

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

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Filière : Génie Minier
Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par :

* **CHITER MENISSA**

* **CHAKRI THILELI**

Thème

**Caractérisation physico-chimique de la minéralisation
polymétallique de l'indice de BOUZNANE gisement de TALA
HAMZA OUED AMIZOUR**

Soutenu le 29 /09 /2022 devant le jury composé de :

| | | | |
|-----------|------------|-----|--------------|
| Président | Mm DJOUADI | MCB | U.A.M.Bejaia |
| Encadrant | Mm KICHER | MAB | U.A.M.Bejaia |
| Examineur | Mr AKDIM | MAA | U.A.M.Bejaia |

Promotion : 2021-2022

Remerciement

*En premier lieu, nous apportons nos gratitudee à notre **DIEU**, notre créateur pour nous avoir donné la force et la santé pour réussir dans nos études et accomplir ce travail.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promotrice Mme **KICHER**, doctorante à l'université de Bejaia pour*

L'orientation, la patience et la compétence qui ont constitué un apport considérable.

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements aux membres de jury Mme **DJOUADI** et Mr **AKDIM** d'avoir accepté d'évaluer notre mémoire de fin d'étude Mr **ADJESSIA MASSINISSA** pour son aide.*

*Nous remercions ainsi Mr **BOUNAADJA TOUFIK**.*

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les enseignants de L'université

*Abderrahmane Mira qui ont contribué à notre
formation et à l'élaboration de ce travail.*

*Et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la
réalisation de ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma mère pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie, Je lui dois une fière chandelle. Mon père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici. J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises. A toutes mes chers frères « OUAMAR et GHILES », mes cousines « DRIFA » « IMANE » et « MARIEM » ainsi que toute ma famille. À ma binôme « MENISSA » et sa famille et a tous mes amies qui ont toujours été présentes pour m'aider et m'encourager. A ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie surtout (Hakim).

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à l'homme de ma vie,
mon exemple éternel, mon soutien moral et source
de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours
sacrifié pour me voir réussir que dieu te garde
dans son vaste paradis, à toi mon père.*

*Ma mère pour m'avoir accompagné tout le long de
ma vie, Je lui dois une fière chandelle.*

*À tous mes adorables soeurs «Melissa», « Sonia »,
«Ryma»,*

À mon frère « Kouceila»

*À mes oncles, surtout mon oncle «Samir » et mes
tantes*

*À mon binôme «Thileli» et sa famille et à tous mes
amis(es) qui ont toujours été présents pour m'aider
et m'encourager.*



Sommaire

SOMMAIRE

Remercîment

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale01

Chapitre I : Présentation de la région du bouznan

I.1 Situation géographique03

I.2. Conditions climatiques04

I.3. Le couvert végétal05

I.4.Géologie régionale.....05

I.4.1 Les principales structures des maghrébides05

A- Les zones internes06

B- Le domaine des flyschs.....07

C-Le domaine externe.....09

D-L'avant pays allochtone10

E-L'avant pays autochtone et parautochtone10

I-4-2 Le magmatisme.....11

I-5 Géologie locale11

I-5-1 Cadre géologique11

I-5-1-1 Stratigraphie11

I-5-1-2 Les roches intrusives12

I-5-1-3 Tectonique13

I-5-1-4 Métamorphisme14

I-6 la ménéralisation.....15

La conclusion16

SOMMAIRE

CHAPITRE II : Méthodes et matériels

| | |
|--|----|
| Introduction | 17 |
| II-1 réalisation des lames minces..... | 17 |
| II-1-1 Préparation et coupage des sucres..... | 18 |
| II-1-2 Polissage des sucres et les lames en verr..... | 18 |
| II-1-3 Collage des sucres..... | 19 |
| II-1-4 Coupage des lames..... | 20 |
| II-1-5 Finition des lames..... | 21 |
| II-2 Réalisations des sections polies..... | 21 |
| II-3 Préparation mécanique..... | 22 |
| II-3-1 Concassage..... | 22 |
| II-3-2 broyage..... | 23 |
| II-4 analyses et caractérisations | 24 |
| II-4-1 La diffraction des Rayons X | 24 |
| II-4-1-1 Principe de la DRX..... | 25 |
| II-4-2 Spectrométrie de fluorescence des rayons X..... | 27 |
| II-4-2-1 Principe de FRX..... | 28 |
| II.5 Matériels utilisés..... | 28 |
| Conclusion | 31 |

CHAPITRE III : Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 32 |
| La première partie..... | 32 |
| III-1 L'engaisant de la minéralisation | 32 |
| III.1.1 Classification géochimique des roches volcaniques de Bouzenane | 32 |
| III-1-2 Etude pétrographique | 33 |
| La deuxième partie..... | 61 |
| III-3 Résultats par la diffraction des rayons X..... | 61 |

SOMMAIRE

III.4 Analyse par FRX.....65

Conclusion générale.....70

Références bibliographiques

Résumé



Liste des figures

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Présentation de la région du bouznan

| | |
|--|----|
| Figure I.01 : La situation géographique de la zone d'étude | 03 |
| Figure I.02 : l'orogène Périméditerranéen..... | 05 |
| Figure I.03 : Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides | 06 |
| Figure I.04 : Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides | 05 |
| Figure I.05 : Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est..... | 08 |
| Figure I.06 : Carte géologique du massif d'Oued Amizour | 12 |

CHAPITRE II : Méthodes et matériels

| | |
|---|----|
| Figure II.01 : Préparation et coupage des sucres (photo prise) | 16 |
| Figure II.02 : Polissage des sucres (photo prise) | 17 |
| Figure II.03 : Les sucres et la lame en verre sur la plaque chauffante (photo prise) | 17 |
| Figure II.04 : Lame en verre collé sur le sucre (photo prise) | 18 |
| Figure II.05 : Coupage de la lame (photo prise)..... | 18 |
| Figure II.06 : Les lames minces (photo prise) | 19 |
| Figure II.07 : Polissage des sections polies sur la machine à rodage (photo prise)..... | 20 |
| Figure II.08 : Concasseur à mâchoire de type de laboratoire (photo prise) | 21 |
| Figure II.09 : (a) ; broyeur à disques (b) ; broyeur à bille | 22 |
| Figure II.10 : L'appareille de la diffraction des rayons X (DRX) | 23 |
| Figure II.11 : Préparation des pastels (photo prise) | 25 |
| Figure II.12 : un mortier en porcelaine réfractaire | 27 |
| Figure II.13 : Le microscope Optique | 27 |

CHAPITRE III : Résultats et discussions

| | |
|---|----|
| Figure III.01 : Représentation des échantillons dans le diagramme binaire TAS (SiO_2 versus $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$).... | 31 |
| Figure III.02 : Une roche dacite | 32 |
| Figure III.03 : plagioclase et le quartz sous LNA (Gx4) | 33 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure III.04 : Une roche andésite..... | 34 |
| Figure III.05 : Plagioclase en LNA(GX40)..... | 34 |
| Figure III.06 : Quartz en LNA (Gx10) | 35 |
| Figure III.07 : muscovite en LNA (Gx10) | 35 |
| Figure III.08 : Zircon en LNA (GX10) | 36 |
| Figure III.09 : Une roche trachy-dacite. | 37 |
| Figure III.10 : Plagioclase en LNA (GX10)..... | 37 |
| Figure III.11 : L'apatite en LNA (GX10)..... | 38 |
| Figure III.12 : Calcite en LNA(GX40)..... | 38 |
| Figure III. 13 : Quartz en LNA (Gx10)..... | 39 |
| Figure III.14 : Une roche trachy-andésite..... | 39 |
| Figure III. 15 : Quartz magmatique en LNA(GX40)..... | 40 |
| Figure III. 16 : Plagioclase en LNA (Gx10)..... | 40 |
| Figure III.17 : L'orthose en LNA(GX40)..... | 41 |
| Figure III.18 : Une roche trachy-andésite..... | 41 |
| Figure III. 19 : Quartz de silification en LNA (GX10)..... | 42 |
| Figure III. 20 : Plagioclase et l'orthose en LNA (Gx10)..... | 42 |
| Figure III.21 : Une roche basaltic-andésite..... | 43 |
| Figure III.22 : chlorite en LNA (GX10)..... | 43 |
| Figure III.23 : Hématite en LNA(GX40)..... | 44 |
| Figure III.24 : Myrmekite en LNA(GX10)..... | 44 |
| Figure III.25 : Pyroxène en LNA(GX10)..... | 45 |
| Figure III.26 : L'apatite en LNA (GX4)..... | 45 |
| Figure III.27 : La calcite en LNA(GX10)..... | 46 |
| Figure III.28 : L'orthose en LNA (Gx10)..... | 46 |
| Figure III.29 : Le quartz en LNA (Gx10)..... | 47 |
| Figure III.30 : Une roche trachy-andésite..... | 47 |
| Figure III.31 : Plagioclase en LNA (Gx10)..... | 48 |
| Figure III.32 : Le quartz en LNA (Gx10)..... | 48 |
| Figure III.33 : Muscovite en LNA (Gx40)..... | 49 |
| Figure III.34 : Pyroxène en LNA (Gx10)..... | 49 |
| Figure III.35 : Sericite en LNA (Gx10)..... | 50 |
| Figure III.36 : Une roche basaltic trachy-andésite..... | 50 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure III.37 : L'apatite en LNA (Gx4)..... | 51 |
| Figure III.38 : L'orthose en LNA (Gx40)..... | 51 |
| Figure III.39 : Plagioclase en LNA (Gx10)..... | 52 |
| Figure III.40 : La calcite en LNA (Gx40)..... | 52 |
| Figure III.41 : La muscovite en LNA (Gx10)..... | 53 |
| Figure III- 42 : une roche andésite..... | 53 |
| Figure III.43 : Plagioclase en LNA (Gx10)..... | 54 |
| Figure III.44 : L'orthose en LNA (Gx40)..... | 54 |
| Figure III.45 : La muscovite en LNA (Gx10)..... | 55 |
| Figure III.46 : Le quartz en LNA (Gx10)..... | 55 |
| Figure III.47 : La kaolinite en LNA (Gx10)..... | 56 |
| Figure III.48 : Une roche basaltic trachy-andésite..... | 56 |
| Figure III.49 : la pyrite sous la LN (G X 10)..... | 57 |
| Figure III.50 : La galène et la sphalérite en LN (G X 10)..... | 58 |
| Figure III.51 : Le cuivre grise et la chalcopryrite en LN (G X 40)..... | 59 |
| Figure III.52 : Le diffractogramme des rayons X d'échantillon N°1 (204.5m)..... | 60 |
| Figure III.53 : le diffractogramme des rayons X d'échantillon N°2 (207.35m)..... | 61 |
| Figure III.54 : Le diffractogramme des rayons X d'échantillon N°3 (248.40m)..... | 62 |
| Figure III.55 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon N°8 (299.45)..... | 62 |
| Figure III.56 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon N°9 (308.55)..... | 63 |
| Figure III.57 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon N°10 (2.5)..... | 64 |



Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III : Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| Tableau N° 01 : Résultats d'analyse par FRX des échantillons étudiés..... | 66 |
| Tableau N°2 : formules chimiques et noms des éléments chimiques | 67 |



Liste des abréviations

Liste des abréviations

CRAPC : Centre de Recherche et d'Analyse Physico-Chimique.

SONARAM : Société National de Recherches et d'Exploitations Minières.

ORGM : Office National de la Recherche Géologique et Minière.

DRx : Diffraction des rayons X.

FRx : Fluorescence X.

Mm : Millimètre.

µm : Micromètre

km : Kilomètre.

LTMGP : laboratoire de technologie des matériaux et de génie de procédés.

PDF-ICDD : Powder diffraction file- international centre for diffraction data.

RIR : Reference intensity ratio.

PAF : Perte au feu

Ech : Echantillon.

LN : Lumière naturel.

G : Grandissement.

Gln : La galène.

Liste des Abréviations

Cu gr : Cuivre gris.

Sphlrt : La sphalérite.

Chlcpr : La chalcopyrite.

Si : La silice.

Na : Le sodium.

Al : L'aluminium.

Ca : Le calcium.

Mg : Le magnésium.

K : Le potassium.

Cl : le chlorite.

NE-SW : North est- sud west

Myr : La myrmikite.

Hmt : L'hématite.

Cal : La calcite.

Orth : l'orthose.

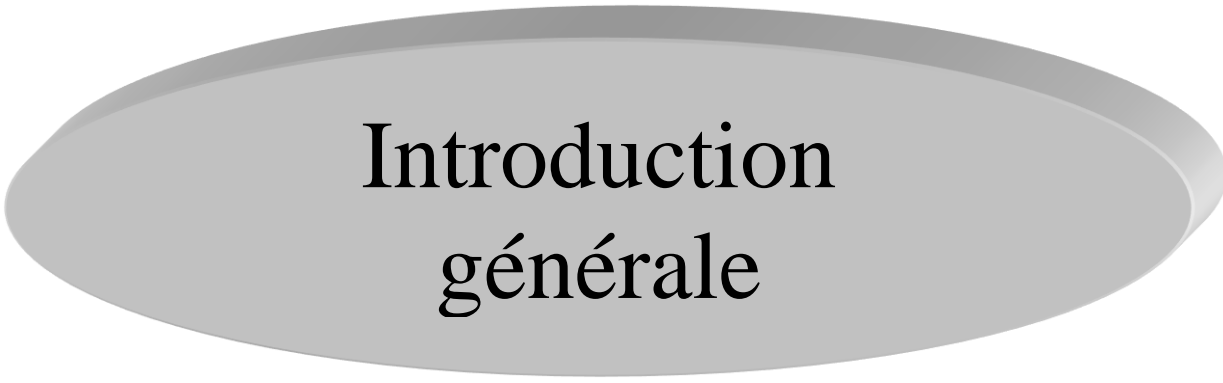
Pyr : Pyroxène.

Plg : Plagioclase.

Qrt magm : Quartz magmatique

LNA : Lumière non analysé

G : grossissement



Introduction
générale

INTRODUCTION GENERALE

Le gisement de Tala-Hamza fait partie du massif montagneux d'Amizour. Ce gisement est constitué par des roches Volcano-sédimentaires et intrusives et couvrant une superficie de 70km² environ. Le massif central d'Ouad Amizour est un ensemble Volcano-sédimentaire à structure tectonique complexe. Les formations sont très altérées [1]

Le minerai de Zn/Pb d'Amizour est caractérisé par une grande variété des espèces minérales le rendant très intéressant à l'étudier.

Le gisement d'Ouad Amizour est situé au nord de l'Algérie à 10 km au Sud-ouest de la ville de Béjaïa et à environ 270km à l'est d'Alger. Il est situé à la frontière des daïras Amizoue et Tichy. Il est limité par [2] :

- Nord : l'Ouad Soummam
- Sud : les monts de Barbacha et de Beni Ourtilane.
- Est : l'Oued Djemaa.
- Ouest : l'Oued Amizour qui est important affluent de Soummam.

La formation d'un tel gisement s'est fait d'un cadre plus large, celui de l'activité magmatique qu'a connu le Nord Maghreb actuel et toute la méditerranée occidentale pendant une époque géologique relativement récente appelée Miocène. Ce magmatisme né de la collision entre les plaques tectoniques africaine et eurasienne se manifeste en Algérie sous forme de massif magmatiques affleurant à divers endroits de la cote algérienne, notamment entre la petite Kabyle et la région d'Annaba. Selon les données de l'USGS (service géologique américain), dans le monde sur près de 808 gisements de ce types seulement 61 gisements dépassent les 50 millions de tonnes, dont celui de Tala Hamza –Amizour qui totalise 68.6 millions de tonnes. [3]

Il se caractérise par la présence principalement de pyriten de la sphalérite, de la galène.

La région d'Oued Amizour (Béjaïa) qui se localise au niveau du littoral algérien recèle un grand potentiel en ressources minérales. Les secteurs Tala Hamza, Bouzenan, Iheddaden, Ait Ouyahia et Amadène représentent les principaux indices miniers du complexe magmatique tertiaire de cette région.

Cette étude s'intéresse plus particulièrement au secteur minier de bouzenane qui se situe entre les valles d'Amizour et Bejaia.

Mise à part l'introduction générale, ce mémoire comprend trois chapitres.

INTRODUCTION GENERALE

Le **premier chapitre** dans lequel nous avons pu présenter les différentes situations géographiques et du cadre géologique régional et local.

Le **deuxième chapitre** focalisé sur la présentation de l'ensemble de matériels et méthodes utilisé au cours du stage pratique effectué au sein de laboratoire de l'université de SETIF pour but de la préparation des lames minces et les sections polies. Une partie de notre travail englobe les différentes analyses physico-chimiques effectuées tels que FRX au niveau de la cimenterie d'AIN KBIRA et DRX au laboratoire CRAPC à l'université de bejaia.

Pour finir, **un troisième chapitre** nous avons discuté les résultats obtenus durant notre étude qui consiste en une caractérisation de la minéralisation plombo-zincifère de l'indice de Bouzenane.



**CHAPITRE I : Présentation de
la région du BOUZNANE**

Introduction

Le massif volcan plutonique d'Oued Amour auquel appartient le gîte de Bouzenane fait partie des roches magmatiques tertiaires du pourtour méditerranéen et plus précisément des Maghrébides qui comprennent du Nord au Sud [4]. Le massif d'Oued Amizour se situe entre deux grands domaines géologiques du Nord algérien. Le domaine interne au Nord, représenté par le socle kabyle de Bou-Hatem et les flyschs allochtones. Le domaine externe au Sud, représenté par les unités baboriennes de Brek-Gouraya, par la nappe de Barbacha et par la nappe de Drâa El-Arba. Il présente une vaste structure d'effondrement volcanique, limitée par des failles. Par ailleurs, le massif est caractérisé par des formations triasiques, jurassiques, crétacées, oligocènes et miocènes inférieur. (Duplan, 1952)

I-1 Situation géographique

La région du Bouznane c'est une zone montagneuse située sur les hauteurs des deux communes limitrophes de Tala Hamza, et d'Ait Bimoun au sud de la vallée de la Soummam, et à 13 km de Chef-lieu de la wilaya de Bejaia, elle s'étend sur une superficie de 23 km². Elle est distante de 4km nord Est de gisement de pb-zn de Tala Hamza. [4]

Le secteur de bouzenane s'étend sur 4km et comprend les villages de bouzenane et ait-Dali, Aourir, thala-oughras et oumlil. Celles-ci sont parfois qualifiées de points de repère auxquels on ajoutera le djebel tizi-Ouchene. les collines "920", "936 N", "936S". Il existe deux pistes pour entrer dans l'indice Bouzenane : une qui contourne le massif par le sud et une plus ancienne qui permet l'entrée par le nord.

Les recherches [SONAREM] ont été exécutées à l'échelle de 1 à 2000 sur la surface de 1.8km² qui comprend l'indice de minerai de même nom. [5]

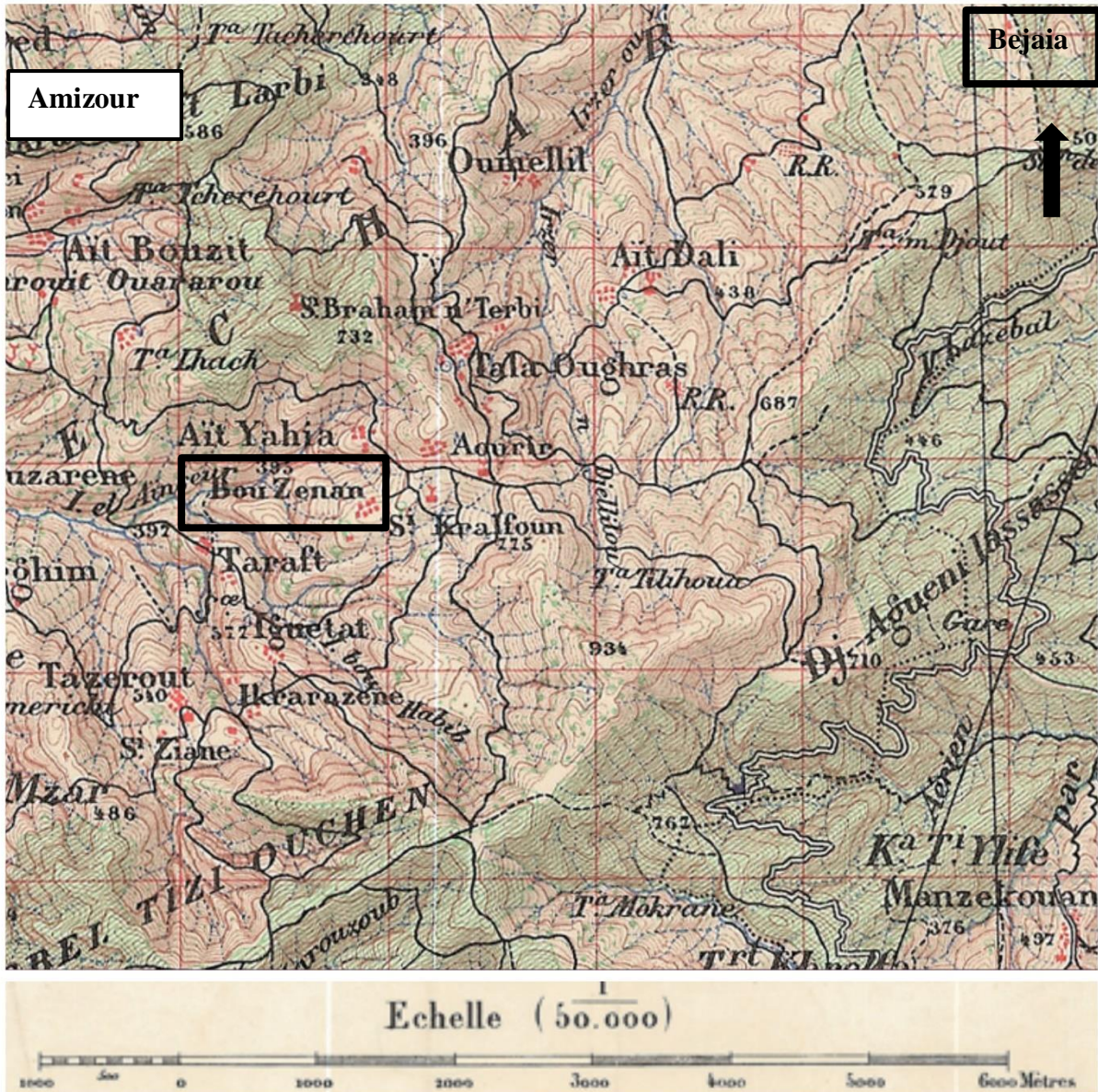


Figure I.01 : La situation géographique de la zone d'étude. (Extrait de la carte géologique d'AMIZOUR 1/50.000)

I.2. Conditions climatiques

Les conditions climatiques dans la vallée de Bejaia en général et dans la région de Bouznane en particulier ne sont pas identiques et parmi les principaux facteurs qui régissent le climat :

L'altitude, la latitude de l'éloignement de la mer.

La région du bouznane est une région intra montagnaise subissant l'influence proche de la mer, à climat méditerranéen assez doux, il se caractérise par un été chaud en allant de juillet à Aout et un hiver humide de novembre jusqu'à février [6]

I.3. Le couvert végétal

Le couvert végétal est un paramètre biotique qui détermine la nature du sol et la qualité des roches qu'il contient, et même influe sur le cycle d'eau au niveau du bassin versant.

- Il est très dense et varié sur les hauts reliefs, représenté par les vastes forêts des chaînes montagneuses.
- Il est moins dense sur l'étage intermédiaire représenté essentiellement par les vastes maquis d'olivier lentisque.
- Il est très dense sur l'étage inférieur représenté par les champs de cultures composés : d'oliveraies, maraichères diverses, qui sont largement développés dans la plaine. [7]

I-4. Géologie régionale

I-4-1 Les principales structures des maghrébides

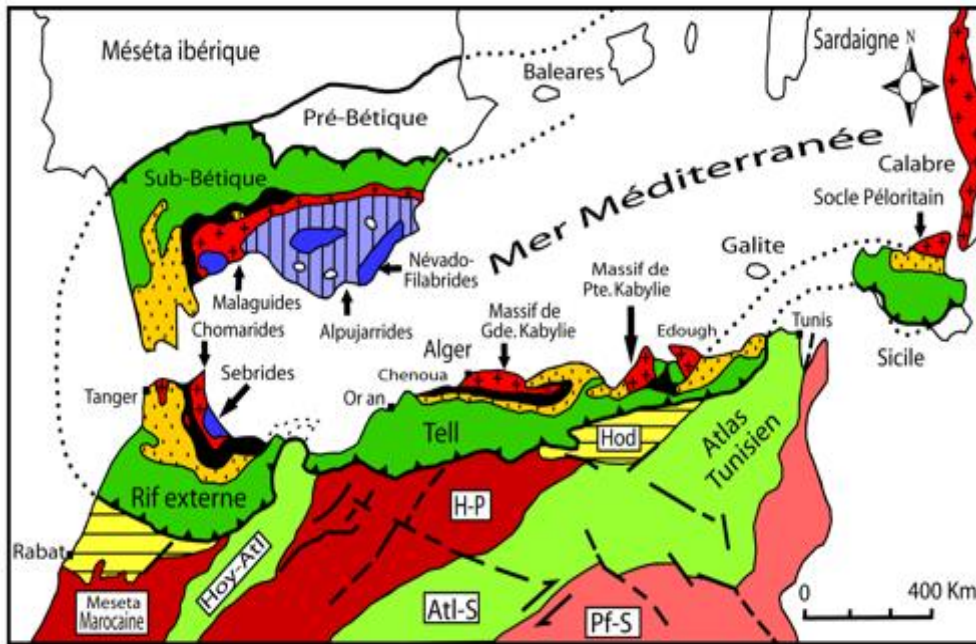
La chaîne maghrébidienne ou la chaîne alpine de l'Afrique du Nord fait partie de l'orogénèse alpine méditerranéenne d'âge Tertiaire qui s'étend d'Ouest en Est d'une distance de 2000 km et de sud d'Espagne jusqu'à l'arc Calabro-sicilien (figure I.2).

Les domaines de la chaîne des maghrébides subissent une phase de formation Mésocène-Cénozoïque qui conduit à la formation des nappes de charriages ; c'est le domaine allochtone ou des nappes en Algérie. [8]

La chaîne des Maghrébides montre du Nord au Sud les domaines suivants :

- Les zones internes ;
- Le domaine des flyschs ;
- Le domaine externe ;
- L'avant pays allochtone ;
- L'avant pays autochtone et parautochtone ;

Ces domaines sont recoupés par les formations magmatiques calco-alkalines du Miocène et alcalin du Plio-quadernaire. [8]



(Durand Delga, 1969); (Rapport inédite, SONATRACH, 1993).

LEGENE

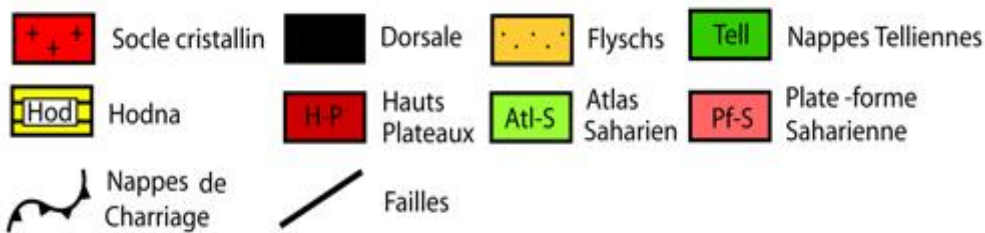


Figure I.02 : l'orogène Périméditerranéen [8]

A- Les zones internes

Appelées aussi **le socle kabyle** ou **kabylide**, Ces zones représentent la partie Nord de la chaîne des maghrébides [2]. Ces dernières sont composées de massif cristallophyllien métamorphique d'âge Panafricain et Hercynien (gneiss, micaschistes et marbres, recoupés par des lentilles de quartz et des filons de pegmatites) et d'un ensemble sédimentaire Paléozoïque peu métamorphique [9]. Ce socle d'âge Paléozoïque affleure en fenêtre au niveau du massif de Bou Hatem à travers les flyschs du Crétacé supérieur [10], il est d'Ouest en Est dans les massifs de Chenoua (à l'ouest d'Alger) en grande Kabylie et en petite Kabylie, (entre Jijel et Skikda).

Le socle kabyle est avec 120km de longueur et de 30km de largeur il est considéré le plus grand en Algérie.

B- Le domaine des flyschs

Il s'agit de dépôt de mer profonde mis en place par des courants de turbidites. C'est un domaine allochtone situé au sud immédiat du Socle Kabyle qui le chevauche (contact bordier kabyle) [9 ; 11].

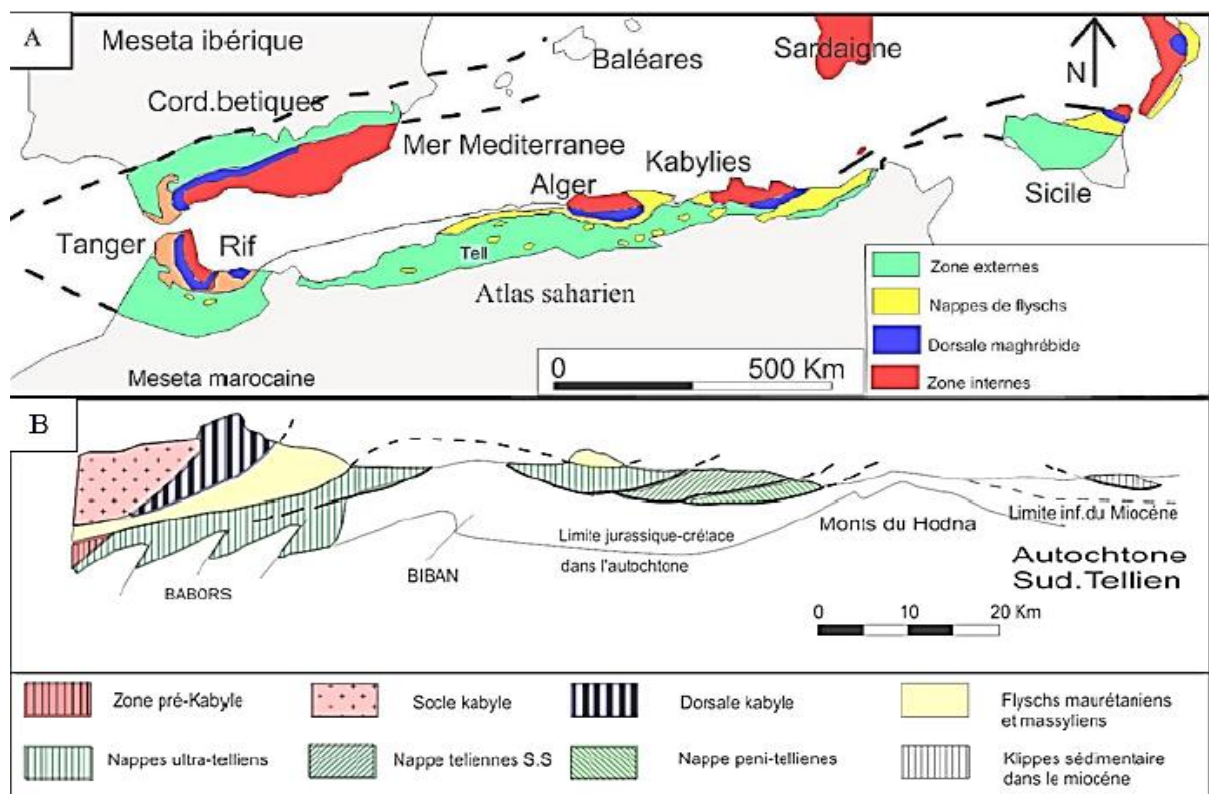


Figure I.03 : Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides [8]

Ces flyschs se représentent de trois manières :

- En position interne, superposés aux massifs kabyles c'est-à-dire rétro charriés sur les zones internes et appelées flyschs nord-kabyle
- En position relativement externe à la bordure sud de la dorsale kabyle (flysch sud-kabyle).

- En position externe, sous forme de masse isolée flottant sur le Tell charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au Sud [9].

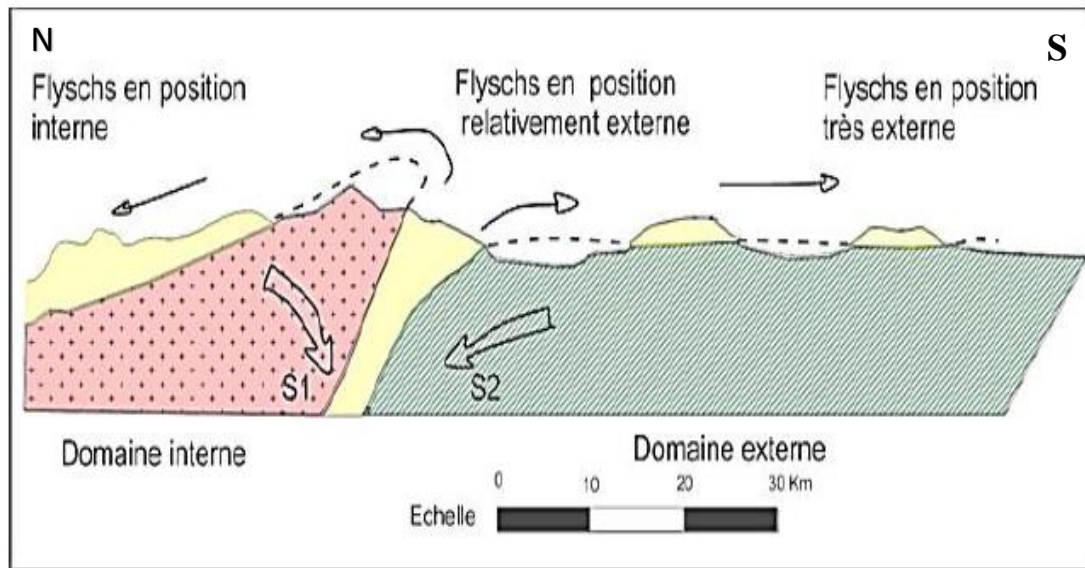


Figure I.04 : Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides [8 ; 11]

Ce domaine (domaine des flyschs) est divisé en trois sous domaines allochtones [12] :

B-1 Les flyschs maurétaniens : ce terme a été proposé pour la première fois par (Gérald, en 1969 [9]. Ces flyschs affleurent au Nord de Bou-Hatem et reposent sur les flyschs massyliens par le biais d'un contact anormal [10]. Ils sont relativement épais et occupent une position interne dans le domaine des flyschs [9]. Ils se composent de calcaire sombres et de conglomérats du Néocomien ; de grès quartzitiques surmontés de marnes et de calcaires d'âge Sénonien supérieur. La partie supérieure est formée d'argiles brunâtres à bancs de calcaires et de grès du Paléocène-Eocène. [10]

B-2 Les flyschs numidien : ils constituent des nappes indépendantes [13]. Ils représentent la nappe la plus haute de l'édifice alpin [12], ils sont caractérisés par sa richesse en grains de quartz hétérométriques anguleux à sub-arrondis qui les rend aisément reconnaissables sur le terrain [10]. Ces derniers comprennent de bas en haut [4] :

- Des argiles sous numidiens de teinte verte, rouge ou violacée.
- Des grès numidiens de quelques centaines de mètres en bancs épais de teinte jaunâtre ou blanchâtre caractérisés par des dragées de quartz de 5 à 3 mm de diamètres.

- Des niveaux d'argiles noires et des silexites datés de l'aquitaniens terminal Burdigalien inférieur et moyen. [10]

B-3 Les flyschs massyliens : comporte à la base un flysch quartzo-pélimitique d'âge Aptien-Albien inférieur à moyen [10]. Du point de vue structural, ces flyschs sont allochtones, ils chevauchent les unités telliennes au Sud de l'accident d'Arbalou et au Nord le socle kabyle (Bou Hatem). Au Sud de la Soummam, ces flyschs sont recoupés par les formations magmatiques d'Oued Amizour [13].

C- Le domaine externe

Le domaine externe ou le domaine tellien, constitué par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène et qui ont été charriées sur une centaine de km vers le Sud [13].

Le domaine externe est divisé en trois grandes unités du nord au sud :

C-1 Les nappes ultras telliennes :(Crétacé- Lutétien)

Elles sont caractérisées par des formations bathyales du Crétacé et de l'Eocène et une série plus détritique au Sénonien et à l'Eocène, ne sont connues que dans l'Est algérien et en Tunisie. [12]

C-2 Les nappes telliennes sensu stricto :(Trias Lutétien)

Elles sont formées par des terrains autochtones à para-autochtone et de lias de plateforme surmonté de jurassique plus marno.après par le Crétacé qui est détritique, qui devient après marno à argilo-calcaire à la fin l'éocène aux marnes épaisses [12].

C-3 Les nappes péni-telliennes :(Lias- Eocène)

Elles représentent une sédimentation néritique du Crétacé inférieur à l'Eocène [2] elles s'étalent sur une étendue de 150km de l'Est à l'Ouest et sur 40km du Nord au Sud. [12]

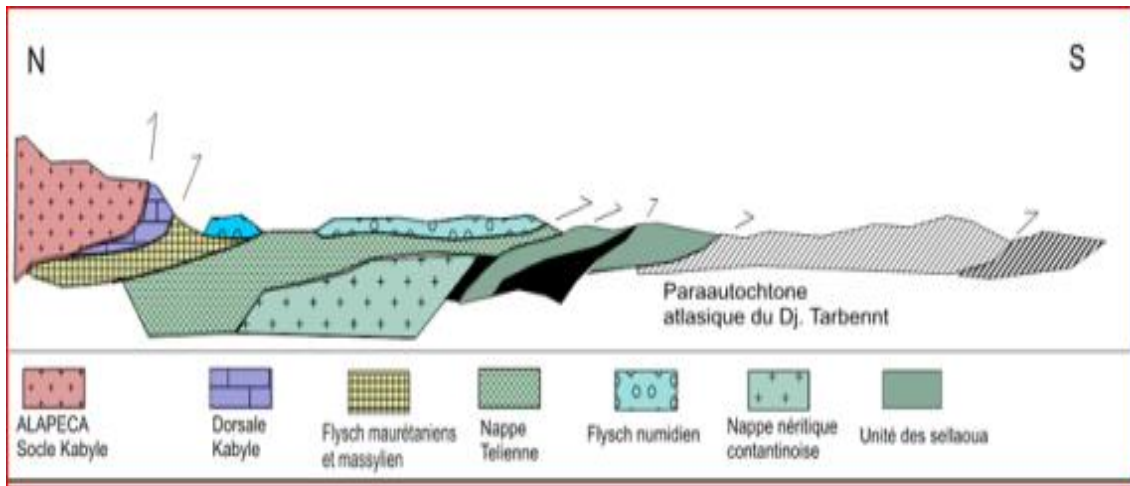


Figure I.05 : Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (région constantinoise) [8]

D-L'avant pays allochtone

Il est constitué de :

D-1 L'ensemble sud sétifien : il est considéré comme autochtone depuis les travaux de J.SAVORNI(1920) qui met en évidence une ligne tectonique marquée par de légers chevauchements et des plis à déversement vers le Sud d'où J.M VILLA adoptera cette ligne et qu'il fera coïncider avec le contact anormal au fond de l'ensemble Sud-setifien. Cet ensemble situé au Sud et à l'Ouest de la nappe nitrique.

D-2 Les formations allochtones de types Sellaoua : appelée aussi zone à écaille. Elle est intégrée dans l'avant pays allochtone. Dans cette zone le siège de raccourcissements considérables qui sont attribués à des chevauchements de grandes ampleurs. [14]

E- L'avant pays autochtone et paraautochtone

E-1 – Le massif de l'Aurès : il se caractérise par de vastes plis plus ou moins réguliers orientés NE-SW, esquissés lors d'une phase tectonique post-lutétienne ayant abouti à l'émersion de ce massif.

E-2-Les monts de Batna-Bellezma : ce sont de vastes plis anticlinaux, dont les flancs sud sont très redressés, tandis que les flancs nord présentent des pendages plus faibles. [14]

I-4-2 Le magmatisme

Les roches magmatiques Miocène de la marge Nord algérien est jalonné depuis Annaba à l'Est, jusqu'à la frontière Algero-marocaine à l'Ouest elles sont effusives et intrusive d'âge Tertiaire dont la mise en place est liée à l'évolution géodynamique de la mer méditerranée. La preuve est de trouver de ce magmatisme tertiaire tout autour de la méditerranée, au Maroc en Espagne et en France, Italie, Tunisie. Les roches volcano-plutonique sont localisés dans des régions bien destiné comme Annaba, Filfila, Collo et bougaroum, El Aouana, Bejaia –Amizour.

Dans l'Est et Centre d'Algérie affleurent des roches plutoniques (granite, monzonite, diorite) et volcanique (rhyolite, dacite, andésite), alors que à l'Ouest on trouve seulement les roches volcaniques distingués par les sondages de l'ORGM.

Les premières manifestations magmatiques post-orogéniques ont eu lieu à l'Oligocène supérieur et à l'Aquitaniens.

Au sein du Burdigalien-Langhien que l'activité magmatique prend toute son ampleur.

Dans cette activité on trouve un magmatisme de différente nature.

- ❖ Un magmatisme calco-alcalin localisé à l'Edough ; cap de fer ; El Aouana et Oued Amizour.
- ❖ Un magmatisme alcalin mise en place dans l'Oranais. [4]

I-5 Géologie locale

I-5-1 Cadre géologique

I-5-1-1 Stratigraphie

Le terrain est composé par les formations volcanogènes du Miocène moyen et supérieur de composition moyenne à l'andésito-dacitique. Elles sont représentés par les laves, les brèches de laves, les tuffs, les tuffolaves, les passées des tuffites et des grès volcanogènes. la composition de l'assise est variable, ses faciès changent suivant l'inclinaison et la direction. Il n'y a aucune couche repère.

Ils ont remarqué cinq assises (couches de roche) dans les formations (de bas en haut).

Assise "a" la partie supérieur ce cette assise est recoupée par des sondages à des profondeurs allons de 20 à 80m. la roche de ce site est caractérisée par la présence de fragments de microquartzitespyritisés et de porphyrites andésitiques. cette assise est composée d'une alternance des tuffs à grains moyens, des tuffites, des tuffo –conglomérates, des laves, des

laves de brèches de composition andésitique. le ciment est de 40% d'agrégat micro granulé de matière argileuse (kaolinite).[5]

Assise "b" Elle est caractérisée par une composition compacte et des striation largement développée en pendage raide. Cette assise est présentée par le corps des porphyrites de composition andhésito-dacitique. les phénocristaux du plagioclase et du pyroxène ont une taille de 0.3 à 1 ou 3 mm représentant près de 30%. Au total sur le terrain les corps isolés formés par les porphyrites. [5]

Assise "c" cette assise affleure sur une surface de 300*180m de sorte qu'elles comblent les cavités de la couverture accidentée des porphyrites andésitique de l'assise **b**, parfois on observe dans ses derniers des casseurs de 5 à 20cm de largeur remplie par les roches de l'assise **c**. Les terrains qu'ils rapportent à cette assise est une couche à grains grossiers et variée de lits confus et bariolés. Le matériel détritique est dominé par les porphyrites andhésitiques et une petite quantité des minéraux foncés. les terrains de cette assise ont été recoupés par tranches, les puits. D'après sa composition cette assise est proche de l'assise **a**.

Assise "e" son épaisseur visible est de 150m. Ces terrains sont présentés par les grès alternants fibroïdes-volcanogènes, les aleurogrès et les tuffites. ils se développent dans la partie nord-ouest du chantier. la couleur des roches varie du vert au brunâtre (hématite-station). Les roches ont des propriétés magnétiques. La partie centrale du site et les roches de l'assise **b** et **c** ont développé des affleurements ou sont recouverts d'une fine couche de roche à l'assise **d**. les roches de cette partie se caractérisent par un champ magnétique faible $Z(0-150)$. les roches développées entre l'indice de minéral la zone n°1 et l'indice de la tranchée n°9 ont les mêmes caractéristiques de champ magnétique qu'on ces indices de minéral. [5]

I-5-1-2 Les roches intrusives

Elles sont présentées par les orthophyres biotitiques qui forment des formes positives du relief au nord-ouest et au Sud-est du chantier. ces roches ont des couleur gris-clairs qui ont composées de polyphire, 30% de volume de ces roches présent des imprégnations des feldspaths et de biotite d'une dimension de 3 à 5 mm. L'agrégat compact des grains tabulaires de feldspaths potassique et de plagioclase présente la masse principale. Dans l'exo contact et les orthophyres, des quartzites et des cornéennes ont été mises en évidence hors que les granites qui sont les

biotitiques à hornblende au Sud-est du chantier. Les granites et orthophyres par l'intensité plus élevée du champ magnétique(z) 150. [5]

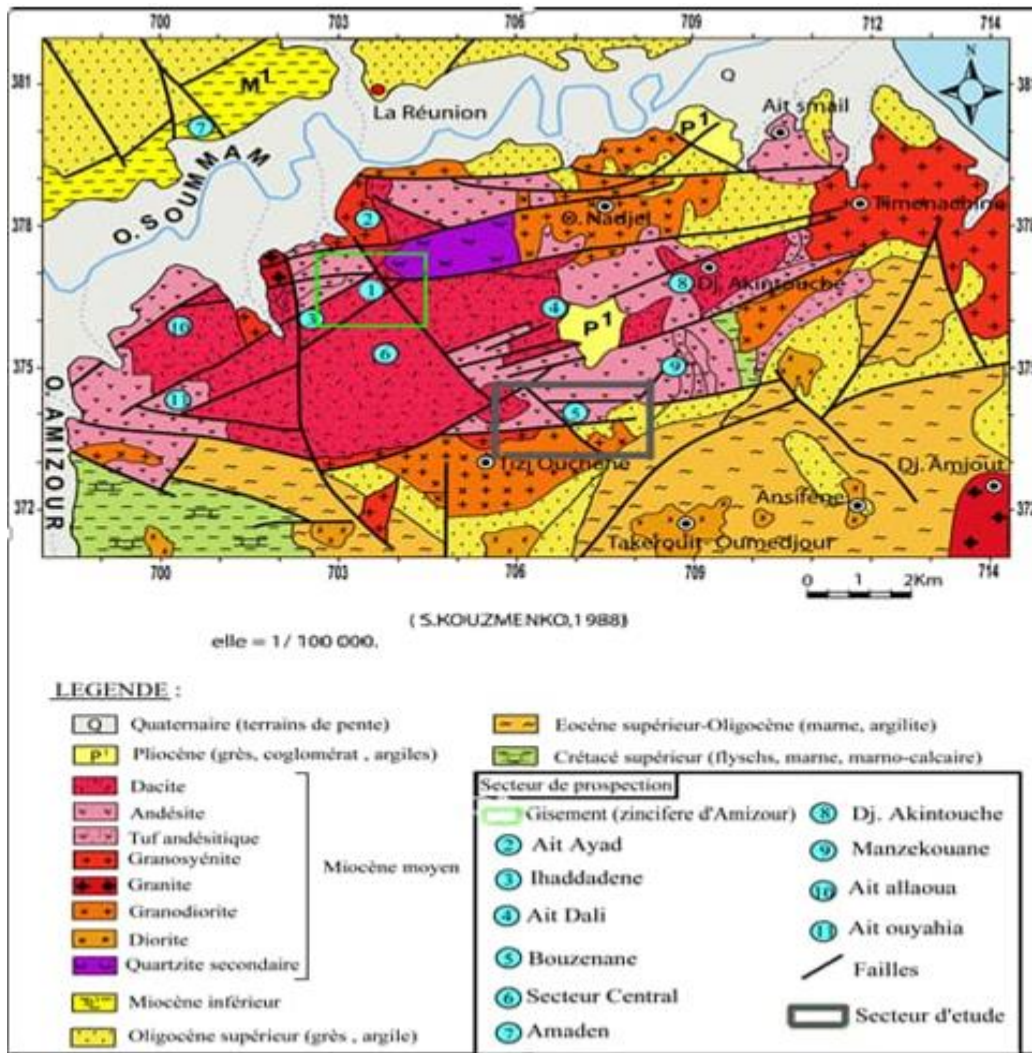


Figure I.06 : Carte géologique du massif d'Oued Amizour (S. KOUZMENKO 1988)

1/100 000

I-5-1-3 Tectonique

La direction générale du pendage des roches est Nord-Ouest. Les roches terrestres reposent sur une pente de 15 à 30 degrés. La direction de la pente est variable en fonction de la direction des coulées de lave et le relief qui était présenté lors de la formation des dépôts volcaniques. De plus, les roches du site sont fragmentées par le mouvement de la tectonique disjonctive.

CHAPITRE I : Présentation de la région du bouznane

- La faille N°1 de direction subaltitudinale est marquée par les formes négatives de relief. Cette faille divise le gisement des roches différentes dans le niveau hypsométrique dans les blocs.
- La faille N°2 elle est apparue au cours de la période post métallifère ce qui est mis en évidence par le broyage et le déplacement verticale de la minéralisation sulfurique de la zone N°1(sondage I0, II) et de l'indice de minerai. Cette faille est en pente rapide de direction Sud-est est observée dans la partie Sud-ouest de la zone d'étude.
- La faille N°3 est située à 200m au sud de la faille N°2 et dans le sens latitudinal et en pendage sud. l'angle d'inclinaison est de 85°à90° Cette faille se traduit aussi par le rejet vertical et une formation de quartzite des roches.

- De cette manière, le site est fragmenté par les failles de latitude en quatre Compartiments, la première se trouve entre les failles N°1 et N°2 et le deuxième se trouve au sud de la faille N°3.

Le rejet vertical ne dépasserait pas environ 70-100m. Ces rejets datent de la période post métallifère. Les compartiments se déplacent faiblement dans le sens sud-est. En plus ces failles d'autres structures disjonctives ont été retrouvées sur le site selon les données géophysiques.

D'après les indices suivants les discordances tectoniques sont relevées principalement par les méthodes magnétiques :

- Zones du champ magnétique de faible intensité parmi les anomalies positives.
- Zones du champ magnétique négatif au contact Nord des compartiments des roches conditionné par la magnétisation oblique.
- Déplacement sur le plan des anomalies allongées

Le site de bouznane est situé au centre de l'intersection des failles altitudinales et de la direction Sud-est. En direction Ouest la branche nord de cette zone de failles traverse la tranchée N°9 avec du minerai. Des formes linéaires allongées alternant avec les zones de l'intensité faible présentées par le champ magnétique de cette branche des failles. [5]

I-5-1-4 Métamorphisme

Le métamorphisme de contact se reflète dans le site par la formation des cornéennes et des quartzites dans la zone d'exo contact des intrusions granitiques. Une importance particulière

est attribuée au métamorphisme hydrothermal largement développée dans le terrain auquel la minéralisation sulfurique est liée paragénétiquement. [5]

I-6 La minéralisation

Le massif d'Amizour, lié à l'orogénèse alpine se compose d'un ensemble de petits massifs de granitoïdes qui formaient au Burdigalien un seul batholite. Entre Langhien et le Tortonien, le batholite est morcelé par des accidents de direction N80°-N140° qui jouent par la même, en centres d'émissions volcaniques. Les laves émises en milieu subaérien à aérien sont calco-alcalines potassiques. Elles mettent en place en trois épisodes : andésitique, rhyolitique (rhyolitoïde) et à nouveau un épisode andésitique.

Les altérations hydrothermales qui affectent les volcanites sont de types propylitique, chloriteuse et potassique. Cette dernière se manifeste en trois stades successifs : une altération de types forte, une autre de types adularisation et enfin une séricitisation. L'altération chloriteuse, relativement magnésienne, est localisée au niveau de la faille N140°. L'adularisation s'observe au niveau des centres émissifs. Les deux autres altérations, séricitisation et propylitisation, sont régionales. [10]

Les concentrations sulfurées se répartissent en (i) dépôts pyriteux stratoides dont la genèse est liée à la séricitisation. Ces dépôts, à gros tonnage, sont encaissés dans les faciès rhyolitiques et épousent la morphologie horizontale des coulées volcaniques et pyroclastiques, (ii) filons polymétalliques à Zn-Pb-(Cu) liés à la faille N140°. Les filons se répartissent en minéralisation mésothermale à galène et sphalérite à inclusions de chalcopryrite et en minéralisation épithermale à shallenblende et galène. Cette dernière minéralisation forme le gisement d'Amizour à Zn dominant. [10]

La genèse des minéralisations polymétalliques, à la fin du Tortonien-début Messinien est tardive et indépendante de celle des dépôts pyriteux. Elle est en relation avec un site géothermales de types Wairakei (nouvelle Zélande), centré sur la faille-centre émissif, N140°. Cette dernière, qui rattache à une direction tectonique régionale de plus 600kilomètres de long, est encore de nos jours le siège d'une activité post-magmatique qui se traduit par l'émergence de sources chaudes. [10]

Conclusion

Les formations volcano-plutonique de Bouzenane fait partie des roches magmatiques tertiaires du pourtour méditerranéen et plus précisément des maghrébides. La région de Bouzenane à une géologie similaire à celle du gisement du Pb-Zn (Tala Hamza) d'un côté et proche de celle de gisement du fer de bouamran d'un autre côté, elle recèle un grand potentiel en ressources minérales.



**CHAPITRE II : METHODES
ET MATERIELS**

Introduction

Par soucis de bien mener notre étude, nous avons eu recours à des techniques et des analyses physico-chimiques des échantillons. Le choix des méthodes devrait répondre aux buts recherchés durant notre étude.

Ce chapitre est consacré pour la description des méthodes de caractérisation utilisée dans l'étude de la minéralisation de notre échantillon. Une partie de ce travail a été réalisé au sein de laboratoire de la préparation des lames minces et les sections polies de l'université de SETIF et l'étude microscopique au niveau de l'université de BEJAIA.

Au niveau de la cimenterie d'AIN KBIRA (FRX), et la DRX au niveau de laboratoire CRAPC à l'université de BEJAIA.

II-1 Réalisation des lames minces

Les échantillons ont été récupérés dans des carottes du sondage (N°3), selon la profondeur on a :

Echantillon N°1 : 204.5m

Echantillon N°2 : 207.35m

Echantillon N°3 : 248.4m

Echantillon N°4 : 253.25m

Echantillon N°5 : 255.35m

Echantillon N°6 : 272.80m

Echantillon N°7 : 284m

Echantillon N°8 : 299m

Echantillon N°9 : 308.5m

Echantillon N°10 : 2.5m (befor EOH)

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

L'échantillonnage a été effectué d'une manière systématique sur le sondage N°3 ; les échantillons ont été prélevés selon le changement de facies et la présence de minéralisation.

II-1-1 Préparation et découpage des sucres

Avant de couper la roche il faut d'abord définir la zone de la minéralisation. Dans cette étape le coupage du sucre se réalise à l'aide d'une scie diamantée et dentée avec l'écoulement continu d'eau, des références des petits sucres coupés sont mentionnées sur le dos.



Figure II.01 : préparation et coupage des sucres (photo prise).

II-1-2 Polissage des sucres et les lames en verre

Après le découpage des sucres, On procéda à l'étape de polissage. Cette dernière se fait manuellement à l'aide des produits abrasifs (carbure de silicium) de différentes granulométries sur des surfaces en verre. On commence le polissage des sucres et les lames en verres avec la poudre abrasive (carbure de silicium) de $500\mu\text{m}$ après $800\mu\text{m}$ ensuite avec $1000\mu\text{m}$ et $1200\mu\text{m}$, la durée de temps pour l'utilisation de chaque poudre est de 10min à 15min avec l'ajout d'eau selon des mouvements circulaires.



Figure II.02 : polissage des sucres (photo prise)

II-1-3 Collage des sucres

Le collage des sucres et les lames de verre se fait à l'aide de la résine (paraffine) et durcisseur (colophane). On mélange un volume de la résine et un demi de ce volume de durcisseur, ensuite on l'applique sur le sucre après la lame en verre. Il faut faire attention au bulles d'air car il ne doit pas subsister ces dernières entre le sucre et la lame. Ensuite on les met sur la plaque chauffante et sur le sucre et la lame des poids.



Figure II.03 : Les sucres et la lame en verre sur la plaque chauffante (photo prise)

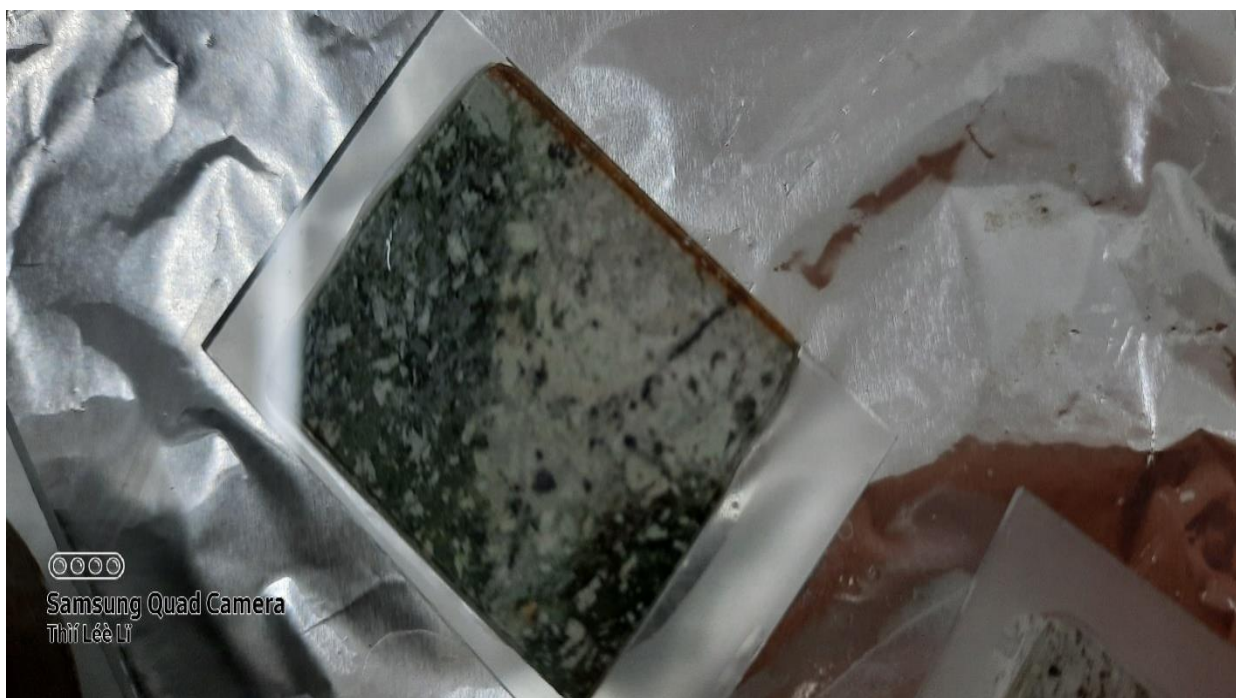


Figure II.04 : Lame en verre collé sur le sucre (photo prise).

II-1-4 Coupage des lames

Après que la lame en verre et le sucre sont bien collés, alors on va couper le sucre en laissant environ un millimétré, à l'aide une machine d'un disque diamanté plus petite que la machine précédente.



Figure II.05 : Coupage de la lame (photo prise).

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

II-1-5 Finition des lames

Pour obtenir une lame mince proprement dite, il faut maintenant abaisser progressivement l'épaisseur de la lame avec le polissage on utilisant des poudres abrasives (carbure de silicium). Les poudres abrasives utilisées sont 250 μ m, 500 μ m, 800 μ m, 1000 μ m et 1200 μ m et avec la joute de l'eau avec des mouvements circulaires. A Chaque fois on vérifie avec le microscope. A la fin de cette opération on obtient une lame mince d'ordre de 30 μ m.

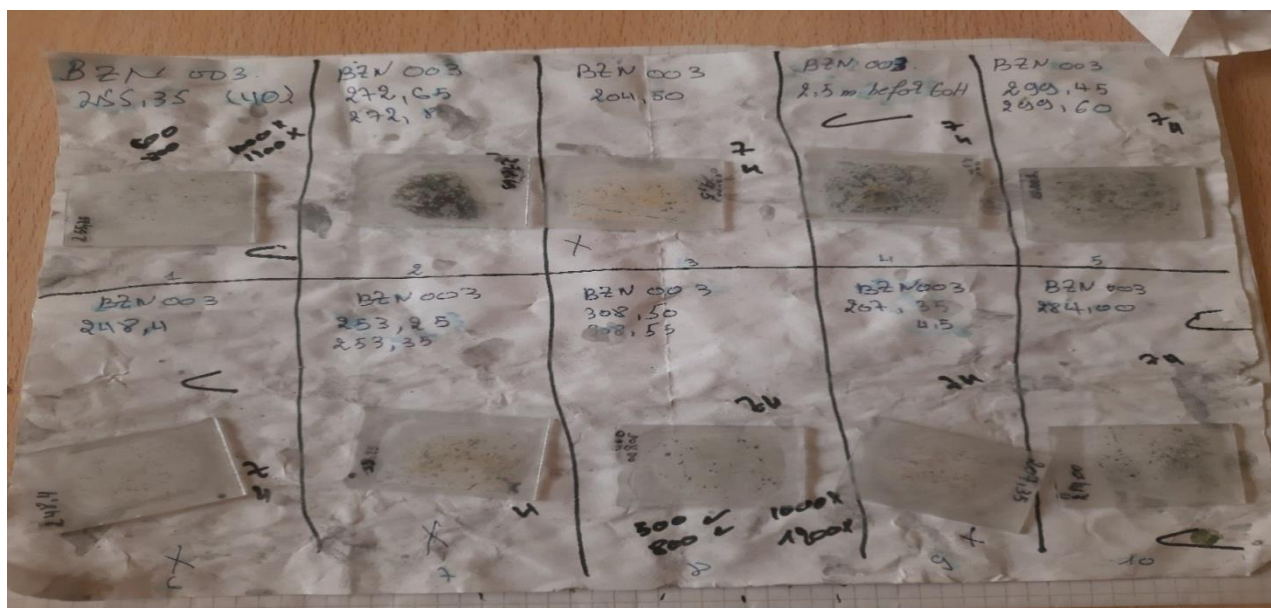


Figure II.06 : Les lames minces (photo prise).

II-2 Réalisations des sections polies

Les sections polies sont des échantillons préparés pour l'observation et la détermination des minéraux métallique. Ces derniers nécessitent une observation sous la lumière réfléchie contrairement aux minéraux qui sont observés sous lumière transmise.

Les sections polies sont réalisés avec des sucres semblables aux précédents utilisés pour les lames minces. On a réalisée dix sections polies.

La réalisation des sections polies se fait juste avec le polissage des sucres sur les plaques en verre et des produits abrasifs (carbure de silicium) manuellement et avec la machine à rodage.

Le rodage manuellement du sucre se fait avec la poudre abrasive (carbure de silicium) de 500 μ m pour (10 min après une pause en reprend d'autres 10min), 800 μ m pendant

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

(10min+10min), 1000 μ m une durée de (15min+15min) et 1200 pour (20min +20min) avec l'ajoute de l'eau à chaque fois.

Après le rodage manuellement on commence le polissage avec la machine à polissage ou à rodage avec des poudre abrasives différentes et chaque fois on change la granulométrie de la poudre on change aussi le disque à polissage.

Les poudres abrasives utilisées sont 7 μ m après 4 μ m, 2 μ m et 1 μ m chacune avec une durée de 30 minutes pour chacune. Le poudre 0.5 μ m est utilisé pour la finition, la durée de polissage jusqu'au moment où les minéraux devient claire, chaque fois on vérifie avec le microscopie.



Figure II.07 : Polissage des sucres sur la machine à rodage (photo prise)

II-3 Préparation mécanique

II-3-1 Concassage

Cette opération est la deuxième étape de la préparation mécanique, elle sert à réduire les dimensions d'un échantillon assez grand en quelques millimètres.

Pour cela le concassage est effectué au laboratoire de la préparation mécanique du département des mines et géologies à l'université de Bejaia. Le concassage a été fait par un concasseur à mâchoire FITSCH, il permet de réduire la taille d'échantillon jusqu'à une dimension inférieur à 1mm.



Figure II.08 : Concasseur à mâchoire pédagogique (photo prise)

II-3-2 Broyage

L'étape qui complète le travail de concassage, il consiste à réduire la taille des grains de quelques millimètres à un produit plus fin de l'ordre de quelque micromètre (μm) pour augmenter la surface spécifique, le broyage se fait jusqu'à la maille de libération.

Cette technique est effectuée au laboratoire de LTMGP à l'aide d'un broyeur à disques et à laboratoire de la préparation mécanique avec un broyeur à boulets, à l'université de Bejaia et aussi avec un mortier.



(a)



(b)

Figure II.09 : (a) ; broyeur à disques (b) ; broyeur à bille.

II-4 Analyses et caractérisations

II-4-1 La diffraction des Rayons X

La diffraction des rayons X (DRX) est une méthode utilisée pour déterminer les phases cristallines. Cette méthode ne s'applique, jusqu'à récemment, qu'à des milieux cristallins (roches, cristaux, minéraux, pigments, argiles...) présentant les caractéristiques de l'état cristallin, c'est-à-dire un arrangement périodique et ordonné des atomes dans des plans réticulaires (hkl) tridimensionnels.

La méthode permet ainsi clairement de distinguer les produits amorphes (verres...) des produits cristallisés. La diffraction des rayons X sur poudre est une méthode d'analyse de phases non destructive. Au début de son introduction (années 1910), la diffraction des rayons X était utilisée surtout pour déterminer les structures des cristaux.

Grâce à l'avancée technologique moderne, qui a introduit la diffractométrie, la diffraction permet la détermination des structures nouvellement élaborées, et d'identifier en quelques minutes les phases cristallisées présentes dans tout matériau par comparaison automatisée avec un fichier de références réactualisé annuellement et comportant actuellement les données de plus de 69 500 composés.

Elle permet également d'étudier les conditions de formation de phases, leur évolution en fonction de la température ou de l'atmosphère, donc de connaître le comportement d'un matériau dans les conditions d'utilisation telles que la température, le balayage gazeux, etc.

[15]



Figure II.10 : L'appareille de la diffraction des rayons X (DRX).

II-4-1-1 Principe de la DRX

La technique d'analyse par diffraction des rayons X repose sur l'interaction élastique d'un faisceau monochromatique de photons X avec la matière cristalline. Cette technique est largement utilisée pour l'identification des minéraux.

Les échantillons sous forme de poudre très fine sont analysés par la diffraction X. Ces derniers sont des ondes électromagnétiques situées entre les domaines des ultraviolets lointains et de rayon V (longueur d'onde entre 100 et 0,5°A), ces rayons sont produits par bombardement électronique sous vide et à haute tension d'accélération d'une cible. Cela pour conséquences la production d'un spectre continu sur lequel se détachent les raies caractéristiques de la cible, la figure ci-dessous illustre le principe de fonctionnement d'analyse par DRX.

Un balayage d'angle de diffraction est obtenu à l'aide d'un goniomètre où l'échantillon plan effectue une rotation avec un mouvement uniforme de vitesse angulaire ω .

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

En balayant le domaine angulaire (dans notre cas de 20° à 80°), on obtient un spectre entier présentant des pics d'intensité caractéristiques des différents plans réticulaires si le matériau est cristallisé. Si le matériau est amorphe en revanche, on n'obtiendra aucun pic seulement un signal très large.

Les diffractogrammes ainsi obtenus, à l'aide d'un logiciel sont interprétés. Les positions et les intensités des pics observées sont comparés aux fichiers de référence PDF-ICDD (Powder Diffraction File - International Center for Diffraction Data) pour l'identification des phases minéralogiques présentes. Et éventuellement l'utilisation de RIR (Reference Intensity Ratio) inclus dans le logiciel HighScoreen plus du fichier PDF-ICDD permet l'estimation semi quantitative des phases correspondantes détectées quand celles-ci sont requises et/ou possibles.

Les directions dans lesquelles les interférences sont constructives, appelées « pics de diffraction », peuvent être déterminées très simplement par la formule suivante, dite loi de Bragg :

$$2d\sin\theta = n.\lambda$$

Avec

d = distance inter réticulaire, c'est-à-dire distance entre deux plans cristallographiques ;

θ = demi-angle de déviation (moitié de l'angle entre le faisceau incident et la direction du détecteur) ;

n = ordre de réflexion (nombre entier) ;

λ = longueur d'onde des rayons X.

Comme les plans cristallographiques peuvent être repérés par les indices de Miller {hkl}, nous pouvons indexer les pics de diffraction selon ces indices. [16]



Figure II.11 : Préparation des pastels (photo prise)

II-4-2 Spectrométrie de fluorescence des rayons X

La spectrométrie de fluorescence X (SFX ou FX, ou en anglais XRF pour X-ray fluorescence) est une méthode d'analyse chimique élémentaire utilisant une propriété physique de la matière, la fluorescence de rayons X. Afin d'obtenir des informations quantitatifs sur la composition élémentaire d'un échantillon solide qui est devenu une poudre fine après la préparation mécanique.

Lorsque l'on bombarde de la matière avec des rayons X, la matière réémet de l'énergie sous la forme, entre autres, de rayons X, c'est la fluorescence X, ou émission secondaire de rayons X.

Le spectre des rayons X émis par la matière est caractéristique de la composition de l'échantillon, en analysant ce spectre, nous pourrions en déduire la composition élémentaire, c'est-à-dire les concentrations massiques en éléments. [17]

Nous avons déterminé les teneurs : SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , So_3 , K_2O , Na_2O , Cl, Paf.

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

L'analyse au FX a été réalisée au niveau du laboratoire de la cimenterie d'AIN KBIRA SETIF.

II.4-2-1 Principe de FRX

Lorsque les atomes d'un échantillon sont irradiés par un rayonnement X primaire à haute énergie, des électrons sont éjectés sous forme de photoélectrons. On a alors un déficit en électrons sur un ou plusieurs couches électroniques. L'atome devient alors un ion, il est dans un état instable. Pour retrouver une meilleure stabilité, le trou laissé sur l'orbitale va être comblé par un électron provenant d'une couche électronique plus extérieure. De telles transitions sont accompagnées par une émission d'énergie, sous forme d'un rayonnement X secondaire, c'est la fluorescence.

Permet la détermination de la composition élémentaire de l'échantillon de manière qualitative et quantitative, c'est-à-dire de déterminer la nature et la quantité des atomes qui sont présents dans l'échantillon.

L'échantillon séché et pressé est utilisé pour l'analyse des éléments majeurs et traces. La pastille obtenue est soumise à une source de rayonnement X primaire. Il s'ensuit une excitation des atomes qui vont émettre un rayonnement X secondaire de fluorescence caractéristique de la composition chimique de l'échantillon à analyser. [17]

* Modalités d'essai

- ✓ Appareillage : spectromètre
- ✓ Seuil de détection de l'ordre de 0,05
- ✓ Teneur exprimée en pourcentage
- ✓ Méthode de préparation utilisée par laboratoire de la cimenterie, préparation des pastilles avec mélange, puis passage au spectromètre ;
- ✓ Etalonnage par des standards internationaux
- ✓ Prise d'essai 12 g

II.5 Matériels utilisés

a-Verreries de laboratoire

- ✓ Spatule.
- ✓ Mortier



Figure II.12 : un mortier en porcelaine réfractaire.

a- Accessoire de laboratoire

- ✓ concasseur à mâchoire
- ✓ broyeurs à boulets et à disques : pour broyer et réduire la taille de notre échantillon.
- ✓ Balance électrique.
- ✓ Tamis <1 mm, fond tamis
- ✓ Microscopie : pour l'étude de la minéralisation de nos échantillons.
- ✓ Les lames minces.
- ✓ Sections polies

❖ Le microscope pétrographique.

Le microscope utilisé en géologie s'appelle le microscope polarisant (géologique). La principale différence avec le microscope biologique est la présence d'une platine tournante et de deux filtres polarisants (l'analyseur est mobile et il se situe au-dessus, le polariseur se situe en-dessous).

L'observation peut se faire de deux manières selon la position de l'analyseur :

- En lumière polarisée non analysée (LPNA) = lumière naturelle : l'analyseur n'est pas en place.
- En lumière polarisée analysée (LPA) : l'analyseur est en place.

Plusieurs critères vont être étudiés, comme par exemple : la forme des cristaux, la couleur, la présence de clivage, le relief, l'altération.



Figure III.13 : Le microscope pétrographique.

Conclusion

Ce chapitre traite les différentes étapes de la préparation de nos échantillons, commençant par l'échantillonnage jusqu'aux analyses physico-chimiques.

Nous avons commencé par la réalisation des lames minces et les sections polies au sein de l'université de SETIF, suivi un concassage et un broyage pour avoir un échantillon d'une granulométrie inférieur à $0.63\mu\text{m}$ et représentatif, qui passera aux différentes étapes d'analyse minéralogique (physico-chimique), la diffraction des rayons X (DRX) et la fluorescence des rayons X (FRX) effectués au plateau technique de BEJAIA CRAPC.



**CHAPITRE III : RESULTATS
ET DISCUSSIONS**

Introduction

Dans ce chapitre nous allons discuter les résultats obtenus durant notre étude qui consiste en une caractérisation de la minéralisation plombo-zincifère de l'indice de Bouzenane. Ce travail est partagé en deux parties : la première partie consacrée sur l'étude macroscopique et microscopique de la minéralisation et de son encaissant et la deuxième partie englobe les analyses physico-chimiques effectuées les échantillons prélevés (DRX, FRX).

La première partie

III-1 L'encaissant de la minéralisation

Comme dans le gisement principal de Tala Hamza-Amizour, l'encaissant de la minéralisation de l'indice de Bouzenane est représenté par des roches magmatiques volcaniques. L'étude du sondage Numéro 3 nous a permis de déterminer différents faciès et types de roches volcaniques avec des variations de composition chimique. Ces roches ont été affectées par des altérations hydrothermales très intenses.

III.1.1 Classification géochimique des roches volcaniques de Bouzenane

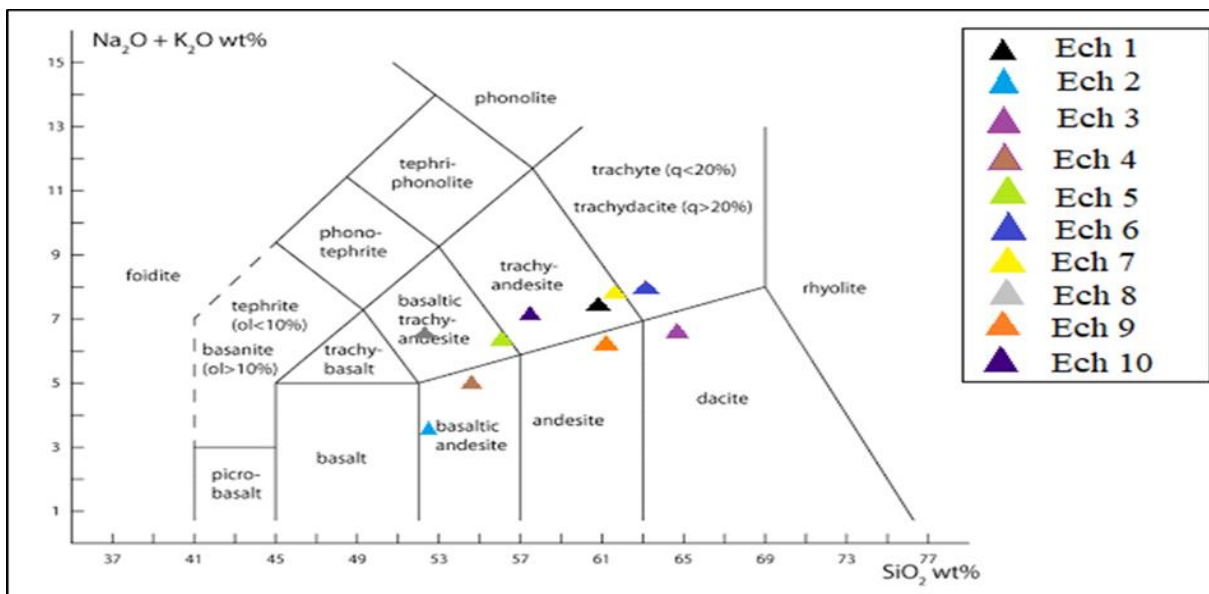


Figure III.01 : Représentation des échantillons dans le diagramme binaire TAS (SiO_2 versus $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

La projection des résultats de FRX (tableau n°1) dans le diagramme binaire TAS (SiO_2 versus $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ le Maitre et al ; 2002) montre que les différents échantillons prélevés sont des roches intermédiaires à acides représentées par andésites basaltiques, des trachy-andésites basaltiques ; des andésites ; des dacites, des trachy-andésites et des trachytes (figure III.01). Ce qui indique que les alcalins n'ont pas subi de forte mobilisation par les altérations hydrothermales.

III-1-2 Etude pétrographique

Echantillon(1) BZN003/204.5 m

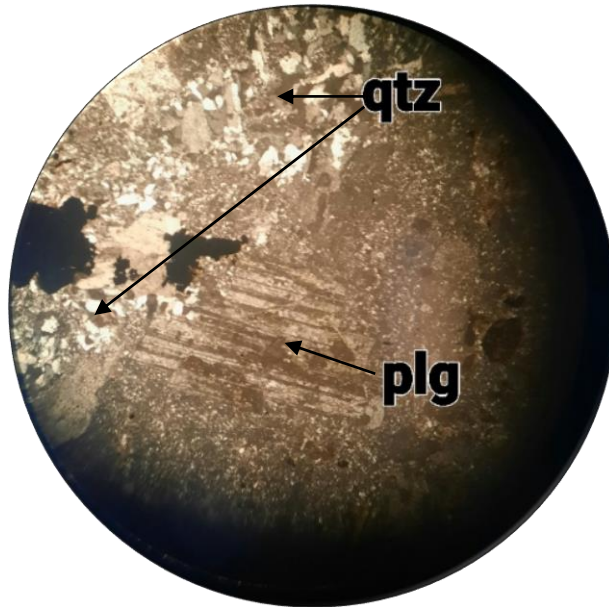
La roche présente une couleur blanchâtre à grisâtre avec une texture microlitique elle est composée de quartz, plagioclase et feldspaths. Elle présente des fractures ouvertes à remplissage de la minéralisation composée de quartz, pyrite, galène et sphalérite.



Figure III.02 : Une roche dacite

- ✓ Les Plagioclases : sont des phénocristaux d'ordre de quelques millimètres, représenté sous forme automorphe à subautomorphe avec des altérations intense qui sont parfois totale.

- ✓ Quartz : deux types du quartz sont observés
 - Quartz magmatique : de forme automorphe à subautomorphe d'une taille de quelques millimètres, il est souvent fracturé. Ces fractures sont remplies des argiles et des sulfures.
 - Quartz de la silicification (hydrothermal) : il est subautomorphe à xénomorphe contrairement au quartz magmatique qui est automorphe à subautomorphe, d'une taille variable entre micromètres (μm) à millimètres (mm). Il est Observé en remplissage des fractures et des cavités et accompagné par des dépôts des minéraux sulfurés amas pyriteux ».



FigureIII.03 : plagioclase et le quartz sous LPA (Gx4)

- ✓ Muscovite : rarement présenté, observé sous forme des argiles.

Echantillon (2) BZN003/207.35m

Une roche de couleur grise claire avec une texture microlitique, présente des phénocristaux. Elle est composée d'une pate grise avec des minéraux assez visible qui sont représentés par le quartz et les plagioclases. La minéralisation sulfurée dans cet échantillon est représentée par la galène qui apparaisse sous forme de désaminations visible à l'œil nu de taille millimétrique.



Figure III.04 : Une roche andésite

- ✓ Plagioclases : sont des phénocristaux d'ordre de quelques millimètres, représenté sous forme automorphe à subautomorphe avec des altérations intense qui sont parfois totale.

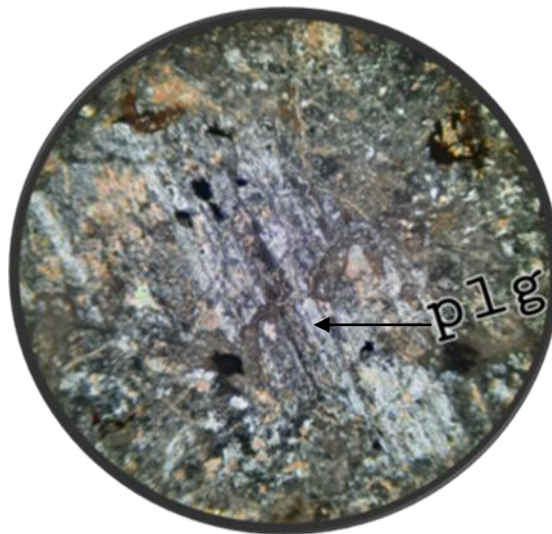


Figure III.05 : Plagioclase en LPA(GX40)

- ✓ Quartz : deux types du quartz observés
 - Quartz magmatique : de forme automorphe à subautomorphe d'une taille de quelques millimètres, il est fracturé. Ces fractures sont remplies des argiles et des sulfures.
 - Quartz silicification : il est subautomorphe à xénomorphe contrairement au quartz magmatique qui est automorphe à subautomorphe, d'une taille variable entre

CHAPITRE III : Résultats et discussions

micromètres (μm) et millimètres (mm). Observé en remplissage des fractures et des cavités et accompagné par des dépôts des minéraux sulfurés amas pyriteux.



Figure III.06 : Quartz en LPA (Gx10)

- ✓ Muscovite : rarement présenté, observé sous forme des argiles. elle est sous forme de petits grains automorphe des fois à section hexagonale

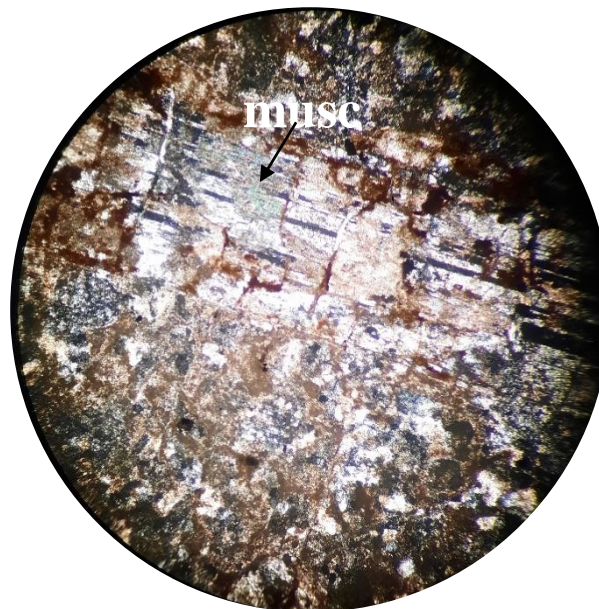


Figure III.07 : muscovite en LPA (Gx10)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Zircon : il est présenté sous forme de petits grains automorphe de taille micrométrique souvent en inclusion dans d'autres minéraux

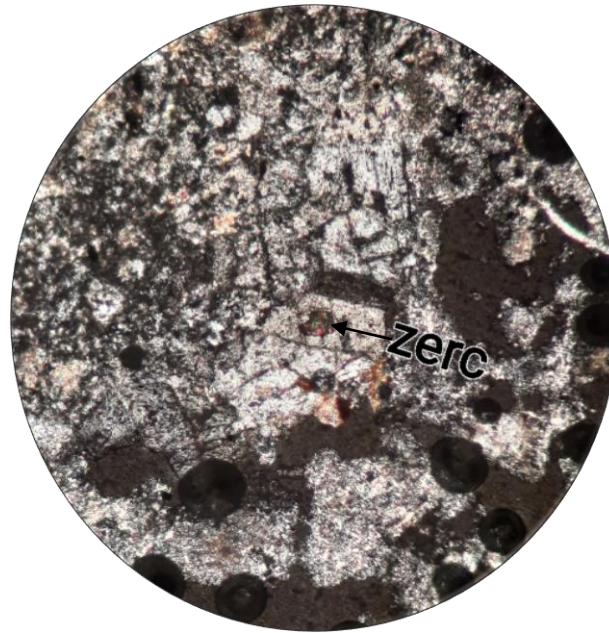


Figure III.08 : Zircon en LPA (GX10)

Echantillon (3) BZN003/248.4m

Une roche de couleur blanchâtre à grisâtre représente des cristaux visible à l'œil nu, sa texture est microlitique. Les phénocristaux représentent les feldspaths. On trouve aussi le quartz, plagioclase et la calcite.



Figure III.09 : Une roche trachy-dacite.

- ✓ Plagioclases : leurs tailles sont importantes par rapport au reste de minéraux. Ils présentent des altérations intenses, par fois l'altération est totale.

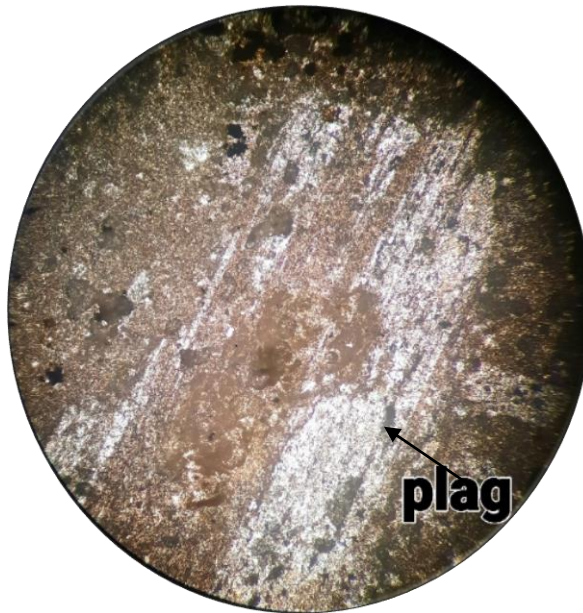


Figure III.10 : Plagioclase en LPA (GX10)

- ✓ Apatite : elle est peu présente. Elle apparait sous forme des petits grains automorphe incolore

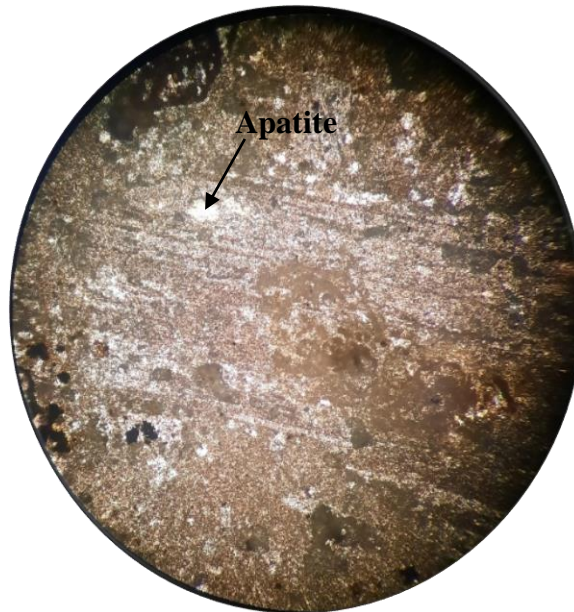


Figure III.11 : L'apatite en LPA (GX10)

- ✓ Calcite : elle forme des plages, qui se développent sur les feldspaths de quelque millimètre de taille.

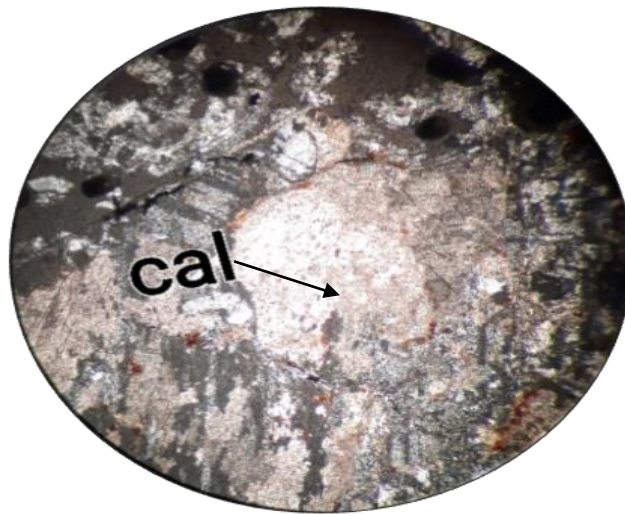


Figure III.12 : Calcite en LPA(GX40)

- ✓ Quartz :
 - Quartz magmatique : de forme automorphe à subautomorphe d'une taille de quelques millimètres, il est fracturé. Ces fractures sont remplies des argiles et des sulfures.
 - Quartz silicification : il est subautomorphe à xénomorphe contrairement au quartz magmatique qui est automorphe à subautomorphe, d'une taille variable entre

CHAPITRE III : Résultats et discussions

micromètres (μm) et millimètres (mm). Observé en remplissage des fractures et des cavités et accompagné par des dépôts des minéraux sulfurés amas pyriteux.



Figure III. 13 : Quartz en LPA (Gx10)

Des altérations hydrothermales sont largement observées dans cet échantillon qui a affecté l'ensemble de la roche.

- ✓ Sericitisation : se développe sur les feldspaths et la pâte.
- ✓ Kaolinisation : se développe sur les feldspaths
- ✓ Silification : elle forme des nodules qui se développent dans la pâte souvent accompagnée des amas pyriteux ou bien sous forme de remplissage des fractures.

Echantillon (4) BZN003/253.5 m

Cet échantillon est une roche de couleur grise avec des taches orange et noires, texture microlitiques. On observe la présence de la galène, aussi le quartz, plagioclase et l'orthose.



Figure III.14 : trachy-andésite

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Quartz : il se présente sous deux formes.
 - Quartz magmatique : observer sous forme automorphe avec section hexagole très caractéristique, il est plus souvent craclé.
 - Quartz de la silification : de forme subautomorphe à xénomorphe, il est d'une taille variable très fin à grossier de quelques micromètres (μm) à millimètres (mm). il occupe les cavités de dissolution ou bien dégazage. Les minéraux opaques et les oxydes sont souvent accompagnés par des fractures.

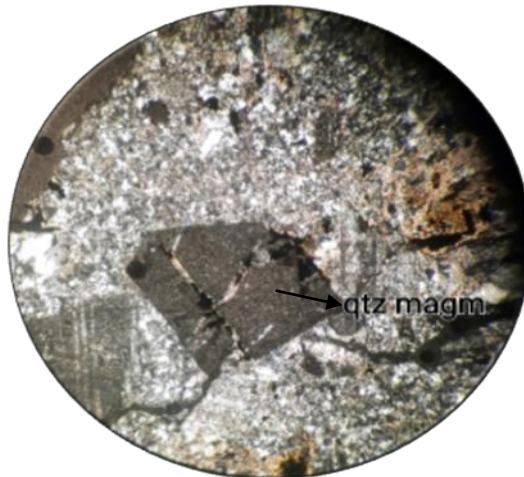


Figure III. 15 : Quartz magmatique en LPA(GX40)

- ✓ Plagioclases : se présente avec une taille importante d'ordre de quelque millimètres. Ils sont souvent altérés, des fois l'altération est totale. Les plagioclases présentent des transformations en sericite et ou en kaolinite et il présente des minéraux opaques sur leur contours.

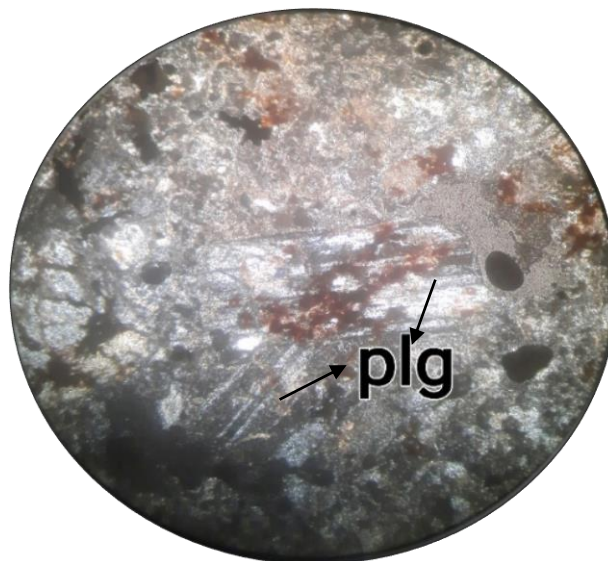


Figure III. 16 : Plagioclase en LPA (Gx10)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Orthose : observé sous forme automorphe de taille importante allant jusqu'à quelques mm. Il présente souvent des altérations.

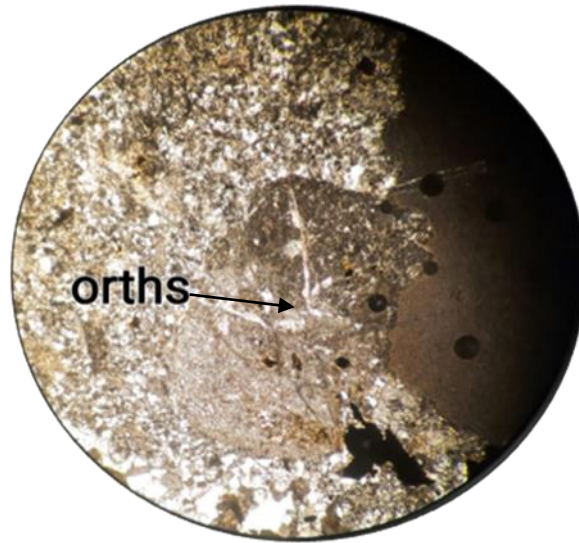


Figure III.17 : L'orthose en LPA(GX40)

Echantillon (5) BZN003/ 255.35m

Roche d'une couleur blanchâtre à grisâtre, avec une texture microlitique, présente des phénocristaux. Elle est composée de quartz, plagioclase et l'orthose.



Figure III.18 : Une roche trachy-andésite

- ✓ Quartz : il se présente sous deux formes.

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- Quartz magmatique : observé sous forme automorphe avec section hexagone très caractéristique, il est plus souvent craclé.
- Quartz de la silification : de forme subautomorphe à xénomorphe, il est d'une taille variable très fin à grossier de quelques micromètres (μm) à millimètres (mm). Il occupe les cavités de dissolution ou bien dégazage. Les minéraux opaques et les oxydes sont souvent accompagnés par des fractures.



Figure III. 19 : Quartz de silification en LPA (GX10)

- ✓ Plagioclases : se présente avec une taille importante d'ordre de quelque mm. Ils sont souvent altérés, des fois l'altération est totale. plagioclase se transforme en sericite, kaolinite et il présente des minéraux opaques sur leurs contours.
- ✓ Orthose : représenté sous forme automorphe de taille importante atteignant quelques millimètres. Il présente souvent des altérations.

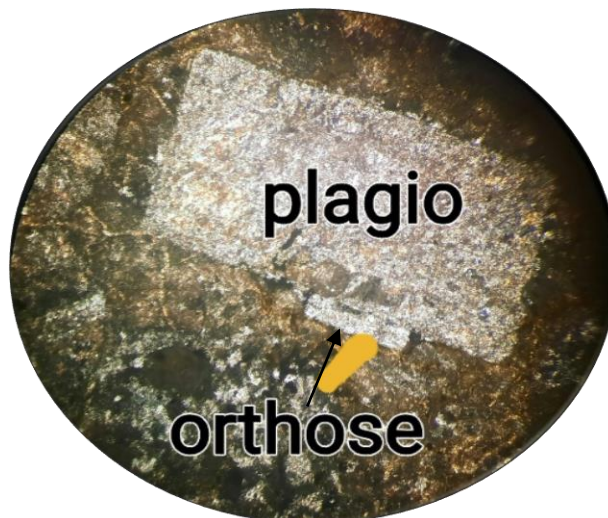


Figure III. 20 : Plagioclase et l'orthose en LPA (Gx10)

Echantillon (6) BZN003/ 272.65m

Roche d'une couleur verte et grise, représente une brèche volcanique, composée essentiellement de fragments de roches volcaniques remaniées, des phénocristaux de plagioclases le tout est cimenté par la lave. Cette roche a subi une forte chloritisation.

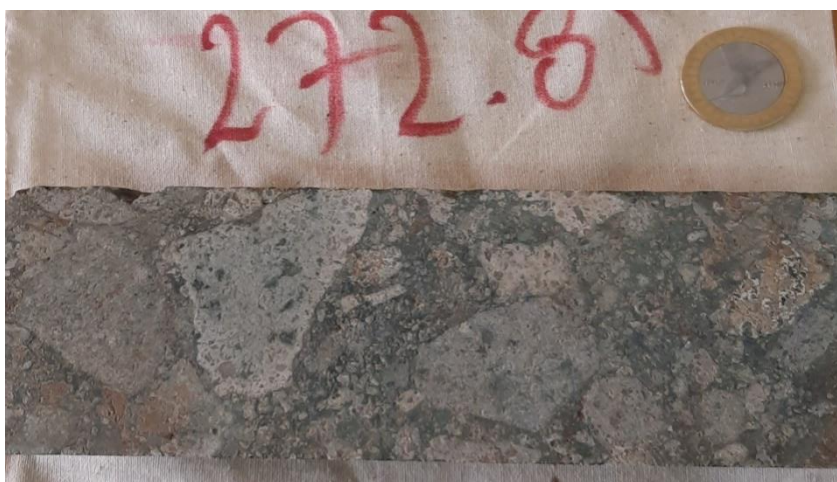


Figure III.21 : Une roche basaltic-andésite

Il existe une forte altération hydrothermale

- ✓ Chlorite : elle se présente sous forme automorphe à xénomorphe, il est affecté par des fractures.-GV



Figure III.22 : chlorite en LPA (GX10)

- ✓ Hématite rouge

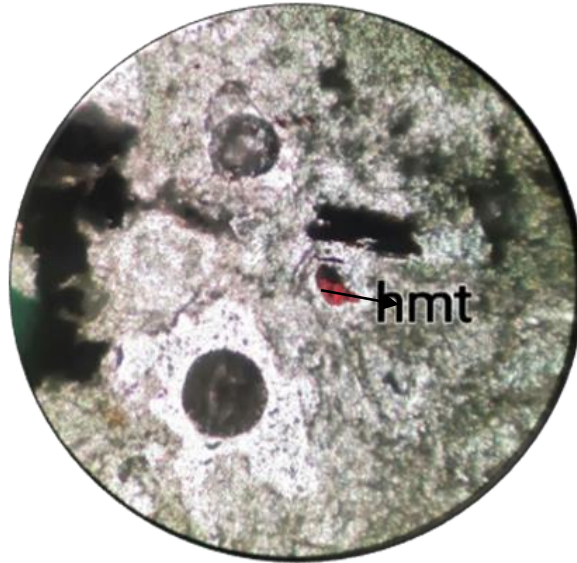


Figure III.23 : Hématite en LPA(GX40)

- ✓ Myrmekite

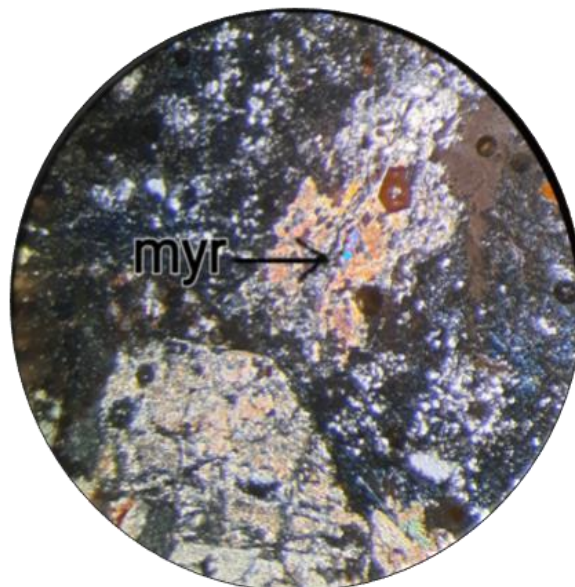


Figure III.24 : Myrmekite en LPA(GX10)

- ✓ Silification : elle est observée sous forme des cristaux de quartz subautomorphe à xénomorphe avec une taille très variable de μm à mm
- ✓ Pyroxène : très peu rencontré dans cette roche (porteuse de minéralisation), il est en petits grains subautomorphe.

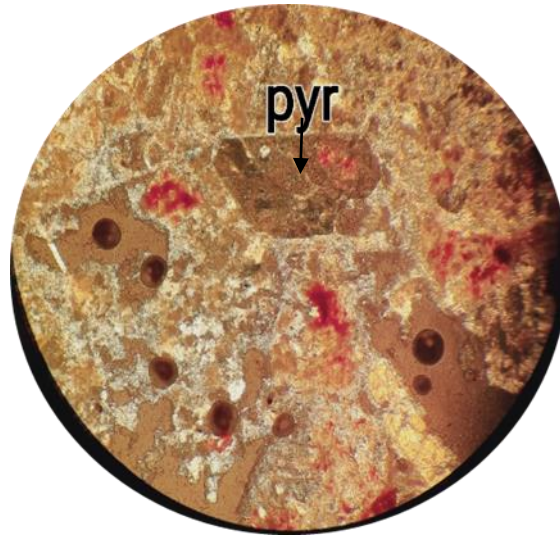


Figure III.25 : Pyroxène en LPA(GX10)

- ✓ Apatite : elle est peu présente. Elle apparaît sous forme des petits grains automorphe incolore.

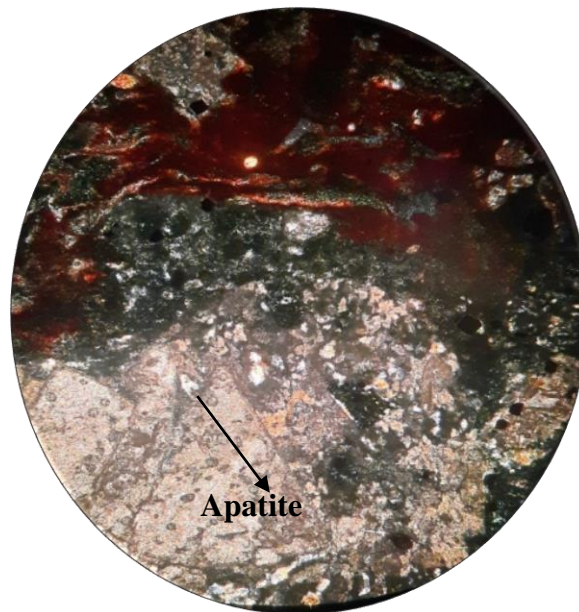


Figure III.26 : L'apatite en LPA (GX4)

- ✓ Calcite : elle forme des plages, qui se développent sur les feldspaths de quelque millimètre de taille.



Figure III.27 : La calcite en LPA(GX10)

- ✓ Orthose : représenté sous forme automorphe de taille importante atteignant quelques millimètres. Il présente souvent des altérations.



Figure III.28 : L'orthose en LPA (Gx10)

Quartz : sous deux formes

- Quartz magmatique : il est sous forme automorphe à subautomorphe présentant souvent des fractures.

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- Quartz silification : se présente sous forme de petits grains subautomorphe à xénomorphe, il est observé dans les cavités ou dans les fractures accompagnent les minéraux métalliques.

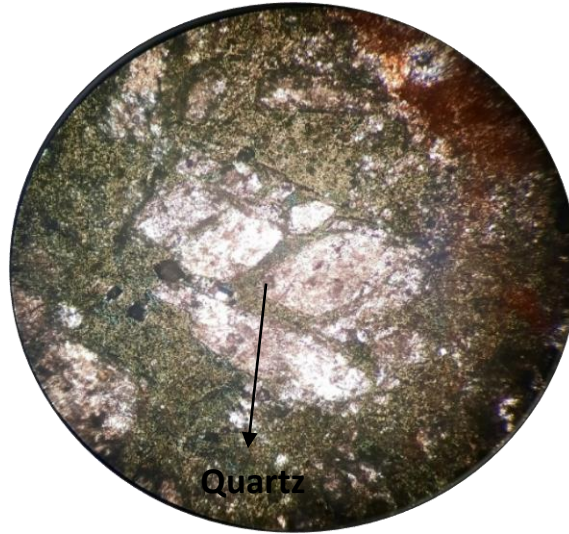


Figure III.29 : Le quartz en LPA (Gx10)

- ✓ Fragment de roches volcanique et ciment volcanique une chloritisation intense.
- ✓ Les fragments des roches volcaniques ont subi une kaolinisation puis la brèche formé à subit une chloritisation.
- ✓ **Echantillon (7) BZN003/284m :**

Est une roche de couleur grise avec des taches orange et noires, texture microlitiques. On observe la présence de la galène, aussi le quartz, plagioclase et l'orthose.



Figure III.30 : Une roche trachy-andésite

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Plagioclases : sont totalement ou partiellement altérés par la sericite lorsque l'altération est totale on observe la sericite sous forme automorphe).

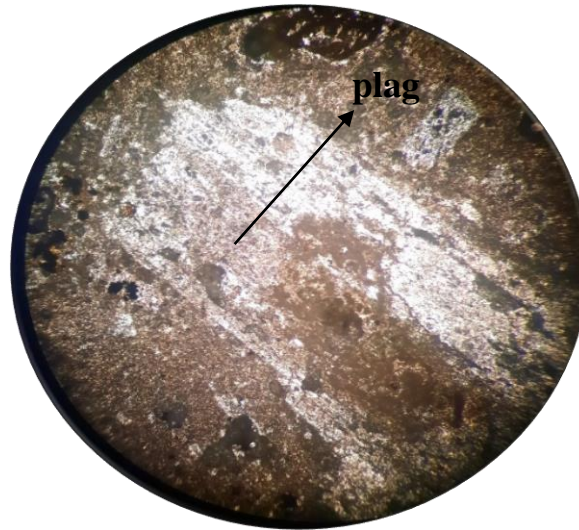


Figure III.31 : Plagioclase en LPA (Gx10)

- ✓ Quartz : sous deux formes
 - Quartz magmatique : il est sous forme automorphe à subautomorphe présentant souvent des fractures.
 - Quartz silification : se présente sous forme de petits grains subautomorphe à xénomorphe, il est observé dans les cavités ou dans les fractures accompagnent les minéraux métalliques.

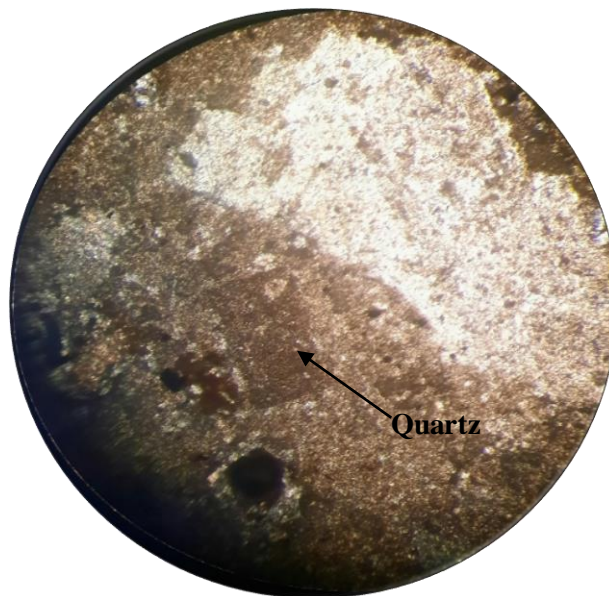


Figure III.32 : Le quartz en LPA (Gx10)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Muscovite : elle est sous forme des petites paillettes, elle est très peu observée, elle présente des minéraux d'oxyde de fer entre les paillettes.

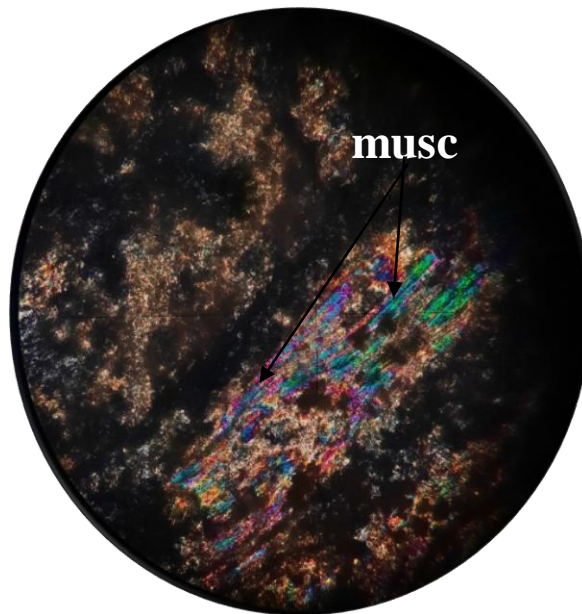


Figure III.33 : Muscovite en LPA (Gx40)

- ✓ Pyroxène : très peu rencontré dans cette roche (porteuse de minéralisation), il est en petits grains subautomorphe.

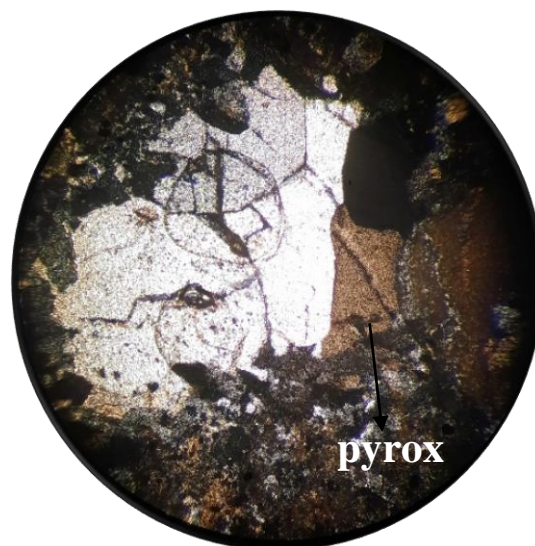


Figure III.34 : Pyroxène en LPA (Gx10)

- ✓ Sericite : elle est très présente parfois elle remplace totalement les feldspaths au point d'avoir une sericite sous forme automorphe, elle affecte aussi la pâte de la roche volcanique

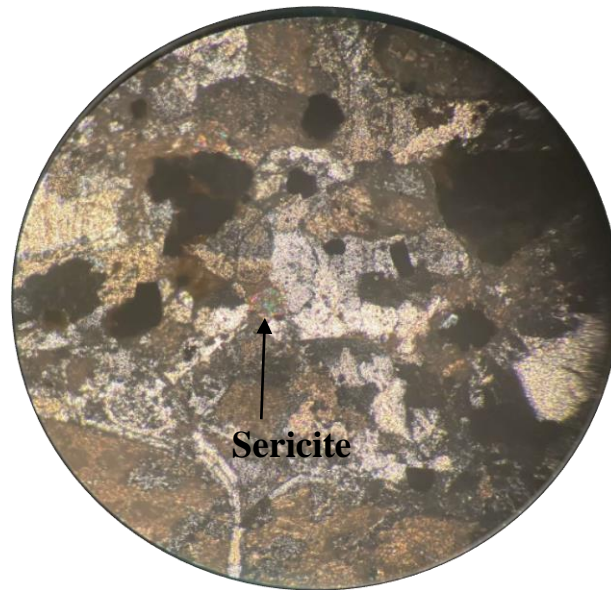


Figure III.35 : Sericite en LPA (Gx10)

Echantillon (8) BZN003/299.45 m

C'est Une roche verte d'une texture microlitique présente des phénocristaux de plagioclase et des disséminations de la galène elle est composée aussi de plagioclase, orthose.



Figure III.36 : trachy-andésite basaltique

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Apatite : sous forme automorphe avec des sections hexagonales, d'une taille d'ordre μm , elle est en inclusion dans la plagioclase.



Figure III.37 : L'apatite en LPA (Gx4)

- ✓ Orthose : il est automorphe d'ordre de μm , il présente des altérations.

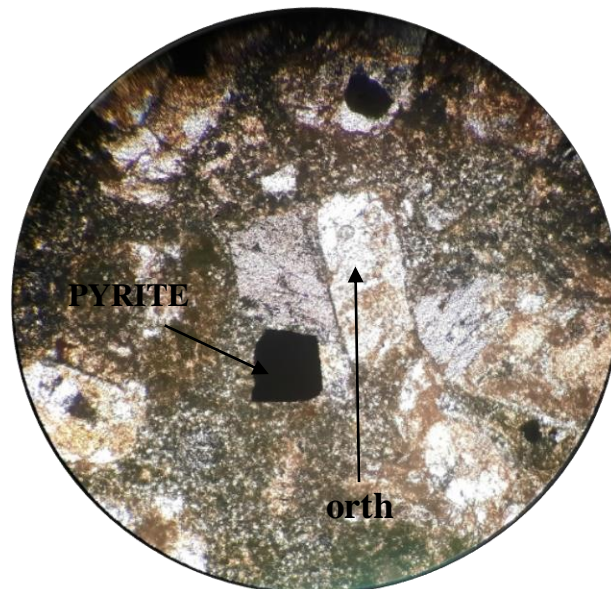


Figure III.38 : L'orthose en LPA (Gx40)

- ✓ Plagioclases : sont très abondant d'une taille assez grande quelques millimètres, souvent altérés (sericitisation et kaolinisation).

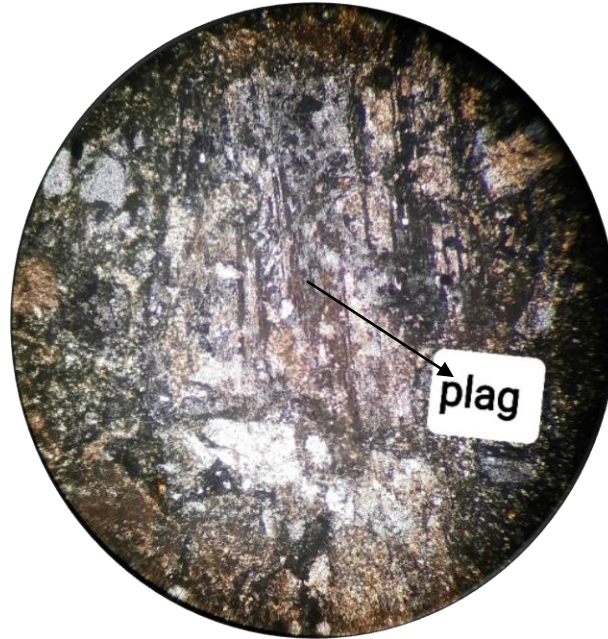


Figure III.39 : Plagioclase en LPA (Gx10)

- ✓ Calcite : se présente en plages assez développées.

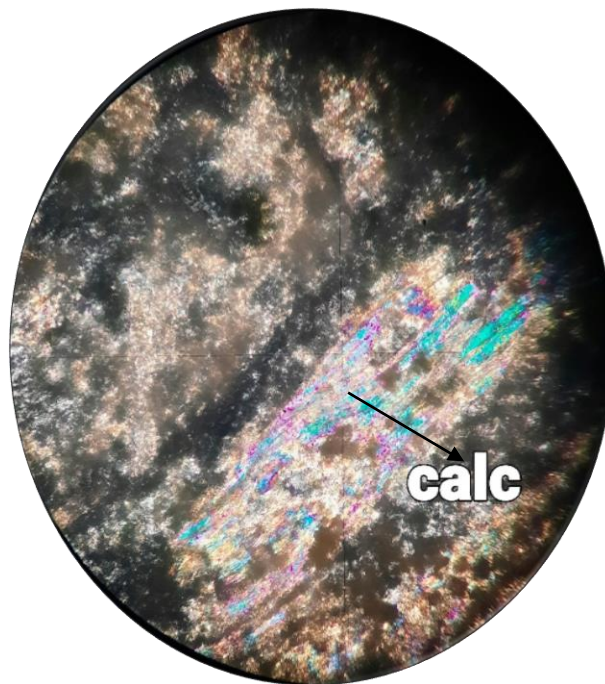


Figure III.40 : La calcite en LPA (Gx40)

- ✓ Silification : elle est observée sous forme des cristaux de quartz subautomorphe à xénomorphe avec une taille très variable de μm à mm

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Sericitisation : se développe sur les feldspaths et la pâte, elle est souvent présente.
- ✓ Muscovite : elle forme de petite accumulation en forme d'aiguilles, accumulation des sulfures (pyrite) pyritisation.

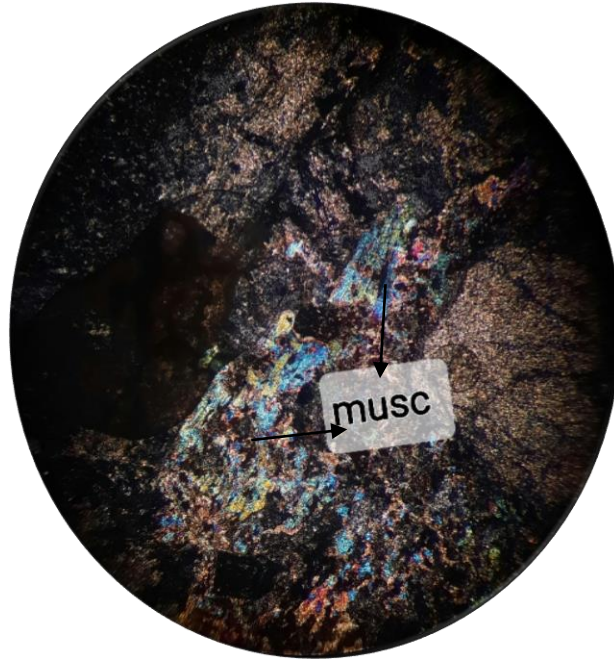


Figure III.41 : La muscovite en LPA (Gx10)

Echantillon (9) BZN003/308.5 :

Une roche verte d'une texture microlitique présente des phénocristaux qui représentent la galène elle est composée aussi de plagioclase, orthose



Figure III- 42 : roche andésite

- ✓ Plagioclases : sont de taille assez importante, ils présentent des phénocristaux souvent des altérations qui sont intense et parfois zoné.

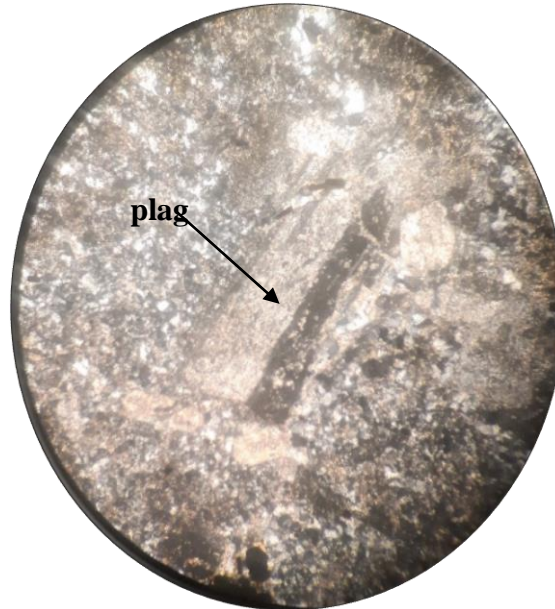


Figure III.43 : Plagioclase en LPA (Gx10)

- ✓ Orthose : présent mais peut abondant il apparait sous forme de grain automorphe à subautomorphe qui présente des altérations.

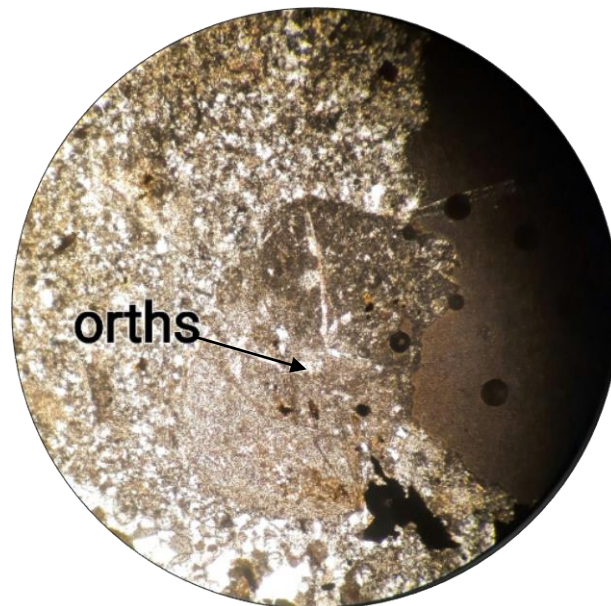


Figure III.44 : L'orthose en LPA (Gx40)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Muscovite : observée sous forme des paillettes qui forme parfois de petite accumulation des radiations, elle est très présente et parfois elle renferme des oxydes.

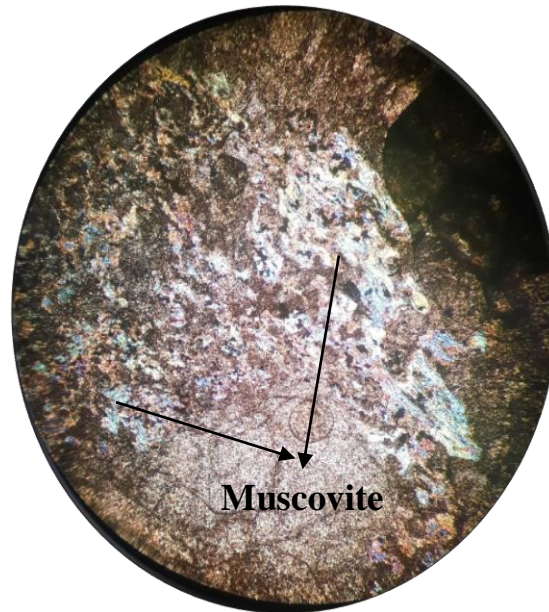


Figure III.45 : La muscovite en LpA (Gx10)

- ✓ Quartz : trouvé sous plusieurs formes.
 - Section automorphe-hexagonale qui représente le quartz magmatique souvent craclé et fissuré. Les fissures sont remplies par des minéraux (argileux)
 - Xénomorphe à subautomorphe c'est un quartz tardif, qui accompagne les dépôts sulfurés.



Figure III.46 : Le quartz en LPA (Gx10)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- ✓ Pyroxènes : sont des petits grains automorphe à subautomorphe qui présentent parfois des cassures.
- ✓ Kaolinite : observé sous forme d'altération qui affecte les (plagioclases et l'orthose) feldspaths.



Figure III.47 : La kaolinite en LPA (Gx10)

Echantillon(10) BZN003/2.55m BEFOR (EoH)

La couleur de cette roche est grise et verdâtre d'une texture microlitique. Elle présente une altération intense qui affecte le plus souvent les feldspaths.



Figure III.48 : Une roche basaltic trachy-andésite

- **Étude de la minéralisation**

L'étude minutieuse des sections polies réalisées sur les zones minéralisées nous a permis de déterminer les différentes espèces minérales ainsi que leurs relations avec l'encaissant.

C'est une minéralisation essentiellement à galène. Elle occupe les vides interstitiels et les fractures. L'association minéralogique est assez simple. Elle comporte de la galène, sphalérite, chalcopryrite, pyrite, hématite, cuivre gris, quartz et des minéraux argileux.

- ✓ La pyrite :

Deux générations de pyrite ont été déterminées :

Une première génération qui représente un épisode pyriteux qui a affecté presque toutes les roches où on a observé une pyrite de taille importante de forme massive et ou cubique. Elle occupe les cavités de dissolution et les fractures affectant les roches. Cette pyrite est indépendante de la minéralisation.

Une deuxième génération qui accompagne la minéralisation plombo-zincifère. Elle de taille plus petite par rapport à celle de l'épisode pyriteux.

Macroscopiquement : elle apparait sous forme de petits grains arrondis ou cubiques de taille millimétrique disséminés dans les roches volcaniques et les brèches volcanique

Au microscope : elle se présente sous forme de petits grains cubique, triangulaire ou arrondis disséminés dans la gangue des formes massives ou cubiques dans les fractures en association avec la galène, sphalérite

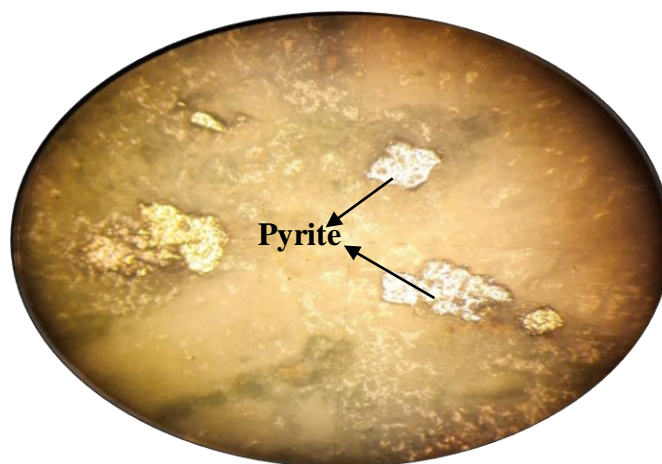


Figure III.49 : la pyrite sous la LN (G X 10)

CHAPITRE III : Résultats et discussions

✓ Galène :

A l'œil nu elle apparaît sous forme de petits grains parfois cubique ou bien massif en remplissage de fracture effectuant les roches volcaniques.

Au microscope elle est observé sous forme massive en remplissage de factures et des cavités elle est sauvant accompagnées de la sphalérite elle est plus abondante que la sphalérite.

✓ Sphalérite :

Elle n'est observée que au microscope, elle est sous forme de petits plages dans les fracture accompagnant la galène (à l'intérieur de la galène) au bien seule sous forme petites disséminations dans la silice.



Figure III.50 : La galène et la sphalérite en LN (G X 10)

✓ Chalcopyrite :

Elle n'est pas très abondante, elle est observé au microscope en association avec la sphalérite ou bien l'hématite sous forme xénomorphe.

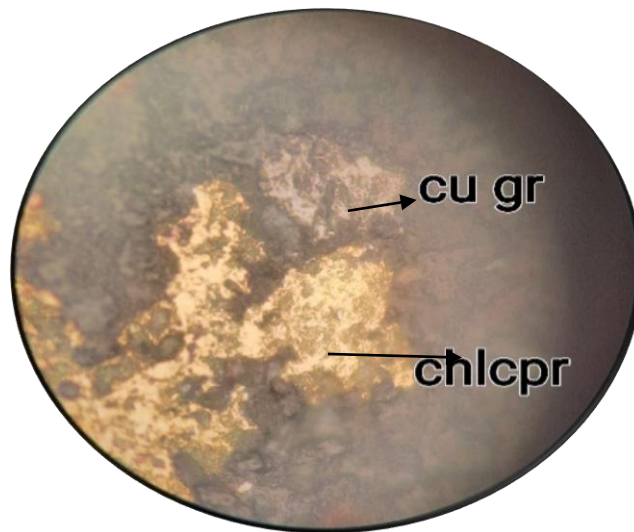


Figure III.51 : la chalcopryrite et le cuivre gris en LN (G X 40)

✓ Hématite :

Elle se présente sous forme xénomorphe souvent entourée d'oxydation (halots d'oxyde de fer) parfois on l'observe associé à d'autres minéraux tel que la galène et la pyrite.

✓ Bornite :

Elle n'est observée que au microscope, elle apparait sous forme de petite plage au extrémité et à l'intérieur de la chalcopryrite.

La deuxième partie

III-3 Résultats par la diffraction des rayons X

La DRX est une technique d'étude, qui est utilisée pour identifier la composition chimique et minéralogique des espèces et établir leurs systèmes cristallins.

Les spectres des échantillons analysés sont présentés dans les figures suivantes :

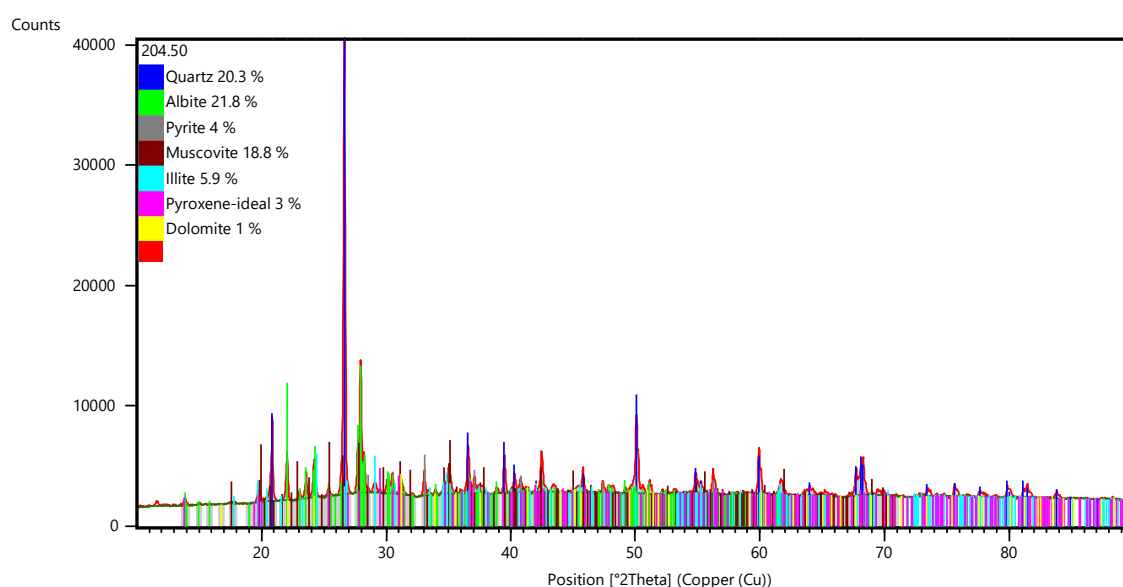


Figure III.52 : Le diffractogramme des rayons X d'échantillon N°1

La figure III.52 montre le spectre DRx de l'échantillon N°1, l'analyse quantitative de cet échantillon montre que le quartz, l'albite, la muscovite et la biotite sont-elles la phase majeure de ce minéral, elles représentent 20.3%, 21.8%, 18.8% et 20.8% respectivement, observe avec des pics de diffraction à $21^\circ 2\theta$; $26.96^\circ 2\theta$, $22^\circ 2\theta$; $24^\circ 2\theta$ et $17.75^\circ 2\theta$; $28.2^\circ 2\theta$ respectivement. Ce spectre à montrer également la phase minéralogique secondaire comme l'illite 5.9%. Les phases minéralogiques sous forme de trace la pyrite 4% et la dolomite 1%.

CHAPITRE III : Résultats et discussions

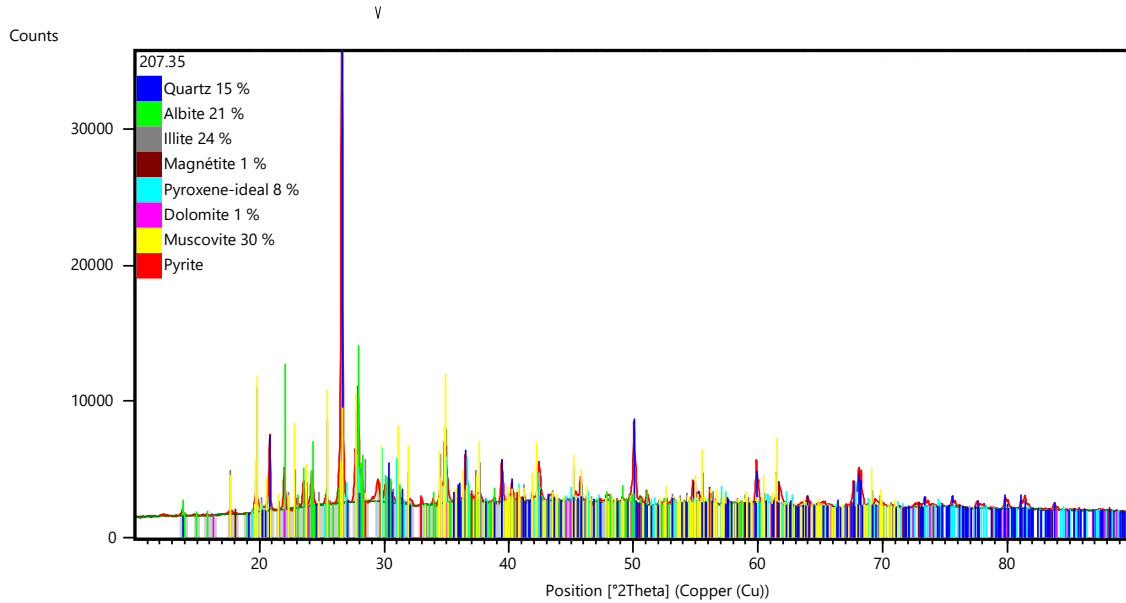


Figure III.53 : le diffractogramme des rayons X d'échantillon N°2

La figure III.53 représente le diffractogramme de l'échantillon N°2. L'analyse de cette figure permet de mettre en évidence que la phase minéralogique principale prédominée de cet échantillon sont-elles la muscovite 30% l'illite 24% et l'albite 21% avec des pics de diffraction suivantes 19.5 °2θ; 24.3 °2θ et 22 °2θ;24 °2θ respectivement. Ce spectre montre les phases mineurs sont-elles le pyroxène 8% vers 13.9 °2θ; 28.2 °2θ. La pyrite et la magnétite avec 1% sous forme de traces.

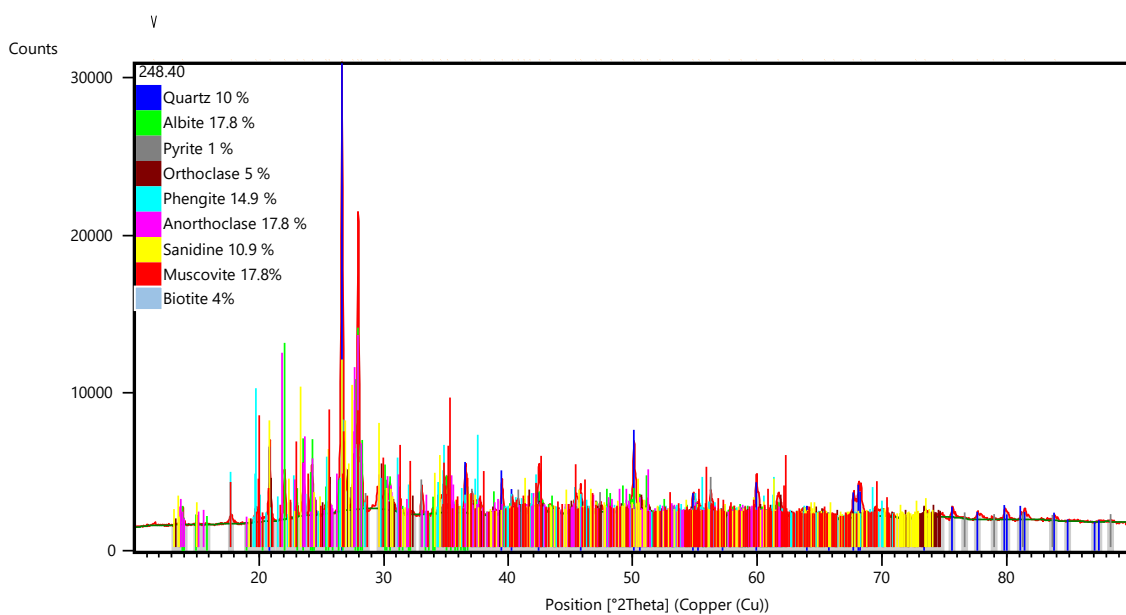


Figure III.54 : Le diffractogramme des rayons X d'échantillon N°3

CHAPITRE III : Résultats et discussions

La figure III.54 montre le spectre DRx de l'échantillon N°3. Cette figure montre que la phase majoritaire dans cet échantillon sont-elles l'anorthoclase, la muscovite et la phengite avec un pourcentage de 17.8%. Les phases secondaires sont-elles la sanidine 10.9%, observé vers $13.65^{\circ}2\theta$; $23.5^{\circ}2\theta$. Ce diffractogramme montre aussi la phase minéralogique sous forme de trace la biotite 4%, l'orthoclase 5% et la pyrite 1%.

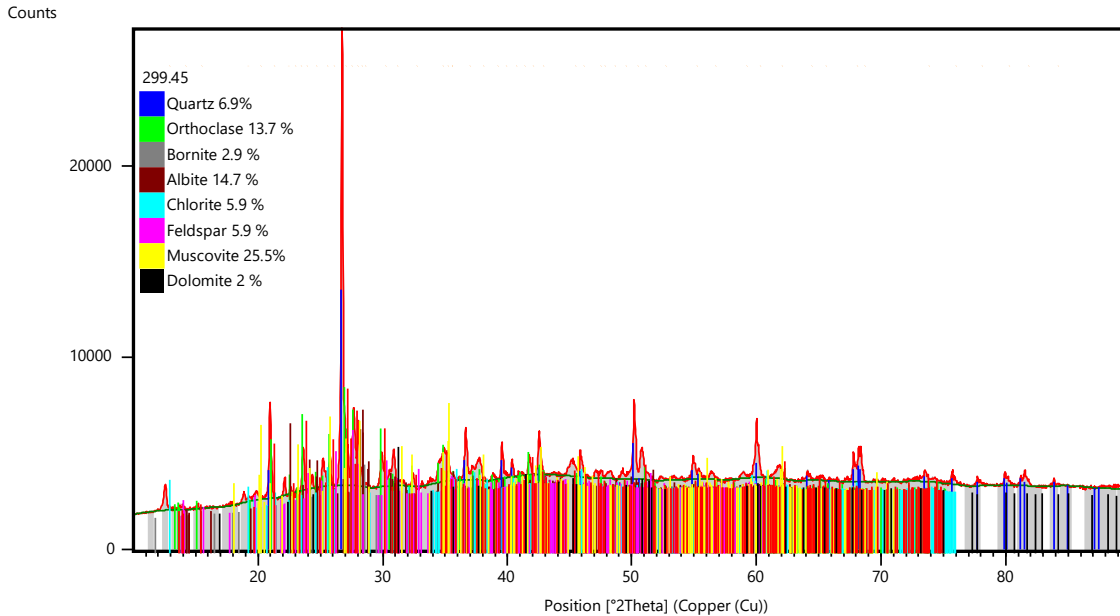


Figure III.55 : Diffractogramme de l'échantillon N°8

La figure III.55 montre le diffractogramme de l'échantillon N°8. L'analyse quantitative montre que la muscovite 25.5%, l'orthoclase 13.7% et l'albite 14.7% observé vers les pics de diffraction $17.8^{\circ}2\theta$; $19.5^{\circ}2\theta$, $15.2^{\circ}2\theta$ et $22^{\circ}2\theta$; $24^{\circ}2\theta$ respectivement. Ce spectre montre les phases secondaires sont-elles le quartz 6.9%, feldspar 5.9% et la chlorite 5.9%. Les phases sous forme de trace la bornite et la et la dolomite avec un pourcentage de 2% et la bornite 2.9%.

CHAPITRE III : Résultats et discussions

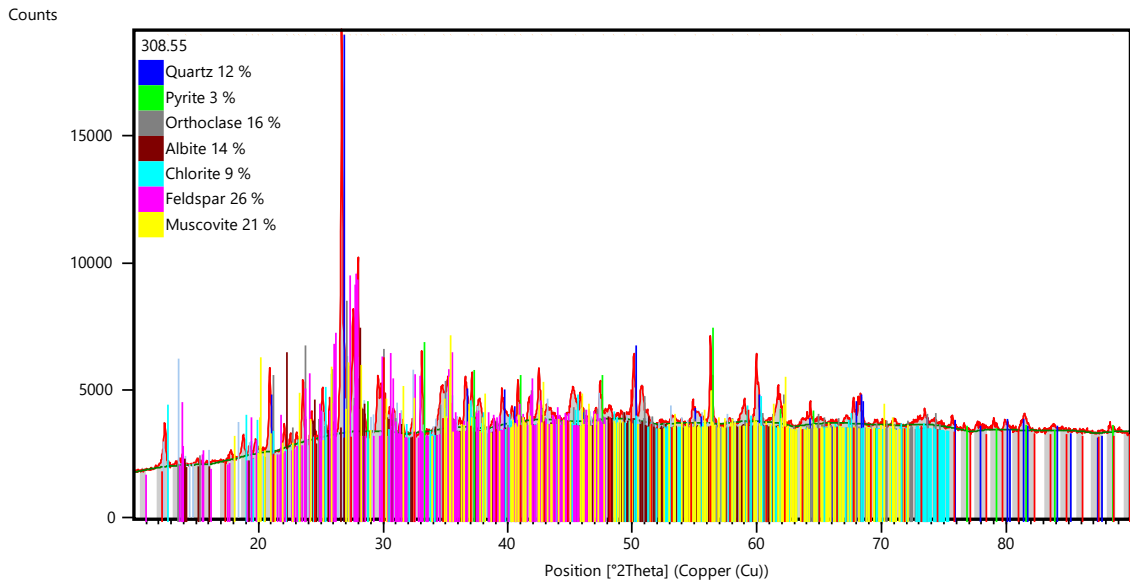


Figure III.56 : Diffractogramme de l'échantillon N°9

La figure III.56 représente le spectre DRX de l'échantillon N°9. L'analyse de ce diffractogramme montre que la phase prédominante sont-elles le feldspar 26%, l'orthoclase 16% et l'albite 14%. Avec des pics de diffraction $14^{\circ}2\theta$; $15^{\circ}2\theta$, $15.2^{\circ}2\theta$; $27.1^{\circ}2\theta$, $22.2^{\circ}2\theta$; $24^{\circ}2\theta$ respectivement. Le quartz 12%, le chlorite 9% sont-elles la phase secondaire de cet échantillon. Ce spectre montre une phase minéralogique sous forme de trace la pyrite 3%.

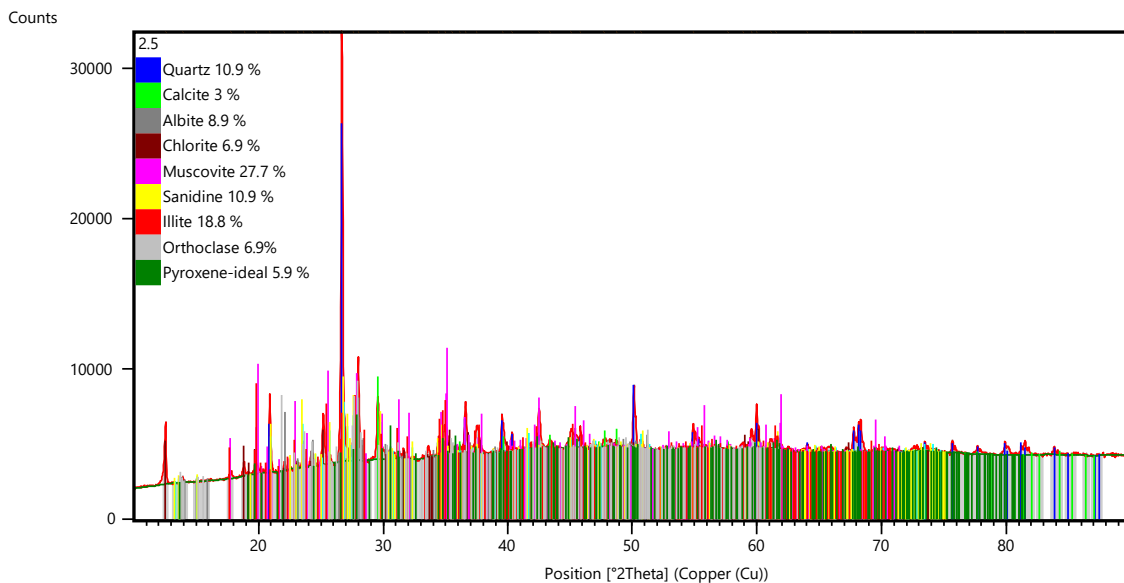


Figure III.57 : Diffractogramme de l'échantillon N°10

CHAPITRE III : Résultats et discussions

La figure III.57 montre le spectre de l'échantillon N°10. D'après cette figure on remarque que la muscovite 27.7% suivi par l'illite 18.8% sont-elles la phase majoritaire de ce minéral avec des pics de diffraction $17.8^{\circ}2\theta$ $19.5^{\circ}2\theta$ et $24.3^{\circ}2\theta$. Les phases secondaires sont-elles le quartz 10.9%, la sanidine 10.9% et l'albite 8.9%. Ce spectre a montré également les phases minéralogique sous forme de trace la chlorite 6.9%, le pyroxène 5.9% et la calcite 3%.

III.4 Analyse par FRX

Pour notre étude, les échantillons sont d'une granulométrie inférieur à $63\mu\text{m}$. ces échantillons ont été soumis à l'analyse par la fluorescence X.

La composition chimique des dix échantillons a été déterminée par la FRX au niveau de la cimenterie d'AIN KBIRA SETIF

Les résultats obtenus par FRX pour l'ensemble des échantillons étudié sont présentés dans le tableau suivant :

CHAPITRE III : Résultats et discussions

Tableau N° 01 : Résultats d'analyse par FRX des échantillons étudié de différente profondeur du sondage 3.

| m | 204.5 | 207.35 | 248.4 | 253.25 | 255.35 | 272.80 | 284 | 299.45 | 308.5 | 2.5 |
|------------------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|---------------|--------------|-------------|
| % | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| SiO₂ | 65.60 | 61.91 | 62.98 | 62.07 | 60.96 | 52.73 | 57.52 | 56.83 | 52.94 | 54.79 |
| Al₂O₂ | 15.61 | 17.91 | 17.91 | 17.8 | 18.48 | 15.66 | 16.17 | 16.48 | 16.67 | 16.39 |
| Fe₂O₃ | 3.93 | 2.97 | 2.90 | 3.36 | 3.07 | 9.75 | 7.54 | 5.68 | 6.67 | 9.34 |
| CaO | 1.88 | 2.96 | 2.49 | 2.44 | 3.51 | 3.19 | 0.44 | 0.90 | 2.86 | 3.68 |
| MgO | 0.33 | 0.82 | 0.56 | 0.62 | 0.92 | 3.83 | 4.26 | 4.94 | 5.5 | 2.71 |
| SO₃ | 1.67 | 0.37 | 0.84 | 1.1 | 0.86 | 0.23 | 0.90 | 0.22 | 1.58 | 0.09 |
| K₂O | 2.16 | 3.37 | 4.21 | 5.32 | 5.69 | 3.54 | 6.04 | 5.04 | 4.86 | 3.84 |
| Na₂O | 4.19 | 3.01 | 3.76 | 2.53 | 1.66 | 0.44 | 1.00 | 1.61 | 1.77 | 1.31 |
| Cl | 0.000 | 0.001 | 0.005 | 0.001 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.00 | 0.000 |
| Paf | 4.62 | 6.67 | 4.35 | 4.76 | 4.84 | 10.62 | 6.12 | 8.30 | 7.15 | 7.84 |

CHAPITRE III : Résultats et discussions

Tableau N°2 : formules chimiques et noms des éléments chimiques

| Formule chimique | Nom |
|------------------------------------|-------------------------|
| SiO₂ | La silice |
| Al₂O₃ | Oxyde d'aluminium |
| Fe₂O₃ | L'oxyde de fer III |
| CaO | Oxyde de calcium |
| MgO | Oxyde de magnésium |
| SO₃ | Trioxysulfure de soufre |
| K₂O | Oxyde de potassium |
| Na₂O | Oxyde de sodium |
| Cl | Chlorure |

Les résultats obtenus, nos échantillons sont très riches en SiO₂, les valeurs dépassent le seuil des 50%. Généralement, la majeure partie des échantillons sont constituées de SiO₂ et Al₂O₃. Les fractions Fe₂O₃ ; CaO ; K₂O, Na₂O, P, Mg, Cl, le SO₃ diffèrent d'un échantillon à un autre, des fois on les trouve en fraction minimes et comme on les trouve en éléments traces en très faible quantités.

- **L'échantillon N°1** : d'après les résultats FRX, on constate que le SiO₂ est l'oxyde majeur de cet échantillon, avec un pourcentage massique de 65.6 % ce qui indique que la roche est acide (SiO₂ ≥ 65.6 %) suivi de Al₂O₃ 15.1%. le Fe₂O₃ et Na₂O le CaO, SO₃, K₂O et MgO sont les oxydes mineurs
- **L'échantillon N°2** : d'après les résultats de l'analyse du cet échantillon on remarque que le SiO₂ représente 62.98% de la composition totale indiquant que la roche est intermédiaire et un taux d'Al₂O₃ avec 17.91%.
- **L'échantillon N°3**, d'après les résultats des analyses élémentaires obtenus de l'échantillon N°3(284m) on constate que les oxydes majeurs de cet échantillon sont le

CHAPITRE III : Résultats et discussions

SiO₂ avec la plus grande quantité de 57.52%, suivi par le Al₂O₃ avec un pourcentage massique de 17.91%, le K₂O, Na₂O, Fe₂O₃, CaO représentent les oxydes mineurs avec un pourcentage massique de 4.35%, 4.21%, 2.9%, 2.49% respectivement. Le SO₃, Mg et Cl se sont des oxydes de traces de cet échantillon avec une quantité qui ne dépasse pas 1%.

- **L'échantillon N°4(253.25m)** : les résultats de l'analyse élémentaire de l'échantillon N°4(253.25m), montre que le SiO₂ et le Al₂O₃ sont-elles les oxydes majeurs de cet échantillon ,avec un pourcentage massique de 62.07 % et 17.8% respectivement ,le K₂O, Fe₂O₃, Na₂O, CaO et SO₃ sont les oxydes mineurs avec un pourcentage massique de 5.32% et 3.36% ,2.53% ,2.44% et 1.1% respectivement ,Le MgO et le Cl se sont des oxyde de traces de cet échantillon avec une quantité de 0.62% et 0.001%.
- **L'échantillon N°5(255.35m)** : les résultats de l'analyse élémentaire de l'échantillon N°5(255.35m) ,montre que les oxydes majeurs de cet échantillon sont le SiO₂ et le Al₂O₃ avec un pourcentage massique de 60.96 % et 18.48% respectivement ,le K₂O, Paf, CaO , Fe₂O₃, Na₂O sont les oxydes mineurs avec un pourcentage massique de 5.69% et 4.84 % ,3.51% ,3.07% ,1.66% respectivement ,Le MgO,SO₃ et le Cl se sont des oxyde de traces de cet échantillon avec une quantité de 0.92% et 0.86 % et 0.018%.
- **L'échantillon N°6** : d'après les résultats des analyses élémentaires d'échantillon N°6, on constate que les oxydes majeurs de cet échantillon sont le SiO₂, le Al₂O₃ et Fe₂O₃ avec un pourcentage massique de 52.73 %, 15.66% et 9.75% respectivement, le MgO, K₂O, CaO représentent les oxydes mineurs avec un pourcentage massique de 3.83% et 3.54 %,3.51% et 3.19% respectivement, Le Na₂O et le SO₃ se sont des oxyde de traces de cet échantillon avec une quantité de 0.92% et 0.44 % et 0.23 % .le Cl représente 0%.
- **L'échantillon N°7**: les résultats de l'analyse élémentaire de l'échantillon N°7montrent que les oxydes majeurs de cet échantillon sont le SiO₂ avec la plus grande quantité 57.52%, suivi par le Al₂O₃, Fe₂O₃ avec un pourcentage massique de 16.17%,7.54% respectivement, le MgO et Le Na₂O représentent les oxydes mineurs avec un pourcentage massique de 4.26% et 1% respectivement. Le SO₃ et le CaO se sont des oxydes de traces de cet échantillon avec une quantité de 0.90% et 0.44 % et 0.23 %.
- **L'échantillon N°8** : Pour cet échantillon on remarque que la partie majeur elle se compose de 3 éléments : le SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ et le K₂O (56.83%, 16.48%, 5.68%, 5.04%) successivement. on note la présence des éléments MgO, Na₂O avec des faibles teneurs et aussi des éléments comme : CaO, SO₃ et le Cl en pourcentage négligeables

CHAPITRE III : Résultats et discussions

- **L'échantillon N°9(308.5m)** : les oxydes principaux de cet échantillon sont SiO_2 , Al_2O_3 , Paf, Fe_2O_3 et le MgO avec un pourcentage de : 52.94%, 16.67%, 6.67%, 5.5% successivement. Et les oxydes mineurs sont K_2O (4.86%), CaO (2.86%), Na_2O (1.77%) et le SO_3 (1.58%).
- **L'échantillon N°10(2.5m)** : les oxydes majeurs de cet échantillon sont SiO_2 et Al_2O_3 , Fe_2O_3 , avec un pourcentage massique de 54.79 % et 116.39%, 9.34%, respectivement. Et le K_2O , CaO , MgO et Na_2O sont les oxydes mineurs avec un pourcentage massique de 3.84%, 3.68%, 2.71% et 1.31% respectivement, Le SO_3 est l'oxyde de trace de cet échantillon avec une quantité de 0.09%

D'après les résultats de l'analyse par FRX on constate que les roches encaissantes de la minéralisation sont des roches magmatiques volcaniques allant des termes intermédiaires (52% à 65% de SiO_2) à acides ($\text{SiO}_2 > 65\%$)

La teneur en silice varie selon la profondeur, on remarque que les roches sont plus riches en silice en allant vers la surface ce qui indique que les laves émises étaient intermédiaires et deviennent de plus en plus acides. Cette évolution de la teneur en silice est accompagnée par une augmentation progressive en oxydes de fer, de magnésium et de potassium diminue au fur et à mesure que le magma devient acide ; ce qui confirme que la composition chimique des laves a évolué depuis des termes intermédiaires à des termes acides.



Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le but de la réalisation de ce modeste travail qui consiste en caractérisation physico-chimique de la minéralisation polymétallique du gisement de Bouzenane.

Notre étude s'est étalée sur la préparation des échantillons pour en finir par des analyses et une interprétation des résultats obtenus

- La projection des résultats de FRX dans le diagramme binaire TAS (SiO_2 versus $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$) le Maitre et al ; 2002) nous a permis de déterminer la nature des roches magmatiques intermédiaires à acides qui sont représentées par andésites basaltiques, des trachy-andésites basaltiques ; des andésites ; des dacites, des trachy-andésites et des trachytes.
- L'étude microscopique des roches magmatiques a montré : le quartz, les plagioclases, la muscovite, le zircon, l'apatite, la calcite, l'orthose, Chlorite, Hématite rouge, Pyroxène, Mermikite, Sericite, Silification, Kaolinite. L'étude des sections polies et les lames minces réalisée sur les échantillons ont montrés deux types de dépôts que les zones minéralisées sont les niveaux (248m ; 284m et 308.55m) :
 - Dépôt de sulfures observés soit sous forme disséminée ou bien en remplissage des fractures ; elle présente une association minéralogique composée de : La pyrite, Galène, Sphalérite, Chalcopyrite, Hématite, Bornite.
 - un amas pyriteux observée dans toutes les roches, elle représente une pyritisation accompagnée le plus souvent la silicification (altération hydrothermale).

L'ensemble des roches sont affectés par des altérations hydrothermales qui sont : la Silification, la sericitisation et la kaolinitisation (253m, 255m, 308.5m, 248m) et la chloritisation (272m).

- L'analyse par FRX nous a donné les concentrations massiques en élément dans chaque échantillon, il en résulte que l'élément dominant c'est la silice avec un pourcentage qui dépasse 50% dans tous les échantillons. On a constaté aussi que les roches encaissantes de la minéralisation sont des roches magmatiques volcaniques allant des termes intermédiaires (52% à 65% de SiO_2) à acides ($\text{SiO}_2 > 65\%$).

Conclusion Générale

- L'analyse par DRX a déterminé les pics caractéristiques de chaque élément qui se trouve dans nos échantillons. Les résultats obtenus nous ont confirmé l'étude microscopique.



Références
bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **azri rachid ; zarara aissam** flottation de minerai plom-zinc d'Amizour et caractérisation du rejet. Mémoire de master université de bejaia 2015.
- [2] **Abedalhaq cherifi**, contribution à l'étude pétrographique et géologique des minéralisation de tala hamza (Bejaia).mémoire de master université de Mouloud mameri tizi ouzou 2014/2015.
- [3] **Dr Issaad mouloud** ; article projet de la mine tala hamza, le faux procès.
- [4] **Semroud Belkacem**, évaluation pétrologique, du complexe magmatique néogène de la région de Bejaia-Amizour. Thèse de doctorat université de Houari Boumedienne alger 1981.
- [5] **SONAREM** base A Tizi Ouzou 1976 ; rapport sur les résultats des travaux de recherche et de valorisation des polymétaux sur les chaines de Bouznane.
- [6] **Nadir Touati**, mise en place d'un comité de pilotage article N°375601 publié le 28 mars 2022 <https://www.liberté-Algérie.com>.
- [7] <http://www.elwatan.com/pages-hedbo/sup-eco/vers-un-desastre-minier-a-oued-amizour-avec-un-petit-partnaire-01-10-2007>.
- [8] **Durand Delga 1969**, mise en point sur la structure nord-est de la bérberie, bulletin de service de la carte géologique de l'Algérie. [9] **bounard Housseem Eddine, Boussena Sofiane**, aspect géologique, richesse minière et son exploitation de la wilaya de Bejaia (nord-est algérien. Mémoire du master université de Mouhand Seddik benyahia jijel 2015
- [10] **khadija graine-Tazrout**, les dépôts pyrteux et la minéralisation Zn,Pb (cu), du massif volcano-plutonique d'Oued Amizour (Bejaia, Algérie) mémoire du master 1997.
- [11] **villa ; JM 1980** la chaine alpine de L'Algérie orientale et de confins algero-Tunisien. Thèse de doctorat Paris IV, 663.
- [12] **Bouloudenine Chaima, Hamrouche Yousra**, petrogeichimie et métallogénie des granitoïdes d'el Aouana et la comparaison avec les granitoïdes d'Oued Amizour (algérie nord algérien). Mémoire du master université Mouhand Seddik Benyahia 2020/2021.
- [13] **Benali Hanafi**, les minéralisations associées aux roches magmatiques tertiaires du nord Algérie, topologie, pétrologie, cadre géodynamique et implications métallogéniques. Thèse de doctorat université de houari boumedienne alger 1981.
- [14] **Suiki Souhil**, les argiles du bassin de milla Constantine : composition chimique, caractéristiques géochimiques et répartition des gisements. Mémoire de magister université Mentouri constantine 2007.
- [15] **Petit,S, Madjova J., Dacereau, A., martin, F**, characterization of octohedral substitution un kaolinite using near infrared spectroscope clays ans clay munerals (47) : 103-108-1999.

[16] Kurt F.J. Heinrich, <<the physics of x ray >> dans électron beam X-ray microanalysis, van nostrand reinhold company 1981.

[17] Eyraud Ch, Murat M. barriac P. Bull. social. Chim.fr12, 4640-4642 1903.

Résumé

L'intérêt de ce travail s'inscrit dans un cadre général de caractériser la minéralisation polymétallique du gîte de BOUZNANE qui fait partie du secteur de TALA HAMZA OUED AMIZOUR wilaya de Bejaia. L'étude de la minéralisation et de son encaissant par différentes méthodes d'analyse (étude microscopique et analyses physico-chimique) a permis déminer une association minéralogique composé principalement de la galène, sphalérite, pyrite et hématite. La minéralisation apparait sous forme de dissémination et de remplissage de fractures. L'encaissant de la minéralisation est présenté par des roches volcaniques de nature intermédiaire à acide qui ont été affectées par plusieurs altération hydrothermale

Les mots clés : BOUZNANE, OUED AMIZOUR, BEJAIA, minéraux, roche magmatique.

Abstract

The interest of this work is to characterize the polymetallic mineralization of BOUZNANE deposit which is part of the sector of TALA HAMZA OUED AMIZOUR wilaya of Bejaia. the study of mineralization and its casing by different methods of analysis (microscopic study and physico-chemical analyses) allowed to demineralize a mineralogical association composed mainly of galena, sphalerite, pyrite and hematite. The mineralization appears in the form of dissemination and fracture filling. The mineralization is hosted by intermediate to acidic volcanic rocks that have been affected by several hydrothermal alterations

Key words: BOUZNANE, OUED AMIZOUR, BEJAIA, minerals, magmatic rock.

المخلص

الهدف من هذا العمل هو توصيف التمعدين المتعدد الفلزات لرواسب بوزنان التي هي جزء من قطاع تالا حمزة وادي أميزور بولاية بجاية. دراسة التمعدين وغلطفه بطرق تحليل مختلفة (دراسة مجهرية وتحليلات فيزيائية كيميائية) يُسمح بنزع المعادن من رابطة معدنية تتكون أساساً من الجالينا والسفاليريت والبيريت والهيماتيت. يظهر التمعدين في شكل انتشار وملء الكسر. تتم استضافة التمعدين من قبل الصخور البركانية الوسيطة إلى الحمضية التي تأثرت بالعديد من التغيرات الحرارية المائية

الكلمات الرئيسية: بوزنان ، واد أميزور ، بجاية ، معادن ، صخور صخرية .