

N° d'ordre



République Algérienne Démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieure et de la recherche scientifique  
Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed  
Faculté des sciences de la terre et de l'univers  
Département de géologie

**Mémoire de Master**  
**Spécialité : géodynamique de la lithosphère**

**Les altérations hydrothermales liées aux roches magmatiques  
dans la région des Eglab Dorsale Réguibat, (Sud-ouest Algérien)**

Présenter par :  
**Mlle. Quicassa Domingas Magalhães**  
**M. Bartolomeu António Cassule**

**Soutenue le 04/11/2020**

**Devant jury composé de :**

<b>M. Seddiki Abdelmadjid</b>	<b>Professeur Université oran2</b>	<b>Président</b>
<b>Mlle. Kared Ratiba</b>	<b>MAA Université oran2</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme. Allami Fatima Zohra</b>	<b>MAA Université oran2</b>	<b>Encadreur</b>

**Oran 04/11/2020**

## **Dédicace**

Je remercie à Dieu pour la vie face à cette Pandémie et pour m`avoir donner l`espoir de continuer à vivre et la force d`accomplis mes objectifs.

Je dédie ce modeste travail :

À la mémoire de mon père Armando Quicassa, pour son encouragement, soutien et tout ce qu`il a fait pour moi.

À ma mère Suzana Magalhães qui m`a toujours encouragée depuis que j`ai quitté l`Angola.

À tous mes frères et sœurs qui sont ma source de joie, motivation et mon bonheur.

À famille, à mes amis, à Marraine, à mon fiancé et mes collègues à Eglise Saint Eugène et spécialement à mon binôme Antonio Cassule.

## **Quicassa**

Je remercie au bon Dieu, pour m`avoir béni, me garder et me protéger tous les jours.

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m`ont supporté pendant toute cette période et à qui je dois ma réussite (spécialement à ma mère que m`a toujours encouragée, pour que je puisse atteindre mes objectifs).

À ma binôme Domingas Quicassa, pour les moments qu`on a partagés durant toute notre cycle universitaire en particulier pendant le moment de la recherche de notre mémoire.

Aux mes professeurs que j`ai un énorme respect, admiration, sur tout l`amour pour les professeurs de l`école primaire.

À mes ami(e)s : Milo Aguiar, Euclides Panda, Claret Liatunga, Grizela Manuel, Marlene Joao, Luzia Da Silva, Valquíria Sozinho et Jurema Cussecala, et a tous mes collègues ; merci pour tous les moments qu`on a vécu ensemble.

Un grand merci à la communauté angolaise d`Oran.

**Bartolomeu**

## Remerciements

On adresse nos sincères remerciements à Mme ALLAMI, pour avoir accepté de nous encadrer et pour avoir proposé ce sujet. Merci d'être toujours présente. On tient nos sincères remerciements pour la confiance qu'elle nous a accordée et pour sa patience légendaire.

Merci chacun des membres de notre jury, en commençant par monsieur SEDDIKI Abdelmadjid et Mlle KARED Ratiba.

Merci d'avoir accepté notre invitation pour venir juger ce travail.

Nous remercions l'ensemble des enseignants de la faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

**Résumé :**

En Algérie, le domaine des Eglab, présente un potentiel métallifère démontré par de vastes campagnes d'investigation et de prospection minière entreprise par l'**ORGM (ex. EREM)**

Cependant, les études faites sur les altérations hydrothermales dans le domaine des Eglab sont encore au stade préliminaire, néanmoins, leurs déterminations et leurs cartographies, bien qu'elle soit une tâche des plus fastidieuse, reste d'une importance capitale afin de permettre aux géologues de cibler d'avantage leurs recherches et de réduire, ainsi, les coûts d'exploitation qui incombent à des travaux de telle envergure

Les minéralisations qui leurs sont associées sont assez varié et semblent être plus importantes dans la feuille d'Aouinet Lagraa (Akilet Deïlel et Bled M'Dena)

**Mots clés :**

Altération hydrothermale, Eglab, , Akilet Deïlel ; Bled M'Dena ; potentiel métallifère

**Abstract :**

In Algeria, the Eglab estate has a metalliferous potential demonstrated by extensive exploration and mineral prospecting campaigns undertaken by the ORGM (ex. EREM) However, the studies made on hydrothermal alterations in the Eglab domain are still at the preliminary stage, nevertheless, their determinations and their mapping, although it is a most tedious task, remains of paramount importance in order to enable geologists to target their research more and thus reduce the operating costs incurred by such large-scale work The mineralizations associated with them are quite varied and seem to be more important in the sheet Aouinet Lagraa (Akilet Deïlel et Bled M'Dena)

**Key words :**

hydrothermal alterations. , Eglab, , Akilet Deïlel ; Bled M'Dena ; metalliferous potential

## Liste des figures

<b>Figure 1 : Zone concentrique d'altération et minéralisation à San Manuel – Kalamazoo : A-Zone d'altération : B -Zone minéralisées : C-Habitus des minéralisations. (Tire de Guilbert et Park, 1986).</b> .....	18
<b>Figure 2: Model de Porphyre à cuivre de type classique (Sutherland Brown, 1976).....</b>	20
<b>Figure 3 : Modèle d'un porphyre à cuivre de type Plutonique (in Beaudoin, 2006).....</b>	20
<b>Figure 4 : Model génétique de système hydrothermal, avec comparaison entre le model magmatique et le modèle convectif. (Beaudoin, 2006).</b> .....	22
<b>Figure 5: porphyres à molybdène. Morphologie des corps minéralisés (Beaudoin, 2006)</b> .....	22
<b>Figure 6 : Schéma géologique du craton Ouest africain :Localisation de la dorsale Réguibat La jointure Yetti-Eglab est représentée par le carré noir, (in Peucat et al. 2005).</b> .....	24
<b>Figure 7 : (Cadre géographique de la dorsale Réguibat). (Sabaté et Lomax, 1975) .....</b>	25
<b>Figure 8: Schéma géologique de la dorsale Réguibat ;Le quadrilatère montre le craton ouest africain (Benramdane, 2007).</b> .....	26
<b>Figure 9 :Schéma structurale des Eglab, d'après Kahoui et al. 2008.....</b>	30
<b>Figure 10 : Schéma structurale de la jointure Yetti-Eglab (Sabaté, 1973) .....</b>	33
<b>Figure 11: carte géologique de l'indice Akilet Deilel (in Benramdane, 2001) .....</b>	34
<b>Figure 12:Image satellitale (Google Earth), vue d'ensemble de la situation de la structure de Bled M'Dena. (In Allami ;2015) .....</b>	37
<b>Figure 13 ; schéma géologique de la structure annulaire de Bled M'Dena (Tabeliouna,2009).....</b>	38

## Table des matières

Chapitre I Généralité .....	1
1 Introduction .....	1
2. But du mémoire .....	2
3. Recherches antérieures .....	2
3.1. Historique des travaux sur les altérations hydrothermales et les gîtes qui leurs sont associées : .....	2
3.2. Historique des travaux dans le massif des Eglab : .....	4
CHAPITRE II : Les altérations hydrothermales .....	7
1. INTRODUCTIONS.....	7
1.1 Les altérations hydrothermales .....	8
1.2 CLASSIFICATION PETROGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX TYPES D'ALTERATIONS.....	9
1.2.1 L'altération argileuse .....	9
1.2.2 L'altération potassique de faible température.....	10
1.2.3 L'altération séricitique.....	11
1.2.4 L'altération potassique de forte température .....	11
Conclusion.....	13
Chapitre III : Les gîtes d'affiliations hydrothermales .....	14
1. Classification des dépôts hydrothermaux .....	14
2. Les porphyres et les gîtes épithermaux .....	15
2.1. Porphyres à cuivre- molybdène .....	15
2.2 Minéralogie .....	15
2.3 Age .....	16
2.4. Altérations.....	16
3. TYPES DE SYSTEMES A PORPHYRES.....	19
Conclusion.....	23
Chapitre IV :Géologie régional .....	24
1. Le craton Ouest Africain .....	24
2. Cadre Géographique de la dorsal Réguibat .....	25
3. Le Cadre Géologique .....	26
4.Le magmatisme.....	30
5.Conlusions .....	31
Chapitre V :Les altérations hydrothermales dans les Eglab.....	32
1. La série d'Akilet Deïel .....	32
1.1. Contexte géographique .....	32

<b>1.2. Contexte géologique .....</b>	<b>32</b>
<b>1.3. Les altérations hydrothermales.....</b>	<b>34</b>
<b>1.3.1 L'altération propylitique .....</b>	<b>34</b>
<b>1.3.2 L'altération phyllitique.....</b>	<b>34</b>
<b>1.3.3. La Feldspathisation .....</b>	<b>34</b>
<b>1.4. Les minéralisations.....</b>	<b>34</b>
<b>2. La structure circulaire de Bled M'Dena .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1. Contexte géographique et géologique .....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Les altérations hydrothermales.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3. Les minéralisations.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4. La zonalité.....</b>	<b>41</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>42</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>43</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>45</b>

# **Chapitre I**

## **Généralités**



## Chapitre I Généralité

### 1 Introduction

La croûte terrestre a été le siège d'intenses phénomènes d'échange entre fluides et roches. Il s'agit de solutions chaudes pouvant être d'origine magmatique, métamorphique, météorique, sédimentaire, ou marine.

Ces solutions chaudes et aqueuses jouent un rôle important dans la mise en place de beaucoup de minéralisation, par exemple : filons, veines, stockwerk et autres.

Les fluides hydrothermaux sont directement responsables des altérations « laissées » sur l'encaissant. Dans beaucoup de gisement métallifère, ces altérations sont plus vastes et plus évidentes que la minéralisation elle-même.

Les études faites sur les gisements métallifères ont reconnu l'utilité des altérations hydrothermales comme étant un guide de la minéralisation et un indicateur des caractéristiques des solutions qui leurs sont associées.

### 2. But du mémoire

L'objectif principal que nous nous sommes fixés dans le cadre de ce travail, est d'élaborer une synthèse sur les altérations hydrothermales liées aux roches magmatiques en général, et le massif des Eglab (Dorsale Réguibat oriental) en particulier. Nous avons également présenté les gîtes qui leurs sont affiliés.

### 3. Recherches antérieures

#### 3.1. Historique des travaux sur les altérations hydrothermales et les gîtes qui leurs sont associées :

La recherche des substances minérales est une très vieille activité. Ainsi l'âge de pierre définit l'utilisation de silex, chert, argiles, etc., comme arme, ustensile, sculpture, pigments. L'usage de ces substances minérales implique que l'Homme savait comment les découvrir et les extraire. Les premiers métaux, eux, étaient recueillis à l'état natif.

L'origine des concentrations de minéraux et métaux natifs d'où les Anciens avaient appris à extraire des métaux est demeuré longtemps du domaine de la philosophie et de la magie. Le premier traité scientifique qui nous est parvenu sur le sujet est l'oeuvre de Georgius Agricola (ou Bauer, 1494-1555 ; De Re Metallica, 1556). Agricola vivait dans les Erzgebirge (Monts métallifères) où on exploitait des mines d'argent dans la région de Freiberg depuis ~1160. Dans cette région fût fondée la première académie des mines en Europe, la Bergakademie. Agricola tenta de classier les minéralisations en fonction de la nature in situ ou bien transportée, alluviale, des minéraux. Les minéralisations in situ furent ensuite classifiées selon leur forme : filons, lits, stockwerk, etc. Agricola fut aussi le premier à reconnaître que les filons se trouvent dans des fractures plus jeunes que la roche qui la contient. Il spécula que les filons se forment lorsque des solutions circulent dans ces fractures. Descartes dans Principia Philosophae (1644), envisage des exhalations des profondeurs de la terre.

Au début du 19ème siècle, le débat entre neptuniens (Werner) et plutonistes (Hutton) fait rage. Les neptuniens argumentent que les roches sédimentaires, ignées, métamorphiques, précipitent des eaux de surface ou marines pour être ensuite transformées par l'enfouissement tandis que les veines sont formées descendant dans des fractures dans le fond marin où elles précipitent les minéraux. Pour les plutonistes, les gîtes minéraux sont des injections ignées à partir d'un pluton.

Elie de Baumont reconnaît que la vapeur d'eau peut être une phase de l'activité volcanique et proposa que les veines soient des dépôts formés par la circulation de ces vapeurs dans des fractures, en contrastes avec les dykes de roches ignées des théories magmatiques.

Plus tard, il suggéra qu'en fait les eaux souterraines chaudes sont le produit de la circulation profonde des eaux météoriques et qu'elles étaient importantes dans la formation des gîtes minéraux. Il suggéra aussi que des vapeurs volcaniques sont capables de former des dépôts divers sur les fonds marins.

Une autre hypothèse émise au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle est celle de la sécrétion latérale par des eaux météoriques. Les supporters de cette théorie suggèrent que les eaux météoriques percolent dans les roches encaissantes et y dissolvent les métaux et les re-précipitent dans des fractures. Ces hypothèses furent opposées par les idées "ascensionnistes" de Posepny et De Launey à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Ces auteurs proposaient que les métaux soient en fait transportés par des solutions ascendantes d'origine profonde.

Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, le norvégien Vogt utilisa la physico-chimie pour déduire que les eaux hydrothermales pouvaient être le produit de la différenciation magmatique.

Cette évolution des idées a été précurseur à la classification de Lindgren (1933) qui sépara les gîtes minéraux en gisement par concentration mécanique ou chimique, ces derniers étant formés par des eaux météoriques, des magmas, ou bien forment des dépôts pyrométasomatiques de remplacement des roches encaissantes à haute température à proximité d'intrusions ignées, ou bien forment des gîtes hydrothermaux à partir de solutions aqueuses chaudes. Lindgren (1933) divisa les gîtes hydrothermaux en fonction de la température et la profondeur de formation. Il introduisit les termes toujours en vogue de "épithermal" (basse température, 50-200° C, et à proximité de la surface), de "mésothermal" (température, 200-300° C, et pression moyenne), et de "hypothermal" (température, 300-500° C, et profondeur élevée).

Un autre géologue américain, Gratton, introduisit le terme "téléthermal" pour indiquer des eaux hydrothermales d'origine lointaine et incertaine.

Il fallut attendre les années 50 pour voir l'émergence en force du développement de l'utilisation pratique des auréoles d'altération sous l'impulsion, aux U.S.A de T.S. Lovering, R. Sales et C. Mayer, G.M. Schwartz et de plusieurs autres, et à l'occasion du 75<sup>ème</sup> anniversaire de la « Colorado-School of Mines » (1949).

Creasey (1959) a signalé en premier l'utilité de classer hydrothermalement les roches alluminosilicatés altérées en terme d'assemblages de minéraux, et son approche a été suivie par de nombreux chercheurs tel que Burnham (1962), Hemley et Jones (1964), Meyer et Hemley (1967) et Rose (1970) ; suivants plusieurs façons, sur les dépôts porphyriques et des minerais semblables dans les roches alluminosilicatés.

Depuis, les études sur les altérations hydrothermales se sont succédées grâce aux travaux de plusieurs géologues et aux nouvelles technologies utilisés, qui ont ainsi enrichies les données sur ces altérations et les minéralisations qui leurs sont associées.

### 3.2. Historique des travaux dans le massif des Eglab :

Les recherches géologiques ont été entreprises dans le massif des Eglab par N.Menchikoff, P.Lapadu Hargues et P.Gevin dans les années quarante. Elles n'ont été menées que le long des itinéraires isolés ; les chameaux ayant été le moyen essentiel de transport.

Menchikoff (1923) fut parmi les premiers géologues à s'intéresser à l'étude de la dorsale réguibat en la définissant comme étant l'un des « vieux pays cristallins » du continent africain. Il propose, en 1944, l'appellation de « pays cristallin Réguibat ». La nature de l'axe cristallin Yetti-Eglab a été précisée par Monod en 1935.

Jacket (1937) s'est intéressé à la dorsale occidentale.

Gevin (1941) a entrepris des études sur les formations précambriennes et leurs bordures sédimentaires. En 1951, il définit pour la première fois les séries de Chegga, du Yetti et de Guelb El Hadid.

Parallèlement, de nombreux autres géologues ont entamé leurs travaux dans le Réguibat occidental en mauritanie. Sougy (1951-1952) y a reconnu les formations suivantes : les séries de Ghallaman, d'Aguelte Nebkha, d'Aioun Abdelmalek et d'Imourène.

En (1953), Blanchot met en évidence deux séries, celles de l'Amsaga et d'Akjout.

En (1958), Durozoy réalise plusieurs coupes dans l'infra-cambrien de la série du Hank.

Jusqu'en (1960), des prospections préliminaires, à l'échelle de 1/200000ème, des terrains situés entre les méridiens (5° et 8° W) et les parallèles (26° et 27° N) (feuilles : Djebilet, Aouinet Lagraa, Eglab Salem, Chegga et Zmila) auront lieu.

En (1960), (1960) Sougy est à l'origine d'une première corrélation stratigraphique entre les séries précambriennes précitées. Il désigne sous le nom de série d'Aguelte Lekhneig les formations similaires à celles de la série d'Imourène qu'elles prolongent au sud.

En (1962), Bonhomme obtient les résultats des toutes premières mesures géochronologiques effectuées dans le territoire mauritanien. Ces dernières annoncent des âges compris entre 1990 Ma et 1818 Ma, témoins donc de l'orogénèse éburnéenne.

Entre (1963) et (1965), la S.E.R.M.I. alimentera, par de nouvelles données, les travaux réalisés par le B.I.A. sur les feuilles de Chegga, Boubout, Eglab-Dersa, Mokrid, Tilesmas, Kahal-Morrat, Oued Chenachane, Erg Chech de Bou-Bernous et Grizim. Cette étude

aboutira à la réalisation d'une carte géologique au 1/500000ème du Yetti et des Eglab qui sera publiée en (1965) avec une notice explicative.

En (1964), Buffière et al. étudient la tectonique de la partie orientale de la dorsale Réguibat. En (1965), cet auteur et ses collaborateurs auront à leur actif plusieurs travaux dont : la mise en évidence de la discordance des volcanites Eglab sur les granites Aftout et la série plissée de l'Oued Souss ; la cartographie des séries du Hank, de Guelb-El-Hadid et de leur discordance ; la description des groupes « Chenachane-Erg Chech », à l'Est et au SE des Eglab, comme étant les équivalents de la série de chegga

En (1966), Buffière, Fahy et Petey définissent la série de l'Oued Sousse comme un ensemble de formations volcaniques et volcano-sédimentaires discordantes sur le système de base –Réguibat.

En (1967), Barrère entreprend une étude détaillée des phases tectoniques ayant affecté le socle précambrien de la partie occidentale de la dorsale Réguibat. Il y établie, entre autre, une échelle stratigraphique du « Pcb.D ». En cette même année, Lameyre et Lasserre situent le massif annulaire d'Hassi-El-Fogra dans la période éburnéenne, et ce, grâce à des datations radiométriques qui, établies sur des syénites néphéliniques (roches totales et minéraux), ont donnée un âge de  $2021 \pm 48$  Ma.

En (1970), nous trouvons les travaux de Caron et al. où ils préciseront l'appartenance des migmatites du Sud Iguidi aux séries de Ghallaman et chegga et non à celles d'Aïoun Abd El Malek. Il sera également question des travaux de Lasserre et Lameyre où ils admettront l'existence d'un ensemble sus-jacent à la série d'Aguelte Nebkha (série d'El Naam).

En cette même année, Sabaté entreprendra une étude structurale et pétrographique poussée de la jointure Yetti-Eglab. Quant à Lasserre et al, ils dateront l'intrusion des granites Aftout de  $1869 \pm 50$  Ma, en ayant recours à la méthode Rb/Sr sur roches totales et minéraux.

En (1971), Sougy et al. Et Marchand, associés au CNRS, entreprennent une étude détaillée de la zone mauritanienne de la dorsale Réguibat centrale.

En (1972) Azzouni ébauchait une étude comparative de quelques granitoïdes de la dorsale Réguibat (partie algérienne).

Vachette et al. (1973) effectuent une étude géochronologique des séries métamorphiques et des granites précambriens de la partie Nord et Nord-Est de la dorsale Réguibat. Les âges obtenus sont compris entre 2000Ma et 1700Ma.

Presque en même temps, Sabaté (1972) a précisé la structure de Yetti et en 1973 il définit la série d'Akilet Deïlel et a déterminé les relations tectoniques de la jointure Yetti-Eglab

Sabaté et Lomax (1975) notent la postériorité de la série de l'Oued Souss par rapport aux niveaux de base de la série d'Akilet Deïel.

En 1976, Sekkal-Azzouni présente une étude des stocks plutoniques de la jointure Yetti-Eglab et montre qu'ils sont d'affinité calco-alkaline. Une année après, Bessolés publie une étude sur le craton ouest africain alors que Sabaté et al. (1977) datent l'intrusion du pluton Aftout à 1925Ma.

SONAREM (1981-1983), a effectué des travaux de recherche systématique sur l'axe Yetti-Eglab dans le but d'inventorier et d'évaluer les potentialités minières de la région Khaoui (1988) a étudié le massif annulaire alcalin de Djebel Drissa dans le massif précambrien des Eglab.

Depuis la création de l'ORGM (1992), plusieurs missions ont été effectuées dans le but de mieux connaître la géologie de la région Yetti-Eglab. Lors de ces missions, Pipoul et al. (1992) se sont intéressés à la géochimie et au comportement des éléments du groupe des platines (EGP) du massif protérozoïque ancien du Teggeur (partie algérienne).

En 1993, Baudin, dans le cadre d'une mission pour l'ORGM, met en évidence les principaux traits structuraux du domaine Yetti-Eglab. Il a démontré l'inexistence d'un chevauchement entre les séries d'Akilet Deïel et de Yetti en se basant sur l'absence de klippes de charriages.

En 1994, Lefort et al. proposent une modélisation magnétique du subméri dien de l'ensemble Yetti-Eglab. Deux ans plus tard, Bitam et Fabre, réalisent une étude géodynamique du craton ouest africain central et oriental.

Kahoui et al (1996) rattachent le stock plutonique du sud Tinguicht (malignites et syénites mésocrates associées) aux complexes annulaires post-orogéniques tels que ceux de Djbel Drissa et de Hassi El Fogra

En 2002, Mahjoub et al proposent une évolution du domaine Eglab en trois stades datés respectivement à 2.2Ga, 2.1Ga et 2.08Ga.

En 2005, Peucat et al définissent le massif des Eglab comme un segment original de l'orogène éburnéen.

En 2007, Benramdane a contribué à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations aurifères de la zone de jointure Yetti-Eglab.

Des enseignants- chercheurs de l'université d'Oran (Tabeliouna, Lagraa et Seddiki) travaillent présentement dans la région des Eglab.

# **Chapitre II**

## **Les altérations hydrothermales**

## CHAPITRE II : Les altérations hydrothermales

### 1. INTRODUCTIONS

Les formations métamorphiques et granitiques du cratons Ouest africain sont recoupés par un ensemble de roches grenues et microgrenues; ces intrusions basiques se sont mise en place à des périodes très différentes de l'histoire géologique du craton; certaines datent de l'Antécambrien, d'autres plus récents traversent les formations de la couvertures paléozoïque du craton aussi bien dans le bassin de Taoudéni, ou elles sont souvent abondantes, que dans le bassin ghanéen de l'Oti, ou paraissent plus rares.

Les altérations hydrothermales se marquent par des modifications de la couleur, de la granulométrie, de la texture et surtout de la composition minéralogique et chimique des roches encaissantes. On peut donc les considérer comme un cas particulier du métamorphisme au sens large.

Les altérations, de même que les concentrations métallifères, sont considérées comme les manifestations de solution hydrothermales issues de plutons ou d'appareils sub-volcaniques et volcaniques : c'est pourquoi elles sont liées ; néanmoins elles peuvent exister les unes sans les autres. Ces solutions agissent en faisant recristalliser les roches, en y apportant des éléments nouveaux de la solution initiale (fluor, bore, soufre, métaux), ou lessivés des roches encaissantes (drainage latéral).

La composition chimique des solutions varie donc dans le temps et l'espace selon les roches traversées, les éléments dissous ou déposés et la baisse de température. (P.Routhier, 1963). L'eau joue le rôle essentiel comme minéralisateur, solvant, agent de transport d'éléments et de chaleur.

La majeure partie des systèmes hydrothermaux actuels est associée au volcano-plutonisme, en particulier dans les zones de collision (Elder, 1981). Les systèmes fossiles ont produit de nombreuses concentrations métallifères en relation avec des intrusifs qui ont donc été longtemps considérés comme les vecteurs métallogéniques les plus importants. Ils concernent la plupart des métaux de base et précieux.



### 1.1 Les altérations hydrothermales

Définition : les altérations hydrothermales sont un métasomatisme chimique qui résulte d'un déséquilibre chimique entre la roche encaissante et le fluide hydrothermal. On observe deux types extrêmes : (G.Beaudoin, 2006).

- Canalisé, d'extension locale et généralement discordante. Contrôlé par une porosité de fracture.
- Pervasif, souvent d'extension régionale, discordant ou concordant, résultat de la perméabilité de la roche encaissante.

### 1.2 CLASSIFICATION PETROGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX TYPES D'ALTERATIONS

La pétrographie des roches magmatiques englobe souvent des minéraux d'altération, leurs fréquences, leurs associations paragenétique notamment avec des minéraux utiles comme dans les gîtes des porphyres cuprifères ont conduit à l'établissement d'une systématique des altérations. La classification pétrographique la plus souvent adoptée est celle de Meyer et Hemley (1967).

Le type d'altération formé par un assemblage minéralogique porte le nom du minéral dominant. Enfin, mis à part la silicification qui peut se rapporter à des degrés de températures variables ; les types d'altérations résumés sont classés suivant un degré de température croissant le plus fréquemment admis (entre 80°C et 450°C) (in Kh. Graïne, 1997).

#### 1.2.1 L'altération argileuse

**Altération argileuse faible** : les minéraux argileux du groupe des kaolinites et des montmorillonites sont dominants.

- Les minéraux argileux amorphes sont parfois abondants. On peut également trouver l'adulaire dans ce type d'altération, mais son abondance est plutôt caractéristique de l'altération potassique de faible température.
- Altération argileuse forte : l'assemblage est caractérisé par : dickite, kaolinite, pyrophyllite, auxquelles peuvent s'associer séricite, quartz, alunite, pyrite, zunyite et des minéraux argileux amorphes. La zunyite est un minéral d'altération très fréquent dans les faciès d'amizour ; il a pour formule  $(A, F, CL) Al_{12} [AlO_4] (OH, F)_{18} Cl Si Os O_{16}$ .
- Des métaux précieux peuvent s'y développer de même que de petites quantités de sulfures et sulfosels : covellite, digénite, pyrite et énargite et plus rarement : chalcopryrite et cuivre gris.

### 1.2.2 L'altération potassique de faible température

Cette altération a été surtout décrite par A. Steiner (1970) dans les sites géothermaux de Wairakei en Nouvelle-Zélande.

Elle se traduit par la néoformation de l'adulaire à partir de d'autres feldspaths, généralement des plagioclases sous l'action de solutions potassique. Ce feldspath monoclinique, typiquement secondaire, à structure cristallographique complexe, souvent en équilibre avec l'albite, riche en potassium et pauvre en sodium, est considéré comme étant caractéristique des gîtes épithermaux (de faible température) ou encore comme dépôt de source chaudes dans lesquelles la température ne dépasse 100°C.

- L'altération propylitique : L'assemblage minéralogique est présenté par : épidotes (Zoisite et clinozoisite), albite, chlorites, carbonates et aussi souvent : séricite, pyrite et oxydes de fer et plus rarement zéolites (par altération des feldspaths), montmorillonite et leucoxène Les autres sulfures qui accompagnent la pyrite sont en proportion faibles à moyenne. Lorsqu'un des minéraux devient abondant, l'altération propylitique est divisée en sous-groupes :
- Albitisation : On distingue deux types d'albitisation :
  - L'albitisation par apport de sodium ; dans ce type d'altération la presque totalité des minéraux alumineux sont transformés en albite. L'amphibole sodique y est parfois présente.
  - L'albitisation par simple altération de plagioclases plus calcique ; le calcium ainsi libéré va en fonction du milieu, former de la calcite ou des épidotes. De ce fait, ces minéraux accompagnent fréquemment l'albite. Généralement le terme d'albitisation est réservé quand il y a apport de sodium par des solutions hydrothermales Enfin, d'un point de vue gîtologique, dans les roches fortement albitisées, les oxydes sont d'ordinaire plus abondants que les sulfures.

**Carbonatisation** : avec les chlorites et les séricites, les carbonates (de calcium, de magnésium, de fer et de manganèse sont les minéraux d'altération les plus répandus.

**Zéolitisation** : Les zéolites sont connues dans de rares gîtes minéraux, mais sont par contre répandues dans les environnements des sources chaudes. Les minéraux associés en faibles quantités sont : cuivre natif chalcosite, bornite, accompagnés d'oxydes de fer plutôt que de pyrite.

### 1.2.3 L'altération séricitique

La séricitisation également dénommée altération phyllitique est fréquente dans les roches magmatiques de composition acide ou intermédiaire. La séricite se substitue aux plagioclases mais aussi aux feldspaths potassiques. Les minéraux typiques sont : séricites, quartz et pyrite. Le terme de « séricite » désigne souvent le faciès grain fin des micas potassiques et alumineux. Cette altération est généralement destructrice. Les minéraux et les textures primaires sont indéterminables. L'altération séricitique est probablement l'une des plus fréquentes. Elle s'y développe aussi bien dans les milieux supergène qu'hypogènes accompagne les filons aurifères ou les amas sulfurés.

### 1.2.4 L'altération potassique de forte température

Les feldspaths potassiques sont de l'orthose et du microcline auxquels s'associent la biotite, mais aussi de l'anhydrite ; cette paragenèse fréquente voir même caractéristiques des porphyry-coppers se développe dans des faciès granodioritiques. L'anhydrite qui peut être également abondante dans ce type d'altération est souvent accompagnée par des carbonates de fer. Les principaux sulfures qui accompagnent l'altération potassique sont : la pyrite, la chalcopryrite et la molybdénite. La magnétite ou l'hématite également présente peut provenir de la déstabilisation de la biotite.

La silicification : Elle est le résultat d'une augmentation des proportions de quartz et d'opale par rapport aux autres minéraux. L'excès de silice est apporté par des solutions hydrothermales qui parfois peuvent aboutir à la formation de veines de quartz. Dans certains cas, la quantité de quartz peut augmenter dans la roche sans qu'il y ait apport de silice. Celle-ci est souvent libérée lors de l'altération des feldspaths potassiques en séricites. Les veines de quartz à sulfures sont fréquentes et peuvent se retrouver dans des environnements géologiques différents et de températures très variées.

**Tableau 1 : Les caractéristique des altérations hydrothermale**

<b>ALTERATION ARGILEUSE</b>			
<b>Altération Argileuse faible</b>		<b>Altération Argileuse forte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minéraux argileux du groupe des Kaolinites</li> <li>• Des smectites</li> <li>• Elle s'observe dans les zones riches en plageocasses</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koalinite – pyrophyllite – séricite – quartz – alunite pyrite – (minéraux argileux amorphe dans les milieux supergenes)</li> <li>• Cette altération se développe aux dépends de lave et de matériaux pyroclastique</li> </ul>	
<b>ALTERATION POTASSIQUE DE FAIBLE TEMPERATURE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adulaire quartz</li> <li>• Dépôt de sources chaudes</li> <li>• Dans les fentes alpines</li> </ul>			
<b>ALTERATION PROPYTIQUE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epidote – albite – chlorite – séricite – carbonates – pyrite – (et rarement zéolite et montmorillonite)</li> <li>• Souvent associé à la présence de sulfure très fréquente dans les roches volcaniques acides et intermédiaire</li> </ul>			
Albitisation	Chloritisation	Carbonatation	Zéolitisation
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus conduisant à la formation d'albite seule</li> <li>• Dans les cas d'albitisation seul les sulfures sont peu développés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorit – quartz –Séricite – Talcanhydrite – pyrite</li> <li>• Les chloriste sont très fréquent dans les hydrothermales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbonates – Séricite – chlorite</li> <li>• La composition des carbonates est très variée (Mg, Fe, Mn)</li> <li>• Cette altération peut se développer aux dépends des minéralogies silicatés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zéolites Chlorite (les zéolites résultent de plagioclases)</li> <li>• Peu fréquente lorsqu'elles existent, elles indiquent souvent présent souvent la présence de minéraux de cuivre</li> </ul>
<b>ALTERATION SERICITIQUE</b>			
Séricite – chalcopyrite – quartz – fréquente dans les dépôts de sulfures. La pyrite peut atteindre parfois jusqu'à 40% de volume de la surface de la Roche.			
<b>ALTERATION PROPYTIQUE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Feldspaths potassiques (orthose, microcline) – mica magnétite – séricite – chalcopyrite + apatite + rutile + chlorite + anhydrite.</li> <li>•Mes minéraux argileux sont absents</li> <li>•Accompagne les minéralisations de type – Copper.</li> </ul>			
<b>SILICIFICATION</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solidification se fait par augmentation des proportions des de quartz et d'opale par aux par rapport aux autres minéraux.</li> <li>• L'excès de silice peut apporter par les eaux chaudes, dans ce cas le phénomène peut aboutir à la formation de grosses viens de quartz ; ou encore provenir sur place lors altération des silicates, et dans ce deuxième cas il y a solidification mais sans apport de silice.</li> </ul>			

### Conclusion

Les altérations hydrothermales se marquent par des modifications de la couleur, de la granulométrie, de la texture et surtout de la composition minéralogique et chimique des roches encaissantes. On peut donc les considérer comme un cas particulier du métamorphisme au sens large.

La pétrographie des roches magmatiques englobe souvent des minéraux d'altération, leurs fréquences, leurs associations paragénétique notamment avec des minéraux utiles comme dans les gîtes des porphyres cuprifères ont conduit à l'établissement d'une systématique des altérations

# **Chapitre III**

## **Les gîtes d'affiliations hydrothermales**

## Chapitre III : Les gîtes d'affiliations hydrothermales

### 1. Classification des dépôts hydrothermaux

La forme du gisement, le mode de mise en place de la matière et la texture et structure du contenu minéral et tant d'autres critères et points de vue différents ont été considérés dans la classification des dépôts hydrothermaux. Cette classification est forte délicate et dans une certaine mesure fort subjective. D'un pays à l'autre, d'un auteur à l'autre, la position d'un même gîte dans la classification peut varier. Il vaut donc mieux comprendre les principes de la systématique plutôt que de s'enfoncer dans toutes ses complexités.

Les critères principaux de classification sont : (Routhier, 1963)

- Les conditions thermiques du dépôt.
- Les minéraux, la paragenèse, le contenu métallique.
- La profondeur de mise en place des roches « ignées » auxquelles les dépôts sont affiliés.

Nous allons développer un peu ce dernier critère :

Mise en place de la roche ignée : il est évident que le régime thermique aux alentours des masses ignées sera conditionné par le niveau de leur mise en place. La vieille distinction entre mises en place abyssales, hypabyssales et volcaniques présente donc un intérêt certain en métallogénie. P. Niggli et H. Schneiderhöhn l'ont utilisée comme critère de classification des gisements et ont distingué des :

- Des dépôts plutoniques, affiliés à des plutons mis en place à grande profondeur : « abyssaux », ou à profondeur réduite : « hypabyssaux »
- Dépôts subvolcaniques, associés à des corps subvolcaniques, mis en place à faible profondeur et dépôts volcaniques.

Si l'on imagine un « magma » se refroidissant, à partir d'une température de 600 à 1000°C, sous une couverture d'épaisseur variable les isothermes seront d'autant plus serrés que ce magma se refroidit plus près sous la surface. Dans les dépôts subvolcaniques et volcaniques le gradient de température est rapide et il y a télescopage, c'est-à-dire rencontre et juxtaposition de métaux et de minéraux dont les domaines sont disjoints en profondeur plus grande.



Quoi qu'il en soit, la profondeur d'intrusion affecte, non seulement l'aspect pétrographique, la composition et la texture des roches ignées, mais aussi les processus métallogéniques.

## **2. Les porphyres et les gîtes épithermaux**

Les édifices volcaniques et leurs chambres magmatiques sous-jacentes constituent un environnement géologique qui donne naissance à un ensemble de types de gîtes. Les porphyres sont des gîtes de gros tonnage (100Mt et plus) et de faible teneur (<1.5% Cu) associés à des intrusions dominées par des faciès porphyriques. On en reconnaît plusieurs types : Cu-Mo, Cu-Au-Mo, Sn, W (Mo). Ils représentent des intrusions sub-volcaniques. Dans l'édifice volcanique, l'interaction des eaux de surface (de bassin, de mer ou météorique) et des fluides hydrothermaux magmatiques peut donner des gîtes filoniens d'Au-Ag épithermaux.

### **2.1. Porphyres à cuivre- molybdène**

Les porphyres cuprifères constituent la principale ressource de cuivre dans le monde.

Quelques exemples :

Gîte	Tonnage (Mt)	Substance minérale	Teneur
Valley Copper	692	Au	0.414%
		Mo	0.0069%
Bingham (Utah)	2068	Cu	0.78%
		Mo	0.032%
		Au	2038g/t
Chuquicamata (Chili)	10838	Cu	0.56%
		Mo	0.024%

### **2.2 Minéralogie**

Pyrite, chalcopyrite,  $\pm$ molybdénite, bornite. Présents sous forme de grains disséminés, de veinules, ou de veines de quartz et calcite avec des sulfures et magnétite.

**Forme** : les porphyres cuprifères forment de grandes zones recoupées par de nombreuses veinules et veines de sulfures dans une roche altérée. La forme des zones minéralisées est très variable, il s'agit généralement de zones plus ou moins cylindriques à la périphérie des intrusions associées à la minéralisation.

**Encaissant** : la minéralisation se trouve dans des intrusions porphyriques et la roche encaissante des intrusions (volcanique, sédimentaire, métamorphique). La minéralisation est associée spatialement et génétiquement avec des intrusions ignées ayant des compositions chimiques très variables : séries calco-alcalines caractérisées par la suite diorite à quartz vers la monzonite

à quartz ; série alcaline : diorite à syénite. La minéralisation est souvent associée aux faciès les plus différenciés (felsiques) d'une série d'intrusions. Les intrusions se sont mises en place à faible profondeur (épizonales < 4 Km) et elles sont caractérisées par des textures porphyriques. Le cycle intrusif comprend plusieurs épisodes d'intrusion, et la minéralisation est associée à un épisode tardif d'une série complexe d'intrusions. La minéralisation peut être contemporaine à des épisodes intrusifs où des dykes coupent la minéralisation et sont eux-mêmes recoupés par des épisodes hydrothermaux plus jeunes, d'où leur appellation de dykes « inter minéral ». Les intrusions représentent souvent la chambre magmatique sous-jacente à un ensemble volcanique. L'activité explosive et la faible profondeur de mise en place s'expriment par des brèches volcaniques minéralisées.

Distribution spatiale : les porphyres se trouvent dans les ceintures orogéniques, soit les environnements d'arcs insulaires ou de marge continentale destructive. Ils sont tardifs dans l'évolution de l'orogène, et les intrusions s'infiltrent dans des zones de failles et des zones d'extension locale dans la ceinture orogénique. Les magmas mis en place dans des arcs insulaires ont des origines du manteau supérieur ou de la croûte océanique recyclée, alors que les magmas en milieu de marges continentales ont assimilé des quantités variables de matériel supracrustal.

### 2.3 Age

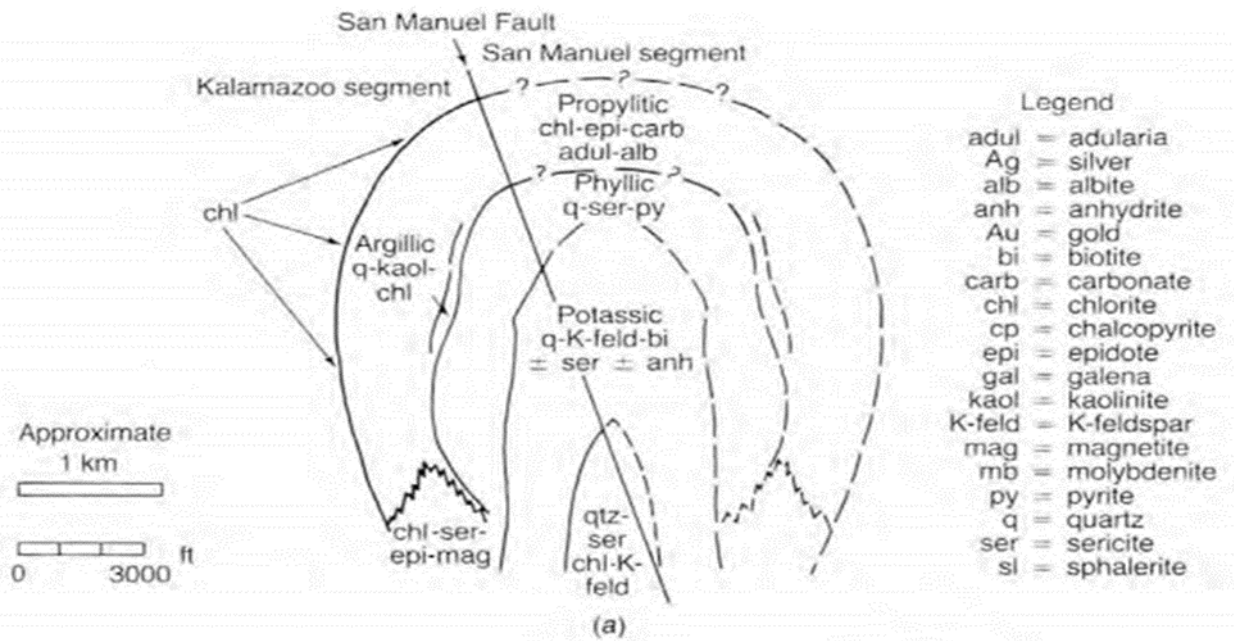
Les porphyres cuprifères sont principalement mésozoïques, mais aussi vieux que précambrien : les vieux gisements sont plus difficiles à identifier, et peuvent avoir été modifiés au cours de l'histoire géologique subséquente à leur mise en place.

### 2.4. Altérations

Il s'agit d'une suite de réaction d'hydrolyse principalement. La série d'altérations chimiques est de moins en moins intense du centre vers la bordure. La figure 19 montre une séquence idéalisée qui peut varier fortement et qui est en fonction en outre de la composition de la roche altérée.

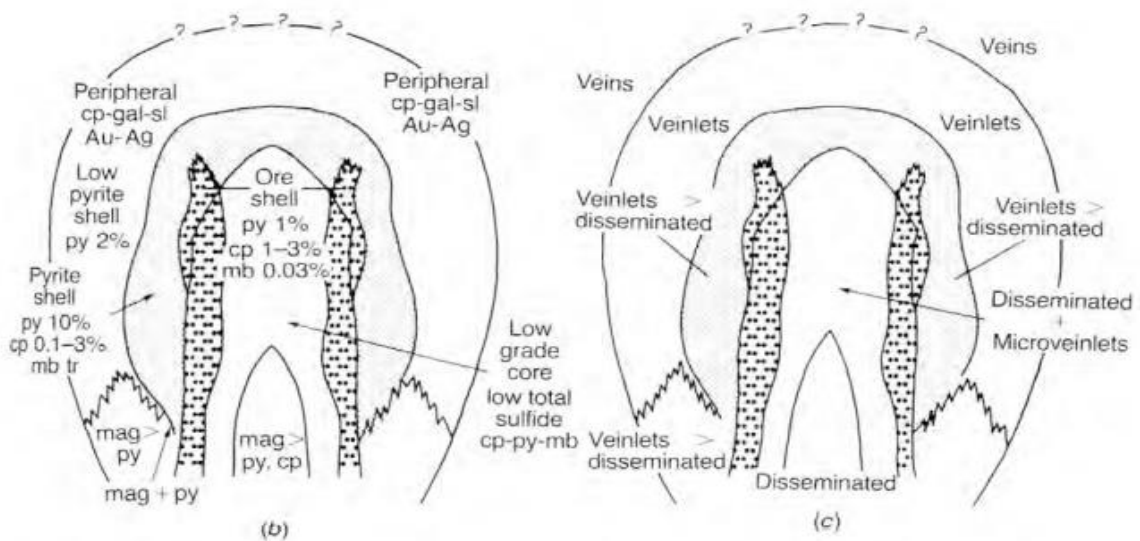
- Potassique : représente l'assemblage de plus haute température et est généralement associé à des fluides ayant de fortes salinités possiblement exsolvés du magma. Caractérisée par le feldspath potassique, la biotite et la pyrite.
- Propylitique : hydrolyse des minéraux mafiques et des plagioclases en chlorite et argiles alors que le feldspath potassique et le quartz sont stables.

- Séricitique : développement de séricite au dépens des argiles, veinules de quartz et pyrite. Elle peut être transitionnelle entre l'altération propylitique et potassique lors de l'infiltration convective des eaux météoriques.
- Argileuse : transformation en argiles comme la kaolinite, la montmorillonite avec présence de quartz, chlorite. Peut être transitionnelle de l'altération séricitique à propylitique. L'altération argileuse avancée se forme lors de l'altération séricitique à propylitique. L'altération argileuse avancée se forme lors de la condensation de vapeur magmatique ou du mélange des vapeurs magmatique avec les eaux souterraines de la nappe phréatique : kaolinite, dickite, pyrophyllite, alunite.



**B -Zone minéralisées**

**C-Habitus des minéralisations**



**Figure 1 : Zone concentrique d'altération et minéralisation à San Manuel – Kalamazoo : A-Zone d'altération : B-Zone minéralisées : C-Habitus des minéralisations. (Tire de Guilbert et Park, 1986).**

### 3. TYPES DE SYSTEMES A PORPHYRES

Dans le système à porphyres : Mc Millan et Panteleyev (1980) reconnaissent trois types principaux de porphyres cuprifères.

- Classique : de petites intrusions de forme cylindriques, tardi-orogéniques, sont mises en place dans des roches supracrustales diverses. Les corps minéralisés sont souvent circulaires et se trouvent dans, ou à la marge des intrusions porphyriques. Les corps minéralisés sont zonés avec une zone centrale faiblement minéralisée entourée d'une zone dominée par les sulfides.
- Volcanique : ces porphyres sont associés aux conduits nourriciers de complexes volcaniques mafiques à intermédiaires en place dans les niveaux inférieurs de l'édifice volcanique co-magmatique. Les corps minéralisés ont des formes lenticulaires à irrégulières et sont étroitement associés avec des zones fortement altérées et bréchifiées, Les séries calce alcalines sont caractérisées par des gîtes de Cu-Mo alors que les séries alcalines sont caractérisées par des gîtes de Cu-Au.
- Plutonique : ce type se forme dans des batholites différenciés grenus à porphyriques accompagnés par des essaims de dykes. Les corps minéralisés sont constitués principalement de vastes zones à stockwerks zonés avec un cœur riche en bornite ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) suivie de chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) puis de pyrite ( $\text{FeS}_2$ ), ce qui représente un enrichissement en Fe vers l'extérieur.

Section

Plan du niveau A

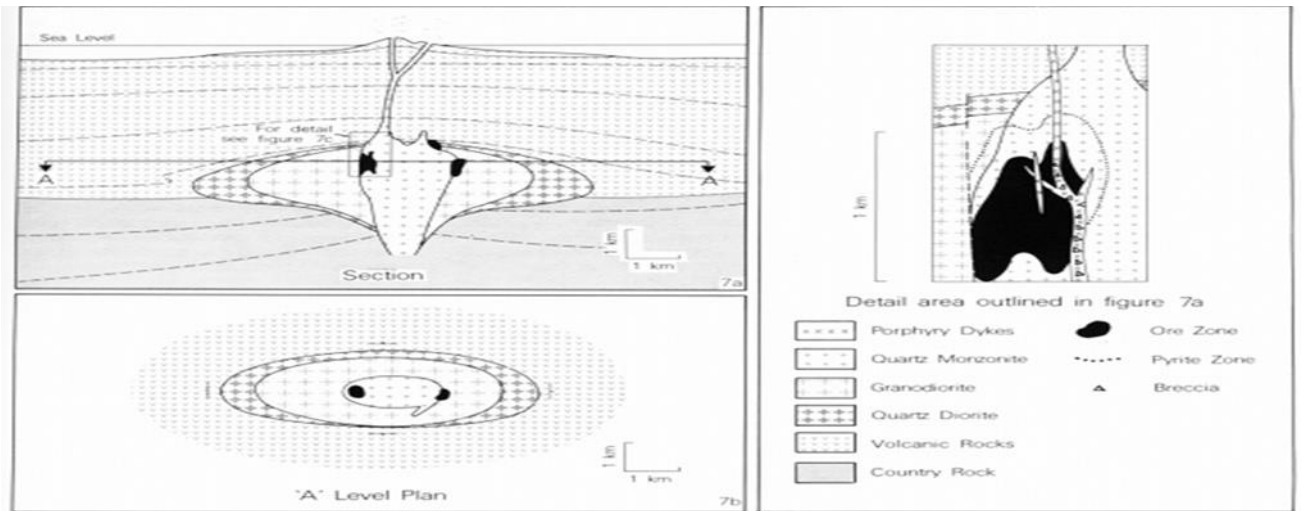
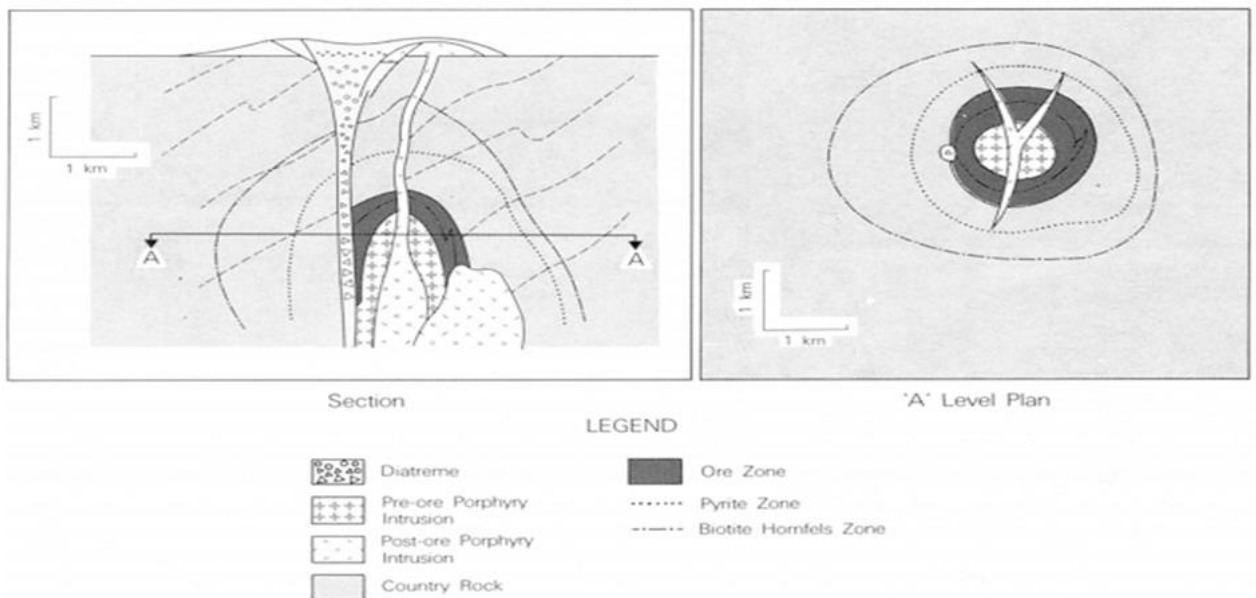


Figure 2: Model de Porphyre à cuivre de type classique (Sutherland Brown, 1976).



Plan du niveau A

Figure 3 : Modèle d'un porphyre à cuivre de type Plutonique (in Beaudoin, 2006)

Modèle génétique : 2 membres extrêmes de systèmes hydrothermaux sont observés et contribuent en proportions diverses et qui évoluent dans le temps : magmatique et météorique.

- Magmatique : les volatiles, le chlore et les métaux sont concentrés au sommet de l'intrusion par cristallisation fractionnée. La carapace cristallisée de l'intrusion confine les fluides magmatiques dans des zones où la pression des fluides augmente. Lorsque la pression dans la zone d'accumulation devient trop forte, la carapace de roche ignée

est fracturée et le fluide hydrothermal est expulsé, ce qui provoque aussi la fracturation de la roche encaissante indurée par le métamorphisme de contact.

- Convection : l'eau météorique, de bassin, eau de mer, ou un mélange d'eaux se trouvant dans la roche encaissante est chauffée par conduction de chaleur depuis l'intrusion. Le réchauffement induit une diminution de la densité de l'eau et l'eau réchauffée s'élève par flottabilité tandis que l'eau froide plus dense percole vers le bas où elle est chauffée à son tour, ce qui induit une cellule de convection. Cette cellule de convection peut fonctionner jusqu'à ce que toute l'énergie du pluton ait été extraite de l'intrusion par conduction ou par convection ou bien que le système de fracturation soit obstrué par la cimentation des fractures par la minéralisation et que les fluides ne puissent plus circuler. Cette circulation peut provoquer une redistribution importante des métaux et une superposition des faciès d'altération.

Exemple de l'évolution d'un système porphyrique. L'intrusion du magma provoque un métamorphisme de contact causé par la conduction de chaleur du pluton aux roches encaissantes et la fracturation des roches encaissantes par la force de l'intrusion qui s'élève dans la croûte. La cristallisation fractionnée du magma génère des fluides orthomagmatiques qui s'accumulent dans des poches sur pressurisées vers le sommet de l'intrusion. L'expulsion des fluides magmatiques accompagne la conduction de chaleur dans la roche encaissante, ce qui provoque la mise en marche d'une cellule de convection. Il en résulte une séquence d'altération et de minéralisation. L'altération a tendance à être pervasive. L'infiltration de vapeur magmatique vers la surface donne naissance à l'altération argileuse avancée par condensation de la phase vapeur ou mélange avec l'eau souterraine. La vapeur magmatique est riche en  $\text{SO}_2$  qui se sépare en  $\text{H}_2\text{S}$  et  $\text{SO}_4$ . Le  $\text{SO}_2$  se combine à l'eau souterraine pour faire l'acide fort  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qui lessive la roche en alcalis et donne l'assemblage argileux avancé. La diminution de l'influx de fluides magmatiques coïncide avec le refroidissement du pluton et le système hydrothermal devient graduellement dominé par la cellule de convection. Ceci provoque une redistribution de la minéralisation et une superposition de faciès d'altération de plus basse température et de plus faible salinité. La circulation des fluides hydrothermaux devient de plus en plus contrôlée par des failles et des fractures. 4) La baisse de température du système hydrothermal provoque la destruction des assemblages de plus haute température au profit d'assemblages de basse température. La dimension et l'intensité de la superposition des faciès



d'altération sont en fonction de la perméabilité résiduelle. Finalement, si la zone minéralisée est ramenée vers la surface par l'érosion, il va se développer une zone d'enrichissement supergène entre la surface d'érosion et la nappe phréatique.

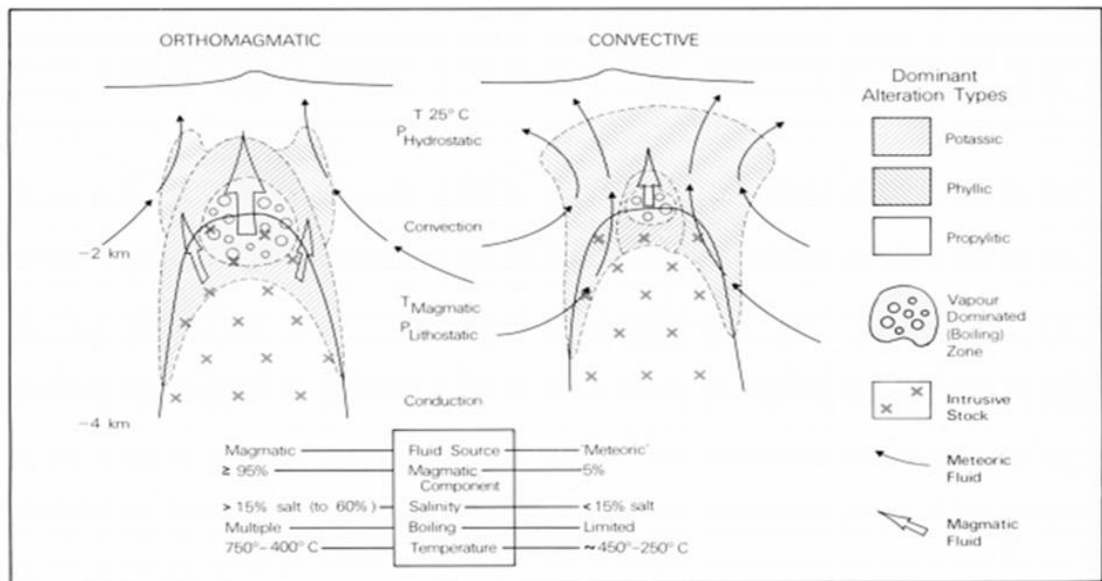


Figure 4 : Model génétique de système hydrothermal, avec comparaison entre le model magmatique et le modèle convectif. (Beaudoin, 2006).

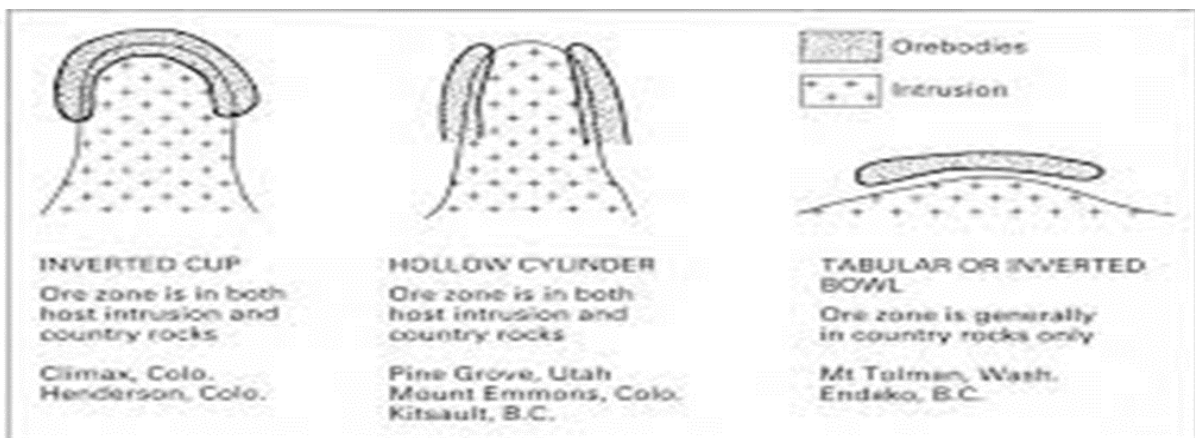


Figure 5: porphyres à molybdène. Morphologie des corps minéralisés (Beaudoin, 2006)



### Conclusion

Les gîtes d'affiliation hydrothermale sont formés par l'écoulement de fluides hydrothermaux qui transportent des métaux en solution. L'écoulement des fluides se fait par 3 forces : gravité, pression interne, flottabilité (poussée d'Archimède : un corps plongé dans un fluide éprouve une poussée verticale de bas en haut égale au poids du fluide qu'il déplace). La gravité et la flottabilité peuvent donner naissance à des cellules de convection.

L'origine des fluides est variée : magmatique, métamorphique, météorique, océan, eaux de bassin (**Beaudoin, 2006**).

Les gîtes d'affiliation hydrothermales -qu'ils soient de type porphyre, VMS, filons ou constituant, à travers le monde, de grandes ressources d'Or et de métaux de base

# **Chapitre IV**

## **Géologie régional**

## Chapitre IV : Géologie régional

### 1. Le craton Ouest Africain

Le Craton Ouest Africain (C.O.A) se situe dans la partie occidentale de l'Afrique (Fig.3). Il est formé par un socle précambrien, affecté par l'orogénèse éburnéenne ( $185 \pm 250$  Ma). Il est limité au Nord par l'Anti Atlas marocain, à l'Est par la zone mobile d'Afrique centrale, tandis qu'à l'Ouest, il est bordé par la zone mobile de l'Afrique de l'Ouest (Bessoles, 1977).

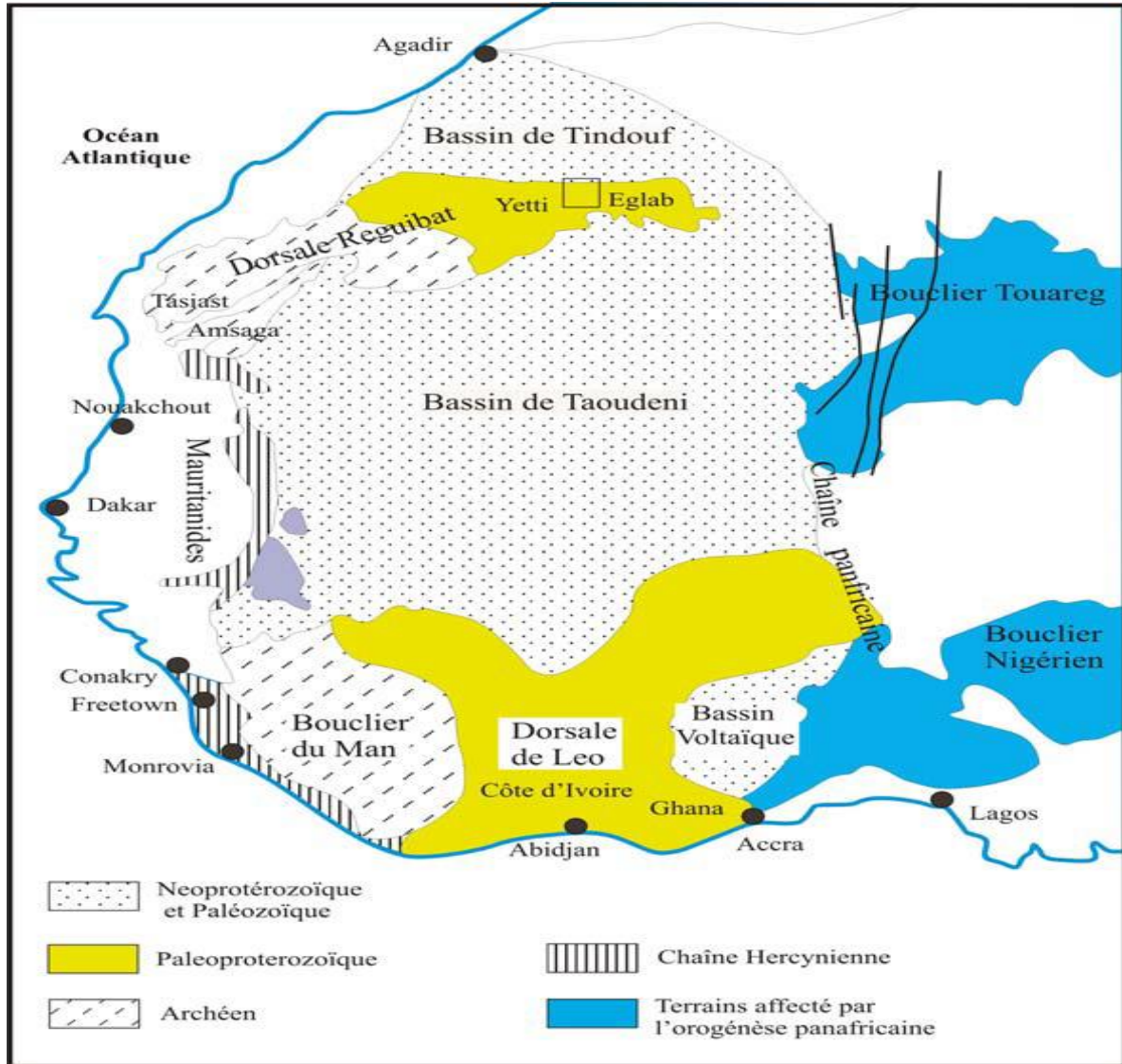


Figure 6 : Schéma géologique du craton Ouest africain : Localisation de la dorsale Réguibat La jointure Yetti-Eglab est représentée par le carré noir, (in Peucat et al. 2005).

Le craton Ouest Africain est recouvert sur une grande surface par des formations sédimentaires, d'âge Protérozoïque supérieur et Paléozoïque. Elles sont représentées par le

bassin de Tindouf au Nord, le bassin de Taoudéni au centre et celui de voltaïen au Sud (Bessoles, 1977).

**La Dorsale Réguibat.**

**2. Cadre Géographique de la dorsal Réguibat**

La dorsale de Réguibat est située dans la partie nord du craton Ouest Africain. Elle occupe une grande surface du Sud-ouest de l'Algérie et de la Mauritanie, est disposée selon un axe étiré sur plus de 1500Km de longueur, de direction sud-ouest-nord-est en Mauritanie et est-ouest en Algérie, elle est large de 300 à 400Km, entre les méridiens 3°, 16° ouest et pour 20°, 27° latitude de nord, est situé au nord par le bassin paléozoïque de Tindouf, au sud par le bassin de Taoudéni à l'est par Erg Chech et par la chaîne hercynienne des Mauritanides à l'ouest (Fig.05). (in Bekhedda , 2014).

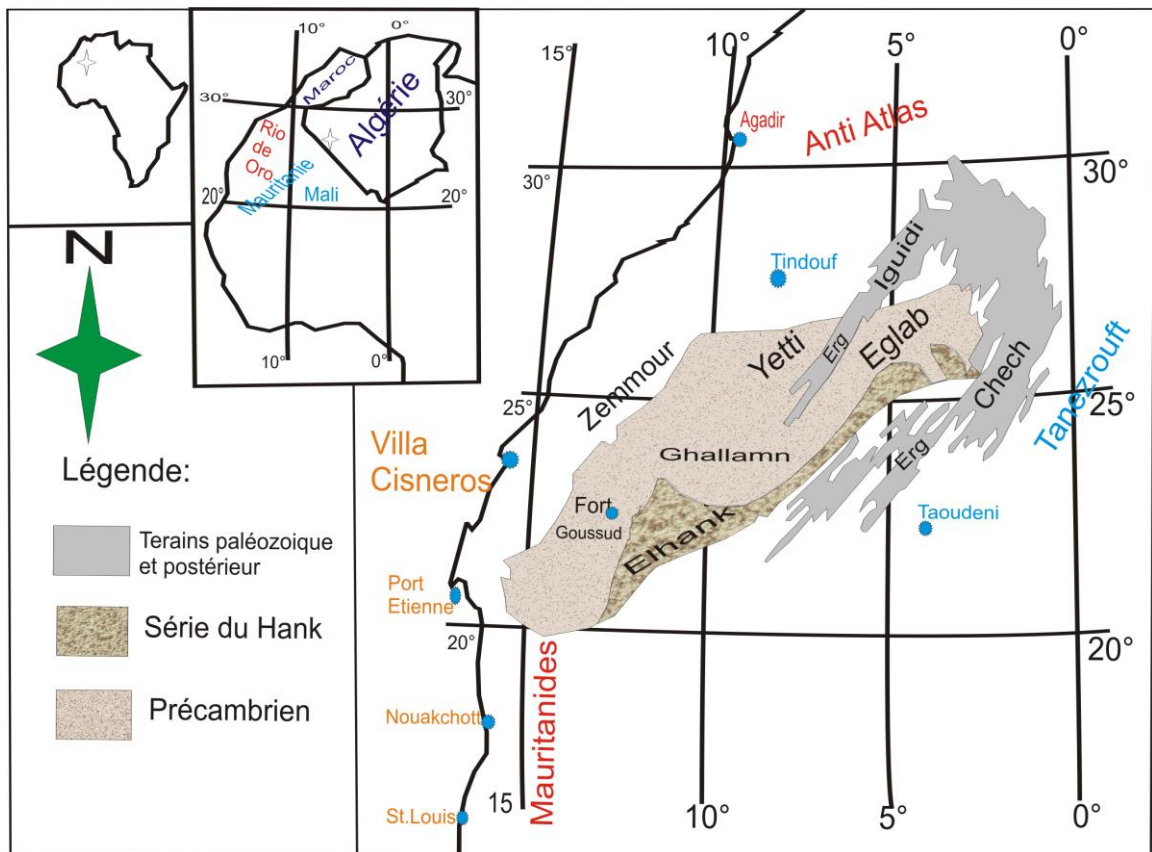


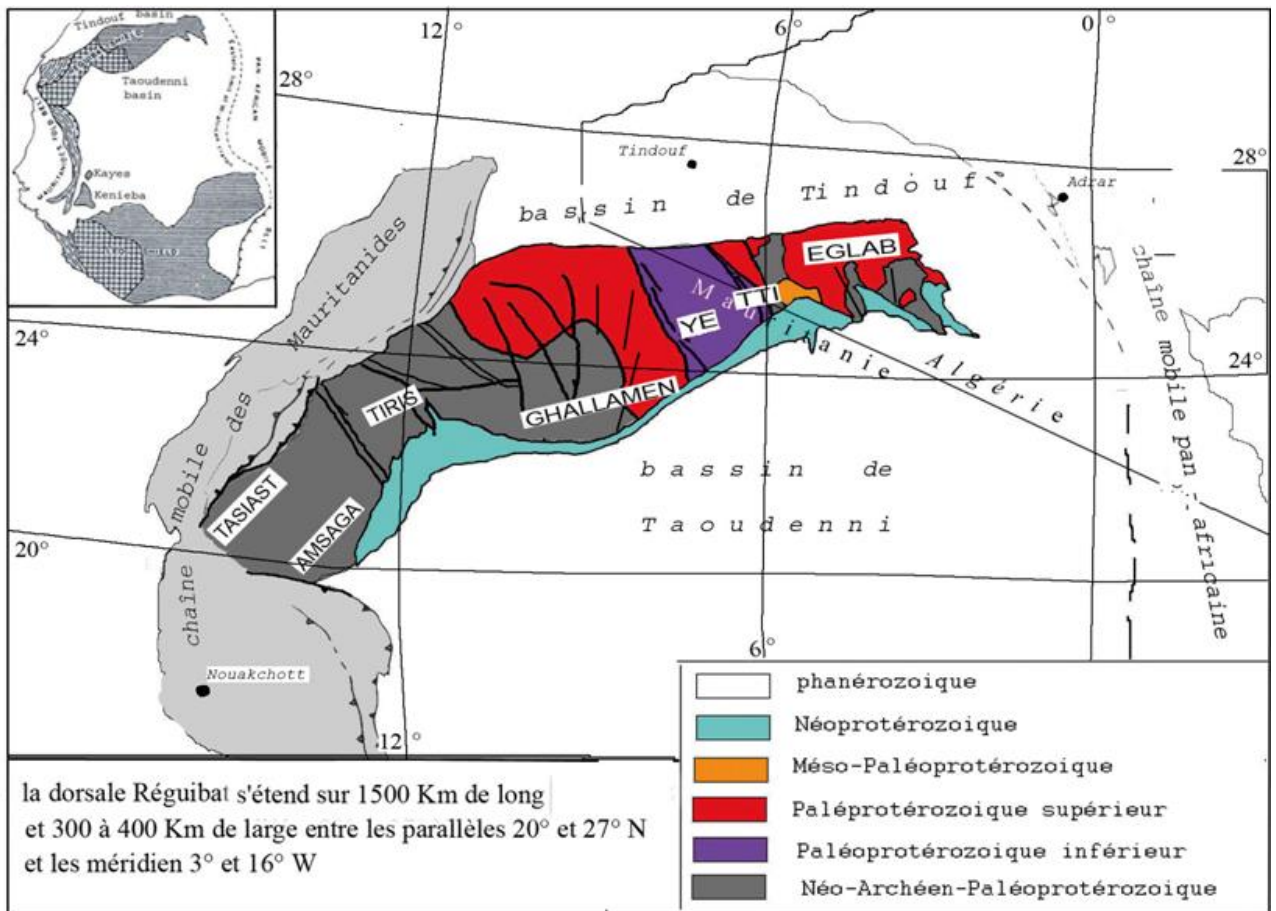
Figure 7 : (Cadre géographique de la dorsal Réguibat). (Sabaté et Lomax, 1975)

### 3. Le Cadre Géologique

La dorsale Réguibat, connue aussi sous le nom de « Pays cristallin Réguibat » (**Menchikoff, 1949**), désigne les ensembles cristallins et cristallophylliens qui forment une antéclise entre les synclises de Taoudenni et de Tindouf.

La dorsale Réguibat constitue une boutonnière de socle orientée ENE-WSW, cernée par les Terrains sédimentaires du bassin de Tindouf au Nord et du bassin de Taoudenni au Sud.

Figure 8: Schéma géologique de la dorsale Réguibat ;Le quadrilatère montre le craton ouest africain



(Benramdane, 2007).

En 1977, Bessoles a subdivisé la dorsale Réguibat en trois parties, se présentant de l'Ouest vers l'Est comme suit :

➤ **La partie Occidentale :**

Sa grande portion affleure en Mauritanie, cette région regroupe les dépôts suivants : Le Tasiast, le Tijirit, l'Amsaga, le Tiris et le Rio d'ro, qu'ils regroupent des ensembles des faciès très anciens d'âge précambrien archéens.

➤ **La partie Centrale :**

Cette partie est constitué par des faciès métamorphiques (gneiss à biotite) et des faciès magmatiques (les amphibolites, quartzites) qu'ils sont regroupés dans la série de Ghallaman qu'elle lui-même recoupé par deux phases orogéniques l'un métamorphisme régional et plissement majeur.

➤ **La partie Orientale :**

C'est une zone dans la plus grande partie se situe en territoire algérien, analysé par **Gevin (1951-1958)**.

La majorité de cette zone se trouve en territoire algérien. Elle se partage en deux domaines d'importance inégale et différenciée morphologiquement d'âge Paléo Protérozoïque, l'un à l'Ouest représenter par le Yetti correspondant à un reg granitique et l'autre affleure à l'Est désigner le domaine d'Eglab, formé essentiellement par des massifs rhyolitiques. Ces deux domaines sont séparés par une zone de fracture orientée SSE-NNW correspond à la jointure **Yetti-Eglab (Sabaté, 1973)**.

Cette partie orientale comprend plusieurs séries lithologiques.

**. Le Domaine Eglab :**

Le massif des Eglab se situe dans la partie orientale de la dorsale Réguibat (le Sud-ouest Algérien), il se trouve entre les méridiens 2°30'W et 6°30'W, ces limites géographiques au Nord et au Sud sont respectivement les bassins de Tindouf et Taoudenni, à l'Est Erg Chech, et à l'Ouest Erg Iguidi. Ce dernier montre une évolution éburnéenne spécifique où deux étapes orogéniques importantes ont été identifiées. La première correspond à une activité magmatique entre 2,21-2,18GA et la deuxième à 2,09 GA responsable de la jointure Yetti Eglab (**Peucat et al. 2005**). Deux domaines naturels constituent ce massif :

- **Yetti**, situé à l'Ouest du méridien 6° W, elle est dépourvue de relief et caractérisée par la présence des étendues noirâtres et par de vastes pénéplaines blanchâtres appelés « Reg » ; cette absence de relief est à l'origine du nom Yetti (de l'arabe « yttih » signifiant se perdre).
- **Eglab** à l'Est du méridien 6° W, c'est le pays Eglab aux sens strictes où la présence des collines volcaniques et pitons appelés « Guelb », confèrent à cette région le nom des « Eglab », cette région est caractérisée aussi par la prédominance des Regs granitiques de couleur rouge à rose (**in Benramdane, 2007**).
- Ce massif est constitué par des granites et autres formations volcaniques et volcano- sédimentaires du protérozoïque inférieur (Birrimien), qui surmontent un socle archéen totalement rajeuni par l'orogénèse éburnéenne (**Bessoles, 1977**).

### **Lithostratigraphie**

Le massif Yetti-Eglab est représenté par les formations suivantes :

#### **1- Le substratum granito-gneissique :**

Il est représenté par la série de Chegga et Erg Chech. C'est des formations cristallophylliennes recoupées par des roches basiques et granites syntectoniques de type TTG.

#### **2- Séries "éburnéennes" sédimentaires et volcano-sédimentaires :**

Elles sont représentées par la série du Yetti, la série d'AkiletDeilel et la série de l'Oued Souss qui ont été respectivement décrites par : **Gevin, (1951), Sabaté (1973), Buffière et al. (1965)**.



### 3- Série "tardi-éburnéenne" épicontinentale :

Celle-ci constitue une entité particulièrement bien délimitée dans le bassin d'El

Jnoun-Chindrar et elle est divisée en deux épisodes à caractères épicontinentaux (**Bessoles, 1977**) :

#### ➤ **Le Guelb el Hadid inférieur :**

Décrite pour la première fois par **Gevin (1951)**. Elle a été divisée en deux faciès passant latéralement l'un à l'autre :

- Le faciès « Eglab-Chindrar » gréseux au début puis surmonté en discordance par un terme volcano-sédimentaire et conglomératique

- Le faciès "conglomérat principal" de roches volcanique de l'Oued Souss est un poudingue d'extension bien plus restreinte que le précédent ;

#### ➤ **Le Guelb el Hadid supérieur :** discordant sur le précédent dans le bassin d'El Jnoun-Chindrar et est représenté par deux faciès : les grès arkosiques et les arkoses roses à galets. (**Seddiki 2011**).

### 4- La couverture Néoprotérozoïque

Elle est représentée par la série de Hank, et repose en discordance sur les ensembles cités au-dessus amorçant le bassin de Taoudenni. Les dépôts sédimentaires sont de nature

Argilo-gréseuse à carbonatée.

### 5- Ceinture Paléozoïque

La ceinture dumassif précambrien s'étale de l'Eo-Cambrien jusqu'au Carbonifère (**Benramdane, 2007**). A sa base elle comporte des niveaux glaciaires rattachés aux tillites reconnues dans le Nord du Sahara. Cette couverture a été structurée en deux larges dissymétriques qui sont le synclinal de Tindouf et de Taoudenni.

### Dépôts Pliocènes et Quaternaires :

Les dépôts pliocènes sont sous forme de Hamada tandis que les dépôts quaternaires regroupent des alluvions, limons et argiles, des dépôts de piémont, des dépôts

DeSebkhat, des regs et Ergs. (**In Seddiki**).



## 4. Le magmatisme

Le magmatisme de la partie orientale de la dorsale Réguibat est dominé par les roches acides et intermédiaires comparées aux roches basiques et ultrabasiques peu présentes.

Il est daté entre l'intervalle 2250-2050 Ma où plusieurs épisodes magmatiques se sont manifestés sur les deux domaines Yetti et Eglab avant et après leur collage vers 2,09 Ga. Le domaine du Yetti est caractérisé par la présence de plusieurs variétés magmatiques qui sont essentiellement des granites blancs à roses au sein desquels affleurent des gabbros, des diorites et des syénites alcalines en pointements isolés (**Benramdane, 2007**).

Le volcanisme Eglab couvre près du quart de la superficie de cette région, il s'agit d'une association volcanique essentiellement rhyolitiques qui pourrait être liée au plutonisme "Aftout", dont elle en serait l'ultime manifestation (**Peucat et al 2005**) ; Il est représenté par de larges batholites de granitoïdes et roches basiques associées ainsi que par des volcanites en pitons.

Les roches volcaniques sont présentes soit en intercalations ou en appareils formant l'essentiel du relief Eglab.

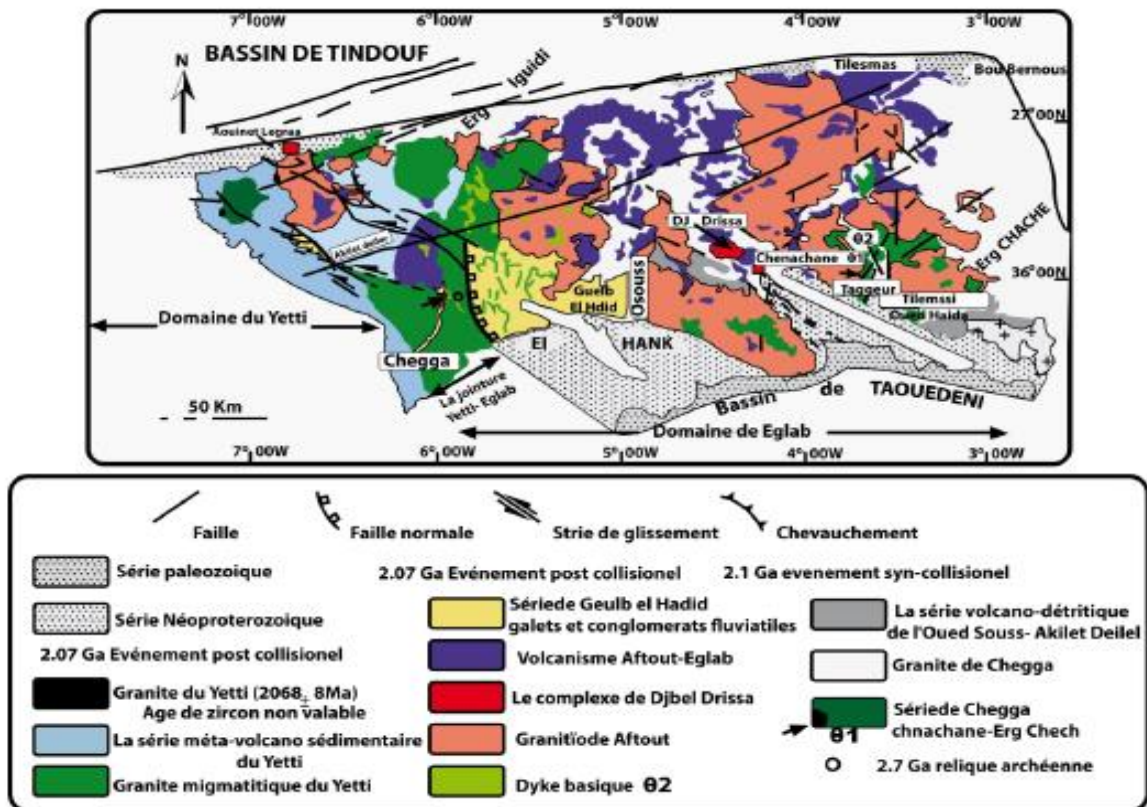


Figure 9 : Schéma structural des Eglab, d'après Kahoui et al. 2008

### 5. Conclusions

Dans le Yetti et les Eglab, J.M Buffière et al. (1965) ont signalé la présence de filons et intrusions tardives. Ils ont noté la présence de filons lamprophyriques qui appartient au cortège filonien des granites Aftout, mais d'autres filons sont manifestement plus récents. Ces filons sont en général minces, de direction le plus souvent Nord-Sud et recourent toutes les formations. Quelques sillons se trouvent dans la série de Guelb el Hadid, mais, parmi ces sillons, le plus importants sont ceux qui sont intrusifs dans la série du Hank. Ce sont de dolérites très fines, noirâtres qui très résistantes donnent, des reliefs. Ces dolérites ont une composition de gabbro.

Les roches basiques paraissent plus abondantes dans la partie occidentale de la dorsale de Réguibat que dans la partie Orientale. Les lamprophyres signalés par G. Rocci sont sans doute liés au plutonisme d'âge éburnéen comme les lamprophyres du yetti et des Eglab, lié au Pluton Aftout. En ce qui concerne l'âge des dolérites et gabbros, il est difficile de trancher entre l'opinion de J. Barrère qui considère que la plupart de ces intrusions sont postérieures à la migmatite (2500 MA) mais, antérieures au précambrien supérieur et celle d'autres auteurs qui présentent que beaucoup de ces manifestations volcaniques sont postérieures aux formations de couverture, donc paléozoïques ; il est vraisemblable que les deux générations existent.

**Chapitre V**  
**Les altérations hydrothermales dans les**  
**Eglab**

## Chapitre V : Les altérations hydrothermales dans les Eglab

### Introduction

Aujourd'hui les minéralisations directement liées aux plutons granitiques sont parmi les principaux gisements minéraux présents dans le monde,

En domaine des Eglab, les minéralisations se présentent suivant 2 types (In Benramdane, 2007)

- un type filonien à gangue de quartz qui associé aux minéraux de fer et cuivre. Les filons apparaissent en cortège filonien en bordure du batholite du magmatisme Aftout et ne débordent qu'accidentellement

- du type disséminé et dispersé dans les granites Aftout, mais sans relation avec le système filonien.

### 1. La série d'Akilet Deïel

#### 1.1. Contexte géographique

La région d'Akilet Deïel est considérée, comme une zone de contact des domaines Yetti à l'Ouest et l'Eglab à l'Est (Sabaté, 1979), correspond à la série de couverture de ce dernier domaine (Bessoles, 1977). Elle occupe la partie Est et centrale de l'Eglab, est limitée au Nord par le pluton Aftout, à l'Ouest par la série du Yetti et au Sud par la région Areigat-Lemah.

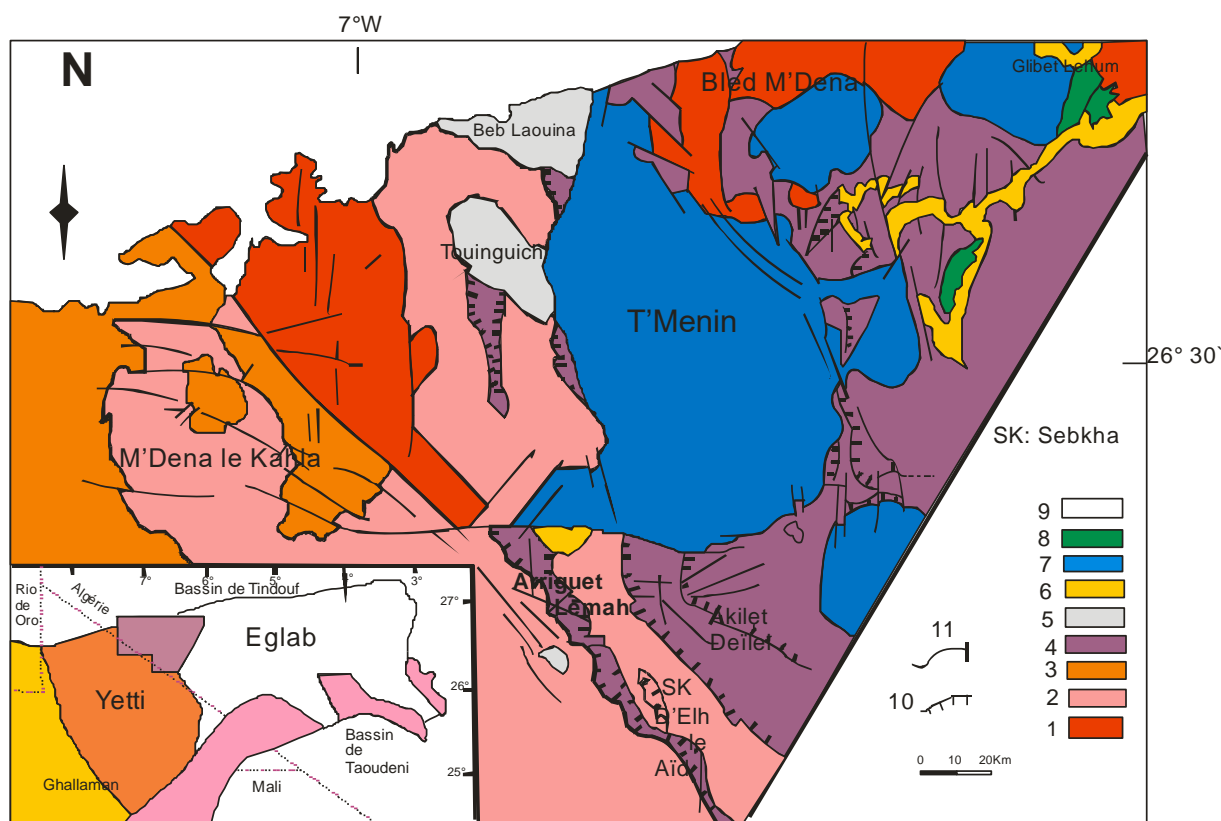
Du point de vue morphologique, la région d'Akilet Deïel, montre un paysage pénéplaine, légèrement ondulé avec des côtes variant de 325m à 363m, elle est drainée par un réseau hydrographique de faible importance qui est masqué en grande partie par les regs granitiques (in Della, 2003).

#### 1.2. Contexte géologique

La série d'Akilet Deïel correspond à la série de couverture du domaine Eglab ; une partie des sédiments qui la composent avait été attribuée par **Buffière et al. (1965b)** à la série de Guelb el Hadid, les autres termes ayant été rapportés à la série de l'Oued Souss (**Buffière et al, 1966**).

La série d'Akilet Deïel est détritique et volcanodétritique. Elle est principalement constituée de grès quartzites clairs, d'arkoses souvent grossières, de conglomérats

polygéniques à ciment tuffacé acide. Les galets, en générale arrondis, sont essentiellement des rhyolites, des cornéennes de la série du Yetti, des granites de Chegga. Dans ces dépôts s'intercalent des sills acides ou basiques. Les conglomérats, microconglomérats et matériaux détritiques tuffacés représentent la plus grande partie des dépôts de cette série (**Bessoles, 1977**)



*Figure 10 : Schéma structurale de la jointure Yetti-Eglab (Sabaté, 1973)*

- 1) Série et Granites de Chegga,
- 2) Série de Yetti,
- 3) Granite de Yetti,
- 4) Série d'Akilet Deïel,
- 5) Granite de la jointure Yetti-Eglab,
- 6) Gabbros Aftout,
- 7) Granite Aftout,
- 8) Série de Guelb el Hadid,
- 9) Couverture paléozoïque,
- 10) Contact anormaux,
- 11) Faille et dykes

### 1.3. Les altérations hydrothermales

Les processus d'altération observés dans les volcanites acides d'Akilet Deilel, paraissent assez important dans certains faciès.

#### 1.3.1 L'altération propylitique

**a.1. L'Épidotisation :** Les roches moyennement acides et basiques subissent les processus d'épidotisation du plagioclase. Elle apparaît aussi à proximité du contact avec les granites.

**a.2. La Chloritisation :** très fréquente.

#### 1.3.2 L'altération phyllitique

**La Séricitisation :** elle est observée avec l'épidotisation du plagioclase dans les roches moyennement acide et basique.

#### 1.3.3. La Feldspathisation

(microclinisation) postérieure y est aussi observée.

### 1.4. Les minéralisations

La série d'Akilet Deilel présente un potentiel métallifère assez intéressant parmi lesquels nous dénombrons :

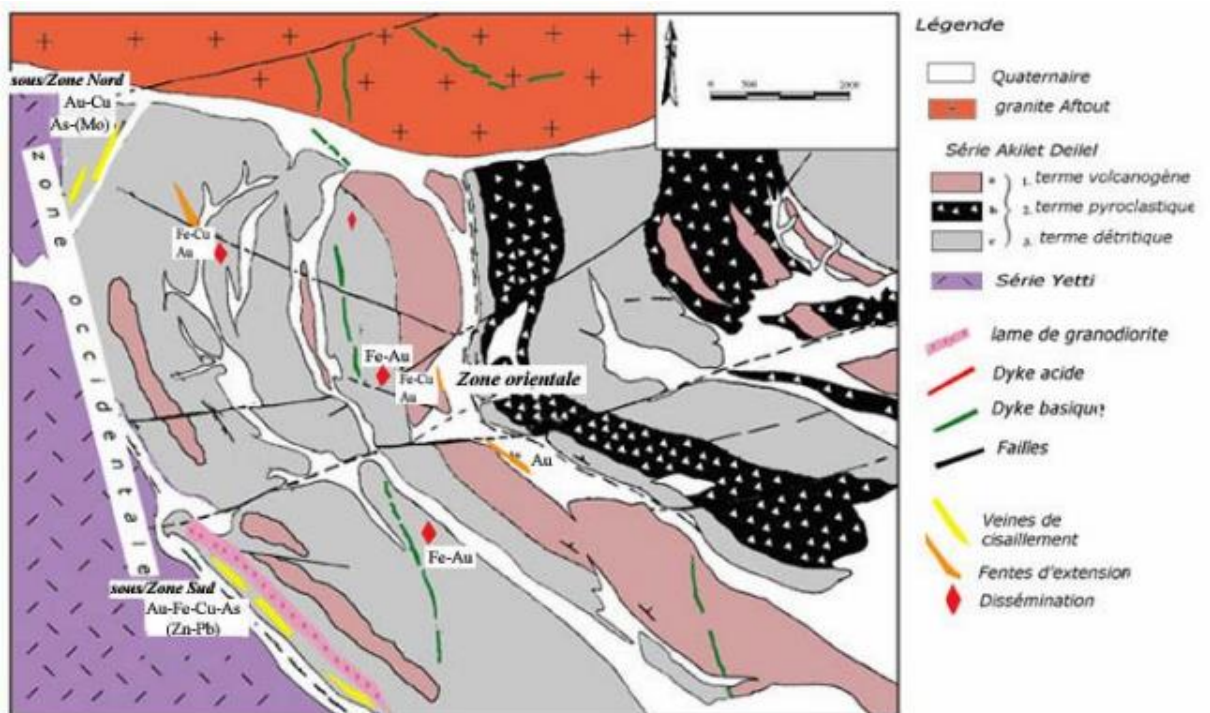


Figure 11: carte géologique de l'indice Akilet Deilel (in Benramdane, 2001)

### **a) Minéralisation en pyrite :**

La pyrite est observée dans les pyroclastites d'Akilet Deïel et dans les filons de quartz, sous forme de grains xénomorphes et idiomorphes de dimension de 0.1 à 0.3mm.

### **b) Minéralisation en Hématite :**

L'hématite a été localisée généralement dans le quartz ainsi que dans des fissures associées à la limonite. Elle se présente en cristaux idiomorphes de taille de 0.5mm et en lamelles.

### **c) Minéralisation en limonite :**

Elle apparaît souvent dans les zones de broyage des métagrés, des métapélites et du quartz. Elle se localise dans des veinules, des fissures et autour de grains d'hématite.

### **d) Chalcopyrite :**

La chalcopyrite se trouve dans le quartz, les grauwakes et dans les pélites argilo-gréseuses, apparaît sous forme de grains xénomorphes de 0.1 à 0.3mm de diamètre.

### e) Minéralisation en Chalcocite :

Elle est observée en grains dans le quartz de 0.1mm de diamètre ou en plages xénomorphes d'épaisseur 3mm.

### f) Minéralisation en cuprite :

Elle se présente dans le quartz en association avec l'Or et entoure la chalcocite et la chalcopyrite.

### g) Minéralisation en malachite :

Elle entoure des plages de chalcocite considérée comme un minéral de remplacement de la cuprite.

### h) Minéralisation en covellite :

Elle a été déterminée dans le quartz autour de la cuprite et la chalcopyrite.

### i) Minéralisation en Sphalérite :

Elle est observée en grains très fins inférieure à 0.01mm, associée à de la pyrite et de la chalcopyrite.

### j) Minéralisation en Or :

Des indices d'Or ont été localisé, dans la région d'Akilet Deïlel, en particulier, au niveau de quartz blanc laiteux filonien en association avec la chalcocite, cuprite, malachite, hématite et limonite (**Benramdane, 2001**).

Cet indice ayant des caractères de gîtes d'or orogéniques de type shear zone aurifère ; c'est un nouveau type inconnu jusque-là sur le massif Yetti- Eglab

## 2. La structure circulaire de Bled M'Dena

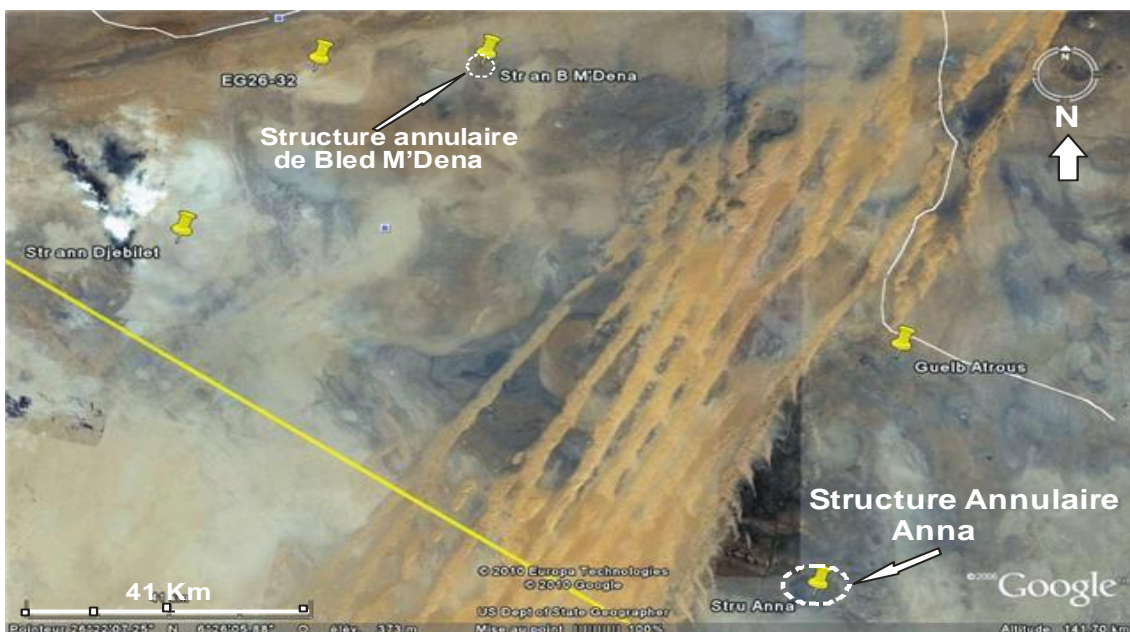
La structure de Bled M'Dena est sujette à de vaste investigation et prospection minières entreprises par l'ORGM, en vue de mettre en évidence son évolution pétrologique, métallogénique et structurale. Si la véracité de l'existence d'une répartition concentrique des altérations résultant d'une activité tardi ou post-magmatique relevant de l'hydrothermalisme au s.l est avérée dans ce que les géologues de l'ORGM soupçonnent être un gisement de type « porphyre » à cuivre ou a molybdène ; cela leur permettra de cibler d'avantage leurs recherches et de réduire ainsi les coups de l'exploitation qui incombent à des travaux d'une telle envergure.



D'où l'importance de la détermination des altérations qui peuvent être des traceurs ou des indicateurs pétrographiques indirects de minéralisation comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, et leurs cartographies à l'échelle d'une structure de ce type qui est capitale.

### 2.1. Contexte géographique et géologique

La structure annulaire de Bled M'Dena, se localise à l'ouest de la jointure Yetti-Eglab. Située aux coordonnées 6°33'W et 26°38'N, C'est un complexe magmatique qui recoupe le pluton d'Aftout (In Tabeliouna, 2009). Limitée au nord par Aouinet Lagraa, au sud par Areigat Lemah, à l'ouest par Gara Djbilet et au sud-est par Erg Iguidi.



**Figure 12:** Image satellitale (Google Earth), vue d'ensemble de la situation de la structure de Bled M'Dena. (In Allami ;2015)

Du point de vue morphologique nous distinguons deux ensembles :

- Un ensemble externe à la structure circulaire qui est constitué d'un substratum composé d'anciennes formations.
- Un ensemble interne qui est la structure circulaire dont le diamètre est de 5 Km , ayant un aspect de bassin très érodé.

**a) Ensemble externe :**

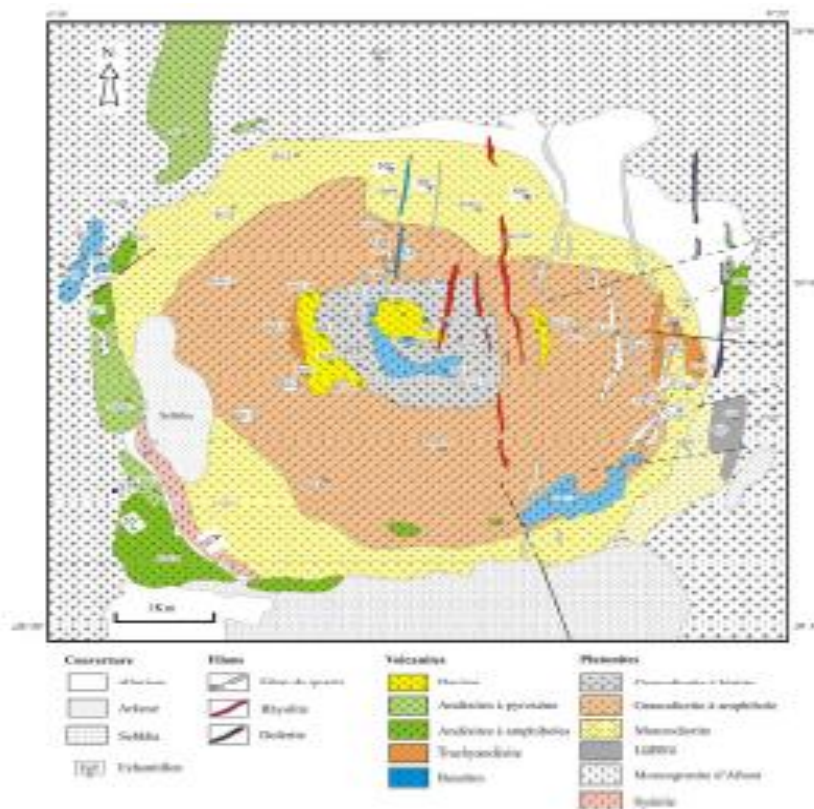
Il s'agit d'un substratum constitué d'affleurements clairs, à reliefs moyennement accentués, sous forme de grosses boules ; ces affleurements appartiennent aux formations anciennes de la série Chegga, et de la série Chenachane- erg Chech, se rapportant au système de base Reguibat.

**b) Ensemble interne :**

La structure circulaire est caractérisée par une bouche volcanique, former au centre par des dacites.

L'intérieur de la structure est constitué de granitoïdes, de lave sombres et claire et de grandes étendues de galets de quartz.

Cette structure est bordée au sud par des arkoses, à l'ouest par des laves sombres appartenant à la série d'Akilet Deilel, à l'Est par des dykes rhyolitiques très érodés, et au nord par de grosses boules du granite Chegga.



**Figure 13 ; schéma géologique de la structure annulaire de Bled M'Dena (Tabeliouna,2009)**

### 2.2. Les altérations hydrothermales

La partie centrale d'un gisement porphyrique est souvent cernée de plusieurs zones d'altérations d'une origine hydrothermale incontestable, et dont la répartition zonaire se traduit, de l'intérieure de la structure vers l'extérieure, de la façon suivante : **(in Lagraa, 2014)**.

**a) Altération potassique** : située au centre, elle est la mieux exprimée et la plus agressive. Elle se traduit pour Bled M'Dena, par un assemblage minéralogique à feldspath potassique, biotite, quartz, séricite, anhydrite, magnétite, pyrite.

**b) Altération phyllitique** : avec quartz, séricite, et pyrite.

**c) Altération argileuse** : avec kaolinite, montmorillonite, quartz et chlorite. Celle-ci s'accompagne souvent d'un lessivage du calcium faisant disparaître les carbonates et l'épidote.

**d) Altération propylitique** : avec épidote, chlorite, calcite, séricite, magnétite et pyrite. Cette dernière assure généralement la transition avec les roches encaissantes relativement exemptes d'altération.

Il est cependant à retenir qu'une telle zonalité des altérations ne relève pas de l'absolu.

Nous pouvons assister à des variations locales où s'inscrivent tantôt l'absence d'une ou de plusieurs de ces zones. Tantôt une inversion de ces dernières.

### 2.3. Les minéralisations

La minéralisation est surtout concentrée dans le magma granitique, elles se manifestent habituellement sous forme de fines disséminations dans les roches, selon une disposition tout aussi zonaire ou empruntant la fracturation qui véhicule la pyrite, chalcopryrite, bornite, molybdénite...etc.

Nous distinguons 6 types de minéralisations en minéraux métallifères qui sont **(rapport ORGM, 1984)** :

- a) La minéralisation en pyrite
- b) La minéralisation en plomb- zinc
- c) La minéralisation en cuivre
- d) La minéralisation en Or
- e) La minéralisation en molybdène

### a) La minéralisation en pyrite

Elle est abondante surtout dans le magma granitique, dans les filons de quartz, ainsi que dans les roches encaissantes. Par ailleurs, nous savons que la pyrite cristallise pour la plupart du temps en faible température ;  $t < 200^{\circ}\text{C}$ .

Nous la trouvons parfois non accompagnée par d'autres minéralisations, et parfois, elle se trouve agencée à l'Or, au molybdène et au cuivre.

La pyrite se trouve aussi dans les migmatites du substratum.

Les roches encaissantes minéralisées en pyrite sont : les rhyolites microporphyriques, les dacites et les rhyodacites, les syénites, et les filons de quartz.

### b) La minéralisation en Plomb-Zinc :

Cette minéralisation est faiblement concentrée dans le magma granitique, elle se trouve au sud de la structure circulaire. La minéralisation plomb, zinc est représenté par la galène PbS.

La température de cristallisation du plomb, zinc est  $200^{\circ}\text{C}$  à  $300^{\circ}\text{C}$ .

### c) La minéralisation en cuivre :

Elle n'est pas très abondante, nous la trouvons dans les filons de quartz de diverses structures et dans les microgranites sous forme de malachite ( $\text{Cu}_2 (\text{OH})_2 \text{CO}_2$ ) (carbonate basique de cuivre).

Dans le quartz gris et rosâtre, elle est associée à la pyrite, à l'Or et au molybdène parfois dans le quartz rosâtre, elle est lessivée. Par contre, dans le quartz à texture rubanée elle se trouve associée au molybdène.

La température de cristallisation de la malachite est aussi entre  $200^{\circ}\text{C}$  et  $300^{\circ}\text{C}$ .

### d) La minéralisation en Or :

Elle se trouve dans les filons de quartz gris et rose qui recoupent le granite. La minéralisation se présente sous forme de petits grains ou d'imprégnations associés surtout à la pyrite, au molybdène, et surtout dans les zones oxydées du filon. Dans le quartz rose, elle semble plus abondante et associée surtout à la minéralisation en molybdène, et au cuivre sous forme de malachite lessivé.

La température de l'Or est assez basse  $t < 200^{\circ}\text{C}$ .

- f) La minéralisation en molybdène :** Elle est la plus abondante, se trouvant uniquement dans les filons de quartz de diverses textures. Elle est associée à une faible minéralisation en malachite et se présente sous forme de molybdénite ( $\text{MoS}_2$ ), c'est des lamelles disséminées suivant une ligne de quartz grisâtre, dans le quartz à texture rubanée.

La minéralisation en molybdène se forme avec une température de 300°C, au minimum

### 2.4. La zonalité

D'après les différentes observations faites sur les différentes sortes de minéralisations, nous constatons un déroulement de plusieurs stades de minéralisation, des minéraux ferreux comme le fer (pyrite), molybdène, de non ferreux comme Pb, Hg, et minéraux métallique nobles comme l'Au.

Ces filons minéralisés sont épigénitiques au magma granitique. Il est sûr que plusieurs stades de minéralisation se sont déroulés, mais nous ne pouvons en donner l'explication, car la liaison entre les différents minéraux métallique n'est pas visible (**ORGM, 1984**).

### Conclusion

La région d'Akilet Deïlèl présente un potentiel métallifère d'une grande importance en matière d'exploitation et d'exploration. L'intérêt économique de cette dernière a attiré de nombreux prospecteurs miniers. Il s'agit d'une minéralisation polymétallique essentiellement cuprifère associé à l'Or, qui se trouve au niveau d'un matériel volcano-sédimentaire

La particularité du complexe de Bled M'Dena est de reffermer des minéralisations à Mo et Cu, associées aux diverses altérations hydrothermales affectant l'ensemble des roches plutoniques du complexe (In Lagraa,2014). La minéralisation est dominée par la molybdénite qui se trouve soit disséminée dans la matrice de la roche, soit isolée dans les filonnets de quartz microcristallin. Les autres sulfures, pyrite, chalcopyrite et galène, sont également disséminés dans la roche ou dans des veines de quartz. La bornite et la covellite accompagnent cette association minérale. L'Or natif, les tellures d'Ag, Sb, Bi, Zn et As, la fluorite, l'anhydrite et, la barytine, en très faible quantité, et localement liées à la molybdénite.

# **CONCLUSION**

### Conclusion générale

Les altérations hydrothermales sont un métasomatisme chimique qui résulte d'un déséquilibre chimique entre la roche encaissante et le fluide hydrothermal. On observe deux types extrêmes : **(Beaudoin, 2006)**

1) *canalisé*, d'extension locale et généralement discordant. Contrôlé par une porosité de fracture  
2) *pervasif*, souvent d'extension régionale, discordant ou concordant, résultat de la perméabilité de la roche encaissante.

Parmi les principales réactions d'altérations hydrothermales nous citons :  
l'hydrolyse, l'hydratation, la déshydratation et la silicification :

Les altérations hydrothermales sont classées par assemblage minéralogique ainsi le type d'altération porte le nom du minéral dominant.

La classification pétrographique la plus souvent adoptée est celle de **Meyer et Hemley (1967)**. que voici :

- altération argileuse
- altération potassique de faible température
- altération propylitique
- altération séricitique
- altération potassique de forte température
- silicification.

Tout développement intense de minéraux hydrothermaux, tout changement de couleur ou de granulométrie justifient une étude en tant que guide possible vers une concentration minérale.

Les gîtes d'affiliation hydrothermales -qu'ils soient de type porphyre, VMS, filons ou autres -sont formés par l'écoulement de fluides hydrothermaux qui transportent des métaux en solution, ainsi ils constituent, à travers le monde, de grandes ressources d'Or et de métaux de base.

Le massif des Eglab (au S.W. Algérien) constitue un bon exemple, du fait que les études réalisées dans cette région sur les altérations hydrothermales -bien qu'elles soient préliminaires- portent à croire qu'ils existent des gîtes type porphyre à cuivre et à molybdène (la feuille de Aouinet Lagraa), en plus des filons de quartz minéralisés.

D'un point de vue macroscopique, nous pouvons différencier le plus souvent les altérations suivantes : la feldspathisation, l'épidotisation, la quartzification et la pyritisation



## CONCLUSION

---

Et plus rarement : la kaolinisation, la carbonatisation, l'albitisation et la séricitisation, cependant, microscopiquement, cette dernière semble être plus fréquente.

Les minéralisations qui leurs sont associées sont assez varié et semblent être plus importantes dans la feuille d'Aouinet Lagraa (Akilet Deïlel et Bled M'Dena)

La région d'Akilet Deïlel présente un potentiel métallifère d'une grande importance en matière d'exploitation et d'exploration. L'intérêt économique de cette dernière a attiré de nombreux prospecteurs miniers. Il s'agit d'une minéralisation polymétallique essentiellement cuprifère associé à l'Or, qui se trouve au niveau d'un matériel volcano-sédimentaire

La particularité du complexe de Bled M'Dena est de refermer des minéralisations à Mo et Cu, associées aux diverses altérations hydrothermales affectant l'ensemble des roches plutoniques du complexe (In Lagraa,2014). La minéralisation est dominée par la molybdénite qui se trouve soit disséminée dans la matrice de la roche, soit isolée dans les filonnets de quartz microcristallin. Les autres sulfures, pyrite, chalcopirite et galène, sont également disséminés dans la roche ou dans des veines de quartz. La bornite et la covellite accompagnent cette association minérale. L'Or natif, les tellures d'Ag, Sb, Bi, Zn et As, la fluorite, l'anhydrite et, la barytine, en très faible quantité, et localement liées à la molybdénite

Sur ceux, la présence d'une altération ne doit jamais être négligée, en l'utilisant, le géologue se souviendra qu'il doit d'abord découvrir des *règles locales* à la suite d'une étude minutieuse, et non appliquer aveuglément des observations faites en d'autres régions.

## **Références Bibliographiques**

### Références bibliographiques

- Abbou-Kebir K. (2003).** Etude pétrographique des granitoïdes de la structure circulaire de Bled M'Dena (Eglab, SW algérien). *Mém. Ingéniorat, Univ. Oran.*
- Agricola G. (1556).** (publié en anglais en 1950). De Re Metallica (Traduit par H.C. Hoover et L.H. Hoover). *Dover publications, pp 638.*
- Allami.F.Z.(2016).** Pétrologie et géochimie des plutonites basiques de la structure annulaire d'Anna (Chegga), comparaison avec celle de la structure annulaire de Bled M'Dena (Eglab occidentale, Dorsale Réguibat, S.W. Algérien), *thèse Magister, univ.Oran, Algérie,99p*
- Azzouni-Sekkal A. (1976).** Les stocks plutoniques basiques de la jointure «Yetti-Eglab ». *Thèse Doct. 3<sup>ème</sup> cycle Univ. Alger, 99p.*
- Baudin T.(1996).** Rapport de la mission de terrain dans les Eglab et le Yetti, *Mém. Serv. Géol. Algérie, n°8, pp.53-60.*
- Beaudoin G. (2006).** Manuel de gîtologie et métallogénie. *Fac. des Sci. et de Génie., Univ. De Laval, Quebec.*
- Benramdan H, Bellal. M et Kolli. O,(2001).** Gold mineralisation in the Yetti-Eglab (N.E. Reguibat shield, SW algeria). Mineral deposits at the beginning of the 21<sup>st</sup> century. *The 6<sup>th</sup> Biennial SGA-SEG meeting Warsaw, Poland ; Piestrznski et al (ed), AA. Balkema Publishero, pp.695-698.*
- Benramdan H, (2007).** Contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations aurifères de la zone de jointure Yetti-Eglab (SW. Algérien). *Thèse magistère, USTHB, Alger. 120p.*
- Bessoles B. (1977).** Géologie de l'Afrique : le craton ouest Africain. *BRGM n°88.*
- Buffière J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1965a).** Etude géologique de la partie orientale de la dorsale Réguibat, région des Eglab et secteur Nord du Yetti. *Rapp. Inéd. (SERMI), Paris, Déc. 1965, n°ALG. 63-09-IV, 23Op.*
- Buffière J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1965b).** Notice explicative de la carte géologique à 1/500000 de la région des Eglab et la bordure Nord du Yetti. *(SERMI), Paris,38p.*
- Buffière J.M., Fahy J.C. et Petey J. (1967).** Sur l'ensemble Yetti-Eglab et sur la couverture infratillitique en territoire algérien. *C.R. Acad. Sci. Paris, n° 262, pp. 1513- 1516.*
- Buffière J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1966).** Sur l'ensemble Yetti- Eglab et sur la couverture infratillitique en territoire algérien. *C.R. Acad. sci., Fr., 262, pp.1513-1516.*
- Burnham CW. (1962).** Facies and types of hydrothermal alteration. *Econ. Geol., 57, pp.768-784.*
- Cahen L. (1961).** Review of geochronological knowledge in Middle and Northern Africa. *Ann. New York. Acad. Sci., 91, n°2, pp. 535-567.*

## Références bibliographiques

---

- Cahen L. (1963).** Grands traits de l'agencement des éléments du soubassement de l'Afrique centrale. Esquisse tectonique à 1/5 000 000. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 85, n°6, pp. 183-195.
- Choubert G., Faure-Muret A. et Charlot R. (1968).** Le problème du Précambrien en Afrique Nord-occidentale. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam. Fr.*, (2), n°4, pp. 289-311.
- Choubert G. et Faure-Muret A. (1971).** Tectonique de l'Afrique. *UNESCO*.
- Clifford T.N. (1970).** The structural frame work of Africa in African magmatism and tectonics. *Edited by Cilfford and Cass, Oliver and Boyd, Edinburgh*, pp. 1-26.
- Clifford T.N. (1970).** The structural framework of Africa in African Magmatism and Tectonics *edited by T.N. Clifford and I.G. Gass, Olivier and Boyd, Edinbourgh*, pp. 1-26.
- CONSOREM. (2004).** Paramètres des altérations hydrothermales des gisements de type VMS et aurifères : Comparaison de la performance d'indicateurs d'altération *Doc. Consorem (inédit)*
- Creasey SC. (1959).** Some phase relations in the hydrothermally altered rocks of porphyry copper deposits. *Econ. Geol.*, 54, 3, pp.351-373.
- Della O. (2003).** Etude pétrographique des volcanites acides d'Akilet Deïlel (Eglab, SW algérien) et comparaison avec celles des séries précambriennes du craton ouest africain. *Mém. Ingéniorat, Univ. Oran*, 7lp.
- Foucault A. et Raoult J.F.** dictionnaire de géologie, *DUNOD*, 6<sup>ème</sup> édition.
- Gevin P. (1951).** Sur la structure du massif cristallin Yetti-Eglab (Sahara occidentale). *C.R Acad. Sci. Paris*, n° 233, pp. 1129-1130.
- Gevin P. (1958).** Cartes au 1/500000 Eglab et Tindouf. *Ser. Carte Géol. Algérie*.
- Graïne Kh. (1997).** Les dépôts pyriteux et les minéralisations Zn, Pb, Cu, du massif volcano-plutonique miocène de Oued-Amizour (Béjaïa- Algérie) : environnement volcanogénique, altérations hydrothermales, typologie des minéralisations. Thèse magistère, USTHB, Alger.
- Grant J.A. (1986).** The isocon diagramme : a simple solution to Gresen's equation for metasomatic altération, *Economic Geology*, 81, pp. 1976-1982.
- Guerrak 1988.**
- Guilbert J.M., et Park C.F., 1986:** The geology of ore deposits. *W.H. Freeman and Co.*,pp.985.
- Hannington M.D., Sillitoe R.H. et Thompson J.F.H. (1996).** High sulfidation deposits in the volcanogenic massive sulfide environment : *Economic Geologie*, v.91, pp.204-212.
- Ishikawa, Y.; Sawaguchi. T.; Iwaya. S and Horiuchi. M. (1976).** Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration halos. *Mining Geology*, 26: 105-117 (in Japanese with English abs).

## Références bibliographiques

---

- Kahoui M., Drareni A., Fabre J., Peucat JJ. et Kaddour M. (1996).** Age éburnéen du complexe annulaire alcalin du Djebel Drissa (Est de la dorsale Reguibat, Algérie). *Mém. Serv. Géol. Algérie, n°8, pp.53-60.*
- Kirkham R.V. et Sinclair W.D. (1996).** Gîtes porphyriques de cuivre, de molybdène, d'or, de tungstène, d'étain et d'argent. Dans géologie des types de gîtes minéraux du Canada. Eckstrand, Sinclair et Thorp, *édits., Géologie du Canada n°8, pp.468-495.*
- Krasnikow W.I. (1959).** Découverte de gîtes minéraux profonds par l'étude des auréoles de dispersion primaire. *Zeit. Angew. Geol., Berlin, vol II., pp. 533-535.*
- Lagraa .K.(2014).** Mise en évidence d'une minéralisation à Molybdène-cuivre de type porphyre associées au complexe granitique de Bled M'Dena (Eglab, dorsale Réguiat, Algérie), *Thèse doctorat, Univ.Oran2,228p.*
- Large, R. R.; J. Bruce Gemmel; Holger Paulik and Huston, D. L. (2001).** (a). The Alteration Box Plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Econ. Geol., 96: 957-971.*
- Lassere M., Lameyre J. et Buffière J.M. (1970).** Données géochronologiques sur l'axe précambrien Yetti-Eglab en Algérie et en Mauritanie du Nord. *Bull. BRGM 2ème série, IV, 2, pp. 5-13.*
- Lefort J.P., Aïfa T. et Ouddane M. (1994).** Modélisation magnétique des filons subméridiens de l'ensemble Yetti-Eglab (dorsale Réguibat): conséquence géodynamique concernant la marge orientale du craton ouest africain. *Bull. Soc. Géol. Algérie, Vol. n 05, n°2, pp.129-149.*
- Liégeois J.P, Latouche L., Bouhrara M., Navez J. et Guiraud M.(2002).** The LATEA metacraton (central Hoggar, Touareg shield, Algérie) : behaviour of an old passive margin during the pan african orogeny. *Journal of African Earth Sciences, n°37 ; pp. 161-190.*
- Lindgren W. (1933).** Mineral deposits (4<sup>ème</sup> édition). *Mc. Graw-Hill, pp930*
- Lovering, T.S. (1949).** Rock alteration as a guide to ore-East Tintic district, Utah : *Econ. Geol., Monograph I.*
- Lydon J.M. (1984a).** Volcanogenic massive sulphide deposits. Part1 : A descriptive model. *Geoscience, Canada, pp. 145-154.*
- Lydon J.M. (1984b).** Volcanogenic massive sulphide deposits. Part 2 : Genetic models. *Geoscience, Canada, pp. 155-182.*
- Lyon R.J.P. et Tuddenham W.M. (1959).** Quantitative mineralogy as a guide in exploration. *Min. Eng., New York, n°12, pp.1233-1237.*
- McMillan W.J. et Pantelyev A. (1980).** Porphyry copper deposits. *Geoscience, Canada, vol.7, pp. 52-63.*

## Références bibliographiques

---

- Menchikoff N. (1949).** Quelques traits de l'histoire géologique du Sahara occidental. *Annales Hébert et Haug, 7, livre jubilé, Ch. Jacob, pp. 303-325.*
- Meyer C., et Hemley J.J. (1967).** Wall rock alteration : in géochimie de hydrothermal Ore Deposits, H.L. Barnes, *ed., New York : Holt, Rinehart and Winston, p. 166-235.*
- O.R.G.M. (ex E.R.E.M.), (1983).** Rapport final du groupe Eglab sur les travaux de reconnaissance et de prospection régionales (*inédit*).
- O.R.G.M (ex E.R.E.M), (1984).** Rapport du groupe Eglab sur la structure circulaire de Bled M'Dena (feuilles Aouinet Legraa) (*inédit*).
- Peucat J.J., Capdevilla R., Jrareni A., Mahdjoub Y. et Kahoui M. (2005).** The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Ebunian orogenic belt : petrology, geochemistry and geochronology. *Precamb.Res., 136, pp.309-352.*
- Robert F., Boulier A.M. et Firdaous K., (1995).** Gold-quartz veins in metamorphic terranes and their bearing on the role of fluids in faulting. *Journal of Geophysical Research, v.100, pp.12861-12879.*
- Robert F. et Brown A.C. (1986).** Archean gold- bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt., Quebec : Part1. geologic relations and formation of the vein system. *Economic Geology, v.81, pp.578-592.*
- Rocci G. (1964).** Ages absolus, histoire et structure de l'Ouest du bouclier africain. *C. R. Acad. Sci., Fr., 258, pp.2859-2862.*
- Rocci G. (1965).** Essai d'interprétation de mesures géochronologiques La structure de l'Ouest africain. *Sci. Terre, Fr., 10, 3-4, pp. 461-479.*
- Roubault M. (1982).** Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lammare-Poinat, Paris, 382p.
- Routhier P. (1963).** Les gisements métallifères : géologie et principe de recherche. *Edit. Masson et Cie, Paris, Tome II., 1280p.*
- Sabaté P. et Lomax K. (1975).** Données stratigraphiques et paléomagnétiques de la région Yetti-Eglab (Sahara occidental algérien). *Bull. B.R.G.M Fr., section II, n° 4, pp. 293-311.*
- Sabaté P. (1973).** La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne du pays Réguibat (Sahara occidental algérien). *C. R. Acad. Sci. Paris, (D), 276, pp. 2237-2240.*
- Sabaté P. (1973).** La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne du pays Réguibat (Sahara occidental algérien). *C.R. Acad. Sci., Fr. 276, (D), pp. 2237-2239.*
- Sabaté P., Lasserre M. et Lameyre J., (1977).** Rb/Sr ages of some precambrian formations of the eastern Reguibat dorsale : Existence of a metamorphic belt during the Eglab orogeny. *9<sup>th</sup> coll. Geol. Afric. Göttinger, R.F.A., pp. 85-90.*
- Sabaté P. (1979).** Les volcanites Eglab : Données radiométriques de la dernière expression magmatique calco-alkaline du cycle orogénique Eglab (Sahara occidental). *Revue de*

## Références bibliographiques

---

géologie dynamique et de géographie physique. *Vol.21.Fasc.5., pp.326-329. paris, 1979.*

**Sales R. H., et Meyer C. (1948).** Wallrock alteration at Butt, Montana : *Inst. Min. Eng. Trans., 178, pp.9-35.*

**Schwartz G.M. (1955).** Hydrothermal alteration as a guid to ore. *Econ. Geol., 50th Anniversary volume, 1955, pp.300-323.*

**SEDDIKI A., (2011)** lventaire, pétrologie et géochimie du cortège de roches magmatiques (terrestres et extra-terrestres ) retrouvées dans les régions de Chegga et d'Aftout ( Eglabs, Dorsale Reguibat, Sahara du Sud Ouest Algérien. *Thèse Doct., Univ. Oran,*

**Sillitoe R.H. (1993).** Gold-rich porphyry copper deposits : Geological model and exploration implications., *Geological Association of Canada Special Paper 40, pp.465-478.*

**Sougy J. (1960).** Les séries précambriennes de la Mauritanie nord-orientale. *Rept. 21<sup>th</sup> intern. Geol. Congr. Norden, part. 9, pp. 59-68.*

**Steiner A. (1968).** Clays minerals in hydrothermal altered rocks at Wairakei, New- Zeland. *Clays and clay Min., 16.pp193-213.*

**Tabeliouna M., (2008).** les clinopyroxenites et les gabbros associés d'un complexe magmatique annulaire Sud de Gara Djebilet, Eglab, dorsale Réguibat, SW algérien. *Bull, servi, géol, nationale. Vol. 19°3, pp.245-265.*

**Tabeliouna M. (2009).** Pétrologie et géochimie des roches magmatiques de la structure annulaire de Bled M'Dena, (Eglab Occidental, Dorsale Réguibat,SW Algérien). *Thèse Doct., Univ. Oran, 203p.*

**Vachette, (1964).** La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne du pays Réguibat (Sahara occidental algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, t.276, (D), pp.2237-2240.*