

Chapitre 4 : Résumé des Résultats des Etudes Géologiques supplémentaires

4.1. Aperçu

L'étude géologique supplémentaire a été rendue dans les régions à potentiel minier élevé ont visé à encourager des investissements privés nationaux et étrangers dans l'exploration de ressources minières. L'accent est mis en particulier sur les investissements étrangers qui constituent un objectif important dans le plan stratégique.

Les régions d'étude ont été sélectionnées parmi 28 gîtes minéralisés incluant les indices répertoriés au MMI, en tenant compte de l'emplacement de quatre provinces géologiques en Mauritanie, des données antérieures sur la géologie et les indices miniers, des bases de données et autres infrastructures acquises dans le cadre du PRISM (Fig. 4.1.1).

Durant le processus de sélection, l'accent a été mis sur les quatre points suivants:

- Koedia-Idjill (Fe), Tiris (Fe), Sfariat-Zednes(Fe), Tasiast (Fe, Au), Tijirit(Au), Tabrinkout (W), Inchiri (Guelb Moghreïn, Cu, Au, Co), Kadiar (Cu), Indice 78 (Cu, Au), Oudelemguil (Cu, Au), Diaguili (Cu), Guidimaka (Cr), Jreida-Lemsid (Ti).

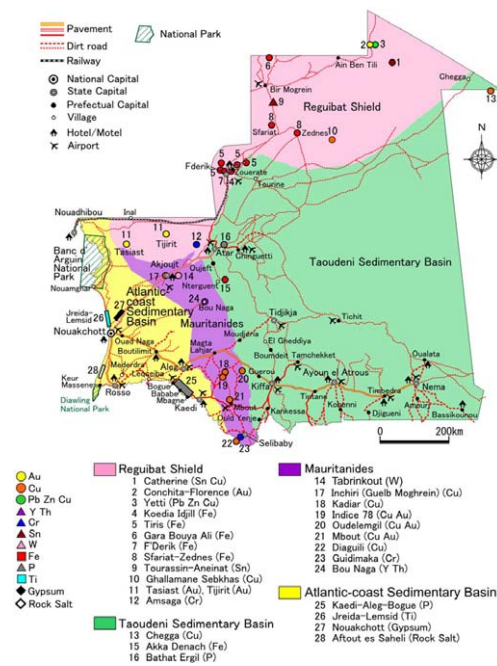


Fig. 4.1.1 Localisation des gîtes et indices miniers pour une étude géologique supplémentaire

Les études géologiques supplémentaires de terrain conduites en trois phases sont décrites en détails dans le Tableau 4.1.1.

Tableau 4.1.1 Elements de l'étude géologique supplémentaire

Période d'étude	Position	Objectifs
1 ^{ère} phase d'étude (Jan. à Mar. 2004)	• Reconnaissance géologique générale dans des régions sélectionnées	• Amélioration de la fiabilité de l'interprétation de l'analyse d'images satellite
2 ^{ème} phase d'étude (Oct. à Dec. 2004)	• Etudes sur la base de modèles de gisements miniers • Etude sélective des dépôts et des indices miniers	• Données réelles de terrain confirmées par analyse des images satellite • Saisie des caractéristiques des zones d'altération et de la minéralisation
3 rd phase survey (Jan. to Mar. 2005)	• Complément de la 1 ^{ère} et de la 2 ^{ème} études • Spécification des modèles de dépôts miniers	• Spécification de la minéralisation • Sélection de la région prometteuse montrant le potentiel minéral
Etude de suivi (Juin 2005)	• suivi de la 3 ^{ème} phase de l'étude	• Confirmation de la minéralisation du groupe de platine

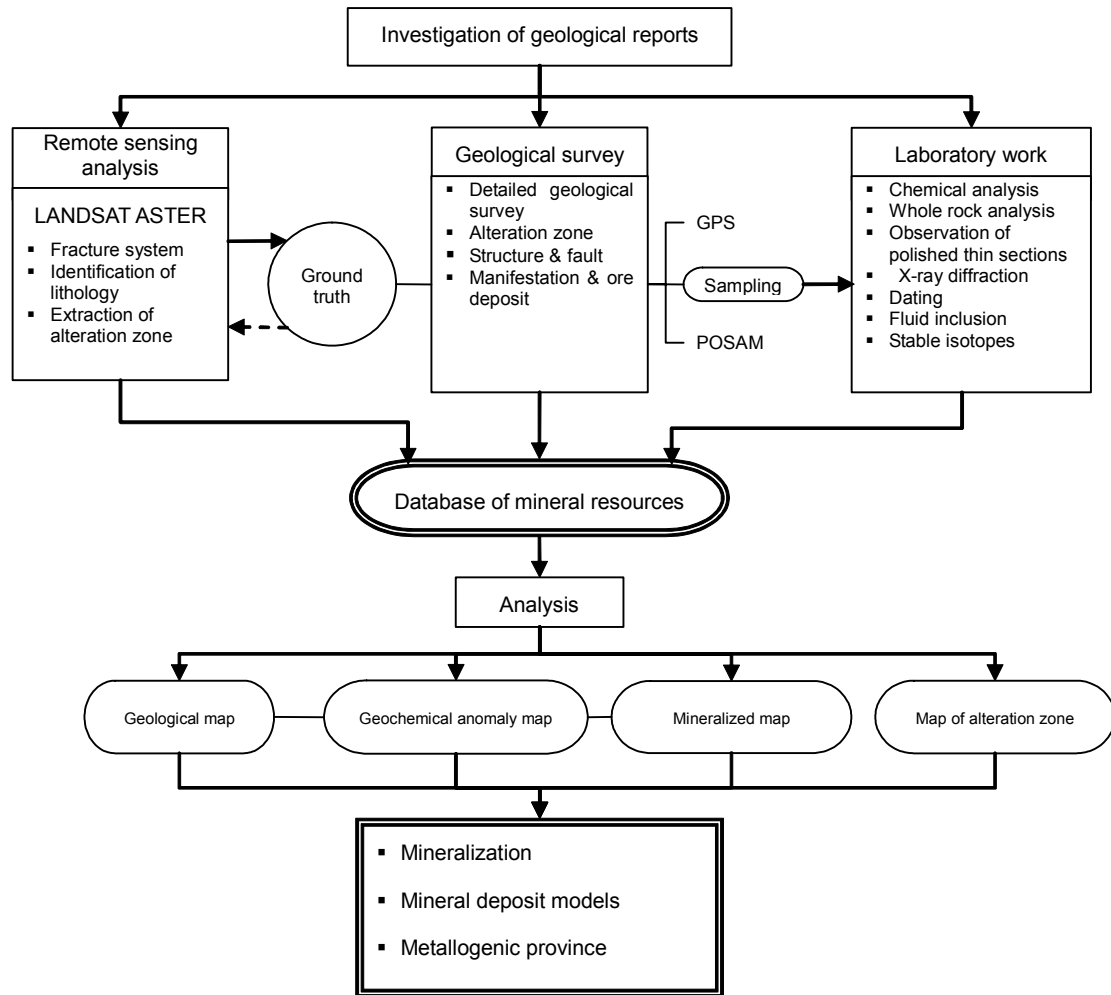


Fig. 4.1.2 Méthode et emplacement de l'étude Géologique Supplémentaire

4.2 Description des Provinces Géologiques

4.2.1 Géologie générale de la Mauritanie

La Mauritanie comprend cinq provinces géologiques : Le Dorsale Rgueibat, le Bassin de Taoudeni, le Bassin de Tindouf, la chaîne des Mauritanides et le Bassin sédimentaire côtier . La Dorsale Rgueibat est composée de groupes Archéen et Paleoproterozoïque et de granites. Le Bassin de Taoudeni et le Bassin de Tindouf sont constituées de roches sédimentaires Neoproterozoïques et Palaeozoïques. La Chaîne des Mauritanides s'est formée à la suite d'événements orogéniques survenus pendant la fin du Protérozoïque et du Palaeozoïque. Le Bassin sédimentaire côtier Atlantique est composée de roches sédimentaires Cenozoïques.

(1) La Dorsale Rgueibat

La dorsale Rgueibat couvre le nord de la Mauritanie. Elle est composée de roches métamorphiques et de granites archéens et Paleoproterozoïques qui forment la bordure nord-ouest du craton Ouest-Africain. L'Archéen est constitué de roches métamorphiques et granitiques. Les roches métamorphiques sont constituées de quartzites ferrugineux, des micaschistes, des gneiss (incluant les leptynites), et des amphibolites. Le Protérozoïque Inférieur consiste en roches volcano-sédimentaires et en granites, et est posé en couches discordantes.

L'Archéen dans le sud-ouest de la Dorsale Rgueibat est appelé socle d'Amsaga qui est divisé en complexe du Rag el Abiod et en série de la Saouda. (Based on data of BRGM, 1975)

(2) Le Bassin de Taoudeni

Le Bassin de Taoudeni est un bassin de grande échelle qui occupe 2/3 du craton Ouest-Africain. Il est localisé au sud-est de la dorsale Rgueibat. Sa partie occidentale constitue plus de la moitié du territoire Mauritanien. Le bassin est composé de formations Protérozoïques Supérieures, de formations Cambro-Ordoviciennes, et de roches sédimentaires du Silurien au Carbonifère. Sa partie orientale est couverte de sédiments Mésozoïques à Cénozoïques. La succession Paléozoïque est dûe à des mouvements tectoniques faibles, et présente une structure plate avec quelques failles, révélant une structure simple.

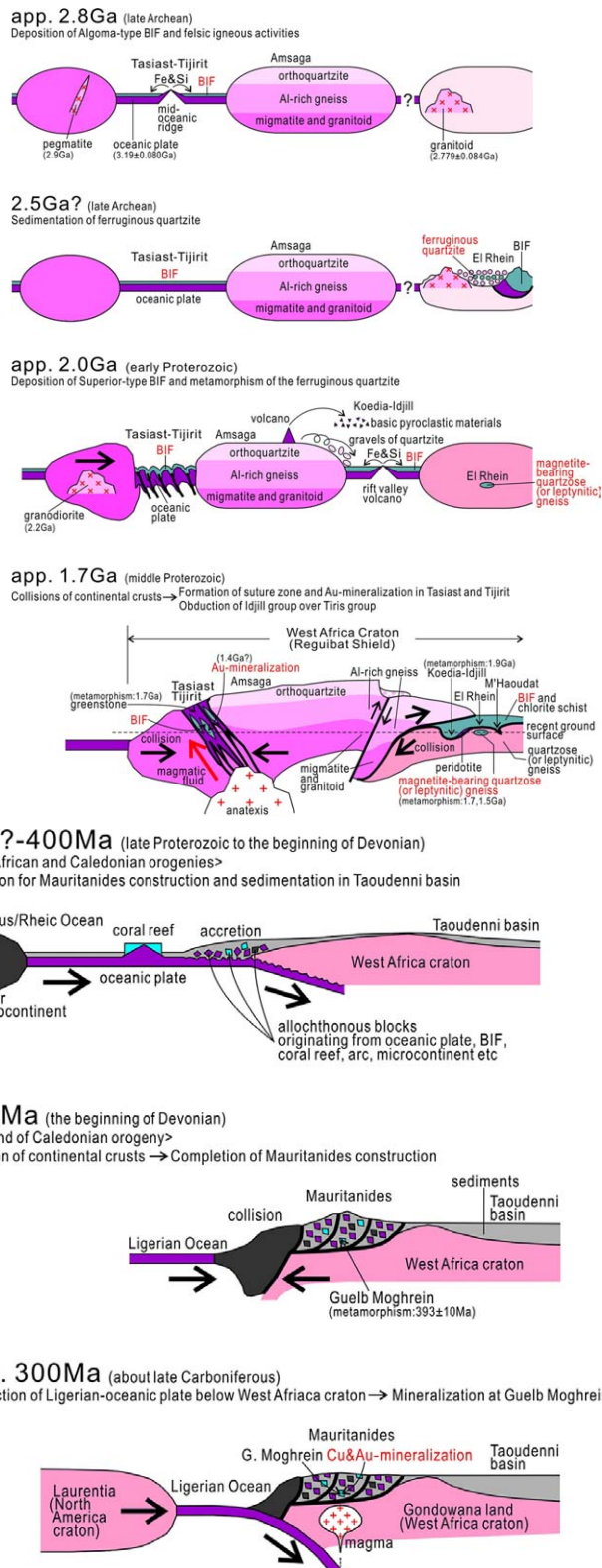


Fig.4.2.1 Histoire géotectonique du Nord de la Mauritanie

(3) Le Bassin de Tindouf

Quelques parties du Bassin de Tindouf interceptent de petits secteurs près des frontières du Sahara

Occidental ou de l'Algérie. Le bassin recouvre la Dorsale Rgueibat, et se compose de dolomies du Proterozoïque Supérieur et de grès, de schistes et de calcaires de l'Ordovicien-Devonien (BRGM, 1975).

(4) La Chaîne Mauritanides

La chaîne des Mauritanides, appelée "Greenstone Belt", et caractérisée par des plis et des chevauchements formés par l'orogénèse Hercynienne du Palaeozoïque, et se situe à la marge occidentale du craton Ouest-Africain. Elle s'étire sur plus que 2.500km, du Sénégal au Maroc en passant par la Mauritanie. Elle montre une direction NNW - SSE en Mauritanie et en atteint une largeur de 150km. Elle est constituée par les roches sédimentaires, des roches éruptives et métamorphiques du Precambrian au Palaeozoïque.

(5) Le Bassin Sédimentaire Côtier Atlantique

Le Bassin Sédimentaire Côtier Atlantique est situé à l'ouest des Mauritanides. Il est constitué par des sédiments et des roches sédimentaires du Crétacé inférieur au Quaternaire.

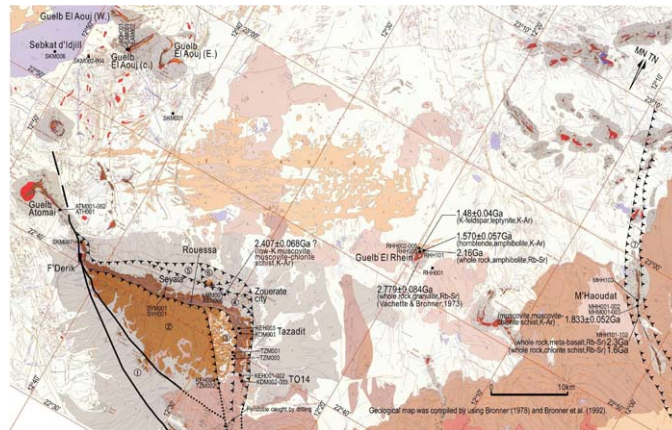
Du point de vue de la structure géologique, de l'étude géologique supplémentaire et des documents de recherches, l'histoire géotectonique du Nord de la Mauritanie est illustrée par la Fig.4.2.1.

4.2. 2 Aperçu des dépôts minéralisés

Les 13 dépôts couverts par le champ d'étude géologique supplémentaire se présentent comme suit :

(1) Le Groupe de formations ferrugineuses du Tiris et le Groupe de formations ferrugineuses de Koedia-Idjill

La région de Zouerate où les formations ferrugineuses du Tiris et les BIF de Koedia-Idjill sont réparties, est localisé à environ 700 km au NE de Nouakchott. En voiture, Il faut à peu près 12 heures de route de Nouakchott à Zouérate. La région est située dans la partie centrale de la Dorsale Rgueibat. Ces formations ferrugineuses sont exploitées depuis 1955, et ont produit 19.6 million de tonnes de minerai de fer en 2003.



(compiled by using Bronner, 1974 and Bronner et al., 1992)

Fig. 4.2.2 Carte géologique de la région de Zouerate

Le groupe Tiris est composé d'amphibolites et de roches métamorphiques composées de métaquartzites ferrugineux et leptynites issus de clastiques de l'Archéen. Le minerai de fer du groupe du Tiris consiste en corps de magnétite à gros grains dans des métaquartzites ferrugineux. Le minerai est composé principalement de magnétite à gros grain avec une teneur qui varie de 35 à 42% de Fe. Cette teneur est faible pour un minerai de fer ; le minerai est donc enrichi à 65-66% de Fe par séparation magnétique.

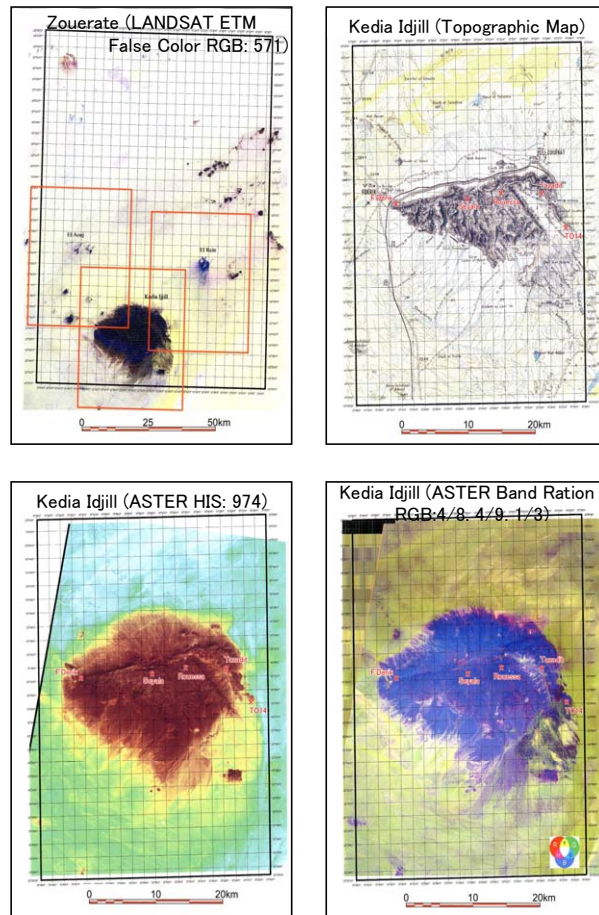


Fig. 4.2.3 Images satellite LANDSAT de la region de Zouérate et ASTER de la Koedia d'Idjill

Le groupe d'Idjill chevauche sur le groupe du Tiris comme une nappe. La formation d'itabirite est prédominante dans l'unité de Tazadit qui est une des nappes du groupe d'Idjill. La formation est accompagnée par des schistes et des quartzites non ferreux. Tous les gisements ferrugineux des BIF de Koedia-Idjill consistent en formations d'itabirites dans l'unité de Tazadit. L'épaisseur de la formation varie de 300 à 2.000 m, pendant que la longueur atteint 30 km. Il comprend des phyllites siliceuses, des Itabirites siliceuses (35-45% Fe) et des itabirite à hématite (63-64% Fe) partant de la couche inférieure. La masse minéralisée est une itabirite à hématite d'environ 150m d'épaisseur. Elle révèle généralement une structure en bandes de plusieurs millimètres d'épaisseur. Les hautes teneurs se trouvent dans la couche concentrée d'hématite à grains fins et mettent en évidence de 67-68% Fe. Ces gisements sont exploités avec la grande mine à ciel ouvert de Tazadit T01 qui est sur 700 m dans l'axe majeur, 500 m dans l'axe mineur et 500 m de profondeur. L'image LANDSAT de la région Zouerate incluant la Kédia d'Idjill et la formation ferrugineuse du Tiris, et les images Aster de la zone de la Kédia d'Idjill sont montrées dans la Figure 4.3.1. L'analyse des images satellite se présente comme suit :

- Il est difficile de mettre en évidence les dépôts de fer de la Koedia-Idjill et du Tiris en utilisant les images LANDSAT, alors que les images ASTER les distinguent beaucoup plus nettement que LANDSAT.
- L'image ASTER en ratio de bande est indiquée par l'image en bas à droite de la Fig. 4.3.1, où RGB est appliqué aux ratios 4/8, 4/9 et 1/3. Ces ratios de bande sont sélectionnés lorsque le ratio 4/8 met en évidence la calcite et le mica, 4/9 reflète les minéraux argileux et 1/3 met en évidence les oxydes du fer. Tout le massif de la Koedia d'Idjill affiche les oxydes de fer en bleu, mais il est difficile de mettre en évidence uniquement la couche d'itabirite de l'unité Tazadit qui renferme la formation du fer.

(2) Sfariat-Zednes

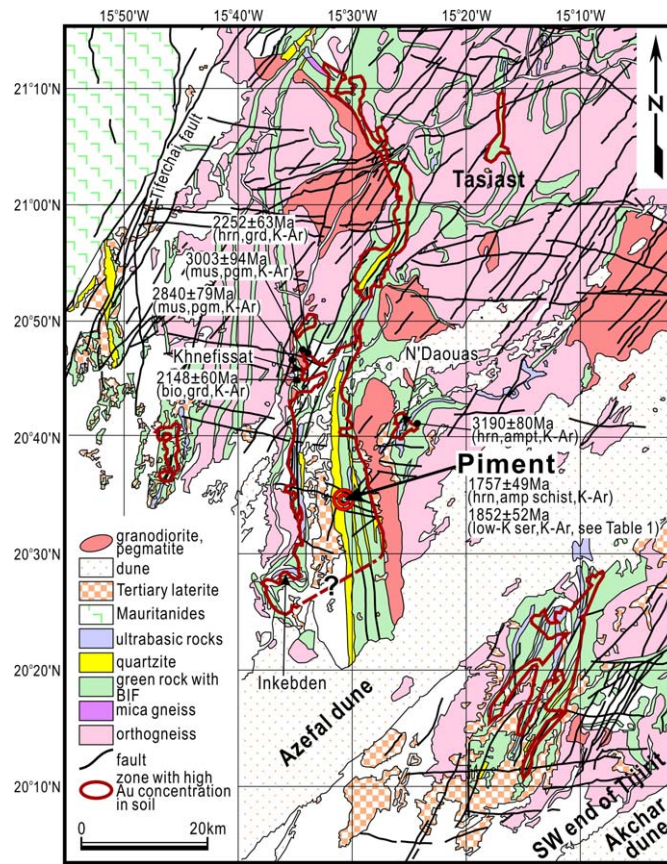
La région de Sfariat-Zednes est située à environ 200 km au NE de Zouerate. Il faut 3 heures de voiture pour aller de Zouerate à Sfariat. L'OMRG a effectué une étude géologique pour la recherche d'or dans cette région, avec l'appui financier de l'UE. Cette région se situe dans la zone centrale de la Dorsale Rgueibat. Elle est composée de gneiss, de calcaires, de roches granitiques, de migmatites et d'amphibolites d'âge Archéen (Figure 4.2.8). La région montre une zone tectonique avec des failles qui se développent en directions NW-SE et WNW-ESE, et des roches fortement cisillées. Une séquence de trois gammes de BIF de 10 à 30 m d'épaisseur s'étend sur 70 km. La formation a une direction N40-70W, et un pendage de 30-50° nord. Il y a une distribution rare de roches vertes et l'altération et la minéralisation est rarement rencontrée.

(3) Région du Tasiast

La région du Tasiast est localisée à environ 300 km au nord de Nouakchott. On y accède en véhicule en moins de 5 heures à partir de Nouakchott ; la région représente la partie sud-ouest de la Dorsale Rgueibat. Elle est composée de gneiss, de granites et de ceintures de roches vertes de direction N-S dans le socle de l'Amsaga. Jusqu'au début des années 1990, cette région renfermait une zone de minéralisation de fer cible pour les BIF. Le BRGM (1975) a évalué les réserves du minerai à 30 million de tonnes, en admettant que la faible teneur varie de 44 à 48% Fe₂O₃ et que la teneur élevée varie de 72 à 80%Fe₂O₃.

Récemment des dépôts d'or orogénique ont été trouvés dans les ceintures de roches vertes Archéens au Canada, en Australie et en Afrique de l'Ouest. L'exploration pour ce type de dépôt est devenue globalement intense. Parce que cette région recouvre aussi les ceintures de roches vertes à BIF de l'Archéen ; Il est probable qu'un dépôt orogénique d'or existe. De 1993 à 1996, l'OMRG a mené une prospection géochimique pour d'or en coopération avec le BRGM. Les anomalies géochimiques d'or (50-200 ppb) dans le sol s'étendent sur une région de 150 km x 50 km, et les processus de minéralisation d'or fonctionnent conjointement avec les BIF dans les ceintures de roches vertes. En outre, les résultats d'une étude de tranchée sur une anomalie géochimique d'or ont identifié 3 zones de concentration d'or : une zone de 14m de long avec une teneur d'or moyenne de 9,81g/t ; une zone de 8m de long avec une teneur moyenne de 6,31g/t ; et une zone de 13m de long avec une teneur moyenne de 3,92g/t (Artignan et al., 2000).

Cela a été suivi par des études complémentaires de forages et de tranchées dans la région du dépôt, avec une longueur totale de sondage qui atteint environ 62.835m effectuée par des compagnies étrangères en coopération avec l'OMRG. Le dépôt inclut des veinules de quartz aurifères, du quartz aurifère en réseaux et disséminé. En avril 2004, les valeurs confirmées pour le minerai de l'or étaient 12,07 millions de tonnes, teneur de 3,06 g/t, avec un contenu total d'or de 1,185 millions d'oz (36,8 t), lesquelles étaient similaires aux valeurs estimées de 12,4 million de tonnes, teneur du minerai de 2,25 g/t et contenu de l'or total de 899.000 oz (27.9t). Pour l'instant, la société Tasiast Mauritanie Ltd. (Canada) est en phase de développement de la mine préparant le début de la production en 2006. Dans cette étude, le secteur Piment de la région Tasiast a été l'objet d'investigations. À cause du peu d'affleurements dans le secteur Piment, les déblais et les minerais issus des tranchées peuvent être principalement observés et collectés comme des échantillons de roches et de minerai. Les caractéristiques de la minéralisation dans le gisement de Tasiast sont décrites en 4.2.4



(modified Artignan et al., 2000)

Fig. 4.2.4 Carte géologique régionale de la région de Tasiast

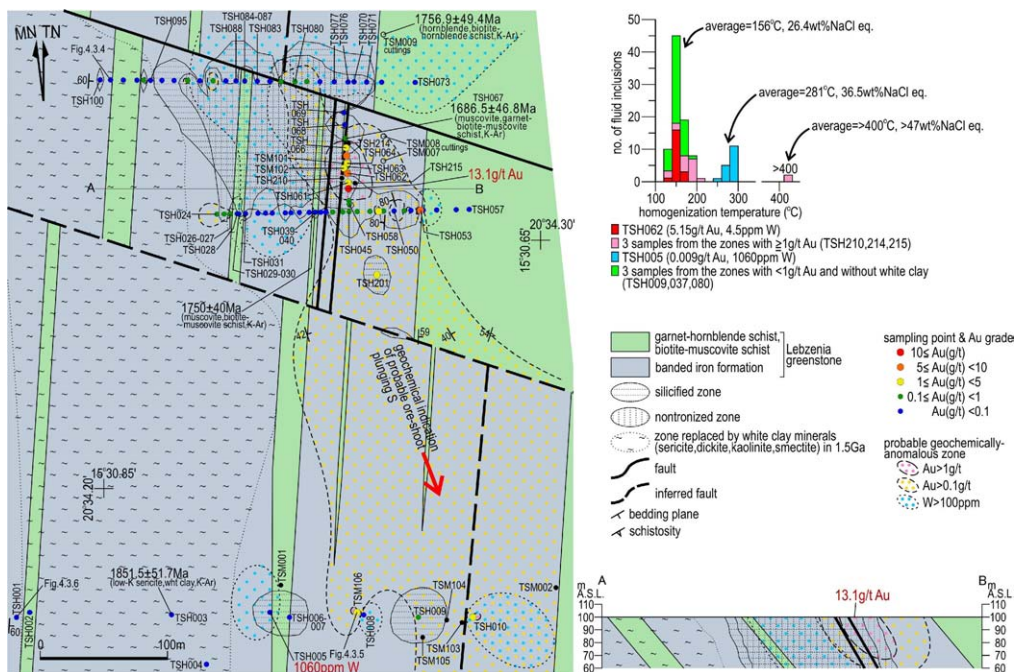


Fig. 4.2.5 Carte géologique et anomalies géochimiques dans le secteur Piment de la région du Tasiast

La formation de gisement d'or dans cette région est associée à l'altération hydrothermale de la sericite et de la kaolinite dans les BIF à magnétite contenus dans la ceinture de roches vertes (Fig.4.2.5). L'altération hydrothermale s'étend sur une région de 200m d'est en ouest et d'environ 1km du nord au sud. Les mineralisations d'or se présentent sous différents types : or dans les veines de quartz (épaisseur de 3,3 à 0,5 cm), or disséminé dans l'ensemble de quartz. Actuellement, les plus fortes teneurs en or ont été trouvées dans le secteur appelé Piment.

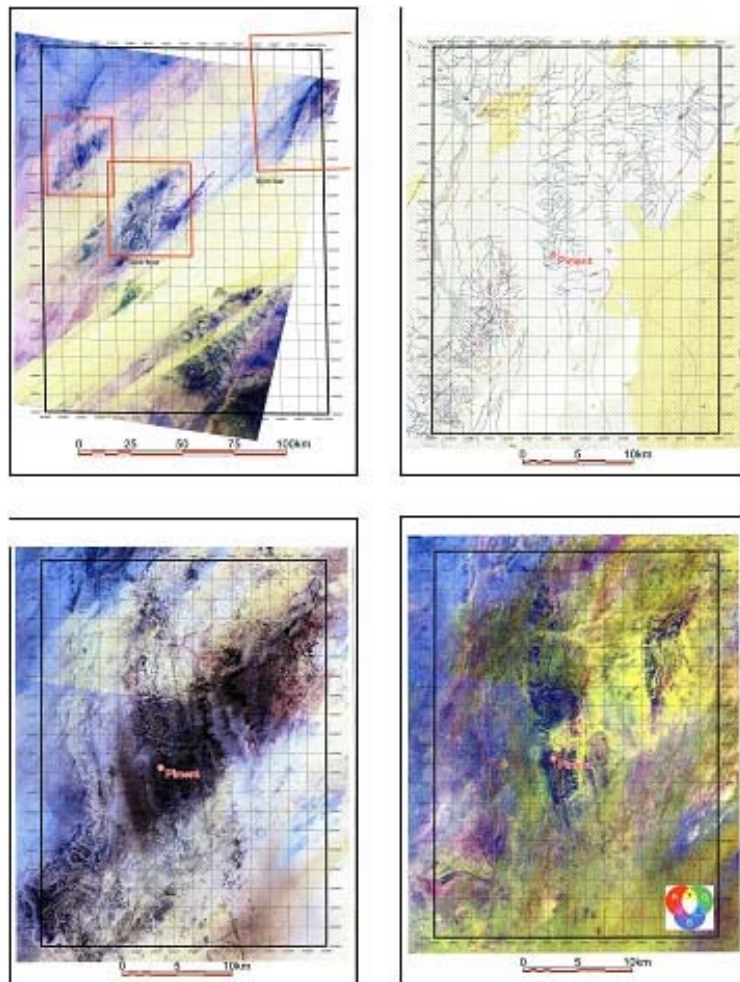


Fig. 4.2.6 Images satellite des secteurs de Tasiast et de Tijirit

Du fait de la relation entre la roche encaissante, la structure géologique et l'altération, les caractéristiques de la minéralisation dans le gisement du Tasiast sont décrites comme suit :

- Le minéral sulfuré composé de pyrrhotite se produit sous forme disséminée ou de veinules dans les couches à magnétite du BIF
- La minéralisation d'or existe avec la pyrrhotite à l'intérieur et autour des roches montrant du grenat de haut degré de métamorphisme.
- La minéralisation d'or est confirmée dans les couches de magnétite le long des stratifications,

des fissures et des fractures.

- La minéralisation d'or est accompagnée par la silicification et l'argilisation
- Le supergène en surface fait le nontronite, l'hématite et le goethite, et ces minéraux sont principalement reconnus dans le BIF à magnétite sous forme de filonnets et de dissémination.
- Le BIF s'est formé pendant l'Archéen, approximativement vers 3.0 Ga, et les minéralisations sont produites plus tard vers 1.7 Ga, durant le Protérozoïque .
- La température d'homogénéisation du fluide du minerai, probablement liée à la minéralisation de l'or, est comprise entre 120 et 190°C, et la salinité entre 28 et 30wt% eq NaCl.

L'image LANDSAT couvrant les régions du Tasiast et du Tijirit, et les images ASTER de la région Tasiast sont indiquées dans la Figure 4.3.9. Les conclusions tirées de l'analyse des images satellite se présentent comme suit :

- Le greenstone belt renfermant le BIF se distingue par sa couleur bleu foncée, correspondant à l'oxyde de fer dans l'image ASTER en Bande Ratio (RGB: 4/8, 4/9, 1/3). Le traitement d'image est ici efficace pour le BIF.
- La zone d'altération accompagnée d'or dans le secteur Piment n'est pas extraite dans le rouge (mica), le vert (minéraux argileux) et jaune (mica et minéraux argileux) dans l'image ASTER en Bande Ratio .

(4) Le Tijirit

La région du Tijirit est localisée à 400 km au NE de Nouakchott. Il faut près de 7 heures en véhicule tout-terrain pour se rendre de Nouakchott à Tijirit. La région est située dans la partie sud-ouest de la Dorsale Rgueibat, et à environ 120 km à l'ENE du gisement de Tasiast. Elle est constituée de roches volcaniques basiques, d'amphibolites, de serpentinites et de schistes d'âge Archéen probable (PRISM, 2004). La structure tectonique de direction NNE-SSW est remarquable et développe des digues de gabbro et d'andésite qui montrent la même orientation.

Dans le Tijirit plusieurs filons de quartz incluant le filon d'Ator sont confirmés. La veine d'Ator consiste en une veine de quartz aurifère qui s'étend le long d'une ceinture de la fracture dans le basalte et l'ophicalcite découverte lors de l'exploration géologique régionale de l'OMRG en 2001. Les filons de quartz, présentant des directions entrecroisées NNE et NNW, forment un arrangement en échelon avec des filons de quartz ayant 0,4 à 3m de large et une longueur maximale de 200m. Sept veines ont été confirmées dans une zone de 600 m x 400 m. La présente étude a été effectuée autour du filon aurifère d'Ator et a constaté que les teneurs en or du minerai de l'or sont très élevées (15 g/t). Les minéralisations et leurs caractéristiques sont décrites en 4.2.7

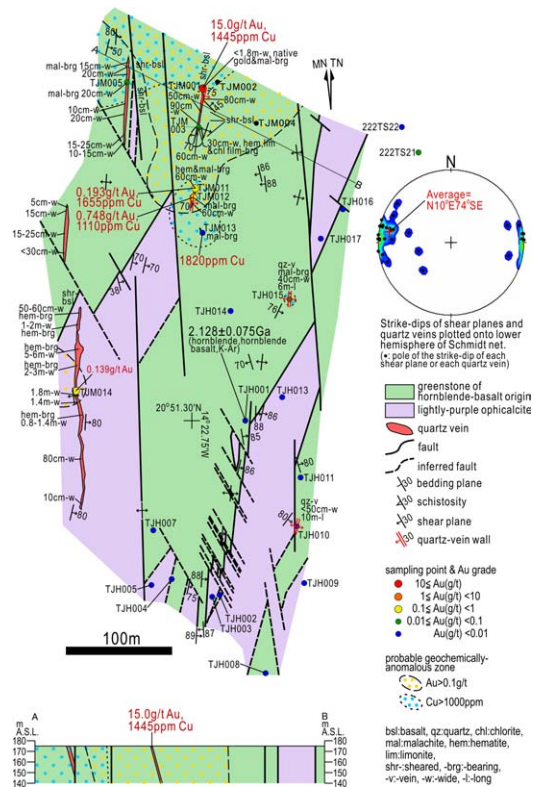
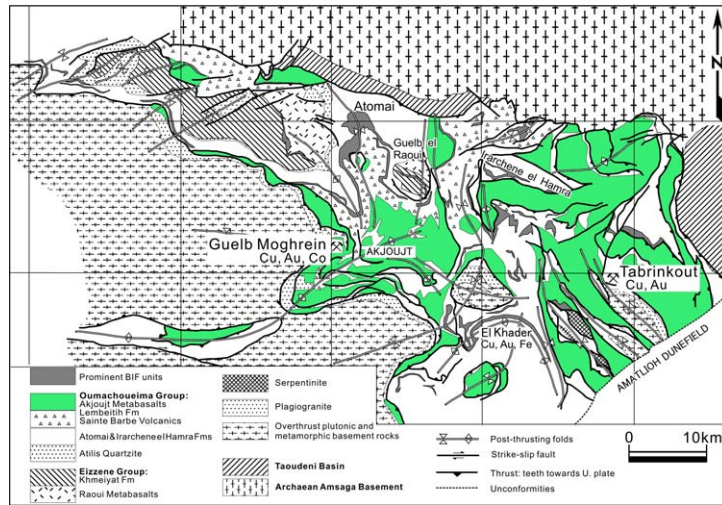


Fig. 4.2.7 Cartes géologique et géochimique de la région du Tijirit

(5) Guelb Moghrein

La région d'Akjoujt couvrant le gisement du Guelb Moghrein est située à environ 250 km au NE de Nouakchott, il faut près de 3 heures par véhicule pour aller de Nouakchott à Akjoujt. La région s'étend sur le nord des Mauritanides. Le gisement de Guelb Moghrein est à environ 5 km d'Akjoujt. L'environnement est représenté par une pénéplaine d'environ 130 m d'altitude, mais puisque le chapeau du gisement consiste en gossan siliceux, il y a deux petites collines escarpées d'environ 80m et 90m de hauteur. De 1967 à 78, le gisement de Cu-Au du Guelb Moghrein exploité à Akjoujt était la seule mine de cuivre/or de la Mauritanie. Bien que l'on pense que ce gisement est un remplacement hydrothermal de carbonate par la magnétite à cuivre et or, il peut y avoir une chance que c'ela soit un type IOCG (oxyde de fer à cuivre et or) (voir Annexe I- du rapport provisoire). La General Gold International (GGI), Australie a entrepris des forages de 1994 à 1995. GGI a effectué des forages d'une longueur totale additionnée de 8.000 m au cours de l'évaluation des réserves du minéral. Les ressources estimées et déclarées sont de 23,6 million de tonnes avec 1,88% de Cu, 1,41 g/t Au et 143 ppm de Co (Strickland et Martyn, 2001). Le gisement est détaillé en 4.2.8



(modified Strickland and Martyn, 2001)

Fig. 4.2.8 Carte géologique régionale du secteur d' Akjoujt

Le gisement de Guelb Moghreïn est composé d'un corps minéralisé oriental et d'un corps occidental en conformité avec la schistosité des chloritoschistes. Actuellement l'exploitation est uniquement concentrée sur le corps occidental dont la partie supérieure a été extraite. Le corps minéralisé est large de 60m, épais de 20m et long de plus de 300m et consiste en un remplacement de la roche carbonatée par des corps minéralisés à magnétite-malachite sous forme lenticulaire (Fig. 4.2.9).

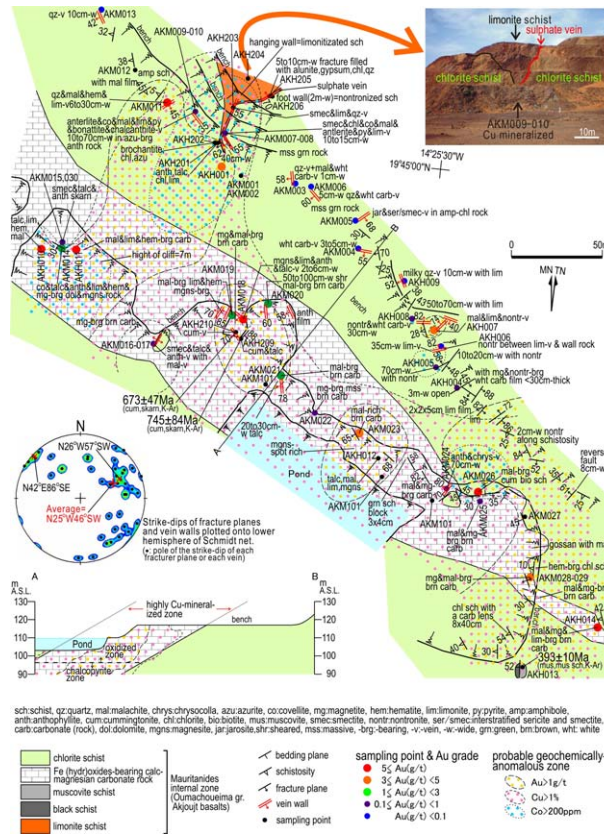


Fig. 4.2.9 Cartes géologique et géochimique du gisement de Guelb Moghrein

Il est suggéré que les gisements se sont formés après le remplacement du carbonate par une solution minéralisée, parce que les minéralisations d'or et de cuivre se sont produites strictement à l'intérieur et autour des carbonates dolomitiques riches en magnésium des schistes verts. Aussi, la masse minéralisée montre des formes lenticulaires dues à la réflexion des indices de la roche originelle.

Dans la partie inférieure de la masse de carbonate minéralisé, le magnétite est accompagnée par minéraux sulfurés de pyrite, de chalcoppyrite et de covellite. En revanche, la partie supérieure de la masse minéralisée montre le développement d'une zone oxydée comprenant des oxydes de fer, des carbonates de cuivre et des sulfosels de cuivre composés de goethite, malachite, azurite, chrysocolle, antlérite, bonattite et chalcanthite. Cela suggère que le cuivre trouvé dans la partie supérieure de la masse minéralisée a été oxydé, s'est par la suite dissous dans la nappe souterraine peu profonde.

Il est possible d'observer à l'oeil nu des concentrés d'or associés à des oxydes de cuivre composés de malachite, d'azurite et de chrysocolle. Il est également clair que l'anomalie géochimique d'or se superpose bien avec l'anomalie du cuivre. Les faits précités permettent de confirmer que l'or et le cuivre a agi de façon similaire lors des processus de transformation depuis le fluide minéralisé jusqu'à sa précipitation.

Les concentrations des minéralisations de cuivre et d'or sont disséminées et se trouvent dans

des veines le long de fractures et de fissures dans le gisement de Guelb Moghreïn. Donc, cela montre que les zones de fractures et de fissures formées à la suite de mouvements tectoniques dans la roche encaissante sont devenues les voies de passage privilégiées des solutions hydrothermales.

Les veines de quartz qui coupent les carbonates à magnétite, celles qui renferment du cuivre associé à l'or, ou sont disposées parallèlement à la schistosité, sont des voies de passages évidentes des remontées hydrothermales à partir des profondeurs. Dans les veines de quartz contenant de la malachite, les inclusions polyphasées renfermant des cristaux de halite sont généralement observées.

La température d'homogénéisation varie de 240 à 320°C, et la salinité de 33 à 39 wt% eq NaCl. Ceci suggère donc que la haute teneur de salinité du fluide est liée aux minéralisations de cuivre et d'or. Parce que le cobalt et le nickel sont les éléments dominants dans les roches mafiques, les deux éléments auraient pu être transportés à partir des roches sous-jacentes aux carbonates et aux roches mafiques aux alentours du gisement. La baisse de la teneur en chrome implique que le fluide à l'origine du minerai contenait du chrome oxydé dans les roches mafiques et ultramafiques et l'a dissous.

La particularité de la minéralisation de l'or dans le gisement de Guelb Moghreïn suggère les éléments Au, Cu, Co, Ni, Zn, Ag, As ont précipité avec une forte corrélation positive. Le Cobalt et le nickel auraient pu être transportés à partir des alentours des roches mafiques tels que décrits plus haut. Il est possible que l'or, l'argent, le cuivre et l'arsenic soient associés à des roches plutoniques acides dans des conditions acides ou intermédiaires plutôt que de roches mafiques

L'image ASTER de la région Akjoujt incluant le Guelb Moghreïn et Tabrinkout, et les images ASTER du voisinage du Guelb Moghreïn sont présentées dans la Figure 4.2.10. L'évaluation de l'analyse d'image se présente comme suit :

- Akjoujt metabasalt containing carbonate rocks and silicified gossans where the Guelb Moghreïn deposit is formed is distinguished in coarse texture and brown lithofacies on the ASTER False color image.
- In the southern and southeastern part of the Guelb Moghreïn deposit, the Akjoujt metabasalt is extracted in blue (iron oxide) or bluish green mixed with reddish purple (iron oxide and carbonate) on the band rationing (RGB: 4/8, 4/9, 1/3). This rationing is effective to select the Akjoujt metabasalt.

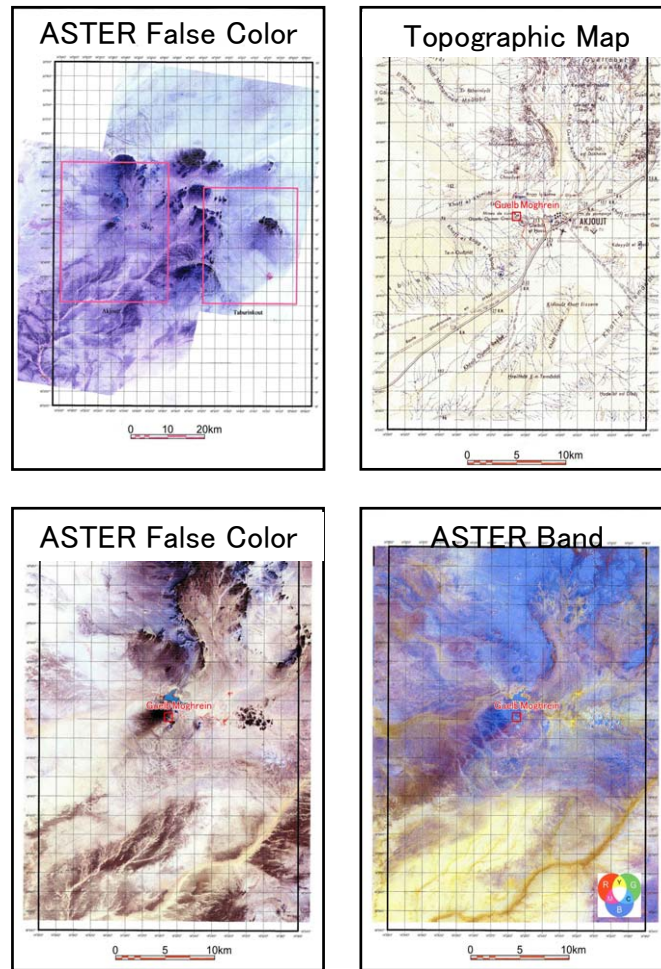


Fig. 4.2.10 Images Satellite de la région d'Akjoujt et du gisement de Guelb Moghreim

(6) Tabrinkout

Le prospect de Tabrinkout est localisée à 35 km d'Akjoujt. L'étude présente a investigué le secteur Jean-Marie de Tabrinkout. Il avait été a été sélectionné comme indice de tungstène, mais l'étude a conclu qu'il faudra le considérer comme un prospect de cuivre et d'or.

Autour de ce prospect, les chloritoschistes et de petits blocs de roches carbonatées s'étendent largement comme dans le gisement de Guelb Moghreim. De la malachite aurifère (Cu), des filons de quartz et des disséminations de malachite sont trouvées dans les chloritoschistes.

Près du prospect de Tabrinkout il y a une zone étendue de schiste argileux vert qui renferment de nombreux blocs de roches carbonatées. Les chloritoschistes sont contrôlés un anticlinal d'axe NNE, avec une schistosité sur le côté ouest qui a une direction NNE-SSW, un pendage de 30-75°W et un de 30-50°E. Les blocs de roches carbonatées sont larges de 10-30m et longs de 50-100m, et s'étendent généralement vers le NNE (Fig. 4.2.10).

Les veines de quartz de 20-30cm d'épaisseur de ce prospect présentent une direction N-S dans les chloritoschistes, un pendage de 50-70°E, et avec une extension de 20-50m. Le nombre de veines n'est

pas si abondant et l'altération autour de la veine est faible. Dans les années 1990, le BRGM, avec l'or comme cible d'exploration, a effectué des études de tranchées et de forages (Marenthier, 1997). Ils ont confirmé qu'il y avait là généralement plusieurs grammes d'or par tonne et les tests de teneur d'or ont révélé des teneurs faibles dans les environs (0.5km x 1km).

La tourmaline a été observée au microscope dans les veines de quartz (TBH005) à l'ouest de ce voisinage. Cependant, les minéraux de tungstène n'ont pas été reconnus (Annexe I- 3). Les inclusions fluides dans les veines quartz à malachite-tourmaline sont de tailles comprises entre 10 et 30 micromètres et sont prédominantes dans les inclusions polyphasées qui contiennent des cristaux de halite. La température d'homogénéisation varie de 230 à 250°C, et la salinité varie de 32 à 34 wt% eq NaCl. (Annexe I du rapport provisoire). Les données militent en faveur de la formation de tourmaline sous les conditions de haute température.

(7) Kadiar

Le prospect Cu-Au de Kadiar est localisé approximativement à 550 km au sud-est de Nouakchott, et il faut environ 11 heures de route de Nouakchott à Kadiar en voiture. Le prospect contient des chlorito-séricito-schistes, des roches volcaniques métabasiques et des serpentinites.

Les gossans siliceux auraient pu être formés par remplacement de roches carbonatées dans les schistes (BRGM, 1975), des minéralisations de cuivre principalement composées de malachite ont également été reconnues le long des fissures dans le gossan siliceux. La zone de l'oxydation à 20m au-dessous de la surface contient 1% Cu, et des minéralisations qui contiennent 1% de Cu ont été confirmées à plus de 60m de profondeur dans la zone sulfurée, et des forages ont saisi des tests de 0.5-1.3 g/t Au (OMRG, 1995). La composition maximale de 3,6% de Cu et 4,4 g/t d'Au est confirmée dans le gossan siliceux accompagné de malachite.

(8) Indice 78

Le prospect de l'Indice 78 est localisé à environ 35km au SSE du prospect de Kadiar. Le prospect est composé de filons de quartz aurifère et de lentilles de malachite dans les chloritoschistes et les andésites chloritiques des Mauritanides. Les corps d'andesite chloritique affleurent dans les gammes 5m x 10m et 100m x 200m mais ils se dirigent NNW-SSE.

La teneur maximum de 9,7% Cu et 19,3 g/t Au est confirmée dans les filons de quartz à malachite-chalcocite dans la partie du sud.

(9) Oudelemguil

Cinq filons sont confirmés parallèles entre eux, et indiquent une direction de N25-40°E et un pendage de 30-55°NW. Les filons ont des épaisseurs de 0,4-0,8m, avec une extension maximale de 300m. L'étude présente confirme la teneur maximale de 34,4% pour Cu, 0,59 g/t pour Au et 196 g/t pour Ag.

(10) Diaguili

Il faut en moyenne 16 heures, de Nouakchott à Diaguili en voiture. Le prospect forme une

ligne de trois collines de près de 10 m de hauteur. Les collines sont dirigées NE-SW avec une extension d'environ 1 km. La région consiste en quartzites, conglomérats, schistes à muscovite et schistes noirs. Les réseaux filoniens de quartz et les filons de quartz se développent principalement dans des quartzites, et rarement dans des schistes et des conglomérats schisteux. Les filons de quartz ont des épaisseurs moyennes de 10 cm, mais peuvent atteindre des épaisseurs maximales de 70cm.

(11) Guidimaka

Les gîtes de Chromite dans le Guidimaka sont divisés en deux régions: l'une est une région à 10-12 km de Selibaby, l'autre est dispersé sur près de 4-8 kms à l'est de Diaguili (BRGM, 1975). La présente étude a été effectuée sur trois dépôts localisés à l'est de Diaguili.

Le dépôt de Guidimaka est situé à environ 3km au sud-est du prospect de Diaguili. Il y a huit masses minéralisées de chromite de type podiforme qui sont longs de 10-40m, et épais de 15m dans les serpentinites des Mauritanides. La teneur de Cr₂O₃, à 22-33,3%, n'est pas élevée. Cette étude a confirmé l'existence de minéralisation de EGP qui indique une teneur en Pt de 0,07-0,1ppm. C'est le premier rapport de l'existence d'éléments du groupe de platine en Mauritanie. Les minéralisations de ce dépôt sont caractérisées.

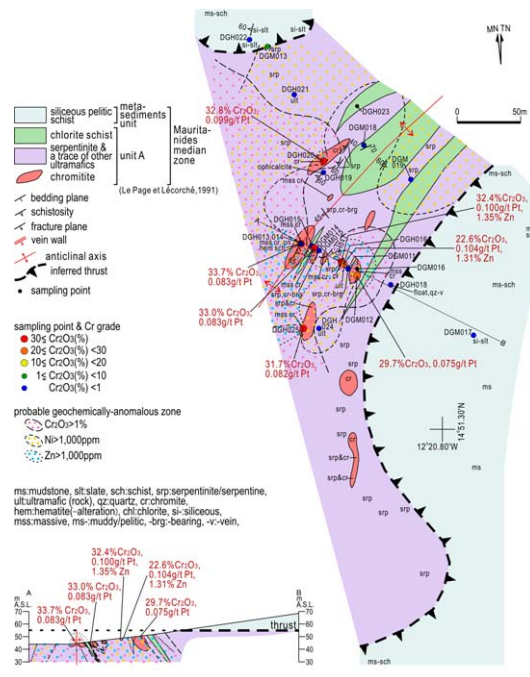


Fig. 4.2.11 Cartes Géologiques et Géochimiques du Guidimaka dépôt No.1

Le dépôt No2 est situé à environ 4km nord- nord-est du village de Diaguili. Le gisement a une étendue de 90m x 70m. comme la serpentinite repose à environ 350m au sud est loin de la masse minéralisée de chromite, il y a une relation directe entre le chromite et la serpentinite en surface (Fig. 4.3.21). Le dépôt No3 affleure de 4m x 5m dans une petite échelle, se situant nord est du dépôt No1, se localisant vers l'ouest de la masse minéralisée serpentinite tendant N-S

L'observation au microscope montre un minerai de chromite massif composé de chromite, de magnétite de chlorite et de serpentinite. Le chromite est marron clair à marron jaunâtre, et de tailles comprises entre 0,3mm et 5mm. De nombreuses fractures parcourent le minerai, et le long des fractures il devient opaque et s'altère partiellement en magnétite.

Les grains de chromite sont analysés par diffraction de rayon X et par spectromètre à rayon X Dispersion d'Énergie (EDX). Il est confirmé que la plupart des grains sont des ferro-magnésiochromifères (Fe, Mg) $((Cr,Al)_2O_4)$ qui est une solution solide de chromite, et peu de grains sont de nature chromifère.

En général, la teneur du minerai de chromite de valeur commerciale varie entre 35 et 55% Cr_2O_3 . Les minerais sont classés en trois groupes sur la base de la teneur de Cr_2O_3 (Tableau 4.3.1). Partant de cette étude, la teneur est faible dans les gisements de chromite du Guidimaka, variant entre 22,6 et 33,7% Cr_2O_3 (Annexe I- 2.8). les minerais de faible teneur dans dépôt sont dûs à la composition chimique de minéraux de chromium qui sont principalement magésiochromifères et non chromites. Seule une petite quantité du minerai de chromite fait l'objet d'usage réfractaire.

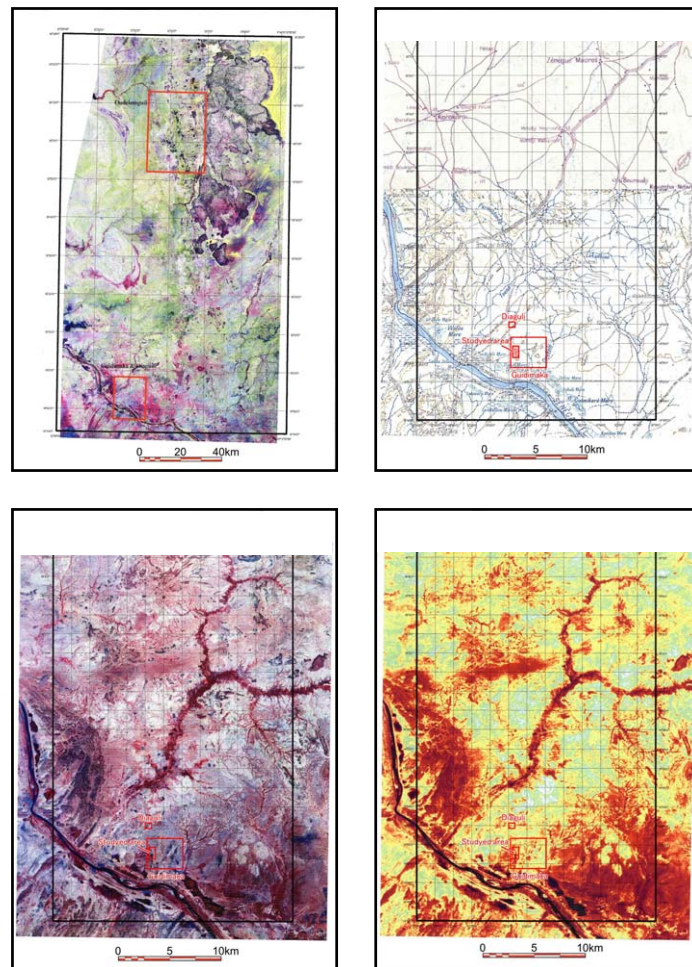


Fig. 4.2.12 Images Satellite de la région de Sélibaby et du gisement de Guidimaka

L'image LANDSAT de la région Sélibaby incluant le Guidimaka, Diaguili et Oudelemguil, et les images ASTER du voisinage du gisement de Guidimaka sont montrées dans la Figure 4.2.12 L'évaluation de l'analyse d'images se présente comme suit :

- Les unités de serpentinite où les masses minéralisées de chromite sont installés se distinguent des autres lithofacies parce qu'ils forment géographiquement des collines de couleur grise verdâtre sur l'image fausse Couleur d'ASTER.
- L'image Aster en Bande Ratio ne permet pas de discerner la serpentinite parce que l'image entière devient bleu sombre. Dans l'image ASTER HIS traitée (HIS: 8, 7,4), présentée en bas et à droite dans la Figure 4.3.23, le modèle d'écoulement, les fermes agricoles et les collines (exceptées les terres stériles) apparaissent en marron pâle, et ce traitement de ratio ne convient pas pour l'extraction de la serpentinite.

Il est clair que l'image ASTER Fausse Couleur est meilleure que les traitements images tels que Band Ratio et le HIS, pour l'extraction des serpentinites de la région du Guidimakha.

(12) Jreida-Lemsid

Jreida-Lemsid est une région le long de l'Océan Atlantique qui s'étend sur 15km à 100km au nord de Nouakchott. Cette étude a été effectuée dans le secteur Tanit-Lemsid dans la partie centrale de la région. Le secteur Tanit-Lemsid est localisé approximativement à 60-70km au nord de Nouakchott. Il faut environ 1 heure de route de Nouakchott à Tanit. Le sable côtier et les sédiments dunaires du Quaternaire sont largement répandus dans la région.

Dans cette étude, un total de 8 puits, profonds d'environ 5m ont été forés dans le sable côtier et les dunes : 4 puits à Tanit formant un carré avec un puits à chaque point culminant avec un intervalle de 500m ; et 4 puits à Lemsid. Pour les besoins des tests, le sable a été collecté fondamentalement tous les mètres, bien que l'intervalle de points d'échantilonnage varie d'après les caractéristiques des faciès sableux. Après avoir collecté le sable, il a été procédé au ramassage pour séparer les minéraux lourds destinés aux analyses de teneurs.

Au microscope, les minéraux lourds sont composés principalement d'ilmenite, quartz, zircon, un peu d'hématite, vesuvianite, monazite, rutile et corundum. Généralement dans les puits, des concentrations de 2,8-5,1% TiO₂ d'ilmenite épais de plusieurs centimètres existent juste sous la surface, mais il n'y a aucune couche de concentration aussi large pour être mesurée en mètres (voir colonne géologique, Annexe I- 2.14), excepté le puits LMD4 à Lemsid. Dans ce puits, les teneurs de TiO₂ varient entre 2,7% et 6,0% de la surface à 5m de profondeur. Leur teneur moyenne calculée est de 4.5% TiO₂. Les 13 dépôts et prospects décrit ci-dessus sont résumés dans le Tableau 4.2.1.

Table 4.2.1 Résumé des études géologiques pour chaque gisement ou prospect

	Gisement/prospect	Metal	Résultat
4	Koedia Idjill	Fe	<ul style="list-style-type: none"> ● Le gisement est un type Supérieur de BIF dans une Itabirite (quartzite ferrugineux rubané) de la fin du Protérozoïque . ● Le masse minéralisée est composée d'hématites à grains fins, massives ou en lamelles. La teneur en Fe va de 67 à 68%

5	Tiris	Fe	<ul style="list-style-type: none"> ● Les dépôts consistent en corps de magnetite à gros grains dans les métaquartzites ferrugineux Archéens, leptynite et amphibolite de l'Archéen. La teneur en Fe va de 35 à 42%. ● Des plis se développent dans les roches métamorphiques. ● Le dépôt semble se former à partir des sédiments clastiques par métamorphisme.
8	Sfariat	Fe	<ul style="list-style-type: none"> ● La region est constituée de gneiss, calcaires, granites, de l'Archéen. ● La zone tectonique comprend des failles. Les roches sont fortement cisailées.
11	Tasiast	Au	<ul style="list-style-type: none"> ● Il est constitué de gisement d'or hydrothermal dans les magnétites de BIF au sein des greenstones Archéens. L'âge des minéralisations est du Proterozoïque. ● Les sericito-chloritoschistes, les amphibolites et les BIF sont l'objet d'altération en muscovite, et par la suite la muscovite est altérée en kaolinite et en dickite. ● Les schistes à amphibolites ont une prédominance de magnetite et du grenat à grains grossiers est souvent présent. ● Des veinules et des lentilles de pyrrhotine apparaissent dans des chloritoschistes au sein des BIF, et de l'or existe avec la pyrrhotine. ● Les BIF près de la surface sont soumis à l'altération en hematite, limonite, nontronite et kaolinite par un enrichissement suprgène, et sont accompagnés par des veinules quartz. ● Les BIF de teneur élevée en or sont affectées d'une forte altération nontronite.
	Tijirit	Au	<ul style="list-style-type: none"> ● Répartition des roches basiques (basalt, gabbro) et des carbonates. Zones de cisaillement et lineaments sont dominants avec une direction N10-20E. ● Elles sont composées de filons de quartz aurifères formés par des fluides hydrothermaux remontant le long des shear zones. ● Les filons de quartz, direction N10-20E et N20W, forment des dispositions en échelon, avec une longueur maximale de 200m. ● Les parties mineralisés de filons de quartz sont soumises à une hematitization et une limonitization, produisent de la malachite et de l'or natif.
14	Tabrinkout	Au, Cu	<ul style="list-style-type: none"> ● Répartition des chloritoschistes et des roches carbonatées dans les Mauritanides. ● La malachite est disseminée dans les carbonates et des felons de quartz à malachite aurifère coupent les schistes. ● Compte tenu de l'analyse principale de la valeur analytique chimique et de la température d'homogénéisation et de la salinité de l'étude d'inclusion du fluide, il est possible que le dépôt de type Guelb Moghreïn soit déposé.
17	Guelb Moghreïn	Cu, Au	<ul style="list-style-type: none"> ● Il est constitué de gisements hydrothermaux de cuivre et d'or (IOCG?) qui ont remplacé les carbonates ferrugineux magnésiens à magnétite dans les greenschistes des Mauritanides et se produisent en couches ou lentilles. ● Des minéraux sulfurés de chalcopyrite et de pyrrhotine se présentent en disseminations et en veinules autour des grains de magnetite inclus dans les lentilles de carbonates, et forment des veinules dans les alentours entre les carbonates et chloritoschistes. ● En surface, la zone d'oxydation est formée par un enrichissement supergène, et de la malachite est disseminée dans les carbonates à magnétite. Les teneurs de cuivre dans la zone sulfurée primaire et dans la zone d'oxydation sont respectivement 0,4% et 2,7%. ● Des fluides à haute salinité sont remontés le long des shear zones dans les carbonates à magnétite et ont produit une altération hydrothermale et le dépôt de cuivre et d'or.
18	Kadiar	Cu, Au	<ul style="list-style-type: none"> ● Il est composé de gossans siliceux à cuivre et or qui remplace la roche carbonatée de forme massive ou lenticulaire (?) intercalée dans les chloritoschistes et les serpentinites. ● Les gossan présente un direction N-S qui est parallèle à la schistosité. ● Les minéralisation en surface sont des disséminations le long de fissures. Le cuivre secondaire est principalement constitué de malachite.
19	Indice 78	Cu, Au	<ul style="list-style-type: none"> ● Il consiste en filons de quartz et des lentilles de malachite qui se sont formées dans les chloritoschistes et dans les andésites chloriteuses.

			<ul style="list-style-type: none"> ● Les filons de quartz renfermant du cuivre ont une épaisseur de 4 à 10m et une longueur de 40 à 60m. ● La malachite, la chalcopryrite, la chalcocite et l'or natif sont confirmés ici.
20	Oudelemguil	Cu	<ul style="list-style-type: none"> ● Il est composé de veines de malachite dans du basalte picritique qui est limonitisé et faiblement silicifié. ● Les filons ont une direction N25-40° E et un pendage de 30° NW, avec une épaisseur de 0,4 à 0,8m et une longueur minimum de 300m. ● L'anomalie géomagnétique est confirmée par cette étude géologique.
22	Diaguili	Cu	<ul style="list-style-type: none"> ● Il est constitué de réseaux filoniens de quartz et des filons de quartz dans les quartzites. Les filons sont orientés NE et NW. ● L'Hématite est confirmée dans le filon de quartz, mais aucune minéralisation de cuivre n'a été trouvée.
23	Guidimaka	Cr	<ul style="list-style-type: none"> ● Il consiste en dépôts massifs de chromite dans les serpentinites. Huit corps minéralisés de type podiforme existent avec une longueur de 10 à 40m, pouvant atteindre une épaisseur de 15m. ● Le minéral principal consiste en magnésiochromite et la teneur de Cr₂O₃ est faible de 22 à 23%. ● Cette étude a confirmé l'existence de EGP qui indique une teneur de Pt de 0,07 à 0,1ppm. ● Des minéraux de sulfure de PGM sont confirmés par EPMA.
26	Jreida-Lemsid	Ti	<ul style="list-style-type: none"> ● Des concentrations d'ilménite de plusieurs cm d'épaisseur existent juste en-dessous de la surface. ● Des sables terrigènes de couleur rouge brun présentent une prédominance dans l'ilménite .

4.3 Provinces Métallogéniques

Compte tenu des résultats des levés géologiques supplémentaires réalisés sur 13 indices, les domaines métallogéniques ont été examinés en mettant l'accent sur les gisements d'or et de cuivre. Les 5 domaines suivants (table 4.3.1 et figure 4.3.1), ont été sélectionnés sur la base de ces investigations :

Tableau 4.3.1 : Provinces métallogéniques

Metallogenic province	Geologic province	Deposit type	Deposit	Metal	Mineralization age
1) Banded iron formation (BIF)	Reguibat Shield	BIF origin clastics deposit	Tiris El Rhein, El Aouj	Fe	Archean
		Superior-type BIF	Koedia-Idjill T014, M'Haoudat	Fe	Proterozoic
2) Gold deposit in BIF (greenstone)	Reguibat Shield	Mesothermal disseminated and network deposit	Tasiast	AU	Proterozoic
3) Gold deposit in greenstone belt	Reguibat Shield	Hypothermal vein	Tijirit Ator	Au	Proterozoic
	Mauritanides	Mesothermal vein	Indice 78	Au	?
4) Copper and gold deposit in greenstone belt	Mauritanides	Carbonate replacement copper and gold deposit (IOCG?)	Guelb Moghrein Tabrinkout (Kadiar, Oudelemguil)	Cu, Au	Late Proterozoic
5) Chromite deposit	Mauritanides	Orthomagmatic chromite deposit	Guidimaka	Cr, PGE	Late Paleozoic
	Reguibat Shield	Orthomagmatic chromite deposit	Amsaga	Cr	?

(1) Province de la formation ferrugineuse rubanée (BIF)

C'est un domaine métallogénique qui a été formé dans la Dorsale de Reguibat, et il est constitué de la formation de fer de Tiris et de la formation de fer de Koedia-Idjill. Les gisements de la formation de Tiris sont considérés être probablement des dépôts métamorphiques de sédiments clastiques originaires des BIF archéennes du type Algoma. Cependant les gisements de fer de la formation de Koedia-Idjill sont des BIF de type Superior qui ont été formés dans le Protérozoïque après la formation des gisements de fer de Tiris dans l'archéen. Géographiquement, la plus ancienne formation a eu lieu à côté de la formation de fer de Koedia-Idjill. Ainsi, les deux formations de fer peuvent être classées dans un seul domaine métallogénique. Les réserves de minerais de fer dans ce domaine sont estimées à 1 milliard de tonnes.

(2) Gisements d'or dans les BIF

C'est un domaine métallogénique des gisements d'or qui ont été formés dans les BIF et les ceintures de roches vertes dans la Dorsale de Reguibat, et le Tasiast et il est représentatif des gisements d'or. Bien que l'âge de la formation des couches de magnétite qui constitue la roche mère (l'archéen) est différent de l'âge des minéralisations aurifères (le Protérozoïque), le gisement est constitué de dépôts d'or hydrothermaux (épithermaux à mésothermaux) avec des

indices provenant de la dissémination et/ou de la structure en réseau le long des fractures de la roches mère. Une exploration intense a été entamée sur le secteur de Piment dans le Tasiast, et les réserves brutes y compris les réserves calculées sont estimées à 25 millions de tonnes. Il existe des zones potentielles au Sud et au Nord du secteur de Piment où le même type de minéralisation d'or est fort probable.

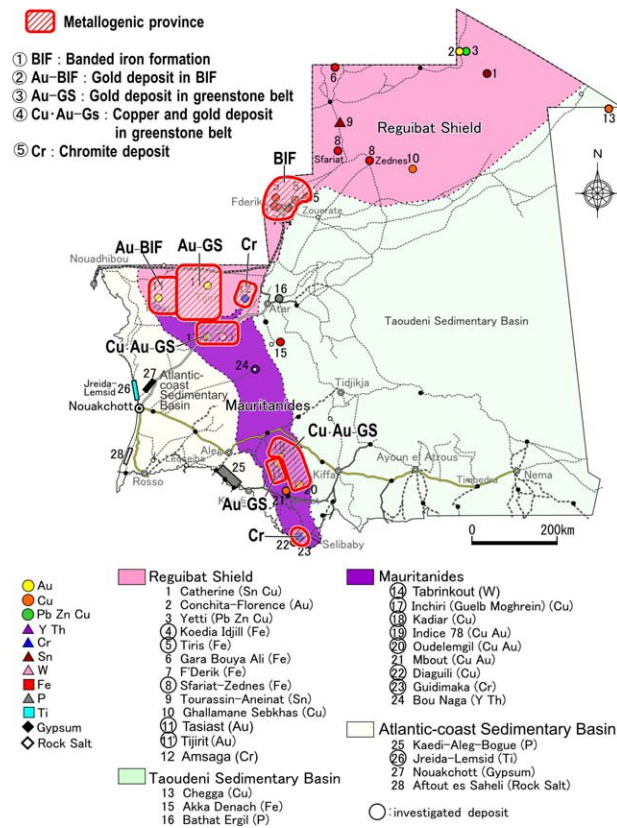


Fig. 4.3.1 Provinces Métallogéniques en Mauritanie

(3) Gisements d'or dans la ceinture de roches vertes

C'est un province métallogénique de type de gisements d'or en veines qui a été formé dans les ceintures de roches vertes dans la Dorsale de Reguibat et des Mauritanides composés de ceintures de roches vertes. Les gisements aurifères en veines dans la Dorsale Reguibat se sont développés à la faveur de la fracturation, accompagnant les lignes tectoniques. La veine d'Ator est représentative des veines d'or dans ce domaine.

L'indice 78 est un prospect d'or dans les Mauritanides, et sa formation peut être liée aux activités tectoniques des Mauritanides.

(4) Gisement d'or et de cuivre dans la ceinture de roches vertes

Il s'agit de la province métallogénique des gisements d'or et de cuivre, de type hydrothermal de substitution qui ont été formés dans les Mauritanides. Ce sont les gisements de Guelb Moghreïn, et les prospects de Tabrinkout et de Kadiar dans la chaîne des Mauritanides.

La roche mère de ces gisements est constituée de carbonates, et partiellement de roches vertes. L'indice est massif, disséminé ou en veines. Sur la base de la structure en veines et du paragénèse du minerai, le gisement de Ouedelemguil fait partie de cette province. Cette province mauritanienne recèle d'importantes ressources de cuivre.

L'âge de formation du dépôt est supposé être en fin du Paleozoic. La minéralisation a eu lieu au même moment de la formation de ceintures de roches vertes. L'exactitude d'appartenance du dépôt à l'IOCG est un sujet important à clarifier dans cette province métallogénique.

(5) Gisements de chromite

C'est une province de gisements de chromite de type Poddy-forme qui ont été formés parallèlement aux roches ultra-mafiques dans les Mauritanides. Ce levé a mis en évidence que le gisement de chromite de Guidimaka est accompagné par des EGP (éléments du groupe du platine). Il existe le même type de gisement poddy-forme de chromite dans l'Amssaga dans la partie occidentale de la Dorsale de Reguibat. Bien qu'il fasse partie d'une différente province géologique (Dorsale de Reguibat), il fait aussi partie de cette province métallogénique. La clarification de la différence entre la province géologique et cette province métallogénique est une question à aborder dans l'avenir.

4.4 Modèles de gisements Miniers

4.4.1 Formation de fer de Tiris

Cette formation est composée de gisements de Guelb El Rhein, Guelb El Aouj, Guelb Atomai etc.

Le minerai de fer de magnétite à grains grossiers est exploité à partir de ces gisements.

Le minerai de magnétite se rencontre lenticulaire ou disséminé dans les quartzites, leptinites et amphibolites du groupe de Tiris d'âge précambrien (avant 1,7 Ga au moins). L'épaisseur de la masse minéralisée est d'environ 100m avec une longueur d'environ 1km.

Chaque gisement comprend du minerai de fer à une grande échelle. Presque tous les gisements datés du précambrien (spécialement avant 1,9 Ga) sont des formations ferrugineuses rubanées (BIF), mais le gisement de Tiris précité est un cas particulier.

Comme un processus considérable de dispersion de

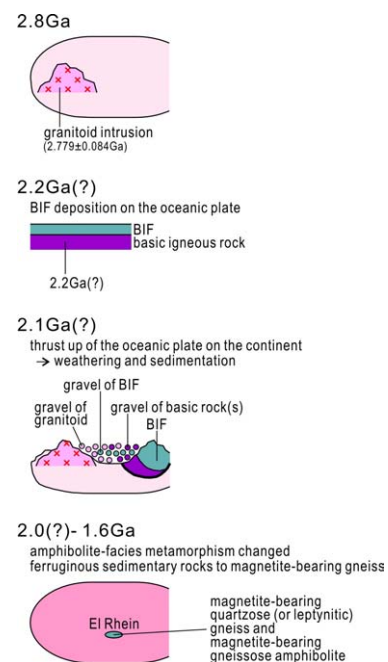


Fig. 4.4.1 Mineral deposit model of the Tiris iron

minerais de fer, les concentrations de fer formées des BIF ont été diffusées et injectées dans d'autres roches à cause de la température élevée du métamorphisme, des amphibolites qui contiennent les BIF.

Cependant, dans les cartes géologiques du BRGM (1975) et la SNIM (données inédites), les limites entre les quartzites, leptinites et amphibolites sont tracées clairement comme des limites lithologiques. Il est difficile de supposer qu'une diffusion intense des composantes chimiques par la haute température et une mixture chimique entre nombreux types de roches a eu lieu dans le passé géologique.

La diffusion mécanique est considérée comme un autre processus de diffusion. Après l'érosion et le concassage des BIF, les clastiques d'origine granitique et des roches mafiques ainsi que les oxydes de fer ont été diffusés. Il est raisonnable qu'après le métamorphisme régional, les clastiques riches en quartz ont été transformées en quartzite à magnétite, les clastiques dominées par le quartz et le feldspath ont été transformées en leptinites à magnétite et les clastiques mafiques ont été transformées en amphibolites à magnétite. La raison pour laquelle les grains de magnétite seront grossiers est que les oxydes de fer clastiques fournis par les BIF étaient de taille conglomératique. Il y a de multiples possibilités pour les roches qui ont constitué la source des clastiques mafiques. Pour la simplification, dans la Fig. 4.4.1, les BIF ont été marquées comme des BIF de type Algoma avec des roches mafiques

4.4.2 le groupe ferrugineux de Koedia Idjill

Ce groupe est les BIF typiques se rencontrent dans le groupe d'Idjill dans le Précambrien. Le groupe d'Idjill qui constitue la roche mère est constitué de 7. Parmi les 7 nappes, trois unités sont de petites échelles et affleurent en étroites sections et leur formation géologique est ambiguë. D'autre part, le reste des unités du groupe montre des différents faciès lithologiques. C'est ainsi que l'unité de La broche est constituée de conglomérats, l'unité de l'Achouil est formée de schistes pelitiques, l'unité de Tazadit est constituée des BIF et de schistes basaltiques avec des disséminations d'hématites et de metabasalte. Les unités présentent des faciès lithologiques différents. La description de chaque unité et l'interprétation géologique de chaque cas sont détaillées comme suit :

(1) Unité de La broche : cette unité est constituée de conglomérats et dans certaines parties de l'unité de La broche, des orthoquartzites sont reconnues dans les cailloux et les graviers cimentés par les oxydes de fer et les matériaux de la silice. Sur la base de leur faciès lithologique, il est compréhensible que la sédimentation du fer et de la silice, diffusés dans l'eau de la mer et se sont déposés dans le fond de la mer soit liée au même phénomène que celui de la formation des BIF dans un mer peu profond à côté du continent composé d'orthoquartzites. Sur la base de leur théorie, le mécanisme précité de formation des conglomérats est considéré comme ce qui suit :

- 1- la vallée de rift marin est formé, le rift continental commence à se diviser

- 2- Après le commencement de la division continentale, le rift était étroit et a connu l'accumulation de cailloux et de graviers dérivés du continent dans la partie peu profonde de la mer près du rift continental.
- 3- Les cailloux et graviers ont été cimentés par le matériaux ferrugineux et siliceux émis par la vallée du rift marin.

(2) Unité d'Achouil

L'unité d'Achouil est constituée de schistes pelitiques et sa sédimentation est considérée avoir eu lieu dans un environnement océanique, c'est-à-dire que l'activité de la vallée du rift a continué, le fonds océanique s'est élargi et l'environnement océanique s'est mis en place.

(3) Unité de Tazadit :

L'unité de Tazadit est constituée des BIF et des concentrations locales de roches clastiques. Ce qui signifie que le fonds océanique a continué à s'élargir et il a constitué un environnement marin plus océanique que dans le cas de l'Unité d'Achouil. c'est à dire que la zone de la mer a eu cet environnement au moment où les formations clastiques du continent rarement atteint se sont formées. Dans cet environnement les matériaux de fer et de silica commence à être émis et les BIF ont été formées après la sédimentation des formations clastiques au niveau du fonds de la mer.

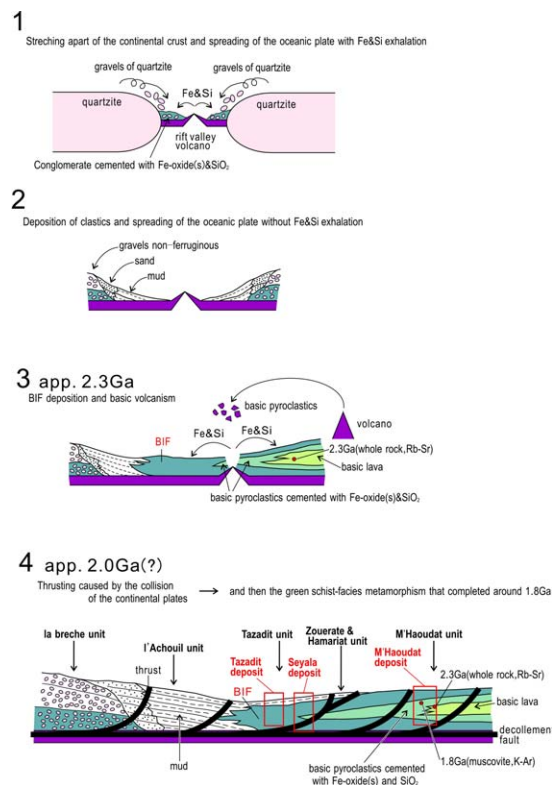


Fig. 4.4.2 Modèle de gisement minéral des BIFs de Koedia-Idjill

(4) Unité de M'haoudat

L'unité de M'haoudat est dominée par les schistes basaltiques et les metabasaltes, les hématites disséminés au sein des schistes basaltiques. Ainsi, il est considéré qu'une autre activité volcanique basaltique différente que la crête qui a eu lieu au moment de la formation des BIF, et le basalte était éjecté ailleurs, et après les pyroclastes basaltiques ont été jaillies.

(5) Nappe de charriage du groupe de Idjill

Selon le processus précité, après l'élargissement de fonds de la mer et la formation du rift et de la crête, la sédimentation variante et avancée a eu lieu et le groupe de Idjill est formé. Il est concevable que le groupe Idjill a été charrié sur la croûte continentale composée du groupe de Tiris (environ 2,0 Ga). En ce moment, le groupe d'Idjill était divisé en 7 nappes, et après ces couches feuilletées ont subi l'évènement du métamorphisme du faciès des schistes vertes.

4.4.3 Gisement d'or de Tasiast

(1) phase hydrothermale

Le gisement est constitué de veines de quartz contenant de l'or recoupant les BIF de type Algoma et de disséminations d'or dans les BIF. L'influence du processus hydrothermal sur le gisement est confirmé par la minéralisation de l'or, des petites concentrations de dissémination de pyrrhotite, de minéralisation de tungstène et une zone blanche fortement argilifère. La minéralisation d'or, de tungstène et la zone blanche fortement argilifère sont supposées être formées sous différentes températures, sur la base de l'homogénéité des températures des fluides inclusifs et les températures estimées sur la base des assemblages de minerais d'argile. Il est nécessaire de calculer la température de formation à partir de celle de l'homogénéisation sur la base de la compensation de la pression. Selon les circonstances de dépôt, la pression est supposée être de 1,5 kb et la température de formation est présumée être égale à la température d'homogénéisation plus environ 100°C.

La minéralisation du tungstène a eu lieu sous une plus haute température d'environ 380°C. La salinité des fluides de formation de minerais est estimée à environ 37 wt% de NaCl équivalent. Le fluide de formation de minerai est sensé être sous les conditions d'oxydation sur la base de la dissolution du chromium reconnue dans la zone de minéralisation de tungstène. L'argilisation des argiles blanches a eu lieu sous une température moyenne d'environ 300°C. Sur la base des types des minerais argileux, le fluide de formation de minerai est sensé être neutre ou légèrement acide. Car la dissolution intensive du fer des BIF nécessite ce fluide comme un facteur réductif. L'or a été produit sous une plus faible température d'environ 250°C. La salinité du fluide de formation est sensée être environ 26 wt% NaCl éq.

Si la minéralisation et l'altération précitées ont eu lieu sous forme de chaîne d'activité hydrothermale, la température la plus élevée devra produire le premier minerai et la plus basse

devra produire le dernier. C'est-à-dire qu'il est fort probable que cette chaîne a eu lieu dans l'ordre qui suit :

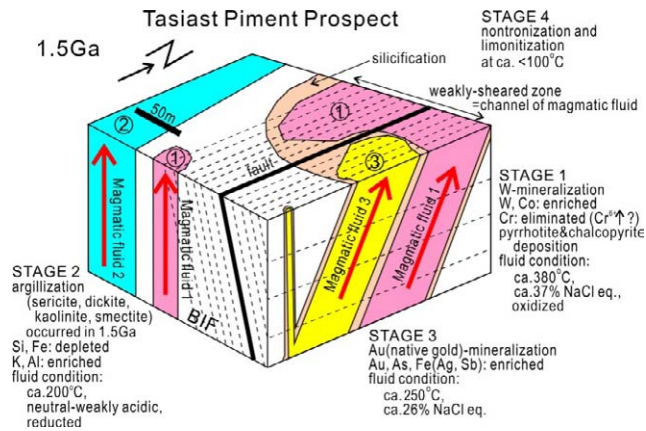


Fig. 4.4.3 Modèle de gisement Minier du gisement d'or de Tasiast

(2) Cheminement de minéralisation du fluide

Dans une partie de la zone minéralisée en dessus de 1g/t pour l'or, le détritit provenant des tranchées a été fortement concassé. Les petits détritits montrent la destruction des couches par les fractures, et ce qui signifie que le fluide a passé en ascendant sur la zone de cisaillement et a perdu des parties de son contenu dans les environs de cette zone. L'orientation dominante de la zone de cisaillement est à peu près présumée être N-S, en tenant compte de la tendance que la zone des minéralisations aurifères montre une teneur de 0,1-1 g/t pour l'or comme la teneur la plus basse..

(3) L'âge des minéralisations

Si la minéralisation d'or a eu lieu simultanément avec l'argilisation (1,5 Ga), l'âge devient plus récent de 0,2- 0,3 milliard d'années, que l'âge basée sur la méthode approximative K-Ar (1,8-1,7 Ga), réalisée sur un amphibolite des schistes à amphibolite considéré comme roche mère dans le gisement de Tasiast et sur un muscovite des biotites- muscovites.

Tandis qu'il est présumé que les âges approximatives des minerais dans les schistes cristallins montre l'âge terminal pour le la métamorphisme, la minéralisation aurifère a eu lieu 0,2-0,3 Ga après l'âge terminal du métamorphisme. Cependant, la minéralisation aurifère dans le tasiast ne peut pas être considérée comme synorogénique et elle ne peut pas être considérée comme un gisement d'or orogénique. Si l'anatexie s'est produite sous une faible croûte au moment du métamorphisme, il est possible que la magma s'est refroidis et s'est installée pendant 0,2-0,3 billions d'années.

Izawa (1993) estime que l'une des plus grandes pics de minéralisation aurifère a eu lieu depuis 1,5 Ga, et pendant cette période 600 tonnes d'or ont été formés. Il est fort probable que certaines conditions géologiques ont eu lieu dans la zone de Tasiast pour la mise en place des minéralisation aurifères à ce temps là.

4.4.4 les gisements d'or et de cuivre dans les Mauritanides

Le gisement est supposé être de type Oxyde de fer- Cuivre- Or (IOCG) qui remplaçait les roches carbonatées en interaction avec les roches vertes. À côté du gisement, les roches vertes sont constituées essentiellement de (biotite) schistes chloritiques du faciès des schistes verts, et associées avec des métagabros qui contiennent l'amphibolite. Un petit bloc de muscovite pollitique a été confirmé dans les schistes verts, et la datation K-Ar du muscovite dérivé de ce bloc a révélé qui correspond à l'âge terminal du métamorphisme du faciès des schistes verts. Les BIF de type Algoma constituent des couches minces dans les schistes verts dans les environs du gisement . La page d'accueil suggère que la totalité des roches vertes sont du groupe de l'Archéen.

Les skarnes à fer et magnésium constitués du talc et de cummingtonite ont été formés dans les roches carbonatées et les roches vertes avant la minéralisation du gisement. On suppose que la magma dérivée de l'anatexie précitée a intervenu au-dessous du gisement et a chauffé les roches carbonatées en produisant la skarnisation. Après cela, l'oxyde de fer composé essentiellement de magnétite avec un peu de pyrite et de pyrrhotite cristallisé, le sulfite de cuivre (chalcopyrite), se sont cristallisés et la minéralisation aurifère a eu lieu en même temps, les carbonates et une partie des skarnes ont été remplacées

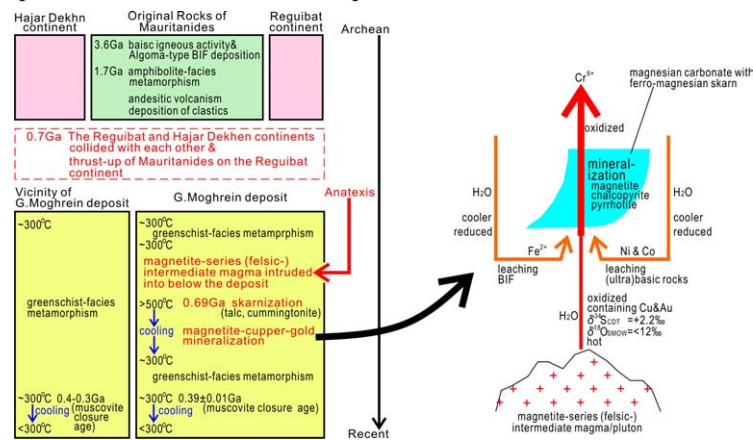


Fig. 4.4.4 Modèle de gisement Minéral du gîte de cuivre et or de Guelb Moghrein

4.5 Sélection des zones prometteuses

4.5.1 Zones prometteuses

Sur la base de l'investigation des gisements et des prospect dans ce levé, la zone de Tasiast (or), Tijirit (or), Amssaga (Cr) ont été choisies comme des zones prometteuses dans la Dorsale de Reguibat et la zone d'Akjoujt (Cu, Or) : le gisement de Guelb Moghrein et le prospect de Tabrinkout) et la zone de Guidimaka (Cr, Pt) dans les Mauritanides.

Tableau 4.5.1 : Zones prometteuses

Domaine géologique	Minéralisation	Zone prometteuse	Objectif d'exploration
Dorsale de Reguibat	Or disséminé et en réseau, épithermal à mésothermal	Tasiast	-BIF à magnétite -Altération hydrothermale avec Nontronite
	Or en Filons de Quartz hypothermal	Tijirit	-Filons de Quartz dans les roches basiques. -tectonique
	Chromite Podi-forme	Amssaga	-Serpentinite
Mauritanides	Or et Cu remplaçant les carbonates	Akjoujt	-Carbonates dans les schistes basiques
	Chromite Podi-forme	Sélibabi	-Serpentinite dans les ceintures de roches vertes

4.5.2 Gisement prometteur et minéralisation

(1) Zone de Tasiast

Le gisement de Piment dans le Tasiast est un gisement d'or hydrothermal dans les BIF à magnétite dans une ceinture de roches vertes dans la Dorsale de Reguibat. L'indice comporte des filons de quartz, de quartz en réseau et dissémination. Les schistes chloritiques et amphibolitiques sont dominants dans les magnétites, et des garnets prophyroblastiques se manifestent aussi. Les veines de quartz et les lenticules de pyrrhotite se situent aux schistes chloritiques à magnétite. L'or natif existe avec le pyrrhotite. Sur la surface, les BIF sont exposées à l'hématitisation, limonitisation, nontronitisation et kaoulinisation par un processus supergène associées aux veines de quartz.

Le secteur de Piment a été intensivement exploré, il a été identifié que le minerai principal s'étend sur environ 1 Km dans une direction N-S, avec une largeur d'environ 25 m, et que la partie montrant une bonne teneur d'or est plongée vers le Sud. Les réserves sont estimées à environ 25 Millions de tonnes, teneur de 2,6 g/t avec un contenu total d'or de 2.084 million oz (65t).

Les BIF altérées qui ont subi une silicification, une argilisation blanche et une nontronitisation sont distribuées sur 5 Km vers le Nord et environ 10 Km dans la direction Sud-Sud-Est du secteur de Piment. Donc, il est probable qu'une minéralisation aurifère similaire se trouve en dessous des secteurs et elle est sensée être sous forme de deux ou trois gisements.

(2) Zone de Tijirit :

Le filon d'Ator dans le Tijirit est constitué de veines de quartz aurifères formées dans les ceintures de roches vertes protérozoïques dans la Dorsale de Reguibat. Des lignes tectoniques orientées NNE-SSW sont développées dans la zone et les veines de quartz porteuses d'or se sont formées dans des fractures parallèles à ces lignes. La caractéristique des veines d'or dans le filon

d'Ator est la co-existence de la minéralisation en cuivre composée de malachite et une existence locale de grandes teneurs en or (supérieure à 10 g/t d'or).

L'exploration sous les veines de quartz dans le secteur d'Ator n'est pas encore effectuée, et la continuité des gisements vers le bas reste non confirmée. Il n'y a pas eu suffisamment de levés entamés aux alentours de la zone. Tandis qu'il y a la possibilité de l'existence de veines d'or. Il est donc nécessaire de faire un levé géologique détaillé sur la zone.

Les anomalies géochimiques en dessus de 100 ppb sont dispersées dans une large zone de 6 Km de l'Est à l'Ouest et 8 Km du Nord au Sud et environ 30 Km Sud-ouest du secteur d'Ator (OMRG, 1996). Des dykes et des failles orientées NNE-SSW sont remarquables dans le secteur. Le faciès lithologique est similaire à celui d'Ator. Sur la base de l'environnement géologique similaire, l'existence des veines porteuses d'or est probable.

Le secteur Ouest de Tijirit situé à 110 Km au Sud- Ouest du secteur d'Ator, dans l'extension Sud- Est de la zone de Tasiast est composé de roches vertes dispersées dans la direction NE-SW. Tandis que quelques anomalies géochimiques d'or ont été observées sur une zone de 30X5 Km dans ce secteur (fig. 4.3.2), il est possible que des filons de quartz hydrothermaux et des réseaux en quartz à gisement d'or similaires à ceux qui existent dans le Tasiast existent dans ce secteur. L'une des zones prometteuses est localisée dans ce secteur.

(3) Zone d'Akjoujt

Le gisement de Guelb Moghrein et le prospect de Tabrinkout sont des gisements hydrothermaux d'or et de cuivre formés dans les Mauritanides. Les gisements ont remplacé les couches de carbonates dans les schistes verts. Des grains grossiers de magnétite apparaissent dans les carbonates intercalés dans les schistes verts. Les sulfures minéraux de chalcopryrite et de pyrrotite s'observent sous forme de veines ou disséminés aux environs de ces grains de magnétite. À la surface, les veines de quartz porteuses d'or et de malachite recoupent les schistes verts, et la malachite se dissémine dans les roches carbonatées. Pour le moment, les réserves prouvées sont de 23,6 millions de tonnes, la teneur moyenne est de 1,88 % Cu, 1,41 g/t Au et 143 ppm de Co.

La partie supérieure de ce type de gisements est un gossan altéré à silicifié ; ils résistent à l'érosion. Ils forment des collines et des affleurements accidentés pénétrant les pénéplaines. Dans la zone de 40 Km entre le gisement de Guelb Moghrein et le prospect de Tabrinkout ils existent pas mal de prospects d'or et de cuivre tels que Elkhader (principal), El Khader (Breccia), El Joul et l'anomalie A1 (Marentheir, 1997). À part les travaux de forage et de tranchées réalisés sur une partie du prospect, il n'y a pas eu de travaux d'exploration suffisants dans cette zone. Dans un proche avenir, il est possible de détecter de bonnes minéralisations en or et en cuivre remplaçant les roches carbonatées. Cette zone a été ainsi sélectionnée comme une zone prometteuse.

(4)Zone de Sélibaby

Le gisement de Guidimaka dans la zone de Sélibaby est un gisement de chromite de type podi-form dans les serpentinites des Mauritanides. Le gisement est de 10-40 m de long et d'environ 15 m d'épaisseur. Huit corps minéralisés ont été confirmés par le levé. Puisque la plupart des minéraux de chrome sont ferro-magnesiochromite, la teneur en chrome est faible et varie entre 22-33% de Cr₂O₃, mais ce levé a mis en évidence une minéralisation de groupe de platine qui montre une teneur de 0,07-0,1 g/t de Pt dans le minerai de chromite. Le levé a confirmé l'osmium comme un grain de métal et l'irarsite, laurite, l'erlichmanite et la cuproiridsite comme des minéraux de sulfure.

Dans cette zone on a rencontré 5 gisements de chromite (BRGM, 1975). Les gisements No1, No2 et No3 ont été explorés par ce levé. Tandis que les minéraux du groupe de platine ont été confirmés, il y a possibilité de l'existence des EGP dans d'autres minéralisations de chromite dans cette région.

(5)Zone de l'Amssaga

Le prospect de chromite est situé dans la zone de l'Amssaga, dans la Dorsale Reguibat, avec une serpentine dans un complexe d'anorthosite. La zone minéralisée est formée dans une zone de 400X300m dans le prospect de chromite de Guelb El Foulet, et sur une surface de 10KmX500m dans la zone d'El Heirich. La teneur en chrome varie entre 30-36% Cr₂O₃ (BRGM, 1975). La distribution des minerais de chromite dans l'Amssaga est plus large que celle dans le gisement de Guidimaka à Sélibaby (3x4 Km). Il n'y a pas d'information sur les EGP dans l'Amssaga. Dans la mesure où la structure géologique est similaire à celle du gisement de Guidimaka, elle est une zone susceptible de contenir des EGP.

4.6 Principaux éléments des sondages et méthodes d'exploration

Sur la base des résultats du levé géologique, les orientations concernant le levé et les méthodes d'exploration des gisements prometteurs sont décrites comme suit :

(1)Zone de Tasiast

1)Orientations

- Les BIF liées à la minéralisation aurifère dans les schistes à chlorite et à amphibolite sont dominants dans les magnétites.
- L'observation des minerais altérés est très importante à la surface, particulièrement l'existence de la nontronite due au processus supergène, qui constitue un élément indicateur de la minéralisation aurifère. La nontronite se rencontre sous forme de veines ou disséminée dans les BIF hématitisées et limonitisées.

- Les porphyroblastes de garnet montrant un intense métamorphisme se rencontrent près de la pyrrhotite coexistante avec l'or dans les échantillons de carottage. L'existence du garnet à la surface suggère une minéralisation aurifère autour des roches contenant le garnet.

2) Méthodes d'exploration

- Un levé aéromagnétique semble un outil effectif pour l'indexation des BIF à magnétite qui constituent la roche mère des gisements dans les ceintures de roches vertes.
- La localisation des zones d'existence des minerais d'or qui sont comme le Tasiast, des gisements mésothermaux, la discrimination des minéraux altérés et du zonage de l'altération hydrothermale est une méthode d'exploration importante.

(2) Zone de Tijirit

1) Principaux éléments

- Les filons de quartz porteurs d'or sont formés le long des fractures orientées NNE-SSW dans la ceinture de roches vertes. Les veines de quartz sont composées d'une tendance NNE et d'une autre NNW qui forment un rangement échelonné en diagonal.
- Partout où la minéralisation aurifère se trouve dans des veines de quartz, elle est accompagnée par une minéralisation de cuivre représentée par la malachite.

2) Méthodes d'exploration

- La reconnaissance géologique conduite près des points de jointure des linéaments de la direction ENE-WSW et NE-SE sur les images satellite régionales.
- Par ce que l'existence de minerai secondaire de cuivre comme la malachite suggère une minéralisation aurifère, l'observation des affleurements de filons de quartz est très importante.

(3) Zone d'Akjoujt

1) Principaux éléments

- Un chapeau de fer est intensif à la surface, résistant à l'érosion et constituant des petites collines.
- Les minéraux sulfuriques se rencontrent sous forme disséminée ou en veine, près des grains de magnétite dans les roches carbonatées, ainsi que dans les limites entre les roches carbonatées et les schistes verts.

2) Méthodes d'exploration

- Un levé aéromagnétique semble une méthode efficace pour la discrimination des roches carbonatées qui constituent la roche mère du gisement dans les schistes à chlorite.
- Si l'or et le cuivre atteignent la surface, il y a une certaine possibilité que la minéralisation soit profonde jusqu'à les limites des filons de quartz et des fractures, il est nécessaire de réaliser des sondages dans les roches vertes jusqu'à l'atteinte de la roche seine.

(4)Zone de Sélibaby

2)Principaux éléments

- Le gisement est un gisement de chromite de type Podi-forme, situé dans les serpentinites sur une petite échelle avec un faible teneur de 22-33% Cr₂O₃.
- Le minerai de chromite massive contient principalement de la ferro-magnésiochromite.
- Il est confirmé que le PGM existe en grain de métal fin et que les minéraux de sulfure sont dans des ferro-magnésiochromites ou chlorites. Dans les conditions d'existence des EGP dans le gisement, la valeur marchande des chromites sera plus importante. Il y a une possibilité que les EGP soient concentrés dans certaines parties des minerais de chromite.

2)Méthodes d'exploration

- Un levé aéromagnétique est une méthode efficace pour distinguer les minerais de chromite des serpentinites.
- Un programme de sondage est nécessaire pour déterminer la profondeur des masses minéralisées et pour vérifier l'existence des EGP.

(5)Zone de l'Amssaga

1)Principaux éléments

- Le gisement de chromite devra exister dans les unités de serpentinites analogue au gisement de celui de Guidimaka dans la zone de Sélibaby.

2)Méthodes d'exploration

- Un levé aéromagnétique représente une méthode efficace pour discriminer les masses minéralisées en chromite des serpentinites.
- La schistosité de la serpentinite est utilisée pour délimiter les masses minéralisées de chromite.