

Année Universitaire : 2018-2019



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

### Titre

Contribution à l'étude de la mine de Fluorine de Jbel Tirrimi

(Maroc Oriental)

### Présenté par:

Nadhira MAGRACH

### Encadré par:

- Pr. Raouf JABRANE, FST-Fès
- Mr. Sedik BENSAID, GFL-GM
- Mr. Mohamed CHERAI, GFL-GM

Soutenu Le 11 Juin 2019, devant le jury composé de:

- Pr. JABRANE Raouf (Encadrant. FSTF)
- Pr. EL GAROUANI Abdelkader (Examinateur)
- Pr. RAIS Naoual (Examinatrice)

Stage effectué à : GFL-GM FLUORSPAR SA,





## Résumé

Le district à fluorine de Jbel Tirremi, situé à 13 Km au NW de la ville de Taourirt, comportant les minéralisations filoniennes de fluorine, de barytine, de calcite et d'autres indices de métaux de base encaissés et concentrés essentiellement dans les formations carbonatées de la couverture jurassique (Lias inférieur à moyen). Les minéralisations économiquement exploitables se présentent sous forme de fines disséminations en remplacement des carbonates (calcaires, dolomies, calcaires dolomitiques) d'âge Lias inférieur ou stratiforme sur les joint de stratification; et/ou remplissage d'espaces ouverts (filons, veines, veinules, fentes en échelon, karsts).

La forme anticlinale de Jbel Tirremi est interprétée comme un dôme, avec des failles radiales et circulaires issues des mouvements de corps triasique salin sous-jacent. La série stratigraphique de cette région montre la succession des terrains allant du Lias inférieur au Oxfordien localement intrusés par des roches alcalines (lamprophyres) d'Eocène.

Pour réaliser ce travail nous avons fixé les objectifs suivants:

- la description général de la zone d'étude et l'exploration dans la partie Sud carrière et la partie Sud-Est ;
- la digitalisation d'une Carte géologique de la surface dans le centre de la carrière de Jbel Terrimi à une échelle 1/50000 représentant les faciès lithologiques qui caractérisent la zone d'étude ;
- faire les dessins des logs et la coupe géologique de la zone d'étude;
- la réalisation de l'étude macroscopique de quelques roches ;
- la modélisation du corps minéralisé par logiciel SURPAC;

**Mots clés :** *Maroc oriental, Jbel Terrimi, gisement de fluorine, sondage percutante, modélisation par logiciel SURPAC.*

## REMERCIEMENT

Je remercie cordialement Mr. **JABRANE Raouf** professeur chercheur à la faculté des sciences et technique de Fès qui a accepté d'être mon encadreur durant mon projet de fin d'études. Je lui en suis très reconnaissante et je lui remercie d'avoir relu et révisé les versions successives du présent mémoire. Aussi pour ses conseils précieux, ses directives et pour ses corrections pertinentes. Qu'il trouve ici le témoignage de mon profond respect.

Par le même, Je tiens également à remercier la direction de la mine de GFL\_GM pour m'avoir donné l'opportunité de passer mon stage de formation au sein de la compagnie Gujarat fluoro-chemicals limited-Global mine fluorspar SA. Merci **Mr. VICAS**. Je voudrais exprimer également toute ma reconnaissance à mes encadreurs en entreprise Mr, **Sedik BENSAID** et, **Mohamed CHERAI**, des géologues, pour le temps qu'ils ont aimablement voulu me consacrer tout au long de ce stage, Ils ont su me transmettre, avec minutie et délicatesse, une part de leur grande expérience dans le domaine de la géologie minière. Leurs aides, conseils, rigueurs et leurs réconforts ont été profitable pour mener à bien mon travail. Au terme de ce travail je voudrais remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation. Je commence par remercier Dieu de m'avoir entouré de toutes les personnes précieuses, qui chacun à sa façon, a contribué à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont également aux autres membres du jury ; Mr **EL GAROUANI Abdelkader**, Mme **RAIS Naoual**, qui ont accepté de juger ce travail.

# **Dédicace**

**A mes chers parents**

**À mon encadrent ;**

**À mes amis et collègues ;**

**A toutes les personnes chères à mon cœur ;**

**À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de**

**Loin, à la réalisation de ce travail ;**

**Enfin, je tiens à remercier le corps pédagogique et**

**Professoral de Département Géologique de la Faculté des**

**Sciences et techniques de Fès (FSTF), pour leur suivi et**

**Encadrement professionnel**

## Table des matières

Liste des Figures .....	7
Liste des tables.....	8
Introduction générale.....	9
1- Domaine Rifain : .....	9
2- Domaine Méseto-Atlasique :.....	9
2.1-Domaine atlasique :.....	9
2.2-Domaine Mésetien.....	10
3-Domaine anti atlasique et saharien .....	10
Chapitre I : contexte géologique de Maroc orientale .....	11
I.1 Cadre géographique de la région d'étude Taourirt .....	11
I.2. Cadre géologique de la région d'étude Taourirt .....	11
I.3.Cadre structural de la région de Taourirt .....	12
CHAPITR II: PRESENTATION GENERAL DU DISTRICT DE JBEL TERRIMI.....	13
II.1. Situation géographique .....	13
II.2. Historique des travaux de la Mine .....	13
II.3. Application industriel de la fluorine : .....	14
II.4. Méthode d'exploitation, et le traitement du minerai .....	15
II.4.1. L'exploitation à ciel ouvert .....	15
II.4.2. Traitement de minerai.....	17
II.5. Description lithostratigraphique :.....	18
II.6 : La description Morphologie et texture de la minéralisation.....	23
II.7 : La minéralisation .....	26
II.8 : Exploration dans la partie sud de la carrière.....	28
II.9 : Exploration dans la partie Sud-est de Jbel Terrimi .....	29
II.10: Exploration dans la partie Nord-Oust de Jbel Terrimi .....	31
II.11 : ETUDE DE SONDAGE PERCUTANTE.....	31
II.11.1 : étude des sondages percutants RC.....	31
II.11.2 : Principe de sondage percutant RC .....	32
II.11.3: Résultats d'analyse :.....	33
II.11.4 : Interprétation : .....	33
III: ETUDES STRUCTURALES ET MACROSCOPIQUES DES ECHANTILLON : .....	34
III.1: Carte structurale réaliser dans la zone d'étude .....	34

<b>III.2 : Cartographie de log .....</b>	<b>35</b>
<b>III.3 : L'échantillonnage : .....</b>	<b>36</b>
<b>IV : APPORT DE SURPAC A LA MODELISATION DE CORPS MINERALISES .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.1 : Méthodologie acquisition et traitement des données .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.2 : Démarche du travail.....</b>	<b>39</b>
<b>IV.3 : Procédure de préparation et traitement des données.....</b>	<b>39</b>
<b>IV .4 : Importation des données dans le logiciel Surpac.....</b>	<b>41</b>
<b>IV.5 : Définition des sections transversales.....</b>	<b>42</b>
<b>Résultats et discussions : .....</b>	<b>45</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>45</b>

## Liste des Figures

Figure 1 : Carte des domaines structuraux du Maroc (Jebrak, M et Blaizot, M 2017).....	11
Figure 2 : Carte géographique de la zone d'étud.....	12
Figure 3 : Image satellitaire de situation géographique de zone Jbel Terrimi (Google maps,2019)..	14
Figure 4 : Schéma explicatif de la méthode à ciel ouvert.....	16
Figure 5 : Méthode d'exploitation dans la mine Jbel Tirremi.....	17
Figure 6- montrant les cellules de flottation.....	20
Figure 7 : Carte géologique et métallogénique de la zone d'étude (Bouaabelah, 2014) .....	23
Figure 8 : Log stratigraphique région du Taourirt(Maroc nord-oriental) (D'après Valin et Rakus, 1979).....	24
Figure 9 : Image montrant le recoupement des failles N160 et N40.....	26
Figure 10 : montre le contact minér.....	27
Figure 11 : Photos de quelques minéraux de gangue associés à la fluorine.....	27
Figure 12: Cristaux de fluorine translucide avec quelque injection des sulfures.....	28
Figure 13: PhaseII caractérisé par des cristaux de fluorine fumé déposées sur fluorine jaunâtre (phase I.....	29
Figure 14:Dessin montre la structure filonienne dans la partie .....	30
Figure 15- Figure montre la faille normale parallèle à lentille.....	32
Figure 16: Photo montrant les pics stylolitiques dans les calcaires.....	33
Figure 17: Dessin montre la structure filonienne dans la partie sud-est de jbel terrimi.....	34
Figure 18: montre la roche basique.....	35
Figure 19 : montre le pli.....	35
Figure 20 : Machine de sondage percutant RC et les échantillons.....	36
Figure 21: Trou de foration.....	37
Figure.22- les résultats de sondage percutante .....	37

<b>Figure 23: Carte des structures de la zone d'étude dans Jbel Terrimi (Arcgis) (Bouabdellah ,2014)...</b>	<b>38</b>
<b>Figure 24: la coupe structurale de Jbel Terremi réalisé dans la zone d'étude .....</b>	<b>39</b>
<b>Figure 25: La coupe lithostratigraphique synthétique des terraines de la zone.....</b>	<b>40</b>
<b>Figure 26: montre le premier échantillon extrait .....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 27: montre le deuxième échantillon extrait.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure 28 : montre le mineral de fluorine .....</b>	<b>43</b>
<b>Figure 29: Feuille « COLLARS » relative à la localisation des collets des sondages.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure 30: Feuille « SURVEYS » renfermant les paramètres de déviations des sondages.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure 31: Feuille « ASSAYS » renfermant les résultats des analyses géochimiques.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure 32: Feuille « LITHO » relative à l'identification des faciès.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure 33: Projection en plan des sondages du prospect de jbel Terrimi.....</b>	<b>46</b>
<b>Figure 34: Détail montrant la représentation de la teneur en or le long des traces des sondages.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 35: Localisation de la section transversale.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 36: Exemple de section transversale définie par SURPAC à travers la zone minéralisée de Jbel Terrimi .....</b>	<b>49</b>
<b>Figure 37: Représentation le corps minéralisé en (minerai +stérile) 3D.....</b>	<b>49</b>
<b>Figure 38: montre le volume total de matière (minerai +stérile) .....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 39: représente le volume total de minerai en place avec toutes les teneurs confondues.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 40: montre la partie du gisement uniquement exploitable la teneur de <math>CaF_2</math> à 11%.....</b>	<b>51</b>
 <b>Liste des tables</b>	
<b>Table 1 : montre les résultats de sondage percutante.....</b>	<b>51</b>



# Introduction générale

Le pays est tellement étendu du nord au sud, ces terrains géologiques sont caractérisés par une grande diversité. Ils ont des âges allant du précambrien au Quaternaire, structurés par les orogènes successives. Au début du siècle, le Maroc a fait l'objet de nombreux voyages d'exploration ; notamment ceux de **A. Brives** (1901-1909), **P. Lemoine** (1904-1905) et **L. Gentil** (1904-1912), puis viennent les études détaillées par **Choubert et Marçais** (1956) qui proposent la première subdivision géologique du Maroc en trois domaines structuraux : domaine Rifain, domaine Atlaso-Mésétien et domaine Anti atlasique et Saharien (**Choubert et Marçais** (1956)).

## 1- Domaine Rifain :

C'est une chaîne de montagne récente, formée au tertiaire. Elle fait partie des chaînes alpines qui résultent de la collision Afrique-Eurasie et plus précisément à l'ensemble Rético-rifotellien. Ce domaine est caractérisé par une déformation intense de l'écorce et la présence de nappes charriées vers le S à SW qui l'apparent au vaste système orogénique alpine d'âge tertiaire. Il est constitué par les zones internes, la zone des flysch et les zones externes.

## 2- Domaine Méseto-Atlasique :

Situé entre l'accident sud atlasique et la limite sud du pré rif, « Le Moyen Atlas présente quant à lui une direction NE-SW, il est constitué d'une partie nord occidentale moins déformée nommée Moyen Atlas tabulaire ou Causse moyen atlasique et d'une partie sud orientale appelée Moyen Atlas plissé, déformée suivant des structures de rides et de synclinaux de direction généralement NE-SW ce domaine est subdivisé en trois grands domaines (**Fedan, et al, 1995**).

### 2.1-Domaine atlasique :

Le Moyen Atlas et Haut atlas, sont caractérisés par une couverture, formée de terrains essentiellement carbonatés dont les formations méso-cénozoïques comportant deux unités structurales :

-*Une zone à couverture plissée* comprenant le Haut et le Moyen Atlas, ayant subi une tectonique alpine précoce.

-*Une zone à couverture tabulaire* comprenant la Causse moyen atlasique, les hauts plateaux et le pays des horsts, dans le Maroc oriental. Les Atlas (Haut Atlas et Moyen Atlas,) sont des chaînes intracontinentales d'âge alpin résultant de l'inversion de rifts d'âge triasico-jurassique (**Frizon de Lamotte et al., 2000, 2008 Teixell et al., 2007 ; Domènech et al., 2015**).

## 2.2-Domaine Mésetien

Ce domaine est constitué d'un socle paléozoïque d'âge allant du Cambrien jusqu'au Carbonifère, et constitué essentiellement par des terrains sédimentaires avec une intense activité volcanique bimodale au Viséen . La couverture est d'âge paléozoïque et elle montre une faible déformation et une fracturation. Ce socle a été structuré par l'orogénèse hercynienne responsable aussi de la mise en place de nombreuses intrusions de granitoïde syn à tardi-tectonique (**Michard, 1976 ; Piqué et Michard, 1989**). (Fig.1).

## 3-Domaine anti atlasique et saharien

Ce domaine est intimement lié au bouclier ouest africain au sud et limité par l'accident sud-atlasique au Nord, dont le socle précambrien ou Archéen et ses couverture infracambriennes et paléozoïques sont restée plus au moins stables pendant l'orogénèse hercynienne .il regroupe des terrains d'âge protérozoïque inférieur déformés et métamorphisés au cours de l'orogénèse éburnéenne (Ouali et al, 2001) (Figure.1).

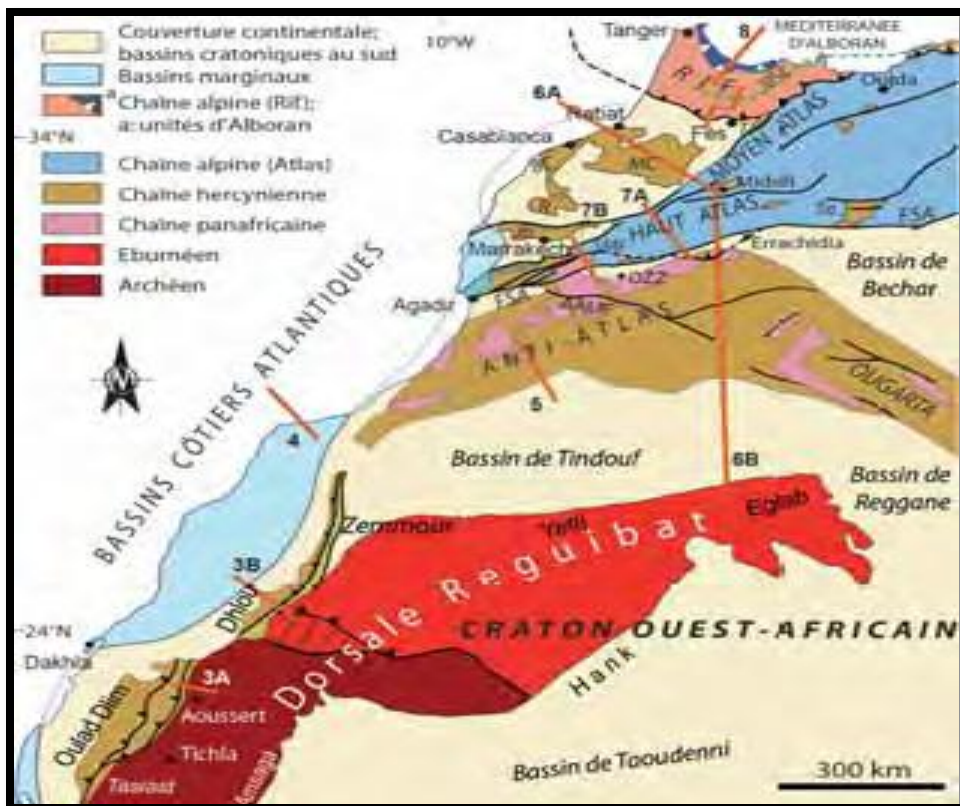


Figure 1 : Carte des domaines structuraux du Maroc (Jebrak, M et Blaizot, M 2017)

# Chapitre I : contexte géologique de Maroc orientale

La zone d'étude est située dans le Maroc oriental s'étend entre les parallèles 32 - 35 degrés N, et les méridiens 4,5 – 6,3 degrés W, caractérisé par son relief et son climat de grande diversité est par son ancienneté et son importance au niveau de la prospection et la recherche minière. En effet, la région de l'oriental recèle de nombreux gisements et indices métalliques et non métalliques.

Les principaux gisements sont les gisements de plomb, zinc et calcite Jbel Boudhar, manganèse de Bouarfa, cuivre de Jbel Lahwanite, barytine de Sidi Lahcen, charbon de Jerada, mine de fer de Nador, argile de Guenfouda, le tungstène de Taourirt- Tamlelt, et fluorine de Jbel Terrimi.

## I.1 Cadre géographique de la région d'étude Taourirt

La région de Taourirt, au Maroc nord-orientale, est une dépression orientée SW-NE, d'environ 150 km de long sur 60 Km de large, occupée par des formations tertiaires et quaternaire et entourées par des reliefs essentiellement jurassiques

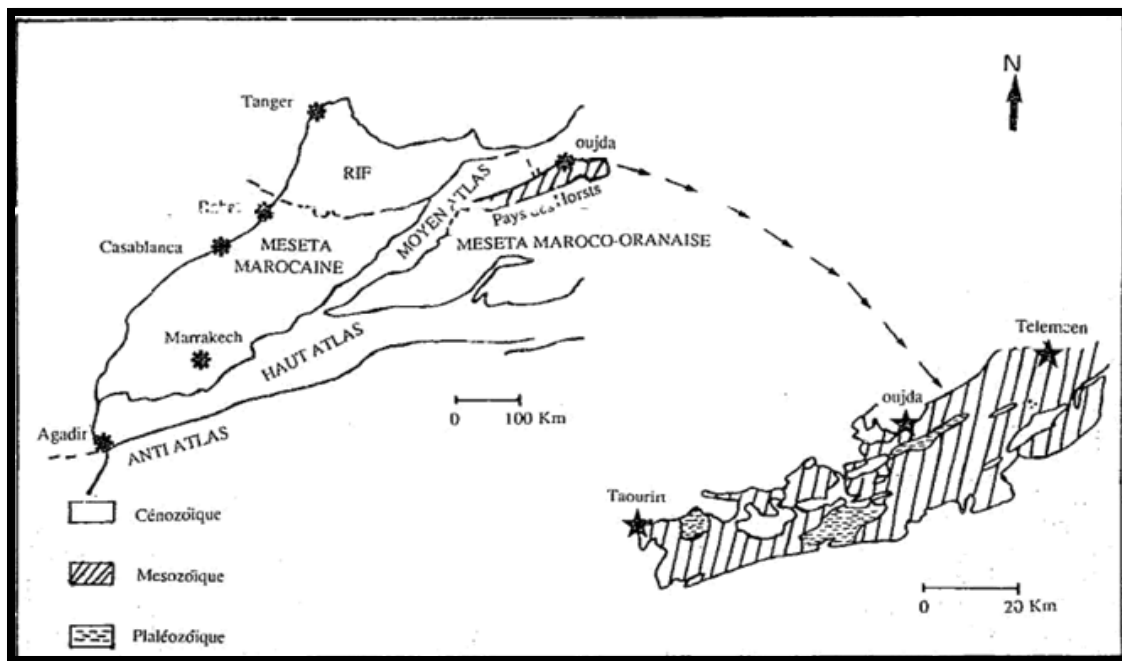


Figure I.2 : Carte géographique de la zone d'étude.

## I.2. Cadre géologique de la région d'étude Taourirt

La plaine de Taourirt est couverte de terrains tertiaires et quaternaires montrant localement des petits chaînons de calcaire jurassique (Jbel Tirremi). Le bassin est limité :

- A l'WNW par le domaine rifain;
- Au SW par l'extrémité septentrionale du Moyen Atlas ;
- A l'Est par le domaine tabulaire des Hauts Plateaux, prolongé au NNE par le pays des Horsts.

Les terrains formant l'essentiel du paysage régional sont

- Le paléozoïque, mis à nu par l'érosion, au cœur des grandes structures anticlinales ;
- Le jurassique inférieur carbonaté, qui affleure à la faveur de structure en horsts
- Le jurassique moyen-supérieur est à dominance marneuse, avec quelque intercalation gréseuse.

### **I.3.Cadre structural de la région de Taourirt**

La région est constituée des anticlinaux et des synclinaux de direction globale E-W affectés par des failles directionnelles :

**Les plis** sont généralement des anticlinaux et les synclinaux de la partie centrale qui affectent la série du Dogger, et qui présentent une direction d'allongement E-W et plus au Nord, le synclinale de Taourirt. Les plis sont faillés et sont recouverts en discordance par les terrains du miocène.

**Les failles** sont, normales et subverticales Il y a des failles de direction ENE-WSW. Ces failles mettent en contact le dogger avec le Lias et les terrains paléozoïques.

Notons également que la direction ENE-WSW est observée dans la zone SW (région de Narguechoum), par des intrusions granitiques. Les failles de direction NNW-SSE sont les principales failles directionnelles à l'échelle du bassin et du secteur étudié.

# CHAPITRE II: PRESENTATION GENERAL DU DISTRICT DE JBEL TERRIM

## II.1. Situation géographique

Le gisement de fluorine de Tirremi est situé, dans la partie orientale de domaine meseta environ 13 km au WNW de Taourirt, sur la rive gauche de l'oued Za, affluent du fleuve Moulouya, en bordure de la route N19 reliant Taourirt à Melga El-Ouidane (Figure II.3).

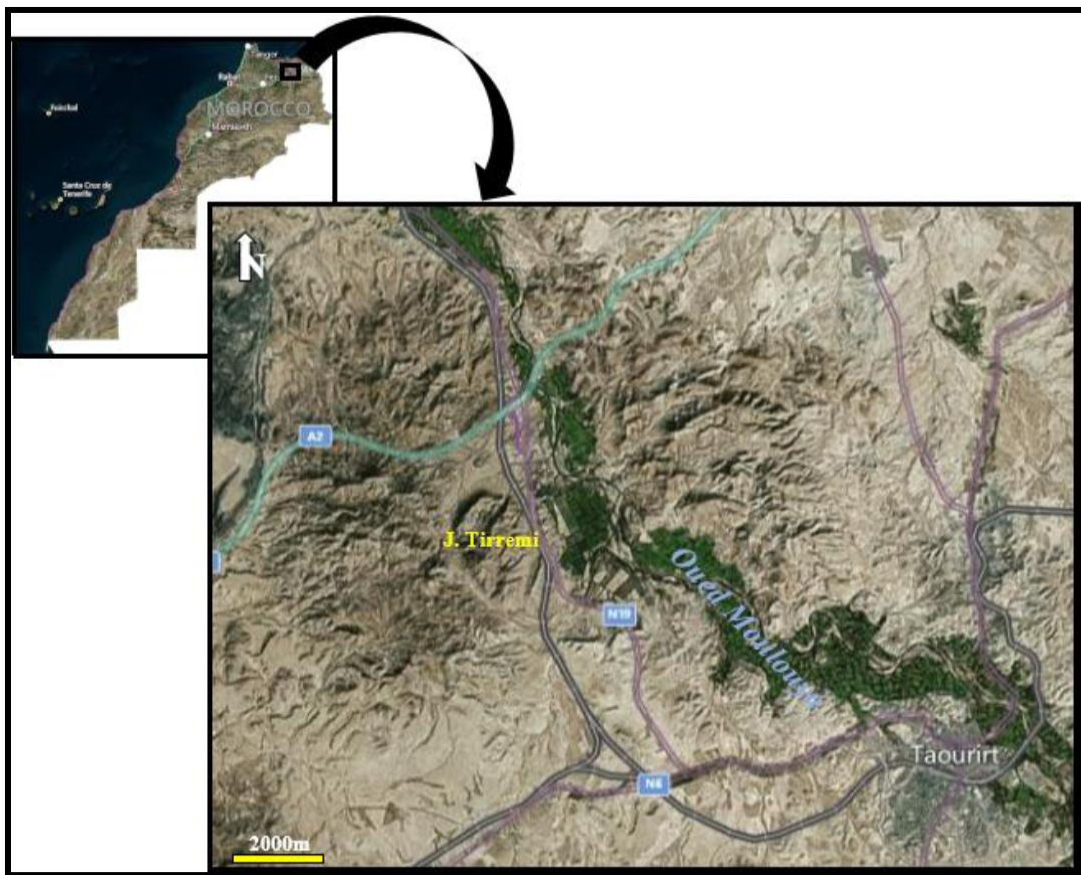


Figure II.3 : Image satellitaire de situation géographique de zone Jbel Terrimi (Google maps,2019)

## II.2. Historique des travaux de la Mine

L'importance minière et métallogénique de la région a fait l'objet, dès le début de ce siècle, de plusieurs études dont les plus connus sont :

-Les premiers indices de fluorine de la région de Taourirt ont été découverts en 1947 par Dubois, exploitant agricole au Jbel Terrimi (**Dubois,1947**);

-En 1950, Agard signale au Jebel Tirremi la présence de roches alcalines intrusives qu'il a décrit sous les termes d'aiounites et de méstigmérites (**agrad,1950**) ;

-En 1956, Benzaquen et ses collaborateurs ont réalisé les subdivisions litho stratigraphiques dans des grandes formations de la série jurassique du moyen Atlas septentrional et du pourtour du bassin de Guercif(**Benzaquen,1956**) ;

-De 1971 à 1977 le bureau de recherche et de participation minière (B.R.P.M) du Maroc a réalisé les premiers travaux d'exploration du Jebel Tirremi et il a effectué 28 sondages cumulant 4681 m et de nombreuses tranchées 817 mètre cube (**B.R.P.M ,1971 à 1977**) ;

-En 1996, Nehnahi effectue l'étude sédimentologie des dépôts du Toarcien-Bajocien des hauts plateaux septentrionaux de la région de Taourirt (**Nehnahi,1996**).

- Les réserves ont été estimées par des millions de tonnes, avec une teneur entre 25% à 35% de CaF<sub>2</sub> (**Ovtracht, 1976**), en classant le gisement de Jbel Tirremi comme le deuxième grand gisement de fluorine après gisement d'El-Hammam.

### **II.3. Application industriel de la fluorine :**

-Dans l'industrie chimique ;

- Dans la sidérurgie,

Les travaux du bois 1948-1963 ont permis la commercialisation de **7-8000 tonnes** de minerais de fluorine vers les U.S.A et la Hollande. Une quantité a été valorisée dans les verreries du Maroc (**100t**), pour valoriser la fluorine, celle-ci a été divisée en trois qualités :

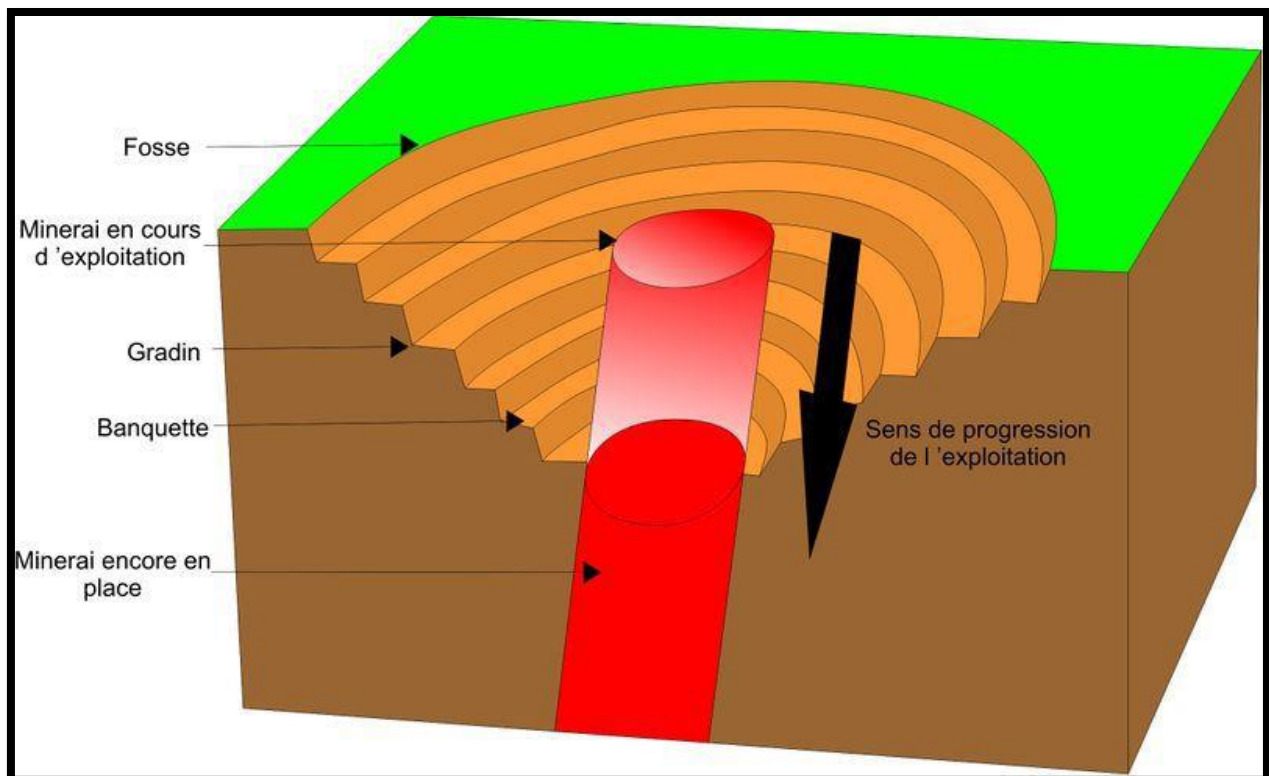
- Fluorine à **97 % CaF<sub>2</sub>** et **1 % SiO<sub>2</sub>** (max), est utilisée pour la fabrication d'acide fluorhydrique et fabrication de l'aluminium, qualité "spath acide" ;
- Fluorine à **85 % CaF<sub>2</sub>** et **2 % SiO<sub>2</sub>** (max) utilisée en céramique et en verre ;
- Fluorine à **70 % CaF<sub>2</sub>** et **3 % SiO<sub>2</sub>** (max) utilisée comme un fondant dans l'industrie métallurgique qualité "spath métallurgique »,

Les deux premiers groupes d'utilisation sont les plus importants et représentent plus de **90 %** de la consommation.

## II.4. Méthode d'exploitation, et le traitement du minerai

### II.4.1. L'exploitation à ciel ouvert

La méthode d'exploitation de la mine de Jbel Terrimi est à ciel ouvert, mais notre sujet s'intéresse à la méthode d'exploitation par fosse, à cause du type de gisement qui est spécifique aux gisements en formes d'amas ou de filons et d'une faible profondeur comme le cas du gisement de Jbel Terrimi (Figure II.4).



**Figure II.4 : Schéma explicatif de la méthode à ciel ouvert.**

Cette méthode utilisée pour extraire le minerai encaissé dans des roches dures, disséminé, dans des poches karstiques ou des veines profondes avec une extension latérale réduite. On notera aussi des filons aux continuités faibles, et aux amas. Ces filons sont près de la surface incluant les minéraux tels que la fluorine le fer...

L'exploitation en fosse se fait par les étapes suivantes :

- 1) Le décapage des matériaux de recouvrements (découverte du terrain) ;

- 2) Le forage des trous ;
- 3) Abattage du massif ;
- 4) Chargement et transport du produit abattu.

Si nécessaire, on creuse la roche par dynamitage, et le minerai est ensuite chargé sur d'énormes engins pour le traitement, quand, tous les matériaux stériles sont crachés hors de la fosse et stockés (pour remblayer hypothétiquement le trou). Pour des raisons de sécurité, les parois de la fosse doivent être inclinées horizontalement limitée entre **30** et **70°**, cette valeur variant selon la nature de la roche (Figure II.5 ).



**Figure II.5 : Méthode d'exploitation dans la mine Jbel Tirremi**



## II.4.2. Traitement de minerai

Le gisement de la fluorine de Jbel Terrimi subit une extraction à ciel ouvert grâce à la forme stratiforme du gisement et sa faible profondeur, facilité d'accès géotechnique et sa cadence (tonnage mensuelle).

Les étapes principales du traitement des minerais pour l'obtention du concentré suivi par des opérations successives sont:

-Stockage de poids net (minerais + la calcite) ;

-Opération scheidage (concentration de minerai et on jette le stérile pour augmenter la teneur en fluorine) ;

- Concassage consiste à minimisée la taille du tout venant à quelque mètre pour faciliter l'opération du broyage. Cette étape se fait par deux phases :

- Concassage primaire : à l'aide du concasseur à mâchoire, fait ressortir des blocs de **100 millimètres**.

- Concassage secondaire : à l'aide du concasseur à cône, fait ressortir des fragments de **12 millimètres**. L'estimation de la teneur en Fluorine durant ce stade est d'environ **24%**. Le produit obtenu est ensuite transporté dans des convoyeurs à bandes vers le broyage.

-Traitement de flottation dans l'eau (**8** unités différente) ;

-Broyage de la fluorine se fait en milieu humide (minerai plus l'eau). Le but consiste à réduire en poudre (environ 130µm) le produit obtenu pendant le concassage ;

-La flottation est l'étape la plus importante dans le processus de traitement du minerai de Fluorine. Elle consiste à éliminer les impuretés (calcaire, silice, pyrite...) à l'aide des produits chimiques

- La Flottation permet d'augmenter d'une façon importante la teneur en Fluorine du produit de broyage. Les réactifs utilisés sont choisis minutieusement afin d'avoir une flottation efficace avec beaucoup de rentabilité.

- Epaisissement du minerai est la séparation des phases solide et liquide par décantation.

- L'infiltration ou l'assèchement par filtre à tambour (préfiltres entièrement automatiques) pour séparer l'eau des particules solides



**Figure II.6 : Montrant les cellules de flottation.**

## **II.5. Description lithostratigraphique :**

La zone Taourirt Terrimi se caractérise par une formation géologique appartenant aux jurassiques inférieur, moyen et supérieur ; recouvert par des dépôts de néogène et quaternaire.

### **-TRIAS :**

Les dépôts triasiques (Carnian-Ladinien), dont l'orientation Est-Ouest sont, caractérisé par la présence des sédiments de rift contrôlés par des failles, formé par des argiles rouges à gypse et sel gemme, intercalée par des couches basaltes tholéitiques très altérés. Les couches triasiques situées sur le long des failles décrochantes normales au sud de la ferme Dubois. Leurs puissances

varient de 0 à 100 m en raison de processus de rifting et plus tard retrait du sel après le rift (Figure 7 et Figure 8).

#### **-Lias :**

Le bassin a été inondé dans le Lias (Pliensbachian) conduisant au dépôt des carbonates marins en eau peu profonde. Elle est constituée par des calcaires dolomitiques très dures, ont une direction général **NNW-SSE** et montrent un faible pendage compris entre 20° et 35° vers le l'Est. Vers le sommet elle contient des nodules de silex brun-foncés. Ils sont de couleur variable (grise ou rosâtre), avec des textures différent d'une zone à l'autre. Parfois elles sont traversées par des veinules d'oxyde de fer ou de calcite plus quelque trace de fluorine et barytine. Elles sont souvent affectées par des diaclases et peuvent montrer une altération hydrothermale qui remplit les espaces vides (fractures et zones de brèche), se terminant avec quelques centaines de mètres de calcaire bleu du Pliensbachien.

Au Nord, au Sud, à l'Ouest et l'Est, des failles font les contacts de bordure du Terrimi avec les terrains alentours.

#### **-Toarcien :**

La formation de toarcien constituée par des calcaires gris à interlits marneux, se trouve notamment dans la partie Est du **Jbel Terrimi** en formant deux collines entre lesquelles passe la chaussée goudronnée Taourirt-Camp Berteaux. Les couches calcaires et les marnes gris-verdâtres font des plis plus ou moins larges, mais leurs direction générale est Nord-Sud avec un pendage de 35°-65° vers l'Est. Dans le voisinage du contact avec le Jbel Terrimi on observe quelques filons de calcite de faible extension (3 m-7 m de longueur et 0.10-0.50 m) d'épaisseur avec la direction générale NE-SW/70° (Figure 7 et Figure 8).

#### **-Dogger**

Il est représenté par une série marno-calcaire verdâtre où les bancs calcaires diminuent d'importance et où les marnes deviennent plus fréquentes. Le Dogger généralement marneux, apparaît en contact faillé avec les calcaires dolomitiques de Pliensbachian. Ces formations sont développées plus ou moins au Sud-Est du J. Terrimi et plus fréquemment au Nord-Est

### **-Malm :**

Le Malm connaît la sédimentation marneuse commence par des intercalations gréseuses et se termine par des dépôts carbonatés du Kimméridgien (50-150m).

Généralement, les formations du Jurassique supérieur sont des formations de comblement de type deltaïque qui achèvent le cycle sédimentaire mésozoïque.

### **-Crétacé :**

Noter bien que le Crétacé n'apparaît pas dans la région de **Jbel Tirremi**, mais leur existence a été notée dans la formation voisine de Ras el Ksar (**Giret, 1985**). Il se compose d'une succession de continental à sédiments lagunaires.

Les sédiments jurassiques d'âge Bajocien-Bathonien sont traversés par des dykes alcalins de lamprophyre d'âge Éocène.

### **-Miocène :**

La formation de Miocène représentés globalement par une alternance de grès, calcaire et des marnes sableuses bleu plus au moins gypsifères d'origine marins de faible profondeur avec une intercalation marneuse de quelques niveaux métriques. Déposé en discordance sur les carbonates du Jurassique supérieur, est sont exposés long de la marge sud du **Jbel Tirremi**.

### **-Quaternaire:**

La couverture quaternaire est constituée des conglomérats, tufs, argiles sableuses et terrasses alluviales et fluviales ainsi que des éboulis essentiellement calcaires (Figure II.7 et Figure II.8).

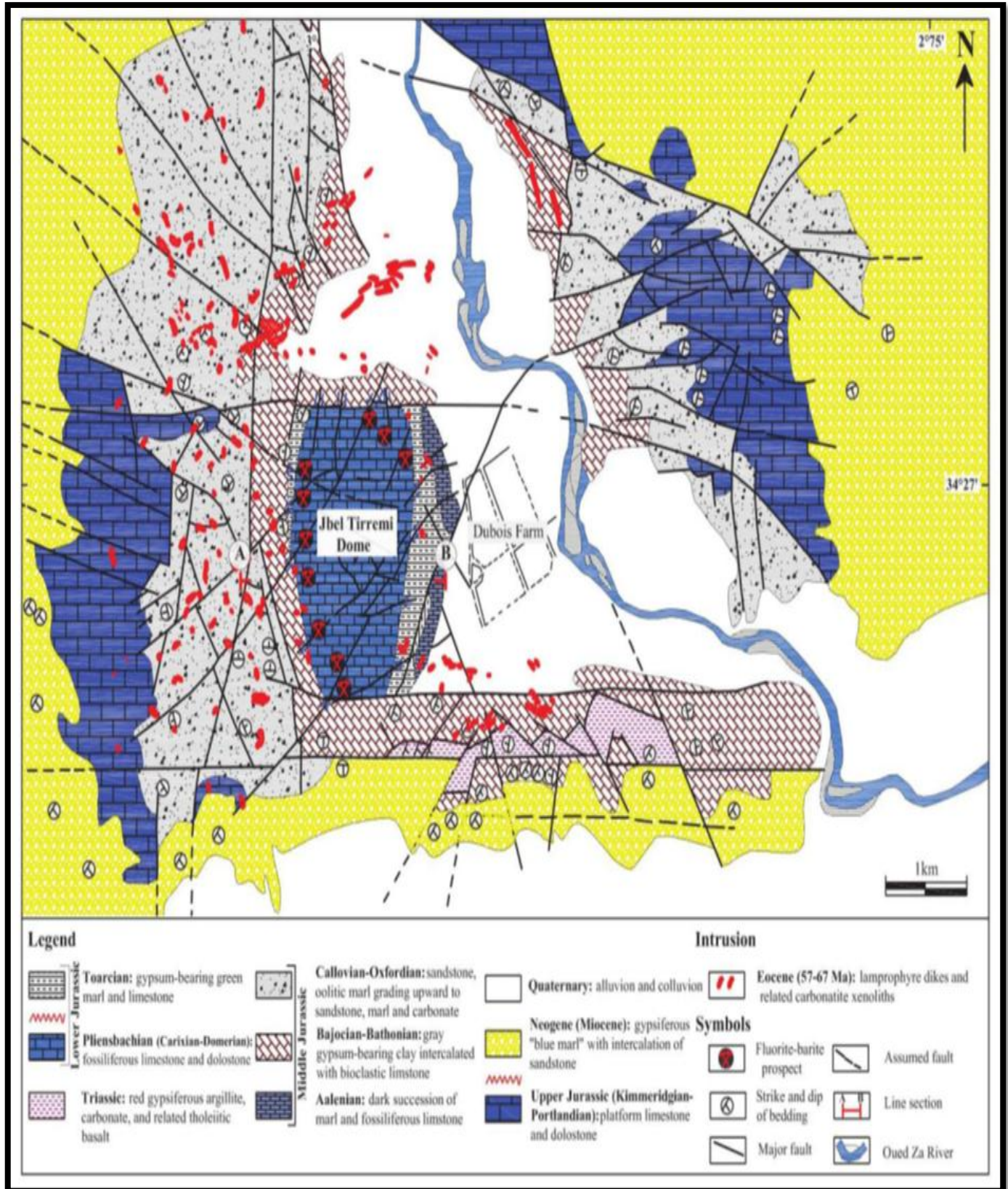


Figure II.7 : géologique et métallogénique de la zone d'étude (Bouaabdela, 2014)

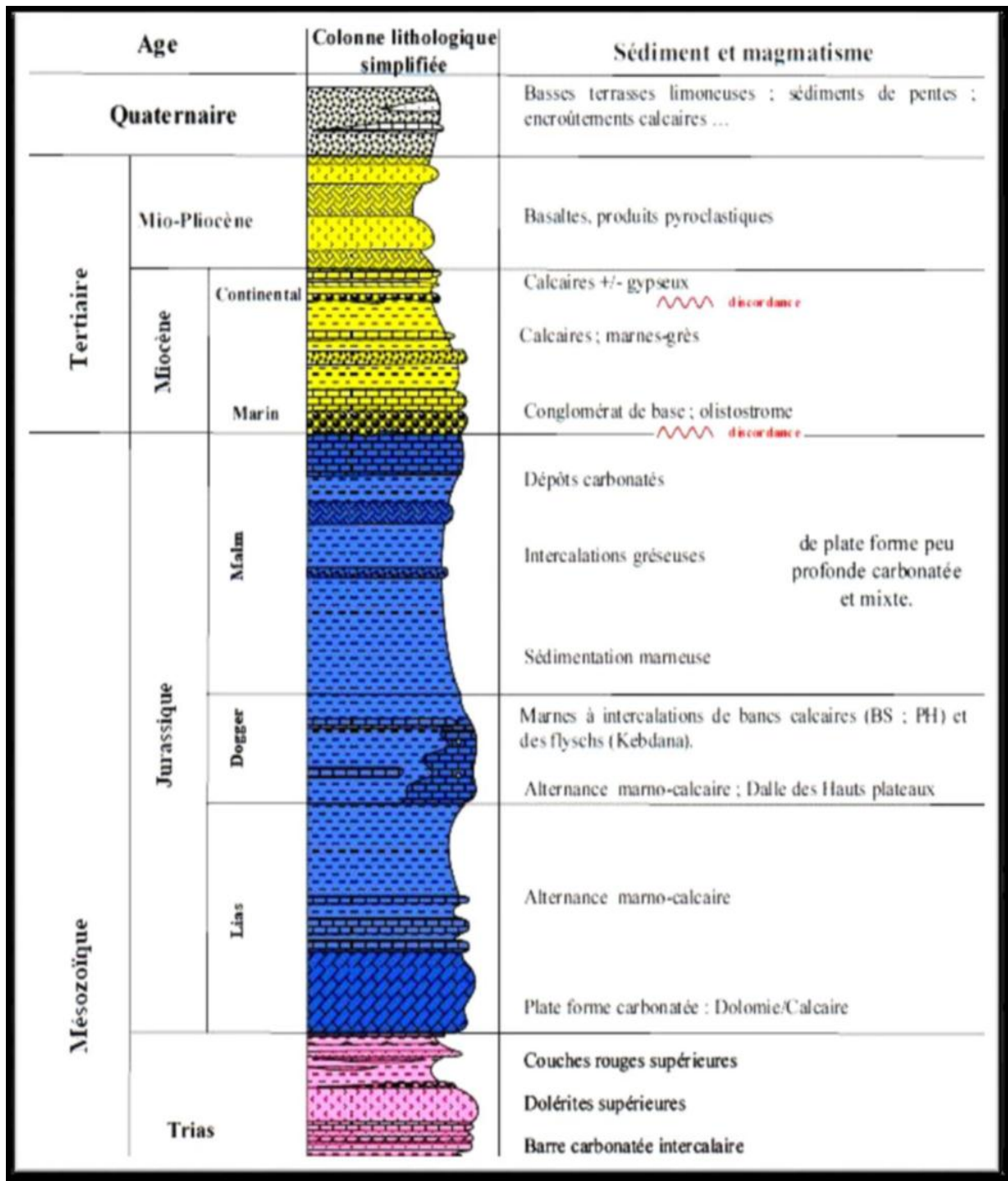


Figure II.8 : Log stratigraphique région du Taourirt (Maroc nord-oriental) (D'après Valin et Rakus, 1979)

## II.6 : La description Morphologie et texture de la minéralisation

L'environnement géologique des gisements de Jbel Terrimi présente une particularité originale. La majorité des corps minéralisés se trouve proche du contact, au moins par une de leurs extrémités. La minéralisation à fluorine, calcite et la barytine sont souvent localisés dans la partie sommitale des calcaires dolomitiques du Pliensbachien sous les marno-calcaire du Toarcien.

Les zones les plus importantes en minéralisations se situent dans la partie ouest du massif carbonaté de Jbel Tirremi (**Agard, Bouchta 1980**).

Quant à leur texture, ces minéralisations sont soit disséminées, massives ou rubanées dans des gangues à carbonates (calcite et dolomite) et aussi de quartz.

Les principaux métallotectes des gisements de Jbel Terrimi sont la pyrite, la chalcopryrite, la malachite et le fer.

La minéralisation à fluorine et barytine se localise dans la partie sommitale des calcaires dolomitiques de Pliensbachien à quelques mètres sous les marnes du lias supérieur.

À cet égard, le gisement de fluorite-baryte **Jbel Tirremi** dans le Nord- Est du Maroc est le seul dépôt génétiquement connecté à processus périadiapiriques (**Jébrak et al., 1988**).

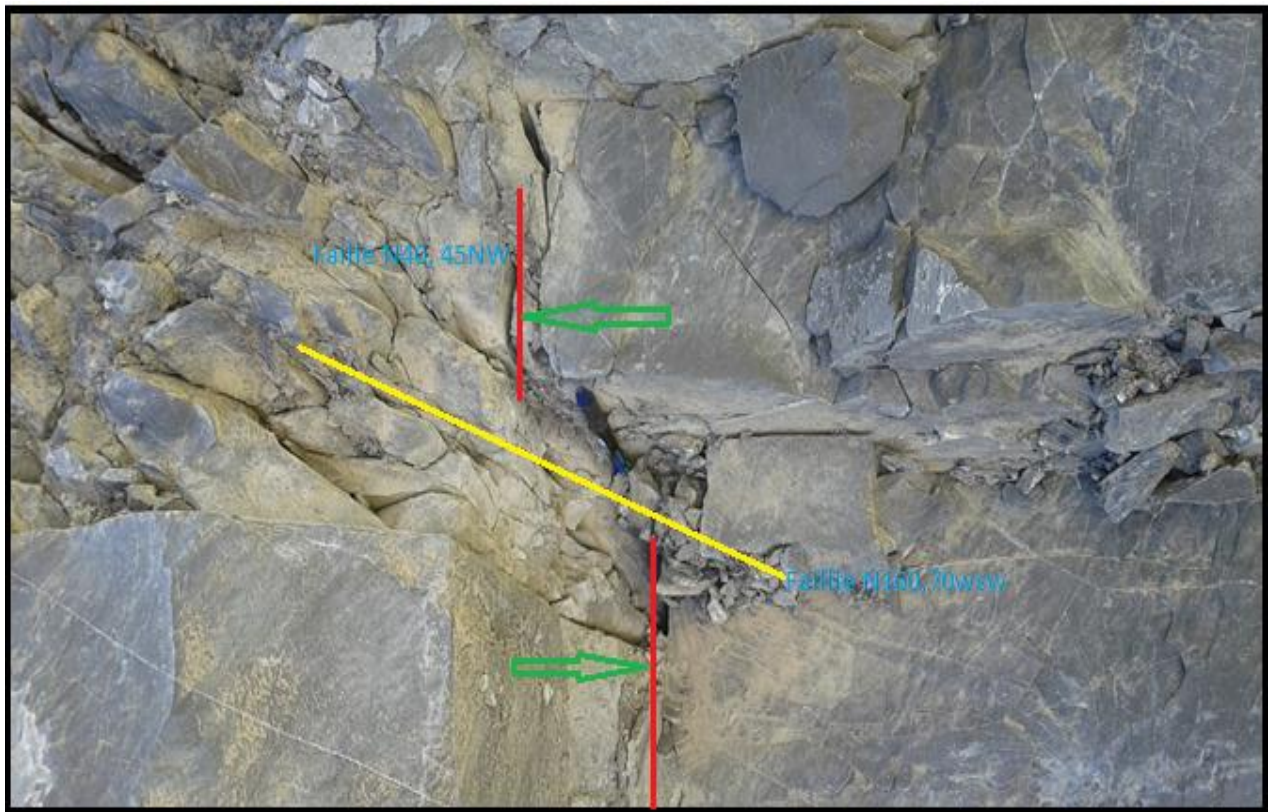
La première minéralisation trouvée, correspond à une dissémination de la fluorine dans les calcaires sous forme des poches karstiques, entre les formations du toit Toarcien et celles du mur Pliensbachien. Sous forme d'une poche karstique de direction **N80** et de pendage **40°** vers le nord-ouest, dominée par la fluorine, la calcite et la barytine, encaissé dans les calcaires dolomitiques silicifiés. L'ensemble est affecté par des diaclases et des fractures.

Au niveau de contact de direction **160,40° WSW** avec le calcaire marneux gypsifère gris sombre à patine vert jaunâtre à cassure fraîche, traversé par un dyke de direction **N80** et pendage **70° NE**, de puissance 3 mètre gris sombre à patine disséminée par la biotite. Ce dernier, est parcouru par une veine de direction **N80** et pendage **70° NE**, riche en fer au centre et de quartz aux extrémités.

Le dépôt **Jbel Terrimi** est riche en fluorite et présente une relation spatiale claire avec un essaim de dyke de lamprophyre d'Eocène, permettant un rôle possible du magmatisme alcalin dans sa genèse (**Bouabedllah, 2014**).

Les formations du Dogger et du Toarcien ont la même stratification (S0), suivant la classification recommandée par **Woolley et al. (1996)**, les lamprophyres de **Jbel Terrimi** sont classés comme des minettes (pyroxene bearing lamprophyres) et spessartites (grenat et amphiboles lamprophyres).

Les plans de S0 (dogger) sont aussi suivis par la minéralisation de limonite de teinte brun clair orange avec d'épaisseurs variées entre 2 à 7 centimétrique. Ces calcaires sont affectés par une faille de direction **N160** et de pendage **70°WSW**, et recoupe celui de **N40** et de pendage **45°NW** (Figure II.9 ). Il s'agit en fait, d'une faille de jeu inverse à composante décrochant senestre de rejet **7,8** centimètre.



**Figure II.9 : Image montrant le recoupement des failles N160 et N40**

La formation de toarcien est traversée par un filon de calcite de 3 cm de large cristallisé en dent



chien de direction **N170** avec un pendage **85° WSW**, qui semble suivre la **S0** (Figure II.10 ).



**Figure II.10 : Le contact minéralisé marne calcaire.**

La minéralisation de **Jbel Tirremi** est composée principalement de fluorine, de calcite et de la barytine, oxyde de Fer, avec des quantités mineures de quartz, Manganèse. Le gisement contient également mais en quantités négligeable de cérusite, strontianite. Les sulfures sont rares dans les gisements de **Jbel Tirremi** (Figure 10). Ils sont constitués de pyrite, de chalcopryrite, de galène, de sphalérite et de carbonate du cuivre (malachite et azurite) ( figure 11). Ce dernier, se trouve souvent sous forme d'inclusions notamment dans la fluorine transparente.



Calcite  $\text{CaCO}_3$  ;

S.C: Trigonale ;



Barytine  $\text{BaSO}_4$  ;

SC: Orthorhombique ;



Strontianite  $\text{SrCO}_3$  ;

SC: Orthorhombique ;



Quartz  $\text{SiO}_2$

; SC: Hexagonal

Dureté : 3 ; Dureté :3-3,5 ; Dureté : 3.5 ; Dureté : 8  
Densité : 2-2.8 ; Densité : 4 .48 ; Densité :3.7 ; Densité : 2.5

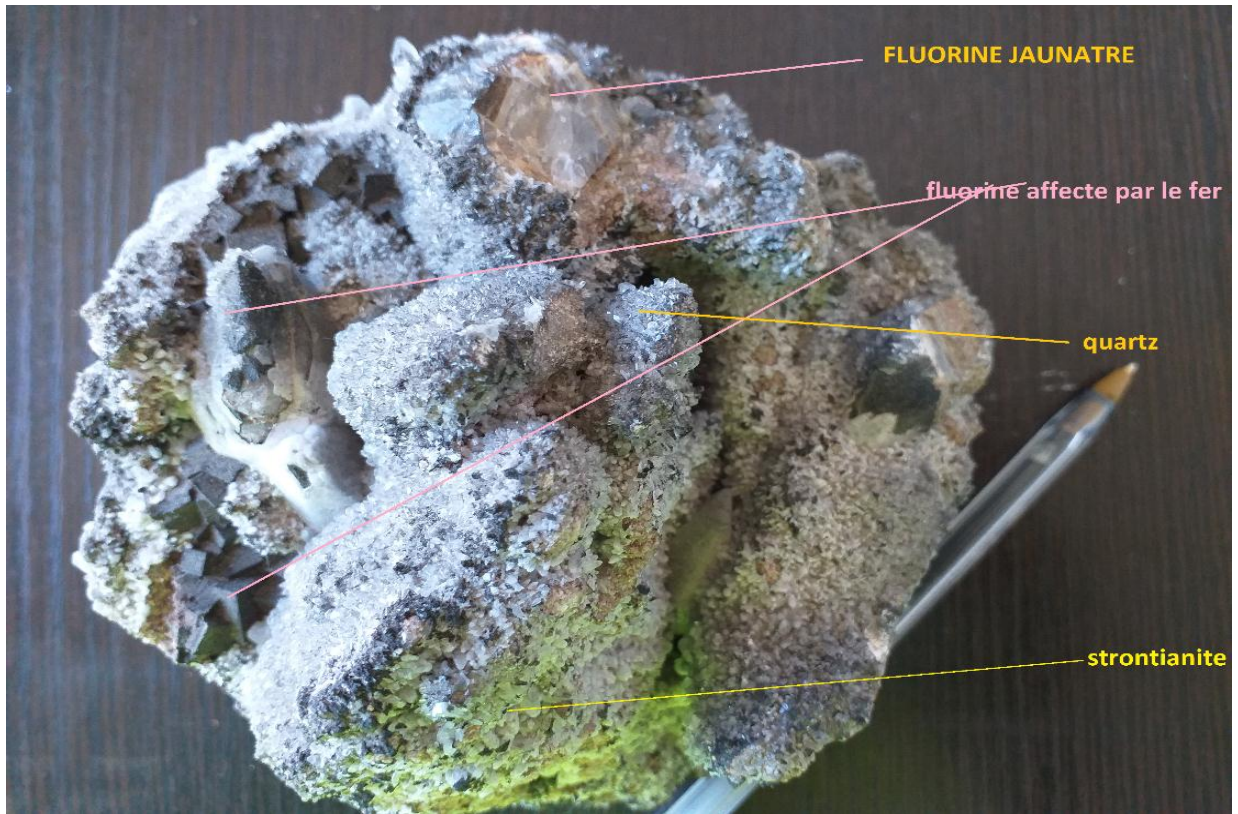
**Figure II.11 : Photos de quelques minéraux de gangue associés à la fluorine.**

## **II.7 : La minéralisation**

La fluorine de **Jbel Tirremi** existe sous forme massive de couleur jaunâtre à incolore translucide qui traversée le gisement, de plus les cristaux sont sous forme cubique bien cristallisé de fluorine sont affectés par le fer quand la fluorine verdâtre est rare. Il y a aussi la fluorine noire et lors du cassage de la roche des odeurs désagréables se dégagent d'où cette couleur noire qui provient des hydrocarbures (Figure II.12 ).



**Figure II.12 : Cristaux de fluorine translucide avec quelque injection des sulfures**



**Figure II.13: Phase II caractérisé par des cristaux de fluorine fumé déposées sur fluorine jaunâtre (phase I)**

Les phénomènes géologiques responsables de la mise en place de ces concentrations importantes de fluorine sont présentés sous forme de trois étapes successives et chevauchantes de minéralisation, les stades **I** et **II** ont le plus d'intérêt économique :

- ✚ **La phase I**, appelée « minerai de la phase principale » : est économiquement la plus importante,
- ✚ **La phase II** para-génétiquement tardive se compose des cristaux de fluorine fumée bien cristallisée (cubique) de la taille centimétrique (Figure13);
- ✚ **La phase III** : L'assemblage des minéraux déposés après le minerai tels que la Strontianite, quartz et les oxydes de fer, résultent de l'oxydation des sulfures primaires (Figure II.13).

## II.8 : Exploration dans la partie sud de la carrière

L'étude structurale que nous avons effectuée dans notre zone d'étude montre plusieurs filons de directions variables remplis de fluorine, calcite et de la barytine. Cette étude a pour objectif de trouver des structures filoniennes bien exploitables et aussi rentable.

*Présentation des coupes montrent la minéralisation comment il se forme :*

Le dessin de la figure est représenté souvent par des différentes tranches (Tr1, Tr2, Tr 3 et TG1) et un satellite (Ramification). Les observations sur le terrain nous ont permis de constater que la direction **N160** et le pendage en général **70°** vers **WSW** est presque identique c'est pour cela qu'on considère que c'est un filon. La minéralisation est massive avec **CAF2** ayant une teinte transparente, brunâtre et noirâtre avec des minéraux de gangue la calcite à onyx et oxyde de fer. Ce filon est minéralisé aux épontes intercalées par une bande de calcaire d'épaisseur variable, quand on trouve un changement brusque de la direction **N80** et pendage **80°** vers **SSE** de satellite 1, considéré comme une ramification de filon principal.

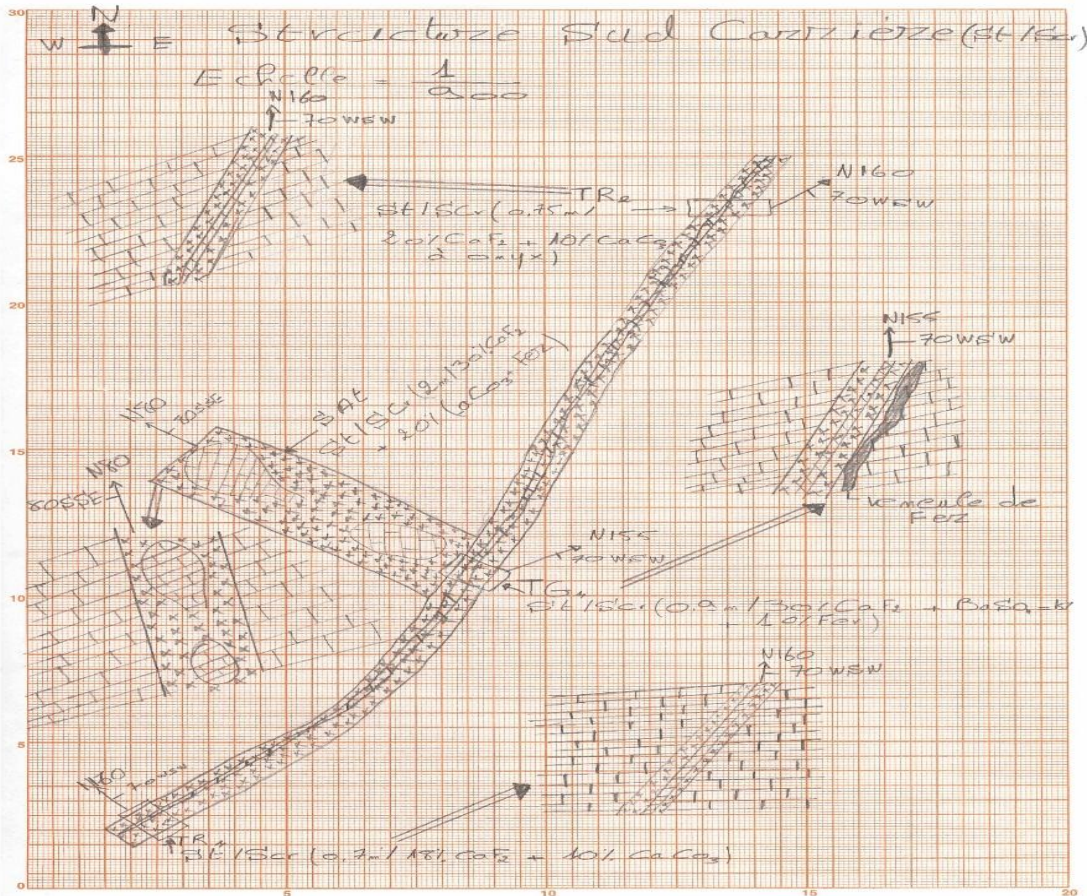


Figure II.14 : Dessin montre la structure filonienne dans la partie sud de la carrière

De point de vue géologique on constate une faille de jeu normal de direction **N60** et de pendage dirige vers **75°NNW**, parallèle à une lentille, de puissance **10** centimétrique et **50** centimétrique. Cette faille rempli par la calcite et la fluorine qui affecte le calcaire dolomitique et le calcaire marneux. Son couloir est de 5 mètre. (Figure II.15 )



**Figure II.15 : Faille normale parallèle à lentille.**

## **II.9 : Exploration dans la partie Sud-est de Jbel Terrimi**

Dans la minéralisation on observe de multitudes de tranches riches en fluorine de **11%** jusqu'à **52.31 %** avec une quantité importante de calcite, avec trois affleurements entre ces tranches, presque de même direction et de même pendage de celle des affleurements et qu'elles sont remplies en fluorine et calcite, encaissées dans la formation du Toarcien. Elles ont une direction globale **N40** et **N70** avec un pendage fort vers le Nord à sub-vertical, ce filon nécessite un traçage de la structure minéralisée à la base, de même direction mais un pendage trouvé s'incline



## II.10: Exploration dans la partie Nord-Ouest de Jbel Terrimi

Le terrain est affecté par une tectonique cassante très intense, qui arrête radicalement les structures minéralisées. Cette tectonique se manifeste souvent par des Sill basique de direction **N150** avec un pendage **30 degré** vers **ENE**, de longueur **11.5 m** et **3 m** de large, gris brun à patine et à casseur fraîche avec des impuretés noires. Ce Sill est affecté par l'ensemble des diaclases de direction variable entre **N50 ,60,80NE** et **NW** et qui assurent l'encaissement gréseux gris brunâtre à patine blanche à casseur fraîche à granulométrie fine.

On a deux types de grés vert grisâtre sombre à patine et gris sombre à casseur fraîche. La roche basique de Sill contient des amphiboles allongés des petits cristaux de biotite, des minéraux blancs de quartz. Les amphiboles sont majoritairement associés avec la biotite.

D'un autre coté on trouve un pli de direction **N170**, avec un pendage **30°** vers **Ouste**, à l'axe **25** plongeant vers le **Nord** (Figure II.18 et Figure II.19)

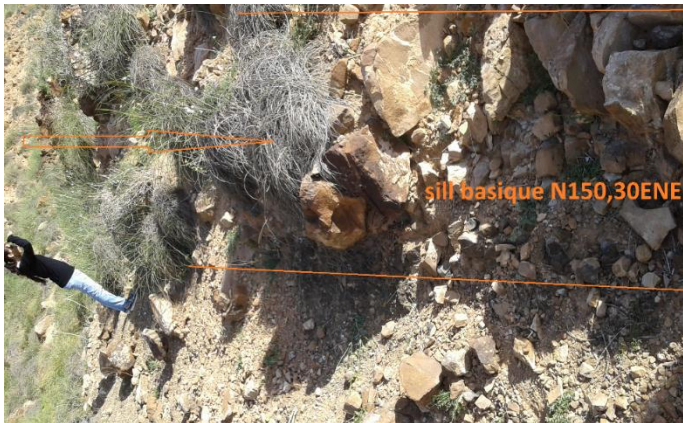


Figure II. 18 : montre la roche basique



Figure II. 19 : Photo d'un pli

## II.11 : ETUDE DE SONDAGE PERCUTANTE

### II.11.1 : étude des sondages percutants RC

En général une campagne d'exploration à vocation minière aboutit à la phase de sondage après la réalisation de la cartographie et la détection des structures minéralisées. Un échantillonnage préliminaire est effectué sous la surveillance d'un géologue. Ensuite, les données obtenues à partir des échantillons prélevés vont conduire les prospecteurs à définir l'implantation adéquate des sondages, pour des objectifs précis suivant :

- Délimiter la morphologie du corps minéralisée ;
- Estimation des teneurs ;
- Diminution la plus possible des décapages de stérile ;
- Collectes le maximum d'information sur la structure étudiée.

### II.11.2 : Principe de sondage percutant RC

Se fait par une machine de sondage percutante de type RC composé principalement de deux tiges des diamètres différents. Le premier a une corne qui broie la roche en profondeur et un moteur qui assure l'énergie et compresse aussi l'air (Figure 20).

Le travail de cette machine est comme suite :

- La couronne du marteau au fond du trou broie la roche et la transforme en cutting (poudre).
- L'air compresser passe par la tige de petit diamètre et pousse la poudre obtenu vers la sortie à travers la tige de grand diamètre.



**Figure II. 20 : Machine de sondage percutant RC et échantillonnages.**

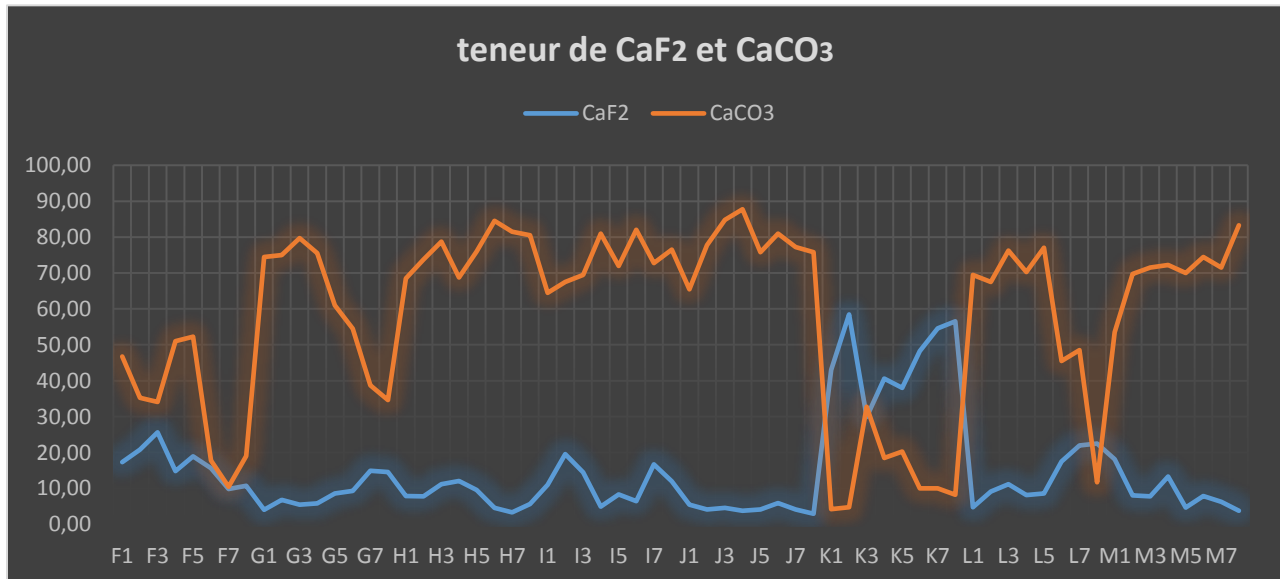
Exemple de trou de foration au moment de la réalisation d'un sondage percutante au centre de la Carrière (Figure II. 21 ).





**Figure II. 21 : Trou de foration**

**II.11.3: Résultats d'analyse :**



**Figure II. 22 : les résultats de sondage percutante**

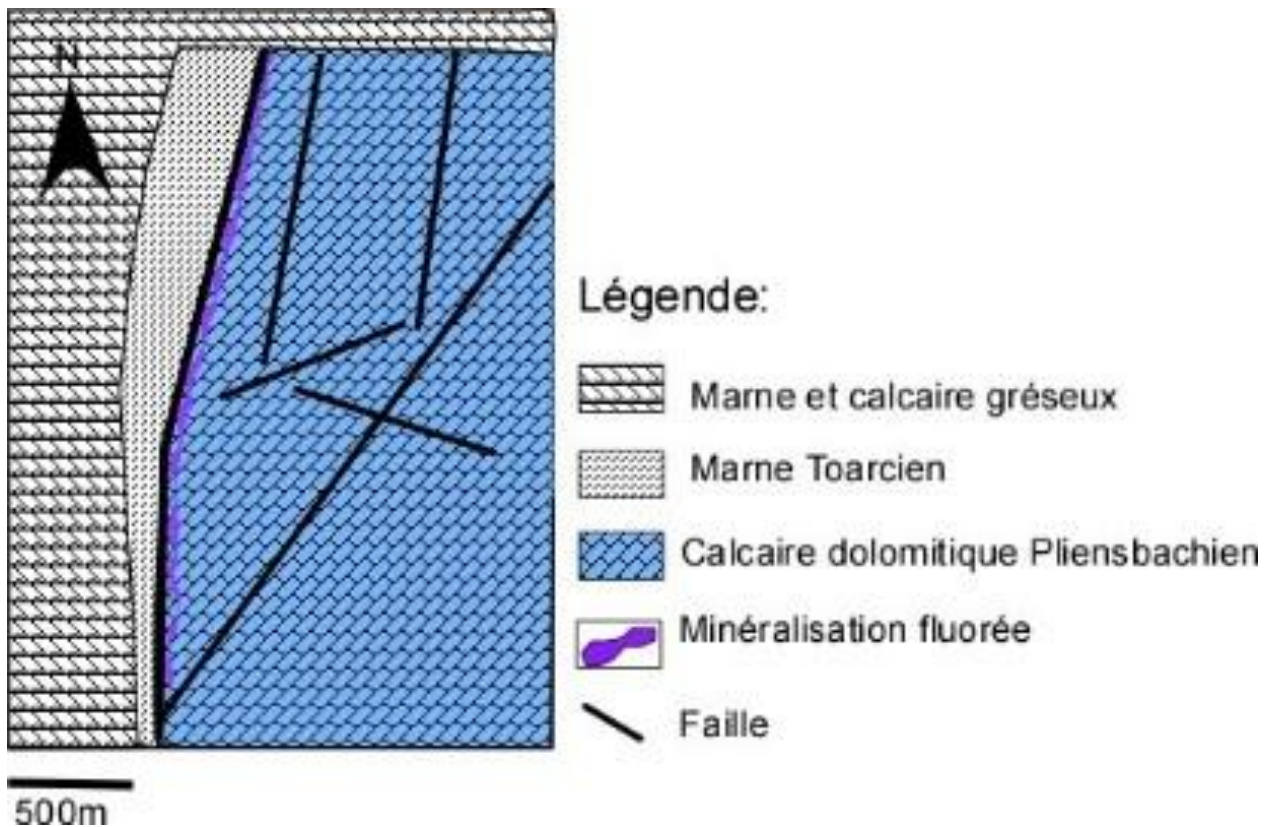
**II.11.4 : Interprétation :**

On constate que la teneur en fluorine **CaF2** et en carbonate de calcium **CaCO3** sont inversement proportionnels, lorsque la teneur de fluorine diminue la teneur en carbonate de calcium augmente et vice versa. De J7 jusqu'à L1, présent des teneurs en fluorine plus importants que celle de calcite. Nous notons des teneurs entre **58.46** % et **69.50** % de fluorine qui peuvent être exploitées.

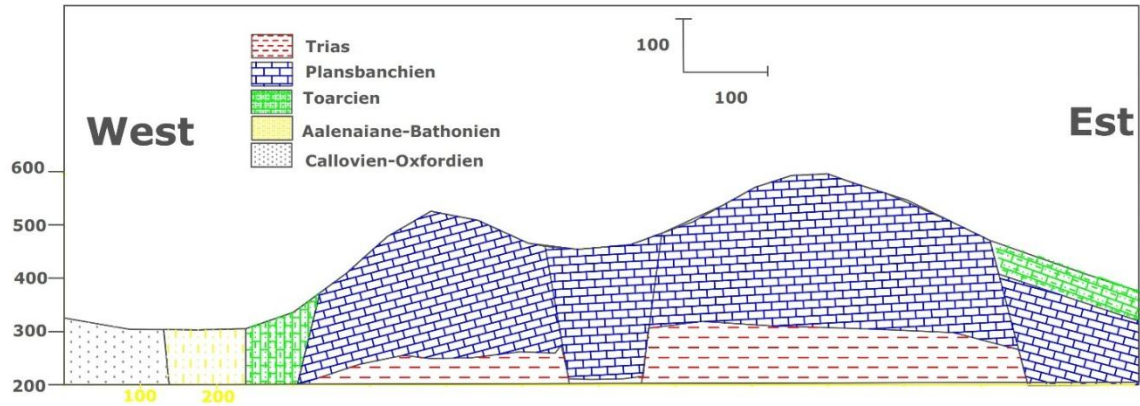
### III: ETUDES STRUCTURALES ET MACROSCOPIQUES DES ECHANTILLON :

#### III.1: Carte structurale réaliser dans la zone d'étude

La carte de la **Figure III.23** , représente l'illustration des différentes structures rencontré dans le terrain :



**Figure III.23 : Carte des structures minéralisées de la zone d'étude dans Jbel Terrimi**  
Lors du présent travail, la carte de Jbel Terrimi a été complétée ( Figure III.23 ) et nous avons également réalisé une coupe géologique Est-Ouest bien détaillé ( Figure III.24).



**Figure III.24 : la coupe structurale de Jbel Terremi réalisé dans la zone d'étude**

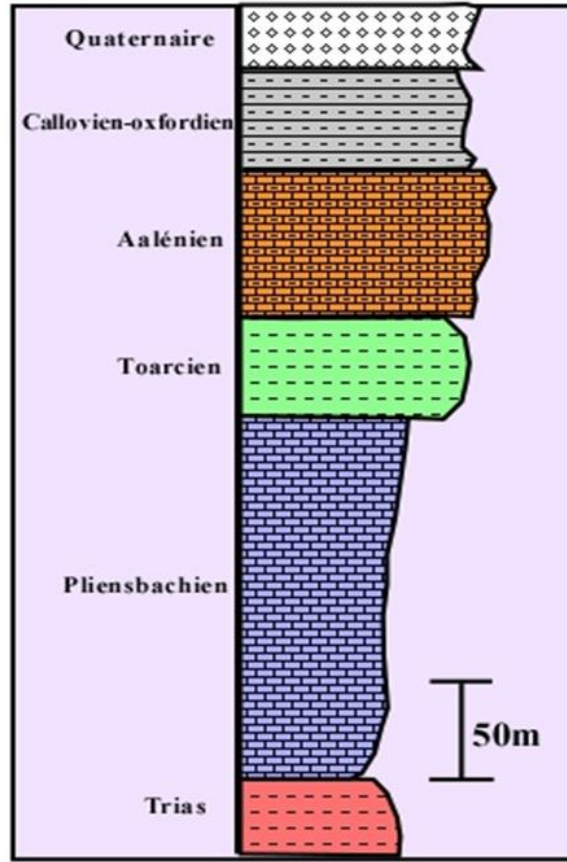
La région de Jbel Terremi est caractérisée par la présence de quelques indices de minéralisation de fluorine.

Généralement, le minerai est plus concentré dans le contact entre les calcaires dolomitiques d'âge Pliensbachien et les marnes du Toarcien.

### **III.2 : Cartographie de log**

D'après la carte géologique ( Figure III.23 ) et la coupe géologique ( Figure III.24 ), la zone d'étude est constituée lithologiquement de plusieurs faciès qui sont :

Les argiles rouges d'âge Trias, des calcaires dolomitiques d'âge Pliensbachien, les marnes d'âge Toarcien, les marno-calcaires d'âge Aalénien on peut le nommer aussi Dogger, les marno-calcaires gréseux d'âge callovien-oxfordien-Bathonien ou Malme et conglomérats d'âge Quaternaire.

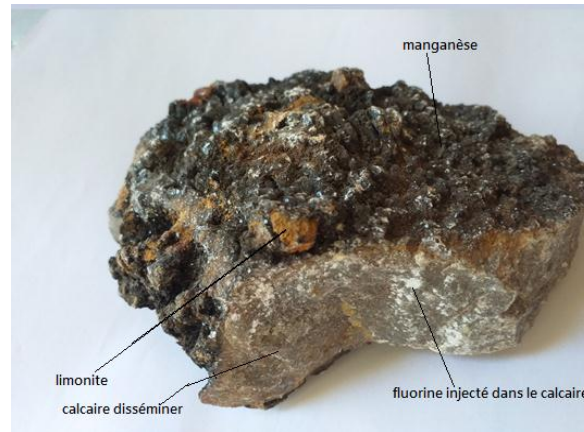


**Figure III.25 : La coupe lithostratigraphique synthétique de la zone d'étude**

### **III.3 : L'échantillonnage :**

Il est réalisé dans les différents niveaux et faciès. Les prélèvements, ont pour but de réaliser des analyses chimiques et faire des lames minces en vue de faire une description pétrographique.

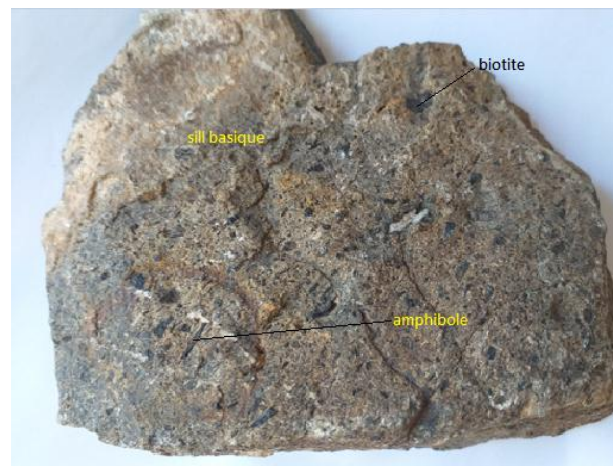
*Etude macroscopique des échantillons prélevés Figure III.26 ;27 et 28 :*



**Figure III.26 : calcaire dolomitique silicifié**

**La description des roches à l'oeil nu :**

Type de roche :	sédimentaire
Classification :	roche chimique
Couleur :	gris, blanche
Reagir avec HCL :	oui donc c'est une roche carbonaté $\text{CaCO}_3$
Minéraux :	Fluorine, Quartz, Oxyde de fer



**Figure III.27 : roche basique qui s'appelle le Microsyénite**

## La description de la roche magmatique

- Coloration : mélanocrate
- Grain : compris entre 1 et 5 mm
- La structure de cette roche : grenue ( la taille des grains est > à 1m, dépasse souvent 5 mm)
- Minéralogie : biotite, amphibole, feldspath alcalin
- Classification : roche plutonique basique



Figure III. 28 : le mineral de fluorine

*Description de mineral à l'œil nu :*

<i>Forme</i>	<i>Faciès cristallin</i>	<i>Clivage</i>	<i>Eclat</i>	<i>Couleur</i>	<i>Dureté</i>	<i>Densité</i>	<i>Odeur</i>	<i>Action avec HCL</i>	<i>Nom de mineral</i>
<i>Xénomorphe</i>	<i>Faciès tabulaire</i>	<i>2 plan de clivage</i>	<i>Reflexion partielle de la lumière</i>	<i>Violet améthyste</i>	<i>Acier</i>	<i>D= 3.18</i>	<i>Non</i>	<i>Réaction négative</i>	<i>Fluorine</i>

*NB : on a pas faire des lames minces à cause d'un problème technique*

## **IV : APPORT DE SURPAC A LA MODELISATION DE CORPS MINERALISES**

### **IV.1 : Méthodologie acquisition et traitement des données**

la modélisation numérique des données relatives à la géologie, la teneur et la topographie ainsi que les données des sondages disponibles du secteur de Jbel Terrimi sont réalisées à travers la mise en place d'une base de données sous SURPAC.

### **IV.2 : Démarche du travail**

La démarche suivie consiste à un assemblage des différents types de données disponibles des ouvrages miniers (sondage, tranchées, gradins, etc.), elle comporte les étapes suivantes:

- La collecte des données de toutes les informations concernant le secteur minier de jbel Terrimi (données des sondages, tranchées, les levées géologiques, logs des sondages) ;
- Structuration de la base de données sous forme d'un certain nombre de fichier Excel ;
- Importation de ces données en SURPAC
- Triangulation : Construction du solide en joignant les limites des surfaces minéralisées ;
- Modélisation 3D du corps minéralisé.

### **IV.3 : Procédure de préparation et traitement des données**

Procédure de calcul des ressources commence par une étape importante qui correspond à la préparation de la base de données selon un fichier compatible avec le logiciel Surpac, tel que le format Excel de format csv. En effet, l'ensemble des données relatives à la localisation des différents sondages, leur déviation, les faciès qu'ils ont recoupé et les résultats des analyses géochimiques réalisées sont introduites dans des feuilles séparées d'un même fichier Excel. Les données de chaque feuille sont disposées selon une organisation précise :

- **Table COLLARS**

Cette feuille regroupe les informations concernant l'identité des sondages analysés *Hole\_ID* ainsi que les coordonnées X, Y, Z et *max\_Depth* de leurs collets **Figure IV. 29**.

	A	B	C	D	E
1	Hole_ID	x	y	z	max_Depth
2	E3	499723,13	3812179,15	391,44	45
3	E4	499718,965	3812153,12	396,55	55,3
4	E5	499704,995	3812127,92	401,09	85,2

**Figure IV. 29 :** Feuille « COLLARS » relative à la localisation des collets des sondages.

- **Table SURVEYS**

Cette feuille contient les informations relatives aux déviations mesurées des sondages, notamment l'azimut, l'inclinaison et la profondeur de mesure **Figure IV.30**.

	A	B	C	D
1	Hole_ID	Depth	Azimuth	dip
2	E3	45	72	45
3	E4	55,3	72	50
4	E5	85,2	72	48

**Figure IV. 30 :** Feuille « SURVEYS » renfermant les paramètres de déviations des sondages.

- **Table ASSAYS :**

Dans cette feuille on introduit les analyses géochimiques des échantillons étudiés. Dans le cas présent, ce sont les valeurs de l'or en ppm qui sont présentées par tranche de profondeur d'un mètre **Figure IV. 31**.

	A	B	C	D
1	Hole_ID	Depth_from	Depth_to	CaF2
2	E3	7	11	33,38
3	E3	15	19,8	36,38
4	E4	29	37,6	39,43

**Figure IV. 31 :** Feuille « ASSAYS » renfermant les résultats des analyses géochimiques

- **Table LITHO**



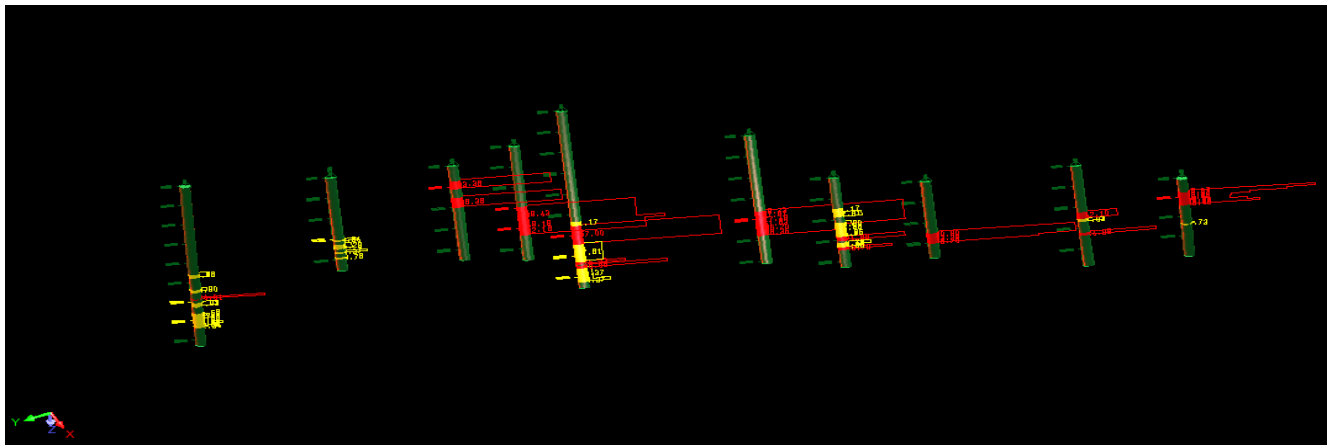
Cette feuille est consacrée à la saisie des faciès recoupés par les sondages. Pour cela on utilise des codes pour chaque couleur, qu'on définit sous forme d'abréviations de ces faciès et qu'on affecte évidemment à la tranche de profondeur concernée *Figure IV. 32*.

	A	B	C	D
1	Hole_ID	Depth_from	Depth_to	rocktype
2	E3	0	7	BMARNE
3	E3	7	8	FCALCAIRE
4	E3	8	11	CFB

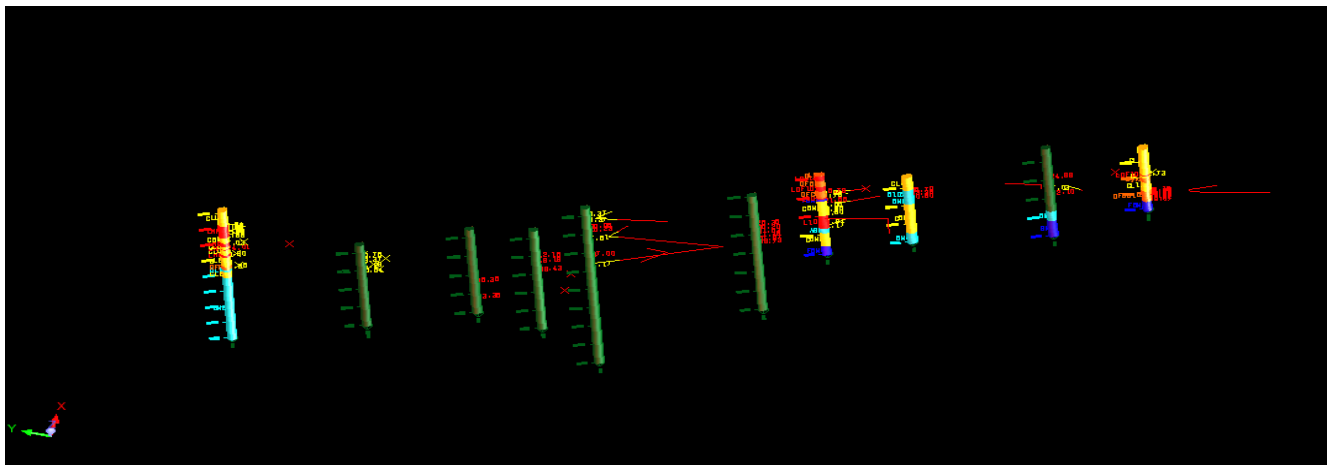
*Figure IV.32 : Feuille « LITHO » relative à l'identification des faciès.*

#### IV .4 : Importation des données dans le logiciel Surpac

Une fois la base de données est prête et convenablement mise en forme, on peut l'importer dans le logiciel Surpac qui permet immédiatement la visualisation graphique de l'ensemble des données introduite *Figure IV. 33* et *Figure IV. 34*



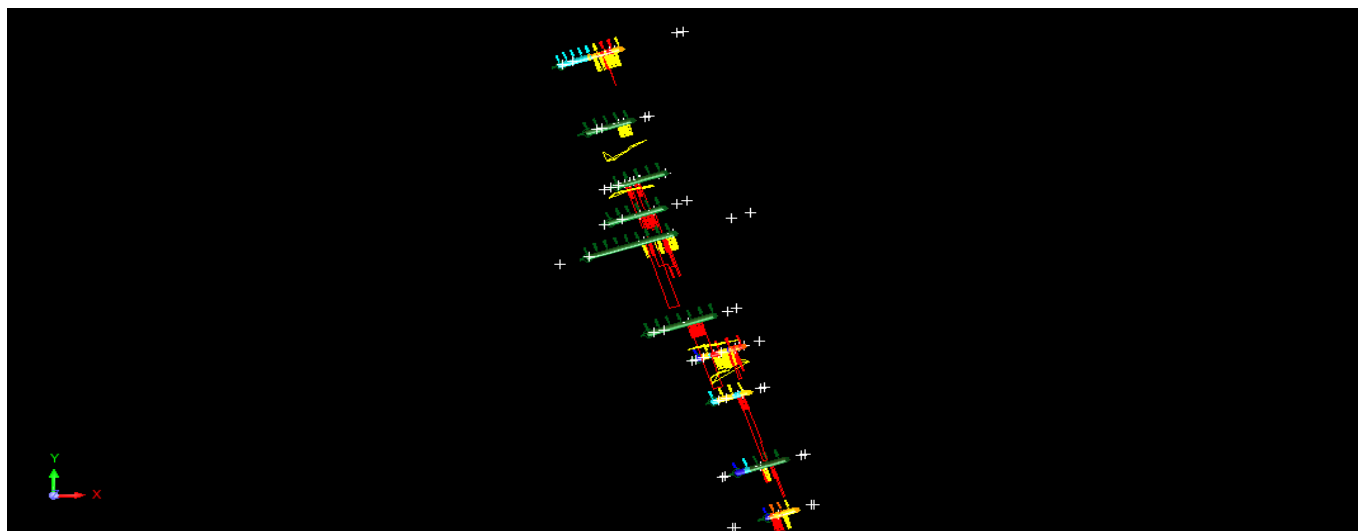
*Figure IV. 33: Projection en plan des sondages du prospect de jbel Terrimi*



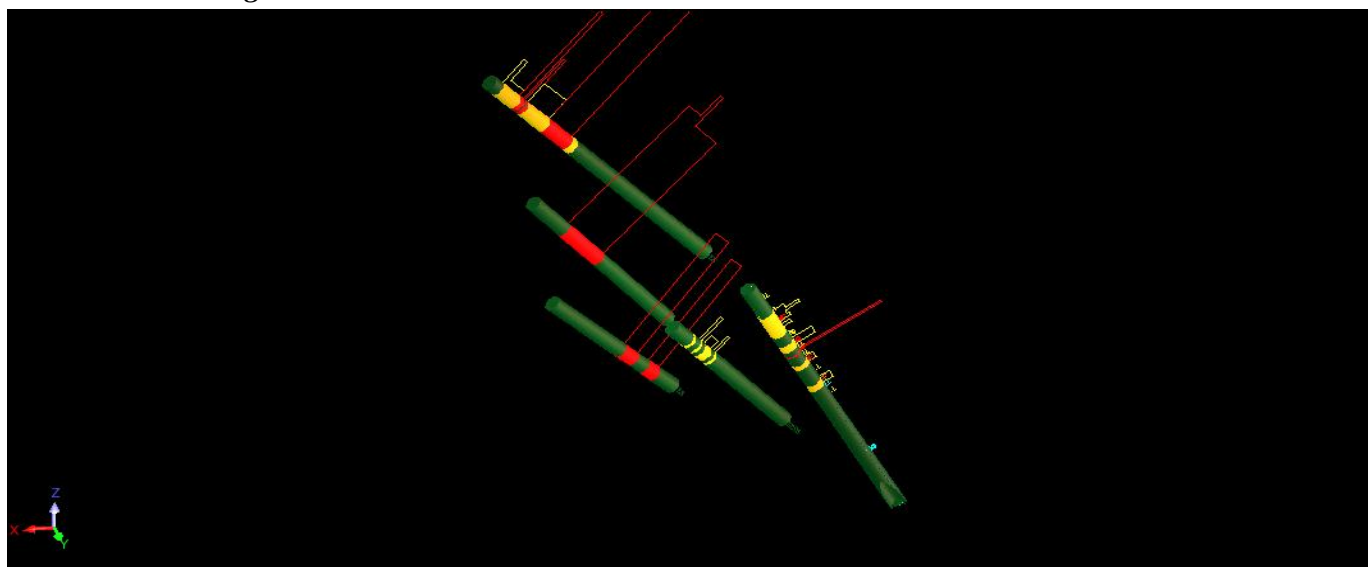
*Figure IV. 34: Détail montrant la représentation de la teneur en or le long des traces des sondages carottés.*

#### **IV.5 : Définition des sections transversales**

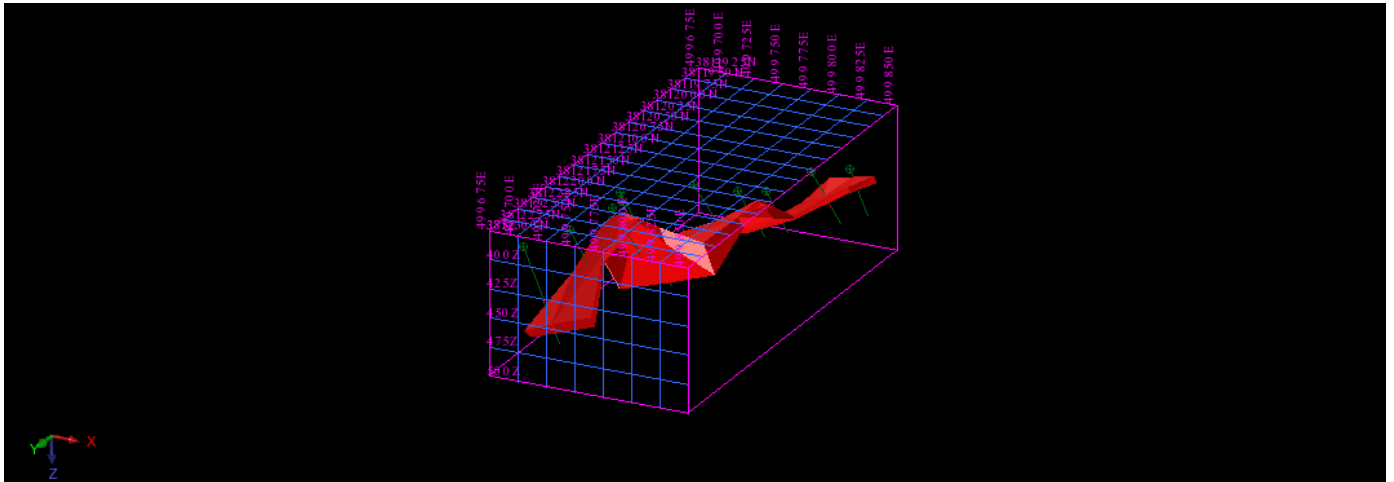
Les sections transversales sont des coupes verticales perpendiculaires au corps minéralisé. L'élaboration d'un modèle en trois dimensions de ce corps passe nécessairement par la définition de ces sections qui serviront de plans de coupes sériées sur lesquels sont effectués les interprétations 2D de la minéralisation



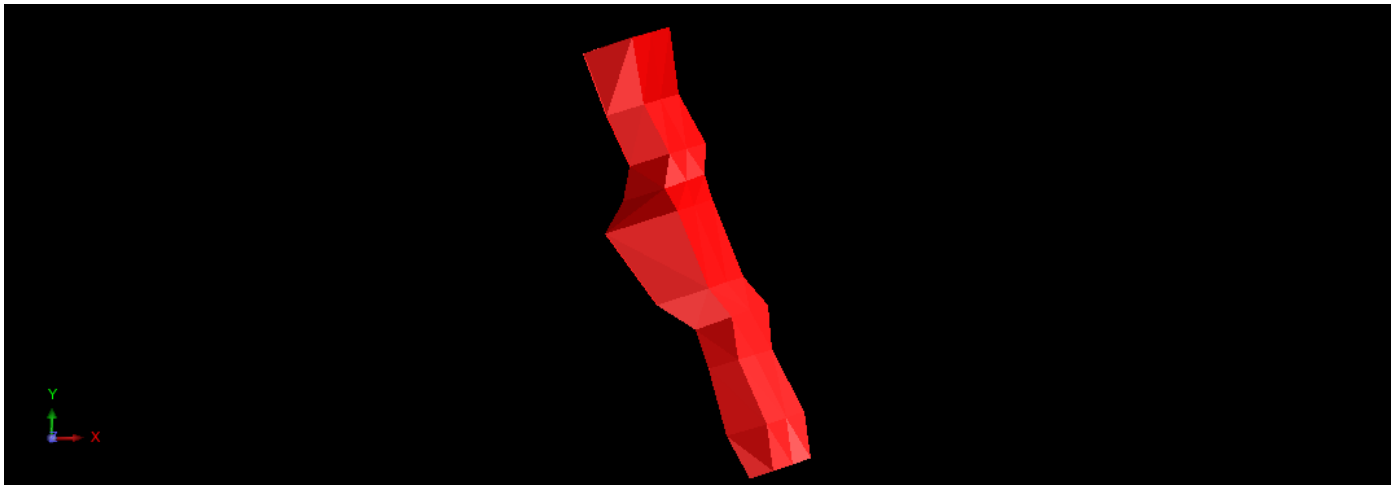
*Figure IV. 35: Localisation de la section transversale*



*Figure IV. 36: Exemple de section transversale définie par SURPAC à travers la zone minéralisée de Jbel Terrimi*



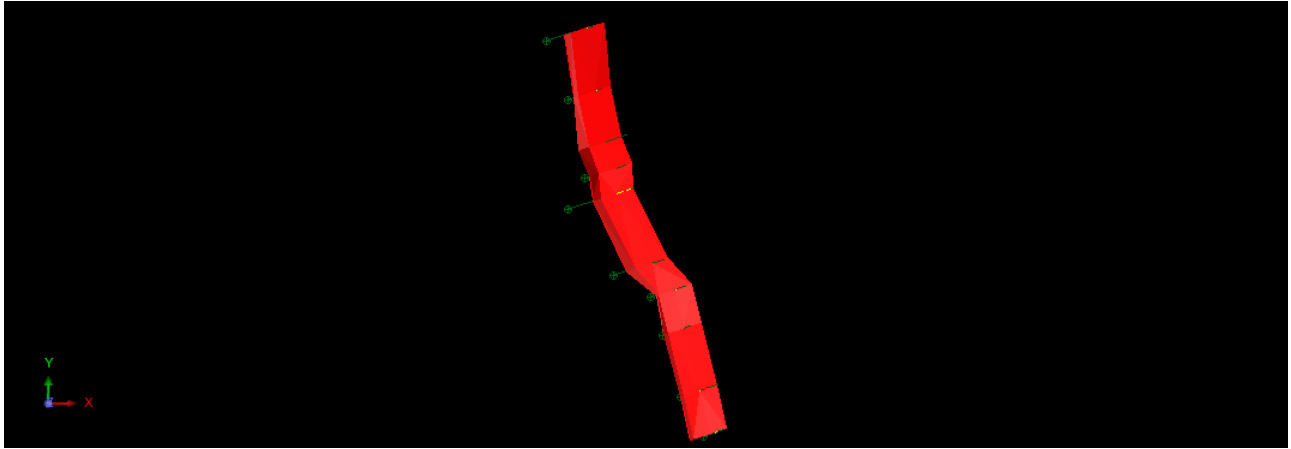
*Figure IV. 37: Représentation le corps minéralisé en (minerai +stérile) 3D*



*Figure IV. 38 : montre le volume total de matière (minerai +stérile)*

La **Surface** est **72028 mètre carré**

Le **Volume** total de matière (minerai +stérile) est **729919 mètre cube**

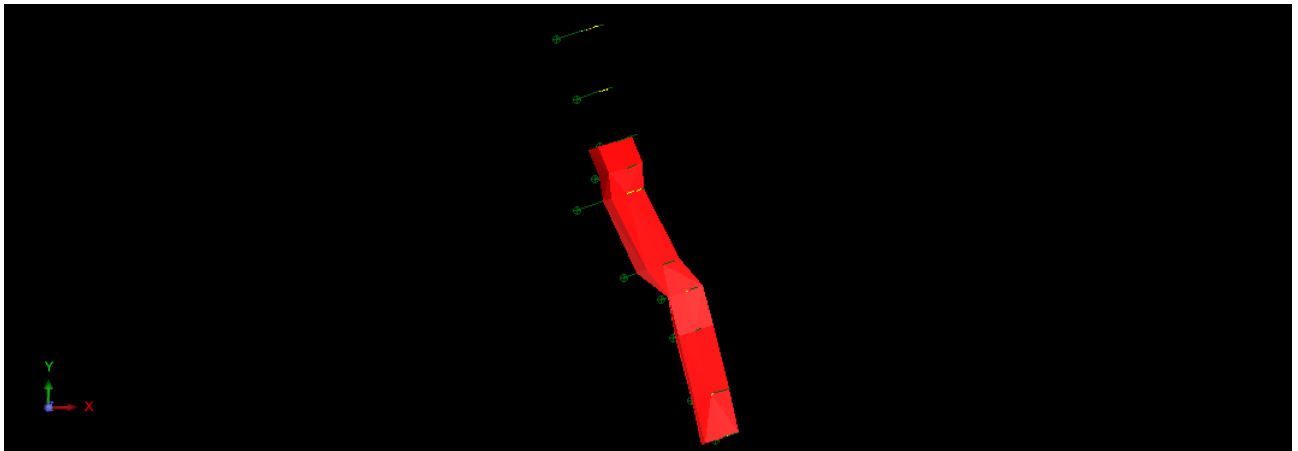


*Figure IV. 39 : Représente le volume total de minerai en place avec toutes les teneurs confondues*

Le **volume** total de minerai est **106422** mètre cube avec un **surface** égale **35186** mètre

A partir de ces deux modelés précédents on peut calculer le volume des stériles en faisant la différence entre le premier volume et le seconde. On obtient donc un volume de stérile

**$V_s = 623497$**  mètre cube



*Figure IV. 40 : montre la partie du gisement uniquement exploitable la teneur de  $caf_2 > 11\%$*

Le **volume** total de minerai est **74288** mètre cube avec un **surface** égale **25550** mètre

On a donc un volume de **22550** de minerai exploitable

## Résultats et discussions :

Une fois les sections transversales définies, elles sont affichées une par une afin d'y reporter les limites du corps minéralisé. Ces limites sont interprétées par l'opérateur par corrélation des passes minéralisées d'un sondage à l'autre en se basant sur une teneur de coupure. Dans le cas du prospect de Jebel Terrimi, une teneur de **11%** de fluorine a été fixée comme limite entre la minéralisation susceptible de faire l'objet d'exploitation et son encaissant représenté par les faciès des carbonates.

L'interpolation des limites interprétées à travers l'ensemble des sections verticales permet de calculer des modèles 3D.

Il a été obtenu en sectionnant les zones minéralisées qui nous ont été fournies par les données du forage avec le modèle on a le volume du minerai et la surface totale du minerai. Par ailleurs cela dépend aussi des sections que nous avons établi pour la modélisation numérique. Mais toutes ces informations de volume et de la surface vont permettre de calculer l'épaisseur moyenne du gisement.

La longueur de chaque section a été définie en fonction du rayon d'influence de chaque sondage. Pour ce travail une longueur de 28m a été considérée ; il s'agit approximativement du diamètre d'influence du puits E4. Le rayon d'influence de celui-ci a été retenu comme égale à ceux de tous les forages car c'est le seul forage entre les deux autres. Alors en allant sur la base des mailles équidistances des sondages d'exploration, nous considérons le rayon de celui-ci comme distance entre les puits ceci à défaut des données supplémentaire qui révèlent une maille précise de sondage .il est donc retenu que chaque section a une longueur d'environ 28m.

Les sections ainsi construites ont permis de modéliser le gisement et de calculer son volume

## Conclusion générale

Dans cette étude poly- disciplinaire faite dans le district minier de Jbel Terrimi. Nous avons réalisé une cartographie détaillée à l'échelle de 1/50000 de la surface de gisement de fluorine Cette cartographie est nécessaire pour l'exploitation et la localisation des sondages.

Du point de vue pétrographique la zone est constituée par plusieurs facies qui sont ; les Pliensbachien caractérisé par les calcaire dolomitique silicifiés et le Toarcien connue principalement par les marnes interlit avec les calcaires.

Les principales structures minéralisées ont une direction moyenne 160, avec un pendage moyenne de 40° vers le WSW, en contact avec un massif de calcaires dolomitiques Pliensbachien au moins par une de leurs extrémités.

Nous avons également réalisé une étude analytique et descriptive des sondages percutants RC Effectués au centre de la carrière.

Sur la base des outils géomatiques nous avons modéliser le corps minéralisé et bien sûr calculer le volume du minerai ainsi que la partie stérile dans lesquelles nous avons présenté les facies et la minéralisation rencontrée sur le long de chaque sondage.

GFL RESULTS				
Date of Received: 25.04.2019				
SI No.	Ref	CaF2	CaCO3	MSK REF
1	F1	17,3416465	46,75	S-0442
2	F2	20,8131571	35,25	S-0443
3	F3	25,6181495	34,125	S-0444
4	F4	14,812145	51	S-0445
5	F5	18,9428852	52,25	S-0446
6	F6	15,6111934	17,75	S-0447
7	F7	9,87646526	10,5	S-0448
8	F8	10,7087009	19	S-0449
9	G1	4,05243655	74,5	S-0450
10	G2	6,82994924	75	S-0451
11	G3	5,50058376	79,75	S-0452
12	G4	5,84604061	75,5	S-0453
13	G5	8,64335025	61	S-0454
14	G6	9,3580203	54,5	S-0455
15	G7	14,9120558	38,75	S-0456
16	G8	14,5661041	34,625	S-0457
17	H1	7,94055838	68,5	S-0458
18	H2	7,80494924	73,75	S-0459
19	H3	11,2298223	78,75	S-0460
20	H4	12,1008883	68,75	S-0461
21	H5	9,61340102	76	S-0462
22	H6	4,56715736	84,5	S-0463
23	H7	3,34370558	81,5	S-0464
24	H8	5,70746193	80,5	S-0465
25	I1	11,0605584	64,5	S-0466
26	I2	19,6088832	67,5	S-0467
27	I3	14,4854315	69,5	S-0468
28	I4	4,92152284	81	S-0469
29	I5	8,37807107	72	S-0470
30	I6	6,51715736	82	S-0471
31	I7	16,7017005	72,75	S-0472
32	I8	11,9949746	76,5	S-0473
33	J1	5,46589124	65,5	S-0474
34	J2	4,15862538	77,75	S-0475
35	J3	4,58986405	84,75	S-0476
36	J4	3,82086103	87,75	S-0477
37	J5	4,1476284	75,75	S-0478

*Table 1 : montre les résultats de sondage percutante*

## Références bibliographiques :

**Agard J. (1950)** : La série jurassique du Jebel Tirremi et de ses abords, près de Taourirt: Compte Rendus de l'Académie des Sciences, v. 231, p. 1515–1516.

**Baamar B. et Badra, L. (2017)** : Contrôle structural des minéralisations filoniennes à fluorine du district d'El Hammam (Maroc central) et implication pour l'exploration régionale. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre, 2017, n° 39, 01-24.

**Bouabdellah M., et Al, (2010)**: A late Triassic  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age for the El Hammam high-REE fluorite deposit (Morocco): Mineralization related to the Central Atlantic magmatic province. Mineralium Deposita, v. 45, p. 729–731.

**Bouabdellah M. et al. (2014)**: Petroleum migration, fluid mixing and halokinesis as the main oreforming processes at the peridiapiric Jbel Tirremi fluorite-barite hydrothermal deposit (north-eastern Morocco). Economic Geology, 108, 1223-1256.

**Choubert, G. (1980)**: Anti-Atlas (Morocco). Earth-Science Reviews 16.

**Féraud J. (1999)** -Mémento des roches et minéraux industriels : la fluorine ou spath fluor. Rap. BRGM R 40825, 102 p., 2 fig., 10 tabl., 2 am., 1 carte h.t.

Du DRESNAY R. (1976) : Les structures en liées aux faciès carbonatés intertidaux et supratidaux du Lias inférieur dans le domaine des chaînes atlasiques du Maroc. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 282, sér. D., p.2059-2069.

**Lamouri I. & Bouabdellah M. (2008)** : Géochimie des terres rares de la fluorine de Jbel Tiremimi : relation avec le magmatisme alcalin Eocène. 20eme Colloque International des Bassins Sédimentaires Marocains, Oujda, Maroc, May 21–23.

**Michard, A. (1976)** : Eléments de géologie marocaine. Notes et Mém. Sev. Géol. Maroc, 252, 408p.

**Moussa K. et Bouillel, S. (1996)** : Étude préliminaire des inclusions fluides de la fluorine de Jbel



Tirremi (Maroc oriental). Mines, Géologie & Energie, n° 55, Rabat, 1996, pp. 185-198.

**Moussa, K., (1999)** : Les minéralisations de fluorine du district de Taourirt : cadre géologique et étude des Inclusions fluides (Maroc Nord Oriental). Thèse de 3ème cycle, Tunisie, Université de Tunis.

**Ouali H. et al (2001)** : Les amphibolites de la boutonnière de Midelt (Haute Moulouya, Maroc): témoins d'une extension intraplaque au Cambro-Ordovicien, Notes Mém. Serv, Géol. Maroc 408.

**Torbi A. (1996)** : Stratigraphie et évolution structurale paléozoïque d'un segment de la Meseta orientale marocaine (Monts du Sud-Est d'oujda): rôle des décrochements dans la formation de l'olistostrome intraviséen et le plutonisme tardi-hercynien. Journal of African Earth sciences, Vol. 22. No 4. P 549-563,

**Torbi A. et Gélard J.P. (2000)** : Paléocontraintes identifiées dans la couverture mésocénozoïque du Maroc nord oriental. Relations avec l'ouverture de l'Atlantique et rapprochement Afrique-Europe: Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, v. 330, p. 853–858.





