

ÉTUDE COMPARATIVE DES CARACTÈRES PETRO-SÉDIMENTAIRES DES GRÈS DU BASSIN SÉDIMENTAIRE DE CÔTE D'IVOIRE

Apie Colette AKOBE*, Etche Mireille AMANI, Mamadou TOURE, Sylvain MONDE, Kouamé AKA et Kouadio AFFIAN

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

* Correspondance, e-mail : colette.akobe@hotmail.com

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est de caractériser les grès dans le bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire. Des échantillons macroscopiques de ces formations gréseuses sont prélevés dans le bassin *onshore* (à Bingerville, Samo, Alépé, Fresco) et dans le bassin *offshore* (tout le long du plateau continental et dans la marge d'Abidjan). Ils ont été analysés par des études pétrographiques et sédimentologiques. Les analyses minéralogiques tant du point de vue macroscopique que microscopique révèlent que les bancs de grès et les *beach-rocks* sont constitués d'une prépondérance en quartz. Les grès du bassin sédimentaire *onshore*, sont constitués d'une proportion importante en feldspath. Ce sont des arénites arkosiques à ciment ferrugineux. Ces grès sont formés de sables d'origine continentale, issus d'un transport fluvio-lagunaire de courte durée. Dans le bassin *offshore*, les *beach-rocks* du plateau continental contiennent une faible proportion de feldspath. Il s'agit de grès quartzeux à ciment ferrugineux, parfois carbonatés. Ils sont constitués de matériaux terrigènes charriés par les cours d'eau au cours d'un long transport. Les bancs de grès du Crétacé sont des arénites arkosiques et lithiques à ciment calcaire et argilo-calcaire parfois pyriteux (par endroits). Ils proviennent de matériaux terrigènes et marins (éléments allochimiques) transportés par un mode fluvial respectivement au cours d'un transport de longue et courte durée. Les grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire ont subi une diagenèse avancée traduite par la substitution du ciment, la recristallisation des grains de quartz monocristallins en grains polycristallins. Ils sont par conséquent tous matures, parsemés de cavités et poreux.

Mots-clés : *caractères pétro-sédimentaires, grès, bassin sédimentaire, Côte d'Ivoire.*

ABSTRACT

Comparative study of the characters petro-sedimentary of the sandstone of Côte d'Ivoire's sedimentary basin

The main objective of this study is to characterize sandstones in sedimentary basin of Côte d'Ivoire. Macroscopic samples of their sandstones are collected in the onshore basin (from Bingerville, Alépé, Samo, and Fresco) and offshore basin (in continental shelf and margin of Abidjan). These samples are analysed by petrographic and sédimentologic studies. Both macroscopic and microscopic analyses show high proportion of quartz in their mineralogical composition. The sandstones of onshore basin are classified as arkoses with ferruginous cement due to the high feldspar contain. These sandstones are resulting from continental detritic sands sent by rivers and lagoons. These Sandstones have undergone a short transport. In the offshore sedimentary, the beach-rocks of continental shelf are constituted of low proportion of feldspar. Those concern sandstones with ferruginous cement often carbonated. They are constituted of terrigenous materials carried by water streams. These sandstones, transported over a long distance. The cretacean sandstones are arkoses and lithic arenites with calcareous cement. The consolidated sediments are terrigenous and marine origin. These sediments are transported by a fluviate mode. The sediments of marine origin have been transported for a short time while the terrigenous have a long transport. The substitution in some of the sandstones and the recrystallization of quartz grains on polycrystalline grains indicate an advanced diagenesis. All these sandstones of Côte d'Ivoire's sedimentary basin are therefore matures and contain cavities which infer them their porosity.

Keywords : *petrography, sedimentology, sandstone, sedimentary basin, Côte d'Ivoire.*

I - INTRODUCTION

Les grès, roches sédimentaires détritiques formées de sédiments sableux consolidés par des ciments variables (ferrugineux, carbonaté, etc) sont des formations géologiques caractéristiques des bassins sédimentaires. Ils se forment aussi bien dans le bassin sédimentaire *onshore* que dans le bassin *offshore*. Dans le bassin sédimentaire du Nord-Est du Brésil, ils se présentent sous forme de barres parallèles [1]. Ces barres de grès représentent les formations les plus caractéristiques des unités lithologiques des bassins sédimentaires ouest africains (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Mali, etc.). En Côte d'Ivoire, les grès constituent l'une des principales formations du

Continental Terminal disposés en bancs dans le bassin sédimentaire côtier émergé (*onshore*) à Bingerville [2], Samo, Alepé, Fresco [3], etc. Dans le bassin sédimentaire profond immergé (*offshore*) ivoirien, les grès se répartissent du plateau continental jusqu'à la plaine abyssale en passant par le talus. Ces unités lithologiques renferment des grès d'âges quaternaire et crétacé. Les grès quaternaires du plateau continental sont des cordons littoraux fossiles ou d'anciennes plages consolidées, disposés en barres parallèles appelées *beach-rocks* [4 - 8]. Les grès ainsi répartis dans tout le bassin sédimentaire ivoirien, présentent des intérêts d'ordre économique. Notamment les grès d'âge crétacé du bassin *offshore* sont généralement des roche-réservoirs d'hydrocarbure alors que ceux du bassin *onshore*, sont souvent utilisés comme des matériaux d'empierrement et de construction [9]. Dans l'optique de valoriser l'intérêt économique des formations gréseuses, il est important d'étudier leur caractères pétro-sédimentaires qui semblent peu connus. Ainsi Ils ont été l'objet de plusieurs études pétro-sédimentaires [3, 10, 11]. Cependant la synthèse de leurs caractères pétro-sédimentaires dans tout le bassin sédimentaire ivoirien restent indéfinies pour mieux les appréhender. C'est à ce juste titre que cette présente étude est menée dans l'objectif d'établir une comparaison (récapitulative) des caractères pétrographiques et sédimentologiques entre les grès du bassin sédimentaire *onshore* et ceux du bassin sédimentaire *offshore*. Elle permettra de : *i*) proposer une classification pétrographique des grès du bassin sédimentaire ivoirien ; *ii*) connaître leur origine, mode et durée du transport ainsi que leur environnement de dépôt et leur maturité tout en relevant leurs similitudes et divergences.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Matériel

Le matériel principal utilisé dans cette étude est constitué d'échantillons macroscopiques de grès. Ces échantillons ont été confectionnés en lames minces pour les analyses microscopiques au microscope polarisant. Ayant fait l'objet de cette étude, Les échantillons macroscopiques de ces formations gréseuses ont été prélevés sur différents sites du bassin sédimentaire (*offshore* et *onshore*) ivoirien. Les échantillons des barres de grès du bassin *onshore* ont été prélevés dans le Continental Terminal Mio-pliocène à Bingerville, Alépé, Samo et Fresco (**Figure 1**). Ceux du bassin *offshore* proviennent des *beach-rocks* quaternaires prélevés tout le long du plateau continental ivoirien (**Figure 2**) et des grès crétacés de la marge d'Abidjan (zone est, aux larges Abidjan-Adiaké) (**Figure 3**).

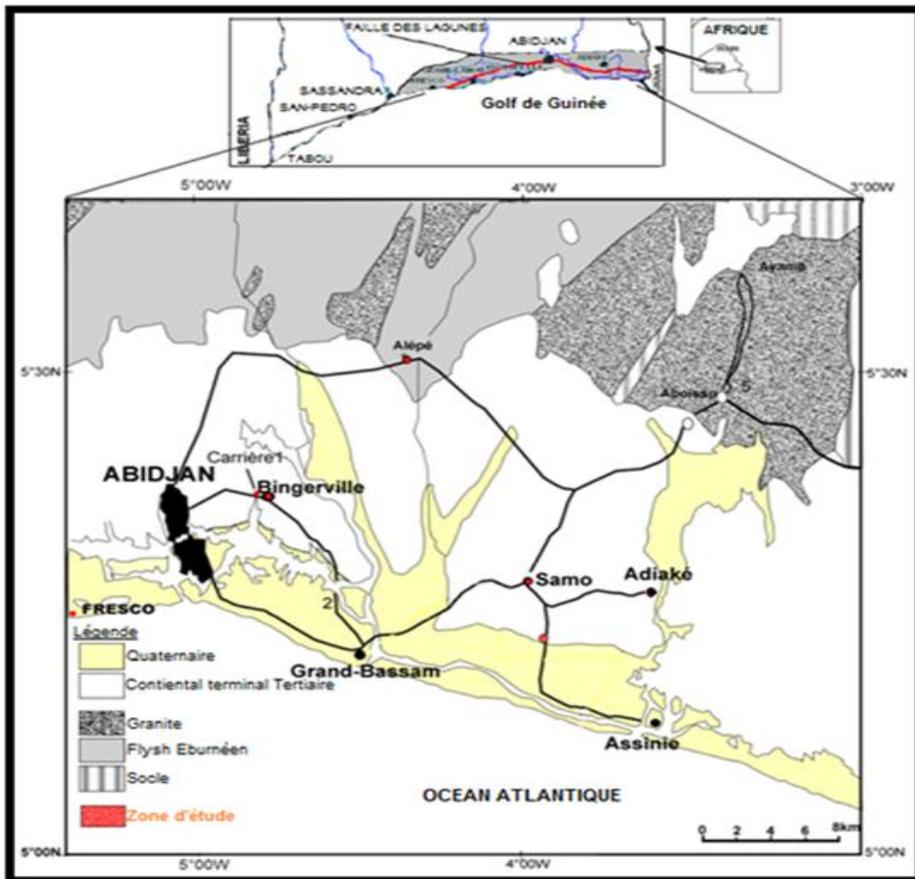


Figure 1 : Sites de prélèvements des grès dans le bassin sédimentaire onshore

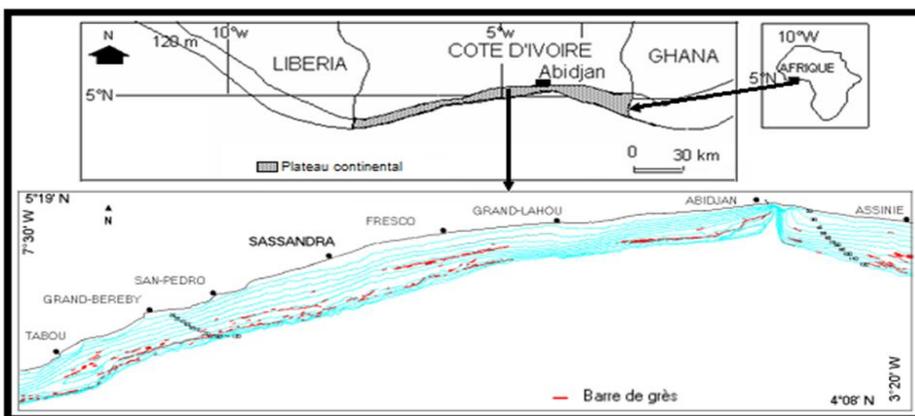


Figure 2 : Localisation des barres de grès sur le plateau continental de Côte d'Ivoire

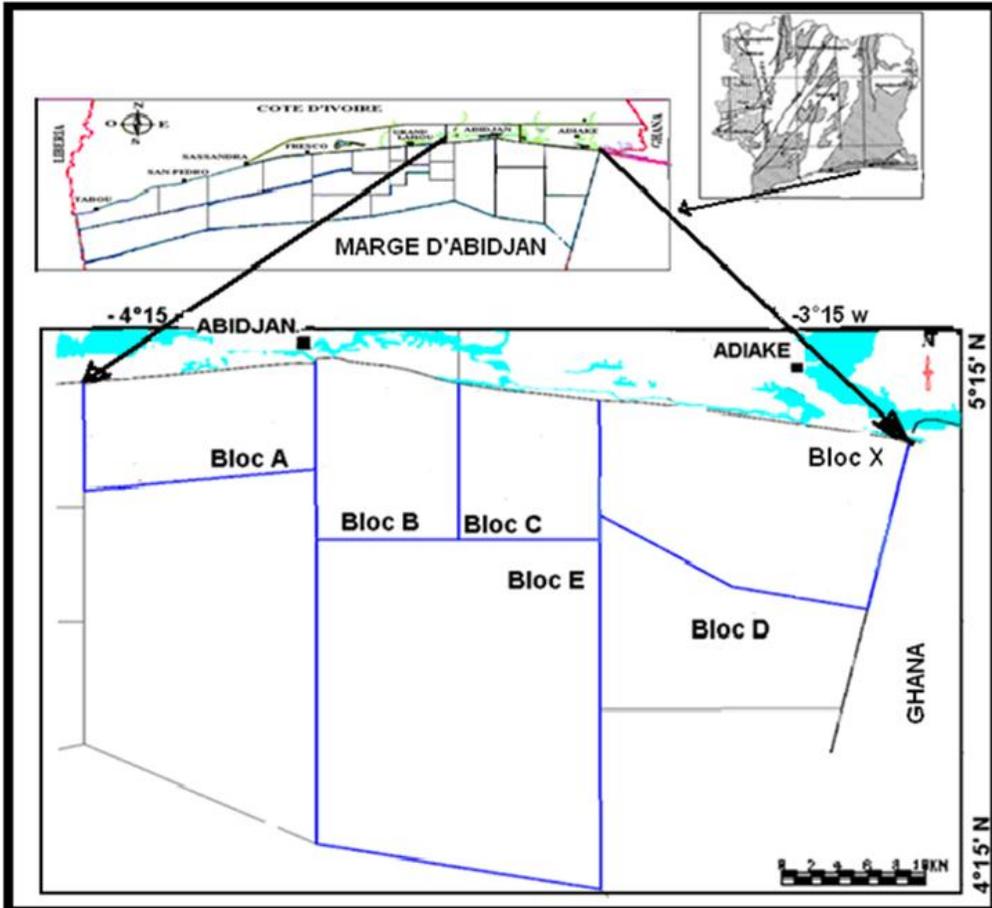


Figure 3 : Localisation de la zone est de la Marge d'Abidjan du bassin offshore (Abidjan-Adiaké)

II-2. Méthodes

II-2-1. Analyse macroscopique des grès

L'étude macroscopique se fait par l'observation et la reconnaissance des éléments constitutifs de la roche à l'œil nu (*Tableau 1*). Les critères de reconnaissance de la roche à étudier sont l'aspect, la couleur, la texture, la composition minéralogique, la classification et le test à l'acide chlorhydrique (HCl). A l'issue de cette étude un nom est attribué à la roche. Toutefois, pour caractériser les grès, il faut vérifier si les éléments constitutifs sont des détritiques de taille comprise entre 63 μm et 2 mm afin d'apprécier leurs paramètres sédimentologiques. Cette approche nécessite une observation microscopique. Ce présent travail est une étude à la fois descriptive, analytique et génétique.

Tableau 1 : Fiche descriptive macroscopique de grès

Critères d'identification	Description
Aspect	Consolidé, meuble
Texture	Granulaire, isogranulaire, hétérogranulaire, macro ou microgranulaire
Couleur	Sombre, grise, vert, rouge sombre, etc.
Composition minéralogique	Les différents minéraux observés
Ciment	Calcaire, ferrugineux, glauconieux, bitumineux...
Réaction à l'HCl	Présence d'effervescence ou non (Positive ou négative)
Famille	Exogène
Groupe	Sédimentaire détritique, d'origine biochimique
Classe	Arénite
Structures sédimentaires	lamination, bioturbation, etc.

II-2-2. Étude microscopique

Le but de l'observation au microscope de la roche n'est pas simplement la description des caractères pétrographiques (composition minéralogique et la classification). C'est aussi l'analyse des caractères sédimentologiques des constituants des grès (**Tableau 2**). Ce procédé permet de connaître l'origine, l'environnement de dépôt du sédiment, le mode et la durée du transport des particules. L'étude microscopique donne une idée sur l'évolution diagénétique et sur la maturité des grès. Les classifications des grès utilisées dans le cadre de cette étude sont : *i*) la classification de [12] qui intègre la terminologie des différents types de grès la nature du ciment et des minéraux exceptionnels ; *ii*) la classification de [13] et de [14] (**Figure 4**) qui utilisent un diagramme ternaire dont les sommets correspondent aux proportions en quartz, en feldspath et en lithite du sédiment.

Tableau 2 : Fiche descriptive des caractères pétro-sédimentaires des grès

Pétrographie	Nature des constituants	Grains détritiques sableux, espèces minérales, ciment, cavités, bioclaste, pellet, fragments de roche
	Composition minéralogique	Les différents minéraux dans la roche (quartz, feldspath, mica, etc.
	Nature du ciment	Ferrugineux, calcaire, bitumineux, argileux, etc...
	Classification pétrographique	Quartzarénite, arkose, litharénite, lithic-arkosique Arko-lithiques, etc.
Sédimentologie	Aspect des grains	Consolidé monocristallins, polycristallins, texture réticulée et structure dispersée,
	Taille des grains	Très fins, fins moyens, grossiers et très grossiers
	Forme des grains	Anguleux, subanguleux, subarrondis, arrondis
	Classement	Très bon, bon, modéré et faible
	Ciment	Cristallisé ou non, abondance par rapport à la totalité de la roche, substitution ou non
Synthèse	Interprétation de tous les caractères pétro-sédimentaire en reconstituant l'histoire géologique de la roche (la provenance, l'impact du transport sur les sédiments, le mode et la durée du transport, l'environnement de dépôt, diagenèse et maturité)	

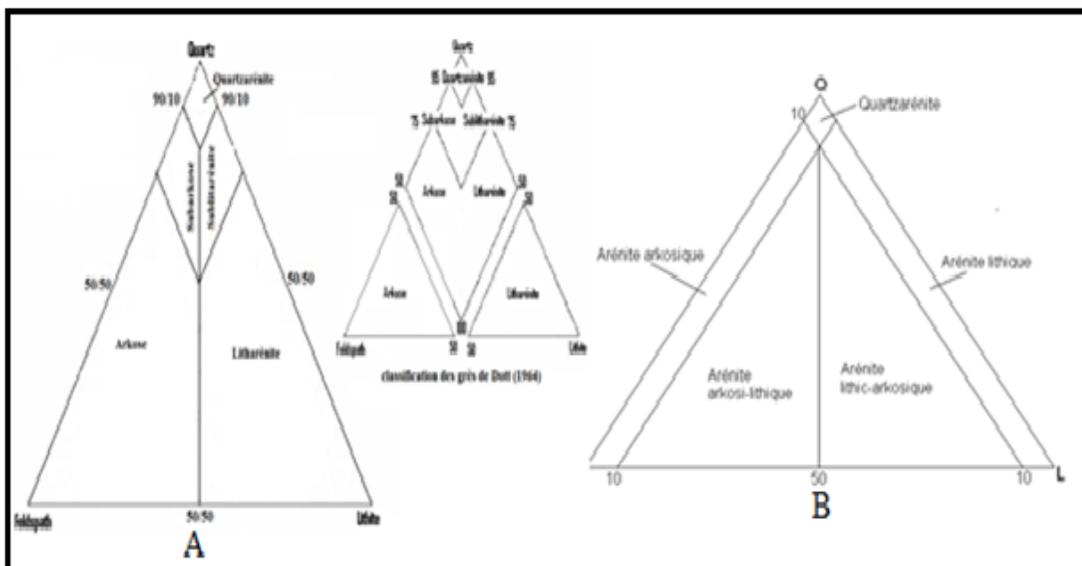


Figure 4 : Classification de [13] : A et de [14] : B

Le degré de maturité des grès est défini par le diagramme ternaire de [15] (**Figure 5**). Ce diagramme triangulaire a pour pôles « grains » (éléments figurés), « ciment » et « matrice ». Le principe est basé sur l'estimation des proportions relatives en pourcentage des grains, du ciment et de la matrice. Les grès sont matures lorsque les éléments figurés prédominent et se placent au pôle « grain » du diagramme. Dans le cas contraire, Ils sont immatures.

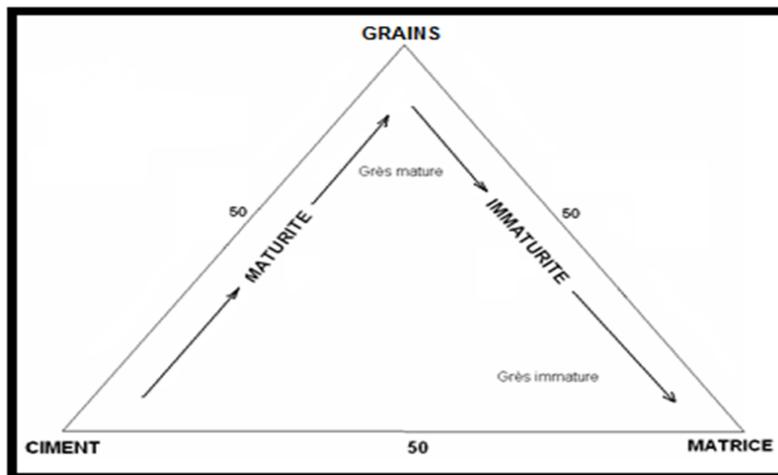


Figure 5 : Diagramme de détermination de la maturité des grès de [15]

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Pétrographie des grès

III-1-1. Nature des constituants des bancs de grès

L'analyse, pétrographique des échantillons macroscopiques et des lames minces, montre que les grès du bassin sédimentaire ivoirien, ont tous les mêmes constituants. Ce sont des détritiques sableux figurés dans un ciment. Ces particules sont essentiellement composées d'espèces minérales. Les grès issus de ces sédiments sableux, sont parsemés de cavités traduisant leur porosité. Les barres de grès du bassin côtier *onshore* sont dépourvues de bioclastes par contre, celles du bassin *offshore* renferment des bioclastes. Ces caractères déterminent la provenance des sédiments constituant les grès.

III-1-2. Minéralogie des constituants

La minéralogie des éléments figurés (**Figures 6, 7 et 8**) est composée d'une abondance de quartz quel que soit leur environnement de dépôt. En plus du

quartz, les grès des bassins *onshore* et *offshore* ivoiriens se composent d'une quantité importante de feldspath. Néanmoins, les *beach-rocks* ou cordons littoraux fossiles sont composés d'une faible proportion de feldspath. La présence en feldspath dans les formations gréseuses est un élément important pour déterminer la durée de transport des sédiments consolidés. En dépit des minéraux de quartz et de feldspath, les grès du bassin *onshore* renferment la muscovite, le pyroxène, l'amphibole, l'opale et l'épidote. Les grès créacés du bassin *offshore* contiennent la calcite, la dolomie, la tourmaline, des micas, la pyrite et la glauconie. La présence de glauconie dans un sédiment traduit son origine marine. Les *beach-rocks* du quaternaire sont constitués d'opale (en inclusion dans le quartz), de muscovite et des fragments de biotite. L'abondance de quartz (de 60 à 80 pc ; 50 à 70 pc) qui détermine les grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire, est un caractère particulier pour les grès en général. Le quartz, inaltérable, est le minéral essentiel des formations gréseuses à cause de sa dureté et de sa résistance au phénomène du transport.

La nature minéralogique du ciment des grès est variable. La cimentation est une étape de la diagenèse qui consiste à consolider les sédiments sableux meubles en grès par la précipitation de minéraux autigènes présents dans le milieu de dépôt. Les bancs de grès du bassin côtier ont un ciment ferrugineux qui résulte de la précipitation de l'oxyde de fer. Les *beach-rocks* du plateau continental ont également un ciment ferrugineux mais on observe par endroits de l'aragonite. Ce minéral s'observe quelque fois autour des cavités et participe par endroits à la substitution du ciment ferrugineux [11]. Cette substitution s'expliquerait par la diagenèse avancée traduisant la maturité des grès. Donc les *beach-rocks* sont à ciment ferrugineux en partie carbonatée. Les formations gréseuses d'âge créacées de la marge d'Abidjan sont généralement issues de la cimentation des sables par la précipitation de la calcite. Ce sont par conséquent des grès à ciment calcaire. Toutefois ils ont un ciment glauconieux, argilo-calcaire, pyriteux et silteux.

Les grès du bassin *onshore* (milieu oxydant), sont ferrugineux pendant que ceux du bassin *offshore* (système marin, milieu réducteur) sont calcaires. [16] montre que sous des conditions réductrices, les oxydes de fer disparaissent partiellement au cours de la diagenèse. Les *beach-rocks* du plateau continental, cordons littoraux fossiles (proches du littoral) ont un ciment ferrugineux en partie carbonatée. Cela traduit une dispersion progressive des minéraux d'oxyde de fer dans le milieu marin qui est un milieu réducteur. En remarque, plus on s'éloigne du bassin *onshore* (continent) ou plus on s'avance en profondeur dans le bassin sédimentaire *offshore* (en mer), plus le ciment des grès devient calcaire. Car le milieu marin devient de plus en plus réducteur et dispersent les oxydes de fer [16]. La pétrographie des *beach-rocks* du plateau continental ivoirien concorde avec celle déterminée par [1] sur la nature sableuse des sédiments à prédominance quartzreuse, la présence de débris d'organisme et sur le ciment calcaire.

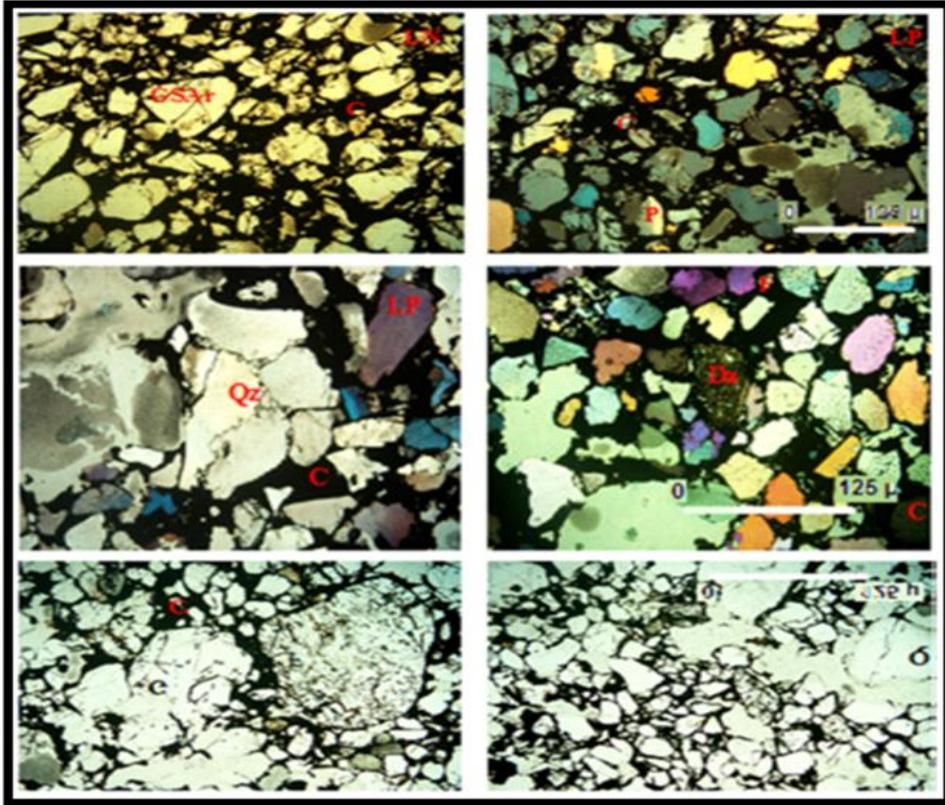


Figure 6 : Microfaciès des grès à grains moyens de Bingerville (G x 20) : Grain subarrondi de quartz (GSAr), Grains anguleux de feldspath (P), Ciment ferrugineux (C). Microfaciès des grès à grains moyens d'Alépé (en LP, G x 20) : grains en contact (direct), imbriqué, substitution du ciment en silice pour former du quartzite (Qz), Ciment ferrugineux (C), damoutirisation du plagioclase (Da : damourite), Feldspath (F). Microfaciès des grès ferrugineux à grains moyens de Samo en lumière polarisée (G x 20) : Grain figuré de Quartz (Q), Ciment (C)

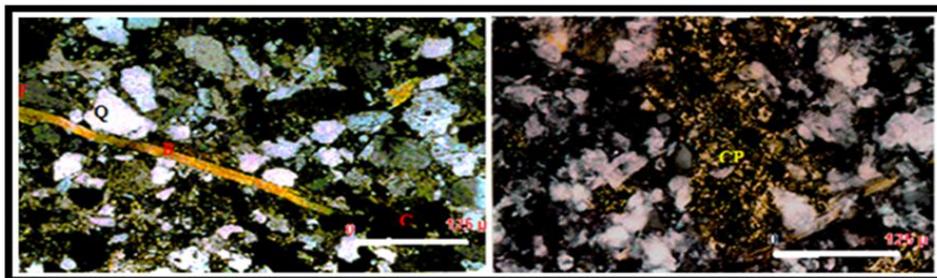


Figure 7 : Minéralogie des grès de l'Albien supérieur : Quartz (Q), Feldspath (F), Biotite (B), Ciment (C) ; Ciment pyriteux (CP)

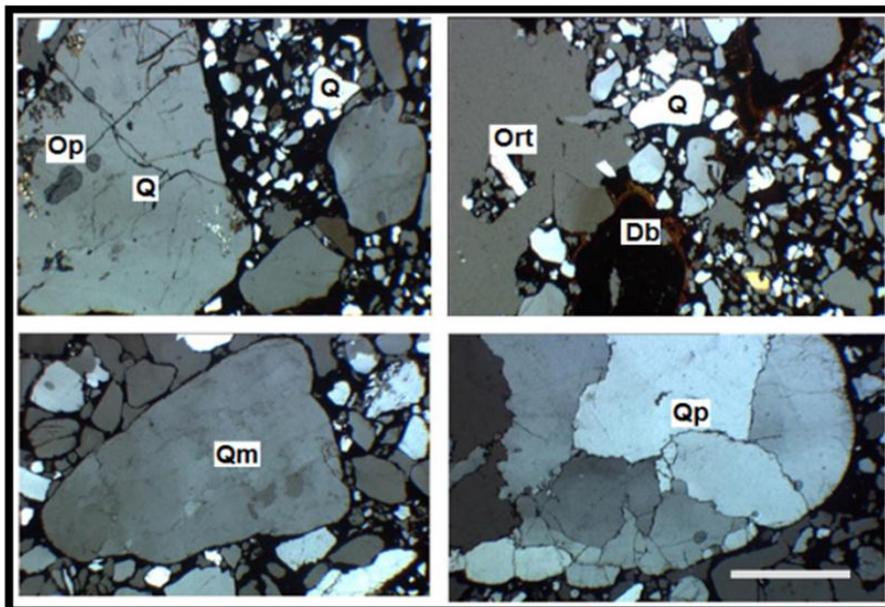


Figure 8 : Inclusion d'Opale (Op), Débris bioclastiques (Db), Orthose (Ort), Quartz (Q), Porosité intergranulaire (Pi), Phénocristaux de Quartz monocristallin anguleux (Qm), Phénocristaux de Quartz polycristallin subanguleux (Qp)

III-1-3. Classification pétrographique des bancs de grès

Les analyses minéralogiques des grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire montrent que les espèces minérales sont constituées par ordre d'abondance de quartz, de feldspath et de lithite. Les grès du bassin *onshore* sont caractérisés par une proportion de 70 à 85 pc en quartz. Le feldspath moins abondant, compte pour 10 à 25 pc. Ce sont des grès riches en feldspaths. Il s'agit des arkoses dans la classification de [13] et des subarkoses dans le diagramme de [14]. [17, 18] présentent les arkoses comme des grès riches en feldspath. La classification de Cailleux [12] les associe aux grès feldspatho-quartzeux à ciment ferrugineux. Dans le diagramme de [13], les proportions relatives des minéraux des *beach-rocks* du plateau continental sont en moyenne de 90 % pour le quartz, 5 % pour le feldspath et 5 % pour les lithites. Ainsi, les *beach-rocks* se placent dans le domaine des quartzarénites ou grès quartzeux. Par ailleurs, selon la classification de [12], les *beach-rock* étudiés sont des grès quartzeux à ciment ferrugineux. Les bancs de grès d'âge crétacé sont également caractérisés par une prédominance en quartz avec une proportion de 57 à 95 pc. Le feldspath est moins abondant de 9 à 38 pc. Les lithites sont de l'ordre de 9 à 18 pc. L'analyse minéralogique permet de les classer comme des arénites

arkosiques, lithiques et des quartzarénites dans la classification de [13]. En prenant en compte le diagramme ternaire de [14], les grès du crétaé sont des arénites arkosiques, arkosi-lithiques, lithic-arkosiques et des quartzarénites. Ce sont des grès quartzeux, quartzo-feldspathiques et lithiques à ciment calcaire et argilo-calcaire. La **Figure 9** montre la classification des grès dans les diagrammes de [13, 14].

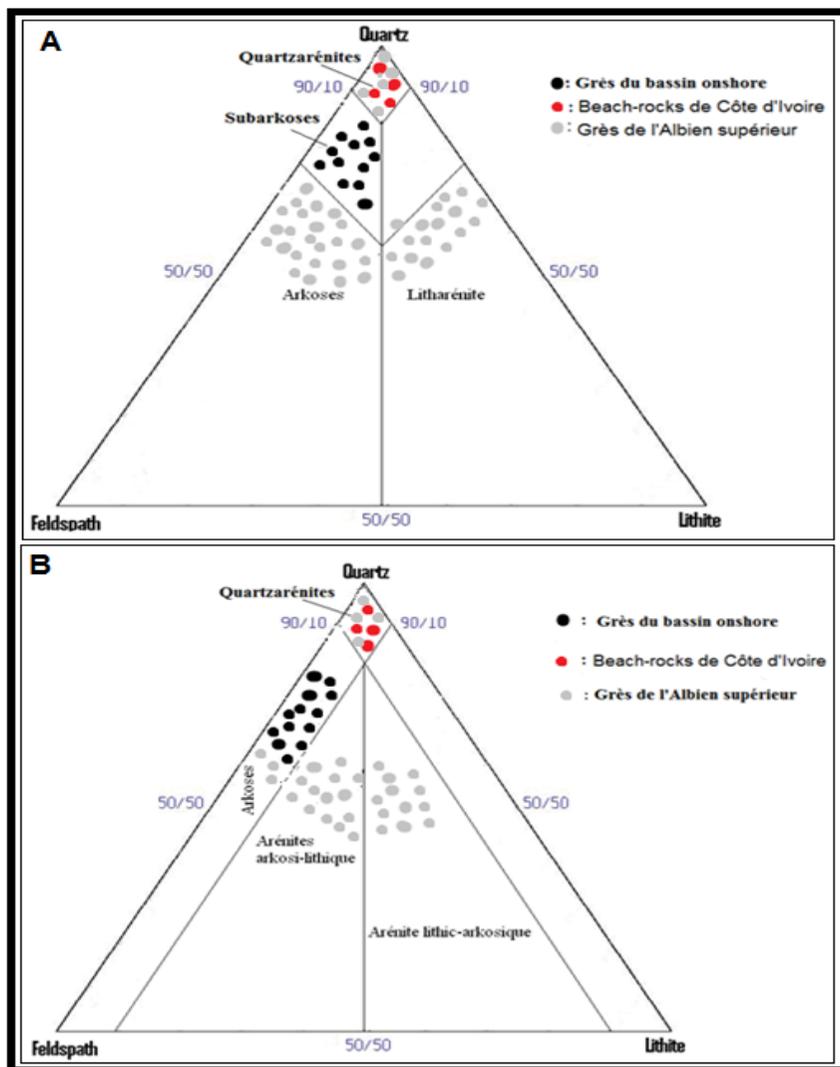


Figure 9 : Classification des bancs de grès et beach-rocks de la Côte d'Ivoire

A : Bancs de grès et beach-rocks ivoiriens et Ghanéens dans le diagramme de [13] ; B : Bancs de grès et beach-rocks ivoiriens et Ghanéens dans le diagramme de [14]

III-2. Sédimentologie des grès

III-2-1. Aspect des grains

Les constituants des grès présentent le même aspect tant dans le bassin sédimentaire *onshore* que dans le bassin *offshore* en Côte d'Ivoire. Ce sont des éléments sableux de taille variable comprise entre 2 et 0,063 mm, consolidés par un ciment de nature variable. Ils sont constitués de grains monocristallins hétérogranulaires et polycristallins. Les sédiments sableux consolidés présentent en général une surface propre avec un éclat vif. Leur configuration montre des éléments quartzeux enrobés dans un ciment [10]. Ils ont une texture hétérogranulaire.

III-2-2. Taille et forme des sédiments

La taille comme la forme des éléments consolidés est diverse. Ces deux caractères sédimentologiques déterminent la durée du transport et l'énergie de dépôt des sédiments. Les éléments figurés des barres de grès dans le bassin sédimentaire ivoirien sont généralement sableux de taille variable. Ils se définissent en cinq classes granulométriques. Il s'agit de la classe des éléments très fins, fins, moyens, grossiers et très grossiers. Quant à la forme, on détermine des éléments anguleux, subanguleux, subarrondis et arrondis. On observe que les arénites arkosiques du bassin sédimentaire ivoirien sont en majorité formés de grains anguleux, subanguleux et subarrondis. C'est la particularité des arkoses car [16] montre que les grains des arkoses sont typiquement anguleux à subarrondis. On distingue dans la lithostratigraphie du bassin sédimentaire *onshore*, des bancs de grès à grains très fins, fins, moyens et grossiers. Les formations gréseuses à grains très fins sont fréquemment des *stonelines* qui servent d'intercalation lithologique entre les différentes strates. Les formes les plus représentées sont les formes anguleuses et subanguleuses. Néanmoins, il existe quelques particules subarrondies. A Bingerville, les grès présentent des grains plus anguleux par rapport à Fresco, à Alépé et à Samo. On note que les grès de Samo sont plus grossiers et renferment des micro-galets [3]. Dans le bassin *offshore*, les éléments figurés des *beach-rocks* quaternaires du plateau continental, se regroupent en quatre classes granulométriques. Ils sont fins, moyens, grossiers et très grossiers. Les éléments sont en général arrondis. Par contre, il existe des particules subarrondies et subanguleuses et quelques grains anguleux de taille fine. Les grès crétacés sont à grains très fins, fins et moyens mais ceux du Maastrichtien présentent des grains grossiers et très grossiers. Ils sont caractérisés par des formes anguleuses et subanguleuses.

III-2-3. Impact du transport sur les particules

Le mécanisme du transport des sédiments a un impact sur la forme des éléments figurés des grès par une action mécanique d'usure. Les détritiques issus de l'érosion sont initialement anguleux. Au cours de leur transport, ils subissent une action mécanique d'usure qui les transforme en éléments de forme arrondie. Les grès du bassin sédimentaire ivoirien se caractérisent par des éléments anguleux, subanguleux, subarrondis et arrondis. Les grains anguleux et subanguleux sont peu usés et n'ont pas subi les effets mécaniques d'usure lors du transport. Ils ont par conséquent, gardé leur forme originelle contrairement aux grains arrondis et subarrondis dont la forme originelle a été modifiée au cours de leur transport. Les éléments détritiques initialement anguleux sont transformés en éléments arrondis au cours du transport. Le processus de transport influence également la granulométrie des particules transportées par son effet mécanique. En effet, au cours du transport, les éléments sableux s'entrechoquent et peuvent se fragmenter pour donner des grains de petite taille. La fragmentation des grains se traduit par la taille fine et très fine des éléments consolidés [10, 11]. Par ailleurs le transport des sédiments influence également la quantité des espèces minérales selon leur dureté en créant une sélection minéralogique. En effet, le processus de transport agit sur les sédiments par des phénomènes mécaniques et d'altération. Le quartz presque inaltérable résiste plus aux chocs entre les éléments sableux au cours de leur transport. Les particules plus fragiles, altérables telles que les grains de feldspath et de mica se détruisent facilement au cours de leur déplacement. Ils s'altèrent et s'éliminent [19]. Les grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire ont subi une sélection minéralogique traduite par l'abondance des grains de quartz par rapport aux grains de feldspath et de mica. Pour [12], l'abondance du quartz est due à la sélection minéralogique des éléments. Le quartz résiste aux effets du transport et subsistent en grande quantité dans les sédiments consolidés.

III-2-4. Provenance des bancs de grès et beach-rocks

Les lames minces des grès du bassin *onshore*, analysés au microscope présentent des grains de quartz à extinction roulante. Les fragments de roche observés sont allongés et orientés. Cela traduit une déformation tectonique résultant d'un phénomène métamorphique. Ces éléments sont donc des détritiques issus de la désagrégation des roches métamorphiques. Les grains de quartz qui sont dépourvus d'extinction roulante seraient d'origine magmatique. Les sables consolidés sont des matériaux terrigènes provenant du socle précambrien. Cela s'expliquerait surtout par le contact (discordance angulaire majeure) entre le bassin et le socle sur la route d'Alépé- Aboisso [9] dans le bassin côtier. La présence de grains anguleux et subanguleux avec des

feldspaths dans les sédiments consolidés témoigne un milieu de sédimentation proche de la source pourvoyeuse des détritits. Les formes arrondies et subarrondies proviendraient du remaniement des roches conglomératiques de base en contact avec le socle dans le bassin *onshore* [3, 20]. Dans le bassin *offshore*, Les *beach-rocks* du plateau continental et les grès crétacés présentent aussi les mêmes caractéristiques. Ils sont donc d'origine terrigène et résultent de l'érosion des altérites issues du socle. Néanmoins les sédiments des grès crétacés ont aussi une origine marine traduite par la présence de feldspath, de glauconie et aussi des éléments anguleux. Ce sont les sédiments allochimiques, formés dans le milieu de dépôt qui est la mer. Le ciment ferrugineux proviendrait de la recristallisation secondaire de l'oxyde de fer recouvrant les sables grossiers formant le cordon littoral. Les bancs de grès et *beach-rocks* proviennent des roches magmatiques, métamorphiques et du remaniement des roches sédimentaires (Figure 10). Les détritits de type continental issus de ces roches sont à l'origine de leur formation dans les bassins sédimentaires *onshore et offshore* de la Côte d'Ivoire.

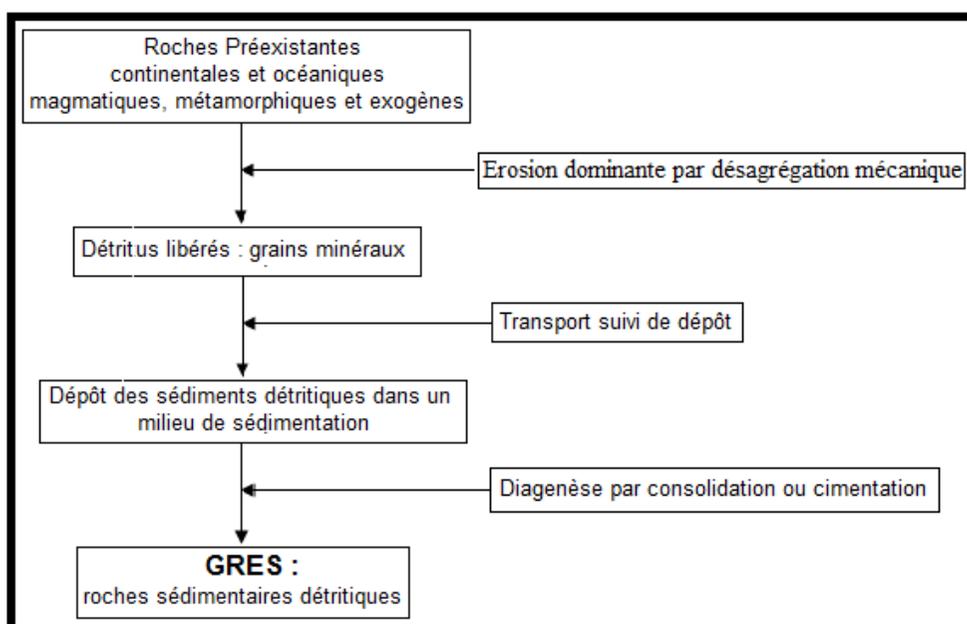


Figure 10 : Provenance et formation des grès [20]

Les bassins côtiers de l'Afrique occidentale sont superficiellement comblés par des sédiments d'origine continentale dont la mise en place s'est effectuée dans des sites fluvio-lagunaires [21]. [17] montre que les arkoses sont des produits de désagrégation incomplète des roches ignées acides et métamorphiques notamment les granites et les gneiss. Les barres de grès du

bassin *offshore* proviennent non seulement des matériaux terrigènes mais aussi des dépôts marins. Ils sont d'origine continentale car les cours d'eau transportent les matériaux d'altération des roches vers le plateau continental [22] et même vers le bassin par l'énergie des vagues. Cela explique aussi l'origine continentale des *beach-rocks* du plateau continental. Les sables générant les grès, résultent donc de l'érosion des altérites issues de la désagrégation du socle précambrien [23, 24]. La cimentation des grès du bassin *onshore*, s'est faite par la précipitation des minéraux autigènes d'oxyde de fer comme les *beach-rocks* du plateau continental [8].

III-2-5. Mode et durée du transport

Les sédiments des bancs de grès de la Côte d'Ivoire présentent des surfaces propres avec un éclat vif. Cela montre que le transport des sables consolidés s'est effectué par l'eau qui pourrait être par un mode fluvial. [2] montre, par le diagramme de Friedman, (As : assymétrie) en fonction de l'écart type, l'origine fluviale des sables qui ont engendré les bancs de grès de Bingerville. Le sédiment des *beach rocks* du plateau continental semble plus vif et plus propre que ceux des sédiments des grès du bassin *onshore*. Cela suppose que les *beach-rocks* du plateau continental sont issus d'un mode fluvial alors que les bancs de grès du bassin *onshore* seraient transportés par les rivières, lagunes et fleuves. Les sédiments des grès du bassin *onshore* sont caractérisés par des formes anguleuses à subarrondies et une proportion considérable en feldspath. La source génératrice de ces éléments sableux est donc proche de leur environnement de dépôt. Cela s'expliquerait par le contact du socle avec le bassin sédimentaire dans les régions de Bingerville, d'Alépé et de Samo. En effet, les détritiques sableux, provenant du socle en contact avec le bassin côtier, n'ont donc pas été usés par l'action mécanique du transport avant leur dépôt. Par ailleurs, les cristaux de feldspath, facilement altérables et fragiles aux effets mécaniques du transport subsistent en quantité importante dans les sédiments consolidés. Ces caractéristiques démontrent que les grès ont subi un transport de courte durée. Ce qui traduit l'existence des feldspaths dans ces sédiments. La présence de feldspath dans une roche détritique (grès arkosique) indique un transport de courte durée des sédiments [19]. Par contre les sédiments des *beach-rocks* du plateau continental ivoirien présentent en plus de leur forme arrondie, une faible quantité de feldspath causée par la ségrégation minérale des particules au cours du transport. Il y a une prédominance de quartz par rapport au feldspath avec une absence d'éléments argileux. Ces caractères montrent que les sédiments des *beach-rocks* ont subi un long transport. Les barres de grès d'âge crétacé sont issues d'un matériel sédimentaire constitué d'éléments allochimiques de source marine et terrigènes d'origine continentale. La

présence importante des grains de feldspath et des éléments anguleux et subanguleux montre que les sables consolidés ont subi un transport de courte durée. Cela caractérise les éléments allochimiques (de source marine) dont l'environnement de dépôt est proximal à la source pourvoyeuse. Les éléments sableux provenant de l'arrière-pays continental, ont subi un long transport. Il s'agit des éléments subarrondis et arrondis. Par contre, ces sédiments terrigènes peuvent restés aussi anguleux et subanguleux sous l'effet de la fragmentation des grains au cours de leur transport par l'action du courant de marée et de l'énergie des vagues de la mer. Ceux-ci de taille fine à très fine, n'ont pas eu une longue période d'usure avant le dépôt. C'est aussi le cas des grains fins et anguleux observés dans les sédiments des *beach-rocks*.

III-2-6. Environnement de dépôt

Les bancs de grès du bassin *onshore* sont dépourvus de bioclastes (débris végétaux et animaux) et de glauconie contrairement aux grès et *beach-rocks* du bassin *offshore*. L'absence et la présence de ces éléments à signification paléoenvironnemental dans les sédiments consolidés montrent respectivement un environnement de dépôt continental et marin. Par conséquent, les grès de Bingerville, d'Alépé, et de Samo ont un environnement de dépôt continental qui est le bassin côtier. Les grès du bassin *offshore* sont déposés dans un environnement marin. L'environnement de dépôt des barres de grès couvre tout le bassin sédimentaire *onshore* et *offshore*. Les grès sont en majorité issus des produits terrigènes. Ils se répartissent du continent jusqu'à la plaine abyssale. Ainsi les grès du Continental Terminal sont formés dans le continent, au sein du bassin côtier notamment les grès de la région de Bingerville, de Samo, d'Alépé et de la falaise de Fresco. Quant aux *baech-rocks*, ils proviennent du continent et ont un environnement de dépôt correspondant à une plage donc au littoral. Par la fluctuation de la mer, ces dépôts littoraux se sont retrouvés dans le plateau continental. Les *beach-rocks* sont donc des cordons littoraux fossiles formés sur la plate-forme continentale de la Côte d'Ivoire au cours des phénomènes eustatiques de la mer. Les grès crétacés de la marge d'Abidjan se répartissent du plateau continental interne au bassin profond dans le bassin sédimentaire *offshore*.

III-2-7. Évolution diagenétique et maturité des bancs de grès et beach-rocks

Après le dépôt, les sédiments subissent un phénomène diagenétique qui peut évoluer vers le stade extrême. C'est la diagénèse avancée. Les grains polycristallins résulteraient de la transformation des grains monocristallins de quartz sous l'influence du phénomène de recristallisation. Les travaux de [12, 19] ont montré que certains minéraux de la roche sont dissous par les solutions interstitielles par le biais des fissures. La matière ainsi dissoute va contribuer

à développer et nourrir d'autres cristaux devenant de plus en plus gros. Au terme de l'évolution, la structure primitive du dépôt est complètement modifiée. C'est la recristallisation des grains monocristallins qui a donné naissance aux grains polycristallins (**Figure 11**). Ce processus de diagenèse aboutit à la transformation des grès en quartzite (**Figure 12**). De plus, les grains de feldspath (plagioclase) ont subi une pseudomorphose avec néoformation de damourite. C'est la damouritisation qui implique aussi une diagenèse avancée. Dans certains sédiments consolidés d'Alépé, le ciment ferrugineux est substitué par endroits par un ciment siliceux. La silice a servi à nourrir les cristaux de quartz (devenant de plus en plus gros) en remplacement du ciment ferrugineux, en les mettant en contact direct (puisque les grains de quartz sont des grains de silice). Cela montre un début de formation des quartzites à partir de l'évolution diagenétique des grès ferrugineux. Il s'agit d'une épigénie de l'oxyde de fer par la silice entre les grains quartzeux, favorisant ainsi leur contact direct pour donner des quartzites (**Figure 12**). C'est la silicification.

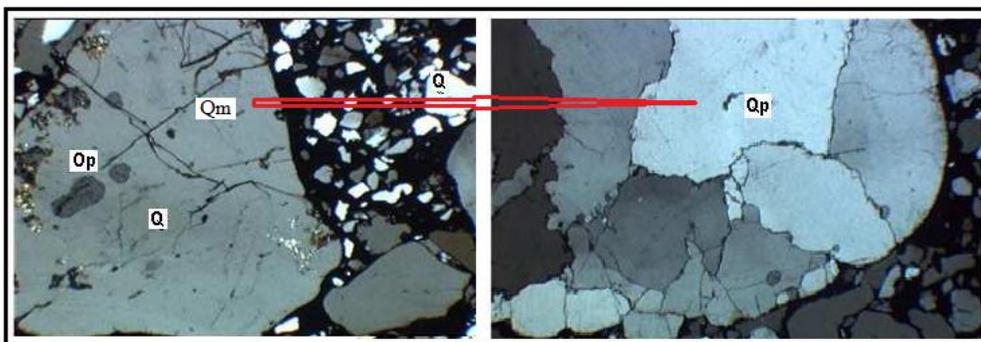


Figure 11 : Phénomène de recristallisation d'un grain de quartz monocristallin (Qm) en grain polycristallin (Qp) dans les sédiments des beach-rocks du plateau continental

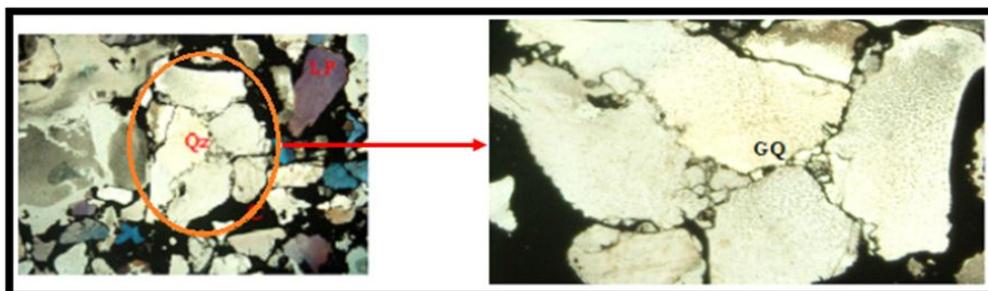


Figure 12 : Phénomène de silicification secondaire marquant le début de transformation des grès en quartzite (Grains de quartz en contact direct (GQ) par le ciment siliceux (Cs); ciment ferrugineux

La formation des grès dans l'ensemble du bassin sédimentaire implique le cycle géologique puisque leurs constituants résultent de l'altération par désagrégation de roches ou de sédiments préexistants. Les grès, formés par le processus sédimentaires (altération mécanique et érosion, transport, dépôt et diagenèse), peuvent subir un métamorphisme et donner des roches métamorphiques telles que les quartzites (*Figure 13*). Ces formations métamorphiques peuvent être soumises à l'altération lors de leur passage à la surface du continent pour donner des grès [25].

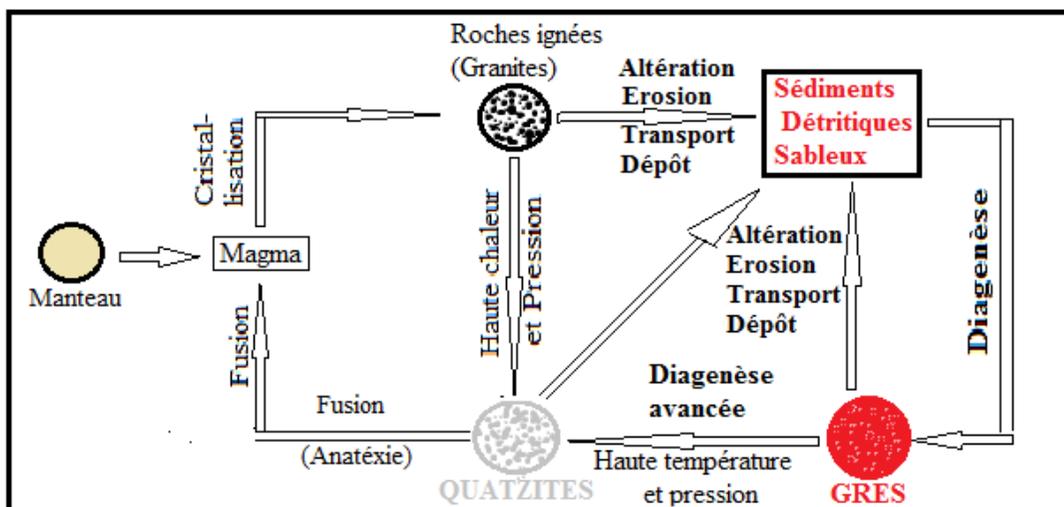


Figure 13 : Formation des grès dans le cycle géologique [25] modifié

Le phénomène de substitution s'observe aussi dans les sédiments des *beach-rocks* du plateau continental car le ciment ferrugineux est remplacé par endroits par un ciment carbonaté (l'aragonite). L'oxyde de fer est par endroits, substitué par l'aragonite. Le ciment calcaire des bancs de grès de l'Albien supérieur (crétacé inférieur) deviennent par endroits pyriteux (*Figure 14*). La calcite se substitue par endroits par la pyrite. Ces phénomènes impliquent une diagenèse évoluée vers un stade ultime qui détermine la maturité des grès. La maturité des grès est définie par le caractère prédominant des grains figurés par rapport à la composante de la matrice et du ciment. Dans le diagramme de dispersion de [15], les grès sont classés au pôle «grains». Ils sont donc tous matures.

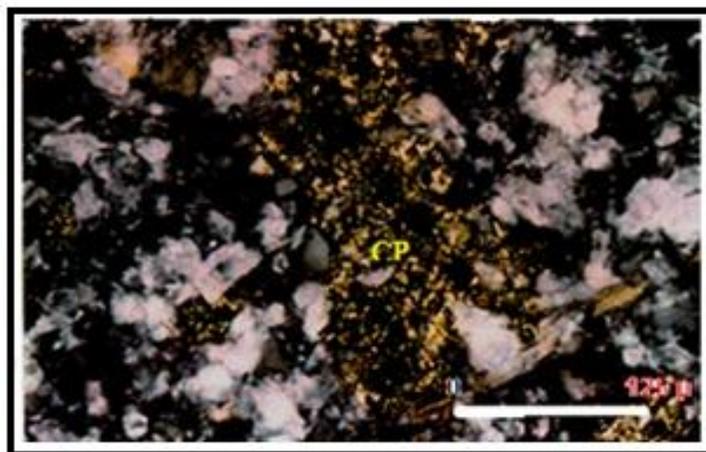


Figure 14 : *Substitution du ciment calcaire par le ciment pyriteux (CP) dans les grès d'âge crétacé*

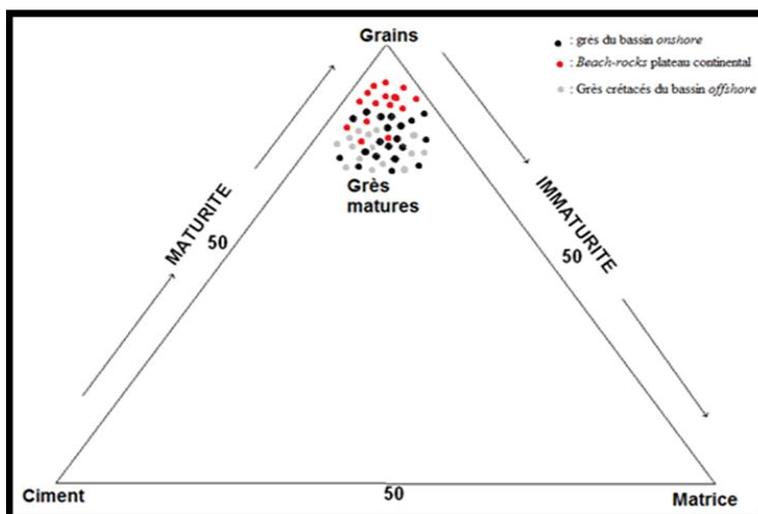


Figure 15 : *Stade de maturité des grès dans le diagramme de [15]*

Les *beach-rocks* du plateau continental ivoirien sont plus matures que les autres grès car ils sont dépourvus de toute fraction argileuse et comportent des grains en majorité arrondis [26]. Les quartzarénites sont plus matures que les arkoses et les arénites lithiques. [25] montre que les arénites arkosiques ne sont pas des sédiments aussi matures que les arénites quartzeux mais elles sont généralement plus grossières et moins bien triées que ces dernières. Les bancs de grès et *beach-rocks* sont matures. Cela est aussi traduit par la prépondérance des grains de quartz (constituants stables) par rapport aux grains de feldspath et de mica (constituants instables) comme [19] l'approuve.

III-3. Synthèse petro-sédimentaire des grès

Les grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire présente la même configuration. Ce sont des roches sédimentaires détritiques de la classe des arénites constituées d'une fraction granulaire figurée (les éléments figurés) dans une fraction fine (le ciment). Les grès du bassin sédimentaires sont dépourvus de débris d'organismes végétaux et animaux alors que ceux du bassin *offshore* renferment des bioclastes. Le **Tableau 3** fait la synthèse comparative des caractères pétrographiques et sédimentologiques des bancs de grès du bassin sédimentaire *onshore* et *offshore* de la côte d'Ivoire.

Tableau 3 : Synthèse comparative des bancs de grès et beach-rocks de la Côte d'Ivoire

Grès Pays	Environnement de dépôt	Age	Minéralogie	Ciment	Classification	Sédimentologie
COTE D'IVOIRE	Bassin sédimentaire <i>Onshore</i> ou Bassin côtier émergé	Continental terminal (Mio- pliocène)	Quartz, feldspath, muscovite, épidote,	Ferrugineux	Arénites Arkosiques Quartzarénite	Sédiments anguleux à, subarrondis, fins à très grosiers d'origine continentale et matures. Transport fluvio- lagunaire court
	Bassin sédimentaire <i>Offshore</i> ou bassin profond immergé	<i>Beach- rocks</i> Quaternaire	Quartz, feldspath Opale, muscovite	Ferrugineux en partie carbonaté	Quartzarénites	Sédiments subanguleux à arrondis, fins à très grosiers, continentaux et matures. Transport fluvial long
		Crétacé	Quartz, feldspath, Muscovite, pyrite, tourmaline, biotite muscovite, glauconie, dolomie, fragments de roches	Calcaire, siliceux, pyriteux, silteux, argilo- calcaire.	Quartzarénites Arénites Arkosiques et lithiques	Sédiments anguleux à subanguleux, très fins à grosiers, matures. Transport fluvial long et transport court

IV - CONCLUSION

Les grès du bassin *onshore* (Bingerville, Allépé, Samo et sur Fresco) sont des arénites arkosiques à ciment ferrugineux composés de grains sableux d'origine continentale, transportés sur une courte durée et déposés dans le continental Terminal mio-pliocène. Le ciment ferrugineux se substitue par endroit par un ciment siliceux (pyritisation). Ils ont subi une altération pseudomorphique des feldspaths avec néoformation de damourite (damouritisation) et de calcite. Dans le *bassin offshore*, les *beach-rocks* du plateau continental sont essentiellement des quartzarénites. Ce sont des grès quartzeux à ciment ferrugineux et carbonaté. Ils sont issus des matériaux terrigènes déposés au cours d'un long transport fluvial dans le plateau continental. Ils sont consolidés par la précipitation de l'oxyde de fer. Néanmoins Le ciment ferrugineux est substitué par endroit par un ciment

carbonaté. Par contre, les grès du crétacé (Est de la marge d'Abidjan) se caractérisent comme des quartzarénites, arénites akosiques et lithiques. Ce sont des grès à ciment calcaire mais quelques fois calco-argileux, pyriteux, silteux et glauconieux. Ils sont constitués de deux types de sédiments : les sédiments détritiques terrigènes et les sédiments allochimiques d'origine marine. Les sédiments terrigènes sont issus d'une longue durée de transport pendant que les sédiments allochimiques sont transportés sur une courte durée. Les grès dans le bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire sont tous parsemés de cavités qui traduisent leur perméabilité. Ils ont subi une diagenèse avancée traduite par les phénomènes de recristallisation, de substitution du ciment, de l'altération pseudomorphique. Cette diagenèse avancée implique que les grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire sont tous matures.

RÉFÉRENCES

- [1] - F. OTTMANN, Une hypothèse sur l'origine des aréfices du Nord-Est brésilien, C.R., *Som. Soc. Géol. Fr., Fasc.*, 7 (1960) 175 - 176
- [2] - Z. B. DIGBEHI, K. AFFIAN, S. MONDE, K. B. K. POTHIN et K. AKA, Analyse sédimentologique de quelques faciès du continental terminal. BIOTERRE. *Revue des Sciences de la vie et de la Terre*, Vol. 2, N°1 (2001)
- [3] - A. C. AKOBE, A. S. COULIBALY, A. V. WOGNIN, S. MONDE, AKA Kouamé, « Caractérisation pétro-sédimentaire des formations gréseuses du bassin onshore de la Côte d'Ivoire ». BIOTERRE *Rev. Inter. Sci. De la Terre*. Vol. 14, (2014) 15 - 28
- [4] - L. MARTIN, « Morphologie, sédimentologie et paléogéographique au Quaternaire récent du plateau continental ivoirien ». Thèse DES Paris VI, ORSTOM, (1973) 340 p.
- [5] - J. P. TASTET, « Quelques considérations sur la classification des côtes. La morphologie côtière ivoirienne » *Ann. Abidjan, (C)*, VIII, 2 (1972) 135 - 162
- [6] - K. AKA, « La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire: essai de modélisation » Thèse DES, Abidjan (Côte d'Ivoire), N°146 (1991) 320 p.
- [7] - S. MONDE, « Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de la Côte d'Ivoire : Aspects morphologiques et sédimentologiques » Thèse 3^e cycle, Université de Cocody, N° 253 (1997) 200 p.
- [8] - C. A. AKOBE, « Contribution à l'étude pétro-sédimentaire des *Beach-rocks* dans le plateau continental de Côte d'Ivoire » DEA, Abidjan (Côte d'Ivoire), (2004) 52 p.
- [9] - I. YACE, « Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest » E CEDA, (2002) 183 p.
- [10] - S. MONDE, C. A. AKOBE, B. Z. DIGBEHI, K. AKA, « Morphodynamisme des environnements à beach-rocks du plateau continental de Côte d'Ivoire (Golfe de Guinée) » *Afrique Science*, 04 (3) (2008) 153 - 165

- [11] - C. A. AKOBE, S. MONDE, I. BRENON, B. Z. DIGBEHI, K. AKA, «Les beach-rocks du plateau continental de Côte d'Ivoire : Lithologie et impacts dans le transit sédimentaire » *Africa Géoscience Review*, Vol. 16, N°3 (2009) 189 - 202
- [12] - A. CAILLEUX, « Distinction des sables marins et fuviatiles » *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5 XV (1947) 375 - 404
- [13] - F. J. PETTIJOHN, P. E. POTTER and R. SIEVER, "Sand and sandstone" Spinger Edition, New York, Heidelberg, Berlin, Planification. Manuel de cours. Vol. 1, (1972) 618 p.
- [14] - P. J. C. NAGTEGAAL, "Sandstone-framework instability as a function of burial dia genesis" *Journal of geological Society* ; London 135 (1978) 101 - 105
- [15] - W. R. DICKINSON and C. A. SUCZEK, « Plate tectonics and sandstone compositions » *AAPG Bulletin*, Vol. 63, (1979) 2164 - 2182
- [16] - F. BOULVAIN, « Diagenèse et dynamisme des bassins sédimentaires » Cours de pétrologie sédimentaire B20, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Liège, B-4000 Liège, (2007)
- [17] - R. C. SELLEY, "An introduction to sedimentology" U.S. Edition published Academic Press Inc. (London), (1976) 408 p.
- [18] - H. FÜCHTBAUER, Sediments and sédimentary rocks 1. Sedimentary Petrology Part II by Engelardt W. V., Füchtbauer H., Müller G. Second revised and enlarged edition with, (1974) 464 p.
- [19] - E. SAAIDI, « Classification des roches sédimentaire in *Traité de sédimentologie : Pétrographie environnements sédimentaires*» Édition, Afrique orient, (1991) 61 - 115
- [20] - C. A. AKOBE, « 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 de doctorat » Abidjan, (2010) 167 p.
- [21] - N. LENEUF, Aspect microscopique de la surface des grains de quartz du continental terminal de Côte d'Ivoire. *Cah. OSTOM, Ser. Géol.*, Vol. 4, N°1 (1972) 53 - 65
- [22] - J. R. AVENARD, Aspect de la géomorphologie in : «Le milieu naturel de Côte d'Ivoire», Mém. *ORSTOM*, N°50 (1971) 1 - 72
- [23] - B. TAGINI, « Notice explicative à la carte de la Côte d'Ivoire au 1/200000 » Rapport interne Soc. Dev. Min. (SODEMI), (1972)
- [24] - B. LEBUANEC, Les principaux sols de Côte d'Ivoire et leurs aptitudes culturales. *Annales de l'Université d'Abidjan* 8, 2 (1972) 17 - 26
- [25] - F. BOULVAIN, « Eléments de sédimentologie et de pétrologie sédimentaire » Cours de pétrologie sédimentaire B20, Département de géologie, Faculté des Sciences, Université de Liège, B-4000 Liège, (2008)
- [26] - R. L. FOLK, "Stages of textural maturity in sedimentary rocks" *Journal Sedimentary Petrology*, 21 (1951) 127 - 130