

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur 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 en Génie minier

Option : **Valorisation des Ressources Minérales**

Présenter par:

SAHEL Walid

ABDI Yahia

Thème

*Contribution à l'étude géochimique des formations
carbonatées de la zone Ouest de Bejaia
(Gouraya-Aghbalou).*

Soutenu le Lundi 08/07/2019 à 9H devant le jury composé de :

Présidente :	Mme.	AZIZOU.	U.A.M.B
Promoteur :	Mr.	MEGHERFI.	U.A.M.B
Co-Promotrice :	Mme	KICHER.	U.A.M.B
Examineur :	Mr.	AYADEN	U.A.M.B

Année Universitaire : 2018-2019

Remerciements

La réalisation de ce travail n'a été possible que grâce à dieu premièrement et au soutien de nombreuses personnes et nous tenons à les remercier. Les uns de nous avoir donné l'opportunité, les autres de nous avoir encouragé tout au long de ce cycle au sein de notre département.

Nos remerciements à notre chères encadreurs monsieur MEGHERFI.K et madame KICHER, qui a su nous orienter et nous conseiller, et ceci dans tous les domaines. En passant par l'ensemble du staff pédagogique de notre département des mines et géologie, qui nous ont apporté les connaissances et la formation, avec lesquelles on a pu élaborer notre travail, et ceci avec un sérieux sans égard.

Nous remercions les techniciennes de labo de génie procédé pour tout aide et encouragement.

Nous remercions aussi les personnels de CRD surtout monsieur IMAZATENE Belaid, madame BOUISSRI Nabila et Mme Yasmina.

Nous remercions la présidente des jurys madame AZIZOU et l'examineur Mr AYADEN d'avoir accepté d'examiner notre travail.

En fin, nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué des prés ou loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Je dédié de ce modeste travail tout d'abord ma Mère, Père
mes sœurs et mes frère*

*Qui m'ont soutenu pendant la réalisation de
ce mémoire et aussi durant toutes mes études*

*A mes amis pour leur patience et leurs
encouragements durant tout le cycle universitaires*

WALIDOS

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes parents

A mes sœurs et mes frères a tous mes amis

Tous mes enseignants et tous qui m'on aide

Yahia

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction générale.

Chapitre I : Généralités sur les roches carbonatées.

Introduction	3
I.1. Formation des roches carbonatées sédimentaires	3
1.2. Minéralogie des roches carbonatées	5
1.3. Classification des roches carbonatées	5

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

Introduction	
II.1. Situation géographique	8
11.2. Climat de la région	9
11.2.1. Les précipitations	9
11.2.2. Les températures	9
11.3. Végétation	10
11.4. Géologie et Géomorphologie	11
11.4.1. Géologie régionale	11
11.4.2. Géologique local	12
11.5. Synthèse stratigraphique et structurale du domaine Gouraya - Aghbalou	13
11.5.1. Les compartiments de Gouraya	13
11.5.2. Le compartiment anticlinal de cap Bouak	14
11.5.3. Le compartiment synclinal des Aiguades	15
11.5.4. Le compartiment de la pointe Noire — cap Carbon	15
11.5.5. Djbel Gouraya	16
11.5.6. Adrar Oufarnou	17
11.5.7. Djebel Aghbalou	17
11.6. Cadre géomorphologique	18
Conclusion	19

Chapitre II : Matériels et méthodes.

Introduction.....	20
Échantillonnage.....	20
Géo-localisations des points de prélèvement	20
Lieux et dates de relèvement.....	21
I.2 Méthodes d'analyses.....	25
Analyses physiques.....	25
I1.L Concassage.....	25
I1L2.1.2 Broyage.....	26
III 213. Tamisage.....	27
H12.2. Analyses et caractérisation.....	28
I1.2.21. Analyses chimiques par fluorescence des rayons	28
III 2.2.2. Analyses minéralogiques par diffraction des rayons X.....	30
Conclusion.....	34

Chapitre VI : Résultats et discussions.

Introduction.....	35
VI.I. Analyse chimique par fluorescence X.....	35
VL.2. Analyse minéralogique par Diffraction des Rayons X (DRX).....	37
VI.3. Interprétation des résultats.....	42
Conclusion générale	
Bibliographie	

listes des abreviation

%	Pourcentage.
T	Température.
P	Pression.
Kilo-barre	Unité de pression
pH	Potentiel hydrogène.
mm	Unité de taille.
Km	Unité de distance
E-W	Est-West.
KeV	Unité de l'énergie électrique.
FX	Fluorescence des rayons X.
PAF	Perte au feu.
CRD	Centre de Recherche et Développement.
DRX	Diffraction des Rayons X.

Liste des figures

Figure I 01 : Classification des roches carbonatées.	04
Figure I 01 : Classification des roches carbonatées.	06
Figure I 03 : Classification des roches calcaires selon Dunham (1962) et Embry & 07 Klovan (1972).	
Figure II 01 : Situation géographique des zones d'étude.	08
Figure II 02 : précipitations à Bejaia en 2018.	09
Figure II 03 : Températures moyennes mensuelles pour la région de Bejaia(2018).	10
Figure II 04 : Chaîne des maghrebides.	11
Figure II 05 : carte géologique de la région de Béjaia.	13
Figure II 06 : Carte lithologique de la terminaison orientale du Djebel Gouraya.	14
Figure II 07 : Coupes géologiques montrant la double vergence dans la région Cap Carbone-Aiguades	16
Figure II.08 : Coupe géologique de la terminaison de l'Adrar Oufarnou.	17
Figure II 09 : Coupe géologique du Djebel Aghbalou.	18
Figure II 10 : Carte schématique des différentes entités morphologiques de la région de Béjaia.	19
Figure III 01 : les points de prélèvement des échantillons (GAIA GPS).	21
Figure III 02 : Station de prélèvement point Olet point 02(Aghbalou).	21
Figure III 03 : Station de prélèvement point 03(Ivaouchen).	22
Figure III 04 : Station de prélèvement point 04.	22
Figure III 05 : Station de prélèvement en point 06 et point 07 (Adrar Oufarnou).	23
Figure III 06 : Station de prélèvement en point 08 (Aiguades).	23
Figure III 07 : Station de prélèvement en point 09(Djbel Gouraya).	24
Figure III 08 : Concasseur à mâchoire.	24
Figure III 09 : Caractéristiques du concasseur à mâchoire utilisé au laboratoire de 25 Génie de	
Figure III 10 : Produit initial et final.	25
Figure III 11 : photo d'un mortier.	26
Figure III 12 : Série des tamis utilisés.	27
Figure III 13 : Opération de tamisage manuel.	28
Figure III 14 : Principe de fonctionnement de la fluorescence X.	29
Figure III 15 : Spectroscopie de fluorescence X.	30
Figure III 16 : Diffractomètre des rayons X.	31

Liste des figures

Figure III 17 : Schéma du principe du diffractomètre des rayons X.	32
Figure III 18 : schéma représente les différentes étapes d'analyses des 33 échantillons.	
Figure IV 01 : Graphe représente les résultats d'analyse FX.	36
Figure IV 02 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 01.	37
Figure IV 03 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 02.	38
Figure IV 04 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 03	38
Figure IV 05 :Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 04.	39
Figure IV 06 :Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 05.	39
Figure IV 07 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 06.	40
Figure IV 08 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 07.	40
Figure IV 09 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 08.	41
Figure IV 10 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 09.	41

Liste des tableaux Tableau

Tableau III 01: Stations et dates de prélèvement des échantillons.....	21
Tableau IV 01: Résultats d'analyse FX des différents échantillons.....	35

Introduction générale

Introduction générale

Les roches carbonatées constituées de minéraux carbonatés sont mono ou polyminérales et sont qualifiées de roches carbonatées lorsqu'elles contiennent plus de 50% de ces minéraux.

Les roches carbonatées représentent environ 20 % des roches sédimentaires à la surface des continents. L'essentiel des roches carbonatées sont d'origine sédimentaire et sont spatialement associées aux domaines continentaux et de plate-forme continentale, entre le lacustre et le marin franc. Les principales roches carbonatées d'origine sédimentaire sont le calcaire (CaCO_3), la dolomie ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), la craie (constituée de squelettes d'organismes calciques), les marnes (calcaires comprenant une proportion variable d'argiles).

Dans le nord de l'Algérie, on distingue deux grands ensembles le domaine kabyle et le domaine tellien.

Le domaine tellien ou domaine des chaînes telliennes. Il englobe les régions plissées, comprises entre les chaînes littorales kabyles et les hauts plateaux. Ces deux régions présentent de nombreuses différences stratigraphiques relatives aux sédiments du trias, du jurassique supérieur, du crétacé et de l'oligocène.

La région de Bejaia fait partie du domaine tellien. Elle est constituée d'anciennes roches métamorphiques. Les dépôts mésozoïque et cénozoïque participent à la construction géologique de la région qui se trouve à l'état d'une tectonique plissée et disjonctive des plus complexes. Notre site d'étude fait partie des monts de Bejaia allant de Aghbalou à Gouraya qui sont caractérisées par des formations carbonatées sont très abondantes selon la carte géologique de la région de Bejaia.

L'objectif de ce travail a pour but de déterminer la géochimie et la caractérisation de ces formations, Pour cela, nous avons, grâce à plusieurs campagnes de prélèvements, collecté des échantillons. Ensuite il est nécessaire de faire des analyses élémentaires et minéralogiques sur ces échantillons.

Ce mémoire comporte, en plus d'une introduction et d'une conclusion, quatre chapitres: **Première partie** sera consacrée à la définition, la formation, la minéralogie et la classification des roches carbonatées en générale.

Introduction générale

Deuxième partie sera consacrée à l'élaboration d'une synthèse actualisée des aspects géographiques, géomorphologiques, climatiques et géologique (contexte géologique régional, litho-stratigraphie et étude structurale) de la zone ouest de Bejaia.

Troisième partie comporte utilisées pour une présentation des méthodes et matériels utilisés pour l'obtention des résultats.

Quatrième partie présente les résultats et les interprétations auxquels nous avons abouti.

chapitre I :

**Généralités sur
les roches
carbonatées**

I. Généralité sur les roches carbonatées

Introduction

Les calcaires et les dolomies forment la majorité des roches carbonatées qui représentant environ 20% des ensembles sédimentaires. Elles sont composées de plus de 50% en poids de calcium (Ca) et de magnésium (Mg). Ces roches ont des éléments constitutifs qui se sont accumulés à la surface de la croûte terrestre et plus particulièrement dans les eaux, surtout marines. Les différents types de milieux marins vont produire des sédiments aux caractéristiques très variées telles que : Lagune boueuse et sur-salée, récif corallien, dépôts de mer profonde, plage sableuse.

Les sédiments carbonatés se sont bien souvent transformés après leur dépôt, rapidement par diagenèse à des températures (T) et pressions (P) relativement basses [T inférieure à 150°C et P inférieure à 15 Kilo-bar (K-bar)]. Cependant, ces roches carbonatées peuvent subir aussi des conditions de (T) et de (P) bien plus élevées au point d'atteindre divers degrés de métamorphisme, ce qui les transformera en « marbres » montrant des recristallisations et l'apparition de minéraux caractéristiques. Enfin, de très rares roches carbonatées ont une origine magmatique ce sont les carbonatâtes. Lorsqu'elles sont exposées aux conditions météoriques, les roches carbonatées subissent des altérations caractéristiques dont des dissolutions, liées notamment à leur solubilité élevée. Les phénomènes engendrés par ce type d'altération peuvent être regroupés sous le terme de « karstification ».

I.1. Formation des roches carbonatées sédimentaires

Le dépôt de sédiments calcaires est contrôlé par différents processus surtout de nature biogénique, souvent simultanés mais d'importance variable, Citons:

- L'apport de grains de carbonates formés ailleurs (Allochèmes) et transportés jusqu'à l'endroit du dépôt fragments de roches calcaires (intra-clastes), fragments d'organismes à squelette carbonaté (bioclastes : coquilles, foraminifères,) boue calcaire (micrite), etc.

-L'action d'animaux fixes qui retiennent le calcium dans leur squelette et édifient des constructions (bio-constructions : cas des coraux, éponges, algues...) et autres phénomènes surtout observés dans les mers chaudes et peu profondes.

- La précipitation chimique en grains de taille variable : (oolites ou sphérules à couches concentriques, concrétions algaires, bactériennes, boues de cette origine...). Cette précipitation est souvent favorisée par la présence d'organismes qui modifient le **pH**

I. Généralité sur les roches carbonatées

Ou la concentration de l'ion HCO_3^- et donc la solubilité de CaCO_3 : Exemple des foraminifères planctoniques, des coccolithophoridés (à l'origine de la craie), des constructions algaires ou cyanobactériennes comme les stromatolithes (2).

L'apport de matériaux non carbonatés :

- Soit détritiques (fragments solides issus de l'érosion d'autres roches : grains de quartz, de feldspath, boue composée de minéraux argileux)
- Soit liés à une précipitation chimique (gypse, sel,...), eux même pouvant être encore d'origine biochimique (silice, hydrocarbures,...).

Dans tous les cas, le processus de formation de ces carbonates est au moins ponctuellement lié à la concentration et au dépôt de CaCO_3 contenu et fixé à l'intérieur ou à l'extérieur des organismes par l'activité biologique. D'où le fait que les calcaires soient souvent fossilifères, surtout ceux formés en milieu marin (3).

Ces carbonates regroupent en général des calcaires francs, des calcaires dolomitiques et des dolomies voire des roches franchement magnésiennes. Lorsque l'on dispose d'analyses chimiques, on peut distinguer plusieurs termes en fonction du rapport Ca/Mg comme le montrent les diagrammes suivants:

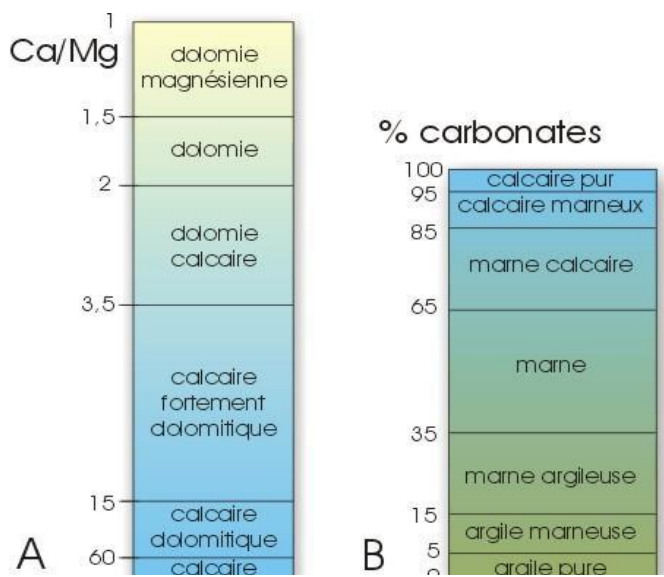


Figure01 : Classification des roches carbonatées (3)

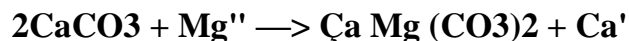
I. Généralité sur les roches carbonatées

Les roches carbonatées peuvent aussi contenir de l'argile et former des calcaires marneux, des marnes, des marnes calcaires...

En général, un calcaire pur est relativement cassant, alors qu'une marne est plus friable. L'introduction d'argile dans le calcaire facilite aussi l'apparition de la schistosité et la formation de nodules dia-génétiques.

Certains calcaires peuvent être durs, d'autres plus tendres comme les craies. Ces différences sont dues au degré de consolidation acquis lors de la diagenèse.

Cette roche carbonatée induit souvent la cimentation des grains qui se sont accumulés, ce qui entraîne une réduction de la porosité et une cohésion plus grande de la roche. Un phénomène dia-génétique fréquent est la dolomitisation des calcaires, par remplacement dans la structure de la calcite d'un atome de calcium sur deux par un atome de magnésium, ce qui entraîne la formation de la minérale dolomite suivant la réaction :



1.2. Minéralogie des roches carbonatées

Les minéraux constitutifs les plus importants sont d'abord les carbonates sont la calcite, l'aragonite et la dolomite.

D'autres minéraux sont présents dans les roches carbonatées et sont la source des impuretés détectées par les analyses et indésirables pour la fabrication des chaux. Les plus importants sont : d'autres carbonates (sidérite : FeCO_3 , rhodochrosite : MnCO_3), des silicates (quartz, feldspaths, argiles (kaolinite, illite, chlorite, micas, amphiboles,...), des oxydes et hydroxydes (hématite, goethite, pyrolusite...), des sulfates (gypse, anhydrite,...), des sulfures (pyrite, marcassite,...), des phosphates (apatite).

1.3. Classification des roches carbonatées

La diversité des calcaires et dolomies, liée à leurs compositions chimiques et minéralogiques, à leurs propriétés physiques telles que les porosités ainsi qu'à leurs textures, à la nature de leurs constituants, a fait naître une abondante terminologie. Actuellement les

I. Généralité sur les roches carbonatées

Classifications les plus utilisées font appel à des paramètres accessibles sur échantillons ou en lame mince tels que proportion matrice-ciment-grain.

Pour FOLK matrice ou micrite, ciment ou sparite et grain ou « allochems » regroupe : grains, corpuscules, éléments figurés. Quoique plus ancienne, la classification de Folk (1959) reste d'actualité et possède également ses adeptes (4).

Elle est représentée en figure suivante :

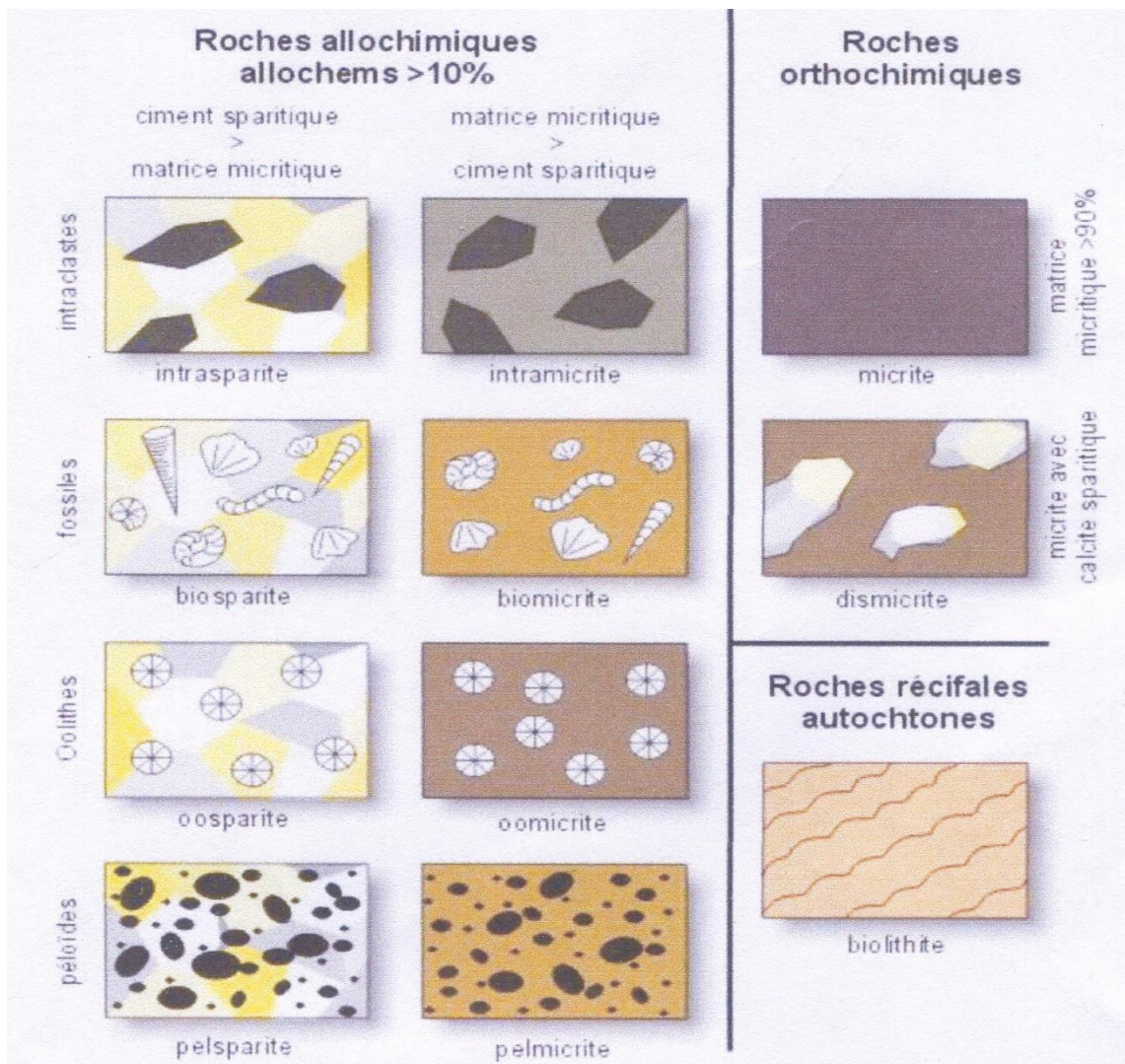


Figure I 02 : Schéma de classification des roches carbonatées selon Folk (4).

Pour la plupart des sédimentologues la classification admise comme la plus commode est celle proposée par Dunham en 1962 et complétée par Embry et Clovan en 1972 puis par Tsien en 1981, elle est représentée en **figure I 03**.

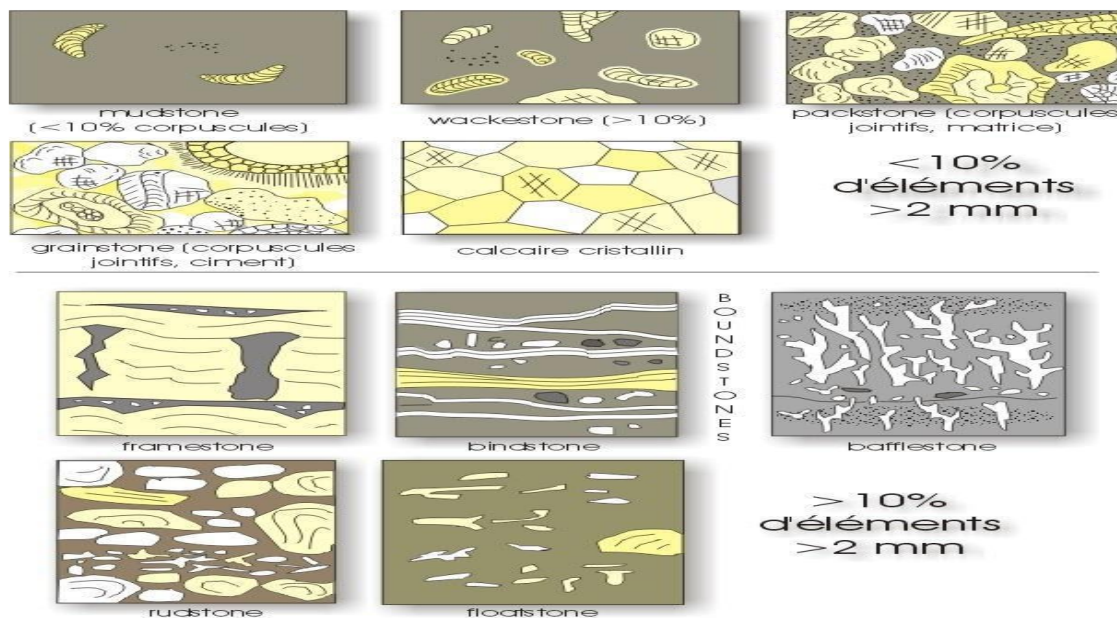
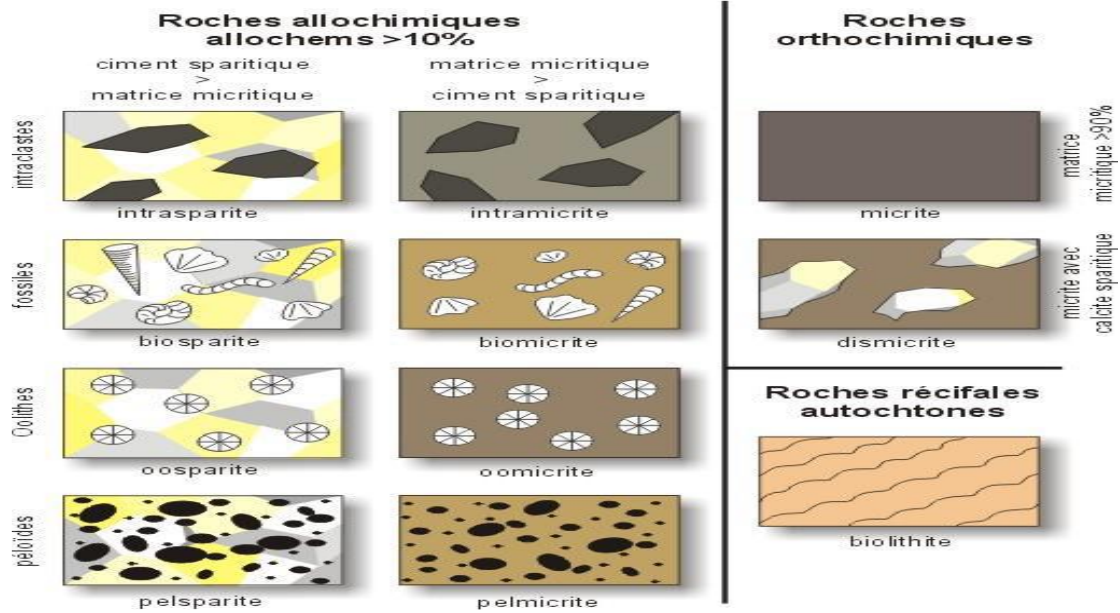


Figure 1 03 : Classification des roches calcaires selon DUNHUM(1962) et Embry et Kloven(1972). (4)

Chapitre II :

Présentation de la

zone d'étude

Aghbalou-Bejaia

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

Introduction

Dans le but de la présentation de la zone d'étude on commence d'abord par localisation de site et recherche le rapport géologique de la zone d'étude.

Comme le reste du domaine tellien, la vallée de la Soummam a connu une intense activité géologique tout au long de l'Origène alpin. Toutefois, cette activité diffère notablement selon qu'il s'agisse des chaînons montagneux ou de la plaine alluviale.

Pour une caractérisation géologique et géomorphologique, c'est obligé faire des études sur les facteurs climatique et végétation de la région.

II.1. Situation géographique

La zone d'étude est située à l'Ouest de la wilaya de Bejaia sur le littoral méditerranéen au nord de l'Algérie. Géographiquement, elle s'étend de la chaîne de montagnes Toudja jusqu'à Gouraya sur environ 24 km. Cette zone englobe quatre principaux sites qui sont Aghbalou, Adrar Oufarnou, Gouraya et Cap Carbone. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranéenne, à l'Est par la ville de Bejaia, à l'Ouest par Boulimat et au Sud par la ville d'El-kseur (Figure-01).

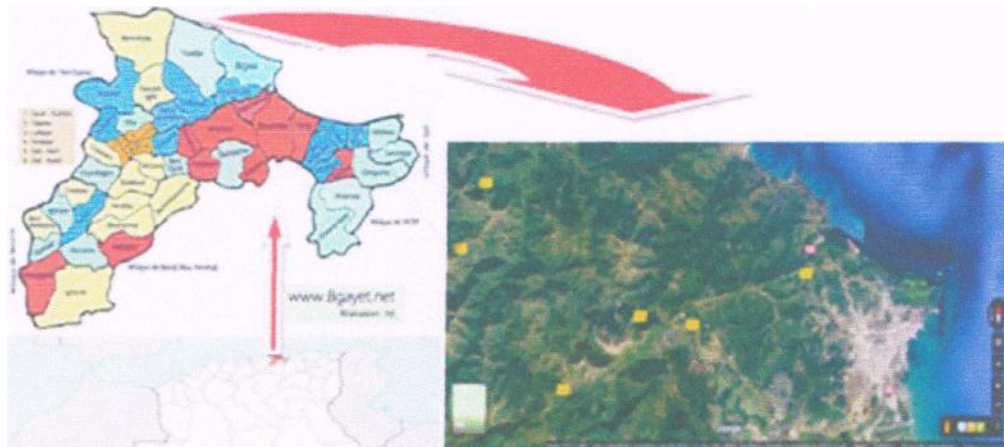


Figure II 01 : Situation géographique des zones d'étude.

11.2.Climat de la région

Apparentant au domaine méditerranéen, le climat de la wilaya de Bejaia varie d'une zone à une autre. La zone littorale et la vallée de la Soummam jouissent d'un climat pluvieux et doux en hiver, sec et chaud en été. Le climat des zones de montagnes est caractérisé par un été sec et chaud et un hiver pluvieux et froid. La température atteint parfois 0C et moins. Ce qui s'accompagne par la chute de neige. (5)

11.2.1. Les précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres et aquatiques mais aussi pour la répartition des êtres vivants. Elle est sous l'influence des facteurs géographiques tels que l'altitude, l'altitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides [5].

11.2.2. Les températures

La température est un facteur écologique limitant de toute première importance, car elle intervient d'une part, dans l'étude hydro climatique d'une région et d'autre part, elle contrôle

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia

l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne, de ce fait, la répartition des espèces animales et végétales. [5]

Températures en 2018 à Bejaia

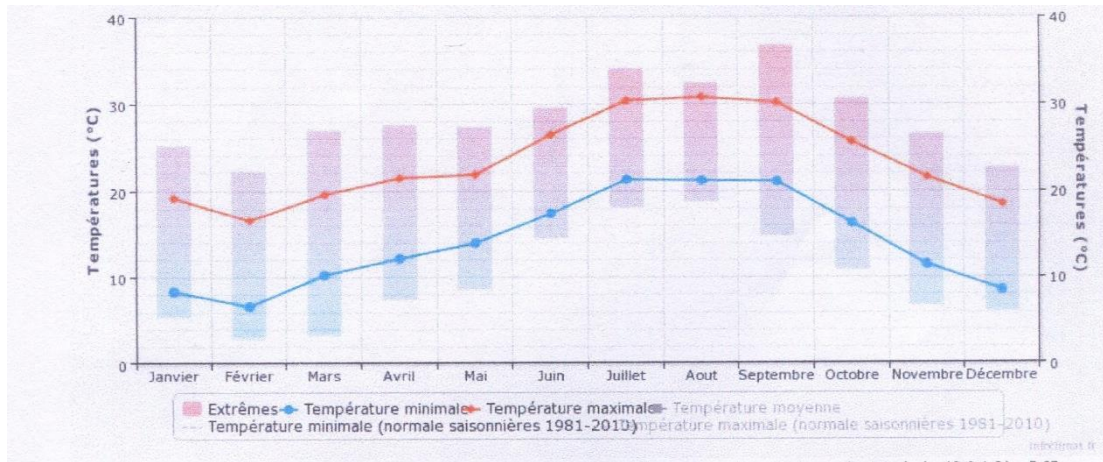


Figure II 03 : Températures moyennes mensuelles pour la région de Bejaia(2018). [6]

Cette figure nous montre que le mois le plus chaud est celui d'Août avec une température maximale 30.2°C.

Et le mois le plus froid correspond au mois de Février avec une température minimale 6.3°C.

11.3. Végétation

La région de Bejaia est d'une richesse faunistique et floristique importante. En effet, étant l'un des points de l'Algérie où il pleut le plus (en moyenne 600 à 1.100 mm), la végétation s'y développe dans les meilleures conditions.

C'est par excellence le pays de l'olivier, du figuier, du caroubier, du câprier, du peuplier, des chênes (liège, zèn, afarès et vert) et autres pins d'Alep, cèdre et sapin de Numidie.

Au niveau du Djbel Gouraya existe une espèce endémique de la région, il s'agit de l'euphorbia dendroïdes. [7]

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia

II.4. Géologie et Géomorphologie.

11.4.1 Géologie régionale

De part et d'autre de la Méditerranée, de la courbure de Gibraltar à l'arc Calabro-sicilien, les deux branches de la chaîne alpine présentent sensiblement la même organisation.

La chaîne des Maghrebides fait partie de l'orogène alpin périméditerranéen. Elle est constituée d'Ouest en Est par les Cordillères Bétiques d'Espagne du sud, reliées au Rif Marocain par la courbure Gibraltar, l'Atlas tellien d'Algérie et de Tunisie septentrionale, Sicile et arc Calabro-sicilien. Cette chaîne est allongée de l'Ouest à l'Est sur 2000 km de l'Atlantique à la mer Ionienne.

La région Bejaia appartient au domaine tellien, elle s'étend d'Ouest à Est entre le Synclinal de la région littorale de Bejaia à Tigzirt et la petite Kabylie, du Nord au Sud entre la mer méditerranée à la limite sud des unités du domaine des Babors. Ces derniers sont situés au sud de la baie de Bejaia et sont constitués par une série de massifs et d'arêtes calcaires qui s'allongent et se relaient d'Est en Ouest. Selon M. Hassissene (1989), les zones internes des maghrébines disparaissent à l'Ouest de la petite Kabylie et cèdent la place à l'Est aux Babors qui est une chaîne de montagne relativement élevée, bordant le golfe de Bougie et s'étend jusqu'au sud de Jijel, ces derniers disparaissent au nord-est et nord-ouest sous le recouvrement des nappes de flysch (Massylien et Mauritanien) qui masquent la partie radicale des Babors.

Du point de vue géographique on distingue trois ensembles:

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia

- Les Babors orientaux, qui ont rattachés vers l'est à la chaîne sud Numidique et sont bordés à l'Ouest par l'oued Agrioun.
- Les Babors d'Akbous, qui sont limités au nord par la nappe de flysch et au sud par les Bibans.
- Les Babors occidentaux, qui s'étendent de l'Oued Agrioun jusqu'au méridien du Djebel Aghbalou et au nord-ouest de la vallée de la Soummam.

Le domaine Aghbalou-Couraya, contenue dans l'unité épi-telliennes, est définie pour la première fois par M. LEIKINE en 1971 puis complétée par M. HASSISSNE en 1989 ; elle affleure dans les unités de flyschs et elle est limitée par deux accidents majeurs celui de l'Aghbalou au Sud et celui de l'Achelouf au Nord.

Les anticlinaux de Gouraya et Djebel Aghbalou sont cisailés par un grand accident cassant visible dans la région de Béjaia-Toudja, d'origine du prolongement des accidents du Djurdjura et du massif de Challata. La direction de leur plissement est celle qui a affecté le synclinorium de la région littorale et leur série stratigraphique est identique à celle des chaînes des Babors, ce qui a amené les auteurs à les rattacher au domaine des chaînes telliennes M. HASSISSENE (1989), a donné une description structurale des éléments occidentaux (Gouraya-Aghbalou) du domaine des Babors.

II.4.2. Géologique local

Notre site d'étude fait partie des monts de Bejaia, elle composée de quatre sites : le Cap Carbon, djebel de Gouraya, Adrar Oufarnou et La région de Toudja (Fig.5)

Le Cap Carbon qui est représenté par des marno-calcaires en petits bancs, avec des marnes inter-stratifiées. Le jurassique moyen n'est pas caractérisé paléontologiquement. [9]

Le djebel de Gouraya qui est caractérisé par des calcaires massifs et des calcaires stratifiés en grands bancs admettant des niveaux de marnes intercalaires. [9]

La région de Toudja, grand accident cassant, cisaille les deux anticlinaux du djebel Aghbalou et du Gouraya. La direction de cet accident a amené les auteurs antérieurs à la considérer dans la région de Bougie et à la rattacher au domaine des chaînes littorales Kabyles [9] .

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia

Celle de Toudja reçoit une grande quantité d'eau et le ruissellement continu a donné sa forme particulière à la contrée. [10]

Cette dernière est formée d'unités structurales comprenant, un socle cristallophyllien affleurant dans la région de Bouhatem (Schistes & séricite, Quartzites, Cipolins et pegmatites) et des formations sédimentaires composées du Jurassique, de flyschs crétacés et tertiaires respectivement massylliens, mauritaniens et numidiens, du Miocène et du Plio-Quaternaire. Plusieurs contacts anormaux soulignent les grandes structures plissées et sont en majorité à regard Nord, chevauchant, avec une composante latérale dextre, délimitant des lanières d'échelle cartographique. Des failles normales à regard Nord se développent parfois à l'arrière des chevauchements induisant l'affaissement de la partie Nord. Des décrochements senestres à composante normale affectent tardivement l'ensemble des structures [11].

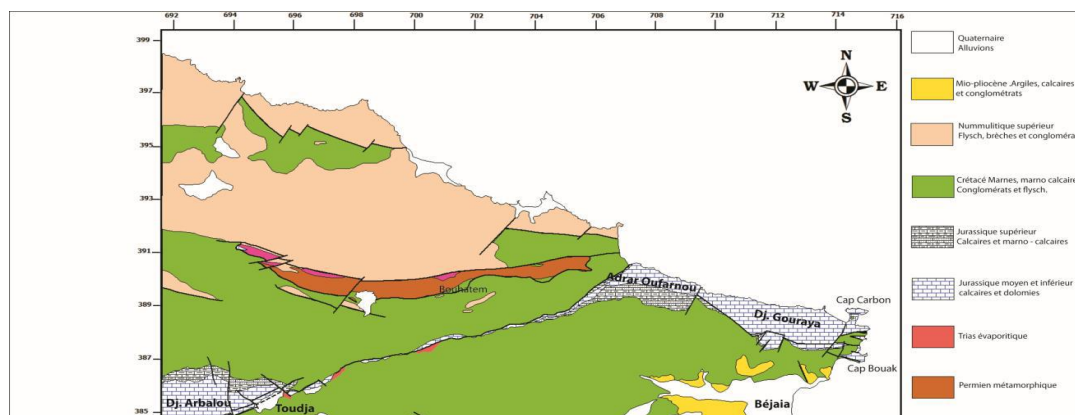


Figure II 05 : carte géologique de la région de Béjaia.

II.5. Synthèse stratigraphique et structurale du domaine Gouraya - Aghbalou

II.5.1. Les compartiments de Gouraya

Le massif Gouraya qui borde le littoral de Bejaia sur une distance de 8 km, présente une terminaison orientale effondrée et découpée, par des failles sub-verticales, en trois compartiments.

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejai

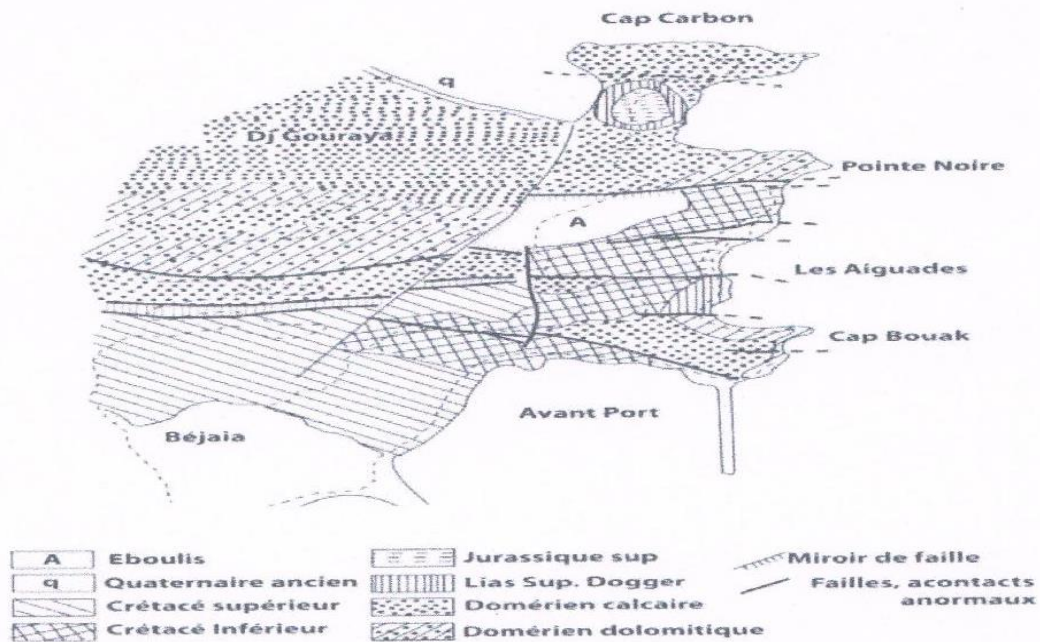


Figure II 06 : Carte lithologique de la terminaison orientale du Djebel Gouraya. [9]

11.5.2. Le compartiment anticlinal de cap Bouak

Ce compartiment, limité par une faille sub-v verticale, chevauche très légèrement le Crétacé inférieur. Il est formé par la série stratigraphique suivante :

- Des calcaires compacts du sommet du Sinémurien et du bas du Domérien. Ces calcaires sont dolomitisés et minéralisés en hématite. La dolomitisation qui affecte la totalité des calcaires domériens. On peut remarquer que toutes les cassures des ces calcaires sont toujours accompagnées d'une faible minéralisation. De semblables faits sont généraux dans la région, et ont souvent donné des amas parfaitement exploitables.
- Des calcaires finement lités du Domérien, comportant quelques niveaux de marnes schisteuses interstratifiées.
- Des marno-calcaires gris du Lias supérieur alternant avec des marnes grises.

Dans une cavité creusée dans les calcaires domériens, à 25 m au dessus du niveau actuel de la mer, est conservé un petit affleurement de quaternaire ancien. Il est constitué par des sables et des cailloutis dans lesquelles on trouve des serpules et des débris d'Oursins.

Ce compartiment est un anticlinal dissymétrique dont le flanc sud, subvertical, en partie étiré, n'est constitué que par des calcaires du Domérien. Le flanc nord, bien qu'affecté par une faille de tassement, comprend du Domérien et du Lias supérieur. [9]

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

11.5.3. Le compartiment synclinal des Aiguades

Ce compartiment est limité au sud par la faille qui interrompt le flanc nord du compartiment du cap Bouak. Dans cet accident, s'enracine, à 100 m plus à l'Ouest, L'écaillé de la carrière.

Ce compartiment synclinal est constitué par les calcaires domériens auxquels se superpose le Crétacé inférieur transgressif. Ce Crétacé inférieur est représenté par des schistes, des conglomérats polygéniques, des microconglomérats et de des quartzites, Sous les éboulis de pente, près de la plage, un conglomérat de la base de la transgression reste visible.

A 200 m au Nord des dernières maisons deux petites failles verticales, d'une centaine de mètres de rejet, accidentent le synclina.

Elles délimitent un petit compartiment de calcaire domériens qui forme la butte des ruines romaines. Le Crétacé supérieur est masqué par les éboulis de pente qui couvrent une grande partie de ce synclinal. Sa présence n'est révélée que par les nombreuses plaquettes de calcaires détritiques à Rosalines que l'on trouve en éboulis.

L'accident qui limite au Nord le compartiment des Aiguades, montre, pincé, un copeau de marno-calcaire et de marne grise et jaunes du Lias supérieur — Dogger. [9]

11.5.4. Le compartiment de la pointe Noire — cap Carbon

Ce compartiment est formé par un synclinal jurassique dont le fond est représenté à la presqu'île du cap Carbone.

L'itinéraire recoupe successivement : Les calcaires dolomités et minéralisés du Sinémurien — base du Domérien de La Pointe Noire.

Les calcaires se délitant en grosses dalles, avec quelques niveaux marneux interstratifiés.

L'épaisseur des bancs calcaires décroît au fur et à mesure que l'on monte dans la série. Ehrmann a recueilli à la partie supérieure une faune de Charmouthin, *S.Loevicostata*, *Coelocerasacantoides*.

Au dessus, les bancs calcaires très minces, alternent avec des marnes grises et rosâtres dans lesquelles E.Ficheur signale *Dactyloceras crasum* du Toarcien.

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

Des schistes rouges et verts alternant avec des bancs calcaires à silex remplissent le fond du synclinal. Ces formations caractérisent le jurassique supérieur et peuvent débuter dès le callov-Oxfordien.

Le flanc nord du synclinal est formé par les calcaires et les marnes du Lias supérieur et les calcaires du Domérien supérieur, plissotés et redressés à la verticale.

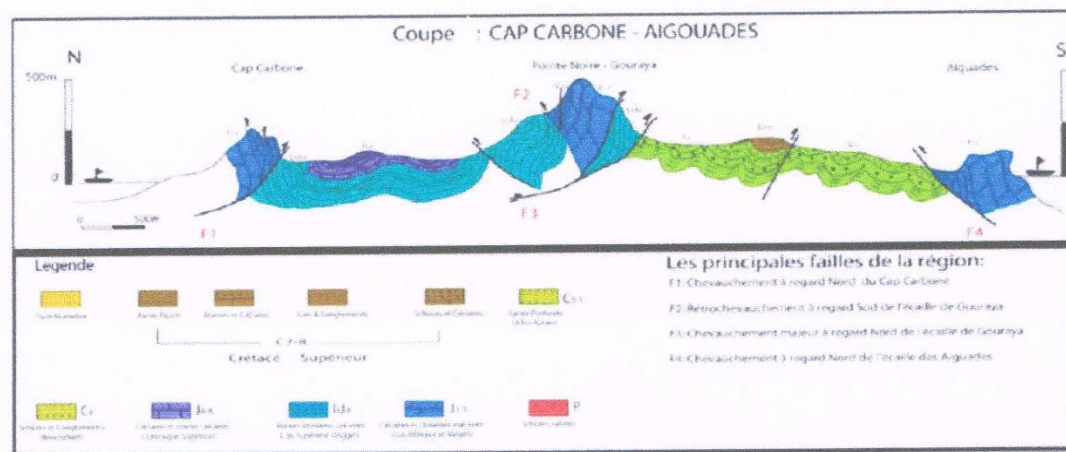


Figure II 07 : Coupes géologique montrant la double vergence dans la région Cap Carbone-Aiguades. [11]

11.5.5. Djbel Gouraya

L'itinéraire emprunte la route de Bougie. Il recoupe, à 800 m du tunnel du cap Carbon, la terminaison orientale de l'écaille de la carrière. Cette écaille s'enracine dans l'accident qui limite au sud de synclinal des Aiguades. Elle est constituée par des calcaires domériens renversés, plongeant au Nord. Elle se poursuit vers l'Ouest, bordant au sud l'anticlinal du djebel Gouraya sur 31(m).

De bougie au sommet du Gouraya, l'itinéraire traverse successivement:

Le crétacé supérieur de bougie.

L'écaille de la carrière, constitue par des calcaires et des marnes jaunâtres du lias supérieur-dogger, surmontés par les calcaires du domérien.

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

Le coeur de l'anticlinal du gouraya, formé par les calcaires du sinémurien et du domérien, dolomitisés. La crête du djbel est formée par les calcaires domérien du faine nord.

[9]

11.5.6. Adrar Oufarnou

Le Djebel Adrar Oufarnou forme un anticlinal de direction E-W à flanc nord érodé. Il est formé de terrains d'âge Jurassique inférieur et moyen. Il est constitué essentiellement de calcaire massif du lias inférieur. Il est limité par deux accidents tectoniques; un à l'Est qui le sépare du Djebel Gouraya et l'accident de Aghbalou à l'Ouest qui le sépare d'Adar Imoula.

[9]

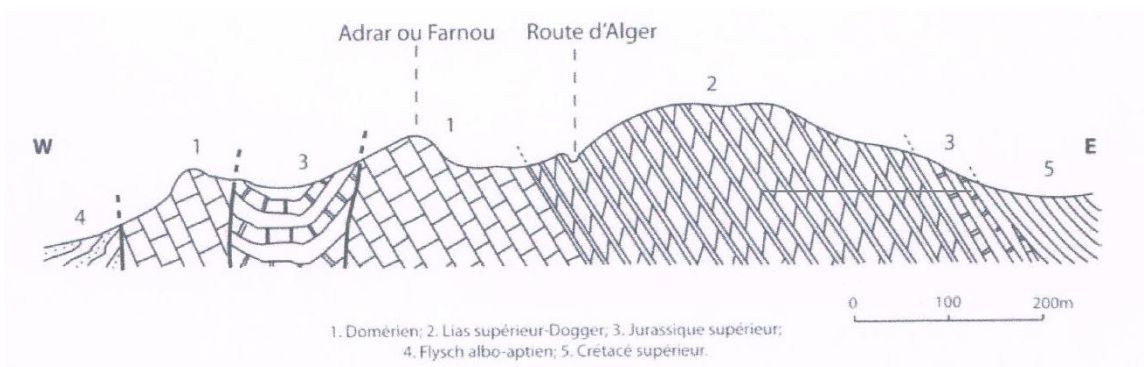


Figure II 08 : Coupe géologique de la terminaison de l'Adrar Oufarnou.[9]

11.5.7. Djebel Aghbalou

Au point de vue structural, le djbel Arbalou est constitué par les brachyanticlinaux de l'Arbalou et de l'Ifri Ou Erzen, séparés par le synclinal d'Ibarissène. Ils sont cisailés par l'accident du Toudja. Une faille du direction oblique par rapport à la faille du Toudja, surélève l'anticlinal de l'Arbalou par rapport aux deux plis plus méridionaux.

L'itinéraire que nous suivons longe, dans le Crétacé supérieur, le flanc Nord de l'Arbalou. En deux endroits il recoupe les schistes rouges, les calcaires du Jurassique supérieur et les schistes du Néocomien.

A la terminaison du Djbel Arbalou, la route, obliquant vers le Nord, recoupe successivement :

- 150 m de schiste noirs alternant avec des flysch calcaires et quartziteux du Crétacé supérieur.
- Le flysche quartziteux de l'Albro-aptien.

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

Le contact de chevauchement du flysch albo-aptien sur le flysch calcaires et quartziteux du Crétacé supérieur est très redressé sous l'effet des mouvements orogénique post-oligocènes.

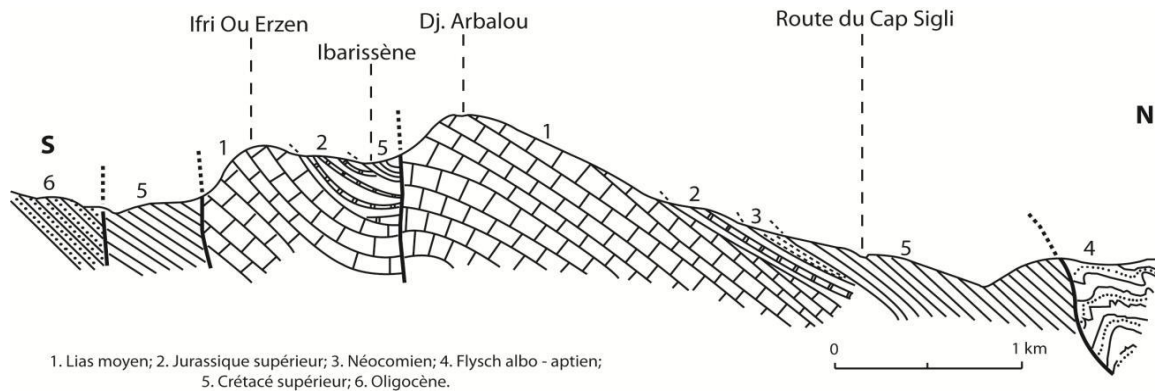


Figure II 09 : Coupe géologique du Djebel Aghbalou. [9]

II.6. Cadre géomorphologique

Situé en plein atlas tellien, le territoire de la Wilaya de Bejaia se présente comme une masse montagneuse compacte et bosselée, traversée par le couloir formé par la vallée de la Soummam. On peut distinguer trois ensembles de reliefs:

-L'ensemble de montagnes: occupe 75% soit 3/4 de la superficie totale de la Wilaya Elle est constituée des chaînes des Bibans, Babors et Djurdjura.

-L'ensemble de piémonts: d'une morphologie ondulée constitué d'une succession de collines, il apparaît moins accidenté que la zone de montagne. Il représente la zone intermédiaire entre la plaine et la montagne.

- L'ensemble de plaine: composé des plaines de la vallée de la Soummam qui apparaît comme une bande sinueuse de 80 Kms de long sur une largeur maximale de 04 Kms et la plaine côtière qui sépare la mer et la chaîne des Babors. Elle se présente comme une bande étroite qui s'étend de l'embouchure d'Oued Soummam à celui d'Oued Agrioun soit une trentaine de Kilomètres. [7]

II. Présentation de la zone d'étude Aghbalou-Bejaia.

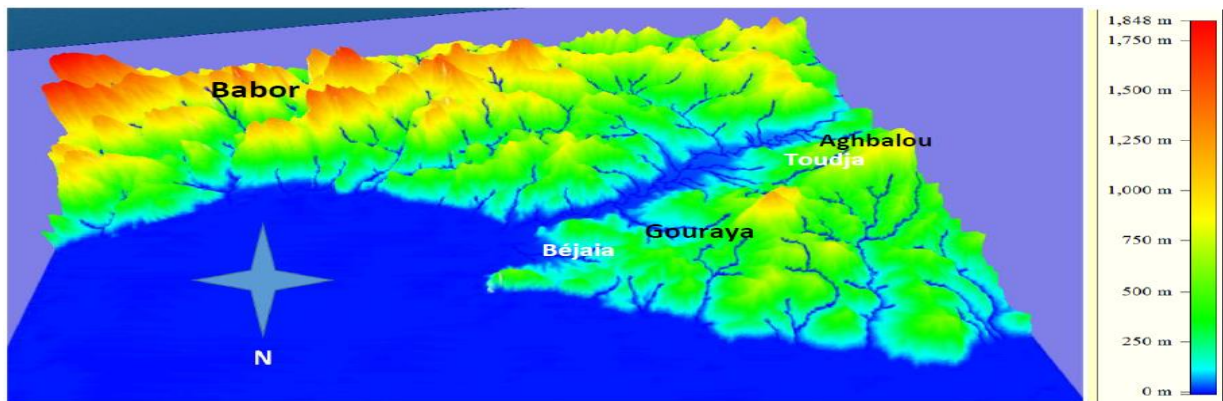


Figure II 10 : Carte schématique des différentes entités morphologiques de la région de Béjaia. [12]

Conclusion

D'après les données bibliographiques et à l'aide des cartes géologique et topographique, on peut sortir l'essentiel des caractéristiques géologique et géomorphologiques de la région Aghbalou-Gouraya. Sur le plan géologique, le domaine Gouraya-Toudja qui est composé par la formations carbonatées, constituant les cœurs du massif de Gouraya et Djebel Arbalou, se présente sous forme d'anticlinaux cisillés par un grand accident dans la région de Béjaia - Toudja.

Chapitre III :

Matériels et méthodes

III. Matériels et méthodes

Introduction

Nous présenterons ici succinctement les différentes techniques d'analyse et de caractérisation que nous avons utilisées au cours de notre travail. Le propos de ce chapitre est donc de présenter l'ensemble de ces techniques expérimentales utilisées.

Ces analyses ont été effectuées au niveau de laboratoires de génie des procédés de l'université Abderrahmane Mira (Bejaïa).

HIA. Échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est de prélever une partie représentative d'un ensemble ou d'un lot de minerai pour déterminer avec la plus grande précision possible la teneur moyenne en divers éléments de cet ensemble.

Tout échantillonnage, même le plus simple est sujet à plusieurs causes d'erreur reliées à la structure, la texture, la distribution du minerai; à la technique d'échantillonnage, à la façon d'appliquer cette technique particulière, ou à l'instrument d'échantillonnage utilisé.

Prélèvement une partie d'une roche représentative à l'aide d'un marteau géologique a partir des différents points.

Géo-localisations des points de prélèvement

❖ GAIA GPS

L'application GAIA GPS est un logiciel de positionnement par Satellites, qui utilise la triangulation pour se localiser. C'est le récepteur qui calcule la position à partir des données que fournissent les satellites. L'application GAIA GPS est caractérisé par :

- ✓ enregistrez des pistes, des points de repères et prenez des photos avec des balises géo localisées ;
- ✓ personnalisez tous les aspects de Gaia GPS, y compris les unités, les types de coordonnées, et plus encore ;
- ✓ sauvegarder régulièrement les données sans effort.

III. Matériels et méthodes



Figure III 01 : les points de prélèvement des échantillons (GAIA GPS).

Lieux et dates de prélèvement

Dans le cadre de notre travail, les stations de prélèvement choisies sont présentées dans le tableau et les figures au dessous :

Tableau III 01: Stations et dates de prélèvement des échantillons.

	degré, minutes, seconde		UTM 31 S		Z		
	Lat	Log	X	Y			
Poin-1	36°45' 21.96" N	4° 52' 26.96"E	667295	4069454	676	Echantillonnés en 27/04/2019	
Poin-2	36°45' 23.41" N	4° 51' 06.06"E	665536	4069465	827		
Poin-3	36°45' 27.45" N	4° 54' 8.48"E	669809	4069673	533		
Poin-4	36°45' 57.53" N	4° 56' 37.14"E	673476	4070674	475		
Poin-5	36°45' 58.00" N	4° 56' 30.41"E	673309	4070685	476		
Poin-6	36°47' 5.86" N	5° 0' 40.92"E	679477	4072905	303		
Poin-7	36°46' 54.77" N	5° 1' 41.74"E	680992	4072595	411		
Poin-8	36°46' 41.17" N	5° 5' 56.68"E	687362	4070463	180	Echantillonnés en 30/04/2019	
Poin-9	36°46' 14.89" N	5° 4' 59,22"E	685914	4071471	646		

III. Matériels et méthodes



Figure III 02 : Station de prélèvement point Olet point 02(Aghbalou).



Figure III 03: Station de prélèvement point 03(Ivaouchen).

Matériels et méthodes



Figure III 04 : Station de prélèvement point 04.



Figure III 05 : Station de prélèvement en point 06 et point 07 (Adrar Oufernou

Matériels et méthodes



Figure III 06 : Station de prélèvement en point 08 (Aiguades).



Figure III 07 : Station de prélèvement en point 09(Djbel Gouraya).

Matériels et méthodes

III.2. Méthode d'analyses

III.2.1. Analyses physique

Après l'étape d'échantillonnage et de prélèvement des parties de roche représentative de chaque site, on passe à l'étape de préparation mécanique des échantillons.

III.2.1.1. Concassage

Cette opération sert à réduire les dimensions de la matière première à une granularité de l'ordre de quelques millimètres. Pour cela, nous avons procédé à un concassage de la roche carbonatée en utilisant un concasseur à mâchoire, une réduction d'une dimension initiale allant de 0 à 200 mm à une dimension finale allant de 0 à 2 mm.



Figure III 08 : Concasseur à mâchoire.

FRITSCH	Industriestr. 8 55743 Idar-Oberstein Germany	CE
Serial-No. 01.7030 / 02901	Constr. Date 2011	Made in Germany
Voltage (V ac) 400 / 3~	Frequency (Hz) 50	RoHS 2002/95/EG
Current (A) 4,95	Power (W) 2200	

Figure III 09 : Caractéristiques du concasseur à mâchoire utilisé au laboratoire de Génie de procédé.

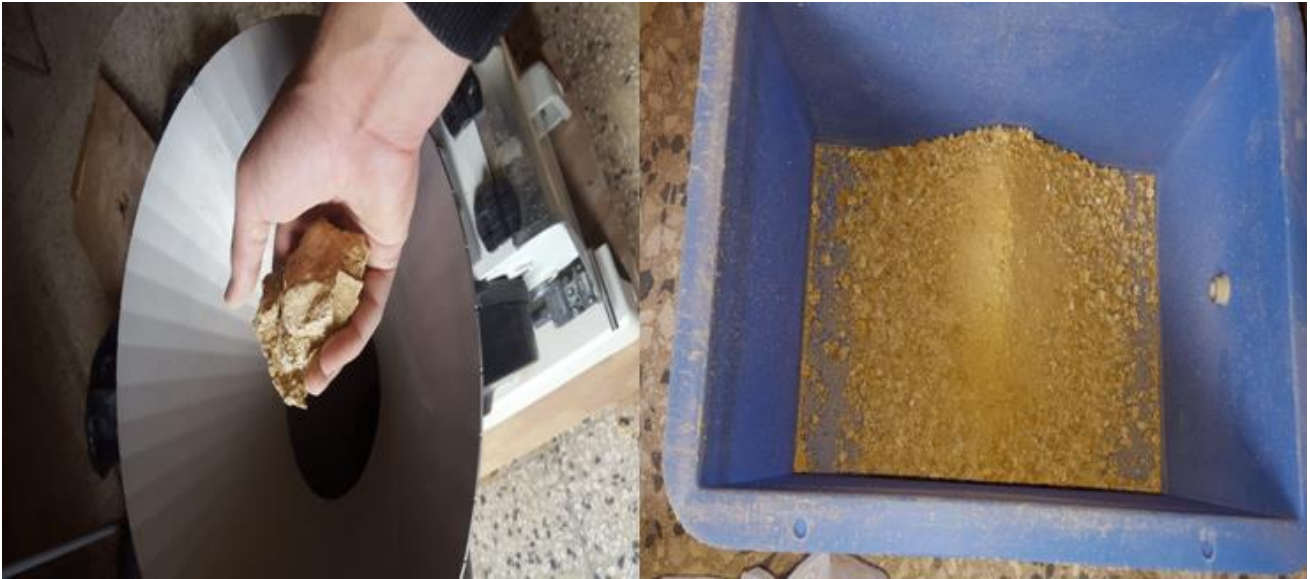


Figure III 10 :Produit initial et final.

II.2.1.2. Broyage

Le broyage est une opération consistant à diviser un solide, pour augmenter sa surface spécifique (surface développée de la poudre par unité de masse) et donc sa réactivité.

En minéralurgie, le broyage se fait jusqu'à la maille de libération. La maille de libération d'un minéral est la taille au-dessous de laquelle une particule de minéral est parfaitement libérée, c'est-à-dire constituée uniquement de l'espèce minérale à valoriser.

Cette opération fait à l'aide d'un mortier.

Matériels et méthodes

I11.2.1.3. Tamisage

Le tamisage est une opération visant à séparer un ensemble de particules en fonction de leur taille à l'aide d'un tamis, donc le but du tamisage est d'obtenir les pourcentages massiques dans chaque maille de tamis afin de déterminer la distribution pondérale des particules constituant l'échantillon suivant leur dimension.

Dans notre travail, l'objectif de tamisage est d'obtenir les particules fines de l'ensemble particules résultantes de concassage. Cette opération se fait de façon manuel, et on utilise séries des tamis des ouvertures suivants: 500Um, 125Um, 63Um et le fond.



Figure III 12 : Série des tamis utilisés.



Figure III 13 : Opération de tamisage manuel.

Cette opération se fait dans laboratoire de génie procédé de l'université Abderrahmane Mira.

III.2.2. Analyses et caractérisation

III.2.2.1. Analyses chimique par fluorescence des rayons X

La fluorescence X est une méthode spectrale d'analyse qui exploite la fluorescence des atomes dans le domaine des rayons X, afin d'obtenir des renseignements quantitatifs sur la composition élémentaire d'un échantillon solide. Lorsqu'un échantillon est irradié avec une source de photons à grande énergie (5 à 60 keV), une photoluminescence située dans le domaine des rayons X, caractéristique des éléments présents, est émise par ce dernier. Cette fluorescence, perpendiculaire au faisceau primaire, se diffracte alors sur un cristal analyseur selon la loi de Bragg:

$$n \cdot \lambda = 2d \cdot hkl \cdot \sin \theta$$

III.2.2.1.1. Principe de FX :

La spectrométrie de fluorescence X est une émission de rayons X, elle caractérise les éléments atomiques qui composent L'échantillon. L'énergie des photons X est de L'ordre de grandeur de l'énergie d'ionisation des électrons de cœur. Lorsqu'un photon X rencontre

Matériels et méthodes

atome, il a donc une probabilité d'éjecter un électron de coeur par effet photoélectrique, l'atome est alors dans un état excité.

La désexcitation se fait par une transition électronique : Un électron d'un niveau plus élevé \downarrow descend D pour occuper la case quantique vide (place laissée vacante par l'électron éjecté). Cette transition électronique provoque l'émission d'un photon X.

En analysant le spectre de rayons X émis par la matière, on peut en déduire la composition élémentaire de l'échantillon (concentrations massiques) et à partir d'étalonnage, il est possible de déterminer l'épaisseur de revêtements, La technique d'analyse comprend deux parties :

Une source d'excitation : provoque l'émission d'un spectre de rayons X caractéristique de la composition de L'objet

Un détecteur est un analyseur de rayonnement : identifie les raies composant le spectre.[13]

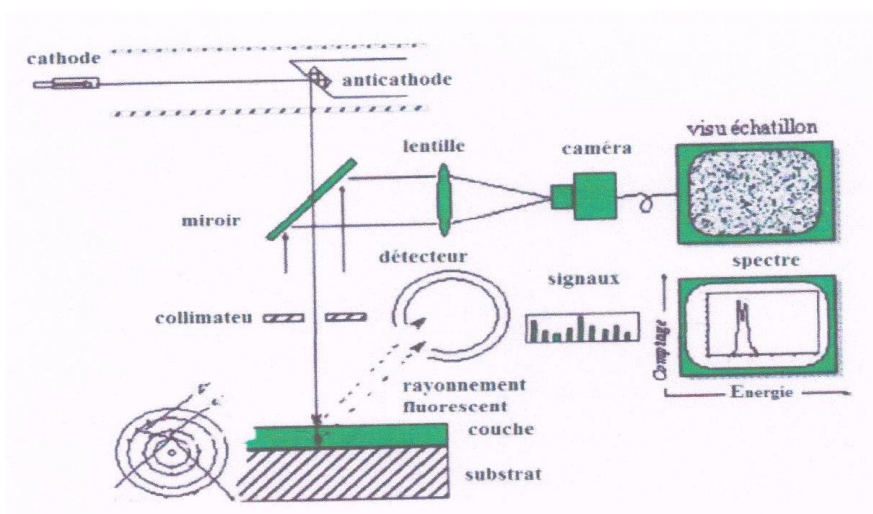


Figure III 14 : Principe de fonctionnement de la fluorescence X.[13]

111.2.2.1.2. Conditions d'analyse

Équipement : Spectromètre séquentiel (à dispersion de longueur d'onde) *Bruker-Axs* : S8 TIGER. Anode en rhodium

Matériels et méthodes

Logiciel pour le traitement des données : *Spectra plus*.

La concentration d'un échantillon inconnu est déterminée par des courbes d'étalonnage qui sont tracées pour chaque élément après avoir fixé tous les paramètres de mesure (kV-mA, cristal analyseur, collimateur, la longueur d'onde d'émission, le temps de mesure et le détecteur).

La perte au feu (PAF) est obtenue par calcination de l'échantillon brut à l'état naturel (sans séchage) dans un four à 1050°C pendant deux heures.

Elle exprime la fraction volatile de l'échantillon (humidité, CO₂, matière organique etc).



Figure III 15 : Spectroscopie de fluorescence X.

L'analyse chimique par fluorescence des rayonnements X se fait dans laboratoire CRD (Boumardes).

111.2.2.2. Analyses minéralogiques par diffraction des rayons X

L'analyse par diffraction des rayons X permet la détermination minéralogique de la composition des différents échantillons des roches carbonatés prélevés.

Les mesures de diffraction X ont été effectuées sur des échantillons broyer et sécher ainsi pour des mélanges de chacun de ces derniers avec le zircon.

Matériels et méthodes

Cette analyse a été réalisée au niveau de laboratoire génie de procédé d'université de Bejaia et laboratoire CRD (Boumardes).



Figure III 16 : Diffractomètre des rayons X.

111.2.2.2.1. Principe DRX

La méthode générale consiste à bombarder l'échantillon en poudre avec des rayons X, et à regarder l'intensité des rayons X qui sont diffusés selon l'orientation dans l'espace. Les rayons X diffusés interfèrent entre eux, l'intensité présente donc les maxima dans certaine direction ; on parle de phénomène de « diffraction ». Les diffractogrammes sont caractéristiques des phases cristallisées et permettent de les identifier. La relation entre l'angle de diffraction et la distance interatomique du réseau cristallin est donnée par la loi de BRAGG:

$$= 2d_{hkl} \sin \theta$$

Où λ représente la longueur d'onde du rayonnement X monochromatique, d_{hkl} la distance intermoléculaire entre plans cristallins (h,k,l), θ le demi angle de diffraction et n l'ordre de la réflexion.[13]

Matériels et méthodes

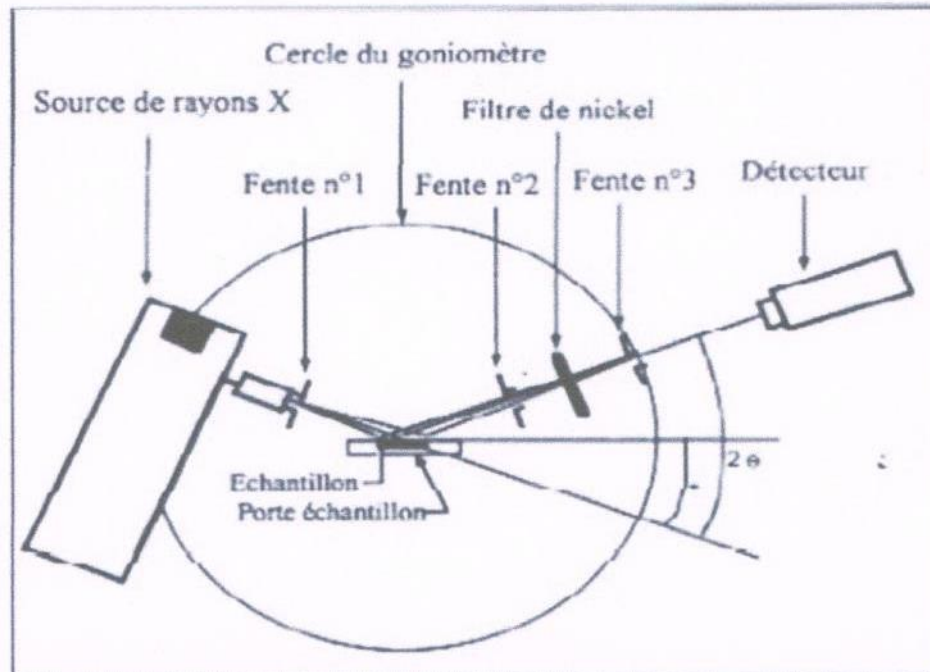


Figure III 17 : Schéma du principe du diffractomètre des rayons X.[13]

Matériels et méthodes

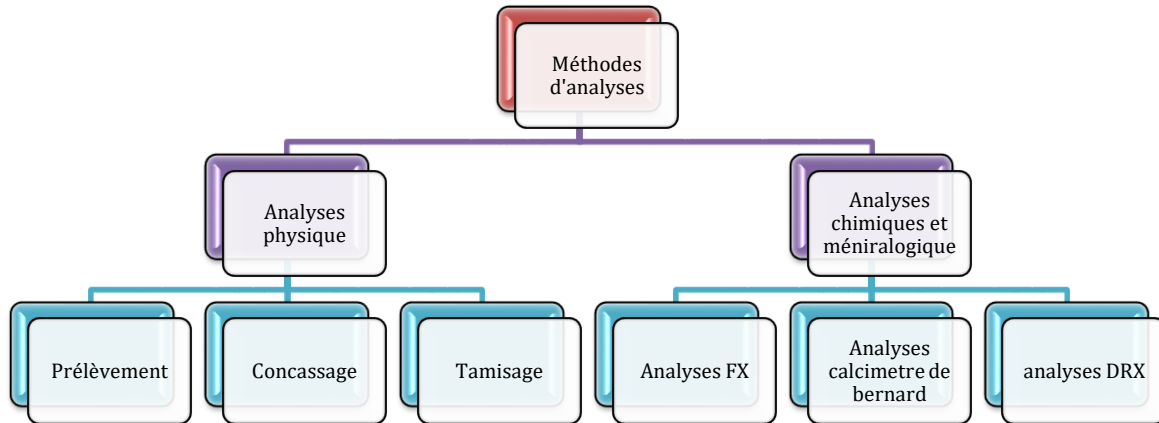


Figure III 18 : schéma représente les différentes étapes d'analyses des échantillons.

Matériels et méthodes

Conclusion

- > L'analyse granulométrique à déterminer la distribution pondérale des particules, de produit analysé, suivant leurs dimensions. Le tamisage l'une des méthodes d'analyse granulométrique, qui permet de séparer le matériau en fonction granulaire.
- > Analyse par fluorescence X pour la détermination quantitative des éléments atomiques majeurs et mineurs, dans une grande variété de types d'échantillons avec les normes minimale.
- > La diffraction des rayons X (DRX) apporte des informations complémentaires pour identifier la nature et la structure des produits cristallisés.

Chapitre VI :

**Résultats et
discussions**

VI. Résultats et discussion

Introduction

L'étude de la caractérisation des formations carbonatées du domaine Gouraya-Aghbalou nous permettra de faire une étude comparative de leurs propriétés chimiques et minéralogiques qui conduira certainement à une meilleure identification possible. Dans ce contexte, Deux techniques d'analyses qualitatives et quantitatives ont été utilisées Analyse chimique par fluorescence X qui nous permet de connaître les différents éléments chimiques qui composent l'échantillon analysé et l'Analyse minéralogique par Diffraction des Rayons X (DRX) qui nous permet de déterminer la composition minéralogique de la roche étudiée.

Les différents résultats obtenus lors de la préparation des échantillons de la chaîne de traitement sont rassemblés et discutés ci-dessous Il faut noter la bonne convergence des analyses par FX et par DRX pour la majeure partie des éléments majeurs.

VI.1. Analyse chimique par fluorescence X

Les analyses chimiques par spectrométrie de fluorescence X (FX) permis de déterminer les éléments présents dans l'échantillon brut (global).

LES résultats des analyses chimiques EX des différents échantillons sont exprimés en pourcentage massique et sont portés sur le tableau au-dessous

VI. Résultats et discussions

Tableau IV 01 : Résultats d'analyse FX des différents échantillons.

N°	Désignation	Eléments chimiques %																					
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cl	Cr ₂ O ₃	NiO	CuO	ZnO	BaO	SrO	ZrO ₂	PbO	PAF	TOTAL
1	Echt 01	0,03	0,43	0,26	5,98	0,10	0,08	0,06	51,67	0,01	0,11	0,62	0,03	<0,001	0,0100	0,0027	0,0300	0,1300	0,0300	0,0052	0,0090	40,30	99,90
2	Echt 02	0,04	0,41	0,04	0,43	0,02	0,01	<0,01	55,60	<0,01	0,03	0,15	0,01	<0,001	0,0044	0,0031	0,0063	0,0200	0,0100	<0,001	<0,001	42,90	99,68
3	Echt 03	0,03	0,22	0,24	4,82	0,01	0,01	0,05	51,98	<0,01	0,17	0,90	0,04	<0,001	0,0026	0,0029	0,0029	<0,001	0,0200	<0,001	<0,001	41,00	99,50
4	Echt 04	0,13	1,75	18,30	35,90	0,09	0,04	2,48	16,92	0,69	0,07	3,90	0,04	<0,001	0,0050	0,0033	0,0200	0,0800	0,0056	0,0084	<0,001	19,50	99,93
5	Echt 05	0,12	2,22	18,79	33,11	0,12	0,03	2,15	16,74	0,84	0,14	4,33	0,02	<0,001	0,0042	0,0047	0,0084	0,0400	0,0052	0,0092	<0,001	21,00	99,68
6	Echt 06	0,05	0,64	5,11	25,90	0,05	0,04	1,53	35,03	0,28	0,10	3,15	0,01	<0,001	0,0069	0,0053	0,0074	0,0200	0,0300	0,0018	<0,001	27,81	99,77
7	Echt 07	0,06	0,65	3,48	27,66	0,08	0,03	0,89	36,61	0,17	0,11	1,61	0,01	<0,001	0,0046	0,0100	0,0058	0,0100	0,0200	0,0010	<0,001	28,46	99,87
8	Echt 08	<0,01	0,44	0,97	11,79	0,03	0,08	0,30	47,96	0,05	0,06	0,63	0,01	<0,001	0,0031	0,0031	0,0046	<0,001	0,0400	<0,001	<0,001	37,52	99,89
9	Echt 09	0,03	0,30	0,09	0,24	0,01	0,01	0,02	55,82	<0,01	0,02	0,14	0,01	<0,001	0,0034	0,0026	0,0032	<0,001	0,0100	<0,001	<0,001	42,98	99,69

VI. Résultats et discussion

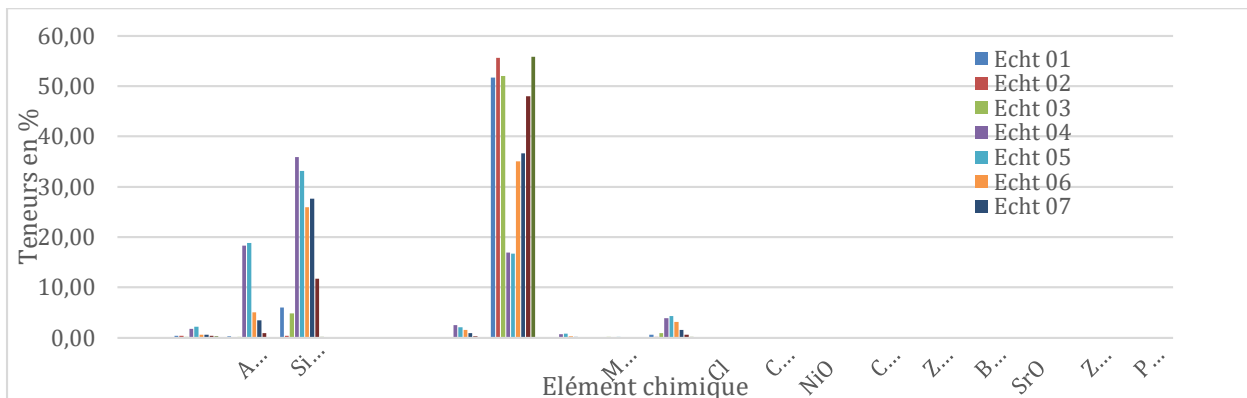


Figure IV 01 : Graphe représente les résultats d'analyse FX.

D'après le tableau **IV 01** et la figure **IV 01**, on remarque clairement que la majorité des échantillons est constituée de CaO et SiO₂. On note la présence des éléments MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, P₂O₅, SO₃, TiO₂, Mn₂O₃, Cl, Cr₂O₃, NiO, CuO, ZnO, BaO, SrO, ZrO₂ et PbO en pourcentages négligeables.

Les échantillons 1, 3 et 8 présentent des teneurs relativement proches, ils sont composés essentiellement de CaO et de SiO₂. Les teneurs respectives de CaO et SiO₂ sont 51,67, 5,98% pour le 1^{er} échantillon, 51,98, 4,82% pour le 3^{ème} échantillon et 47,96, 11,79% pour le 8^{ème} échantillon. On note aussi la présence des éléments Al₂O₃, MgO et Fe₂O₃ en faibles teneurs et des éléments négligeables en Na₂O, P₂O₅, SO₃, TiO₂, Mn₂O₃, Cl, Cr₂O₃, NiO, CuO, ZnO, BaO, SrO, ZrO₂ et PbO.

Les échantillons 2 et 9 sont composés essentiellement de CaO. Les teneurs en Al₂O₃, MgO et Fe₂O₃ sont très faibles. Ces analyses révèlent la grande pureté de ces calcaires et leur pauvreté en éléments traces.

Les échantillons 4 et 5 sont composés essentiellement en SiO₂: (35,9 et 33,11%), Al₂O₃(18,3 et 18,79%) et CaO (16,92 et 16,74) successivement. Ces deux échantillons, par rapport au reste des échantillons, présentent des teneurs relativement importantes en Fe₂O₃, K₂O et MgO. Les autres éléments Cl, Cr₂O₃, NiO, ZnO, K₂O, ZrO₂, PbO sont en teneurs négligeables.

Enfin, les échantillons 6 et 7 présentent des teneurs relativement proches. CaO et SiO₂ sont les composants essentiels, avec la présence remarquable d'autres éléments Al₂O₃, Fe₂O₃ et K₂O.

VI. Résultats et discussion

Les éléments Na₂O, MgO, P₂O₅, S₂O₃, TiO₂, Mn₂O₃, Cl, Cr₂O₃, NiO, CuO, ZnO, BaO, SrO, ZrO₂ et PbO leur présence est de très faible pourcentage, donc on marque comme des traces négligeables.

VI.2. Analyse minéralogique par Diffraction des Rayons X (DRX)

L'analyse par DRX est faite pour but de déterminer les phases minéralogiques majoritaires et minoritaires de chaque échantillon.

Les phases minéralogiques de chaque échantillon sont illustrées par le diffractogramme de figures suivante

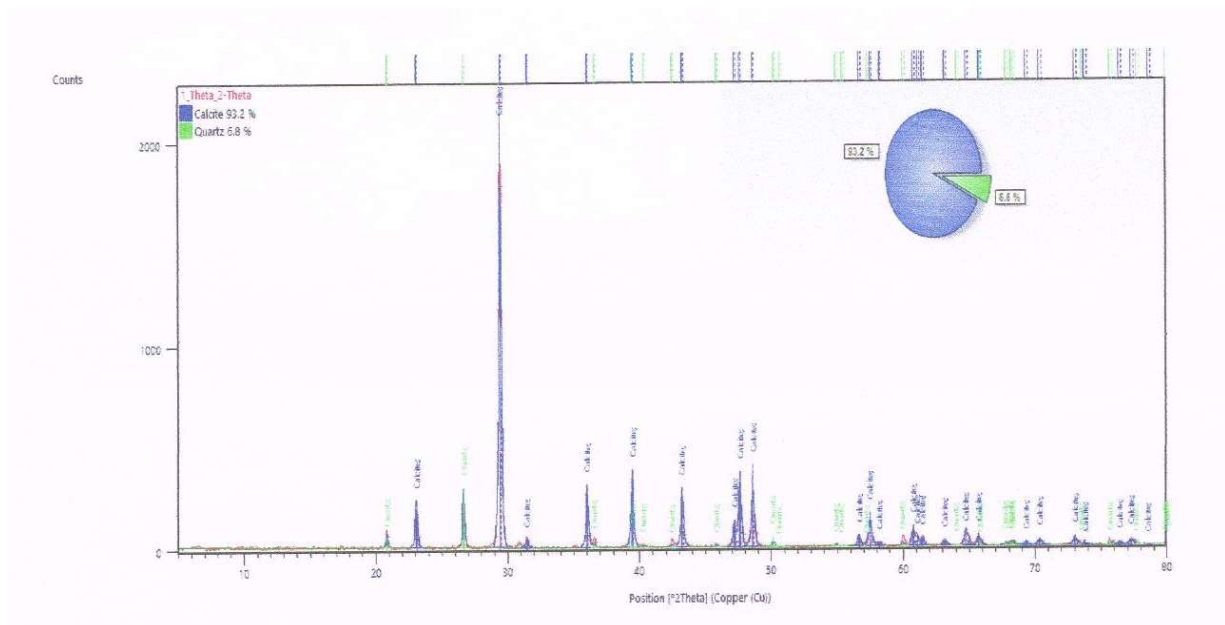


Figure IV 02 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 01.

Les résultats de la caractérisation minéralogique de l'échantillon 01 obtenue montrent que y'a deux phases majoritaire sont la calcite et le quartz, avec d'autres phases mineurs qui sont négligeables.

VI. Résultats et discussion

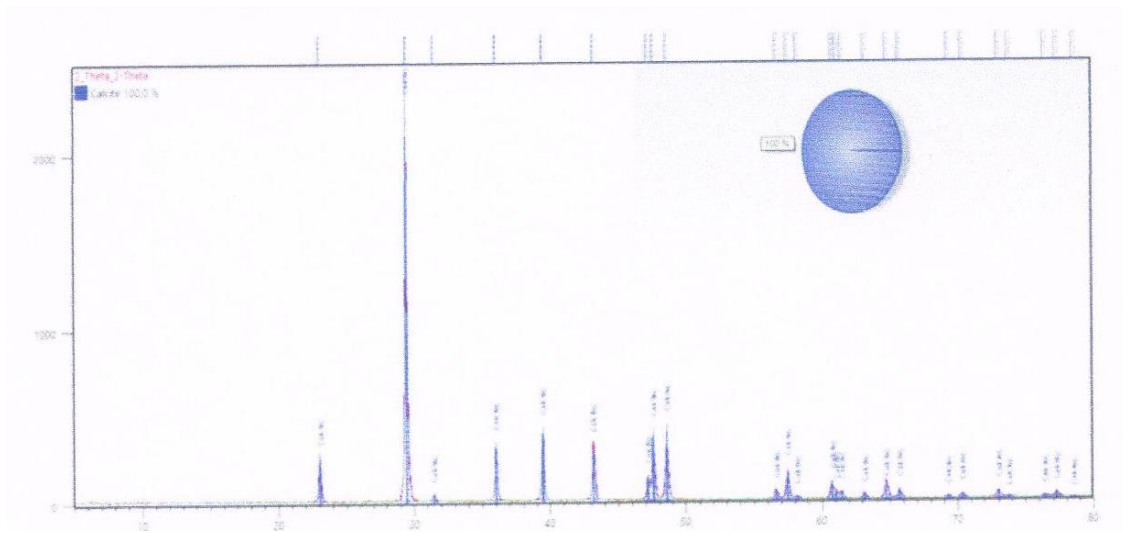


Figure IV 03 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 02.

Dans le cas de l'échantillon 02, et d'après les résultats d'analyse minéralogique DRX on remarque que la phase majoritaire contient que la calcite, avec d'autres éléments négligeable.

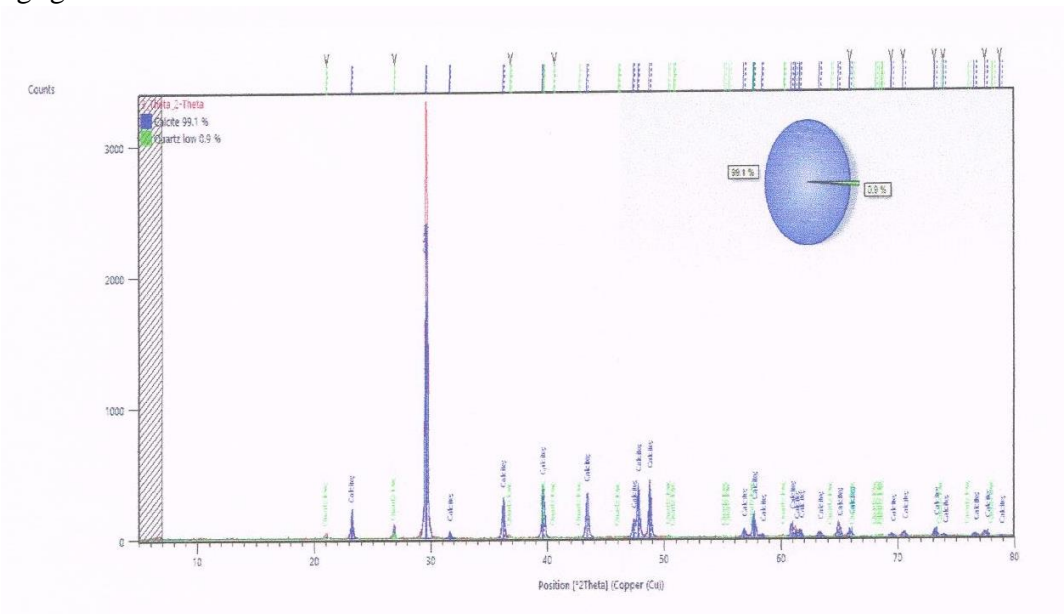


Figure IV 04 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 03.

Pour l'échantillon 03 on remarque que d'après les résultats d'analyse DRX que la phase majoritaire représentée par la calcite, et le quartz représenté la phase mineure, avec des petites traces d'autres éléments négligeables.

VI. Résultats et discussion

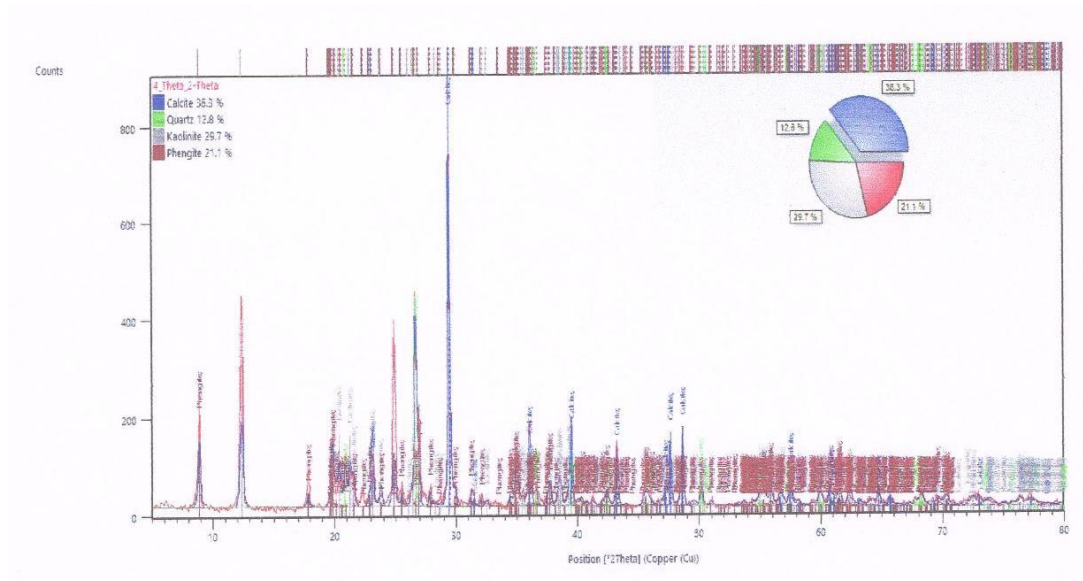


Figure IV 05 :Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 04.

Dans le cas d'échantillon 04 on remarque que y'a plusieurs phases majoritaire qui partagent presque le même pourcentage, cette phase représente par la calcite, quartz, kaolinite et le phengite, avec la phase mineure d'autres éléments négligeables

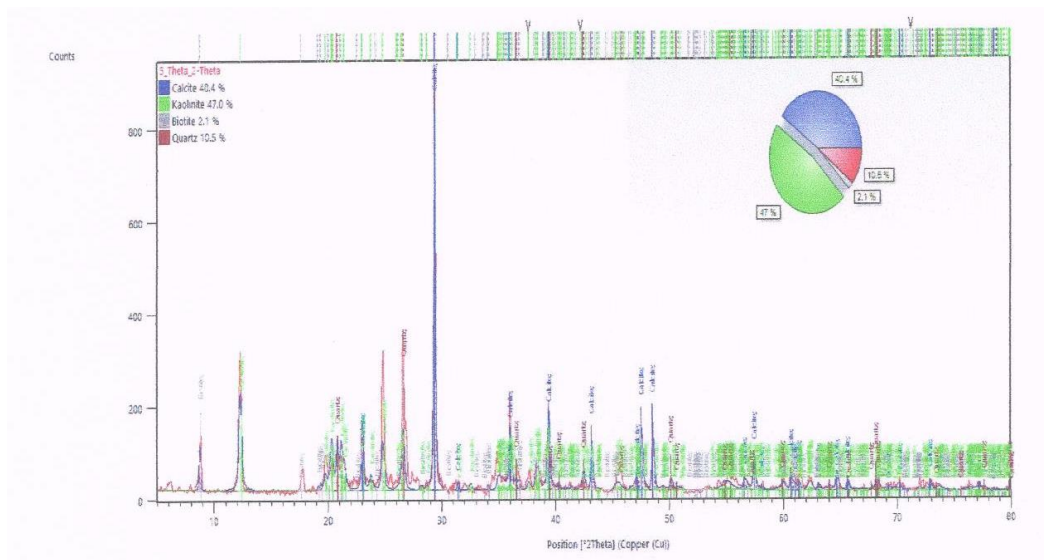


Figure IV 06 :Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 05.

VI. Résultats et discussion

Résultats d'analyse DRX pour l'échantillon 05 montrent que la phase majoritaire représentée par kaolinite, la calcite et le quartz. Et la phase mineure représentée par la biotite et d'autres éléments négligeables.

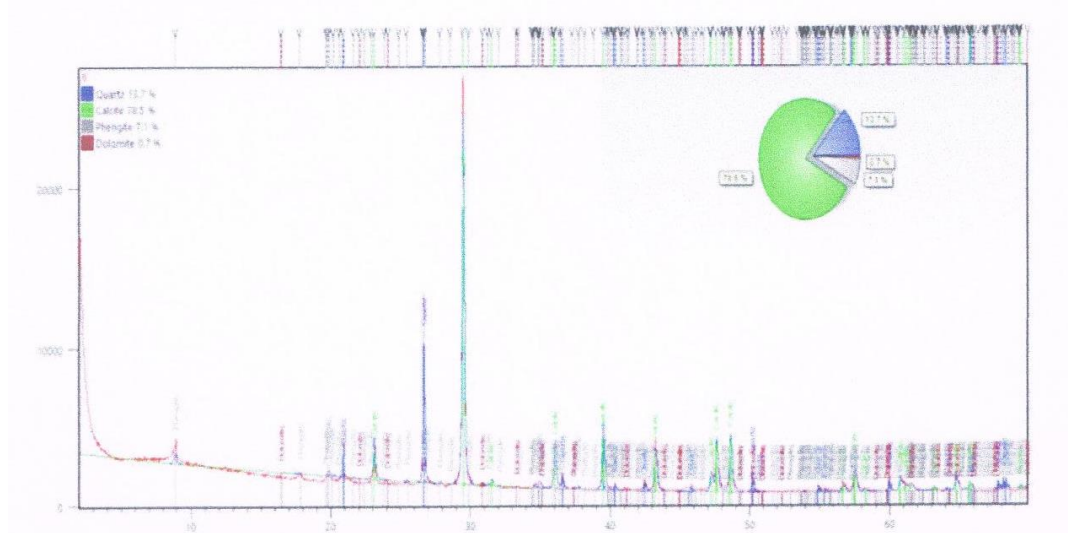


Figure IV 07 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 06.

D'après les résultats d'analyse minéralogique par DRX, on remarque la présence majoritaire de deux éléments sont calcite et le quartz.

La phase mineure de l'échantillon 06 contient le phengite et de moindre degré la dolomite, avec la présence d'autres éléments en traces négligeable.

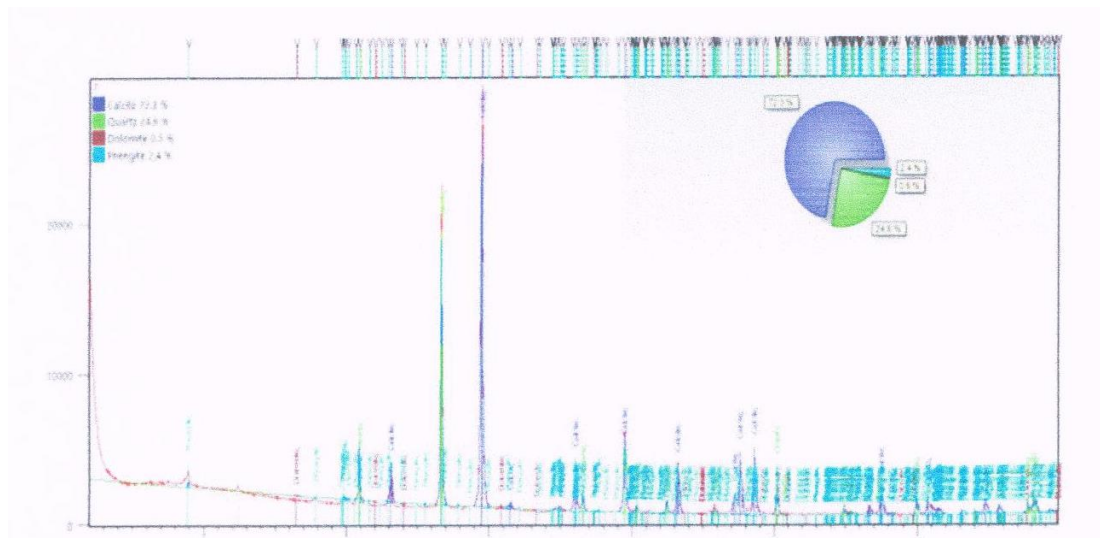


Figure IV 08 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 07.

VI. Résultats et discussion

Les résultats d'analyse DRX qui représente dans le diffractogramme des rayons X de l'échantillon 07, on remarque que la calcite et le quartz déterminent la phase majoritaire, et la phase mineure représentée par la dolomite et le phengite, avec la présence d'autres éléments de façon négligeable.

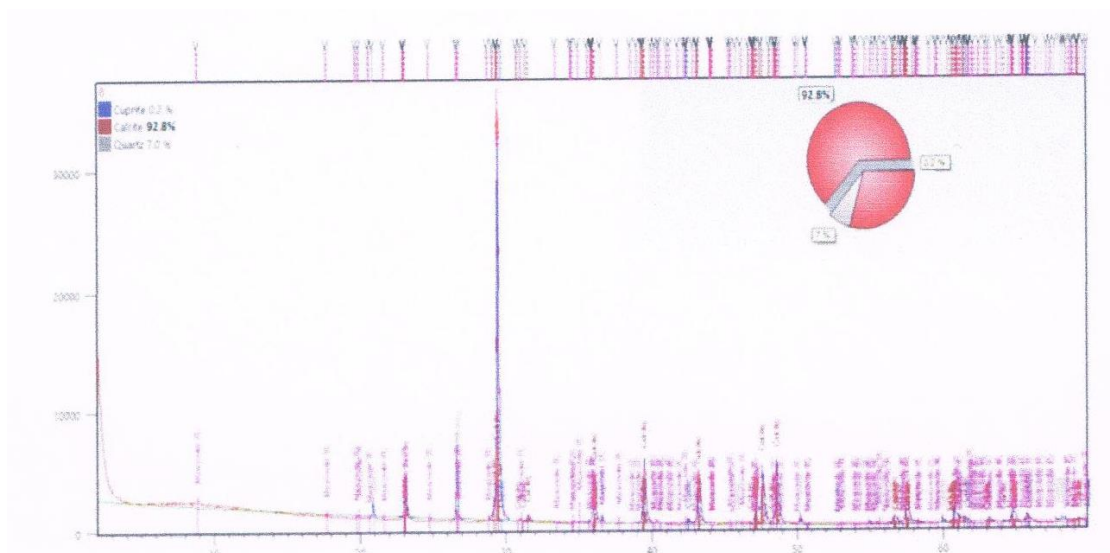


Figure IV 09 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 08.

Les résultats d'analyse minéralogique de l'échantillon 08, montrent que la phase majoritaire représentée par la calcite et le quartz, et la phase mineure pour cet échantillon représentée par la cuprite, avec la présence d'autres éléments de façon négligeable.

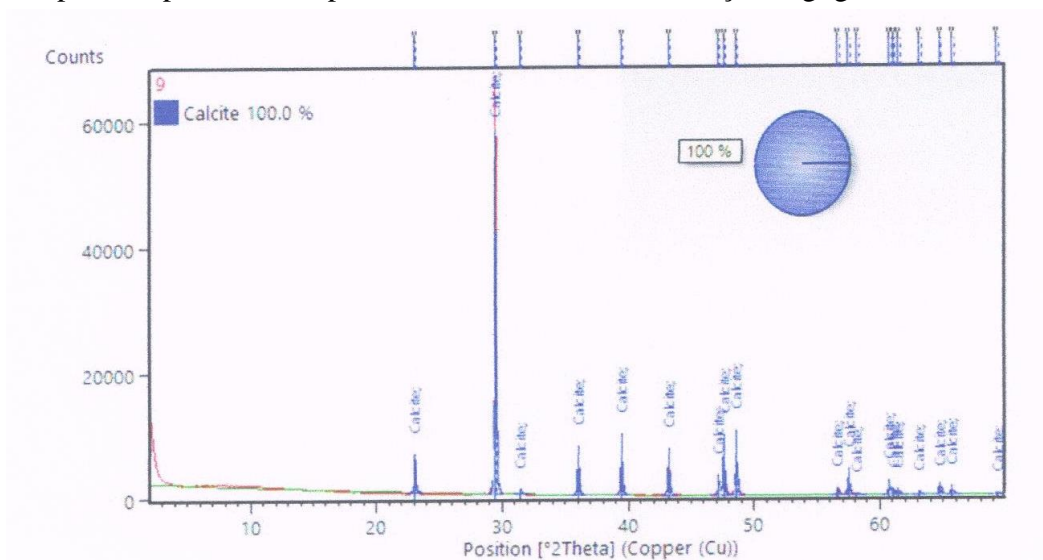


Figure IV 10 : Diffractogramme des rayons X de l'échantillon 09.

VI. Résultats et discussion

On remarque d'après l'analyse minéralogique par DRX, que le cas de l'échantillon 09 rassemble à l'échantillon 02, la phase majoritaire contient la calcite pure, avec la présence négligeable d'autres éléments.

VI.3. Interprétation des résultats

D'après les résultats d'analyse minéralogique par DRX, analyse chimique FX et en s'appuyant sur la carte géologique, on peut départager la zone d'étude Aghbalou- Gouraya selon la qualité des roches calcaires, en 3 parties différentes qui sont :

Calcaire pure : On les trouve dans les deux points (02 et 09) qui représentent le sommet d'Aghbalou et le sommet de Djbel Gouraya, se sont des calcaire riches en CaO et pauvres en éléments traces. Ces calcaires font partie des formations carbonatées du lias inférieur et moyen.

Calcaire marneux : c'est le cas des points 01,03, 06, 07 et 08 que nous avons prélevé sur les flancs des Djbel Gouraya (aiguades) et Aghbalou et près d'Adrar-Oufarnou. ils présentent des teneurs suffisants en CaO mais cette fois y'a présence d'autres éléments (SiO₂, Al₂O₃, MgO et Fe₂O₃). Ces échantillons appartiennent aux formations du lias supérieur jusqu'à jurassique supérieur. elles font actuellement l'objet de plusieurs exploitations minières dans la région.

Les argiles : dans les points 04, 05 (Ivaouchen), on remarque que la teneur de calcite (CaO) est faible par rapport de la teneur de kaolinite, le phengite et le quartz, ce montre qu'on est dans le trias.

Les résultats d'analyse des échantillons prélevés de notre zone d'étude nous montre une évolution géochimique des roches prélevées allant du Trias au Jurassique Supérieur réparties de Aghbalou a Gouraya et on distingue des formations argileuses à dominance de Kaolinite et des calcaires argileux dans le Trias. Des roches carbonatées représentées par des calcaires pures identiques a celles montrées sur la carte géologique de la zone d'étude , rencontrés au sommets de Gouraya et Aghbalou dans les formations du Lias inférieur et moyen , des calcaires à intercalations marneuses sur les flancs de Djbel Gouraya et Aghbalou et près de Adrar Oufarnou du Lias supérieur jusqu'à jurassique supérieur ,

VI. Résultats et discussion

La pureté chimique et minéralogique du calcaire est très importante surtout lorsqu'il s'agit d'un produit de haut de gamme destiné à des domaines industriels bien précis. Le calcaire doit contenir un minimum d'impuretés solubles et nuisibles tel que les argiles et le pourcentage de carbonate de magnésium ne doit pas être élevé.

Dans notre cas et d'après les résultats de l'analyse des échantillon on conclut qu'il ya des zones exploitables qui sont constitués de calcaires de valeur remarquable Ces gisements de calcaires très purs sont des roches de haute pureté chimique, présentant des teneurs en carbonate de calcium (de 98 % a 99.5 % CaCO_3) peuvent être destinées à la fabrication de carbonate de sodium (fondant en verrerie ou composant des lessives et de la laine de verre) et de bicarbonate de sodium, ou peuvent être utilisés comme des charges minérales et l'absence de silice est indispensable pour certaines charges ce qui est le cas de ces gisements.

Le premier échantillon et le 3eme sont prélevés de Aghbalou, d'après l'analyse sont contiennent essentiellement d'une teneur de calcite de 93.2 % et 99 1% successivement et une faible teneur de silice.

L'échantillon (2) prélevé de la région Aghbalou et l'échantillon (9) de sommet de Djbel Gourava répondant aussi aux normes requises en industrie minière. a cause des contraintes environnementales (il n va pas des point d'accès au gisement, les engins peuvent pas l'atteindre pour l'extraction de minéral), afin de ne pas détruire de patrimoine et le tourisme dans cette zone ce site ne peut pas être exploiter. De même pour l'échantillon (8) qu'on a pris de la région Cap Carbone.

Les échantillons (4) et (5) qui sont prises de la région situé entre Aghbalou et Adrar Oufarnou et ses teneurs ne sont pas exploitables car ils sont des argiles (29.7%, 47% de kaolinite), et ils contiennent des grands teneurs de la silice.

Les échantillons (6) et (7) prélevés à Adrar Oufarnou ont une teneur importante de CaO mais aussi des teneurs remarquables de la silice (25.90%et 27.66%). Le quartz en particulier ainsi que certains minéraux argileux (kaolinite, phengite et biotite) abrasifs à éviter pour certaines applications.

VI. Résultats et discussion

Avant de procéder à l'extraction ou l'exploitation de ces matériaux, une recherche et une évaluation des gisements de carbonate de calcium sont requis pour connaître si le matériau potentiellement exploitable sera susceptible de répondre en qualité comme en quantité aux exigences. Ainsi, un gisement exploité ou un projet d'exploitation présente ou doit présenter un bilan économique positif, impliquant une plus-value finale par rapport à la somme investie et aux coûts d'exploitation.

Pour bien étudier l'exploitabilité des ces roches il faut connaître toutes ses caractéristiques physico-chimiques et mécanique à travers de nombreux indices techniques comme la blancheur, faire des essais mécaniques (sur la résistance à la compression de ces matériaux le comportement au broyage, les indices de porosité). Pour confirmer les résultats d'analyses par DRX et FX il est judicieux de compléter par une analyse microscopique des échantillons pour mieux apprécier l'aspect texturale de la roche.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale L'étude géochimique par l'analyse élémentaire FX et minéralogique DRX effectuées sur les 9 échantillons issus des roches récupérées à partir des affleurements jurassique et triasique des massifs montagneux Gouraya-Aghbalou (bordure occidentale de Bejaia) a mis en évidence trois principaux faciès. La distinction de ces faciès est essentiellement basée sur les teneurs en éléments majeurs. Les éléments trouvés dans la grande partie des échantillons sont de CaO (calcite) en première position, minérale essentiel constituant les roches carbonatées, et de SiO₂ (silice) en deuxième position. Ce qui montre que la plupart des échantillons sont des calcaires. Les minéraux (Al₂O₃) argileux sont présents dans les échantillons 4 et 5 prélevés dans les affleurements triasiques, constitués essentiellement de la kaolinite. Les principales roches identifiées sont :

- Calcaires purs se trouvent au sommet du Djebel Aghbalou et le sommet de Djebel Gouraya, ce sont des calcaires ont une teneur importante de Calcite (100%).

- Calcaires marneux échantillonnés dans les flancs des Djebel Gouraya (aiguades) et Aghbalou et près d'Adrar-Oufarnou. Ils sont composés d'une teneur remarquable de la calcite et de la silice.

- Argiles constituées essentiellement de la kaolinite dans les formations triasiques près de la localité Tadrart.

D'après ces résultats, on remarque l'existence d'une évolution de faciès géochimiques, de faciès argileux aux pieds des massifs aux faciès calcaires marneux sur les flancs, jusqu' aux calcaires purs aux sommets des Djebels Aghbalou et Gouraya; marqué principalement par l'enrichissement en minéral carbonaté (Calcite) et appauvrissement en minéraux argileux (kaolinite, phengite et la muscovite).

Les résultats d'analyse chimique par FX et minéralogique par DRX viennent d'appuyer les informations déjà contenues dans la carte géologique de Bejaia.

Concernant l'exploitation des formations caractérisées, Les ressources géologiques en carbonates sont importantes, ils comportent des éléments utiles (Calcite). Elles pourraient être l'objet d'une exploitation, d'ailleurs certains massifs sont déjà en cours d'exploitation (Adrar Oufarnou et le flanc Nord-ouest d'Aghbalou), d'autre en phase finale (Carrière près d'Ivaouchen). Les calcaires purs sont destinés à l'utilisation dans l'industrie et son domaine

Conclusion Générale

d'application est très vaste. Cependant, plusieurs contraintes environnementale,..(et économiques - rendent difficile leur exploitation, voir même impossible. En plus, la vocation touristique de région de Bejaia.

Bibliographie

- [1]. **Adama, A. E., & Mackenzie, W. S** (1999). A Colour Atlas of Carbonate Sediments and Rocks Under the-Microscope. PI
- [2]. **CLAUDE, J.** 1994. "La Chaux- Ses utilisations." Coll. Techno-Nathan-collab Balthazard et Cotte Nathan Communication, Paris, 73 pp.
- [3]. **BATHURST, R.G.C.**, 1975. "Carbonate sediments and their diagenesis." in sedimentology 12. Elsevier, Amsterdam, 658 pp.
- [4]. **Dunham, R.J.** (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional textures.
- [5]. **Saou A. (2013)**. Hydrogéochimie des eaux de la vallée de la basse Soummam Bejaia Algérie, Th DOCT, Université A. Mira-Bejaia.p.136.
- [6]. **DURAND-DELGA, M.** 1969 Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n 39, 89.131.
- [7] **Hassissene, M.** (1989) Eude géologique du Djbel Aghbalou-Gouraya: éléments occidentaux du domaine des Babors (région de Bejaia)(Doctoral dissertation, Thèse. Magister, USTHB).
- [8] **Duplan L. (1952)**. Monographie régionale de la région de Bougie XIXe. Congrès Géologique International, Alger, 1ere série, N17,45.
- [9] **Rousseau R. (1907)**. Dans la basse vallée de l'Oued sahel [Notes sur les Mezaias, les
- [10] **Toudja et les Beni Ourlis].In : Annales de Géographie.t.16, n'86. Nbr.P.10.**
- [11] **L Medaouri M., Aldi, C., Bracene R., Yelles-Chaouche A., Ouabadi A., et Déverchère J. (2010)**. Double vergence des structures de la marge algirienne dans la région de Bejaia, résumé étendu, Geomag :first congrès on the Maghreb Geology, November 10-12, Tlemcen, Algeria. p. 03.
- [12]-(**Extrait d'un MNT**).
- [13].Mémoire master 2014/2015 présenter par: Mr. AZRI Rachid et Mr. ZERARA Aissam (Flottation du minerai Plomb-Zinc d'Amizour et caractérisation Physico- chimique du rejet).

Résumé

Notre site d'étude fait partie des monts de Bejaia, allant d'Aghbalou à Gouraya, qui sont caractérisés par des formations carbonatées très abondantes selon la carte géologique de la région de Bejaia.

Ce travail est une étude minéralogique et chimique réalisée sur des échantillons provenant de différentes zones des roches carbonatées dans la région Aghbalou-Gouraya, dans l'intérêt de caractériser la géochimie des roches carbonatées de cette zone.

L'interprétation et la discussion des analyses minéralogiques et chimiques d'échantillons provenant de différents endroits de la zone d'étude montrent que, selon la qualité des roches calcaires, la région Aghbalou-Gouraya se divise en 3 parties différentes : les sommets de Djbal Aghbalou et Gouraya qui contiennent des calcaires purs, les flancs de Aghbalou et Gouraya et près de Adrar-Oufarnou qui contiennent des calcaires marneux et la 3ème partie de la région Ivaouchen qui contient des argiles.

Mots clés : Djbal Gouraya, Aghbalou, minéralogique, géochimique, roches carbonatées.