

**UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENE (U.S.T.H.B) ALGER**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, GEOGRAPHIE
ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE**

Thèse

Présentée à l'U.S.T.H.B pour l'obtention du grade de

Magister en Géologie

Spécialité : Géologie Minière

Par : ZITOUNI Hocine

**Etude et cartographie des substances
réfractaires de la région de Oued
Amizour**

Soutenue publiquement le : 07 Septembre 2004

Devant le jury composé de :

| | | | |
|--|------------------------------|---------------------|----------------------|
| M^r Aziouz OUABADI | Professeur | FSTGAT/USTHB | Président |
| M^r Djelloul BELHAÏ | Professeur | FSTGAT/USTHB | Dir. de thèse |
| M^r Djamel Eddine AÏSSA | Professeur | FSTGAT/USTHB | Examineur |
| M^r Omar KOLLI | Maître de conférences | FSTGAT/USTHB | Examineur |
| M^r Mokrane KESRAOUI | Chargé de cours | FSTGAT/USTHB | Examineur |
| M^{me} Khadidja GRAÏNE | Chargée de cours | FSTGAT/USTHB | Examineur |

Dédicace

*Je dédie cette thèse à la mémoire
des 19 mineurs qui ont péri dans la catastrophe de
Kherzet Youssef au soir du 29.06.1995 et avec lesquels
pour certains d'entre eux nous avons visité la mine
le matin même du jour du drame.
Que dieu ait pitié de leurs âmes et les accueille
dans son vaste paradis !*

Avant-propos

Au terme du travail accompli pour la réalisation de cette thèse voilà arrivé le moment tant attendu et tant redouté de remercier tous ceux et celles qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'élaboration de ce travail.

Ce moment est tant attendu parce que c'est mon tour de rendre un tant soit peu de tout ce qui m'a été offert comme aide et soutien par des remerciements qui je n'en doute pas une seconde ne seront jamais à la hauteur de ce qui m'a été donné.

Si ce moment est aussi tant redouté cela tient à la hantise qui m'habite d'oublier l'un de ceux qui m'ont aidé. Pour éluder ce problème j'ai pris le parti de remercier nommément tous ceux qui ont contribué de manière directe à la réalisation de ce travail et de remercier globalement tous les autres, d'aucuns trouveront que ce procédé manque un peu d'élégance, moi je le trouve plus juste.

Je tiens comme il est d'usage, auquel je ne peux ni ne veux me soustraire, remercier les membres du jury :

*Mes vifs remerciements vont au professeur **Aziouz Ouabadi** pour avoir accepté de présider ce jury et surtout d'avoir guidé à distance mon travail à travers ces publications sur le massif de Oued Amizour.*

*En second lieu je tiens à remercier le professeur et ami **Djelloul Belhaï** qui en plus d'avoir présidé aux destinées de ce travail m'a toujours impressionné par son éclectisme et ses connaissances vastes et variées qui ont souvent permis à nos esprits, à travers nos discussions, de gambader dans les immenses prairies de la connaissance qu'elle soit scientifique ou autre.*

*A messieurs **Djamel Eddine Aïssa** et **Omar Kolli**, respectivement professeur et maître de conférences, qui "avant hier" étaient mes enseignants, "hier" mes collègues et "aujourd'hui" membres de mon jury de thèse, je tiens à leur exprimer ma profonde gratitude et mon immense respect.*

*A **Mohand Kesraoui**, chargé de cours, qui a bien voulu faire partie de ce jury j'exprime mes plus vifs remerciements.*

*A madame **Khadidja Graïne**, chargée de cours, j'exprime ma double reconnaissance d'avoir accepté de faire partie de ce jury et de m'avoir facilité le travail grâce à sa thèse sur les minéralisations du massif de Oued Amizour.*

*En plus des membres du jury je tiens à remercier d'une manière particulière monsieur **Tayeb Bouima** qui a mis en branle toutes ces connaissances à l'ORGM pour que je puisse effectuer mon travail de terrain et monsieur **Djamel Meriem** du laboratoire de l'ORGM qui m'a permis d'effectuer gracieusement les analyses dont j'avais besoin.*

Je remercie aussi la direction et l'ensemble du personnel du laboratoire de la cimenterie de Aïn El Kebira pour toutes les analyses chimiques qu'ils m'ont permis d'effectuer.

*Mes remerciements vont aussi à tous les collègues de l'institut d'optique et mécanique de précision de l'université de Sétif et plus particulièrement monsieur **Mohamed Medjoubi** qui a pris sur son temps à l'université de Lyon pour effectuer des analyses de Rx que je lui avais demandé.*

*Ceux que je pourrai nommer sans aucun risque d'oublier personne c'est mon épouse **Chafia**, mon fils **Oualid** et ma fille **Lamia** qui ont suivi stoïquement toutes les péripéties de ce travail jusqu'à son aboutissement. Je leur dirai que cette thèse est aussi la leur.*

Je tiens aussi à remercier, chose qui se fait rarement ou plutôt jamais, mon ordinateur à qui j'ai fait faire un travail d'esclave mais qui à son tour m'en a fait voir de toutes les couleurs (il y en a qu'on ne trouve même pas dans le spectre de la lumière blanche), je le remercie quand même.

A tous ceux, que je n'ai pas cité et qui méritent toute ma reconnaissance j'exprime ici mes plus vifs remerciements.

Que tout ce beau monde trouve ici l'expression de ma profonde gratitude !

SOMMAIRE

Dédicace
Avant propos
Sommaire

CHAPITRE I : INTRODUCTION

| | |
|---|----|
| I - Objet et plan de l'étude | 1 |
| II- Les matériaux réfractaires..... | 2 |
| II-1 Classification des réfractaires | 2 |
| II-2 Utilisation des réfractaires | 3 |
| III- Le kaolin et la kaolinite..... | 4 |
| III-1 Introduction..... | 4 |
| III-2 Caractéristiques physiques..... | 5 |
| III-3 Caractéristiques cristallographiques..... | 5 |
| III-4 Caractéristiques chimiques..... | 7 |
| IV- Classification des kaolins et pétrogénèse..... | 8 |
| IV-1 Les kaolins d'origine primaire..... | 8 |
| IV-2 Les kaolins d'origine secondaire..... | 10 |
| V- Les utilisations industrielles..... | 11 |
| VI- Répartition des et gisements et indices de kaolin en Algérie..... | 12 |

CHAPITRE II : CADRE GENERAL

| | |
|-------------------------------------|----|
| I- Cadre géographique | 19 |
| II -Cadre géologique | 21 |
| II-1- Travaux anciens..... | 21 |
| II-2- Géologie de la région..... | 23 |
| II-3- Litho-stratigraphie | 25 |
| II-3-1 Les zones internes..... | 25 |
| II-3-2 Les zones externes..... | 26 |
| II- 4 – Tectonique..... | 28 |
| II- 5 - Les roches magmatiques..... | 29 |

CHAPITRE III : LES MINERALISATIONS (LES INDICES)

| | |
|--------------------------------------|----|
| I- Méthodes analytiques..... | 38 |
| I-1 Introduction | 38 |
| I-2 Les analyses chimiques..... | 38 |
| I-3 Etude pétrographique | 38 |
| I-4 Les analyses minéralogiques..... | 39 |
| II- Les indices..... | 42 |
| II-1 Introduction..... | 42 |
| II-2 Indice d'Imaziouène | 43 |
| II-3 Indice de Tiachèche..... | 47 |
| II-4 Indice de Hkoum..... | 50 |
| II-5 Conclusion..... | 50 |

CHAPITRE IV : LES MINERALISATIONS (LE GISEMENT)

| | |
|--|----|
| IV- Le pluton de Timenachine..... | 52 |
| IV-1 Introduction | 52 |
| IV-2 Pétrographie | 52 |
| IV-3 Tectonique | 53 |
| IV-4 Le gisement de Tahalim..... | 54 |
| IV-5 Présentation du gisement | 59 |
| V- Les altérations..... | 61 |
| V-1 Altération météorique..... | 61 |
| V-2 Altération hydrothermale..... | 61 |
| V-3 Classification des altérations..... | 63 |
| V-4 Conclusion..... | 63 |
| VI- Géochimie..... | 66 |
| VI-1 Composition minéralogique..... | 66 |
| VI-2 Les analyses chimiques..... | 70 |
| VI-3 Comparaison des teneurs en oxydes | 71 |
| VI-4 Récapitulatif | 73 |
| VI-5 Interprétation des résultats..... | 74 |
| VI-6 Conclusion | 75 |

CHAPITRE V : CONCLUSIONS GENERALES

| | |
|--|----|
| I- Introduction | 76 |
| I-1 Les évènements géologiques..... | 76 |
| I-2 Les évènements métallogéniques..... | 77 |
| II- Mode de mise en place du kaolin de Tahalim | 77 |
| III- Conclusion | 78 |

Chapitre I
Introduction

Introduction

I- Objet et plan de l'étude :

Le sujet de thèse ayant fait l'objet de cette étude a été défini en collaboration avec des enseignants chercheurs de l'institut d'optique et mécanique de précision (IOMP) de l'université Ferhat Abbas de Sétif. Ces collègues qui travaillent avec beaucoup de compétence sur les matériaux réfractaires lorsque le matériau en question est entre leurs mains, le sont moins quand il s'agit de savoir où le trouver. C'est lors d'une séance de travail que s'est ébauchée l'idée de faire un inventaire de ces matériaux avec les coordonnées des sites où l'on peut les trouver. Comme à ce moment là ils travaillaient déjà sur le kaolin de djebel Debbagh il nous a paru judicieux de continuer à travailler sur la même substance et d'élargir ce travail à d'autres gisements et indices de kaolin en Algérie.

Une fois l'objet de l'étude défini, avec la collaboration du professeur Belhaï Djelloul comme directeur de thèse, nous avons articulé ce sujet autour des quatre points suivants :

1. Faire une synthèse sur les données minéralogiques et gîtologiques de la kaolinite et du kaolin.
2. Etablir une carte de répartition de tous les gisements et indices de kaolin connus en Algérie en donnant le maximum de détails sur chacun d'entre eux.
3. Etudier en détail un des sites répertoriés. Concernant cette partie le choix s'est porté sur le massif volcano-plutonique de Oued Amizour qui recèle en son sein un gisement connu de kaolin en l'occurrence le gisement de Tahalim pour lequel, à notre connaissance, aucune étude détaillée ne lui a été consacrée.
4. Une étude portant sur trois indices dans les roches volcaniques signalés par divers auteurs ayant travaillé dans la région comme zones kaolinisées et qui nécessitent d'être confirmés ou le cas échéant infirmés.

II- Généralités sur les matériaux réfractaires

II-1- Définition :

Les réfractaires sont définis comme suit :

« Un produit - artificiel ou naturel - est considéré comme réfractaire lorsque sa résistance pyroscopique définie et déterminée suivant la "norme correspondante" est supérieure à la température de 1500° représentée par le cône pyroscopique correspondant » A. JOURDAIN 1966

La résistance pyroscopique correspond à la température de ramollissement. La température de 1500° correspond à la montre¹ pyroscopique 18, mais, en pratique, tout produit fondant avant la montre 26 (1580°) n'est pas à proprement parler un réfractaire.



Fig 1 : Cône pyroscopique

II-2-Classification des réfractaires :

Les réfractaires sont classés en quatre groupes :

1. Produits de silice : $\text{SiO}_2 > 91\%$ et $\text{Al}_2\text{O}_3 < 3\%$
2. Produits siliceux : $85\% < \text{SiO}_2 < 91\%$ et $\text{Al}_2\text{O}_3 > 5\%$
3. Produits à base d'argiles :
 - Produits silico-alumineux : $15\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 32\%$
 - Produits alumineux : $32\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 40\%$
 - Produits extra-alumineux : $\text{Al}_2\text{O}_3 > 40\%$

¹ Les montres pyroscopiques sont fabriquées avec des produits céramiques qui fondent à des températures données, mais dans des conditions très précises. Ces montres sont représentées par des pyramides légèrement tronquées à la pointe. Lors de leur emploi il y a d'abord une inclinaison de la pointe, lorsque celle-ci est suffisamment importante la pointe vient toucher le socle sur lequel elle est posée, on dit alors que la montre est tombée ce qui suppose qu'on a atteint la température qu'elle représente.

4. Produits spéciaux : Bauxite, Magnésie ou Dolomie, Cyanite (Disthène), Corindon, Chromite, Chrome-Magnésie, Carbure de silicium, Zircon, Produits électrofondus, Produits frittés.

II-3 Utilisation des réfractaires :

Les réfractaires ont une importance capitale :

- Dans la construction de fours pour différentes industries :
 1. La sidérurgie.
 2. L'industrie des métaux non ferreux.
 3. Les verrières.
 4. Les cimenteries.
 5. La carbonisation de la houille.
 6. Les fours céramiques.
- Ainsi que de nombreux et très divers usages dans :
 1. L'énergie nucléaire.
 2. Les réacteurs d'avions.
 3. Les fusées.
 4. Les missiles etc....

II- 4 Choix du matériau à étudier :

Comme il a été signalé en introduction c'est le kaolin que nous avons choisi comme matériau pour cette étude. Selon la classification présentée ci-dessus le kaolin appartient à la classe des produits à base d'argile.

Avant d'entamer l'étude proprement dite il nous a semblé utile de faire une synthèse des données minéralogiques et gîtologiques sur la kaolinite et le kaolin que nous présentons dans ce chapitre des généralités.

II- Le kaolin et la kaolinite

III -1 Introduction

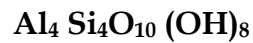
Le mot "Kaolin" ou plus précisément "Kao Ling" est d'origine chinoise. Il signifie littéralement "haute colline". Cette matière première entrant dans la fabrication des porcelaines chinoises était extraite d'une colline proche de King Te Ching.

La fabrication de pièces d'argile blanche remonte en Chine au début de la dynastie Han, 200 ans avant notre ère. Au début, les potiers chinois tiraient du kaolin des pâtes douces et blanches. La conduite de la cuisson jusqu'à 1200°C environ et les poteries blanches vitrifiées utilisant des pâtes principalement composées de kaolin existent en Chine depuis au moins l'an 600 de notre ère. Peu à peu ils apprirent à atteindre des températures de cuisson plus élevées et à modifier leurs pâtes pour obtenir la dureté, la blancheur et la translucidité de la porcelaine véritable. Cette découverte de la porcelaine a été un triomphe technique dans le domaine de la céramique.

Le kaolin est une roche argileuse blanche, friable, essentiellement composée de kaolinite. C'est aussi un minerai.

Après le silex et la pierre taillée, l'argile fut, pendant la préhistoire, le matériau le plus anciennement utilisé par les hommes. L'archéologie nous présente poteries innombrables, statuettes étranges, constructions gigantesques comme les ziggurats (tour de Babel)... Aujourd'hui, l'argile reste un des premiers matériaux terrestres utilisés: briques et tuiles; carrelages et céramique industrielle, porcelaine, faïence et poterie; adsorbants, filtres et catalyseurs, boues de forage et ciments, charges de nombreux produits de l'industrie, de la droguerie, de la pharmacie

Kaolinite



Silicate d'alumine hydraté

Classe : silicate

Sous classe : phyllosilicates

Série : 1/1 ou Te-Oc

Sous-série : dioctaédrique

Pas de substitution en couche tétraédrique

Pas de substitution en couche octaédrique

III-2 Caractéristiques physiques :

| | |
|-------------------------------|---|
| Couleur : | blanche, parfois avec des teintes rouge, brune, jaune, verte ou bleue |
| Eclat : | Nacré, mat. |
| Transparence : | Transparente à translucide |
| Systèmes cristallins : | Triclinique ou monoclinique |
| Habitus : | Les cristaux sont très rares et apparaissent généralement en masse compacte, grenue ou terreuse d'allure argileuse. |
| Toucher : | Onctueux. |
| Clivage : | {001} parfait. |
| Macles : | Rares. |
| Dureté : | 1 - 1,5 |
| Densité : | 2,6. |
| Trace : | Blanche |

III-3 Caractéristiques cristallographiques :

Axes optiques :

$$\alpha = 1,553 - 1,565$$

$$\beta = 1,559 - 1,569$$

$$\gamma = 1,560 - 1,570$$

$$2V_a = 24 - 50^\circ$$

III-3-1 Structure :

La kaolinite associe, dans son feuillet, une couche de tétraèdres à cœur de silicium et une couche d'octaèdres à cœur d'aluminium. Le feuillet est neutre.

La distance de la surface d'un feuillet à l'autre est de 0,7 nm. La formule chimique structurale est $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$.

$a = 5,15 \text{ \AA}$; $b = 8,95 \text{ \AA}$; $c = 7,39 \text{ \AA}$ ($\text{\AA} = \text{Angström}$)

$\alpha = 91,8^\circ$; $\beta = 104,8^\circ$; $\gamma = 90^\circ$

$Z = 1$

Espacement basal = $7,2 \text{ \AA}$ (Fixe)

Dans une structure idéale, on aurait eu : $\alpha = 90^\circ$ et $\beta = 103,5^\circ$

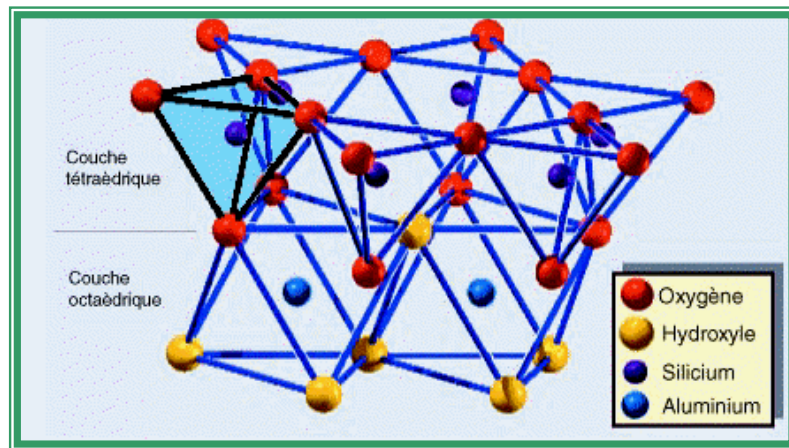


Fig 2 : Structure de la kaolinite

Les oxygènes apicaux sont liés à des ions (OH⁻) localisés par-dessus le centre des hexagones pour former la couche octaédrique. La couche octaédrique est formée par des octaèdres de $\text{AlO}_2(\text{OH})_4$. L'aluminium, est l'élément le plus courant en position octaédrique. Les couches successives tétraédriques et octaédriques sont superposées de façon à former la structure de la kaolinite.

La kaolinite est constituée d'une couche tétraédrique et octaédrique. La couche tétraédrique est formée par la liaison de tétraèdres SiO_4 dans un arrangement hexagonal. La base des tétraèdres est approximativement coplanaire, et leurs sommets pointent dans la même direction.

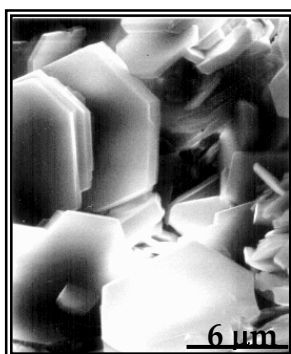


Fig 3 : Kaolinite vue au microscope à balayage

Les minéraux du groupe de la kaolinite sont probablement les plus communs des minéraux argileux, ils sont principalement formés par l'altération hydrothermale ou l'altération météorique des feldspaths, feldspathoïdes et autres silicates. Ils sont souvent accompagnés par le quartz, les oxydes de fer, la sidérite, la muscovite, et par d'autres minéraux argileux. Les travaux expérimentaux indiquent qu'à basse température et basse pression, les conditions acides favorisent la formation de la kaolinite, les conditions alcalines favoriseraient la formation des smectiques ou, s'il y a suffisamment de potassium, du mica. Aux alentours de 400°C à pression modérée, se forment de la pyrophyllite. Les occurrences de terrain indiquent que les roches qui s'altèrent en kaolinite sont habituellement des types les plus acides (granites, diorites quartziques, etc...), alors qu'avec les roches riches en calcium et sodium se forment préférentiellement de la montmorillonite.

III-4 Caractéristiques chimiques :

- Fusibilité entre 1730 et 1785°C.
- Peu attaqué aux acides excepté l'acide fluorhydrique.
- Chimiquement inerte de pH 4 à 9.
- La formule de la kaolinite en terme d'oxydes est : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
- Soit la formule théorique : $\text{Al}_2\text{O}_3 = 39,5 \%$, $\text{SiO}_2 = 46,5 \%$, $\text{H}_2\text{O} = 14 \%$.

La composition chimique de la kaolinite est sujette à de petites variations. Les analyses montrent qu'une petite quantité des ions peuvent se substituer dans la structure, mais les limites de substitution ne peuvent pas être facilement définies.

La kaolinite a une faible capacité d'échanges de cations ($\sim 10\text{meq}/100\text{g}$)² en comparaison avec les autres argiles (illite : 20 meq/100g ; montmorillonite : 100meq/100g ; halloysite : 40 meq/100g). Cependant sa capacité d'échange d'anions est plus grande, et peut être attribuée à la présence d'ions OH^- à l'extérieur des

² Une quantité donnée de résine contient un nombre déterminé de groupements fonctionnels, nombre qui exprime sa capacité d'échange. L'unité la plus utilisée pour mesurer cette capacité est le milliéquivalent par gramme. Pour une résine qui a une capacité de 5meq/g cela veut dire qu'un gramme de résine peut fixer 5 millimoles de H^+ , 2,5 millimoles d'un cation bivalent tel que Ca^{2+} , Mn^{2+} , etc..

feuilletés. La capacité de la kaolinite à fixer les ions phosphates est d'une grande importance en pédologie.

La kaolinite possède peu ou pas d'eau de surface adsorbée. Entre 400 et 525 °C, elle perd son eau de constitution. Entre 650 et 800 °C, elle perd toutes les molécules d'eau et les ions OH⁻. Elle se transforme alors en méta-kaolinite. Au-delà de 800 °C, sa structure est perturbée et ne peut plus être reconstituée par réhydratation. Elle se transforme en un assemblage de (**mullite + cristoballite**) et durant un stade intermédiaire par une phase spinelle.

IV- Classification des kaolins et pétrogénèse

La classification des kaolins est soumise à de nombreuses discussions, cependant, en fonction de leur genèse, on distingue deux origines : primaire et secondaire.

IV-1 Les kaolins d'origine primaire

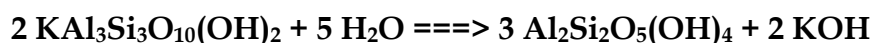
Ils correspondent aux kaolins qui se sont développés in situ par l'altération des minéraux tels que le feldspath ou les autres silicates d'alumine pour donner de la kaolinite. On distingue deux formes d'altération primaire : l'altération météorique et l'altération hydrothermale. Leur classification a été adaptée en fonction de leur origine.

IV-1-1 L'altération météorique :

C'est un phénomène omniprésent mais qui acquiert son maximum d'intensité sous les climats tropicaux humides chauds. Actuellement dans les zones équatoriales, où il existe de très fortes précipitations. La décomposition des feldspaths et des autres silicates alumineux, peut être rapide. De même, d'autres argiles et shales peuvent aussi s'altérer rapidement en une mixture de kaolinite et de quartz. Le processus d'altération s'effectue selon la réaction :



Feldspaths potassiques + eau ==> Kaolinite + Silice + oxyde de potassium



Illite + eau ==> Kaolinite + potasse

La profondeur d'altération peut varier de quelques mètres à une centaine de mètres dans des circonstances exceptionnelles. Les minéraux ferro-magnésiens comme la biotite perdent le fer qu'ils contiennent durant l'altération. Cette libération de fer colore le matériel altéré en brun, rouge, rose ou jaune, en fonction du minéral formé. Cette coloration déprécie la valeur commerciale du kaolin. Notons que si l'altération est plus poussée la kaolinite peut donner de la gibbsite Al(OH)_3 , par lessivage de la silice.

IV-1-2 L'altération hydrothermale

L'altération hydrothermale signifie altération des roches par la circulation de fluides chauds. La chaleur peut provenir du refroidissement d'une large masse intrusive (un granite), par des circulations profondes d'eau chaude ou par une accumulation anormale d'éléments radioactifs. La fracturation et la perméabilité jouent un rôle important en permettant la circulation des fluides et l'altération de l'encaissant. Les roches les plus favorables à la kaolinisation sont les granites leucocrates (granite contenant peu de minéraux ferro-magnésiens). Le processus a lieu suivant les équations chimiques suivantes :



Feldspaths potassiques + eau ==> Kaolinite + Silice + Oxyde de potassium



Plagioclase acide + eau ==> Kaolinite + Silice + Oxyde de Sodium

Outre la kaolinisation, les roches mères altérées ont pu aussi subir d'autres types d'altérations hydrothermales (greisenisation, séricitisation, tourmalinisation).

IV-1-3 L'altération solfatarienne

Ce type d'altération est typique des stades finaux du volcanisme acide. Les formations volcaniques acides sont altérées par le passage des fumerolles et eaux chaudes. Le résultat en surface est la formation de solfatares. C'est une variante de l'altération hydrothermale.

IV-2 Les kaolins d'origine secondaire :

Les kaolins d'origine secondaire sont déposés en sédiments par les eaux douces. Il y a une large étendue de type de kaolins dans les roches sédimentaires, mais on peut les classer dans trois groupes : les kaolins sédimentaires (sensu-stricto) ; les ball clays, fireclays et flint clays ; les sables kaoliniques.

IV-2-1 Les kaolins sédimentaires ss.

Ils englobent 60 % de la production des kaolins. S'ils sont suffisamment blancs, ils peuvent être utilisés pour la fabrication du papier. A l'origine, ces kaolins sont primaires, puis ils sont remaniés, transportés, et déposés sous forme de sédiments, pour donner des kaolins sédimentaires.

IV-2-2 Les ball clays³, fireclays et Flint clays

Les ball clays sont principalement utilisées en céramique. Elles sont déposées dans des lacs d'eau douce ou dans les plaines alluviales, et fréquemment associées aux lignites.

Les fireclays correspondent à des argiles réfractaires. Elles sont associées en Grande Bretagne, aux charbons carbonifères.

Les flints clays sont des argiles à silex, elles se forment par déssilicification et recristallisation de la silice ou par métamorphisme régional (Oviedo - Espagne)

IV-2-3 Les sables kaoliniques

La plupart des kaolins mondiaux sont extrait de sables, contenant au moins 20 % de kaolin. Le plus souvent les sables sont valorisés pour des utilisations industrielles. Les sables kaoliniques proviennent de l'altération in situ des feldspaths des arkoses par percolation des eaux souterraines, et ils sont déposés sous forme d'une mixture de kaolin et de sables.

Dans le monde, de nombreux réservoirs d'hydrocarbures se situent dans des sables kaoliniques (Mer du Nord). La genèse des minéraux argileux dans les sables, jouent un rôle très important dans la détermination de tels réservoirs.

³ Clays veut dire argiles en anglais.

V- Les utilisations industrielles

V- 1 La céramique : Il entre dans une proportion variant de 10 à 60 %, dans les pâtes cuisant blanc (faïences fines, vitreous, grès sanitaires et porcelaine). Il est recherché pour sa blancheur

V- 2 Les fibres de verre : Le kaolin qui est recherché pour la fabrication des fibres de verres peut contenir jusqu'à 40 % d'alumine. Le kaolin remplace alors les feldspaths ou les feldspathoïdes. Il permet ainsi d'obtenir des verres à faible teneur en alcalins, il présente d'excellentes caractéristiques mécaniques. La fusion est obtenue par adjonction de calcium, magnésium et de bore.

V- 3 Les plastiques : En charge afin d'obtenir des surfaces plus lisses et une meilleure résistance aux acides. Dans les PVC pour augmenter leur durabilité.

V- 4 Les ciments blancs : Le kaolin dépourvu d'oxydes de fer permet d'obtenir des sables blancs, il apporte l'alumine nécessaire, il faut néanmoins combler le déficit en silice par l'adjonction de sables siliceux.

V- 5 Les peintures : Le kaolin permet d'améliorer l'opacité de la peinture, grâce à la forme lamellaire des cristaux de kaolinites, et le pouvoir suspensif. Les kaolins grossiers donnent un fini mat, tandis que les plus fins donnent des peintures brillantes.

V- 6 Le papier : en charge et pour le couchage.

V- 7 Le caoutchouc : pour améliorer la résistance à l'abrasion et la rigidité des produits.

V- 8 Les autres utilisations (en moindres quantités) : Additif de nourriture, encres, adhésifs, industrie pharmaceutique, agent catalyseur, agent blanchissant, absorbants, produits phytosanitaires, textiles, réfractaires.

VI- REPARTITION DES INDICES ET GISEMENTS DE KAOLIN EN ALGERIE

VI-1 Introduction :

Le présent inventaire des indices et gisements de kaolin de l'Algérie a été réalisé à partir de la compilation des livrets des substances utiles non métalliques des différentes wilayate édités par le service géologique de l'Algérie. Les informations recueillies concernent la localisation, l'âge et la nature des roches kaolinisées et nous avons pris la liberté de les classer en gisements et indices sur la base des critères suivants :

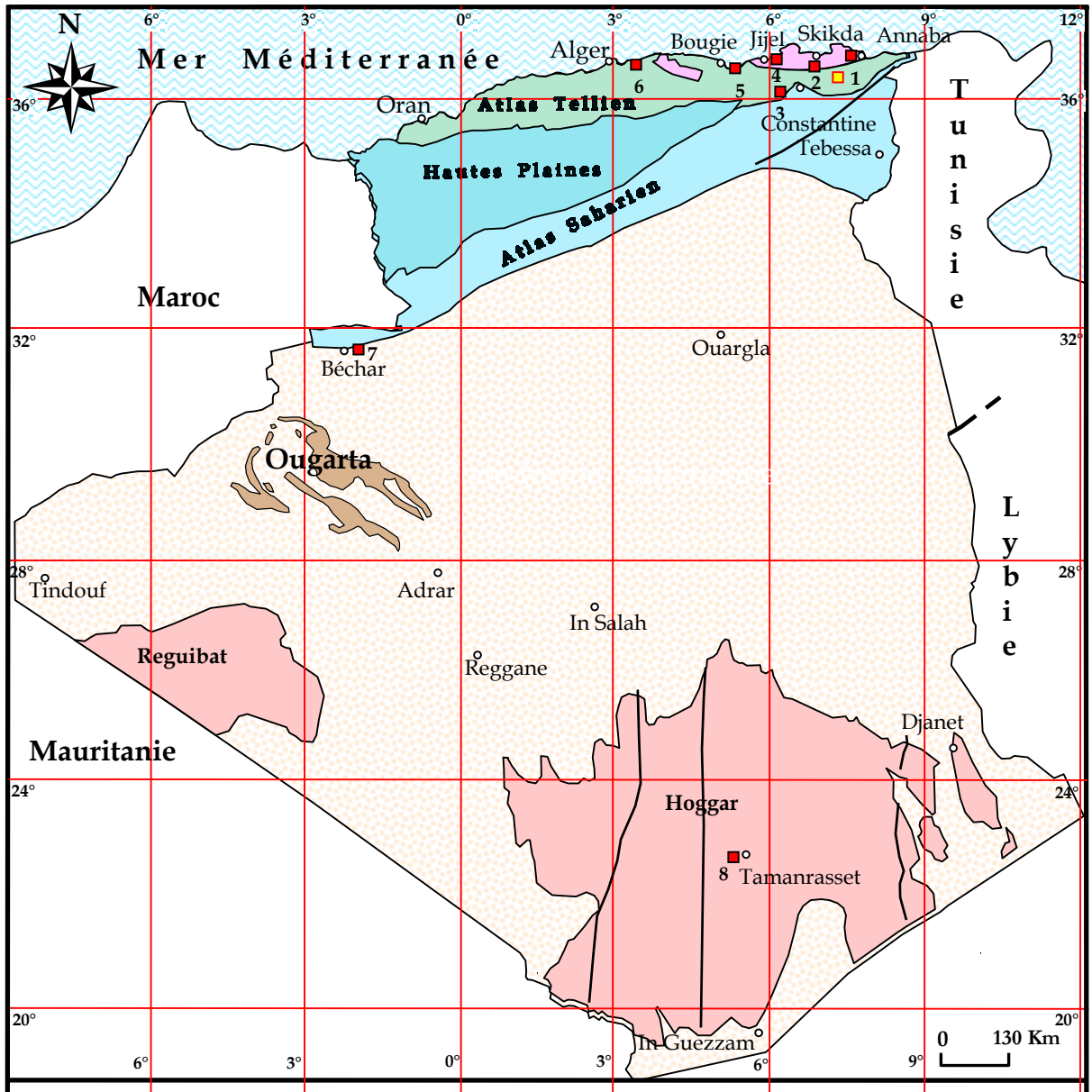
- Sont qualifiés de gisements tous les sites qui ont été ou sont actuellement exploités.
- Les autres sites ont été qualifiés d'indices même si pour certains d'entre eux des études avec estimation de réserves ont été réalisées.

Pour chacun des indices répertoriés nous avons relevé, lorsque celles-ci existent, les coordonnées géographiques et Lambert ainsi que des informations succinctes sur les conditions de gisement.

Concernant les gisements en plus de ces informations nous avons rajouté les réserves lorsqu'elles existent et un bref historique de l'exploitation.

Au terme de ce travail nous avons inventorié cinq (5) gisements et trente trois (33) indices répartis sur les territoires des wilayate de Annaba, Skikda, Constantine, Jijel, Béjaïa, Boumerdes, Béchar et Tamanrasset comme le montre la carte de répartition de la figure 4.

Fig 4 : Carte de répartition des gisements et indices de kaolin en Algérie



Légende

- | | |
|--|---|
|  Socle |  Plate-forme saharienne |
|  Atlas tellien |  Ougarta |
|  Hautes plaines |  Différents Boucliers |
|  Atlas saharien |  Gisement de Dj. Debbagh |
| |  Groupe d'indice |

VI-2 Les gisements :

Les gisements répertoriés sont au nombre de cinq

- Djebel Debbagh : Situé à 35 km de Guelma, il constitue un gîte de kaolin à mur karstique sur le flanc Nord de Dj. Dabbagh. On dénombrait 43 poches karstiques de kaolin jusqu'à la campagne de recherche de 1976-1978 qui porta ce nombre à 74 mais peu d'entre eux ont été reconnus comme économiques et sont exploités depuis 1971. Les réserves totales ont été estimées à 118.700 t par une évaluation effectuée en 1981.
- Tamazert : Développé sur des terrains métamorphiques du socle ce gisement est situé à 17 km au nord d'El Milia dans la wilaya de Jijel. Il est constitué par du kaolin sableux dans la partie supérieure de l'assise utile et des gneiss kaolinisés dans sa partie inférieure. Connue antérieurement à 1925, une première tentative d'exploitation en 1932 ne dura que deux mois et ce n'est qu'en 1972 que l'exploitation de ce gisement repris avec une production annuelle moyenne de 7 à 8000 t. Les réserves totales sont estimées à 15 Mt.
- Tahalim : Situé à une dizaine de kilomètres de Béjaïa dans le massif plutonique de Timenachine. Ce gisement a déjà été exploité par les colons entre 1935 et 1939 puis repris en 1999 par la S.C.S (Sarl Céramique de la Soummam). Les réserves estimées jusqu'à 50 m de profondeur sont de l'ordre de 2,3 Mt
- Chekfa : A l'instar du gisement de Tamazert le gisement de Chekfa est lui aussi développé sur des gneiss ocellés du socle à une quinzaine de km au SE de Jijel. Il est constitué de cinq gîtes isolés et peu distants entre eux pour une réserve totale évaluée à 1,5 Mt.
- Dj. Makhlouf : Parmi sept indices d'argiles kaoliniques se présentant sous forme de lentilles de 10 m de puissance, reconnus à proximité de la ville de Tabelbala à 400 km au sud de Béchar, deux d'entre eux sont exploités au Dj Makhlouf avec des réserves probables de 500.000t.

VI-3 Les indices

Trente trois (33) indices ont été inventoriés et répartis selon les wilayate auxquelles ils appartiennent en huit groupes d'importance inégale.

- Prés de la moitié des indices (48 %) se sont développés sur des gneiss du socle de l'Edough et de la kabylie.
- 42% des indices sont liés à des roches sédimentaires essentiellement argileuses du Protérozoïque inférieur, du Paléozoïque, du Paléogène indifférencié, de l'Oligocène, du Miocène et du Burdigalien.
- 10% des indices sont liés aux roches plutoniques acides (granite et granodiorite).

VI-4 Coordonnées des différents indices et gisements de kaolin

Groupe d'indices n°1 : Wilaya de Annaba :

| Indice | Coordonnées géographiques | Coordonnées Lambert | Nature/ âge |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------|---|
| Kef Zitouna | L = 07° 38' 52'' l = 36° 53' 23'' | X = 940900 Y = 410000 | Gneiss Précambrien |
| Beleleita (Dj. Edough) | L = 07° 39' 55'' l = 36° 47' 40'' | X = 943000 Y = 399500 | Gneiss Précambrien |
| Saf Saf | L = 07° 36' 55'' l = 36° 55' 35'' | X = 937800 Y = 413900 | Argile kaolinique Précambrien |
| Annaba | L = 07° 43' 53'' l = 36° 36' 59'' | X = 948000 Y = 418000 | Gneiss Précambrien |
| Fetzara | L = 07° 31' 46'' l = 36° 44' 22'' | X = 931200 Y = 392800 | Argile kaolinique et sableuse Paléogène |
| Seraïdi | L = 07° 39' 08'' l = 36° 57' 43'' | X = 940900 Y = 418000 | Gneiss Précambrien |
| Cap de fer | L = 07° 22' 24'' l = 37° 03' 15'' | X = 915600 Y = 427000 | Argile kaolinique montmorillonite +illite Miocène |

Groupe d'indices N° 2 : Wilaya de Skikda

| Indice | Coordonnées géographiques | Coordonnées Lambert | Nature/ âge |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Tamalous | L = 06° 39' 43'' l = 36° 51' 14'' | X = 853300 Y = 402000 | Gneiss Précambrien |
| Ain Sedma | L = 06° 27' 16'' l = 37° 02' 23'' | X = 834000 Y = 422500 | Burdigalien |
| Oued Guebli | L = 06° 36' 57'' l = 36° 57' 52'' | X = 848700 Y = 414100 | Gneiss Précambrien |

Groupe d'indices N° 3 : Wilaya de Constantine

| Indice | Coordonnées géographiques | Coordonnées Lambert | Nature/ âge |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Boubakeur | L = 06° 27' 18'' l = 36° 22' 04'' | X = 836800 Y = 347300 | - |
| Amrissine I | L = 06° 32' 27'' l = 36° 32' 31'' | X = 843750 Y = 366900 | Miocène sup |
| Amrissine II | L = 06° 32' 39'' l = 36° 32' 53'' | X = 844000 Y = 367600 | Miocène sup |
| Amrissine III | L = 07° 32' 22'' l = 36° 32' 54'' | X = 843600 Y = 367600 | Kaolin + fluorine. Miocène sup |

Groupe d'indices N° 4 : Wilaya de Jijel

| Indice | Coordonnées géographiques | Coordonnées Lambert | Nature/ âge |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Settara | L = 06° 19' 36'' l = 36° 43' 48'' | X = 823800 Y = 387000 | Gneiss Précambrien |
| Chekfa | L = 06° 01' 02'' l = 36° 47' 02'' | X = 796000 Y = 392000 | Gneiss Précambrien |
| Texenna | L = 05° 48' 28'' l = 36° 40' 21'' | X = 777700 Y = 379050 | Gneiss Précambrien |
| Cavallo | L = 05° 35' 44'' l = 36° 45' 41'' | X = 758450 Y = 388300 | Gneiss Précambrien |
| Douar Ouled Boulfa | L = 06° 13' 09'' l = 36° 50' 38'' | X = 813750 Y = 399300 | Gneiss Précambrien |
| Tamazert | L = 06° 15' 21'' l = 36° 50' 27'' | X = 817050 Y = 399070 | Gneiss Précambrien |

Groupe d'indices N° 5 : Wilaya de Bejaïa

| Indice | Coordonnées géographiques | Coordonnées Lambert | Nature/ âge |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Tahalim | L = 05° 07' 37'' l = 36° 39' 32'' | X = 716900 Y = 375800 | Granodiorite Miocène |
| Temenachine | L = 05° 05' 17'' l = 36° 40' 11'' | X = 713400 Y = 376800 | Argiles Oligocène |

Groupe d'indices N° 6 : Wilaya de Boumerdes

| Indice | Coordonnées géographiques | Coordonnées Lambert | <u>Nature/ âge</u> |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Henchir el Foukani I | L = 03° 25' 29'' l = 36° 41' 44'' | X = 564900 Y = 377500 | Granite Miocène |
| Henchir el Foukani II | L = 03° 25' 21'' l = 36° 41' 23'' | X = 564700 Y = 376850 | Granite Miocène |
| Oued Zaouia | L = 03° 30' 15'' l = 36° 42' 02'' | X = 372000 Y = 378100 | Granite Miocène |

Groupe d'indices N° 7 : Wilaya de Tamanrasset

| Indice | Coordonnées géographiques | Nature/ âge |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------|
| In Ecker | L = 05° 51' 31'' l = 24° 06' 50'' | Gneiss Protérozoïque inf |
| Assekreme | L = 05° 45' 30'' l = 23° 35' 00'' | Gneiss Protérozoïque inf |

Groupe d'indices N° 8 : Wilaya de Béchar

| Indice | Situation | Nature/ âge |
|-------------------|--|---------------------|
| Dj. Makhlouf | A proximité de la ville de Tabelbala à 400 km au sud de Béchar | Argiles kaoliniques |
| Ksar Chraïa | A 8 km au NW de Dj. Makhlouf | Argiles kaoliniques |
| Tabelbala "Ouest" | A 5 km au NW de Dj.Makhlouf | Argiles kaoliniques |
| Tabelbala "Est" | A 6 km au SW de Dj.Makhlouf | Argiles kaoliniques |
| Blidah | A 12 km au SE de Dj.Makhlouf | Argiles kaoliniques |

CHAPITRE II
CADRE GENERAL

CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

I-Cadre géographique :

I-1- Situation géographique

S'étendant sur une superficie de 3.260 Km² environ, la Wilaya de Béjaïa⁴ est administrativement limitée par :

- La Wilaya de Jijel à l'est.
- Les Wilayate de Bouira et de Tizi-Ouzou à l'ouest.
- Les Wilayate de Sétif et de Bordj Bou Arreridj au sud.

S'étendant sur une superficie de 3.260 Km² environ, la région de Béjaïa est géographiquement limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la chaîne des Babors relayée au Sud-Ouest par celle des Bibans et à l'Ouest par la chaîne de grande Kabylie.

On note dans la région la prédominance de montagnes compactes et bosselées traversées par le couloir de la vallée de la Soummam.

On distingue :

I-1-1 La zone côtière : Elle s'étend de l'embouchure de l'Oued Soummam à celui de l'Oued Agrioun sur une trentaine de kilomètres environ. Cette bande côtière, plus étroite au niveau de Tichy et d'Aokas est principalement composée de terre sablonneuse. Les lits des oueds, assez larges du fait des crues, sont remplis de dépôts alluvionnaires.

I-1-2 La vallée de la Soummam : Ensermée entre l'ensemble Akfadou-Gouraya au Nord et la chaîne des Bibans au sud, elle apparaît comme une étroite bande sinueuse de 100 Km de long sur une largeur maximale de 4 Km à El-Kseur. Les versants particulièrement au sud, sont des pentes relativement douces et donc très développées. Les communes d'Amizour, d'El-Kseur, d'Ouzellaguen, de Timezrit et de Tazmalt possèdent de vastes espaces propres à des cultures riches telles que le maraîchage et l'arboriculture fruitière.

⁴ Vgayeth, "Bougie " en français, exporta pendant des siècles la cire d'abeille produite dans les monts de Kabylie grâce à laquelle toute l'Europe s'éclairait aux chandelles ou... bougies !

I-1-3 La zone montagneuse : Sur le plan orographique la région de Béjaïa s'étale sur trois chaînes de montagnes (fig 1) dont l'oued Soummam qui s'écoule en direction ENE dans sa partie amont et NNE dans sa partie avale constitue une limite naturelle entre la chaîne des Babors à l'Est, la grande Kabylie à l'Ouest et la chaîne des Bibans relayant les Babors au sud-ouest. Ces chaînes de montagnes montrent partout des pentes très fortes et occupent les trois quarts de la superficie totale de la Wilaya avec beaucoup de sommets élevés dont Dj Babor qui culmine à 2004 m, Dj Arbalou à 1316 m et dans les terrains magmatiques Tizi Ouchène qui s'élève jusqu'à 941 m

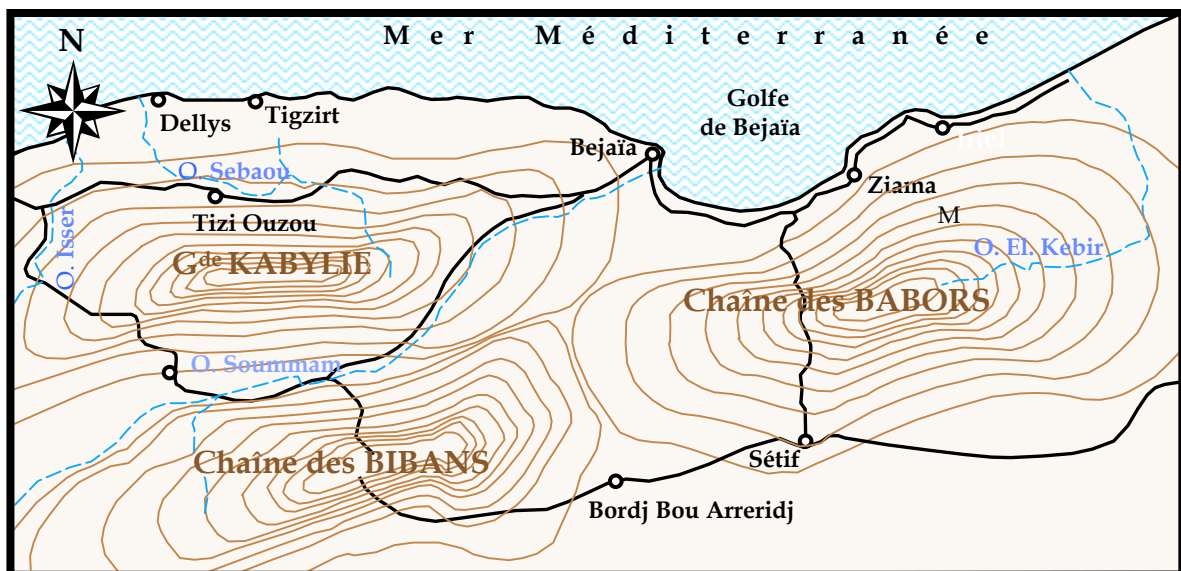


Fig 1 : Carte orographique de la région de Béjaïa

I-2- Climat

La région de Béjaïa reçoit en moyenne 670 à 1.000 mm de pluies par an. Les températures sont adoucies sur le littoral (hiver doux, été chaud) un peu moins dans la vallée de la Soummam. La zone de montagne voit au contraire des gelées fréquentes. Les vents dominants sont les vents du Nord-Ouest (vents marins qui s'engouffrent facilement dans la vallée de la Soummam). Le littoral n'est pas à l'abri du Sirocco

I-3- Hydrographie :

Faisant partie d'une zone assez arrosée, la région de Bejaia est traversée par plusieurs oueds dont les plus importants sont : l'oued Soummam, l'oued Djemâa, l'oued Agrioun, l'oued Zitoun, l'oued Bou-Sellam et l'oued Amassin.

I-4 - Végétation :

Le couvert végétal de la région est constitué par des maquis très denses et des forêts de chênes lièges et d'oliviers.

II - Cadre géologique :

II-1 Travaux anciens

A travers l'énumération des travaux qui ont contribué à la connaissance du massif volcano-plutonique de Oued Amizour, on constate que l'on peut subdiviser l'évolution de ces études en deux périodes contiguës dans le temps et complémentaires quant aux connaissances apportées.

- Une période qui s'étale de 1889 à 1989 ou les travaux essentiellement universitaires sous forme de publications, de thèses et de cartes ont concerné beaucoup plus la géologie générale du massif et de la région.
- La deuxième période qui s'étale de 1974 à 1994 diligentée et financée par la SONAREM (Société nationale de recherche et d'exploitation minière) essentiellement sous forme de rapports souvent inédits qui ont porté beaucoup plus sur l'étude des minéralisations liées au massif.

1889 : Le travail le plus ancien répertorié est du à J. Curie et G. Falmand qui ont réalisé la première étude succincte sur les roches éruptives de l'Algérie.

1928 -1968 : période ou l'on doit à L. Glangeaud, sans doute l'auteur le plus prolifique concernant l'étude des roches endogènes de l'Algérie, pas moins de treize publications sur les roches éruptives de Oued Amizour, de la Mitidja, de Djidjelli et de la province d'Alger ainsi que des essais de synthèse concernant ces roches sur le littoral algérien de Ténès à Djidjelli et sur l'Afrique du Nord.

1951 : L. Duplan a réalisé la première monographie de la région de bougie

1954 - 1959 : M. Gravelle à travers deux publications portant sur les roches du massif et pour la première fois sur les minéralisations associées.

1960 : On doit à L. Duplan et M. Gravelle la première carte au 1/50.000 de la région de Bougie

1967 : J. Glaçon mentionne dans sa thèse soutenue en 1963 à Montpellier la présence de quelques indices minéralisés dans le massif de Oued Amizour tout en consacrant une étude plus détaillée au massif de Cavallo.

1981 : Dans sa thèse de doctorat B. Semroud a réalisé l'étude la plus globale et la plus détaillée concernant l'évolution pétrologique des roches du massif de Oued Amizour.

1988 : M. Leikine, M. Gravelle, B. Semroud : Carte géologique au 1/50.000 de Oued Amizour. Feuille n° 47.

1989 : M. Hassissène, étude des djebels Arbalou - Gouraya dans le cadre de sa thèse de magister en géologie structurale.

Pendant toute cette période bien d'autres études ont été réalisées sans porter spécifiquement sur le massif de Oued Amizour, elles ont néanmoins contribué à faire évoluer les connaissances du contexte géologique de ce massif. Parmi les auteurs qui ont apporté leur contribution on peut citer sans être exhaustif A. Caire, D. Durand Delga, J.M.Vila, A.Coutelle, D.Raymond et D.Obert.

Les rapports inédits de la SONAREM ont contribué à faire évoluer les connaissances concernant les minéralisations du massif de Oued Amizour.

1969 - 1970 : La première carte au 1/50.000 du massif de Oued Amizour a été réalisée sous la direction de M. Sévastianov pour le compte de la SONAREM.

1974 : Rapport des résultats des travaux géologiques au 1/50.000 sur les feuilles de Oued Amizour et Béjaïa. Equipe des Babor / SONAREM. Dans ce rapport V.Z. Aurouvsy a mis en évidence un petit gisement polymétallique dans la région de Bouzenane.

1976 : Rapport sur les résultats des travaux de recherche et de valorisation des polymétaux exécutés en 1974 - 1975 sur les chantiers de Bouzenane et Aït Dali. Rapport réalisé par A. Nekrout, P. Koujalimetov et A. Popov.

1980 : S. Bouadze et G. Chempelev : Prévision à grande échelle 1/50.000 de la structure volcano-tectonique de Oued Amizour. Dans ce rapport, l'interprétation d'un levé magnétique réalisé le long de l'accident de Bouzenane a fait dire aux auteurs qu'il s'agit d'un accident qui a joué le rôle d'un centre d'émission volcanique.

1992 : V. Saverov : Rapport sur les résultats des travaux de recherche - évaluation dans le gisement de Oued Amizour 1989 - 1992.

C'est à partir des rapports établis par ces prédécesseurs N. Netchepaev (1986) et S. Kousmenko (1989) que l'auteur de ce rapport a pu établir une carte détaillée du massif de Oued Amizour au 1/50.000 que nous avons nous même repris dans cette thèse mais à plus petite échelle.

1993 : S. Mankov : Rapport sur les caractéristiques minéralogiques du gisement de Oued Amizour et des stériles de traitement de l'échantillon technologique.

1994 : Le nouveau gisement de Zinc (plomb) de Oued Amizour (Wilaya de Béjaïa). Présentation, réserves et traitement. Développement minier. Rapport ORGM.

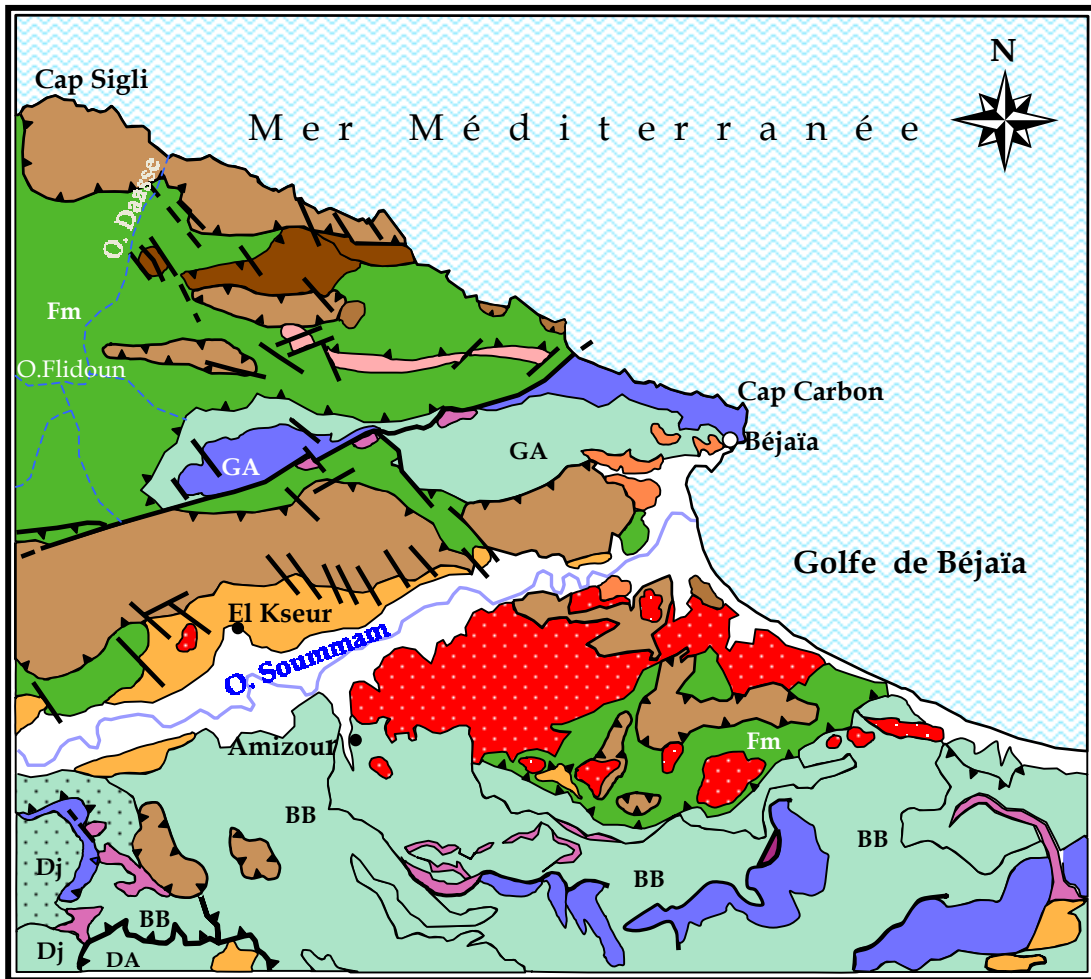
II-2 Géologie de la région

Géologiquement la région de Béjaïa (Fig 2) est constituée par :

- La chaîne de grande Kabylie qui appartient aux zones internes du tell septentrional et qui s'étend de la vallée de la Soummam à l'Est jusqu'au massif de Chellata à l'Ouest. Ses reliefs sont constitués par le socle de Bou Hatem et les nappes de flyschs essentiellement Massyliens.
- Les chaînes des Babors et des Bibans qui appartiennent aux zones externes du tell méridional, les Babors constituent une chaîne de montagne allongée E-W formée par un empilement de nappes telliennes et la chaîne des Bibans formée elle aussi par des nappes telliennes vient relayer celle des Babors à l'Ouest du méridien de Bejaïa et au Sud de l'oued Soummam.

Ces trois chaînes sont séparées par la vallée de la Soummam qui dans sa partie amont orientée ENE constitue une limite nette entre les affleurements de grande Kabylie au nord et ceux des Bibans au sud, par contre dans sa partie aval cette limite orientée NNE est moins stricte entre la grande Kabylie à l'ouest et les Babors à l'est dans la mesure où les affleurements de Djebel Gouraya-Arbalou qui affleurent à l'ouest de l'oued appartiennent à la chaîne des Babors.

Fig 2 : Carte géologique de la région de Béjaïa



D'après Jean Marie Vila 1980

0 10 km

Roches éruptives récentes

 Roches éruptives

Roches récentes

 Quaternaire indifférencié

 Pliocène marin


 Burdigalien sup - Langhien

Socle kabyle, chaîne calcaire

 Oligo-Miocène

 Socle métamorphique de Bou Hatem

Nappes numidiennes

 Grès numidiens et séries mixtes

Nappes de Flyschs kabyles


 Fm Nappes de Flyschs Massyliens

Nappes telliennes


GA Type Gouraya-Arbalou

BB Type Barbacha


DA Type Drâa El Arba


 Crétacé moyen à Paléocène

 Crétacé

 Jurassique

Trias exotique ou extrusif

 Argiles, gypse broyés et glaçons de dolomie

 Trias re-sédimenté

II-3 Litho-stratigraphie :

La synthèse bibliographique des données litho-stratigraphiques est basée sur la carte de Bougie de 1960 de L. Duplan et M. Gravelle ainsi que les travaux de M. Leikine (1971,1974), J.M. Vila (1980), W. Wildi (1983), D. Obert (1984).

II-3-1 Les zones internes :

- **Le socle :**

Le seul témoin de socle dans la région de Bejaïa est représenté par le massif de Bou Hatem dans la chaîne du Djurdjura. C'est un affleurement allongé d'est en ouest sur 12 km de long et 1km de large apparaissant en fenêtre, limitée par des failles, à travers les flyschs crétacés. Il est constitué à la base par des lambeaux discontinus de gneiss à biotite et grenat et des micaschistes surmontés ça et là par des marbres et recoupés par des lentilles pegmatitiques et quartzeuses.

- **Les flyschs :**

Hormis l'affleurement du socle de Bou Hatem et une unité externe de type Gouraya-Arbalou tout le reste de la grande kabylie dans la région de Béjaïa est occupé par des flyschs avec notamment :

- a/-Flyschs Massyliens :**

Ils occupent de vastes étendues et chevauchent au nord les affleurements de socle de Bou Hatem et plus au sud l'unité de type Gouraya-Arbalou appartenant aux zones externes. Ils sont constitués à la base de faciès quartzo-pélitiques d'âge Albien - Aptien inférieur et moyen surmontés par des conglomérats, micro-conglomérats et phtanites d'âge Albien à Cénomaniens. Au niveau du massif volcano-plutonique de Oued Amizour ils sont recoupés par les terrains magmatiques.

- b/-Flyschs Maurétaniens :**

D'extension beaucoup plus réduite que les flyschs Massyliens qu'ils chevauchent au nord du massif de Bou Hatem, ils sont constitués par des calcaires sombres et des conglomérats du Néocomien, des grès quartzitiques surmontés de

marnes et de calcaires d'âge Sénonien supérieur. Au-dessus le Paléocène-Eocène est représenté par des argiles brunâtres à bancs de calcaires et de grès.

c/- Flyschs numidiens :

Toujours en position structurale la plus élevée, ils affleurent en chevauchant au nord les flyschs Massyliens et un affleurement d'Oligo-miocène kabyle et au sud des formations du Miocène. Ces flyschs sont constitués à la base par des argiles qualifiées de sous numidiennes d'âge Oligocène surmontées par des grès dont la base est datée de l'Aquitaniens supérieur et se terminent par des argiles noires et des silexites de l'Aquitaniens terminal Burdigalien inférieur et moyen.

II-3-2 Les zones externes

• La chaîne des Babors :

Cette chaîne est essentiellement formée par trois unités qui sont du nord vers le sud et structurellement du haut vers le bas

- Unité de Barbacha- Brek (haut tellien)
- Unité de Drâa El Arba - Erraguène (mi tellien)
- Unité de djebel Babor-Beni Ourtilane (bas tellien)

Ces unités superposées occupent de larges espaces à l'est de l'oued Soummam et le chaînon Gouraya-Arbalou chevauché par les nappes de flyschs affleure quant à lui à l'ouest de l'oued et constitue la limite occidentale de la chaîne des Babors. Les séries sédimentaires de ces trois unités vont du Trias à l'Eocène.

a/- Trias :

Il est de type germanique avec des faciès évaporitiques lagunaires, il souligne ou se trouve injecté dans les contacts anormaux et les failles.

b/- Jurassique :

- **Lias :** Il est constitué à la base par des dolomies litées à structures rubanée, brèchique et pseudo-brèchique qui passent progressivement à des calcaires massifs à algues qui sont parfois oolitiques . Ces calcaires peuvent être localement dolomités. Au Lias terminal (Domérien et Toarcien) deux types de sédiments dominant :

- Des calcaires à silex et interlits marneux et calcaires micritiques à radiolarites et filaments.

- Des grès, des brèches et des conglomérats intraformationnels.

- **Dogger et Malm** : Dominé par une sédimentation pélagique d'un milieu marin profond représentés par des calcaires siliceux, des marno-calcaires à filaments et des calcaires noduleux attribués au Bajocien-Bathonien.

- **Le Callovien et l'Oxfordien** : Ils sont représentés par des marnes et argilites rouges ou vertes à radiolaires.

- **Le Kimméridgien et le Tithonique** sont constitués par des calcaires micritiques clairs parfois à silex comportant des Saccocoma et des calpionelles.

c/- Crétacé : Franchement plus détritique que le Jurassique il est représenté par :

- **Néocomien** : Constitué par des séries qui peuvent être très épaisses de pélites et de grès.

- **Barrémien - Albien** : A la base du Barrémien on note la présence de conglomérats et une discordance. La sédimentation détritique continue et se généralise avec les mêmes faciès. Il est à signaler qu'une phase tectonique a été mise en évidence entre l'Albien moyen et le Vraconien.

- **Cénomaniens - Turonien** : Le Cénomaniens est caractérisé par des alternances variables de marnes sombres et de bancs calcaires à patine claire. Le Turonien est très peu épais avec une faune rare, il est représenté par des pélites siliceuses et des calcaires à silex.

- **Sénonien** :

C'est grâce aux faciès du Sénonien, du Paléocène et de l'Eocène que trois types d'unités (haut, mi et bas telliennes) qui constituent les nappes telliennes sont distinguées. Le Sénonien est représenté par les faciès suivants :

- Un faciès à faune néritique et planctonique du plateau externe ou de la pente continentale supérieure dans la série bas-telliennne.
- Un faciès à faune planctonique du talus continental pour les séries mi-telliennes.
- Un faciès de pied de talus à conglomérats et micro brèches (turbidites) dans les séries haut-telliennes.

d/-Paléocène à Priabonien :Les séries du paléocène au Priabonien des nappes telliennes sont constituées par la trilogie lithologique suivante :

- Membre inférieur marneux du Paléocène
- Membre calcaire et marno-calcaire à silex de l'Yprésien et du Lutétien inférieur p.p
- Membre supérieur marneux du Lutétien inférieur p.p au Priabonien

A l'instar du Sénonien les faciès des séries tertiaires permettent eux aussi de distinguer les différentes unités qui constituent les nappes telliennes.

- Dans les séries du Paléocène des unités bas-telliennes des niveaux repères sont formés par de grès blanc verdâtre glauconieux et phosphatés.
- Dans les unités mi-telliennes les séries de l'Yprésien sont représentées par d'épaisses barres de calcaires blancs à globigérines souvent marneux et à silicification. Ce sont des dépôts de mer ouverte et plus profonde que les faciès des unités bas-telliennes.
- Le faciès du Lutétien des unités haut-telliennes est représenté par des calcaires micritiques à silex, globigérines et radiolarites.

- **La chaîne des Bibans :**

La superposition de l'unité des Bibans aux séries autochtones de l'Ouarsenis prouve ainsi son allochtonie et les séries bas telliennes de cette unité permettent d'intégrer les Bibans aux nappes telliennes (W. Wildi 1973).

II-4 Tectonique :

Les unités telliennes des Babors sont caractérisées par une tectonique polyphasée dont les étapes s'échelonnent du Jurassique au Néogène. Le Jurassique est caractérisé par deux systèmes de plis :

1. Plis transverses N-S précoces, ondulations plus que de véritables plis.
2. Plis en chevrons antérieurs au Néocomien.

Et le Crétacé est quant à lui caractérisé par 3 systèmes de plis :

1. Plis isoclinaux de direction E-W accompagnés d'une schistosité de flux et d'un métamorphisme archi à épi zonal daté de la phase albienne.
2. Les directions du deuxième système post Albien sont variables de NW-SE à SW-NE
3. Le troisième système montre des axes d'orientation moyenne N-S.

II-5 Les roches magmatiques

II-5-1 Introduction :

Situé à une dizaine de kilomètres au SSW de Béjaïa, le massif volcano-plutonique de Oued Amizour⁵ a une forme rhombique allongée selon la direction WSW-ENE et couvrant une superficie de 102 km² fait partie intégrante de la chaîne des Babors (voir carte de la fig 3).

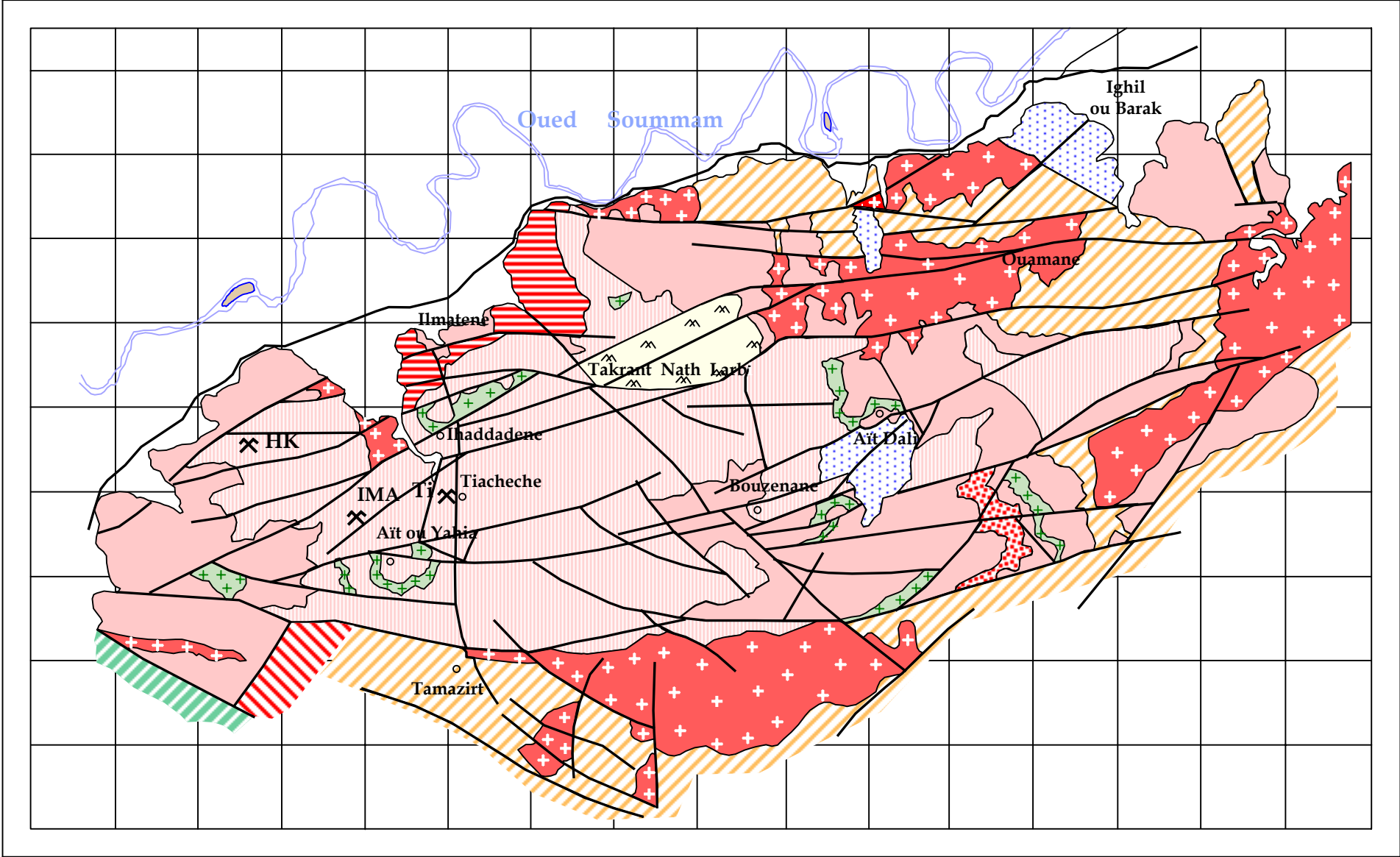
Il est limité au Nord par la mer et les plaines côtières quaternaires de Tichi, trois oueds cernent le reste du massif dans sa presque totalité avec à l'Ouest la vallée de la Soummam, à l'Est l'oued Djemâa et au Sud oued Amizour un des nombreux affluents de la Soummam.

Il est constitué par des roches plutoniques, des roches volcaniques ainsi que des injections sous forme de sills et de filons au sein du massif lui-même.







- **Les roches plutoniques** couvrant une surface cumulée de 50,8 Km² sont représentées par sept plutons de tailles différentes, bien individualisés et répartis principalement autour de la partie orientale du massif en deux alignements :
 - Au nord les plutons de Timenachine et de l'oued Nadjel avec ces deux satellites de Bousoltane et Aït Smaïl.
 - Au sud les plutons de l'Adrar In Zeka, du djebel Amjout, d'Ansifène, de Takerouit ou Medjour et du djebel Tizi-Ouchène.
- **Les roches volcaniques** quant à elles couvrent une surface de 51,2 Km² et sont représentées par deux assises volcaniques et volcano-sédimentaires superposées, une assise inférieure composée d'une alternance de tufs et de

⁵Ex Colmar : Créé en 1872 sur une superficie 5.559 ha répartis en 53 concessions agricoles, 3 lots industriels et 23 lots de fermes. Sur les 23 familles européennes du peuplement initial, 12 d'entre elles sont originaires d'Alsace-Lorraine. Rebaptisé Oued Amizour à l'indépendance terme composé de « am » : **qui** et « izour » : **épais** ce qui veut dire «**qui est épais**» en parlant du sol. Il désigne la région à sol épais c'est -à-dire la terre sans rochers.

laves andésitiques surmontée par une assise supérieure dacitique d'extension plus réduite





Roches sédimentaires





-  Quaternaire : Alluvions, Sable, Cailloutis, Limons, Sables marins, Brèche
-  Pliocène, Plaisancien : Grès, Conglomérats, Argiles bleues
-  Burdigalien : Grès, Conglomérats, Marnes, Argiles
-  Oligocène sup : Grès quartzeux, Argiles
-  Eocène sup - Oligocène inf : Marnes, Grès Argiles
-  Albien : Marnes schisteuses, Marnes

Roches Ignées



Roches intrusives

-  Granodiorite, Granite, Granodiorite porphyre, Granite porphyre.
-  Diorite et diorite quartzeuse

Faciès sub-volcaniques

-  Grano-syérite porphyre.  Andésito-dacite.
-  Micro-diorite porphyre.  Andésite.

Faciès volcaniques

-  Dacites de l'assise supérieure.
-  Andésites de l'assise inférieure.

Roches secondaires






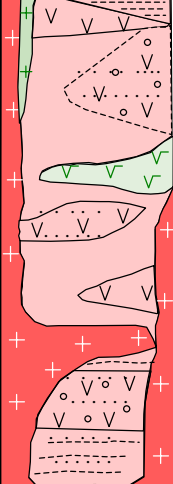
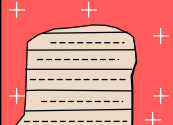
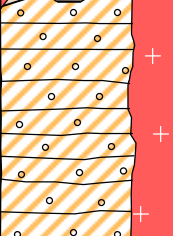

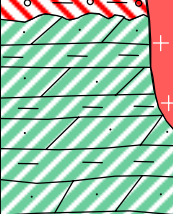
-  Quartzite séricitique secondaire.
-  Zones d'altérations échantillonnées:
Ti : Tiachèche, IMA : Imaziouène, HK : Hkoum

Fig 3 : Carte du massif de Oued Amizour (d'après V.Saverov 1992)

| Système | Série | Etage | Ep (m) | Colonne Lithologique | Lithologie | |
|-----------|---------------------|---------------------|-----------|---|---|---|
| TERTIAIRE | Mioène | Plaisancien | 0-50 |  | Cailloutis, Sables, Argiles | |
| | | | 30 - 100 |  | Conglomérats, Sables, Argiles | |
| | | Burdigalien | 300 - 350 |  | Laves et tufs dacitiques et Liparo-dacitiques | |
| | | | 600 - 700 |  | Tuffites, tufs et Laves andésitiques Avec des horizons à composition mixte (la partie supérieure) tufo-grès, tufomicro-poudingues | |
| | | | 180 - 200 |  | Conglomérats, Grès, Argiles, Marne, calcaire | |
| | | Oligocène supérieur | | 400 - 450 |  | Argiles, Grès quartzeux (faciès numidien) |
| | | Eocène Sup | | 150 |  | Grès, Argiles, Marne. |
| CRETACE | Inférieur Supérieur | | 500 |  | Argiles, Marne schisteuses, Pélites | |

II-5-2 Les roches plutoniques :

La répartition des différents plutons constituant une partie du massif est représentée sur la carte de la (Fig : 3) et l'ensemble des caractéristiques concernant les formes, les dimensions, les relations avec l'encaissant et la pétrographie de ces plutons est résumé à partir de la thèse de B. Semroud (1981) et présenté dans le tableau 1.

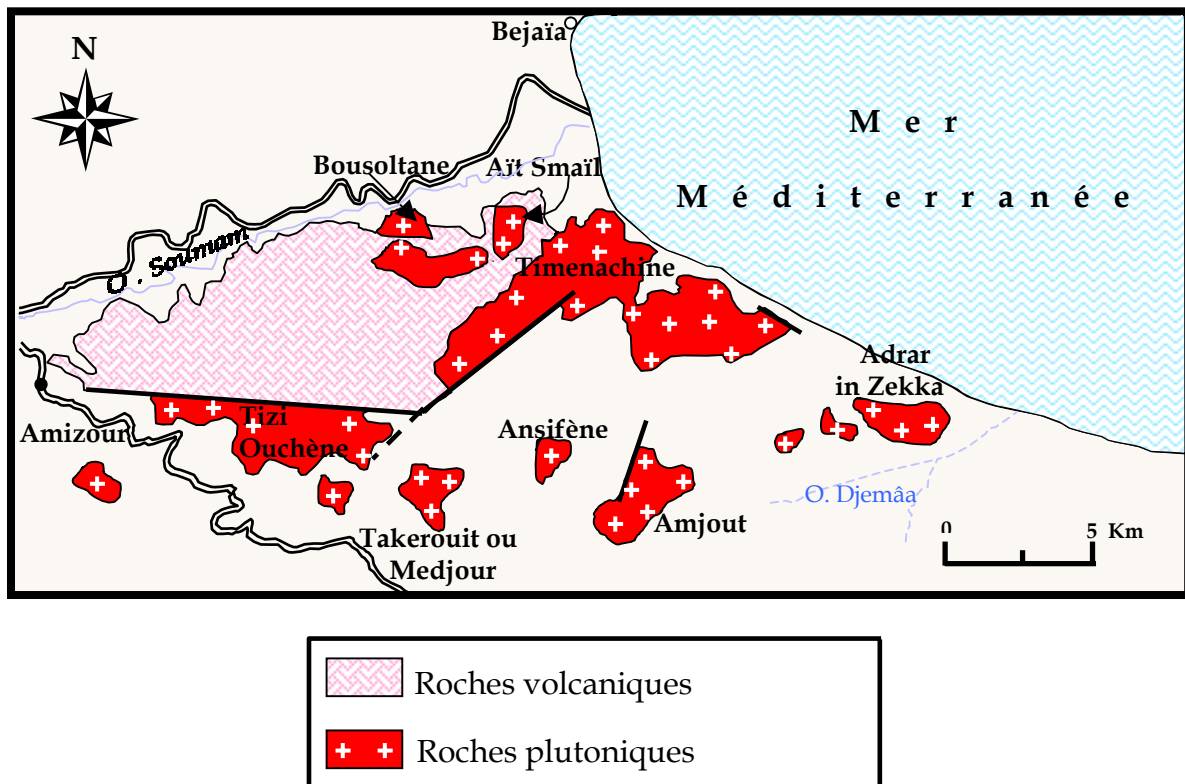


Fig 4: Répartition des plutons du massif de Oued Amizour

- Répartition des roches (Voir tableau 1)

Tab 1 CARACTERISTIQUES DES PLUTONS DU MASSIF DE OUED AMIZOUR

| Plutons | Forme/Extension | Relations avec l'encaissant | Pétrographie / répartition |
|---------------------------------|--|---|---|
| Plutons au sud du massif | | | |
| Adrar In Zeka | Surface couverte : 3,8 Km² Pluton le plus oriental sur 3 km de long et 1 km de large. | Mis en place dans les faciès de pélites marnes et marno-calcaires du Crétacé de la nappe de Barbacha. Au contact de l'intrusion ces faciès sont métamorphisés. | Centre : constitué de 3 faciès de granodiorites <ul style="list-style-type: none"> • à amphiboles, • à amphiboles et biotite • à pyroxènes. Bordure : mêmes faciès mais plus finement cristallisés. |
| Dj. Amjout | Surface couverte : 3 Km² Pluton le plus méridional de forme irrégulière allongée sur 3 km vers le NE-SW. | Mis en place dans l'unité de Barbacha. Au nord il recoupe le flysch numidien. Au SE des filons d'andésite noire recouperont le crétacé. Le contact est parfois souligné par des minéralisations de magnétite ou d'oligiste. | Essentiellement constitué de microgranodiorite assez homogène. Une apophyse dans la partie orientale du pluton au niveau de Mouzaïa est constituée de diorite similaire à celle de l'Adrar In Zeka. |
| Ansifène | Surface couverte : 0,93 Km² En forme de cœur orienté vers le sud et de petite dimension (1 x 0.5 km). | Au N et NE il re coupe les grès et flysch numidien Au S-SW il recoupe les flyschs crétacé | Centre : microgranodiorite monzonitique blanchâtre. Bordure : Diorite sombre à grain fin ou grossier |
| Takerouit Ou Medjour | Surface couverte : 3Km² Forme d'une poire renversée dont l'axe est orienté au N 10° E qui s'étend sur 2 x 1.5 km selon ses plus grandes dimensions. | A l'ouest et au sud il recoupe les grès numidiens. Au nord et à l'est il recoupe les pélites litées du crétacé. | Centre : granodiorite blanchâtre. Bordure : Diorite sombre à orthopyroxène dominant par rapport aux diorites claires à clinopyroxènes ainsi que microdiorites quartziques à texture porphyrique . Le contact de ce pluton avec les pélites est bien marqué par des roches métamorphisées. |

| Plutons | Forme/Extension | Relations avec l'encaissant | Pétrographie / répartition |
|---|--|--|--|
| Plutons au sud du massif (suite) | | | |
| Tizi Ouchène | Surface couverte : 10,2 Km² Allongé d'est en ouest sur 5 km et large de 1.5 km avec une limite nette au nord coïncidant avec une faille et une limite sud plus ondulée. | Au nord en contact avec le complexe volcanique par contre à l'est, l'ouest et le sud il recoupe les assises du crétacé et du numidien. | Du cœur du pluton vers sa périphérie on voit se succéder des quartz monzonite à amphibole, à pyroxène, faciès microgranodioritique et faciès dioritique. A l'instar des autres plutons la cristallinité semble diminuer de l'intérieur vers l'extérieur. |

| Plutons au nord du massif | | | |
|----------------------------------|--|--|---|
| Timenachine | Surface couverte : 25,5 Km² C'est le corps intrusif le plus important. Allongé d'est en ouest sur plus de 10 km | Au nord le quaternaire et la mer. Au sud et à l'est avec les flyschs. A l'ouest avec les roches volcaniques. | Centre : quartz monzonite à tendance porphyroïde. Bordure : Faciès finement cristallisés de granodiorite et microgranodiorite. L'ensemble est recoupé par des filons aplitiques et des filons de tourmalinite. |
| Nadjel | Surface couverte : 4,5 Km² Pluton le plus septentrional, il a une forme très irrégulière avec cependant un allongement dans la direction NNE. | Au sud avec les roches volcaniques. Au N et NE avec les flyschs. | Centre : monzonite quartzifère Bordure : faciès à tendance microgranitique recoupés par des filons aplitiques et des filons de tourmalinite. |

- **Conclusion :**

La synthèse des données concernant les différents plutons qui constituent en partie le massif de Oued Amizour nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les plutons de Tizi Ouchène et Timenachine sont les plus importants de par la surface qu'ils occupent.
- De manière récurrente sur l'ensemble ou presque des plutons la cristallinité des roches augmente de la périphérie vers le cœur du pluton.
- A proximité de certains de ces plutons on note la présence d'intrusions satellites de petites dimensions.
 - Les intrusions de Tala Nouaboua et celle de Tahalkats à proximité du pluton de l'Adrar In Zeka.
 - Les intrusions de Bousoltane et Aït Smaïl près du pluton de l'oued Nadjel
 - La petite intrusion de Tabellout entre les plutons de l'Ansifène et celui de Takerouit ou Medjour.
- On note la présence d'enclaves de différentes tailles mais de nature microdioritique assez constante dans les massifs de Timenachine, du Dj. Amjout, de l'Ansifène et de Tizi Ouchène.
- Tous les plutons sont traversés par des filons de différentes tailles et différentes natures et généralement sans orientation préférentielle :
 - Filons aplitiques généralement rosâtres, parfois blanchâtre dans les massifs de Timenachine, Adrar In Zekka, Tizi Ouchène, Takerouit Ou Medjour. Ces filons ont des épaisseurs qui peuvent aller jusqu'à 20 cm pour des longueurs variant de quelques mètres jusqu'à la centaine de mètres notamment dans le pluton de Tizi Ouchène.

- Filons sub-verticaux de roches noires, massives et andésitiques dans les plutons d'Amjout et de Takerouit Ou Medjour.
- C'est seulement dans le pluton de Takerouit Ou Medjour que l'on a noté la présence d'un dyke de roches volcaniques variant de 1 à 10 m d'épaisseur.
- Filons et filonnets de tourmalinite noire dans la presque totalité des plutons.
- La présence de cornéennes dues au métamorphisme de contact :
 - Au contact du pluton de l'Ansifène avec les flyschs numidiens.
 - Au contact du pluton Takerouit ou Medjour avec les pélites litées du crétacé.
 - Au contact du pluton de Tizi Ouchène avec les assises du crétacé et les flyschs du numidien.

II-5-3 Les roches volcaniques :

Les roches volcaniques organisées selon deux assises superposées de 1100 m d'épaisseur occupent la partie centrale du massif. Elles sont limitées :

- Au NE et au SE par les différents plutons.
- A l'ouest elles sont recouvertes par des terrains Mio-Plio-Quaternaire de la vallée de la Soummam
- Sur le flanc sud par les terrains sédimentaires essentiellement constitués par des flyschs.

- **L'assise inférieure :**

Cette assise d'une épaisseur de 650 à 800 m est essentiellement constituée de laves sous forme de coulées associées à des brèches d'écoulement et des tufs. Les laves montrent parfois un débit prismatique qui confère au paysage des formes mamelonnées, elles sont constituées de roches de nature andésitique avec une texture microlitique porphyrique montrant des cristaux de plagioclases de quelques millimètres parfois zonés. Les tufs sont constitués de cendres consolidées de couleur beige souvent stratifiés en lamines centimétriques parsemées de petits débris

pyroclastiques de quelques millimètres à un centimètre avec par endroit un granoclassement vertical et une stratification sub-horizontale de 5 à 10° vers le sud. Comme ces roches ont subi des altérations hydrothermales, elles montrent des couleurs très variées allant d'un beige lorsque la roche est fraîche au vert pour les roches chloritisées et blanchâtre lorsqu'elles sont kaolinisées.

- **L'assise supérieure :**

Les roches qui constituent cette assise sont localisées au centre et au sud du massif et sont développées sur une épaisseur totale de 250 à 300 m. La nature des roches de cette assise, très variable selon les auteurs qui ont travaillé dessus, est dacitique selon Saverov 1192 et c'est cette composition que nous retenons dans ce travail pour être en cohérence avec la carte géologique du massif réalisée par cet auteur et que nous avons reprise. A l'instar de l'assise inférieure nous observons les mêmes altérations qui confèrent aux roches les mêmes colorations suivant les différents types d'altérations qu'elles ont subi.

II-5-4 Tectonique :

Le massif de Oued Amizour est traversé par trois systèmes de failles et des réseaux de diaclases.

- **Les failles :**

Les trois systèmes de failles sont représentés par :

1. Un système de faille plurikilométriques et profondes d'orientation E-W représenté par les failles de Tizi Ouchène et Takrent Naït Larbi.
2. Un système de faille NW-SE plus récent que le précédent représenté par la faille de Bouzenane qui recoupe celle de Takrent Naït Larbi.
3. Un système de failles actives tout au long du processus de mise en place des différentes roches du massif qui sont à l'origine des filons aplitiques et des dykes de roches volcaniques recoupant, sans montrer aucune direction préférentielle, l'ensemble du massif.

Ces systèmes de failles sont responsables de la circulation des solutions hydrothermales qui ont altéré les roches du massif.

Diaclases :

Certains plutons sont recoupés par un réseau de diaclases verticales.

II-5-5 Nature du volcanisme :

Les roches volcaniques à travers la nature chimique et minéralogique de leurs produits de projection (tufs) et effusifs (laves) sont caractéristiques d'un volcanisme calco-alcalin. La similitude minéralogique et géochimique de ces roches volcaniques avec les roches plutoniques du massif de Oued Amizour à fait dire à B. Semroud (1981) :

« Ces roches proviennent d'un même et seul magma qui s'est mis en place dans deux niveaux structuraux : il s'est épanché d'une part en surface pour donner les roches volcaniques, et d'autre part il a cristallisé sous une certaine épaisseur relativement faible pour donner les différents plutons. »

II-5-6 Age des roches magmatiques :

Le tableau ci-dessous résume les âges radiométriques obtenus par BELLON et SEMROUD (1978) en utilisant la méthode **K-Ar** sur différents faciès de roches plutoniques et volcaniques du massif de Oued Amizour.

| Roches | Age (Ma) | Stratotype |
|--|-----------------|-------------------|
| Latites tardives | 12.4 | Serravalien |
| Microdiorite du Dj. Amjout et Quartz monzonite de Nadjel | 16.5 - 15.2 | Burdigalien |
| Andésites | 18.5 - 16.6 | Burdigalien |
| Faciès de Tizi Ouchène | 24,4 | Aquitaniien |

En comparant les âges radiométriques et leurs équivalents stratigraphiques comme le montre le tableau ci-dessus on constate que :

- La mise en place du massif de Oued Amizour a duré 12 Ma.
- La mise en place des roches plutoniques a débuté à l'Aquitaniens (début du miocène) et s'est poursuivi jusqu'à la fin du Burdigalien.
- C'est toujours au Burdigalien pendant que les roches plutoniques continuaient à se mettre en place que le volcanisme a débuté avec les andésites de l'assise inférieure.
- C'est au Serravallien que le volcanisme prend fin avec la mise en place des latites tardives.

Le calendrier des évènements de la mise en place des roches du massif volcano-plutonique de Oued Amizour ainsi établi pourrait être affiné par la datation d'autres faciès pétrographiques des différents plutons ainsi que par la datation des roches volcaniques de l'assise dacitique supérieure.

CHAPITRE III
LES MINERALISATIONS
LES INDICES

ETUDE DES MINERALISATIONS

I- Méthodes analytiques :

I-1 Introduction :

Tous les échantillons prélevés au niveau des trois indices étudiés et du gisement de Tahalim ont été analysés selon des approches différentes.

Le but des analyses effectuées sur les échantillons prélevés au niveau des indices est de montrer la présence ou non de la kaolinite et lorsque celle-ci est absente les investigations n'ont pas été plus loin.

Concernant les échantillons prélevés au niveau du gisement de Tahalim à la fois sur la roche saine et la roche altérée ou la présence de la kaolinite est avérée, ces analyses ont été plus importantes. Dans ce cas le but de ces analyses effectuées est l'identification chimique, minéralogique et pétrographique des échantillons en utilisant pour chaque type d'analyse les techniques suivantes : les analyses chimiques par voie humide, la diffractométrie des rayons X et l'étude au microscope optique.

I-2 Les analyses chimiques :

L'analyse chimique quantitative par voie humide (complexométrie) nous a permis de doser les constituants majeurs de chacun des échantillons.

Concernant les indices nous avons effectué deux analyses chimiques sur deux échantillons différents par indice.

Une dizaine d'analyses a été effectuée sur des échantillons à la fois de roches saines et de roches altérées du gisement de Tahalim ce qui nous a permis de voir l'évolution des teneurs en fonction du processus d'altération.

I-3 Etude pétrographique :

L'étude au microscope optique de lames mince de roches du gisement de Tahalim nous a permis de :

- Déterminer par un comptage de point la nature de la roche en utilisant le diagramme de Streickeisen.
- Déterminer les paragenèses et successions des minéraux qui constituent la roche.
- Faire l'inventaire de toutes les altérations qui ont affecté la roche.

I-4 Les analyses minéralogiques

La détermination de la nature minéralogique des constituants des échantillons prélevés a été réalisée par diffraction des rayons X.

Ces analyses nous ont permis de déterminer la présence ou non de la kaolinite dans les échantillons des indices. Lorsque celle-ci est absente (c'est le cas pour tous les indices) les investigations n'ont pas été poussées plus loin. Dans le cas du gisement elles nous ont permis de déterminer les minéraux associés à la kaolinite.

Technique utilisée

La détermination de la nature minéralogique des échantillons prélevés a été réalisée par diffractométrie des rayons X. Après diffraction on obtient un spectre du faisceau diffracté en fonction de l'angle de diffraction 2θ . Dans ce spectre, on peut convertir les valeurs angulaires en espace basal d (en angströms) en appliquant la loi de Bragg et en utilisant la longueur d'onde K_{α} de l'anode utilisée pour produire le rayonnement X incident.

L'identification du minéral est donnée par la position d'un certain nombre de pics caractéristiques qui permettent de calculer la distance entre les plans de diffraction. La forme du pic renseigne sur l'état de cristallisation du minéral (cristallinité). Pour un mélange de plusieurs minéraux, la hauteur des pics est grossièrement proportionnelle à leur quantité.

Les échantillons qui ont été traités ont été prélevés dans des zones altérées caractérisées par la présence d'argiles principalement or nous savons que chaque famille argileuse est caractérisée par une valeur de d pour les plans (001) :

Illite : $d = 10 \text{ \AA}$

Chlorite : $d = 14 \text{ \AA}$

Kaolinite : $d = 7 \text{ \AA}$

Smectite : $d = 15 \text{ \AA}$

S'il l'on considère les différents ordres de diffraction, une même espèce argileuse aura donc plusieurs pics correspondant à différentes valeurs de d :

$$d/1 (n=1), d/2 (n=2), d/3 (n=3) \text{ etc...}$$

Dans un mélange argileux naturel le spectre de diffraction enregistrera différents pics correspondant aux réflexions principales des différentes familles

présentes mais aussi les réflexions secondaires ou d'ordre 3. On constate que les mêmes valeurs de d peuvent correspondre à des réflexions d'ordre différent pour des minéraux différents par exemple la réflexion 001 de la kaolinite coïncide avec la réflexion 002 de la chlorite.

En ne considérant que le spectre normal certains minéraux ne sont pas dissociables. Pour des minéraux ayant des distances inter foliaires proches, on fait subir des traitements aux échantillons afin de les différencier.

- Un traitement classique consiste à imprégner l'échantillon de vapeurs d'éthylène-glycol. Cette molécule organique est adsorbée dans les espaces inter foliaires des smectites qui gonflent ce qui entraîne un déplacement du pic par rapport à l'échantillon non traité.
- D'autre part, le chauffage à 550 °C entraîne la disparition des pics de la kaolinite (fig III-1).

Le tableau de la fig III-2 résume les effets de ces traitements sur les différentes espèces argileuses.

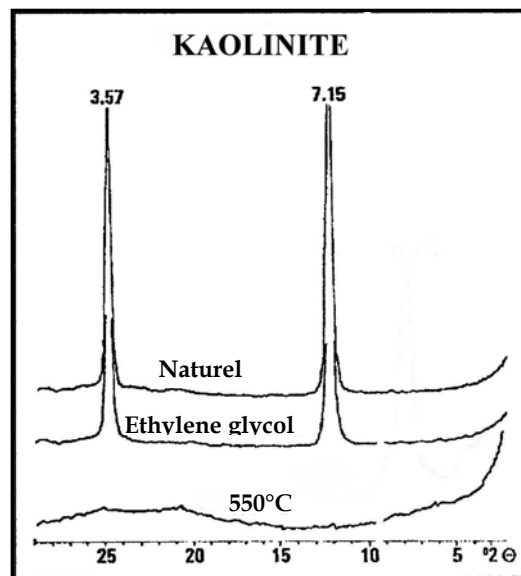


Fig III-1 : Les trois spectres de la kaolinite

Fig III-2

| Effets des traitements sur la position des réflexions (Tucker, 1991) | | | |
|--|--|---|---|
| X-ray identification of the principal clay minerals (<2 µm) in an oriented mount of a separated clay fraction from sedimentary material (Carroll, 1970). | | | |
| Mineral | Basal d spacings (001) | Glycolation effect 1 hr, 60°C | Heating effect 1 hr |
| Kaolinite | 7.15 A (001); 3.75A (003) | No change | Becomes amorphous at 350- 500°C |
| Kaolinite, disordered | 7.15 A (001) Broad; 3.75A (003) Broad | No change | Becomes amorphous at lower temperatures than kaolinite |
| Halloysite, 4 H₂O | 10 A (001) Broad; | No change | Dehydrates 2 H ₂ O at 110° C |
| Halloysite, 2 H₂O | 7.2 A (001) Broad; | No change | Dehydrates at 125-150° C |
| Mica, 2M | 10 A (002); 5 A (004) generally referred to as (001) and (002) | No change | (001) becomes more intense on heating but structure maintained to 700° C |
| Illite, 1Md | 10 A (001) Broad, other basal spacings present but small | No change | (001) noticeably more intense on heating as water layers; at higher temperatures like mica. |
| Montmorillonite group | 15 A (001) and integral series of basal spacings | (001) expands to 17 A with rational sequence of higher orders | At 300°C (001) becomes 9 A |
| Vermiculite | 14 A (001) and integral series of basal spacings | No change | Dehydrates in steps. |
| Chlorite, Mg-form | 14 A (001) and integral series of basal spacings | No change | (001) increases in intensity, <800°C shows weight loss but no structural change. |
| Chlorite, Fe-form | 14 A (001) less intense than in Mg-form, integral series of basal spacings | No change | (001) scarcely increases; structural collapses below 800°C |
| Mixed-layer minerals | Regular one (001) and integral series of basal spacings. | No change unless an expandable component is present. | Various, see descriptions of individual minerals |
| | Random, (001) is addition of individual minerals and depends on amount of those present. | Expands if Montmorillonite is a constituent | |
| Attapulgite (Palygorskite) | High intensity d reflections at 10.5, 4.5, 3.28, 2.62 A | No change | Depends on minerals present in inter-layered mineral |
| Sépiolite | High intensity d reflections at 12.6, 4.31, 2.61 A | No change | Dehydrates stepwise |
| Amorphous clay, allophane | No d reflections | No change | Dehydrates and loses weight |

II-LES INDICES

II-1 Introduction

Les trois zones d'altération échantillonnées sont localisées dans l'assise volcanique supérieure dacitique (Saverov 1992), ce sont les indices de Hkoum, Tiachèche et Imaziouène, ils sont répartis aux sommets d'un triangle couvrant une surface de 138 Ha environ (Fig III-3)

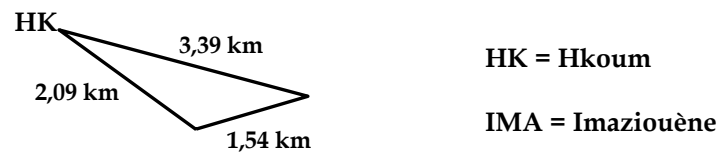


Fig III-3 : Répartition des zones altérées échantillonnées

La zone d'altération d'Imaziouène est située sur un flanc de vallée assez pentu (Fig : III-4) à proximité d'une grande faille de direction NE-SW et couvre une surface d'environ 2 Ha et 25 Ares.

La zone d'altération de Tiachèche est elle aussi située sur un flanc de vallée assez pentu (Fig : III-8) couvrant une surface de 1 Ha et 62 Ares. Cette zone est coincée entre deux failles de direction N-S pour la première et NNE- SSW pour la deuxième.

La zone d'altération de Hkoum est située à proximité d'une faille verticale de direction E-W.

Au niveau des trois zones les roches altérées sont terreuses, très friables et blanchâtres montrant ici et là des colorations rougeâtres dues à des oxydes et hydroxydes de fer émanant de l'altération des minéraux ferro-magnésiens (biotite, pyroxènes) contenus dans la roche saine.

Pour chacun de ces indices nous avons effectué des analyses chimiques par voie humide et des analyses minéralogiques par diffractométrie des RX.

Les résultats des analyses chimiques et les diffractogrammes de RX pour chacun des trois indices sont exposés dans ce qui suit :

II-2 Indice d'Imaziouène¹ :

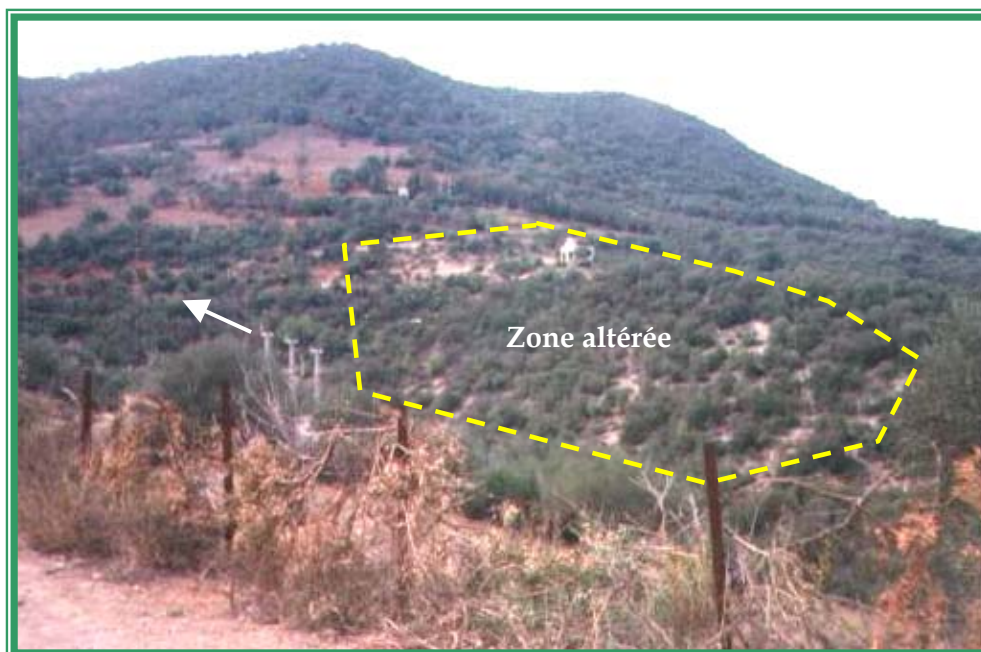


Fig III-4 : Indice d'Imaziouène

II-2-1 Analyse chimique

| Echts | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | MnO | FeO | SO ₃ | PAF |
|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|------|-------|-----------------|------|
| IMA03 | 66,84 | 1,09 | 15,92 | 1,12 | 0,7 | 0,27 | 9,87 | 0,49 | 0,03 | <0,05 | 0,43 | 3,55 |
| IMA04 | 66,32 | 1,12 | 16,21 | 1,15 | 0,65 | 0,29 | 8,98 | 0,53 | 0,02 | <0,05 | 0,39 | 4,04 |

Les teneurs peu importantes en alumine et élevées en silice donne à penser que l'altération de l'échantillon n'a pas atteint le stade de la néoformation de la kaolinite.

II-2-2 Composition minéralogique :

L'échantillon passé aux rayons X a révélé comme le montre le diffractogramme de la (Fig : III-5) la présence des minéraux suivants :

Quartz, Goethite, illite, kaolinite et sépiolite (?) .

Quantitativement l'illite, la kaolinite sont à l'état de trace uniquement et certains pics pourraient indiquer la présence de sépiolite.

¹ L'observation attentive de la photo montre l'existence d'un mausolée et d'un cimetière sur la zone d'altération. A notre avis la présence d'un cimetière dans cette zone est du au fait que les roches sont plus faciles à creuser lors de la mise en terre des morts. Cette observation pourrait être utilisée comme guide de prospection, il suffirait de demander aux habitants de la région où se trouvent les cimetières et d'aller vérifier s'ils correspondent à des zones altérées ce qui donne à penser que les géologues miniers font travailler même les morts !

Quartz : SiO_2

Les réflexions dues à la présence de quartz sont représentées par les pics à 3.355, 4.271 et 1.816 Å. La hauteur de ces pics plus élevée que tous les autres indique que la quantité relative du quartz est la plus importante.

Goethite : $\text{FeO}(\text{OH})$

Sa présence est avérée par les pics à 2.672 et 2.454 Å, mais en petite quantité.

Illite : $(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4 \text{O}_{10}[(\text{OH})_2,(\text{H}_2\text{O})]$

Sur le diffractogramme les pics attribuables à l'illite seraient les pics à 10.106, 3.350, 2.556 Å.

Sur le spectre obtenu après chauffage de l'échantillon représenté en jaune sur le diffractogramme on constate que le pic à 3.350 Å devient plus important ce qui caractérise l'illite comme le montre la (fig III-6) des spectres de l'illite après divers traitements.

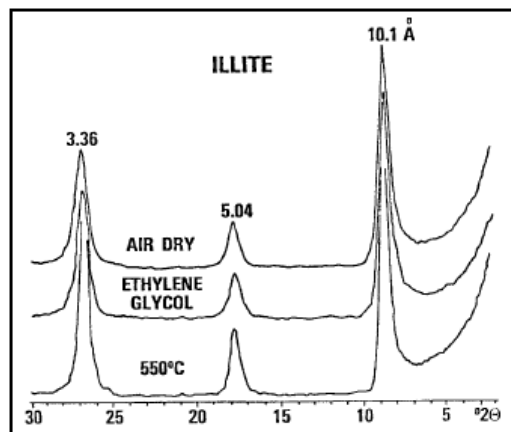


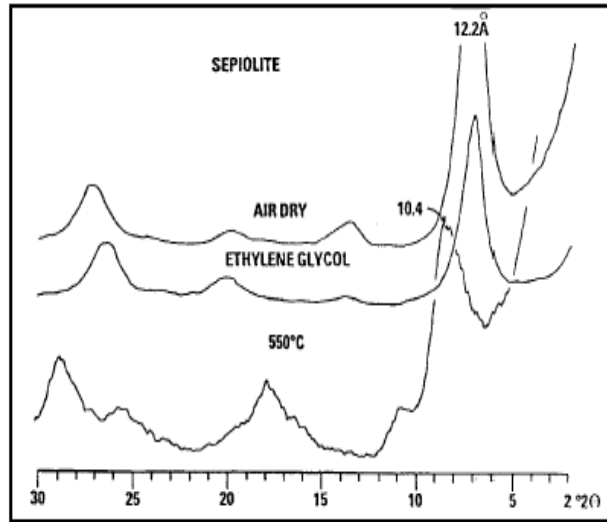
Fig III-6: Différents spectres de l'illite

Kaolinite : $\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$

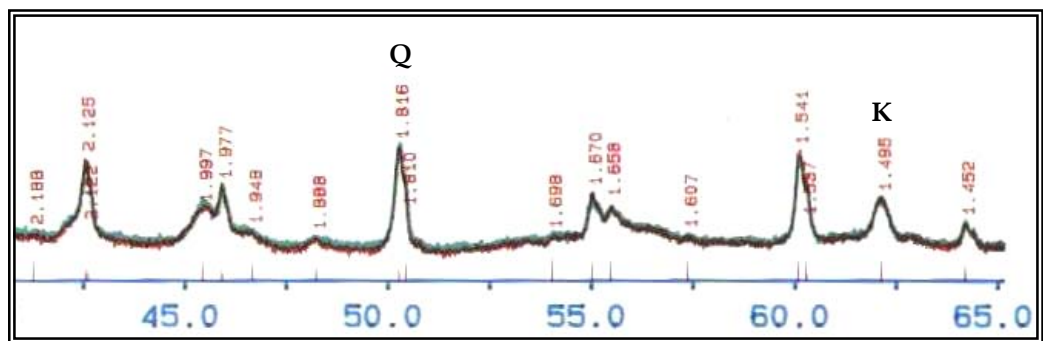
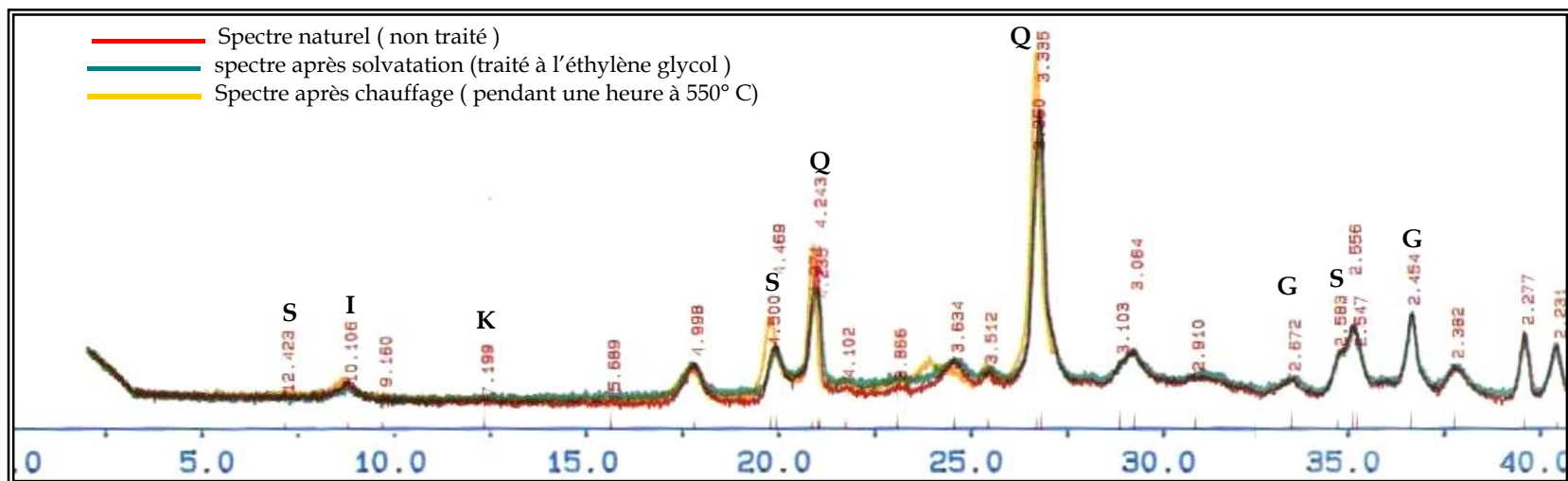
La présence de la kaolinite, révélée par les réflexions à 7.199 et 6.35 Å, est en très petite quantité.

Sépiolite : $\text{Mg}_4 \text{Si}_6 \text{O}_{15} (\text{OH})_2 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$

Les pics à 12.423, 4.500 et 2.583 pourraient indiquer la présence de sépiolite. Les réflexions à 12.423 et 2.583 sont peu importantes par contre la réflexion à 4.500 est amplifiée sur le spectre de l'échantillon chauffé. La (fig III-7) montre les effets des différents traitements sur les spectres de la sépiolite.



(Fig III-7): Différents spectres de la sépiolite



G : Goethite, I : Illite, K: Kaolinite, Q : Quartz, S: Sépiolite

Fig III-5 : Diffractogramme de l'échantillon IMA 03 de l'indice d'Imaziouène

II-3 Indice de Tiachèche

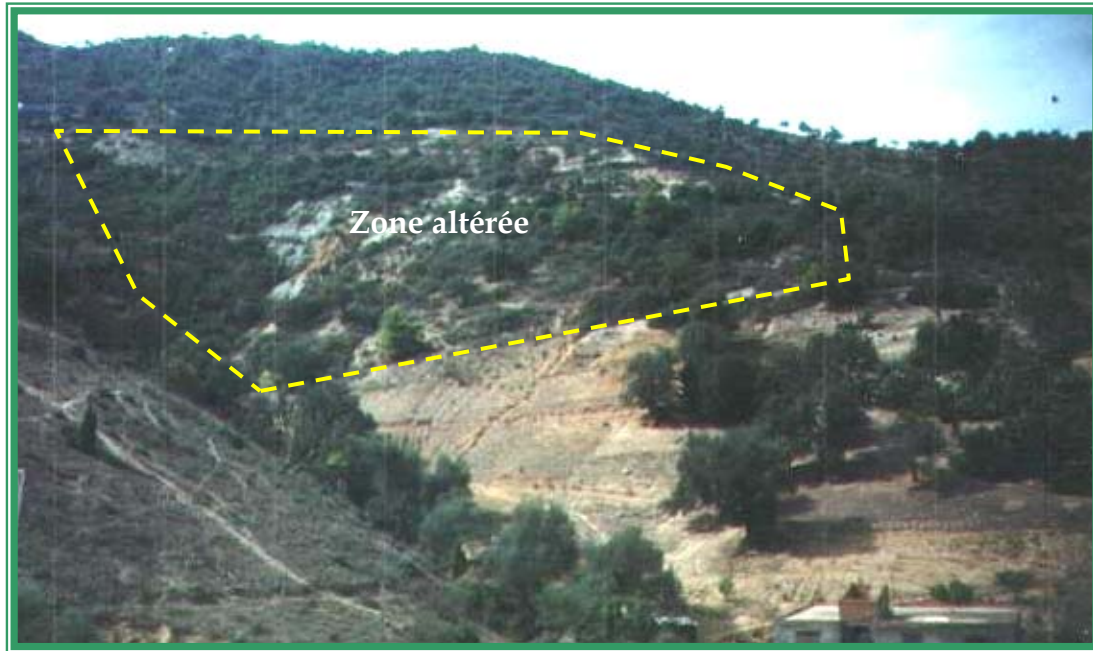


Fig III-8 : Indice de Tiachèche

II-3-1 Analyse chimique

| Echts | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | MnO | FeO | SO ₃ | PAF |
|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|------|-------|-----------------|------|
| IH 06 | 57.86 | 2.99 | 12.69 | 5.53 | 0.55 | 0.43 | 12.66 | 0.34 | 0.21 | <0.05 | <0.10 | 7.37 |
| IH 03 | 58.27 | 2.45 | 13.82 | 5.22 | 0.70 | 0.47 | 10.66 | 0.31 | 0.35 | <0.05 | <0.10 | 7.37 |

A l'instar de l'indice d'Imaziouène la teneur en Al₂O₃ est peu importante ce qui va à l'encontre de la néoformation de la kaolinite.

II-3-2 Analyse minéralogique :

L'échantillon passé aux rayons X a révélé comme le montre le diffractogramme de la (Fig : III-9) la présence des minéraux suivants :

Quartz, Goethite, illite, kaolinite et la calcite.

Quantitativement la Kaolinite et la goethite sont à l'état de trace uniquement.

Quartz : SiO₂

Les réflexions 3.341, 4.250, 1.818 Å, attestent de la présence du quartz et qui plus est en quantité assez importante.

Illite : $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4 O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$

Plusieurs réflexions attestent de la présence de l'illite dans l'échantillon notamment les réflexions 10.132, 4.502, 3.341, 2.56 avec la réflexion 3.341 du spectre de l'échantillon chauffé très amplifiée.

Kaolinite : $Al_2 Si_2 O_5 (OH)_4$

La kaolinite est présente à l'état de traces. Les réflexions qui lui sont dues sont 7.174, 3.264 et 1.502 Å.

Goethite : $FeO(OH)$

Les pics à 2.677 et 2.456 sont dus à la présence de la goethite.

Calcite : $CaCO_3$

Ce sont les réflexions à 3.030, 2.281 et 2.091 qui attestent de la présence de la calcite dans l'échantillon.

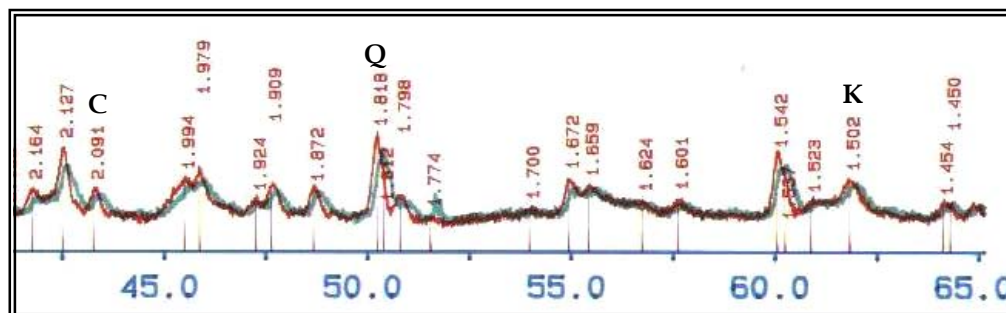
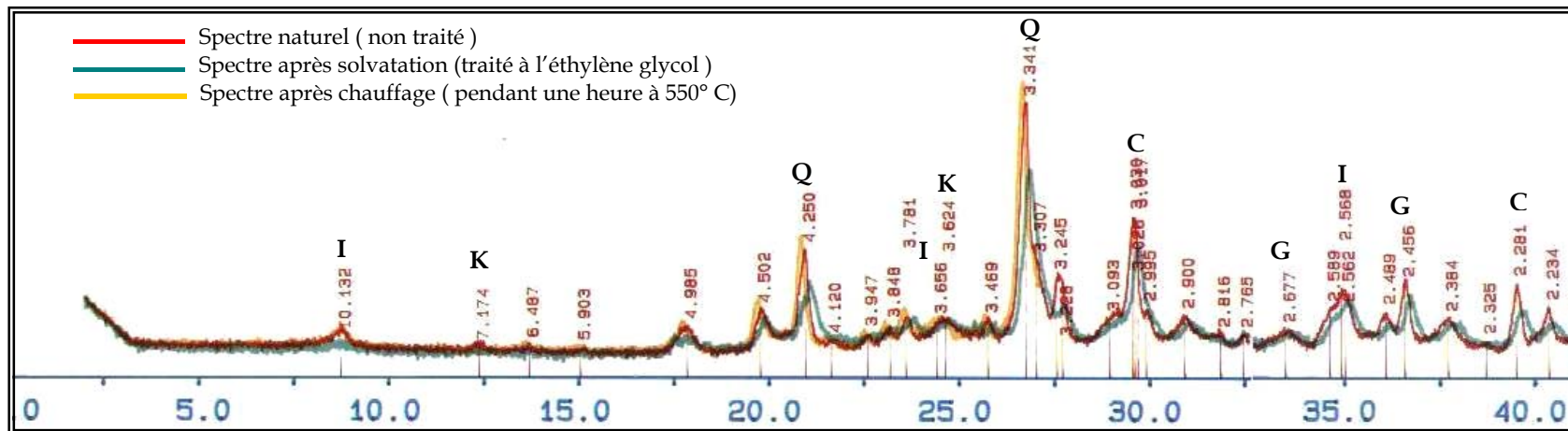


Fig III-9 : Diffractogramme de l'échantillon Ti 06 de l'indice de Tiachèche

III-4 Indice de Hkoum

III-4-1 Composition chimique :

| Echts | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | MnO | FeO | SO ₃ | PAF |
|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|------|-------|-----------------|------|
| IH 06 | 66.72 | 1.89 | 12.72 | 0.42 | 0.50 | 0.04 | 15.50 | 0.21 | 0.02 | <0.05 | 0.30 | 2.33 |
| IH 03 | 65.31 | 1.95 | 13.10 | 0.51 | 0.56 | 0.05 | 14.50 | 0.28 | 0.05 | <0.05 | 0.4 | 2.52 |

La composition chimique des échantillons de cet indice montre une faible teneur en Al₂O₃ et des teneurs en SiO₂ élevées ce qui révèle un état d'altération peu important donc une présence de kaolinite peu probable.

III-4-2 Composition minéralogique :

Le dépouillement du diffractogramme (Fig III-10) de l'échantillon passé au RX a montré la présence des minéraux suivants :

Le quartz, l'orthose, la goethite ainsi que des traces de kaolinite et d'illite.

Quartz : SiO₂

Voir sur le diffractogramme de la (fig III-10) les pics à 3.349, 4.365, 3.561 et 1.500 Å.

Orthose : KAlSi₃O₈

Le pic le plus caractéristique est à 3.794 Å

Illite : (K,H₃O)(Al,Mg,Fe)₂(Si,Al)₄ O₁₀[(OH)₂,(H₂O)]

Les pics de l'illite sur le diffractogramme sont à 10.173, 5.925, 2.528 Å.

Kaolinite : Al₂ Si₂ O₅ (OH)₄

Les pics de la kaolinite sur le diffractogramme sont à 7.196, 4.365, 3.561 Å.

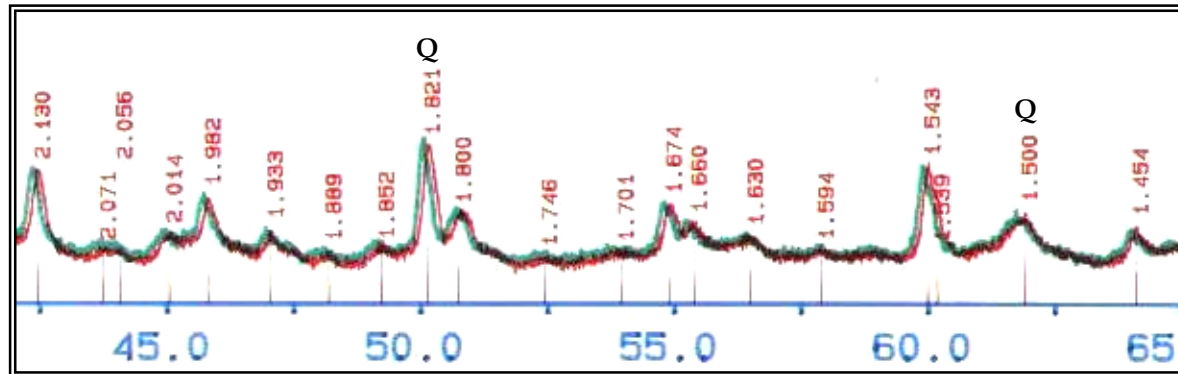
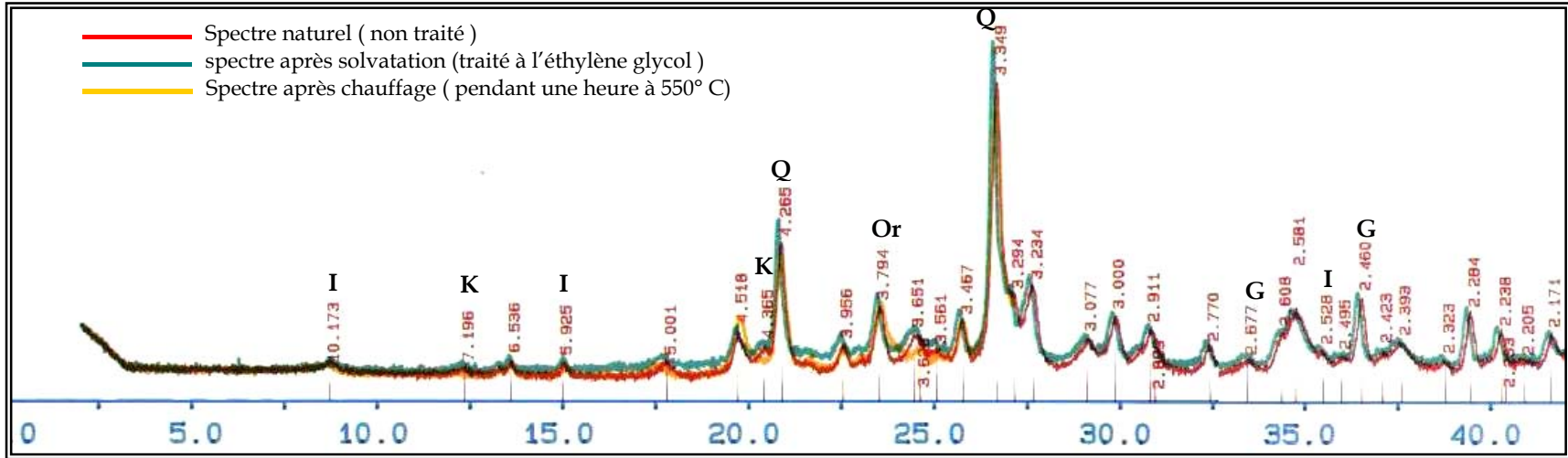
La hauteur des pics est peu importante ce qui veut dire que quantitativement la kaolinite est peu présente.

Goethite : FeO(OH)

Les pics à 2.677 et 2.456 sont dus à la présence de la goethite.

III-4-3 : Conclusion

Les diverses analyses effectuées sur les échantillons prélevés au niveau de trois zones altérées montrent une présence de kaolinite uniquement à l'état de traces ce qui nous permet de dire que toute zone d'altération blanchâtre n'est pas forcément kaolinisée.



G: Goethite, I: Illite, K: Kaolinite, Or: Orthose, Q: Quartz

Fig III-10 : Diffractogramme de l'échantillon HK 04 de l'indice de Hkoum

CHAPITRE IV
LES MINÉRALISATIONS
LE GISEMENT

Le gisement de Tahalim

IV- Le pluton de Timenachine

IV-1 Introduction :

Le pluton de Timenachine constitue de par la surface qu'il occupe le plus important des sept plutons répertoriés dans le massif de Oued Amizour. Il couvre à lui tout seul une superficie de 25 km² ce qui constitue à peu de chose près le quart de la superficie couverte par l'ensemble du massif.

Situé à la périphérie nord orientale du massif, sa limite septentrionale est soulignée par une grande faille qui longe le littoral et la route nationale (RN 09) qui relie Sétif à Bejaïa.

Le pluton est recouvert par une végétation très dense et seuls les oueds qui le traversent du nord au sud rendent possible l'accès à ce pluton.

Les différents terrains qui cernent ce pluton sont constitués par :

- Le quaternaire au nord.
- Les flyschs massyliens et numidiens à l'est et au sud.
- Les formations volcaniques à l'ouest.

IV-2 Pétrographie :

Sur le plan pétrographique B. SEMROUD (1981) a décrit trois types de faciès répartis de la périphérie vers le cœur du pluton comme suit :

1. Les faciès de bordure constitués par :
 - Des granodiorites à biotite et cpx de la bordure nord du pluton.
 - Des granodiorite à opx et cpx ainsi que des microgranodiorites de la bordure sud du pluton.
2. Les faciès au cœur du massif constitué par :
 - Des quartz monzonite à amphibole et biotite.
 - Des quartz monzonite à amphibole uniquement.
3. Le faciès de passage entre les précédents, constitué par :
 - Des granophyres à plagioclase et biotite.
 - Des micropegmatites.

Si les faciès de bordure sont répartis sur plusieurs kilomètres de long avec une épaisseur d'une centaine de mètres, les faciès de passage quant à eux ne dépassent

guère la dizaine de centimètres et tout le reste du massif est occupé par des quartz monzonite.

En plus de ces faciès qui constituent l'essentiel du massif on note la présence au sein des quartz monzonite d'enclaves de roches sédimentaires et de roches éruptives ainsi que des filons aplitiques de quelques centimètres qui les recourent.

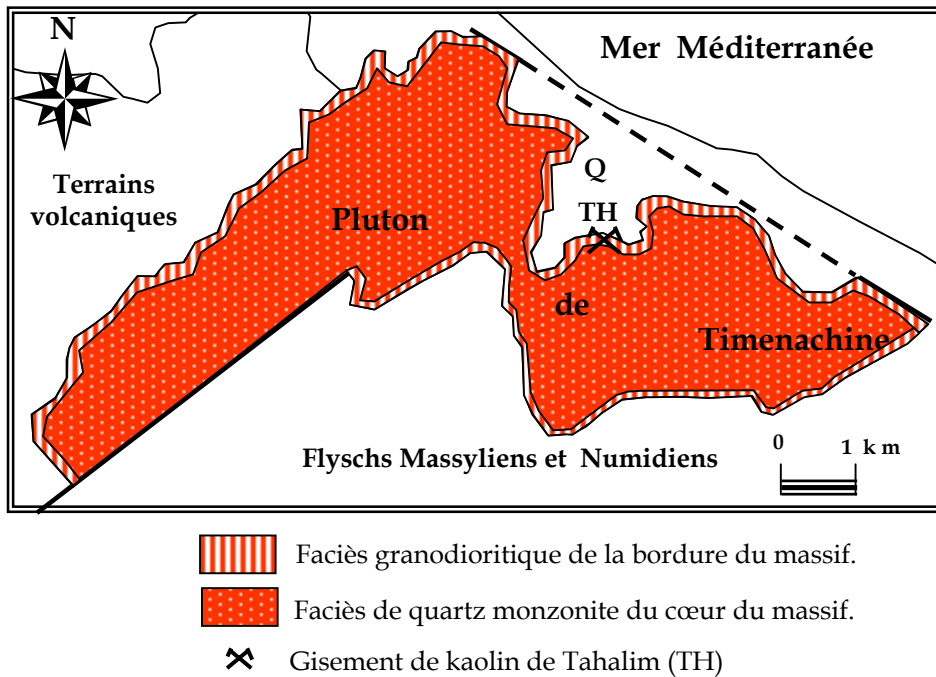


Fig IV-1 : Carte de répartition des faciès du pluton de Timenachine

IV-3 Tectonique :

Le pluton de Timenachine a subi une fracturation importante représentée par des failles et un réseau de diaclases.

IV-3-1 Les failles : on distingue

- Des failles plurikilométriques (Fig IV-1) surtout en bordure du pluton avec notamment une faille NW-SE qui limite le pluton au NE et une faille NE-SW qui le limite au SW.

- Des failles précoces qui ont permis la mise en place des différents filons au sein des roches du pluton.

- Des failles de moindre importance au sein du massif lui-même dont certaines d'entre elles ont servi de drain aux solutions hydrothermales qui sont à l'origine de

l'altération des différentes roches du pluton et parfois même des roches sédimentaires des flyschs qui sont au contact de ce pluton.

IV-3-2 Les diaclases :

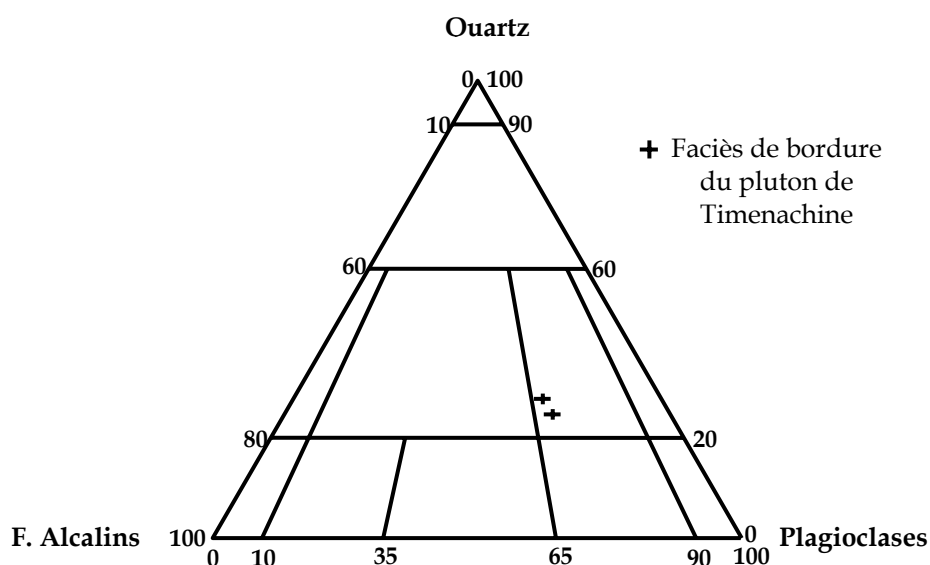
Le pluton de Timénachine est recoupé par un réseau de diaclases verticales et sans aucun rejet.

IV-4 Le gisement de Tahalim

Le gisement de kaolin de Tahalim est localisé dans les granodiorites de la bordure septentrionale du massif de Timenachine.

Cette granodiorite est de couleur grisâtre lorsque la roche est fraîche et plutôt rosâtre lorsque celle-ci est altérée. A l'œil nu elle est finement grenue avec des phénocristaux de plagioclases, d'orthose ainsi que de la biotite en très fines lamelles. L'étude de lames minces au microscope de ces roches nous a permis de :

- Déterminer en faisant le comptage des différentes espèces minérales qui les constituent la nature de ces roches en utilisant le diagramme de Streckeisen.
- De déterminer les paragenèses primaires et secondaires et d'établir les rapports spatio-temporels entre les différentes espèces minérales ainsi que leur succession lors du processus de formation. Concernant la paragenèse secondaire essentiellement constituée par des minéraux d'altération on s'est contenté d'établir seulement l'inventaire des minéraux qui la constituent car les rapports entre les différentes espèces ne sont pas toujours évidents.



FigIV-2: Diagramme de Streckeisen

Le comptage des minéraux de quartz, de plagioclases et de feldspaths potassiques sur deux lames minces réalisées dans le faciès de bordure du pluton de Timenachine a donné les pourcentages suivants

Echantillon TH 09 : Quartz 32%, plagioclase : 46%, feldspath potassique : 22%

Echantillon TH 12 : Quartz 26%, plagioclase : 50%, feldspath potassique : 24%

La projection de ces pourcentages sur le diagramme (fig IV-2) de Streckeisen montre bien que ces faciès de bordure sont des granodiorites

IV-4-1 La paragenèse primaire :

Les minéraux qui constituent la paragenèse primaire sont par ordre d'apparition les pyroxènes, les plagioclases, la biotite et enfin le quartz et l'orthose. Les minéraux accessoires sont le sphène, l'apatite, la magnétite.

- **Les minéraux cardinaux :**

Clinopyroxène : Se présente soit en sections allongées avec des bords peu nets et un seul plan de clivage ou en sections octogonales et deux plans de clivage sub-orthogonaux et frustes. Les sections sont peu colorées avec un pléochroïsme peu net. La nature de ces pyroxènes est difficile à établir à partir des observations microscopiques uniquement. SEMROUD (1981) a signalé une transformation de ces clinopyroxènes en amphiboles au cours même du processus de cristallisation. La proportion des clinopyroxènes semble assez faible.

Plagioclase : Les plagioclases prédominent nettement dans la roche avec une proportion qui peut atteindre jusqu'à 68% des minéraux qui la constituent soit en cristaux isolés ou en agrégats de cristaux, ils se présentent en phénocristaux automorphes à sub-automorphes souvent maclés (macle polysynthétique) et des tailles qui peuvent atteindre 2 à 3 mm. Souvent altérés, il ne subsiste parfois que des fantômes entièrement remplacés par des minéraux argileux associés parfois à de la calcite.

Biotite : Comme pour le quartz la proportion de la biotite est plutôt faible, elle se présente en cristaux de petites tailles qui atteignent rarement le millimètre sous forme de paillettes sub-automorphes, allongées de couleur verdâtre parfois altérées en chlorite, certaines sections montrent que cette altération commence sur les bords

pour gagner ensuite le cœur du minéral. Sur certaines plages on note la présence de minéraux opaques soulignant les plans de clivage.

Quartz : Le quartz est peu abondant, il se présente en cristaux de taille généralement inférieure à 1 millimètre. Au microscope on observe sur certains cristaux une extinction roulante preuve des contraintes subies.

Orthose : En proportion inférieure à celle des plagioclases, il se présente le plus souvent en cristaux isolés qui peuvent parfois atteindre jusqu'à 1 cm. Les macles sont rares et comme pour les plagioclases ces cristaux sont souvent altérés. Parfois en rapport étroit avec le quartz avec lequel il forme des associations graphiques ce qui indique une cristallisation synchrone des deux espèces.

- **Les minéraux accessoires :**

Apatite : Sa répartition en inclusions dans pratiquement toutes les autres espèces minérales de la roche montrent qu'elle a cristallisé en premier. Ces inclusions se présentent en petites sections montrant des teintes bleutées et des formes plus ou moins allongées avec des bords nets dont le fort relief les met plus en évidence par rapports aux minéraux hôtes.

Zircon : En sections allongées plus ou moins rectangulaires et un fort relief, il se distingue aisément par ces teintes de biréfringence assez vives en comparaison de celle des feldspaths dans lesquels on le trouve souvent en inclusions.

IV-4-2 La deuxième paragénèse :

Sur l'ensemble du massif la transformation des minéraux primaires par des phénomènes d'altération essentiellement hydrothermale a été importante donnant naissance à divers minéraux selon les différentes espèces minérales altérées. Parmi ces transformations les plus importantes observées dans le pluton de Timenachine sont :

- La kaolinisation des feldspaths.
- La chloritisation des biotites à laquelle est probablement associée la libération du fer qui a recristallisé sous forme de goethite en remplissage de petits filonnets et autres cavités de la roche.
- Associé à tous les minéraux néoformés par ces divers phénomènes d'altération on observe souvent la présence de la calcite.

Le tableau de la (FigIV-3) montre les différentes paragénèses et la succession des espèces minérales lors du processus de formation de la roche.

IV-4-3 Paragénèses et successions des granodiorites de Timenachine












| Paragé | Succession | |
|-------------------------------------|---|---|
| <u>Paragenèse primaire</u> | | |
| Apatite..... |  | |
| Zircon..... |  | |
| Clinopyroxène..... |  | |
| Plagioclase..... |  | |
| Biotite..... |  | |
| Orthose..... |  | |
| Quartz..... |  | |
| <u>Paragenèse secondaire</u> | | |
| Kaolinite..... | |  |
| Chlorite..... | |  |
| Calcite..... | |  |
| Goethite..... | |  |

Fig IV-3 Paragénèses et successions



Fig IV-4a

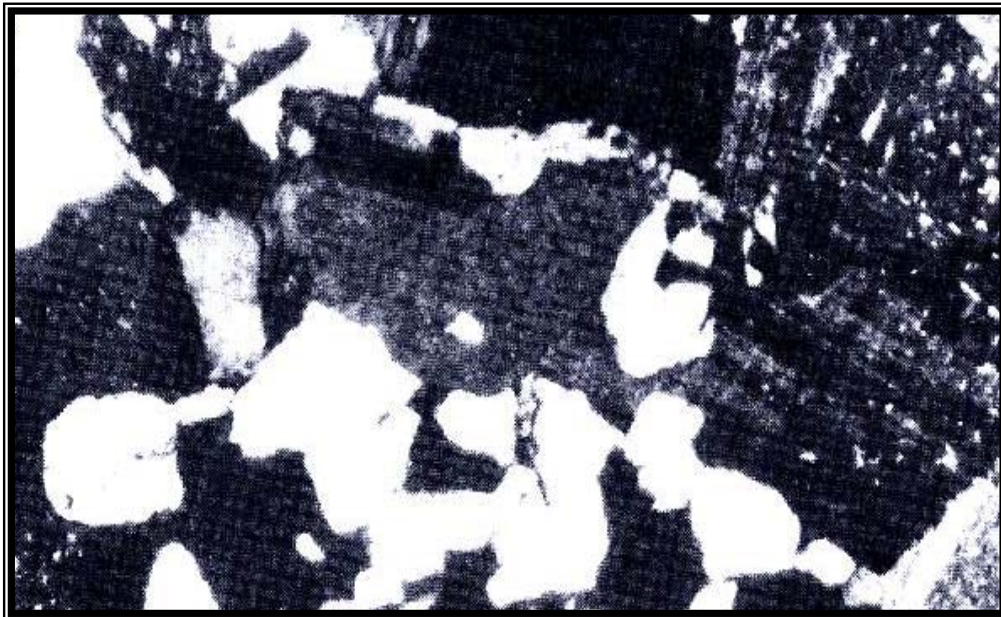


Fig IV-4b

Fig IV-4 a et b : granodiorite de Timenachine à orthose, biotite,
clinopyroxène et plagioclase L.P x 10

IV-5 Présentation du gisement :

Le gisement de kaolin de Tahalim est situé dans le pluton de Timenachine à 4 ou 5 kilomètres à vol d'oiseau de la route nationale (RN 09) qui relie Sétif à Béjaïa. Comme le couvert végétal, constitué essentiellement de maquis, est très dense et les pentes très raides il est préférable de suivre la route qui longe le djebel Tazoumbaït sur son flanc ouest et qui passe par le village de Maghra sur une dizaine de kilomètres et prendre ensuite une piste carrossable sur 4 kilomètres qui semble avoir été réalisée à flanc de montagne uniquement pour accéder au gisement. Le site surplombe une superbe vallée très verdoyante qui accède jusqu'à la mer qu'on peut voir d'en haut.



Fig IV- 5 : Vue d'ensemble du front de taille du gisement

Le front de taille du gisement de Tahalim est allongé d'est en ouest sur une soixantaine de mètres de long et une dizaine de mètres de haut. Beaucoup de couleurs traduisant le degré d'altération de la roche sont visibles tout au long du front de taille allant du rouge brique, brun foncé, rose clair à blanchâtre. Au dessus de ce front de taille on note la présence d'une carapace de roche terrigènes rougêâtres de quelques décimètres d'épaisseur constituée d'oxydes et hydroxydes de fer essentiellement. En dessous de cette carapace les roches sont d'autant plus friables que leur état d'altération est prononcé, pour les roches les moins altérées on peut

reconnaître certains minéraux comme les feldspaths et de rares micas, la masse rocheuse est parcourue par des zébrures constituées de filons et filonnets d'hydroxydes de fer noirâtres, rouge foncé et orangé (Fig IV-6).



Fig IV-6 : Bloc de roche altéré recoupé par des filons et filonnets d'hydroxydes de fer.

L'observation attentive de ce front de taille montre par endroit la présence d'enclaves de forme lenticulaire ou ovoïde (Fig IV-7) de couleur plus sombres que leur encaissant et de quelques décimètres d'envergure. Ces enclaves sont constituées de roches de nature éruptive finement cristallisées qui n'ont apparemment pas été altérées.



Fig IV-7 : Enclaves au sein des granodiorites

V- Les altérations

Après la mise en place des roches plutoniques et volcaniques qui constituent le massif de Oued Amizour, ces dernières ont été soumises à des phénomènes d'altération qui les ont transformées de diverses manières et à des degrés divers. Ces altérations sont dues soit à des eaux de surfaces dites météoriques, soit à des eaux chaudes venant des profondeurs.

V-1 Altération météorique : Cette altération aboutit souvent à la destruction de l'édifice rocheux plus qu'à un remplacement des minéraux qui le constituent par d'autres espèces minérales. Dans le massif de Oued Amizour cette altération superficielle des roches se traduit essentiellement par un ameublissement du substratum rocheux en lui octroyant un débit en boule qui peut donner lieu à une arène. Ces zones altérées sont généralement caractérisées par une coloration ocre.

V-2 Altération hydrothermale : Les altérations hydrothermales sont un métasomatisme chimique qui résulte d'un déséquilibre chimique entre la roche encaissante et le fluide hydrothermal. La chaleur des fluides chauds peut provenir du refroidissement d'une large masse intrusive. On observe deux types extrêmes d'altération:

1. Une altération généralement d'extension locale et discordante qui est canalisée et contrôlée par une porosité de fracture.
2. Une altération souvent d'extension régionale qui peut être discordante ou concordante qui est due à la perméabilité de la roche encaissante. Ce type d'altération est dit pervasif.

Dans le massif de Oued Amizour cette altération hydrothermale donne lieu à la transformation de plusieurs espèces minérales et à la néoformation de nouvelles espèces.

Les minéraux les plus fréquemment transformés sont les feldspaths potassiques, les plagioclases, la biotite, les pyroxènes autant les clinopyroxènes que les orthopyroxènes et les amphiboles.

Les minéraux néoformés sont la chlorite, l'épidote, la tourmaline, la calcite, le quartz, la séricite, la kaolinite, la scapolite, la prehnite, le sphène et comme minéraux opaques le plus abondant est sans aucun doute la pyrite.

Chlorite : due à l'altération de la biotite, des amphiboles, des pyroxènes et parfois même des plagioclases. Dans certains minéraux altérés comme les amphiboles cette chlorite est parfois associée à de la calcite et même à du sphène.

Epidote : Elle se présente soit comme produit d'altération, souvent des feldspaths et parfois de la biotite, soit plus abondamment comme remplissage de petites géodes ou de petits filonnets ou elle est souvent associée à de la pyrite et du quartz.

Tourmaline : Généralement de couleur noire, la tourmaline se présente soit en nodules pouvant atteindre jusqu'à 20 centimètres soit en filons et filonnets ou elle est parfois associée à du quartz bipyramidé et/ou à de la pyrite. Par endroit sous forme de sphérolites elle tapisse les parois de diaclases en association avec du quartz de l'épidote et de la pyrite.

Kaolinite : Beaucoup de zones d'altération, dans les roches plutoniques et /ou volcaniques présentant une coloration blanchâtre, ont été qualifiées par divers auteurs ayant travaillé dans ce massif de Oued Amizour de zones kaolinisées mais les analyses effectuées sur des échantillons prélevés dans certaines d'entre elles ont montré que ce n'est pas toujours le cas. Seules les granodiorites de la bordure septentrionale du pluton de Timenachine sont effectivement kaolinisées essentiellement par altération des plagioclases.

Prehnite¹ : Seul les plagioclases des granodiorites du pluton de Takerouit Ou Medjour sont transformés en prehnite (Semroud 1981).

Scapolite² : dans les quartz monzonites du pluton de Tizi Ouchène des plages de plagioclases ont été transformées en scapolite qui se présente en baguettes prismatiques allongées.

¹ La prehnite Phyllosilicate $\text{Ca}_2\text{Al}_2 [\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Elle doit son nom au colonel hollandais H. von Prehn qui la rapporta en 1783 du cap de Bonne-Espérance (Afrique du Sud); on la prit alors, selon les variations de vert qu'elle présente, soit pour une émeraude, la dénomination «émeraude du Cap» est toujours employée, soit pour un péridot («olivine du Cap»).

² Scapolite (lat scapus tige et du grec lithos pierre) . syn Wernérite tectosilicate formant une série isomorphe de la Marialite $(\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{CO}_3) \text{Na}_8 [\text{Si}_3 \text{Al} \text{O}_8]_6$ à la Méionite $(\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{CO}_3)_2 \text{Ca}_8 [\text{Si}_2 \text{Al}_2 \text{O}_8]_6$

Séricite : C'est surtout les plagioclases qui sont séricitisés, lorsque ces derniers sont zonés ils montrent des cristaux sous forme de fines paillettes au cœur et le pourtour constitué par de l'albite est plus limpide. En plus des plagioclases même les pyroxènes sont par endroit transformés en produits phyllitiques.

V-3 Classification des altérations :

En se référant à la classification des types d'altération établie en 1967 par Meyer et Hemley à partir des associations des minéraux néoformés on peut déduire que les roches plutoniques ont subi par ordre de température décroissant :

- Une altération séricitique exprimée par la présence de séricite souvent associée à de la pyrite et du quartz,
- Une altération propylitique
 1. Chloritisation : caractérisée par la présence essentielle de la chlorite associée à du quartz et de la pyrite
 2. carbonatation : essentiellement représentée par de la calcite.
- Une altération argileuse faible : dont le minéral le plus important est la kaolinite.
- Outre ces altérations on peut citer la tourmalinisation assez bien exprimée sur l'ensemble des roches plutoniques.

V-4 Conclusion :

L'inventaire des minéraux d'altération ainsi établi concerne ceux rencontrés ou décrits dans les roches plutoniques uniquement et nous ne lui octroyons aucune prétention d'exhaustivité. Cependant même si ce travail est partiel il nous permet de tirer quelques conclusions sur les altérations qui ont affecté les roches du massif.

Ces phénomènes d'altération :

- Sont pour l'essentiel de type canalisé même si K. Graïne (1997) a décrit dans les roches volcaniques une altération séricitique pervasive.
- Sont généralisés à l'ensemble du massif.
- Sont à l'origine de quelques minéralisations dont le kaolin de Tahalim.

Fig IV- 8

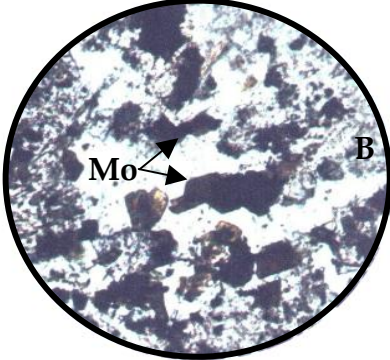
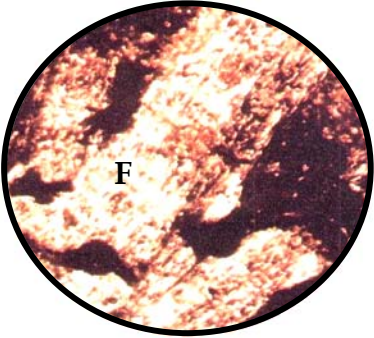
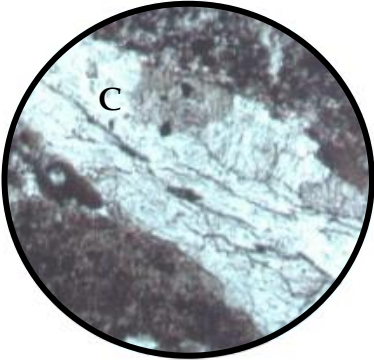
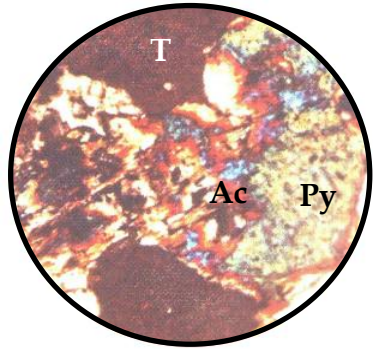
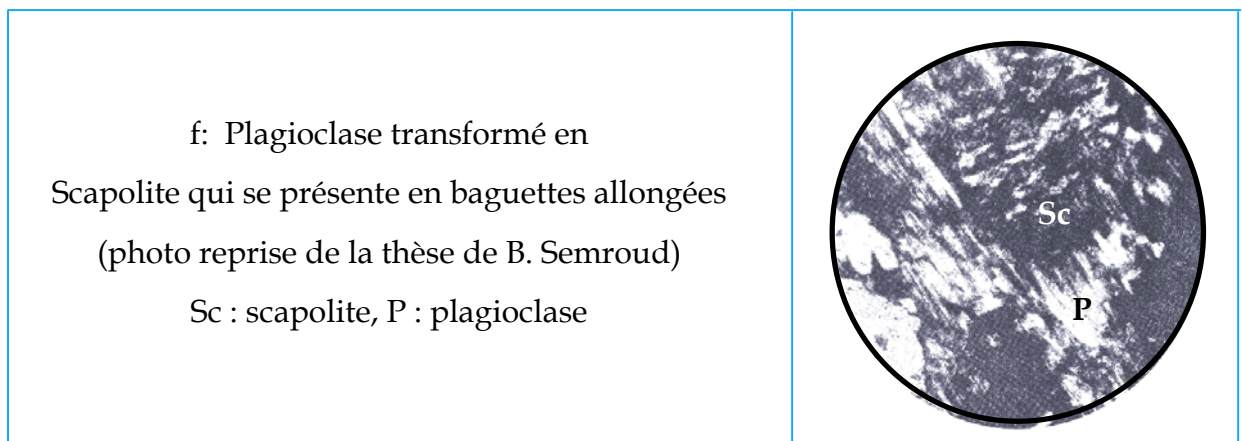
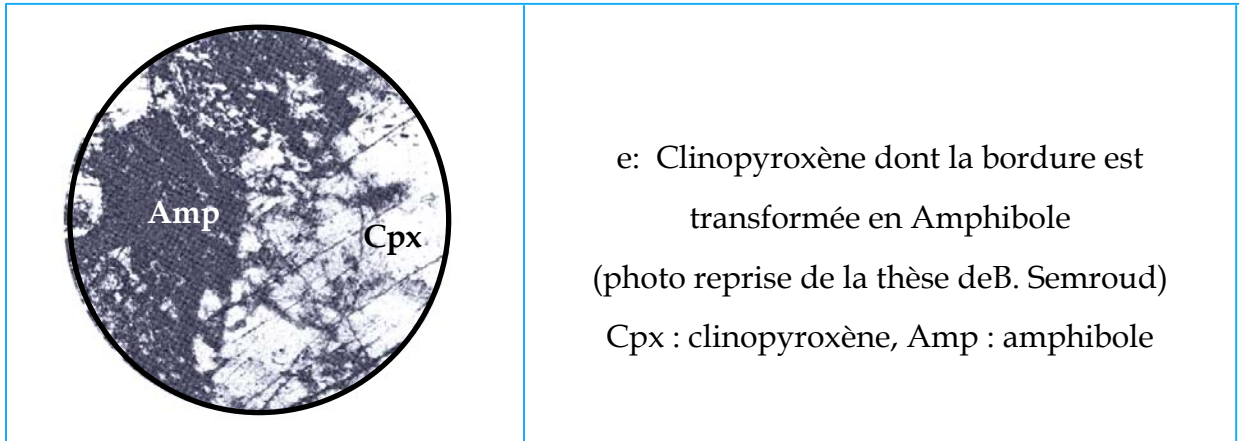
| | |
|--|---|
|  <p>Mo</p> <p>B</p> | <p>a : Biotite altérée en chlorite avec présence de minéraux opaques. L.P x 10 Mo : minéraux opaques, B : Biotite</p> |
| <p>b: Feldspath altéré L.P x 10 F: feldspath altéré</p> |  <p>F</p> |
|  <p>C</p> | <p>c : Feldspath altéré traversé par une veinule de calcite L.P x 10 C: calcite, F: feldspath altéré.</p> |
| <p>d : Pyroxène remplacé par l'actinote, présence de tourmaline L.P x 10 Ac : actinote, Py : pyroxène, T: tourmaline</p> |  <p>T</p> <p>Ac</p> <p>Py</p> |

Fig IV-8



VI- Géochimie

VI-1 Composition minéralogique :

La détermination par diffraction de rayons X des minéraux constituant les échantillons prélevés au niveau du gisement de Tahalim a permis de mettre en évidence les minéraux suivants :

- Les minéraux argileux : Kaolinite, Illite,
- La goethite comme minéral d'oxydation.
- Le quartz

Kaolinite : $\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$

Elle est représentée par plusieurs pics facilement repérables sur le diffractogramme de la fig IV-9 qui montre les spectres superposés de l'échantillon naturel, celui du même échantillon traité à l'éthylène glycol ainsi que celui de l'échantillon soumis à un chauffage à 550° C pendant une heure.

La plage angulaire du spectre de l'échantillon soumis au chauffage est moins large que celle des deux autres spectres et c'est pour cette raison qu'il paraît plus court.

Le traitement à l'éthylène glycol n'a aucun effet sur les pics qui représentent la kaolinite par contre le chauffage détruit la kaolinite et induit ainsi une disparition des pics sur le spectre correspondant (en jaune sur le diffractogramme).

Les réflexions qui disparaissent au chauffage sont représentées par les pics :

7.165, 4.374, 4.185 et 3.588 Å

Par comparaison avec des diffractogrammes réalisés par divers auteurs dans les mêmes conditions opératoires on peut également attribuer à la kaolinite les réflexions représentées par les pics à 2.571, 2.496, 2.344 et 2.283 Å.

La hauteur relative des pics montre que la teneur en kaolinite de l'échantillon est importante. Au microscope la kaolinite est crypto-cristalline.

Illite : $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$

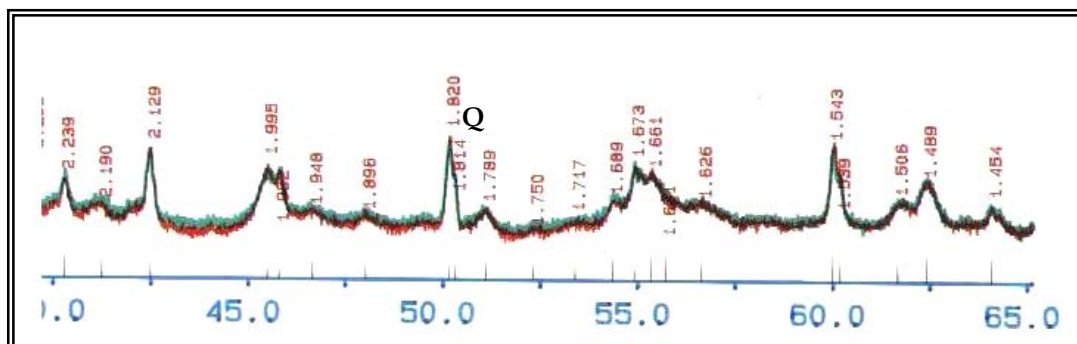
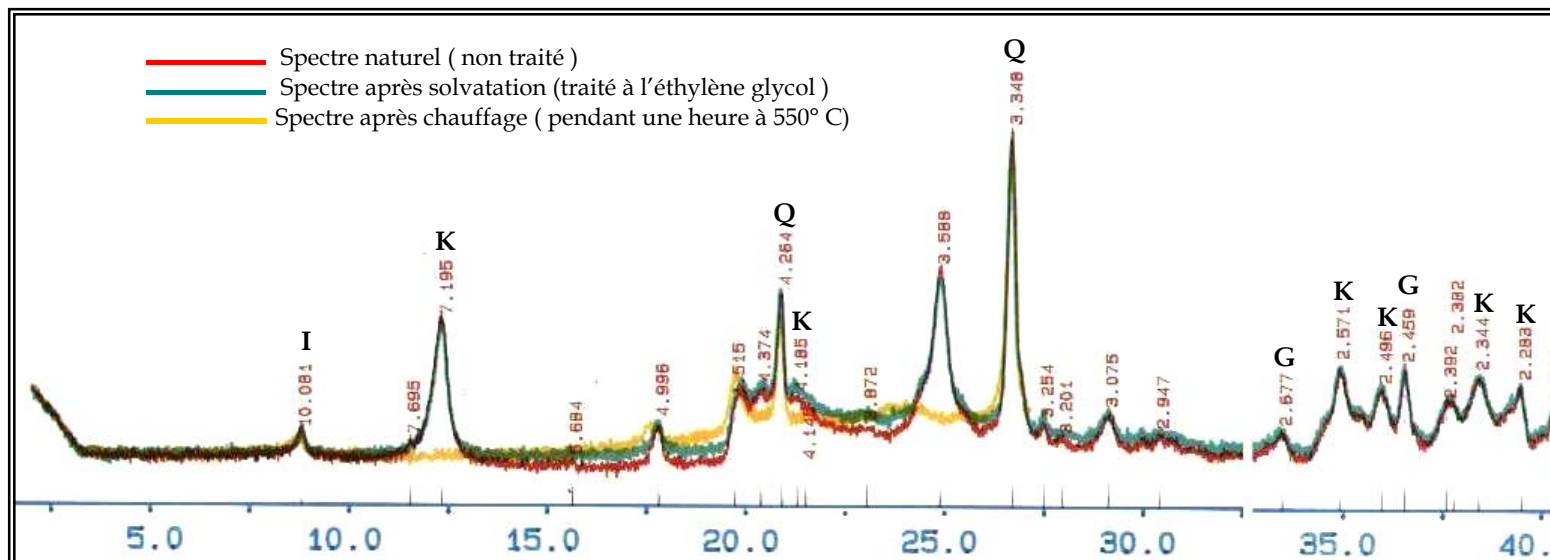
La seule réflexion imputable à la présence de l'illite est représentée par le pic à 10.081Å dont la hauteur très petite indique que la teneur en illite de l'échantillon est très faible voir même à l'état de trace.

Quartz : SiO₂

Les réflexions dues à la présence de quartz sont représentées par les pics à 3.348, 4.264, 1.820 Å. La hauteur relative de ces pics plus élevée par rapport à tous les autres indiquent que la présence du quartz dans l'échantillon est la plus importante. L'observation au microscope montre que ce quartz bien cristallisé est d'origine primaire et non du à des recristallisations de silice durant le processus d'altération.

Goethite : FeO (OH)

La goethite est représentée par les réflexions 2.677 et 2.459 Å. La hauteur des pics est relativement petite ce qui laisse supposer que la teneur en goethite est peu importante ce qui est vrai mais seulement concernant cet échantillon qui a été prélevé dans une zone peu riche en hydroxydes de fer. Sur l'ensemble du gisement les teneurs en goethite sont très importantes.



G : Goethite, I : Illite, K : Kaolinite, Q : Quartz

Fig IV-9 : Diffractogramme de l'échantillon TH 03 du gisement de Tahalim

VI-2 Les analyses chimiques

Une dizaine d'analyses chimiques par voie humide a été effectuée à la fois sur des roches saines et sur des roches altérées comme le montrent les tableaux 1 et 2 ci-dessous et les teneurs obtenues ont été comparées pour les différents oxydes comme le montre les différents graphes qui suivent.

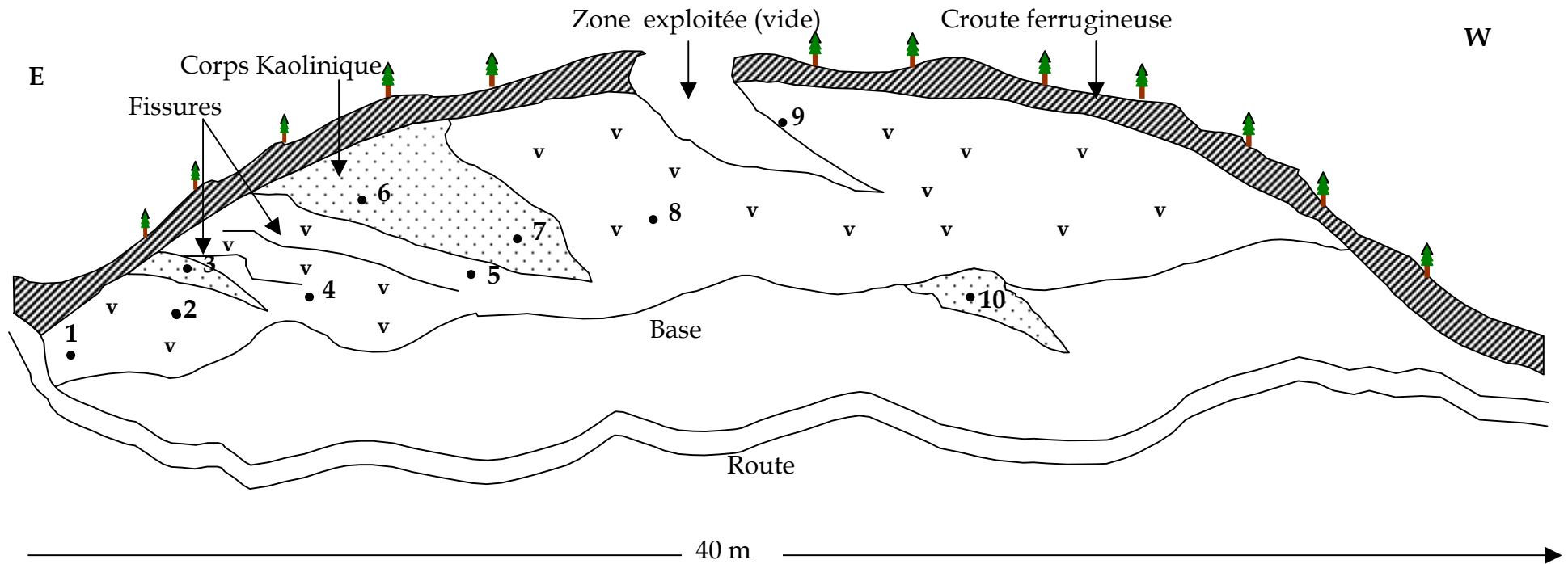
Tableau 1 : Résultats d'analyses d'échantillons de roches altérées

| Oxydes/Ech | Teneurs (%) | | | | |
|--------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | TH3 | TH6 | TH7 | TH9 | TH10 |
| SiO ₂ | 56,59 | 55,24 | 56,69 | 57,29 | 56,02 |
| Fe ₂ O ₃ | 4,47 | 4,32 | 4,02 | 3,98 | 4,25 |
| Al ₂ O ₃ | 23,13 | 23,51 | 23,1 | 22,92 | 23,62 |
| CaO | 0,49 | 0,41 | 0,42 | 0,53 | 0,48 |
| MgO | 0,6 | 0,56 | 0,6 | 0,72 | 0,7 |
| Na ₂ O | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,07 | 0,05 |
| K ₂ O | 3,97 | 3,82 | 3,9 | 3,85 | 3,96 |
| TiO ₂ | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| MnO | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| FeO | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| SO ₃ | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Paf | 9,69 | 11,2 | 10,32 | 9,82 | 10,01 |

Tableau 2 : Résultats d'analyses d'échantillons de roches saines

| Oxydes/ Ech | Teneurs (%) | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | TH1 | TH2 | TH4 | TH5 | TH8 |
| SiO ₂ | 64,52 | 64,92 | 67,36 | 66,62 | 64,12 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,18 | 1,9 | 2,09 | 3,42 | 3,35 |
| Al ₂ O ₃ | 15,52 | 15,78 | 15,9 | 16,2 | 14,71 |
| CaO | 3,82 | 3,92 | 2,68 | 2,82 | 3,22 |
| MgO | 2,38 | 2,91 | 1,08 | 1,08 | 2,85 |
| Na ₂ O | 3,9 | 3,42 | 4,5 | 1,85 | 3,13 |
| K ₂ O | 3,67 | 3,38 | 3,45 | 3,71 | 3,07 |
| TiO ₂ | 0,42 | 0,39 | 1,71 | 0,04 | 0,3 |
| MnO | 0,06 | 0,1 | 0,04 | 0,05 | 0,03 |
| FeO | 2,11 | 1,7 | 1,08 | 0,95 | 1,64 |
| SO ₃ | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Paf | 2,3 | 1,4 | 0,05 | 3,5 | 3,5 |

Plan d'échantillonnage au niveau de la carrière de Tahalim



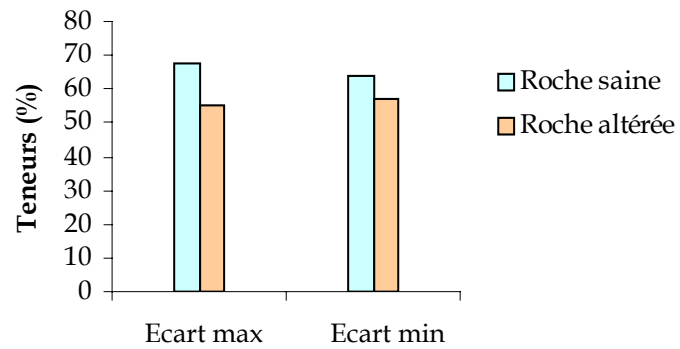
Echantillons

TH1, TH2, TH4, TH5 et TH8: échantillons de roches saines.

TH 3, TH6, TH7, TH9 et TH10: échantillons prélevés dans les corps kaolinisés.

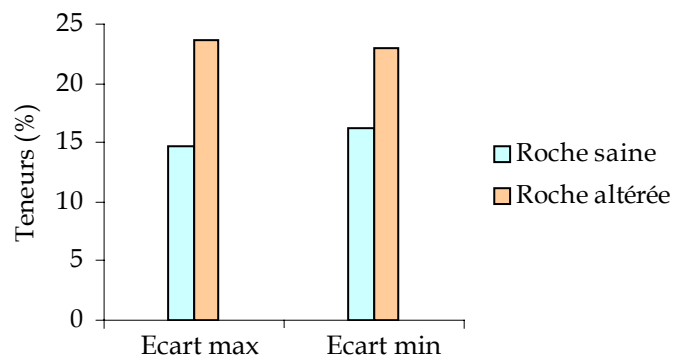
VI-3 Comparaison des teneurs en différents oxydes :

- SiO₂ :



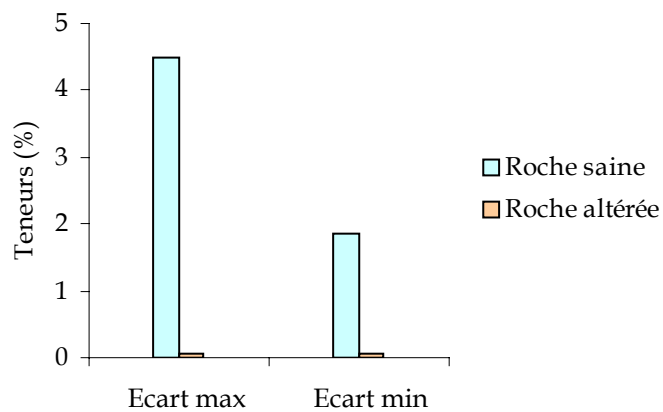
Diminution de 11 à 18% de SiO₂

- Al₂O₃ :



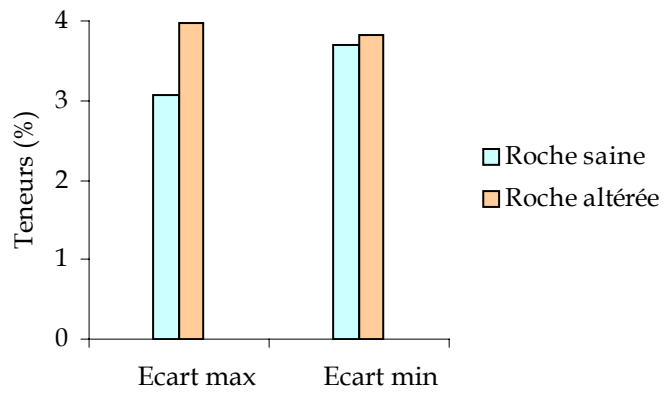
Augmentation de 33 à 38% de Al₂O₃

- Na₂O :



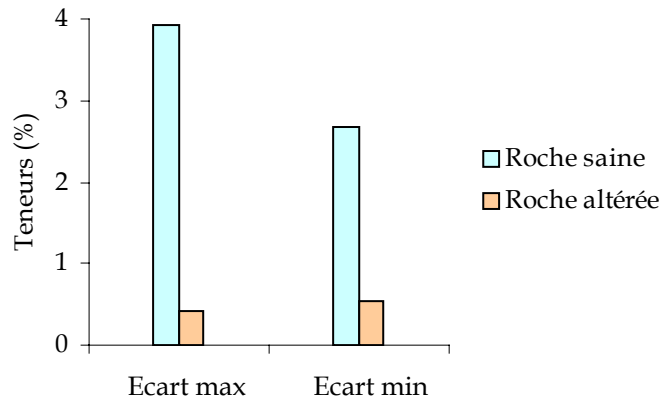
Diminution de 96 à 99% de Na₂O

- K₂O :



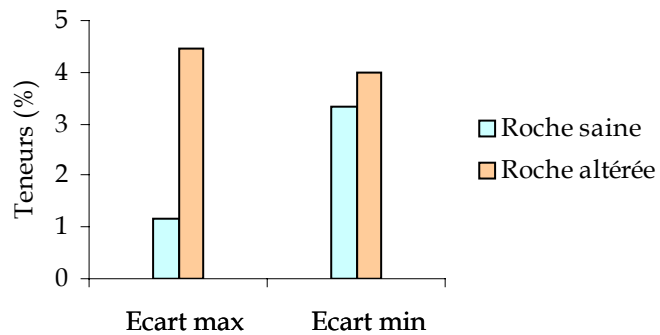
Augmentation de 3 à 23% de K₂O

- CaO :



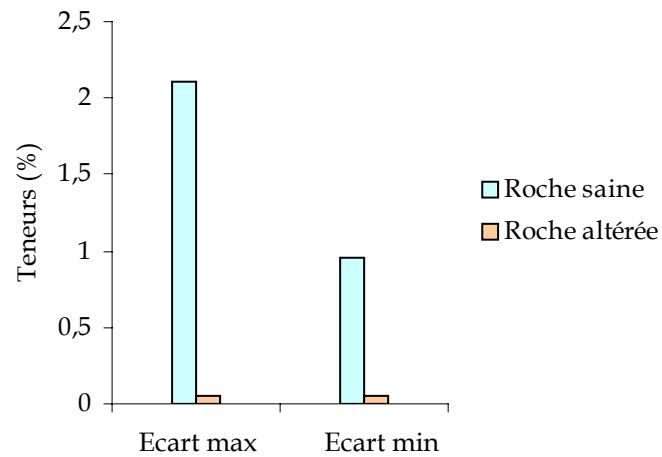
Diminution de 80 à 89 % de CaO

- Fe₂O₃ :



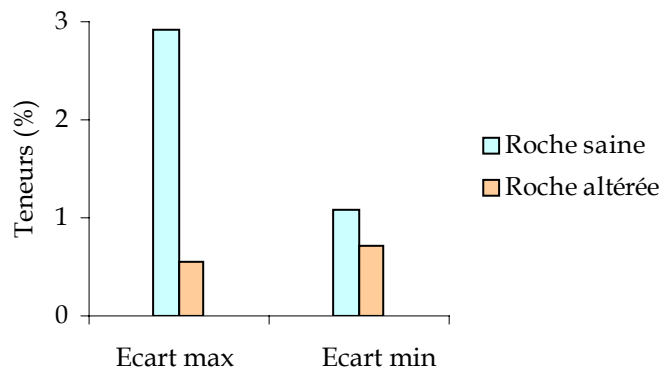
Augmentation de 16 à 74% de Fe₂ O₃

- FeO :



Diminution de 94 à 97 % de Fe O

- MgO :



Diminution de 33 à 80% de MgO

VI-4 Récapitulatif :

La comparaison des teneurs en différents oxydes des roches saines et des roches altérées montre :

- Une diminution de SiO₂, Na₂O, CaO, FeO et MgO
- Une augmentation de Al₂O₃, K₂O et Fe₂O₃.
- Les teneurs en TiO₂, SO₃ et MnO sont très faibles a la fois dans les roches saines et les roches altérées.

En regardant les tendances que montre l'évolution des différents oxydes on peut faire deux remarques importantes :

1. Ces différentes tendances sont observées sur tous les échantillons.
2. Pour chacun des oxydes comparés la tendance reste la même sur l'ensemble des échantillons.

VI-5 Interprétation des résultats

La kaolinite est obtenue par hydrolyse de feldspaths potassiques par des eaux météoriques ou hydrothermales ou des plagioclases uniquement par des eaux hydrothermales. Cette hydrolyse donne lieu à une augmentation relative d'alumine après le départ de silice et de potasse dans le cas des feldspaths potassiques ou de silice et de soude dans le cas des plagioclases selon les équations chimiques suivantes :

Hydrolyse des feldspaths et plagioclases



Feldspath potassique + eau \implies Kaolinite + Silice + Oxyde de potassium



Plagioclase acide + eau \implies Kaolinite + Silice + Oxyde de sodium

- Les résultats d'analyses des roches altérées montrent tous une augmentation relative Al_2O_3 avec des pourcentages variant de 22,92 à 23,62% exprimés sous forme de kaolinite dont la présence est attestée par les analyses de Rx.
- La diminution de SiO_2 et de la presque totalité de Na_2O dans tous les échantillons de roches altérées militerait en faveur d'une altération des plagioclases plutôt que celle des feldspaths potassiques. La nature des plagioclases d'Amizour varient globalement entre l'oligoclase et l'andésine dont les formules chimiques sont identiques $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4 \text{O}_8$ mais qui diffèrent par les proportions de CaO et Na_2O . La diminution importante de CaO vient corroborer l'éventualité de l'altération des plagioclases plutôt que celle des feldspaths potassiques.

- L'augmentation de K_2O dans tous les échantillons analysés pourrait s'expliquer par une altération peu importante ou absente des feldspaths potassiques et un apport de potassium (K) par les eaux d'altération. Dans ce cas on ne peut envisager qu'une altération par des eaux hydrothermales qui seraient responsables de cet apport.
- La diminution de MgO et FeO s'expliquerait par l'altération des ferro-magnésiens observée en lames minces (chloritisation de la biotite...)
- L'augmentation de Fe_2O_3 serait le résultat de l'oxydation de Fe^{++} libéré lors de l'altération des ferro-magnésiens en Fe^{+++} sans toutefois écarter l'éventualité d'un apport d'une partie du fer par les solutions altérantes.

VI-6 Conclusion :

La comparaison des résultats d'analyses effectuées par voie humide sur des échantillons prélevés dans les roches saines et les roches altérées du gisement de Tahalim nous permet d'envisager une formation de la kaolinite par hydrolyse partielle³ de plagioclases essentiellement par un processus d'altération dont serait responsable des eaux hydrothermales.

³ L'hydrolyse est partielle lorsque la dégradation est incomplète et donne directement des composés silicatés (argiles). Ces composés diffèrent selon les conditions de milieu, ainsi l'hydrolyse partielle de l'albite donne soit de la kaolinite, soit des smectites. Par contre l'hydrolyse est totale lorsque le minéral est détruit en plus petits composés possibles (hydroxydes, ions)

CHAPITRE V
CONCLUSIONS GENERALES

Conclusions générales

I- Introduction :

Les minéralisations du gisement de Kaolin de Tahalim sont l'aboutissement d'une succession d'évènements qui ont contribué à leur mise en place. Ces évènements sont de deux ordres :

- Evènements géologiques qui ont permis la mise en place et la structuration du massif de Oued Amizour.
- Evènements métallogéniques qui ont abouti à la mise en place des minéralisations de kaolin et à leur développement au sein du massif.

I-1 Les évènements géologiques :

- Le massif de Oued Amizour s'est mis en place à la limite occidentale de la chaîne des Babors qui appartient aux zones externes du trançon alpin de Algérie du nord.

- La mise en place du massif est calée entre les phases priabonienne (phase atlasique) et tortonienne de tectonique tangentielle responsables de la structuration du tronçon de la chaîne alpine en Algérie du nord.

- Cette mise en place a débuté à l'Aquitanienn et s'est poursuivie jusqu'au Serravallien avec une intensité maximale entre 14 -15 Ma (Bellon 1977) ce qui correspond à la limite Burdigalien-Langhien (Helvétien).

- Les roches plutoniques autant que les roches volcaniques de ce massif montrent un caractère de série calco-alcaline de type marge continentale.

- La mise en place a été favorisée par des accidents de fond ce qui confère à ce magmatisme un caractère fissural.

- La mise en place du massif de Oued Amizour est accompagnée tout au long de son déroulement par une phase de tectonique cassante qui est soulignée par la présence de filons aplitiques et de dykes andésitiques recoupant les divers faciès de ce massif.

I-2 Les événements métallogéniques :

- Postérieurement ou pendant la mise en place du massif de Oued Amizour des solutions hydrothermales ont apportées des transformations minéralogiques au sein des roches primaires et sont parfois responsables de la formation de minéralisations assez diverses :

- Les minéralisations sous forme de dépôts pyriteux stratoïdes et de minéralisations polymétalliques typiquement hydrothermales dans des roches de nature rhyolitoïdique (K. Graïne 1997).

- Les minéralisations de kaolin par altération hydrothermale des granodiorites (pluton de Timenachine).

- Des concentrations sous forme filoniennes et de remplissage de cavités par de la tourmaline.

II- Mode de mise en place du kaolin de Tahalim :

Le problème de l'origine supergène ou endogène du kaolin a animé la communauté scientifique pendant quelques années, en particulier aux Cornouailles et en grande Bretagne. Les différentes approches pour résoudre ce problème sont les suivantes :

1. L'idéal serait le dosage des isotopes de l'oxygène qui permettra de classer rapidement le problème.
2. Regarder l'évolution pétrographique (en lames minces) pour voir comment on passe de la roche fraîche à la roche kaolinisée, tout cela étayé par une comparaison du chimisme et de la minéralogie de ces roches.
3. Par la géochimie : si c'est hydrothermal, il peut y avoir des traces intéressantes.

Dans le cadre de cette thèse, le choix de la deuxième option pour aborder le problème de l'origine du kaolin a été dicté par les moyens matériels à notre disposition. L'étude au microscope ainsi que les analyses chimiques et diffractométriques aux Rx ont été effectuées en sollicitant beaucoup de monde

autour de nous. Au terme de ce travail l'ensemble des conclusions auxquelles on a abouti se résume comme suit :

- Les roches altérées qui ont donné naissance au kaolin de Tahalim sont des granodiorites localisées sur la bordure septentrionale du pluton de Timenachine.

- L'exiguité de la zone d'altération nous fait penser à une altération de type canalisé.

- Ces granodiorites sont constituées par : du quartz, de la biotite, du clinopyroxène, des plagioclases en proportions plus élevée que l'orthose et comme minéraux accessoires essentiellement de l'apatite et du zircon.

- L'étude de lames minces au microscope nous a permis de voir plusieurs altérations dont celle des feldspaths et des plagioclases, cette altération peut être partielle ou totale ce qui, parfois, rend difficile la détermination du minéral altéré.

- La comparaison des résultats des analyses chimiques par voie humide effectuées à la fois sur des roches saines et des roches altérées nous a permis de voir que lors de cette altération nous avons eu une augmentation de Al_2O_3 , K_2O et Fe_2O_3 et une diminution de SiO_2 , Na_2O , CaO , FeO et MgO .

- La diminution quasi totale de Na_2O est interprétée comme étant due à l'altération des plagioclases.

- L'augmentation de K_2O est interprétée comme étant due à la conjonction de deux raisons : une altération peu importante des feldspaths potassiques et un apport de potassium par les eaux d'altération ce qui nous permet de dire que ces eaux sont hydrothermales et non météoriques.

III- Conclusion :

L'ensemble de ses conclusions nous permet de dire que le site de Tahalim est un gisement primaire de kaolin obtenu par une altération de type canalisé essentiellement des plagioclases des granodiorites de la bordure septentrionale du pluton de Timenachine par des eaux hydrothermales.

Bibliographie

AIT HAMOU. F (1987) : Etude pétrologique et géochimique du volcanisme d'âge miocène de la région de Hadjout (Ouest- algérois). Thèse Magister. Univ. USTHB. Alger

BELLON. H (1976) : Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique : implications géodynamiques. Thèse, Orsay, 363 p.

BELLON. H , BROSSE. R (1977) : Le magmatisme péri méditerranéen occidental. Essai de synthèse. Bull. Soc. Géol. France (7), t. XIX, n°3, p 469-480.

BELLON. H , SEMROUD. B (1978) : Premières datations du complexe magmatique de la région de Béjaïa-Amizour. 6^{ème} Réun. Ann. Sci Terre, Orsay,25.

BONHOMME. M.G, FABRE. J, MONOD. TH, LECORCHE. J.P, LAMARCHE. B, DOS SANTOS. R.P, APRAHAMIAN. J, DEMENJEON (1996) : Lentilles d'argiles kaoliniques dans le Paléozoïque inférieur de Tabelbala (Sahara occidental algérien)et de Chinguetti (Adrar de Mauritanie). Mémoire du SGA, n° 8, p. 237- 247.

CAIRE. A (1951) : Structure et évolution de la zone sub-bibanique dans la région de Mansourah-les-Biban (département de Constantine). B.S.G.F. 6^{ème} série, t.1, p 721-734.

CHAKRI. A (1995) : Elaboration et caractérisation des briques réfractaires de chamotte à partir des matières premières locales. Thèse de Magister. UFAS/Sétif

DUPLAN. L (1953) : Comparaison entre la région des Apennins et la région de Bougie. C. R. Acad Sc. Paris.

DUPLAN. L (1955) : Tectonique et minéralisation dans la région de Bougie. Bull ; Sc et Econ, BRMA, n° 1 Alger.

GLACON. J (1967) : Recherches sur la géologie et les gîtes métallifères du tell sétifien (Algérie). Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, nelle série, Bull n° 32, 2 tomes.

GLANGEAUD.L (1925) : Sur la constitution pétrographique de la région éruptive de Oued Amizour (Bougie), Algérie C.R.A.F.A.S Congr. Grenoble 1925

GLANGEAUD.L (1929) : Note préliminaire sur la géologie e la pétrographie des roches éruptives de la région côtière entre Tipasa et Ténès. B.S.G.F. 4^{ème} série, t. XXIX, p 97-108

GLANGEAUD.L (1934 d) : Une intrusion de faible profondeur, le bysmalite de Cavallo, mécanisme de mise en place. Bull.Soc. Géol. France,5^e ser, J . IV

GRAÏNE. K (1997) : Les dépôts pyriteux et les minéralisations Zn, Pb, (Cu) du massif volcano-plutonique miocène de Oued Amizour (Béjaïa, Algérie).Thèse Magister. USTHB Alger.

GRAVELLE. M (1954) : Chronologie relative des venues éruptives et des phénomènes tectoniques dans le massif de Oued Amizour. Ann. Sci. Univ. Besançon 2^e série, pp 82-92.

GRAVELLE. M (1959) : Etudes géologiques et prospection minière dans le massif éruptif de l'Oued Amizour (Algérie). Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, nouvelle série, Bull n° 28, pp 149-216

JOURDAIN. A (1966) : La technologie des produits céramiques réfractaires. Ed. Gauthier Villars. 588 p.

LAMARCHE. B (1996) : Notes sur la mines de Chinguetti. Mémoire du SGA, n° 8, p. 249 - 257.

LEIKINE. M (1971) : Etude géologique des Babors occidentaux. Thèse. Doct. Etat. Univ. Paris.

LEIKINE. M (1974) : Essai d'interprétation structurale d'une transversale au SW de Béjaïa (Algérie). Les Babors et la région sub-baborienne. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord. 65, 1-2, 439-459.

LEIKINE. M, GRAVELLE. M, SEMROUD. B (1988) : Carte géologique au 1/50.000 : Oued Amizour. Feuille n° 47. Service Géologique de l'Algérie.

OBERT. D (1981) : Etude géologique des Babors orientaux (Domaine Tellien, Algérie) Mém.Sci.Terre.Univ.P.M. Curie, Paris VI.

SEMROUD. B (1981 a) : Evolution pétrologique du complexe magmatique néogène de la région de Béjaïa-Amizour. Thèse d'Etat. Un. d'Alger.

SEMROUD. B (1985) : Caractères géochimiques et isotopiques des roches magmatiques de Béjaïa-Amizour (Algérie du Nord). J. Econ. Un. Geosc. Terre Cognita, Résumé n°6, p 33.

SEMROUD. B (1985) : Pétrologie des roches magmatiques de la région de Béjaïa - Amizour (NW Constantinois), Actes Premier Congrès Nat.des Sciences de la terre, Tunis, Tome II, pp 193-198.

SEMROUD. B , OUABADIA, BELANTEUR.O (1992) : Typologie des granites miocènes de la marge algérienne par la cristallogéochimie des micas. 14^e Réun. Ann. Sci. Terre, Toulouse, France.

SEMROUD.B (1985) : Caractères géochimiques et isotopiques des roches magmatiques de la région de Béjaïa-Amizour (Algérie du nord), J.Econ.Univ.Geosc. Terre Cognita, Résumé N°6, pp 33.

SEMROUD. B, MAURY. R.C, OUABADI. A, COTTON. J, FOURCADE. S, FABRIES. J et GRAVELLE. M (1994) : Géochimie des granitoïdes miocènes de Béjaïa-Amizour (Algérie du Nord). C. R. Acad. Sci. Paris, t. 319, série II, pp 95-102.

TAYEB. G (1956) : Géologie et minéralisations du massif éruptif de Cavallo. Bull. Sci. Econ, BRMA, Alger.

VILA. J.M (1980) : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse de Doctorat. Es. Sciences. Univ. Paris VI. 2 tomes.

WILDI. W (1983) : La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie), structure, stratigraphie et évolution du trias au miocène. Revue de géologie dynamique et de géographie physique. Vol 24, Fasc 3. pp 201-297. Paris.

ZARZI. A, SENNI. R (2000): Etude des minéralisations polymétalliques de l'indice d'Aït Dali et comparaison avec celles du gisement d'Aït Bouzid (massif volcanique de Oued Amizour, Béjaïa). Mem. Fin d'étude. Univ. Constantine.