

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE**



Département : Gisements Miniers et Pétroliers

**LABORATOIRE DE RESSOURCES MINERALES ET ENERGETIQUES
(LRM&E)**

MEMOIRE DE MAGISTER

Présenté par :

**AHMEDOU OULD ABDELLAHI
EN VUE DE L'OBTENTION DU TITRE DE**

MAGISTER EN RESSOURCES MINERALES ET ENERGETIQUES

Option : Recherche et Prospection des hydrocarbures et des minéraux utiles

THEME

**CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET GITOLOGIQUE DES
MINERALISATIONS FERRIFERES DE TYPE BANDED IRON
FORMATIONS (BIF) DES FORMATIONS PROTEROZOIQUES DE LA
KEDIAT D'IDJIL, CAS DU GISEMENT DE F'DERIK, DORSALE REGUIBAT
OCCIDENTALE (MAURITANIE SEPTENTRIONALE).**

Soutenu publiquement le 02 mai 2011 à 10 : 00, a la salle R18 devant le jury composé de:

Pr DJEDDI Mabrouk	Professeur.....(UMBB).....Président
Meur OTMANINE Abderrahmane	Maître Assistant (A).....(UMBB).....Rapporteur
Meur SADAoui Moussa	Maître de conférences (A).(UMBB).....Examineur
Meur LOUMI Khaled	Maître de conférences (A).(UMBB)....Examineur

Boumerdes 2011

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS



AL HAMDOUN LILLAH !

Au terme de ce modeste travail, je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements au bon Dieu de m'avoir donné la force, la patience et la volonté pour mettre à terme ce travail.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent tout d'abord à mon promoteur et directeur de recherche Meur. A. OTMANINE, d'avoir accepté de diriger et de juger ce travail. J'ai bénéficié non seulement de son enseignement et de son grand savoir dans ce domaine mais également de ses encouragements ses précieux conseils, sa disponibilité, ses critiques constructifs, ses aides et ses remarques pertinentes qu'il n'a pas cessé de donner afin de contribuer favorablement à l'aboutissement de ce travail.

J'adresse également mes chaleureux remerciements à Professeur. DJEDDI Mabrouk, professeur à (UMBB), Meur. SADAOUI Moussa, responsable de la post post-graduation, Meur. LOUMI Khaled, maître de conférences à (UMBB), Meur. Remichi, chef département gisement miniers et pétroliers, de m'avoir accueilli.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à tous les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes professeurs qui ont assuré ma formation dans le cadre de cycle du Magister "Ressources Minérales et Energétiques"; qu'ils s'assurent de ma gratitude sincère pour les efforts qu'ils ont fourni afin de m'éclairer et me prodiguer une excellente formation dans les différents domaines de la géologie Minière et Pétrolière.

Mes profonds remerciements et reconnaissances s'adressent à mes encadrants à la Société National Industriel et Minière (SNIM) :

Ingénieur Mohamed Ould Weyssate, chef du département des Recherches Géologiques (DRG), Dr. Khalifa Ould Laab géologue senior de recherche minière, chef de la section recherche minière, Meur. Sangott Mamadou Géologue de chantier ; pour les explications scientifiques abondantes et les conseils salutaires, qu'ils n'ont pas cessé de me prodiguer durant toute la période de mon stage. Et de la documentation qu'ils ont mise à ma disposition, j'ai bien bénéficié de leur grande expérience dans le domaine géologique. malgré leurs occupations et leurs charges.

Mes vifs remerciements pour le personnel, les ingénieurs, les géologues du Département des Recherches Géologiques (DRG) pour m'avoir bien accueilli, ont été disponibles à mon égard durant mes séjours de stage avec eux, leur aide tant morale que matérielle, les efforts fabuleux qu'ils ont fournis afin d'enrichir mes connaissances et ma formation.

J'exprime mes gratitudes à l'égard de tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble des habitants de l'Assaba en particulier ceux de Kiffa à la quelle j'appartiens.

Enfin, je ne saurais jamais comment remercier mes proches, en particulier ma mère, mon père ainsi que tous mes frères et sœurs pour leur appuis et leur soutien et qui ont consenti de grands sacrifices pour me permettre ces longues années d'étude, c'est à eux que je dédie ce travail.

DEDICACE

Je dédie cette humble thèse :

-  A mes chers parents : mon très cher père, ma très chère mère qui ont toujours été pour moi une source d'affection et d'amour, je n'oublierai jamais leur grandes affections, leur soutien, leur aide et leurs encouragements tout le long de mes études, et qui m'ont compris et supporté pendant les moments difficiles ;
-  A mes frères, mes sœurs, mes neveux et nièces ;
-  A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines ;
-  A toute ma famille ;
-  A tous mes professeurs ;
-  A tous (tes) mes amis (es) d'ici et d'ailleurs ;
-  A tous ceux qui comptent pour moi ;
-  A l'amitié entre les peuples Mauritaniens et Algériens ;
-  A la Mauritanie, mon pays natal et à l'Algérie, mon pays d'accueil.

TABLE DES MATIERES

Résumé	6
Introduction.....	8
<u>Première partie : Contexte géologique général et local.....</u>	10
I- géologie Régionale	10
II- Aperçu sur la géologie de la Mauritanie.....	12
II-1. La dorsale Réguibat	15
II-2. Le bassin de Taoudenni	21
II-3 Le bassin de Tindouf	22
II-4 La chaîne des Mauritanides	22
II-5 Le bassin côtier ou Sénégal-Mauritaien	23
III- Aperçu sommaire sur les potentialités minières de la Mauritanie.....	24
IV- Contexte géographique et géologique du Tiris.....	27
IV -1- Cadre général et géographique du Tiris.....	27
IV -1-1. Zouérate	27
IV -1-2. F'derick	28
IV -2- Cadre géologique du Tiris	28
IV -3 Pétrographie et Minéralogie du groupe de Tiris	30
<u>Deuxième partie : La lithostratigraphie de la Kédiat d'Idjil.....</u>	32
I. Découverte	32
II. Cadre géographique et géologique local.....	32
III. Unités géologiques de la Kédiat d'Idjil	35
III.1 Unité de la brèche.....	36
III.2. Unité de Tazadit.....	36
III.3. Unité de d'Achouil.....	37
III.4. Unité de Zouerate.....	37
III.5. Unité d'El Hamriat.....	37
III.6. Unité d'El Hadej.....	38
III.7. Unité de M'Haoudat.....	38

IV. Données et interprétation des sondages	42
<u>Troisième partie: La tectonique de la Kédiat d'Idjil</u>	50
I. Tectonique précoce	50
I-1. Principales phases tectoniques.....	50
I-1.1. Phase 1.....	50
I-1.2. Phase 2.....	51
I-1-3. Phase 3.....	51
II. Tectonique gravitaire de type diapirique	51
III. La tectonique du Groupe du Tiris.....	52
III-1. Déformations précoces	53
III-2. Déformations gravitaires de type diapirique.....	54
IV. Tectonique du Groupe d'Idjil.....	57
IV-1. Déformations précoces	59
IV-1-1. Une phase F1	59
IV-1-2. Une phase F2.....	60
IV-2. Déformations tardives.....	60
IV-3. Mise en place de l'unité de la Kédiat d'Idjil	61
IV-4. Mise en évidence de l'allochtonie du Groupe du d'Idjil.....	64
IV-5. Contacts anormaux : Architecture de la Kédiat d'Idjil	68
IV-6. Relation de la Kédiat d'Idjil avec le socle environnant	68
<u>Quatrième partie : Etude géologique et pétrographique de la Kédiat d'Idjil et les gisements associés.....</u>	69
I. principaux types de minerais	69
I-1. L'hématite en plaquette	70
I-2. L'hématite rocheuse.....	72
I-3. La brèche d'Idjil	75
II- Origine de la minéralisation	77
II-1. Origine synsédimentaire	78
II-2. Origine métasomatique ou hydrothermale	78

II-3 Origine latéritique par circulation d'eaux météoriques	79
III- Age de la minéralisation	82
IV- Exemple de modèles de gisements.....	84
IV-1. Gisement de TO14.....	86
IV-2. Groupe de Tazadit	87
IV-3. Groupe de Roussat	87
IV-4. Groupe de Seyala-Azouazil.....	88
IV-5. Gisement de F'Dérik.....	89
IV-6. Synthèse	90
<u>Cinquième partie: Formations de fer rubanées (BIF)</u>	92
I. Rappels sur les formations de fer rubanées (BIF)	92
I.1 Introduction	92
I.2 Généralités sur les BIF (Formations de fer rubanées).....	93
I.2.1 Définition	93
I.2-2. Classification des BIF.....	96
I-2-2-1. Les BIFs de type Lac supérieur.....	96
I-2-2-2. Les BIFs de type Algoma.....	97
I-3. Minéralogie des BIF.....	98
I-4. Modèles génétiques des BIF.....	100
II. Les BIFs de la Kédiat d'Idjil.....	102
II.1 Introduction	102
II.2 Cadre géologique	102
II.3 Minéralogie.....	103
<u>Sixième partie : Gisement de F'Dérik</u>	104
I- Introduction	104
II. Situation géographique	104
III - Méthodologie du travail de terrain	105
III-1. Cartographie	106
III-1-1. Coupes topo-géologiques.....	110

III-2. La Tectonique de la Région de F'Dérík	113
III-2-1. Tectonique cassante	113
III-2-2 Tectonique souple	113
III-3. Etudes macroscopique	116
III-3-1. Quartzites ferrugineux	116
III-3-1-1. Quartzite ferrugineux à hématite homogène, non rubané.....	116
III-3-1-2. Quartzite ferrugineux à rubanement fin mais net (BIF)	117
III-3-1-3. Quartzite ferrugineux à hématite à rubanement moyen	117
III-3-1-4. Quartzite ferrugineux à hématite à rubanement très large	118
III-3-2. Les minerais d'hématite.....	119
III-3-2-1. Hématite en plaquettes (65 à 66%)	119
III-3-2-2. Hématite rocheux ou massive (68 %)	121
III-3-3. Brèche d'Idjil	123
III-3-4. Le schiste	123
III-3-5. Autres faciès	124
III-4. Etude microscopique	128
III-4-1. Observation de principaux faciès ferrugineux	128
III-4-1-1. Echantillonnage	128
III-4-1-2. Bancs d'hématite quartzite (BHQ).....	129
III-4-1-3. Quartzites ferrugineux non rubanés.....	132
III-4-1-4. Brèches.....	133
III-4-1-5. Chloritoschiste à hématite	133
III-4-2. Synthèse des observations	134
III-4-2-1. Première phase	134
III-4-2-2. Deuxième phase	135
III-4-2-3 Troisième phase	138
III-5. Données de laboratoire	139
III-5-1. L'analyses chimiques.....	139
III-5-2. Présentations des données.....	141

III-5-3. Synthèse.....	143
<u>Conclusion générale</u>	144
<u>Références Bibliographiques</u>	147

Résumé :

La Mauritanie est un pays de l'Afrique de l'Ouest, très riche en ressources minérales, Elle est composée de cinq grandes unités géologiques qui sont de la plus ancienne à la plus récente (Abdi Vall 1994):

- La dorsale Réguibat au Nord du pays ;
- Le bassin sédimentaire de Taoudeni au centre et à l'Est ;
- Le bassin sédimentaire de Tindouf à l'extrême Nord et Nord-Ouest ;
- La chaîne des Mauritanides à l'Ouest du bassin de Taoudeni ;
- Et enfin, en bordure de l'Atlantique central, le bassin marginal de Mauritanie ou bassin côtier Sénégal-Mauritanien à l'Ouest.

La dorsale Réguibat se caractérise du point de vue lithologique par l'abondance de formations de fer rubanées (BIF); les BIFs archéens de type Algoma du Tiris, et les BIFs de type lac supérieur du protérozoïque inférieur du groupe d'Idjil.

La Kédiat d'Idjil, y appartient le gisement de F'Dérik l'objet de notre étude, et la limite occidentale de la dorsale Réguibat, est composée essentiellement de quartzites ferrugineux rubanés (BIF) et de brèches, avec quelques schistes et mica schistes ; Les quartzites ferrugineux rubanés et lités protérozoïques ou BIF (Banded Iron Formation) de la Kédiat d'Idjil, sont lithologiquement des roches formées d'alternances de lits, d'épaisseurs millimétriques ou centimétriques, de silice pure et d'un lit riche en oxydes de fer (Hématite ou magnétite).

La Kédiat d'Idjil, (groupe d'Idjil), correspond à un grand synclinal dissymétrique délimité par deux failles et est constituée par six unités tectoniques superposées, en discordance tectonique complète sur le groupe du Tiris. (Bronner 1979), elle est effectuée par un métamorphisme épizonal et par deux phases principales de déformation :

Phase 1 : caractérisée par un plissement synmétamorphique intense,

Et phase 2 : nettement postérieur, qui met en jeu, au cours d'une évolution structurale progressive, cisaillement, boudinage et laminage, bien que des recristallisations partielles soient observées.

L'étude microscopique effectuée sur des échantillons ferrifères du gisement de F'Dérik nous a permis de distinguer une minéralogie simple avec quartz, hématite et de chlorite avec et de faible proportion de : martite, magnétite et ilménite. Antérieurement, quelques auteurs ont pu distinguer en plus de ces minéraux précédemment cités des aluminosilicates en accessoires.

Du point de vue géochimique, les faciès ferrugineux sont très riches en Fe et en Si et très pauvres en d'autres éléments.

Deux types de minéralisation d'hématite ont été reconnus dans ces formations: minéralisation en plaquettes et minéralisation type rocheux.

A ces minéralisations correspondent trois principales hypothèses génétiques : Origine synsedimentaire, origine métasomatique ou hydrothermale et origine latéritique par circulation d'eaux météoriques.

Cependant, l'étude microscopique nous a permis de déterminer trois phases de minéralisations : phase précoce synsédimentaire liée à la sédimentation des BIFs et, une deuxième phase liée à la tectonique. A ces deux phases on peut ajouter une troisième phase résultant de l'altération météorique.

Mots clés :

Craton ouest africain, Dorsale Réguibat, Tiris, Kédia d'Idjil, F'Dérik, Archéen, Paléoprotérozoïque, Fer, Hématite, BIF, BHQ, Épizonal, Minéralisation.

Introduction :

La dorsale Réguibat, surtout sa partie occidentale, a pris sa part de l'abondance du fer dans l'écorce terrestre. Ainsi, le fer est présent en quantité importante dans les groupes archéens du Tiris, de l'Amsaga, de Lebzenia et d'Oum Abana, dans les unités allochtones archéennes des Sfariat et birimiennes du groupe d'Idjil, mais aussi dans certaines nappes de la chaîne des Mauritanides et de sa couverture sédimentaire paléozoïque.

La présence de formations ferrifères à des époques différentes, pose en particulier le problème de sa genèse.

La genèse du fer en Mauritanie a fait l'objet de plusieurs hypothèses (Blanchot, 1975 ; Oksengorn, 1973) qui restent à vérifier.

L'origine des formations ferrifères préoccupe depuis lors les géologues mauritaniens qui recherchent des sites pouvant assurer la pérennité de l'exploitation de ce métal à court, moyen et long terme.

Certains auteurs considèrent les minéralisations de la Kédiat d'Idjil qui sont encaissées dans des BHQ (ou Banded Hématite Quartzite), comme le résultat d'une longue période d'altération météorique, alors que d'autres proposent un modèle génétique hydrothermal, et une Origine synsédimentaire.

Afin d'enrichir ce débat et d'essayer d'éclaircir les processus d'enrichissement du fer à partir de ces BHQ (Banded Hématite Quartzite), une étude minutieuse de géologie de terrain et métallogénique couplée à une étude géochimique s'imposent.

L'objectif du présent travail est d'approfondir l'étude métallogénique et pétrographique des formations en essayant d'éclaircir la relation probablement génétique de la minéralisation avec les BHQ. (A cet objectif s'ajoute les deux points suivants) :

- Nous présentons également un essai de synthèse géologique de la Kédiat d'Idjil à la lumière des travaux antérieurs et de nos observations personnelles ; et nous donnerons :
- Une idée sur les BIFs (Banded Iron Formations) d'une manière générale, ceux de la Kédiat d'Idjil en particulier et ses principales caractéristiques.

Pour atteindre cet objectif, une recherche bibliographique a permis de mieux connaître la géologie de la dorsale Réguibat et plus précisément sa partie occidentale dont fait partie la Kédiat d'Idjil.

Des missions de terrain d'une durée totale d'une année, ont été effectuées afin d'interpréter les sondages carottés et percutants, de cartographier les poches minéralisées, de réaliser des coupes topo-géologiques, de prélever des échantillons pour les études macroscopiques et microscopiques.

Des lames minces et des sections polies ont été faites pour des études métallographiques, et aussi des analyses géochimiques au laboratoire. Ce mémoire comprend les parties suivantes :

Première partie : Contexte géologique général et local ;

Deuxième partie : La lithostratigraphie de la Kédiat d'Idjil ;

Troisième partie : La Tectonique de la Kédiat d'Idjil ;

Quatrième partie : Etude géologique et pétrographique de la Kédiat d'Idjil et les gisements associés ;

Cinquième partie : Rappel sur les formations de fer rubanées (BIF) ;

Sixième partie : Gisement de F'Dérik : Géologie, cartographie, tectonique, étude macroscopique et microscopique ;

Et se termine par une conclusion générale.

Première partie : Contexte géologique général et local :

I- géologie régionale :

L'ossature de l'Afrique de l'Ouest est constituée essentiellement par un socle précambrien communément appelé Craton Ouest Africain (environ 4.500.000 km² de surface), (Figure 1).

Ce craton qui date du Précambrien, métamorphisé, polydéformé et totalement stabilisé vers 1700 Ma, apparaît principalement au niveau de deux dorsales :

Réguibat (Mauritanie) au Nord et Léo (Mali) au Sud. Il affleure aussi dans les boutonnières de Kayes et de Kenieba-Kédougou (de part et d'autre de la frontière entre le Sénégal et le Mali). Le reste du craton est couvert par des

dépôts de plate-forme dont les plus anciens sont datés de 1000 Ma (Figure 2).

Il s'agit de séries épaisses conservées de façon plus ou moins constante dans les grands bassins de Tindouf et de Taoudéni ainsi que les bassins du Gourma, de Bowé et le bassin voltaïen. (Bessoles, 1977).

Chaque dorsale comprend deux domaines assez distincts et nettement contrastés tant par l'âge des formations que par leurs caractères pétrographiques et lithologiques. Un domaine occidental essentiellement archéen qui est associé à un domaine oriental où prédominent largement des formations birimiennes.

Ces deux domaines sont séparés par des couloirs de cisaillement (Accident de Sassandra de la dorsale de Man et de Zednès dans la dorsale Réguibat) qui semblent correspondre aux extrémités d'un unique cisaillement passant sous le bassin de Taoudéni.

Cependant la position des boutonnières de Kédougou-Kéniéba et l'absence d'Archéen en leur sein posent un problème quand à la continuité entre l'Archéen Mauritanien et celui de Man. De même, les études paléomagnétiques (Onstott et al., 1981) suggèrent que le Craton Ouest Africain (COA) et la chaîne Guyanaise appartenaient à un seul même domaine au Paléoprotérozoïque. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que cette chaîne présente, à l'instar du Craton

Ouest Africain, un domaine occidental archéen (daté à 2700 Ma) et un autre oriental, d'âge Paléoprotérozoïque, qui est affecté par l'événement transamazonien (2000-2200 Ma).

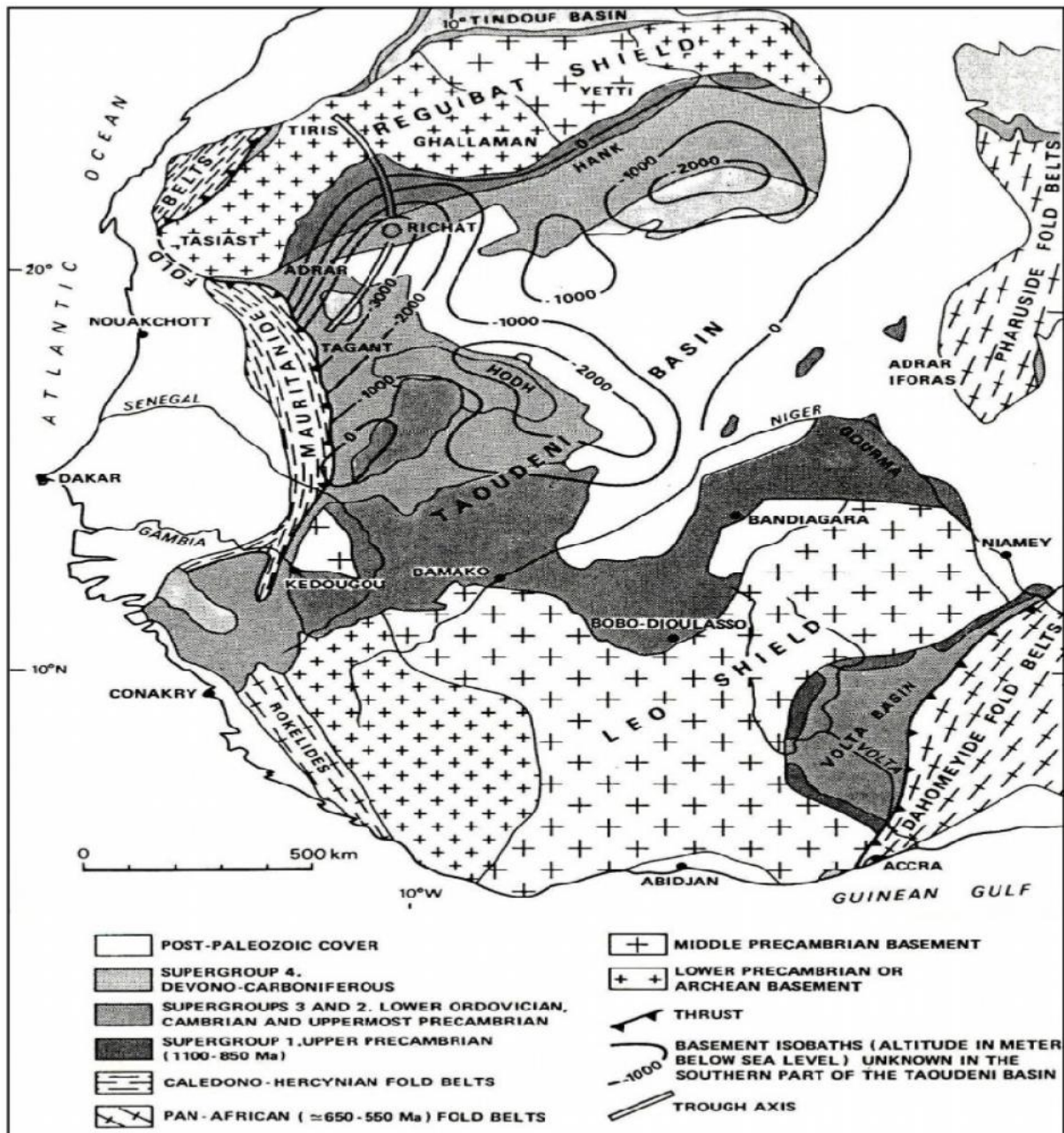


Figure 1 : carte géologique de l'Afrique de l'Ouest (d'après Bronner et al., 1982 in Yakoub,O. 2010).

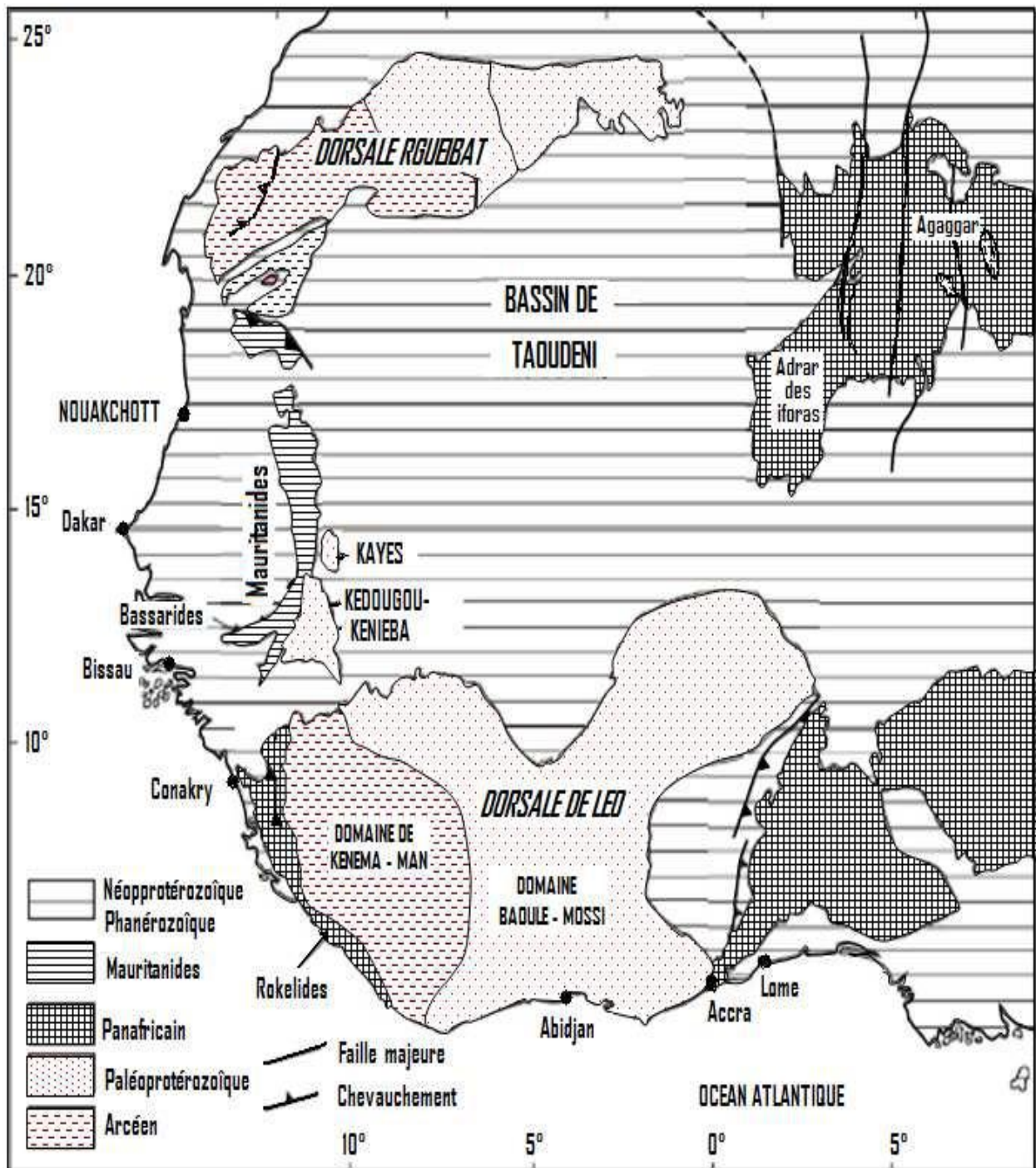


Figure 2 : Carte structurale de l'Afrique de l'ouest (Caruba et Dars, 1991).

II- Aperçu sur la géologie de la Mauritanie :

Pays de l'Afrique de l'Ouest, s'étendant entre le 15° et 27° de latitude Nord, et entre les 5° et 17° méridiens ouest. sur une superficie de 1.030.700 km², Elle est limitée au Nord-est par l'Algérie, au Nord-ouest par le Sahara Occidental, au Sud-est par le Mali, au Sud-ouest par le Sénégal (frontière naturelle matérialisée

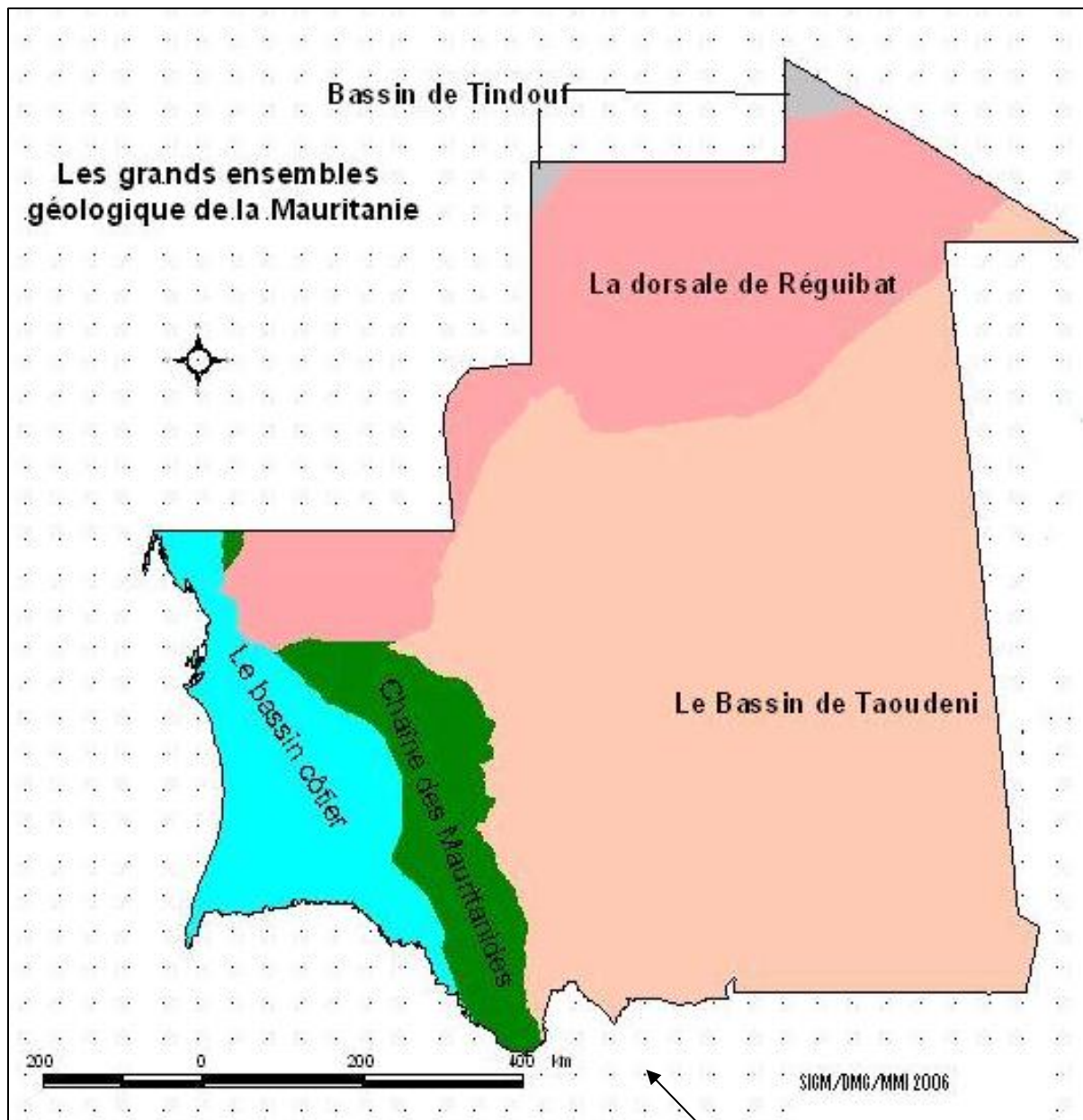
par le fleuve Sénégal sur une longueur de près de 700Km) et à l'Ouest par l'Océan Atlantique sur une façade maritime de près de 700Km.

La Mauritanie se trouve dans le craton ouest-africain, plusieurs des grands ensembles lithostratigraphiques et structuraux qui composent l'Afrique de l'Ouest affleurent partiellement à l'intérieur des frontières de la République islamique de Mauritanie, selon des surfaces très variables, certaines étant fort réduites.

Le territoire mauritanien est occupé sensiblement par des formations de socle et des formations sédimentaires.

Il existe cinq grandes unités géologiques en Mauritanie (figure 3), qui sont de la plus ancienne à la plus récente (Abdi Vall 1994):

- **La dorsale Réguibat** au Nord du pays.
- **Le bassin sédimentaire de Taoudeni** au centre et à l'est.
- **Le bassin sédimentaire de Tindouf** à l'extrême Nord et Nord-Ouest.
- **La chaîne des Mauritanides** à l'Ouest du **bassin de Taoudeni**.
- Et enfin, en bordure de l'Atlantique central, **le bassin marginal de Mauritanie** ou bassin côtier Sénégal-Mauritanien à l'Ouest.



Légende

-  Développé au cours du Permo-Trias
-  Age protérozoïque tardif et paléozoïque
-  Age protérozoïque tardif et paléozoïque
-  Néo-Protérozoïque - Paléozoïque
-  Socle précambrien



Fig.3 : Carte géologique de la Mauritanie montrant les principales unités géologiques (Source : Direction national des mines).

II-1 La dorsale Réguibat :

Un socle cristallin et métamorphique précambrien représenté par la dorsale de Réguibat (Figure 4), couvrant tout le Nord du pays, elle s'étend du Sud-Ouest vers le Nord-Est, depuis l'Amsaga et le Tiris jusqu'à l'Eglab en Algérie ; Les terrains les plus anciens datent du Précambrien ancien (Archéen ou Protérozoïque inférieur). Elle est longue de 1500 km environ et d'axe SW-NE, large de 250 à 400 km elle est située entre les méridiens 3° et 16° Ouest et les parallèles 20° et 27° Nord d'autre part.

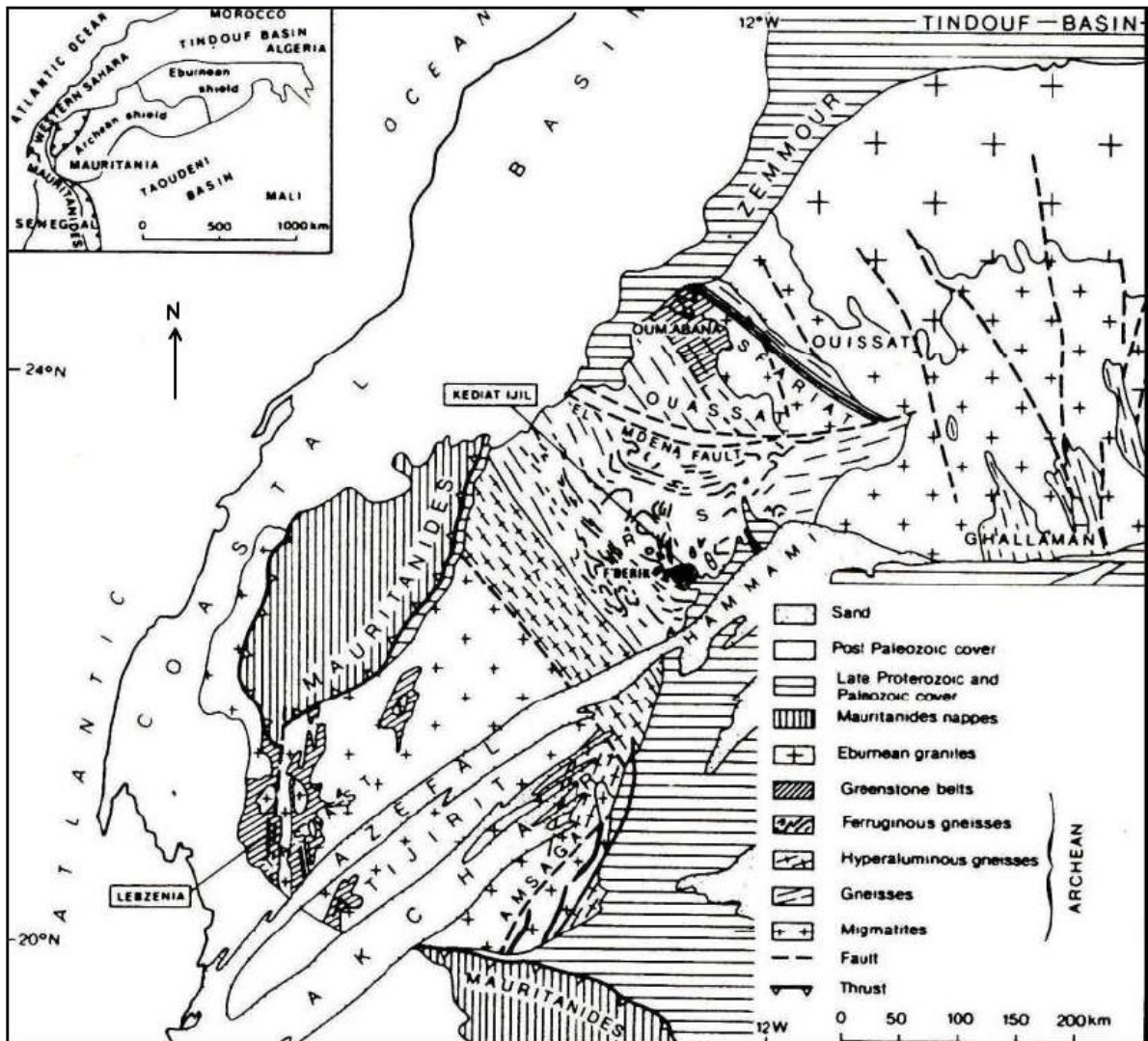


Figure 4 : carte géologique de la dorsale Réguibat (Bronner et al., 1990).

Cette unité correspond à une vaste boutonnière affleurant en Algérie et au Maroc et faisant apparaître une partie importante du craton Ouest-africain entre la synéclise de Tindouf au Nord, la synéclise de Taoudeni au SE et la chaîne pan-africaine et calédonno-hercynienne des Mauritanides au SW et à l'Ouest. L'altitude moyenne de cette boutonnière s'élève régulièrement d'Ouest en Est, de 150 m à 350 m.

La dorsale est composée de deux grands domaines géologiques distincts (Figure 5) : l'Archéen qui constitue principalement le bâti des régions de l'Ouest et au Sud-Ouest ainsi que celui de l'Ouassat, Ghallaman, de Tiris, Tasiast, et d'Amsaga, contenant toutes des formations ferrifères ; D'autre part d'un domaine Paléoprotérozoïque à l'Est (orogénèse Eburnéen ou Birrimien) qui est essentiellement développé dans la dorsale centrale et orientale constitué de ceintures de roches vertes volcano-sédimentaires, à formations ferrifères assez développées, et de ceintures volcaniques acides séparées par deux cortèges d'intrusions et recoupées par un épisode plutonique tardif sub-alcalin à alcalin (Figure 5).

C'est donc la subdivision géologique qui est la plus adaptée.

Elle oppose une dorsale occidentale élargie ou dorsale archéenne à une dorsale centrale et orientale ou dorsale éburnéenne (BONNER, 1992).

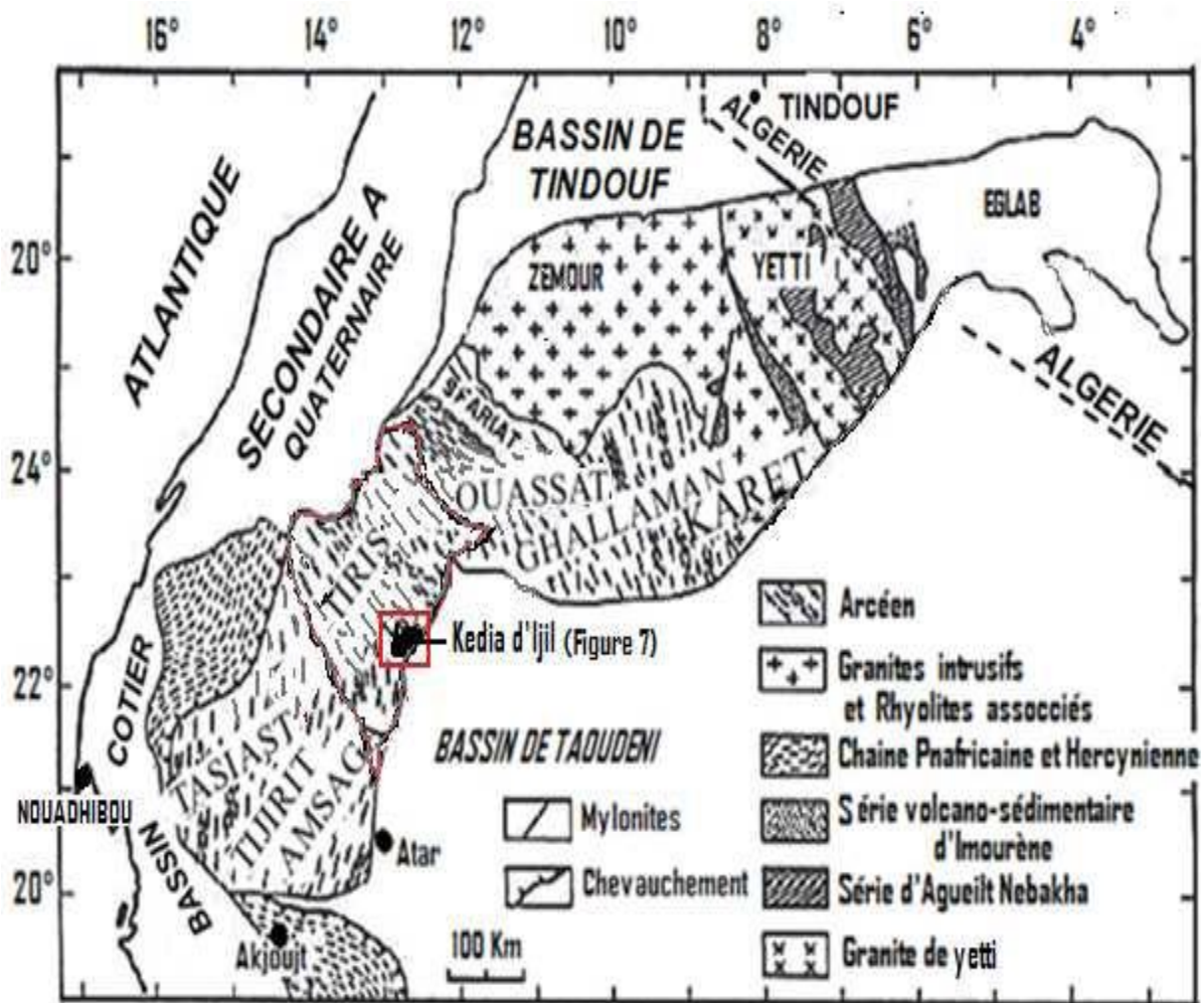


Figure 5 : Unités lithostratigraphiques de la dorsale Réguibat,
(Lahondere et al, 2003).

Morphologiquement, la topographie de la dorsale est plane, mais parfois perturbées et surtout dans sa partie méridionale par des reliefs en inselberg qu'on appelle ou connu localement sous le nom de Guelb. Mais aussi des Kédiat et des falaises.

Les Guelbs et les Kédiats sont généralement localisés au milieu des regs et ont des limites très nettes, avec des dénivellations par rapport à la plaine de l'ordre de 600m. Les falaises correspondent au rebord des diverses formations tabulaires du Protérozoïque supérieure du bassin de Taoudenni.

Stratigraphiquement, la dorsale est composée dans sa partie encaissante (où se situe notre province ferrière) de deux groupes subdivisés en sous unités :

le groupe de Tiris (2900 Ma) et le groupe d'Idjil (≥ 1700 Ma). Ces groupes fournissent les minerais de Fer dans la Kédiat d'Idjil et appartiennent à la Série de l'Amsaga qui affleurent essentiellement dans la région du Zouerate.

- le groupe de Tiris :

D'âge très ancien (près de 2900 MA), composé par des reliefs en inselbergs, il est formé des roches de métamorphisme élevé (gneiss à hypersthène, leptynites, amphibolites, et pyroxéno-amphibolites, quartzites et quartzites ferrugineux, etc.) très fortement tectonisées (quatre phases tectoniques principales) Dans ce groupe, le quartzite à magnétite domine.

- le groupe d'Idjil ou Kédiat :

D'âge plus récent (environ 1700 MA), Ce groupe est caractérisé par les massif montagneux ou rocheux de la Kédiat d'Idjil objet de notre étude. Il est formé de roches de métamorphisme léger (schistes, mica-schistes, chlorito-schistes, quartzites et quartzites ferrugineux) dont la tectonique est nettement moins intense (une phase de plissement principale, reprise par une phase secondaire).

Dans la Kédiat d'Idjil, on note plusieurs niveaux ferrugineux, en général sous forme de quartzites à hématite. Ces quartzites à hématite ou à magnétite sont exclusivement constituées d'oxydes de fer et de la silice et formant les principaux sites miniers dans la région.

Tectoniquement, la dorsale est marquée ou affectée par plusieurs phases tectoniques qui sont très remarquables et visibles dans la lithologie. En plus, les traces des différentes déformations ont été bien enregistrées et conservées. Les déformations sont de deux types ; une phase précoce et une déformation gravitaire de type diapirique (G.Bronner 1992).

Minéralogiquement, la partie occidentale de la Dorsale est composée essentiellement du matériel quartzo-feldspathique (renfermant un taux faible de fer et parfois des quartzites à magnétite cas du Guelb El Rhein) à l'exception de la Kédiat. Dans la Kédiat, on note plusieurs niveaux ferrugineux en général sous forme de quartzites à hématite. Ces niveaux sont généralement associés à des amphibolites, des leptynites et à des cipolins.

Ces quartzites à hématite ou magnétite exclusivement constitués du Fer et de la Silice constituent les principaux gisements d'exploitation du minerai dans la région.

Les affleurements sédimentaires sont très restreints. Toutefois, leur présence dans la région est bien connue à partir de la description des cuttings lors des sondages de recherche de l'eau dans la région ou dans le cadre de la réalisation des fosses d'exploitation. Par exemple, au niveau de la fosse Nord du TO14, la discordance angulaire des formations sédimentaires sur le socle est très nette.

Les ceintures de roches vertes volcano-sédimentaires de la dorsale Réguibat, équivalentes aux ceintures birimiennes de la partie orientale et méridionale du Bouclier Ouest-Africain, sont favorables aux minéralisations d'or.

La dorsale Réguibat renferme des réserves de fer supérieures à 190 millions de tonnes, un potentiel en or similaire à celui rencontré au Ghana et au Mali, et des kimberlites diamantifères récemment découvertes.

Le potentiel ferrifère est bien connu en surface notamment dans la région du Tiris où des gisements de fer sont en exploitation (Kédiat d'Idjil, Guelb El Rhein, M'haoudat).

Les études récentes recherchent l'extension en profondeur mais également le potentiel en or épigénétique souvent associé à ce type de minéralisations.

La répartition des permis d'exploitation montre que le diamant est très prospectif sur la dorsale Réguibat. En effet, à l'instar d'autres secteurs de la

dorsale, de nombreuses kimberlites ont été découverts très récemment par des compagnies minières telles que Ashton Mining, Rex Diamond et la SNIM dans différentes zones du craton. Les cratons archéens sont en effet des encaissants privilégiés des kimberlites du fait de la forte épaisseur de la croûte continentale et du faible gradient géothermique associé.

Le craton Ouest- Africain est l'un de ceux-là et la partie Sud (dorsale de Leo) présente plusieurs kimberlites diamantifères en exploitation (Libéria, Sierra Leone, Guinée, Ghana).

En Mauritanie, les kimberlites mises en évidence semblent affectées par une intense altération supergène à calcrète.

Il existe par ailleurs un potentiel prospectif pour les métaux de base qui sont quasiment inexploités.

La dorsale Reguibat a été subdivisée en plusieurs régions naturelles :

-L'**Amsaga**, dans l'extrême SE, est limité par les dunes de l'Akchar et la bordure du bassin de Taoudeni.

-Le **Tasiast** entre l'**Azefal** et la limite occidentale de la dorsale. Au Nord du Tasiast se développe le Tiris, constellé de nombreux Guelbs, arrondis au SW, acérés et noirs au NE, formés de quartzites ferrugineux. Le plus important d'entre eux est la Kédiat d'Idjil, point culminant de la dorsale avec 917 m d'altitude et dominant la plaine de plus de 500 m. Du fait de sa taille et de sa couleur sombre, ce massif apparaît comme un point noir remarquable sur toute les images orbitales de cette face de la terre.

La dorsale **Réguibat**, par sa forme même, a été subdivisée en trois grands ensembles :

-La dorsale occidentale (Amsaga, Tijirit, Tasiast, Tiris) ;

-La dorsale centrale (Ouassat, Ghallaman, Zemmour, Yetti, Karet) et ;

-La dorsale orientale (Eglabs).

Ce découpage reflète cependant mal sa constitution géologique.

II-2. Le bassin de Taoudenni :

Le bassin paléozoïque et secondaire de Taoudenni situé à l'Est de la Mauritanie, dont la partie occidentale présente un pendage Ouest occupe la moitié ouest de la Mauritanie (Figure 3).

Se bassin est situé au Sud de la dorsale Réguibat, est le plus grand bassin intracratonique d'Afrique, il couvre les 2/3 du craton de l'Afrique de l'Ouest (Figure 2).

Les formations de ce bassin sont généralement masquées par les recouvrements dunaires qui empêchent une meilleure connaissance de leurs compositions et leur structure, et sa partie occidentale présente des formations inclinées vers l'Est.

Les sédiments dont il est formé s'échelonnent du Précambrien supérieur à l'Actuel en plusieurs ensembles, séparés par des discordances et des lacunes.

Les couches sédimentaires plongent très faiblement vers le Sud-est et l'Est et forment des cuestas qui bordent la dorsale Réguibat au Nord du bassin, ou des plateaux grés-quartzitiques dans l'Ouest comme le plateau de l'Assaba, de l'Adrar, du Tagant (BRGM, 1975, in Sidi Med,O. 2010).

Ce bassin se prolonge au Mali jusqu'aux contreforts de l'Adrar des Iforas à l'Est et, vers le Sud, jusqu'au bouclier éburnéen (ou Libéro-Ivoirien) encore appelé également dorsale (ou massif) Man-Léo, (Figure 2).

il est composé de formations d'âges variés allant du protérozoïque supérieur au carbonifère. Sa partie orientale est couverte de sédiments Mésozoïques à Cénozoïques.

a)-Les terrains d'âge protérozoïque supérieur sont formés de roches sédimentaires de type plat forme (grès, argiles et calcaires).

b)-Les terrains d'âge Cambro-Ordovicien, composées de conglomérats, de mudstones, de grès et de siltstones, couvrent en discontinuité le Protérozoïque Supérieur. Ils atteignent 1.000 m d'épaisseur.

c)-Les terrains d'âge Silurien à Carbonifère sont constitués de grès, d'argiles et de calcaires.

Les parties occidentales et méridionales de ce bassin sont prospectives pour la recherche minière tandis que le reste du bassin est favorable à la recherche des hydrocarbures.

II-3. Le bassin de Tindouf :

Situé à l'extrême Nord de la Mauritanie, près des frontières avec l'Algérie et le Maroc ; il dessine un vaste synclinal Est-Ouest constitué par un remplissage sédimentaire dont les termes de base, discordants sur le socle, sont progressivement plus anciens en se dirigeant vers l'Ouest.

D'un point de vue lithologique, il s'agit de dolomies du Protérozoïque supérieur et de grès, de schistes et de calcaires d'âge Ordovicien-Dévonien, (EL Mokhtar, M., 2008).

II-4. La chaîne des Mauritanides :

La ceinture hercynienne des Mauritanides s'étend sur plus de 1.500 km à travers la Mauritanie et les régions voisines du Sahara occidental et du Sénégal oriental, formée de matériel cristallin et métamorphique, et caractérisée par des plis et des chevauchements liés à l'orogénèse hercynienne. Elle borde à l'Ouest le Craton Ouest-Africain. (BRGM, 1975 in Sidi Med,O., 2010), (Figure 2).

Elle est constituée de collines, de reliefs isolés (inselberg) et des crêtes grés-quartzitiques rectilignes N-S, d'une centaine de kilomètres de largeur. Elle s'étend de l'extrémité méridionale de la dorsale Réguibat au fleuve Sénégal, et comprend des terrains cristallins, métamorphiques et sédimentaires du Précambrien et du Cambro-Ordovicien. La dernière phase de déformation, hercynienne, est à l'origine du plissement de la série sédimentaire en bordure occidentale du bassin de Taoudini ainsi que des structures chevauchantes et des nappes de charriage qui se développent plus à l'Ouest.

II-5. Le bassin côtier ou Sénégal-Mauritaien :

Les terrains sédimentaires qui occupent la partie occidentale de la Mauritanie, en bordure de l'océan Atlantique, appartiennent au bassin méso-cénozoïque sénégal-mauritanien (Figure 3).

Ce bassin est l'un des plus vastes du littoral ouest-africain. Il s'étend sur environ 1400 km entre le 22° et le 11° parallèle, avec 300 km de large et s'étend aussi sur une région de plus >160.000 km², dont 100.000 km² sont offshore, du Nord du Cap Blanc en Mauritanie, jusqu'en Guinée-Bissau au Sud. Sa plus grande largeur se situe à la latitude de Dakar (560 km) et sa superficie est de l'ordre de 340 000 km². Il correspond à une zone à relief peu marqué, limitée par une côte généralement basse et sablonneuse. La plus grande partie du bassin est recouverte par des sables mio-plio-quaternaires.

La partie mauritanienne terrestre du bassin, de forme approximativement triangulaire, couvre une superficie d'environ 100 000 km², soit un peu moins du tiers de sa surface totale.

Il est constitué par des sédiments datant du Crétacé inférieur au Quaternaire. Dans le détail la série Paléocène est constituée de calcaires argileux avec quelques couches de grès et correspond à une régression marine de près de 100m. Ces calcaires sont surmontés de grès argileux riches en oxydes de fer. Des lits siliceux et des couches de phosphate ont également été observés.

La série Oligo-Miocène est quand à elle constituée d'argiles marneuses. Le faciès représentatif est un grès argileux de couleur rouge en raison de l'abondance d'oxydes de fer. Le quaternaire a enregistré quatre transgressions marines se traduisant par le dépôt de : grès argileux à glauconies (Tafaritien), grès (Aioujien), calcaires clastiques (Inchirien) ainsi que du sable et coquillages (Nouakchottien). Des dunes côtières se développent entre les transgressions.

III- Aperçu sommaire sur les potentialités minières de la Mauritanie:

La Mauritanie est un pays très riche en ressources naturelles divers, et plus particulièrement en ressources minérales.

De nombreux indices minéraux (Fe, Or, diamant, ...) sont répertoriés sur toute l'étendue du territoire nationale (Figure 6).

Dans les formations du socle et l'axe des Mauritanides, on observe les plus grandes concentrations d'indices minéraux ; ceci résulte non seulement des grandes potentialités métallogéniques de ces régions, mais aussi et surtout du développement minier qui y a été effectué (Tiris et la zone d'Inchiri -chaîne des Mauritanides-). Facilitant considérablement l'accessibilité des zones environnant.

L'exploitation minière en Mauritanie a porté traditionnellement sur les substances minérales suivantes :

 le Fer depuis 1963 et dont l'exploitation est toujours en activité (SNIM).

Les gisements de fer forment cependant la principale richesse nationale si l'on excepte les découvertes récentes de gisements pétrolières et indices d'uranium.

Les gisements de Fer sont de différents types :

Cuirasses ferrugineuses, grès ferrugineux, Fer oolithique, BIF.

Les gisements de type BIF étant les plus répandus en Mauritanie, nous en donnons dans ce qui suit les principales caractéristiques avant de présenter dans le détail les caractéristiques propre au gisement cible de la présente étude.

- ✚ le Cuivre exploité de 1970 à 1978 par la SOMIMA et après quelques années aux décennies la cessation d'activité, la MCM a repris l'exploitation de cuivre récemment ;
- ✚ Le Gypse commencé par la SNIM en 1973 et poursuivie par la SAMIA depuis 1981 ;
- ✚ Le Sel, traditionnellement exploité par voie artisanale dans les salines du Trarza et de la Sebkha d'Idjil ;
- ✚ L'Or du Tasiast dont l'exploitation vient de démarré par la Tasiast Gold Mine Ltd ;
- ✚ Le Phosphate au centre du pays. dont l'exploitation est toujours en berne.

Par ailleurs, l'office Mauritanienne de recherches géologiques (OMRG) possède une autorisation permanente de recherche pour toutes substances minérales sur l'ensemble du territoire nationale non couvert par des permis de recherche.

Il y a de noter l'intervention des opérateurs privés nationaux dans le secteur minier ces derniers temps.

La carte suivante montre les principaux mines et indices en Mauritanie :

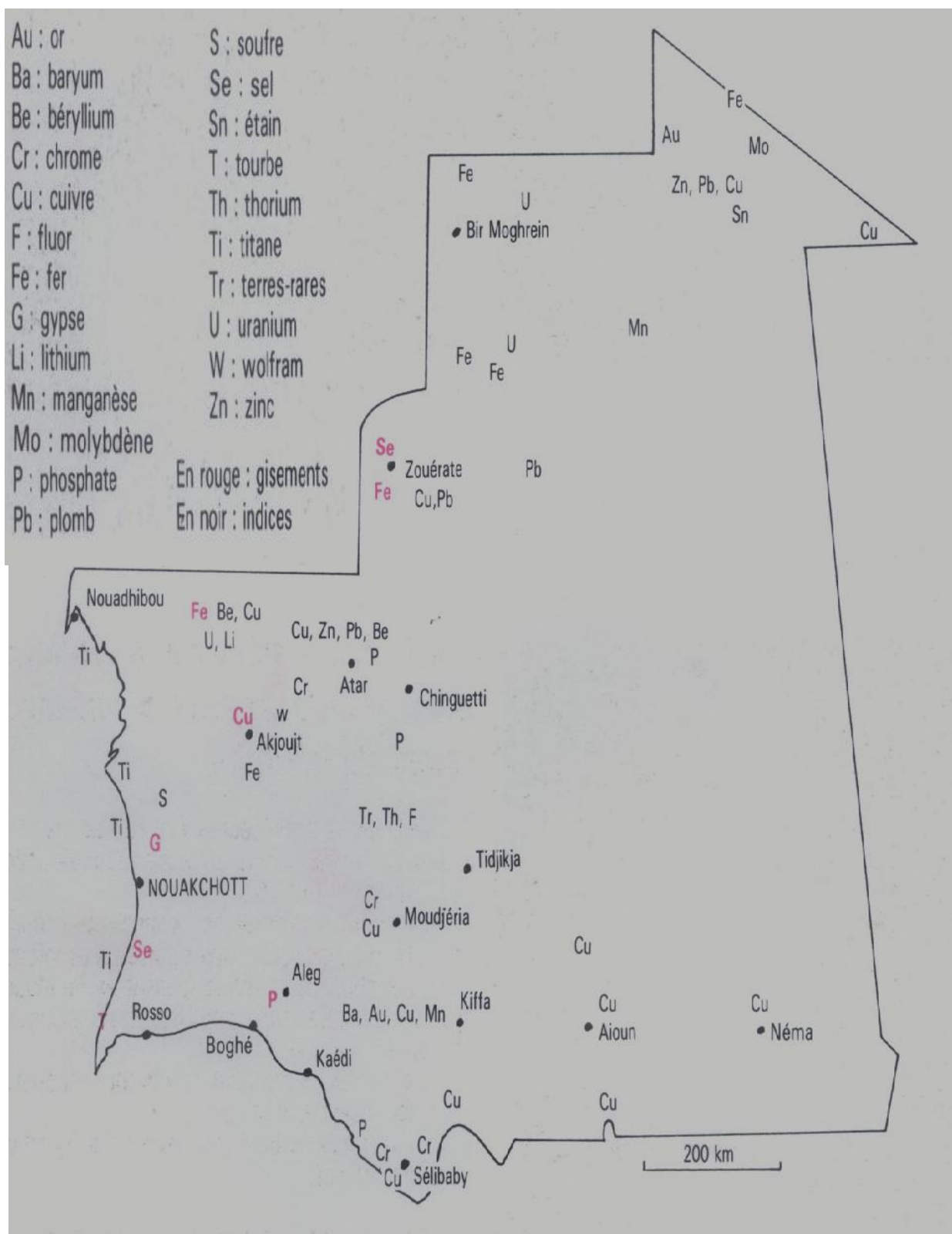


Figure 6 : Gisements et indices de la Mauritanie (Sources : B.R.G.M. et D.M.G.-R.I.M.).

IV- Contexte géographique et géologique de la province du Tiris Zemmour:

La région du Tiris est considérée comme une province ferrière. La mise en évidence des principaux gîtes de Fer de la région est très ancienne depuis le début du 11ème siècle. Mais, il est développé par la société Française (MIFERMA) ensuite par la société nationale (SNIM) dans le cadre de la reconnaissance des nouveaux gisements de Fer en établissant des cartes à grandes échelles (1 /50000 ou 1/10000) et à des analyses détaillées. Par la suite, plusieurs travaux de terrain ainsi que des études minéralogiques ou minéralurgiques ont été réalisés et ont abouti à des nouvelles découvertes dont les gisements de TO14, et M'Haoudatt.

IV -1. Cadre général et géographique du Tiris :

Le Tiris est une vaste région très connue par son abondance des gîtes miniers. Elle se situe au Nord-Ouest de la Mauritanie à quelques 600 Km de la cote atlantique, c'est une région naturelle comprise entre les méridiens 12° et 14° Ouest et les parallèles 22° et 24° il est située au Nord de l'Amsaga et au Sud-ouest d'El Ouassat Ghallaman, limité à l'Est par les dunes de Hammami et la falaise de l'Adrar, et s'étend vers l'Ouest dans le Sahara Occidental.

Le Tiris Mauritanien correspond au tiers oriental de cette région. Pénéplaine presque parfaite, peu assemblée, cette région est parsemée d'inselberg ou Guelb dont le nombre et la forme varient d'un secteur à l'autre. Par ses dimensions, la Kédia Idjil en est le relief le plus important d'altitude (920 m) et connu depuis fort longtemps par ses exploitations de sel (Sebkha d'Idjil) et son exploitation de l'hématite, (BESNUS, Y., BRONNER, G., et al., 1969).

Il englobe la région ferrifère du Tiris qui comprend :

IV -1-1. Zouérate :

Cité minière par excellence, née avec l'exploitation des gisements riches de fer de la Kédiat d'Idjil.

La ville de Zouerate, où se situe le siège d'exploitation de l'entreprise, est au cœur des différents sites miniers (Kédiat, Guelb El Rhein, M'Haoudatt).

Elle est reliée à Nouadhibou, capitale économique du pays et où se situe le siège social ou la direction générale, par une voie de chemin du Fer d'environ 650 km de long. Ce chemin sert le transport du minerai de fer depuis les manutentions de Zouerate jusqu'au port minéralier de Nouadhibou et puis son acheminement vers les pays importateurs (les marchés européens et asiatiques).

Les précipitations dans cette région sont très faibles (50 mm/an en moyenne) et des températures très élevées atteignant parfois les 40°C durant la saison estivale.

IV -1-2. F'derick :

Étant un ancien village qui servait de base militaire aux français pour contrôler les routes allant vers le Sud du pays et venant d'Afrique du Nord.

IV -2. Cadre géologique du Tiris :

Les formations géologiques du Tiris (Figure 7) font partie géologiquement du grand ensemble cristallophyllien appelé Dorsale Réguibat d'âge précambrien qui affleure suivant un axe NE-SW sur 1500 km, depuis l'Erg Chèch au bord du bassin de Tindouf jusqu'au Tasiast pour former l'immense (Dorsal Réguibat), (Hamdinou, O. et Emine, O., 2007).

Le socle précambrien du Tiris ou série du Tiris méso-catazonal datée de 2700 Ma est faiblement migmatisée et présente des quartzites à magnétites en bancs nombreux et épais qui ont été désignés comme formations d'El Aouj.

La tectonique est polyphasée avec trois phases principales de déformation.

Ce socle est recouvert en discordance majeure :

- Au Sud-Est par les formations sédimentaires du bassin de Taoudeni dont la base appartient à l'Infracambrien inférieur.

- Au Nord par le cambrien du bassin du Tindouf.

- A l'Ouest et au Sud par les formations plissées et charriées de la chaîne de Mauritanides ; Le Tiris est soumis à une érosion intense depuis des milliards d'années ce socle a été érodé et réduit à l'état de pénéplaine.

Le Tiris est formé d'une puissante série métamorphique, d'âge précambrien, qui se rattache au groupe de l'Amsaga (BLANCHOT, A., 1975; KANE, M., 1983).

Cette série est constituée essentiellement de formations quartzo-feldspathiques (leptynites, gneiss) en partie migmatisées à la base et de formations amphibolitiques et quartzo-ferrugineuse au sommet.

Cependant cette série s'en distingue par deux traits essentiels :

- le métamorphisme, qui a affecté les formations, est moins profond et parfois associé à la migmatisation ainsi que la granitisation qui est beaucoup moins importants.

- Le développement considérable des formations ferrugineuses.

Structuralement, le Tiris se subdivise en plusieurs zones séparées par le grand massif d'Idjil.

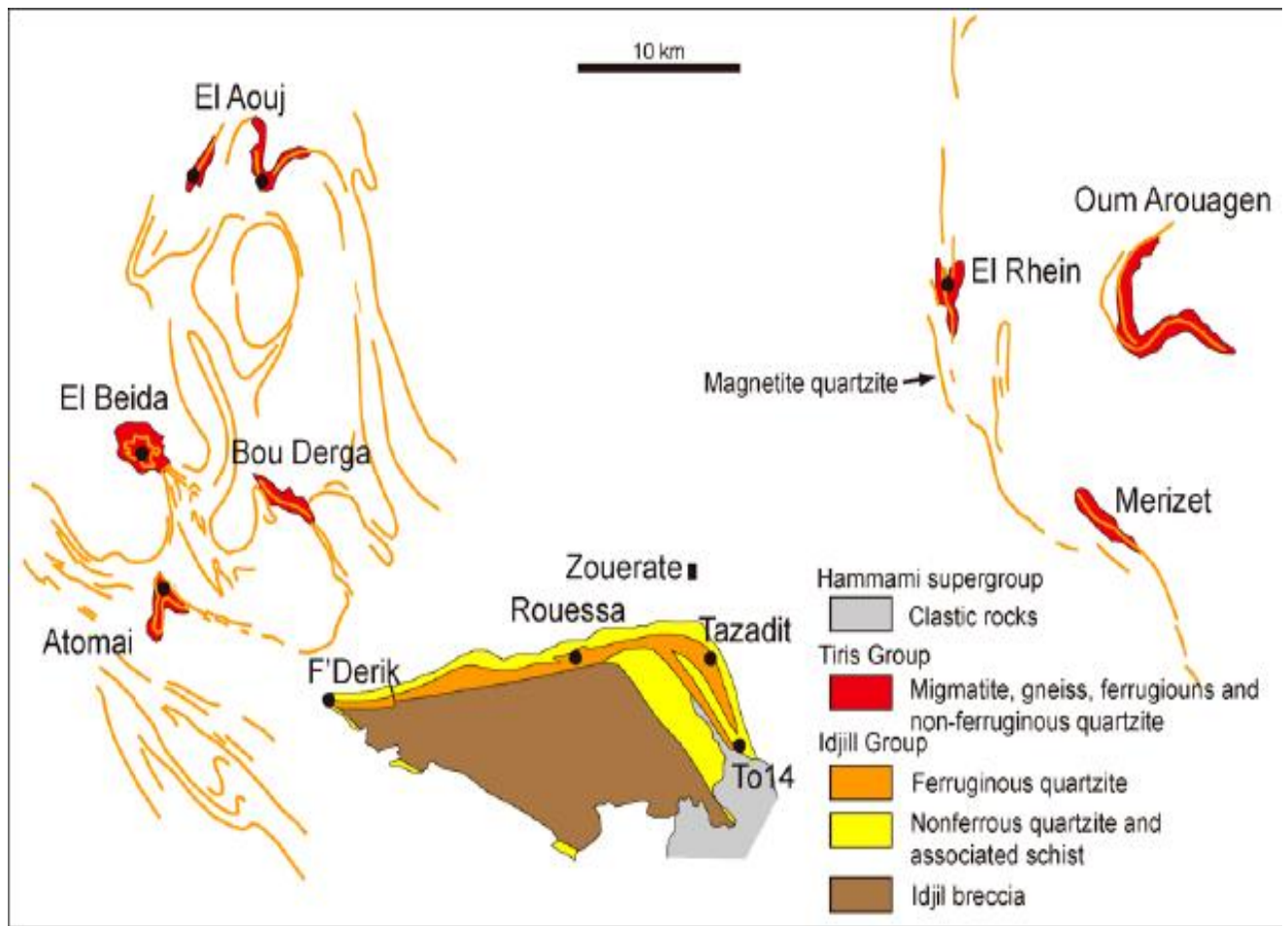


Figure 7 : Séries du Tiris, (SNIM 2010).

IV -3. Pétrographie et minéralogie du groupe de Tiris :

Le groupe du Tiris est caractérisé par un faciès granulitique dû au métamorphisme catazonal qui l'a affecté. A la différence d'autres socles de même âge, il présente plusieurs niveaux ferrugineux représentés par des quartzites à magnétite très résistants à l'érosion et qui constituent l'essentiel du relief de cette région. La cartographie géologique et l'établissement des logs stratigraphiques ont permis de classer en trois catégories essentielles de roches du haut vers le bas, en se basant sur l'importance du matériel quartzitique dans la roche:

- Quartzites à magnétite ;
- Quartzofeldspathiques et gneiss ;

- Complexe leptyno-amphibolitique de base.

En outre si on regarde l'importance du quartz et de la magnétite associés dans la roche, le premier groupe peut se subdiviser en trois sous groupes, suivant que la magnétite y est prédominante, accessoire, rare ou absente (BRONNER, G., CHAUVEL, J.J., 1979) : quartzites à magnétite sains, quartzites à magnétite associée à d'autre minéraux et les quartzites blancs, composée exclusivement de quartz.

Certains auteurs (in Oksengorn 1973) subdivisent la province du Tiris en plusieurs zones séparées par le grand massif de Kédiat d'Idjil et on distingue:

- **Zone d'Idjil-Sud :**

Cette zone fait la transition entre les formations du Tiris au Nord et celle de l'Amsaga au Sud.

- **Kédiat d'Idjil :**

La Kédiat d'Idjil est un massif imposant par ses dimensions, 25 Km de long sur plus de 10 Km sur sa grande largeur, dominant la pénéplaine de 500 m.

- **Zone d'Idjil Nord :**

C'est la zone qui se caractérise par l'abondance des bancs de quartzites ferrugineux. Elle se situe au Nord de la Kédiat d'Idjil et comprend la majorité des Guelbs à magnétite y compris le célèbre gisement de Guelb El Rhein, qui est en exploitation depuis plus de 20 ans.

Par contre Bronner (1979) a subdivisé la province de Tiris en deux ensembles :

- Le socle précambrien du Tiris ou groupe du Tiris ;
- La série allochtone d'Idjil ou groupe d'Idjil.

Deuxième partie : La lithostratigraphie de la Kédia d'Idjil

I. Découverte :

Signalée par les anciens écrivains arabes (EL BEKRI du 11^e siècle) sous le nom de « montagne de Fer » la Kédia d'Idjil a aussi été citée comme « gisement de fer » par des notes et rapport divers de militaires et d'expéditionnaires français au début du 20^e siècle.

Depuis lors diverses missions vont survoler la Kédia, mais il faudra attendre la fin de la deuxième guerre Mondiale en 1945 pour que les recherches s'y déroulent à un rythme plus ou moins soutenu jusqu'à nos jours.

II. Cadre géographique et géologique local :

La Kédia d'Idjil situé dans le Nord-Est de la Mauritanie, (22°40'N – 12°40'W), à proximité de Zouérate dans le secteur du Tiris (figure n° 8). La Kédia est un massif montagneux imposant de forme grossièrement piriforme, orienté suivant une direction Est-Ouest, d'une superficie d'environ 250 km², par ses dimensions, 25 km de long sur plus de 10 km sur sa plus grande largeur, dominant la pénéplaine de 500 m. Elle se présente suivant un dessin grossièrement piriforme, dont l'axe longitudinal est dirigé Est-Ouest et dont la pointe est située à l'Ouest.

Le sommet culmine à 915 m, au centre du massif. C'est le plus haut sommet de toute l'Afrique de l'Ouest.

La Kédia d'Idjil est une vaste synclinorium qui se pince et disparaît par contact anormal à l'Ouest tandis qu'il s'enneie à l'Est, sous les formations sédimentaires du bassin de Taoudeni (infracambrien).

La Kédia d'Idjil est un massif montagneux, d'âge Paléoproterozoïque (BRONNER et al, 1992), elle a subi un métamorphisme d'un degré épi à mésozonal connaissant le développement important de formations ferrugineuses. Elle est constituée par une épaisse formation de brèche ferrugineuse : la brèche d'Idjil.

Cette formation est bordée par une série plus ou moins complète (quelques centaines à plus de mille mètres dans la partie orientale) de quartzites ferrugineux rubanés (BIF) ou non dans lesquels se situent les différents gisements d'hématite de type BHQ : TO 14, TAZADIT, ROUESSA, F'DERIK (Figure 8).

En plus de ces occurrences, le groupe de la Kédia d'Idjil comporte un autre gisement de type BHQ (le gisement de M'Haoudat).

Le groupe de la Kédia d'Idjil est constitué de blocs allochtones (nappes) tectonisés et discordants sur le groupe dit de « Tiris » qui appartient quand à lui au type BMQ (Banded Magnétite Quartzite) et qui est encaissé dans un socle gneissique.

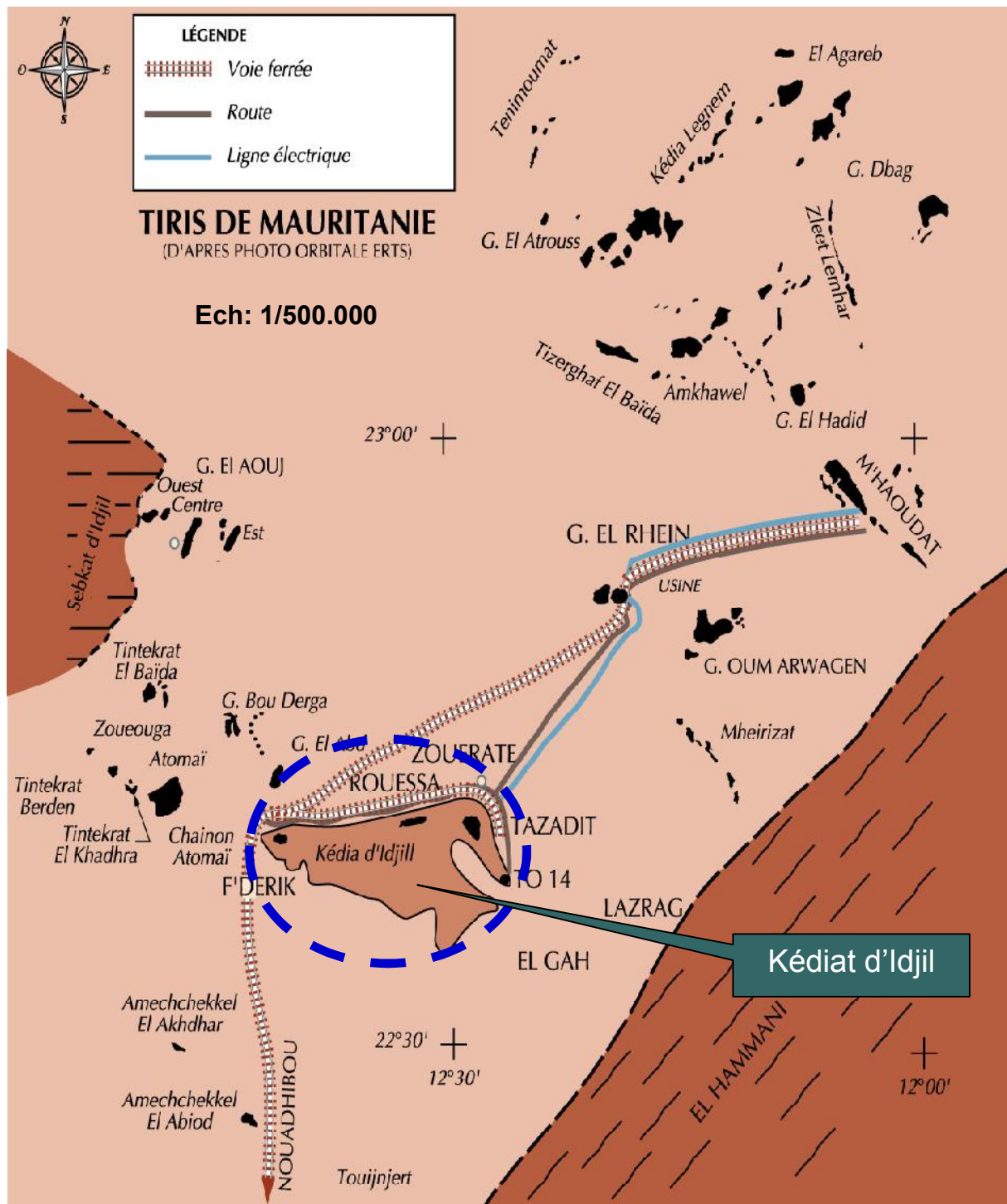


Fig. 8 : Cartes de disposition de différentes formations et gisements de fer (masses noires) de la région du Tiris et les principaux sites d'exploitation du minerai de fer de la SNIM. (Rapport de la direction générale de la SNIM, 2006).

III. Unités géologiques de la Kédiat d'Idjil :

La Kédia d'Idjil forme une unité géologique indépendante d'âge Archéen des formations environnantes, non seulement par sa structure mais aussi par sa lithologie. Il semble que l'on ait à faire à un « coin » discordant, qui est peut-être allochtone par apport aux formations encaissantes (Figure 9).

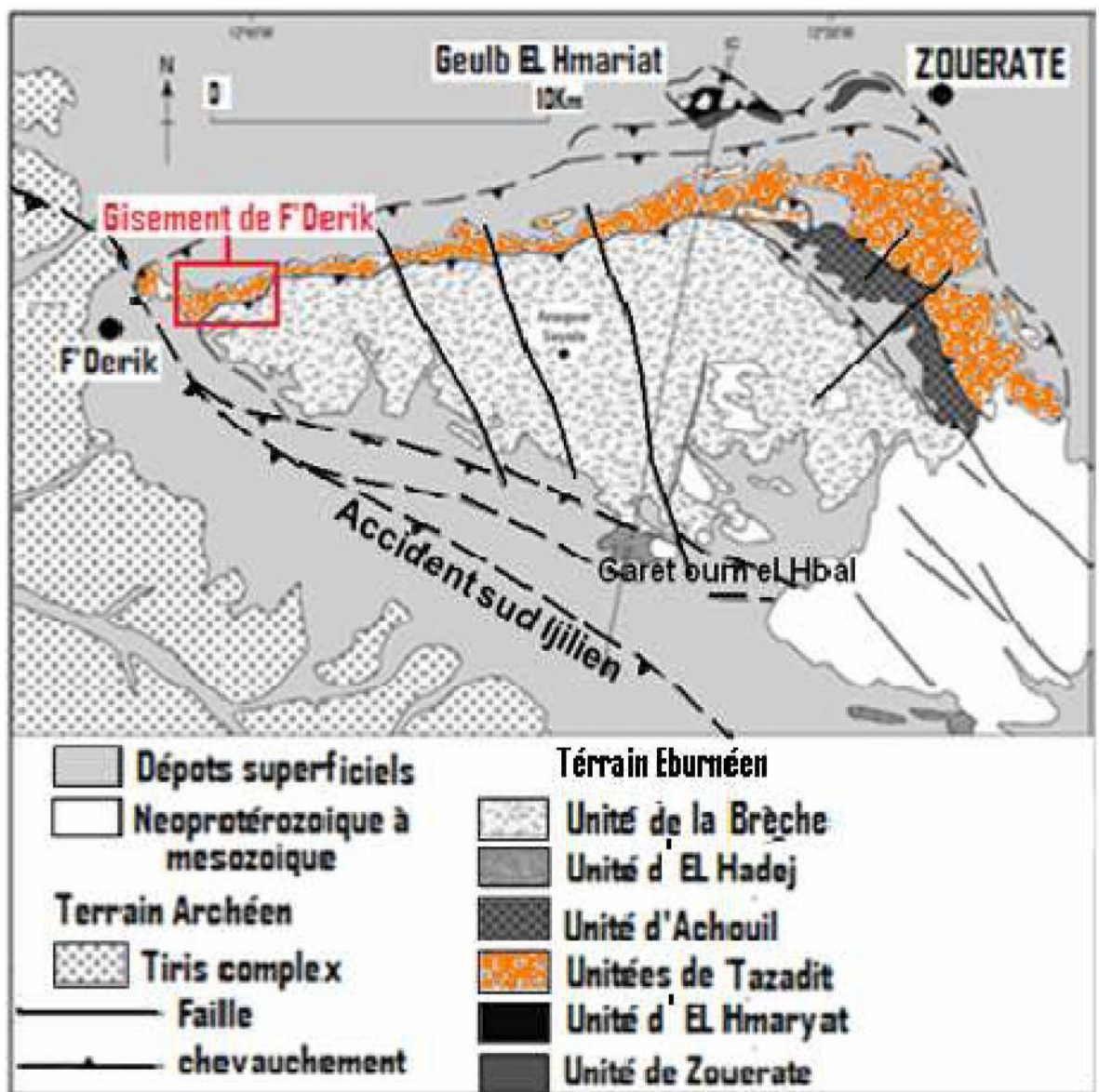


Figure 9 : Carte géologique de la Kédiat d'Idjil (O'Connor et al., 2005 in Schofield, Gillespie, 2007).

La Kédiat d'Idjil correspond à un grand synclinal dissymétrique délimité par deux failles et est constituée par six unités tectoniques superposées (Bronner 1979), (Figure 10).

Ces unités ont été ensuite reprises lors d'une phase tectonique ultime en un complexe formant un vaste syclinorium, déversé vers le Nord et qui est en contact anormal avec le socle du Tiris environnant. Au Sud- Est, la Kédiat d'Idjil s'enneie sous les formations sédimentaires du bassin de Taoudeni (infracambrien).

III-1. Unité de la brèche :

Elle constitue le relief principal de la Kédiat cette unité est formée principalement d'une brèche épaisse, faiblement ferrugineuse, la brèche d'Idjil dont l'origine tectonique a été démontrée (Bronner, 1970). Elle est constituée d'éléments anguleux ou arrondis provenant des formations de l'unité de Tazadit qu'elle surmonte au Nord, (Figure 10).

III-2. Unité de Tazadit :

L'unité de Tazadit forme la bordure Nord et Nord- Est de la Kédiat d'Idjil. Elle est formée de quartzites et schistes à grenat à la base et de quartzites ferrugineux rubanés (BIF) au sommet. C'est dans ces derniers que l'on rencontre des enclaves d'enrichissement naturel, actuellement exploitées. Elle contient les principaux gisements d'hématite actuellement exploités. Ceux-ci correspondent à des zones enrichies par divers processus métasomatiques et météoriques (désilicification, latéritisation) guidés par des sites tectoniques favorables (zones schistosées, plans axiaux de plis, fractures). L'Unité de Tazadit repose directement sur le socle catazonal au Nord-Est et se poursuit vers le Sud-Est, sous les formations sédimentaires, en paléocrête rectiligne (Figure 10).

Les formations géologiques de l'unité de Tazadit plongent uniformément vers le Sud ou le Sud- Ouest, avec un pendage compris entre 60° et 90°. La largeur des affleurements varie considérablement d'un point de la bordure à un autre : de 500 m à plus de 2.5 Km. Ces variations de puissance peuvent s'expliquer s'il s'agit d'une série isoclinale par un nombre de plis différents suivant les divers secteurs de cette bordure.

III-3. Unité de d'Achouil :

Entre l'unité de Tazadit et l'unité de la brèche, se développe l'unité de l'Achouil, qui occupe la vallée fermée d'Achouil. Elle est formée essentiellement de micaschistes de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur qui ne subsistent que sous forme d'écailles très étroites et discontinues entre Rouessat et l'extrémité Nord-Ouest de la Kédia d'Idjil.

III-4. Unité de Zouerate :

Au Nord, l'unité de Tazadit repose sur l'unité de Zouerate dont une faible partie seulement affleure (Figure 10). Cette unité, formée de quartzite ferrugineux, cipolins, schistes à amphibole ; amphibolites et de quartzite non ferrugineux, repose directement sur le socle au niveau du Guelb Zouérate. La succession de cette unité au Guelb el Hamariat est en position inverse par rapport à celle observée au Guelb Zouérate où, au-dessus du socle, on trouve successivement des quartzites ferrugineux avec intercalation de micaschistes, des cipolins, des amphibolites, des quartzites non ferrugineux.

III-5. Unité d'El Hamriat :

Elle est à l'extrême Nord de la Kédia d'Idjil, elle surmonte celle de Zouerate (Figure 10), n'est développée qu'au Guelbe El Hamriat dont elle forme la partie principale, elle est constituée de quartzite à muscovite localement

conglomératique, de grés fin, de micaschistes à staurotide et grenat, de schiste et de dolomie.

Cette unité est surmontée par une brèche tectonique formée d'éléments de taille variable de quartzites ferrugineux à jaspe rouge constituant la "klippe d'El Hamariat".

III-6. Unité d'El Hadej :

Constitue la limite sud de la Kédia d'Idjil. Elle affleure en bordure de la Kédia d'Idjil et forme les reliefs du Gleib Taouzbaguet, d'Oum El Habel et du Guelb El Hadej. Orientée Nord Ouest Sud Est de F'Dérik à Oum El Habel, l'unité d'El Hadej s'infléchit vers l'Est au niveau du Guelb El Hadej en direction de l'extrémité Sud Est de l'unité de Tazadit. Elle est formée par l'alternance de quartzites à magnétite, de quartzites micacés et de micaschistes à grenat, staurotide et amphibole. Les sondages implantés dans le sédimentaire et ayant atteint le socle, et la carte d'anomalies magnétiques conduisent à penser que les unités de la brèche et de l'Achouil sont limitées au Sud Est par l'unité d'El Hadej, et que vers le Sud Est, l'ensemble des unités se réduit en épaisseur, ne laissant plus subsister qu'une partie de l'unité de Tazadit.

III-7. Unité de M'Haoudat :

Elle affleure dans la chaîne de M'Haoudat qui situe à 50 km au Nord-Est de Zouérate formant une bande linéaire, orientée NW – SE, sur 15 km de long et quelques centaines de mètres de large.

La chaîne de M'Haoudat est considérée dès 1979 (BRONNER) comme un fragment isolé du groupe d'Idjil au milieu du socle archéen catazonale (groupe du Tiris), (Figure 10).

La séquence lithologique peut être résumée ainsi :

- 📊 A la base, des schistes ou des micaschistes, non étudiées. Leur appartenance à l'unité de M'Haoudat ou au groupe de Tiris n'est pas clarifiée, du fait de la non localisation de l'accident chevauchant constituant le contact anormal entre le chaîne de M'Haoudat et le Tiris.
- 📊 Au dessus, on distingue quatre groupes de faciès principaux:
 - Les groupes faciès ferrifères
 - Les groupes faciès non ferrifères.
 - Les groupes faciès ferrifères carbonatés à apatite.

Si ces derniers faciès sont caractéristiques du gisement de M'Haoudat, les autres faciès présentent des variations d'un type à l'autre. Celles-ci peuvent être progressives dans un même banc ou d'un banc à l'autre.

En ce qui concerne la puissance estimée de la colonne lithologique, elle ne peut qu'être estimée à la puissance de l'affleurement de l'Unité du M'Haoudat puisque cette dernière est limitée par deux accidents chevauchants, c'est-à-dire entre 300 et 400 m.

Sur le flanc Nord de la Kédiat d'Idjil se localisent (Figure 8) :

- ❖ les gisements de : F'derick.
- ❖ le gisement d'Azouazil.
- ❖ le gisement de Seyalla.
- ❖ le gisement de Rouessa.
- ❖ le gisement de Tazadit.
- ❖ le gisement de TO14.

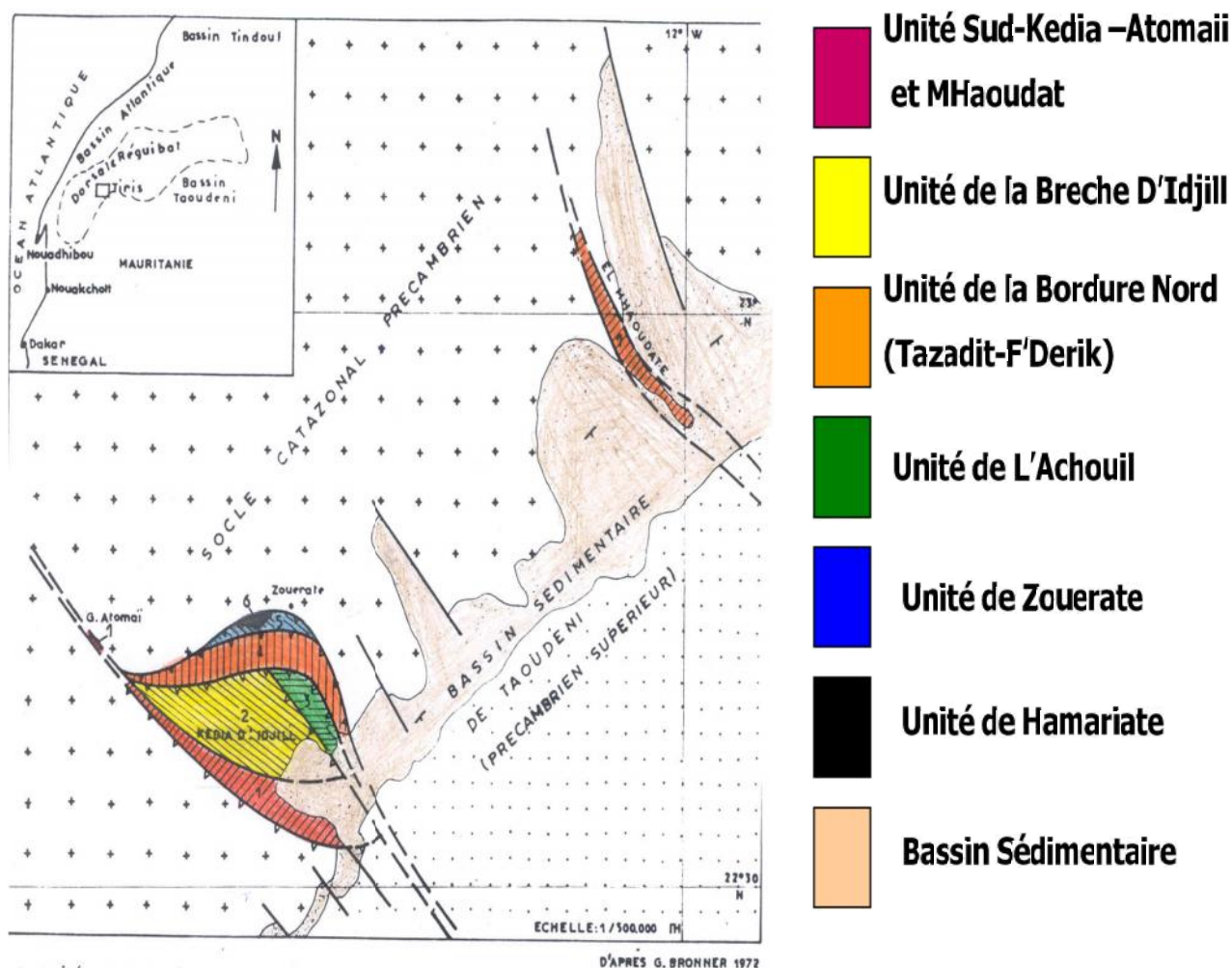


Figure 10 : les unités géologiques de la Kédia d'Idjil, (Bronner 1992).

L'ensemble du groupe d'Idjil comporte de la base au sommet (Figure 11) :

- une formation quartzo-phyliteuse de base ou de bordure avec 20 à 30 m de quartzphylades, 10 m parfois à grénat et parfois à oligiste, et 10 m de quartzophylade à hématite.
- une formation itabiritique sensu stricto avec à la base une faciès jaspeux (60m environ).
- les itabirites à enrichissement d'hématite (150 m environ).

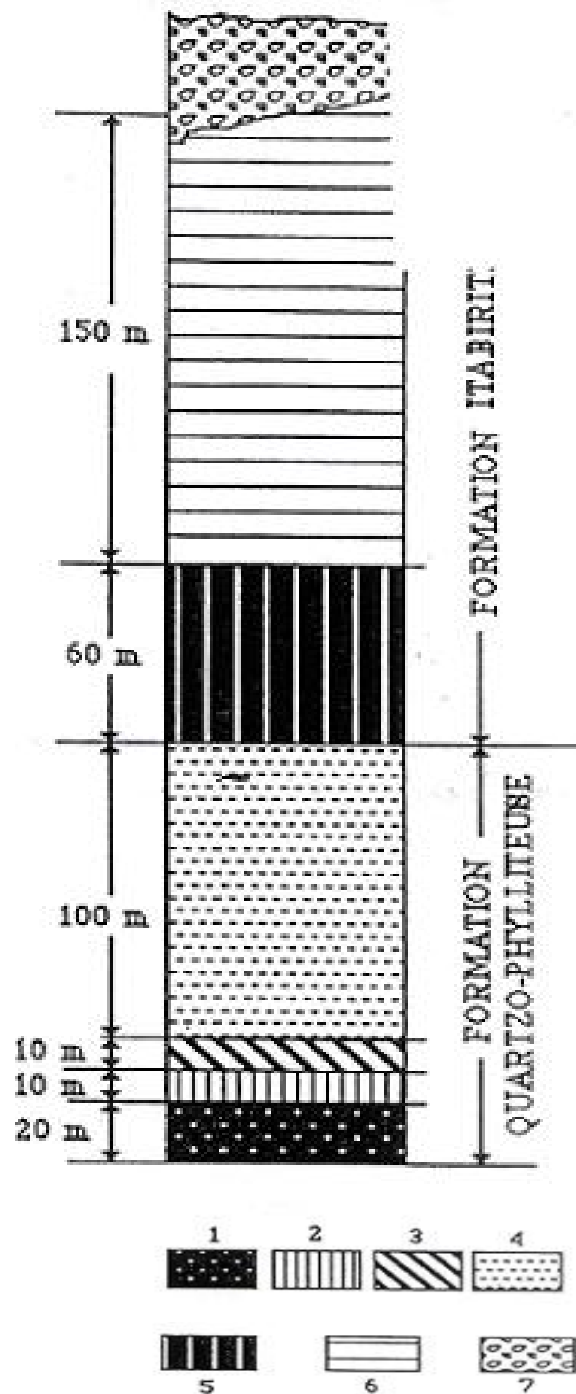


Figure 11: Log stratigraphique schématique de l'ensemble du groupe d'Idjil, (CARUBA, R., et DARS, R., Géologie de la Mauritanie, 1991).

- 1:** Quartzites, **2:** Quartzo-phyllades, **3:** Phyllades, **4:** Quartzo-phyllades à lentilles d'hématites, **5:** Jaspe, **6:** Itabirites à hématites en poches, **7:** Brèche d'Idjil.

IV. Données et interprétation des sondages :

Parmi les nombreux sondages carottés et percutants à la réalisation desquels j'ai participé, 11 sondages sont sélectionnés pour mener la présente étude.

Ce choix est justifié par leur représentativité de l'ensemble des niveaux de la fosse et des différents faciès observés dans la coupe géologique. Ceci a rendu possible les corrélations.

Avant la digitalisation des logs des sondages que nous avons sélectionnés, il a fallu procéder à un regroupement des faciès similaires afin de faciliter les différentes corrélations concernant le minerais et l'encaissant quartzitique.

En effet deux types de quartzites ferrugineuses ont été distinguées : un quartzite ferrugineuse pauvre en fer (moins de 37% de teneur en Fer) et un quartzite ferrugineuses enrichie en fer (teneur moyenne comprise entre 37% et 50% Fer). La présence ou non des lambeaux siliceux et ceux de quartzite ferrugineuse au sein du minerais d'hématite, nous a permis de différencier trois faciès : Hématite massive, hématite à éléments de quartzite ferrugineuse et hématite siliceuse.

En faisant abstraction du schiste vert qui se révèle d'une importance capitale vu son positionnement au niveau du mur de la minéralisation, les autres types de schistes rencontrés (Schiste brun, schiste jaune...) ont été groupé dans un même faciès dénommé schiste. Les figures 12, 13, 14, 15, 16 et 17 représentent des logs type tel que nous l'avons simplifié.

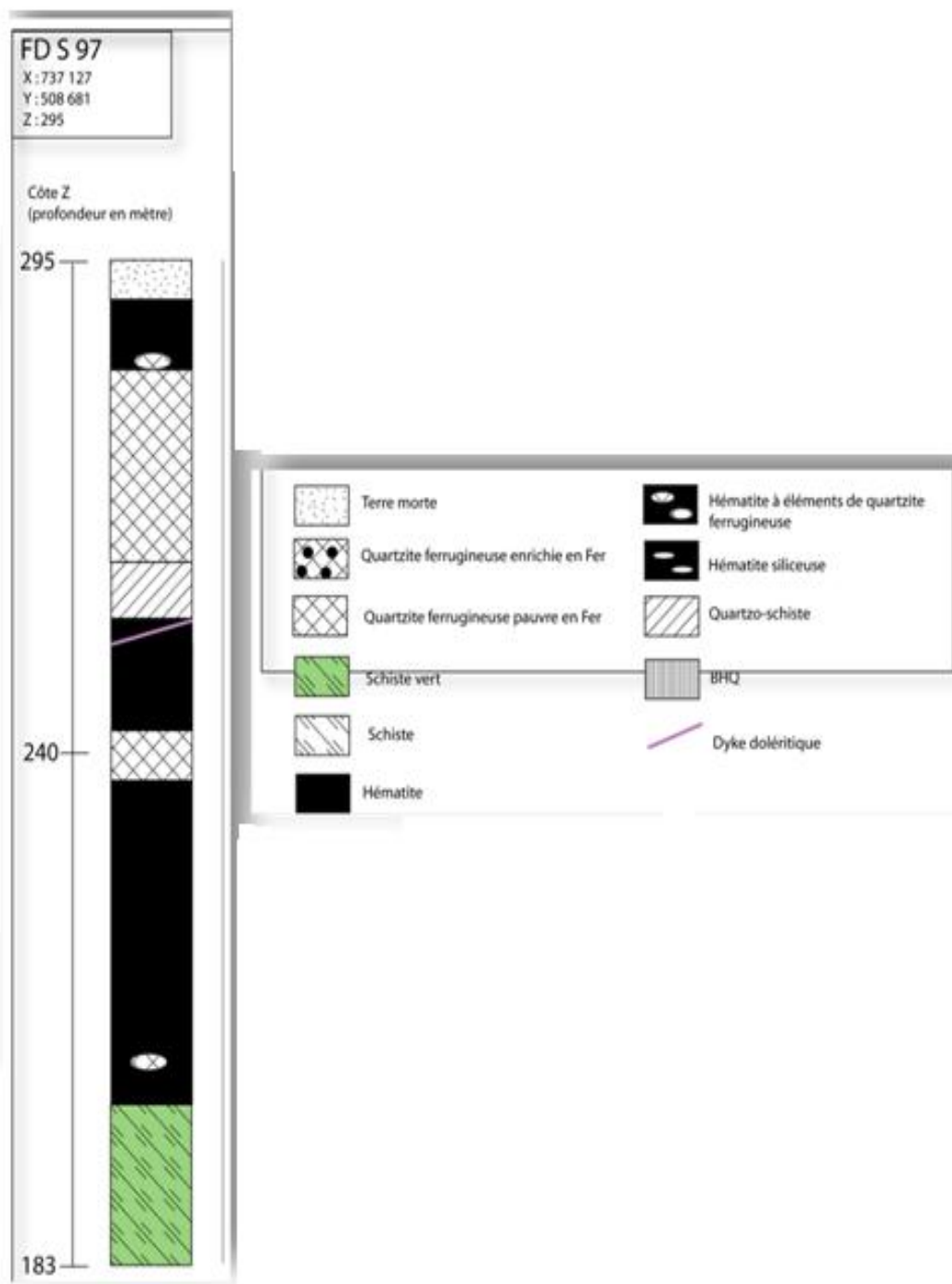


Figure 12 : Log lithostratigraphique type levé à partir des données du sondage FDS 97 avec regroupement des faciès analogues.

FD S 137

X : 737 171
Y : 508 556
Z : 280

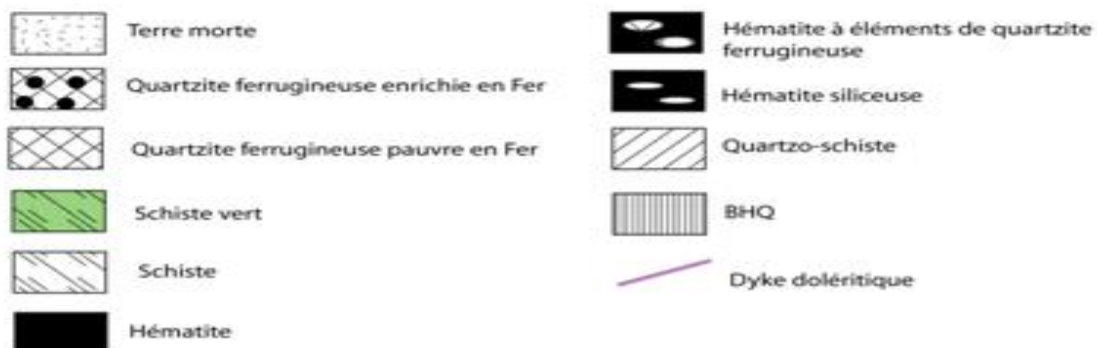
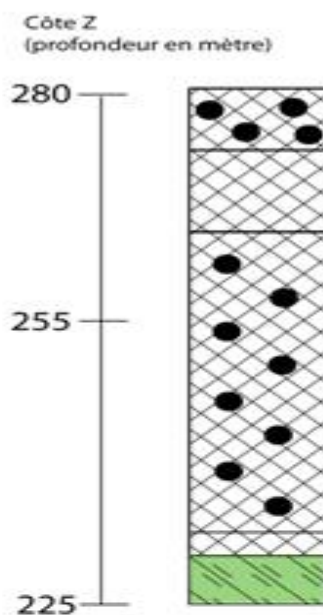


Figure 13 : Log lithostratigraphique du sondage FDS 137.

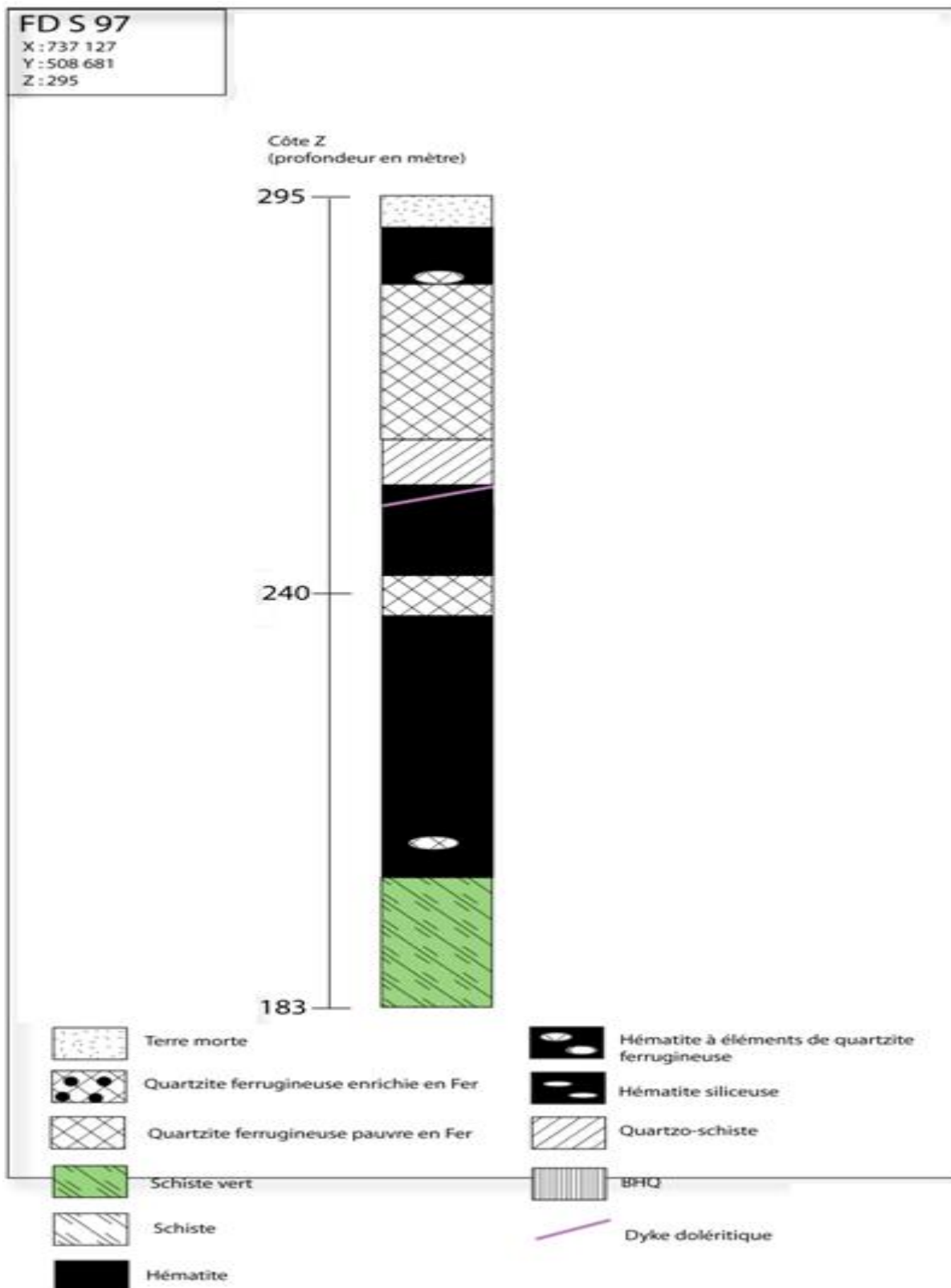


Figure 14 : Log lithostratigraphique du sondage FDS 97.

FD S 121

X : 737 034

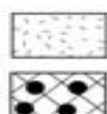
Y : 508 853

Z : 300

Côte Z
(profondeur en mètre)

300

248



Terre morte



Quartzite ferrugineuse enrichie en Fer



Quartzite ferrugineuse pauvre en Fer



Schiste vert



Schiste



Hématite



Hématite à éléments de quartzite
ferrugineuse



Hématite siliceuse



Quartzo-schiste



BHQ



Dyke doléritique

Figure 15 : la lithostratigraphie du sondage FDS 121.

FD S 120

X : 737 025

Y : 508 889

Z : 315

Côte Z
(profondeur en mètre)

315

261

233



Terre morte



Quartzite ferrugineuse enrichie en Fer



Quartzite ferrugineuse pauvre en Fer



Schiste vert



Schiste



Hématite



Hématite à éléments de quartzite
ferrugineuse



Hématite siliceuse



Quartzo-schiste



BHQ



Dyke doléritique

Figure 16 : la lithostratigraphie du sondage FDS 120.

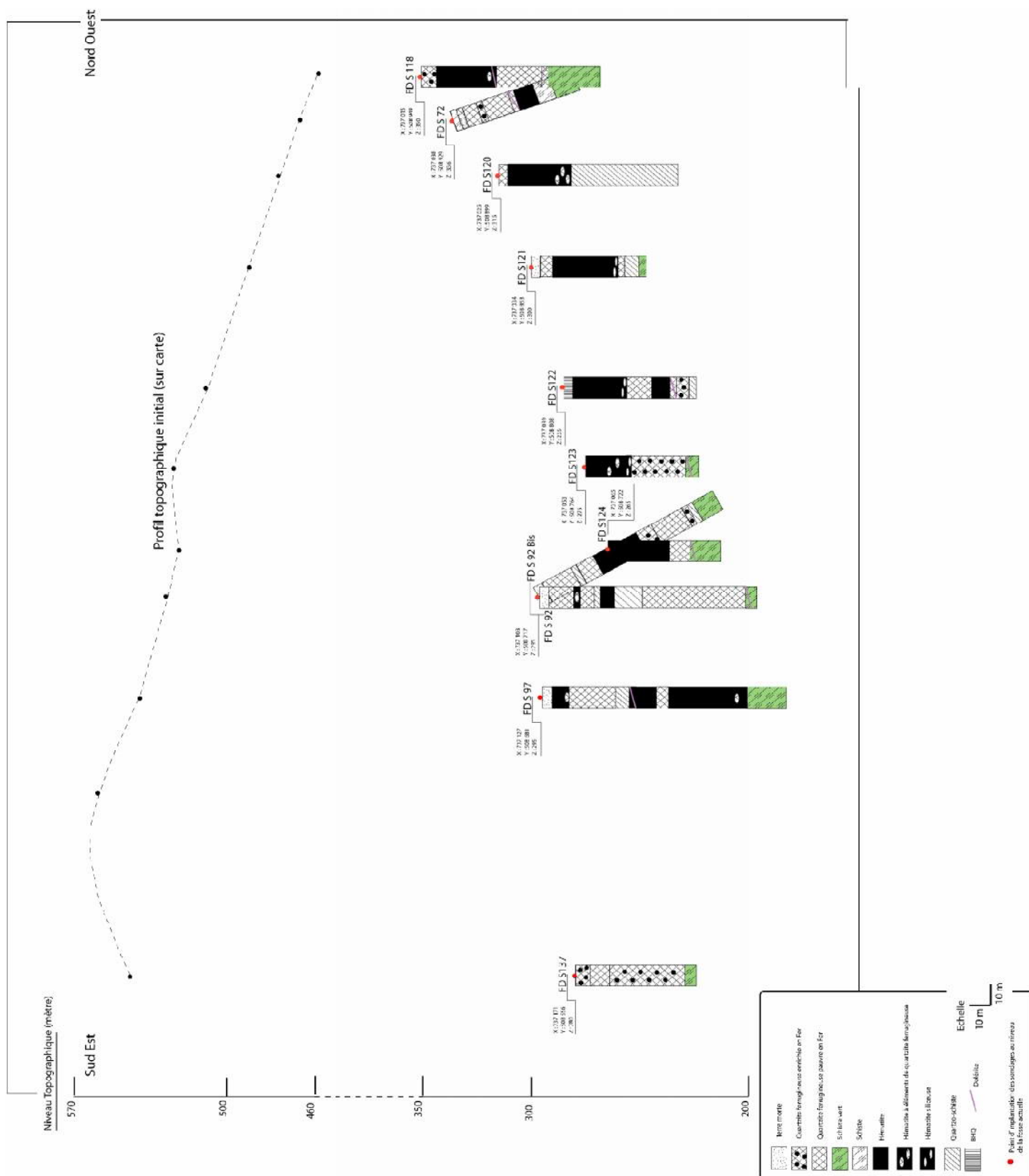


Figure 17 : Positionnement et corrélation entre les sondages implantés au niveau de la fosse de F'DERIK.

Après digitalisation des logs des sondages percutants et leur repositionnement dans le schéma de la fosse (Figure 17), nous avons effectué en se basant sur l'ordre lithostratigraphique et l'analogie entre certains faciès, une corrélation d'ensemble, afin d'avoir une idée sur la présence ou non d'une continuité latérale entre les poches minéralisées et sur leur enracinement en profondeur.

De l'analyse de ses sondages, nous pouvons relever les observations suivantes :

Le schiste vert constitue le soubassement des différentes strates traversées par sondages. L'épaisseur maximale apparente atteinte par sondage est d'une vingtaine de mètres (FDS 118), (figure 17).

Les quartzites ferrugineuses sont par excellence le faciès le plus représentés. Ce faciès se caractérise par sa richesse en fer sous forme disséminée (Quartzites ferrugineuses enrichies en fer). Il constitue ainsi la roche encaissante de la minéralisation. En effet la minéralisation hématitique se présentant sous forme de poches minéralisées.

Le minerai d'hématite s'enracine en profondeur atteignant la cote (Z : 200m), ce qui traduit une profondeur de 350 mètres en comptant du profil topographique initial (avant creusement de la fosse d'exploitation). Cette minéralisation avec une teneur en fer allant jusqu'à 69%, montre une continuité latérale vers le Nord Ouest alors que vers le Sud-Est.

Dans la partie sud-est, où a été reconnu le schiste vert à la cote la plus profonde, la minéralisation se trouve la plus épaisse aux alentours d'une cinquantaine de mètres.

Troisième partie: La Tectonique de la Kédiat d'Idjil

Les déformations de la Kédiat d'Idjil sont multiples et varie d'une région à l'autre de la dorsale. La tectogenèse archéenne est marquée par un stade caractéristique qui fait intervenir, dans le Tiris, un processus diapirique dans lequel la gravité joue un rôle prédominant. Bien que cette phase n'existe pas partout, les déformations ont été groupées en deux familles :

- a. les déformations gravitaires de type diapirique (figure 18), qui marquent l'apogée des déformations souples archéennes ;
- b. et les déformations "anté-gravitaires" ou archéennes précoces, essentiellement plicatives qui les précèdent.

I. Tectonique précoce :

La tectonique archéenne précoce peut être considérée comme une tectonique plicative "réglée" par opposition à son évolution ultérieure ou à des phases nettement postérieures qui présentent des caractères géométriques "aléatoires", (BRONNER, G., 1992).

I-1. Principales phases tectoniques (BRONNER, G., 1992) :

I-1-1. Phase 1 :

Foliation omniprésente, synchrone du métamorphisme principal, généralement parallèle au litage et aux limites de bancs, avec de rares plis synschisteux de type semblable.

Toutes les phases ultérieures déforment la foliation principale. Mais compte tenu de la géométrie de ces phases et de la répartition actuelle des différents faciès, il est permis de penser qu'au terme de la phase 1, dans un même ensemble structural, la foliation devait être globalement horizontale. L'existence d'une foliation horizontale fortement marquée et d'indices de plis couchés synschisteux pose le problème de l'existence d'une tectonique tangentielle

contemporaine de la phase 1 qui aurait eu pour effet de perturber la lithologie originelle.

I-1-2. Phase 2 :

Phase plicative majeure de longueur d'onde centimétrique à kilométrique, caractérisée à l'affleurement par des “plis à cannelures” dans les quartzites ferrugineux.

Localement, cette phase reprend une phase de plis isoclinaux post-schisteux dont les axes sont généralement proches de ceux des plis de la phase 2.

I-1-3. Phase 3 :

Phase de plis plus amples que les plis précédents, de longueur d'onde Kilométrique à plurikilométrique, qui a pour effet de redresser les axes des plis de phase 2.

Dans la plupart des régions de Tiris, la tectonique archéenne précoce est cependant dominée par les plis kilométriques de phase 2.

II. Tectonique gravitaire de type diapirique :

Les déformations ou “complexes structuraux” dans le Tiris, montrent la variété presque infinie de formes que peuvent prendre les quartzites ferrugineux sans qu'il soit toujours nécessaire d'invoquer l'intervention de plusieurs phases de plis. A côté des interférences vraies, nombreux sont les complexes structuraux dans lesquels l'analyse n'a permis de reconnaître aucune logique géométrique. Ce type de déformation est parfois décrit sous le terme de déformation visqueuse continue (BRONNER, G., 1992).

Le domaine central de la dorsale est caractérisé par l'absence d'orientation régionale et l'abondance de déformations non cylindriques (sphériques,

ellipsoïdales, hyperboloïdes) ou de formes plus complexes (toriques, “labyrinthiques” ou “quelconques”...). La présence de certaines déformations réglées décrites dans les autres domaines (plis kilométriques, interférences vraies) montre que le domaine central est affecté par un type très particulier de tectonique, plus ou moins bien exprimé suivant les secteurs, qui se superpose aux déformations antérieures (Bronner 1979).

L'ensemble des dômes (Figure 19), proprement dit est limité à l'Est par une ligne N-S passant un peu à l'Est de F'Dérik, au SW par l'accident Sud-Ijlilien et au Nord par la limite avec le domaine NE. Il est caractérisé par des motifs cartographiques très particuliers composés à la fois par des plis kilométriques de phase précoce et de figures circulaires ou elliptiques distribuées au milieu des mailles plurikilométriques.

Celui-ci est dessiné par des bancs de quartzites ferrugineux, souvent associés par couples parallèles, qui peuvent se suivre inchangés sur plusieurs dizaines de kilomètres et qui brusquement divergent, bifurquent et s'éloignent les uns des autres, parfois en sens opposé.

III. La tectonique du Groupe du Tiris :

Le Tiris peut se subdiviser en trois domaines distincts qui comprennent chacun plusieurs ensembles structuraux: les domaines SW, central et NE. Le plus important est le domaine SW dont la caractéristique est l'orientation NW-SE des principales structures.

Il constitue avec l'Amsaga la ceinture semi-circulaire autour du noyau de migmatites localisé entre l'Amsaga et le Tasiast. Dans le détail, les zones complexes sont nombreuses. Certaines ont pu être interprétées sans ambiguïté grâce à la qualité des niveaux-repères, la continuité des affleurements, la relative simplicité des motifs cartographiques et les données de terrain. Par contre, nombreuses sont celles qui restent incomprises.

Le domaine central, le plus complexe, est limité approximativement au Nord par une ligne, qui sépare deux types de motifs cartographiques distincts. Ce domaine ne présente pas d'orientation dominante. Il est caractérisé par l'abondance de leptynites potassiques et est fortement marqué par la tectonique gravitaire. Son extrémité NW où les affleurements sont médiocres, montre des motifs cartographiques très complexes qui semblent être le résultat de la superposition de plusieurs phases tectoniques.

Le domaine NE est par contre plus simple, avec une orientation E-W régulière, qui se superpose à une direction NE-SW bien développée vers le Sud. Plusieurs phases tectoniques affectent les formations archéennes de Tiris. Elles sont particulièrement visibles dans les quartzites ferrugineux qui, par leur comportement ductile, ont enregistrés et conservés les traces de toutes les déformations souples qu'ils ont subies.

Deux types de déformation se succèdent dans le temps : les phases précoces comportant au moins trois phases plicatives distinctes et les déformations gravitaires de type diapirique.

Toutes deux sont synchrones de recristallisations de haut degré.

III-1. Déformations précoces :

Le groupe du Tiris sont profondément marquées par les phases suivantes :

- a- Plissement isoclinal, synschisteux, de longueur d'onde de l'ordre du millimètre à celle de l'hectomètre ou plus, à axe souvent très redressé. C'est à cette phase qu'on peut attribuer la formation de la schistosité principale qui n'apparaît que très exceptionnellement oblique sur le litage. Cette schistosité, ou foliation métamorphique, est très généralement parallèle au litage et aux limites de banc ou formation. Ce terme désigne

donc l'anisotropie majeure des formations archéennes dont l'origine est donc à la fois liée à la formation du litage (sédimentaire probable) et à cette première phase. A cette phase, les plis très nombreux, et serrés et en général dissymétriques qui affectent certains bancs de quartzites ferrugineux.

- b- Plissement isoclinal, de l'ordre du centimètre à celui du kilomètre, déformant les plis de la phase précédente suivant des directions variables. A l'échelle de l'affleurement, il s'agit de plis aigus à isoclinaux, de type semblable. Ce plissement qui déforme la foliation est caractérisé, dans les zones charnières des quartzites ferrugineux. A la phase 2 peut être rattaché la majorité des plis hectométriques à kilométriques.
- c- Plissement kilométrique d'axe E-W perturbant les phases précédentes, en particulier dans le Nord où il tend à devenir dominant. cette phase est responsable des variations axiales affectant les structures de la phase 2, avec création de figures symétriques dans les motifs cartographiques.

III-2. Déformations gravitaires de type diapirique (Figure 18) :

Déformations non cylindriques, en dômes sphériques ou ellipsoïdaux (Figure 18), affectant les anticlinaux des phases précédentes. Les synclinaux sont déviés et réduits à des gouttières étroites.

Cette phase de déformation est caractérisée par des mouvements verticaux ascendants, entraînant la distension des structures et l'effacement des déformations précédentes. Entre les dômes ainsi formés, les mouvements verticaux sont descendants avec formation de zones de constriction et accumulation de plis. Le mécanisme est de type diapirique, naissant à partir de

zones à contraste de densité exceptionnellement élevé et favorisé par une viscosité faible. Ce type de déformations est caractéristique de l'ensemble des dômes.

Les déformations souples semblent s'être achevées brutalement et n'avoir été suivies que par des phases de déformation cassantes à caractère distensif dominant. Celles-ci se manifestent en effet par des failles dont une grande partie est injectée par des roches basiques.

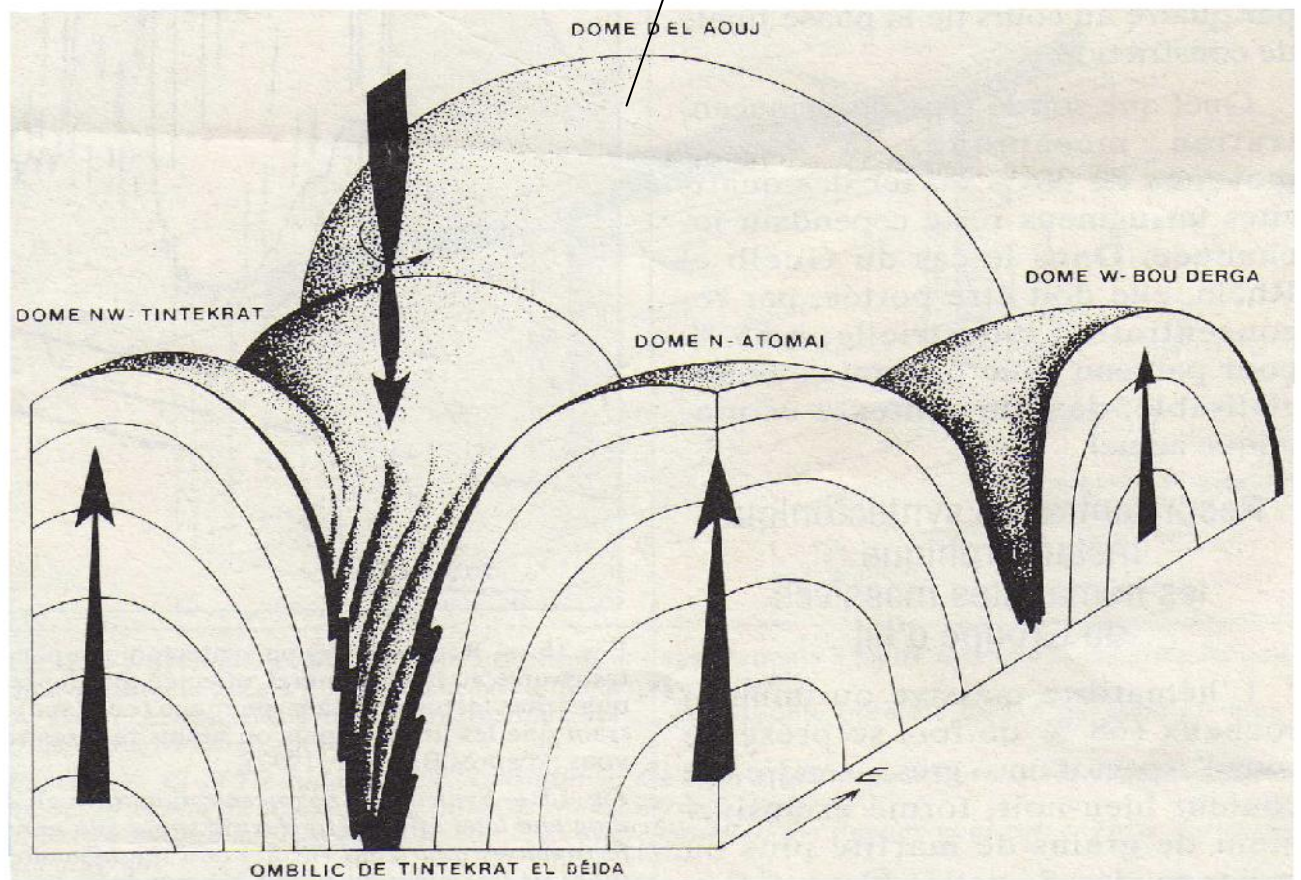


Figure 18 : la déformation gravitaire de type diapirique de groupe du Tiris (Bronner 1992).

IV. Tectonique du Groupe d'Idjil (Figure 19) :

Un des événements majeurs de l'histoire tectonique du Groupe d'Idjil est sa mise en place en discordance sur le Groupe du Tiris. C'est donc par rapport à cet événement que doit être reconstituée la succession des différentes phases tectoniques observées.

On pourra ainsi distinguer : les phases précoces, les phases contemporaines de la mise en place et les phases tardives.

Aucun âge ne permet de dater avec précision les phases précoces. Par contre, on sait que la mise en place des unités allochtones est postérieure aux événements tectono-métamorphiques caractéristiques du Groupe du Tiris mais antérieure à 1000 Ma, date du début du dépôt du Protérozoïque supérieur du bassin de Taoudeni. Une datation récente a permis de dater la mise en place de l'unité de Tazadit sur le socle à environ 1850 Ma, (Bronner 1992).

L'histoire tectonique de la Kédiat d'Idjil est marquée par deux événements majeurs : la formation de la brèche et la mise en place des différentes unités les unes sur les autres et en discordance tectonique sur les formations du Groupe du Tiris.

IV-1. Déformations précoces :

Les différentes unités de la Kédiat d'Idjil et l'Unité de M'Haoudat sont profondément marquées par une première phase de plissement (phase 1) particulièrement visible dans l'unité de Tazadit. Elle est caractérisée par des plis serrés à isoclinaux, à géométrie énantiomorphe, tantôt dextres, tantôt senestres, à longueur d'onde millimétrique à kilométrique, déversés au Nord dont l'empilement conduit notamment vers l'Est aux puissances apparentes de 2000 m trouvées à l'affleurement.

Les charnières sont matérialisées à l'affleurement par une linéation omniprésente, fortement marquée, soulignée par l'alignement des minéraux. Parallèlement à leurs plans axiaux, dans les facies micacés, se développe une schistosité de flux. Elle est en général parallèle à la stratification du fait de la géométrie des plis. Elle est synchrone de la phase métamorphique principale, faciès amphibolite à faciès schistes verts, responsable de la recristallisation presque complète des roches (Bronner 1979).

L'analyse tectonique effectuée par G.Bronner (1970) démontre que la structure actuelle de la Kédiat d'Idjil résulte de la superposition de deux phases tectoniques successives :

IV-1-1. Une phase F1 :

Est perturbée par les phases ultérieures sans jamais être totalement effacée. Elle est affectée par l'arcature kilométrique de la bordure Nord-Est de la Kédiat. Elle est caractérisée par un plissement syn-métamorphe intense auquel correspondent les plis isoclinaux à axes fortement redressés, responsable de l'épaississement, parfois considérable, des formations par répartition en parallèle aux axes des plis et par une recristallisation syntectonique accompagnée d'une linéation parallèle aux axes du pli cette phase s'observe dans toute la partie Nord

Nord-Est et Sud-Est de la Kédiat d'Idjil et en relique dans la partie Nord de la brèche.

IV-1-2. Une phase F2 :

La phase 2 est caractérisée par une évolution structurale progressive qui met en jeu les mécanismes suivants : cisaillement, boudinage et laminage, bien que des recrystallisations partielles soient observées. Cette évolution s'est échelonnée dans le temps et l'espace, débutant au Sud et se déplaçant vers le Nord, déterminant plusieurs stades évolutifs successifs; au terme de la phase 2, on observe des zones caractérisées chacune par un faciès structural typique dont la brèche d'Idjil constitue le plus important et le plus évolué (Bronner, 1970). Les conditions métamorphiques accompagnant cette phase F2 n'ont pu être précisée, la phase F2 s'expliquerait par un resserrement perpendiculaire aux couches et une élongation parallèle à elle, générateur de mouvements relatifs verticaux conduisant à un style de plissement isoclinal responsable de la formation de la structure synclinoriale majeure actuelle de la Kédiat d'Idjil.

IV-2. Déformations tardives :

C'est dans la Kédiat d'Idjil que les déformations tardives sont les mieux développées. La plus évidente est la courbure kilométrique centrée sur Tazadit qui déforme à la fois les différentes unités, les contacts anormaux et à fortiori les plans axiaux de la phase 1. Elle est suivie par l'accident Sud-ijilien et son satellite, l'accident d'Oum el Habel auquel semble être lié le laminage de la partie méridionale de la brèche d'Idjil.

En outre de nombreuses failles, en général NW-SE, traversent de part en part les différentes unités et sont donc postérieures à leur mise en place. Elles sont parallèles aux nombreuses fractures qui affectent le Protérozoïque supérieur ainsi que le socle archéen au Sud de l'accident Sud-ijilien. Il est de ce fait difficile de préciser leur âge : antérieur au dépôt du Protérozoïque et rejeu

postérieur, ou postérieur au dépôt ? Certaines d'entre elles sont injectées de dolérites, (secteur de Rouessat).

Même s'il faut supposer que certains dykes sont masqués par les éboulis dans les khnegs (défilés) qui matérialisent la trace des failles principales, ceux-ci sont nettement moins abondants que dans le socle archéen.

IV-3. Mise en place de l'unité de la Kédiat d'Idjil :

Parmi les différentes unités allochtones qui constituent le synclinal de nappes de la Kédiat d'Idjil, ce sont les unités de la bordure Nord et NE qui fournissent le plus d'informations concernant leur mise en place (Figure 20).

La géométrie des contacts anormaux est essentiellement caractérisée par des troncatures sommitales et par la forme lenticulaire des différentes unités :

Unité de Tazadit sur l'unité de Zouerate et sur le socle archéen, Unité de la brèche sur l'unité de L'Achouil et sur l'Unité de Tazadit (Figure 21), chevauchement à l'intérieur de l'Unité de Tazadit (NE de Tazadit). Du milieu de la bordure Nord vers ses deux extrémités, on peut noter que les différentes unités se réduisent en largeur, donc en épaisseur, et disparaissent pour ne plus laisser subsister que l'unité de Tazadit et en partie l'unité d'El Hadj. Ce phénomène est dû à la fois aux troncatures sommitales et à la présence du grand accident Sud-ijilien. Ce dernier semble recouper tous les contacts chevauchants en profondeur mais tend à devenir parallèle au contact frontal du Nord aux deux extrémités Ouest et SE des unités allochtones. Alors que les contacts tendent à s'horizontaliser en profondeur, le contact Sud-ijilien et celui qui sépare les Unités de la brèche et d'El Hadj sont caractérisés par un pendage fort à vertical.

L'origine des nappes n'est pas connue. Le mode de leur mise en place est difficile à préciser compte tenu de l'impossibilité d'observer directement les contacts. Néanmoins, à la base de la nappe de Tazadit et à quelques mètres des premiers affleurements de socle archéen (tranchée au SE de la gare de Tazadit),

des quartzites à grosses muscovites et à tourmaline montrent une forte linéation minérale d'orientation NE-SW. Elle est associée à des plis tardifs, d'axes horizontaux NW-SE, déversés vers le NE et à des écaillages dans le socle sous-jacent de même orientation.

Ces différents éléments indiquent un déplacement relatif de l'unité de Tazadit sur le socle vers le NE. C'est à la mise en place de l'unité de la brèche que peut être associé le phénomène de laminage qui affecte cette unité sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, au-dessus du contact de base.

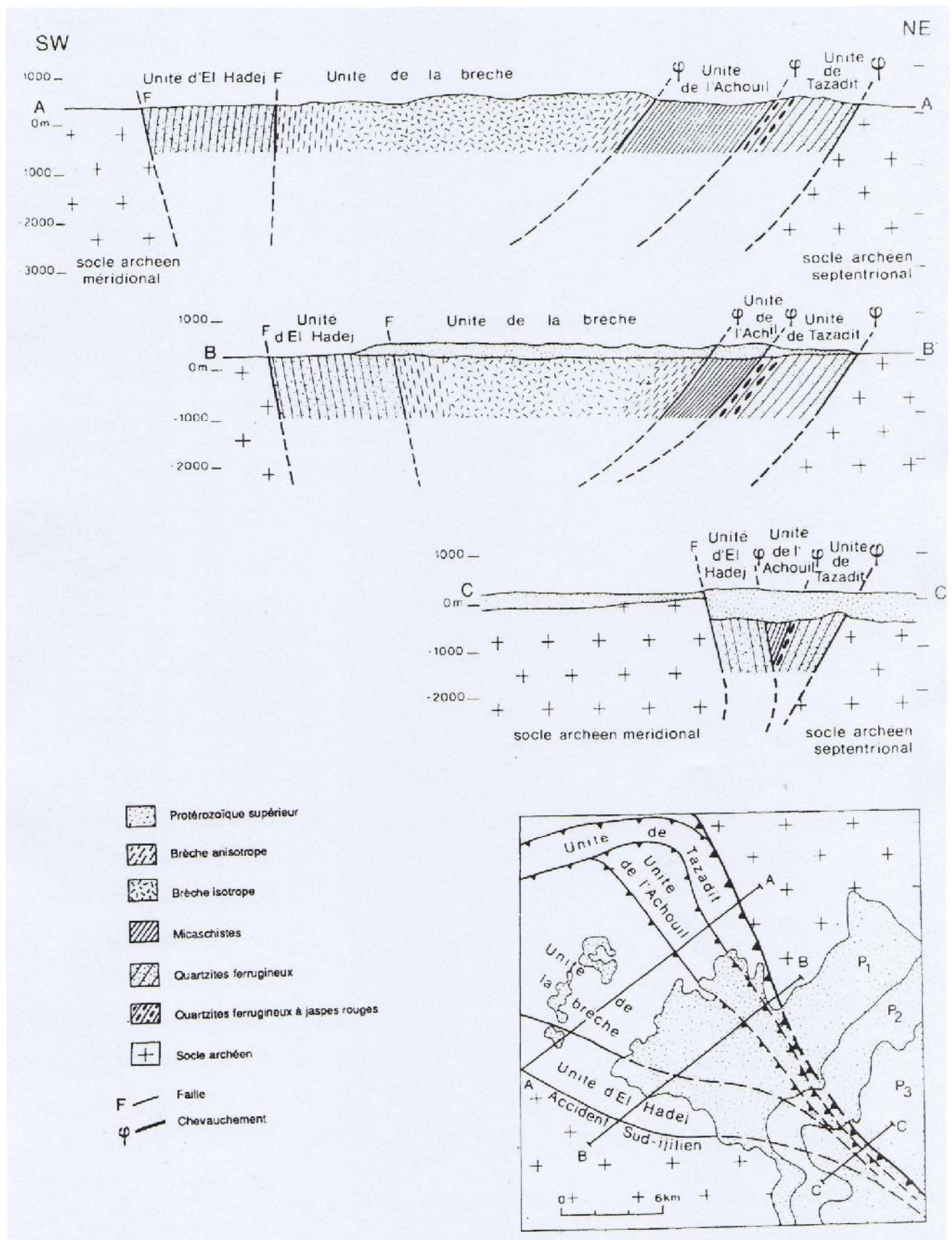


Figure 20 : coupe sériées à travers la partie orientale de la Kédiat d'Idjil
(Bronner et Chauvel, 1979).

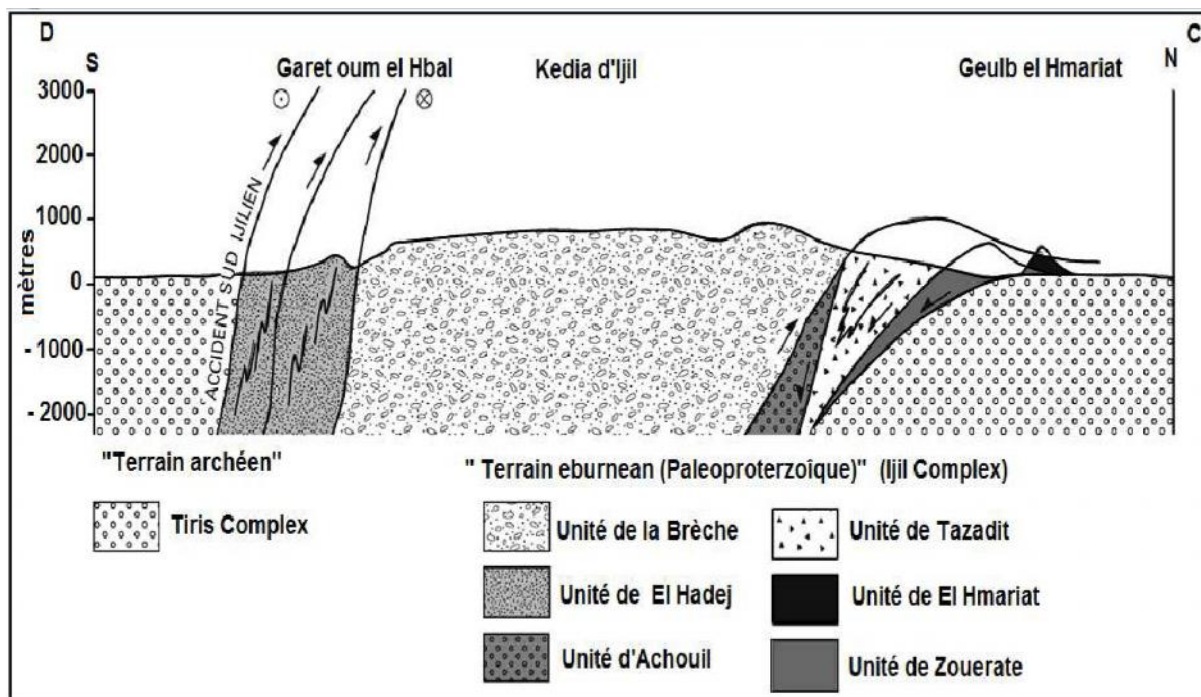


Figure 21 : coupe schématique structural du complexe de la Kédia d'Idjil, (O'Connor et al., 2005 in SCHOFIELD, D.I., GILLESPIE, M.R., 2007).

IV-4. Mise en évidence de l'allochtonie du Groupe du d'Idjil :

Le contraste entre la Kédia d'Idjil et le socle catazonal environnant a été relevé par des géologues (DESTOMBES, J.P., 1962), et suscité diverses interprétations. Parmi celles-ci, l'hypothèse selon laquelle les formations de la Kédia d'Idjil correspondraient au remaniement et à la rétro-morphose de formations du socle catazonal a dû être abandonnée devant des arguments pétrographiques indiscutables (BRONNER, G., 1970). En effet des schistes interstratifiés dans les quartzites à hématite provenant des sondages carottés de la mine de Tazadit, donc exceptionnellement frais, ont montré qu'ils n'ont jamais subi de métamorphisme catazonal mais, au contraire, un métamorphisme suffisamment faible pour ne pas effacer les reliques de structures sédimentaires. Ce fait a été largement confirmé par l'étude systématique de la Kédia d'Idjil et ses dépendances qui a conduit à la définition du Groupe d'Idjil (BRONNER, G., CHAUVEL, J.J., 1979).

Restait à expliquer la présence même de ces formations aberrantes donc connaître la nature du contact qui les sépare des formations catazonales du Groupe du Tiris. Du fait de la présence d'éboulis très épais et continus qui encerclent la Kédiat, ce contact n'avait jamais pu être observé directement. Grâce à la SNIM, une tranchée a été effectuée au bulldozer au SE de la gare de Tazadit, dans le sens de la plus forte pente du talus. La coupe ainsi mise à jour a fait l'objet d'un lever très détaillé (dessins calés sur un relevé photographique continu, échantillonnage systématique dont de nombreux échantillons orientés). Les principaux éléments recueillis sont regroupés sur la (Figure 22).

La coupe se compose d'une centaine de mètres de roches très altérées où dominant des amphibolites, avec intercalations de leptynites et pegmatites, représentant le Groupe du Tiris, surmontées par une dizaine de mètres de quartzites non ferrugineux à grosses muscovites et quelques tourmalines centimétriques. Ces derniers se raccordent vers le SW à des quartzites identiques qui forment ici, à la faveur d'une coupe naturelle, la base des formations de la bordure NE de la Kédiat d'Idjil (Bronner et Chauvel, 1979). Grâce à ces deux coupes, la continuité est assurée entre les deux groupes et le contact mis en évidence.

Compte tenu du sens du pendage général, du sens de la pente et de l'état très altéré du socle, le fauchage est vraisemblablement important. On peut donc supposer que, dans leur ensemble, les valeurs de pendage sont en réalité plus élevées que les valeurs mesurées.

Le contact est anormal et à pendage moyen. Il y a accordance entre les formations des deux groupes qui présentent ici approximativement la même orientation. A la base de l'Unité de Tazadit, on observe plusieurs surfaces de cisaillement de forme courbe, généralement en "Z" (sens d'observation vers le NW). Dans la coupe naturelle, au niveau du contact entre les quartzites de base et les micaschistes à grenat sus-jacents, il y a à la fois rabotage basal et rabotage sommital. La régularité des bancs de l'Unité de Tazadit n'est affectée que sur

quelques dizaines de mètres alors que dans le Groupe du Tiris, les déformations sont multiples et s'étendent sur près de 100 m. Il s'agit essentiellement d'un phénomène d'écaillage métrique dans lequel les leptynites se comportent comme un matériel compétent par rapport aux amphibolites et forment des chapelets de lentilles qui peuvent être interprétées comme des bancs de leptynites boudinés. Les éléments géométriques sont généralement de forme dissymétrique en "Z" (sens d'observation vers le NW).

Toutes les surfaces qui limitent les lentilles, sont matérialisées par une poudre rose très fine qui correspond vraisemblablement à l'altération de matériel quartzo-feldspathique finement broyé dans les zones de cisaillement. L'analyse structurale montre qu'il existe une forte linéation minérale dans les quartzites de l'Unité de Tazadit (allongement des muscovites et des tourmalines centimétriques) et dans les leptynites du Groupe du Tiris. Cette linéation est perpendiculaire à l'axe d'allongement des lentilles et à l'axe de gauchissement en "Z" des surfaces de cisaillement (Figure 22).

Il existe donc un système cohérent de déformations à l'échelle macroscopique impliquant un cisaillement NE-SW avec un déplacement différentiel probable Unité de Tazadit vers le NE par rapport à l'autochtone sous-jacent.

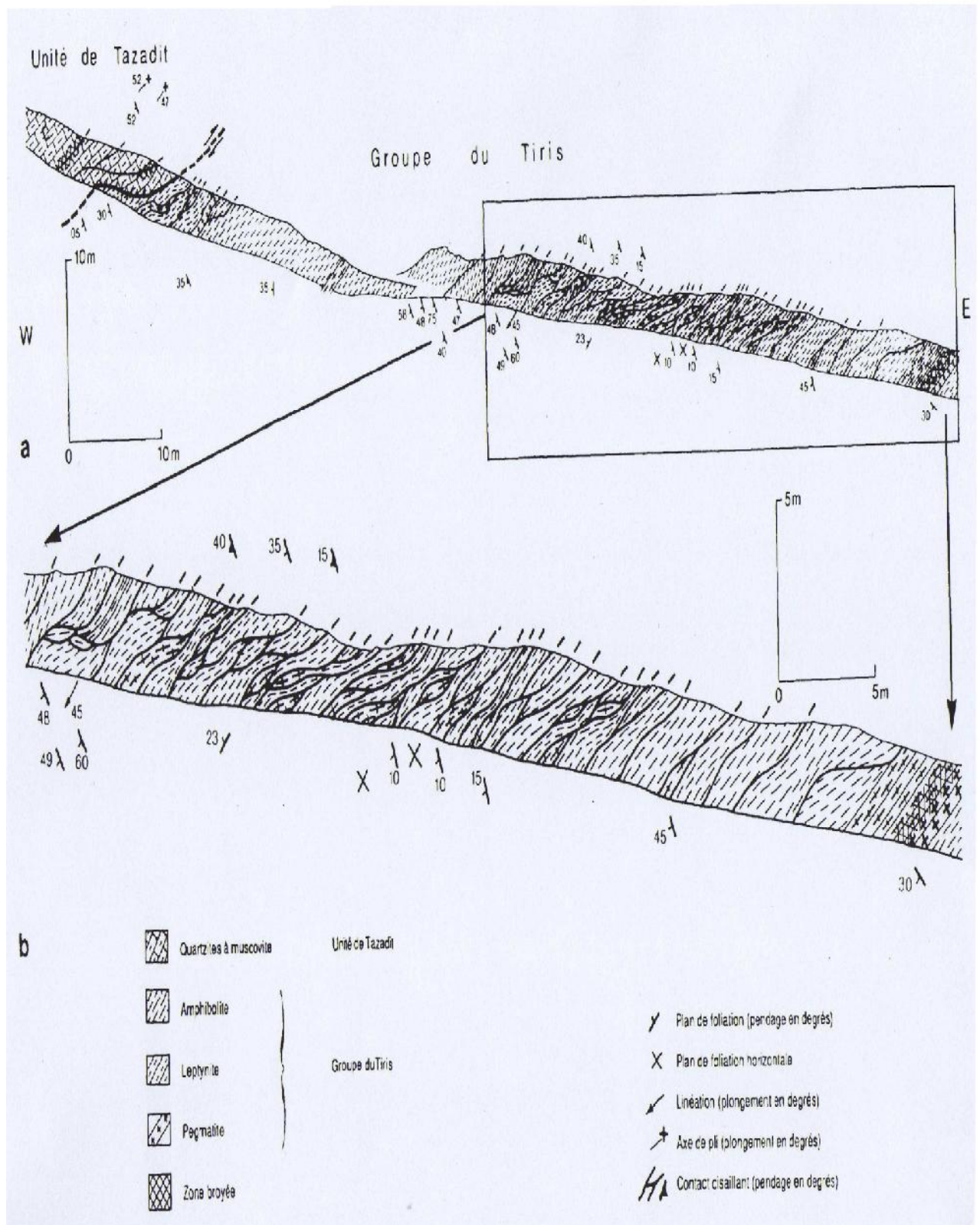


Figure 22 : Coupe de contact entre l'unité de Tazadit et le socle autochtone archéen (Bronner 1979). a- coupe générale. b- détail de la coupe montrant le dispositif en écailles multiples dans le socle Archéen.

IV-5. Contacts anormaux : Architecture de la Kédiat d'Idjil :

Les pegmatites blanches à tourmaline : un indice de contact anormal

Le contact Sud-ljilien, est caractérisé par l'abondance de quartz et de pegmatites blanches à grosses muscovites à tourmaline. On peut noter que ce type de contact est comparable aux nombreux contacts mis en évidence dans le Chaînon de d'Atomail de Tiris. Ce type de contact n'a cependant jamais été observé dans la Kédiat d'Idjil elle-même où toute pegmatite est totalement absente.

IV-6. Relation de la Kédiat d'Idjil avec le socle environnant :

La trame structurale du socle archéen autour la Kédiat d'Idjil se comporte d'une manière très particulière par rapport à l'architecture de la Kédiat d'Idjil. Elle semble totalement indépendante de cette dernière jusqu'à une certaine distance mais elle subit à son approche une influence nette qui se traduit par un phénomène d'accordance à l'échelle kilométrique. Il faut cependant noter que la bordure NE de la Kédiat d'Idjil, est parallèle à l'orientation générale du socle archéen situé entre les deux affleurements du Groupe d'Idjil. L'accordance se fait jusque dans le détail. Il est cependant difficile de savoir si celle-ci est réalisée sur tout le pourtour de la Kédiat d'Idjil du fait des recouvrements récents qui masquent généralement la zone de contact sur une largeur parfois très importante.

Quatrième partie : Etude géologique et pétrographique de la Kédiat d'Idjil et les gisements associés :

I. principaux types de minerais :

La Kédiat d'Idjil est composée essentiellement de quartzites ferrugineux rubanés (BIF) et de brèches, avec quelques schistes et mica schistes.

Les quartzites ferrugineux rubanés et lités protérozoïques ou BIF (Banded Iron Formation) de la Kédiat d'Idjil (Figure 23), sont lithologiquement des roches formées d'alternances de lits, d'épaisseur millimétriques ou centimétriques, de silice pure et d'un lit riche en oxydes de fer (Hématite ou magnétite) ; la silice est recristallisée en quartz marquant un degré de métamorphisme relativement élevé.

Le rubanement est très bien marqué et donne à la roche son aspect macroscopique typique, aspect typique des BIF.

Ces roches sont très semblables aux Itabirites ou BIF, qui encaissent les gisements de fer du Brésil.

Les concentrations naturelles d'hématite représentent un phénomène géologique de caractère régional, étroitement localisées dans les formations quartzo-ferrugineuses de la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil.

Tous les gisements de la Kédiat d'Idjil sont formés de quartzites à hématite qui présente des teneurs pouvant atteindre 68% sa teneur originelle est comparable à celle du groupe du Tiris. Ce n'est qu'à l'issue de divers processus naturels de reconcentration que la teneur atteint des valeurs telles que le minerai peut être commercialisé sans aucun enrichissement ultérieur.

Suivant sa localisation dans la Kédiat d'Idjil, le minerai riche est issu d'un ou de plusieurs de ces types de reconcentration :

Processus métasomatique et processus météorique (désilicification par lessivage) qui peuvent se superposer à une reconcentration tectonique.

Suivant la nature pétrographique, la granulométrie et l'épaisseur des lits on peut distinguer deux types de quartzites à hématite : hématite en plaquette et hématite rocheux.



Figure 23 : Les quartzites ferrugineux rubanés et lités protérozoïques ou BIF (Banded Iron Formation) de la Kédiat d'Idjil.

I-1. L'hématite en plaquette :

L'hématite en plaquette correspond à un quartzite ferrugineux rubané dessilicifié dans lequel les vides laissés par le départ de la silice peuvent être comblés par des hydroxydes de fer (OKSENGORN, S., 1971), (Figure 24). Les roches hématitiques sont caractérisées par le manque de cohésion elles s'effritent et se pulvérisent sous la simple pression des doigts. Elles sont formées d'un empilement de lamelles ou « plaquettes », par fois de bâtonnets ou

« crayons », dont la longueur est variable de un à plus de six centimètres, et dont l'épaisseur est également variable, mais en général millimétrique. Ces plaquettes sont très riches en fer et légèrement plus cohérentes que leurs inter lits ressemble à un sable de grains de martite. Malgré la faible cohésion de la roche, celle-ci a gardé la structure de l'itabirite originelle. En particulier, dans certaines parties du gisement de la Kédiat d'Idjil.

L'hématite en plaquette peut s'indurer, à la suite du dépôt lit par lit d'hydroxydes de fer donnant à la roche un aspect caractéristique d'alternances de lits bleus, hématitiques et de lits marrons foncés, goethitiques.

On suppose que, par vieillissement, les hydroxydes de fer se transforment en hématite, qui cristallise grossièrement (hématite spéculaire). Dans cette hypothèse, l'apport de fer se ferait par des circulations descendantes d'eaux superficielles. Ces cimentations sont surtout localisées dans les zones broyées.



Figure 24 : Hématite en plaquette.

La minéralisation se présente le plus souvent en poches, situées à l'intérieur des itabirites. Leurs dimensions sont extrêmement variables mais leur profondeur est en général faible (en moyenne 50 à 60m). Le contact inférieur est subhorizontal est marqué par une frange de passage latéral de l'hématite riche à itabirite, d'une dizaine de mètres de puissance. Les contacts latéraux sont très souvent verticaux : ils s'effectuent soit à travers le litage de l'itabirite, soit en concordance avec celui-ci, mais dans ce dernier cas, la minéralisation passe d'un banc à un autre par l'intermédiaire de diaclase. Le plus souvent, il n'existe pas de frange de passage latéral : le contact est direct et franc.

Les poches d'hématite en plaquettes sont allongées suivant un grand axe, lequel est parallèle à une direction structurale dominante dans le secteur : les directions principales sont NW-SE, E-W et N-S : elles correspondent aux grandes directions structurales de la Kédiat d'Idjil.

La désilicification des itabirites est hétérogène et incomplète. Elle est hétérogène : en effet, des noyaux plus ou moins importants d'itabirite non ou peu désilicifiée existent à l'intérieur de la minéralisation. Elle est incomplète : le sable inter plaquette est rarement ferrugineux. De la silice, en grains libres visible à l'œil nu, est présente. Ceci est démontré par les teneurs moyennes en fer de la roche. D'après la courbe de fréquence des teneurs, la moyenne est de à 65%-66% Fe, nettement plus faible que celle des minerais du type rocheux.

I-2. L'hématite rocheuse :

Formée exclusivement de grains d'oxyde de fer, de dimension variant entre des valeurs inférieures à 0,1 mm jusqu'à plus de 2mm. La couleur est généralement noir bleuté, mais parfois des limonites microcristallines, dispersées dans la roche, lui donnent une couleur soit vert clair, soit jaune.

La texture est celle d'un grès tendre, d'aspect poreux. Il ne semble pas y avoir de ciment entre les grains d'oxydes de fer, ce qui explique la faible cohésion de la roche. Parfois, la texture devient plus massive (Figure 25).

On observe souvent un litage plus ou moins net, d'épaisseur millimétrique.

Ce dernier est dû à ce que les couches successives des oxydes de fer, toujours poreuses, présentent des vides de dimensions différentes.

L'oxyde de fer est presque exclusivement de la martite. Celle-ci garde encore, mais en proportion très variable d'un gisement à un autre, et aussi à l'intérieur d'une même lentille de minerai, des vestiges de magnétite (lorsqu'ils sont libérés, ces grains sont attirables à l'aimant à main).

La martite est accompagnée de quantités très friables de quartz et d'argiles. Ceux-ci comblent, plus ou moins les pores et les fissures entre les grains de martite.



Figure 25 : Hématite rocheuse.

La minéralisation d'hématite rocheuse se présente suivant des amas lenticulaires, inclus à l'intérieur des itabirites et concordant avec la structure tectonique de celles-ci. Leurs dimensions sont extrêmement variables, mais souvent assez importantes (plusieurs centaines de mètres) surtout dans le sens de l'allongement horizontal.

Dans le sens vertical, la minéralisation descend profondément par relais d'une lentille à une autre.

Dans le gisement de Tazadit, la minéralisation descend à plus de 500 mètres sous la surface topographique actuel, (S.Oksengorn).

La minéralisation dans ce type de gisement doit, comme dans le premier type, se fermer à un certain niveau, comme cela a été démontré par sondage dans le gisement de F'Dérik.

Les passages latéraux à itabirites non désilicifiées s'effectuent par l'intermédiaire d'une frange, comme dans le premier type de gisement. Mais celle-ci est lithologiquement différente. A l'intérieur de cette frange de passage, l'itabirite est plus ou moins intensément désilicifiée ; la minéralisation se présente soit en bancs, de faible puissance (20 cm à 1 m) en noyaux, en nuages diffus, en filon qui marquent une diaclase, la minéralisation ayant gagné l'itabirite à partir de celle-ci.

Parfois, au contraire, le passage latéral est net et brutal : il se fait soit parallèlement de banc à banc, soit en travers des bancs et en général sur une grande diaclase.

- la désilicification des itabirites, roche mère, est homogène et quasi-totale.

La masse entière de l'amas lenticulaire est minéralisée : on ne rencontre pratiquement pas d'enclaves d'itabirites. Les teneurs en fer sont remarquablement homogènes à l'intérieur de l'amas et sont toujours très hautes.

La courbe de fréquence des teneurs montre, au contraire du type plaquettes une famille bien individualisée de teneurs atteignant 68,5% Fe. On rencontre fréquemment des enclaves d'hématite pure, à 69,9% Fe.

C'est une roche pratiquement mono minérale, c'est la martite, il n'ya jamais de silice libre, en grains individualisés et visibles à l'œil nu ou à la loupe.

Ce type caractérise les gisements de Tazadit et, de F'Dérik, situés à l'intérieure des deux grandes flexures tectoniques qui affectent la bordure Nord et le gisement de TO14, alors que, le premier caractérise les gisements de Roussat et d'Azouazil, situés au centre de la même bordure.

I-3. La brèche d'Idjil :

Elle se situe au centre et au sud de la Kédiat, et constitue la masse principale de la Kédiat d'Idjil.

La brèche d'Idjil est un roche massive, hétérogène formée par des éléments de quartzites ferrugineux, à angles vifs (parallélépipèdes centimétriques) ou de quartzites non ferrugineux, arrondis comme des pseudo-galets, cimentés par un matériel silico-ferrugineux (Figure 26).

Elle est divisée en plusieurs faciès :

- brèche à éléments de quartzites ferrugineux seuls ;
- brèche à éléments de quartzites non ferrugineux seuls ;
- brèche à éléments des quartzites ferrugineux et de quartzites non ferrugineux ;

Dans le détail l'extension de ces différents faciès est cependant très variée, mais c'est la brèche à éléments de quartzites ferrugineux qui domine dans le centre de la Kédiat d'Idjil.

La brèche à éléments de quartzites non ferrugineux seuls est localisée dans la vallée de l'Achouil. La brèche à éléments de quartzites ferrugineux et de quartzites non ferrugineux est surtout présente dans la partie Sud de la Kédiat d'Idjil.

Au Nord de la Kédiat, la brèche est en contact avec la formation itabiritique de la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil et au Nord-Est avec la formation schisteuse de la vallée d'Achouil.

Le passage à itabirite est toujours très progressif et on y observe des formations assez diverses (micaschistes, quartzites non ferrugineux, quartzites ferrugineux, non lités). Mais le passage le plus fréquent est une formation qui a été appelée brèche litée. Cette roche se rapproche d'une itabirite mais les lits sont cassés, ce qui lui donne une allure de brèche. Le litage est boudiné, irrégulier. Les lits siliceux sont réduits à des amandes de quartz blanc. Le passage à la brèche d'Idjil se fait de façon graduelle par disparition progressive du litage. Mais la brèche litée garde une direction des éléments, parallèle à celle de l'itabirite.



Figure 26 : la brèche d'Idjil.

Seul le contact entre la brèche et les schistes de la vallée de l'Achouil est un contact anormal, très peu penté d'ailleurs (30° vers le sud) ce qui semblerait indiquer un écaillage de la brèche sur les schistes.

Au Sud, la brèche d'Idjil passe également graduellement à une brèche litée, mais celle-ci a été laminée, mylonitisée parfois : il existe donc un grand contact anormal tout le long de la bordure sud de la brèche.

Les formations de la brèche d'Idjil, aux caractères particuliers et exceptionnels, a attiré toujours la curiosité des géologues.

Diverses hypothèses ont été avancées pour expliquer la genèse de la brèche.

Certains auteurs la considèrent comme une brèche d'origine volcanique, alors que d'autres émettent l'hypothèse d'une « pipe bréchique ». En revanche, l'étude microscopique de ce faciès que nous avons effectué ne montre aucune marque d'élément ou matrice volcanique. (DESTOMBES, J.P., 1962), dans une étude détaillée, fait intervenir l'existence d'une cordillère dont le démantèlement progressif d'origine sismique aurait conféré à la brèche un caractère sédimentaire.

II- Origine de la minéralisation :

Les gites de la Kédiat appartiennent au type des gites sédimentaires itabiritiques, caractéristiques des boucliers précambriens, et constitués par des lentilles et poches d'hématite à peu près pure, inclus dans des masses souvent considérables de quartzite à hématite rubanée.

Pour la plupart de ces gites la genèse des lentilles et poches d'hématite reste discutée.

Trois hypothèses sont communément invoquées pour expliquer la genèse des lentilles et des poches d'hématite (figure 27) Blanchot, 1975 :

- Origine synsédimentaire ;
- origine métasomatique ou hydrothermale ;
- origine latéritique, par circulation d'eaux météoriques.

Nous allons décrire dans ce qui suit les principales données de ces trois hypothèses :

II-1. Origine synsédimentaire

La formation des lentilles est contemporaine au dépôt et de la diagenèse des quartzites rubanés. Le métamorphisme et les épisodes tectoniques ultérieurs peuvent néanmoins s'accompagner de recristallisations et mobilisations qui rendent difficile l'identification des caractères synsédimentaires primaires.

II-2. Origine métasomatique ou hydrothermale :

Cette hypothèse fait intervenir un remplacement métamorphique du quartz par de l'hématite spéculaire, qui serait intervenu lors de la dernière phase tectonique et le métamorphisme des itabirites. Il serait le résultat de venues hydrothermales liées à la mise en place de massifs éruptifs.

Cette hypothèse paraît peu vraisemblable pour la simple raison que les phénomènes éruptifs sont rares.

La localisation des gisements est étroitement liée à des zones plus fortement tectonisées que dans le reste du massif d'itabirites, accompagnant le plissement intense des itabirites il y a une élévation localisée de la température, liée soit à des venues hydrothermales soit au métamorphisme dynamique. Cette élévation de température est proportionnelle à la profondeur. La réaction de la silice et des oxydes de fer à la température est différente :

la silice serait plus mobile que l'hématite pour une même température. L'élévation de température amène uniquement une remise en mouvement des minéraux préexistants.

On aurait deux stades un front de température qui monterait :

- premier stade :

à une température d'environ 150°. Seule la silice est entraînée vers la surface. L'itabirite est enrichie par simple désilicification en minerai en plaquette.

- deuxième stade :

à plus grande profondeur et à une température d'environ 450°, les oxydes de fer eux-mêmes sont mobilisés avec un mouvement ascendant.

Les solutions profitent d'abord des failles et diaclases, puis colmatent entièrement les espaces inter plaquettes du minerai.

A ce stade, la structure originelle de la roche n'a pas été touchée. Plus en profondeur ou sous l'effet de contraintes tectoniques postérieures, la structure litée du minerai est détruite pour donner un minerai massif (Sengorn, 1973). Les eaux de surface pénétreraient à l'intérieur de la zone favorable grâce, en particulier, aux grandes cassures. Leur température serait ensuite élevée en profondeur par des venues hydrothermales. Il s'établirait une sorte de courant de convection qui amènerait d'abord les eaux de surface en profondeur, puis qui les remonterait vers la surface. Ce serait lors de cette remontée que les eaux chaudes mobiliseraient la silice, puis les oxydes de fer.

II-3. Origine latéritique par circulation d'eaux météoriques :

Cette hypothèse suppose que, le vecteur de la minéralisation serait des eaux météoriques chargées d'acides humiques dissolvant la silice et laissant le fer sur place. La désilicification semble s'effectuer en plusieurs phases.

Cependant, le fait que du minerai riche soit encore reconnu à plusieurs centaines de mètres de profondeur, alors que l'altération météorique ne semble guère

dépasser une centaine de mètres, invite à penser que d'autres agents de concentration du fer ont pu intervenir.

Un lessivage préférentiel, favorisé par divers facteurs (accidents tectoniques, hétérogénéités lithologiques ou granulométriques) et par les eaux météoriques superficielles, dans les conditions de climat tropical humide ou équatorial, de certains niveaux d'itabirites.

Dans un premier stade, ce lessivage conduit à des minerais en plaquettes à structure conservée. Ensuite, des dépôts d'hydroxydes de fer (goethite) peuvent cimenter ces plaquettes et conduire, par déshydratation, à des minerais à nouveau essentiellement hématitiques, massifs ou lités. Cette altération latéritique peut être d'âge précambrien à subactuel, et se poursuivre ou se reproduire chaque fois que les formations itabiriques se trouvent placées dans des conditions adéquates d'affleurement et de climat.

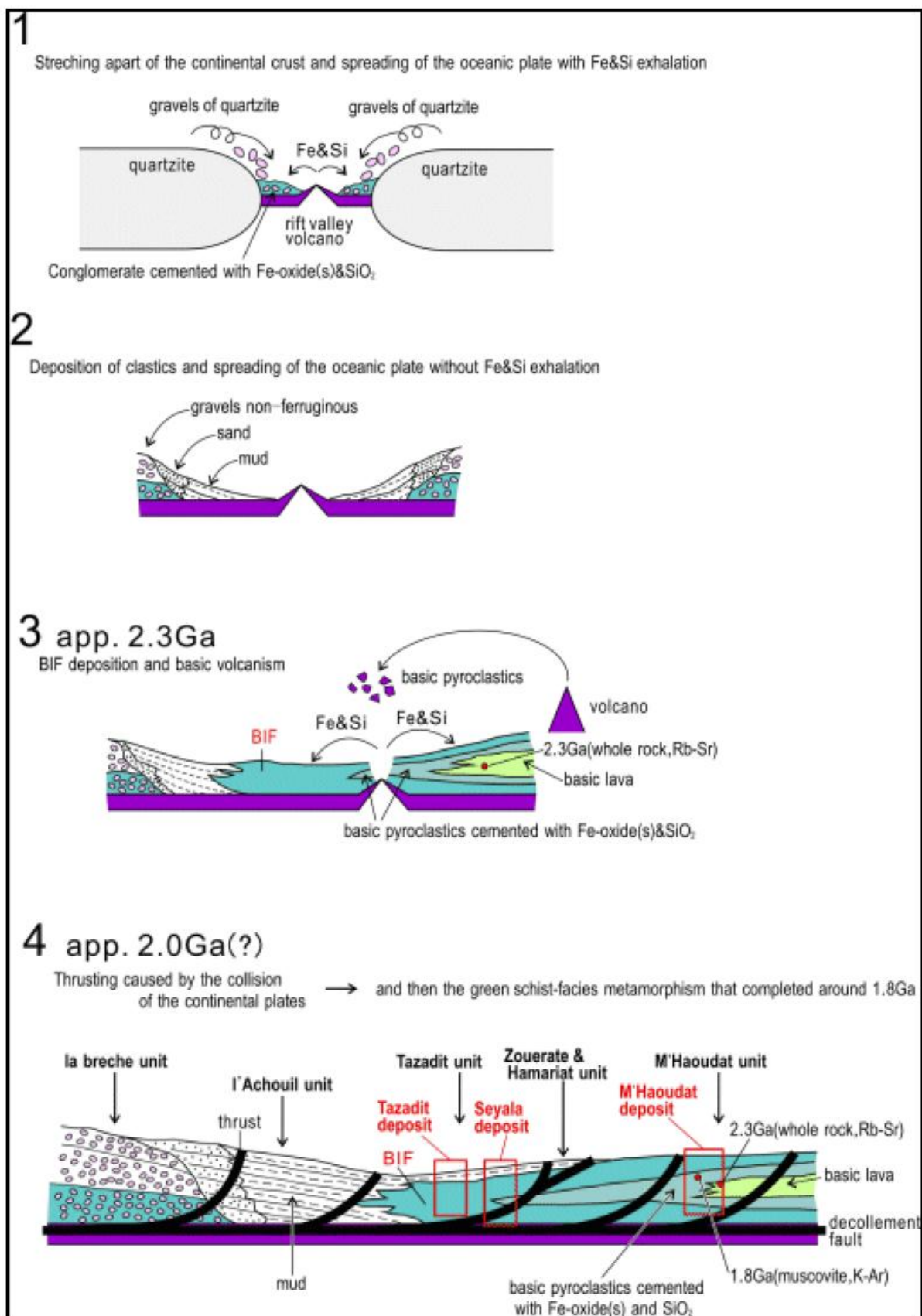


Figure 27 : modèle de gisement minéral des BIFS de la Kédia d'Idjil (OMRG, 2009).

III- Age de la minéralisation :

L'âge de la minéralisation a été pendant très longtemps controversé. En effet, suivant que l'on se réfère à l'une ou à l'autre théorie sur la genèse des minerais, celle-ci pourrait varier. Si on adopte la théorie métamorphique, l'âge devrait être la fin de la dernière phase tectonique, donc être largement précambrien.

Au contraire, si on adopte la théorie latéritique, l'âge de la minéralisation est récent et devrait être tertiaire. Nous avons vu que dans la Kédiat d'Idjil, il existe deux types de gisements qui étaient soit superposés, soit séparés géographiquement. Il semblerait donc qu'il y ait eu plusieurs étapes de minéralisation :

- 1 ère étape : formation des hématites rocheuses et riches ;
- 2^{ème} étapes : formations des hématites en plaquettes et enrichissement du manteau des hématites rocheuses près de la surface ;
- 3 ème étape : cimentation de certaines zones d'hématite en plaquettes en surface et dépôt des cangas.

Si donc il ya des étapes dans la minéralisation, ces étapes de la minéralisation sont elles contemporaines ou bien nettement séparées dans le temps.

En effet, plusieurs faits amènent à penser que la minéralisation pourrait être en partie précambrienne :

- des galets de minerai rocheux ont été trouvés dans le conglomérat de base de l'fracambrien du bassin sédimentaire de Taoudeni, à la bordure Sud-est de la Kédiat d'Idjil.

Cependant, certains de ces galets sont formés de magnétite. Or on connaît des ségrégations de magnétite pure dans les quartzites ferrugineux de la série du Tiris. Ceux-ci étaient, comme la Kédiat d'ailleurs, émergés au moment de la transgression de la mer infracambrienne ; celle-ci aurait pu les reprendre et les déposer plus loin.

- La localisation très stricte de la minéralisation avec des pièges tectoniques, en exemple les gisements de type « rocheux » sont placés dans les deux grandes flexures tectoniques de la bordure Nord de la Kédiat.

Les gisements de type « plaquettes » sont eux aussi liés, au moins en partie, à la tectonique. Ils sont en effet étroitement localisés à la zone de contact entre la formation itabiritique et la brèche d'Idjil. Celle-ci est parfois un contact anormal, accompagné peut-être d'un chevauchement.

D'autres faits amèneraient, au contraire, à penser que la minéralisation est beaucoup plus récente.

- la brèche d'Idjil, qui a été formée lors de la dernière phase tectonique, ne contient jamais d'éléments de minerai. Si celle-ci préexistait, on devrait en retrouver. Cependant, ceci est un argument négatif, et il n'est pas absolu : en effet, la minéralisation aurait pu intervenir après la mise en place de la brèche de la Kédiat d'Idjil. La mer infracambrien a transgressé sur un pays comportant de forts reliefs, la désilicification des itabirites aurait donc pu intervenir lors de cette période où la Kédiat était émergée.

IV- Exemple de modèles de gisements

Nous avons vu que dans la Kédiat d'Idjil, il existait deux types de gisements. ils se rencontrent à toute échelle (du m² à plusieurs milliers de m²).

Nous distinguons en allant d'Est en Ouest : gisement de TO14, groupe de Tazadit, groupe de Roussat, groupe de Seyala-Azouazil et, le gisement de F'Dérik.

Ces gisements sont localisés tout au long de la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil, au niveau de l'unité de Tazadit. C'est en effet, tout au long d'elle que se succède le chapelet des gisements d'hématite. La formation à itabirite prédominante dans cette unité est un quartzite à hématite disposé en BIF, elle est souvent accompagnée par des quartzites schisteux non ferreux. La formation à itabirite dont l'épaisseur varie entre 300 et 2000 m comprend, de bas en haut, une phyllite siliceuse, une itabirite siliceuse (35 à 45% Fe₂O₃ sur une épaisseur de 60 m) et une itabirite à hématite en bandes (63 à 64% Fe₂O₃ sur 150 m d épaisseur) (BRGM, 1975), (Figure 28).

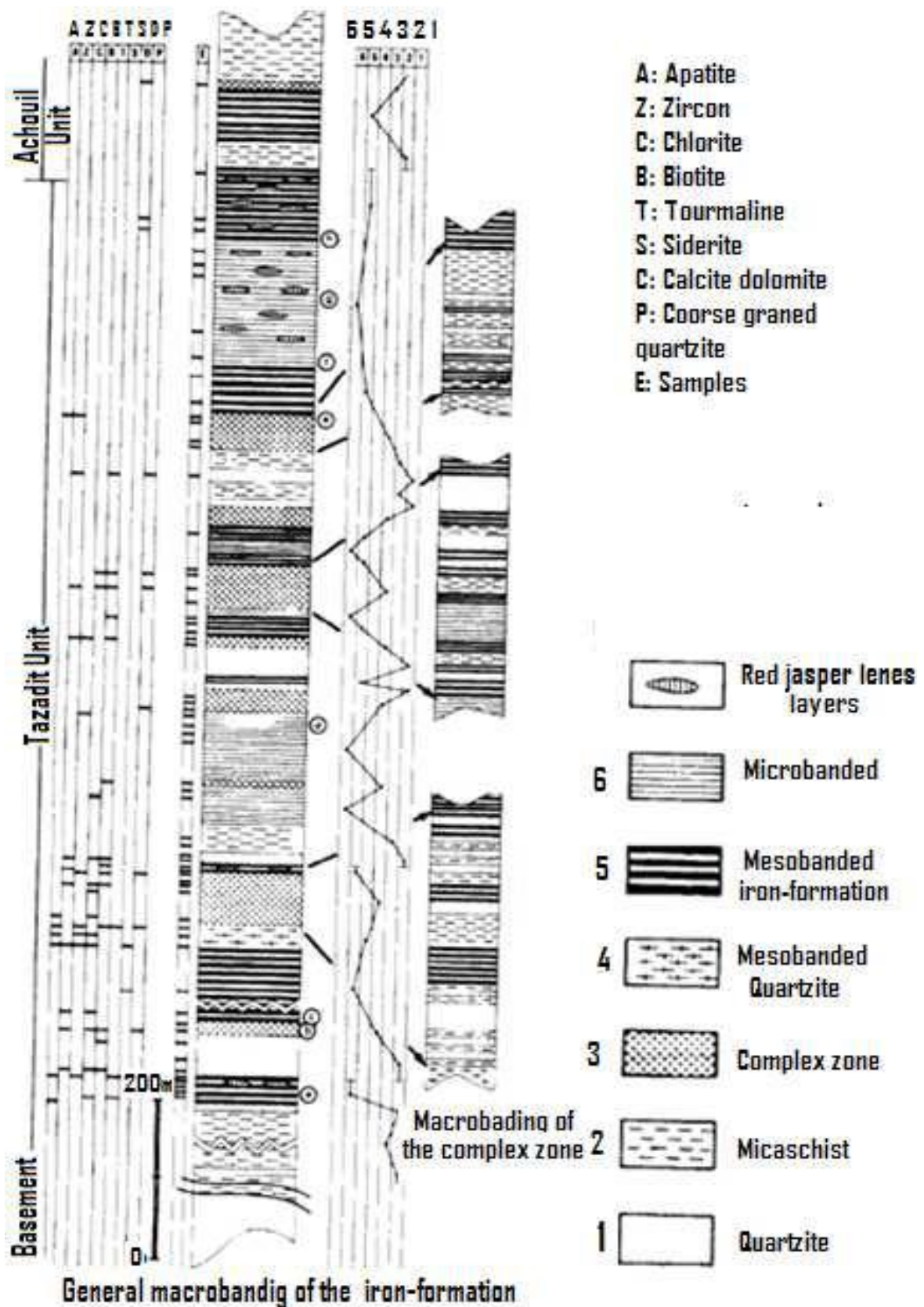


Figure 28: Détail de microrubanement et les données pétrographique de formations ferrifères Du groupe d'Idjil (unité de Tazadit), (Bronner et Chauvel, 1979).

La masse minéralisée est lenticulaire avec une teneur de 65% de Fe_2O_3 principalement de l'hématite avec de la goethite. C'est une masse à hématite à 68% de Fe_2O_3 , en forme de poche massive dans la formation de l'itabirite. Notons que les concentrations minérales présentant un intérêt économique sont seulement les zones lenticulaires présentant des teneurs $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 50\%$. Les concentrations peuvent être classées en trois groupes :
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 50\%$ Stérile (non commercialisées),
 $50\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 60\%$ Mixte (peuvent être commercialisée) et,
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 60\%$ Riche (commercialisée).

IV-1. Gisement de TO14 :

Découvert en 1991, c'est un gisement massif d'une grande importance, presque entièrement caché sous les grès et d'autres formations du Bassin de Taoudenni. Je pense, en accord avec Mr. Med WESAT (chef département recherche géologique SNIM), (communication orale), que les minerais d'hématites rencontrés au TO14 proviendraient des phénomènes d'enrichissement comparable à ceux des autres gisements de la Kédiat, limités dans des cols et des zones très fracturées (Figure 29).

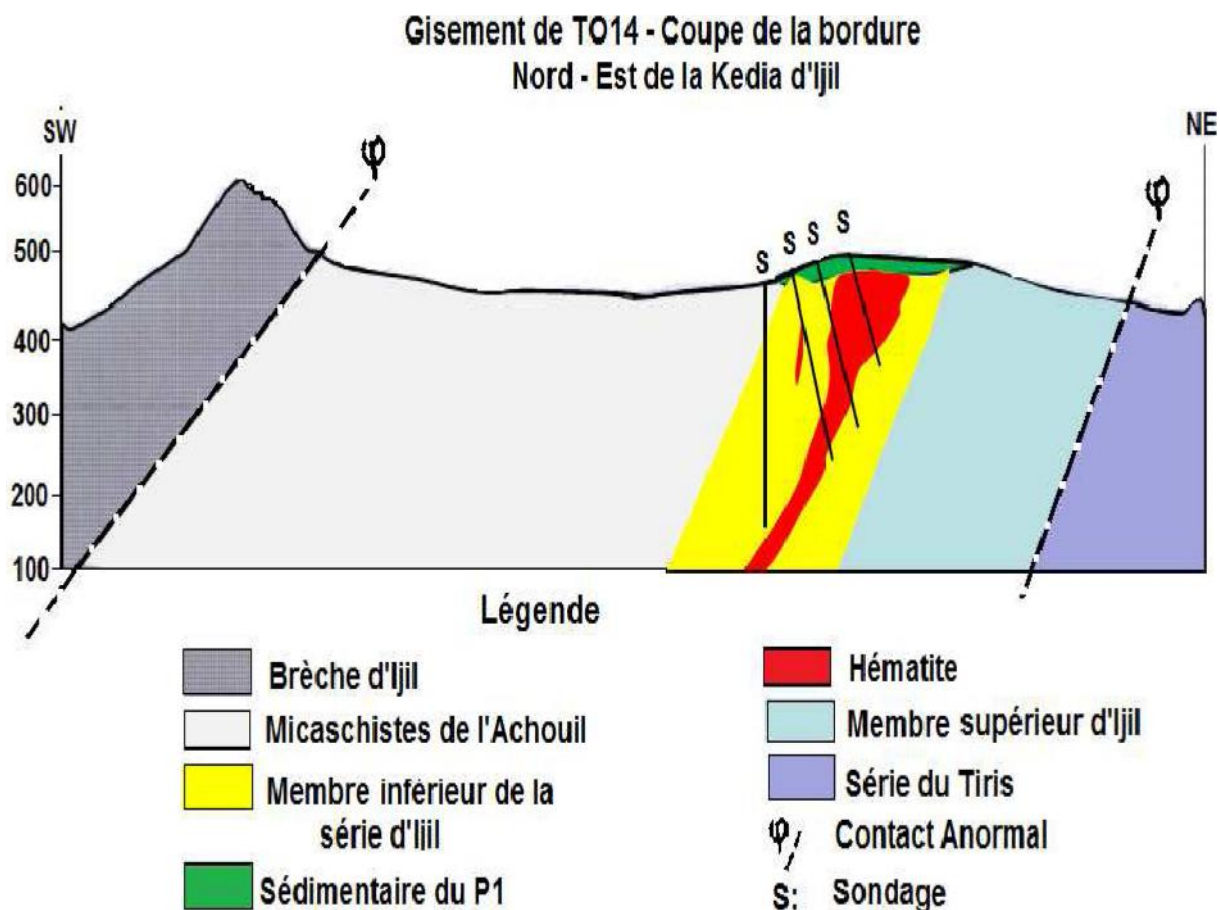


Figure 29 : Gisement de TO14 : Coupe de la bordure Nord-Est de la Kédia d'Idjil (SNIM, 2009).

IV-2. Groupe de Tazadit

La minéralisation est, soit, sous forme de bancs d'hématite compacte et pratiquement pure qui s'enracinent ; c'est le cas de Tazadit 1 et 6, soit sous forme de poches de minerai tendre, relativement superficielles c'est le cas de Tazadit 5.

IV-3. Groupe de Roussat

Ce groupe comptait une dizaine des petits gisements très dispersés. La minéralisation est superficielle et essentiellement sous forme de poche de minerai tendre (Figure 30), couleur rouge correspond à la minéralisation).

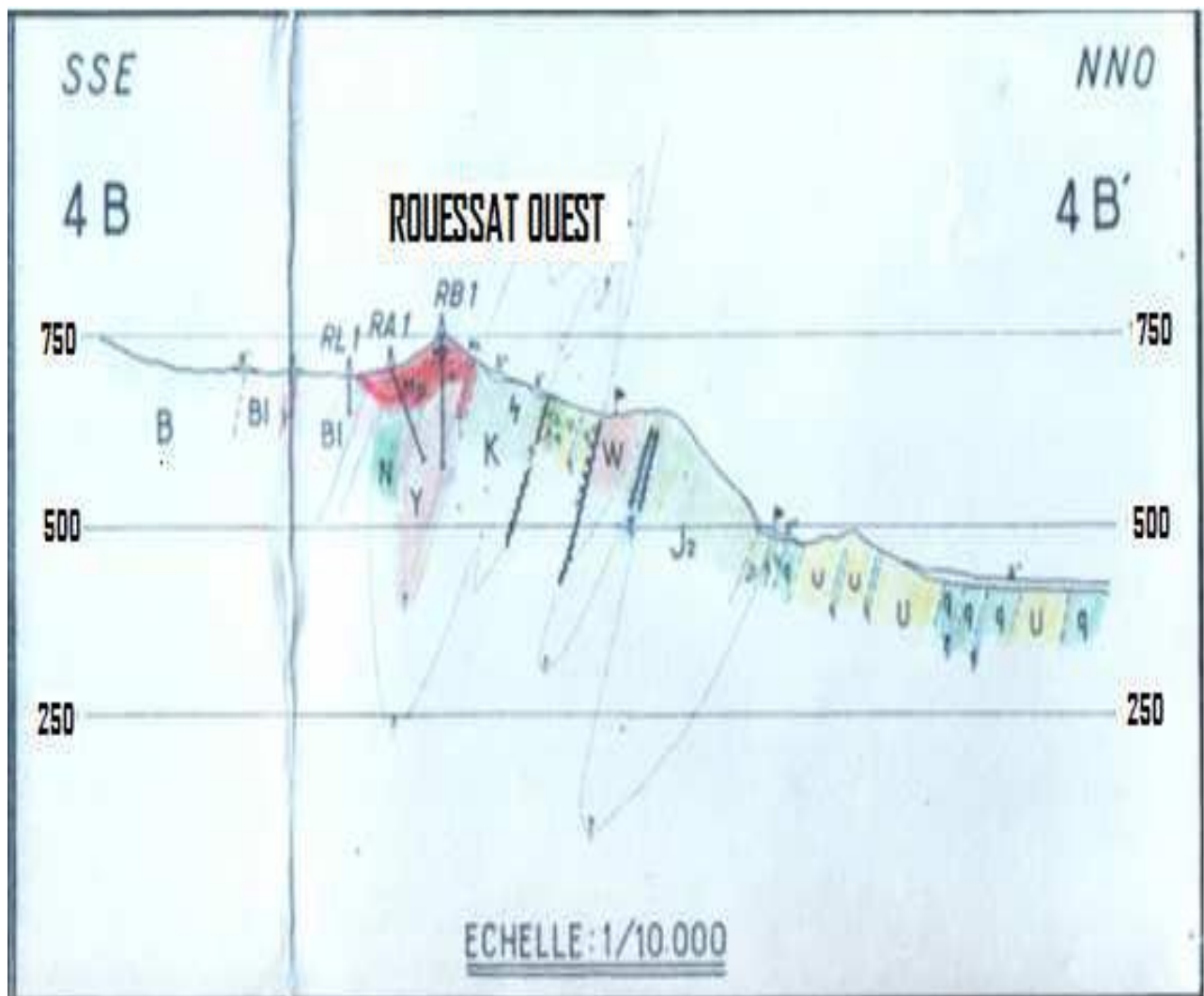


Figure 30 : Coupe géologique montrant le faible enracinement de la minéralisation, Rouessat Ouest.

IV-4. Groupe de Seyala-Azouazil

La minéralisation est essentiellement du type rocheux, ce groupe comprend également les gisements d'Azouazil-Est et Azouazil-Ouest, correspond à des gisements de minerai en plaquette qui rappelle beaucoup ceux de Roussat (Figure 31).

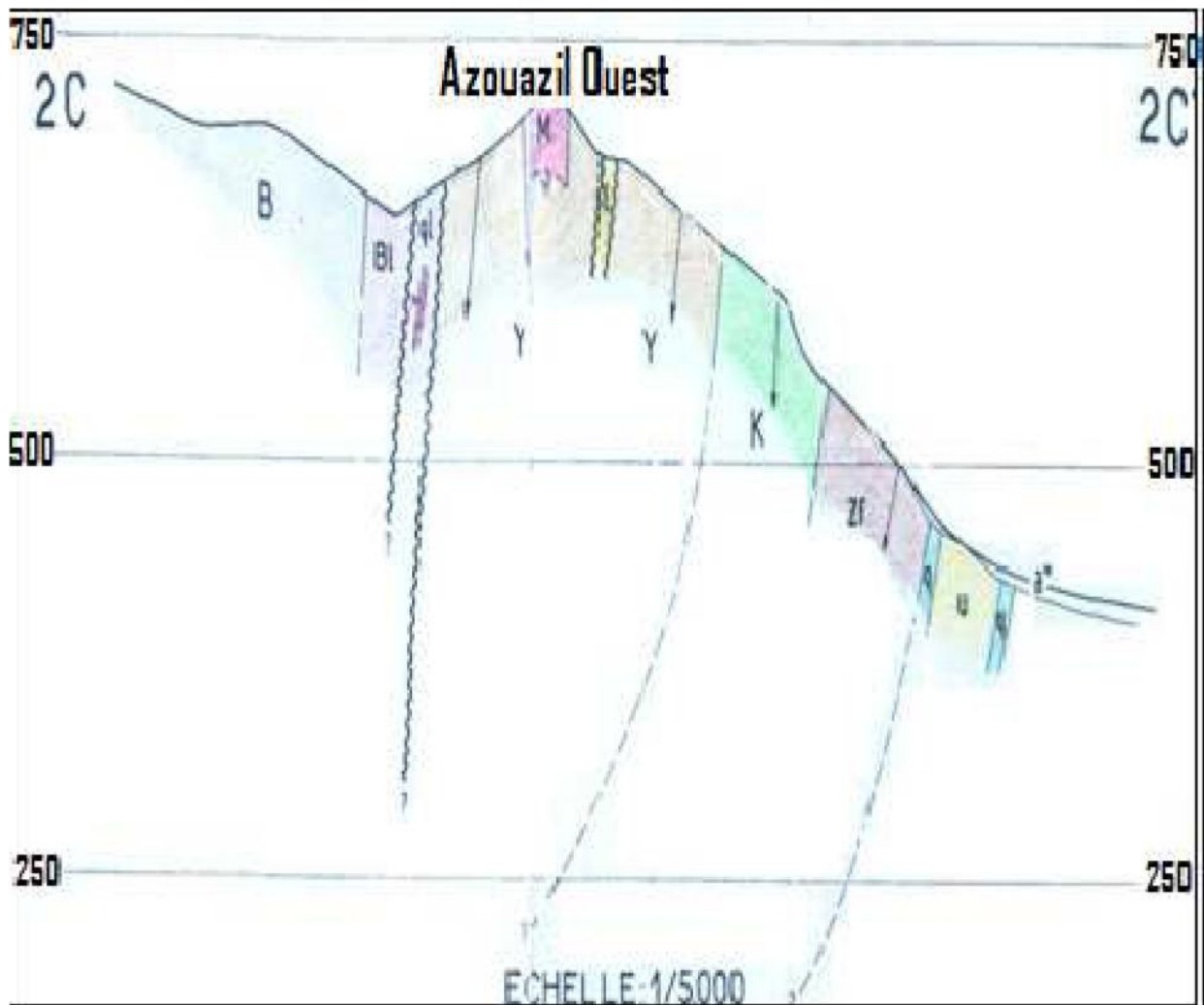


Figure 31 : Coupe géologique montrant le faible enracinement de la minéralisation, Azouazil Ouest.

IV-5. Gisement de F'Dérik

La minéralisation est comparable à celle de TO14, à hématite massive dure et dense et se retrouve à plus de 400 m de profondeur. Un chapelet des affleurements minéralisés :

Hématite dure massive riche, principalement dans la partie Ouest et Nord-Ouest, Correspondant à la zone la plus déformée avec présence par endroit, d'affleurements d'hématite bréchique. Hématite en plaquettes très minces souvent cachées sous des éboulis vers l'Est et vers son extension Est avec des passées de petits affleurements du BHQ parfois dans les poches (Figure 32).

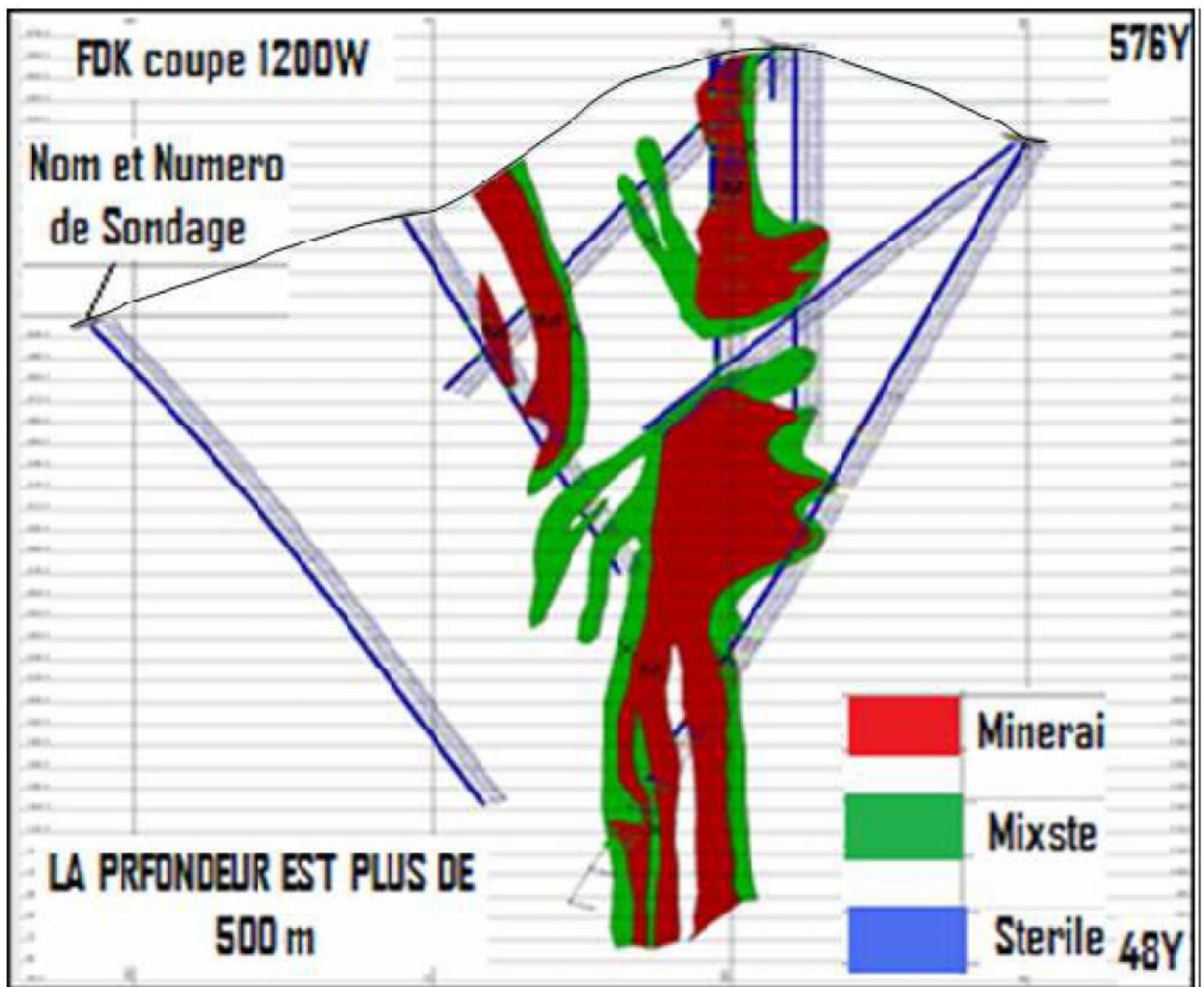


Figure 32 : Coupe verticale renseignée, montrant l'enracinement de la minéralisation de plus de 500 m (coupe 1200W, gisement de F'Dérík, SNIM 2009).

IV-6. Synthèse :

La Kédiat d'Idjil a fait l'objet de nombreuses études suscitées essentiellement par des intérêts miniers. L'étude de base qui a permis de définir le Groupe d'Idjil et qui en présente les principaux caractères est celle de Bronner et Chauvel, 1979.

Sur la base de ces études, on peut conclure que toutes les concentrations économiquement exploitables de la Kédiat d' Idjil présentent certains caractères communs:

-  Elles appartiennent à la même unité géologique, unité de Tazadit. Un chapelet des affleurements minéralisés dont la direction générale, semble coïncider avec celles des quartzites ferrugineux.
-  Elles ont une relation nette avec les déformations que la Kédiat d'Idjil a subie durant son histoire géologique. Car ces gisements sont liés à de grandes failles ou des zones de dépressions (TO14 par exemple) ; comprise entre des pitons des BHQ (BIF).
-  Les minéralisations d'hématite massives (Tazadit et F'Dérik...) sont liées aux zones intensément déformées et se rencontrent à des grandes profondeurs, ce qui suggère la possibilité d'un rôle probable joué par des venues hydrothermales par le biais des failles et qui auraient précédées un remplacement métasomatique de la silice par du fer.
-  Les minéralisations d'hématite en plaquette se trouvent à des faibles profondeurs où l'altération superficielle ou météorique est active. Les fractures ou les joints entre les bancs de quartzite ferrugineux ont servi de pièges favorisant la circulation des eaux et par conséquent, le départ de la silice et l'accumulation ou la concentration d'hématite. Un certain nombre de questions restent toutefois en suspens parmi lesquelles :
-  Les minerais riches proviennent-ils des BHQ (BIF) encaissants par des processus faisant intervenir des facteurs météoriques ou hydrothermaux ou une association des deux? En relation avec la tectonique ?
-  La brèche d'Idjil provient-elle d'un remaniement tectonique des BHQ de la Kédiat d'Idjil ou d'un autre processus ? ...

Cinquième partie: Formations de fer rubanées (BIF) :

I. Rappels sur les formations de fer rubanées (BIF) :

I-1. Introduction :

Les formations ferrifères (Banded Iron formations ou BIFs) sont très répandues en Mauritanie. Elles se rencontrent principalement dans la dorsale Réguibat, où le potentiel est très élevé (Amsaga, Tasiat, Tiris et groupe de l'Ouassat).

Le socle précambrien de la région du Tiris (zone de F'Dérik et Zouerate) contient deux types de formations ferrifères :

Les formations du groupe catazonale du Tiris et les formations du groupe mésozonal d'Idjil. Ces deux formations renferment tous les gisements mauritaniens de minerais de fer économiquement exploitables actuellement, notamment : F'Dérik, Tazadit, TO14 Guelb Elghen, M'Haoudt, ...

Le minerai est composé principalement de magnétite avec une teneur qui varie de 35 à 42% de Fe (groupe de Tiris) et des BIFs à hématite du groupe d'Idjil. La masse minéralisée est une itabirite à hématite d'environ 150 m 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.

Les gisements en activités sont : la masse minéralisée de TO14, le gisement de Seyala et le gisement de M'Haoudat des BIF de haute teneur de la Kédiat d'Idjil et le gisement d'El Rhein de la formation de Tiris. Les réserves de minerai dans les gisements précités sont données dans le Tableau ci-dessous (Figure 33) :

Deposit	Reserves (Mt)	Grade (% Fe)
Tazadit T014	170	67
M'Haoudat	(not available)	66
El Rhein	342	37
El Aouj	287	40
Atomai	616	36

Figure 33 : Tableau de Réserves de fer des gisements en activités
(OMRG, 2002).

I.2 Généralités sur les BIF (Formations de fer rubanées)

I.2.1 Définition :

Les formations de fer rubanées ou BIF (Banded Iron Formations) est un terme qui s'applique à toute roche sédimentaire qui présente une alternance (à différentes échelles) de lits riches en fer et de lits riches en quartz (Figure 34). Ces formations fournissent plus de 50 % des ressources mondiales en minerai de fer. Ils sont d'âge précambrien ; le développement maximal ayant eu lieu entre 2.7-2.3 Millions d'années. Les BIF sont souvent associés au volcanisme et caractérisés par une extension latérale considérable (jusqu'à 1000 Km) et une forte épaisseur (parfois plus de 300 m).



Figure 34 : Echantillon de BIF provenant du gisement de F'Dérrik qui montre l'alternance millimétrique de lits d'hématite (sombres) et de lits siliceux (clairs).

D'un point de vue minéralogique, les minéralisations ferrifères des BIF sont de quatre types :

- Les oxydes, les plus riches en fer tels que la magnétite (Fe_3O_4), l'hématite (Fe_2O_3), la goethite (FeOOH) et la limonite (association : hématite- magnétite-goethite) ;
- Les sulfures de fer: constitués pour l'essentiel de pyrite (FeS_2), pyrrhotite ($\text{Fe}_{1-x}\text{S}_2$) et rarement de la chalcopryrite (CuFeS_2) ;
- Les carbonates de fer: sidérite (FeCO_3) et ankérite [$\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})\text{CO}_3$] ;
- Les silicates : Greenalite ($\text{Fe}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$), minnesotalite $\text{Fe}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, et stilpnomélane ($\text{Fe, Mg, Al})_{2,7}(\text{Si, Al})_4(\text{O},\text{OH})_{12}\text{XH}_2\text{O}$.

Dans un bassin sédimentaire, les faciès ferrifères sus-décrits montrent une variation latérale très caractéristique des BIF (Figure 35). Les faciès oxydés se déposent vers l'extérieur du bassin (près des paléo-rivages), les faciès sulfurés se concentrent en profondeur (loin des paléorivage) quant aux faciès carbonatés, moyennement riches en fer, ils se localisent en position intermédiaire dans le bassin.

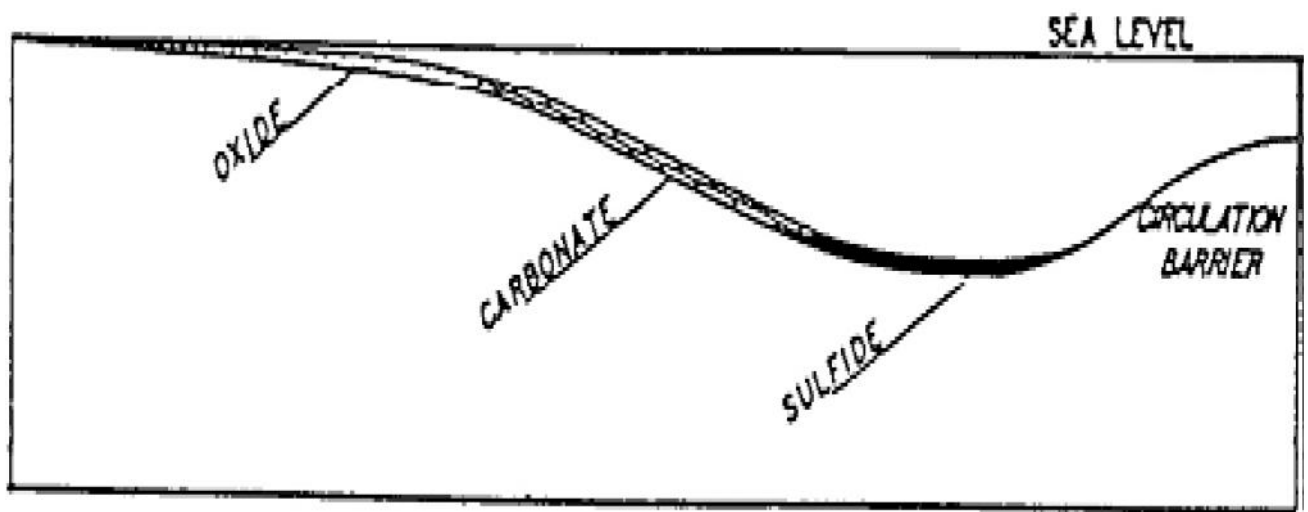


Figure. 35 : Schéma qui montre l'enrichissement latéral en fer avec la diminution de la profondeur, dans un bassin isolé et profond (d'après James, 1954 in El hadj, 2002).

La variation latérale de faciès est liée à la variation du potentiel d'oxydoréduction (Eh) et à celle du pH (Figure 36) :

- ❖ A faible profondeur près de rivage, le pH est alcalin ($\text{pH} > 7$). Ceci correspond aux conditions de stabilité des oxydes de fer (magnétite, hématite, ... etc.) ;
- ❖ Avec l'augmentation de la profondeur, le milieu devient de plus en plus réducteur, neutre et favorable aux dépôts des carbonates de fer (sidérite) ;
- ❖ Dans les horizons les plus profonds le milieu est nettement réducteur et légèrement acide, et plutôt favorable aux dépôts de sulfures de fer (pyrite, pyrrhotite, ... etc.) ;

- ❖ En fin, les silicates de fer, peu contrôlés par les variations du Eh et pH, sont souvent associés aux faciès précédents.

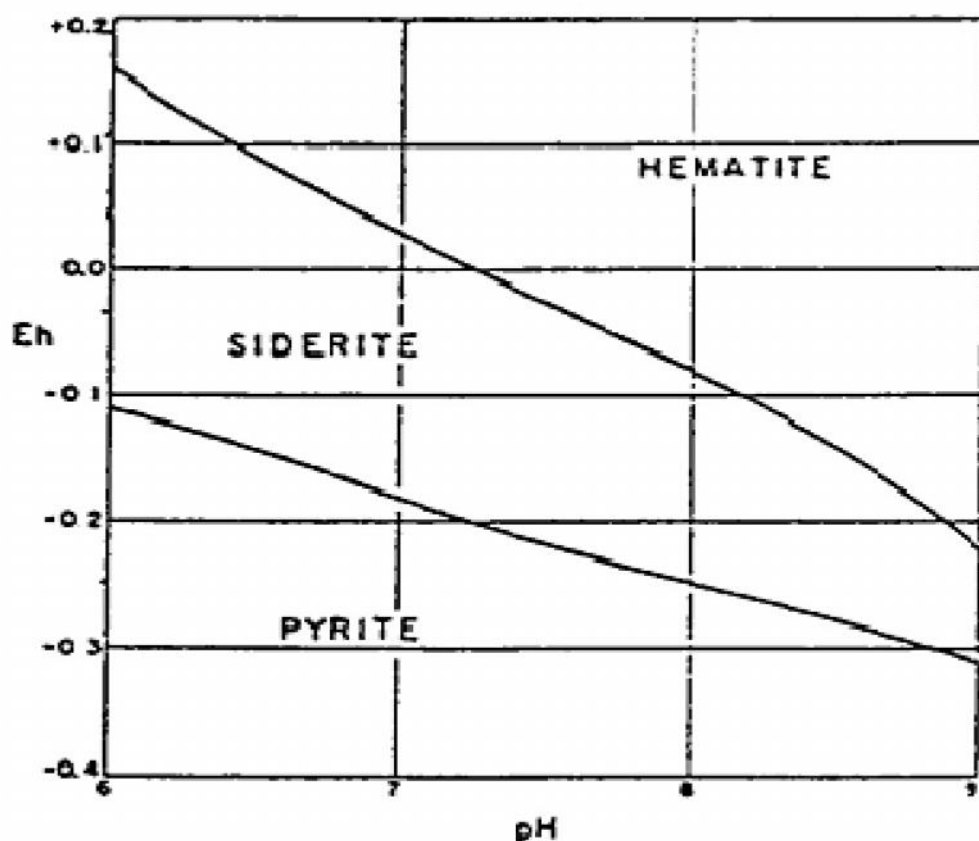


Figure 36 : Diagramme de stabilité des espèces minérales ferrifères : l'hématite (oxydes), la sidérite (carbonates) et la pyrite (sulfures) en fonction de variation de Eh-pH, (d'après Krumbein et Garrels, 1952 in El hadj, 2002).

I-2-2. Classification des BIF :

La classification des BIF la plus commune distingue d'après Gross (1972, 1980), (in El hadj 2002), (Figure 37) qui distingue :

I-2-2-1. Les BIFs de type Lac supérieur :

ils correspondent à des formations ferrugineuses déposées pendant le protérozoïque inférieur dans un environnement de plateforme épicontinentale subsidente.

L'extension de ce type de BIF peut dépasser les 1000 Km. L'épaisseur cumulée de formations ferrugineuses peut atteindre 1000 mètres (Routhier, 1980).

Les minéraux ferri-fères caractéristiques sont : l'hématite, la magnétite, la greenalite, le stilpnomélane, minnesotaite, la ribekite, la grünerite, la sidérite, l'ankérite et la pyrite (BESNUS, Y., 1977).

Tous ces minéraux sont sédimentaires diagénétiques plus ou moins tardifs. Ce type de BIF constitue près de 90% des gisements ferri-fères lités.

I-2-2-2. Les BIFs de type Algoma :

ils sont associés à des ceintures mobiles archéennes dans lesquelles s'accumulent des laves, des tufs et des sédiments volcano-clastiques (grauwakes).

Dans ce type de BIF, le minéral abondant est l'hématite qui se transforme souvent en magnétite par métamorphisme.

Par rapport au type Lac supérieur, l'extension de ce type de BIF est beaucoup moins importante.

Les BIF de type Algoma ou lac supérieur, constituent d'excellents métallotectes lithologiques (par le contenu en fer) ou structuraux (par les réseaux de failles de tension), pour d'éventuelles minéralisations aurifères (gisement d'or de Tasiast en Mauritanie, (par exemple Moktar, 2009).

Ils encaissent des gisements d'or soit concordants sous forme disséminée et latéralement continus au sein de BIF sulfurés, soit discordants et confinés dans des structures tardives ou en remplacement dans les BIF oxydés ou sulfurés.

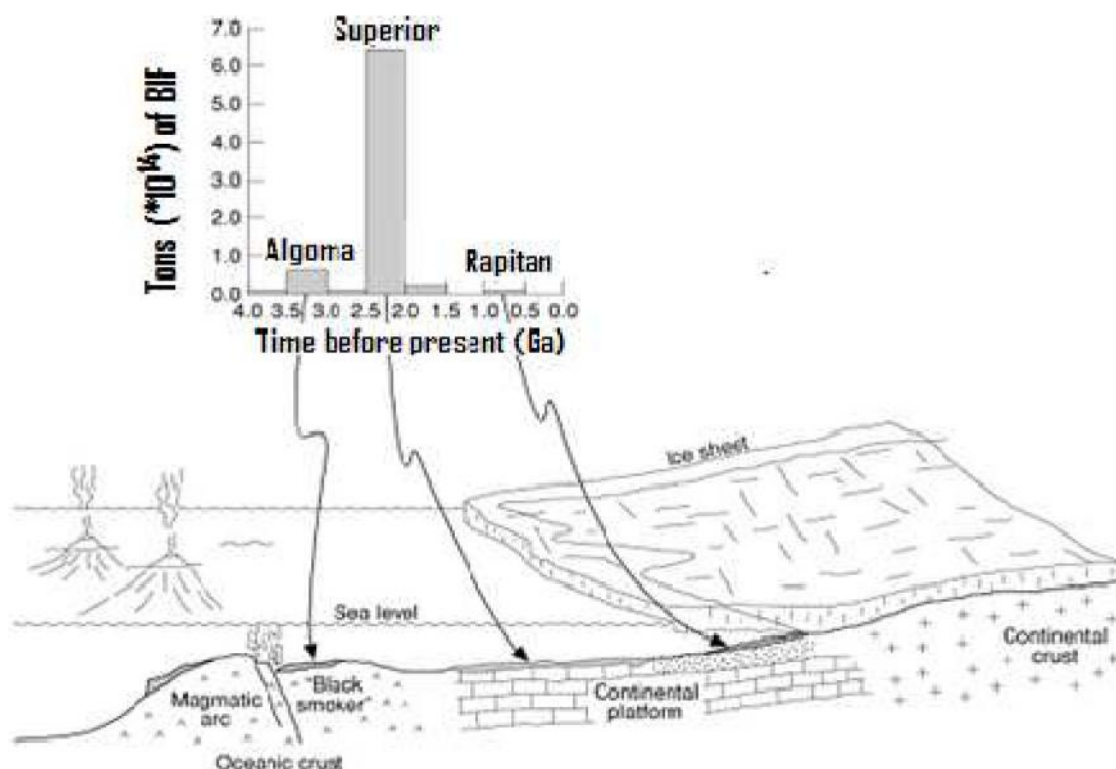


Figure 37 : Diagramme illustrant les environnements sédimentaires et tectoniques des différents types de BIF et l'importance de gisements de type Lac supérieur (in Kassel, 2007).

I-3. Minéralogie des BIF

Les BIF sont constitués de magnétite, d'hématite, de chert, de sidérite, de greenalite, de minnesotaite, de stilpnomélane, de dolomite et de pyrite (Jébrak et Marcoux, 2008 ; Mel'Nik, 1982). La composition de ces formations de fer est fonction de la quantité de chert, de minéraux argileux, de minéraux ferreux et de carbonates.

La composition minéralogique des BIF dépend de leur degré métamorphique et de la composition de la roche originale (Mel'Nik, 1982 ; Jébrak et Marcoux, 2008).

Ainsi, comme l'illustre (la figure 38), alors que l'hématite rouge et l'hématite spéculaire sont stables à de faibles pressions et températures, la magnétite est quant à elle retrouvée dans les faciès schiste vert, amphibolite et même granulite.

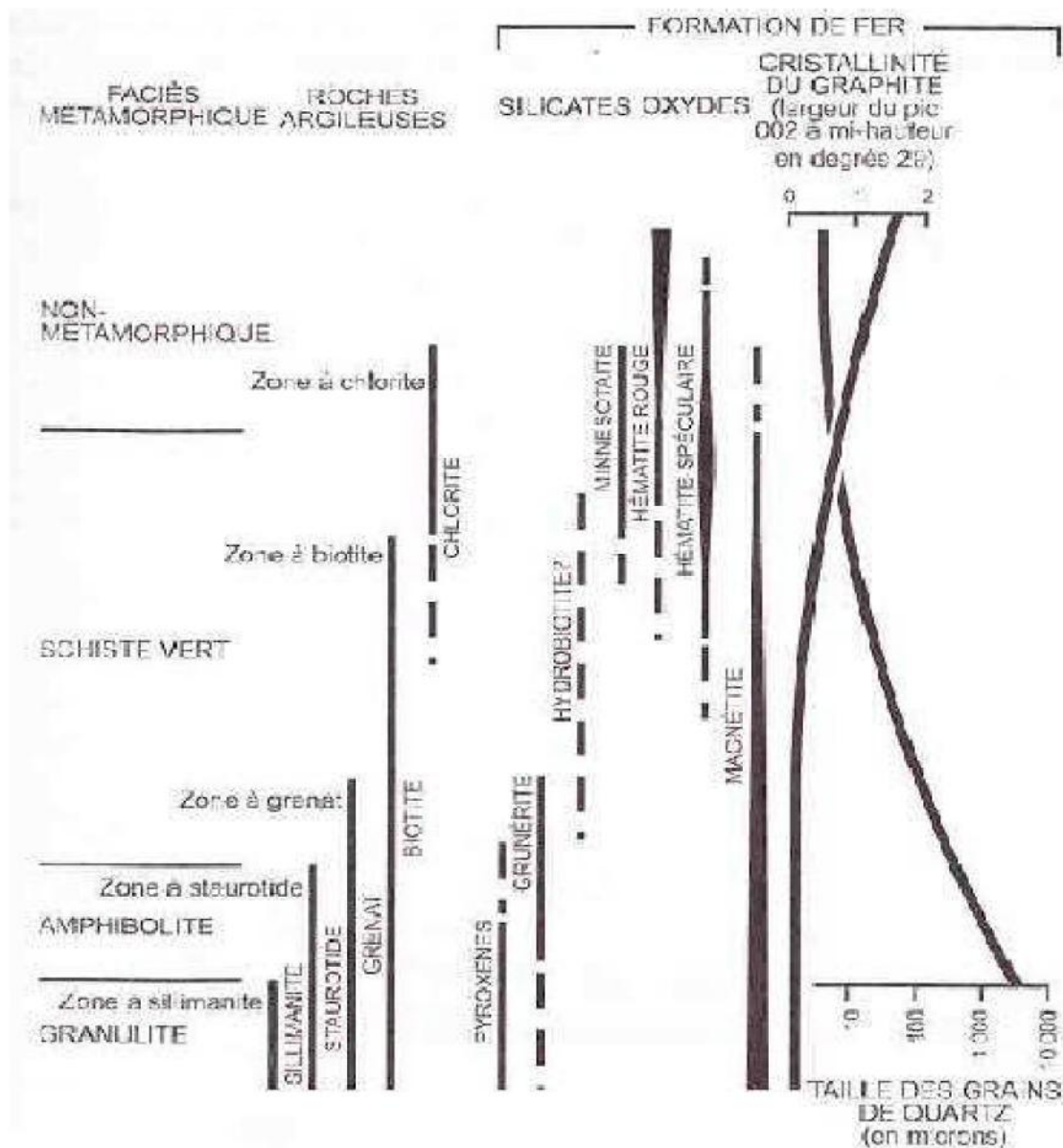


Figure 38 : minéralogie des BIF en fonction du degré de métamorphisme (Jébrak et Marcoux, 2008).

La présence d'importantes quantités d'hématite (α -Fe₂O₃) non altérée mène sans équivoque à la conclusion qu'elle est la composante la plus stable des BIF sous l'action de l'altération supergène (Trendall et Morris, 1983). Mis à part le quartz et les rares carbonates Ca-Mg (Mel'Nik, 1982), parmi les minéraux essentiels des BIF comprennent des silicates de fer et de magnésium (greenalite, minnéscotaite, amphiboles, pyroxènes et olivines). Les chlorites, les grenats et les micas (biotite et stilpnomélane) sont communs dans les schistes et dans les roches intermédiaires et procurent l'apport nécessaire en aluminium pour la

production de ces minéraux (Mel'Nik, 1982). Les carbonates (sidérite, dolomite et sidéropolestite) sont extrêmement répandus dans les BIF et dans les schistes de faible métamorphisme (Mel'Nik, 1982). Quant à la greenalite (analogue de fer de la serpentine), elle est présente en large quantité dans les terrains non métamorphisés à peu métamorphisés (Mel'Nik, 1982). Elle est généralement reliée aux variétés granulaires des BIF et rarement dans les roches rubanées (Mel'Nik, 1982). La minnesotaite (analogue de fer du talc) apparaît avec ou sans la greenalite dans les BIF peu ou non métamorphisés. Elle est associée à la diagénèse secondaire tardive (Mel'Nik, 1982). Les amphiboles (cummingtonite et riebeckite) sont retrouvées dans les formations de fer silicatées pauvres en aluminium et de carbonatessilicates métamorphisés tandis que les orthopyroxènes sont trouvés seulement dans les roches hautement métamorphisées (Mel'Nik, 1982). L'olivine est rare et sa composition se rapproche de la fayalite, très riche en fer (Mel'Nik, 1982).

I-4. Modèles génétiques des BIF :

La figure 39 illustre l'environnement et la genèse des BIF. Il est aujourd'hui reconnu que les BIF sont en fait des gîtes sédimentaires marins qui se forment par des processus géochimiques lors de la sédimentation. Les caractéristiques sédimentaires de ces formations portent à croire que les BIF ont été formés dans une période où l'atmosphère contenait peu d'oxygène libre (Jébrak et Marcoux, 2008). Les bassins océaniques stratifiés profonds anoxiques étaient alors riches en fer et en silice qui provenaient probablement de fluides hydrothermaux (comme toutes les formations de fer enregistrées ont une signature géochimique propre aux sources hydrothermales) ou de l'altération continentale de basaltes (Simonson et Kaufman, 2009). Les panaches riches en fer étaient probablement capables de voyager sur de grandes distances et les courants de fond les faisaient probablement remonter vers les marges continentales (Simonson et Kaufman, 2009). Comme l'environnement était réducteur, le fer était sous sa forme réduite

Fe^{2+} soluble. Le mélange des fluides avec de l'eau plus oxygénée à la surface aurait conduit à l'oxydation du fer et à la précipitation des oxydes de fer et des silicates (Jébrak et Marcoux, 2008).

L'hématite, la greenalite, la magnétite et la sidérite ont ainsi été précipitées sur les fonds marins où la formation de sidérite est attribuée à un apport de carbonates de calcium provenant d'environnements marins moins profonds et qui se sont dissous dans les eaux plus profondes et plus riches en ions ferreux (Simonson et Kaufman, 2009).

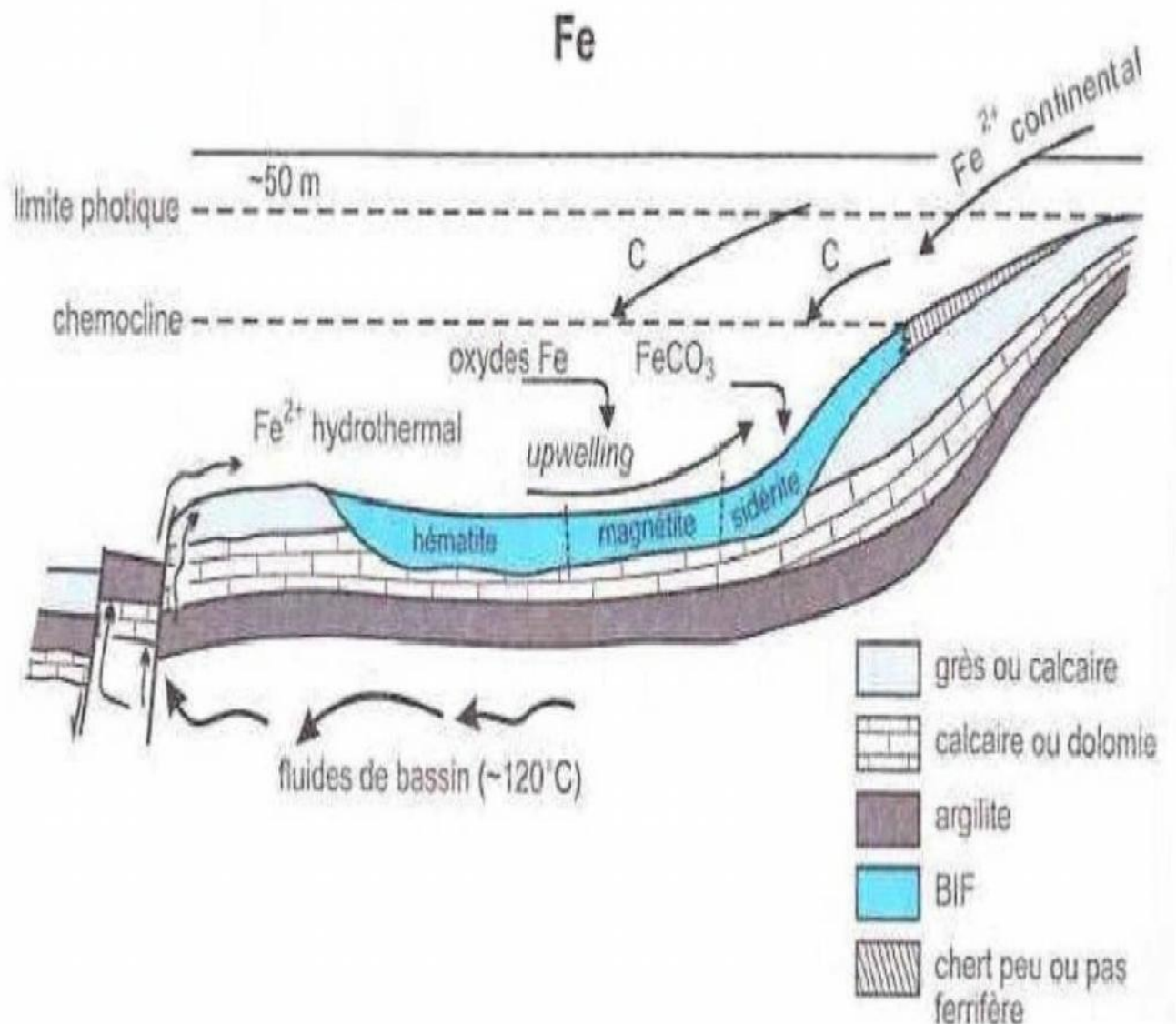


Figure 39 : genèse et environnement de dépôts des BIF
(Jébrak et Marcoux, 2008).

Quant à la transition entre les dépôts de type Algoma et Lac Supérieur, elle est attribuée à la première apparition des plates-formes carbonatées qui ont permis des environnements de dépôt plus uniformes et plus vastes que les terrains volcaniques (Simonson et Kaufman, 2009). Enfin, la fin du dépôt des BIF a été attribuée à une augmentation de la concentration d'oxygène dans l'atmosphère (Simonson et Kaufman, 2009).

La relation spatiale entre les dépôts de type Lac Supérieur et ceux de type Algoma, c'est que les premières sont situés dans les marges des cratons alors que le type Algoma est formé dans un environnement distal aux cratons mais à proximité des arcs volcaniques (Groves et al., 2007).

II. Les BIFs de la Kédiat d'Idjil

II.1 Introduction :

Les BIFs (Banded Iron Formation) de la Kédiat d'Idjil et les BIFs du Tiris appartiennent à un domaine métallogénique qui a été formé dans la Dorsale de Réguibat. Les gisements de la formation de Tiris sont considérés comme étant des dépôts sédimentaires clastiques originaires des BIF archéennes du type Algoma. Cependant les gisements de fer de la formation de Kédiat d'Idjil sont des BIF de type lac Supérieur qui ont été formées dans le Protérozoïque après la formation des gisements de fer de Tiris dans l'archéen.

II.2 Cadre géologique

La Kédiat d'Idjil correspond à une série d'unités qui ont été charriées sur le socle archéen de la province de Tiris, et dont l'unité de Tazadit est composée de formations sédimentaires sont interprétées comme étant une succession de séquences sédimentaires ou les BIFs sédiments chimiques, clôturent chaque cycle de dépôts, (Bronner et al. 1979).

II.3 Minéralogie :

Du point de vue minéralogique, l'étude en lames minces des roches de la Kédiat d'Idjil montre une minéralogie simple avec quartz, oxydes de fer, et des alumino-silicates en accessoires (stilpnomélane parfois transformé en kaolinite). Quatre faciès d'oxyde de fer, interprétés comme quatre faciès successifs.

Il s'agit :

Des magnétites, dont les tailles varient fortement d'un échantillon à un autre ; de petite hématite conservé dans les lits de cherts (BIF) et à l'origine du micro-litage ; de la martite qui se développe au sein de la magnétite et qui marque une première phase d'altération et enfin, de l'hématite secondaire, reprécipitée dans des fissures, qui résulte d'une deuxième phase d'altération en conditions oxydantes avec de forts enrichissements en fer (Bronner et al. 1992).

Par ailleurs, nous avons effectué une étude métallographique, elle porte sur les différents faciès ferrifères de gisement de F'Dérik, notamment, BIFs, quartzite ferrugineux et brèche. Elle a pour but de préciser les associations minéralogiques de ces faciès, en essayant de déterminer la chronologie des phases minéralisatrices qui ont abouti à ce type de gisement.

Sixième partie : Gisement de F'Dérik :

Géologie, cartographie, tectonique, étude macroscopique et microscopique :

I- Introduction :

Les premières investigations ont tout naturellement débuté sur les affleurements de minerais riches situés dans la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil en 1948 et 1949, où le premier sondage de reconnaissance a été implanté en 1952 dans le gisement de F'Dérik. Un riche gisement de minerai de fer est découvert. Cinq ans plus tard, La Société des Mines de Fer de Mauritanie (MIFERMA) a commencé l'exploitation de ce gisement pendant 16 ans pour en extraire 20 MT de minerai riche et 3 MT de minerai siliceux.

Plus de 20 ans plus tard, la SNIM a lancé une active campagne de recherche pour estimer les réserves de minerais existante au fond de l'ancienne fosse d'exploitation ainsi que l'extension Est du gisement.

Nous examinerons successivement:

-  Le contexte géologique local du gisement de F'Dérik ;
-  La cartographie et la tectonique du gisement, les caractères du minerai ;
-  Une étude macroscopique et microscopique qui porte particulièrement sur les faciès ferrifères ;
-  Et des analyses chimiques au laboratoire de ces faciès.

II- Situation géographique :

Le gisement de F'Dérik est situé à l'extrémité Ouest de la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil. Par la route, F'Dérik se trouve à 3 Km au NW et, Zouerate à 23 Km environ vers le NE de ce gisement, (Figure 40).

Notons que les gisements de la région sont reliés au port minéralier de Nouadhibou, par un chemin de fer à voie normale de 750 Km.

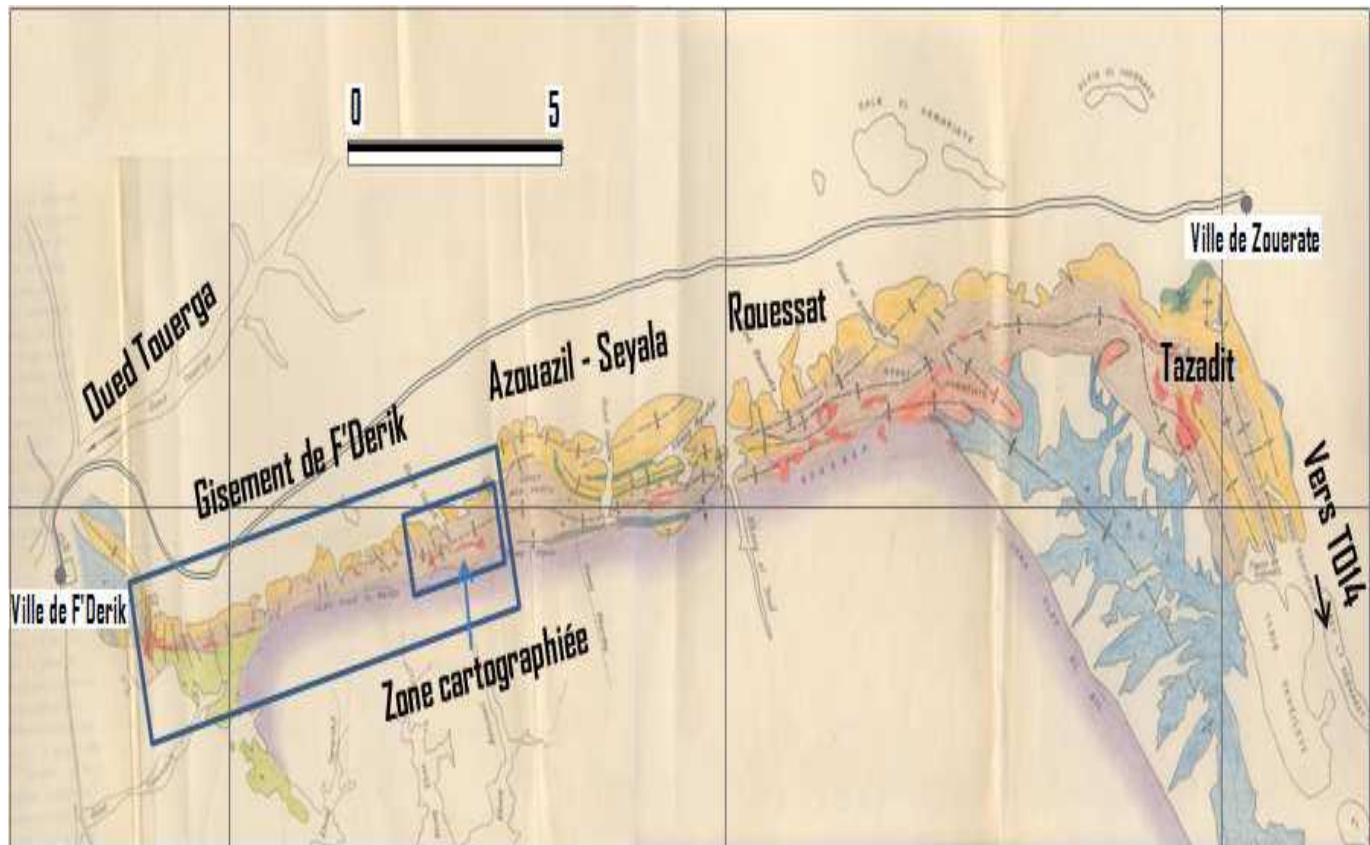


Figure 40 : Carte schématique montrant la localisation et la succession de gisements de la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil (SNIM, 2009).

III - Méthodologie du travail de terrain

Pendant la période du stage, nous avons fait les divers travaux suivant dans la zone d'étude (gisement de F'Dérik) : cartographie, coupes géologiques, étude tectonique, étude macroscopique et microscopique et analyses chimiques au laboratoire.

L'ensemble de ces travaux ont été dirigés par :

- Dr. Khalifa Ould Labe,
- Ingénieur Géologue : Sangott Mamadou,
- Et le Géologue Mohamed Ould Ely.

III-1. Cartographie

Les gisements de minerais de fer rubané BIF riches (dont la teneur est égale à un minimum de 60 % Fe) existent sur tout le long de la bordure Nord et Nord-Est de la Kédia d'Idjil. Aujourd'hui, presque tous les affleurements de minerais riches ont été cartographiés dans la bordure Nord et Nord-Est de la Kédia d'Idjil, c'est ainsi que les recherches continuent actuellement.

Le premier travail du mémoire consiste à des levés topographiques des affleurements minéralisés.

Dans la deuxième étape, une carte a été confectionnée à l'échelle du 1/1000 (Figure 41).

Un échantillonnage à la surface a été fait pour chaque poche. Après avoir confectionné la carte des affleurements des coupes topo-géologiques passent par plusieurs poches de fer rubané BIF ont été faites (voire les figures 42, 43, 44 et 45).

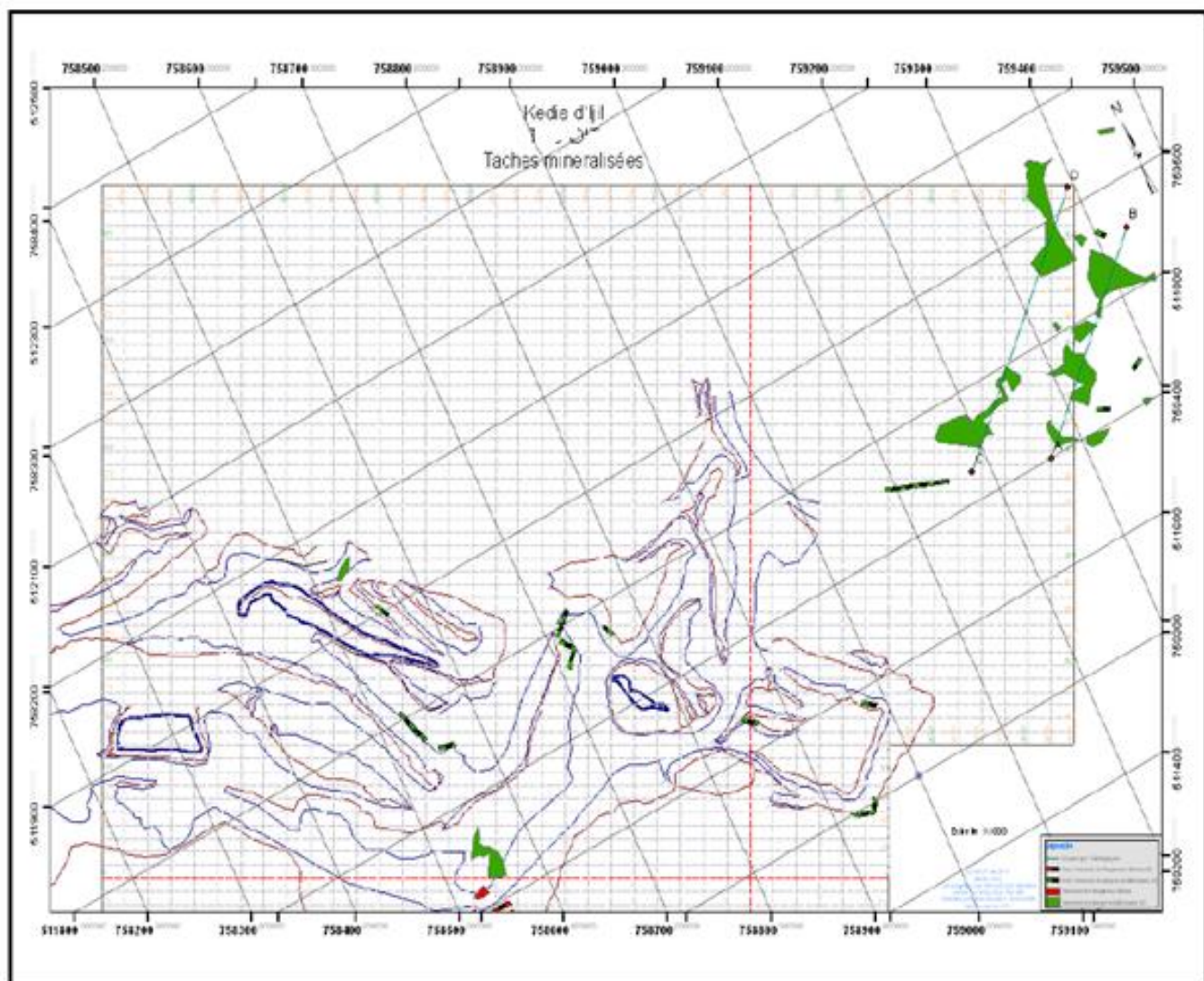


Figure 41 : carte des affleurements fer rubané BIF (F'Dérik).

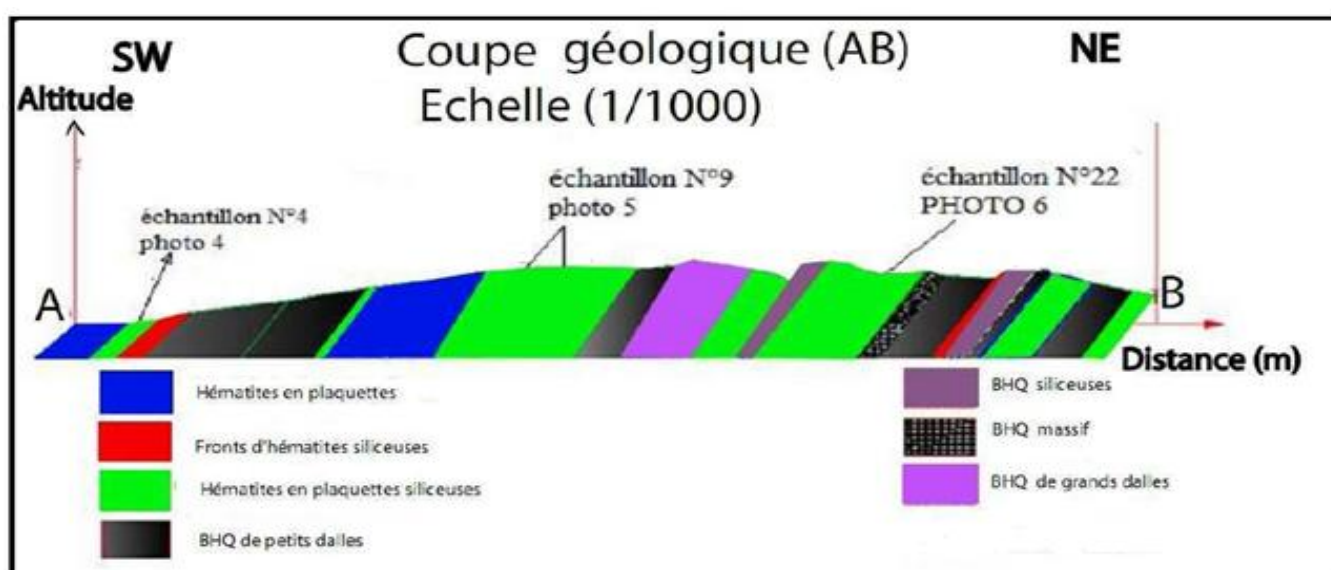


Figure 42 : Coupe géographique (AB).



Figure 43 : photos pour les échantillons de poche d'hématite siliceuse au niveau de la coupe (AB).

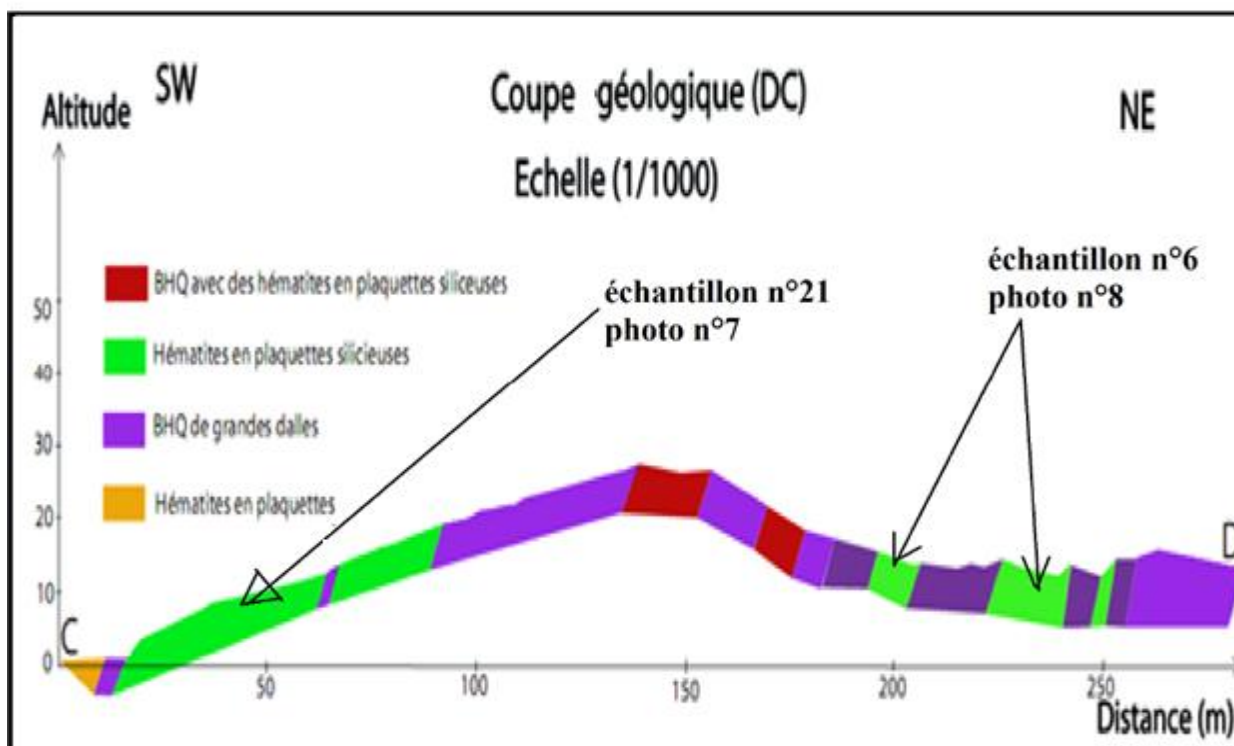


Figure 44 : coupe C-D.



Fig. 45 : Photos pour les échantillons de poche d'hématite siliceuse au niveau de la coupe (CD)

III-1-1. Coupes géologiques :

Quelques coupes géologiques ont été réalisées, (voire les figures 46, 47, 48, 49 et 50).

Afin de situer la position des poches minéralisées par rapport à leur encaissant ainsi que pour prélever des échantillons.

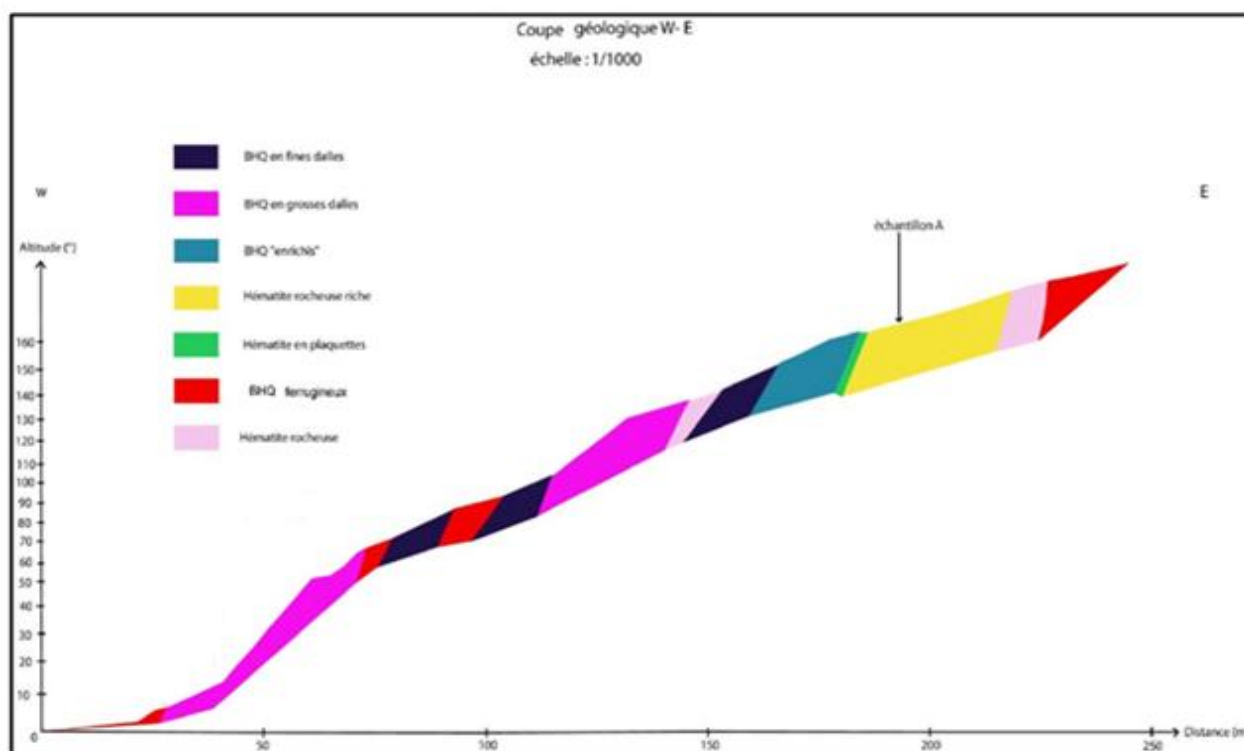


Figure 46 : coupe géologique W-E.

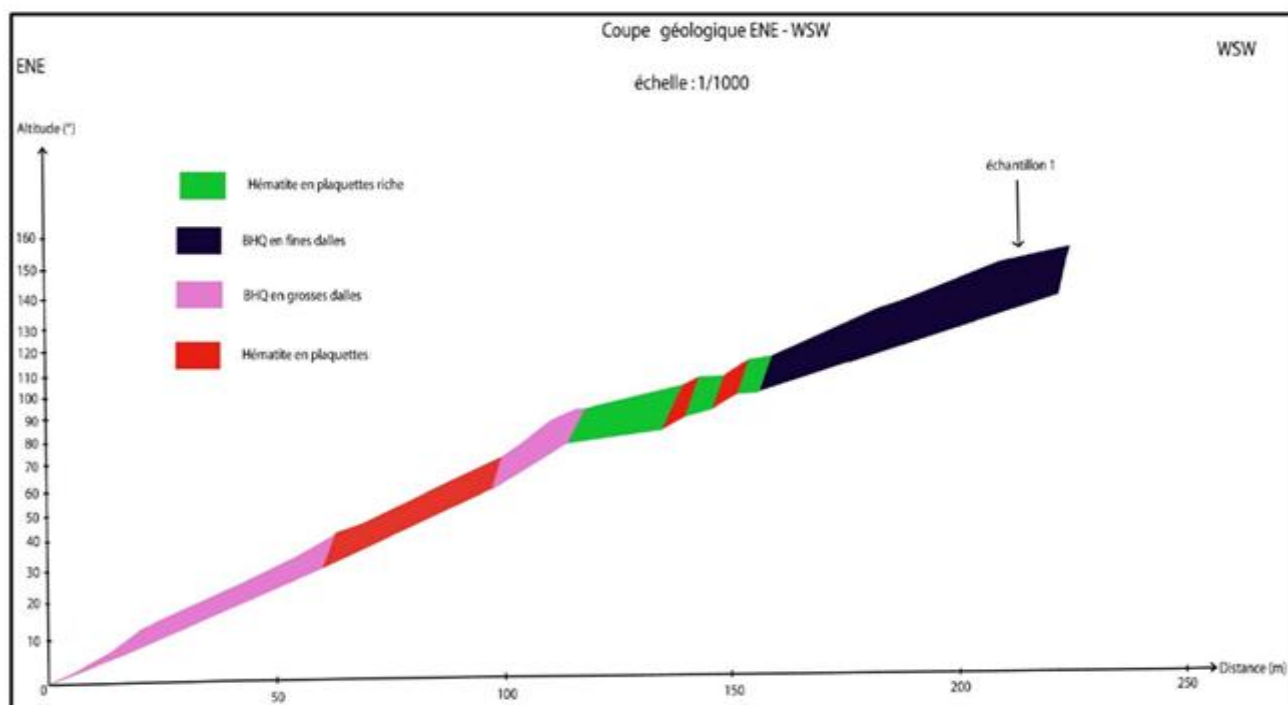


Figure 47 : coupe géologique ENE-WSW.

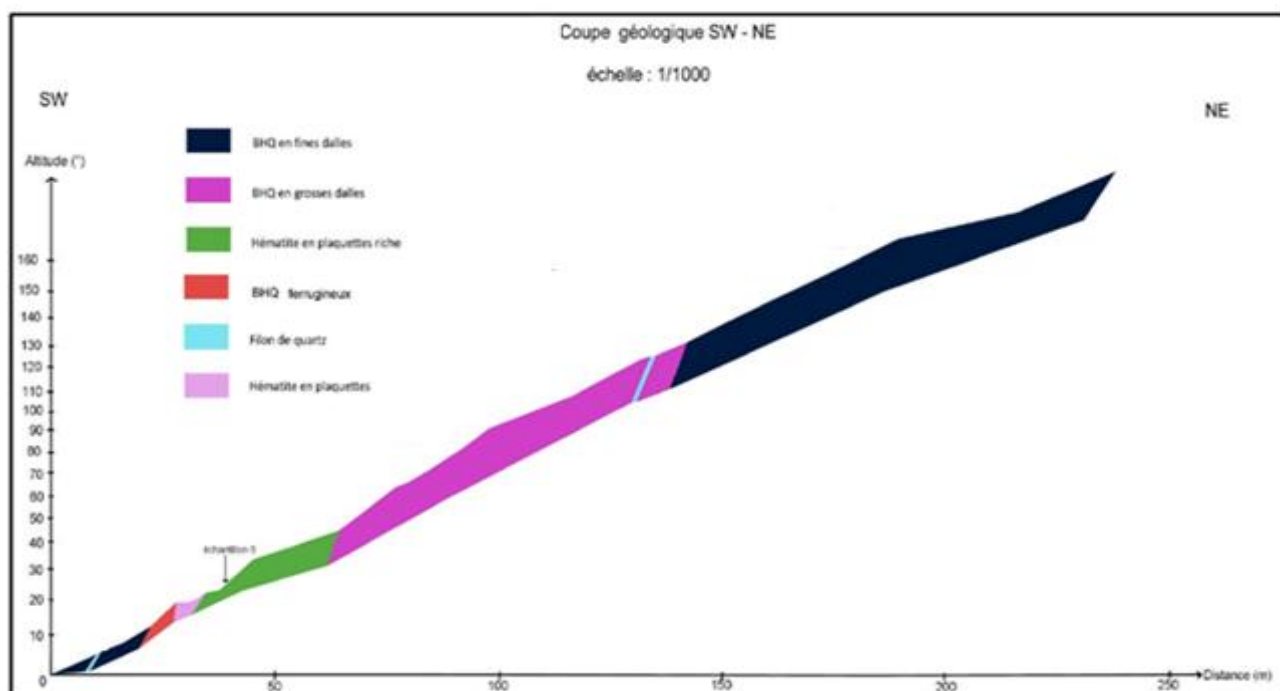


Figure 48 : coupe géologique SW- NE.

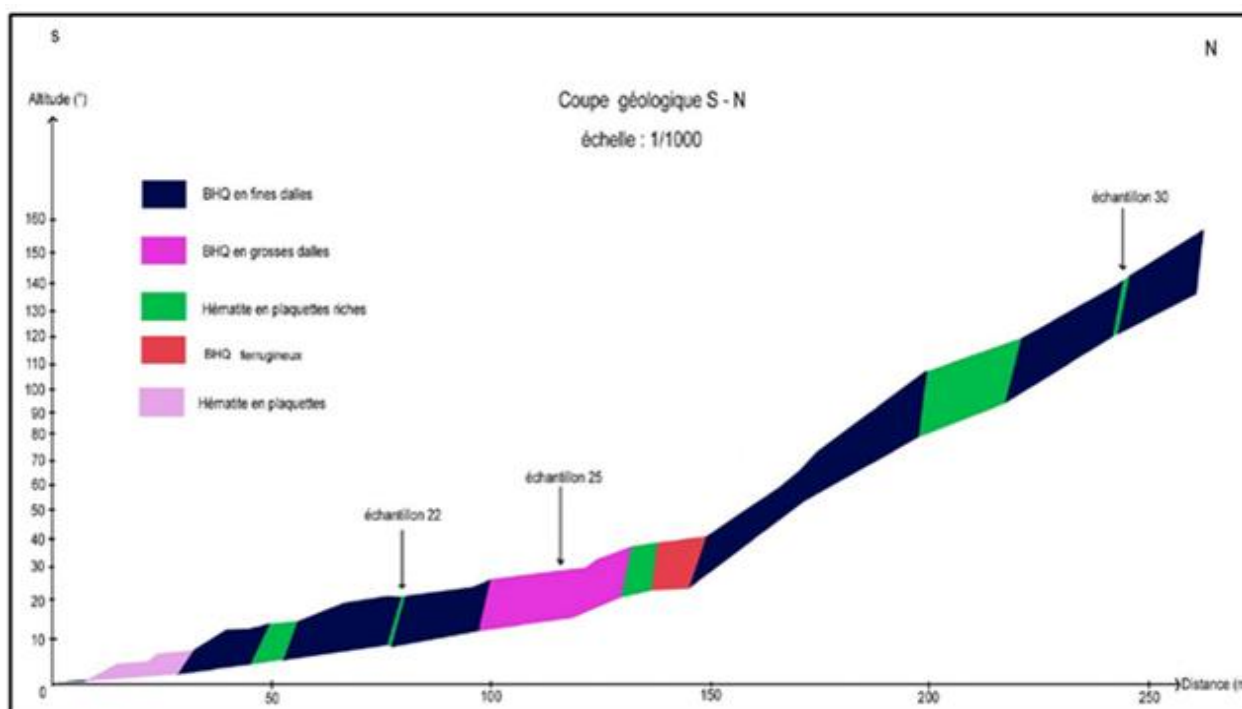


Figure 49 : coupe géologique S-N.

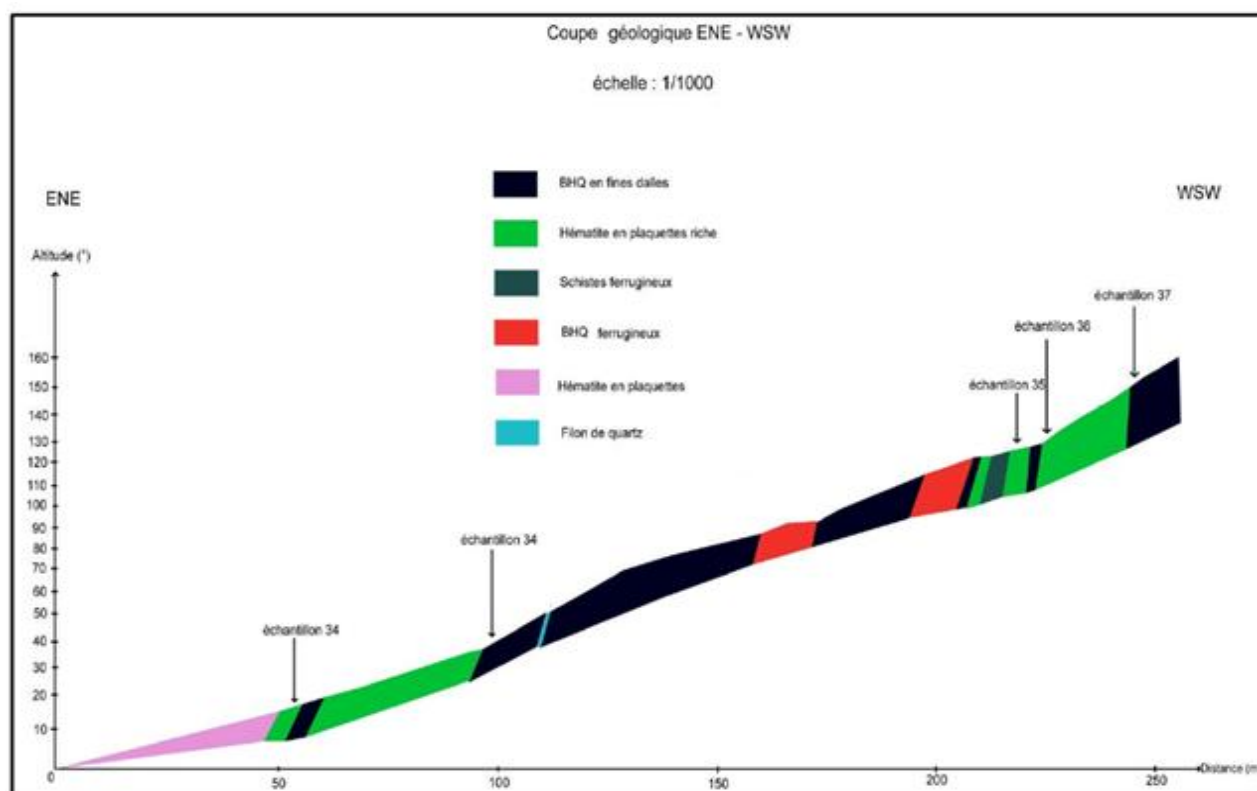


Figure 50 : coupe géologique ENE – WSW.

III-2. La Tectonique de la Région de F'Dérik :

Le gisement de F'Dérik se caractérise avec celui de Tazadit par leur localisation, chacun, dans l'un des deux grandes flexures de la bordure Nord de la Kédiat d'Idjil.

Ces formations sont affectées par une tectonique d'intensité plus ou moins importante, se traduisant de deux façons:

III-2-1. Tectonique cassante :

Deux familles de failles sans rejets notables se distinguent dans le secteur de F'Dérik. L'une des deux familles de directions NW-SE coïncide avec la direction de la majorité des failles traversant toutes les unités de la Kédiat, puis une deuxième famille de direction : NE-SW.

Lorsqu'un rejet est visible, il est en général dextre.

Au niveau des affleurements minéralisés, on distingue plusieurs réseaux de diaclases souvent transverses à perpendiculaire aux bancs et possédant les directions suivantes :

N 35° E, N33° NW (la plus fréquente), N125 °E, N85° NE, N90° E, N85°.

Notons aussi, que l'analyse des carottes, nous a permis de distinguer en plus des anciennes fissures, d'autres provoqués probablement par l'ancienne exploitation, principalement au niveau de F'Dérik Ouest et Nord Ouest.

III-2-2 Tectonique souple :

Deux phases de plissement sont connues (observées). La phase 1 de déformation est bien représentée dans le secteur de F'Dérik, par des plis à longueur d'onde variable et à axes d'orientation régulière NNE-SSW à NE-SW avec un plongement SW de 50° à 80° (Figure 51), sauf dans la partie Ouest où les formations ont subi une rotation vers le Nord pour former avec l'Atomai une structure en Z, (torsion en Z). Notons que dans cette zone le plongement des couches devient inverse vers le NE et moins fort.

L'analyse des carottes permet la détermination des microplis serrés à isoclinaux et à longueur d'onde millimétrique à centimétriques.

D'autre part, la phase 2 est aussi visible dans le secteur. Elle est représentée comme dans tous les secteurs de la Kédiat par une évolution structurale progressive qui met en jeu les mécanismes suivants : cisaillement, boudinage et laminage.

On note aussi des réseaux de filons de quartz. Ce sont des filons de dimensions réduites et d'épaisseur généralement centimétrique qui recoupent tous les faciès de cette zone, (figure 52).

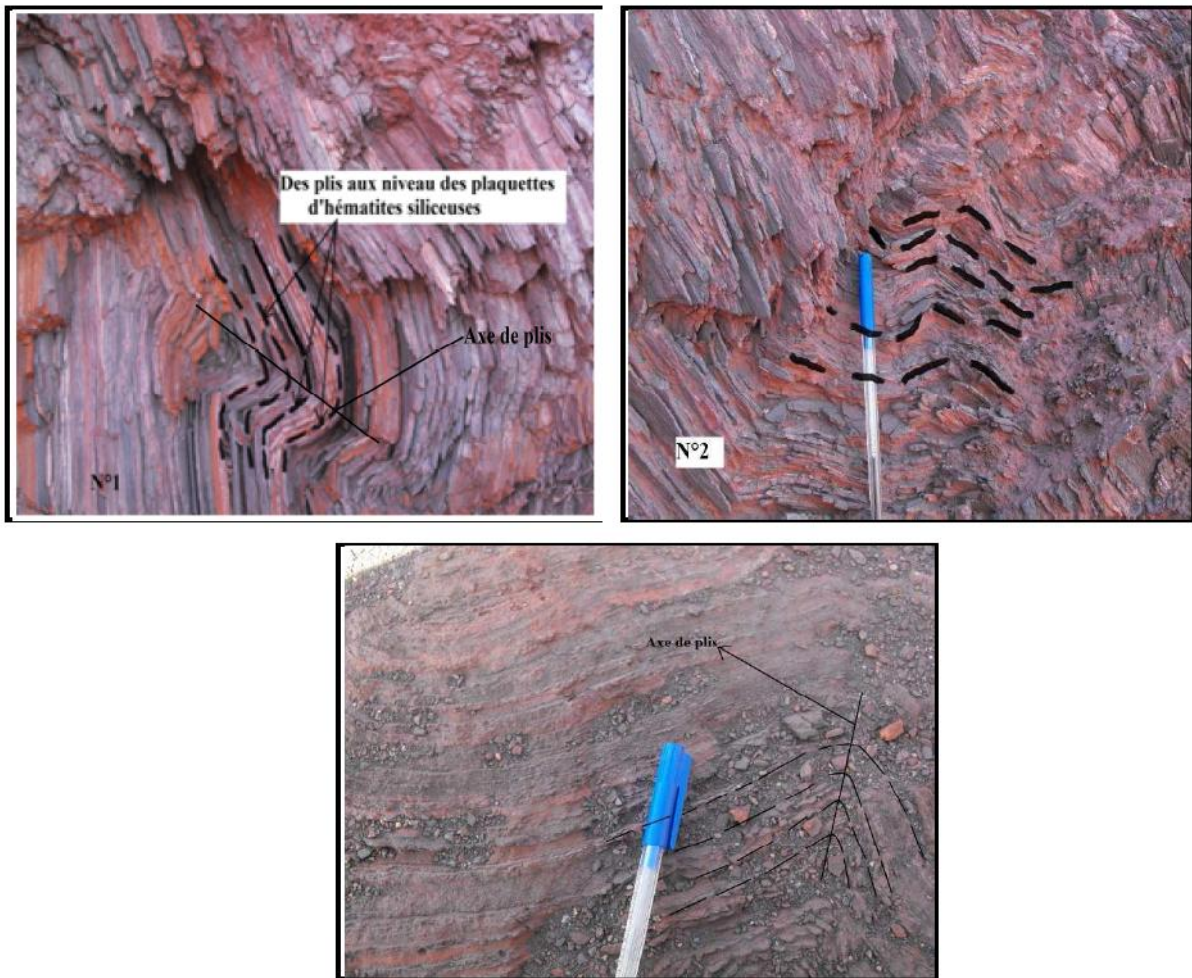


Figure 51 : Photos de différentes plis de F'Dérik.

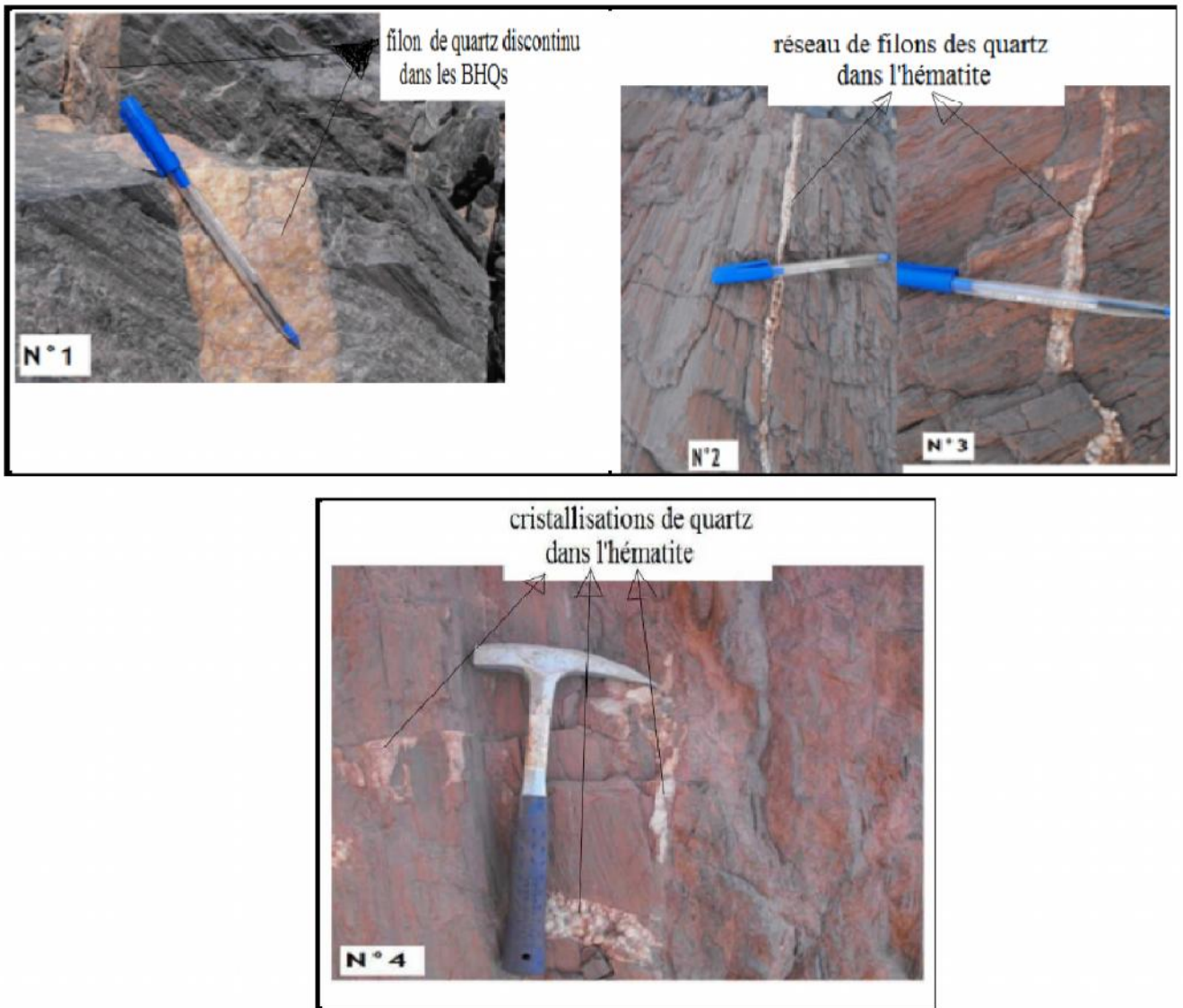


Figure 52 : des filons de quartz recoupent autres faciès (F'Dérík).

III-3. Etudes macroscopique :

Les travaux de reconnaissance et cartographique que nous avons réalisé dans le secteur d'étude (F'Dérik) m'ont permis de distinguer plusieurs faciès :

III-3-1. Quartzites ferrugineux :

Ce sont les faciès les plus répandus, essentiellement constitués par une alternance de lits siliceux et de lits riches en oxydes de fer (hématite principalement).

Suivant la nature pétrographique, et l'épaisseur des lits, on peut distinguer quatre types de faciès dans le secteur étudié :

III-3-1-1. Quartzite ferrugineux à hématite homogène, non rubané :

(Figure 53) Et (Figure 62, FD17 voire le page 126) :



Figure 53 : Quartzite ferrugineux à hématite homogène, non rubané.

III-3-1-2. Quartzite ferrugineux à rubanement fin mais net (BIF) :

Avec des lits clairs de 0.1 à 1 mm et, lits foncés de 1 à quelques millimètres (Figure 54) et (Figure 62, FD15 voir la page 126) :



Photo 54 : quartzite à rubanement fin dont les épaisseurs sont de 1mm.

III-3-1-3. Quartzite ferrugineux à hématite à rubanement moyen :

Où les lits très nettement séparés avec des lits claires de 0.5 à 3 ou 4 mm et, lits foncés de 1 à 10 mm et plus (Figure 55), et (Figure 62, FD8, FD20 Voir la page 126) :

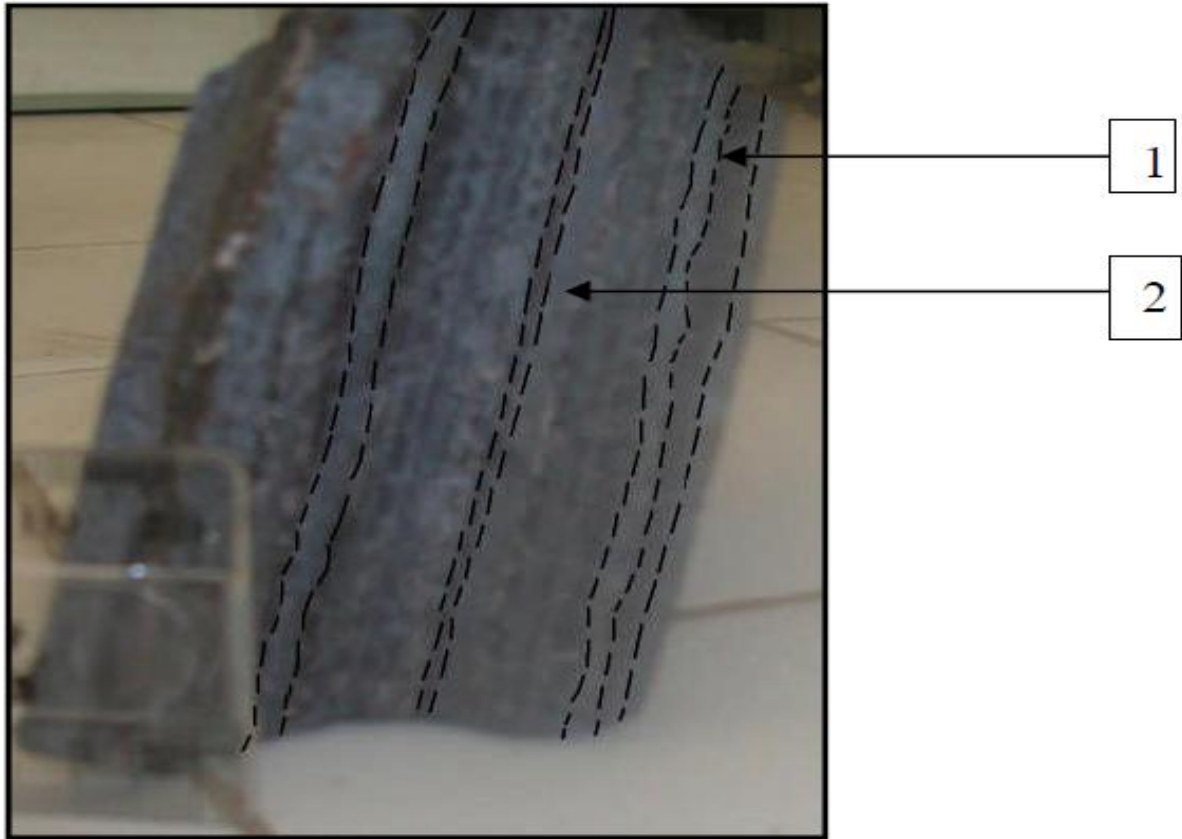


Figure 55 : BHQ moyennement rubané d'épaisseur variant de 2mm à 3,5mm pour les lits de qtz (1) et de 1 à 9mm pour l'hém (2).

III-3-1-4. Quartzite ferrugineux à hématite à rubanement très large :

Ayant une puissance variant de quelques millimètres à 1 ou 2 cm. Les lits clairs sont plus larges que les lits foncés (Figure 56) et (Figure 62, FD12 Voir le page 126) :

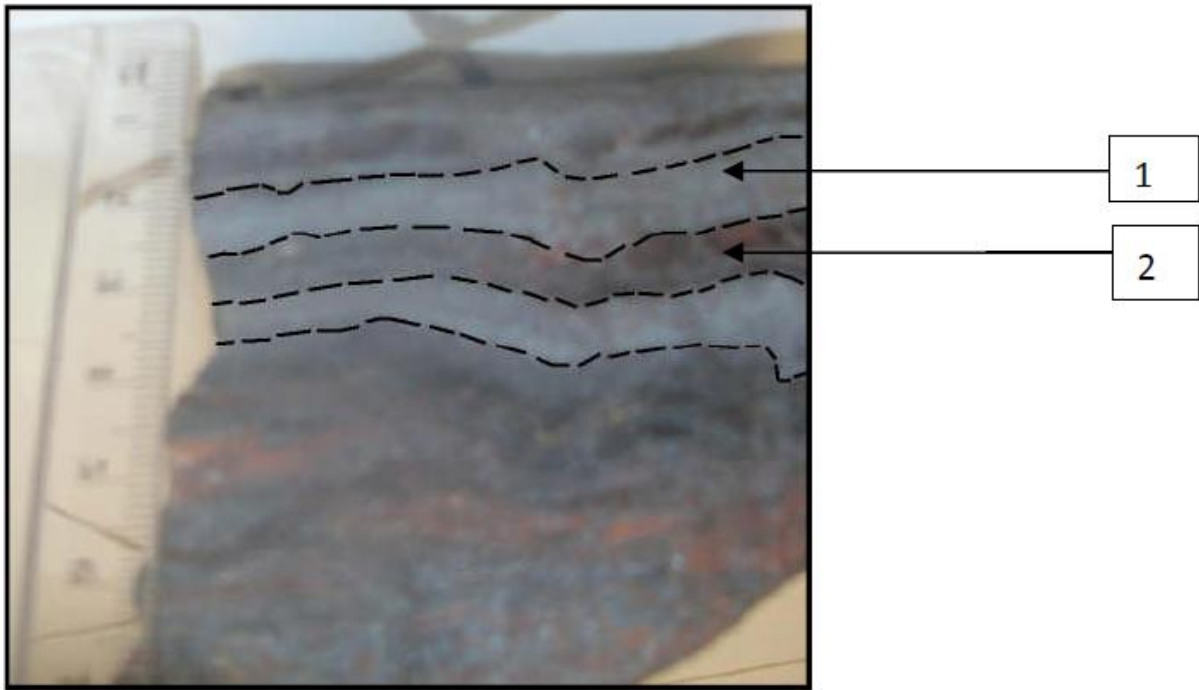


Figure 56 : BHQ grossièrement rubané d'épaisseur 5mm pour le qtz (1)
Et de 4 à 7mm pour l'hém (2).

III-3-2. Les minerais d'hématite :

Les minerais d'hématite présentent presque toujours les mêmes caractéristiques :

Patine bleue soyeuse, noire, rouge, grain fin, parfois moyen à grossier.

Les roches ont souvent une texture granuleuse comparable à celle d'un grès, parfois isotrope, et parfois litée.

On distingue deux types principaux de minerai :

III-3-2-1. Hématite en plaquettes (65 à 66%) :

Correspondant à un ancien quartzite ferrugineux rubané désilicifié dans lequel les vides laissés par le départ de la silice peuvent être comblés par des hydroxydes de fer (Oksengorn, 1973), (Figure 57, 58).

Il est constitué par des empilements de lamelles d'hématite, d'épaisseur millimétrique ; ces hématites sont allongées suivant les directions structurales des itabirites. A l'affleurement ces poches sont de l'ordre du mètre.

Ces hématites se rencontrent dans les zones de dépression comme les oueds par exemple.

On remarque en général que ce minerai est caché dans le sol mais sa profondeur ne dépasse jamais 70 m ; l'hématite en plaquettes est très altérée et se pulvérise sous la simple pression des doigts. Le mode de désilicification des Itabirites donnant ce type d'hématite est partiel et hétérogène.

ce type de minerai se trouve principalement dans la partie Est du gisement de F'Dérik (F'Dérik- Est, extension Est, (zone cartographié dans ce travail).



Figure 57 : hématite en plaquettes altérées.



Figure 58 : hématite en plaquettes saines.

III-3-2-2. Hématite rocheuse ou massive (68 %) :

Correspond à une roche massive à patine noirâtre à bleu-noir (Figure 59). La minéralisation est localisée en amas lenticulaires dont la dimension atteint souvent plusieurs centaines de mètres, et peut descendre en profondeur en-dessous de la surface topographique actuelle, avec une frange de désilicification incomplète et un passage progressif ou brutal au quartzite ferrugineux sain (Bronner, 1988a et 1988b).

Dans l'amas, par contre, la désilicification est homogène et complète.

Le premier type (hématite en plaquettes) est d'origine supergène, par lessivage météorique, alors que le second (hématite rocheux) est considéré

comme le résultat d'un processus métasomatique, par dissolution/recristallisation lié à une phase tectonique distensive (Lethbridge and Perceval, 1954 ; Bronner, 1988a).

L'hématite rocheuse est résistante à l'altération, elle se présente sous forme des masses (sous l'aspect d'un « grès » tendre, poreux), parfois plissées (Figure 60).



Figure 59 : hématite rocheuse.



Figure 60 : hématite rocheuse plissée.

III-3-3. Brèche d'Idjil :

Elle se rencontre dans tout le secteur de F'Dérik, avec abondance notable dans la Partie Est et Sud-Est où le contact entre la bordure Nord et l'unité de la Brèche est plus proche. C'est une brèche à éléments variés, BHQ ou BIFs, quartzite ferrugineux non rubané, minerais...

III-3-4. Le schiste :

Plusieurs types des schistes s'observent au niveau de ce secteur : schiste vert, schistes argentés..., plus ou moins riches en quartz. La matrice fine est constituée essentiellement de fins cristaux de mica et de biotite.

III-3-5. Autres faciès :

D'autres faciès moins importants se trouvent dans le secteur notamment : plusieurs variétés quartz : Quartzite blanc micacé, quartzite rubéfié, fracturé écrasé, quartz et des formations plus récentes couvrant la majorité du secteur constitué par des éboulis, éboulis de minerai ou "Canga" ...

Des micaschistes principalement aux alentours de l'ancienne fosse d'exploitation.

Quand aux principaux faciès on distingue (les figures 61, 62, 63) :

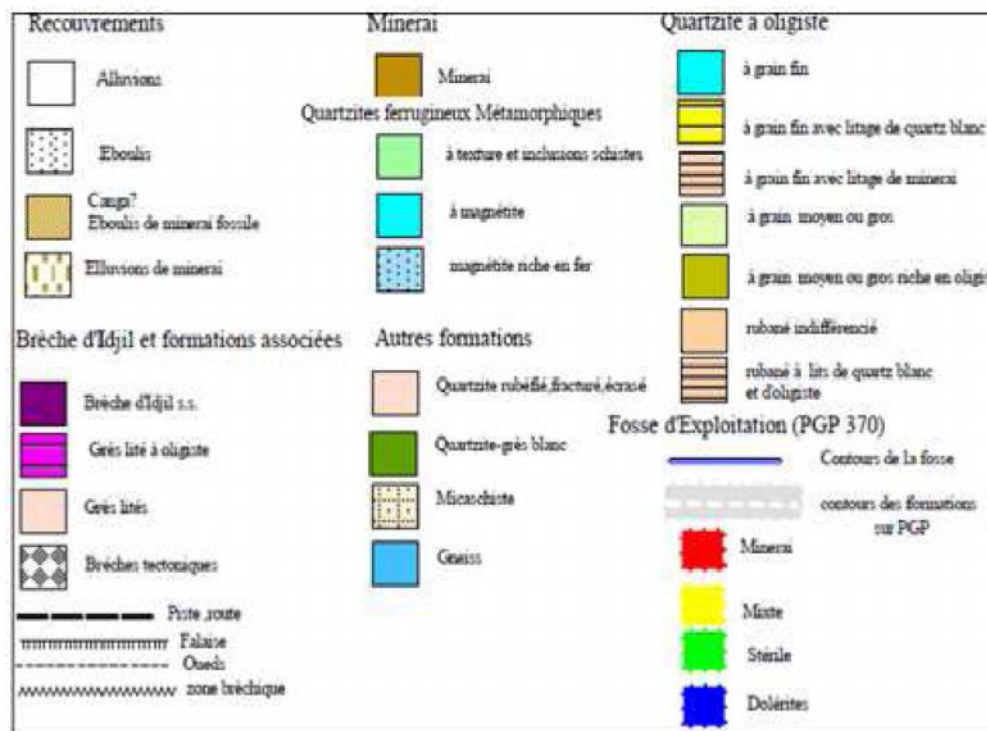
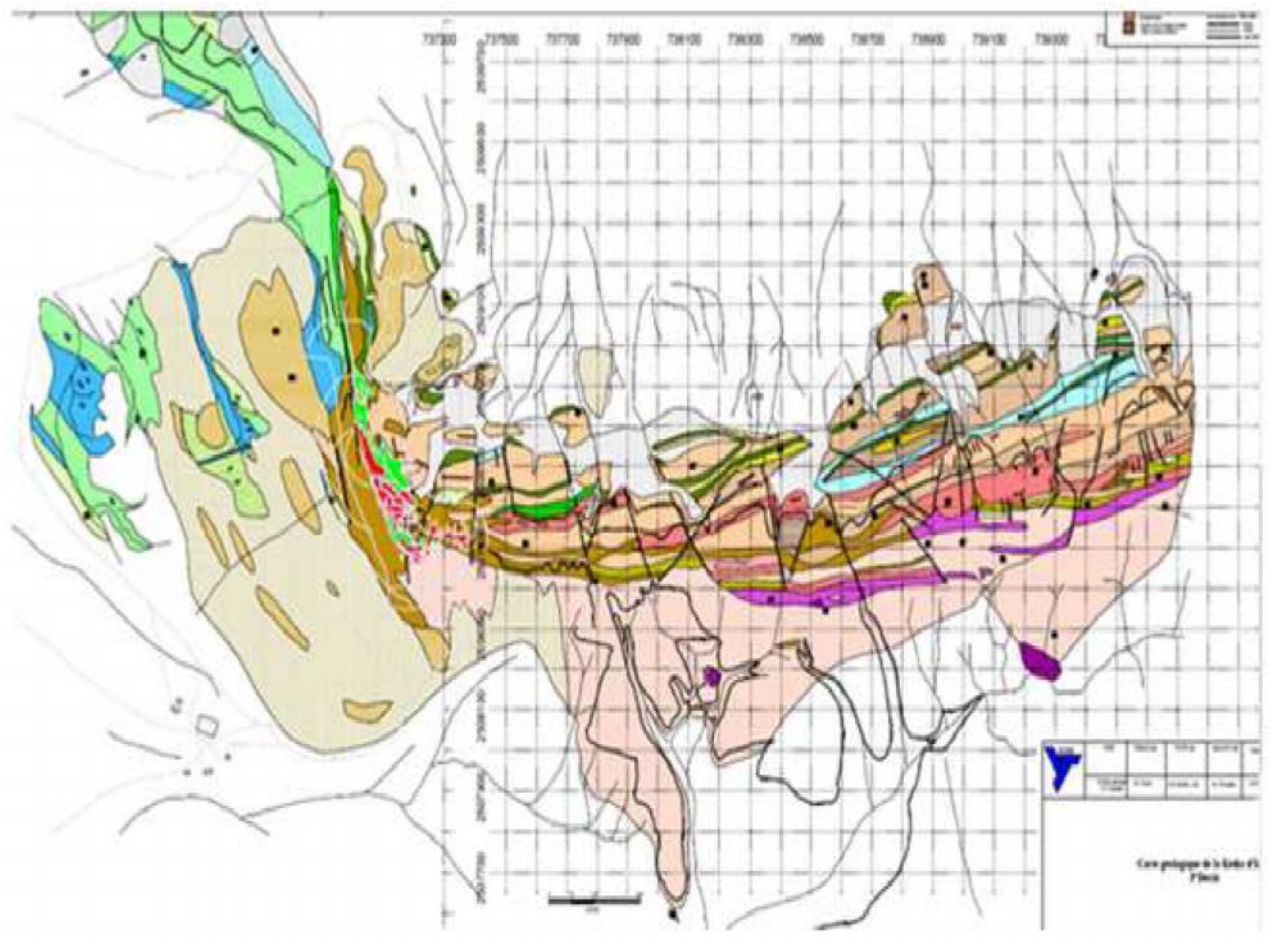


Figure 61 : Carte géologique de la Kédia d'Idjil, secteur F'Dérik (SNIM, 2009).

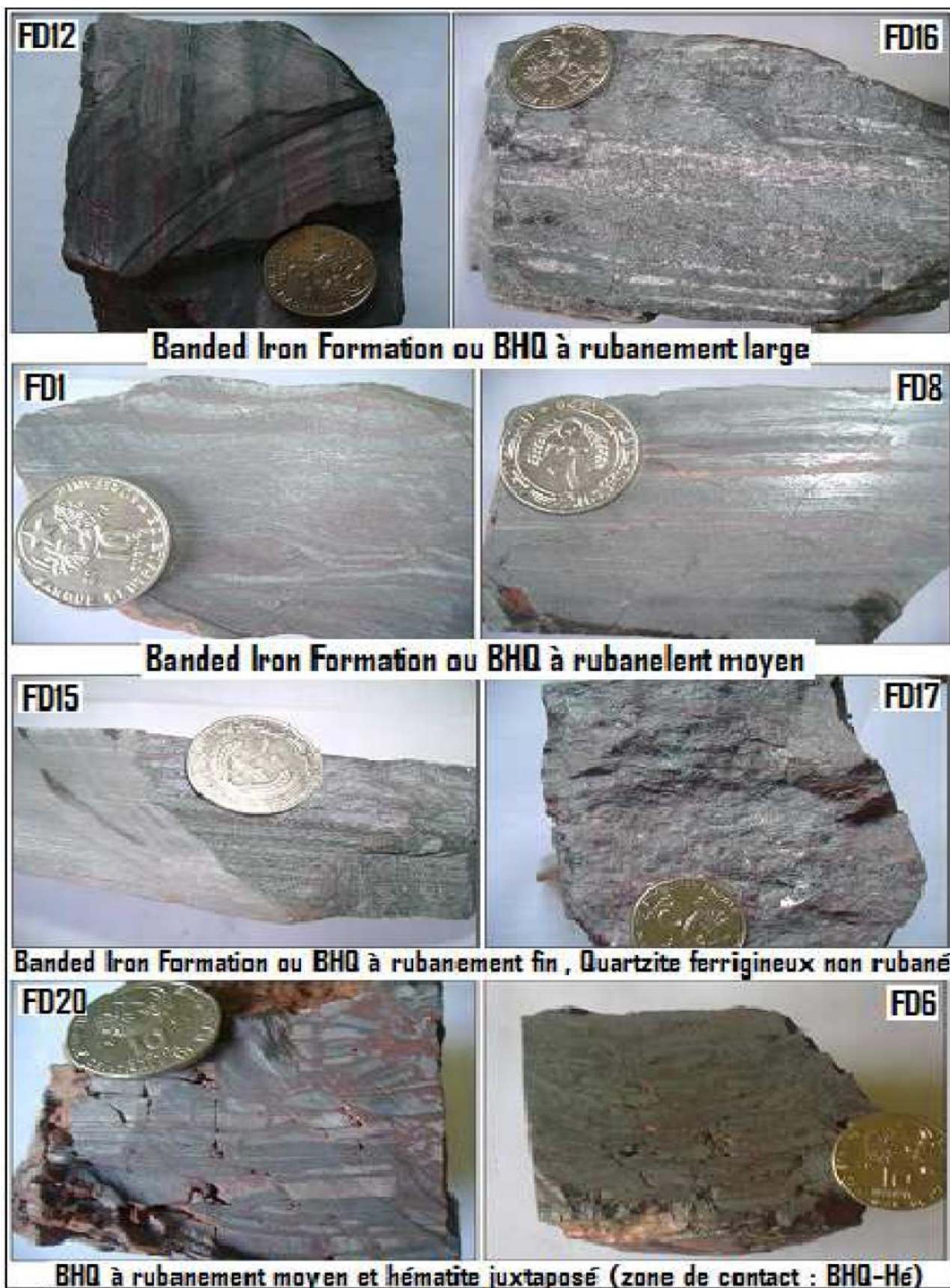


Figure 62 : Exemples de BIF ou BHQ à différents degrés de rubanements, provenant du gisement de F'Dérik.

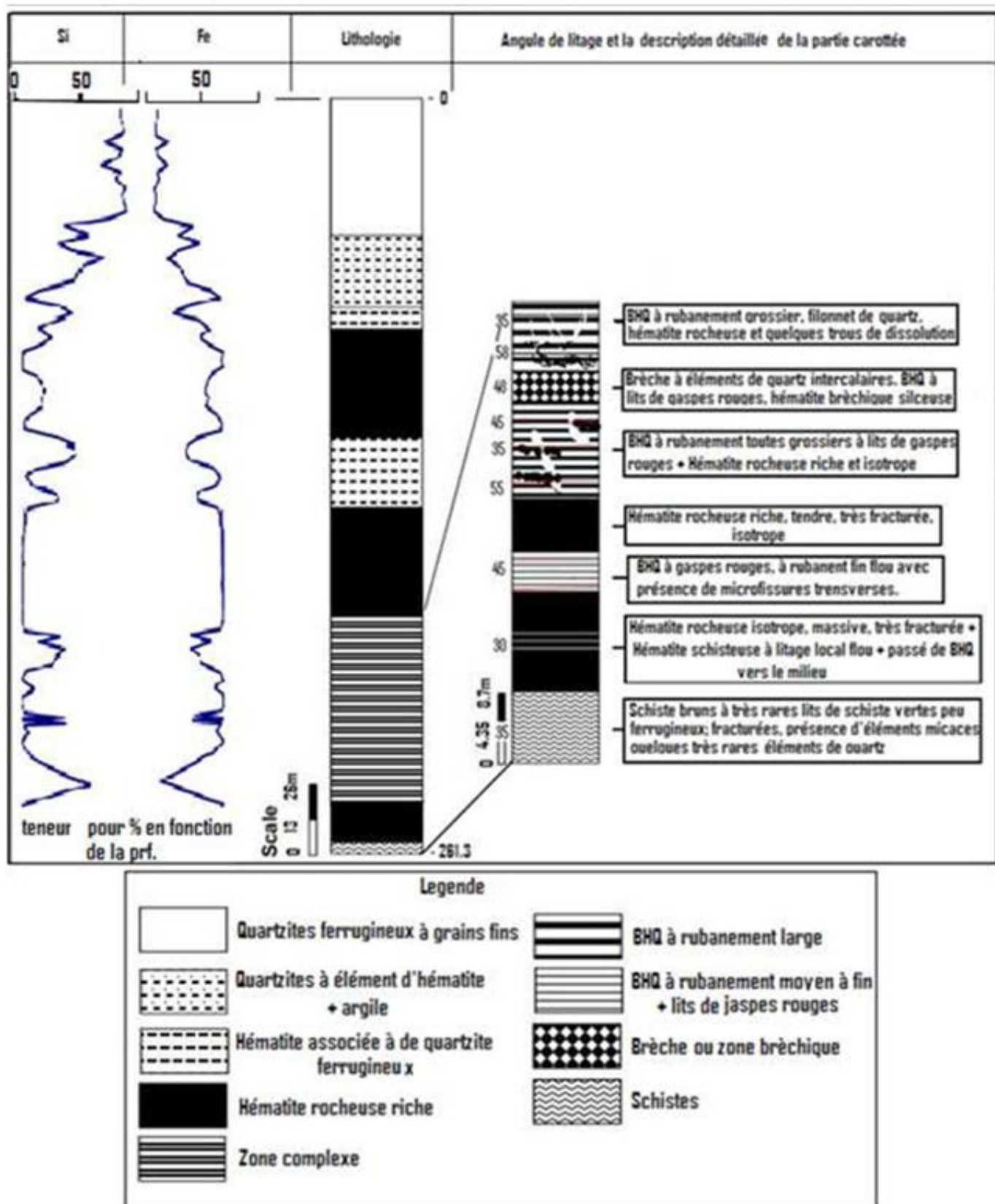


Figure 63 : Colonne lithologique de sondage FDS 42, montrant la lithologie et les variations de teneur en Fe et en Si en fonction de la profondeur, Gisement de F'Dérík (SNIM, 2009).

III-4. Etude microscopique :

L'étude microscopique des itabirites (BHQ ou BIFs), c'est-à-dire de roches constituées de quartz et d'hématite à l'exclusion de tout autre minéral silicaté, présente un certain intérêt et ce pour deux raisons essentielles :

- Tout d'abord, du fait que les agents métallotectes peuvent conduire à la naissance des gisements de fer d'une très grande richesse ; c'est le cas par exemple des gisements Brésiliens (Minas Geraes), Mauritaniens (gisements du Tiris), où la teneur en fer du minerai exploité peut atteindre 68 % et plus.
- D'autre part, pour des raisons académiques.

C'est ce qui nous a amené à entreprendre cette étude minutieuse tentant d'expliquer ou d'enrichir le débat sur les mécanismes qui ont abouti à des concentrations importantes de minerais de fer (hématite) dans la Kédiat d'Idjil à partir des BHQ. Pour aboutir à ce but une vingtaine de lames minces et sections polies des principaux faciès ferrifère a été confectionnée au laboratoire de litholamellage de l'Office Mauritanienne de Recherche Géologique (OMRG). Notons qu'un certain nombre de travaux ont déjà été réalisés, soit, dans une optique métallogénique sommaire, soit dans un but strictement géochimique.

III-4-1. Observation de principaux faciès ferrugineux :

III-4-1-1. Echantillonnage :

Les échantillons destinés à l'étude microscopique ont été prélevés en différents points du gisement de F'Dérik. Le prélèvement a été effectué principalement au niveau de fronts de taille de travaux de reconnaissance et dans la fosse d'exploitation afin d'éviter les roches superficielles très altérées. Malgré les précautions prises pour l'échantillonnage, les échantillons sont apparus sous le microscope, très altérés.

III-4-1-2. Bancs d'hématite quartzite (BHQ) :

Ce sont des roches constituées d'alternances de niveaux blancs ou clair (Quartz) et de niveaux sombres constitués des oxydes de fer dont l'hématite est le minéral essentiel (Figure 66).

Les lits ainsi observés ont une épaisseur qui varie d'un millimètre environ à quelques millimètres voire centimètre.

Au microscope, l'hématite a une couleur gris clair ou blanche. Il se présente soit en cristaux de formes tabulaires ou planaires et de taille relativement grande, soit en petit cristaux souvent dispersés dans les lits de quartz et, avec une réflexion interne rouge. Ce dernier type de cristaux est le moins fréquent (Figure 64).

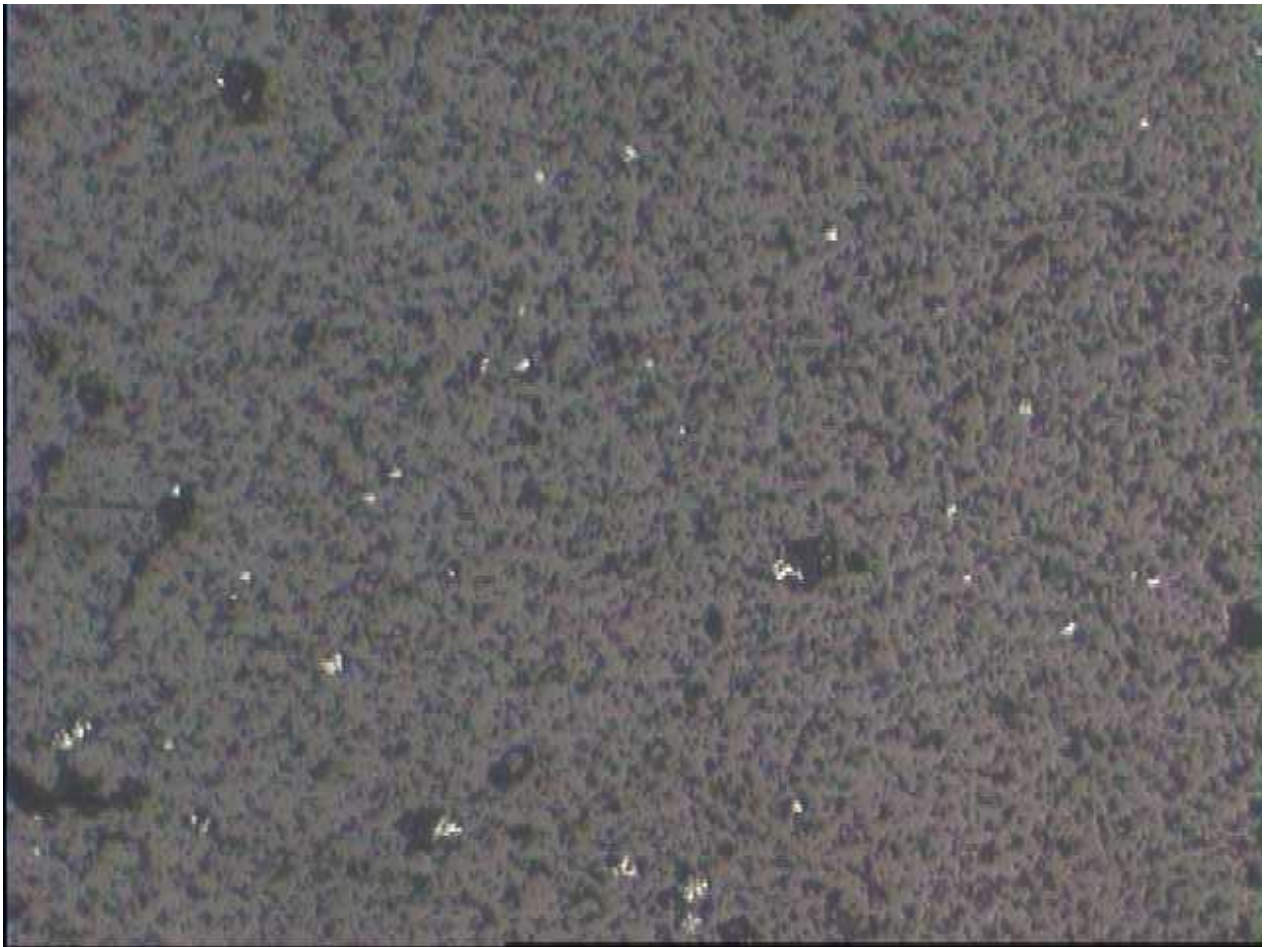


Figure 64 : Photo en lumière réfléchie montrant l'hématite en petits cristaux (couleur blanche) (à Gr 10 X) dans un lit de quartz.

Cependant, les lits clairs sont constitués de cristaux de quartz en mosaïques. Selon la taille des cristaux du quartz qui varie d'un échantillon à un autre, on peut distinguer deux types de lits :

- Lits à cristaux hexagonaux de grande taille. Ce sont les plus fréquents ;
- Lits à cristaux de petite taille : ce sont des lits constitués aussi exclusivement des cristaux hexagonaux à automorphes de quartz alternant avec le premier type et les lits d'hématite et moins épaisses. Notons que ce type de lits se retrouve principalement dans les échantillons, dont certains lits de quartz sont étirés et boudinés par endroit.

D'autre part, les lits d'hématites sont constitués de plus de 99% d'hématite et accessoirement de fins cristaux de la magnétite presque totalement martitisés, et d'ilménite (Figure 65).

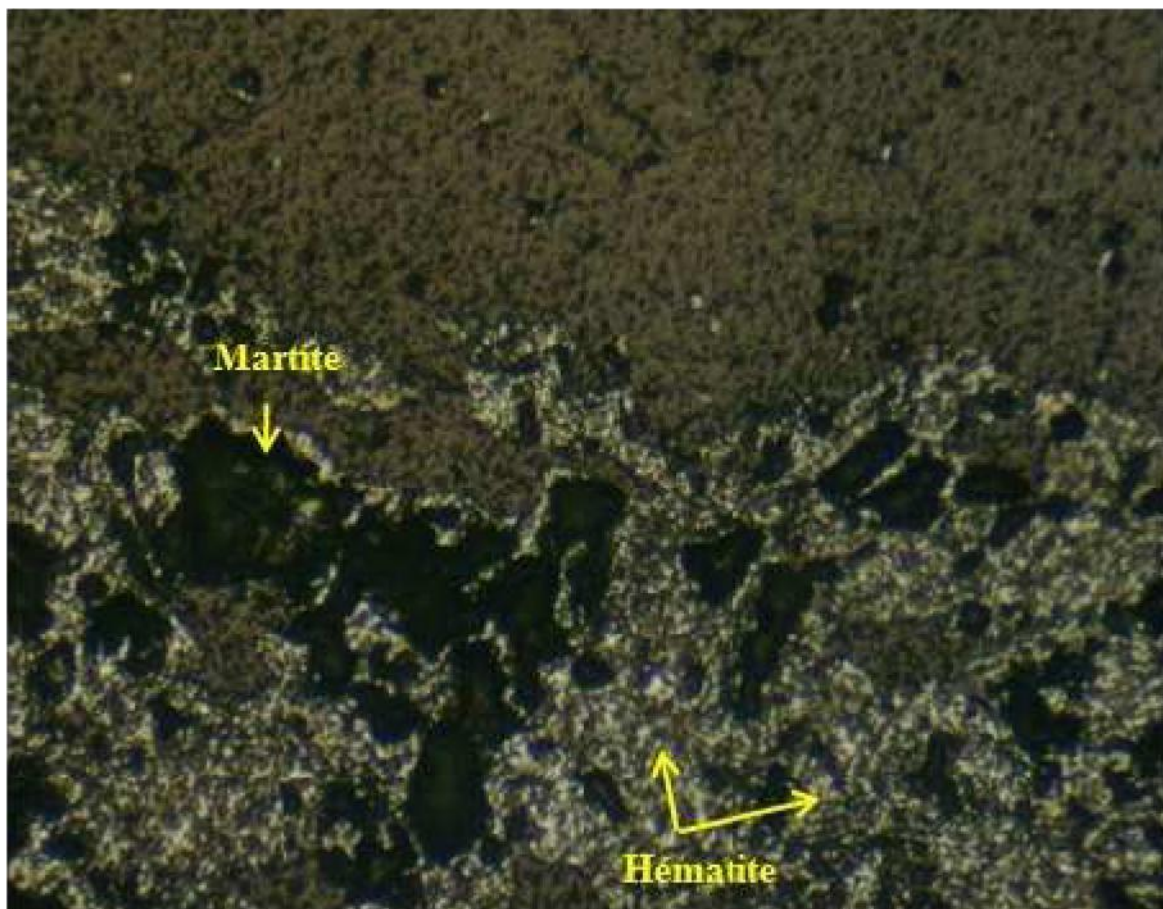


Figure 65 : Photo en lumière réfléchie (à Gr 10 X) montrant la transformation presque totale de la magnétite en martite (martitisation).

Notons aussi, que le rubanement sédimentaire de BHQ est recoupé obliquement comme les autres faciès par des veines tardives de quartz riche en inclusions.

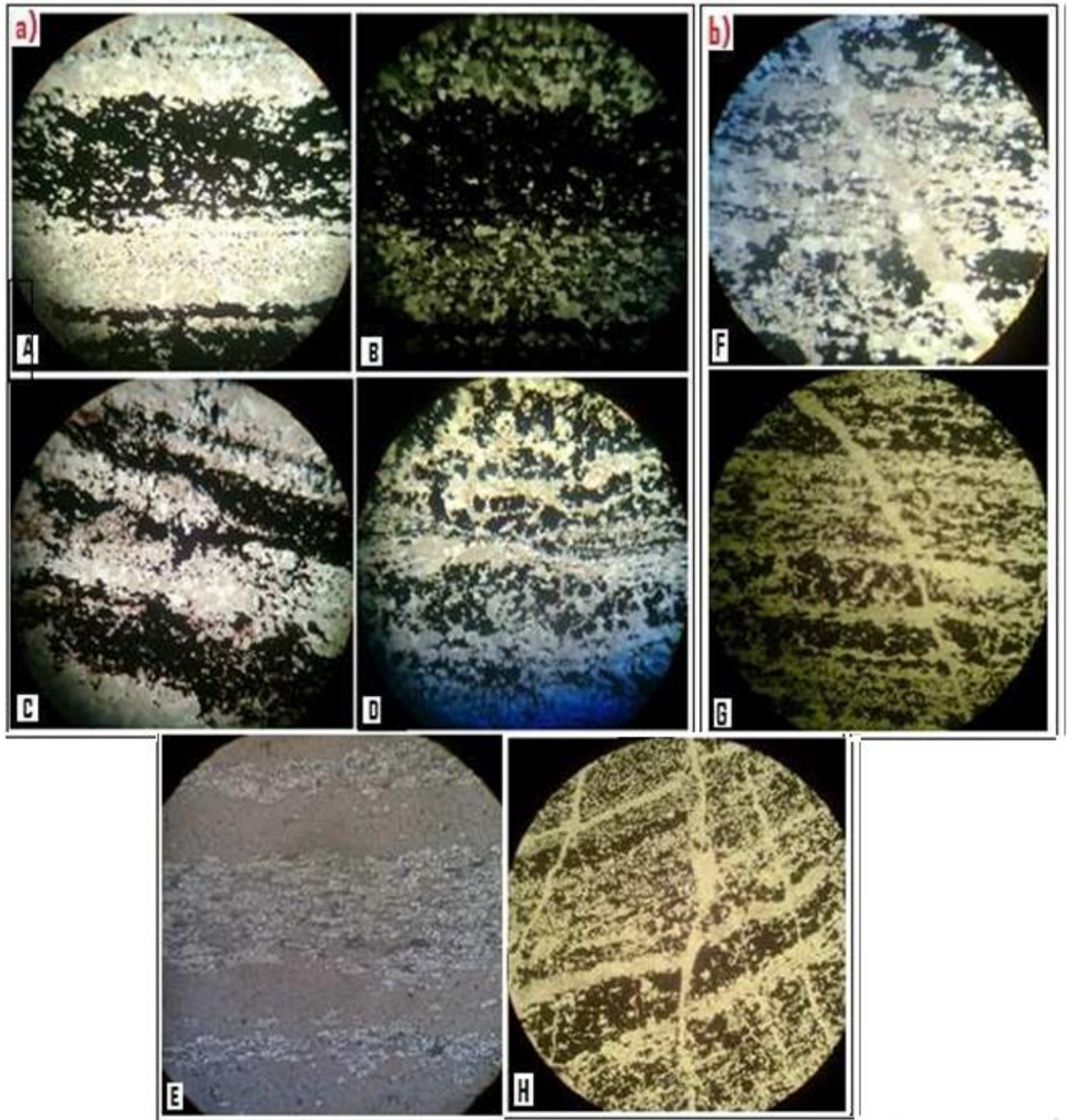


Figure 66 : a) Principaux faciès de quartzites ferrugineux rubanés du gisement de F'Dérik : b) photos en LPNA (F à Gr 10X et Gr, H à G 5 X) montrant les principales veines traversant obliquement l'alternance sédimentaire de BIFs ou BHQ.

III-4-1-3. Quartzites ferrugineux non rubanés :

Ce faciès est généralement isotrope à sub-isotrope. Il est composé essentiellement de quartz et d'oxydes (hématite principalement, magnétite en fins cristaux très rare) à des proportions à peu près égale. Les grains sont fins et moins altérés par rapport aux autres faciès (Figure 67).



Figure 67 : Photo en lumière réfléchie (à Gr 5X) montrant le quartzite ferrugineux non rubané, Un assemblage de quartz et hématite.

III-4-1-4. Brèches :

Ce faciès est une brèche composée d'éléments variés : quartz, hématite comme un seul élément et de BHQ, qui sont visibles même à l'œil nu, dans une matrice constituée de fins cristaux de quartz et d'hématite. On note à cet effet, l'absence d'aucune orientation préférentielle des éléments de la brèche (Figure 68).

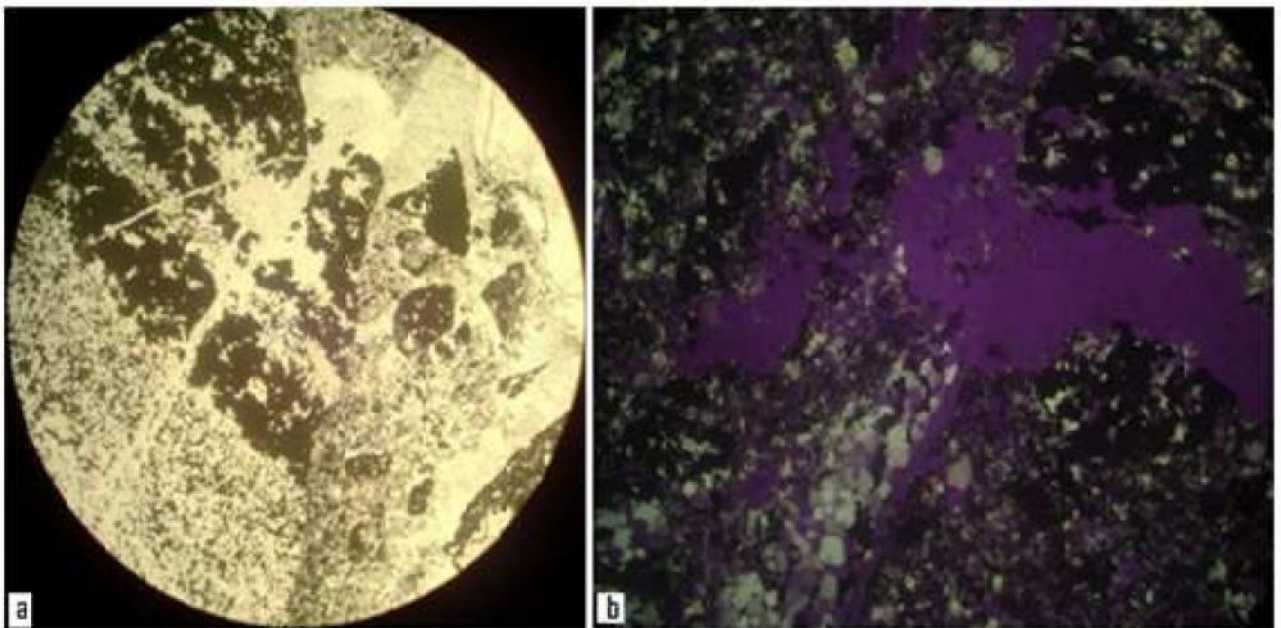


Figure 68 : photo montrant les éléments de la brèche (à Gr 10 X), a) en LPNA
b) droite LPA.

III-4-1-5. Chloritoschiste à hématite :

Leur couleur généralement vert sombre. Ce faciès correspond à un assemblage schistosé de chlorite principalement, de quartz et d'hématite. Ce faciès se trouve coincé dans du BHQ très plissé de front Nord et Nord-Est de la fosse ou bien dans la zone la plus tectonisée. (Figure 69).

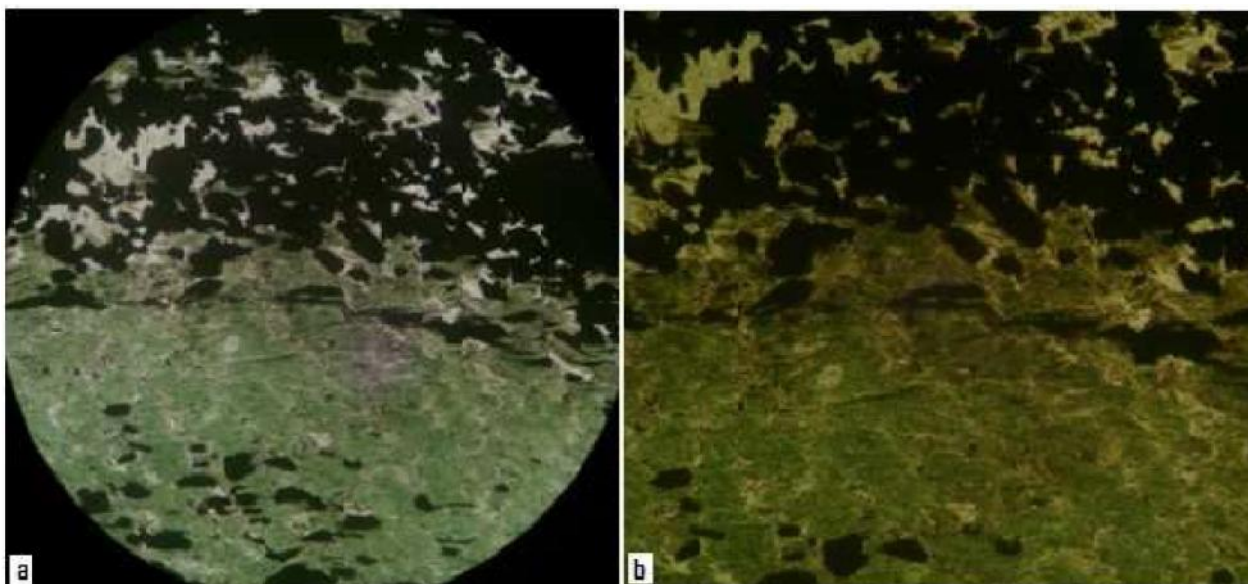


Figure 69 : Photo en LPNA (à Gr 10X), a) montrant l'alternance quartz - hématite et chlorite (verdâtre), b) détail de la même photo, la schistosité est parallèle à la stratification

III-4-2. Synthèse des observations :

Après ces observations, nous pouvons dire qu'il y'a trois phases de minéralisation. La concentration initiale de fer a subi durant chacune de ces phases une évolution indépendante au cours de laquelle le fer, concentré lors de la sédimentation, participe à toute une série de transformations dont certaines peuvent accroître localement la concentration initiale et aboutir à des gisements exploitables.

III-4-2-1. Première phase :

Cette phase est synsédimentaire, elle se traduit par le rubanement ou l'alternance sédimentaire, montré par toutes les variétés du BHQ ou BIF du gisement de F'Dérik (Kédiat d'Idjil) et traduit donc le phénomène de concentration initiale originelle (voir Figure 66).

En revanche, le rubanement centimétrique, caractéristique du Groupe d'Idjil, rare dans le Groupe du Tiris, est interprété par Bronner, et al., (1990), comme un phénomène de ségrégation qui fait migrer le fer des lits pauvres vers les lits riches et qui accentue le contraste de teneur en fer entre les deux types de lits.

Ce phénomène, qui ne modifie cependant pas la teneur moyenne de la roche, se fait au stade diagénétique (Bronner et al., 1990).

III-4-2-2. Deuxième phase :

Cette phase est liée à la tectonique. Cependant, la relation entre la tectonique et la minéralisation reste assez souvent mal définie au moins sur le plan microscopique.

L'observation des lames minces et de sections polies nous a permis de distinguer plusieurs types de minéralisations liées à une:

- Tectonique souple :

Les BIFs de la Kédiat d'Idjil permettent d'observer, à l'échelle de l'alternance centimétrique régulière des lits d'hématite et des lits de quartz, des phénomènes de reconcentration sous l'effet de deux phases de plissement successives. L'hématite se déplace par fluage des flancs vers les charnières. Notons que ce phénomène est le moins important du point de vue reconcentration d'hématite à l'échelle de secteur d'étude et peut n'avoir qu'un effet indirect en préparant des reconcentrations ultérieures.

- Tectonique cassante :

Ce type de reconcentration est bien illustré par la plupart des échantillons observés. La minéralisation est induite par toute rupture liée à une tectonique cassante (naturelle et non provoquée par l'exploitation ancienne) où l'hématite précipite dans les fissures et les diaclases (Figure 70).

- Déformations mixtes : boudinage :

Le phénomène de boudinage, caractérisé par l'apparition au cours de l'individualisation des boudins, d'une zone de faible pression ou espace cicatriciel entre deux boudins voisins (zone d'ombre), peut être favorable à une

reconcentration. Ces vides se remplissent soit par du quartz, soit par de l'hématite (Figure 71).

Ce phénomène visible microscopiquement est aussi remarquable macroscopiquement.

Il a été décrit sur quelques affleurements par G. Bronner, (1990a), au niveau de la Kédiat d'Idjil et de la chaîne de M'Houdat particulièrement, et où il dit : Le boudinage, malgré ses dimensions en général réduites, est cependant un phénomène spectaculaire ; il peut avoir un intérêt pour des minerais à valeur marchande élevée.

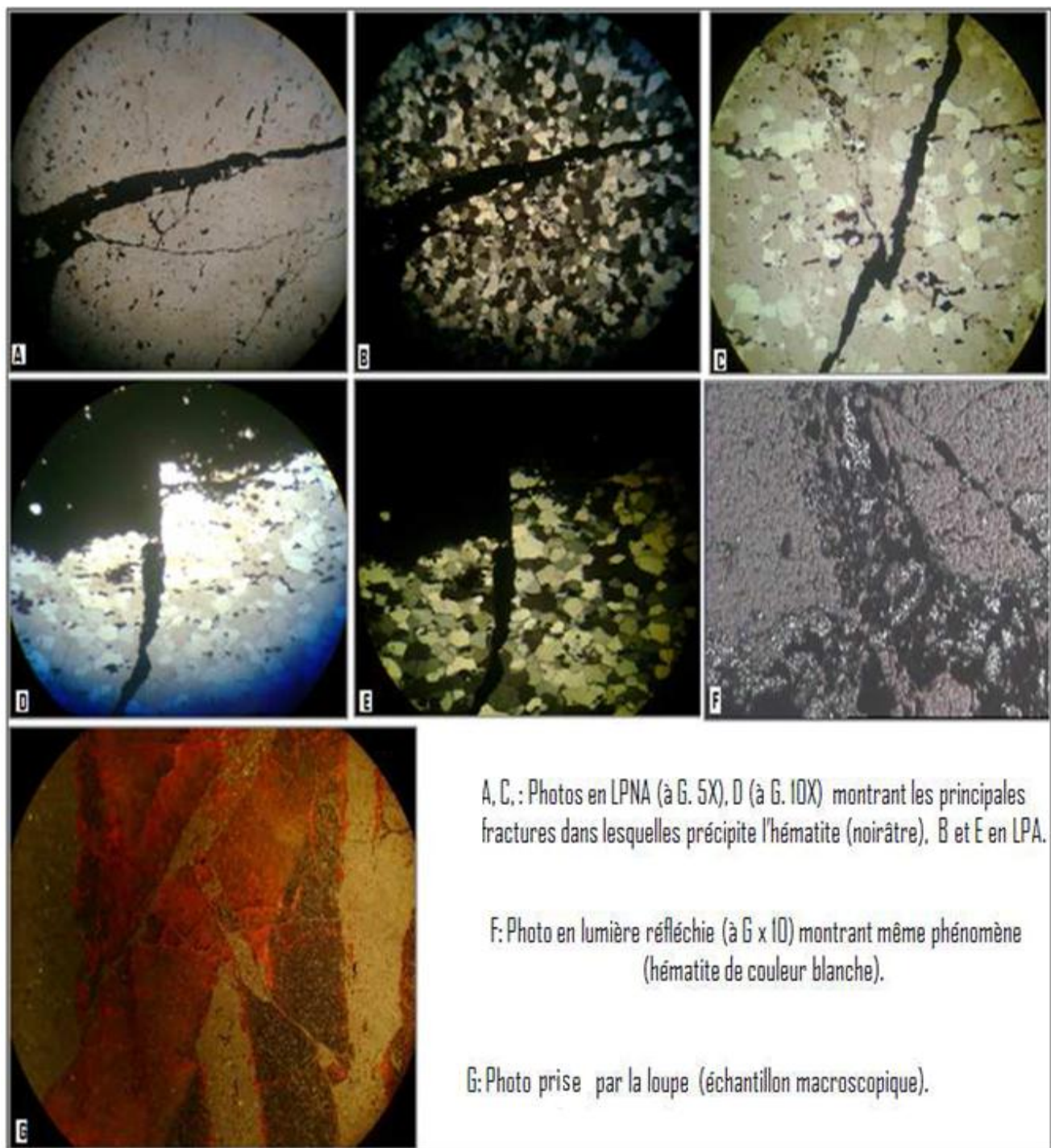


Figure 70 : Photos montrant la minéralisation liée à la tectonique cassante.

III-4-2-3 Troisième phase :

Cette phase est liée à l'altération météorique. Les différents types de déformations précédemment cités augmentent le rôle joué par l'eau et, de ce fait, une dissolution importante du quartz, ce qui conduit à un enrichissement de la roche mère en hématite.

Ce phénomène est bien visible dans les échantillons de minerais observés ici. Ces échantillons montrent l'abondance des vides résultant de la dissolution du quartz ainsi que des reliques du quartz (Figure 72).

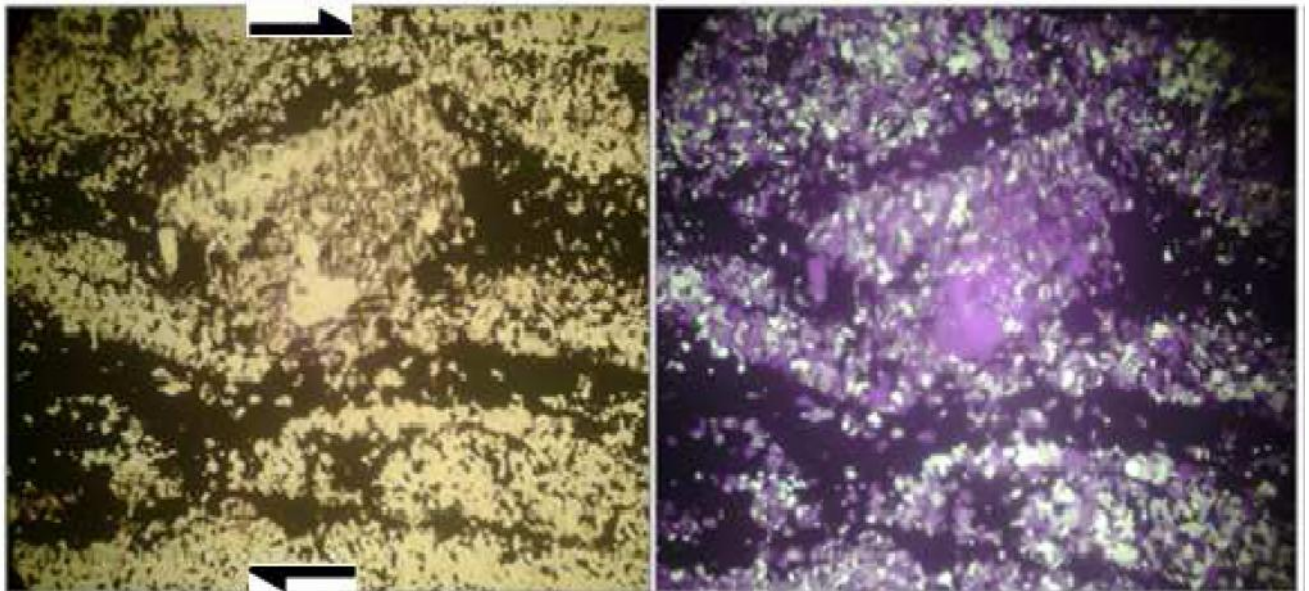


Fig. 71 : Photo en LPNA à gauche et à LPA à droite (à Gr 10X) montrant la minéralisation (noire) associée au phénomène de boudinage Avec cisaillement dextre.

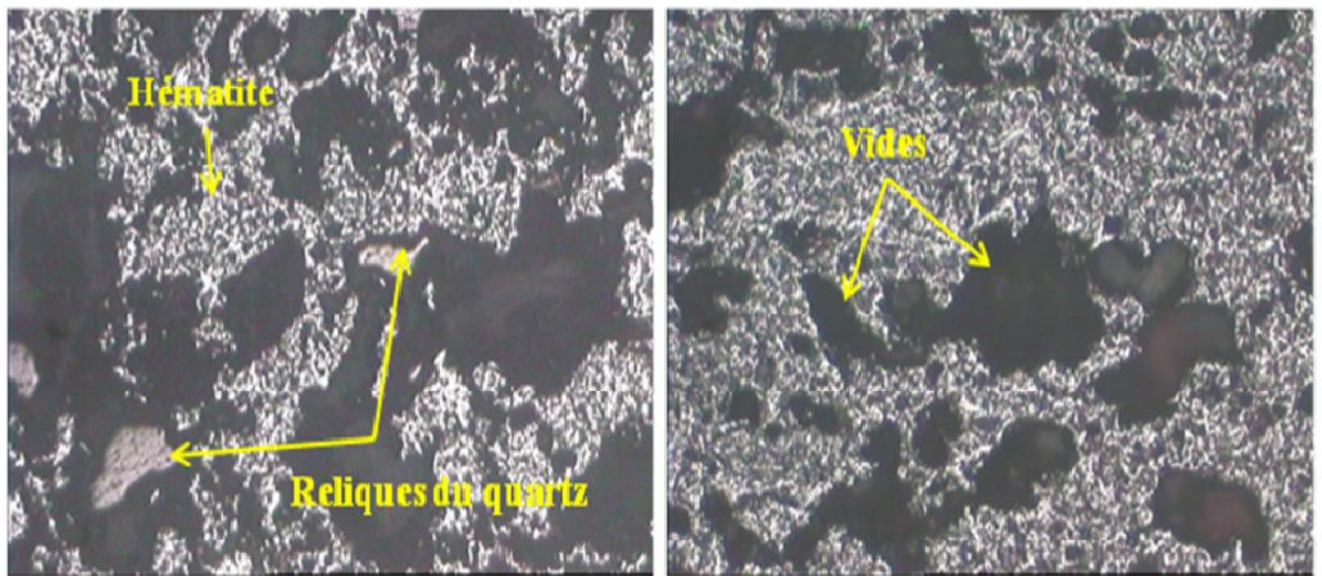


Fig. 72 : Photos en lumière réfléchie (à Gr 10 X) montrant les vides laissés par la dissolution du quartz au niveau de deux échantillons riches en hématite.

Cette évolution a conduit à des gisements exploitables tel que : le gisement de Rouessat et plusieurs affleurements de minéralisations d'hématite en plaquettes au niveau de l'extension est du gisement de F'Dérrik...

III-5. Données de laboratoire :

III-5-1. L'analyses chimiques :

Nous avons pu distinguer vingt deux poches. Les teneurs moyennes de ces poches précités en éléments majeurs sont données dans le bordereau de sortie des résultats d'analyses chimiques des poches minéralisées du gisement de F'Dérrik (Figure 73).

Poches minéralisées			Analyse chimique des poches minéralisées du gisement de F'Dérík est-Extension										
De	A	SYMBOLE LABO	Fe	SiO2	Al2O3	P	Mn	TiO 2	CaO	MgO	Na2 O	K2O	S
		1T3	60.9	8.78	3.15	0.020	0.024	0,062	0,086	0,059	0,011	0,058	0,010
		2T3	56.5	15.51	3.18	0.018	0.029	0,058	0,027	0,030	0,008	0,015	0,004
		3T3	54.2	18.75	2.21	0.020	0.023	0,043	0,058	0,048	0,009	0,058	0,008
		4T3	60.4	8.81	4.61	0.017	0.025	0,096	0,088	0,076	0,013	0,113	0,006
		5T3	57.5	8.79	6.53	0.031	0.031	0,157	0,108	0,096	0,017	0,135	0,016
		6T3	59.8	6.24	5.42	0.023	0.019	0,128	0,084	0,077	0,016	0,098	0,010
		7T3	50.3	24.10	1.40	0.036	0.030	0,028	0,613	0,071	0,010	0,048	0,040
		8T3	46.0	30.87	0.95	0.019	0.026	0,012	0,674	0,076	0,010	0,030	0,098
		9T3	51.6	22.70	0.74	0.020	0.023	0,010	0,113	0,023	0,009	0,015	0,022
		10T3	49.1	28.20	1.09	0.016	0.019	0,017	0,092	0,023	0,041	0,023	0,043
		11T3	46.1	31.80	1.38	0.013	0.019	0,026	0,122	0,033	0,013	0,039	0,083
		12T3	48.9	27.00	1.68	0.028	0.028	0,039	0,515	0,063	0,009	0,056	0,071
		13T3	57.9	13.09	1.96	0.026	0.031	0,050	0,458	0,090	0,009	0,080	0,023
		14T3	57.2	14.48	2.07	0.017	0.022	0,038	0,084	0,036	0,009	0,042	0,012
		15T3	50.2	24.80	1.22	0.014	0.018	0,022	0,057	0,037	0,008	0,033	0,009
		16T3	50.9	21.94	2.24	0.018	0.21	0,052	0,058	0,034	0,013	0,046	0,010
		17T3	60.5	11.76	1.61	0.022	0.029	0,020	0,053	0,021	0,007	0,019	0,013
		18T3	58.9	11.95	1.26	0.025	0.024	0,034	0,136	0,030	0,006	0,029	0,014
		19T3	60.7	8.18	1.05	0.040	0.027	0,028	1,581	0,025	0,012	0,010	0,028
		20T3	52.7	18.21	2.59	0.022	0.028	0,067	0,859	0,070	0,007	0,057	0,008
		21T3	58.7	13.98	2.42	0.027	0.018	0,060	0,084	0,076	0,001	0,073	0,007
		22T3	55.1	15.80	3.23	0.029	0.022	0,069	0,108	0,084	0,010	0,093	0,014

Fig.73 : Tableau de teneur moyennes des éléments majeurs de poches cartographiées, gisement de F'Dérík (laboratoire de chimie de la SNIM, 2010).

III-5-2. Présentations des données :

Dans la zone étudiée, les poches minéralisées s'étendent du Nord-Est et montrent toutes une teneur plus ou moins élevée en Fer, variant faiblement entre 46 % pour la poche minéralisée 8 à 60.9 % dans la poche 1.

Globalement, la teneur en fer reste constante et nous n'avons noté aucun trend (tendance) géochimique.

Si les teneurs en fer et en silice restent globalement constantes entre ces différentes poches, les autres éléments par contre montrent des variations aléatoires.

On peut conclure que les éléments chimiques essentiels de ces poches minéralisées à savoir le fer et la silice, présentent des concentrations uniformes, (Figure 74).

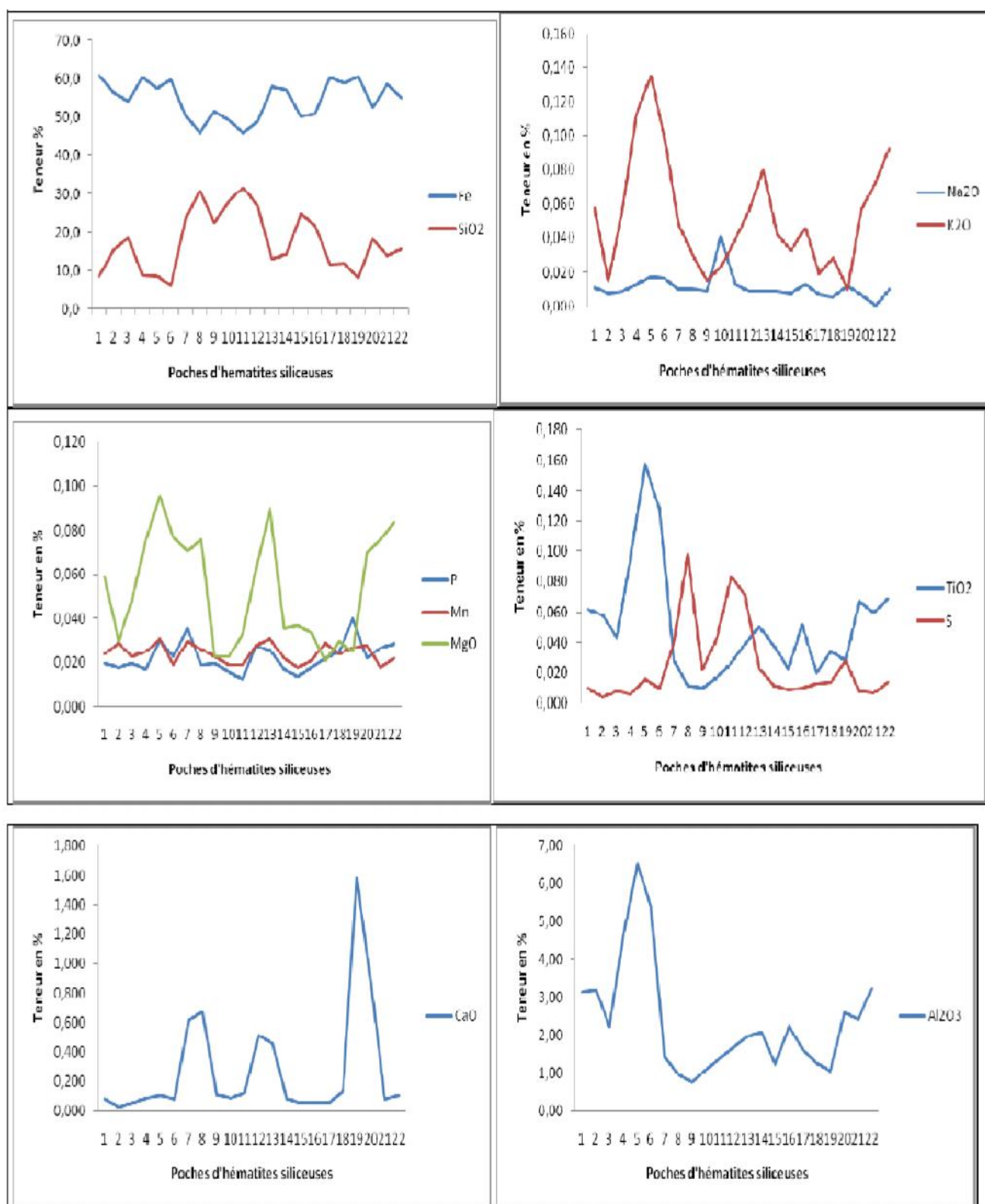


Figure 74 : Variation des éléments majeurs en fonction des poches minéralisées, de poche 1 jusqu'à la poche 22.

III-5-3. Synthèse :

Les poches que nous avons identifiées dans notre secteur d'étude sont des poches d'hématite en plaquettes siliceuses un peu riche de fer, très altérées. Elles ont des dimensions extrêmement variables, la minéralisation du type rocheux est très rare dans la zone qui, peut-être, a été exploitée avant. Généralement elles se trouvent dans les zones de dépression parfois cachés sous les blocs et les éboulis de BHQ.

Au point de vue chimique, ces 22 échantillons se caractérisent par :

-  une teneur relativement élevée en Fe_2O_3 et CaO ;
-  une faible teneur en SiO_2 total ;
-  une très faible quantité de Al_2O_3 , de MgO , de MnO , de TiO_2 , de P_2O_5 et de SO_4 ;
-  une faible teneur en alcalins et une tendance potassique marquée (K_2O supérieur à Na_2O).

On peut conclure que les éléments chimiques essentiels de ces poches d'hématite siliceuse sont : le fer et la silice.

Par rapport à leur teneur en fer, selon la SNIM, les minerais sont classés en :

- Minerai pauvre (stérile ou S) dont le pourcentage en fer est inférieur à 50 % ($\text{Fe} < 50 \%$) ;
- Minerai moyen (mixte ou X) dont le pourcentage en fer varie entre 50 % et 60% ($50 \% \leq \text{Fe} < 60 \%$) ;
- Minerai riche (minerai ou M) avec un pourcentage de fer supérieur ou égal à 60 % ($60 \% \leq \text{Fe}$) ;

Selon la SNIM, les minerais moyens et riches sont commercialisables.

Enfin on peut dire que les poches cartographiées présentent en pourcentage de fer de (46 à 60.9 % en fer).

Conclusion générale :

La dorsale Réguibat se caractérise du point de vue lithologique par la présence d'un socle ancien formé de gneiss et des granitoïdes ainsi que par les ceintures de roches vertes et par l'abondance de formations de fer rubanées (BIF) plus récentes ; les BIFs archéens du Tiris et les BIFs de protérozoïque inférieur du groupe d'Idjil. Elle correspond aux formations d'Oussat- Ghallaman de Tiris, Tasiast, et d'Amsaga (domaine archéen) et aux formations de Karets, Yetti et Eglab (domaine birimien).

La région de Tiris s'individualise par son caractère ferri-fère. Les formations ferrugineuses s'étendent, en effet, sur une centaine de kilomètres autour de Zouerate. On y distingue deux types de formations encaissant deux types de minéralisations distinctes :

Groupe d'Idjil et le socle environnant ou groupe du Tiris. Ce dernier correspond à une série précambrienne de métamorphisme catazonal essentiellement quartzo-feldspathique. Elle inclut des niveaux de quartzites à magnétite d'extension régionale autour de Zouérate. Leurs gisements sont considérés comme étant probablement des dépôts sédimentaires clastiques originaires des BIF archéennes du type Algoma.

La Kédiat d'Idjil, (groupe d'Idjil), y appartient le gisement de F'Dérik, correspond à un ensemble d'unités allochtones en discordance tectonique complète sur le groupe du Tiris. Son âge birimien est précisé par les âges modèles Nd à 2.1 ± 0.2 Ga. Le métamorphisme y est épizonal.

Cependant leurs gisements sont des BIF de type lac Supérieur qui ont été formées dans le Protérozoïque après la formation des gisements de fer de Tiris dans l'Archéen.

Un des événements majeurs de l'histoire tectonique du Groupe d'Idjil est sa mise en place en discordance sur le Groupe du Tiris. C'est donc par rapport à cet

événement que doit être reconstituée la succession des différentes phases tectoniques observées.

On pourra ainsi distinguer les phases précoces constituant les phases les plus importantes, les phases contemporaines de la mise en place et les phases tardives.

La cartographie géologique effectuée ainsi que les nombreuses levées de direction et de pendage ont montré que le BIF existe sur tout le long de la bordure Nord et Nord-Est de la Kédiat d'Idjil.

Deux types de minéralisations d'hématite ont été reconnus au niveau du gisement de F'Dérrik comme dans tous les gisements de la Kédiat d'Idjil:

La minéralisation d'hématite en plaquettes et la minéralisation de type rocheux.

Trois principales hypothèses sur l'origine de ces minéralisations se distinguent : Origine synsedimentaire, origine métasomatique ou hydrothermale et origine latéritique par circulation d'eaux météoriques.

L'étude microscopique effectuée sur des échantillons ferrifères du gisement de F'Dérrik nous a permis de distinguer une minéralogie simple avec quartz, hématite et de chlorite avec et de faible proportion de : martite, magnétite et ilménite. Antérieurement, quelques auteurs ont pu distinguer en plus de ces minéraux précédemment cités des aluminosilicates en accessoires (stilpnomélane parfois transformé en kaolinite). En revanche, cette simplicité minéralogique est expliquée sur le plan géochimique par la pauvreté extrême de tous les éléments chimiques à l'exception du fer et de la silice. Ces deux éléments sont corrélés négativement. Cette corrélation indique donc un caractère géochimique du lessivage supposé par des eaux météoriques, lessivage qui conduirait à la formation du minerai.

Cependant, la même étude nous a permis de déterminer trois principales phases de minéralisations à savoir: phase précoce synsedimentaire liée à la sédimentation des BIFs et, une deuxième phase liée à la tectonique constituant la

phase la plus importante. A ces deux phases s'ajoute une troisième phase résultant de l'altération météorique.

D'autre part, tous les travaux de prospection qui ont été réalisés sur la Kédiat d'Idjil se focalisent sur les affleurements de sa bordure Nord. A cet effet, tenant compte des données théoriques sur l'origine de la minéralisation, nous pensons que d'autres concentrations d'origine non météorique cachées peuvent exister dans la Kédiat d'Idjil, (cas de TO14). Donc la réalisation des sondages aux niveaux de zones tectonisées et à grande profondeur s'impose.

Références Bibliographiques :

- 1- ABDIVALL, T., 1994, Caractérisation pétrographique et géochimique du plutonisme birimien de la dorsale Réguibat (Mauritanie, Afrique de l'ouest). Thèse Université Nancy1, (France)., 172 p.
- 2- BESNUS, Y., 1977, Etude géochimique comparative de quelques gisements supergènes de fer. Thèse Université Louis Pasteur de Strasbourg (France)., 101p.
- 3- BESNUS, Y., BRONNER, G., MOSSER, C., et OKSENGORN, S., 1969, Etudes géochimiques et minéralogiques sur la province ferrifère du Tiris (Précambrien de la Dorsale Réguibat, Fort- Gouraud, Mauritanie). Bull. Serv. Carte Géo/., Als. Lorr., 328p.
- 4- BESSOLES, B., 1977, Géologie de l'Afrique. Le Craton Ouest Africain. Mém. B.R.G.M., Paris, 88, 403 p.
- 5- BLANCHOT, A., 1975, Plan Minéral de la République Islamique de Mauritanie. Rapport B.R.G.M. Direction des Mines et de la Géologie.
- 6- BRONNER, G., 1970, Plissement, cisaillement, boudinage et laminage : mécanismes essentiels de la formation de la brèche d'Idjil (Précambrien de la dorsale Réguibat, Fort- Gouraud, Mauritanie septentrionale). Bull. Serv. Carte Géo/. Als.-Lorr., p. 51-83.
- 7- BRONNER, G., 1988, Mémoire. La Chaîne de M'Haoudat (Mauritanie). Géologie, Architecture, Minéralisations ferrifères riches associées. Rapport Inédit Société Nationale Industrielle et Minière, 33p.
- 8- BRONNER, G., 1992, Structure et évolution d'un craton archéen. La dorsale Réguibat occidentale (Mauritanie). Tectonique et métallogénie des quartzites ferrugineux, thèse d'Etat; Document du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) France, N° 201, 448p.
- 9- BRONNER, G., CHAUVEL, J.J., 1979. Precambrian Banded Iron Formation of the Idjil Group (Kédiat Idjil, Réguibat Shield, Mauritania). Economic

Geology /. P. 77–94.

- 10- BRONNER, G., CHAUVEL J.J., and TRIBOULET, C., 1990a, Geochemistry and knowledge of banded iron formations: The Western African Shield, an example. In Ancient banded iron formations (Regional presentations), Theophrastus Publ., Athens, Greece, p. 135 156.
- 11- CARUBA, R., et DARS, R., 1991, Géologie de la Mauritanie, livre géologique spécifique, document de la direction national des mines, 321p.
- 12- DESTOMBES, J.P., 1962, Essai d'interprétation structurale de la Kédiat d'Idjil. Rapp. B.R.G.M., documents office mauritanienne de recherche géologique (OMRG), Nouakchott, 79 p.
- 13- Document : Mode opératoire pour établissement de Log lithologiques et échantillonnage des sondages de recherche minière, (Référence : MO/215-200/001).
- 14- Document : Implantation et suivi des sondages de recherche minière (Référence : PP/215- 200/005).
- 15- Document : Saisie des données des informations de sondages de recherche minière (Référence: PP/215-200/008).
- 16- Document : Reconnaissance d'un gisement minière (Référence : PP/215-200/006).
- 17- Document : Elaboration des plans géologiques prévisionnels (PGP) d'un gisement minière. (Référence : PP/215-200/007).
- 18- EL HADJ, H., 2002, Les minéralisations aurifères dans les formations ferrifères d'Aouéouat, Tasiast, Mauritanie. Mémoire de Maîtrise, 229 p. Université du Québec à Montréal (UCAM).
- 19- El MOKHTAR, M., 2008, Approche Géologique Appliqué à la Recherche de Type BIF, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master, Faculté de Sciences DHAR EL MEHRAZ FES-Maroc, 42 P.
- 20- GROVES, D.I., FRANK, P.B., 2007, Geodynamic settings of mineral deposit systems Journal of the Geological Society, London, Vol. 164,

pp. 19–30.

- 21- HAMDINOUE, O., et Emine, O., 2007, Recherche des gisements de minerais de fer dans la Kédijat d'Idjil (Mauritanie), Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Maîtrise en Géologie minière, Faculté de Sciences et Techniques-Nouakchott, page 18.
- 22- JEBRAK, M., et ÉRIC, M., 2008, Géologie des ressources minérales, Association géologique du Canada, Ressources naturelles et Faune Québec, Gouvernement du Québec 667 pages.
- 23- KANE, M., 1983, Province ferrifère du Tiris. Rapport Inédit Société Nationale Industrielle et Minière., 28p.
- 24- KASSEL, K., 2007, Potentiel géologique mauritanien. Table ronde sur le secteur pétrolier et minier. Exposition 49 diapo.
- 25- LAHONDERE, D., THIEBLEMONT D., GOUJOU J.-C., ROGER J., MOUSSINEPOUCHKINE, A., LE METOUR J., COCHERIE A., GUERROT C., 2003, Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Nord de la Mauritanie. Volume 1. DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott.
- 26- MEL'NIK, Y.P., 1982, Precambrian Banded Iron-Formations; physicochemical conditions of formation, Developments in precambrian geology vol. 5, Elsevier North-holland inc., 310 p.
- 27- MOKTAR, D., 2009, Etude pétro-métallographique de la minéralisation polymétallique de la ceinture de roches vertes archéenne d'Aouéouat (Tasiast, nord de la Mauritanie), Master, univ. Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc 64p.
- 28- OKSENGORN, S., 1973, Les gisements de fer de la région de Zouérate (République de Mauritanie). Industrie Minérale, 15p.
- 29- OKSENGORN, S et B. DUFOUR., 1971, Gisement de F'Dérik, Bilan des recherches au 1 Juin 1971, Compagnes de sondages 1969-1971, Rapport de Travaux de recherches de Département Mine (MIFERMA-

- MAURITANIE), page 2, 6, 11, 17-18.
- 30- ROUTHIER, P., 1980, Où sont les métaux pour l'avenir ? Les provinces métalliques Essai de métallogénie globale. Mémoire du BRGM n° 105. P 206,2, 16.
 - 31- SCHOFIELD, D.I., GILLESPIE, M.R., 2007, A tectonic interpretation of «Eburnean terrane » outliers in the Reguibat Shield, Mauritania, Journal of African Earth Sciences 49, 2007, Pages 179-186.
 - 32- Sidi Med, O., 2010, Recherche des Gisements de Minerai de Fer dans la Kédiat d'Idjil (Exemple : Zone Tazadit), Mauritanie, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master Géo Science, Faculté de Sciences et Techniques-Dakar, 35 P.
 - 33- SIMONSON, B.M., ET KAUFMAN, A., 2009, Banded Iron Formations and The Early Atmosphere, Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments, Springer-Verlag 2009, 11 p.
 - 34- Thierry De Putter et Sophie Decrée (2010), Séminaire de présentation et de discussion sur la transition BHQ-MRN à Idjil (Mauritanie), Aspects Minéralogiques, Géochimiques, Thermodynamiques et Isotopiques et Comparaison avec d'autres gisements, exposé en power point au Département de Recherche Géologique de la SNIM.
 - 35- TRENDALL, A.F., Et MORRIS, R.C., 1983, Iron formation: Facts and problems, Developments in precambrian geology vol. 6, Elsevier Science Publishing inc., 557 p.
 - 36- Yakoub, O., 2010, Etude de l'Environnement des minéralisations ferrières de TO14 de la Kédiat d'Idjil (Mauritanie), Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master Géo Science, Faculté de Sciences et Techniques-Dakar, 36 P.

Summarized of the memory:

The Mauritania is a country in West Africa, is very rich in mineral resources, it consists of five big geological units that are from the most ancient to the most recent (Abdi Vall 1994) :

- The dorsal Réguibat : in the North of the country;
- The sedimentary basin of Taoudeni : in the center and in the East;
- The sedimentary basin of Tindouf : in the extreme North and the North-west;
- The chain of Mauritanides : in the West of the basin of Taoudeni;
- And finally, in border of the central Atlantic Ocean, the marginal basin of Mauritania or the coastal basin Sénégal-Mauritanien in the West.

The dorsal Réguibat is characterized in terms of lithology by the abundance of banded iron formations (BIF); the BIFs Archean of type Algoma of the Tiris, and the BIFs of type Lake Superior of the inferior Proterozoic of the group of Idjil.

The Kédiat of Idjil, including the deposit belongs F'Dérik the object of our study, and the western limit of the dorsal Réguibat, is composed essentially of banded iron formation (BIF) and breccias with some schist and mica schist; The banded iron formation Proterozoic of the Kédiat Idjil are lithologically rocks formed of alternating beds, millimeters or centimeters thick, pure silica and a bed rich in iron oxides (hematite and magnetite).

The Kédiat Idjil (Idjil group) corresponds to a big asymmetrical syncline delimited by two faults and is constituted by six superimposed tectonic units, in complete tectonic discordance on the group of Tiris. (Bronner 1979). it is performed by an epizonal metamorphism and two principal phases of deformation : Phase 1: characterized by a synmetamorphic intense fold, And Phase 2: definitely posterior, which involves, during a progressive structural evolution, shearing, extrusion and rolling, although partial recrystallizations are observed.

The microscopic study of samples iron deposit F'Dérik allowed us to distinguish a simple mineralogy with quartz, hematite and chlorite, with low proportion of : Martite, magnetite and ilmenite. Previously, some authors were able to distinguish in addition to these minerals previously quoted of aluminosilicates out of accessories (stilpnomelane sometimes transformed into kaolinite).

geochemically, the ferruginous facies are very rich in Fe and in Si, and very poor in other elements.

Two types of mineralization of hematite were recognized in these formations: mineralization in plaques, and typical mineralization rocky.

In these mineralizations correspond three main genetic hypotheses: Origin syndimentary, origin metasomatic or hydrothermal, and origin lateritic by circulating meteoric waters.

However, the microscopic study allowed us to determine three phases of mineralizations: phase early syndimentary related sedimentation of the BIFs, and a second phase related to tectonics. In these two phases we can add the third phase resulting from meteoric deterioration.

ملخص الرسالة:

تقع موريتانيا في الشمال الغربي للقارة الإفريقية، وهي بلد غني بالمصادر المعدنية. وتتألف من خمس وحدات أجيولوجية رئيسية وهي: من الأقدم إلى الأحدث (حسب الدكتور عبيد فال في مذكرة تخرجه بجامعة نانسي 1 بفرنسا سنة 1994) :

- ظهر أركيبات: يقع في الشمال الموريتاني؛
 - الحوض الرسوبي لتاودني: في وسط البلد، ناهيك عن وجوده في شرقه كذلك ؛
 - الحوض الرسوبي لتيندوف: في أقصى الشمال و الشمال الغربي للبلد؛
 - سلسلة الموريتانيد : و تقع غرب الحوض الرسوبي لتاودني؛
 - و أخيرا و بمحاذاة المحيط الأطلسي يقع الحوض الرسوبي السنغالي الموريتاني، في الناحية الغربية للبلد .
- يتميز ظهر أركيبات من حيث الخصائص الصخرية بوفرة تشكيلات من أكسيد الحديد المتطبقة، و تنقسم هذه التشكيلات إلى نوعان أساسيان: التشكيلات الخاصة بتيرس و يعود عمرها إلى عصر الأركي وهي من صنف آلکوما ؛ والتشكيلات الخاصة بكدية الجل وهي من عصر لبروتروزويي الأعلى، ومن صنف لاک علوي.
- كدية الجل تضم أفديرك (موضوع دراستنا)، تقع في الحدود الغربية لظهر أركيبات و تتكون أساسا من تطبق لكوارتز مع أكسيد الحديد و لبرش و بعض الشست و الميكا شست؛ لكوارتز المتطبق مع أكسيد الحديد لكدية الجل من عصر لبروتروزويي ، يتكون أساسا من تناوب طبقة بسمك مليمترى أو سنتيمترى من السلس النقي مع أخرى من أكسيد الحديد (الهيمايتيت او المانتيت).
- إن كدية الجل هي عبارة عن طية مقعرة كبيرة غير متناظرة يحيط بها فالقين، و تتألف من ستة وحدات تكتونية مرصوفة متموضعة فوق مجموعة تيرس بعدم توافق كامل (أبرونر 1979)، وقد خضعت لتحول جزئي، و طورين تكتونيين أساسيين :

الطور الأول و يتميز بطيات مع تحول مكثف،

الطور الثاني وهو تطور بنوي تدريجي: تمدد، تقلص، قص، مع ملاحظة تبلور جزئي.

الدراسة المجهرية التي أجريتها علي عدة عينات من منجم أفديرك مكنتنا من ملاحظة تمعدن بسيط من: لكوارتز، الهيمايتيت، و لكلوريت مع نسبة منخفضة من الماريتيت و الماجنتيت و الإلمنيت، وقد ضاف بعض الكتاب قديما إلى هذه المعادن الألمينو سليكات كمعادن ثانوية.

أجيوكيميايا هذه العينات المعدنية تتميز بغناها المطلق بالحديد و السلس، و فقرها الشديد لباقي العناصر المعدنية.

وقد تم التعرف علي نوعين من تمعدن الهيمايتيت في هذه التكوينات وهما: تمعدن علي شكل صفائح، و تمعدن علي شكل كتل صخرية.

حول منشأ و أصل هذه التمعينات هناك ثلاث فرضيات رئيسية وهي : منشأ من أصل رسوبي، منشأ من أصل متحول نتيجة لعوامل التعرية، ثالثا منشؤها نتيجة لحركة المياه المحملة بالأحماض: تذيب السلس و تنشئ الحديد النقي.

الدراسة المجهرية سمحت لنا بتحديد ثلاث مراحل تمعدن وهي : مرحلة مبكرة وهي مرحلة رسوبية، مرحلة ثانية مرتبطة بالتكتونيك، يمكن أن نضيف إلى هاتين المرحلتين مرحلة ثالثة ناتجة عن عوامل التعرية خاصة عوامل التعرية الجوية.