

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة جيجل
Université de Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم الأرض والكون

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master
Filière : Géologie
Spécialité : Ressources Minérales et Géomatériaux

Thème

**CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES ET
MINERALOGIQUES DES KAOLINS D'EL-MILIA-JIJEL, ALGERIE
NORD ORIENTAL
(CAS DU DJEBEL TAMAZERT)**

Présenté par : M^r ACHOUR. Massinissa

Soutenu publiquement le : 30/06/2013.

Devant le jury composé de :

Président : M^r BELALA. Z.
Encadreur(s) : M^{me} OUADDAH. A.
Examineur(s) : M^r BOUKAOU. H.



Année Universitaire 2012/2013

Table des matières



Remerciement	
Liste des Abréviations	
Résumé	
Introduction générale.....	1

Chapitre I

Généralités sur la zone d'étude

I.1- Situation géographique.....	3
I.1.1- Situation géographique du gisement.....	3
I.1.2- Climat, réseau hydrographique, reliefs et végétations de la région du gisement.....	3
I.2- Historique des principaux travaux géologiques antérieurs sur la région d'étude.....	6
I.2.1- Travaux géologiques antérieurs qui ont touché Djebel Tamazert.....	6
I.2.2- Travaux miniers antérieurs du gisement du Djebel Tamazert.....	6

Chapitre II

Contexte Géologique régional.

II.1- Les grands ensembles structuraux de la Petite Kabylie.....	9
A- Le socle kabyle.....	9
A.1- L'édifice supérieur.....	9
A.1.1- L'ensemble central et oriental.....	10
A.1.2- L'ensemble occidental.....	10
A.2- L'édifice de Beni-Fergane.....	11
A.3- L'édifice inférieur ou unité du cap Bougaroun.....	11
B- Les formations de type flysch.....	13
B.1-Flysch mauritanien.....	13
B.2- Flysch massylien.....	13
C- Les formations telliennes.....	13
D- Les Flyschs numidiens.....	14
E- Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle et les Olistostromes.....	14
E.1- Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle.....	14

E.2- Les Olistostromes.....	14
F- Les formations post-nappes.....	14
G- Les roches magmatiques.....	14
II.2- Aspect structural.....	15
II.2.1- Tectonique Mésozoïque (secondaire).....	15
II.2.2-Tectonique Cénozoïque (tertiaire).....	15
II.2.3- La néotectonique.....	15

Chapitre III

Cadre géologique local

III.1- Géologie du gisement de Tamazert	16
III.1.1- Les différentes unités structurales du secteur étudié.....	16
A- L'unité de Béni-Bélaïd.....	16
B- L'unité d'El-Hallam et cap Aourer.....	16
C- L'unité de Merbouha.....	17
III.1.2- Description des formations du Djebel Tamazert.....	19
III.1.2.1- Les gneiss feldspathiques.....	19
III.1.2.2- Les micaschistes.....	22
III.1.3- Tectonique et structure.....	23
III.1.3.1- Les failles.....	24
III.1.3.2- Les plis.....	25
III.1.4- Lithostratigraphie du gisement.....	25

Chapitre IV

Méthodes analytiques

IV .1- Sortie de terrain	28
IV .2- Les techniques de laboratoire	29
IV .2.1- Etude préliminaire	29
IV .2.1.1- L'analyse granulométrique	29
a- Principe et objectif	29
b- L'échelle des tailles des grains.	30
c- Protocole d'analyse.	30

d- L'interprétation granulométrique.....	31
IV .2.1.2- Détermination de la teneur de la fraction fine (15 µm).....	31
a- Principe Protocole de préparation.....	31
IV .2.2- Etude minéralogique.....	32
IV .2.2.1- L'identification minéralogique par la loupe binoculaire.....	32
a- Objectif et principe.....	32
b- Phase préparatoire des échantillons.....	32
IV .2.2.2- L'analyse minéralogique de kaolin par « DRX ».....	33
a- Principe et objectif.....	33
b- Phase préparatoire des échantillons pour DRX.....	34

Chapitre V

Caractéristiques pétro-minéralogiques du minerai

V.1- Description pétrographique.....	36
V.1-1- Kaolin Sableux ferreux.....	36
V.1-2- Gneiss kaolinique.....	39
V.2- Etude minéralogique.....	40
V.2.1- Examen du kaolin par loupe binoculaire.....	40
V.2.1.1- Corps Nord.....	40
V.2.1.2- Corps Central.....	41
V.2.2- Analyse diffractométrique des kaolins.....	42
V.2.2.1- Traitement des spectres et identifications des minéraux.....	42
A- Les spectres d'énergies de faisceau diffractés en fonction de l'angle de diffraction 2θ	43
A.1- Les spectres d'énergies de Corps Nord.....	43
A.2- Les spectres d'énergies de Corps Central.....	45
B- Interprétation des spectres DRX des deux corps.....	46
C- Comparaison des propriétés minéralogiques des kaolins des deux corps.....	48
V.3- Origine des Minéraux	49
V.3.1- Origine des minéraux argileux.....	49
V.3.1.1- Origine de Kaolinite.....	49
V.3.1.2- Origine d'halloysite.....	50

V.3.2- Origine des minéraux non argileux.....	50
Conclusion générale.....	51
Références bibliographiques.....	52
Liste des abréviations.....	54
Liste des figures.....	55
Liste des tableaux et photos.....	57
Annexe	

Remerciement

Mes reconnaissances les meilleures à tous les personnes qui ont de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce présent mémoire.

Ma gratitude et mon profond respect, à M^{eme} OUADDAH.A, Ce fut pour moi un grand honneur de travailler sous sa direction.

Mes remerciements à M^r LOUADJAHANI.F Directeur générale de " SOALKA " et à tous son personnel de m'avoir chaleureusement accueillie au sien de la société.

Mes Salutations les plus profondes au personnel de :

- ✓ *Laboratoire Géomatériaux - Université de Jijel.*
- ✓ *Laboratoire Rayons X de département Génie des Procédés
- Université de Béjaia.*
- ✓ *Laboratoire Génie Géologique - Université de Jijel.*
- ✓ *Laboratoire de paléontologie – Université de Jijel.*

Mon respect aux responsables de la :

- ✓ *Bibliothèque central – Université de Jijel.*
- ✓ *Bibliothèque du département Géologie – Université de Constantine.*
- ✓ *Bibliothèque du département Géologie – Université de Jijel.*
- ✓ *Bibliothèque du département Génie Civil – Université de Béjaia.*

Je remercie les membres de jury d'avoir accepter d'évaluer mon projet.

Dédicace

Je dédié ce présent mémoire à ma mère « TASSADIT » et mon père « SLIMANE », à mon petit neveu « LELACE », à ma Sœur « RYMA » et mon Frère « Mourad ».

Je dédié ce mémoire à tous les militants de la cause Berbère et à tous les victimes de la démocratie et de la liberté en Algérie.

Liste des Abréviations.

ORGM : Office de Recherche Géologique et Minière.

SOALKA : Société ALgérienne des KAolins.

ANRH : Agence National des Ressources Hydrique.

OMK : Oligo-Miocène Kabyle.

DRX : Diffraction des Rayons X.

HT : Haute Température.

HP : Haute Pression.

S : Sondage

SONAREM : Société National de la REcherche Minière.

BRGM : Bureau du Recherches Géologiques et Minières.

µm : micromètre.

ICDD : Centre International pour les Données de Diffraction.

CC : Corps Central

CN : Corps Nord

MEB : Microscope Electronique à Balayage.

Les Kaolins de Tamazert qui se situent à El-Milia (Jijel) se présentent sous forme de nappe plurimétrique, ces derniers ont été étudiés dans l'objectif de déterminer leurs propriétés pétrographiques ainsi que leur contenu minéralogique à fin d'avoir une approche sur leur métallogénie.

Pour répondre à la problématique posée précédemment on a suivi plusieurs procédures et analyses très avancées qui se résument dans l'analyse spectrométrique DRX, l'examen à la loupe binoculaire et l'analyse granulométrique...etc.

La granulométrie du Kaolin des deux corps (central et nord) du gisement est légèrement étalée et ressemble à celle de limons à petite teneur en fraction fine (fractions argileuses).

Les minéraux identifiés dans la zone d'étude sont : Quartz, Muscovite, feldspath plagioclase sodique (Albite), Biotite, Grenat, Kaolinite qui est relativement déchiquetée et mal cristallisée, halloysite à cigares et à faible concentration.

Le Quartz constitue le minéral principal du sable kaolinique de Tamazert et il se présente sous forme de veinules mélangé avec de la kaolinite terreuse très friable.

La puissance de la zone d'altération n'est pas constante. On n'observe pas de contact net entre la roche-mère et la zone d'altération mais le passage est progressif allant de stérile au minerai qui est encaissé pour l'occasion dans des Gneiss et des Micaschistes.

Le kaolin de Tamazert est d'origine hydrothermale, provenant de l'altération de roches feldspathiques et potassiques, ayant subi l'influence des eaux de mer et atmosphériques qui sont engagées dans le processus d'altération.

Mots clés: Kaolin, Petite Kabylie, Tamazert, Kaolinite, Gneiss, Quartz, DRX.

Abstract

The Kaolins of Tamazert which are located at El-Milia (Jijel) present in the form of plurimetric tablecloth, the latter were studied in the objective to determine their petrographic properties like their mineralogical contents at end to have an approach on their metallogeny.

To answer the problems one followed several very advanced procedures and analyses which are summarized in spectrometric analysis DRX, the examination with the binocular magnifying glass and grain size analysis... etc

The granulometry of the Kaolin of the two bodies (central and northern) of the layer is slightly spread out and which resembles that of silts with small content of fine fraction (argillaceous fractions).

The minerals identified in the zone of study are: Quartz, Muscovite, White feldspar, Biotite, Grenat, Kaolinite which is relatively shredded and badly crystallized, halloysite with cigars and weak concentration.

Quartz constitutes the principal phase of the kaolin of Tamazert and it is presented in the form of veinules mixed with very friable earthy kaolinite.

Résumé

The power of the zone of deterioration is not constant. One does not observe a contact net between the rock-mother and the zone of deterioration but the passage is progressive going from sterile to the ore which is boxed for the occasion in Gneisses and Mica schists.

The kaolin of Tamazert is of hydrothermal origin, coming from the deterioration of the feldspathic and potassic, having been subject to the influence of sea waters and atmospheric rocks which are committed in the process of deterioration.

Key words: kaolin, small kabylie, Tamazert, Kaolinite, Gneiss, Quartz, DRX.

Les matières premières minérales s'impose aujourd'hui plus ce que jamais comme la base de tout développement économique de n'importe quel pays.

L'Algérie le plus grand pays d'Afrique présente un énorme potentiel minéral de toute catégorie confondue, et toute activité d'exploitation qui rentrera dans ce domaine est d'une exigence de premier ordre à fin de mettre en œuvre en fait la volante politique de nos dirigeants de diversifié l'économie nationale.

Comme on va le traiter dans ce présent mémoire le kaolin de Tamazert fait partie des plus grandes gisements des terres argileuses que l'Algérie et la wilaya de Jijel possèdent et qui a déjà fait l'objet d'une exploitation dès les années 1970 par BRGM avec une capacité de réserve minière d'environ 15 millions de tonnes selon (spa SOALKA).

Les kaolins appartiennent au groupe des silico-alumineux phylliteux et ils sont très recherchés pour leurs propriétés très intrinsèques comme (leurs blancheurs et plasticités, caractères réfractaires, résistances aux acides et à la corrosion, leurs chimie inerte.....etc.)

La commercialisation du kaolin est liée directement à leurs propriétés chimiques, granulométriques, minéralogiques et pétrographiques d'où l'idée de notre sujet.

Ce présent mémoire est dans le but de réaliser une étude géologique, Géologique, minéralogique, pétrographique du gisement du Tamazert (El-Milia) qui est essentiellement le Kaolin sableux.

À travers cette étude, nous espérons atteindre quatre objectifs à savoir :

- ❖ Expliquer le cadre géologique du gisement, son encaissant, sa morphologie, son origine, et son extension approximatif.
- ❖ Déterminé les différentes phases minérales présentes dans ce kaolin (minerai, gangue).
- ❖ Décrire l'aspect pétrographique du kaolin.
- ❖ Expliquer les conditions de mise en place du notre gisement.

Pour atteindre ces objectifs, nous adopterons une démarche simplifiée et concrète. Elle se résumera en ces quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre nous avons décrit les aspects généraux, localisation géographique, relief, réseau hydrographique...etc. et nous avons parcouru l'historique des travaux antérieurs sur la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre est consacré a mettre le gisement dans son contexte géologique régional, la géologie d'El-Milia et de Collo.
- Le troisième chapitre est pour but de décrire la géologie du gisement et tous les faciès rencontrés.

Introduction générale

- Le quatrième chapitre est consacré aux méthodologies adoptées pour la réalisation des différentes analyses.
- Dans le cinquième chapitre nous avons présenté les résultats des analyses obtenus et discuter la composition minéralogique et les caractéristiques pétrographiques du kaolin de Tamazert.
- Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale qui fera ressortir les résultats finaux des interprétations des différentes analyses effectuées.

Chapitre I

Généralités sur la zone d'étude

I.1- Situation géographique.

I.1.1- Situation géographique du gisement.

La Petite Kabylie dont fait partie le secteur étudié, s'étend sur plus de 150 Km entre la région de Jijel à l'Ouest et la région de Skikda à l'Est (NE Algérien) (Fig 1).

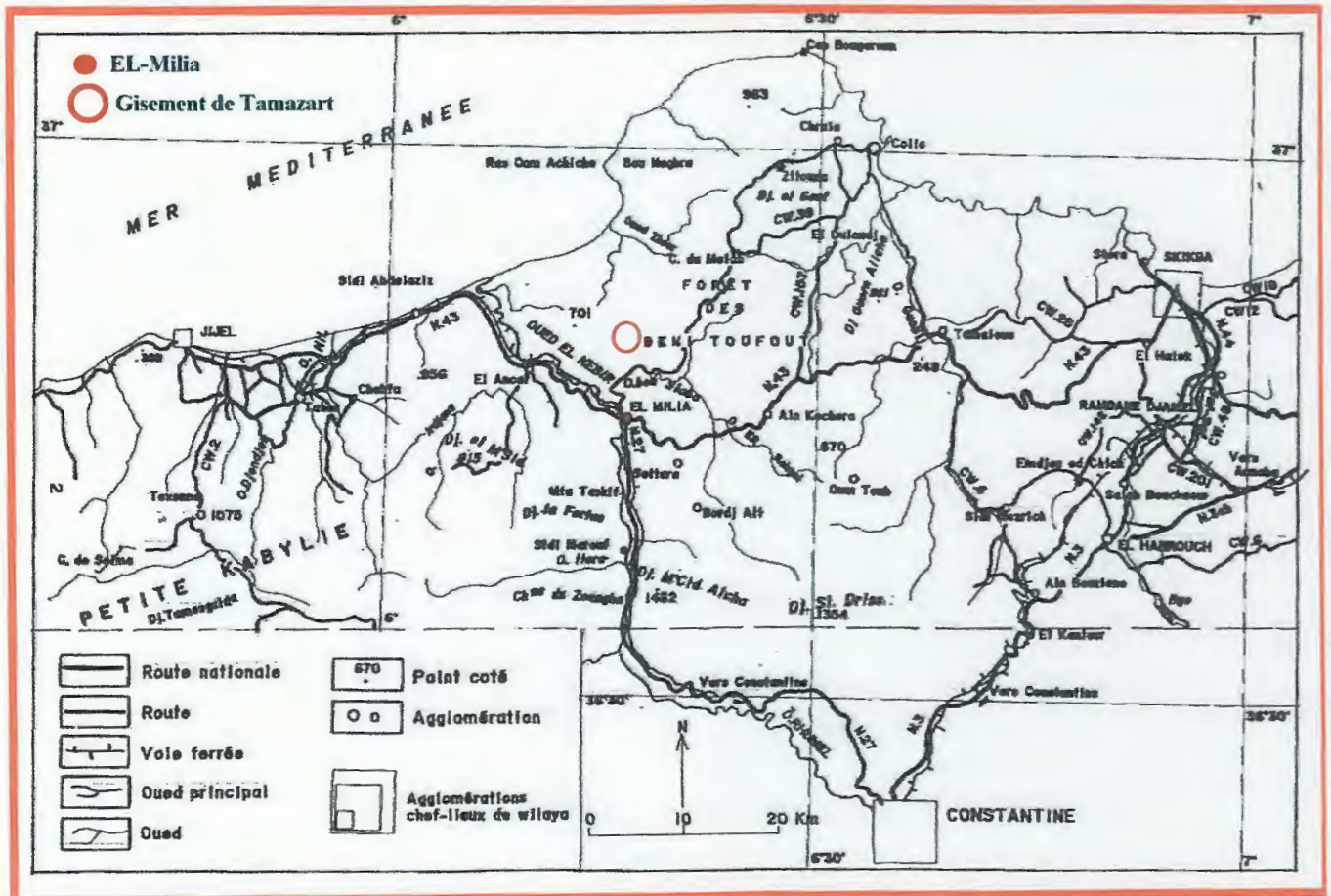


Figure 1 : Situation géographique de la Kabylie de Collo (extrait de la carte topographique de Constantine 1/500000).

Le gisement de Tamazert objet de notre étude est situé à 17 Km au nord de la ville d'El-Milia, 45 km de la ville de Jijel de côté ouest, 35 km de la ville de Collo et 65 km de la ville de Constantine, 10 km la mer méditerranéenne.

Il est entouré au Sud par le Douar Chefra et au N-W par le Djebel Adjar, à l'Ouest par le Douar Ouled Boufaa et de l'Est par les collines d'Azarar, le gisement est compris entre la longitude 6° 5' et la latitude boréale 36°5' (Fig 2), le point culminant de la région se trouve à 611 m (Ain Sra), les reliefs sont relativement abrupts (Fig 4).

I.1.2- Climat, végétations, reliefs et réseau hydrographique de la région du gisement.

• Climat et végétations.

La région de Jijel dont fait partie le gisement de Tamazert est caractérisé par un climat tempéré, avec un été chaud, un hiver doux et humide, elle est l'une des zones les plus arrosées en Algérie. Bénéficiant d'une façade maritime, le littoral de Jijel reçoit des pluies abondantes. Pendant la période 1993-2003, la région a reçu annuellement entre 633mm et 1190mm de pluie (d'après ANRH. Jijel 2003). La répartition mensuelle des pluies durant l'année 2002 montre un déficit estival, 4 mm en juin et une bonne distribution en hiver avec 407 mm en décembre (ANRH. Jijel, 2003).



Figure 2 : Situation géographique de gisement de Tamazert illustrée dans une carte satellitaire (Google Earth, 2013).

Ces conditions climatiques permettent aux facteurs d'altération d'affecter les roches physiquement et chimiquement pour produire des sédiments détritiques terrigènes et des matériaux nouveaux mais parfois utiles, l'altération chimique joue un rôle très important, surtout à l'intérieur du sol, et lorsque la roche en question est une roche éruptive ou métamorphique.

• Reliefs, Réseau hydrographique.

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense, il est constitué essentiellement de plusieurs oueds principaux tel qu'Oued Nil, Oued Mencha, Oued Djenjen, Oued el Kébir, Oued Zhour et leurs affluents (Fig 3). Ces oueds qui jouent un rôle

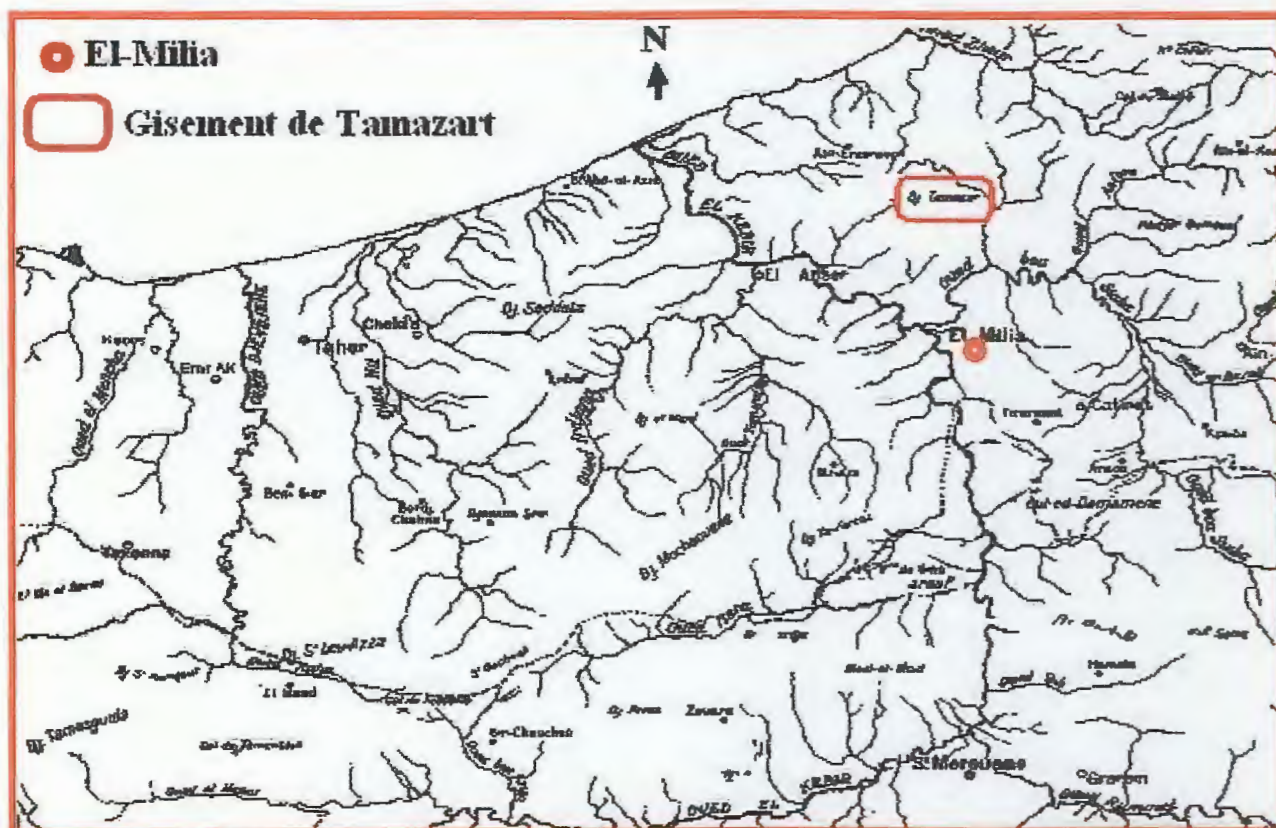


Figure 3 : Principaux Oueds qui drainent la partie orientale de la wilaya de Jijel (D'après Durand Delga, (1955).

très important dans l'érosion et le transport des sédiments vers la mer contribuent ainsi à l'alimentation des plages par ces formations détritiques susceptibles d'être des concentrations minérales exploitables comme le cas des sables.

Dans la région de Jijel il y a pas de conditions géomorphologiques et géologiques favorables pour l'écoulement des eaux souterraines.

Plus précisément, Ce gisement occupe une haute situation hypsométrique (fig. 4), avec une topographie très accidentée (fig. 4) et le développement des schistes faiblement perméables et les gneiss favorisent une nette prédominance de l'écoulement des eaux superficielles sur celui des eaux souterraines.

Chapitre II

Contexte Géologique régional.

Introduction

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogène alpin péri-méditerranéen (Durand-Delga, 1969) d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud à l'arc calabro-sicilien (figure 5).

Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place de **nappes de charriages**. C'est le domaine des nappes ou domaine **allochtone**.

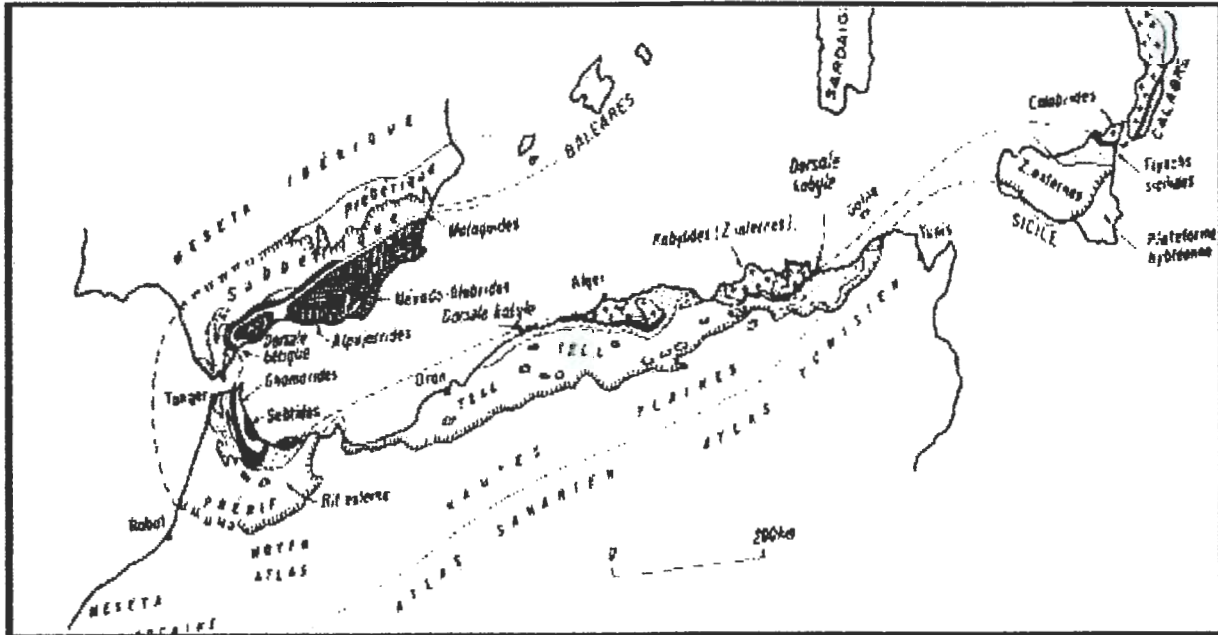


Figure 5 : L'orogène alpin péri-méditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969)

Les massifs cristallophylliens de la petite Kabylie dont fait partie notre zone d'étude, s'étend sur plus de 150 km, le long du littoral algérien, entre la ville de Jijel à l'Ouest et la ville de Skikda à l'Est et sur une largeur d'environ 50km (Figure 6). Il fait partie des zones internes de la chaîne tellienne (M. Durand Delga, 1955 ; J.P. Bouillin, 1977 ; J.M. Vila, 1980).

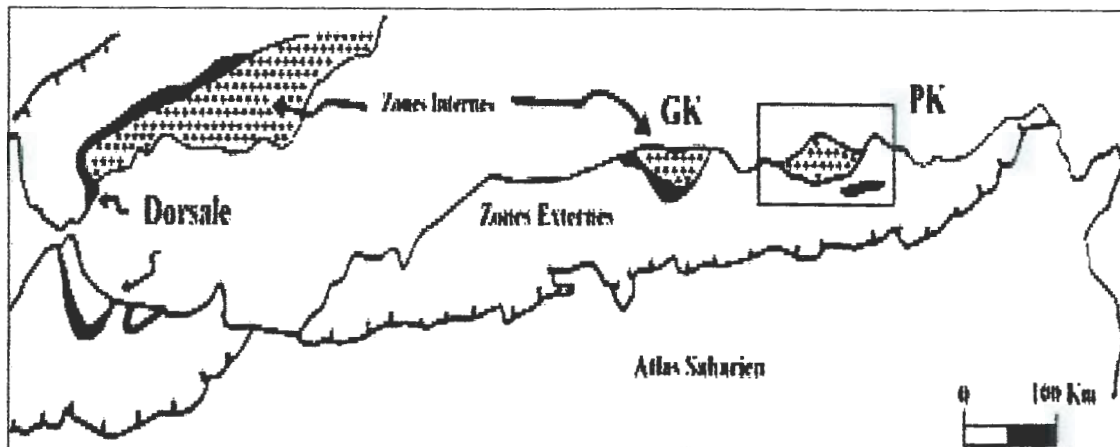


Figure 6 : Position des massifs de la Petite Kabylie dans les formations de la chaîne des maghrébides– GK, Grande Kabylie ; Petite Kabylie. (Y. Mahdjoub et Merle, 1990).

Cette superposition est due à un charriage du socle de petite Kabylie vers le Sud sur les unités de couverture de la chaîne calcaire, représentées par les unités des flysch et les unités telliennes.

Selon J.P. Bouillin (1977), le socle est charrié dans cette partie sur une flèche d'environ 30Km. Cette superposition est bien illustrée au niveau de la fenêtre de Béni-Toufout. (Figure 8).

La Kabylie de Collo et d'El-Milia est caractérisée par une prédominance des formations cristallophylliennes. Ces formations sont représentées du Nord au Sud par:

- Des paragneiss granulitiques, auxquels s'associent des roches basiques et ultrabasiques.
- Des micaschistes et des gneiss, ainsi que par d'importantes masses de granite (Béni Toufout et Cap Bougaroun), de microgranite, de microdiorite, et de granodiorites (région de Collo et d'El-Milia) et des injections de laves acides (région de Collo) (Roubault .M, 1934, Bouillin .J.P, 1977 ; Ouabadi .A, 1987 et 1994 ; Bouftouha .Y, 1989 et 2000).

II.1- Les ensembles géologiques de la région

A- Le socle kabyle

Selon les travaux de Mahdjoub. Y (1991) les formations du Socle Kabyle peuvent être Subdivisées en trois unités structurales (Fig.7) et elles sont illustrées encore dans le (Figure 9) : avec de haut en bas :

A.1- L'édifice supérieur

Cet édifice est la plus haute partie du Socle Kabyle. Il est forme de deux ensembles

A.1.1- L'ensemble central et oriental : (régions de Sidi Mezghiche et de Skikda) est formé par la superposition des séries suivantes (Mahdjoub .Y, 1991) :

- Une série inférieure paragneissique, parfois migmatitique, formant le cœur d'une antiforme E-W tardive. Ces paragneiss sont surmontés par une alternance de métapelites et des marbres. L'ensemble est largement intrudé par des granites orthogneissifiés.
- Une série intermédiaire formée par une alternance de grès quartzitiques et de métapelites renfermant des lentilles de marbre.
- Une série supérieure, constituée par des phyllades.

Toutes ces séries lithologiques sont affectées par un métamorphisme de basse pression et de température variable selon qu'on se trouve à la base ou au sommet de la série (Mahdjoub .Y, 1991).

En outre les paragneiss et métapelites inférieurs parfois migmatitiques montrent des *paragenèses minérales de haute température*. Par contre les métapelites et les grésopelitiques supérieurs suggèrent des températures plus basses.

A.1.2- l'ensemble occidental : cet ensemble affleure à Texana et il est représenté par la série khondalite-kinzigitique, chevauchant les unités infra kabyles (Bouillin .J.P et al, 1977 ; Djellit .H, 1987). Cette série khondalite-kinzigitique est affectée par des zones de cisaillement relativement étroites.

Certains faciès de l'ensemble occidental sont mylonitisés et montrent une rétrogradation et une hydratation des paragenèses primaires. Cette évolution rétrograde et les zones de cisaillement associées à l'épaississement crustal et à la fusion partielle (migmatite et granite), développent un métamorphisme rétrograde du faciès granulite (HP-HT) au faciès amphibolite (BP-HT) (Mahdjoub .Y, 1991).

La série khondalite -kinzigitique de Texana est surmontée par un ensemble peu ou pas métamorphique (schistes noirs et terrains paléozoïques). Cet ensemble a été repéré et défini par Ehrmann (1928) ; Durant .Delga .M, (1955) ; Baudelot et al. (1981). La base de ces terrains paléozoïques est datée du Tremadocien dans le massif de Béni Affeur (Baudelot et al, 1981). L'ensemble peu ou pas métamorphique repose en discordance stratigraphique sur l'ensemble métamorphique (Durant .Delga .M, 1955; Baudelot et al, 1981 ; Bouillin .J.P, 1984). A ce propos, Mahdjoub .Y (1991) a interprété cette discordance comme étant une faille de détachement hercynienne, qui a fait superposer les unités épi-zonales sur les unités de plus hauts degrés (dôme gneissique).

A.2- L'édifice de Beni-Fergane

Cet édifice forme la bande de terrains située entre, la région de Kerkra (Sud de Collo) à l'Est et la région de Sidi Abed Alaziz à l'Ouest. Il est caractérisé par une superposition des deux types de métamorphismes dont le premier est de basse pression et le deuxième et de plus haute pression que le premier et de moyenne à haute température (Mahdjoub .Y, 1991).

L'édifice de Beni-Fergane est chevauché au sud par l'édifice supérieur et au Nord, il est recouvert par les formations numidiennes et les formations de l'OMK (Mahdjoub .Y, 1991).

Cet édifice dont se situe notre région d'étude (Djebel Tamazert) est constitué par :

- Des gneiss recoupés par des sills d'amphibolite.
- Des metapelites dans lesquelles s'intercalent des lames d'orthogneiss et de granites à sillimanite.
- Une alternance entre les metapelites claires et sombres avec des lentilles de pyroxénites de granites orthogneissifiés.

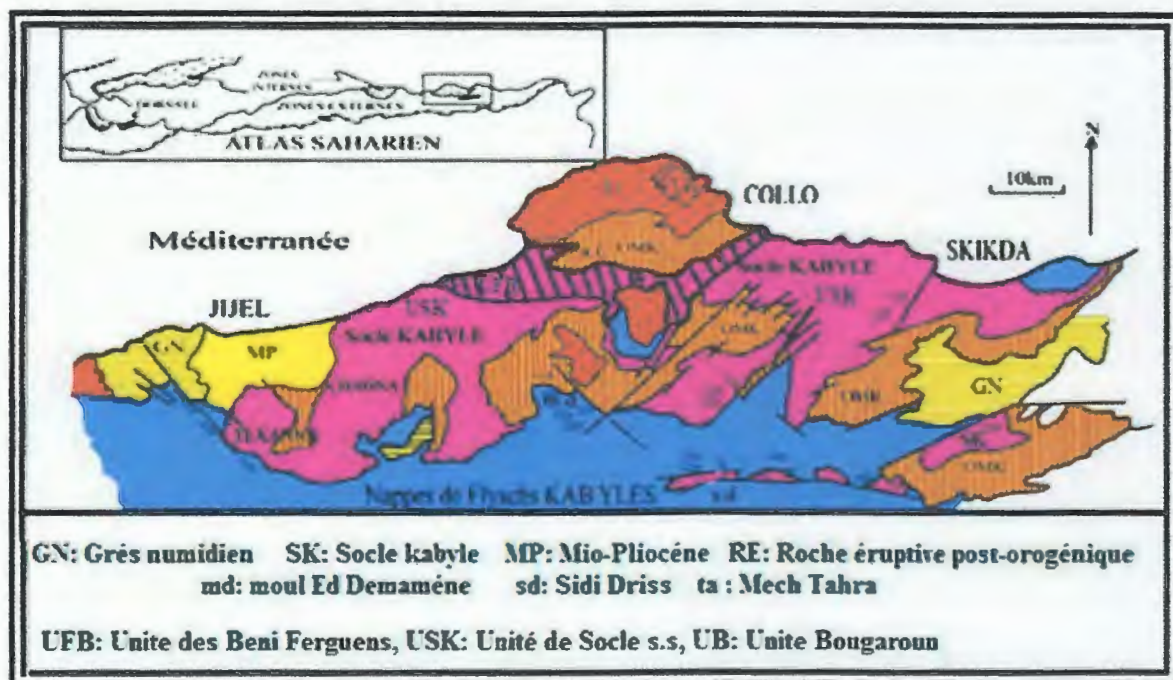


Figure 7 : Schéma structural de la Petite Kabylie (d'après Mahjoub, 1990) légèrement modifié.

A.3- L'édifice inférieur ou unité du cap Bougaroun

L'édifice de Cap Bougaroun occupant la partie Nord de la Kabylie de Collo, est formé par une masse granitique de forme grossièrement quadrangulaire, allongée sensiblement NE SW, affleurant sur environ 200 Km² (Roubault .M, 1934). Cette masse

traverse d'une part le Socle Kabyle dans la partie orientale et d'autre part les formations sédimentaires de l'Oligo-Miocène- Kabyle, les olistostromes et le flysch numidien.

Les formations du Socle Kabyle dans le massif du Cap Bougaroun sont représentées par des paragneiss kinzigitique (paragneiss granulitique a cordierite et sillimanite) renfermant des lentilles de marbre (Roubault .M, 1934; Bouftouha .Y, 2000). A ces paragneiss kinzigitiques sont associées des péridotites serpentinisées et une dizaine de corps podiformes de chromite (Roubault .M, 1934; Bouillin .J.P, 1977-1979; Bouftouha .Y, 2000).

L'ensemble granite-socle est traverse par de nombreux filons de rhyolite et par endroit, des filons de gabbro et de diorite quartzitique (Roubault .M, 1934).

L'édifice de Bougaroun est affecte par un métamorphisme précoce du facies granulitique (HT, HP) (Bouillin .J.P, 1977). Il est structuré en bloc faille emballé dans les granites Miocène (Roubault .M, 1934; Bouillin .J.P, 1979 ; Mahdjoub .Y, 1991). Des caractérisations des transformations d'un métamorphisme de contact engendrées par l'effet thermique du granite Miocène du Cap Bougaroune dans l'encaissant sédimentaire ont montré une zoneographie métamorphique dans une auréole métamorphique large de quelques kilomètres (Bouillin .J.P, 1977).

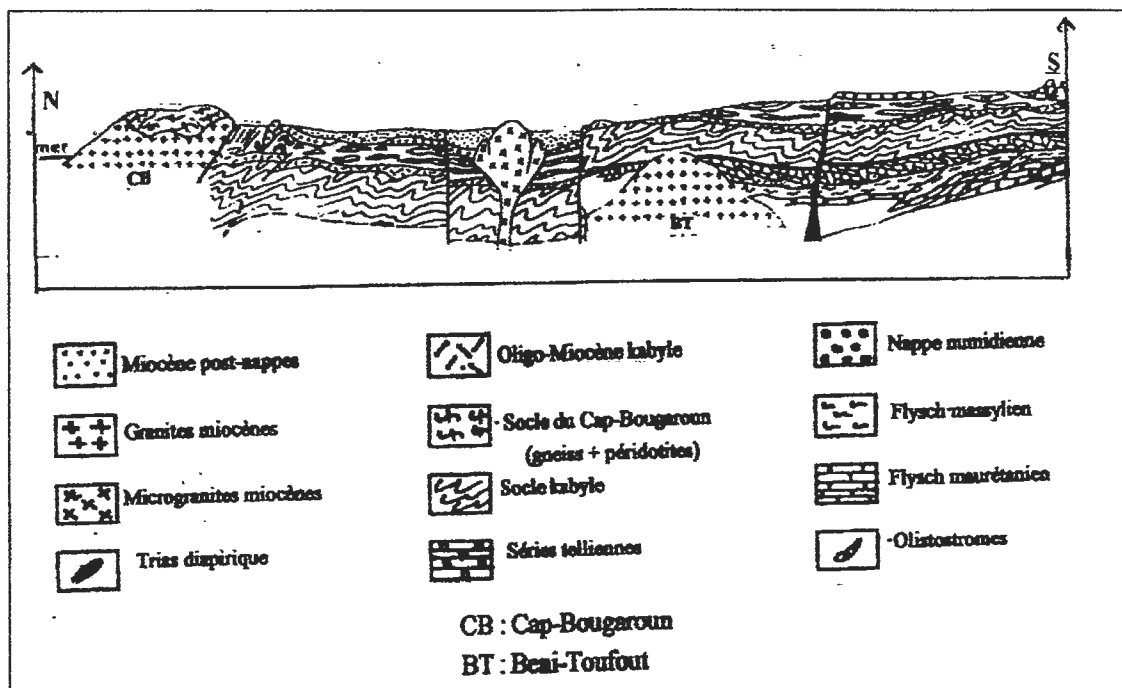


Figure 8 : Coupe synthétique de la Kabylie de Collo (d'après J.P Bouillin, 1977)

B- Les formations de type flysch

Les principales formations de type flysch, sont représentées par les séries mauritaniennes, les séries numidiennes et les séries massyliennes qui correspondent respectivement aux parties proximales et distales d'un même bassin (wildi. w, 1983). Pour d'autres auteurs, ces formations appartiennent à deux bassins distincts ; le premier Nord kabyle et le deuxième Sud kabyle (Djellit .H, 1987).

Ces formations avec leur substratum anté-crétacé forment des nappes à vergence sud qui viennent recouvrir les formations du domaine tellien (Mahjoub .Y ,1991).

B.1-Flysch mauritanien

Cette appellation a été proposée pour la première fois par Gélard .J.P (1969). Le flysch mauritanien comporte des séries assez variées (calcaire; microbrèches calcaires; conglomérats et argile) d'âge Néocomien à Albien supérieur (Gélard .J.P, 1969).

B.2- Flysch massylien

Le terme de flysch massylien a été proposé par Raoult .J.F (1969).

Ces formations regroupent trois ensembles qui sont de bas en haut :

- Des argiles et grés quartzitiques de l'Albo-Aptien.
- Des marnes et calcaires fins du Vraconien, des microbrèches et des conglomérats du Sénonien inférieur.
- Des bancs calcaires du Turonien-Cénomaniens des microbrèches à éléments calcaires et à ciment pélitique et des marnes, allant du Néocomien à l'Albien supérieur (Raoult .J.F, 1969).

- Dans la Kabylie de Collo et d'El-Milia, ces formations de type flysch affleurent au niveau de la fenêtre des Béni-Toufout et dans la partie sud d'El-Milia (Bouillin .J.P, 1977).

C- Les formations telliennes

Les séries telliennes sont représentées par :

- Des dolomies et calcaire à silex au Lias.
- Des calcaires et radiolarites au Malm.
- Des marno-calcaires à ammonites pyriteuses au Néocomien- Barrémien.
- Des marno-calcaires du Néocomien au Lutétien.
- Des marnes à niveau conglomératiques au Sénonien.

Comme les formations types de flysch, les formations telliennes affleurent au niveau de la fenêtre de Béni-Toufout et dans la partie Sud d'El-Milia (Bouillin J.P, 1977; Y. Bouftouha .Y, 1989 et 2000).

D- Les Flyschs numidiens

Les flyschs numidiens occupent la position la plus haute dans l'édifice structural de la région. Ils forment une entité à part et comporte, à la base des argiles dites sous numidiennes, de teinte verte, rouge et/ou violacée à Tubotomaculum. Ces argiles sont surmontées par des grès numidiens à dragées de quartz roulés. Le sommet se termine par des marnes et des silixtes dont la partie supérieure atteint le Burdigalien basal (Lahondère .J.C, 1979).

E- Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle et les Olistostromes.

E.1-Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle.

Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle forment la couverture sédimentaire transgressive et discordante des socles de Petite et de Grande Kabylie. Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle sont des formations détritiques qui comportent en générale trois termes lithologiques selon Bouillin .J.P et Raoult .J.F, 1971:

- *Un terme inférieur conglomérique discordant sur le socle kabyle.*
- *Un terme médian sous forme de grès lithiques micacés à débris de socle associé à des pélites micacés.*
- *Un terme supérieur pélitique et siliceux à radiolaires et diatomées.*

E.2- Les Olistostromes

Les Olistostromes sont des formations tectano-sédimentaires à matériel de flysch mauritanien, de flysch massylien, de flysch numidien, reposant sur les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle. Les Olistostromes sont largement développés au Nord de la Petite Kabylie.

L'âge de mise en place de cette formation est supposé Aquitanien à Burdigalien inférieur probable (Bouillin .J.P, 1977).

F- Les formations post-nappes

Ces formations comportent deux cycles sédimentaires (Bouillin .J.P, 1977) :

- *Un premier cycle constitué de marnes grises ou bleues, transgressives sur les terrains précédents.*
- *Un deuxième cycle, d'épaisseur réduite, ne dépassant guère les 50 mètres, formé essentiellement de grès provenant de la destruction du flysch numidien.*

Ces formations occupent une grande partie du bassin de Collo et de bassin d'El-Milia.

G- Les roches magmatiques.

La Petite Kabylie est principalement caractérisée par un important magmatisme d'âge Miocène de type calco-alkalin. Le magmatisme a engendré des granites (Béni-Toufout et Cap-Bougaroun), des granodiorites, microgranites (environs de Collo, d'Ain-

Kechera et d'El- Milia). ainsi que des injections de lave d'âge Miocène s'ajoutent des roches basiques et ultrabasiques dans la partie Nord de la Kabylie et de Collo et d'El-Milia (complexe de roches basiques et ultrabasiques des régions du Cap-Bougaroun et de Yaddene). (Roubault. J.F, 1934, Semroud, 1971; Ouabadi. A, 1994 et 1987 ; Bouillin J.P, 1983 ; Bouftouha. Y, 1989 et 2000).

I.3.2- Aspect structural régional.

I.3.2.1- Tectonique Mésozoïque (secondaire).

Au Jurassique inférieur, la distension provoque une subsidence qui se poursuit au Crétacé inférieur lors de la structuration générale E-W caractéristique des bassins maghrébins (Deleau, 1939 ; Durozy) .La plate-forme carbonatée Constantinoise se distingue dès la fin de Trias comme un haut-fond à sédimentation. Au Jurassique moyen et supérieure et au Crétacé, la tectonique est mise en évidence par des variations de faciès, des lacunes de dépôts et des discordances angulaires.

I.3.2.2-Tectonique Cénozoïque (tertiaire)

La phase finie Lutétienne : Cette phase intervient à la fin d'un grand cycle sédimentaire qui débute dès le Trias. La déformation rattachée à cette phase est représentée par des structures d'origine compressive. (Raoult. J.F, 1974).

La phase tectonique Miocène : La phase Miocène est une phase de compression caractérisée dans toute l'Algérie Nord Orientale par un raccourcissement N-S, (Bouillin J.P, 1977et 1979 ; J. M. Vila, 1980 et Kazi, 1986).

I.3.2.3- La néotectonique

Les déformations liées à la tectonique récente, dans le constantinois sont représentées par des failles normales, de directions variables, en bordures des massifs calcaires Jurrassico-Crétacé.

Chapitre III

Cadre géologique local

III.1- Géologie du Gisement

III.1.1- Les différentes unités structurales du secteur étudié

La région d'étude est une partie intégrante plus précisément elle appartient à l'édifice des Béni-ferguène (Figure.8).

Les roches encaissantes de gite de Tamazert sont composées essentiellement de gneiss, de micaschistes et de granites plus au moins gneissifiés. La région des Béni-Bélaïd fait partie de la Kabylie d'El-Milia et constitue le secteur occidental de l'édifice de Béni-Ferguène définie par J. P .BOUILLIN (1984) et Y.MAHDJOUR (1991).

Cet édifice été subdivisé dans le secteur étudié en trois unités structurales K. Amri (1996) distingue de bas en haut l'unité de Béni-Bélaïd, l'unité d'El-Hallam et cap Aourer et l'unité de Merbouha.

A- L'unité de Béni-Bélaïd

C'est l'unité la plus basse de l'édifice. Ces faciès sont développés au niveau de la plage de Béni-Bélaïd. Elle est caractérisée par des métapélites à andalousite pseudomorphe en disthène. Ces métapélites sont intercalées par des pegmatites orthogneissifiées. L'autre caractéristique de cette unité, c'est l'alternance des métapélites claires et sombres (K.AMRI, 1996).

Métapélite désigne toute roche métamorphique dérivant d'une pélitique contiennent des minéraux argileux, du quartz, des feldspaths rares, et des micas abondants (K.AMRI, 1996).

Les pegmatites de Béni-Bélaïd, pas loin de la plage, dans l'unité métapélitique ou l'unité de Béni-Bélaïd. Elles sont constituées par les minéraux suivants : quartz, plagioclases, muscovite, grenat, columbite, tantalite, sheelite (K.AMRI, 1996).

B- L'unité d'El-Hallam et cap Aourer

Essentiellement développé dans la partie Nord de la région des Béni-Bélaïd et Oued-Zhour. Elle est caractérisée par le développement des faciès paragneissiques qui renferment des ceps granitiques orthogneissique et des sills d'amphibolites. Son contact avec l'unité des Béni-Bélaïd paraît être un chevauchement sur les métapélites (K.AMRI, 1996).

B.1- Pétrographie de L'unité d'El-Hallam.✓ **Les paragneiss.**

Ce sont des gneiss formés à partir des roches argileuses (pélites). A l'affleurement, ce sont des roches massives; leurs minéralogie est la suivante : quartz, orthose, microcline, plagioclase, mica (K.AMRI, 1996).

✓ **Les Granites.**

Les granites à grain moyen forment l'essentiel des affleurements du stock granitique d'extension régionale (Y .Mahdjoub 1991). Les minéraux rencontrés dans ce faciès sont les suivants : quartz, orthose, microcline, plagioclase, mica, myrmekite, gnenat (K.Amri, 1996).

✓ **Les amphibolites.**

Essentiellement constituées de cristaux d'amphibole plus au moins ordonnés dans les plans de schistosité, leurs minéralogie est la suivante : quartz, amphiboles, plagioclase (K.Amri, 1996).

C- L'unité de Merbouha.

C'est l'Unité la plus haute de l'édifice de béni-Ferguène. Elle est représentée par des micaschistes. Des orthogneiss Kaolinisés et des pegmatites gneisenisées. Elle correspond à l'unité supérieure du socle kabyle (K .Amri 1996, Y.Mahjoub 1991). Cette unité chevauche l'unité El-Hallam et cap Aourer à l'Est et l'unité des Béni-Bélaïd à l'Ouest.

Ce chevauchement en condition fragile, est orienté Est-Ouest.

C.1- Pétrographie de L'unité de Merbouha.✓ **Les micaschistes.**

Micaschistes qui passent à des séricitoschistes affleurant surtout au niveau de l'oued Adjoul et de l'oued-Berkou, ils sont dépourvus en minéraux de métamorphique et ils ont la composition minéralogique suivante : quartz, biotite, tourmaline, peu de plagioclase, chlorite, calcite (K.Amri, 1996).

✓ **Les pegmatites à tourmaline.**

Ces pegmatites proviennent de la région des Béni-Messelem, au Sud des Béni-Bélaïd. A l'inverse des précédentes, elles sont non orientées et leur minéralogie est la suivante : quartz, feldspath, potassique, plagioclase, muscovite, tourmaline (K.Amri, 1996).

✓ **Les orthogneiss.**

Les gneiss œillets sont considérés (M.ROUBEAULT .1934 ; Y.MAHLUOUB 1991) comme étant des granités à méga cristaux de feldspath potassique fortement orthogneissifiés, affleurant dans la région de Oued-Zhour.

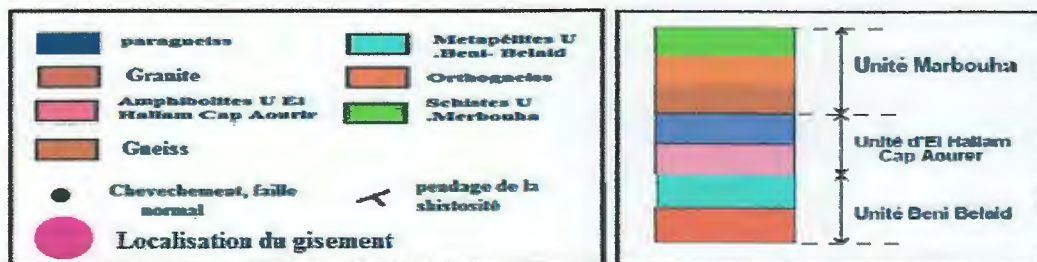
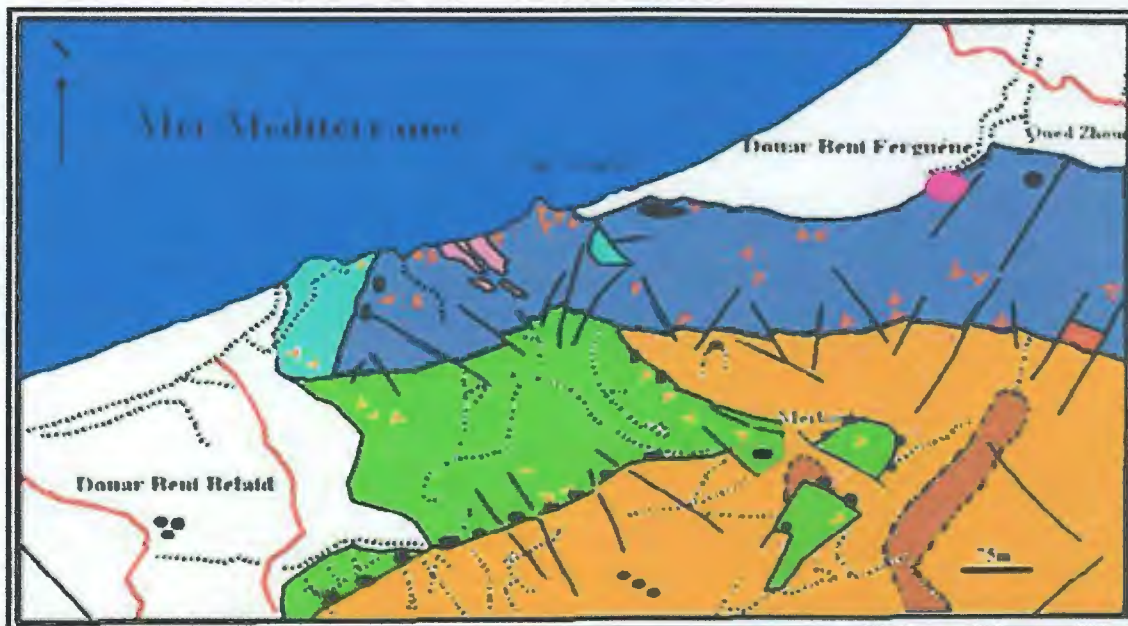


Figure 10 : Esquisse géologique structural de la région Béni Bélaïd Oued Zhour (K. Amri et A. Kemi).

III.1.2- Description des formations rencontrées à Djebel Tamazert

III.1.2.1 - Gneiss Feldspathiques

Le gneiss recouvre une majeure partie du gisement (4/5 du territoire) (figure 11), et se présente sous forme de roches grises et grises claires, moyennement grenues et massives, très compactes, à texture gneissoïde, ocellée ou schisteuse.

Revenant à la texture, on doit préciser que la texture ocellée est provoquée par des inclusions (porphyroblastes) de feldspaths.

Généralement, on rencontre des gneiss avec des inclusions porphyroblastiques de 0,5 à 5 cm et les dimensions de 1,5 à 7 cm sont rares.

Parmi les couches de base on rencontre des filons d'amphibolites. Les structures les plus communes sont les structures porphyroclastiques, hétérolepidogranoblastiques, mylonitique, porphyroblastique...etc.

Les porphyroblastiques sont représentés par de l'orthoclase et par du microcline. L'Oligoclase est moins répandu.

L'orthoclase présente des macles de carlsbad et il est entouré par des écailles poecilitiques de biotite.

Localement l'Oligoclase est substituée par l'albite les porphyroblastes sont longs, rectangulaires, parfois ronds.

Les porphyroblastes sont parcourus par une multitude de petites fissures qui les divisent en petits segments. Les porphyroblastes sont orientés d'habitude suivant l'orientation des gneiss ; rarement ils forment un alignement qui fait un angle de 10 à 15° avec le plan de schistosité.

Les minéraux prédominants dans les gneiss quartzitoides sont le quartz (35% - 40%), le feldspath (30%- 40%) et le mica (15-20%) formant des agrégats. Le quartz forme, en plus, de petits lits et des lentilles disposées le long des plans de schistosité (Image 1).



Image 1 : Gneiss quartzitoides.

Les feldspaths sont représentés par l'orthoclase et microcline et secondairement par l'oligoclase-andésite.

Le microcline sur les faces de ses cristaux ne présente pas de quadrillage.

Le mica est représenté par de la biotite, la muscovite et par la chlorite. La muscovite est en partie altérée en séricite. Le pourcentage des deux micas fait diviser ces gneiss en type à biotite (mélanocratique), à muscovite et à deux micas.

Ce minéral est représenté par des écailles qui entourent les porphyroblastes.

Les minéraux accessoires sont l'Apatite, le zircon, la monazite, le xenotime, la pyrite, la barytine, la tourmaline, et le grenat.

La tourmaline localement constitue le composant principal de la roche.



Image 2 : Formation Gneissique à coté la route national.

La composition chimique des gneiss est la suivante (SONAREM, 1996):

SiO₂ : 68,04%, Al₂O₃-TiO₂ :17,93%, Fe₂O₃ :2,03%

D'après les géologues chinois on a de plus les données suivantes.

TiO₂ :0,34%, CaO : 1,14%, MgO : 0,64%, K₂O : 2,1%, Na₂O : 3,17%, S₀₃:0,01%.

II.1.2.2- Les micaschistes.

De tels schistes sont très répandus dans le sud du gisement (**Figure 11**), et stratigraphiquement parlant elles reposent au dessus de gneiss avec lesquels ils ont parfois un contact tectonique.

On distingue plusieurs types de schistes, dont les principaux sont les suivants :

- Schistes à grenats.
- Schistes à graphite.

La partie inférieure est représentée par des schistes à biotite à 2 ou 3 intercalations de gneiss, plus haut l'assise des schistes devient plus stratifiée et contient les deux minéraux la séricite dans des proportions à peu près égales. Encore plus en haut les schistes deviennent une matière de quartz et à graphite.

Les roches sont grises ou grises foncées, à structure fibreuse et schisteuse. La texture est normalement cristalloblastique, écaillée en tachetée.

Une telle roche renferme une succession de biotite et de séricite. Parfois on peut observer de 10 à 15 % de graphite, 20% de quartz et moins de 10% de grenat, transformé très souvent en oxydes de fer.

On rencontre encore des filons de quartz et des filonnets de tourmaline d'oligoclase.

La composition chimique de ces schistes d'après les données de prospection de 1976 est la suivante :

SiO₂ :65,24% ; Al₂O₃-TiO₂ : 19,66% ; Fe₂O₃ :3,27% (SONAREM, 1996).

Les couches supérieures des schistes sont souvent altérées.

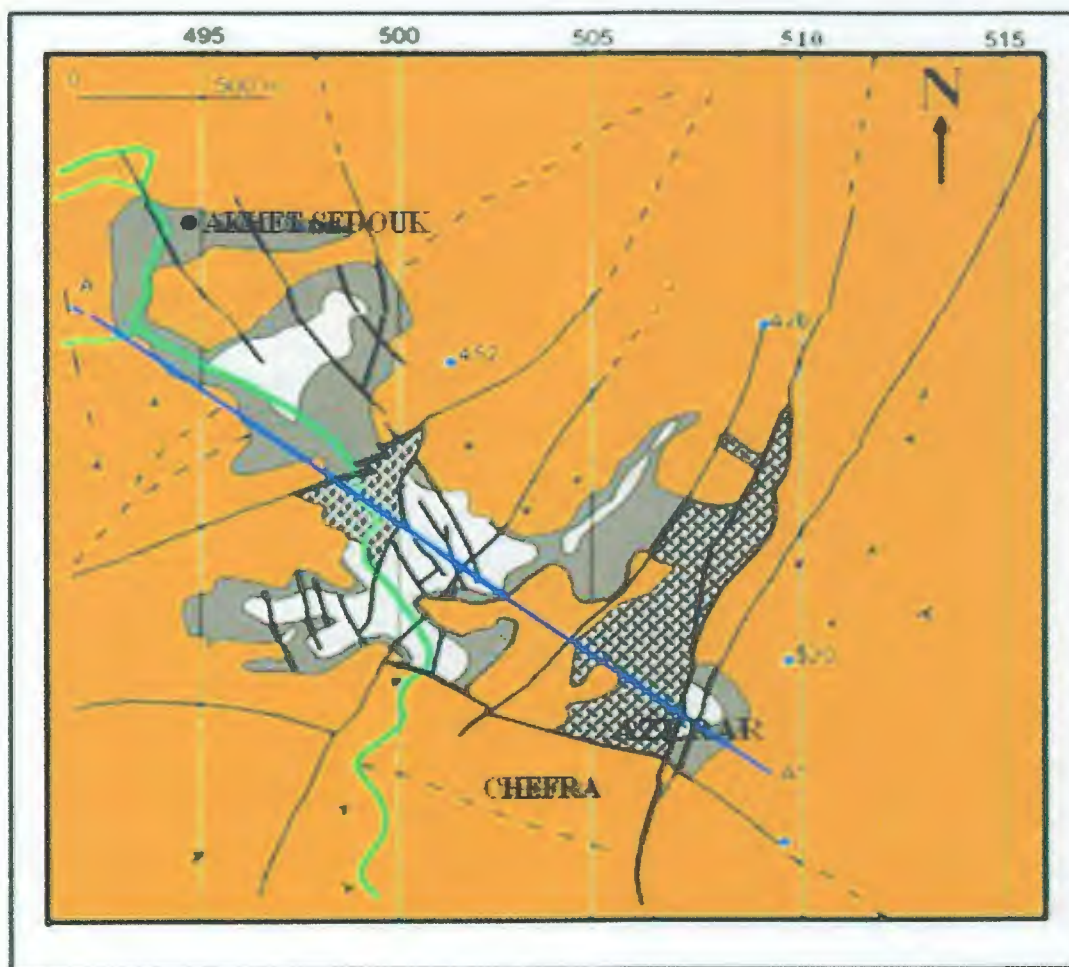


Figure 11 : carte géologique de Djebel de Tamazert (SONAREM), modifiée.

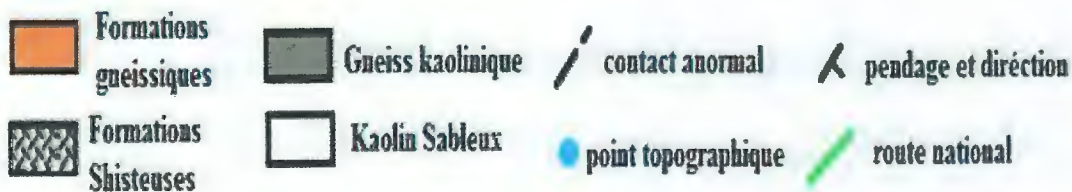


Figure 12 : coupe géologique A-A'

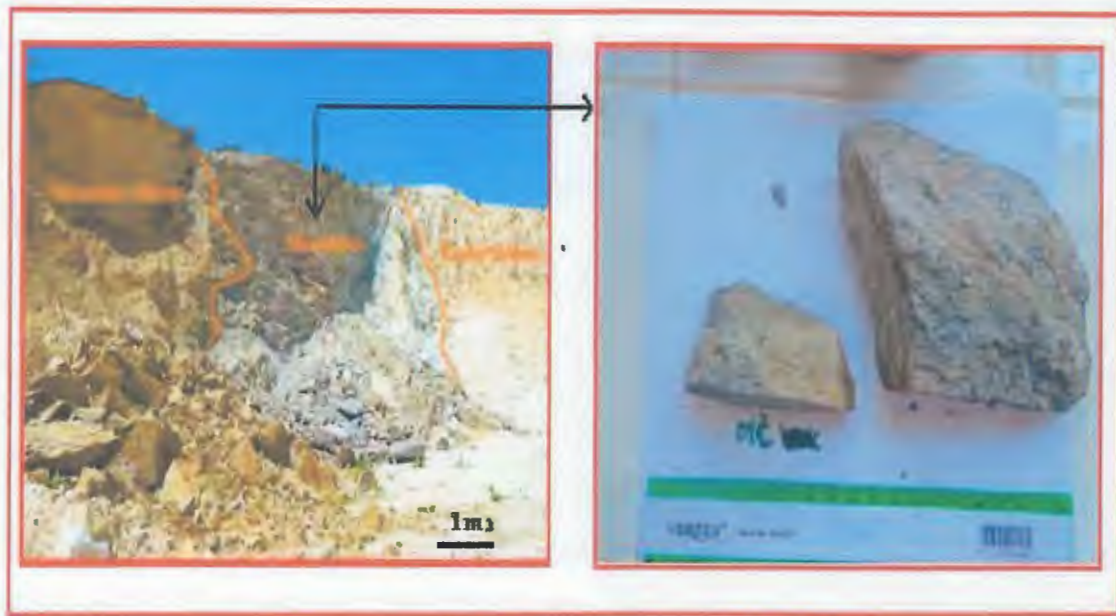


Image 3 : Micaschistes en contact avec le minéral.



Image 4 : Intercalations entre le Gneiss et les Micaschistes.

II-1-3- Tectonique et structure.

La structure du secteur étudié est le résultat d'une succession d'événements tectoniques qui se sont succédé depuis le Paléozoïque jusqu'à nos jours. Ces phases se sont manifestées par des déformations cassantes (failles) et des déformations souples.

II-1-3-1- Les failles.

La carte géologique établie par SONAREM (Figure 10) et nos observations personnelles sur terrain (Image 4), nous ont permis de mettre en évidence divers accidents cassants repartis comme suite :

◆ Des failles orientée: E-W elles sont inclinées vers le Sud sous les angles 62° et 76° et forment les failles les plus anciennes.

◆ Des failles orientée : NE-SW. Elles recoupent les failles de la première famille ; leurs plans ont des angles d'inclinaison qui dépassent 70° vers le SW et forment la deuxième famille

◆ Des failles de direction N-S qui recoupent les accidents de la deuxième famille et forment elles même la troisième famille

◆ Des failles de direction NW-SE, qui recoupent les failles du deuxième et troisième groupe.

Les failles anciennes ont des grands rejets (de quelques dizaines de mètres à 300 m), mais elles ne sont pas nombreuses.

Par contre, les accidents les plus récents sont nombreux mais les rejets sont petits (quelques dizaines de mètres au plus).

II-1-3-2- Les plis

Djebel Tamazert fait partie d'un vaste anticlinal de direction NE-SW qui est effectivement affecter par les différents familles de failles cités précédemment.

Cette activité tectonique a été accompagnée et suivie par des processus hydrothermaux localisés le long des failles et des fissures qui se traduisent par les phénomènes de La séricitisation, la kaolinisation la silicillation...etc.

II.1.4 - Lithostratigraphie du gisement

Plusieurs sondages ont été effectués par les différentes sociétés qui ont succédé sur l'exploration et l'exploitation de ce gisement de kaolin.

Voici un sondage (S₂₀₂) dont ces coordonnées géographiques : X= 19687,4 ; Y= 20526,4 ; Z= 584,69 et que j'estime représentatif puisque il illustre la succession lithologique de bas en haut suivante : Gneiss- Gneiss kaolinique- kaolin sableux.

Prof de la couche	structure du sondage	récupération des carottes en %	Xollone géologique 1: 100	Description Litologique
5	1	100		Ks, par endroit blanc, avec beaucoup de quartz, sable kaolinique, tacheté de fer.
	2	93,75		trop faible récupération, bcp de quartz
	3	26		kaolin ou matières argileuses
	4	100		lessivées, sable kaolinique blanc
	5	20		
	6	00		
	7	90		
10	8	100		kaolin blanc avec de la muscovite
	9	100		kaolin blanc avec de la tourmaline
	10	100		
	11	100		
	12	100		
15	13	100		kaolin blanc grisâtre à structure gneissique
	14	100		
	15	100		
	16	100		
	17	100		
20				gneiss ferrugineux peu kaolinisés
	18	90		

Figure 13 : Sondage N° 202 Corps Central (SONAREM, 1998).

Vous retrouverai dans l'annexe trois sondages (S₂₀, S₂₂, S₂₃) qui ont été fait dans les années 90 dont leur localisation est illustrée dans la (figure 4) et qui vont nous donner des éclaircissements sur la stratigraphie de ce gisement tout en faisant des corrélations et des coupes géologiques pour les trois corps (Figure 5, 6, 7) question d'avoir une idée sur les profils d'altération des trois corps.

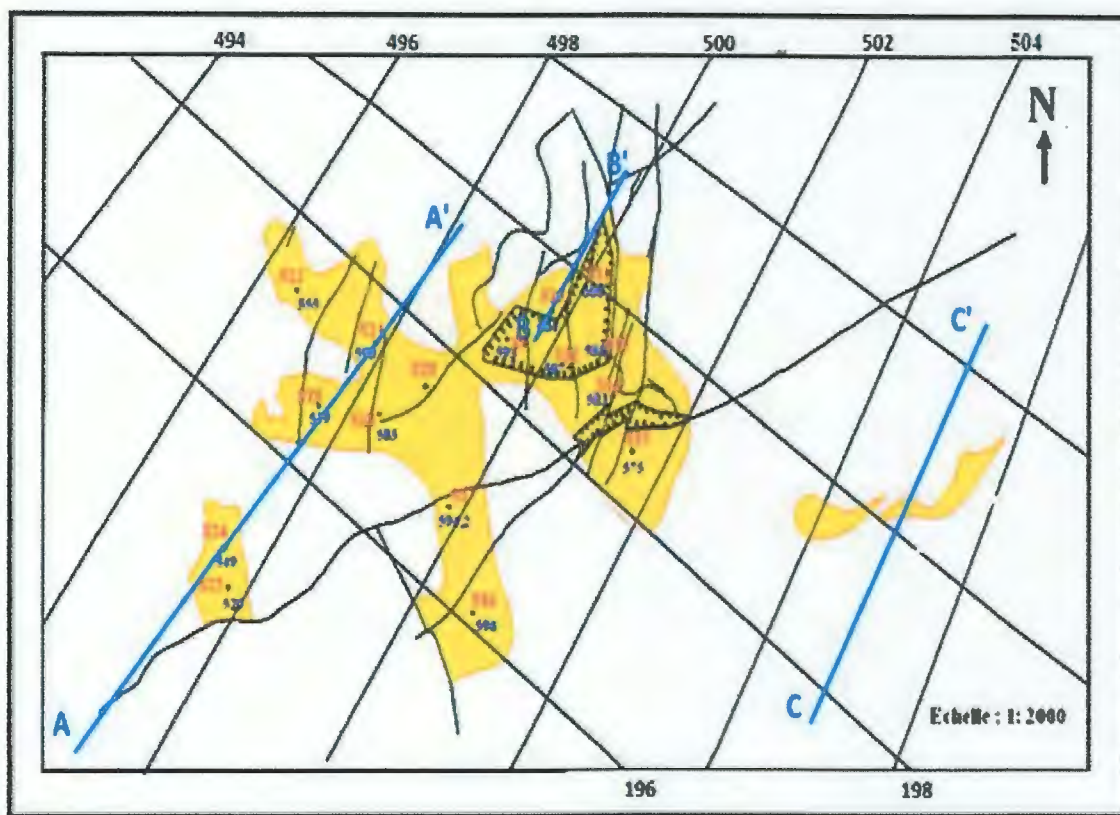


Figure 14 : Carte de localisation des sondages et des coupes géologiques (SONAREM, 1996)

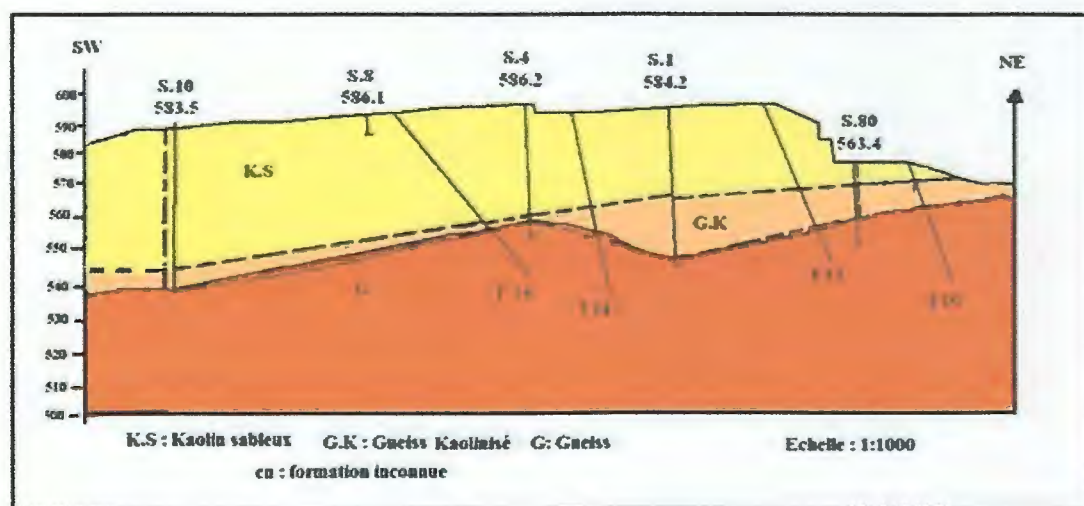


Figure 15 : coupe géologique B-B' de Corps central faite à partir des sondages de SONAREM, 1996

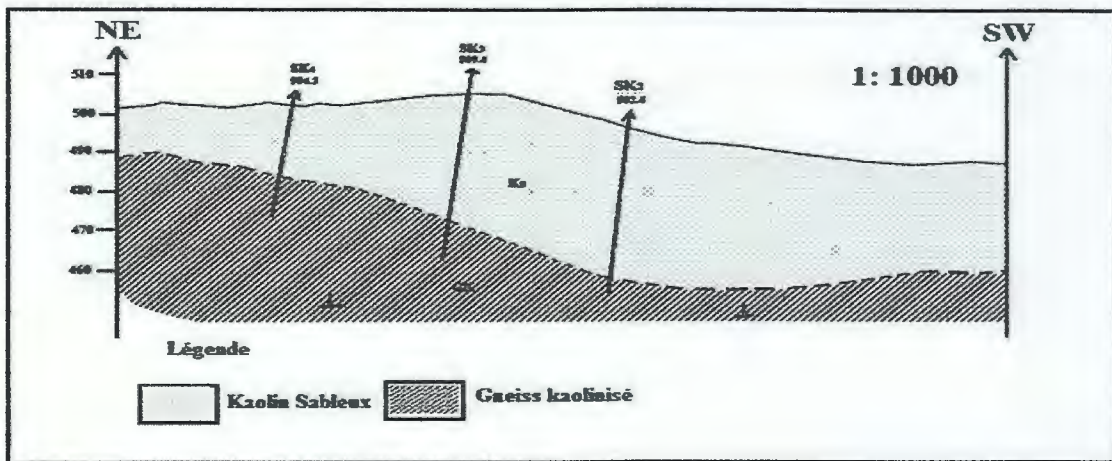


Figure 16 : coupe CC' de corps Sidi Kader faite à partir des sondages de SONAREM, 1996.

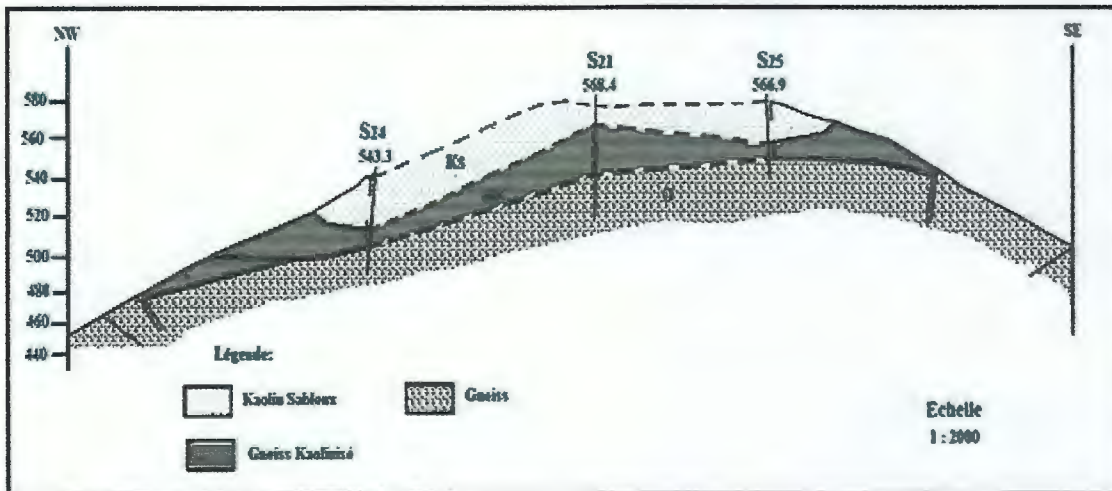


Figure 17 : coupe BB' de corps Nord faite à partir des sondages de SONAREM, 1996.

Chapitre IV
Méthodes analytiques

Introduction

Dans le cadre de notre projet, on a suivi plusieurs procédures selon le temps et les moyens mis à notre disponibilité. Pour répondre aux différentes questions posées par notre problématique, nous avons effectué des sorties sur le terrain, des prélèvements d'échantillons, une série d'analyse de laboratoire et une profonde recherche bibliographique.

IV.1- Sortie sur le terrain

Une mission sur le terrain a été en lieu du 17/03/2013 Jusqu'au 7 /04/2013. Lors de cette mission les travaux scientifiques suivant ont été réalisés :

- ◆ Reconnaissance géologique des faciès rencontrés en contact avec le gisement.
- ◆ Etablissement des coupes géologiques schématiques des trois corps.
- ◆ Identification des différentes qualités du minerai selon le degré de la coloration.
- ◆ Echantillonnage au niveau des différents fronts des gradins des différents corps.
- ◆ Echantillonnage au niveau du l'encaissant de part et d'autre.
- ◆ Reconnaissance de la macro et micro tectonique à travers le gisement (pendage et direction).

Les prélèvements des échantillons

Les prélèvements des échantillons sur la zone d'étude ont été réalisés simultanément avec la mission effectuée. Au total 16 échantillons ont été prélevés (10 de minerai et 8 échantillons de l'encaissant) et vu les délais impartis à la réalisation du mémoire de master (3 mois), nous n'avons pour traiter que 10 échantillons.

- ◆ 1 échantillons au niveau du front de gradin de corps nord. } = Echan« A ».
- ◆ 1 échantillon au niveau de la banquette de gradin du corps nord. }
- ◆ 1 échantillon au niveau du front de 1^{er} gradin du corps central. } = Echan
- ◆ 1 échantillon au niveau du front de 2^{ème} gradin du corps central. } " B ".
- ◆ 1 échantillon au niveau du banquette de 3^{ème} gradin du corps centra }
- ◆ 1 échantillon au niveau du front de 4^{ème} gradin du corps central. }
- ◆ 1 échantillon au niveau du corps de sidi Kader.= Echantillon " C ".
- ◆ 1 échantillon du 6^{ème} gradin du corps central (Gneiss Kaolinisé) = Echan " D ".
- ◆ 1 échantillon du l'encaissant micaschisteux (limite corps nord –corps central)=Echantillon« E ».

Le positionnement des points d'échantillonnages est également mentionné dans la carte ci-dessous (Fig 18).



Figure 18 : positionnements et localisations des échantillons globales et retenus du gisement de Tamazert.

IV.2- Les techniques de laboratoire

La destination industrielle des kaolins est déterminée par leur composition chimique, granulométrique et minéralogique,....etc.

Les prélèvements ainsi effectués vont permettre de faire une étude complète et sommaire de l'ensemble du gisement et de son encaissant et cela s'est fait comme suite :

Les échantillons " A " et " B " et " C " subi les analyses suivantes :

- ◆ Etude préliminaire (granulométrique).
- ◆ Analyse minéralogique.
- ◆ Analyse pétrographique.

IV .2.1- Etude préliminaire

IV .2.1.1- L'analyse granulométrique

a- Principe et objectif.

La taille des grains d'un matériau est le résultat des processus d'érosion et de transport qu'il a subis depuis sa formation jusqu'à son dépôt. Son étude est donc très importante pour faire une reconstitution correcte des paléo-environnements sédimentaires.

L'étude granulométrique d'un sédiment comprend les phases suivantes :



› L'étape qui consiste à déterminer le pourcentage de chaque fraction granulométrique et surtout déterminer la teneur de la fraction fine 15 μm qui compose le matériau.

› L'étape qui consiste à interpréter et à confronter les divers résultats obtenus.

b- L'échelle des tailles des grains.

Plusieurs auteurs ont proposé de diviser le gravier, le sable et le limon chacun en catégories choisies parmi les cinq suivantes: très fin, fin, moyen, grossier et très grossier et les limites entre ces catégories sont choisis arbitrairement. Seules les valeurs entières de l'échelle ϕ permettent de diviser cailloux, sable et limon, chacun en 5 catégories tout en respectant d'assez près les diverses limites admises par différents auteurs (Tableau 1).

Tab 1 : Classification dimensionnelle des sédiments détritiques en mm et en μm et leurs équivalents dans l'échelle du phi définie par Krumbein et Pettijohn (1938).

Phi	Grade		mm	μm
-8	Bloc	G R A V I L L E R	256	256,000
-6	Galet		64	64,000
-2	Caillou		4	4,000
-1	Graville		2	2,000
0	Très Grossier	S A B L E	1	1,000
1	Grossier		0.50	500
2	Moyen		0.25	250
3	Fin		0.125	125
4	Très Fin		0.0625	62.5
5	Grossier	V A S E	0.0313	31.3
6	Moyen		0.0156	15.6
7	Fin		0.0078	7.8
8	Très Fin		0.0039	3.9
	Argile			

c- Protocole d'analyse.

Il s'agit de faire un tamisage à partir de 400 g de kaolin pour chaque corps (Nord et central).

Pour le corps nord on a pris 200 g de front et 200 de la banquette pour former un échantillon représentatif de 400 g qu'on a appelé Echantillon «A».

Pour le corps central on a pris 100 g de chaque gradin (de 1^{er} jusqu'au 4^{ème}) pour former un échantillon présentatif qu'on appelle Echantillon «B».

Pour chaque échantillon «A» et «B» nous avons utilisé la série des tamis qui va de 2mm à 800 μm .

Chaque échantillon a fait l'objet d'un tamisage pendant 15 minutes avec une tamiseuse électrique à vibration horizontale et verticale (photo 4). Les refus récoltés sur chaque tamis sont pesés sur une balance (Photos 5) dont la précision est de 0.01 g.

Les résultats sont représentés par des courbes cumulatives pour l'interprétation.

d- L'interprétation granulométrique.

La manière la plus simple pour représenter les résultats de l'analyse est de construire des courbes cumulatives, qui permet le repérage aisé des différents quartiles, avec lesquels on peut localiser la classe granulométrique la plus représentée par le calcul de diamètre (en mm ou en μm) des particules ayant la plus forte proportion (le mode).

IV .2.1.2- Détermination de la teneur de la fraction fine (15 μm).

a- Principe et protocole de préparation

A partir des échantillons brut primaire, on a préparé un échantillon de basse ayant un poids spécifique de 1500 g, cet échantillon a été immergé dans un récipient contenant 3 litres d'eau et laissé pendant 30 minutes pour délitage. Après quelques mélanges on a fait passer la solution à travers le tamis \varnothing 200 μm pour délitage.

Les résidus sableux ont été soumis au séchage (105°C) et pesage pour déterminer la teneur de la fraction fine 15 μm suivant la formule suivante :

$$F = 100 - M_s \cdot (100 + w) / M_h.$$

F : teneur en fines.

M_s : Poids total sèche.

w : teneur en eau ($w = M_h - M_s / 100$).

M_h : Poids total humide.



Image 4 : Tamiseuse électrique.



Image 5 : Balance électronique à précision 0,001.

IV .2.2- L'analyse minéralogique.

IV .2.2 .1- L'identification minéralogique par la loupe binoculaire.

a- Objectif et principe.

La morphoscopie est une technique d'analyse simple qui consiste à étudier la forme et l'aspect de la surface des grains de Kaolin sous une loupe binoculaire, et à classer chaque grain observé dans une catégorie bien définie. Essentiellement la morphoscopie a des objectifs différents :

- ◆ Déterminer dans un premier temps la forme des grains.
- ◆ Déterminer le processus de mise en place de matériau.

b- Phase préparatoire des échantillons pour l'identification par la loupe binoculaire.

- On prend une quantité de kaolin pour chaque échantillon (100 à 200 g), à l'aide des tamis de 360 μ m et 800 μ m, on fait le tamisage pour obtenir trois fractions de différents diamètres :
 - ◆ Fraction $d < 360$ μ m.
 - ◆ Fraction $360 \mu\text{m} < d < 800 \mu\text{m}$.
 - ◆ Fraction $d > 800 \mu\text{m}$.
- Peser 50g pour chaque fraction de l'échantillon.
- Mettre chaque fraction de chaque échantillon dans une tasse avec des étiquettes.
- Bien laver chaque fraction avec l'eau, frotter avec les doigts le plus vite possibles, évacuer l'eau trouble et répéter l'opération jusqu'à l'eau devient clair.
- Sécher l'échantillon à l'étuve (105°C).



Image 6 : Broyeur à céramique.

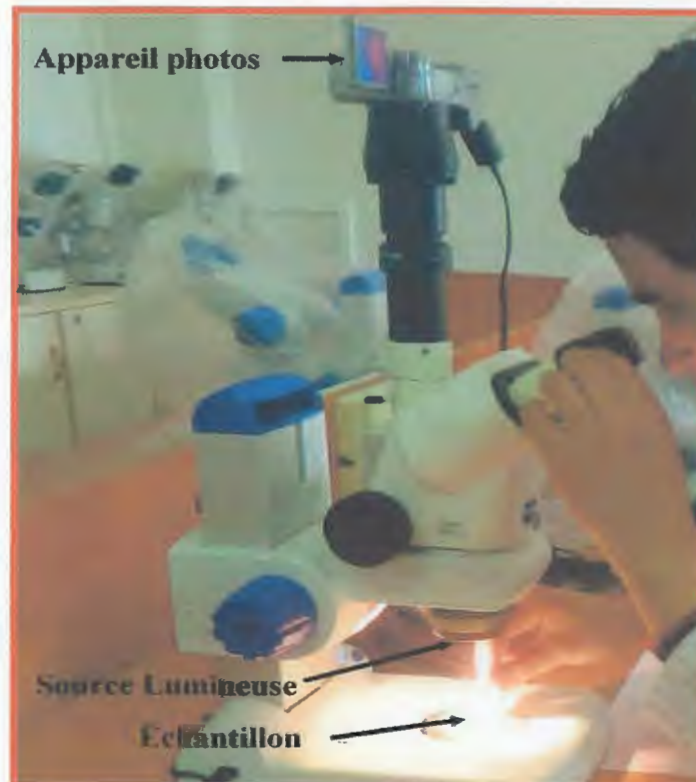


Photo 7 : Observation des grains de quartz sous la loupe binoculaire au labo de paléontologie Université de Jijel.

IV .2.2.1- L'analyse minéralogique de kaolin par « DRX ».

a- Principe et objectif.

La diffraction des rayons X consiste à appliquer un rayonnement de la longueur d'onde de rayons X ($0.1 < \lambda < 10\text{nm}$) sur un échantillon argileux orienté ou non. Le rayonnement pénètre le cristal, il y a absorption d'une partie de l'énergie et excitation des atomes avec émissions de radiations dans toutes les directions.

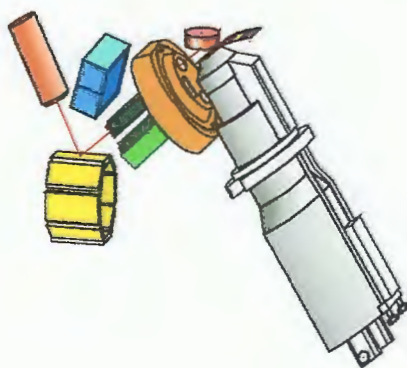


Fig 19 : appareil du DRX.

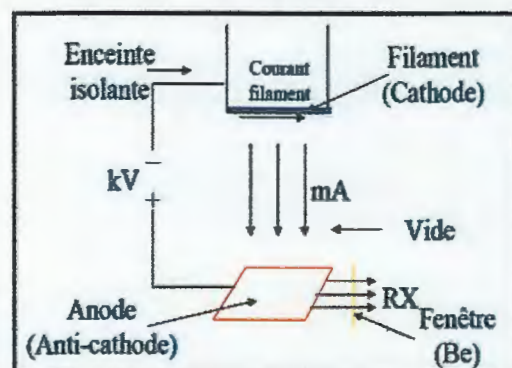


Fig 20 : Production et éléments de DRX.

Le spectre de rayons X provenant d'un tube est essentiellement composé:

- D'un fond continu
- De radiations caractéristiques
- Dans une expérience de diffraction comme celle qu'on a faite, seules les radiations caractéristiques sont utilisées.

Les radiations émises par des plans atomiques qui sont en phases vont engendrer un faisceau cohérent qui pourra être détecté (fig.23). La condition pour que toutes les ondes diffusées interfèrent de manière constructive est la suivante:

$$\lambda = d \sin\theta + d \sin\theta = 2d \sin\theta \text{ (loi de Bragg)}$$

Où :

n = nombre entier correspondant à l'ordre de la diffraction, ou inter-réticulaire.

λ = longueur d'onde du rayonnement utilisé.

d = espace basal (synonyme: espace atomique en angströms).

θ = angle de diffraction.

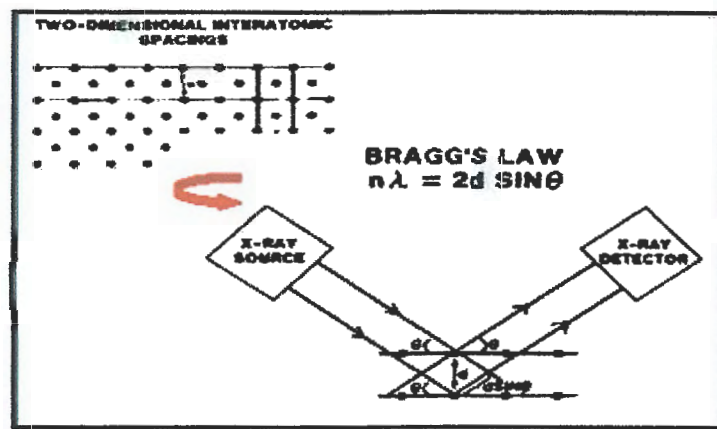


Figure 21: principe de diffraction et illustration de la loi de Bragg (Eslinger & Peaver 1988).

L'analyse minéralogique des argiles par diffractométrie aux rayons X a pour but :

- La détermination de la nature des minéraux argileux.
- L'estimation semi-quantitative de ces minéraux si c'.

b- Phase préparatoire des échantillons pour DRX.

Les refus récoltés au paravent dans l'analyse granulométrique sur chaque tamis sont mis dans des tasses avec des étiquettes et broyer avec un broyeur à céramique (photos 4) et enfin dans un tube on prend 2 à 3 g de chaque fraction obtenue déjà de broyage précédent et les mettre dans des porteuses d'échantillon et les mettre dans l'appareil de diffraction (Fig 3). Nos analyses ont été faites par un appareil Philips (30 ma, 40 Kv)

En final on a obtenu les sous- échantillons suivants :

Le corps Nord

- Fraction $d > 2\text{mm}$: (A-1).
- Fraction $2\text{mm} > d > 1\text{mm}$: (A-2).
- Fraction $1\text{mm} > d > 0,800\text{ mm}$: (A-3).
- Fraction $0,800 > d > 0,500\text{ mm}$: (A-4).
- Fraction $0,500 > d > 0,100\text{ mm}$: (A-5).
- Fraction $0,100 > d > 80\text{ }\mu\text{m}$: (A-6).
- Fraction $d < 80\text{ }\mu\text{m}$: (A-7).

Le corps central

- Fraction $d > 2\text{mm}$: (B-1).
- Fraction $2\text{mm} > d > 1\text{mm}$: (B-2).
- Fraction $1\text{mm} > d > 0,800\text{ mm}$: (B-3).
- Fraction $0,800 > d > 0,500\text{ mm}$: (B-4).
- Fraction $0,500 > d > 0,100\text{ mm}$: (B-5).
- Fraction $0,100 > d > 80\text{ }\mu\text{m}$: (B-6).
- Fraction $d < 80\text{ }\mu\text{m}$: (B-7).

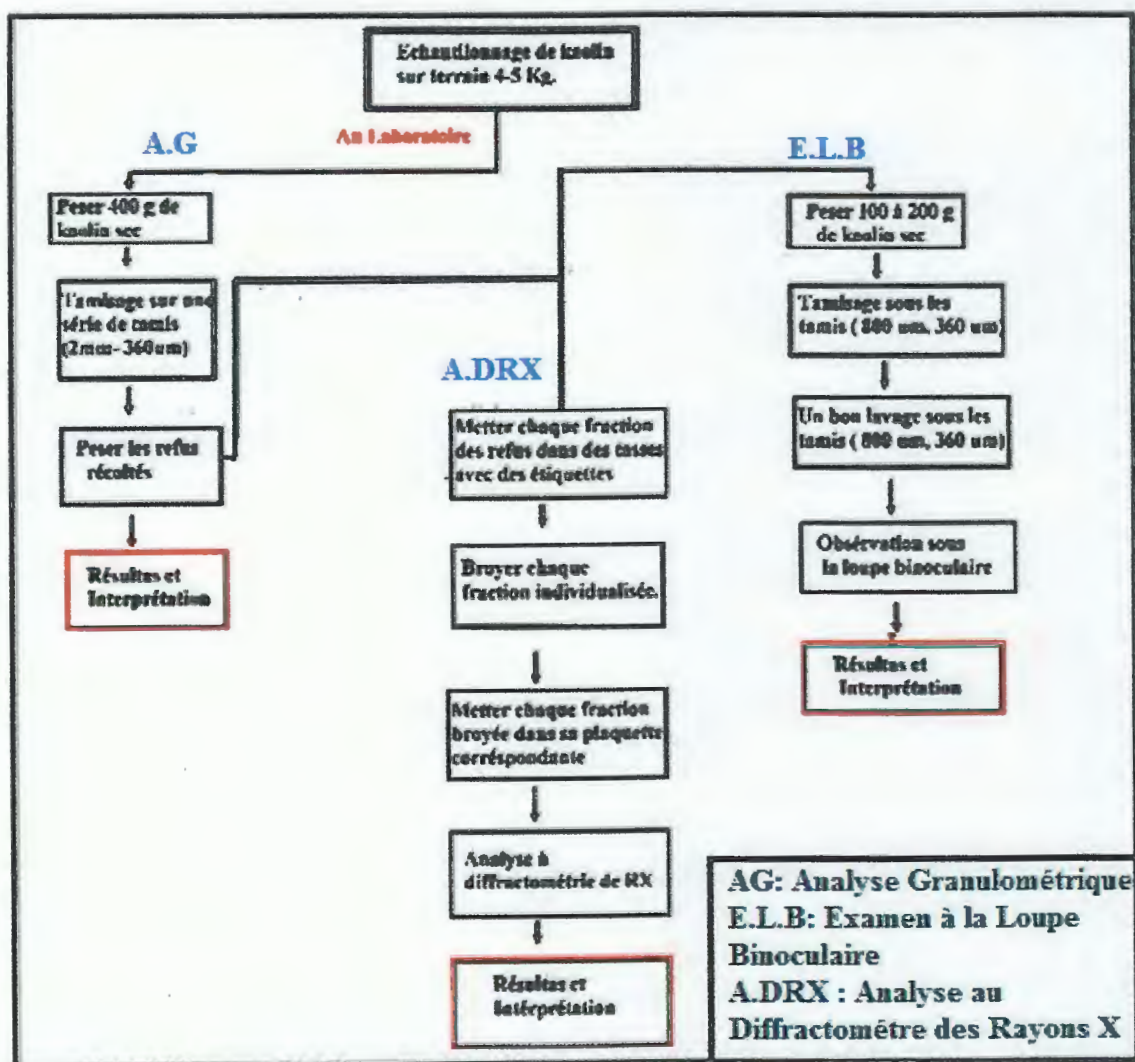


Figure 22 : Schéma explicatif de différentes étapes d'analyse

Chapitre V

Caractéristique pétro-
minéralogiques

V.1- Pétrographie de minerai

V.1.1- Kaolin Sableux ferreux

a- Généralités

Les Kaolins du gisement de Tamazert sont associés à la zone d'altération des gneiss, ou ils forment une couche. Par contre les dépôts qui ne sont pas touchés entièrement par l'érosion ont une forme irrégulière et forment des bandes allongées avec des cotes à pentes douces vers le Nord Est (Image 4).

Les kaolins affleurent presque partout ou bien recouvert par des sables argileux.

La puissance de la zone d'altération n'est pas constante. On n'observe pas de contact net entre la roche-mère et la zone d'altération.

La zone d'altération la plus importante est observée dans le corps central. Sa puissance diminue vers le Nord-Ouest et le Sud-Est.

La puissance des deux assises utiles des deux corps (central et corps nord) est représentée dans sa partie supérieure par des Kaolins Sableux dont la granulométrie légèrement étalée et qui ressemble à celle de limons à petite teneur en fraction fine pour les deux corps (voir tableau 1, 2, 3,4 ; figure 1,2 annexe).

Les roches sont souvent marrons à cause des hydroxydes de fer. Les zones très fissurées, de même que celles se trouvant à côté des failles possèdent des roches qui se ressemblent à des argiles, mais leur couleur est marron foncé à cause d'une ferruginisation très prononcée.

b- Structure de minerai

➤ Structure gneissoide.

Les structures gneissiques sont plus répandues et s'observent surtout dans la périphérie des gneiss. L'aspect gneissique est du probablement à l'agencement entre kaolinite, halloysite, quartz et mica (Image 8).

Les agrégats quartzeux se disposent en petites veinules (1-5cm) discontinues allongées parallèlement au mica. Le quartz dans les veinules est mélangé avec de la kaolinite terreuse très friable. C'est une texture pseudomorphique, héritée des structures gneissoides.

➤ Structure massive.

La texture massive est très rare. De tels kaolins sont blancs et gras. Ils sont les produits d'altération des gneiss microgrenus ou mylonitisés (Image 9).



Image 8 : Kaolin à structure gneissoide d'une couleur grise (Corps central).

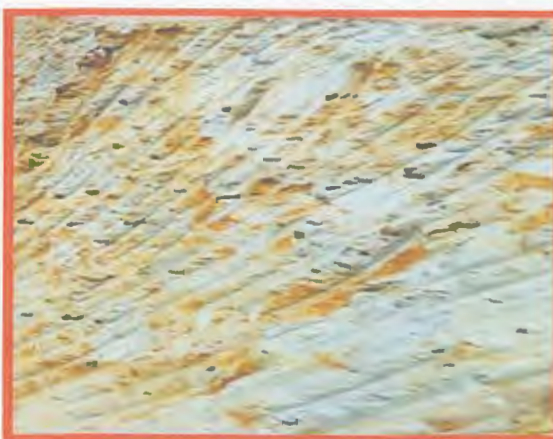


Image 9 : Kaolin à structure massive d'une couleur blanche (Corps Nord).

c- Pétrographie du minerai (Kaolin Sableux) à l'aide du MEB

Vu l'absence des moyens nécessaire pour la réalisation de cet essai concernant la pétrographie du kaolin, nous avons pris l'initiative de définir les caractéristiques pétrographique de gisement de Tamazert à l'aide des travaux antérieurs que nous avons exploité (mémoire Magister en Physique, HELLAL Radia 2006).

Les observations au microscope électronique à balayage, faits sur le kaolin sableux montrent la présence d'une structure tachetée des agrégats des grains de la kaolinite (Planche I, Photos 23) pour un grossissement plus élevé en remarque les mêmes observations (Planche I, Figure 24).

La figure (Planche I, Figure 25) montre en premier plan un agrégat de grains avec ces différents strates et en arrière plan nous voyons des feuillets de la kaolinite avec leur surface irrégulières et dont les bords sont déchiquetés. On remarque au centre quelques cigares de halloysite mais nous constatant que leur concentration est très faible. La taille de feuillet est de l'ordre de 10um dans les deux directions a et b perpendiculaire à la distance basal c.

La (Planche I, figure 26) montre des grains de la kaolinite relativement déchectés d'une forme plane parfois circulaire souvent très irrégulière.

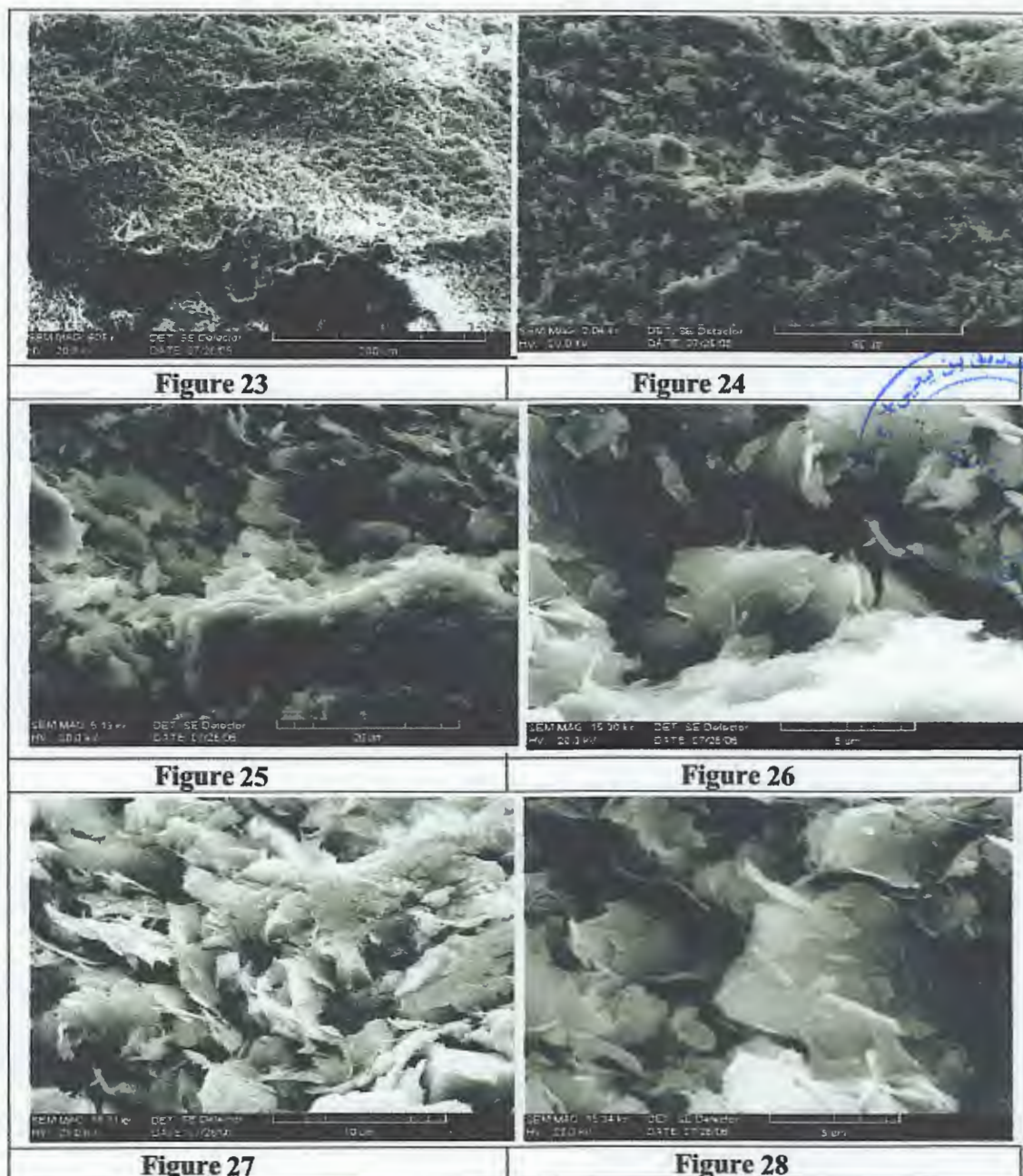
(Planche I, figure 27) montre des grains sous forme de feuilles rarement isolés selon la distance basale .Celle ci semble très faible par rapport aux autres directions dont la taille inférieure à 0.1 um.

(Planche I, figure 28) montre des aiguilles de l'halloysite très longue (2 um) par apport à leur épaisseur qui est divisé en deux aiguilles qui ont coalescé selon la direction de la longueur. L'épaisseur de chaque aiguille est de 500Å, le rapport d'épaisseur/longueur est de L'ordre de 1/40.

On remarque la présence de quelque aiguilles de la halloysite (Planche I, figure 29) en premier plan, un groupe de trois aiguilles coalescer dans la direction de la longueur dont l'épaisseur de chaque aiguille est inférieur à 0.1 um et d'une longueur de l'ordre de 2.5 um. Les autres aiguilles semblent avoir la même taille selon la longueur avec une épaisseur plus élevée autour de 0.2 um. Les grains ont toujours la même apparence de feuille déchiquetée

Ces résultats obtenus nous permet de dire que notre grain est faible en épaisseur par rapport à sa surface, cette morphologie est similaire à celle de particules de kaolinite mal cristallisées

Planche I





V.1.2- Gneiss Kaolinique

La partie inférieure de l'assise est représentée par des gneiss kaoliniques (Image10) qui constituent une phase transitoire entre les kaolins sableux et la roche mère.

Les roches Kaolinisées ressemblent beaucoup aux kaolins sableux. Cependant elles contiennent plus de cristaux de feldspaths et de séricite et elles sont très compactes.



Image 10: Gneiss kaolinisé 6^{ème} gradin de corps central.

V.2- Etude minéralogique

V.2.1- L'examen du kaolin par loupe binoculaire.

L'observation à la loupe binoculaire des grains fournit dans la plus part des cas des indications très intéressantes. Les critères observés par la loupe binoculaire sont la couleur, la forme, l'éclat, la dureté et la morphoscopie.

V .2.1.1- Corps Nord.

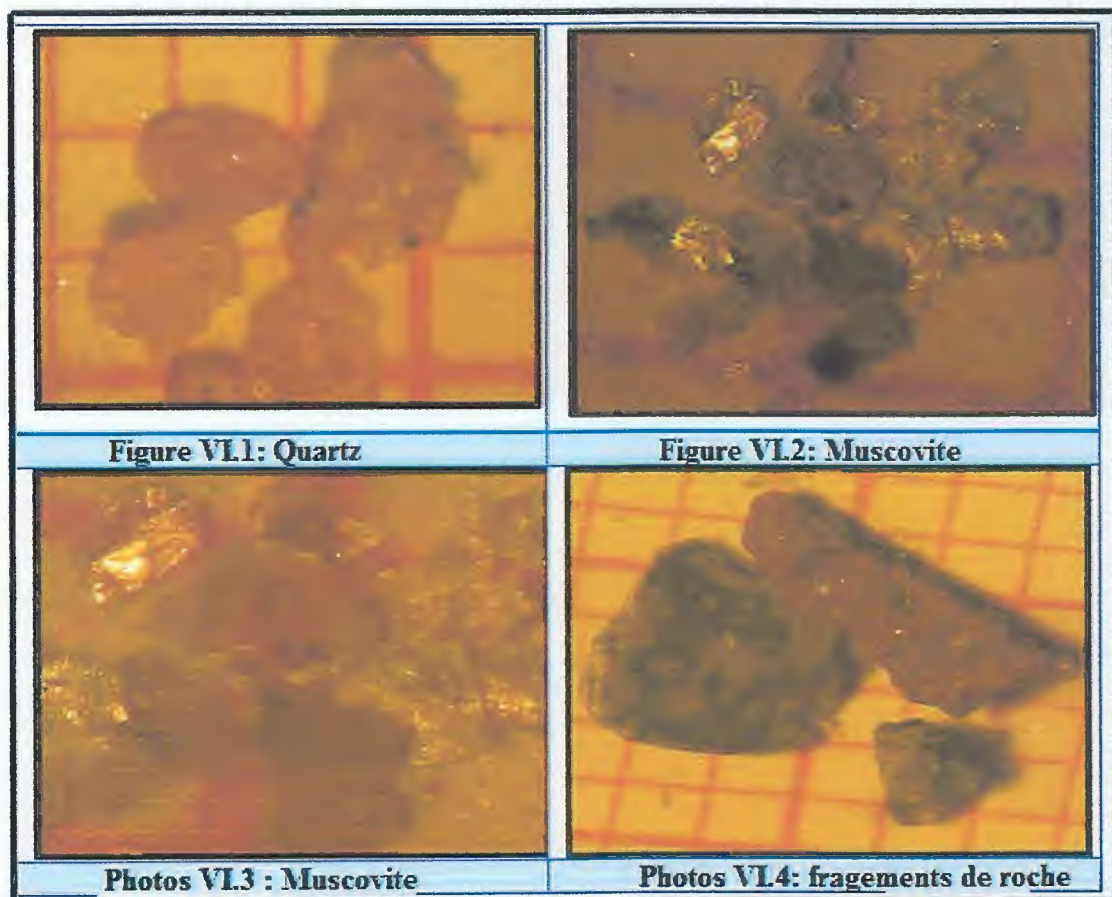
L'analyse à la loupe binoculaire des trois fractions légères de Corps Nord de kaolin sableux de gisement de Tamazert a montré que ces kaolins sont essentiellement constitués de grain de quartz, muscovite, et fragments de roches (Planche II).

Le quartz : Minéral transparent de couleur jaunâtre, de taille et de forme variable (Planche II, Photos VI.1).

Les muscovites : Elles se présentent en paillettes brillantes à éclat vitreux (Planche II, Photos VI.2, VI.3).

Fragments de roches : Ils se présentent sous forme de fragments plus ou moins schistosés, de couleur et de forme variable (Planche I, Photos VI.4).

Planche II.



V.2.1.2- Corps Central

L'analyse à la loupe binoculaire des trois fractions légères de corps Central de kaolin sableux de gisement de Tamazert a montré que ces kaolins sont essentiellement constitués de grain de quartz, muscovite, feldspaths et fragments de roches (Planche III.)

Quartz : C'est un minéral transparent, de couleur blanchâtre de taille et de forme variable (Planche III. Photos VI.6).

Les Grenats : de couleur marron foncé, les grenats se présentent sous forme arrondie ou sub arrondie (Planche III, photo VI 5).

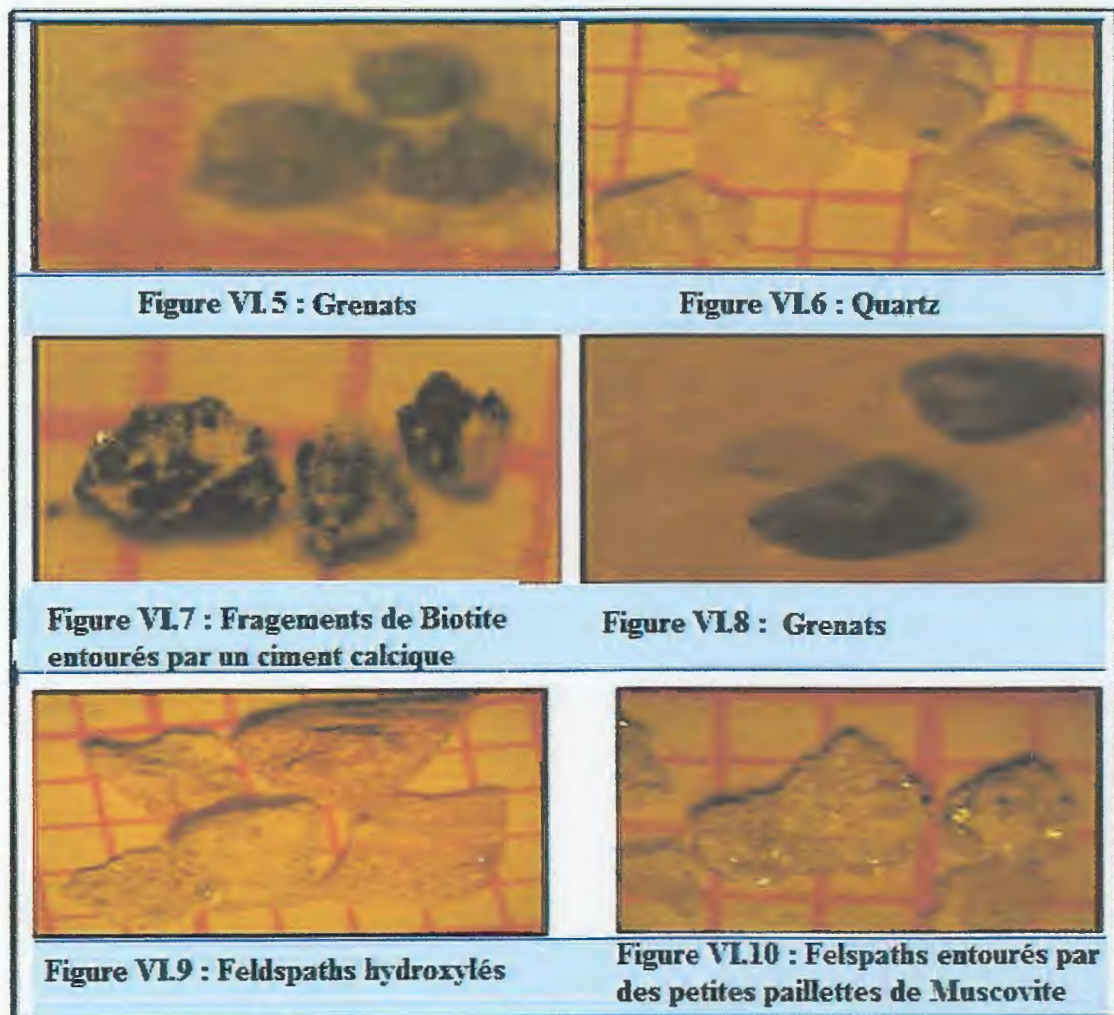
Muscovite : Elles se présentent en petites paillettes brillantes à éclat vitreux.

Feldspaths : Ils se présentent sous des formes et couleurs différentes associés souvent avec d'autres minéraux. (Planche III, Photos VI.9 ; VI.10)

Fragments de Biotite : fragments plus ou moins irrégulières, de couleur noir et de forme variable (Planche III, Photos VI.7).

Ciment : calcite en blanc (Planche III, photos VI.6)

Planche III.



V.2.2- Analyse diffractométrique des kaolins

V.2.2.1- Traitement des spectres et identifications des minéraux

Le diffractomètre aux rayons X a été utilisé dans cette analyse afin de déterminer les propriétés des différents assemblages minéralogiques des 14 sous-échantillons préparés précédemment (voir P 25).

Les propriétés physico-chimiques d'un matériau dépendent non seulement de sa composition chimique mais aussi, et en grande partie, de ses caractéristiques structurales : (structure cristalline, la taille des cristaux et la nature chimique du matériau).

Après diffraction, cette identification a été faite en deux étapes : une étape de recherche à partir du logiciel X'Pert High Score contenant une base de données intégrée, puis une confrontation des valeurs 2θ de chaque pic du diffractogramme ou du spectre avec des données de référence de ICDD (Centre international pour les données de diffraction) probables à l'aide du logiciel.

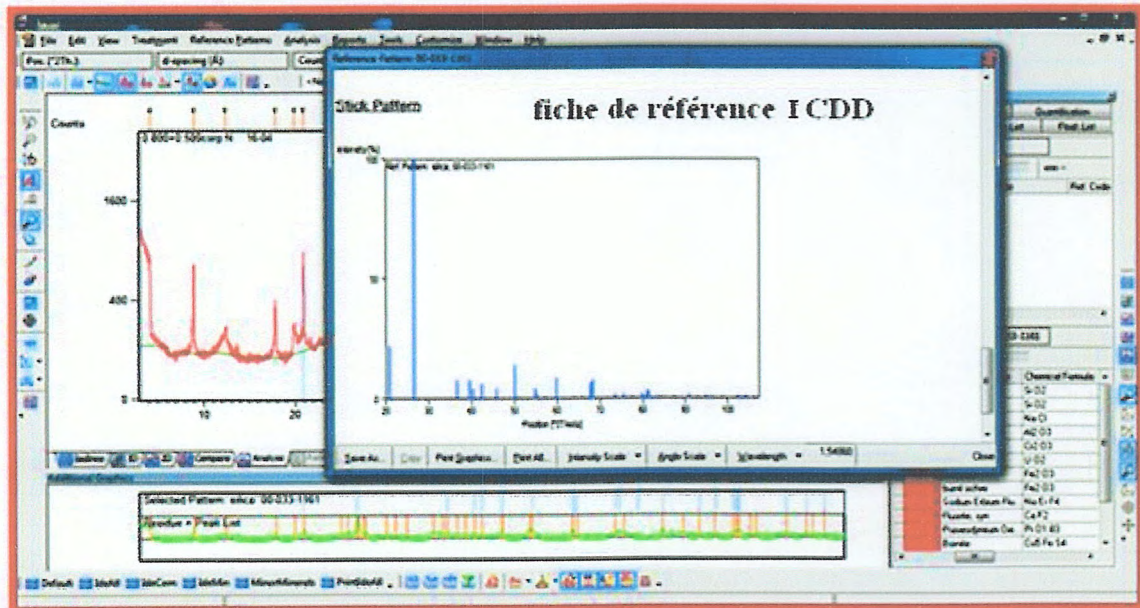


Fig 31: Interface de logiciel X'Pert High Score avec une fiche de référence ICDD.

Les diffractogrammes (Spectres DRX) des 14 sous-échantillons traités, sont représentés sur les figures : ci-dessous. Ces derniers représentent des pics de diffraction selon l'angle et l'intensité (coup /seconde), ont été confrontés à des centaines des fiches de référence (LCDD) (Fig .31) à l'aide de logiciel, afin de déterminer les différentes proportions des minéraux constituant les 14 sous-échantillons prélevés Voir Tableaux ci-dessous.

A- Les spectres d'énergie de faisceau diffractés en fonction de l'angle de diffraction 2θ .

Les résultats des analyses pour les deux corps sont présentés sous forme des diffractogrammes, les deux sous échantillons (A-5) et (B-6) sont présentés ci- dessous et le reste des diffractogrammes sont présentés dans l'annexe.

A.1- Les spectres d'énergies de Corps Nord.

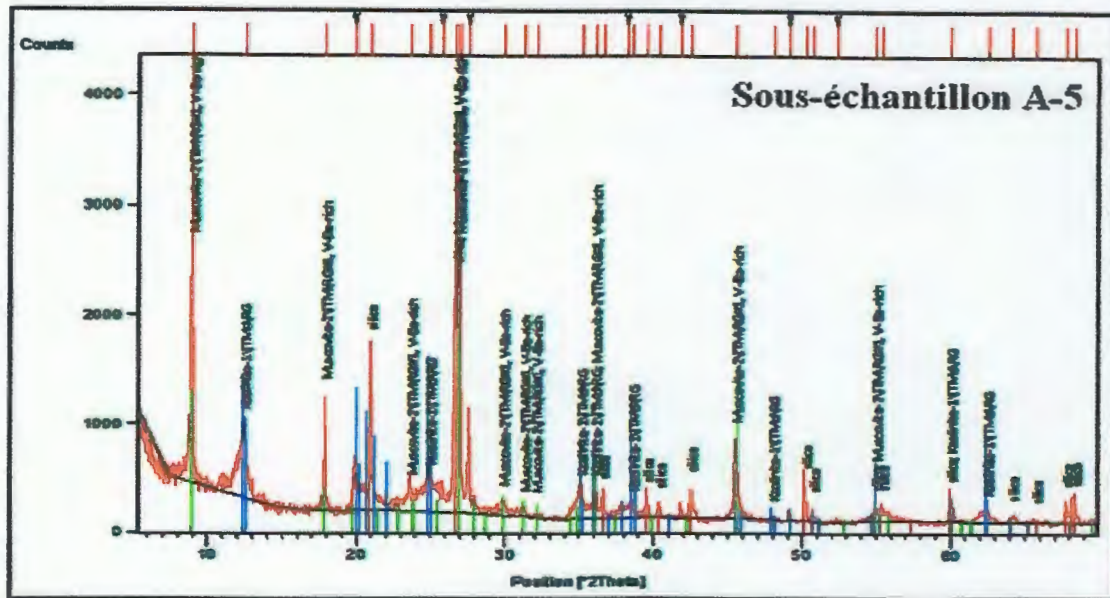


Figure 32 : Spectre DRX de sous- échantillon A-5.

Elément	Nom de minéral	Code de référence	Formule Chimique	$2\theta(^{\circ})$
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	8,9476
Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	12,4195
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	17,8647
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	20,9074
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	23,5995
kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	24,9301
Silica- Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$KAl_2 [Si_4AlO_{12} (OH, F)_2]$	26,8841
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	29,8382
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	31,2812

Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	32,0687
kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	35,1329
Kaolinite-Muscovite	Alumine Silicate Hydrate Fluorite	00-001-0527	$KAl_4 [Si_5AlO_{15} (OH)_6 (F)_2]$	36,0828
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	36,5630
kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	38,5135
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	39,5088
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	40,3467
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	42,4878
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$	45,5229
kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	48,0371
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	50,1719
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	50,6951
Silica- Muscovite	Alumine Silicate Hydrate Fluorite	/	$KAl_2 [Si_4AlO_{12} (OH, F)_2]$	54,9004
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	55,3581
Silica-Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	/	$Al_2Si_3O_7(OH)_4$	59,9691
kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	62,4101
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	64,1443
Silica	Quartz	00-033-1161	SiO_2	65,7043

Tableau 2 : Différents propriétés des minéraux constituants sous-échantillons A-5.

A.2- Les spectres d'énergies de Corps Central.

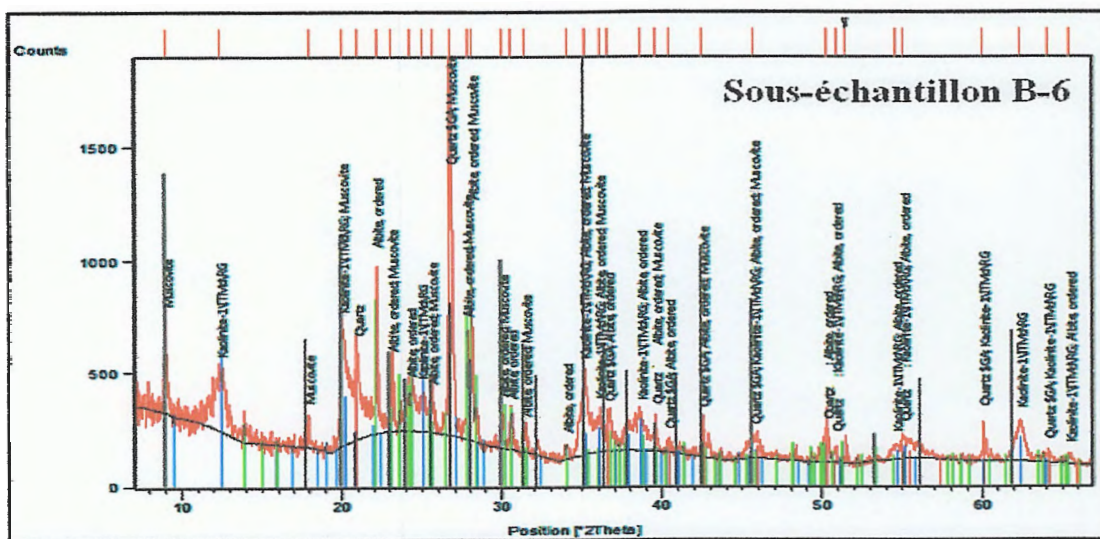


Figure 33 : Spectre DRX de sous- échantillon B-6.

Élément	Nom de minéral	Code de référence	Formule Chimique	2 θ (°)
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate Hydrate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3 AlO_{10} (OH, F)_2]$	8,9865
Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2 Si_2 O_5 (OH)_4$	12,4020
Muscovite	Alumine Fluorite Silicate	00-035-0816	$KAl_2 [Si_3 AlO_{10} (OH, F)_2]$	17,9109
Kaolinite-Muscovite	Alumine Silicate Hydrate Fluorite	/	$KAl_4 [Si_5 AlO_{15} (OH)_6 (F)_2]$	19,9798
Quartz	Quartz	00-033-1161	SiO_2	20,9657
Albite	Sodium Aluminum Silicate	00-009-0466	$NaAlSi_3O_8$	22,1389
Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_6 AlO_{18} (OH, F)_2]$	23,0645
Albite	Sodium Aluminum Silicate	00-009-0466	$NaAlSi_3O_8$	24,2905
Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$Al_2 Si_2 O_5 (OH)_4$	25,0239
Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_6 AlO_{18} (OH, F)_2]$	25,5781
Quartz-Muscovite	Quartz- Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$KAl_2 [Si_4 AlO_{12} (OH, F)_2]$	26,7880
Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_6 AlO_{18} (OH, F)_2]$	27,8368
Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_6 AlO_{18} (OH, F)_2]$	30,0083
Albite	Sodium Aluminum Silicate	00-009-0466	$NaAlSi_3O_8$	30,5638
Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_6 AlO_{18} (OH, F)_2]$	31,4454
Albite	Sodium Aluminum Silicate.	00-009-0466	$NaAlSi_3O_8$	34,0527
Kaolinite-Albite - Muscovite	Sodium Aluminum Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_5 [Si_8 AlO_{23} (OH)_5 (F)_2]$	35,1344
Kaolinite-Albite - Muscovite	Sodium Aluminum Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_5 [Si_8 AlO_{23} (OH)_5 (F)_2]$	36,1011
Quartz-Albite	Sodium Aluminum Silicate	/	$NaAlSi_4O_8$	36,6327
Kaolinite-Albite	Sodium Aluminum Silicate Hydrate	/	$Na Al_3 Si_5 O_{13} (OH)_4$	38,6027
Quartz- Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_7 Al O_{20} (OH, F)_2]$	39,5582
Quartz-Albite	Sodium Aluminum Silicate	/	$NaAlSi_4O_8$	40,4107
Quartz- Albite - Muscovite	Sodium Alumine Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_3 [Si_7 Al O_{20} (OH, F)_2]$	42,5124
Quartz-Kaolinite-Albite - Muscovite	Sodium Aluminum Fluorite Silicate Hydrate	/	$(Na, K)Al_5 [Si_9 AlO_{25} (OH)_5 (F)_2]$	45,7541
Quartz-Albite	Sodium Aluminum Silicate	/	$NaAlSi_4O_8$	50,2553
Quartz-Kaolinite-Albite	Sodium Aluminum Silicate Hydrate	/	$Na Al_3 Si_6 O_{15} (OH)_4$	51,4754
Kaolinite-Albite	Sodium Aluminum Silicate Hydrate	/	$Na Al_3 Si_5 O_{13} (OH)_4$	54,5510

Quartz-Kaolinite-Albite	Sodium Aluminum Silicate Hydrate	/	$\text{Na Al}_3 \text{Si}_6 \text{O}_{15}(\text{OH})_4$	55,0398
Quartz-Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	/	$\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_7(\text{OH})_4$	60,0359
Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	00-001-0527	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	62,3976
Quartz-Kaolinite	Aluminium Silicate Hydrate	/	$\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_7(\text{OH})_4$	64,0875
Kaolinite-Albite	Sodium Aluminum Silicate Hydrate	/	$\text{Na Al}_3 \text{Si}_5 \text{O}_{13}(\text{OH})_4$	65,4478

Tableau 3 : Différents propriétés des minéraux constituants sous-échantillons B-6.

B- Interprétation des spectres DRX.

Selon les fiches de référence ICDD, les pics des quartes échantillons correspondant aux plan des silicates d'alumines hydratés, avec la présence du Quartz.

Les figures "32" et "33" représentent les spectres de diffraction sur les poudres des sous-échantillons (A-5) et (B-6)

Le spectre de diffraction au rayon x de l'échantillon (A-5), (Fig.32), montre des pics de diffraction située entre $2\theta = 8,9476^\circ$ et $2\theta = 65,7043^\circ$. Ces pics correspondent selon les fiches ICDD aux plan des silicates d'alumines hydratés (argiles) : kaolinites, Muscovites avec la présence du Quartz voir (Tab.2).

Le spectre de diffraction au rayon x de l'échantillon (B-6), (Fig.33), montre des pics de diffraction située entre $2\theta = 8,9865^\circ$ et $2\theta = 65,4478^\circ$. Ces pics correspondent selon les fiches ICDD aux plan des silicates d'alumines hydratés (argiles) : kaolinites, Muscovites, Albites avec la présence du Quartz voir (Tab.3).

Selon les fiches de référence ICDD Les spectres de diffraction au rayon x des sous-échantillons (A-1), (A-2), (A-3), (A-4), (A-6), (A-7) représentés par les figures(3, 4, 5, 6, 7, 8,) de l'annexe sont presque identiques avec des différences dans les intensités, ceci est illustré dans la (figure 4) quoi que il existe quelques lacunes comme le cas de la Muscovite dans les diffractogrammes des fractions ($> 80 \mu\text{m}$, $1- 80 \mu\text{m}$,) illustrées dans la (figure 4) par des petits cercles (1, 3, 4), en revanche il existe des pics dans quelques fractions comme le cas dans les diffractogrammes des fractions ($0,100- 0,080 \text{ mm}$ et $2-1 \text{ mm}$) qui sont pas leurs équivalences dans le reste des diffractogrammes (voir 2, 5 de la figure 34).

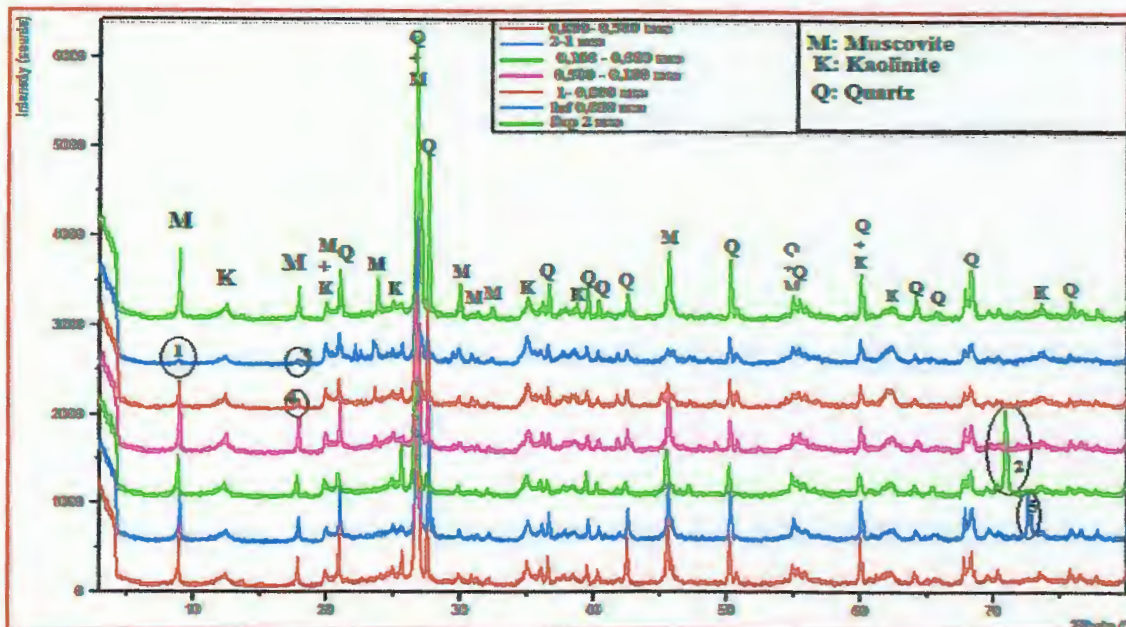


Figure 34 : les spectres DRX combinés des différentes fractions de corps Nord.

Les spectres de diffraction au rayon x des sous-échantillons (B-1), (B-2), (B-3), (B-4), (B-5), (B-7) représentés par les figures (9, 10, 11, 12, 13, 14) de l'annexe sont presque identiques avec des différences dans les intensités, ceci dit qu'il existe bien évidemment quelques lacunes comme le cas de la Muscovite dans le diffractogramme de la fraction (> 80 μm ,) illustrée dans la (figure 35) par des petits cercles (a, b).

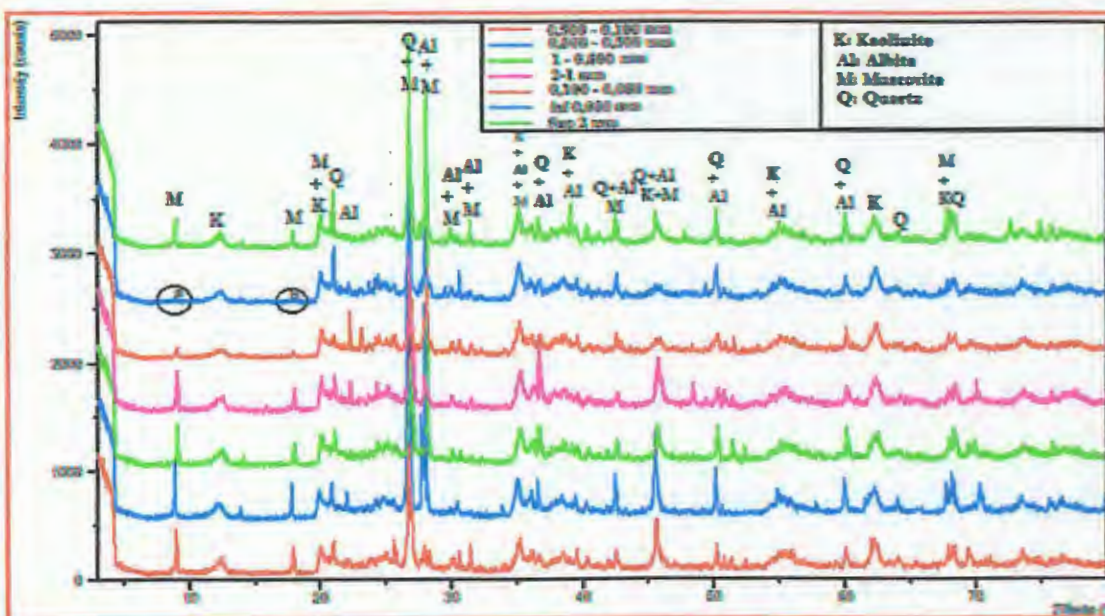


Figure 35 : les spectres DRX combinés des différentes fractions de corps Central.

Les digrammes de la diffractométrie X du kaolin des deux corps ont montré des lignes d'interférence caractérisée par les valeurs suivantes :

Quartz - Kaolinite – Muscovite – Albite.

D'une manière générale, les minéraux les plus importants sont le quartz, les micas et la kaolinite assez mal cristallisée en passant par une série de mélange mixte intermédiaire.

C- Comparaison des deux minéralogies des deux corps.

Pour cela on a choisit deux fractions (inf. 0,080 ; Sup 2 mm) pour essayer de mettre en relief les différences que ce soit de l'intensité ou bien de la présence des lacunes ... etc.

On peut signaler en premier lieux l'absence d'une phase minéral dans le corps central « Albite » ce qu'il explique leur transformation d'une façon entière.

Ce qui y est en cercles représente les différentes lacunes qu'on peut signaler comme une différence entre la minéralogie des deux Corps.

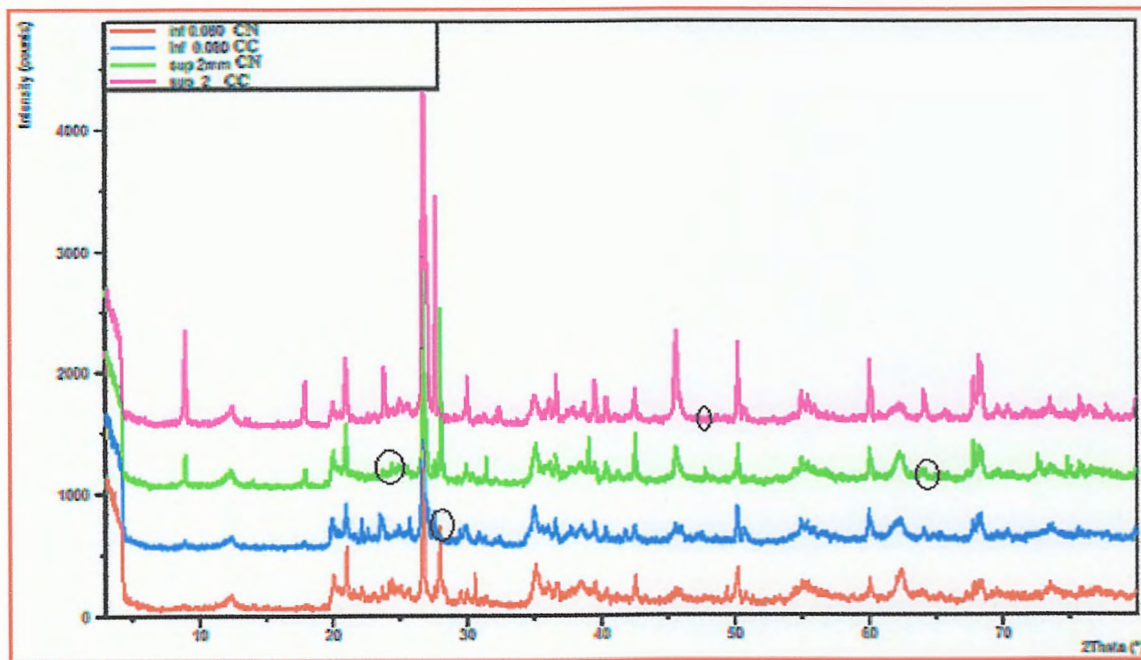


Figure 36 : les spectres DRX combinés les deux fractions (inf.0, 080 mm - sup. 2mm) des deux corps.

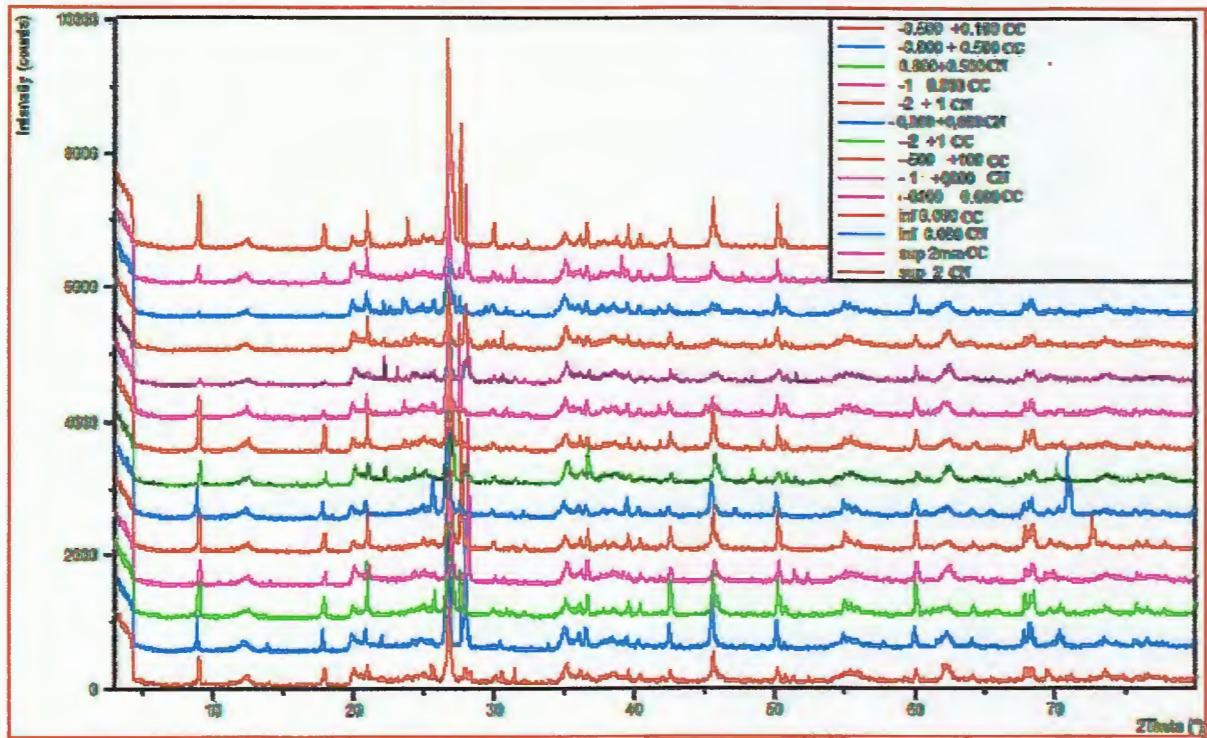


Figure 37 : les spectres DRX combinés des différentes fractions des deux corps.

V.3- Origine des minéraux

Le sable kaolinique a une composition minéralogique qui diffère d'un corps à l'autre. Seulement le quartz est toujours majoritaire. Les minéraux potassiques « Feldspath du type orthose et micas muscovite » ainsi que le minéral sodique « plagioclase » peuvent varier d'un endroit à l'autre.

V.3.1- Origine des minéraux argileux

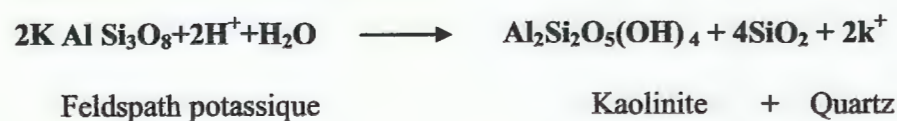
La formation du gisement est conditionnée par le relief, le climat, la fracturation et la nature de la roche mère. La composition que ce soit du gneiss kaolinisé ou du kaolin sableux évoque un processus pneumatologique qui aurait donné trois formes d'altérations:

V.3.1.1- Origine de Kaolinite

Les gneiss riches en feldspaths illustrent au mieux ce phénomène par le fait que les feldspaths se transforment en kaolinite.

Ce phénomène de kaolinisation se développe quand le lessivage s'accélère, ce qui rend le milieu acide. Dans un environnement humide, les ions sont libérés par l'hydrolyse et seule l'alumine reste et elle aura tendance à se combiner avec la silice pour former la kaolinite.

Le phénomène de kaolinisation a pu s'effectuer selon les relations suivantes :





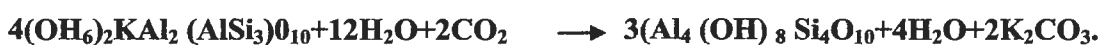
Plagioclase

Kaolinite

Quartz

V.3.1.2- Origine d'halloysite

La formation d'halloysite passe par plusieurs étapes allant de feldspaths jusqu'à la formation d'halloysite commençant par la séricitisation qui se manifeste par la formation des micas blancs en longues paillettes développées aux dépens des feldspaths ; ce phénomène ne se produit au départ que dans les plagioclases. Dans le cas où il y a une zonation, seules les parties les plus riches en anorthite sont affectées ensuite c'est autour de la séricite d'être altéré et cette altération peut être résumée comme suite :



Séricite

Halloysite

V.3.2- Origine des minéraux non argileux

Les silicates (Quartz) et les micas (Muscovite) qui se trouvent associés aux minéraux argileux prennent leur origine des roches -mère (Gneiss essentiellement), ce sont des minéraux hérités des formations encaissantes.

Conclusion général

L'étude présentée dans ce mémoire nous a permis de faire une étude globale et sommaire de gisement de Tamazert (17 km d'El-Milia- Jijel) du point de vue géologique, géologique, pétrographique et minéralogique, en tenant compte des phénomènes hydrothermaux qui sont à l'origine de formation de ce gîte.

Dans l'objectif d'une éventuelle valorisation de ce gisement, nous nous sommes donc intéressés à caractériser ce minerai

Le climat de gisement présente une tendance sub humide avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes, avec un réseau hydrographique très intense qui favorise surtout l'écoulement superficiel.

Le gisement est encaissé dans les roches de socle de la petite Kabylie et plus précisément il appartient à l'édifice des Béni-ferguène.

Au NE et NW de la région du gisement, les gneiss couvrent les montagnes d'altitude de plus de 620 m. ces gneiss n'ont pas subi une intense altération par contre et d'après des sondages qui ont été fait, le kaolin s'est formé entre le niveau 550 et 610 m, rarement en dessous de cette altitude.

A travers les techniques d'analyses pétro-minéralogiques et granulométriques ainsi nos observations et nos identifications nous avons fait ressortir :

- ❖ L'encaissant gneissique recouvre une majeure partie du gisement (4/5 du territoire), et se présente sous forme de roches grises et grises claires, moyennement grenues et massives, très compactes, à texture gneissoïde, ocellée ou schisteuse.
- ❖ L'encaissant Micaschisteux est présenté par des roches sont grises ou grises foncées, à structure fibreuse et schisteuse. La texture est normalement cristalloblastique, écaillée en tachetée.
- ❖ Les Kaolins Sableux de Tamazert ont une granulométrie légèrement étalée et qui ressemble à celle de limons à petite teneur en fraction fine.
- ❖ Les minéraux identifiés sont : Kaolinite, Halloysite, Quartz, Muscovite, Albite, Biotite, les Grenats.
- ❖ La kaolinite qui est l'un des principaux constituants minéralogique, est produite sans doute par l'intermédiaire d'un processus hydrothermale de roches ignées neutres et acides de profondeur et superficielle, donnant naissance a deux faciès : le kaolin sableux formant une couche superficielle et une seconde couche de gneiss kaolinisé située en profondeur. Elle se forme généralement avec le quartz d'où son abondance constatée dans le gisement.
- ❖ La présence d'halloysite se manifeste sous de cigare ou d'aiguille sous le MEB, par contre la Kaolinite se montre sous forme de feuilles déchiquetées.
- ❖ Le gisement de Tamazert représente un gisement d'une très grande importance économique d'où la nécessité d'une exploitation raisonnable et bénéfique.

- AMRI, K. (1996)** : Cinématique des déformations ductiles et fragiles de la région de Béni Bélaid- Oued Zhour (Petite Kabylie). Mém. Magister, USTHB, Alger, 144 p.
- BAUDELLOT S, BOUILLIN J-P COIFFAIT P. (1981)**-Découverte d'ordovicien inférieur date par Arcritaches dans l'Ouest de la Petite Kabylie (Algérie). Conséquences structurales. C. R. Acad. Sc. paris. Ser. II, T 293, pp. 611-614.
- BOUFTOUHA Y. (1989)**-Etude des skarns et indices métallifères de l'auréole métamorphique du massif granitique des Béni Toufout (Kabylie de Collo, N. E algérien). Thèse de magistère, Univ. Constantine, 136P.
- BOUFTOUHA Y. (2000)**-Pétrologie, Géochimie et Métallogénie des skarns de la Kabylie de Collo. (N.E. Algérien). Thèse de doctorat d'état, Univ. Constantine, 256P.
- BOUILLIN J.P. (1983)**-Nouvelle hypothèse sur la structure des Maghrébide. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 296, Série II, p.1329-1332.
- BOUILLIN J.P et KORNPORST J. (1974)**-Les Associations ultrabasiques de Petites Kabylie, péridotite de type alpin et complexe stratifié ; comparaison avec les zones internes Bético-Rifaines, P 194.
- BOUILLIN J.P. (1977)**-Géologie Alpine de la Petite Kabylie dans la région de Collo et d'El Milia (Algérie).thèse doctorat. UNI P et M. CURIE. 511P.
- BOUILLIN J.P. (1979)**-La transversale de Collo et d'El Milia (Petite Kabylie) : une région-clé pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Mem. Soc. Geol.France (n. s), 57, 135 : 84P.
- BOUILLIN J.P, RAOULT J.F. (1970)**-Présence sur le Socle Kabyle de Constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs, le numidien peut-il être un néo-autochtone Bull. Soc. Géol. Fr, (7), XIII, P. 338-362. Paris.
- DJELLIT H. (1987)** Evolution tectono-métamorphique du Socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petites Kabylie occidentale (Algérie). These doctorat, université de paris Sud, 206P.
- DURAND-DELGA M. (1955)**-Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. Publication du service de la carte géologique de l'Algérie. 533P.
- DURAND-DELGA M. (1980)**-La méditerranée occidentale : Etapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. Soc. Géol. France. Livre jubilaire du cent cinquantième 1830-1880,10 : 203-224.
- EHRMANN F. (1928)**-Sur l'extension du primaire fossilifère en bordure Ouest du massif de Collo-Philippe-ville. Association française. Avancement science, Constantine, Congrès de 1927.
- GELARD J.P. (1969)**-Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata : le flysch mauritanien (Grande Kabylie). Bull. Soc. Géol. France, (7), XI, Paris, pp. 676-686.

- KAZI. TANI N. 1986-** évolution géodynamique de la bordure nord-africaine de domaine intraplaque nord-algérien. Approche méga séquentielles, thèse, 886, pan.
- LEBLANC M. et TEMAGOULT A. (1989)**-chromite pods in a lherzolite massif (Collo, Algeria): Evidence of oceanic type mantle rocks along West Mediterranean alpine belt. Lithos, Vol.23, P153-162.
- MAHDJOUR Y. (1991)**-Cinématique des déformations et évolution P-T ante-alpines et alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord orientale) : un modèle d'évolution de these-es-science USTHB. Alger.196P.
- OUABADI A. (1987)**-Etude pétrographique du complexe magmatique du Nord de la Kabylie de Collo. These de Magistère. USTHP.Alger.169P.
- OUABADI A. (1994)**-Pétrographie, géochimie et origine des granitoides peralumineux a cordierite (Cap Bougaroun, Béni-Toufout et Filfila) Algérie Nord orientale. Thèse Doctorat d'état. USTHB. Alger, 232P.134.
- LAOUDERE J.C. 1987-** Les séries ultras telliennes d'Algérie nord orientale et les formations environnantes dans leur cadre structurale, Thèse, pp-8-19 et pp, 94-97, Toulouse.
- RAOULT J. F. (1969)**- La serie de Tengout : unité externe de la dorsal Kabyle annonçant le flysh de Penthièvre (Nord constantinois, Algérie) C.R.Acad. Sci Paris (D), 268, pp.861-864.
- ROUBAULT M. (1934)**-La Kabylie de Collo, étude géologique these Doctorat es-science. Faculté des Science de Paris.
- TEMAGOULT A. (1989)**-Prospection et étude des indices de chromite de l'Oued Tamanart (Collo-Petite Kabylie) these de Magister. IST de Constantine. 114P.
- VILA J M. (1980)**-La chaine Alpine d'Algérie Orientale et des Confins algéro-tunisien. These de Doctorat d'état. Paris, univ. P et M Curie.665P.
- WILDI W. (1983)**-La chaine tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys. Vol. 24, fasc. 3, p201-297, 30fig., 2pl. h. t., Paris.
- HELLAL Radia. (2006)**- ETUDE ET CARACTERISATION D.UN REFRACTAIRE A BASE DE K.T. (KAOLIN DE TAMAZERT). P11-14.
- SONAREM.1968-** Rapport interne de la mission chinoise sur Djebel Tamazert carte géologique 1986.

ORGM : Office de Recherche Géologique et Minière.

SOALKA : SOciété ALgérienne des KAolins.

ANRH : Agence National des Ressources Hydrique.

OMK : Oligo-Miocène Kabyle.

DRX : Diffraction des Rayons X.

HT : Haute Température.

HP : Haute Pression.

S : Sondage

SONAREM : SOciété NAtional de la REcherche Minière.

BRGM : Bureau du Recherches Géologiques et Minières.

µm : micromètre.

ICDD : Centre International pour les Données de Diffraction.

CC : Corps Central

CN : Corps Nord

MEB : Microscope Electronique à Balayage.

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la Kabylie de Collo (extrait de la carte topographique de Constantine 1/500000).....	3
Figure 2 : Situation géographique de gisement de Tamazert illustrée dans une carte satellitaire (Google Earth, 2013).....	4
Figure 3 : Principaux Oueds qui drainent la partie orientale de la wilaya de Jijel (D'après Durand Delga, (1955) légèrement modifiée).....	5
Figure 4 : Carte Hypsométrique de la région d'étude faite à partir des deux cartes topographiques 1/25000 d'El-Milia et d'Oued Zhour.....	6
Figure 5 : L'orogène alpin péri-méditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969).....	8
Figure 6 : Situation du massif de la Petite Kabylie dans le domaine interne de la chaîne Alpine occidentale – GK, Grande Kabylie ; Petite Kabylie; A, Alger. (Mahdjoub et Merle, 1990)	9
Figure 7 : Schéma structural de la Petite Kabylie (d'après Mahjoub, 1990) légèrement modifié.....	11
Figure 8 : Coupe synthétique de la Kabylie de Collo (d'après J.P Bouillin, 1977).....	12
Figure 9 : Coupe nord sud aux environs d'El Milia réalisé par Djellit (non publié) modifié.....	15
Figure 10 : Esquisse géologique structural de la région Béni Bélaid Oued Zhour (K. Amri et A. Kehal), modifiée.....	18
Figure 11 : carte géologique de Djebel de Tamazert (SONAREM), modifiée.....	21
Figure 12 : coupe géologique A-B.....	21
Figure 13 : Sondage N° 202 Corps Central (SONAREM, 1998).....	24
Figure 14 : Carte de localisation des sondages et des coupes géologiques.....	25
Figure 15 : coupe géologique de Corps central.....	25
Figure 16 : coupe de corps Sidi Kader.....	27
Figure 17 : coupe de corps Nord.....	27
Figure 18 : positionnements et localisations des échantillons globales et retenus du gisement de Tamazert.....	29
Figure 19 : appareil du DRX.....	33
Figure 20 : Production et éléments de DRX.....	33
Figure 21 : principe de diffraction et illustration de la loi de Bragg (Eslinger & Peaver 1988).....	34

Liste des figures

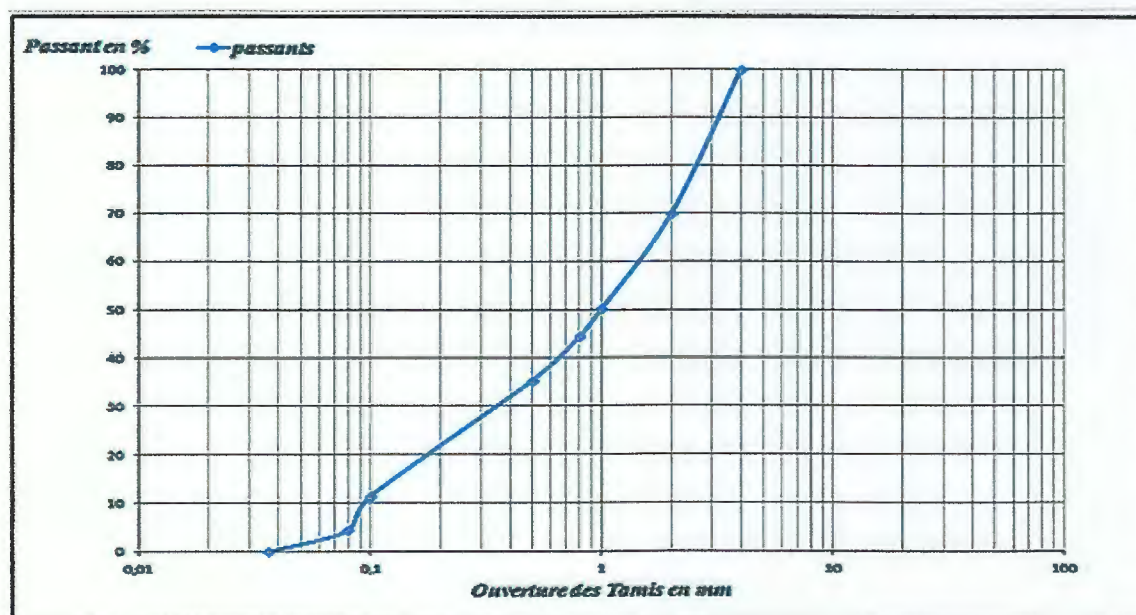
Figure 22 : Schéma explicatif de différentes étapes d'analyse.....	35
Figure (23- 28) : Résultats des analyses au MEB.....	38
Figure (29- 30) : Résultats des analyses au MEB.....	39
Figure 31 : Interface de logiciel X'Pert High Score avec une fiche de référence ICDD...	42
Figure 32 : Spectre DRX de sous- échantillon A-5.....	43
Figure 33 : Spectre DRX de sous- échantillon B-6.....	45
Figure 34 : les spectres DRX combinés des différentes fractions de corps Nord.....	47
Figure 35 : les spectres DRX combinés des différentes fractions de corps Central.....	48
Figure 36 : les spectres DRX combinés les deux fractions (inf.0, 080 mm - sup. 2mm) de corps Central.....	49
Figure 37 : les spectres DRX combinés des différentes fractions des deux corps.....	49

Liste des photos et tableaux

Image 1 : Gneiss quartzitoides.....	21
Image 2 : Formation Gneissique à coté de route national.....	20
Image 3 : Micaschiste en contact avec le minerai.....	23
Image 4 : Intercalations entre le Gneiss et les Micaschistes.....	23
Image 5 : Tamiseuse électrique.....	31
Image 6 : Balance électronique à précision 0,001.....	31
Image 7 : Broyeur à céramique.....	32
Photo 8 : Observation des grains de quartz sous la loupe binoculaire au labo de paléontologie Université de Jijel.....	33
Image 9 : Kaolin à structure gneissoide d'une couleur grise (Corps central).....	37
Image 10 : Kaolin à structure massive d'une couleur blanche (Corps Nord).....	37
Image 11 : Gneiss kaolinisé 6 ^{ème} gradin de corps central.....	39
Tableau 1 : classification dimensionnelle des sédiments détritiques en mm et en um leurs équivalant dans l'échelle du phi définie par Krumbein et Pettijohn (1938).....	30
Tableau 2 : Différents propriétés des minéraux constituants sous-échantillons A-5.....	43
Tableau 3 : Différents propriétés des minéraux constituants sous-échantillons B-6.....	45

Tableau 1 : Résultats cumulatifs de l'analyse granulométrique de Corps Nord.

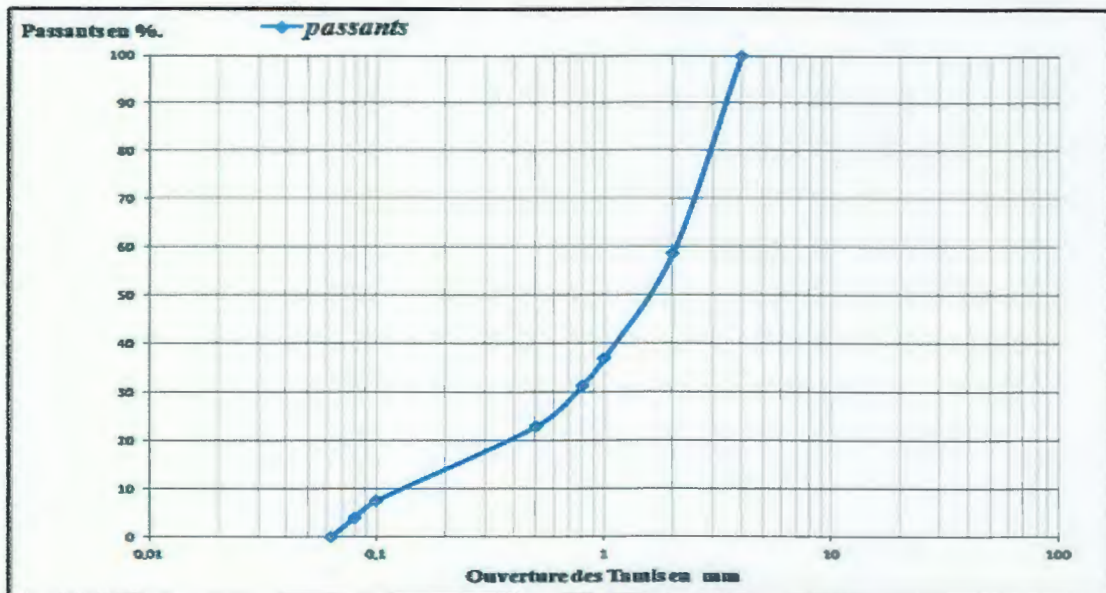
D de Tamis (mm)	P de refus Partiel (gr)	P de refus Cumulé	% des refus Cumulés	% des passants cumulés
<2	/	/	/	100
2	165,1	165,1	41,36	59
1	86,8	251,9	63,10	37
0,8	22,6	274,5	68,76	31
0,5	33,4	307,9	77,13	23
0,1	61,2	369,1	92,46	8
0,080	14,3	383,4	96,04	4
<0,080	15,8	399,2	100,00	0
somme	399,2			

Figure 1 : Courbe granulométrique cumulée du Corps Nord**Tableau 2 : Résultats d'analyse pour la détermination de la teneur de la fraction fine (15 µm) de Corps Nord**

Poids total de l'échantillon brut primaire.	Mb=1500 g.
Poids total humide.	Mh=1423,4 g.
Poids total après séchage.	Ms= 1252,3 g.
Teneur en eau.	w =1,711 %.
Teneur en fraction fine (15 µm).	F= 15,16 %.

Tableau 3 : Résultats cumulatifs de l'analyse granulométrique de Corps Central.

D de Tamis (mm)	P de refus Partiel (gr)	P de refus Cumulé	% des refus Cumulés	% des passants cumulés
<2	/	/	/	100
2	120,72	120,72	30,19	70
1	78,76	199,48	49,88	50
0,8	23	222,48	55,63	44
0,5	36,18	258,66	64,68	35
0,1	95,25	353,91	88,50	12
0,08	28	381,91	95,50	5
>0.08	18	399,91	100,00	0
somme	399,91			

Figure 2 : Courbe granulométrique cumulée du corps central**Tableau 4 : Résultats d'analyse pour la détermination de la teneur de la fraction fine (15 µm) de Corps Central**

Poids total de l'échantillon brut primaire.	Mb=1500 g
Poids total humide.	Mh=1444,9 g
Poids total après séchage.	Ms=1219,1 g
Teneur en eau.	w = 2,258 %
Teneur en fraction fine (15 µm).	F= 16,84 %

Les spectres d'énergies de Corps Nord

Figure 3 : Spectres DRX de sous-échantillon A-1

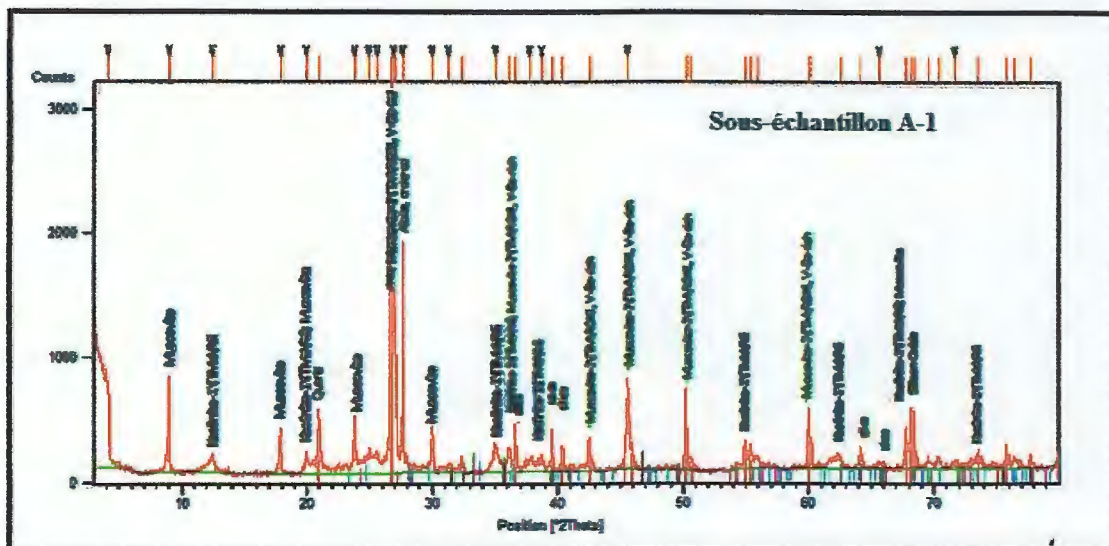


Figure 4 : Spectres DRX de sous-échantillon A-2

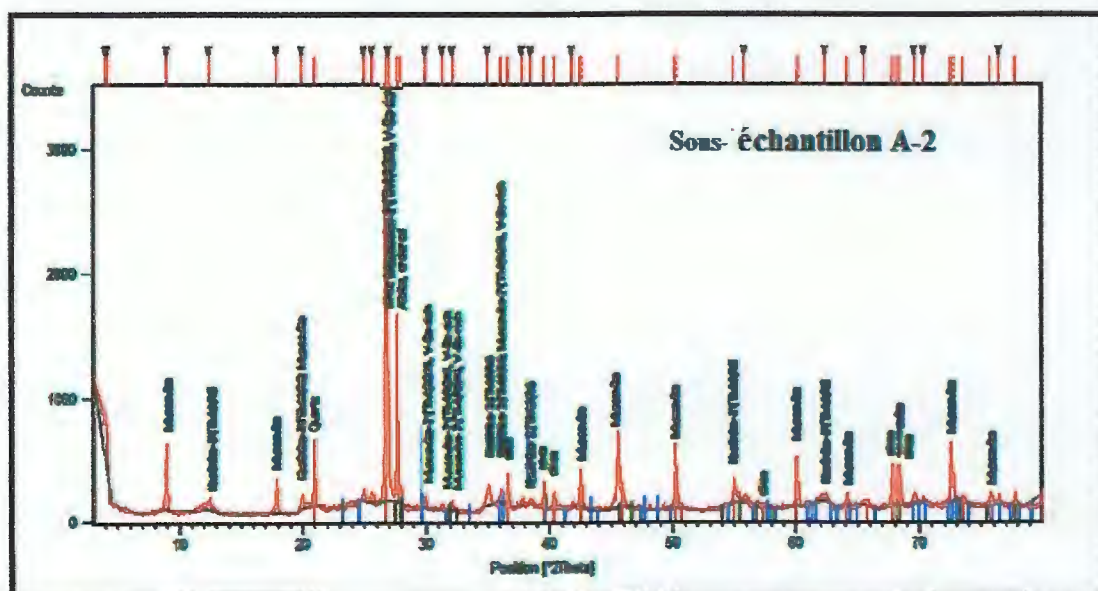


Figure 5 : Spectres DRX de sous-échantillon A-3

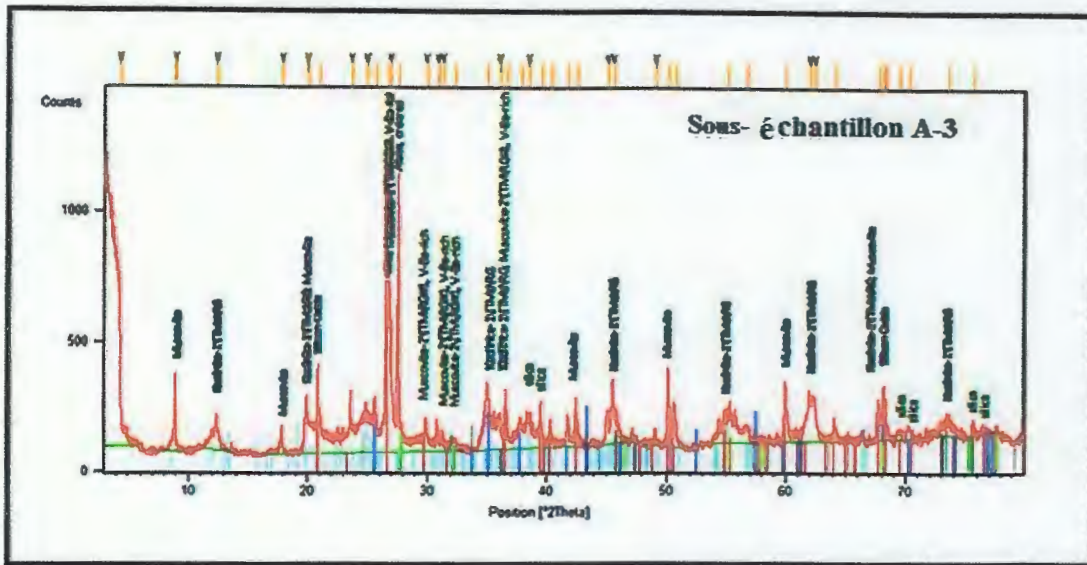


Figure 6 : Spectres DRX de sous-échantillon A-4

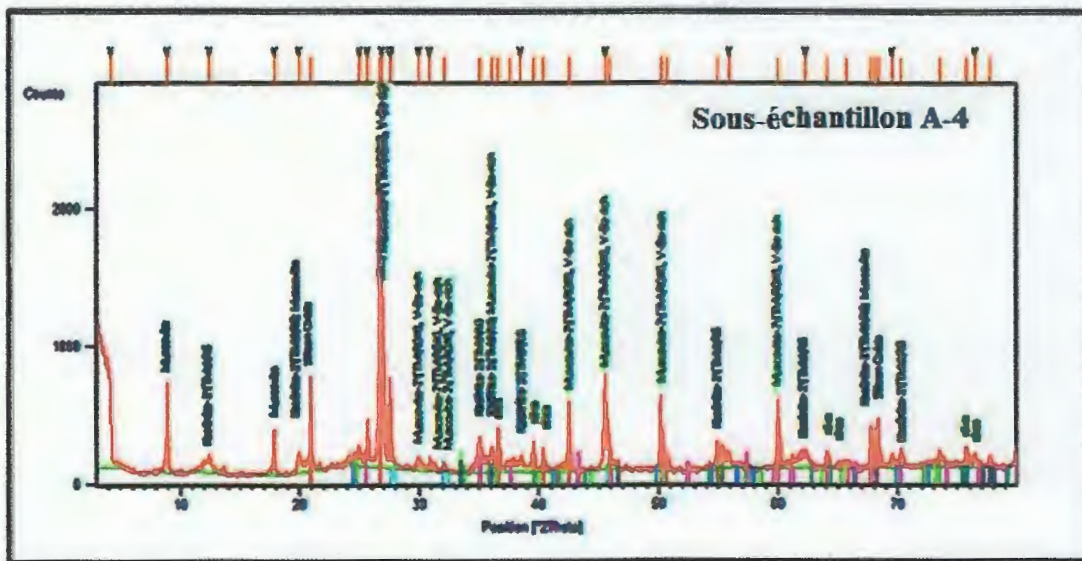


Figure 7 : Spectres DRX de sous-échantillon A-6

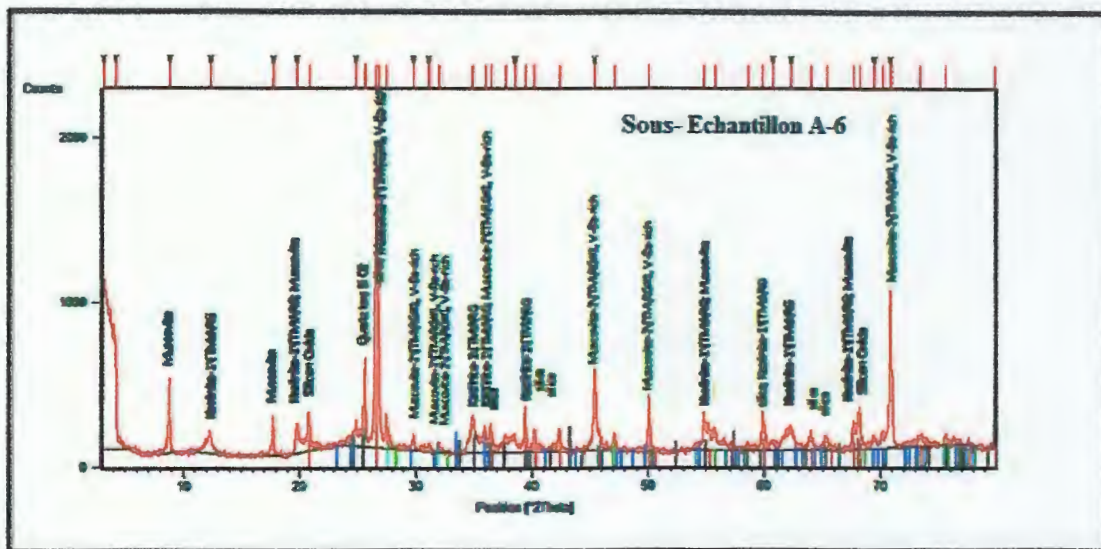
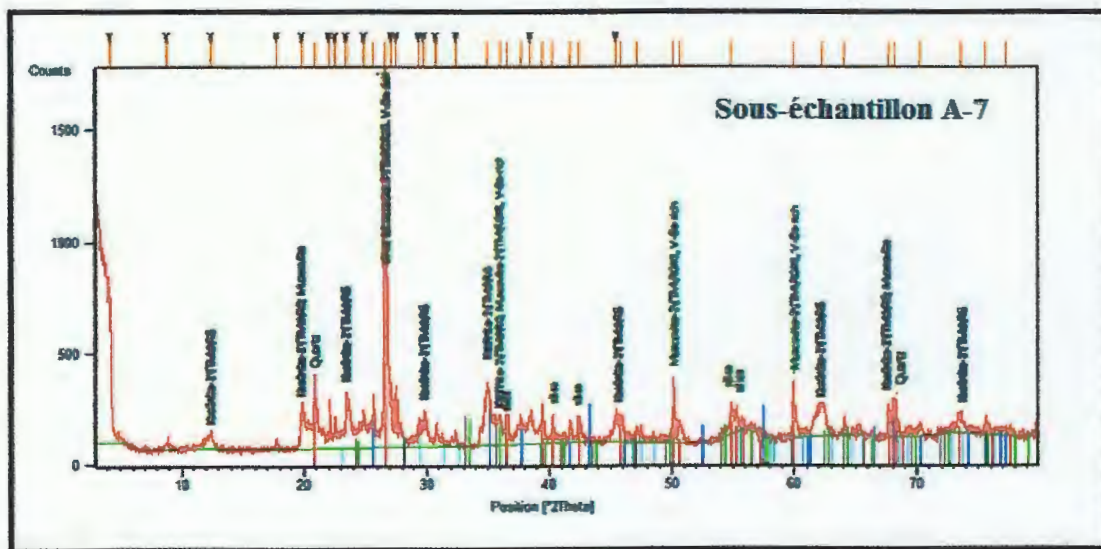


Figure 8 : Spectres DRX de sous-échantillon A-7



Les spectres d'énergies de Corps Central

Figure 9 : Spectres DRX de sous-échantillon B-1

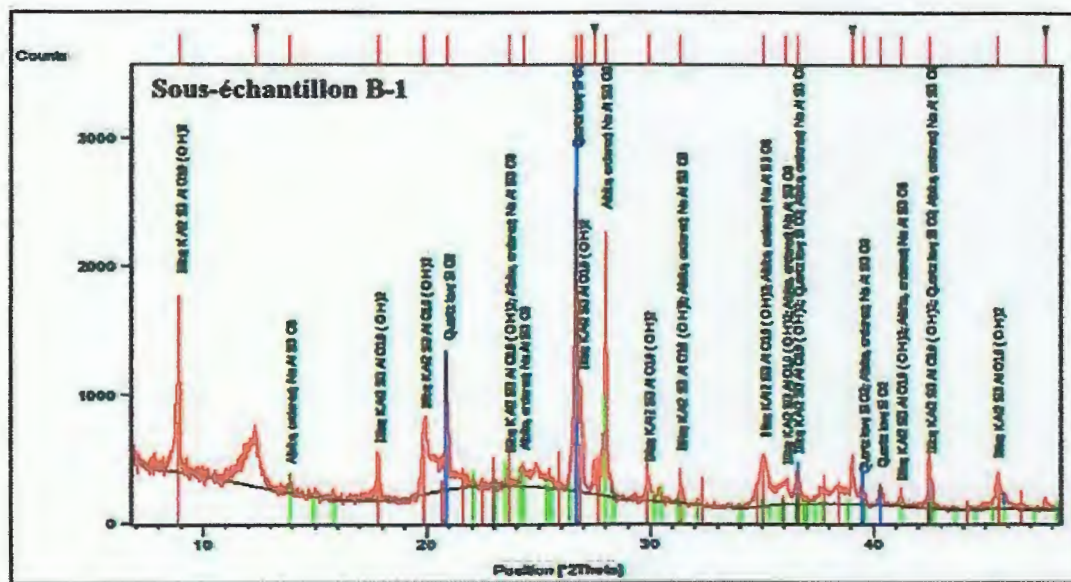


Figure 10 : Spectres DRX de sous-échantillon B-2

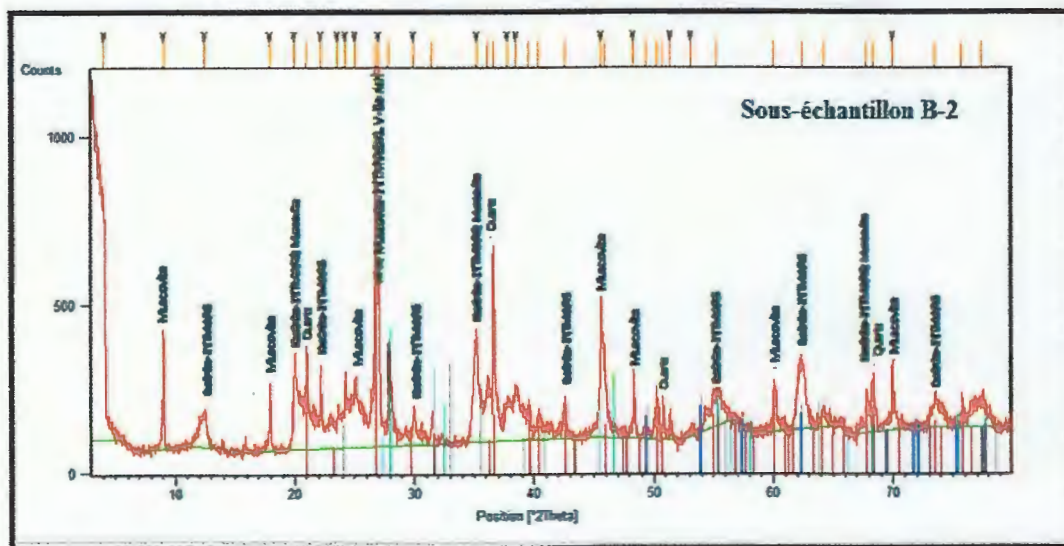


Figure 11 : Spectres DRX de sous-échantillon B-3

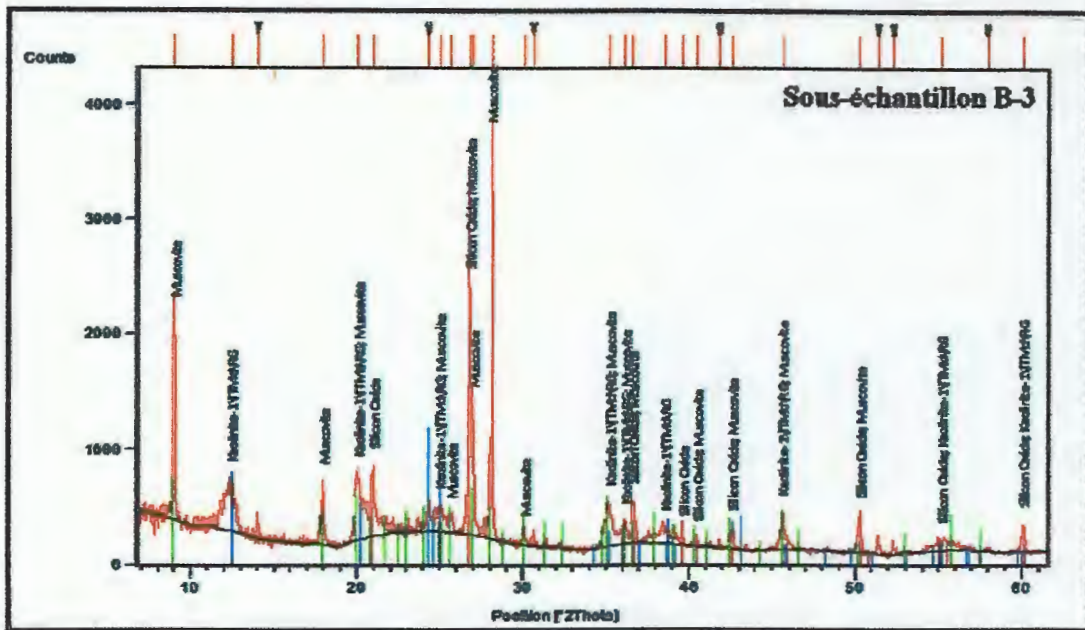


Figure 12 : Spectres DRX de sous-échantillon B-4

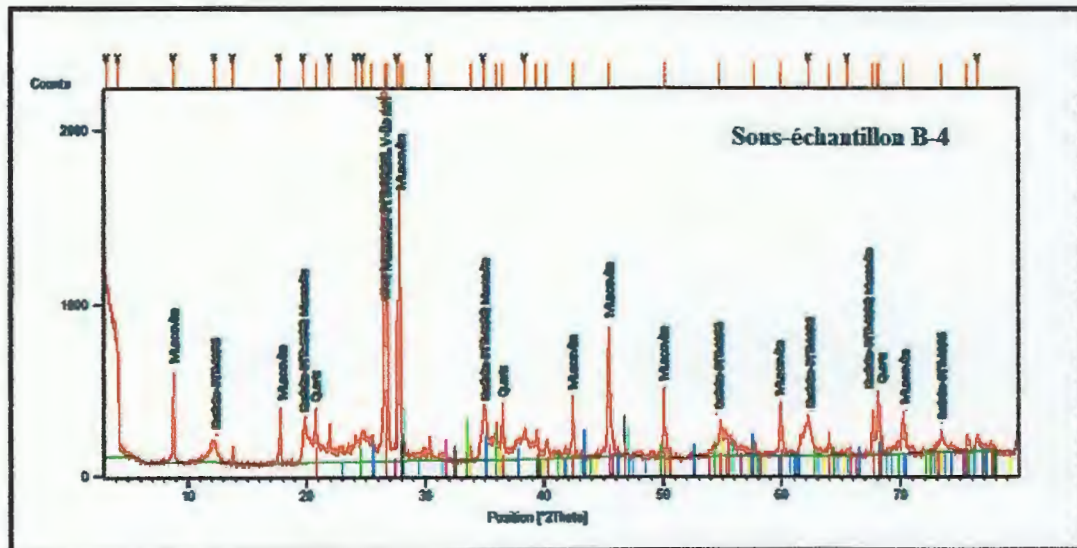


Figure 14 : Spectres DRX de sous-échantillon B-5

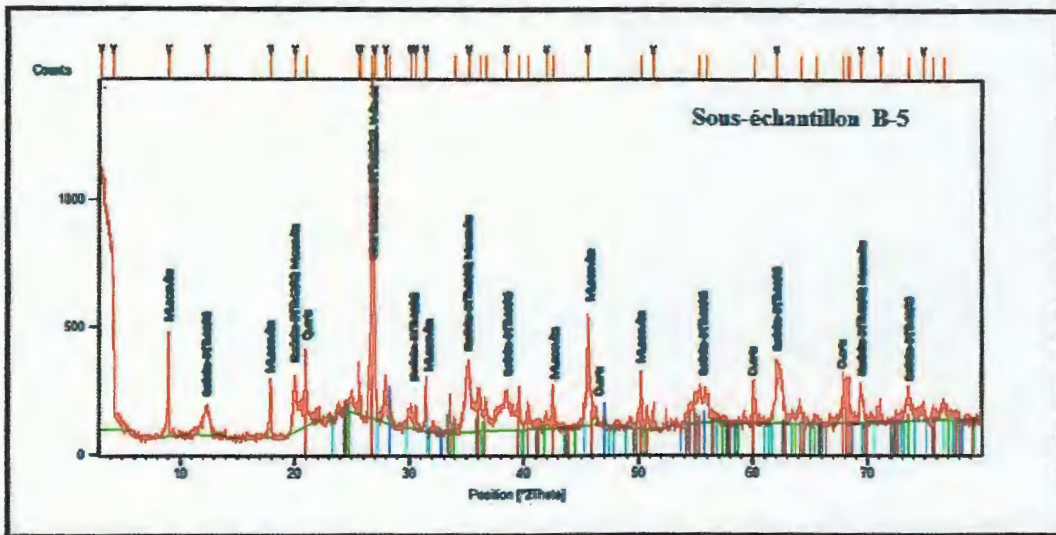


Figure 15 : Spectres DRX de sous-échantillon B-7

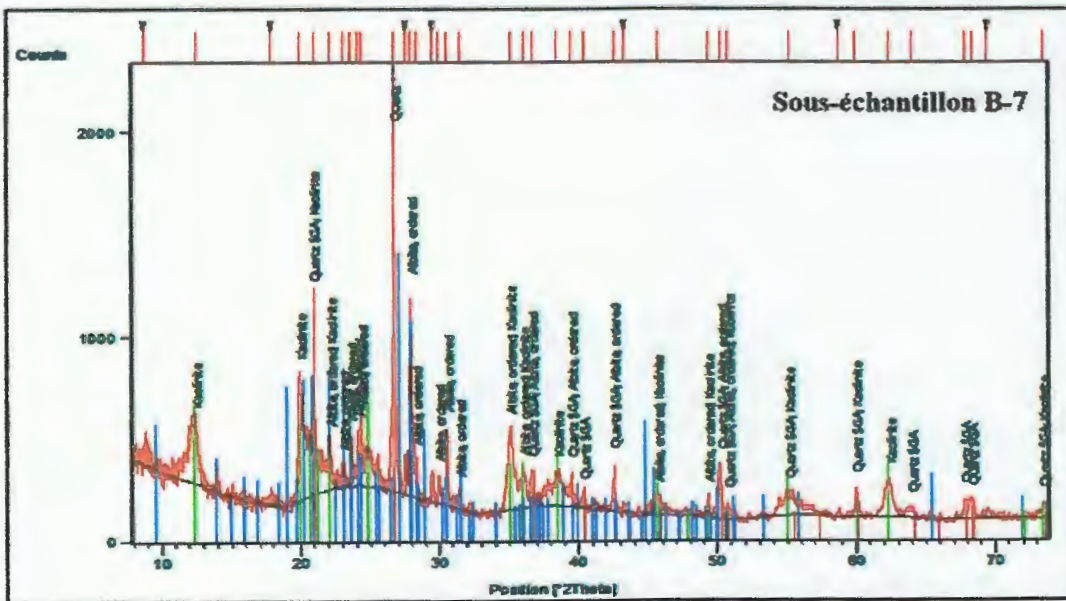


Figure 17 : Sondage N° 22 Corps Central (SONAREM, 1996)

Prof de la couche	Structure du sondage	Récupération des carottes en %	Collone géologique 1:100	Description géologique	
	1	100		C.V	
5	2	—	∩ ∩ ∩	Altérence des kaolins blancs, gris et jaunes	
	3	—	∩ ∩ ∩		
	4	—	∩ ∩ ∩		
	5	—	∩ ∩ ∩		
	6.5	—	∩ ∩ ∩		
	7.5	—	∩ ∩ ∩		
	8.5	—	∩ ∩ ∩		
10	9.5	—	∩ ∩ ∩		
	10.5	—	∩ ∩ ∩		
	11.5	—	∩ ∩ ∩		
	12.5	—	∩ ∩ ∩		
	13.5	—	∩ ∩ ∩		
	14.5	—	∩ ∩ ∩		
15	16.5	—	∩ ∩ ∩		Gneiss kaolinisé de couleur grise, à structure gneissique
	17.5	—	∩ ∩ ∩		
	18.5	—	∩ ∩ ∩		
	19.5	—	∩ ∩ ∩		
	20	21.5	—	∩ ∩ ∩	
		22.5	—	∩ ∩ ∩	
		23.5	—	∩ ∩ ∩	
24.5	—	∩ ∩ ∩			
25	25	—	∩ ∩ ∩	Altérence gneiss légèrement kaolinisé très ferrugineux et de kaolins bruns	
	26	—	∩ ∩ ∩		
	27.5	—	∩ ∩ ∩	Gneiss kaolinisé de couleur grise, parfois on rencontre des intervalles ferrugineux	
28.5	—	∩ ∩ ∩			
29.5	—	∩ ∩ ∩			
30	31	—	∩ ∩ ∩		
	32	—	∩ ∩ ∩		
	33	—	∩ ∩ ∩		
35	34	—	∩ ∩ ∩	Schistes gris, noir ferrugineux.	
	35	—	∩ ∩ ∩		
	36.5	—	∩ ∩ ∩	Shistes altérés	
38	—	∩ ∩ ∩			
39.5	—	∩ ∩ ∩			
40	40	—	∩ ∩ ∩		
	41.5	—	∩ ∩ ∩		
	42.5	—	∩ ∩ ∩		
	43.5	—	∩ ∩ ∩		
	44.5	—	∩ ∩ ∩		
45	45.5	—	∩ ∩ ∩		
	46.5	—	∩ ∩ ∩		
	47.5	—	∩ ∩ ∩		
	48.5	—	∩ ∩ ∩		
	49.5	—	∩ ∩ ∩		
50	52.5	—	∩ ∩ ∩		
			∩ ∩ ∩		

Figure 18 : Sondage N° 20 Corps Central (SONAREM, 1996)

Prof de la couche	Structure du sondage	Récupération des carottes en %	Collone géologique 1:100	Description géologique
	1	100		
5	2	-	∩ ∩ ∩	kaolin sableux blanc, quartzeux, micacé parfois ferrugineux
	3	-	∩ ∩ ∩	
	4	-	∩ ∩ ∩	
	5	-	∩ ∩ ∩	
	6.5	-	∩ ∩ ∩	
	7.5	-	∩ ∩ ∩	
	8.5	-	∩ ∩ ∩	
	9.5	-	∩ ∩ ∩	
10	10.5	-	∩ ∩ ∩	kaolin jaune
	11.5	-	∩ ∩ ∩	
	12.5	-	∩ ∩ ∩	
	13.5	-	∩ ∩ ∩	
15	14.5	-	∩ ∩ ∩	Kaolins sableux blanchâtre
	16.5	-	∩ ∩ ∩	
	17.5	-	∩ ∩ ∩	
	18.5	-	∩ ∩ ∩	
	19.5	-	∩ ∩ ∩	
20	21.5	-	∩ ∩ ∩	Altérnance des gneiss kaolinisés et des kaolins bruns
	22.5	-	∩ ∩ ∩	
	23.5	-	∩ ∩ ∩	
	24.5	-	∩ ∩ ∩	
25	25	-	∩ ∩ ∩	Altérnance des gneiss kaolinisés et des kaolins bruns
	26	-	∩ ∩ ∩	
	27.5	-	∩ ∩ ∩	
	28.5	-	∩ ∩ ∩	
	29.5	-	∩ ∩ ∩	
30	31	-	∩ ∩ ∩	Altérnance des gneiss kaolinisés et des kaolins bruns
	32	-	∩ ∩ ∩	
	33	-	∩ ∩ ∩	
	34	-	∩ ∩ ∩	
35	35	-	∩ ∩ ∩	Altérnance des gneiss kaolinisés et des kaolins bruns
	36.5	-	∩ ∩ ∩	
	38	-	∩ ∩ ∩	
40	39.5	-	∩ ∩ ∩	Altérnance des gneiss kaolinisés et des kaolins bruns
	40	-	∩ ∩ ∩	
	41.5	-	∩ ∩ ∩	
	42.5	-	∩ ∩ ∩	

Figure 19 : Sondage N° 23 Corps Central (SONAREM, 1996)

Prof de la couche	Structure du sondage	Récupération des carottes en %	Collone géologique 1:100	Description géologique
	1	100		CV
5	2	-	~ ~ ~	Schistes altérés
	3	-	~ ~ ~	
	4	-	~ ~ ~	Kaolin jaune
	5	-	~ ~ ~	Schistes altérés
	6.5	-	~ ~ ~	
7.5	-	~ ~ ~		
8.5	-	~ ~ ~		
9.5	-	~ ~ ~		
10	10.5	-	~ ~ ~	Schistes altérés
	11.5	-	~ ~ ~	
	12.5	-	~ ~ ~	
	13.5	-	~ ~ ~	
15	14.5	-	~ ~ ~	Gneiss kaolinisé et ferrugineux
	16.5	-	~ ~ ~	
	17.5	-	~ ~ ~	
20	18.5	-	~ ~ ~	Schistes gris blanchâtre avec des couches gneiss
	19.5	-	~ ~ ~	
	21.5	-	~ ~ ~	
	22.5	-	~ ~ ~	
	23.5	-	~ ~ ~	
	24.5	-	~ ~ ~	
	25	-	~ ~ ~	
25	26	-	~ ~ ~	Schistes gris blanchâtre avec des couches gneiss
	27.5	-	~ ~ ~	
	28.5	-	~ ~ ~	
	29.5	-	~ ~ ~	
	30	-	~ ~ ~	
30	31	-	~ ~ ~	Schistes gris blanchâtre avec des couches gneiss
	32	-	~ ~ ~	