الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جـــامعـــة جـيـــجـــل

Université MOHAMED SEDIK BEN YAHIA

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

كليـة عـــلوم الطـــبيعـة و الحـــياة
قســـم: علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

Option :Ressources Minérales et Géomatériaux

Thème

Carrière de grés de Kef Hedjirat El Aouana-Jijel (Nord Est Algérien). Caractérisations géologiques et exploitation.

Membres de Jury
Président :Mr BOUFETOUHA .
Examinateur: Mme BELMEDREG.
Encadrant :Mr BOUKAOUD .

Présenté par:
TOUDJI Kahina.

Soutenu publiquement le : 26/06/2016

Année Universitaire 2015-2016

Numéro d'ordre (bibliothèque) :……..

Résumé

La carrière de grès « Kef Hedjiret » est située dans la région d'El Aouana à Jijel et fait partie du flysch numidien. Elle est exploitée par l'entreprise Africaver pour la fabrication du verre.

L'étude pétrographique a mis en évidence 3 microfaciès de grés distincts par leur ciment différent: grés à ciment quartzique, grés à ciment argileux/micacé et grés à ciment ferrugineux (grés oxydé). Ces grès sont formés de quartz, micas blancs (muscovite, damourite et séricite), argile, zircon et oxyde de fer. Avec une prédominance de quartz (> 95%) pour les grès à ciment quartzitique, un taux élevé en argile et micas (10 à 12%) pour les grès à ciment argileux/micacé et un pourcentage élevé (> 15 %) en oxyde de fer, argile et zircon pour les grés à ciment ferrugineux (grés oxydé).

Ces grés objet d'étude selon FOLK et CAYEUX sont classés comme un orthoquartzite (pour les grès à ciment quartzitique) à sublitharénite (pour les deux autres type de grès) et présentent une maturité allant de l'immature au submmature, avec toutefois une dominance de submmature.

Les analyses géochimiques effectuées sur les grés à ciment quartzique et les grés à ciment argileux/micacé, ont montré une forte teneur en silice (> 97%) et faible teneur en éléments nuisibles à la fabrication du verre. Par contre, le 3e microfaciès de grès à ciment ferrugineux, est moins riche en silice (94%) et présente un taux élevé en fer (>0,15%) et en éléments nuisibles à la fabrication du verre.

En conclusion le terrain d'étude est subdivisé en 3 zones, deux entre eux forment un gisement de bonne qualité pour la fabrication du verre qu'ils s'agissent des grés à ciment quartzique et grés à ciment argileux/micacé et une zone à éviter, il s'agit des grès à ciment ferrugineux (grès oxydé).

Mots clé : grés Numidien, ciment, verre, Jijel.

Abstract

The Kef Hedjiret quarry is situated in the El Aouana region in Jijel. It is characterized by the thick layers of sandstone of the Numidian formation, which are exploited bythe Africaver enterprise for the production of glass.

The geological study of the outcrop in our sector has allowed us to establish the cross-sections which have brought out the most important accidents, which influenced the diverse formations in the Kef Hedjiret quarry.

The petrographic study of such sandstones has enabled to distinguish 3 types of sandstones according to their diverse cements: quartz cement sandstone, quartz-clay cement sandstone and ferruginous cement sandstone (sandstone oxide). These sandstones are made of quartz, white mica (muscovite, sericite and damourite), clay, zircon and iron oxide. With a quartz predominance (> 95%) for quartz cement sandstone, a high level of clay and mica (10-12%) for quartz-clay cement sandstone and a high percentage (> 15%) in oxide iron, clay and zircon for ferruginous cement sandstone (oxidized sandstone).

These sandstone, which are the object of study according to FOLK and CAYEUX, are classified as a orthoquartzite (for quartz cement sandstone) to sublitarenite (for the other two types of sandstone) and present a maturity within the range from immature to submature, but with a dominance of submature.
Geochemical analysis carried out on the sandstones from Kef Hedjiret before the processing have showed a good quality of this substance, represented by a strong content of silica (97%), favorable to the production of glass. These sandstones present also content of iron, aluminium and heavy metals such as zircon which, at precise quantities, may be harmful to the production of glass.

In conclusion the ground of study is subdivised into 3 zones, two between them train (from) a good quality deposit (field) for the glass-making that they involve wills with quartzique cement and wills clayey/ mica tinted cement and a zone to be avoided, it is about stonewares with ferruginous cement (oxidized stoneware).

key words : Sandstones, Numidian, Jijel, Africaver, Glass, oxides.

ملخـــــــــــــص

تقع محجرة "كف حجيرات" في منطقة العوانة بولاية جيجل. تتميز بمقاعد (طبقات) سميكة من الحجر الرملي من التشكيلة النوميدية التي تستغل لإنتاج الزجاج من طرف شركة "Africaver".

الدراسة الجيولوجية للتنوءات في هذا القطاع سمحت لنا بالقيام بمقاطع أبرزت أهم الأحداث المؤثرة على مختلف التشكيلات في محجرة "كف حجيرات".

الدراسة الصخرية لهذا الحجر الرملي سلط الضوء على ثلاثة أنواع من هذا الأخير، و ذلك بحسب طبيعة الإسمنت: حجر رملي ذو اسمنت كوارتزي، حجر رملي ذو اسمنت كوارتزي- موحل و جحر رملي ذو اسمنت حديدي (حجر رملي مؤكسد). هذه الصخور الرملية مكونة من كوارتز،ميكا ابيض،وحل،وزركون و أكسيد الحديد، حيث أنه لدينا نسبة كوارتز تتعدى ٩٧٥% بالنسبة للحجر رملي ذو اسمنت كوارتزي، نسبة وحل و ميكا تصل إلى ١٠-١٢% بالنسبة للحجر رملي ذو اسمنت كوارتزي- موحل، و نسبة ١٥% من اكسيد الحديد للجحر رملي ذو اسمنت حديدي (حجر رملي مؤكسد).

هذا الحجر الرملي موضوع بحثنا ،حسب كايو و فولك،هم عبارة عن أورطوكوارتزيت بالنسبة للحجر رملي ذو اسمنت كوارتزي،وسبليتارينيت بالنسبة للحجر رملي ذو اسمنت كوارتزي- موحل والجحر رملي ذو اسمنت حديدي (حجر رملي مؤكسد).كما أنهم يمثلون نضج من الغير البالغة الى القريبة من البلوغ مع اغلبية قريبة من البلوغ.

التحاليل الجيوكيماوية للحجر الرملي في المحجرة قبل معالجتها بينت النوعية الجيدة لهذه المادة، المتميزة بنسبة عالية من السيليكا (97%)، و الذي يعتبر عنصرا إجابيا في صناعة الزجاج. كما يتميز هذا الحجر الرملي باحتوائه على الحديد و الألومينيوم و المعادن الثقيلة كالزركون الذي قد يؤثر سلبا –بنسب محدودة- على صناعة الزجاج.

و في الاخير كنتيجة منطقة الدراسة تنقسم الي 3 اقسام , قسمين يمثلان تمعدن من نوعية جيدة, لصناعة الزجاج اما ان يكون حجر رملي ذو إسمنت كوارتزي او حجر رملي ذو اسمنت موحل , و منطقة يجب تفاديها فيها حجر رملي ذو اسمنت حديدي.

كلمات مفتاحية : حجر رملي، نوميدي، جيجل، Africaver، الزجاج، الأكاسيد.

Liste des figures:

Fig I-1 : Carte topographique localisant la carrière Kef Hedjiret 1/25 000 à 7 Km de Jijel chef lieu……2

Fig II-1 : Carte et coupe structurale schématique de la chaine Maghrébide montrant la disposition des zones internes et externes (Durand.Delga et Fontboté ;1980)……..4

Fig II-2 Cadre géologique de la petite Kabylie (D'après Andrieux et Djellit ; 1987)..5

Fig II-3: Colonne lithologique du flysch Numidien. (H. Djellit, 1987)……..…15

Fig III-I : Coupe géologique A-B……19

Fig III-II : Coupe géologique C-D…….….19

Fig III-01 : Alternance grés argilites…….…..20

Fig III-02 : Structures en bandes C/S…….….20

Fig III-03 : Miroir d'un décrochement dextre direction N60°-pendage 30°-pitch 30°……21

Fig III-04 : Couches de grés-argilites plissées……21

Fig III-05 : Axe de plis des banc de grés E-W……22

Fig III-06 : Déformations ductiles en bande C/S……22

Fig III-07 : Zone de bréchification…….…….23

a-Brèche tectonique.

b-Miroir de décrochement

Fig III-08: Carte d'échantillonnage -source google earth -…….24

Fig III- 09 : 8 échantillons les plus représentatifs des microfaciès des grés de la carrière Kef Hedjiret…….26

Fig III-10 : Grains de quartz (Qz) allant jusqu'à 2 mm……...……30

Fig III-11 : Oxydes de fer(Ox)……30

Fig III-12 : Oxydes de fer (Ox)+argile(Ar)…….…30

Fig III-13 : Séricite (Sé)……..30

Fig III-14 : Zircon(Zr) + argile(Ar) +damourite en paillette(Da)……...…30

Fig III-15 : Séricite (Sé)…….….31

Fig III-16 : Muscovite(Mus) + Oxyde de fer(Ox)…….31

Fig III-A : Zone 1 Grés dur à ciment quartzeux…….31

Fig III-17 : Quartz(Qz)+zircon (Zr) + oxydes de fer (Ox)…….33

Fig III-18 : Zircon (Zr) en inclusion dans le quartz……33

Fig III-19 : Argile (Ar) + zircon (Zr)+oxydes de fer (Ox)…….….33

Fig III-20 : Argiles (Ar) +Oxydes de fer(Ox)…….33

Fig III-21 : Muscovite (Mus)…….33
Fig III-B : Zone 2 Grés moins dur à ciment argileux et micacé……33
Fig III-22 : Zircon(Zr) + argile (Ar)+ quartz (Qz)…….35
Fig III-23 : Oxydes de fer en remplissage……..35
Fig III-24 : Oxydes de fer en remplissage…….…….35
Fig III-25 : Oxydes de fer(Ox) + zircon (Zr)……..……35
Fig III-26 oxydes de fer en remplissage + argile (Ar)……..…..35
Fig III-27 : Séricite LPA……...……..36
Fig III- C : Zone 3 Grés oxydés (ciment ferrugineux)……..…….36
Fig III-28 : Classification des grès (Folk, 1968)……37
Fig III-29: La maturité des sédiments (d'après Folk, 1974)……..38
Fig III-30 : Classification des grés de la carrière Kef Hedjiret……..39
Fig III (A, B, C) Histogrammes des teneurs des principaux éléments dans les différents grés échantillonnés…….…..…45
Fig IV- 1 Opération d'éxtraction et de débitage……..….48
Fig IV- 2 : Station de traitement de grés à la carriére……49
Fig IV- 3 : Grés ayant subi un concassage primaire 0-60 mm……49
Fig IV-4 : matiére premiére -1- acheminée vers le broyeur à barre -2-……...……50
Fig IV- 5 : Opération de criblage…….51
Fig IV- 6 : Classificateur à vis…….52
Fig IV-7 : Schéma de fonctionnement d'un hydro cyclone…….53
Fig IV -8 : Tables à secousses (non fonctionnelles)……..54
Fig IV- 9 : Mécanisme de fonctionnement d'une table de secousses……...54
Fig IV-10 : Opération de séchage……....55
Fig IV- 11 : Envoi de la silice -1- vers le silo -2-puis vers le hangar pour stockage et homogénéisation -3-……....56
Fig IV-12: Etapes de traitement des grès…….57
Fig IV-13: Traitement des grés de Kissir au niveau de l'unité AFRICAVER……58
Fig V-1 : Zonalité et superficie des 3 microfaciès de grès de Kef Hedjiret……....61
Fig V-2 : Coupe schématique (E-F) NE-SW montrant la relation entre les 3 microfaciès des grès de kef Hedjiret……62
Fig V-3 : Calcule des superficies des 3 microfaciès de grès par Google……63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif du résultat de l'étude des lames minces……..…41

Tableau 2 : Résumé des principaux résultats de l'étude lithologique et pétrographique…….41

Tableau 3 : Tableau des analyses géochimiques des grés de Kef Hedjiret avant traitement...44

Sommaire

Chapitre I : Généralités

I-1 Situation géographique……..……..……1
I-2 Géomorphologie, Orohydrographie, Climat ……..……..……..1

Chapitre II : Géologie régionale et géologie locale

Partie 1 : Géologie régionale…….…..3
II-1 le domaine kabyle ……...…….3
II-2 Le domaine des flycshs……...…….……7
II-3 Domaine Tellien……...……...…..7
II-4 Les formations des hauts fonds.....8
II-5 Les formations du sillon Atlasique.....8
II-6 Les formations détritiques postérieures au Lutétien……...……8
II-7 Le magmatisme Tertiaire ……...…….……..9
II-8 Les phases tectoniques ……...……..…….10
II-9 La tectonique récente ……11

Partie 2 : Géologie locale……13
II-10 L'assise gréseuse Numidien …….…...……13
II-11 Les molasses d'âge Tertiaire ……...……...……13
II-12 Le Miopliocéne marin …….……...……13
II-13 Les dépôts du Quaternaire …….……14

Chapitre III : pétrographique et traitement des analyses géochimiques

Partie 1: Etude pétrographique des grés de la carrière Kef Hadjiret.……16

Généralités sur les grés …….....……..……16
III-1-1 Définition des grè……...…….……...….....16
III-1-2 Composition minéralogique des grès……...……...…..…16
III-1-3 Aperçu sur la géologie de la carrière Kef Hdjiret……...…….....17
III-1-4 Description macroscopique des échantillons ……...……..24
III-1-4-1 Zone 1: Microfaciès à grés dur …….....……..…..24
III-1-4-2 Zone 2 : Microfaciès à grés moins dur …….....……...…25
III-1-4-3 Zone 3: Microfaciès à grés oxydés …….....……25

Etude microscopique…….....…….……...…27
III-1-5 -1 Microfaciés 1 : Grés dur à ciment quartzeux ……...…..……...….27
III-1-5 -1-1 Le quartz SiO2…….....…….....27
III-1-5 -1-2 Muscovites KAl2(Si3AlO10)(OH,F)2 …….....…...…..27
III-1-5 -1-3 Damourite …….....…...…..28
III-1-5 -1-4 Séricite …….....…..…28
III-1-5 -1-5 Minéraux des argiles …….....…….28
III-1-5 -1-6 Les minéraux lourds…….....…28
III-1-5 -1-7 Les oxydes fer …….....29
III-1-5-2 Microfaciès 2: Grés moins dur à ciment argileux et micacé …..….....29
III-1-5-2 -1 Le quartz SiO2 ……...…….....…...29
III-1-5-2 -2 Muscovites KAl2(Si3AlO10)(OH,F)2 et damourite …….....31

III-1-5-2-3 Les argiles …….....31
III-1-5-2-4 Les minéraux lourds …….....31
III-1-5-2 -5 Les oxydes fer …….....32
III-1-5-3 Microfaciès 3: Grés oxydés (ciment ferrugineux) …….....32
III-1-5-3-1 Le quartz SiO2 …….....32
III-1-5-3-2 Muscovites KAl_2(Si3AlO10) (OH, F) 2 …….....32
III-1-5-3-3 La damourite et la séricite …….....32
III-1-5-3-4 Les argiles …….....32
III-1-5-3-5 Les minéraux lourds …….....34
III-1-5-3-6 Les oxydes fer …….....35
III-1-6 Classification des grès. ……...…….....37
III-1-7 Maturité …….....…..…….....38
III-1-8 Conclusion et Comparaison entre les différentes zones…...….....…40

Partie 2 : Traitement des analyses géochimiques ……...……42
III-2-1 Eléments chimiques et la fabrication du verre ……...……...42
III-2-2 Les analyses géochimiques ……...…43
III-2-3 Commentaire des analyses géochimiques ……...…....46
III-2-4 Conclusion …….……....46

Chapitre IV : exploitation et traitement du grés

IV-1- Description du processus de l'activité de la carrière KEF HADJIRET …47
IV-1-1 Travaux de découverture végétale …….….…....47
IV-1-2 Travaux de foration …….....47
IV-1-3 Abattage et extraction de la roche …….….…47
IV-1-4 Débitage des blocs ……...…48
IV-1-5 Transport, Concassage et criblage ……...…...48
IV-1-6 Chargement du produit fini …….....49
IV-1-7 Transport vers l'usine à Taher ……..……..…50
IV-2 Traitement du grés pour la fabrication du verre ……..50
IV-2-1 Broyage ……..…….…...50
IV-2- 2 Classification ……..….…51
IV-2-3 Attrition ……....…...52
IV-2-4 Criblage humide et Coupure de 630 à100 µm ……..…….52
IV-2-5 Cyclonage ……..…...53
IV-2-6 Séparation gravimétrique ……...53
IV-2-7 Séchage ……..55
IV-2-8 Stockage et homogénéisation ……..56

Conclusion générale et recommandations ……..….....……59

Introduction

La principale formation affleurant à la carrière Kef Hedjiret de la Wilaya de Jijel est le grés Numidien qui est exploité par la société **AFRICAVER / SPA**.

Cette carrière est entrée en activité durant l'année 1987, son objectif principal consiste en l'abattage, l'extraction, le débitage des roches suivi des opérations de concassage, broyage, criblage et enfin leurs acheminement par camions vers le complexe de verre situé à TAHER pour la fabrication du verre imprimé et du silicate de soude.

Ce modeste travail va nous permettre de mettre en relief les caractéristiques des grés exploités, et connaitre leurs constituants et leur impact quant à la qualité du verre désiré.

Pour cela nous avons suivi les étapes suivantes:

- ✓ Une étude géologique régionale et locale, présentant le contexte géologique des Maghrébides et de la région d'étude, qui est d'essence bibliographique ;
- ✓ Une étude géologique détaillée de la carrière et ses environs ;
- ✓ Une étude pétrographique, classification et traitement des analyses géochimiques des échantillons prélevés dans la carrière.
- ✓ Une partie consacrée à l'exploitation du grés dans la carrière Kef Hedjiret .
- ✓ Enfin, une dernière partie sera consacrée à la zonalité de notre gisement et des conclusions et recommandations.

I-1 Situation géographique

La carrière de Kef Hedjiret est située sur le littoral méditerranéen de la wilaya de Jijel au Nord de l'Algérie, elle est située à 7 kilomètres à l'Ouest de JIJEL chef-lieu de la wilaya (Fig I-1) dans la localité appelée "Kef Hadjiret", en bordure de la RN 43 reliant Jijel a Bejaïa. Le site de la carrière "Kef Hadjiret" est accessible par la route nationale (RN 43), reliant Jijel à Bejaïa. Ce site couvre une superficie de 12 ha 79 ares.

Le sommet du site, objet d'étude, culmine entre 100 et 150 mètres d'altitude et, il est bordé:

- Au Nord par la RN43 et la mer Méditerranée.
- A l'OUEST par l'Oued Kissir.
- A l'EST par la localité Phare El Afia.
- Au SUD par RHABET MEZRHITANE et l'OUED TAKIELT.

I-2 Géomorphologie, Orohydrographie, Climat:

La majeure partie de la wilaya de Jijel, à l'exception de quelques larges vallées et la bande du littoral à l'Est de Jijel, est une région montagneuse très accidentée.

Dans la région montagneuse de la petite Kabylie, suite à la résistance très forte des roches dures sédimentaires, magmatiques et métamorphiques face à l'érosion, les dénivellations relativement importantes, les flancs de montagnes abrupts, les vallées étroites qui souvent se sont formées le long des lignes tectoniques sont caractéristiques. Les points culminants les plus importants sont :

- ✓ Djebel Tameskida (1620 m),
- ✓ Djebel Riafa (1490 m) ,
- ✓ Kef Sidi Marouf (1217 m).

Dans ces régions montagneuses méditerranéennes et pluvieuses, les petits ruisseaux et grands Oueds à cours d'eaux permanents sont fréquents.

Les cours d'eaux les plus importants qui prennent sources dans les régions montagneuses de la petite Kabylie se jettent dans la mer à travers les vallées de direction principale Sud Nord.

Le climat de la région est caractéristique au climat méditerranéen, avec Hiver très pluvieux et un été relativement sec et chaud. Dans ces régions montagneuses à fortes précipitations, des forêts caractéristiques se sont formées avec souvent des pins, chêne-liège et des forêts méditerranéens à végétation divers

Fig I-1 : Carte topographique localisant la carrière Kef Hadjiret 1/25000 à 7 Km de Jjijel chef lieu

Partie 1 : Géologie régionale

Les Maghrébides forment la partie Sud méditerranéenne de l'orogéne Alpin. Ils regroupent les chaines Rifaines au Maroc, Telliennes en Algérie et en Tunisie, les chaines Nord Sicillienne et Calabraise en Italie, la chaine tellienne d'Algérie orientale, comme pour les chaines des Maghrébides est caractérisée par un empilement de plusieurs nappes charriées sur la plate forme Africaine (Fig II-1), elle est représentée de l'intérieur vers l'extérieur par :

- Le domaine Kabyle;
- Le domaine des flychs;
- Le domaine Tellien et l'avant pays Atlasique. Ces domaines sont recouverts par un ensemble détritique (Numidien) et par des formations post-nappes.

II-1 le domaine kabyle :

Il est représenté par des terrains métamorphiques d'âge anté Triasiques (socle kabyle) et des séries de plates formes carbonatées d'âge Mésozoïque (dorsale kabyle) .

II-1-1 le socle kabyle :

Il apparait en Algérie du Nord sous forme de trois pointements amygdalaires insérés au sein de vastes nappes à matériels flysch, ce sont :

- Les massifs du Chenoua à l'Ouest;
- Les massifs de grandes Kabylie au centre;
- Les massifs de petite Kabylie à l'Est.

En petite Kabylie, le socle Kabyle affleure dans trois zones bien distinctes (Fig II-2):

- ✓ Au Cap Bougaroun Nord où il est traversé par des venues microgranitiques Miocènes (Bouillin, 1979; Durand Delga, 1980);
- ✓ Entre Skikda à l'Est et Jijel à l'Ouest où il chevauche les flyschs et les unités du domaine externe avec une flèche de 30 Km au moins (Wildi, 1983);
- ✓ Entre Skikda et Guelma où le socle est lié à la dorsale Kabyle et charriée sur elle (Raoult, 1974).

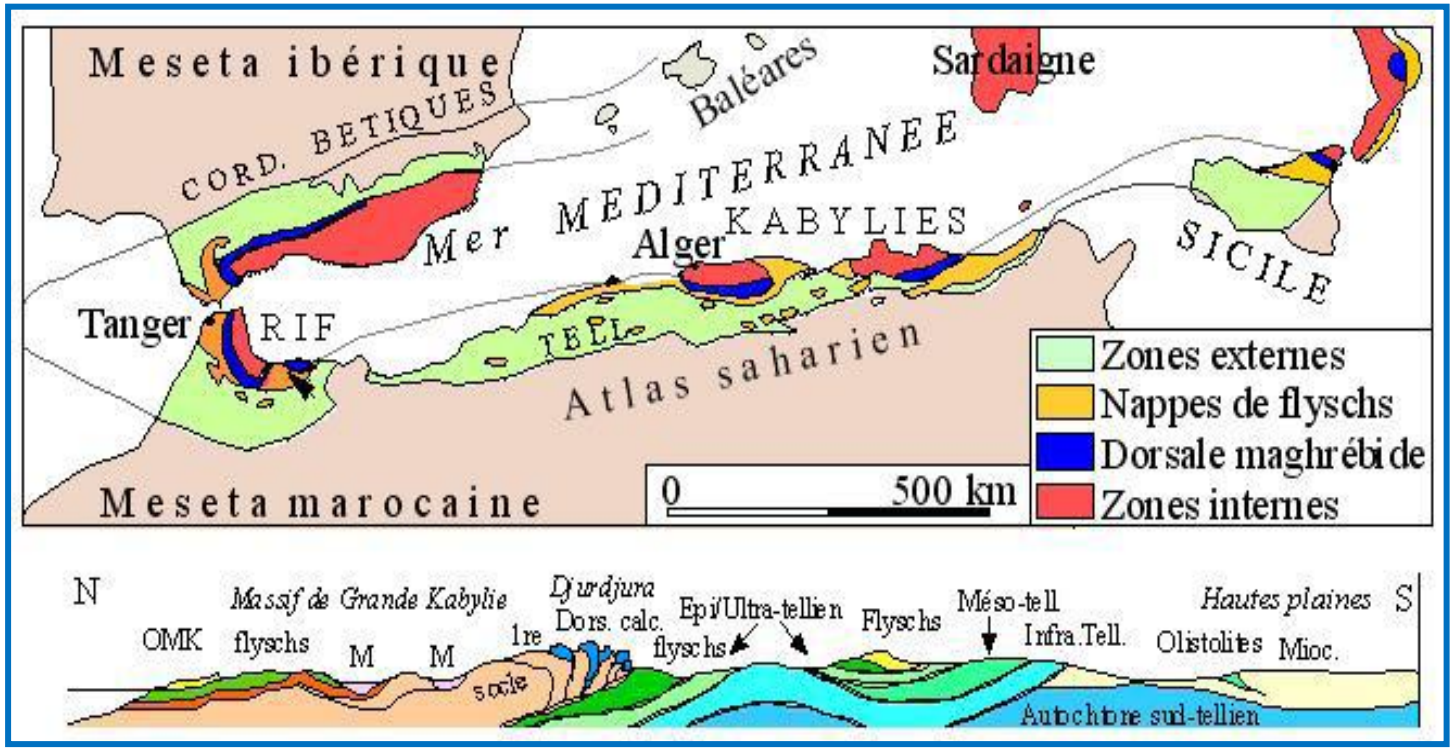
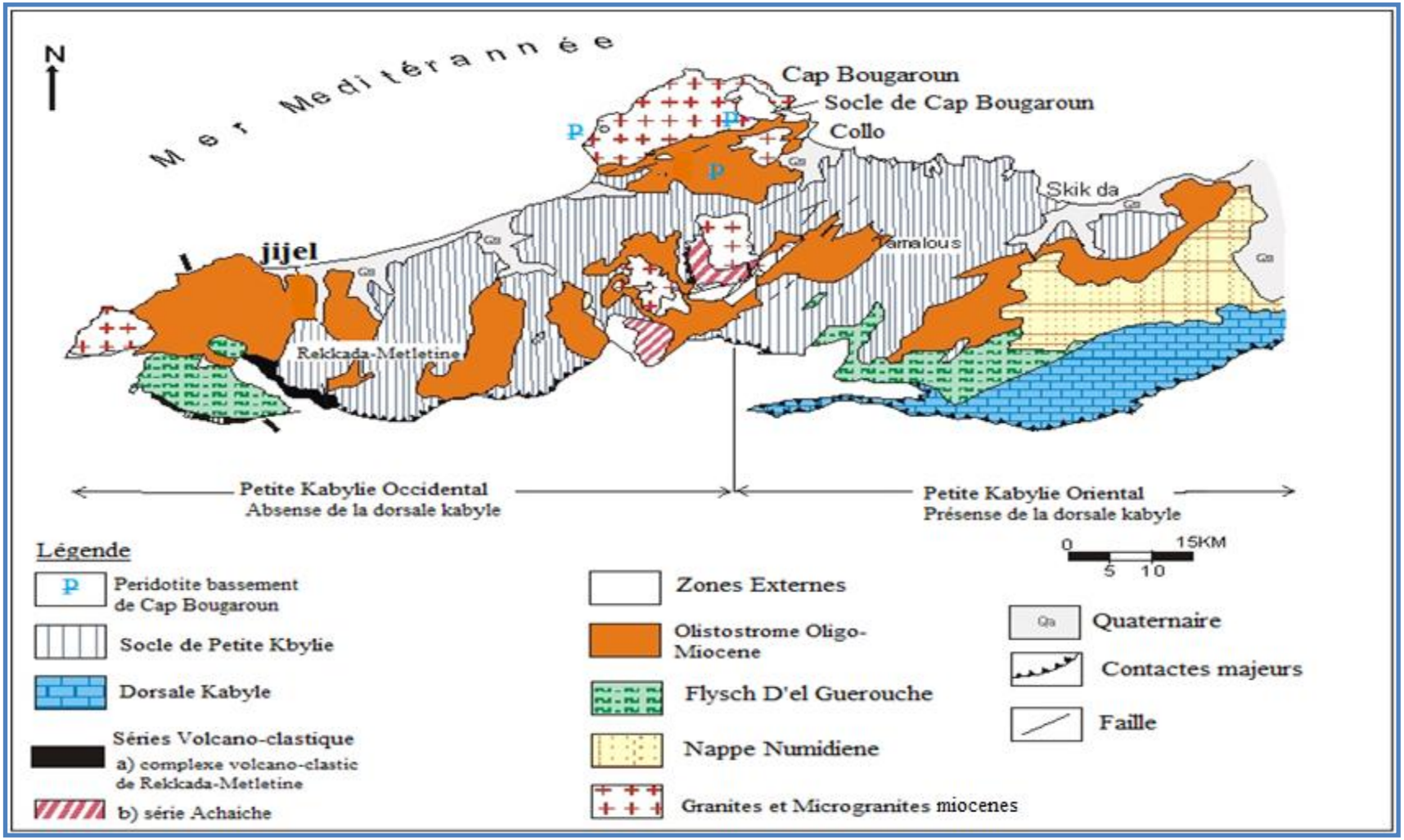


Fig II-1 : Carte et coupe structurale schématique de la chaine Maghrébide montrant la disposition des zones internes et externes (Durand.Delga et Fontboté ;1980)

Fig II-2 Cadre géologique de la petite Kabylie (D'après Andrieux et Djellit ; 1987)



Il est communément attribué au socle Kabyle trois ensembles lithologiques (Bouillin, 1977; Raoult, 1974; Wildi, 1983)

- Un ensemble cristallophyllien inférieur, formé de gneiss à intercalations parfois puissantes de marbre et d'amphibolites. Dans la zone du cap Bougaroun, la base du socle est constituée, par des péridotites, représentées par des lherzolites à plagioclase, fortement serpentinisées, des gneiss rétromorphosés et des pegmatites interprétés comme issues d'une zone crustale profonde et du manteau supérieur (Bouillin et Kornprobst, 1974).

- Un ensemble cristallophyllien supérieur comportant principalement des schistes satinés ou des phyllades ayant subi un métamorphisme de basse pression avec une zone supérieure à chlorites (Bouillin, 1977).

- Un ensemble essentiellement sédimentaire constitue la couverture Paléozoïque du socle cristallin. Les séries peu ou pas métamorphiques, comprennent des termes débutant au Cambrien et pouvant atteindre le Carbonifère (Bouillin, 1977).

II-1-2 La dorsale Kabyle :

Par ses reliefs carbonatés, elle marque la limite entre le socle Kabyle au Nord et les zones Telliennes plus externes au Sud (Djellit 1986).

En petite Kabylie la "chaîne calcaire" ou "dorsale Kabyle" a été subdivisée en trois unités : interne, médiane et externe (Durand-Delga, 1969; Raoult, 1974; Vila, 1980, Lahondhére, 1987) :

- Dorsale interne : elle est caractérisée par une série sédimentaire conglomératique à la base et calcaire au sommet d'âge allant du Permo-Trias au Néocomien. Depuis elle est restée émergée jusqu'au Paléocène puis, à partir de l'Eocène se sont déposés des calcaires néritiques massifs;
- Dorsale médiane : elle montre, à la base, la même série que la dorsale interne qui peut cependant atteindre le Barrémien. Le Crétacé supérieur, le Paléocène, l'Eocène (Jusqu'au Lutétien sont représentés par des marno-calcaires à microfaunes pélagiques. Au Lutétien supérieur apparaissent des faciès à microfaune benthique (Nummulites).

- Dorsale externe : elle est caractérisée par des formations détritiques du Crétacé et de l'Eocène.

II-2 Le domaine des flycshs:
Bouillin (1986) subdivise le domaine des flyschs en deux formations allochtones :

- Les flyschs maurétaniens ;
- Les flyschs massyliens, d'âge Crétacé inférieur au Paléogène.

II-2 -1 Les flyschs Maurétaniens:
Ils sont relativement épais et sont composés d'une série qui comporte des radiolarites à la base.

En Petites Kabylie apparaissent de vastes affleurements du substratum initial de ces flyschs. Ils se situent au front des nappes du socle interne (Durand Delga, 1971; Bouillin, 1978) ou dans des fenêtres qui percent ces nappes (Bouillin, 1982).

Les formations sont composées d'un ensemble pélito-calcaro-gréseux d'âge Néocomien, d'un ensemble pélito-gréseux en gros bancs d'âge Albien inférieur à moyen et d'un ensemble argilo-calcareux à débris calcaires et quartz détritique caractérisant les séries Maurétaniennes d'âge Vraconien à Lutétien.

Le sommet de la série est formé par des niveaux conglomératiques d'âge Sénonien supérieur et Paléogène.

II-2-2 Les flyschs Massyliens:
Raoult (1969), a utilisé le terme Massylien pour désigner les flyschs schisto-quartzeux Albo-Abtiens de Glangeaud (1932).

Ces flyschs comportent un ensemble pélito-quartzitiques datées du Crétacé inférieur à la base et un ensemble pélito microbrichique du Cénomanien au Sénonien au sommet.

II-3 Domaine Tellien:
Correspond aux formations telliennes situées sur la paléomarge Africaine (Bouillin,1986).

Ce sont des séries épaisses à faciès marno-calcaire d'âge Eocène, issues du sillon Tellien (Vila, 1980). Certains auteurs notamment Durand Delga ont subdivisé les formations du domaine tellien en trois grandes unités qui sont du Nord vers le Sud:

- Les unités Ultratelliennes
- Les unités Telliennes senso-stricto
- Les unités Pénitelliennes

II-4 Les formations des hauts fonds :

Ce sont d'épaisses séries néritiques à sédimentation carbonatée Jurassico-Crétacée dont le rocher de Constantine donne une idée précise (J.M.Vila, 1974).

II-5 Les formations du sillon Atlasique :

En Algérie orientale, le domaine Atlasique se singularise par la différenciation, des la base du Crétacé, d'un domaine à sédimentation marneuse, épaisse et à dominance pélagique. C'est le Sillon des Sellaoua qui sépare le domaine néritique constantinois au Nord, du domaine Atlasique au Sud (David ,1956).

II-6 Les formations détritiques postérieures au Lutétien:

II-6-1 L'Oligo- Miocène Kabyle (O M K) et les Olistostromes:

L'OMK est une série localement puissante composée de grés micacés avec des intercalations conglomératiques fréquentes à sa partie inférieure. Au sommet, cette série perd son caractère détritique et correspond à des sédiments pélitiques ou siliceux à radiolaires et diatomées : ce sont des silexites blanches (Bouillin, 1977; Raoult, 1974; Vila, 1980).

Cette série constitue la couverture stratigraphique discordante du socle kabyle. Sa base est datée de l'Oligocène supérieur et le sommet (silexites) semble atteindre l'Aquitanien (Miocène inférieur) (Bouillin, 1977).

II-6-2 Le Nummulitique II:

Ce sont des formations gréso- micacées, d'âge Priabonien à Oligocène supérieur qui constituent la couverture des séries de la chaîne calcaire et des flyschs Mauritaniens. (Raoult, 1979; Bouillin, 1977).

II-6-3 Les flyschs Numidien :

Ces flyschs forment l'unité la plus haute de l'édifice Alpin. Ils comportent de bas en haut :

- Des formations infra (ou sous) Numidiennes formées par des argiles vari colores à tubotomaculums de l'Oligocène moyen à supérieur ;

- Des grés épais a l'Aquitanien;
- Des formations supra numidiennes marneuses contenants parfois des phtanites au Burdigalien basal.

II-6-4 Les formations post-nappes:

Selon J. P. Bouillin (1977) les formations post nappe développées sur tout le domaine du socle Kabyle, comportent deux cycles, l'un marneux (à la base), l'autre gréseux (au sommet). L'âge de ces formations va du Burdigalien moyen- supérieur au Langhien.

Le Mio-Pliocéne continental affleure sur de vastes espaces dans le secteur des hautes plaines Sétifienne ou Constantinoise en remplissage de bassin (Bouillin, 1977; Vila, 1980)

II-7 Le magmatisme Tertiaire :

Le littoral Algérien a connu une intense activité magmatique durant le Miocéne.

Cette activité s'est traduite par la mise en place de granitoÏdes intimement liés à un volcanisme essentiellement andésitique (Semroud et al 1992), ces granitoïdes sont représentés par une série de roches allant des diorites aux granites en passant par les quartz- monzonites, diorites quartziques, granodiorites, microgranites (Semroud et al. 1992).

Ces roches sont localisées dans les régions de l'Edough, Cap de fer, Fifila, El Aouana, Collo, Bejaia- Amizour, Thenia et Cherchell, selon Semroud et al. (1992), ces granitoïdes sont caractérisés par la présence quasi constante de plagioclases zonés, la prédominance des pyroxènes et des amphiboles associés à de la biotite. Ils ont été subdivisés en deux types :

- Des granites à pyroxène, amphibole avec des enclaves microgrenues basiques.
- Des granites à biotite, cordiérite avec des enclaves à sillimanite, cordiérite et biotite.

La plus part des plutons ont induit dans leur encaissant sédimentaire un métamorphisme de contact d'intensité différente suivant les massifs.

II-8 Les phases tectoniques :

Si la période prétectogénique a commencé dés le Trias, la chaîne Alpine d'Algérie s'est surtout structurée au cours des phases tectoniques tertiaires.

Cette structuration est rattachée à la fermeture du sillon des flyschs dont le continu a été expulsé et largement charrié au dessus des zones externes (N.Kazi.Tani, 1986).

II-8-1 Les phases tectoniques Mésozoïques :

Dans les zones externes de la chaîne Alpine d'Algérie orientale, les évènements tectoniques Mésozoïques sont peu étudiés.

Au Jurassique inférieur, la distension se poursuit et provoque une subsidence différentielle qui persiste jusqu'à la fin du Crétacé inférieur, avec la structuration générale E-W caractéristique des bassins Maghrébins (G.Durozoy,1960 ; C.Voute,1967 ; N.Kazi- Tani,1986).

La tectonique Mésozoïque est mise en évidence par des variations de faciès, des lacunes de dépôts et des discordances angulaires.

Deux phases tectoniques localisées au passage Jurassique-Crétacé et au Crétacé supérieur sont souvent citées par les auteurs (M.Durand.Delga, 1955 ; R.Guiroud, 1973 ; M.Leikine, 1974).

II-8-1-1 La phase du Jurassique supérieur :

Cette phase souligne la fin d'une période distensive et subsidente qui caractérisait le Jurassique inférieur et moyen (J.Proust et al, 1977).

L'importance de cette phase tectonique est surtout attestée par des discordances angulaires qui marquent la base du Crétacé inférieur (M.Durand.Delga, 1955).

II-8-1-2 La phase Anté-Sénonienne :

Cette phase correspond à une phase de compression associée à des plis E-W (M.Durand.Delga, 1955 ; P.Deleau, 1939). Les structures issues de cette phase, sont souvent déversées vers le sud et sont liées à des discordances, des lacunes et des intercalations détritiques.

II-8-2 Les phases tectoniques Tertiaires :

Dans la plate forme du Constantinois, la période tectonique a été marquée essentiellement par deux phases importantes de mouvements :

II-8-2 -1 La phase Fini Lutétienne :

Une phase assez générale se place vers la fin du Lutétien : c'est la phase Atlasique (R.Guirand, 1973) ; fini-Lutétienne (M.Durand.Delga, 1969 ; J.F.Raoult, 1974) ; Priabonienne (J.M.Vila, 1980). Deux grandes directions d'accidents caractérisent cette phase l'une NS et l'autre NW-SE (J.P.Bouillin, 1977) et des plissements de direction NE-SW (J.M.Vila, 1980).

Généralement toute la déformation rattachée à cette phase et dont les structures sont d'origine compressive. Cette phase aurait structuré la chaîne calcaire (ou dorsale kabyle), les flyschs et les séries telliennes en grandes lames ou en plis couchés à vergence sud, avec les unités les plus internes en position plus haute.

Les travaux de J.P.Bouillin (1971-1978) dans les zones internes de la chaîne alpine d'Algérie apportèrent des observations précises sur la tectonique et la structure des zones internes du Constantinois. En mettant en évidence la superposition d'évènements tectoniques dans le temps, il conclu à l'existence d'une tectonique continue de la fin du Lutétien au Burdigalien moyen.

II-8-2-2 La phase Miocène :

Cette phase Miocène est aussi une phase de compression. Elle est caractérisée dans toute l'Algérie Nord orientale par un raccourcissement de direction N-S, elle aurait débuté plutôt (Burdigalien moyen) dans les zones septentrionales (J.P.Bouillin, 1977).

Pour J.M.Vila (1980), c'est la phase majeure Tortonienne à vergence sud qui est responsable des vastes recouvrements anormaux impliquant les formations postérieures au Burdigalien élevées dont la nappe numidienne. A ces recouvrements anormaux sont associes des décrochements NW-SE et NE-SW.

Le résultat de cette tectonique a donné lieu à un dispositif structural assez complexe, caractérisé par la superposition du socle Kabyle sur la couverture sédimentaire, formé par les nappes de flysch charriés sur les formations Telliennes.

Cette phase serait, selon J.M.Vila (1980), responsable de la genèse de la « nappe néritique Constantinoise », des « unités allochtones des Sellaoua », de l' « ensemble Sud Setifien » et des « unités méridionales à nummulites ».

II-9 La tectonique récente :

Dans les zones externes de la chaîne alpine d'Algérie orientale, la tectonique post nappe n'a pas fait l'objet d'études détaillées. Dans le Constantinois, J.M.Vila (1980) et P.E.Coiffait (1992), considèrent que les formations liées à la tectonique récente sont

représentées par des failles normales, de directions variables, en bordures des massifs calcaires Jurassico-Crétacé.

Partie 2 : Géologie locale

La localité de Jijel est caractérisée par des formations sédimentaires qui sont :

- L'assise gréseuse numidienne;
- L'OMK dépôts molassiques ;
- Le Mio-Pliocène marneux et enfin les dépôts quaternaires qui sont constitués de différentes formes de recouvrement .

II-10 L'assise gréseuse Numidien :

Elle est Constituée par des argiles aux teintes variées, surmontés par une alternance de pélites bleutées et des marnes à intercalations gréseuses décimétriques, puis vient un ensemble gréseux en bancs épais à faciès Numidien composé essentiellement de grés de teinte jaune blanc avec rouille à l'altération à grains de quartz grossiers roulé, enfin des bancs de calcaires gréseux associés à des marnes calcaires (Fig II-3) .

Le Numidien constitue la formation principale de notre carrière, représentée essentiellement par des bancs de grés centimétrique à métrique, de couleur variable du blanc sale à jaunâtre à grains fin à moyen, intercalés par des couches d'argilites noirâtres souvent en minces plaquettes.

Ces séries de bancs gréseux et de minces couches d'argilites ont subi une forte tectonique pose en force traduit par des accidents, des fractures de différentes orientations et des plissement affectant à la fois les bancs des grés et les couches argililites, les argilites connaissent par endroit de puissante altérations et des accumulations des dépôts ferrugineux et des sulfures.

II-11 Les molasses d'âge Tertiaire :

Ils sont constitués par une matrice marneuse à passées gréseuses molassique (Djellit.H 1987) et pouvant évoluer vers des faciés plus flyschoides comportant des passées argilo-gréso-micacé, d'âge Albo-Aptien(flysch Massilien).

II-12 Le Miopliocéne marin :

Il se présente en couches marneuses surmontées par des conglomérats du Pliocéne, de puissance assez importante pouvant atteindre 300 m, il est horizontal à subincliné , les marnes du Miocène sont de couleur grise très épaisse et fortement ravinée, alors que les conglomérats sont de couleur jaunâtre.

II-13 Les dépôts du Quaternaire :

Ces dépôts sont souvent représentés par des faciès à caractère détritique, ils sont caractérisées par:

- Des sables côtiers;
- Des terrasses récentes;
- Des argiles de recouvrement : ces recouvrement apparaissent au nord-est de la carrière de Kef Hedjiret, comportent éboulis en blocs de grés numidien issus des reliefs surplombant notre site.

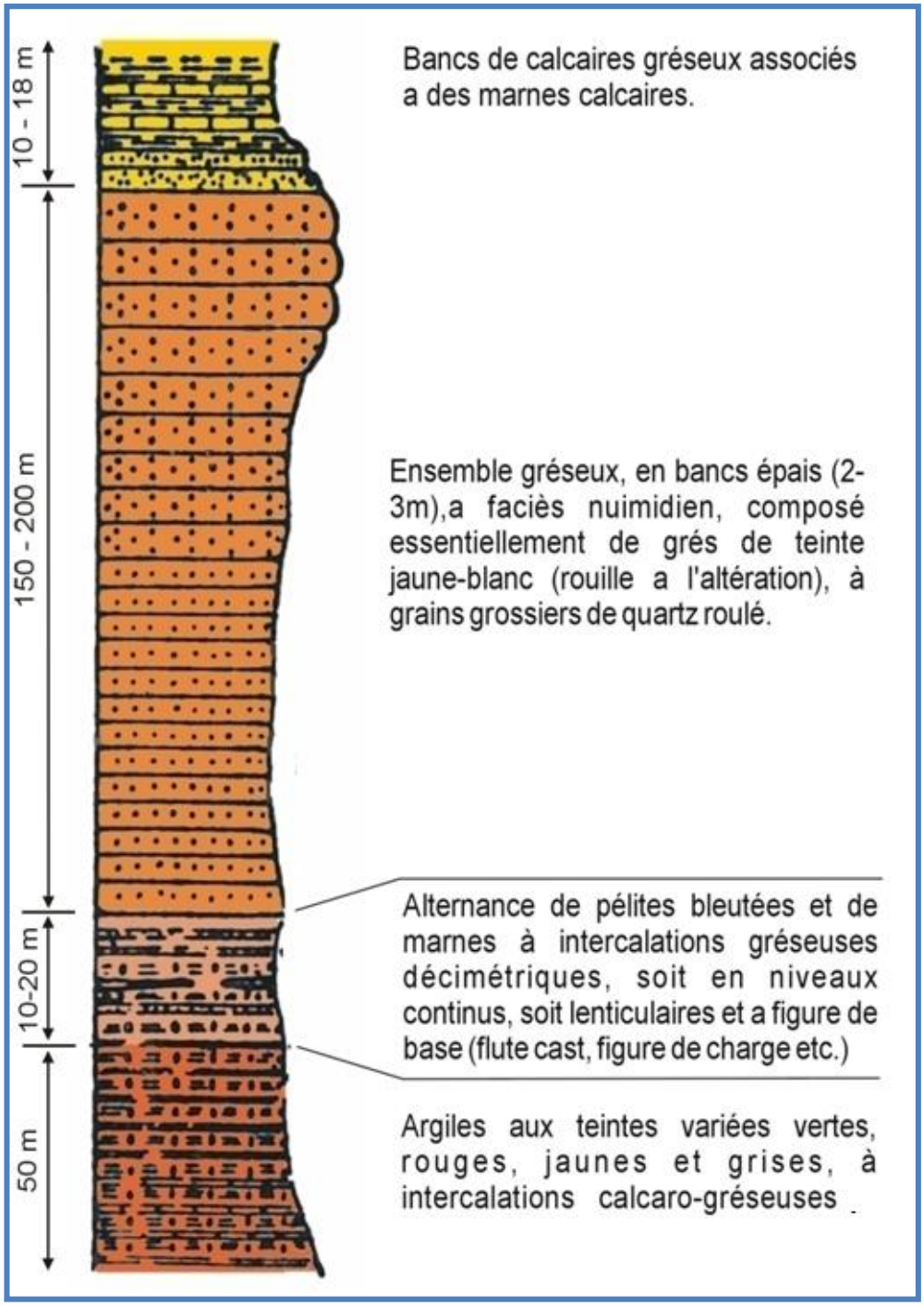


Fig II-3: Colonne lithologique du flysch Numidien. (H. Djellit, 1987)

Partie 1 : Etude pétrographique des grés de la carrière de Kef Hedjiret

Notions générales concernant les grés

III-1-1 Définition des grès:

Les grès (Boulvain F., 2009) sont l'équivalent d'un sable consolidé, c'est-à-dire des roches dont les constituants détritiques ont une granulométrie comprise entre 2 mm et 62 µm. L'examen montre d'une part une phase granulométrique principale, la plus grossière, qui comporte les grains du grès et d'autre part, soit une matière interstitielle qui réunit les grains et qu'on appelle le liant, soit des fluides comme de l'eau, du pétrole, de l'air.

Ce liant peut être de nature chimique et représenter une précipitation in situ de matière minérale (silice sous forme d'opale, de calcédoine ou de quartz, carbonate de calcium ou plus rarement hématite, goethite, gypse, anhydrite, etc.): on parlera dans ce cas du ciment de la roche. Si l'on observe au contraire qu'une phase détritique plus fine occupe les interstices entre les grains de la phase grossière, on parlera d'une matrice intergranulaire, représentant une infiltration mécanique de particules fines entre des grains jointifs.

Si les grains les plus gros ne sont pas jointifs, on doit considérer que l'on a affaire à un sédiment mal classé où les particules grossières et fines ont été déposées en même temps: on distinguera alors entre un simple empâtement des gros grains dans la matrice silteuse ou argileuse(structure empâtée) ou une franche dispersion des gros grains au sein de la matrice (structure dispersée).

Dans les structures jointives, on peut avoir un simple ciment de contact, conservant à la roche une porosité importante, mais le plus souvent, le ciment comble la totalité des interstices entre les grains. Dans les "quartzites", les grains de quartz s'entourent d'une auréole d'accroissement formée de quartz, de même orientation optique que le grain détritique. Le phénomène de croissance syntaxique peut être mis en évidence lorsque les grains du sable primitif possédaient un mince revêtement d'oxydes de fer.

III-1-2 Composition minéralogique des grès:

On peut envisager la composition minéralogique des grès sous des aspects très différents:

- Selon la nature minéralogique du liant: grès à ciment siliceux, calcaire, ferrugineux, etc.; et d'après la présence de constituants minéraux exceptionnels (grès glauconifères, micacés,...);

- On peut aussi opposer les constituants stables (quartz, débris de chert et de quartzite) aux constituants instable, c'est-à-dire ; aisément altérables comme les feldspaths, les micas, les débris de roches en général. Cette distinction conduit à la notion de maturité des sédiments qui se traduit non seulement par la disparition progressive des constituants instables mais également par l'élimination de la matrice argileuse, par l'amélioration du classement granulométrique et par l'augmentation du degré d'arrondi des grains.

Les constituants majeurs des grès:

- Le quartz: c'est, en raison de sa résistance à l'altération, de loin le constituant le plus fréquent des grès. Diverses tentatives ont été réalisées quant à la détermination de la provenance des quartz, mais en général, les résultats ont été décevants. On peut dire néanmoins que les quartz monocristallins à extinction ondulante proviendraient de précurseurs plutoniques ou métamorphiques, alors que les quartz à extinction uniforme proviendraient de roches volcaniques ou de grès recyclés ;
- Les feldspaths: suite à leur fragilité (clivage) et leur grande altérabilité, les feldspaths forment rarement plus de 10 à 15% des grès. Une proportion importante de feldspaths dans un grès doit donc être considérée comme "anormale". Elle peut indiquer soit un climat où l'altération chimique est faible (aridité), soit la présence de reliefs, responsables d'un transit rapide des sédiments vers le bassin;
- Les fragments lithiques: comme les roches plutoniques ont tendance à se désagréger avant leur incorporation dans le sédiment, les fragments lithiques les plus fréquents sont des morceaux de roches volcaniques, de schistes, de cherts;
- Les micas et les minéraux des argiles: les micas sont fréquents dans les grès. Leur granulométrie les range dans les fractions silteuse et sableuse. Les argiles forment la matrice. Il est généralement difficile de déterminer si leur minéralogie est originelle(matériel détritique) ou est le résultat de la diagenèse.

III-1-3 Aperçu sur la géologie de la carrière Kef Hdjiret :

Les formations géologique de la carriére Kef Hadjiret, sont représentées par des grés intercalés par des argilites**.** Les grès affleurant dans notre secteur d'étude sont d'épaisseur métrique, souvent oxydés en patine, et de couleurs variables en cassure

fraiche du blanc passant par le jaune jusqu'au gris clair, à grains hétérométriques, les couches d'argilites associées aux grés se présentent parfois en minces plaquettes, et d'autre fois sont broyées ou plissées (Fig III-01)

L'orientation des couches des grés et des argilites est N 20° avec un pendage qui varie de 10°E à la verticale, formant parfois des structures en bandes C/S (Fig. III-02 et 06).En effet les affleurements de la carrière sont affectés par une tectonique assez prononcée, des décrochements dextres de direction NW-SE (Fig.III-03 et 07), des plans de cisaillement, des plissements et des multifractures de différentes tailles (FigIII-04), l'effet de la tectonique est matérialisé par des déformations cassantes et des ductiles (Fig. III-I et II) :

La déformation ductile est marquée principalement par des plis d'axe E-W (Fig III-5), et des structures en bandes C/S, elle est développée surtout dans les zones à épaisse couche d'argilite montrant un comportement rhéologique ductile (FigIII-6).
Quant à la déformation cassante. Cette déformation est représentée par un réseau de fractures et d'accidents dominés par des directions : NE-SW, NW-SE, EW, NS.
Plusieurs zones de bréchification sont observables le long des accidents (FigIII-7**)**, cette tectonique se développe surtout dans les zones à épaisses couches de grès montrant un comportement rhéologique cassant.

Les mouvements de la tectonique qui ont structuré les formations Numidienne de la carrière objet d'étude, ont favorisé la circulation des solutions minéralisatrices (essentiellement ferrugineuses) ce qui a engendré le dépôt d'oxydes de fer, notamment dans les endroits à épaisses couches d'argilites.

Deux coupes géologiques (AB) et (CD) de différente orientation, (Fig. III-08) ont été établis pour bien comprendre la disposition structurale des différentes parties de la formation numidienne de la carrière objet d'étude (Fig. III-I et II). La première coupe (AB) est orientée NE-SW, parallèlement aux plans de cisaillement à vergence sud de la nappe numidienne de Kef Hdjiret. La coupe (CD) est parallèlement à la direction des couches.

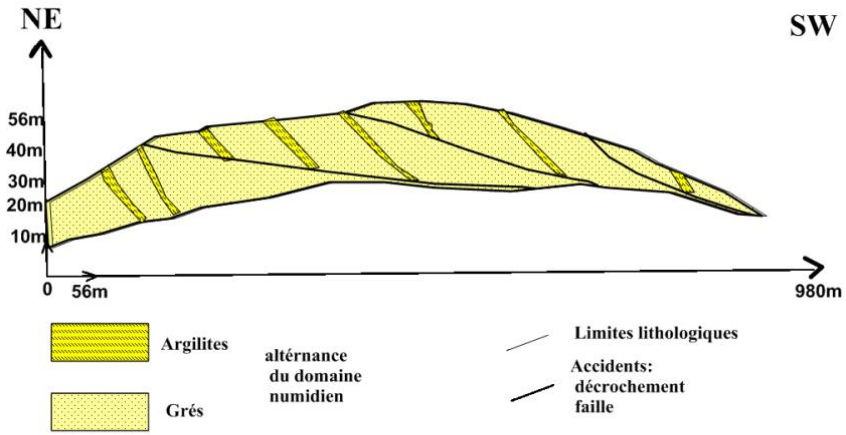


Fig III-I : coupe géologique A-B

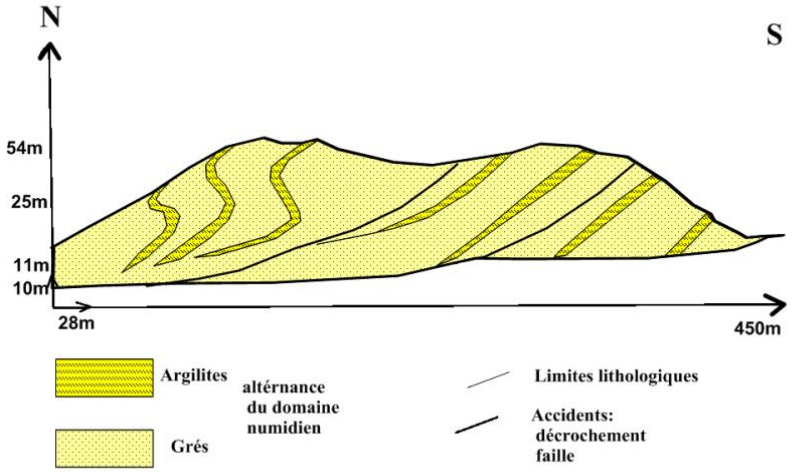


Fig III-II : coupe géologique C- D

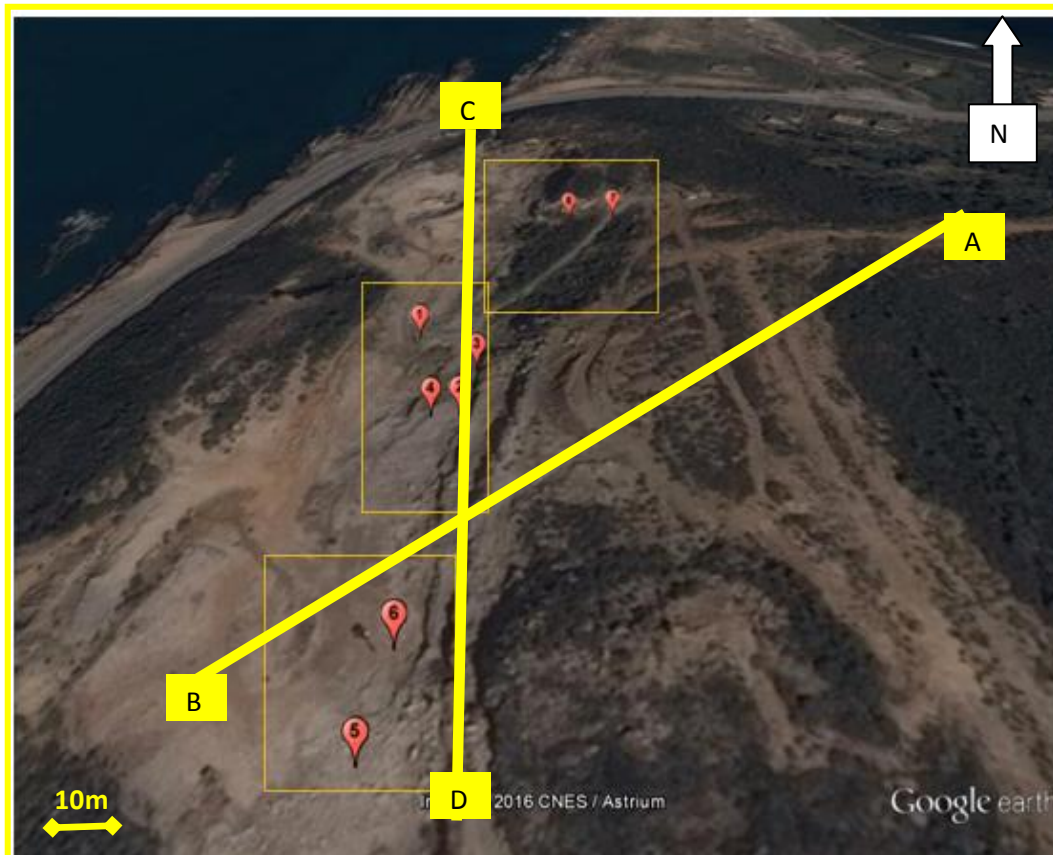


Fig III-01 : Alternance grés argilites .

Fig III-02 : Structures en bandes C/S .

Fig III-03 : Miroir d'un décrochement dextre direction N60°-pendage 30°-pitch 30°

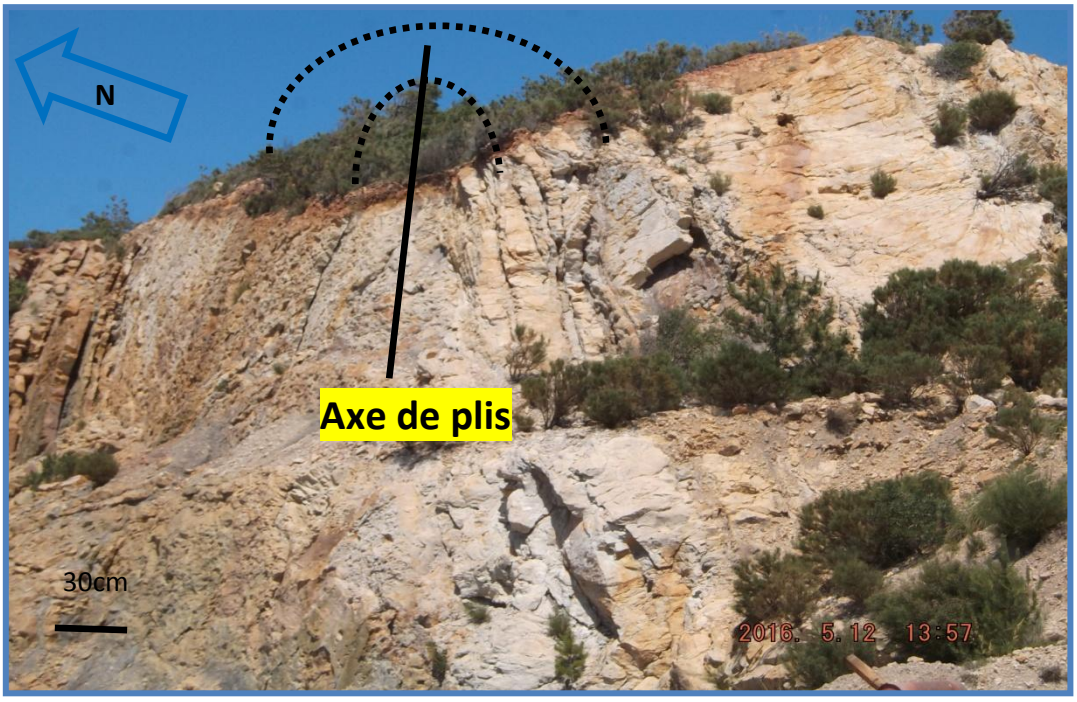


Fig III-04 : Couches de grés-argilites plissées.

Fig III-05 : Axe de plis des bancs de grés E-W

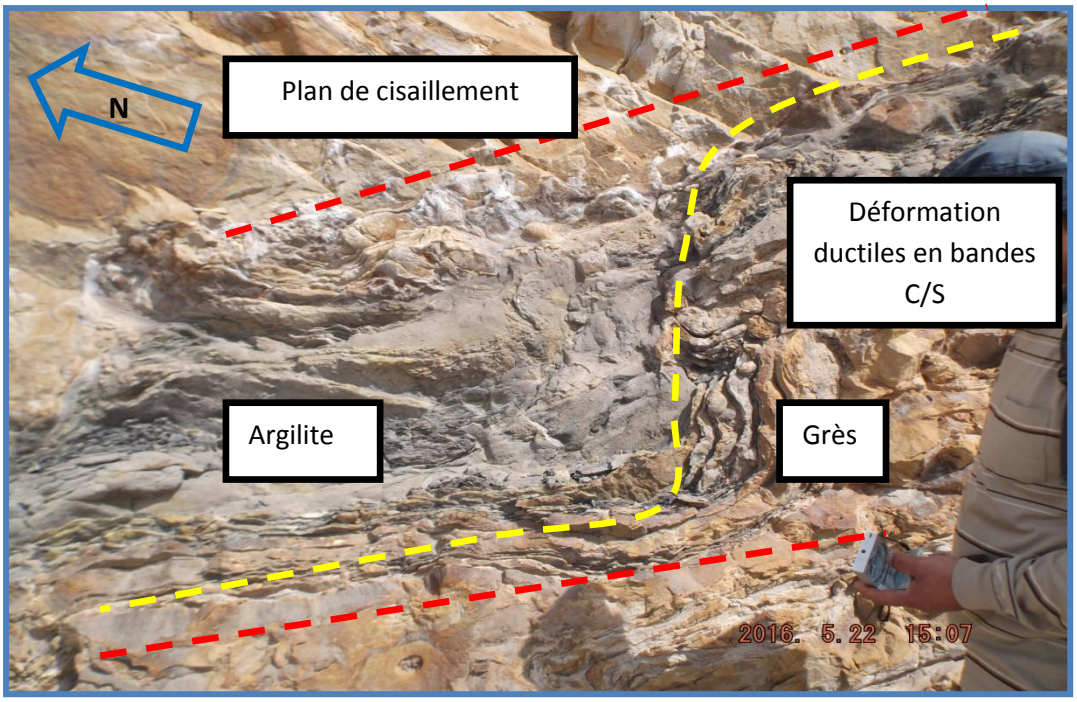


Fig III-06 : Déformations ductiles en bande C/S.

Fig III-07 : Zone de bréchification

a-Brèches tectoniques.

b-Miroir d'un décrochement

III-1-4 Description macroscopique des échantillons:

Sur le terrain nous avons établi un prélèvement de plusieurs échantillons de grés (FigIII-08),sélectionnés à partir de la couleur, de la taille des grains, de type du ciment, de la résistance de la roche aux coups du marteau, de la présence d'oxydation...ect.

Fig III-08: Carte d'échantillonnage -source googleearth -

III-1-4-1 Zone 1:Microfaciès à grés dur

Echantillon n 1 :

Des grés de couleur jaune claire en patine, blanchâtre en cassure, présentant des petits grains de quartz fins, bien classés et de dureté considérable (Fig III-09).

Echantillons n 2 et 3 :

Ces grés sont de couleur grise en patine et gris claire en cassure, de grains très fin et bien classé. La roche est dure et présente de minces zone d'oxydation (échantillon 2)(Fig III-09).

Echantillon 4 :

Des grés de couleur grisâtre en patine et grise claire en cassure à grain très fin, ce grés est dur(Fig III-09).

III-1-4-2 Zone 2 : Microfaciès à grés moins dur

Echantillon n 5 :
Ce grés est de dureté moyenne; blanc sale en patine et blanchâtre en cassure, à grains fins à moyen mal classifiés moyennement cimenté et présente une légère oxydation le long de microfissure (Fig III-09).

Echantillon n 6 :
Le grés de dureté moyenne; blanc sale en patine et blanchâtre en cassure, à grains fins à moyen mal classifiés moyennement cimenté, pas de trace d'oxydation(Fig III-09).

III-1-4-3 Zone3: Microfaciès à grés oxydés.
Echantillon n 7 :
Ces grés sont de couleur grisâtre en patine et en cassure, très oxydé , à grains mal classifiés, de taille moyenne à petite , et présentant une dureté moyenne (Fig III-09).

Echantillon n 8 :

Des grés gris et jaune sale en patine , et gris clair en cassure, à grain très fins, bien classifiés, moyennement dur et présente une forte oxydation en patine et en cassure (Fig III-09).

Echantillon n 1	**Echantillon n 2**	**Echantillon n 3**
Echantillon n 4	**Echantillon n 5**	**Echantillon n 6**
Echantillon n 7	**Echantillon n 8**	

Fig III- 09 : 8 échantillons les plus représentatifs des microfaciès des grés de la carrière Kef Hedjiret

Etude microscopique:

08 minces ont été confectionnées au laboratoire de confection des lames mince au centre de recherche et de développement de Boumerdes, la description microscopique effectuée sur ces lames minces a pour but de déterminer la composition minéralo-pétrographique , la taille et la texture des minéraux constitutifs des grés Numidiens de la carrière.

pour cela nous avons traité ces échantillons par microfaciès (par zone) :

- Zone 1 : Grés dur à ciment quartzeux .
- Zone 2: Grés moins dur à ciment argileux et micacé.
- Zone 3 : Grés oxydés (ciment ferrugineux).

III-1-5-1 Microfaciés1: Grés dur à ciment quartzeux (FigIII-A)

III-1-5-1-1 Le quartz SiO2

Le quartz est le composant principal de la roche, il est très abondant (~95%). (FigIII-10), il présente généralement des grains inequidimensionnels et subarrondis, de taille comprise entre 0.1 à 2 mm. En LPA, le quartz se présente en petits grains à extinction roulante, avec une biréfringence faible, polarise dans le gris claire et blanc du 1 er ordre. En LPNA le relief est très faible, pas de clivage et plages incolores et dépourvues de toutes altérations.

Le quartz dans ces roches montre deux types: le premier est de grande taille allant jusqu'à 2 mm, et forme le squelette de la roche et le second test de petite taille ne dépassant pas 0.2mm, occupant les interstices et faisant jonction entre les constituants.

III-1-5-1-2 Muscovites KAl2(Si3AlO10)(OH,F)2:

La muscovite cristallise dans le système monoclinique, son pourcentage est faible (~0.5 %) dans ces échantillons, sa taille peut atteindre 0.4 mm dans quelques lames minces.

En LPNA la muscovite est incolore, limpide mais dans notre cas la muscovite est coloré avec des couleurs pastelles (rose, bleu,vert) cette coloration est due au fer présent dans la muscovite(muscovite ferrifère), souvent en baguettes allongées et présente un clivage net (FigIII-16).

En LPA, la muscovite est facilement reconnaissable par ces teintes de polarisation très vives du 2^{em} au 3^{em}ordre : jaune, rose ou magenta très vives.

III-1-5-1-3 Damourite :

La damourite est un mica blanc hydraté, elle se présente en fines paillettes ou en aiguilles. Certains auteurs préconisent d'utiliser le terme de damourite pour ce type de mica provenant de la décomposition de différents silicates, parcontre dans notre cas ces damorites sont des fragments de roches détritique

La damourite est en faible quantité (0.5%), elle montre des critères optiques identique à la muscovite, et ne diffère de cette dernière que par sa forme en paillette .(FigIII - 14).

III-1-5 -1-4 Séricite :

La séricite, comme pour la damourite est une hydro muscovite, apparait avec un feutrage caractéristique et avec de longues aiguilles flexueuses et ne présente pas d'orientation préférentielle. La séricite est peu abondante 1%.(FigIII - 13 et 15).

III-1-5 -1-5 Minéraux des argiles :

Les argiles se présentent en produits ultramicroscopiques et leur étude au microscope polarisant est insuffisante, pour distinguer ces différents types, l'appel à une analyse aux rayons X s'impose. Dans cette partie de la carrière, les argiles sont peu abondant 1%.

En LPNA**,** les argiles sont en petites paillettes à clivage parfait, petite tablette hexagonales ou cryptocristalline**.**

En LPA ces argiles présentent une biréfringence faible, polarisent dans les gris du 1er ordre (FigIII-12 et 14).

III-1-5 -1-6 Les minéraux lourds:

Les minéraux lourds sont définis comme étant des minéraux dont la densité est supérieure à 2.89 comme le zircon, sulfures et oxydes de fer, densité du bromoforme utilisé pour les séparations de fraction légère (quartz, feldspaths, calcite,…).

Malgré la multitude des minéraux lourds présents dans les sédiments terrigènes, leur pourcentage total excède rarement 0.5% de la roche (Hamel, 1988).

Ils présentent néanmoins une grande importance dans la détermination de province nourricière, l’étude du transport et de l’altération, sont donc utiles pour retracer l’histoire d’un sédiment (paléogéographique) ; ils servent également à établir des corrélations en l’absence de flore et de faune.

Ces minéraux sont initialement des minéraux accessoires de roches éruptives et métamorphiques.

Leur quantité décroit au fur et à mesure des cycles de sédimentation, puisque certains d'entre eux sont chimiquement instables et d'autres plus tendres que le quartz, composant minéraux lourds (zircon,…), la forme de ces minéraux peut indiquer d'une part si le sédiment a subi une forte abrasion et d'autre part, s'il est constitué par des apports provenant d'une seule ou plusieurs sources différentes.

Zircon ZrSiO4

Le zircon est caractérisé par une dureté élevée 6,5 à 7, il cristallise dans le système quadratique, présente un éclat vitreux almandin, sa cassure est conchoïdale, le zircon représente (0.5 à 1%)de la lame mince, il se présente sous forme subarrondie (FigIII-14).

En LPNA le zircon est conchoïdale, incolore, à relief très fort .

En LPA sa biréfringence est très forte et l'extinction est droite.

Les éléments radioactifs contenus dans ce zircon émettent un rayonnement qui engendre des auréoles noirâtres.

III-1-5 -1-7Les oxydes fer:

Leur couleur est variable(brun, rouge sang, rouge brunâtre) de petite taille (FigIV-12), leur pourcentage est faible 2 %.

En LPNA, les oxydes se présentent en différentes couleurs foncé opaques (Fig IV - 11).

III-1-5-2 Microfaciès 2: Grés moins dur à ciment argileux et micacé (Fig III-B)

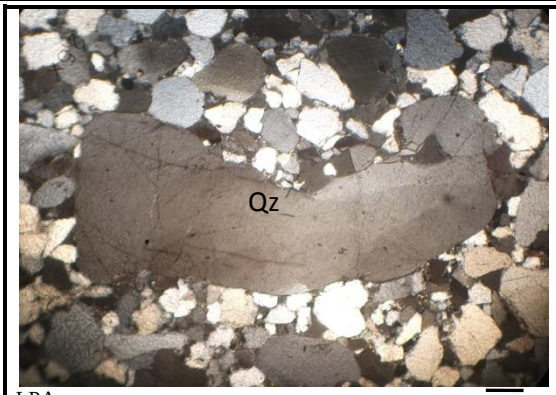
III-1-5-2 -1 Le quartz SiO2:

Le quartz est le composant principal de la roche, abondant(Fig III-17).

Il présente des grains inequidimensionnels, anguleux à subanguleux .

En LPA le quartz présente une extinction roulante, présente dans certains cas des inclusions de zircon.

En LPNA le relief est très faible, plages incolores et dépourvues de toutes altérations.



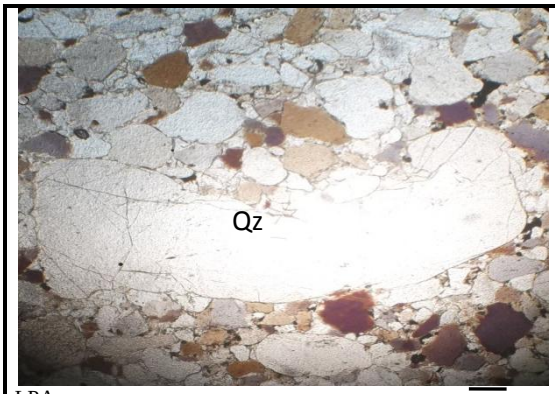


Fig. III-10Grains de quartz (Qz) allant jusqu'à 2 mm

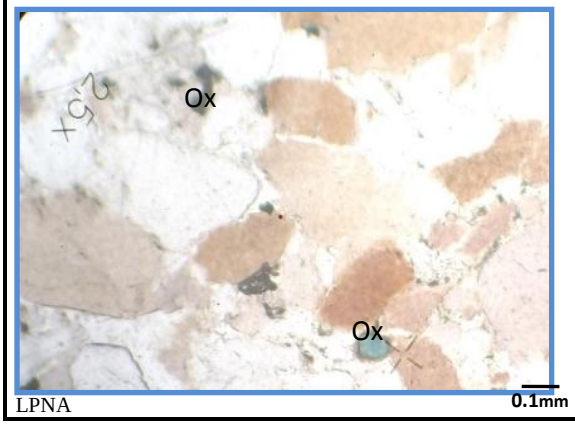
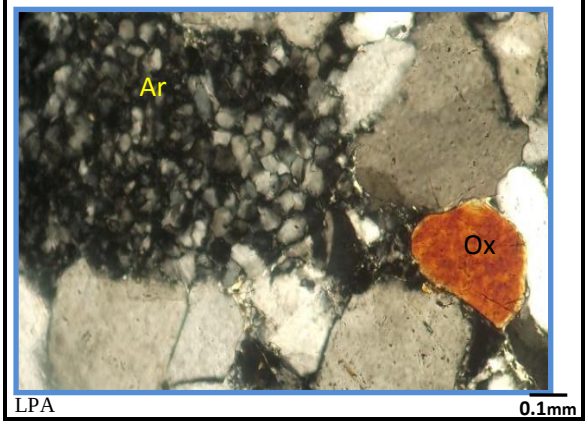
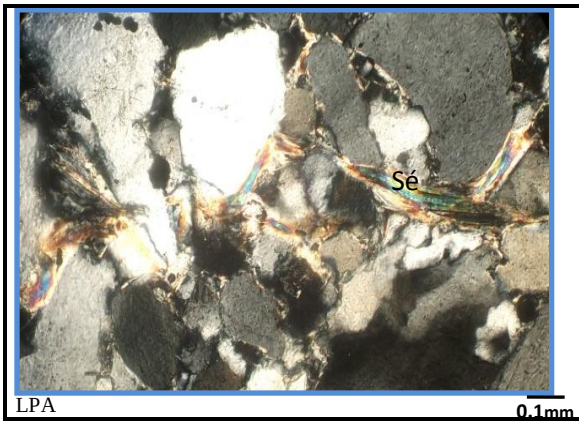


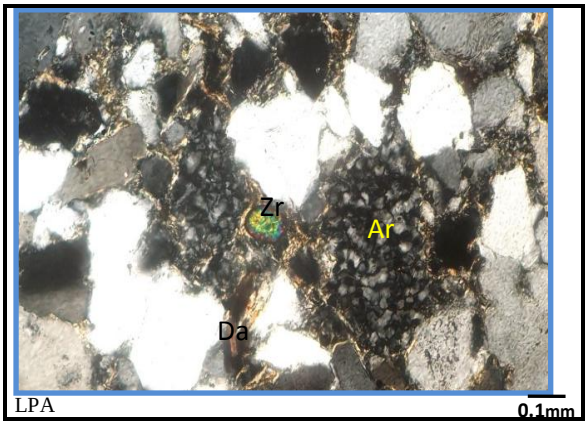
Fig. III-11Oxydes de fer(Ox)



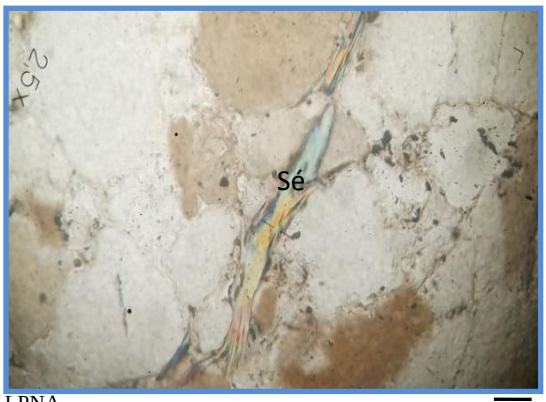
FigIII-12Oxydes de fer (Ox)+argile(Ar)



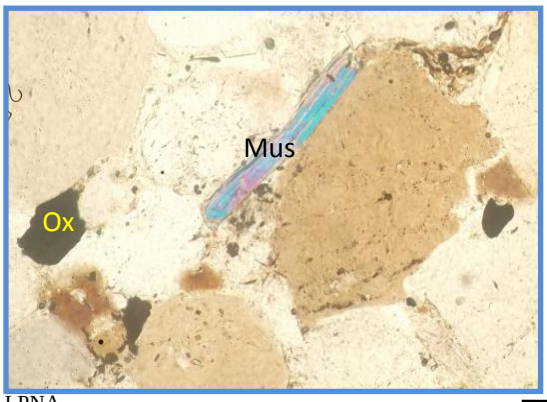
FigIII-13Séricite(Sé)



FigIII-14 Zircon(Zr) + argile(Ar)+damourite en paillette(Da)



FigIII-15Séricite(Sé)



FigIII-16 Muscovite(Mus) + Oxyde de fer(Ox)

Fig III-A : Microfaciès 1Grés dur à ciment quartzeux

III-1-5-2 -2Muscovites KAl2(Si3AlO10)(OH,F)2 et damourite :

Les minéraux se présentent en pourcentage élevée (4 à 6%) par rapport aux échantillons de la première zone.

En lumière naturelle ces muscovite sont incolore à verdâtre, du à la quantité de fer que contiennent ces minéraux, et sont facilement reconnaissable par leur teintes vives en lumière polarisée, les damourites se présentent en fines paillette. (FigIII-21).

III-1-5-2-3Les argiles :

les minéraux d'argile sont plus abondants dans cette zone (6-7%), mis à part la quartz, ils apparaissent en remplissage allant jusqu'à 2 mm (FigIII-19 et 20).

En LPNA se présentent en petites paillettes à clivage parfait, petite tablette hexagonales ou cryptocristalline**.**

En LPA leur biréfringence est faible et polarise dans les gris du 1 er ordre.

III-1-5-2-4 Les minéraux lourds:

Zircon ZrSiO4

Le zircon est peu abondant 1 %. En LPNA le zircon est Incolore, à relief très fort. En LPA sa biréfringence est très forte et l'extinction est droite (Fig.III-17, 18 et 19).

III-1-5-2 -5 Les oxydes fer:

De couleur variable(brun, rouge sang, rouge brunâtre) et de petite taille (Fig. III - 17, 20).

III-1-5-3 Microfaciès 3:Grés oxydés (ciment ferrugineux) (Fig. III-C)

III-1-5-3-1 Le quartz SiO2:

Le quartz est le composant principal de la roche (80 à 83%), généralement équidimensionnelle, et de formes subanguleuses.

En LPA le quartz se présente en petits grains nageant dans un ciment riche en oxydes de fer (Fig. III-22).

III-1-5-3-2 Muscovites $KAl_2(Si3AlO10)$ (OH, F) 2 :

La muscovite cristallise dans le système monoclinique, son pourcentage est faible (2 %), se présente parfois en inclusion dans les grains de quartz (Fig. III-23).

En LPA les teintes de polarisation sont jaune, rose ou magenta très vives, leurs biréfringence est de 2 em ordre.

III-1-5-3-3 La damourite et la séricite :

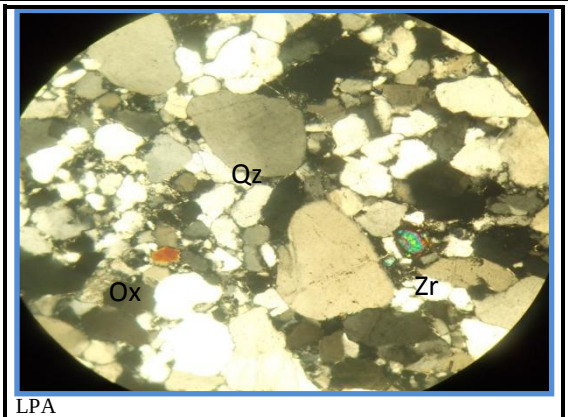
Ces deux minéraux de mica blanc hydraté, sont reconnaissable par leurs caractéristiques optiques qui ressemblent à la muscovite et par leurs formes: flexueuses pour la séricite (Fig. III-27), et en fines paillettes pour la damourite (Fig. III-27).

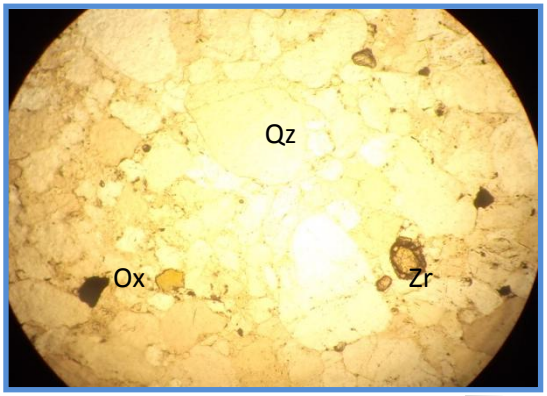
Ces micas blancs se présentent en quantité plus importantes par rapport aux échantillons de la zone 1 (5%).

III-1-5-3-4 Les argiles :

Les argiles sont abondante environs 5 à 8 %.En LPNA, les argiles se présentent en petites paillettes à clivage parfait, petites tablettes hexagonales ou cryptocristallines**.**

En LPA les argiles ont une biréfringence faible, polarisent dans les gris du premier ordre(Fig. III-26).





FigIII-17 Quartz(Qz)+zircon (Zr) + oxydes de fer (Ox)

Fig III-18Zircon (Zr) en inclusion dans le quartz

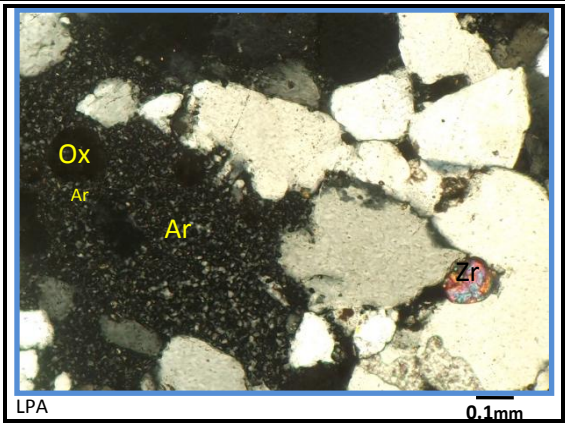


Fig III-19 Argile (Ar) + zircon (Zr)+oxydes de fer (Ox)

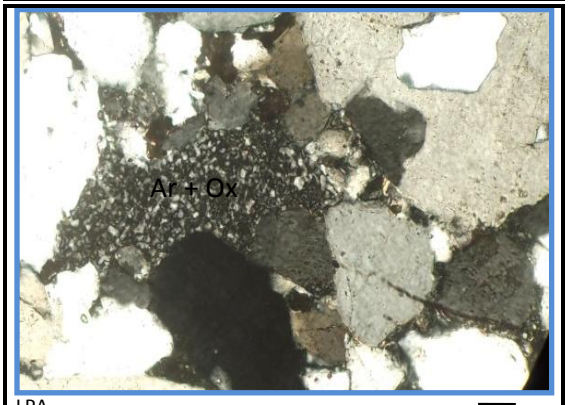


Fig III-20 Argiles (Ar) +Oxydes de fer(Ox)

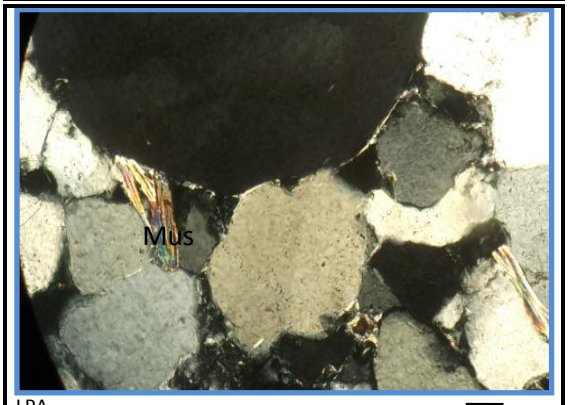


Fig III-21 Muscovite (Mus)

Fig III-B : Microfaciès 2Grés moins dur à ciment argileux et micacé

III-1-5-3-5 Les minéraux lourds:

Zircon $ZrSiO_4$:

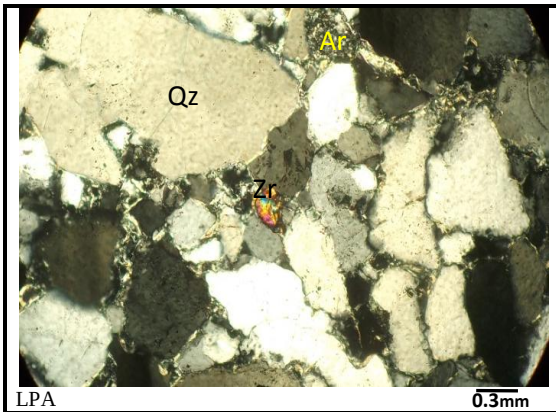
Dans cette zone le zircon est très abondant, leur pourcentage dépasse 2%.

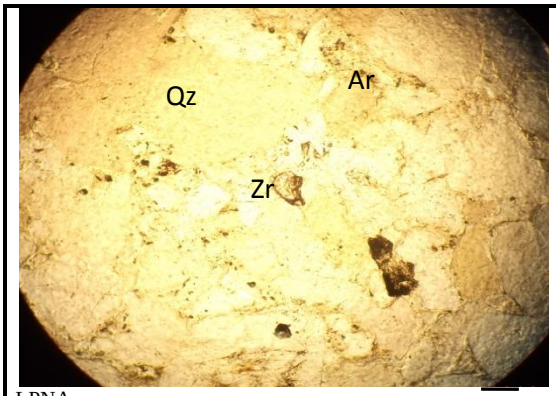
En LPNA le zircon est Incolore, à relief très fort.

En LPA sa biréfringence est très forte et l'extinction est droite (Fig.III-22 et 26).

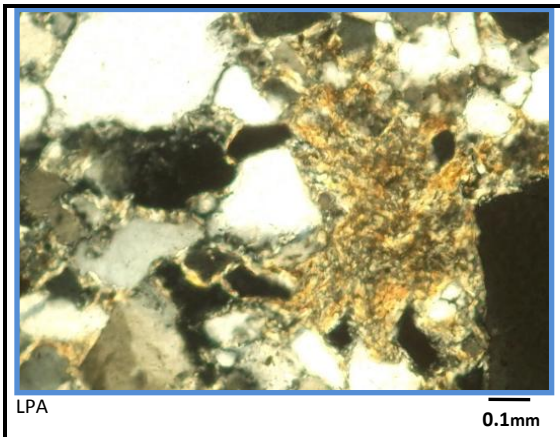
III-1-5-3-6Les oxydes fer:

Ils sont abondant (5%) et occupent pratiquement tous les interstices, leur couleur est variable(brun, rouge sang, rouge brunâtre) de petite taille, les oxydes se présentent en dragée (Fig.III-25) ou sous forme de ciment oxydé en remplissant les vides et les microfissures de la roche, ces oxydes sont remarquable dans cette zone sur terrain et en lames minces (Fig.III-24).

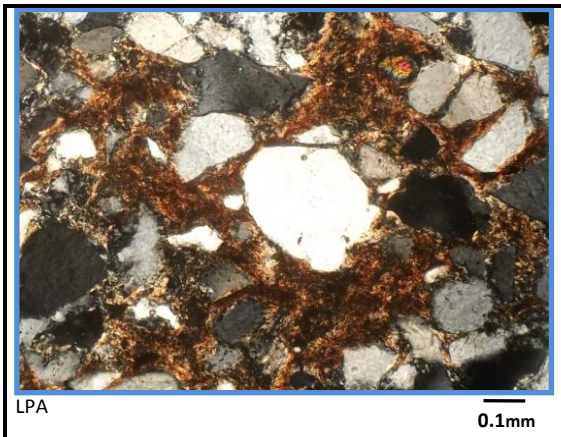




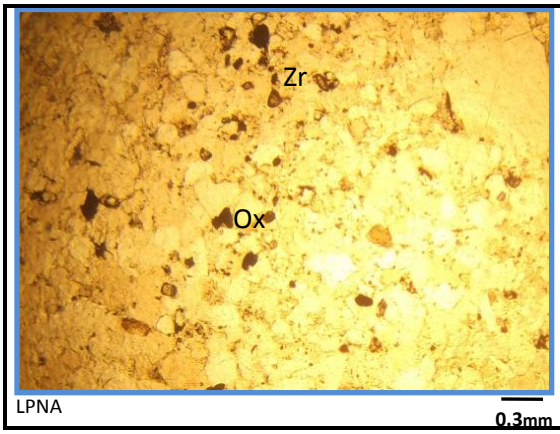
FigIII-22 Zircon(Zr) + argile (Ar)+ quartz (Qz)



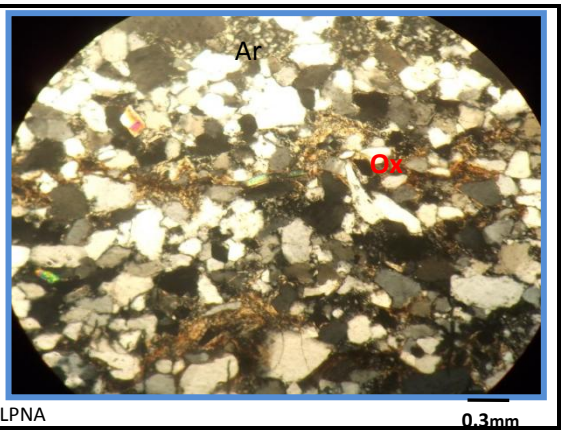
FigIII-23 Oxydes de fer en remplissage



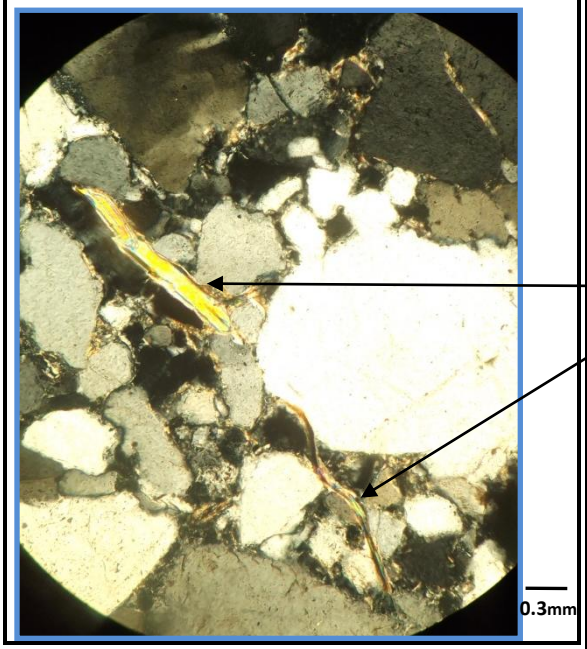
FigIII-24 Oxydes de fer en remplissage



FigIII-25 Oxydes de fer(Ox)+ zircon (Zr)



FigIII-26 oxydes de fer en remplissage + argile (Ar)



FigIII-27SériciteLPA

Fig III- C : Microfaciès 3Grés oxydés (ciment ferrugineux)

III-1-6 Classification des grès.

D'aprés (CARROZZI1953) un grès est une roche sédimentaire terrigène contenant ou moins 50% de quartz . Le reste peut donc être représenté par d'autre éléments (feldspaths, micas, fragments de roches,etc.…) et par un ciment (argileux, siliceux, carbonaté, etc.…). C'est ces deux critères qu'est basée la classification adoptée par CAYEUX (1929).

D'autres classifications viennent s'ajouter à celle-ci. Ce sont les classifications dites« triangulaires » (fig III-28). Elles se différencient les unes des autres par la nature des sommets ou pôles du triangle et par la subdivision de la surface. Dans cette étude, la classification de FOLK (1968)sera utilisée où les trois pôles représentes le quartz (Q), les feldspaths (F), et les fragments de roches(FR).

Cette classification ale mérite d'être à la fois qualitative et quantitative, elle ne tient pas compte du ciment.

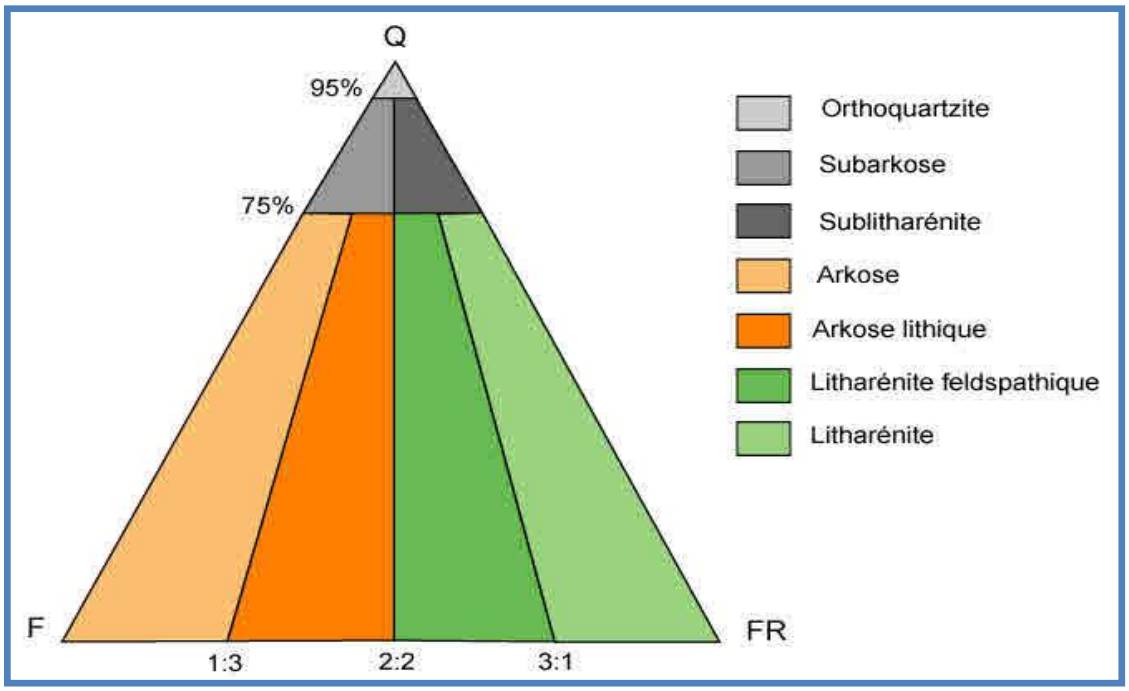


Fig III-28 : Classification des grès (Folk, 1968).

III- 1-7 Maturité:

La maturité d'un sédiment, une des plus importantes clefs de la nature physique d'un milieu de dépôt, d'indique un vannage, un tri et une abrasion des détritique fournis à cet environnement de sédimentation et, par voie de conséquence, elle se trouve directement liée à l'énergie du milieu.

C'est ainsi que dans un milieu relativement calme (plaine d'inondation, lagon, etc...) où l'action des courants est telle que le dépôt et très rapide, les sédiments, une fois en place, ne sont pas soumis à une énergie mécanique et restent donc immature. Par conte les sédiments supermatures (dépôt de plage ou de dune, etc.…) on subi un vannage, un tri, et une abrasion intense du fait que leurs grains ont été constamment exposés à une forte énergie (FOLK1974) (Fig III-29).

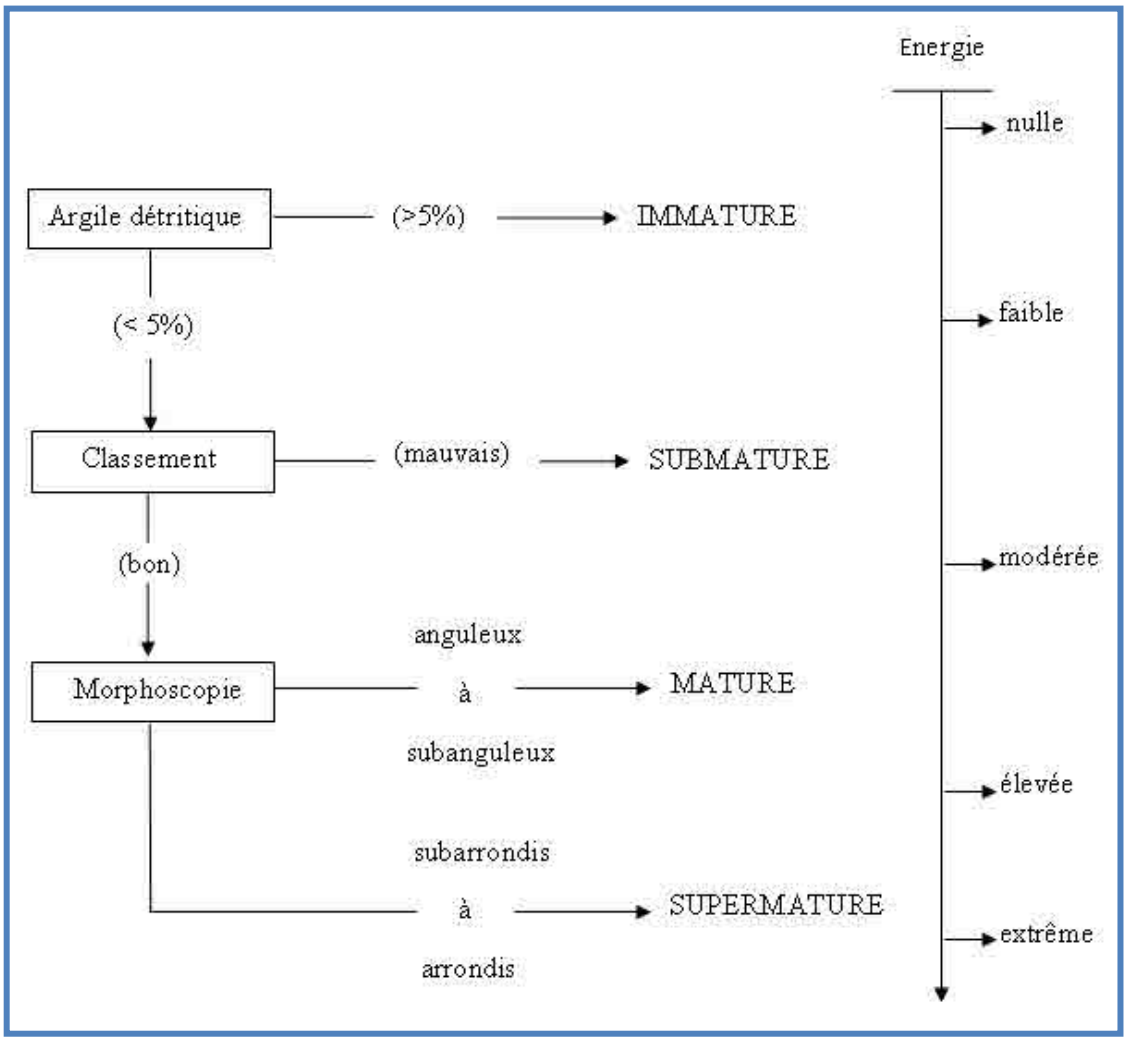


Fig III-29: La maturité des sédiments (d'après Folk, 1974).

Puisqu'elle est supposée être un guide des conditions originelles de sédimentation, la maturité d'un sédiment ne tien pas compte des effets tardifs de diagénèse (argile authigène, ciments chimiques, nourrissage secondaire, etc.…).

La maturité d'un sédiment est déterminée de la manière suivante :

- ✓ détermination du pourcentage d'argile détritique :

a) si la roche a plus de 5% d'argile détritique, elle est dite **immature**:

b) si la roche a mois de 5% d'argile détritique, déterminer le classement ;

- ✓ détermination du classement :

a) si le classement est mauvais, le sédiment est dit **submature**;

b) si l classement est bon, déterminer la morphoscopie ;

- ✓ détermination de la morphoscopie :

a) si les grains anguleux à subanguleux, le sédiment est **mature**;

b) si les grains sont arrondis, il est **supermmature**.

En combinant la classification de FOLK et celle de CAYEUX et en tenant compte que des ciments prédominants, les grès à ciment quartzeux de la carrière de Kef Hedjiret pourraient être classés comme étant un orthoquartzite et les grès à ciment argileux, micacé et oxyde de fer pourraient être classés comme étant un sublitharénite (Fig III-30).

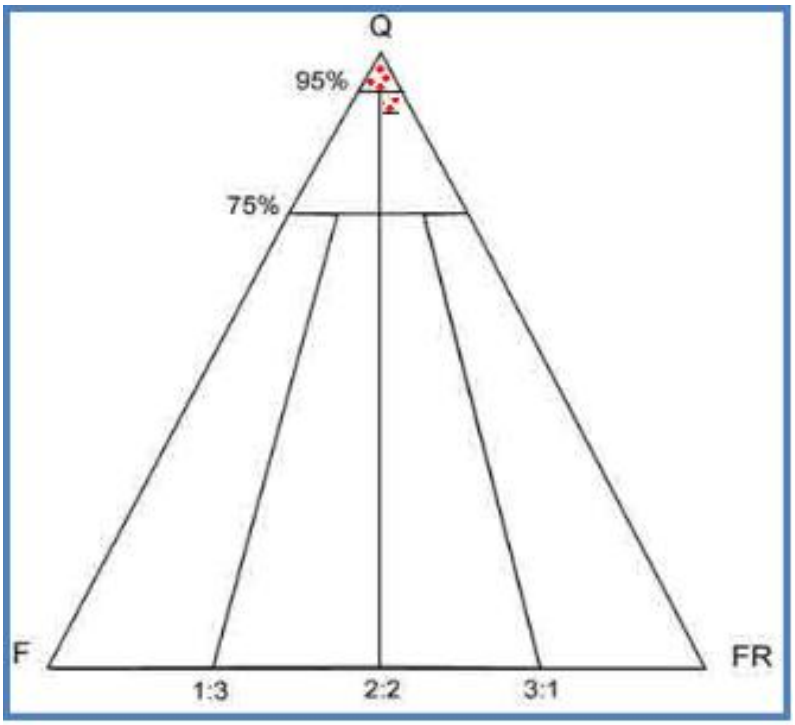


Fig III-30 : Classification des grés de la carrière Kef Hedjiret

D'après la classification des grés suivant leur maturité de FOLK, les grés affleurant dans notre secteur d'études présentent une maturité allant de l'immature au submmature, avec toutefois une dominance de submmature, ainsi les sédiments se sont déposés dans un milieu relativement calme (plaine d'inondation, lagon, etc...) où l'action des courants est telle que le dépôt est rapide, les sédiments une fois en place, sont soumis à une énergie mécaniquetrés faible et restent donc submmature.

III-1-8 Conclusion et Comparaison entre les différentes zones.

La matière première des grès de la zone d'étude est un orthoquartzite à sublitharénite mal classifiée, à texture compacte, contenant des grains fins, moyens et grossiers. Son composant principal est le quartz, le liant est de quartz, des minéraux argileux, micacés et d'oxyde de fer.

Les principaux éléments nuisibles sont les oxydes de fer et les minéraux argileux, aussi il est à noter l'importante quantité de zircon parmi les minéraux lourds (tableau 1).

Trois microfaciès forme la carrière objet d'étude (Tableau 2)

La première zone est caractérisée par des grés durs à ciment quartzeux. La deuxième zone est caractérisée par des grés moins durs à ciment argileux et micacé. La troisième zone est caractérisée par des grés oxydés, au microscope cette oxydation est expliquée par un ciment ferrugineux.

N	type	Quartz	Muscovite	Chlorite	Séricite	Argile	Zircon	Oxydes de fer	Zones
1	Grés quartzitique	+++++	+	+	+	+	+	+	1
2		+++++	+	+	+	+	+	+	
3		+++++	+	+	+	+	+	+	
4		+++++	+	+	+	+	+	+	
5	Grés à ciment argileux/ micacé	+++	++	++	+	+++	++	++	2
6		+++	++	++	+	+++	++	++	
7	Grés à ciment oxydé	++++	++	++	+++	++	+++	++++	3
8		++++	++	++	+++	++	+++	++++	

++++ Très abondant / +++ abondant/++ peu abondant/+ rare

Tableau 1 :Tableau récapitulatif des résultats de l'étude des lames minces

	Zones		
Caractéristiques	**1**	**2**	**3**
Lithologie	Grés siliceux	Grés siliceux à ciment argileux	Grés à ciment oxydé
Morphoscopie	Arrondis à subarrondis	Anguleux à subanguleux	Anguleux à subanguleux
Granulométrie	Fin à très fin	Fin	Fin
Pétrographie	Quartz+micas + sérisite +minéraux lourds	Quartz+micas +minéraux lourds+argiles	Quartz+oxydes de fer+micas +minéraux lourds+argiles

Tableau 2 :Résumédes principaux résultats de l'étude lithologique et pétrographique

Partie 2 : Traitement des analyses géochimiques

III-2-1 Eléments chimiques et la fabrication du verre :

Le verre est un matériau inorganique, composé de nombreux oxydes, mais le plus souvent élaboré à partir de 3 constituants de base :

- L'oxyde de silicium (SiO_2) ou silice, élément majoritaire, et véritable formateur du réseau vitreux ;
- L'oxyde de sodium (Na_2O), appelé fondant, provenant de la décomposition de carbonates synthétiques et qui va transformer la silice en silicate (SiO_4) par attaque chimique ;
- L'oxyde de calcium (CaO), appelé stabilisant, issu de la décomposition de $CaCO_3$.

Pour de nombreux verres industriels (verre d'emballage et verre plat) ces 3 éléments représentent environ 95 % de leur composition pondérale, ce qui permet de définir le verre sur un plan chimique comme un silicate de sodium et de calcium.

En réalité l'oxyde de sodium est souvent accompagné d'oxyde de potassium (K_2O), et l'oxyde de calcium par l'oxyde de magnésium (MgO).

D'autres éléments, appelés additifs, sont ajoutés au verre pour apporter des propriétés bien spécifiques en fonction des applications envisagées :

- L'oxyde d'aluminium pour accroître la résistance hydrolytique ;
- L'oxyde de plomb pour accroître la densité l'indice de réfraction et la brillance du verre ;
- L'oxyde de bore B_2O_3 formateur de réseau, comme la silice, mais apportant une plus grande stabilité thermique ;
- Les oxydes métalliques des éléments de transition (Fe_2O_3, Cr_2O_3, CoO, CuO, etc.) et certains lanthanides (CeO_2, Nd_2O_3…) pour colorer le verre ou le décolorer ainsi la couleur d'un verre est donnée par les oxydes métalliques présents comme impuretés dans les matières premières ou apportés intentionnellement. les oxydes de fer et de chrome apportent une couleur verte, ceux de nickel : grise, ceux de manganèse : violette, ceux de cobalt : bleue, ceux de cuivre : rouge ou verte… La couleur ambre, qui protège des rayonnements UV, est donnée par des sulfures de fer, en milieu réducteur
- Des additifs d'oxydo-réduction pour ajuster le pouvoir rédox du bain de fusion, ce paramètre jouant un rôle important sur la transmission du verre dans

l'infrarouge et sur sa teinte finale; les plus utilisés sont le carbone pour son pouvoir réducteur, et l'oxyde de soufre (SO3) obtenu par décomposition de sulfate de sodium, pour son pouvoir oxydant.

III-2-2 Les analyses géochimiques:

Nous avons effectué des analyses au niveau du laboratoire d' Africaver -Taher-des 8 échantillons prélevés à la Carrière de Kef Hedjiret.

L'analyse des grés, avant leur traitement, est faite pas attaque fluorhydrique, seul acide pouvant attaquer la silice , l'objectif est la mise en solution du sable(grés broyé) pour l'obtention de la solution mère.

A partir de cette solution mère on effectue le dosage des éléments SiO2, Fe2O3, Al2O3,CaO et MgO.

Malgré le rôle important des différents oxydes existant dans le grés , dans l'industrie du verre, quelques uns peuvent présenter des contraintes quant à la fabrication du verre.

Fe2O3 : Contribue à la coloration du verre, alors qu'il ya des qualités de verre où la transparence est exigée.

Al2O3: La teneur en aluminium d'un silicate fondu influence grandement ses propriétés thermodynamiques et également rhéologiques, telle que la viscosité.

Les exigence industrielles relatives au grés dans l'industrie du verre dépendent beaucoup du produit fini , de la technologie et de la qualité des ajouts utilisés et sont :

- SiO2 $\geq$ 95 % avec un écart ± 0.2 %.
- FeO3 0.01-0.03 %.
- Al2O3 0.01-2 % avec un écart de ±0.2%.

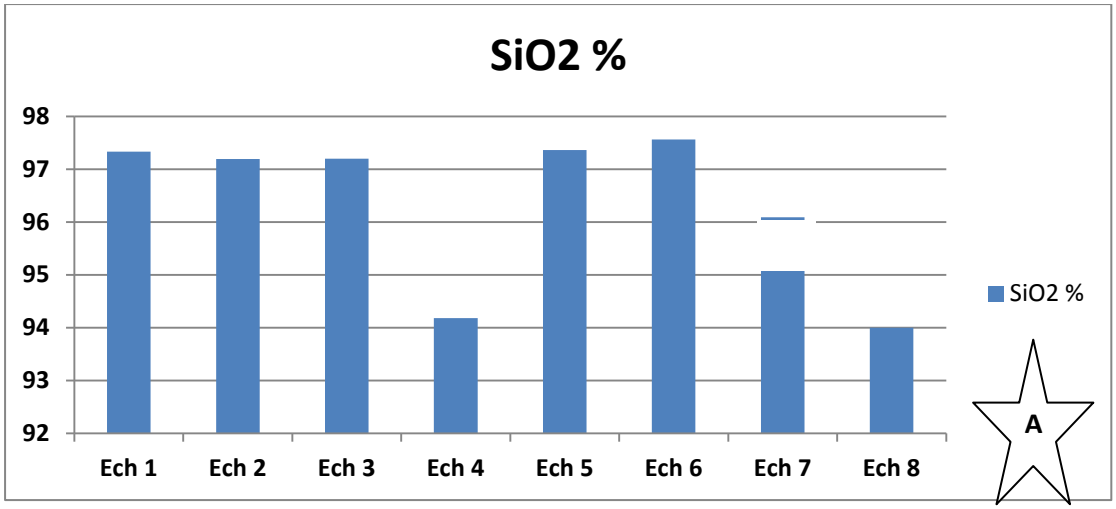
Suite à des difficultés rencontrées et au manque de moyens et de temps, on n'a pu avoir que les pourcentage de ces oxydes Si O2, Fe2O3 et Al2O3, qui se résument dans le tableau 3.

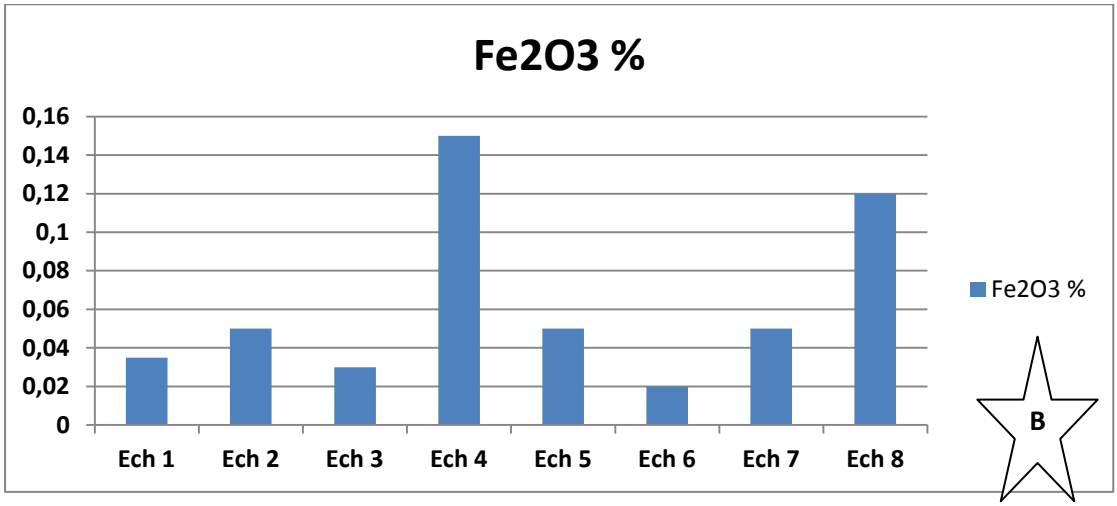
	Si O2 %	Fe2 O3 %	Al2 O3 %	PAF %	Zone
Echantillon 1	97.33	0.035	0.19	0.68	**1**
Echantillon 2	97.19	0.05	0.33	0.68	
Echantillon 3	97.20	0.03	0.24	0.56	
Echantillon 4	94.18	0.15	0.5	1.6	
Echantillon 5	97.36	0.05	0.24	0.63	**2**
Echantillon 6	97.56	0.02	0.2	0.67	
Echantillon 7	95.09	0.05	0.3	0.89	**3**
Echantillon 8	94	0.12	0.48	1.18	

Tableau 3 : tableau des analyses géochimiques des grés de Keh Hadjiret avant traitement

Il est à noter que PAF c'est la perte au feu ,elle nous indique le taux de matière organique et la teneur en carbone organique (Corg) du sol ou de la roche analysée.

Grâce aux résultats obtenus nous avons établi les histogrammes suivants : Fig III (A, B, C) :





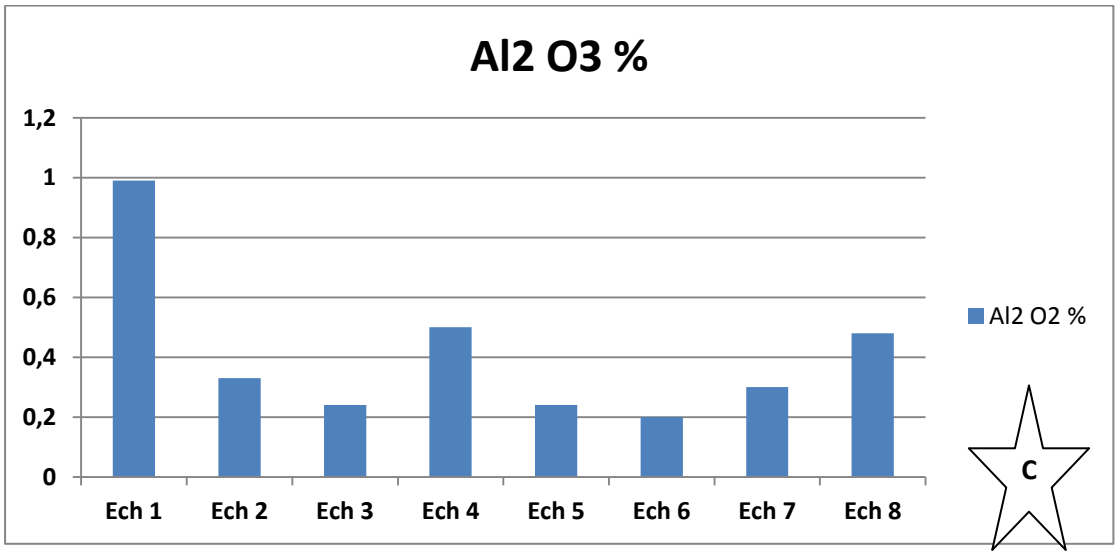


Fig III (A, B, C) Histogrammes des teneurs des principaux éléments dans les différents grés échantillonnés

III-2-3 Commentaire des analyses géochimiques:

A- La teneur en silice est importante dans ces grés , elle varie entre 97.56% et 94% , au niveau des échantillons 1, 2, 3, 5 et 6 la teneur en Si O2 atteint 97.56 %, ces échantillons représentent les zones 1 et 2 alors qu'au niveau des échantillons 7 et 8 le % en silice est < à 95 %, ces échantillons représentent la zone 3.

B- Les oxydes de fer sont omniprésents dans les échantillons analysés, les pourcentage varient de 0.035 à 0.15 %, on observe cependant deux pics au niveau des échantillon 4 et 8 où l'oxydation est prononcée, ces deux échantillons 4 et 8 représentent respectivement les zones 1 et 3.

C-En ce qui concerne les oxydes d'aluminium, les valeurs varient de 0.3 à 0.99 %, les plus élevées sont observées au niveau des échantillons 1-4 et 8 (zone 1 et 3).

D'après ces analyses, on constate que malgré le % élevé en SiO2 de la zone 1, ce grés n'est pas exploité à cause de sa dureté élevée qui endommage les concasseurs de la carrière.

La zone 2 présent un taux en SiO2 élevé aussi mais présente un ciment argileux (voir chapitre pétrographie) , ce qui favorise son exploitation et facilite son traitement, mais la qualité du verre reste toujours à améliorer.

En ce qui concerne la zone 3, ces grés présentent une oxydation trés élevée , la présence des couches d'argile fortement téctonisé est très prononcée, ce qui provoqué la contamination des grés.

III-2-4 Conclusion :

A partir des grés analysés, le verre industriel sera de qualité acceptable, néanmoins il faudrait tenir compte des teneurs en fer et aluminium et éviter les grès oxydé.

Selon les analyses des échantillons, nous observons que les grés de couleur claire, ont une faible teneur en fer, et sont considérés comme de bonne qualité, par contre les grés de couleur foncée sont de mauvaise qualité (teneur en fer et matière organique élevée PAF).

IV-1- Description du processus de l'activité de la carrière KEF HADJIRET

IV-1-1 Travaux de découverture végétale :

La préparation de l'exploitation des gradins passe par l'étape de découverture végétale, cette phase consiste à décaper toute la terre végétale recouvrant le gisement, pour le cas de la carrière de KEF HADJIRET la couverture végétale reste très faible.

IV-1-2 Travaux de foration :

Les travaux de forage des trous de mines sont réalisés sur la base d'un plan de tir, pour cela la société dispose sur site d'une foreuse à chenille.
Chaque plan de tir défini :

- La position, l'orientation, la longueur et le diamètre des trous de mines.
- Les conditions d'amorçage et la composition des charges d'explosifs.
- Les caractéristiques du bourrage lorsqu'il est exigé.

IV-1-3 Abattage et extraction de la roche :

Pour l'abatage cinq tirs sont préconisés, chaque tir représente 8000 tonnes de roches abattues.
L'opération d'extraction des blocs rocheux brutes est réalisée à l'aide de pelles excavatrices sur chenilles(FigIV- 1), la méthode d'exploitation est à ciel ouvert par gradin, disposant d'un front de taille lui-même composé de différents gradins :

- Plateforme principale (inférieure) niveau 30 m.
- Gradin 1 : niveau 45 m
- Gradin 2 : niveau 60 m
- Gradin 3 : niveau 75 m
- Gradin 4 : niveau 90 m .

Soit une hauteur totale de front de taille de **60 mètres**.
Le pendage moyen de la formation du front de taille est orienté vers le NW-SE (85°).

IV-1-4 Débitage des blocs :

La roche supérieure à 600mm subira un débitage secondaire à l'aide d'une pelle munie d'un brise roche. Les opérations d'extraction et de débitage se font au niveau de la plateforme de travail.

Fig IV- 1 Opération d'éxtraction et de débitage

IV-1-5 Transport,Concassage et criblage :

La carrière dispose d'une station de concassage sa capacité réelle est de 40t/h.

La roche subit un concassage primaire à l'aide d'un concasseur à mâchoire puis un concassage secondaire (le concasseur giratoire), le produit obtenu passera par un crible avec une maille carrée de 60 mm,les refus de ce dernier feront l'objet systématiquement d'un recyclage à l'aide d'une bande transporteuse (FigIV-2 et 3).

Fig IV- 2 : Station de traitement de grés à la carriére

Fig IV- 3 : Grés ayant subi un concassage primaire 0-60 mm

IV-1-6 Chargement du produit fini :

Les passants à travers le crible vont constituer un stock de grès 0-60 mm au niveau de la plateforme réservée pour cet effet.

L'opération de chargement à partir de ce stockage des roches utiles (0- 60 mm) est ensuite réalisée par un chargeur à godet, sur des camions à benne de capacité de15 tonnes.

IV-1-7 Transport vers l'usine à Taher :

Le grés concassé (0 – 60 mm) sera acheminé par des camions à benne jusqu'à la station de traitement de sable située au niveau du complexe de verre AFRICAVER, dans la zone industrielle à TAHER.

IV-2 Traitement des grés pour la fabrication du verre :

Après son concassage primaire, la roche est camionnée jusqu'à l'usine où elle est davantage broyée, traitée et valorisée.La production de la matière première est assurée suivant la demande au niveau de l'usine de fabrication du verre (verrerie).

IV-2-1 Broyage :

Pour l'obtention d'un produit de granulométrie inférieure à 1mm et pour libérer les grains de quartz, il est utilisé un broyeur à barre,la matière broyée est transportée par un convoyeur à bande vers la section de classification et lavage (Fig V-4).

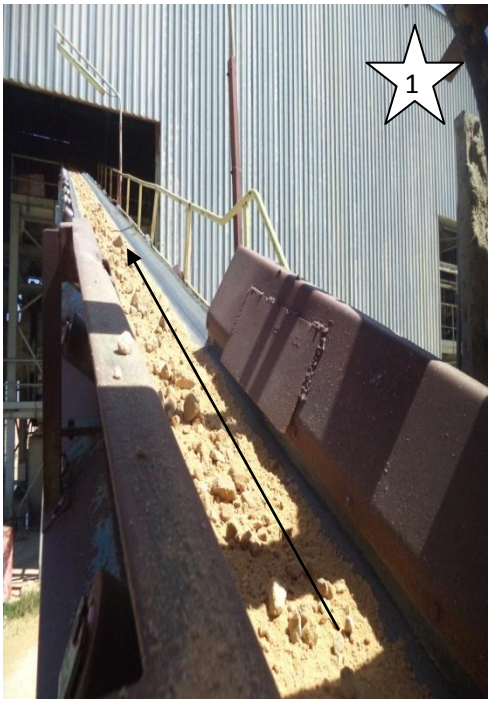


Fig IV-4 : matiére premiére -1- acheminée vers le broyeur à barre -2-

IV-2- 2 Classification :

Se fait par criblage et classificateur à vis

- **Criblage :**

Le criblage est une opération unitaire qui permet de séparer une population de fragments de matière suivant leur dimension en deux parties (FigIV-5).

Pour cela, on utilise une surface perforée, qui laisse passer les fragments de dimensions inférieures aux dimensions des perforations, et qui retient les fragments de dimensions supérieures à 630µm,les fragments supérieurs à 630 µm est le rebus alors que ceux inférieur à 630 µm sont attirés par une pompe, pour être acheminés vers un système de lavage qui libérera le quartz des argiles.

Fig IV- 5 : Opération de criblage

- **Classification par classificateur à vis :**

Le produit passe par une autre opération de classification qui a pour objet d'éliminer les agiles et les matières organiques (Fig V-6). Cette opération est basée sur la différenciation de densité entre les particules.

On y distingue trois zones d'opération :

−Zone Inférieure, sédimentent les particules grossières.

−Zone Intermédiaire, sédimentation entravée.

−Zone Supérieure, la sédimentation libre prévaut d'où un flux horizontal d'eau qui déborde.

Fig IV- 6 : Classificateur à vis

IV-2-3 Attrition :

Le produit évacué directement dans une cellule d'attrition .Cette opération visant à détacher les particules fines, qui adhèrent aux grosses particules, et à nettoyer les particules de minerai utile par friction des particules les unes contre les autres.

IV-2-4 Criblage humide et Coupure de 630 à 100 µm :

Le produit sortant de la cellule d'attrition est évacué dans une bâche, puis pompé vers un crible, où il subi une classification granulométrique, les particules supérieure à 630 µm (refus) sont rejetées et éventuellement retraitées, et les particules inférieure à 100 µm (passants) sont envoyées vers le bassin de décantation et clarification des eaux pour récupérer l'eau, quant à la tranche comprise entre (-630 +100) µm, elle est acheminée vers la série des hydrocylones.

IV-2-5 Cyclonage :

Parmi les appareils de classification par dimension l'hydro cyclone, ce sont les plus utilisés en raison de leur simplicité et de leur coûtqui est peu élevé.

Dans cet appareil (FigIV-7), la séparation se fait sur la base de différence de comportement hydrodynamique des particules dans un écoulement centrifuge, que l'on suppose dépendant de la dimension des particules.

Le liquide, contenant les solides entre à l'intérieur de la coquille supérieure du cyclone et la force centrifuge générée par le mouvement de rotation tend à retenir les Particules grossières à la périphérie du cyclone alors que lesparticules fine et le liquide en suspension quittent le cyclone par le vortex.

Les particules grossières et une petite fraction du liquide sont déchargées à l'apex du cône.

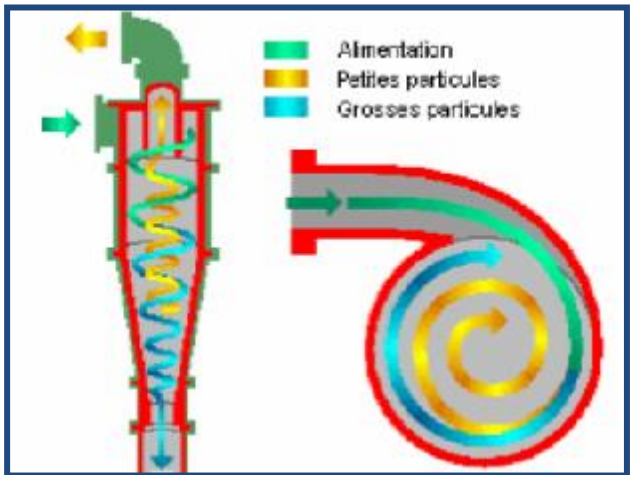


Fig IV-7 : Schéma de fonctionnement d'un hydro cyclone

V-2-6 Séparation gravimétrique :

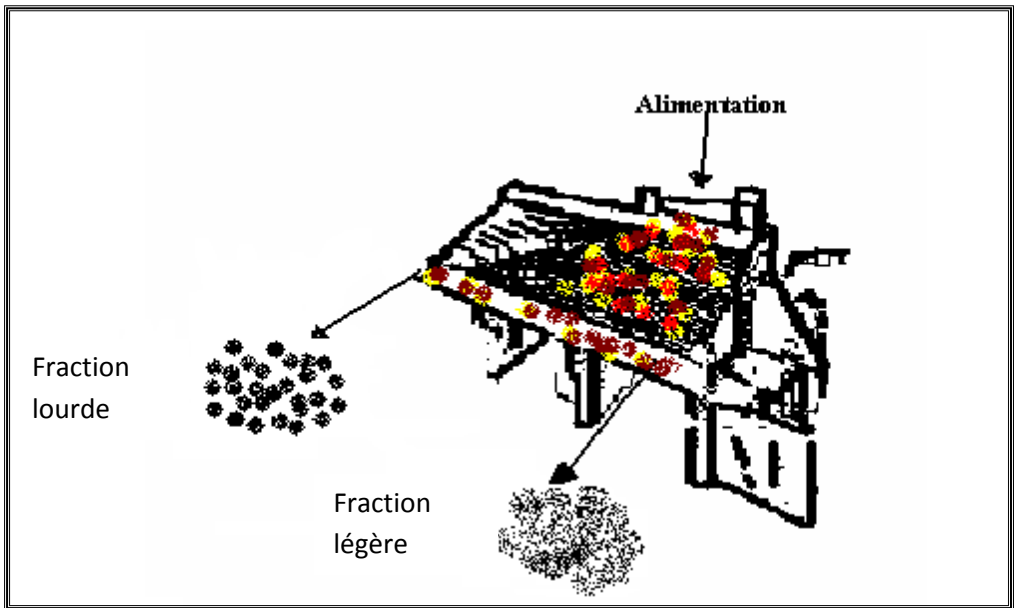
Il existe plusieurs mécanismes de séparation gravimétrique tel que la séparation par milieu dense, par table à secousse, par jigs …etc. le choix de méthode dépend des propriétés physico chimique et minéralurgique du minerai a séparer.

Dans notre cas la séparation est se fait par table à secousse (FigIV-8).

Fig IV -8 : Tables à secousses (non fonctionnelles)

Les tables à secousses sont composées d'une table légèrement inclinée (réglable de 0° à 6°) dans le sens de la largeur, et équipée d'un mécanisme qui lui communique longitudinalement un mouvement de va-et-vient asymétrique.

L'amplitude et la vitesse de ce mouvement sont aussi réglables, la surface de la table est couverte de rainures longitudinales et parallèles, dont la profondeur diminue progressivement à partir du point d'alimentation de la pulpe jusqu'à la sortie qui est diamétralement opposée (FigIV- 9).



FigIV- 9 : Mécanisme de fonctionnement d'une table de secousses

L'eau de lavage qui s'écoule sur la table entraîne les particules légères dans la direction transversale (vers le bas).

La stratification des particules entre les rainures se produit sous l'action des secousses et du courant d'eau de lavage.

Les secousses contribuent à dilater le lit de particules afin de permettre aux grosses particules denses de le traverser jusqu'à la surface de la table.

Les tables à secousses sont employées pour le traitement des particules dont le diamètre varie entre 75 µm et 4,75 mm.

V-2-7 Séchage :

Le grès traité (la silice) pompés dans la bâche sont séché dans le cyclone incorporé au filtre le sousverse du cyclone alimente le plateau de filtration du filtre sécheur, sous l'effet de la dépression crée sous la toile filtrante par deux ventilateurs, l'eau traverse la toile filtrante et recueillie dans l'hydro séparateur placé sous le filtre et qui sert en même temps de joint hydraulique (FigIV-10).

Fig IV-10 : Opération de séchage

La vapeur nécessaire au séchage est produite dans une chaudière alimentée avec de l'eau traitée dans l'unité, la vapeur est injectée sur le filtre a travers d'une hotte.

V-2-8 Stockage et homogénéisation :

L'homogénéisation est une opération très importante pour but d'obtenir une matière première d'une teneur homogène (produit finis).

La matière traité (silice) est envoyé par un convoyeur à bande vers un silo de stockage à partir de ce dernier, le grès et évacuer dans un hangar pour le stockage et l'homogénéisation (FigIV-11).

Fig IV- 11 : Envoi de la silice -1- vers le silo -2-puis vers le hangar pour stockage et homogénéisation -3-

Les procédés de traitement sont résumés dans les Fig IV-12 et IV-13.

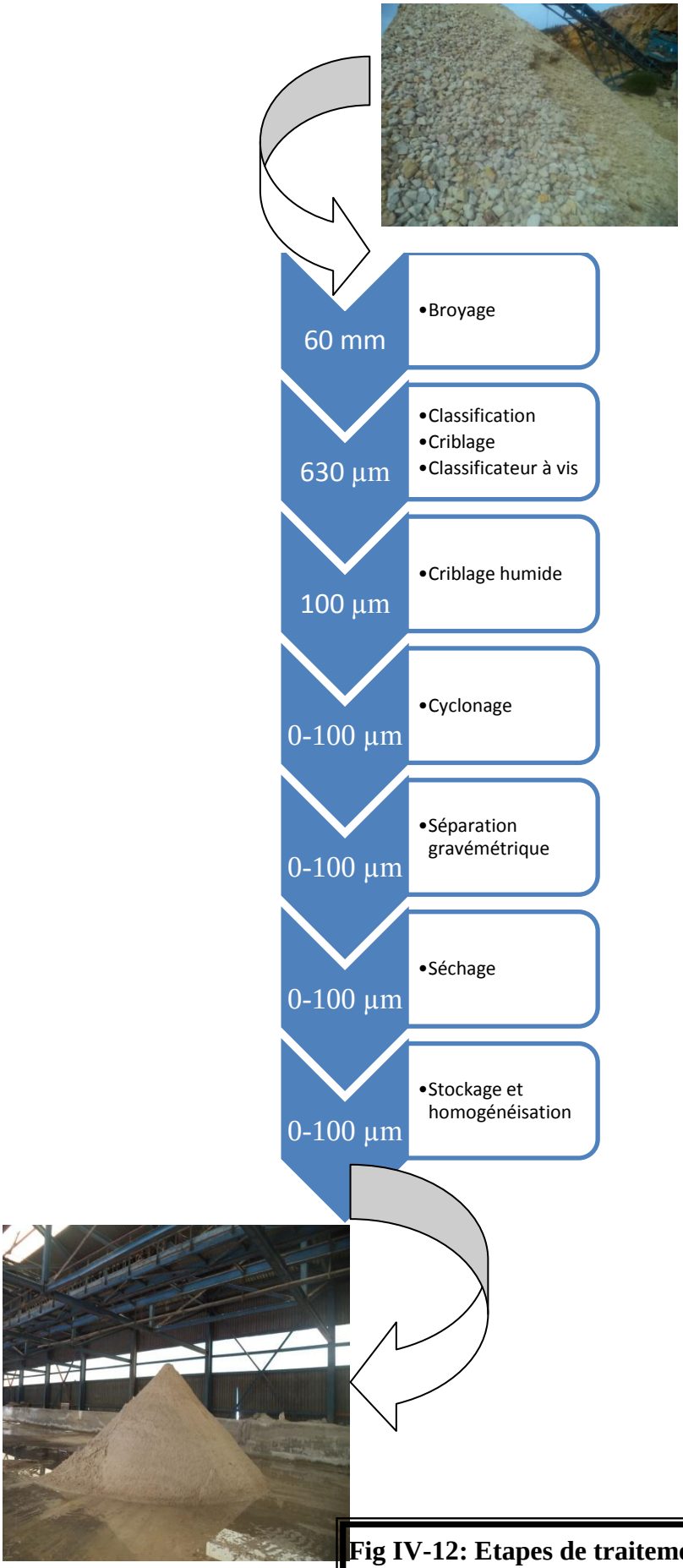
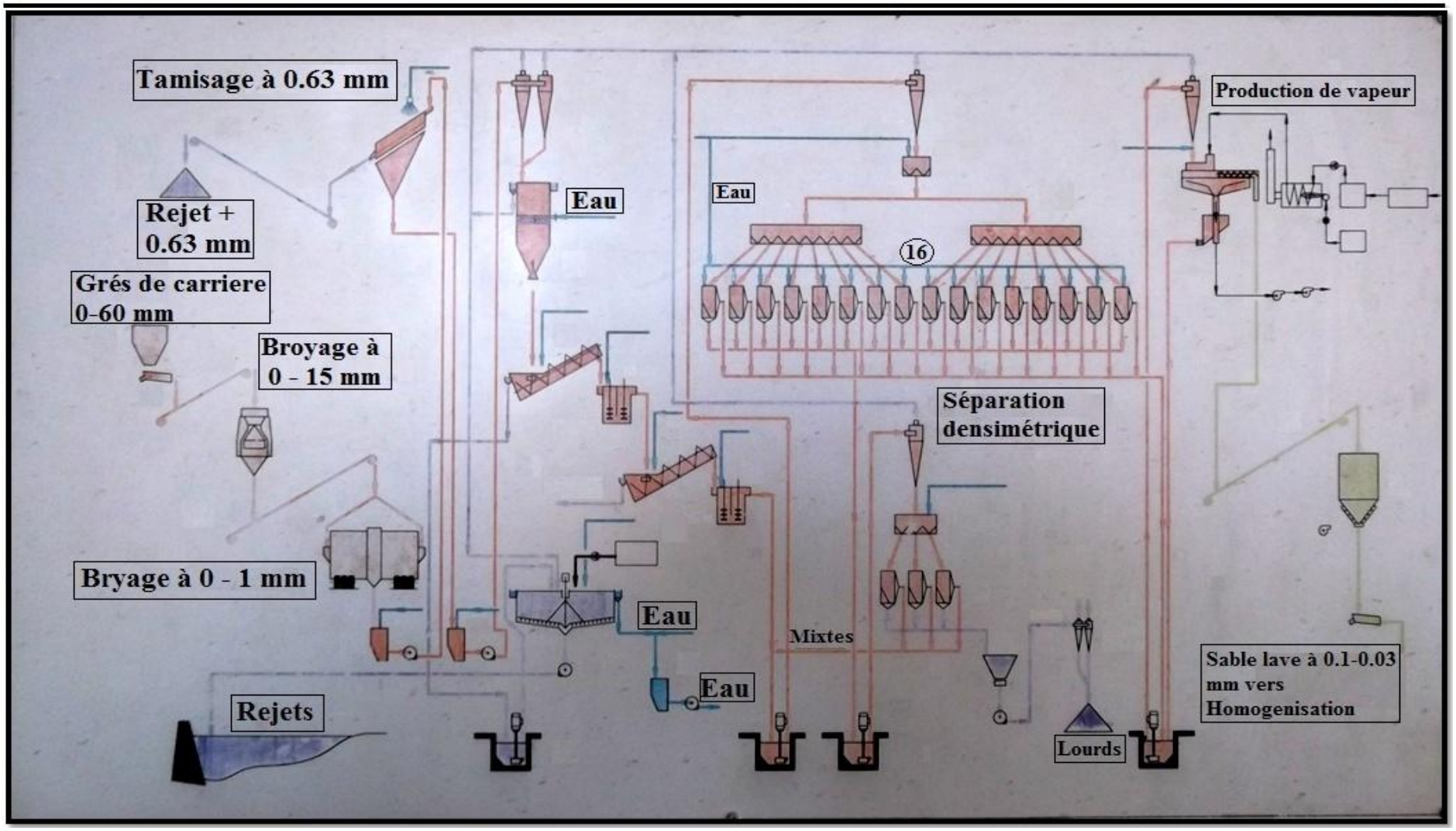


Fig IV-12: Etapes de traitement des grès .

Fig IV-13:Traitement du grés de Kissir au niveau de l'unité AFRICAVER



Conclusion générale et recommandations :

Nos observations sur terrain, l'étude pétrographique et le traitement des analyses géochimiques, nous ont permis de mieux connaitre les 3 microfaciès de grès de la carrière Kef Hadjiret.

Le premier microfaciès ou la première zone est caractérisée par des grés durs, formés essentiellement par de grandes sections de quartz à ciment quartzeux à grains fins bien soudés (plus de 95% de quartz) associés à quelques paillettes de micas blancs et rares grains de zircon. Les analyses chimiques ont montré un pourcentage élevé en silice (> 97%), et un pourcentage faible en fer, aluminium…. ces roches forment un gisement de bonne qualité pour la fabrication du verre. Par contre, le manque d'un matériel sophistiqué qui résisterait à la dureté élevée de ces grés à ciment quartzeux rend cette zone actuellement non exploitable.

La deuxième zone est caractérisée par des grés moins dur, dus à la présence d'un ciment argileux et micacé (10 à 12%). Les analyses chimiques ont montré un pourcentage élevé en silice, et un pourcentage élevé en aluminium (par rapport aux grès à ciment quartzeux) mais qui n'est pas défavorable à la fabrication du verre. Cette zone à grès moyennement dur et par manque de matériels sophistiqué d'exploitation, répond exactement aux besoins des dirigeants de la carrière et elle est actuellement exploitable.

La troisième zone est caractérisée par des grés moins durs et oxydés, dus à la présence d'un ciment formé par des oxydes de fer et des argiles. Les analyses chimiques ont montré un taux moins élevé en silice (94%) et un taux élève en fer, (5 fois plus grand par rapport aux deux microfaciès précédents). Sur terrain, ces grès oxydés sont faciles à repérer par ces teintes rougeâtres et sont toujours associés à d'épaisses couches d'argilites. Ce type de grès est défavorable à la fabrication du verre.

La qualité du verre fabriqué peut être améliorée, le type de verre est imprimé, car ce verre tend à cacher les défauts pouvant apparaitre lors de sa fabrication, et ces défauts sont dus à la présence des métaux lourds tel que le zircon, et qui ne sont pas éliminés vu que les tables à secousses ne sont pas fonctionnelles.

Enfin nous recommandons l'élaboration de nouvelles études géologiques du secteur (la dernière date de 1989) pour trouver de nouvelles perspectives quant aux affleurements du secteur et ses alentours.

une remise à niveau des méthodes et matériels de traitement du grés ainsi que de son exploitation, avec les normes mondiales, pour une meilleure rentabilité et une meilleure qualité du verre produit.

Références bibliographiques.

- **Belmedrek, S., (2006)** : Granulométrie et minéraux lourds des sables dunaires et de plage des secteurs de Oued Zhour et de Béni Bélaid (Jijel, Algérie nord orientale). Mémoire de Magister, Univ .Constantine.

- **Carozzi .A :** Pétrographie des roches sédimentaires .

- **Chaib A/S**., (2010) : Etude de l'enrichissement du grés par classification gravimétrique et séparation magnétique, cas du gisement d'El Aouana, Jijel. Mémoire de Magister .Univ. Annaba.

- **Chetouane, S., (2014)** : Etude géologique et pétrographique des grés de la carrière de Kissir , wilaya de Jijel. Mémoire de fin d'étude, Univ. Jijel.

- **Coiffait P.E. ,(1992) :** Un bassin post- nappes dans son cadre structural :l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord- Orientale). Thèse doctorat.

- **Cros .P ,Lucas .G, Lang .J**: Etude microscopique des roches meubles et consolidées .

- **Djellit, H., (1987) :** Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doct.Univ. Paris.

- **D-Delga, M., (1955) :** Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. Thèse d'Etat. Paris.

- **D.Delga, (1969) ; Raoult, (1974) et Bouillin, (1977).**

- **Hadjem, R., (2010)** : Les principales caractéristiques géologiques, pétrographiques, minéralogiques et gitologiques des formations grèseuses du flysch numidien du Nord-Est Algérien : cas du Djebel Hadjar Nahal, région de Ain Berda. Mémoire de Magister .Univ. Annaba.

- **Khalfa.I et Chouial.W, (2008):** Contribution a l'élaboration de la carte géotechnique de la commune de Jijel. Mém.ing.univ Jijel.

- **Pajean.G, (OCTOBRE 2007)** : Une petite encyclopédie du verre - L'élaboration du verre-Membre du Comité scientifique et technique de la revue Verre/ VOL.13 N°5 •

- **Références Africaver.**

- **Roubault.M:** Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant

- **Vila, J. M., (1980) :** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doctorat. Paris VI, 663 p.

Résumé : La carrière de grès « Kef Hedjiret » est située dans la région d'El Aouana à Jijel et fait partie du flysch numidien. Elle est exploitée par l'entreprise Africaver pour la fabrication du verre. L'étude pétrographique a mis en évidence 3 microfaciès de grés distincts par leur ciment différent: grés à ciment quartzique, grés à ciment argileux/micacé et grés à ciment ferrugineux (grés oxydé). Ces grès sont formés de quartz, micas blancs (muscovite, damourite et séricite), argile, zircon et oxyde de fer. Avec une prédominance de quartz (> 95%) pour les grès à ciment quartzitique, un taux élevé en argile et micas (10 à 12%) pour les grès à ciment argileux/micacé et un pourcentage élevé (> 15 %) en oxyde de fer, argile et zircon pour les grés à ciment ferrugineux (grés oxydé). Ces grés objet d'étude selon FOLK et CAYEUX sont classés comme un orthoquartzite (pour les grès à ciment quartzitique) à sublitharénite (pour les deux autres type de grès) et présentent une maturité allant de l'immature au submmature, avec toutefois une dominance de submmature. Les analyses géochimiques effectuées sur les grés à ciment quartzique et les grés à ciment argileux/micacé, ont montré une forte teneur en silice (> 97%) et faible teneur en éléments nuisibles à la fabrication du verre. Par contre, le 3e microfaciès de grès à ciment ferrugineux, est moins riche en silice (94%) et présente un taux élevé en fer (>0,15%) et en éléments nuisibles à la fabrication du verre. En conclusion le terrain d'étude est subdivisé en 3 zones, deux entre eux forment un gisement de bonne qualité pour la fabrication du verre qu'ils s'agissent des grés à ciment quartzique et grés à ciment argileux/micacé et une zone à éviter, il s'agit des grès à ciment ferrugineux (grès oxydé). **Mots clé** : grés Numidien, ciment, verre, Jijel.

Abstract : The Kef Hedjiret quarry is situated in the El Aouana region in Jijel. It is characterized by the thick layers of sandstone of the Numidian formation, which are exploited bythe Africaver enterprise for the production of glass. The geological study of the outcrop in our sector has allowed us to establish the cross-sections which have brought out the most important accidents, which influenced the diverse formations in the Kef Hedjiret quarry. The petrographic study of such sandstones has enabled to distinguish 3 types of sandstones according to their diverse cements: quartz cement sandstone, quartz-clay cement sandstone and ferruginous cement sandstone (sandstone oxide). These sandstones are made of quartz, white mica (muscovite, sericite and damourite), clay, zircon and iron oxide. With a quartz predominance (> 95%) for quartz cement sandstone, a high level of clay and mica (10-12%) for quartz-clay cement sandstone and a high percentage (> 15%) in oxide iron, clay and zircon for ferruginous cement sandstone (oxidized sandstone). These sandstone, which are the object of study according to FOLK and CAYEUX, are classified as a orthoquartzite (for quartz cement sandstone) to sublitarenite (for the other two types of sandstone) and present a maturity within the range from immature to submature, but with a dominance of submature. Geochemical analysis carried out on the sandstones from Kef Hedjiret before the processing have showed a good quality of this substance, represented by a strong content of silica (97%), favorable to the production of glass. These sandstones present also content of iron, aluminium and heavy metals such as zircon which, at precise quantities, may be harmful to the production of glass. In conclusion the ground of study is subdivised into 3 zones, two between them train (from) a good quality deposit (field) for the glass-making that they involve wills with quartzique cement and wills clayey/ mica tinted cement and a zone to be avoided, it is about stonewares with ferruginous cement (oxidized stoneware).**key words** : Sandstones, Numidian, Jijel, Africaver, Glass, oxides.