9, rue du Château d'Eau 75010 Paris-France, (2012) 435 p.
- [10] - B. KÜBLER, B. KÜBLER, Étude de l'Oehningien (Tortonien) du Locle (Neuchâtel, Suisse). Thèse Sei. Neuchâtel et Bull. Soc. Neuchâteloise Sei. Nat., 85, 1962 (1960) 6 - 42
- [11] - J. THOREZ, Pratical identification of clay minarals. Institute of mineralogy. Liège State University, Belgium, (1976) 90
- [12] - G. BROWN et D. M. C. MAC EWAN, X-ray diffraction by structures with random interstratification. in G. W. Brindley «X-ray identification and crystal structures of clay minerals», *Min. Soc., London*, (1951) 266 - 284
- [13] - SALARD-CHEBOLDAEFF. & J. DEJAX, Evidence of Cretaceous to Recent West African intertropical vegetation from continental sediment spore-pollen analysis. *Journal of African Earth Sciences*, 12 (1991) 353 - 361
- [14] - J. MARLEY, The african rainforest, main charasteristic of changes in vegetation and climate from Upper Cretaceous to Quaternary. Paléoenvironnement et palynologie (CNRS/ORSTOM), Université de Montpellier 34095, France. *Proceedings of the Royal society of Edinburgh*, 104 (1996) 31 - 73

- [15] - B. DAMIEN, Paléoécologie et paléoclimats de la molasse du Jura (Oligocène-Miocène) : apport des *Rhinocerotoides* (Mammalia) et des minéraux argileux. Faculté des Sciences de l'Université de Fribourg (Suisse). Thèse, N° 1416 (2003) 330 p.
- [16] - D. GILBERT, Les minéraux argileux dans la diagénèse passage au métamorphisme. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.* 29 320 p. Strasbourg, (1969) 320 p.
- [17] - H. CHAMLEY, Clay sedimentology. *Springer-Verlag*, Berlin, (1989) 623 p.
- [18] - Y. JOHAN, Chronologie des sédiments kaoliniques à faciès wealdien (Barrémien moyen à Albien supérieur ; Bassin de Mons) et de la saprolite polyphasée (Crétacé inférieur et Miocène inférieur) de la Haute-Lesse (Belgique) : implications géodynamiques et paléoclimatiques. *Thèse de doctorat en Terre, océan, espace. Sciences de la terre*. Faculté Polytechnique de Mons (Belgique), (2003) 260
- [19] - F. PLOQUIN, Argiles, traceurs de paléoconditions diagénétiques et hydrothermales. Recherche des évidences minéralogiques et géochimiques de l'hydrothermalisme dans les formations diagénétiques argileuses, gréseuses et carbonatées du Trias du Bassin parisien. Université de Poitiers *UFR Sciences Fondamentales et Appliquées Ecole Doctorale GAY LUSSAC Spécialité Terre solide et enveloppes superficielles*, (2011) 276
- [20] - J. LUCAS, La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation étudiée sur les argiles du Trias. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine. *Université de Strasbourg*, (1962) 202
- [21] - B. MARECHAL, Caractérisation et interprétation de la variation chimique et minéralogique des grès réservoirs. Implication pour la modélisation numérique de la diagenèse minérale des grès du Ravenscar Group (Yorkshire, Royaume-Uni). *Sc de la terre. Ecole nationale supérieur des mines de saint Etienne*. n° d'ordre 232 CD, (2000) 337 p.
- [22] - G. MILLOT, Géologie des argiles. Masson et Cie, Paris, (1964) 499
- [23] - G. LONG et S. NEGLIA, Composition de l'eau interstitielle des argiles et diagenèse des minéraux argileux. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 23 (1968) 53 - 69
- [24] - G. M. GRIFFIN et B. S. PARROTT, Development of clay mineral zones during deltaic migration. *Bull, Amer, Assoc, Petrol. Geol*, 48 (1964) 56 - 69
- [25] - A. MONACO, Évolution de quelques sédiments argileux de la Méditerranée occidentale (entre Carthagène et Mostaganem). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7 (1965) 521 - 529
- [26] - H \*YALÇINA, Ö. BOZKAYAB et M. TAKÇI, Diagenetic history of the rock units of bozkir unit controlled by the triassic rifting, bozkir-konya. *Bull. Min. Res. (Turkey)*, (2016) 63 - 90
- [27] - A. G. KOSSOVSKAIA et V. D. SHUTOV, Facies of regional epi- and metagenesis. *Izvest, Akad, Nauk S. S. S. R., Ser. Geol.*, 28, 7, p.3-18. *Trad. Intern. Geol. Res.*, U.S.A, (1963) 1157 - 1167
- [28] - F. TOURNIER, Mécanisme et contrôle des phénomènes diagénétiques en milieu acide dans les grès de l'Ordovicien glaciaire du bassin de Sbaa, Algérie. Université de Paris sud école doctorale 534 mipege, (2010) 419
- [29] - J. HOWER, Shale diagenesis. In short course in clays and the resource geologist", logstaff F.J.ed., *Miner. Assoc. Canada*, (1981) 60 - 80

- [30] - F. ASSALE, Caractérisation sédimentologique, pétrographique, exoscopique, minéralogique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations de l'est du bassin *onshore* de Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody en Sciences de la Terre. *Spécialité : géologie marine et sédimentologie*, (3201) 244 p.
- [31] - G. ODIN et A. MATTER, Glauconite origine. Département de géologie dynamique, Université Pierre et Marie Curie, 75230 Paris Cedex 05, France and Geologisches Institut, Université Bern, Sahlistrass 6, 3012 Bern, Switzerland, (1981) 122 - 151
- [32] - G. S. ODIN, P. GIRESS, Essai de chronométrie de la glauconitisation dans le golfe de guinée, compléments et remarques. C.r. somm. Seanc. Soc. géol. Fr., 3 (1976) 108 - 111