

Pétrographie et Sédimentologie Des Cordons Littoraux Fossiles (*Beach-Rocks*) des Côtes d'Accra au Ghana

Apie Colette AKOBE*, Etche Mireille AMANI, Kouassi Laurent ADOPO, Sylvain MONDE
et Kouamé AKA

Université FHB (Cocody), UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de Géologie
Marine et de Sédimentologie, GEOMARS, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : colette.akobe@hotmail.com

Résumé

Des analyses Pétrographiques et Sédimentologiques des Cordons Littoraux Fossiles (*Beach-Rocks*) des Côtes d'Accra au Ghana (plage de Téma) ont été réalisées par des observations macroscopiques et microscopiques des échantillons de ces grès. Cette étude montre que Les *beach-rocks* sont constitués d'une abondance de quartz, d'une proportion importante en feldspath (microcline, albite, plagioclase), de la calcite, d'une faible quantité de chlorite, de muscovite, de biotite et d'olivine. Ce sont des arénites arkosiques à ciment calcaire renfermant des bioclastes et des fragments de roche. Ces grès sont constitués de matériaux terrigènes sableux de forme généralement anguleuse, charriés par les cours d'eau fluvio-lagunaires. Ils sont déposés au cours d'un transport de courte durée sur les côtes d'accra et consolidés (cimentation) par une précipitation de la calcite. Ces sédiments sableux consolidés ont subi une diagenèse avancée traduite par les phénomènes de recristallisation (grains de quartz monocristallins en polycristallins) et de pseudomorphose (néoformation de la calcite par l'altération pseudomorphique de plagioclase). Les *beach-rocks* des côtes d'Accra sont par conséquent des grès matures. Ces formations gréseuses sont poreuses car parsemées de cavités.

Mots-clés : *étude pétrographique, sédimentologique, beach-rock, littoral du Ghana.*

Abstract

Petrography and Sedimentology of Coastal Fossil Cords (Beach-Rocks) of the Accra Coasts of Ghana

Petrographic and sedimentological analyzes of the Beach-Rocks of the Côtes d'Accra in Ghana (Téma beach) were made by macroscopic and microscopic observations of the samples of these sandstones. The results show that beach-rocks consist of an abundance of quartz, an important proportion of feldspar (microcline, albite and plagioclase), calcite, a small amount of chlorite, muscovite, biotite and olivine. They are calcareous arkosite arenites containing bioclasts and rock fragments. These sandstones are composed of sandy terrigenous materials of generally angular shapes carried by fluvio-lagoon streams. They are deposited during a short transport on the accra coast. They have been cemented by precipitation of calcite. These consolidated sandy sandstone sediments (sandstones) underwent advanced diagenesis resulting from recrystallization phenomena (monocrystalline quartz grains in polycrystalline) and pseudomorphose (neoformation of calcite by the pseudomorphic alteration of plagioclase). The Accra coast beach-rocks are therefore mature sandstones. These sandstone formations are porous because dotted with cavities.

Keywords : *petrography, sedimentology, sandstone, beach-rocks, Ghana.*

1. Introduction

Les *beach-rocks* sont des grès disposés en bancs parallèles et formés par la consolidation des anciens cordons littoraux. Ce sont donc des cordons littoraux fossiles d'âge quaternaire [1 - 4]. Ils constituent l'un des traits morphologiques caractéristiques des plateaux continentaux du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, etc.). Ces formations s'étendent parallèlement à la ligne de côte et rompent la monotonie de la surface relativement plane des plates-formes continentales. Les sondages sismiques montrent que les *beach-rocks* sont localisés sur l'ensemble du littoral du Bénin à des profondeurs variables [5]. Sur les côtes du Togo, les *beach-rocks* se présentent en dalles superposées qui affleurent en marée basse. Au Ghana les *beach-rocks* sont situés dans la zone tidale en bancs parallèles. Ces formations gréseuses (formations indurées) dotées d'une importance capitale, sont utilisées comme des éléments naturels de protection côtière contre l'érosion [6, 7]. Ils sont à usage infrastructurel, comme des matériaux de construction et d'empierrement [8]. L'importance économique des *beach-rocks* est indéniable dans la sous-région ouest africaine. Toutefois, ils sont à l'origine des problèmes pour la navigation, la pêche et la pose de conduites immergées (les pipelines). Notamment en Côte d'Ivoire, les *beach-rocks* constituent des écueils à la navigation et rendent difficile la pêche en détruisant les chaluts. Compte tenu de leur utilité et des problèmes qu'ils causent, les *beach-rocks* ont été l'objet de plusieurs travaux de recherche axés sur des études bathymétriques, cartographiques et litho-stratigraphiques [2 - 4]. Cependant, leur caractères pétro-sédimentaire reste mal connu. Dans cette optique, des études pétro-sédimentaires des grès et *beach-rocks* de la Côte d'Ivoire ont été menées afin de mieux cerner leur contexte. Ces études ont permis de reconstituer l'histoire géologique de ces formations gréseuses [9 - 13]. Néanmoins les travaux scientifiques n'intègrent pas des approches géologiques à caractère régional dans le golfe de Guinée. C'est dans ce contexte que cette étude pétrographique (composition minéralogique et nature du ciment) et sédimentologique des *beach-rocks* du Ghana est réalisée. Ce présent travail basé sur la caractérisation pétro-sédimentaire de ces grès, parviendra à connaître leur classification pétrographique, leur provenance, leur mode et durée de transport, leur environnement de dépôt, leur mode de formation ainsi que leur processus de maturation.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

Les différentes zones d'échantillonnage se situent sur le littoral d'Accra (**Figure 1**), notamment sur la plage de Téma située à 20 km à l'Est d'Accra. Limité entre la longitude 0° et 2° W et les latitudes 5° et 6° N et constitué de bas plateau, le littoral d'Accra occupe le Sud du Ghana et représente la bordure nord de l'océan Atlantique. La géologie est constituée non seulement des dépôts sédimentaires continentaux et marins du Quaternaire mais aussi des roches cristallophylliennes (Quartzites). Ces dernières occupent presque l'ensemble des différentes plages. Les dépôts quaternaires sont composés de sables, de silts, des dépôts de colluvions et d'alluvions et des *beach-rocks* à ciment calcaire [14].

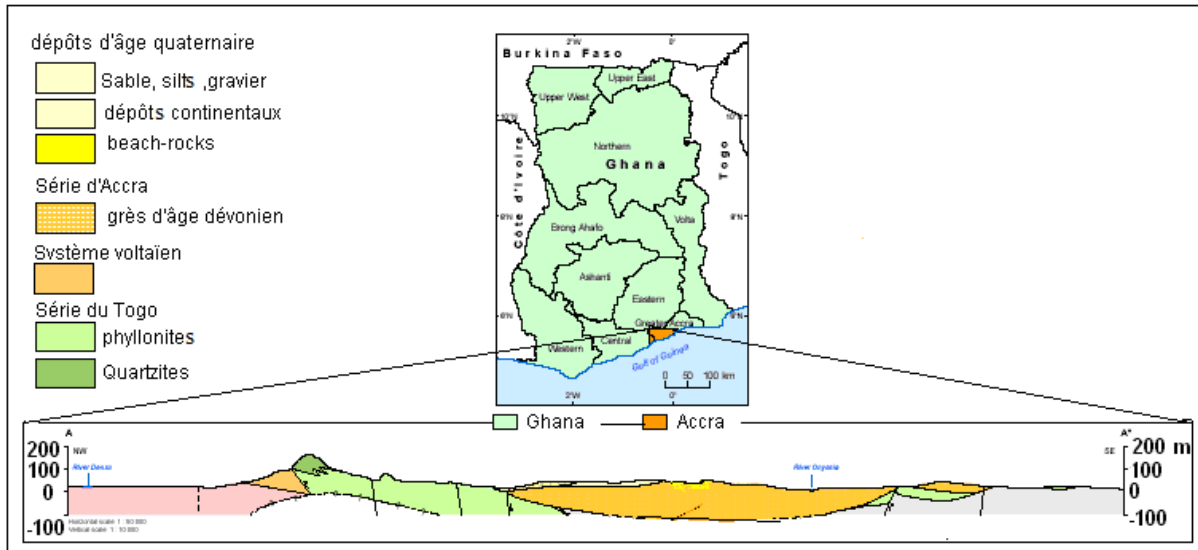


Figure 1 : Coupe géologique du littoral d'Accra

Le matériel principal de cette étude est composé d'échantillons macroscopiques de *beach-rock* (A) prélevés sur le littoral d'Accra au Ghana qui sont analysés par une étude macroscopique. Ces différents échantillons ont été confectionnés en lames minces (B) qui sont soumises à une analyse microscopique, afin de déceler les caractères pétrographiques et sédimentologiques de ces formations gréseuses (Figure 2).

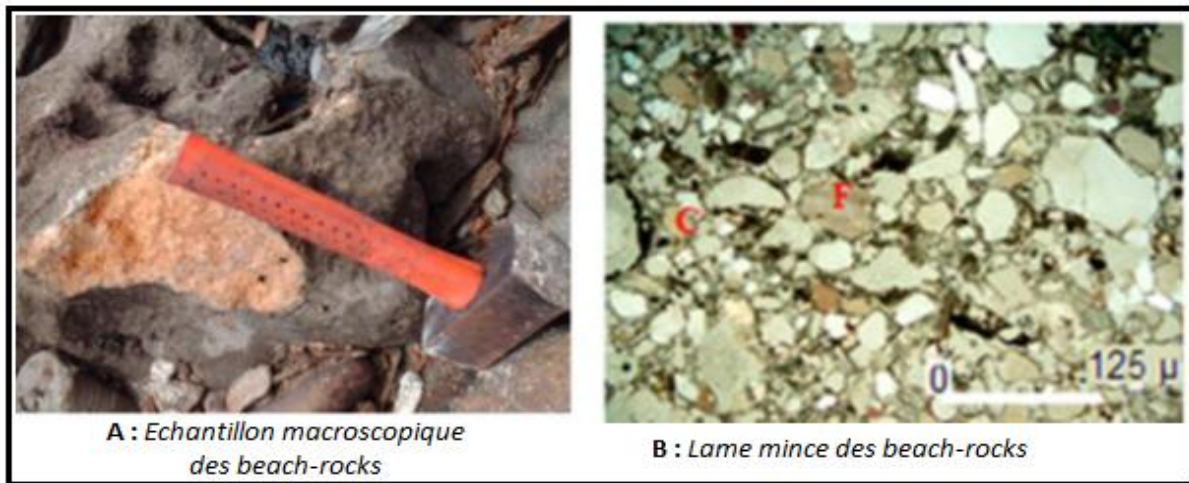


Figure 2 : Échantillon macroscopique : A et Microfaciès (lame mince) : B des beach-rocks

2-2. Méthodes

L'étude pétro-sédimentaire des barres de grès, sédiments consolidés, est faite à l'échelle macroscopique et microscopique.

2-2-1. Analyse Macroscopique des grès

L'étude macroscopique se fait par l'observation et la reconnaissance des éléments constitutants 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, le test à l'acide chlorhydrique (HCl) et la classification (famille, groupe et la classe).

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.

2-2-2. Étude en lame Mince (Microscopie)

L'observation au microscope de la roche n'est pas simplement une description pétrographique mais aussi une analyse sédimentologique des grès (**Tableau 2**). Une telle étude permettra de déterminer la composition minéralogique des *beach-rocks* selon les caractères optiques des minéraux, en lumière naturelle et polarisée. Ce qui permettra de proposer une classification pétrographique de ces grès. Deux types de classification pétrographique sont utilisées pour caractériser les barres de grès : (i) la classification de [15] laquelle intègre dans la terminologie des différents types de grès, la nature du ciment et les minéraux exceptionnels, (ii) les classifications de [16] modifiée par [17, 18] lesquelles utilisent, dans un diagramme ternaire, les proportions relatives en quartz, en feldspath et en lithite contenus dans les grès (**Figure 3**).

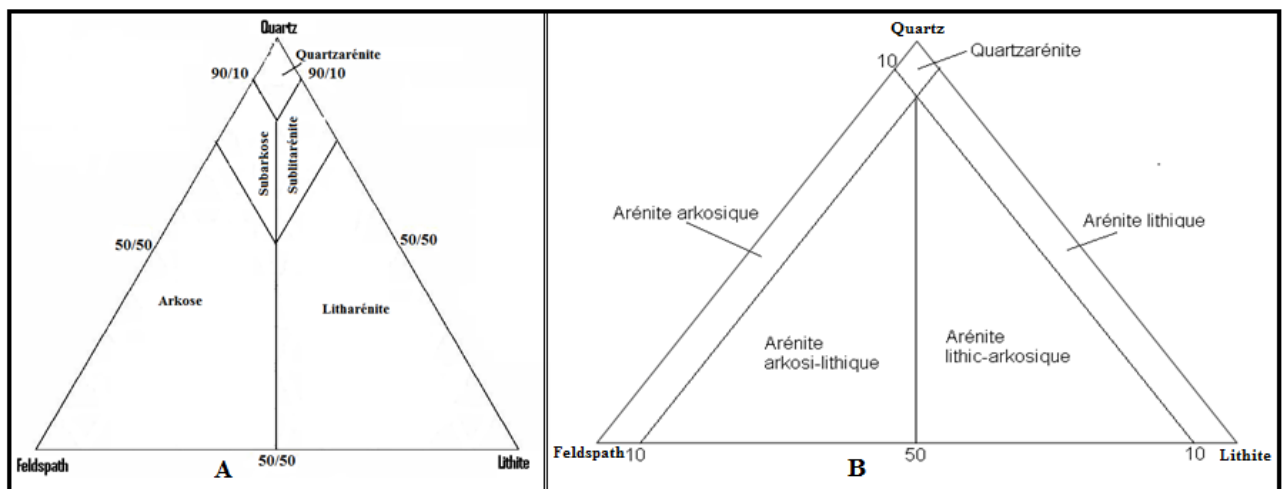


Figure 3 : Classification de [17] : A et [18] : B

La maturité des grès est définie par le diagramme ternaire de [19] (**Figure 4**) ayant pour pôles les grains, le ciment et la matrice. Les grès ont atteint leur maturité lorsqu'il y a une prédominance des grains (des éléments figurés) par rapport au ciment. L'immaturité est marquée par l'importance de la matrice. De plus, les grès sont matures quand les grains de quartz sont prédominants par rapport aux grains de feldspath et de mica [20].

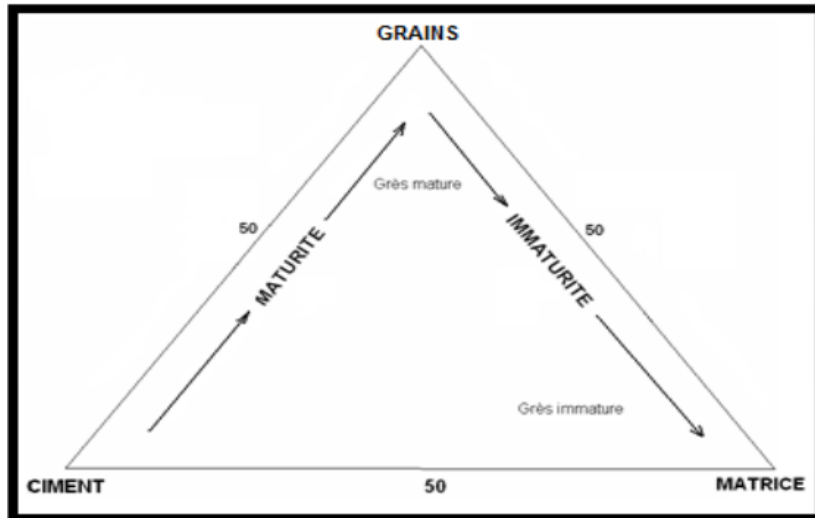


Figure 4 : Diagramme de détermination de la maturité des grès de [19]

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)	

3. Résultats et discussion

L'analyse des caractères pétrographiques et sédimentologiques des beach-rocks du Ghana aboutit à leur classification pétrographique. Elle permet également à reconstituer l'histoire géologique des formations gréseuses : provenance ou origine, action du transport sur les particules, mode et durée du transport évolution diagénétique et maturité des sédiments consolidés.

3-1. Pétrographie des grès

3-1-1. Nature des constituants des beach-rocks

L'analyse pétrographique des échantillons macroscopiques et des lames minces, montre que les beach-rocks sont constitués de sédiments détritiques sableux consolidés. Ce sont donc des grains de sable consolidés dont

les constituants détritiques ont une granulométrie comprise entre 2 mm et 63 μm , c'est à dire des roches exogènes sédimentaires de la classe des arénites. Ils se composent d'une fraction granulaire et fine. La fraction granulaire (les gains) est représentée par des espèces minérales et bioclastiques (débris organiques). Selon [21], les sédiments sableux sont le plus souvent accompagnés de débris organiques. La fraction fine constitue le ciment qui uni les grains sableux. Ces formations gréseuses montrent d'une part, une fraction granulaire et d'autre part, une matière interstitielle qui réunit les grains, dénommé liant ou ciment. La structure de ces grès se présente comme des grains détritiques sableux figurés (grains figurés) dans un ciment formé par la précipitation de minéraux autigènes liant les éléments constitutifs [20]. Les éléments figurés sont de taille variable. Les *beach-rocks* du Ghana ont donc une texture hétérogranulaire. La matrice intergranulaire représente la phase déritique la plus fine occupant les interstices entre les grains [22]. Les grès sont donc caractérisés d'abord par la dimension de leurs grains ensuite par la nature des constituants et enfin par la forme des grains. Ces caractères contribuent à la connaissance de l'origine et de la genèse du sédiment, car ils sont fonction de la durée et du mode de transport [20]. Ils renferment également des cavités qui définissent leur porosité.

Tableau 3 : Propriétés physiques des *beach-rocks* calcaires du Ghana

Propriétés	Description
Aspect	Consolidé
Texture	Granulaire, hétérogranulaire
Couleur	Grise
Minéralogie	Quartz et feldspath
Test à l'Hcl	Positive
Ciment	Calcaire
Famille	Exogène
Groupe	Sédimentaire déritique
Classe	Arénite

3-1-2. Minéralogie des constituants

La minéralogie des éléments figurés en observation macroscopique présente une prédominance de quartz. Ils sont d'ailleurs les seuls identifiables en macroscopie contrairement aux feldspaths qui sont difficilement déterminables. Les grains de quartz sont figurés dans un ciment de couleur grise faisant effervescence à l'acide chlorhydrique. Ce qui implique que le ciment est formé de minéraux carbonatés constitués de calcite. C'est par conséquent un ciment de nature calcaire. La cimentation des *beach-rocks* s'est faite par une précipitation de la calcite. Les études de [1] le confirment. Selon lui, la cimentation des sédiments des *beach-rocks* s'est réalisée par la recristallisation de la calcite. L'analyse minéralogique en microscopie (**Figure 5**) montre que les *beach-rocks* sont composés de quartz, feldspath, muscovite, calcite, chlorite, olivine et des fragments de roche ou lithiques. Le quartz est le plus abondant et présente quelques fois des extinctions roulantes ou onduleuses. Les feldspaths sont composés d'orthose, de plagioclase, d'albite et de microcline [10]. D'après [21] du point de vue minéralogique, le quartz, en raison de sa résistance à l'altération, est le constituant le plus fréquent des grès et en représente le minéral essentiel. Outre ce minéral, les grès contiennent souvent des grains de feldspath, de micas, de fragments de roches et aussi des minéraux argileux. Les grains de feldspath et de micas sont le plus souvent altérés et moins abondants. Les grès comptent aussi dans leur minéralogie, des minéraux ferromagnésiens notamment les olivines. Les minéraux essentiels sont les feldspaths et surtout le quartz. En somme le contenu minéralogique des grès dépend de la provenance des détritiques sableux et aussi de la durée du transport. La présence de feldspath dans un grès atteste un transport de courte durée par contre un grès constitué essentiellement de grains de quartz arrondis

montre un long transport. Les grès du Ghana ont un ciment calcaire. Il s'agit des *beach-rocks* calcaires d'âge quaternaire confirmé par les études de [1 - 4]. Les *beach-rocks* se caractérisent par une abondance de quartz qui est un caractère particulier pour les grès en général car le quartz, presque inaltérable, est le minéral essentiel des formations gréseuses à cause de sa dureté et de sa résistance au phénomène du transport. La pétrographie des *beach-rocks* du Ghana concorde avec celle déterminée par [1, 11 - 13], sur la nature sableuse des sédiments à prédominance quartzreuse, la présence de débris d'organisme et sur le ciment calcaire.

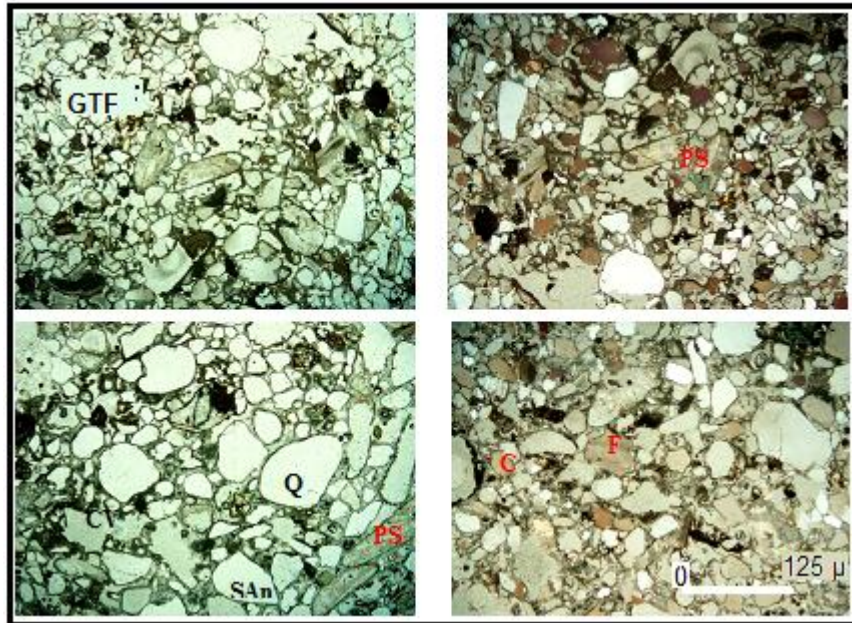


Figure 5 : *Microfaciès des beach-rocks à ciment calcaire du Ghana (G x 20) : Quartz (Q), Feldspath (F), Phénomène de Pseudomorphose (PS), Grains très fins (GTF)*

3-1-3. Classification pétrographique des beach-rocks

Les analyses minéralogiques des *beach-rocks* du Ghana montrent que les espèces minérales sont constituées par ordre d'abondance de quartz, de feldspath et de lithite. Ils contiennent, en prédominance du quartz avec une proportion de 70 p.c, des feldspaths à 20 p.c et des lithites à 10 p.c. Dans les classifications de [17, 18] les lithites regroupent les fragments de roche, les minéraux de muscovite, d'olivine et de chlorite. Le feldspath est moins abondant par rapport au quartz mais ils ont une proportion importante de 20 pc. Les *beach-rocks* du Ghana sont donc des grès riches en feldspaths. Il s'agit des arkoses dans la classification de [16] et des subarkoses dans le diagramme de [17] (**Figure 6**). Ils contiennent aussi des feldspaths donc des arénites arkosiques. Le quartz est le minéral prépondérant des grès. Aussi, ces formations à prédominance de quartz contenant une quantité importante de feldspath, sont des arkoses. Ces caractères pétrographiques sont décrits par [21, 23] qui présentent les arkoses comme des grès riches en feldspath. La classification de [15] les associe aux grès feldspatho-quartzueux à ciment calcaire.

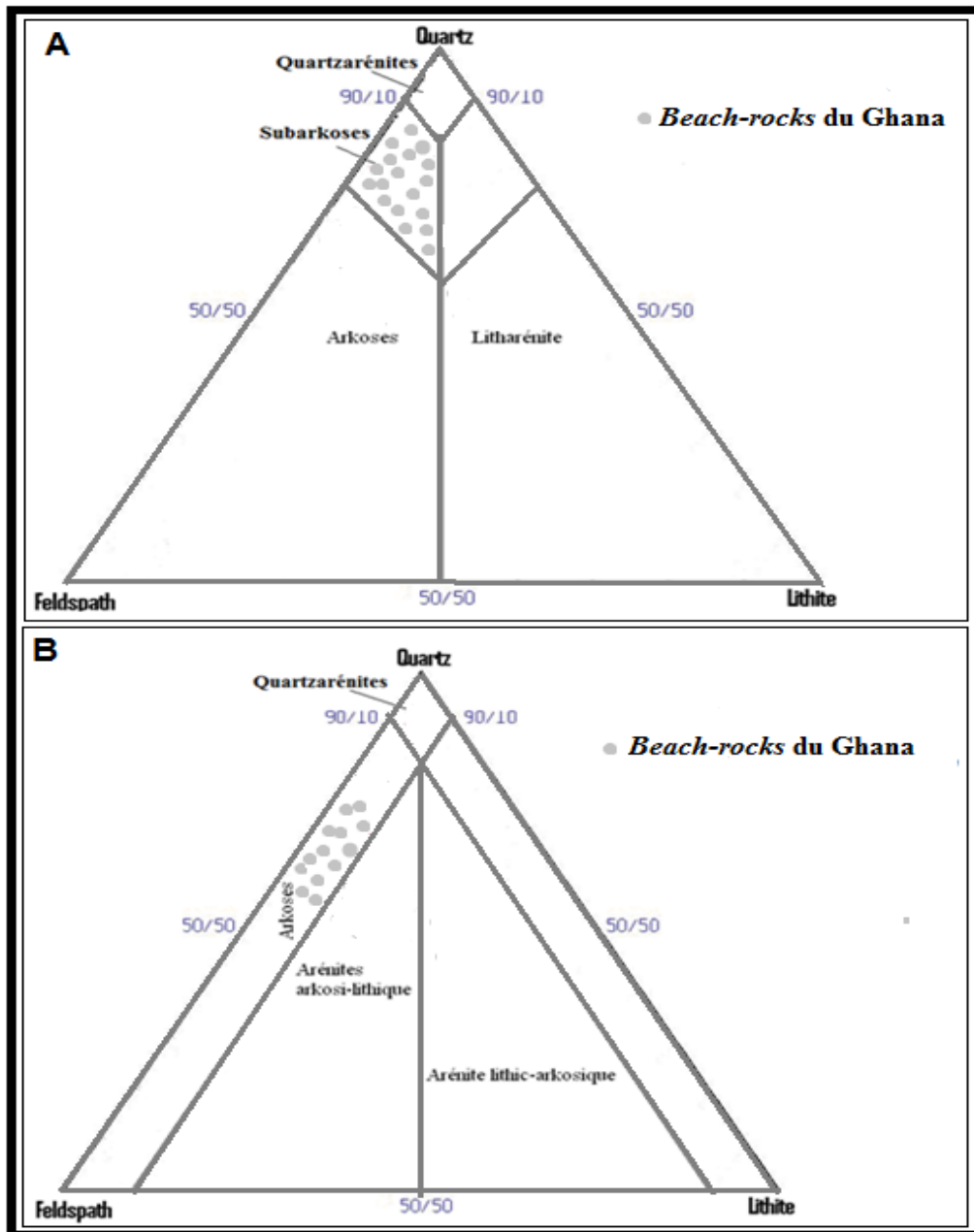


Figure 6 : Classification des bancs de grès et beach-rocks de la Côte d'Ivoire

A : Bancs de grès et beach-rocks ivoiriens dans le diagramme de [17] ; B : Bancs de grès et beach-rocks ivoiriens dans le diagramme de [18]

3-2. Analyse sédimentologique

3-2-1. Aspect, taille et forme des grains

L'aspect des grains des sédiments consolidés constitue un caractère de détermination de leur mode de transport, origine et milieu de dépôt. Les roches présentent un aspect d'éléments détritiques sableux parsemés de cavités. Les grains se présentent en général sous forme monocristalline avec quelques grains polycristallins. Consolidés par un ciment, les grains ne sont pas jointifs. Ils sont unis par un ciment. Cela confère à ces grès, une texture réticulée car il n'y a pas de lien apparent entre eux. Seuls les cristaux des

grains polycristallins sont directement unis entre eux par le remplacement du ciment par la silice, donnant un aspect imbriqué. C'est la recristallisation des grains monocristallins en grains polycristallins avec modification de l'habitus des cristaux et de la nature du ciment. Ce qui conduit la substitution du ciment (épigénie) par la silice. Ces particules présentent une surface propre et un éclat vif. Ces grès renferment des bioclastes. La structure de la roche permet de distinguer des cavités intergranulaires de forme et de taille variable qui définissent leur porosité et perméabilité. Les grès sont caractérisés par la taille et par la forme des grains. Ces caractères permettent de se faire une idée sur l'origine et de la genèse du sédiment consolidé car ils sont fonction du mode et de la durée du transport [20]. Les grains des *beach-rocks* sont de taille variable classée en trois générations granulométriques qui sont les grains grossiers (rares), les grains moyens (abondants) et les grains fins. L'analyse morphoscopique complète l'analyse granulométrique par l'étude de la forme des grains. Les constituants des grès apparaissent sous des formes variables selon l'origine du sable. Les grains sont dans l'ensemble anguleux et subanguleux avec quelques particules subarrondies. On note que les arénites arkosiques du bassin sédimentaire ghanéen sont en majorité formés de sédiments dont les grains de forme anguleuse, subanguleuse et subarrondie. D'après [21] les arkoses présentent des grains typiquement de forme anguleuse à subarrondie.

3-2-2. Provenance des sédiments consolidés

Les extinctions roulantes ou onduleuses que présentent par moment les cristaux de quartz supposeraient que ces éléments ont subi une déformation. Toutefois ces grains sont dispersés dans toutes les lames sans obéir à aucune direction. Les grès n'ont donc pas subi de déformation. Cependant ces différents éléments de déformation (les grains de quartz à extinction roulante) sont des matériaux résultants de la désagrégation de roches métamorphiques. Les grains de quartz dépourvus d'extinction onduleuse, sont d'origine magmatique. Les sédiments consolidés proviennent donc des roches continentales. Les beach-rocks d'Accra sont donc des grès arkosiques provenant de l'altération et de l'érosion des roches préexistantes (**Figure 7**). [21] montre que les arkoses sont des produits de désagrégation incomplète des roches ignées acides et métamorphiques notamment les granites et les gneiss. Les bassins côtiers sont superficiellement comblés par des sédiments d'origine continentale [24] dont la mise en place s'est effectuée dans des sites fluvio-lagunaires.

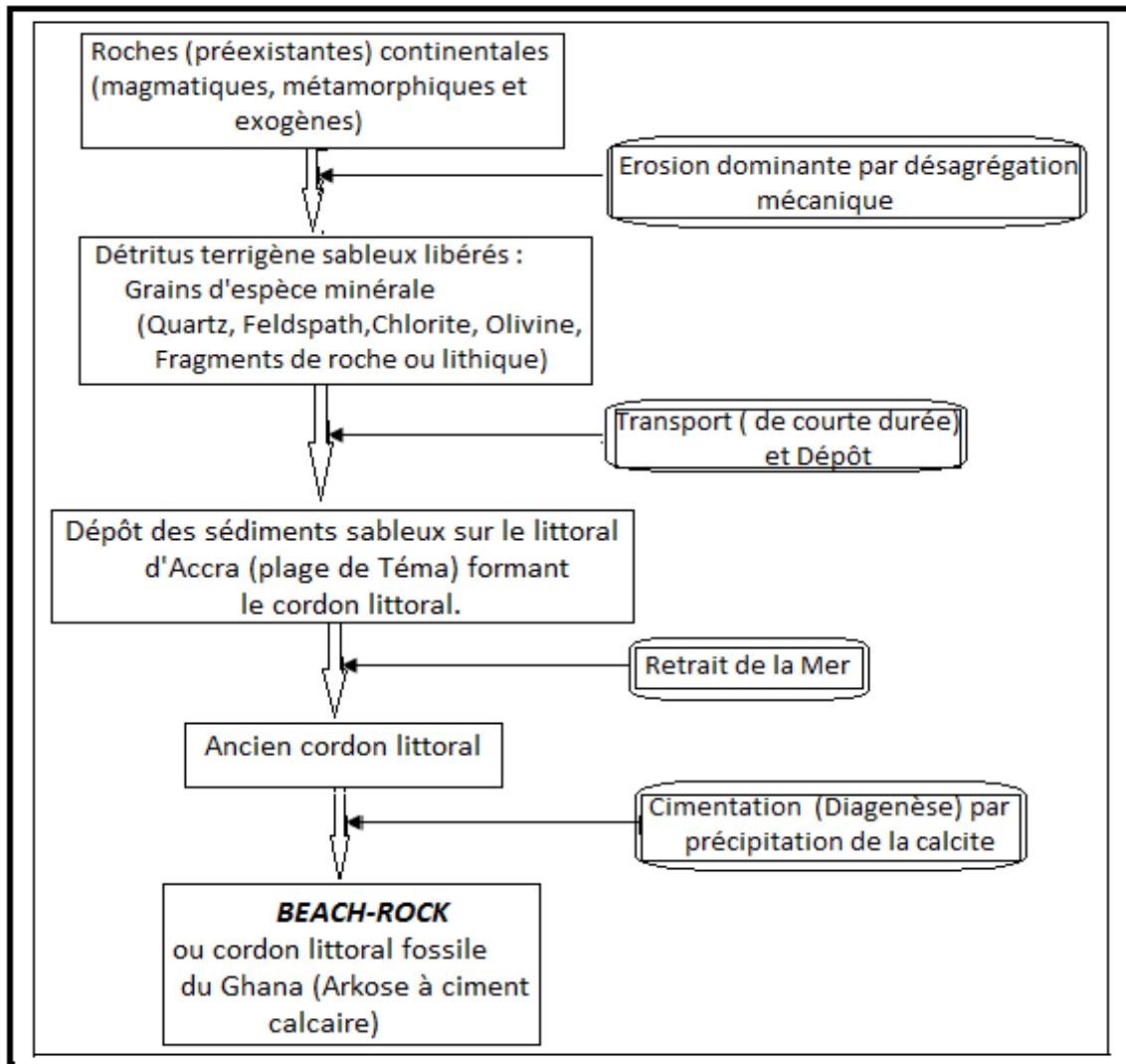


Figure 7 : Provenance et formation des beach-rocks d'Accra au Ghana

3-2-3. Action du transport sur les particules

Les grains de quartz sont prédominants par rapport aux feldspaths (moins abondants). C'est une sélection minéralogique effectuée au cours du transport en fonction de la résistance des différents minéraux. Au cours de leur déplacement surtout par l'eau, les particules sableuses sont toujours soumises aux actions destructives de l'altération. Il effectue alors une sélection minéralogique et mécanique des éléments transportés. Les particules les plus durs comme les grains de quartz résistent plus aux collisions du transport que les éléments altérables et fragiles comme le feldspath. Les grains de feldspaths se détruisent facilement au cours de leur déplacement sous l'effet mécanique du transport [9 - 13]. Ce phénomène explique la prédominance du quartz et la faible quantité des autres minéraux. De plus, le phénomène de transport influe également sur la forme des particules sédimentaires car il exerce sur elles une action mécanique d'usure causée par les chocs entre elles [20]. Ainsi, les particules sédimentaires des *beach-rocks* sont en général de forme anguleuse et subanguleuse. Cependant, il subsiste quelques éléments subarrondis. Les particules anguleuses sont non-usées et ont conservé leur forme originelle. Les éléments subanguleux ont le même aspect que les non-usés mais leurs parties saillantes présentent un début d'usure. Les grains de forme subarrondie ont moyennement subi cet effet mécanique d'usure au cours du transport. Les deux mécanismes peuvent témoigner par conséquent de la durée du transport.

3-2-4. Mode et durée du transport

Les sédiments ont subi une sélection minéralogique conduisant à une répartition inégale des minéraux en éliminant la fraction boueuse au cours du transport. Cette sélection minéralogique du transport des sédiments laisse ainsi leur surface propre et leur éclat vif. Ils sont donc transportés par un mode aqueux (par l'eau) fluvio-lagunaire. La durée du transport des sédiments se détermine par l'analyse de l'action sélective des minéraux et l'effet mécanique d'usure sur la forme des particules au cours de leur déplacement [25]. Ainsi les gains de feldspath facilement altérables et fragiles aux effets mécaniques du transport, subsistent en quantité importante dans les sédiments consolidés malgré la prédominance des grains de quartz. Par ailleurs les éléments sont caractérisés par des formes anguleuses, subanguleuses et quelques grains subarrondis. De forme généralement anguleuse, les sédiments consolidés n'ont pas subi une action mécanique d'usure au cours du phénomène de transport. Ils ne présentent pas normalement de trace d'usure et ont conservé leur forme originelle en demeurant toujours anguleux. Les éléments consolidés subanguleux ne montrent qu'un début d'usure à l'issue de leur déplacement. Ce sont seulement quelques grains subarrondis qui sont moyennement usés au cours du transport. La présence très marquée de feldspath et de ces éléments sédimentaires généralement anguleux et subanguleux montre que les *beach-rocks* d'Accra ont subi un mode aqueux et une courte durée de transport.

3-2-5. Environnement de dépôt

Les particules sableuses consolidées formant les *beach-rocks* sont issues des roches de la croûte continentale. En effet les roches préexistantes pourvoyeuses des sédiments consolidés, ont tout d'abord subi une altération mécanique par désagrégation. Ensuite, les débris sableux issus de cette altération, sont transportés par un mode aqueux (par l'eau) fluvio-lagunaire. Ils sont alors déposés dans un milieu de sédimentation qu'est l'environnement de dépôt actuel contenant des débris organiques et végétaux (bioclastes). Ces sédiments sableux constituant les *beach-rocks* ont par la suite subi une cimentation par la précipitation des minéraux autigènes de calcite. Les minéraux autigènes sont des minéraux contenus dans le milieu de dépôt ou de sédimentation. Tous ces caractères sédimentologiques montrent que les *beach-rocks* du Ghana sont formés dans le système marin précisément dans le littoral (zone tidale) à Accra. Ils ont donc un environnement de dépôt de type tidal.

3-2-6. Évolution diagénétique et Maturité des grès

La diagenèse est l'ensemble des processus qui affectent un dépôt sédimentaire et le transforment progressivement en roche sédimentaire. L'analyse de la diagenèse permet de connaître l'histoire post-sédimentaire du sédiment et de la roche ainsi que l'évolution de sa porosité et de sa perméabilité. Le phénomène de la diagenèse peut évoluer vers un stade ultime appelé diagenèse tardive ou avancée. Elle aboutit à une cimentation complète et à une réaction intergranulaire avec ou sans néoformation de minéraux. On a une recristallisation avec modification de l'habitus des cristaux et de la nature du ciment. Ce qui peut conduire à une substitution du ciment (épigénie). Ainsi les *beach-rocks* ont subi une diagenèse avancée traduite par les phénomènes de pseudomorphose et de recristallisation. En effet, la présence des éléments polycristallins résulterait de la recristallisation de certains grains monocristallins. De plus, Certains grains de plagioclase ont subi un phénomène de pseudomorphose qui les a transformés en calcite. L'altération pseudomorphique se définit comme étant la dissolution d'un minéral et qui se substitue par la néoformation d'un autre minéral [20]. Par ailleurs, la cimentation des sédiments sableux atteint un stade ultime où le ciment calcaire se présente sous forme de petits cristaux appelés micro-sparite. On dit que le ciment calcaire est recristallisé et traduit aussi une diagenèse avancée qui détermine la maturité des grès. En outre, la proportion des grains constitutifs des grès prédominent par rapport à celle de la composante de la matrice et du ciment.

Ces proportions ont été quantifiées dans le diagramme de [19] avec 75 pc de grains, 20 p.c de ciment et 5 p.c de matrice (**Figure 8**). Les grès sont donc matures car ils sont classés au pôle « grains » du diagramme de dispersion. Le degré de maturité des grès accroît quand l'on évolue dans le diagramme du pôle « ciment » vers le pôle « grain ». Les constituants stables, plus résistants (grains de quartz) prédominent par rapport aux minéraux instables et fragiles (grains de feldspath et de mica). Cela s'expliquerait par la disparition progressive de ces espèces minérales labiles et l'élimination de la fraction argileuse [26]. Tous ces caractères sédimentologiques montre que les *beach-rocks* d'Accra sont matures.

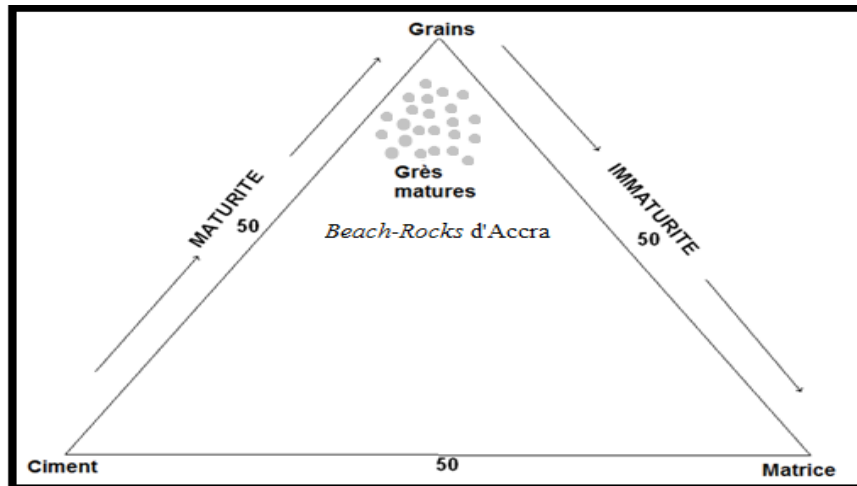


Figure 8 : Maturité des *beach-rocks* à ciment calcaire du Ghana

3-3. Caractères petro-sédimentaires des *beach-rocks* du Ghana

Les *beach-rocks* du Ghana sont constitués de sables terrigènes consolidés par un ciment calcaire. En effet, ces sédiments sableux proviennent de la désagrégation des roches continentales. Ils sont charriés par les cours d'eau fluvio-lagunaires et transportés sur une courte durée. Ces sédiments sableux sont déposés dans le littoral à Accra (plage de Téma). Renfermant des bioclastes, ces sables ont été consolidés par la précipitation de la calcite pour former des grès arkosiques à ciment calcaire. Le **Tableau 4** fait la synthèse des analyses des caractères pétrographiques et sédimentologiques de ces *beach-rocks*.

Tableau 4 : Caractères petro-sédimentaires des *beach-rocks* du Ghana

Pétrographie	Nature des constituants	Grains détritiques sableux, espèces minérales, ciment, cavités, bioclastes, pellet, fragments de roche
	Minéralogie	Quartz, feldspath (albite, plagioclase, orthose microcline) mica, calcite
	Nature du ciment	calcaire
	Classification	Arénites arkosiques Grès feldspatho-quartzeux à ciment calcaire
Sédimentologie	Aspect des grains	Monocristallins, polycristallins, consolidés texture réticulée et structure dispersée,
	Taille des grains	Très fins, fins, moyens, grossiers
	Forme des grains	Anguleux, subanguleux, subarrondis,
	Classement	Modéré
	Ciment	Cristallisé au stade de micro-sparite
Synthèse	Sédiments sableux à caractères continentaux transportés par les cours d'eau sur une courte durée, déposés dans le littoral à Accra (plage de labadi, Téma) et consolidés par un ciment calcaire pour former des grès arkosiques matures.	

3-4. Comparaison des *beach-rocks* de la Côte d'Ivoire et du Ghana

Les *Beach-rocks* du Ghana présentent en macroscopie et microscopie, une configuration similaire ou le même aspect que ceux du plateau continental ivoirien. Les *beach-rocks* du Ghana et de la Côte d'Ivoire sont tous deux des sables consolidés, constitués d'éléments figurés dans un ciment et parsemés de cavités intragranulaires. Les éléments figurés sont constitués d'espèces minérales et de bioclastes (débris organiques). *Beach-rocks* sont des cordons littoraux fossiles donc des grès appartenant aux formations d'âge quaternaire. On les rencontre sur le littoral au Ghana par contre, ils sont localisés dans le plateau continental en Côte d'Ivoire. Au Ghana, les *beach-rocks* contiennent dans leur minéralogie (*Figure 9*) une prédominance de quartz et une importante quantité de feldspath (l'albite, le plagioclase, l'orthose et le microcline). Leur classification pétrographique définit des arkoses à ciment calcaire (*Figure 11*) issus d'un transport aqueux de courte durée [10]. Les études de [11 - 13] présentent les *beach-rocks* du plateau continental de la Côte d'Ivoire comme des quartzarénites à cause de leur abondance en quartz et faible quantité de feldspath (*Figure 10*). Ils ont un ciment de nature ferrugineuse (*Figure 11*). Toutefois, le ciment ferrugineux s'est substitué par endroit par un ciment carbonaté. Les *beach-rocks*, contrairement à ceux du Ghana ont subi un long transport fluvio-lagunaire. Les *beach-rocks* du Golfe de Guinée (Ghana, Côte d'Ivoire, Togo, etc.) sont comparables aux « arréfices » du plateau continental brésilien décrit par [1] quant à la nature sableuse à prédominance quartzreuse, la présence de débris d'organismes et la nature calcaire du ciment. Le *Tableau 5* fait une brève comparaison des caractères pétro-sédimentaires des *beach-rocks* du Ghana et de la Côte d'Ivoire.

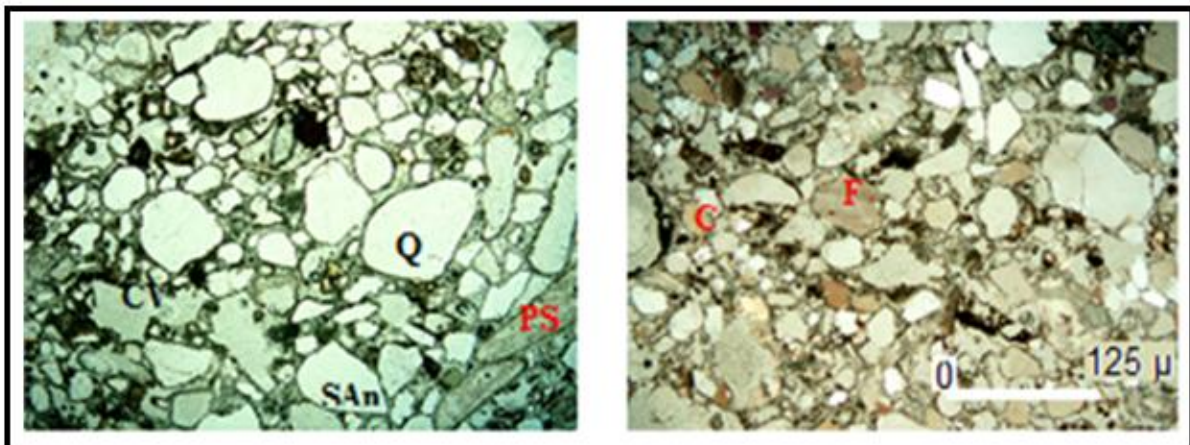


Figure 9 : *Microfaciès des beach-rocks du littoral d'Accra (Ghana)*

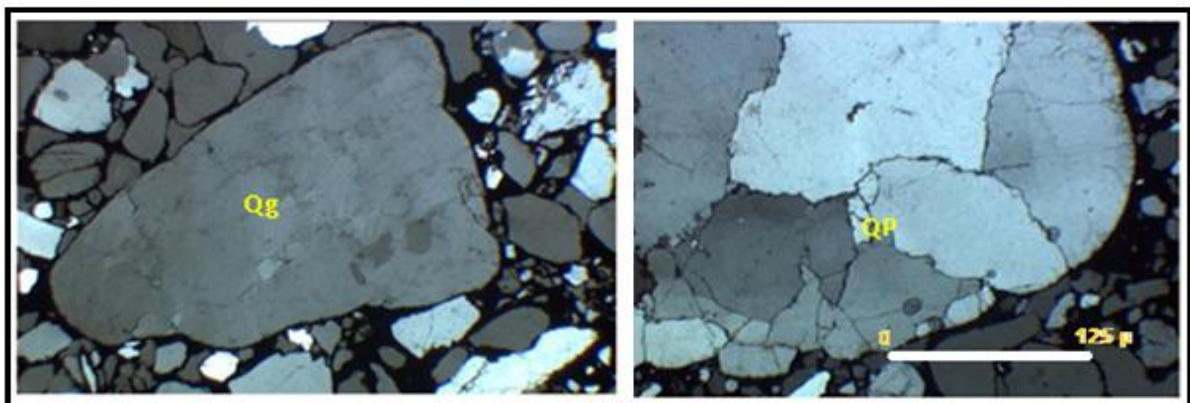


Figure 10 : *Microfaciès des beach-rocks du plateau continental de la Côte d'Ivoire*

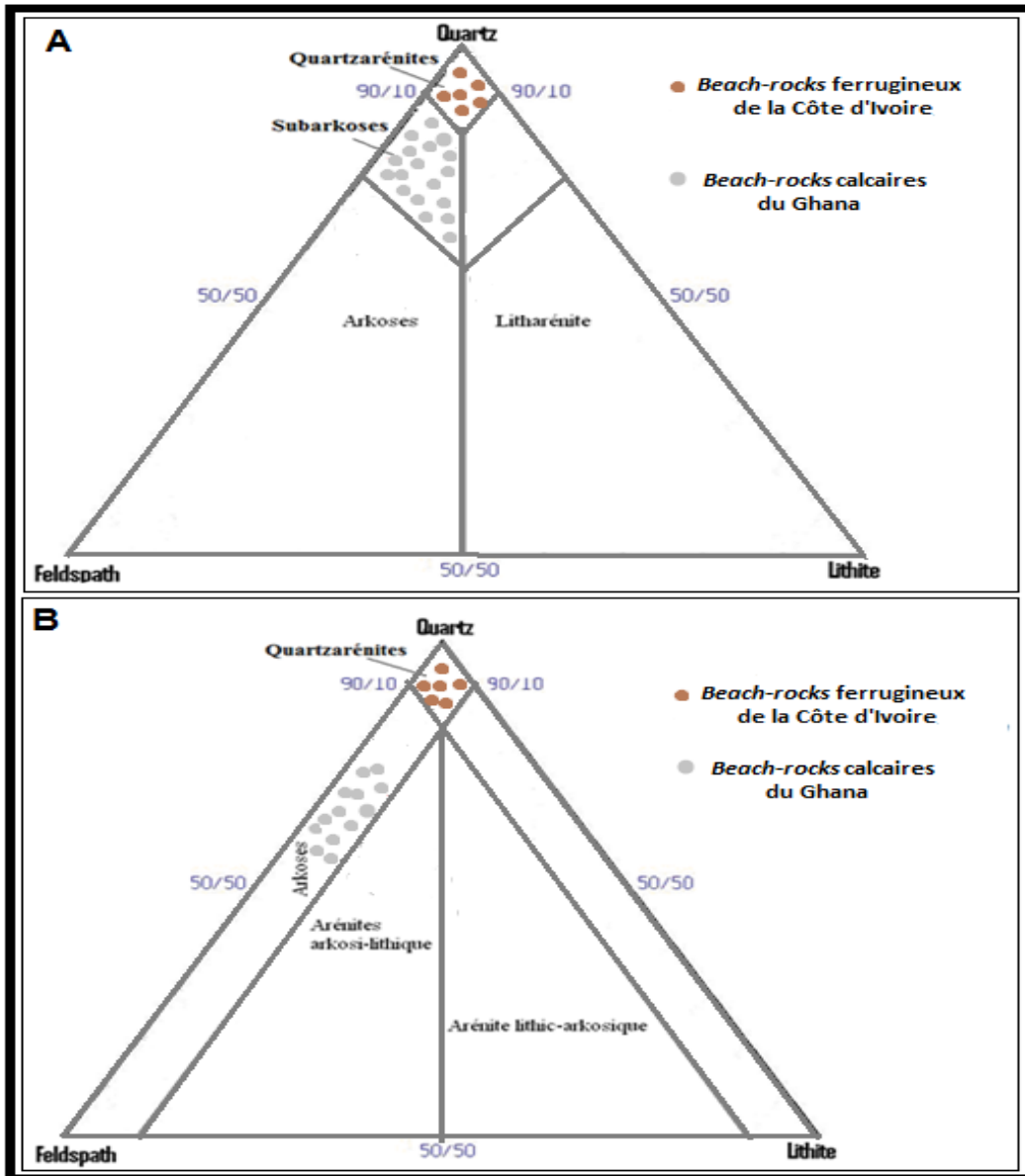


Figure 11 : Beach-rocks ivoiriens et Ghanéens dans le diagramme

Tableau 5 : Comparaison pétro-sédimentaires des beach-rocks de la Côte d'Ivoire et du Ghana

Beach-rocks Pays	Environnement de dépôt	Age	Minéralogie	Ciment	Classification	Sédimentologie
Côte d'Ivoire	Offshore Plateau continental	Beach-rocks Quaternaire	Quartz, feldspath Opale, muscovite	Ferrugineux en partie carbonaté	Quartzarénites	Sédiments subanguleux à arrondis, fins à très grossiers, continentaux et matures. Transport fluvial long
		Beach-rocks Quaternaire	Quartz, feldspath (microcline, albite, plagioclase), Muscovite, olivine, biotite, calcite, chlorite	Calcaire	Arkoses	Sédiments anguleux à subanguleux, fins à grossiers d'origine continentale et matures. Transport fluvial court
Ghana	Littoral					

4. Conclusion

Les études pétro-sédimentaires montrent du point de vu constitutionnel que les *beach-rocks* du littoral ghanéen (Accra précisément à Téma) sont constitués d'une fraction granulaire (éléments figurés) faite de minéraux, d'un ciment et des cavités. Les minéraux sont composés d'une prédominance de quartz, une importante quantité de feldspath (l'albite, le plagioclase, l'orthose et le microcline), d'une faible quantité de chlorite, de muscovite, de biotite, d'olivine et de la calcite. Ce sont des arénites arkosiques ou des grès feldspatho-quartzueux à ciment calcaire. La caractérisation sédimentologique révèle que les sédiments des *beach-rocks* sont des sables terrigènes issus de l'altération par désagrégation des roches d'origine continentale (roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires). Ils ont été déposés à l'issue d'une érosion et d'un transport aqueux fluvio-lagunaire de courte durée sur le littoral d'Accra au Ghana. Le transport aqueux de courte durée des sédiments est traduit par leur forme généralement anguleuse, importance en feldspath et leur surface propre avec un éclat vif. Ces sables formant le cordon littoral, sont consolidés au cours de la diagenèse, par la cimentation au moyen de la précipitation des minéraux authigènes de la calcite. Ces processus subis par les sédiments conduisent à la formation des *beach-rocks* d'âge quaternaire ou cordons littoraux fossiles du Ghana. Ces grès ont subi une diagenèse avancée traduite par des phénomènes de :

- recristallisation définit par la transformation des grains de quartz monocristallins en grains de quartz polycristallins ;
- l'altération pseudomorphique des plagioclases qui se sont substitués par néoformation de la calcite.

Ces caractéristiques montrent par conséquent que les *beach-rocks* du Ghana sont matures. Présentant des cavités, ils sont poreux et perméables. Les *beach-rocks* du plateau continental de la Côte d'Ivoire sont essentiellement des quartzarénites. Ce sont des grès quartzueux à ciment ferrugineux et carbonaté. Les sédiments 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.

Références

- [1] - F. OTTMANN, Une hypothèse sur l'origine des aréfces du Nord-Est brésilien, *C.R., Som. Soc. Géol. Fr., Fasc.*, 7 (1960) 175 - 176
- [2] - J. P. TASTET, Quelques considérations sur la classification des côtes. La morphologie côtière ivoirienne. *Ann. Abidjan, (C), VIII, 2* (1972) 135 - 162
- [3] - 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.
- [4] - S. MONDE et AKA, Analyse sédimentologique et paléoenvironnement des sédiments superficiels des ensembles morphobathymétriques du plateau continental de Côte d'Ivoire. *Africa Géosciences Review*, Vol. 8, N°4 (2001) 413 - 423
- [5] - A. BLIVI, Contribution à l'échelle géomorphologique du littoral du Togo, Mém. de Maîtrise – Université du Bénin, (1985) 166 p.
- [6] - G. ROSSI, Synthèse sur l'érosion du littoral dans le golfe de Bénin. *in* actes du colloque érosion côtière Lomé, 19-22 Septembre, (1988) 167 p.
- [7] - L. C. H. F., Influence du *beach-rock* sur la stabilisation d'un profil de plage. Essais en Laboratoire. Ministère de l'équipement et des transports, Projet Erosion côtière, R.P.B., (1988) 11 p.

- [8] - 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.
- [9] - A. C. AKOBE, A. S. COULIBALY, A. V. WOGNIN, S. MONDE, K. AKA, 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
- [10] - 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 unique, Université Felix Houphouët Boigny Abidjan, (2010) 167 p.
- [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] - S. MONDE, A. AKOBE COLETTE, 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
- [13] - 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.
- [14] - R. MUFF and E. EFFA, Explanatory notes for the geological map for urban planning 1/50000 of Greater Accra Metropolitan area, (2006) 38 p.
- [15] - A. CAILLEUX, Distinction des sables marins et fluviaux. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5 XV (1947) 375 - 404
- [16] - R. H. DOTT, Wacke, greywacke and matrix - what approach to immature sandstone classification. *J. Sedim. Petrol.*, 34 (1964) 625 - 635
- [17] - F. J. PETTIJOHN, P. E. POTTER and R. SIEVER, Sand and sandstone. Springer Edition, New York, Heidelberg, Berlin, Planification. Vol. 1. Manuel de cours. (1972) 618 p.
- [18] - P. J. C. NAGTEGAAL, Sandstone-framework instability as a function of burial diagenesis. *Journal of geological Society*. London, 135 (1978) 101 - 105
- [19] - W. R. DICKINSON and C. A. SUCZEK, Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bulletin* v. 63, (1979) 2164 - 2182 p.
- [20] - E. SAAIDI, Classification des roches sédimentaire in *Traité de sédimentologie: Pétrographie environnements sédimentaires. Édition, Afrique orient*, (1991) 61 - 115 p.
- [21] - R. C. SELLEY, An introduction to sedimentologie. U.S. Edition published Academic Press Inc. (London), (1976) 408 p.
- [22] - 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)
- [23] - H. FÜCHTBAUER, Sediments and sedimentary rocks 1. *Sedimentary Petrology Part II* by Engelardt W. V., Füchtbauer H., Müller G. Second revised and enlarged edition, with, (1974) 46
- [24] - N. LENEUF, Le continental terminal. Contribution à l'établissement de la notice explicative de la carte géologique au 1/1.000.000 de la Côte d'Ivoire. Université d'Abidjan-Sodemi, Rapp. Sodemi, 204 (1968) 37 p.
- [25] - A. C. AKOBE, E. M. AMANI, M. TOURE, S. MONDE, K. AKA et Kouadio AFFIAN, Étude comparative des caractères pétro-sédimentaires des grès du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 31 (2018) 138 - 160
- [26] - R. L. FOLK, Stages of textural maturity in sedimentary rocks. *J. Sedim. Petrol.*, 21 (1951) 127 - 130