

STONE-LINES : MARQUEURS DE LA SECONDE PHASE DE LA SÉDIMENTATION TERTIAIRE-QUATERNAIRE A L'EST DU BASSIN SÉDIMENTAIRE «ONSHORE» DE CÔTE D'IVOIRE

**BOGA Atabli Hervé, COULIBALY Aoua Sougo,
ASSALE F.Y.P**

*Université F.H.B, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie-GEOMARS,
Abidjan, Côte d'Ivoire
Correspondance, courriel: bogatherine@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

Les *stone-lines* ont été observés dans les anciennes carrières de Bingerville. Ils sont constitués d'un alignement de blocs anguleux (à angle non vif) de grès ferrugineux grossiers et de *hard-ground* d'argile durcie d'environ 6 à 14 cm de longueur. Ces fragments solides sont disposés de façon désordonnée et ne présentent pas d'orientation préférentielle dans le *stone-line* qui est présent dans la terre de barre de nature sablo-argileuse. La séquence lithostratigraphique des formations Tertiaire-Quaternaire de Bingerville a été structurée au cours de deux phases majeures de sédimentation. La première phase de sédimentation a permis la mise en place des sédiments extraformationnels qui constituent la base de la séquence. Ils comprennent de bas en haut des argiles noires Oligocène; des argiles bariolées Mio-Pliocène intercalées par des grès ferrugineux grossiers; une alternance strato-décroissante de formations Plio-Quaternaire constituées d'argile bariolée, de sable argileux et de grès ferrugineux; des sables à colorations diverses et un banc de grès ferrugineux grossiers Plio-Quaternaire. La dernière phase de sédimentation a guidé la mise en place des sédiments intraformationnels Quaternaire qui terminent la séquence. Ils sont constitués successivement de microconglomérats à ciment de sable argileux, de sables argileux et la terre de barre qui contient le *stone-line*. Les fragments de grès ferrugineux de la *stone-line* proviennent de la désagrégation du banc de grès ferrugineux Plio-Quaternaire.

Mots clés: *stone-line*, terre de barre, grès ferrugineux, séquence sédimentaire Tertiaire-Quaternaire, sédiments formationnels

Abstract

The stone-line, was observed on old quarries from Bingerville. They consist of a row of angular blocks (no sharp corner) of ferruginous sandstone and hard-ground of hardened clay of about 6-14 cm in length. These solid fragments are arranged in a muddled way and do not present preferential orientation in the stone-line which is present in the "terre de barre" sandy-clayey. Lithostratigraphic sequence of Tertiary-Quaternary formations of Bingerville was structured in two major phases of sedimentation. The first phase of sedimentation allowed the setting up of extraformationnals sediments which constitute the basis of the sequence. They include bottom up black Oligocene clays; Mio-Pliocene multicolored clays intercalated by coarse ferruginous sandstone; a decreasing alternation of strata of formations Plio-Quaternaire constituted by multicolored clays, of clayey sand and ferruginous sandstone; sand in various colors and coarse ferruginous sandstone Plio-Quaternary. The last phase of sedimentation allowed the setting up of Quaternary intraformational sediments which end the sequence. They are successively constituted by microconglomerates with cement of clayey sand, by clayey sands and the "terre de barre". Fragments of ferruginous sandstone of the stone-line result from the disintegration of the bench of ferruginous stoneware Plio-Quaternaire.

Keywords: stone-line, ferruginous sandstone, Tertiary-Quaternary sedimentary sequence, formationnals sediment

INTRODUCTION

Les bassins sédimentaires présentent un intérêt socio-économique et scientifique important. Ils renferment les ressources hydro-énergétiques, des substrats sédimentaires utiles à la fabrication de biens de consommation et d'un point de vue scientifique permettent la reconstitution paléoenvironnementale. L'Est du bassin sédimentaire onshore de Côte d'Ivoire a fait l'objet de plusieurs études qui portent sur la lithostratigraphie (AFFIAN, 1986; DIGBEHI, 1987; SAAIDI, 1991; DIGBEHI et al., 2001; YACE, 2002; AKOBE, 2010; DIGBEHI et al., 2011); et particulièrement sur les *stone-lines* à Bingerville (ASSALE, 2013). Toutefois l'origine des sédiments pourvoyeurs du stone-line, ainsi que le mécanisme de mise en place de la séquence Crétacée-Quaternaire doivent être mieux cernée.

La présente note porte sur le processus de mise en place du *stone-line* dans la séquence Crétacée-Quaternaire de Bingerville. Elle permettra de préciser les sources pourvoyeurs du *stone-line* dont le processus de mise en place sera déterminé. En outre, la composition

minéralogique du ciment ferrugineux des fragments de grès du *stone-line* sera déterminée au microscope électronique à balayage (MEB).

MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude constituée d'anciennes carrières situées entre 5°21'45" et 5°21'41" de latitude Nord et 3°54'44" et 3°54'33" de longitude Ouest, est localisée à Bingerville. Bingerville est située dans la région des lagunes au Sud de la Côte d'Ivoire. D'une superficie de 664 Km², elle est distante d'environ 15 Km d'Abidjan.

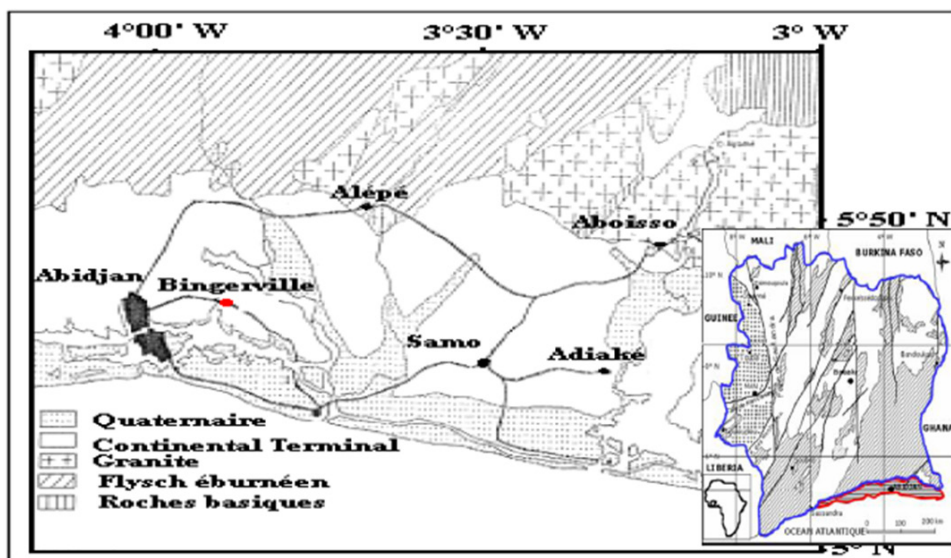


Figure 1: Région de Bingerville (ASSALE, 2013)

Les échantillons de grès ferrugineux ont été récoltés à l'aide d'un burin, d'un marteau et d'une masse. Des lames minces microscopiques ont été confectionnées. Les photos de ces lames minces ont été prises à l'aide d'un microscope polarisant OPTIKA munie d'un ensemble caméra-appareil photo Canon DS126311. Un microscope électronique à balayage (MEB FEG SURPRA 40 VP Zeiss) a été utilisé pour déterminer la minéralogie du ciment ferrugineux des grès des *stone-lines*. Une analyse corrélative pétrographique par la description macroscopique et microscopique des différentes morphologies de grès a permis de déterminer les niveaux de sédiments pourvoyeurs du *stone-line*.

RESULTATS ET DISCUSSION

3-1. Analyse macroscopique des grès ferrugineux

Les fragments de stone-line sont constitués de grès ferrugineux grossiers et moyens. Les particules solides sont essentiellement du quartz cimentés par de l'oxyde de fer. Ils ont une texture granulaire variable. Les éléments quartz eux sont de taille dans ces grès: ce sont des grès hétérogranulaires. De couleur gris fer, ils sont plus oxydés et présentent des granulométries différentes allant des blocs aux graviers. Ces fragments de grès ne comportent pas de carbonate car le test au HCl est négatif. Ce sont des fragments de grès anguleux à subanguleux à angles légèrement usés et non vifs (planche I).



Planche I: Stone-lines de Bingerville (A: niveau de stone-lines; B et C: blocs subanguleux de grès ferrugineux)

Les formes subanguleuses à anguleuse (angle non vif) des blocs de grès ferrugineux constituant le *stone-line* traduisent un court transport des fragments de grès proche de la source

pourvoyeuse. La séquence lithostratigraphique Crétacée-Quaternaire des formations sédimentaires à Bingerville comprend des grès ferrugineux de granulométrie différente (figure 2).

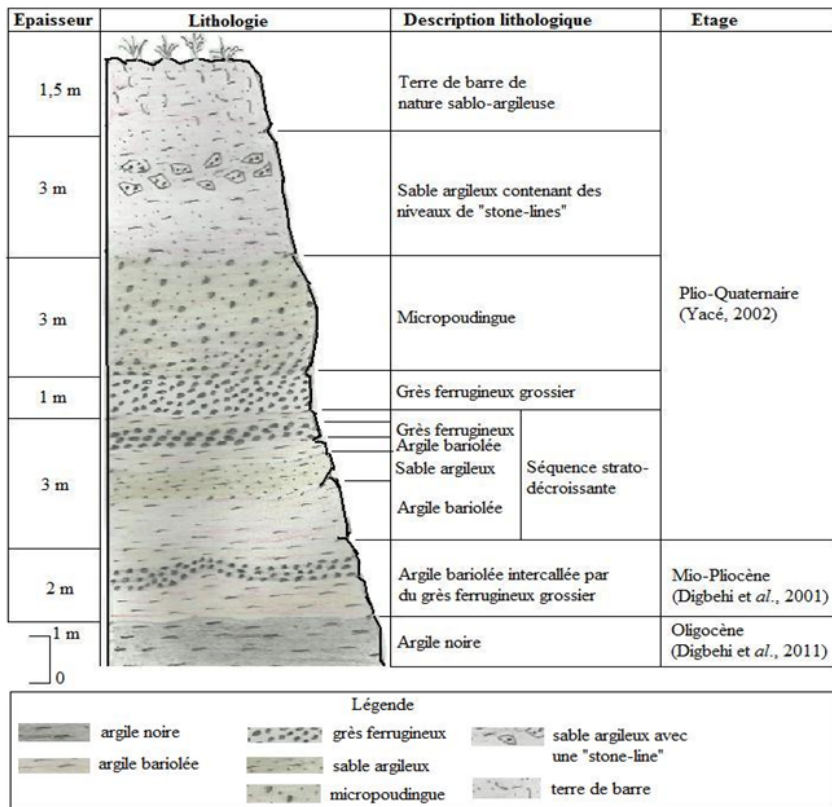


Figure 2 : Séquence lithostratigraphique Crétacée-Quaternaire de Bingerville

3-2. Analyse microscopique

3-2-1. Description microscopique des blocs de grès ferrugineux

La description des lames minces des blocs de grès ferrugineux des *stone-lines* donne les résultats suivants (photo 1) :

- minéralogie : le quartz est le minéral essentiel. Il se présente en cristaux xénomorphes monocristallins très craquelés à aspect polycristallin. Ces cristaux présentent des surfaces très chagrinées et contiennent des inclusions pour certains,
- extinction: uniforme dans l'ensemble, mais ondulante pour quelques rares cristaux,
- taille des grains: grains grossiers à très grossiers et des grains moyens, granoclassement: absent,

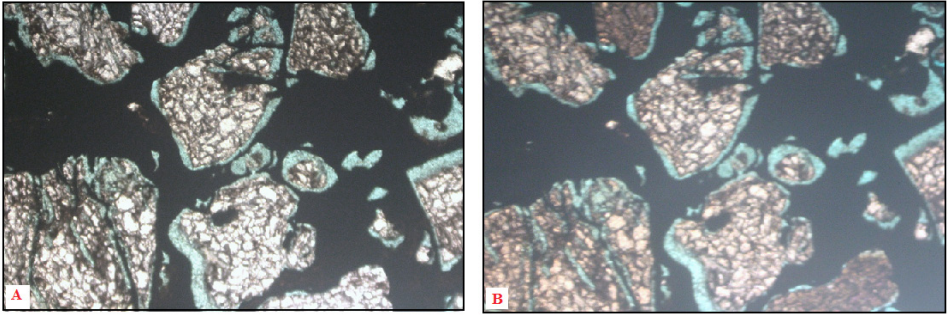


Photo 1: Lames minces de grès ferrugineux des *stone-lines* / Gx40 (A: quartz wake grossier en lumière polarisée analysée; B: quartz wake grossier en lumière polarisée non analysée)

- ciment: ferrugineux,
- type de porosité: porosité moyenne avec des pores intergranulaires remplis par la matrice,
- framework: 70%
- sorting: mal classé, les grains grossiers ne sont pas jointifs,
- structure: empâtée, les grains grossiers sont ampâtés dans la matrice ferrugineuse,
- sphéricité: élevé, variant entre 0,7 et 0,9 selon la charte visuelle de Krumbein (1936),
- arrondi des grains: les grains grossiers sont subarrondis avec une faible proportion de subanguleux et quelques rares grains d'arrondi,
- maturité minéralogique: grès stable,
- maturité texturale: immature
- type de grès: quartz wackes à ciment ferrugineux.

L'analyse en lumière polarisée des grès ferrugineux du *stone-line* montre qu'il s'agit de grès ferrugineux grossiers.

3-2-2. Description microscopique des bancs de grès ferrugineux grossiers

L'analyse des lames minces des grès ferrugineux grossiers montre que (photo 2) :

- minéralogie: ce sont des quartz xénomorphes et monocristallins. On y trouve de rares grains de types polycristallins. La plupart des grains présentent des craquelures dues aux chocs lors du transport. Ces craquelures sont remplies par le ciment. Certains quartz présentent des inclusions,

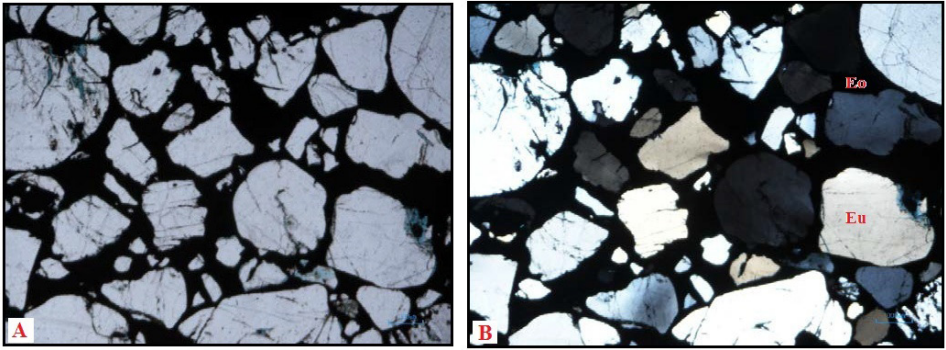


Photo 2 : Lames minces des grès ferrugineux grossiers (Gx40). A: quartz wake grossier en lumière polarisée analysée; B: quartz wake grossier en lumière polarisée non analysée (ASSALE, 2013)

- extinction: uniforme et ondulante,
- taille des grains: on distingue les grès grossiers à très grossiers, les grès moyens et les grès fins,
- granoclassement: absent,
- ciment: ferrugineux (hématite) atteignant un pourcentage de 30% dans la matrice,
- type de porosité: très peu poreux avec des porosités intergranulaires (primaires) et intragranulaires (secondaires). Les pores intragranulaires et quelques pores intergranulaires sont remplis par la résine et/ou le ciment,
- framework: 70 %,
- sorting: les grès grossiers à très grossiers ont un classement modéré alors que les grès fins à moyens sont bien classés,
- sphéricité: élevée,
- arrondi des grains: les grès grossiers sont sub-anguleux à subarrondis et les grès fins à moyens subarrondis à arrondis,
- maturité minéralogique: grès stable,
- maturité texturale: grès immature,
- types de grès: quartz wackes à ciment hématitique.

3-3. Origine des éléments figurés des *stone-lines*

Les fragments des *stone-lines* sont des grès ferrugineux grossiers. Ils sont constitués pour l'essentiel de quartz xénomorphes de type monocristallin. Ce sont des quartz wackes tout comme l'ensemble des grès ferrugineux présents dans les sédiments sous-jacents du profil sédimentaire de Bingerville. Les blocs de grès ferrugineux qui alimentent le *stone-line* à Bingerville proviennent donc des bancs de grès ferrugineux grossiers à très grossiers sous jacents. Les grains de quartz des grès ferrugineux dans le *stone-line* sont très déformés avec des surfaces chagrinées et sont très fracturés par rapport aux grains

de quartz des bancs de grès ferrugineux. En outre, les fragments de grès ferrugineux sont disposés de façon quelconque dans le *stone-line*, ils ne sont pas orientés dans le sens de l'orientation générale des formations sédimentaires sous jacentes. Les blocs de grès ferrugineux et les bancs de grès ferrugineux n'ont donc pas pu être déposés durant la même phase de sédimentation. Les blocs de grès ferrugineux du *stone-line* proviennent plutôt de la fragmentation des grès ferrugineux grossiers après le dépôt de ces derniers.

3-4. Mise en place du *stone-line* dans les profils de sédiments actuels

La mise en place du *stone-line* tient compte de la théorie de l'inversion de matériaux au cours de l'évolution des reliefs (SEGALIN, 1967; COLLINET, 1969 ; RIQUIER, 1969), selon une approche géomorphologique. Sur les versants d'un paléorelief plus accidenté que l'actuel, s'est produit une inversion de matériaux sous l'effet des phénomènes d'érosion. Le front de cette érosion s'est créé sur la couche de sédiment pourvoyeur du *stone-line*. Ces sédiments constituaient des sommets de paléoreliefs à pente plus relevée. Le front de l'érosion va progresser vers l'amont du bassin et provoquer le déchaussement de la couronne du paléorelief. Le versant va reculer, entraînant le déséquilibre des couches de sédiment pourvoyeur. Les sédiments déséquilibrés ou fragmentés vont descendre la paléopente selon le principe de la chronologie inverse. Pendant ce temps, le versant recule et la paléopente diminue jusqu'à atteindre son équilibre qui marque la fin de l'érosion. Le modelé actuel des paysages ainsi que la disposition des sédiments de fin de séquence dans les profils actuels à *stone-line* résultent d'une réorganisation à partir d'un certain niveau des paléosédiments après leur dépôt sous l'effet de l'érosion.

Les sédiments gréseux pourvoyeurs de *stone-line* à Bingerville ne peuvent être que les grès ferrugineux grossiers Quaternaire. Les paléosédiments sus-jacents qui reposaient sur les grès étaient certainement constitués d'argiles sableuses et/ou de sables argileux intercalés par des niveaux de *hard-ground*. Ce qui explique la présence de blocs de *hard-ground* dans le *stone-line*. Ces sédiments constituaient la couronne d'un paléorelief à pente plus relevé. Les grès ont été altérés puis érodés en partie; d'où la présence des bancs de grès ferrugineux dans le profil actuel des formations sédimentaires de Bingerville. Le front d'érosion s'est créé à partir du grès ferrugineux Quaternaire, puis a progressé vers l'amont. Ces sédiments ont subi un court transport par un paléocourant fluvial dans un mécanisme d'inversion de matériaux le long des versants des paléoreliefs. En effet, les arêtes relativement usées des fragments subanguleux des grès ferrugineux

et de *hard-ground* du stone-line témoignent en faveur d'un transport relativement court. Durant ce processus, une partie de la portion du banc de grès quaternaire transporté à été fragmentée en différents blocs ayant servi à alimenter le *stone-line* et une autre partie a été arénisée. Les sables gravillonnaires ou conglomérats observés dans la lithostratigraphie actuelle de Bingerville (figure 2) proviendraient de l'arénisation des grès Quaternaire intervenue durant cette dernière phase de sédimentation qui a vu la mise en place du *stone-line*.

3-5. Environnement de dépôt du *stone-line*

La composition chimique du ciment ferrugineux des grès du *stone-line* a été faite suite à l'analyse qualitative et quantitative de lame mince au MEB. Trois (3) phases ont été mises en évidence dans ces grès (planche II): la phase ferrugineuse (blanche), la phase quartzeuse (grise) et la phase poreuse (noir). L'analyse qualitative a donné le spectre de la composition chimique élémentaire pour chacune des phases (figure 3). Dans la phase ferrugineuse (planche II), les éléments chimiques identifiés sont par ordre d'abondance décroissante le fer (FeO), le dysprosium (Dy_2O_3), le carbone (CO_2), le silicium (SiO_2) et l'aluminium (Al_2O_3). Le silicium, le fer et le carbone sont présents dans la phase quartzeuse (planche II); tandis que dans la phase poreuse (planche II), le carbone et le fer sont abondants alors que le silicium y est faible.

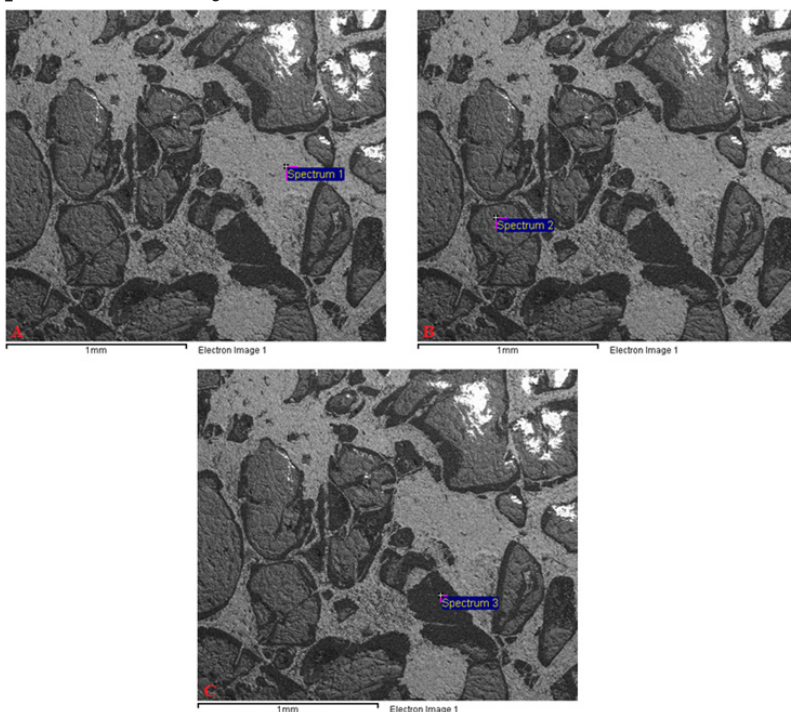


Planche II: Zones d'analyse au MEB du grès ferrugineux du *stone-line*. A: phase ferrugineuse; B: phase quartzeuse; C: phase poreuse

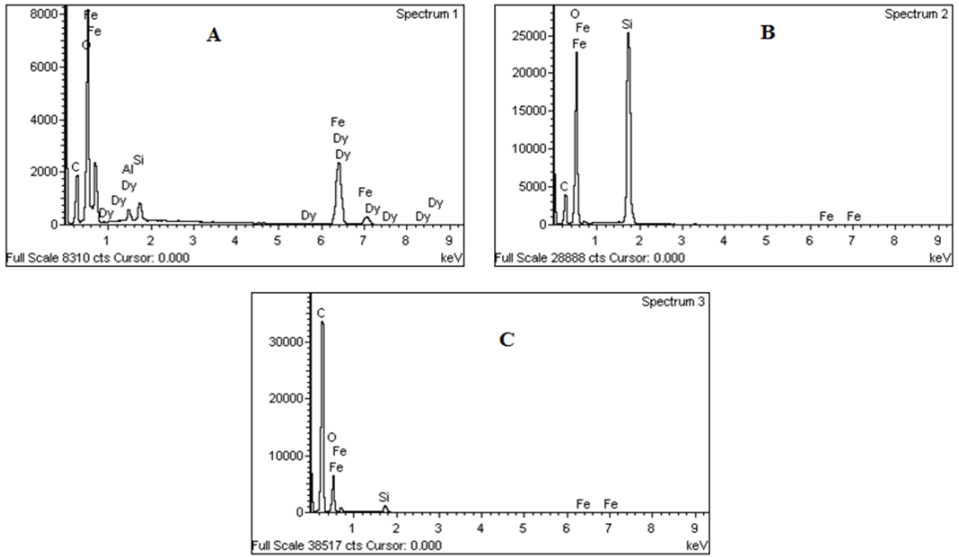


Figure 2 : Spectres de la composition chimique élémentaire. A: phase ferreuse; B: phase quartzeuse; C: phase poreuse

L'analyse quantitative a permis de déterminer les proportions de ces éléments en oxydes (tableau). Dans l'analyse qualitative au MEB, l'élément carbone (C) pour les carbonates tout comme l'élément oxygène (O) est détectable avec un spectromètre à énergie dispersive (REED, 2010).

Tableau : Minéralogie semi-quantitative des phases du grès de *stone-line* en Oxydes (%)

	CO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	Dy ₂ O ₃
Phase ferrugineux	69,46	1,57	2,69	25,11	1,17
Phase quartzeuse	69,70	0	29,95	0,35	0
Phase poreuse	99,41	0	0,48	0,11	0

La composition en oxydes de la phase ferrugineuse des grès de *stone-line* suggère la présence de deux minéraux dans cette phase: un minerai de fer carbonaté, la sidérite (FeCO₃) pauvre en fer (-30%); ainsi que la kaolinite (Si₄Al₄O₁₀OH₈) qui est très abondante dans la région de Bingerville. La présence d'une terre rare lourde comme le dysprosium (Dy) s'explique par son association avec la kaolinite grâce au pouvoir adsorbant des argiles. Cela montre la présence d'argile à terre rare à Bingerville. La présence d'oxydes dans les phases quartzeuse et poreuse prouve que les grès ferrugineux dans le *stone-line* sont très oxydés traduisant ainsi le caractère oxydant du milieu lors de la sédimentation des *stone-lines*.

3.6 Discussion

Les *stone-lines* de grès ferrugineux observés à Bingerville proviennent de la désagrégation des bancs de grès ferrugineux présents dans les niveaux sous-jacents dans la séquence des sédiments de cette région. Cette affirmation est en conformité avec les travaux antérieurs dans la région (ASSALE, 2013). Des bancs de grès ferrugineux d'âges différents sont présents dans les niveaux de sédiments sous-jacents de la séquence de Bingerville. Les grès ferrugineux Mio-Pliocène sont surmontés par des grès ferrugineux Plio-Quaternaire. Ainsi, le front d'érosion qui a provoqué la dislocation du grès ferrugineux pourvoyeur de *stone-line* n'a pu que commencer sur le banc de grès Plio-Quaternaire; autrement, ce dernier n'existerait pas dans la séquence actuelle des sédiments de Bingerville.

Aussi, tous les sédiments au voisinage immédiat des *stone-lines* sont des sédiments remaniés (SEGALEN, 1967; COLLINET, RIQUIER, 1969). Ces sédiments ayant la même histoire que le *stone-line* sont des formations sédimentaires intraformationnelles. Elles sont issues de l'altération des formations sédimentaires déposées antérieurement dans le bassin sédimentaire; lesquelles sont des formations extraformationnelles qui résultent de l'altération des formations magmatiques du socle précambrien. Les orthopoudingues oligomictiques surmontés par le *stone-line* à Bingerville sont plutôt des formations intraformationnelles contrairement à ce qui a été dit dans les travaux antérieurs (ASSALE, 2013).

CONCLUSION

Les formations dans l'Est du bassin sédimentaire *onshore* de Côte d'Ivoire ont été déposées au cours de deux phases majeures de sédimentation. La première phase a permis la mise en place des formations sédimentaires extraformationnelles issues de l'altération des formations magmatiques du socle précambrien. La seconde phase de cette sédimentation a permis le dépôt des formations intraformationnelles qui résultent de l'altération des formations sédimentaires préalablement déposées. Dans la région de Bingerville, le front d'érosion de cette seconde phase de sédimentation a débuté sur les niveaux de grès ferrugineux Plio-Quaternaire. Cette érosion a progressé vers l'amont le long d'une paléopente d'un relief plus relevé provoquant ainsi la dislocation des paléosédiments sus-jacents. La topographie actuelle dans l'Est du bassin sédimentaire *onshore* résulte donc de la remobilisation des sédiments de la paléotopographie. Ce processus est à l'origine de la mise en place des *stone-lines*

ainsi que des sédiments dans les niveaux superficiels de la séquence sédimentaire de Bingerville. Il s'est déroulé dans un milieu oxydant et a entraîné la minéralisation par la présence de minerais de fer comme la sidérite et de certains éléments de terre rare comme le dysprosium.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFIAN K., (1986). Incidence réciproque des structures océanique et continentale sur l'évolution des bassins Ouest-africains (Golfe de Guinée et Côte d'Ivoire méridionale). Thèse Doctorat 3^{ème} cycle. Univ. Bordeaux 1, n°21671, 259 p.
- AKOBE A.C. (2010). Caractérisation des grès de la Côte d'Ivoire et du Ghana (Golfe de Guinée): environnement de dépôt, maturité et potentialité énergétique (réservoirs à hydrocarbure) Thèse Doctorat, Univ. Cocody Abidjan, 166p.
- ASSALÉ F.Y.P. (2013). Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Univ. F.H.B., Abidjan, 441p.
- COLLINET J. (1969). Contribution à l'étude des stone-lines dans la région du Moyen-Ogooué (Gabon). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VII, n°1, pp 4-42.
- DIGBEHI Z.B. (1987). Etude comparée de la sédimentation de premier stade d'ouverture de l'Atlantique : Golfe de Guinée – Golfe de Gascogne (sédimentologie-biostratigraphie). Thèse Doctorat, Univ. de Pau et des pays de l'Adour, 296 p.
- DIGBEHI Z.B.; AFFIAN K.; MONDE S.; POTHIN K. et AKA K. (2001). Analyse sédimentologique de quelques faciès du "Continental terminal" de la région de Bingerville, environ d'Abidjan. Bioterre. Rev. Inter. Sc. de la vie et de la terre. Vol. 2, n°1, pp. 71-84.
- DIGBEHI Z.B., DOUKOURÉ M., TÉA Y.J., YAO K.R., YAO N. J-P., KANGAH K.D. & TAHI I. (2011). Palynostratigraphy and palaeoenvironmental characterization and evidence of Oligocene in the terrestrial sedimentary basin, Bingerville area, Southern Côte d'Ivoire, Northern Gulf of Guinea. African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 5 (10).
- KRUMBEIN W.C. (1936). The use of quartile measures in describing and comparing sediments. Ann. Journ. Sciences. T. 32, pp. 98-111.
- REED S.J.B., (2010). Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology. Books, 2nd Edit. Cambridge University Press, Cambridge, 212p.
- RIQUIER J. (1969). Contribution à l'étude des stone-lines en régions tropicale et équatoriale. Cah. ORSTOM, sér.Pédol., vol. VII, n°1, pp 72-110.
- SAAIDI E. (1991). Traité de sédimentologie. Pétrographie, environnements sédimentaires. Edition Ellipses, 393p.
- SEGALÉN P. (1967). Le remaniement des sols et la mise en place de la stone-line en Afrique. Orstom, réunion annuelle des pédologues, Bondy. 22p.
- YACE I. (2002). Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. Edit. CEDA, 183p.