OFFICE MAURITANIEN DES RECHERCHES GEOLOGIQUES OMRG

Rapport de Mission de Reconnaissance sur l'Évaluation des Ressources Exploitables de Calcaire et de Kaolin

dans
le Bassin Cotîer (secteurs de Nouadhibou et de Kaédi),
la Chaîne des Mauritanides (secteur de HassiAbyad) et
le Bassin de Taoudenni (secteur d'Atar)

Projet « Soutien à la Diversification du Secteur Minier Mauritanien »

LIMAM Emanetoullah
BA Oumar
MOHAMED Abdellahi Mohamedhen
DIRK Küster

Mars 2017

SOMMAIRE :

I- Introduction **3**

II- Cadre géologique **4**

II-1- Bassin côtier **5**
II-1-a- Calcaires du secteur de Nouadhibou **6**
II-1-b- Calcaires et kaolins du secteur de Kaédi **7**

II-2- La chaine des Mauritanides **7**
II-2-a- Kaolins du secteur de Hassi Abiod **8**

II-3- Bassin de Taoudéni **9**
II-3-a- Calcaires du secteur d'Atar **10**

III – Résultats **10**

III-1- Les Calcaires **10**

III-2- Les Kaolins **11**

IV -Recommandations **12**

Bibliographie **13**

Annexe **14**

Introduction

L'industrie minière en Mauritanie est marquée par une grande vulnérabilité. Le secteur minier est avant tout axé sur l'extraction de minerai de fer, qui est principalement assurée par la Société Nationale Industrielle et Minière (SNIM). Le gouvernement mauritanien a commencé à diversifier le secteur en y incluant l'exploitation des minerais d'or et de cuivre, mais il n'est pas encore parvenu à profiter du développement positif du secteur minier pour une croissance inclusive. Les emplois font défaut notamment dans l'industrie de la transformation des matières premières et de la sous-traitance. Dans ce contexte, les ressources naturelles non métalliques (p.ex. matières premières de la construction, phosphate, tourbe et autres) affichent un potentiel prometteur en termes de diversification renforcée du secteur, mais aussi pour l'établissement de chaînes de création de valeur en Mauritanie.

Le projet de la Coopération Allemande « **Soutien à la Diversification du Secteur Minier Mauritanien** (**DSMM**) » fait partie du Programme « **Appui au Secteur Extractif de la Mauritanie** (**ASEM**) », qui a été établi d'un commun accord entre les gouvernements de la République Fédérale d'Allemagne et de la République Islamique de Mauritanie. L'opérateur du projet (le maître d'œuvre) est le Ministère du Pétrole de l'Energie et des Mines (MPEM) agissant par l'intermédiaire de l'Office Mauritanien des Recherches Géologiques (OMRG, représentant du maitre d'œuvre). Du côté allemand, le projet est réalisé par l'Institut fédéral de Géosciences et de Ressources Naturelles (BGR).

Le projet **« Soutien à la diversification du secteur minier mauritanien** » a pour objectif de renforcer et de consolider les capacités techniques de l'OMRG) et de favoriser ainsi un secteur minier diversifié. Une des méthodes centrales du projet est un développement systématique des capacités (*Capacity Development*). Cela permettra à l'OMRG de produire des informations de très grande qualité d'un point de vue géo-scientifique et économique, ainsi que leur préparation et diffusion auprès des investisseurs potentiels. Cette mesure entraînera une amélioration des bases de planification et de décision pour la gestion du secteur minier dans l'esprit d'un développement durable et étendu.

Dans le cadre du projet, et suite à un atelier organisé par BGR et OMRG dans le but d'identifier des substances minérales non métalliques pour une évaluation détaillée, deux substances (Calcaire et Kaolin) ont été retenus. **Le calcaire** est la ressource minérale principale pour la production du ciment (c.-à-d. ciment Portland). Cette utilisation est la plus importante dans le contexte mauritanien, bien que le calcaire puisse être utile dans beaucoup des autres applications. **Le kaolin** est une argile blanche, soit un matériau meuble composé principalement en minéral kaolinite (un silicate d'aluminium hydraté), mais avec d'autres minéraux clastiques comme impureté. La kaolinite est indispensable dans la fabrication de la porcelaine et très utile dans la fabrication d'autres céramiques. En plus, la kaolinite est utilisée comme matériel de remplissage minérale dans les industries du papier, de la peinture, de la cosmétique et autres**.**

Trois missions de reconnaissance ont été effectuées par les géologues de l'OMRG et le géologue de la BGR. Le secteur de NOUADHIBOU et ATAR pour le calcaire, le secteur de KAEDI et HASSI ABYAD pour le calcaire et le kaolin. Les secteurs ont été choisis selon les informations géologiques préexistantes et représentent les régions les plus prometteuses pour la découverte des gisements exploitables de calcaire et de kaolin. Les trois missions de reconnaissance se sont déroulées dans la période du 03 octobre 2016 au 19 novembre 2016.

L'objectif de ces missions était de couvrir les secteurs concernés en prélevant des échantillonnages des roches, notamment les facies carbonaté et kaolinitiques et d'identifier les gisements de calcaire et de kaolin les plus prometteuses pour une future mise en exploitation. Les analyses des échantillons ont été effectuées aux laboratoires géochimiques et minéralogiques de la BGR (Hanovre) et d'ALS (Loughrea, Irlande) au cours des mois de décembre 2016 et janvier 2017.

I- Cadre géologique

Du point de vu géologique, on distingue quatre grands ensembles géologiques en Mauritanie: (i) le bouclier de Rgueibat, partie soulevée du socle cratonique qui affleure sur une grande région de la Mauritanie septentrionale et dans les pays voisins : Sahara occidental, Maroc et Algérie, (ii) la séquence sédimentaire du bassin de Taoudéni, qui couvre la moitié du craton, (iii) la ceinture poly-orogénique Mauritanide, qui avec les contiguës orogènes Rokelide et Bassarides, borde la marge occidentale du craton, et (iv) le bassin côtier sénégalo-mauritanien. Les trois unités géologiques ciblées par le présent projet couvrent le bassin côtier (secteur de NOUADHIBOU et KAEDI), la chaine des Mauritanides (secteur de HASSI ABYAD), et le bassin de Taoudéni (secteur d'ATAR).

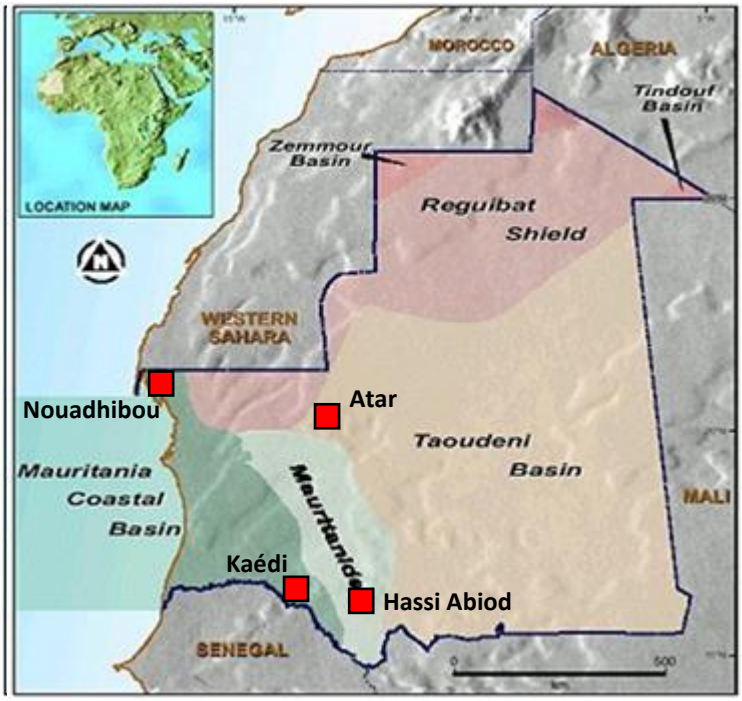

Fig.1 : Carte des grands ensembles géologiques et la localisation des secteurs investigés.

II-1- Bassin côtier :

Les secteurs de Nouadhibou et de Kaédi, appartiennent au **bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien** dû à un important golf crétacé-tertiaire. Le bassin côtier sénégalo-mauritanien atteint jusqu'à 300 km de large et s'étend sur une région de plus de 160.000 km², dont 100.000 km² sont offshore. Ce bassin s'est développé au cours du Permo-Trias le long de la marge continentale occidentale passive en distension durant l'époque d'ouverture du proto-atlantique. Il contient des **sédiments mésozoïques à cénozoïques** s'épaississant vers la mer du fait que le soubassement est progressivement affaissé par des failles normales le long des marges faillées de rift. Ils recouvrent de manière discordante la partie occidentale des Mauritanides. Le point de sédimentation maximum atteint jusqu'à 9 km d'épaisseur à l'ouest de Nouakchott. Le remplissage du bassin comprend deux mégaséquences: une succession syn-rift du Trias tardif – Jurassique inférieure composée de sédiments clastiques suivis par des évaporites, et une succession post-rift du Jurassique moyen – Tertiaire. La période du **Jurassique moyen au Crétacé inférieur** est caractérisée par des sédiments paraliques marins littoraux et des carbonates de plateau continental. Le Crétacé supérieur est marqué par une succession évoluant vers un faciès sableux de zone infratidale, tandis que le **Paléocène-Oligocène** est caractérisé par un ensemble de niveau élevé dominé par des argiles, des calcaires et des marnes.

Le Groupe de Bababé, d'âge **Éocène moyen**, est la plus ancienne succession affleurante dans le territoire de la Mauritanie. Elle correspond à une succession de transition d'un milieu marin peu profond à un milieu littoral - fluviatile, développée dans un sub-bassin situé entre la ligne de rivage orientale et le dôme de Ndiass / Guiers. Les sédiments de l'**Éocène supérieur** (argile pyriteux) n'ont été identifiés que dans la partie NW du bassin, tandis que les sédiments oligocènes sont généralement absents. La majorité de la surface de la région du bassin côtier est couverte par des dépôts attribués au **Continental Terminal (Miocène)**, actuellement désigné sous le nom de Formation de Mbidane. Cette dernière s'épaissit de l'est vers l'ouest, atteignant 20 m à Kaedi et 300 - 400 m en dessous de la Sebkha Ndrhamcha. Cette formation se compose en partie de dépôts marins miocènes ayant subi une intense latéritisation, tandis qu'ailleurs il s'agit de dépôts détritiques terrigènes.

Durant le **Quaternaire**, quatre cycles distincts de transgression et de régression marine ont été enregistrés. Les transgressions se matérialisent par une élévation des séquences de sédiments littoraux, séparées par des surfaces d'érosion reflétant des périodes intermédiaires d'émergence. La chronologie des transgressions marines correspond aux intervalles interglaciaires dans les latitudes septentrionales. Les dépôts des trois premières incursions pléistocènes marines, **le Tafaritien, l'Aïoujien** et **l'Inchirien** (>20.000 ans avant l'époque actuelle) sont indifférenciés sur les cartes géologiques. Ces transgressions marines successives deviennent progressivement plus restreintes. L'inondation tafaritienne a été très répandue, bien qu'avec des différences régionales de faciès, l'Aïoujien a été principalement confiné à deux grands golfes peu profonds, et l'Inchirien restreint au golf de Tafoli dans la région actuelle de Sebkha Ndrhamcha. Entre les transgressions marines de l'Inchirien et du Nouakchottien (Holocène), l'aride période de la **régression ogolienne** (20.000 - 11.000 ans avant l'époque actuelle), qui se corrèle avec la glaciation wurmienne, a été marquée par le développement de systèmes de dunes éoliennes majeures à travers une grande partie du bassin côtier et de l'intérieur du continent. La régression maximum a atteint -100 m, et les dunes de sable se sont étendues sur la plate-forme continentale. Le sable éolien a ainsi été introduit dans l'environnement marin, directement par transport éolien et par redistribution côtière. Dans le Holocène, la dernière transgression marine, **le Nouakchottien** (<11.000 ans avant l'époque actuelle), a envahi la région du Ndrhamcha et la vallée du fleuve Sénégal. Les sables coquilliers et les argiles déposés durant cet intervalle sont

distingués sur la carte. La dernière régression marine (**régression tafolienne**) débuta aux alentours de 4.000 ans avant l'époque actuelle et le golf de Tafoli fut éventuellement fermé et séparé de l'atlantique par une ceinture côtière de sable. Le lac généré évolua en sebkha par évaporation, menant à la déposition d'argiles interstratifiées et de gisements de gypse. Le climat aride au cours des 4.000 dernières années a favorisé la formation de dépôts éoliens et remanié les anciens champs de dunes (Akcharien et Ogolien). Les complexes de systèmes dunaires résultants reflètent l'évolution morphoclimatique quaternaire, mais conservent toutefois leur ancienne orientation grossièrement NE-SW, par exemple, les ceintures dunaires d'Azeffal et d'Akchar.

II-1-a- Les calcaires du secteur de Nouadhibou

Les échantillons d'exploration des calcaires dans le secteur de Nouadhibou ont été pris sur les dépôts affleurants du **quaternaire marin**, plus précisément sur les dépôts de l'épisode transgressif, **l'Aïoujien** (Pléistocène). Du point de vu pétrographie, les facies échantillonnés sont constitués par des calcaires, calcaires gréseux, grés calcaires et parfois des marnes calcaires. Les point échantillonnés se situent principalement le long de la route nationale de Nouadhibou et entre celle-ci et l'océan atlantique. Du point de vu géomorphologique, le secteur est formé par une plaine, parsemé de petites colline gréseux-calcareux, et de dunes sous forme de barkhane.

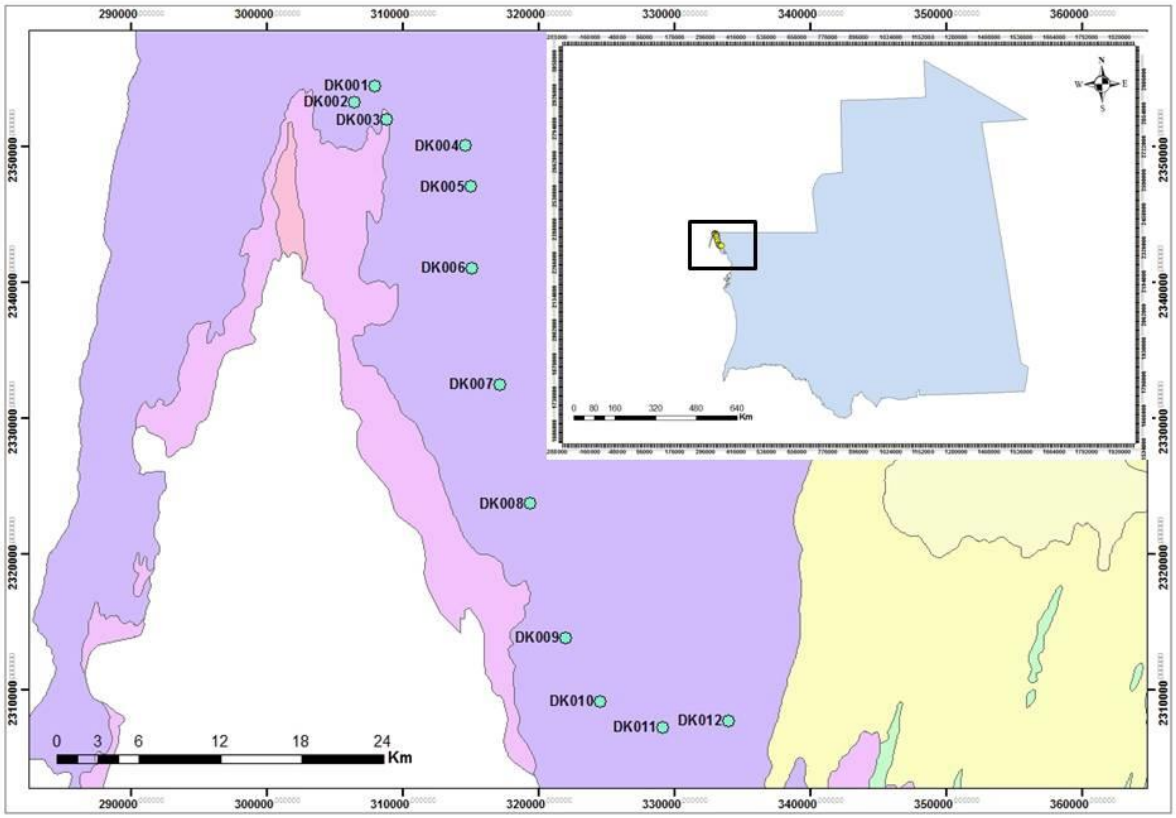

Fig.2 : Carte de localisation des échantillons pour le calcaire, sur fond géologique.

II-1-b- Les calcaires et les kaolins du secteur de Kaédi

Les échantillons de calcaire ont été pris aux environs de Ferallah et Haimedatt sur les facies carbonatés d'**Éocène moyen**, plus particulièrement yprésien-lutécien inferieur. Ce faciès affleure dans la région de Mbagne à l'Ouest de l'oued Guelouard. Il est formé par des calcaires et dolomies calcaires, des grés quartziques, et des calcaires fossilifères.

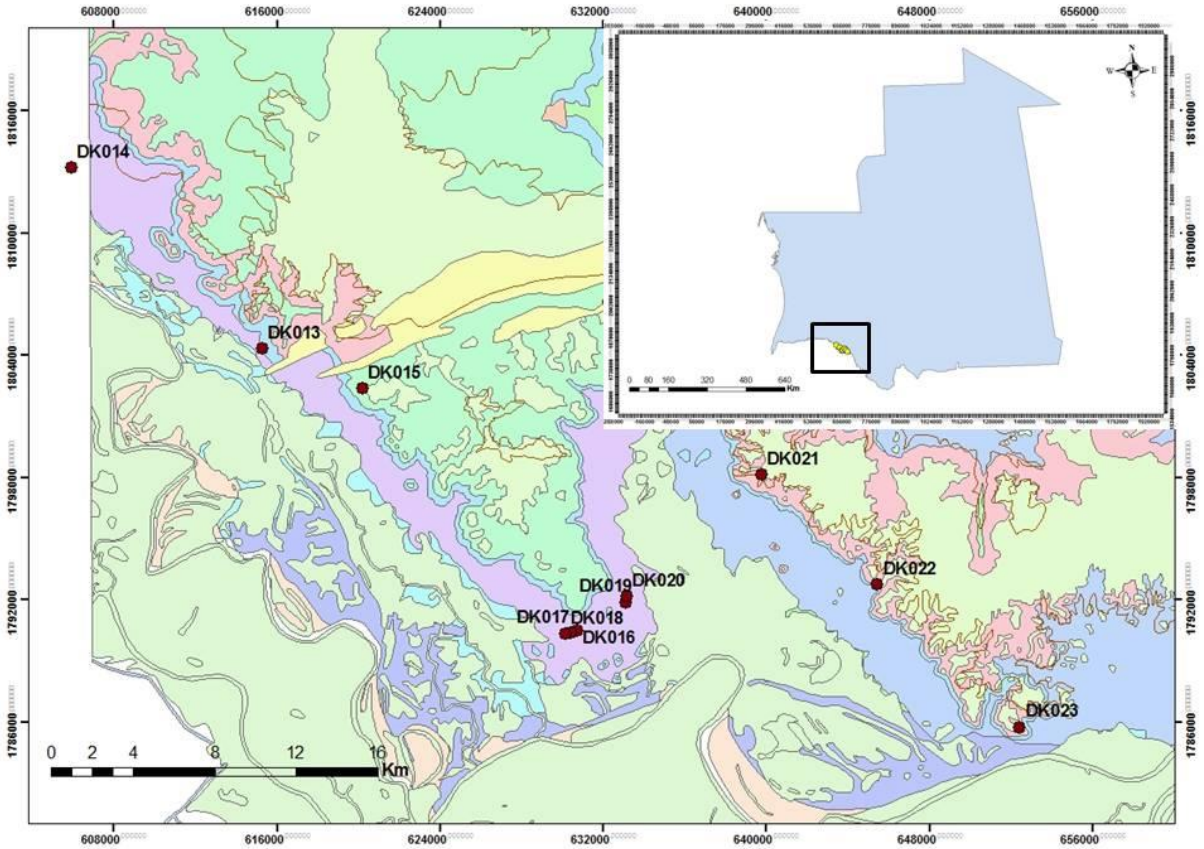

Fig.3 : Carte de localisation des échantillons pour le calcaire (DK 16 – DK 20) et le kaolin (DK 13 – 15 et DK 21 – 23) sur fond géologique

Les échantillons de kaolin ont été pris à la base des plateaux du **Continental Terminal** (Miocène) sur l'axe Nouakchott-Kaédi, aux environs de Hairé-Goléra, Fondé, Bagodine, et Rindiao. Les faciès échantillonnés appartiennent à l'oligocène-miocène, et parfois au miocène. Du point de vu pétrographique, ces échantillons sont constitués par de boue argileuse kaolinitique, argile silteuse kaolinitique, et des grés argileux +/- kaolinitique.

II-2- La chaîne des Mauritanides

La ceinture des Mauritanides s'étend sur plus de 1.500 km à travers la Mauritanie et les régions voisines du Sahara occidental (Maroc) et du Sénégal oriental. L'expression géomorphologique de la ceinture des Mauritanides est limitée, mais caractérisée régionalement par une marquante anomalie positive de Bouguer. La ceinture mobile est composée d'une imbrication de roches essentiellement **Néoprotérozoïque** à **Paléozoïque inférieur**, avec des fenêtres tectoniques et des lambeaux de charriage du soubassement archéen à paléoprotérozoïque. Cette ceinture a

enregistré une évolution tectonothermique polyphasée correspondant localement à deux évènements ‘panafricains’ (Protérozoïque tardif et Ordovicien - Silurien) et un événement orogénique hercynien (Paléozoïque tardif).
Le Super-groupe de Mbout est divisé en quatre groupes tectonostratigraphiques, avec les trois plus orientaux étant équivalents à l’unité extrusive d’El Hneikat du complexe occidental plutonique-volcanique acide de Dia (1984). Le Groupe d’El Harach à l’est, et le Groupe d’El Fadra à l’ouest, sont surtout des séquences pélitiques métasédimentaires, tandis que les groupes intermédiaires d’El Ghabra et d’El Mseigguem sont caractérisés par des métavolcanites felsiques à intermédiaires. Les granites encaissés, et co-génétiques avec, les métavolcanites du Super-groupe de Mbout sont assignés à la cortège granitique de Kelbé.

II-2-a- Le kaolin du secteur de Hassi Abiod

La chaîne des Mauritanides présente dans les secteurs de Hassi Abiod des roches effusives acides kaolinisés et des schistes blancs. Ces formations ont une extension assez importante, et sont délimitées par les villages Ouedelemguil, Hassi Abiod, N’Dié. Les échantillons de kaolin ont été pris à la base des collines formées par une croute oxydée, sur les bords des oueds, et au milieu des terrains plats. Les échantillons sont constitués par des argiles kaolinitiques de couleur blanche, violacée ou rougeâtre, et parfois jaune-claire. Ces argiles kaolinitiques par endroit ont été silicifiées.

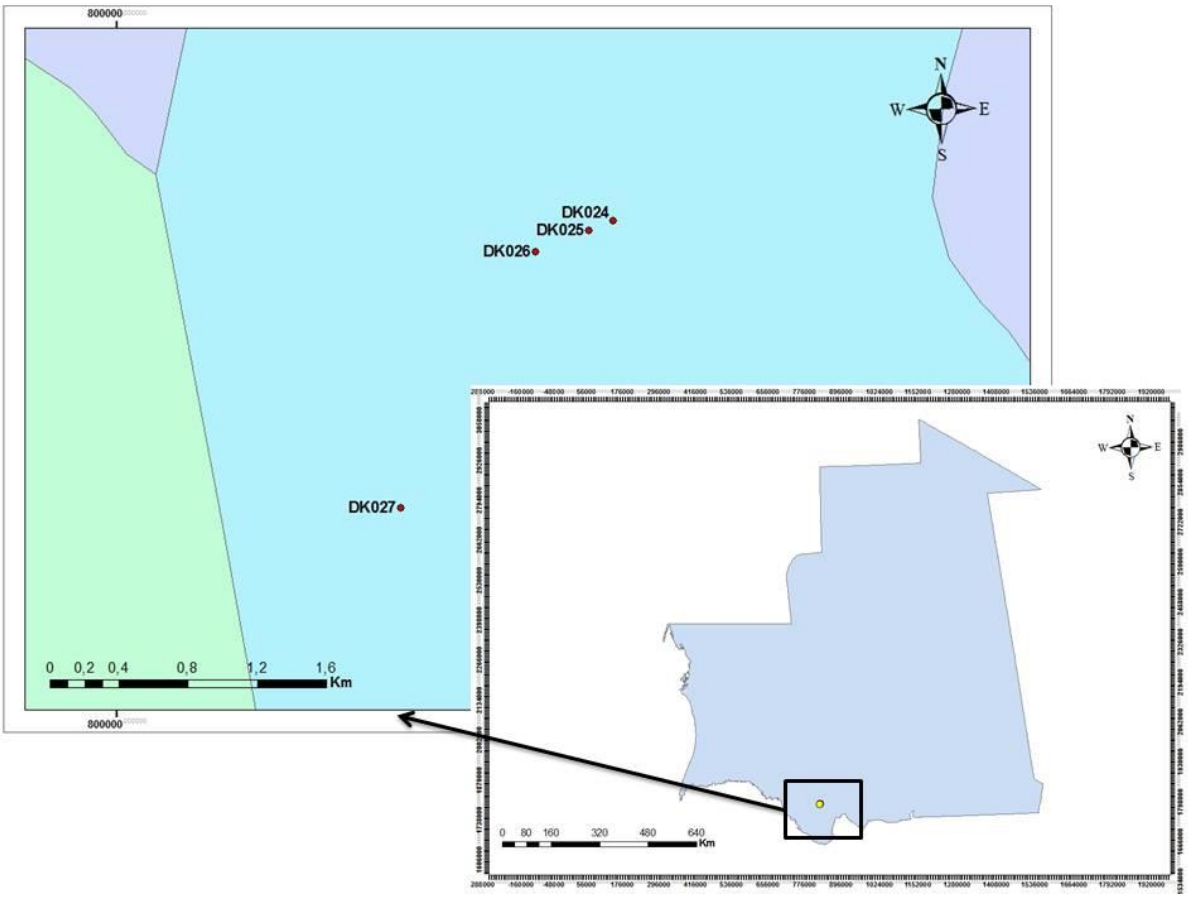

Fig.4 : Carte de localisation des échantillons pour le kaolin sur fond géologique

II-3- Bassin de Taoudéni

Le bassin de Taoudéni est un bassin de plate-forme intracratonique, implanté au sein du craton ouest-africain et limité au Nord par une surface d'érosion où affleure la dorsale de Rgueibat; latéralement, les unités du bassin de Taoudéni sont impliquées à des degrés divers dans l'édification des chaines bordières panafricaines. Les dépôts sédimentaires du bassin sont peu ou pas déformés et constitués essentiellement par des séries **néoprotérozoïques et paléozoïques** atteignant 6000 m d'épaisseur de sédiments silicoclastiques marins peu profonds ou continentaux, avec quelques carbonates marins peu profonds. Du point de vu stratigraphique, les dépôts sont divisés de la base au sommet en supergroupe : le supergroupe de Hodh, le supergroupe de l'Adrar, et le supergroupe de Dahr ; ces supergroupes sont divisés à leurs tours en groupes.

Le supergroupe du Hodh, d'âge **Néoprotérozoïque**, est composé dans l'Adrar du Groupe de Char, Groupe d'Atar et Groupe de l'Assabet el Hassiane, atteignant jusqu'à 1.300 mètres d'épaisseur. Il est représenté par le Groupe d'Afollé dans la région orientale, avec jusqu'à 1.900 m d'épaisseur. La partie inférieure du super-groupe a pu être déposée dans un bassin de rift orienté E-W. Le dépôt répandu sous forme de successions arénacées, de type continental à marin peu profond durant le Vendéen (Groupe de l'Assabet el Hassiane et le Groupe d'Afollé) suggère que le contrôle de la sédimentation par le rift a cessé et que le bassin a été comblé.

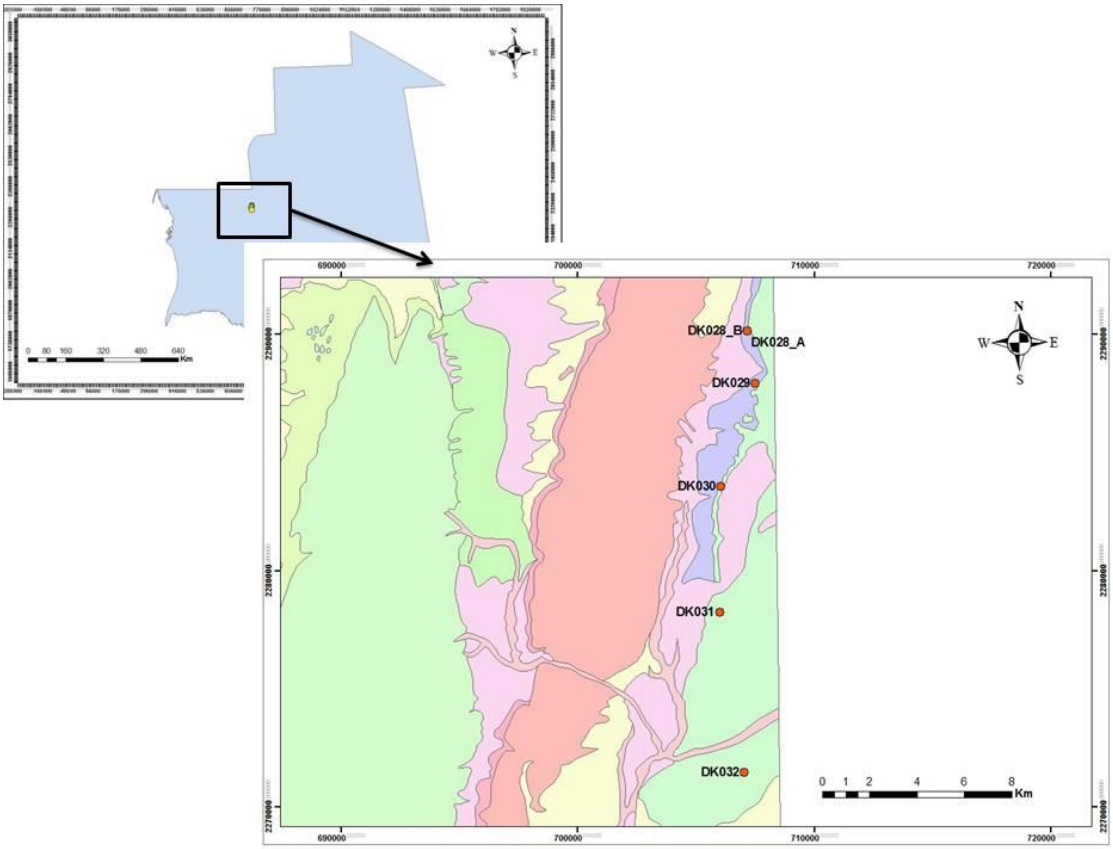

Fig.5 : Carte de localisation des échantillons pour le calcaire sur fond géologique

II-3- a- Le calcaire du secteur d'Atar

Les échantillons de calcaire ont été pris dans le supergroupe de Hodh, particulièrement dans le groupe d'Atar, constitué par des **formations marines néoprotérozoïques** caractérisées par l'existence de constructions microbiennes à stromatolithes très variées, en massifs ou en biohermes intercalées avec des unités silico-clastiques.

III- Résultats

III-1- Les calcaires

Vingt-trois échantillons ont été pris dans les trois secteurs d'exploration calcaire (12 à Nouadhibou, 5 à Kaédi, 6 à Atar) et ont été analysé dans un laboratoire certifié (ALS Laboratories, Loughrea, Irlande) par spectrométrie fluo-X (méthode de perle fondue en verre borate) pour leur composition chimique (Tableau 1). Les teneurs des éléments majeurs ont été mesurés après la calcination des échantillons pulvérisés (chauffage hors 1000°C). Dans cette procédure les minéraux carbonatés sont décomposer, en conséquence les teneurs en Ca et Mg, existant dans la roche originellement sous forme de $CaCO_3$ et $MgCO_3$, sont rapportés dans l'analyse comme CaO et MgO, la teneur en CO_2 est représenter dans le LOI (loss on ignition ou la « perte au feu »).

Une composition chimique appropriée est une condition préalable pour l'utilisation dans la cimenterie. Les valeurs suivantes pourraient servir comme seuil de référence (Lorenz & Gwosdz, 2003) : CaO >42% ; MgO <3% ; SiO_2 <15% ; Al_2O_3 <5% ; Fe_2O_3 <4% ; Na_2O <1%, K_2O <1% ; SO_3 <0,5%, P_2O_5 <0,5%, MnO <0,3%. Avec ces indicateurs il est possible de juger rapidement l'aptitude fondamentale des roches dont les échantillons ont été pris pour leur utilisation dans la fabrication du ciment.

Dans **le secteur de Nouadhibou** la composition chimique des roches calcaires pléistocènes est diversifiée.
Dans la **partie nord** (DK 01 – DK 07) les roches montrent des teneurs en CaO entre 37 et 50 %. Deux échantillons (DK 02 und DK 06) possèdent des teneurs en MgO jusqu'à 9%, indiquant une formation de la dolomite. Les teneurs en SiO_2 oscillent entre 6 et 27 %, deux échantillons (DK 04 und DK 05) ont des teneurs au-dessus de seuil de référence de 15 % SiO_2. Un échantillon (DK 01) comporte un teneur élevé en soufre. A part de ca tous les teneurs sont dans le domaine de référence.
Dans la **partie sud** (DK 08 – DK 12) les échantillons montrent des teneurs trop élevés en SiO_2 (27 – 60 %) et en MgO (5 – 14 %), et des teneurs trop bas en CaO (14 - 24 %). Probablement il s'agit des arénites calcareux dolomitiques, déposés vraisemblablement dans une zone marine littorale pendant une sédimentation clastique et une précipitation chimique des carbonates contemporaine. Ces roches de la partie sud du secteur de Nouadhibou ne sont pas adéquates à une utilisation dans la cimenterie.

Dans **le secteur de Kaédi** (DK 16 – DK 20) la composition chimique des roches calcaires éocènes est beaucoup plus homogène. Sauf l'échantillon DK 16, qui a une teneur MgO trop élevé, tous les autres échantillons ont des teneurs en CaO au-dessus du seuil de référence (>42 %) et une concentration des autres éléments majeurs en aval des seuils de référence. La grande

plupart des roches calcaires du secteur de Kaédi apparemment est très bien appropriée pour une utilisation dans la cimenterie.

Dans **le secteur d'Atar** (DK 28 – DK 32) la composition chimique des roches calcaires précambriennes est aussi très homogène. Pourtant, dans ce cas, les échantillons sont enrichis en MgO (4 – 20 %), montrant le caractère dolomitique de ces roches. Seulement un échantillon (DK 32) dans le sud du secteur possède une composition chimique appropriée pour l'utilisation dans la cimenterie, tous les autres sont trop riches en MgO et ne qualifie pas.

III-2- Les kaolins

Le kaolin se forme en principe par la transformation des roches feldspathiques (p.ex. granites) pendant l'altération météorique intense sous les conditions tropicales humides (latérisation). Le kaolin peut rester en place de sa formation (gisements dites « in-situ » où « primaire »), ou il peut être érodé et redéposé ailleurs (gisements dites « secondaire »). Le kaolin consiste d'un mélange des minéraux, principalement la kaolinite et le quartz, avec traces des micas, des oxydes et hydroxydes de fer ou titane et d'autres minéraux.

La kaolinite est la principale substance de valeur économique dans un kaolin. La kaolinite est un minéral argileux blanc en formule $Al_4[(OH)_8Si_4O_{10}]$ et, comme tous les minéraux argileux, elle est trop petite pour être identifié macroscopiquement ou sous le microscope pétrographique. Dans la première étape d'exploration d'un kaolin il est donc important de gagner des informations approximatives sur son teneur en kaolinite. Une méthode utile est la géochimie qui peut servir, d'une manière rapprochée, de calculer le teneur en kaolinite d'un kaolin par ses teneurs en Al_20_3, SiO_2 et H_2O (c.-à-d. LOI). La kaolinite pure a la composition chimique: 39,5 % Al_2O_3, 46,5 % SiO_2 et 14,0 % H_20. Simplement dites : le plus un kaolin approche cette composition chimique (le 39,5 % Al_2O_3 en particulier), les plus haut y est le teneur en kaolinite. Évidemment, pour les données minéralogiques plus précises il est nécessaire d'étudier l'échantillon de kaolin par la diffractométrie rayon X.

Dans les deux secteurs d'exploration de kaolin, dix échantillons ont été pris (6 à Kaédi, 4 à Hassi Abiod) et ont été analysé dans le laboratoire géochimique et minéralogique de la BGR à Hanovre, Allemagne. La composition géochimique et les teneurs des éléments majeurs des échantillons pulvérisés ont été mesurés par la spectrométrie fluo-X (méthode de perle fondue boraté). La composition minéralogique a été étudiée par la diffractométrie rayon-X. Les résultats de ces analyses sont montrés dans les Tableaux 2 et 3.

Les échantillons des kaolins du **secteur de Kaédi** (DK 13 – 15 et DK 21 – 23) montres des compositions chimiques variables (Tableau 2). Le teneur en Al_2O_3 change entre 9 et 31 % et celui-ci de SiO_2 varie inversement entre 54 et 83 %. En conséquence, les teneurs en kaolinite se trouvent entre 24 et 81 % et ceux de quartz entre 17 et 75 % (Tableau 3). Les kaolins du secteur de Kaédi se composent presque exclusivement de kaolinite et quartz ; les autres minéraux (oxyde de titane, minéraux phosphatés, hydroxyde de fer) comportent des teneurs < 5 %, avec la seule exception de l'échantillon DK23 (voir Tab.3). Les trois affleurements de kaolin dans l'ouest du secteur de Kaédi (DK 13 – DK 15) sont distingués par des teneurs en kaolinite plus hautes (66 - 81 %) et possèdent donc un potentiel élevé.
Les kaolins forment des couches dans la série du Continental Terminal. Ils sont associés avec d'autres sédiments clastiques, principalement des grès. La série est confinée par une croûte

ferrugineuse. A cause de cette association, l'origine de kaolins de Kaédi n'est pas claire, soit secondaire, soit primaire.

Les échantillons des kaolins du **secteur de Hassi Abiod** (DK 24 – 27) montres des compositions chimiques très homogènes (Tableau 2).). Le teneur en Al_2O_3 change seulement entre 35 et presque 38 % et celui-ci de SiO_2 varie entre 43 et 47 %. Ce sont des compositions très proches d'une kaolinite pure. Ce fait est clairement attester dans les analyses minéralogiques (Tableau 3). Les kaolins de Hassi Abiod consistent presque uniquement de la kaolinite (91 - 97 %). Anatase (oxyde de titane) est le plus important (2-3 %) minéraux en trace. Le teneur en quartz est très bas, et peut atteindre un maximum de seulement 5 % (éch. DK 27). Un échantillon (DK 24) contient un peu de calcite.
L'extrême pureté des kaolins de Hassi Abiod (en ce qui concerne la kaolinite) suggère une séparation de la kaolinite des autres minéraux, particulièrement le quartz, qui l'avaient accompagné très probablement dans le profil latéritique d'origine pendant un cycle d'érosion et (re)déposition. Cependant, quelques profiles latéritiques sont préservés in-situ dans une moindre proximité des kaolins vraisemblablement secondaires de Hassi Abiod. Finalement, les 4 échantillons ont été pris sous une surface de quelques kilomètres carrés. Avec leur homogénéité et leurs très hautes teneurs en kaolinite, ceci implique un potentiel véritable.

IV- Recommandations

Les résultats de l'échantillonnage de reconnaissance servent à identifier les gisements de calcaire et de kaolin les plus prometteuses pour les activités d'exploration détaillé.

Les Calcaires
Deux secteurs devrait être considérer pour une évaluation détaillé: le secteur de Kaédi et la partie Nord du secteur de Nouadhibou.
Dans **le secteur de Kaédi** la composition géochimique des calcaires est très homogène et bien approprié pour la cimenterie. En plus, les calcaires affleurent dans une superficie assez grande pour assurer la possibilité de trouver une quantité des roches, suffisante pour une extraction économique.
Dans **la partie Nord du secteur de Nouadhibou** les calcaires ne sont pas tous chimiquement approprié pour la cimenterie. Quand même, l'abondance d'occurrence des calcaires adéquats et la très grande superficie de la zone justifie une continuation des activités d'exploration. Il existe un potentiel convenable de trouver une quantité suffisant des calcaires appropriés dans cette zone. En plus, la proximité de la ville portuaire de Nouadhibou signifie un marché proche des produits de ciment à l'avenir.
Les secteurs **d'Atar** et de **Nouadhibou Sud** ne justifient pas une continuation de l'exploration à présent, á cause de la pauvre composition chimique de ces roches. Seulement la partie sud du secteur d'Atar, où ils affleurent certains calcaires non-dolomitique (Échant. DK 32), pourrait être considérer pour un projet dans la suite.

La **prochaine étape d'exploration** des calcaires de Kaédi et de Nouadhibou (Nord) serait la détection de la dimension et de l'épaisseur des gisements. Il faut cartographier ces gisements en détail et de sonder la profondeur par des méthodes géophysiques et, plus directes, par des forages. À côté il faut continuer l'échantillonnage et d'analyser la composition chimique (c.-à-d. la qualité) des calcaires.

Les Kaolins
Le **secteur de Hassi Abiod** contient un kaolin très homogène et très riche en kaolinite. Il affleure aussi dans une grande superficie. Ce gisement doit être évalué de préférence pour connaître ses propriétés géologiques et techniques et sa valeur économique.
Les kaolins du **secteur de Kaédi** possèdent des teneurs en kaolinite plus bas qu'au Hassi Abiod. Ces teneurs sont quand même indicative, a priori, d'un gisement de kaolin, spécialement la partie ouest du secteur (Échant. DK 13 – DK 15). Néanmoins, les kaolins de Kaédi, constituant souvent des gisements individuels, spatialement incohérent et détaché, présentent seulement un potentiel inférieur. Une continuation des activités de l'exploration de ces gisements n'est pas recommandée actuellement.

La **prochaine étape d'exploration** du gisement de kaolin de Hassi Abiod serait également la détection de sa dimension et de son épaisseur. Il faut cartographier le gisement en détail et de sonder la profondeur par des forages. À côté, il faut continuer l'échantillonnage et d'analyser les compositions chimiques et minéralogiques de ce kaolin.

Bibliographie

Lorenz, W., Gwosdz, W. (2003): Manual of the Geological-technical Assessment of Mineral Construction Materials. Geol. Jb., Reihe H, SH 15, 498 p., BGR, Hannover

Tableau 1: Résultats des analyses géochimiques des échantillons calcaires. Teneurs des éléments majeurs en % du poids.

	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	MnO	TiO_2	LOI	Total
Nouadhibou													
DK001	48.00	0.59	11.24	0.52	0.28	0.13	0.17	1.59	0.16	0.01	0.03	37.22	100.05
DK002	37.80	8.70	12.40	0.78	0.31	0.17	0.19	0.60	0.08	0.01	0.04	38.64	99.88
DK003	51.30	0.97	5.64	0.32	0.18	0.08	0.10	0.08	0.12	0.01	0.01	41.10	100.00
DK004	39.60	0.57	26.72	0.29	0.15	0.04	0.11	0.09	0.28	0.01	0.03	31.64	99.63
DK005	43.70	0.72	18.36	0.81	0.64	0.07	0.26	0.05	0.22	0.01	0.04	34.96	99.89
DK006	37.30	9.04	13.16	0.51	0.27	0.05	0.14	0.31	0.02	0.01	0.02	38.87	99.93
DK007	50.70	0.58	7.37	0.25	0.22	0.03	0.08	0.06	0.21	0.01	0.01	40.08	99.69
DK008	24.10	13.60	26.53	0.85	0.32	0.20	0.29	0.38	0.45	0.01	0.03	33.11	99.89
DK009	15.85	9.31	46.56	2.50	1.04	0.73	0.92	0.50	0.47	0.01	0.06	22.28	100.25
DK010	20.00	13.50	29.83	2.26	0.55	1.20	0.80	0.22	0.01	0.01	0.07	32.28	100.85
DK011	14.20	5.13	60.23	1.23	0.79	0.23	0.40	0.18	0.18	0.01	0.07	17.29	99.98
DK012	39.30	0.56	27.17	0.42	0.27	0.09	0.13	0.03	0.01	0.01	0.01	32.05	100.15
Kaédi													
DK016	38.10	12.25	4.45	0.76	0.68	0.01	0.04	0.04	0.09	0.02	0.03	43.37	99.85
DK017	54.90	0.31	1.49	0.19	0.17	0.01	0.02	0.01	0.17	0.03	0.01	42.90	100.20
DK018	54.80	0.32	1.65	0.32	0.44	0.01	0.03	0.01	0.23	0.03	0.01	42.66	100.55
DK019	52.40	0.75	3.88	0.46	0.97	0.01	0.02	0.01	0.56	0.04	0.01	41.19	100.30
DK020	49.20	2.49	5.08	0.95	0.70	0.01	0.06	0.01	0.06	0.06	0.04	41.52	100.20
Atar													
DK028-A	32.40	15.50	1.32	0.26	5.52	0.01	0.07	0.01	0.01	0.21	0.01	44.23	99.54
DK028-B	49.20	4.26	1.16	0.34	1.00	0.01	0.11	0.01	0.02	0.06	0.01	43.42	99.61
DK029	40.30	9.68	2.69	0.67	3.16	0.01	0.20	0.06	0.02	0.17	0.01	43.05	100.05
DK030	45.70	6.14	2.37	0.35	2.11	0.01	0.10	0.02	0.01	0.10	0.01	43.14	100.10
DK031	30.90	20.0	1.06	0.37	1.34	0.01	0.13	0.01	0.01	0.04	0.01	46.01	99.87
DK032	51.40	2.10	1.88	0.66	0.59	0.01	0.26	0.01	0.03	0.02	0.02	42.63	99.65
Teneur de référence	**> 42**	**< 3**	**< 15**	**< 5**	**< 4**	**< 1**	**< 1**	**< 0.5**	**< 0.5**	**< 0.3**			

Tableau 2: Résultats des analyses géochimiques des échantillons kaolins. Teneurs des éléments majeurs en % du poids.

	SiO_2	$Al2O_3$	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	C	LOI	Total
Kaédi													
DK13	54,59	30,68	1,01	0,85	0,16	0,00	0,10	0,12	0,03	0,11	0,30	12,18	99,81
DK14	59,27	25,76	1,59	1,03	0,65	0,00	0,23	0,15	0,10	0,13	0,20	10,58	99,51
DK15	58,99	25,09	1,23	0,97	0,98	0,00	0,53	0,14	0,21	0,12	0,20	11,11	99,41
DK21	71,65	18,24	1,49	0,30	0,32	0,01	0,12	0,07	0,02	0,05	0,30	7,46	99,75
DK22	83,28	9,39	0,43	0,82	0,08	0,00	0,35	0,13	0,14	0,03	0,20	5,20	99,81
DK23	58,42	18,56	12,44	0,95	0,25	0,01	0,11	0,09	0,01	0,03	0,30	8,85	99,71
Hassi Abiod													
DK24	43,25	35,71	1,58	1,18	0,12	0,02	2,02	0,16	0,07	0,02	0,70	15,57	99,72
DK25	44,29	37,75	1,04	1,69	0,11	0,00	0,06	0,09	0,04	0,01	0,20	14,66	99,75
DK26	43,87	37,41	1,35	2,03	0,14	0,00	0,07	0,10	0,03	0,02	0,20	14,70	99,68
DK27	47,02	35,14	1,02	2,61	0,07	0,00	0,07	0,15	0,12	0,03	0,20	13,55	99,76

Tableau 3: Résultats des analyses minéralogiques (diffractométrie rayon X) des échantillons des kaolins. Teneurs des minéraux en % .

	kaolinite (Rietveld)	**quartz**	**anatase**	**rutile**	**goethite**	**calcite**	**minéraux phosphatés**	**total**
Kaédi								
DK13	81	17	1	1	0	0	1	101
DK14	69	27	1	0	0	0	3	100
DK15	66	30	0	0	0	0	3	99
DK21	49	49	0	0	0	0	1	99
DK22	24	75	0	0	0	0	0	99
DK23	49	35	1	1	14	0	1	101
Hassi Abiod								
DK24	92	1	2	0	0	5	0	100
DK25	97	0	2	0	0	0	1	100
DK26	97	0	3	0	0	0	1	101
DK27	91	5	2	1	0	0	0	99

Photos des affleurements et des roches calcaires du secteur Nouadhibou

Photos des affleurements et des roches calcaires du secteur Kaédi

Photos des affleurements et des roches calcaires du secteur Atar

Photos des affleurements et des roches kaolins du secteur Kaédi

Photos des affleurements et des roches kaolins du secteur Hassi Abiod