

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et l'univers
Département des sciences de la terre et de l'univers



Mémoire

De fin d'étude pour l'obtention du diplôme de MASTER

EN SCIENCES DE LA TERRE

Spécialité : Géo-ressources

Thème

« SIGNIFICATION DE LA PRESENCE DE LA TOURMALINE DANS LES
FILONS AURIFERE, L'INTERET POUR LA PROSPECTION DES
GISEMENTS. EXEMPLE DE L'INDICE ASSOUF MELLENE FEUILLE
TESNOU (TERRANE D'ISKEL, HOGGAR OCCIDENTALS) »

Présenté par : ALLAOUI Mohammed

BELBALI Souleyman

Soutenu le : 19/12/2013 devant le jury composé de :

Mr. ADACI M.	Maitre de conférence A	Président
Mr. HEBBIB H.	Maitre assistant A	Examineur
Mr. BENRAMDANE H.	Maitre assistant B	Examineur
M ^{elle} . CHAOUICHE I.	Maitre assistant B	Encadreur

Année Universitaire 2012/2013



Dédicace

En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-moi de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:

A mes très chers, parents : pour leurs soutient inconditionnel tout le long de mes études.

A mes très chers frères : M'hammed et Moulay Abdellah

A mes très chers sœurs : L'moulat et Chrifa

A tous mes cousins sans exception

A toute ma famille.

A mon collaborateur de mémoire BELBALI Souleyman

Et tous les ami(e) s

A la promotion de la 2^{ème} année master géo-ressources 2012/2013

A tous mes ami(e) s sans exception.



A tous ; je dédie cet ouvrage, qui est le sens de mes études supérieurs, tel un présent du cœur, en priant ALLAH tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur mon parcours professionnel.



ALLAOUI Mohammed



Dédicace

À mes très chers parents

En témoignage de profond amour, de grande reconnaissance et pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bonheur.

À mes très chers frères et sœurs.

À mes tantes et mes oncles et leur enfants

À tous mes cousins sans exception

À toute ma famille.

À mon collaborateur de mémoire ALLAOUI Mohammed

À mes chers (es) amis (es) et collègues

À mes enseignants.

À toute personne qui m'aime, et qui contribuera à ma joie familiale et mon bonheur professionnel.

BELBALI Souleyman

Résumé :

L'indice Assouf Mellene montre une concentration importante de minéralisation aurifère située à l'extrémité nord du terrane d'Iskel (Hoggar occidental). Ce dernier est matérialisée par deux grands accidents 4°30 (à l'ouest) et du 4°50 (à l'est). La minéralisation aurifère est portée par des filons de quartz encaissés essentiellement dans les termes les plus basiques du batholite appartenant au complexe Afedafeda, toujours à proximité des granites « Taourirt ». Le quartz minéralisé est de couleur blanc rougeâtre à grisâtre, accompagné de la tourmaline de type schorle-dravite et la paragenèse sulfurée qui accompagne l'or est représentée généralement par la pyrite et la chalcopryrite et leur produit d'altération. L'or remplit essentiellement les joints stylolitiques qui recoupent le quartz, ou bien il est inclus dans les auréoles d'altération de la chalcopryrite. La comparaison des tourmalines de l'indice assouf Mellene avec les tourmalines des gisements et indices mondiaux ont révélé que ces tourmalines sont riches en fer. Il devient donc se trouver dans la zone externe du champ hydrothermal avec des températures de formation les plus basses.

Mots clés : accidents 4°30 et 4°50 , filons, tourmaline, or, champ hydrothermal, Iskel.

Abstract :

The indice Assouf Mellene shows a main concentration of gold mineralization situated at the northern of Iskel terrane (Western Hoggar). This is evidenced by two great crashes 4° 30 (West) and 4°50 (East). Gold mineralization is supported by quartz veins collected mainly in the most basic of the batholith owned Afedafeda complex, always near granites "Taouirt." The mineralized quartz is white to reddish gray, sometimes with tourmaline (schorle-dravite) and sulphide assemblage accompanying the gold is generally represented by pyrite and chalcopryrite. Gold is either filling joints stylolitiques that cut the quartz mass or is included in the alteration haloes in the chalcopryrite. The comparison between the tourmalines of the indice Assouf Mellene with tourmalines global indices revealed that these tourmalines are rich by iron. So, it is located outside the hydrothermal field with lower temperatures.

Key words : crashes 4°30 and 4°50 , veins, tourmaline, gold, alteration, Iskel.

ملخص:

يحتوي مؤشر أسوف ملان على نسبة هامة من المعدن الحاوي على الذهب الموجود على الحافة الشمالية من تضاريس إسكال (الهقار الغربي). هذا الأخير يحدد من خلال الانهيارين العظيمين 4°30 (غربا) و4°50 (شرقا). ويتدعم المعدن الحاوي على الذهب بعروق الكوارتز تجتمع أساسا في الباثوليت الجد أساسي الموجودة في المعقد البركاني افضفيضة، ودائما بالقرب من جرانيت تاويريت. ويكون لون معدن الكوارتز ابيض إلى المحمر الرمادي، وأحيانا مع التورمالين من نوع شورل-ضرافيت ومزيج الكبريتات المصاحبة للذهب ويتمثل عادة في الكالكوبيريت. الذهب إما يملأ المفاصل التي تشق كتلة الكوارتز وإما يتضمن في حالات التغيير في الكالكوبيريت. المقارنة بين تورمالين مؤشر أسوف ملان و تورمالين بعض الدول استنتجنا ان هذه التورمالينات غنية بالحديد وبالتالي فهي تتواجد خارج الحقل الهيدروحراري حيث الحرارة منخفضة. الكلمات المفتاحية: الانهيارين 4°30 و4°50، عروق، التورمالين، الذهب، الحقل الهيدروحراري، إسكال.

Remerciement

Nous tenons à remercier avant tout notre ALLAH, le très miséricordieux, le tout miséricordieux, qui grâce à lui nous sommes arrivés à ce stade.

Nous voudrions, tout d'abord remercier : Monsieur ADACI Mohamed, qui nous a fait l'honneur de présider le jury, ses encouragements et ses conseils bienveillants.

Nous remercions vivement M^{elle} CHAUCHE Ismahane qui nous ont conseillé, orienté tout le long de cette étude, et qui nous ont fait bénéficier de leur expérience.

Nous présentons nos sincères remerciements à Monsieur HEBBIB Hakim Qui a bien voulu de faire partie du jury.

Nos remerciements vont également à Monsieur BENRAMDANE Hocine pour avoir accepté à examiner ce travail, que nous espérons qu'il lui fera honneur.

Nous tenons à remercier chaleureusement et à exprimer nos profondes reconnaissances à tous, qui nous ont aidé à la réalisation de cet ouvrage.

Et enfin, Nous tenons à remercier aussi tous les enseignants de la filière des sciences de la terre et de l'univers de l'Université ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de situation de secteur d'étude.....	2
Figure 2 : Schéma des principaux domaines structuraux du Hoggar subdivisé par deux accidents majeurs de direction N-S, le 4°50' et le 8°30'	4
Figure 3 : Carte des terranes de bouclier Touareg.....	5
Figure 4 : Section transversale 3D modelée de terrane d'Iskel chevauche le metacraton de LATE.....	6
Figure 5 : Observation pétrographique des minéraux en lames mince et en sections polies (Burkina Faso...)	8
Figure 6 : Carte géologique de la région de Laouni-In Abeggui.....	14
Figure 7 : Les différentes formations géologiques de la la feuille Tesnou	16
Figure 8 : Délimitation du périmètre Tesnou	17
Figure 9 : Filon de Quartz recoupant le massif de granodiorite.....	21
Figure 10 : Cartographie des filons de quartz aurifère de l'indice Assouf Mellene.....	22
Figure 11 : Aspect et morphologie des filons de quartz aurifères de l'indice Assouf Mellene	23
Figure 12 : Les grains de quartz à contours indentés engrenés les uns aux autres.....	25
Figure 13 : Le quartz primaire recoupé par les stylolithes remplis par la tourmaline.....	25
Figure 14 : Le quartz microcristallin de seconde génération, l'assemblage des grains forme une mosaïque..	25
Figure 15 : La séricite se présente en paillettes associée au quartz II.....	25
Figure 16: Le contact direct au filon (Assouf Mellene).....	25
Figure 17 : L'or se présente en grains xénomorphes de taille variable de 5.1 à 147.9 µm	27
Figure 18 : La chalcopyrite sous forme de cristaux xénomorphes, altérés et entourés de plusieurs auréoles d'altération. Des grains d'or se trouvent à la périphérie.....	27
Figure 19 : L'or remplissant les joints stylolitiques qui recoupent la masse quartzeuse.....	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : La classification des tourmalines.....	3
Tableau 2: Tableau récapitulatif des différents gisements dans le monde.....	15
Tableau 3 : Les filons perspectives du secteur Assouf Mellene.....	21

Table des matières

Chapitre -I-Introduction générale

1. But de travail.....	1
2. Méthode de travail.....	1
3. Situation géographique.....	1
4. La structure et la composition chimique des tourmalines.....	2
5. Géologie du Hoggar.....	4
6. Les terranes constituant les domaines du Hoggar.....	5
7. Géologie du terrane d'iskel.....	6

Chapitre -II- Exemples des gisements dans le monde et en Algérie

1. Introduction.....	7
2. Exemples des gisements dans le monde.....	7
2.1. Les gisements primaires d'or de Burkina Faso.....	7
2.2. Les filons de quartz aurifères à tourmaline des gites de Guibaré et Fété Kolé (Burkina Faso).....	8
2.3. la minéralisation d'or, Serra font le groupe d'Itaberaba, la ceinture centrale de Ribeira, SE Brésil.....	9
2.4. Les gisements d'or de la régions d'Amazone au Brésil du nord.....	10
2.5. Les veines de Quartz-Tourmaline en Sierra du nord Nevada Area.....	10
2.6. Le gisement de Zn-U-Mo des Alpes Bergamasques (Italie du Nord).....	10
2.7. La minéralisation primaire de l'or de la chaîne Kibarienne, Nord-Ouest du Burundi, Afrique Orientale.....	11
2.8. Les gisements d'or dans la région orientale de Transbaikalia au terrain aurifère de Darasun de la Russie.....	11
2.9. Les grands gisements archéens Big Bell et Mount Gibson, province de Murchison, Yilgarn Craton, Australie occidentale.....	12
2.10. Les filons d'or-quartz-tourmaline de la zone Okote, Sud de l'Ethiopie.....	12
3. Exemples en Algérie.....	13
3.1. L'indice d'In Abeggui.....	13
3.2. L'indice d'In-Ateï.....	13

4.Conclusion	15
--------------------	----

Chapitre -III- Géologie du secteur d'étude

1.Introduction.....	16
2.Stratigraphie.....	16
2.1.Série volcano-sédimentaire.....	16
2.2.Assise inferieure (volcano-sédimentaire).....	17
2.3.Assise moyenne (Terrigène)	17
3.Magmatisme.....	17
3.1.Le complexe magmatique préorogénique type Afedafeda (Tin tekadiouit-Taklet).....	17
3.2.Le complexe magmatique synorogénique type Aderniba (Imezzarene)	17
3.3.Le complexe magmatique post orogénique type Taourirt.....	18
4.Tectonique.....	18
5.Conclusion	19

Chapitre -IV- Gîtologie

1.Introduction.....	20
2.Morphologie des filons.....	20
3.Conclusion	23

Chapitre -V- Pétrographie et métallogénie

1.Introduction.....	24
2.Description microscopique.....	24
3.Métallogénie.....	26
3.1.Les minéraux métallifères.....	26
3.2.Les minéralisations aurifères.....	26
5.Conclusion.....	26

Chapitre -VI-Discussion et conclusion générale

1.Discussion.....	28
2.Conclusion générale.....	30

CHAPITRE -I-

INTRODUCTION GENERALE

1. But de travail:

La présence de la tourmaline dans les filons de quartz aurifère reste encore à définir. Ce lien semble être significatif, par le fait que l'or est intimement lié à la présence de celle-ci. En effet plusieurs études ont été consacrées sur la relation existant entre les borosilicates et les minéralisations à Uranium, Argent et l'Or. La présente étude se focalise sur l'indice aurifère d'Assouf Mellene (feuille de Tesnou) situé à l'extrémité nord du terrane d'Iskel. La minéralisation aurifère est portée par des filons de quartz avec la présence systématique de la tourmaline. Le but de ce travail est d'essayer de comprendre la signification de la présence de la tourmaline dans les filons de quartz aurifères. Pour cela une compilation et une synthèse bibliographique sur les principaux indices et gisements dans le monde et de les comparer à l'indice étudié.

2. Méthode de travail:

Pour bien mener cette étude, une synthèse bibliographique et des travaux de laboratoires ont été réalisés :

- Etude de lames minces des échantillons prélevés au niveau des filons de quartz aurifères.
- Une synthèse bibliographique sur les minéralisations aurifères liées aux tourmalines (consultation de thèse et d'articles anciens et récents).

3. Situation géographique:

La zone d'étude est située à 360 km de la ville de Tamanrasset, elle-même distante de 130 km au N-W de la localité d'In-Eker (Figure 1) (Blinikov *et al.*, 1991). L'indice Assouf Mellene est situé sur le territoire de la Feuille Tesnou au 1/200 000 (Blinikov *et al.*, 1991). Le secteur d'Assouf Mellene est caractérisé par un relief accidenté dessiné par des chaînons droits orientés sensiblement N-S et des oueds carrossables (Blinikov *et al.*, 1991).

La route transsaharienne traverse la feuille de Tesnou constitue une voie principale d'accès (ORGM 2008). La végétation quoique très peu développée est rencontrée le long des oueds ou à proximité des points d'eau dont les puits permanents sont : Anou Meniet, Anou Tesnou, Anou Awuidet (Feuille Tesnou au 1/200 000) (ORGM 2008). Le peu de population, généralement pastorale dispersée le long des oueds ou près des points d'eau y élève des caprins et dromadaires. La faune sauvage est représentée par : les gazelles, mouflons, lièvres, scorpions et vipères (Blinikov 1991). Les conditions climatiques sont extrêmes ; l'hiver est rigoureux avec des variations de température considérables : de -5°C la nuit à + 25°C, le jour est un été chaud avec une température journalière avoisine les + 45°C (Blinikov *et al.*, 1991).

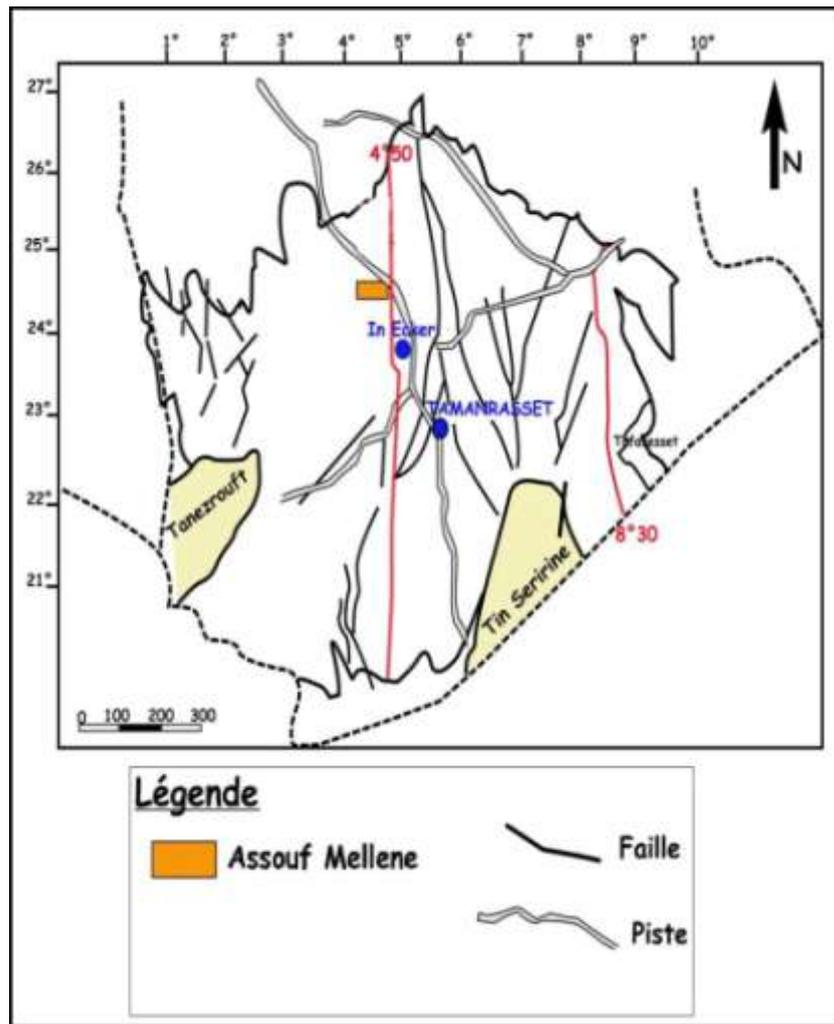


Figure 1: Schéma de situation de secteur d'étude (in Chaouche,2008)

4.La structure et la composition chimique des tourmalines:

Les tourmalines sont des cyclosilicates hydroxylés boroalumineux, souvent présentée comme un minéral "poubelle" au regard de sa formule chimique complexe intégrant des éléments variés au cours de sa cristallisation. La formule chimique générale simplifiée est la suivante :

$X_1Y_3Z_6T_6O_{18}(BO_3)_3(OH)_3(OH,F)_1$ où $X=(Ca,Na,K,□)$, $Y=(Mg,Li,Al,Mn,Fe^{2+},Fe^{3+},V,Cr,Ti,Cu,□)$, $Z=(Al,Cr,V,Fe^{3+},Ti)$, $T=(Si,Al,B,Be)$ (Hawthorne et Henry,1999) (Tableau 1).

La tourmaline cristallise dans le système trigonal rhomboédrique, elle se présente souvent en baguettes ou aiguilles allongées à section triangulaire et faces courbes, sans clivage, à cassure conchoïdale ou inégale et à éclat vitreux (Hawthorne et Henry,1999). Les couleurs sont variées ; noir (schorl ou schorlite, $Y = (Fe,Mn)$ avec $Fe > Mn$), brune à verte (dravite ; $Y = Mg$), bleu clair (elbaïte) à rose (rubellite ; $Y = (Li, Al)$) ; un cristal peut montrer une partie rosée et une autre verdâtre (Hawthorne et Henry,1999). C'est un minéral accessoire commun dans les roches magmatiques, métamorphiques et même hydrothermale.

On trouve par exemple:

- la schorlite dans des granites, pegmatites, filons de quartz, micaschistes et gneiss.
- la dravite dans des calcaires, dolomies et schistes métamorphiques.
- l'elbaïte dans des pegmatites.

Species	(X)	(Y ₃)	(Z ₆)	T ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	V ₃	W
Alkali tourmaline							
Elbaïte	Na	Li _{1,5} Al _{1,5}	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
Dravite	Na	Mg ₃	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
Chromdravite	Na	Mg ₃	Cr ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
Schorl	Na	Fe ²⁺	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
Olenite	Na	Al ₃	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	O ₃	(OH)
"Hydroxy-buergerite"	Na	Fe ₃ ²⁺	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	O ₃	(OH)
"Fluor-elbaïte"	Na	Li _{1,5} Al _{1,5}	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Fluor-dravite"	Na	Mg ₃	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Fluor-chromdravite"	Na	Mg ₃	Cr ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Fluor-schorl"	Na	Fe ²⁺	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Fluor-olenite"	Na	Al ₃	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	O ₃	F
Buergerite	Na	Fe ₃ ³⁺	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	O ₃	F
"Oxy-elbaïte"	Na	LiAl ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-dravite"	Na	MgAl ₂	MgAl ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
Povondraite	Na	Fe ₃ ³⁺	Mg ₂ Fe ₄ ³⁺	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-schorl"	Na	Fe ²⁺ Al ₂	Fe ²⁺ Al ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-chromdravite"	Na	MgCr ₂	MgCr ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Mn-dravite"	Na	Mn ²⁺	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Oxy-Mn-dravite"	Na	Mn ₂ ²⁺ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"V-dravite"	Na	V ₃ ³⁺	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Oxy-V-dravite"	Na	V ³⁺ Al ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
Calcic tourmaline							
"Hydroxy-liddicoatite"	Ca	Li ₂ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Hydroxy-uvite"	Ca	Mg ₃	MgAl ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Hydroxy-feruvite"	Ca	Fe ²⁺	MgAl ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
Liddicoatite	Ca	Li ₂ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
Uvite	Ca	Mg ₃	MgAl ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
Feruvite	Ca	Fe ²⁺	MgAl ₅	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Oxy-liddicoatite"	Ca	Li _{1,5} Al _{1,5}	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-uvite"	Ca	MgAl ₂	Mg ₂ Al ₄	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Ferri-feruvite"	Ca	MgFe ³⁺	Mg ₂ Fe ₄ ³⁺	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-feruvite"	Ca	Fe ²⁺ Al ₂	Mg ₂ Al ₄	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Ferri-feruvite"	Ca	Fe ²⁺ Fe ³⁺	Mg ₂ Fe ₄ ³⁺	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
X-site vacant tourmaline							
Rossmannite		LiAl ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Mg-foitite"		Mg ₂ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
Foitite		Fe ²⁺ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Fluor-rossmannite"		LiAl ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Fluor-Mg-foitite"		Mg ₂ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Fluor-foitite"		Fe ²⁺ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	F
"Oxy-rossmannite"		Li _{0,5} Al _{2,5}	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-Mg-foitite"		MgAl ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-Mg-ferri-foitite"		MgFe ₂ ³⁺	Fe ₆ ³⁺	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-foitite"		Fe ²⁺ Al ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Oxy-ferri-foitite"		Fe ²⁺ Fe ₂ ³⁺	Fe ₆ ³⁺	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O
"Mn-foitite"		Mn ²⁺ Al	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	(OH)
"Oxy-Mn-foitite"		Mn ²⁺ Al ₂	Al ₆	Si ₆ O ₁₈	(BO ₃) ₃	(OH) ₃	O

Tableau 1: La classification des tourmalines (modifié par Hawthorne et Henry, 1999)

5.Géologie du Hoggar:

Le Hoggar est la partie centrale du Bouclier Touareg, est constitué par un amalgame de terrain d'âge panafricain de compositions et d'âges variés (Black *et al.*, 1994). Il se prolonge, au sud-ouest, au Mali, par le massif des Iforas et à l'Est, au Niger, par le massif de l'Aïr.

Le Hoggar affleure au Sud de l'Algérie et s'étend sur près de 700 km du Nord au Sud et 1000 km de l'Est à l'Ouest. Il est recouvert en discordance par des formations paléozoïques (Tassilis) (Liégeois *et al.*, 1994).

Le massif cristallin du Hoggar appartient à la chaîne panafricaine. Il se subdivise par deux accidents majeurs de direction N-S, le 4°50' et le 8°30' en trois grands compartiments subméridiens différent (de l'est à l'ouest, on distingue le Hoggar Oriental, le Hoggar Central et le Hoggar Occidental) (Figure 2) (Burollet, 1995; Bertrand & Caby, 1978).

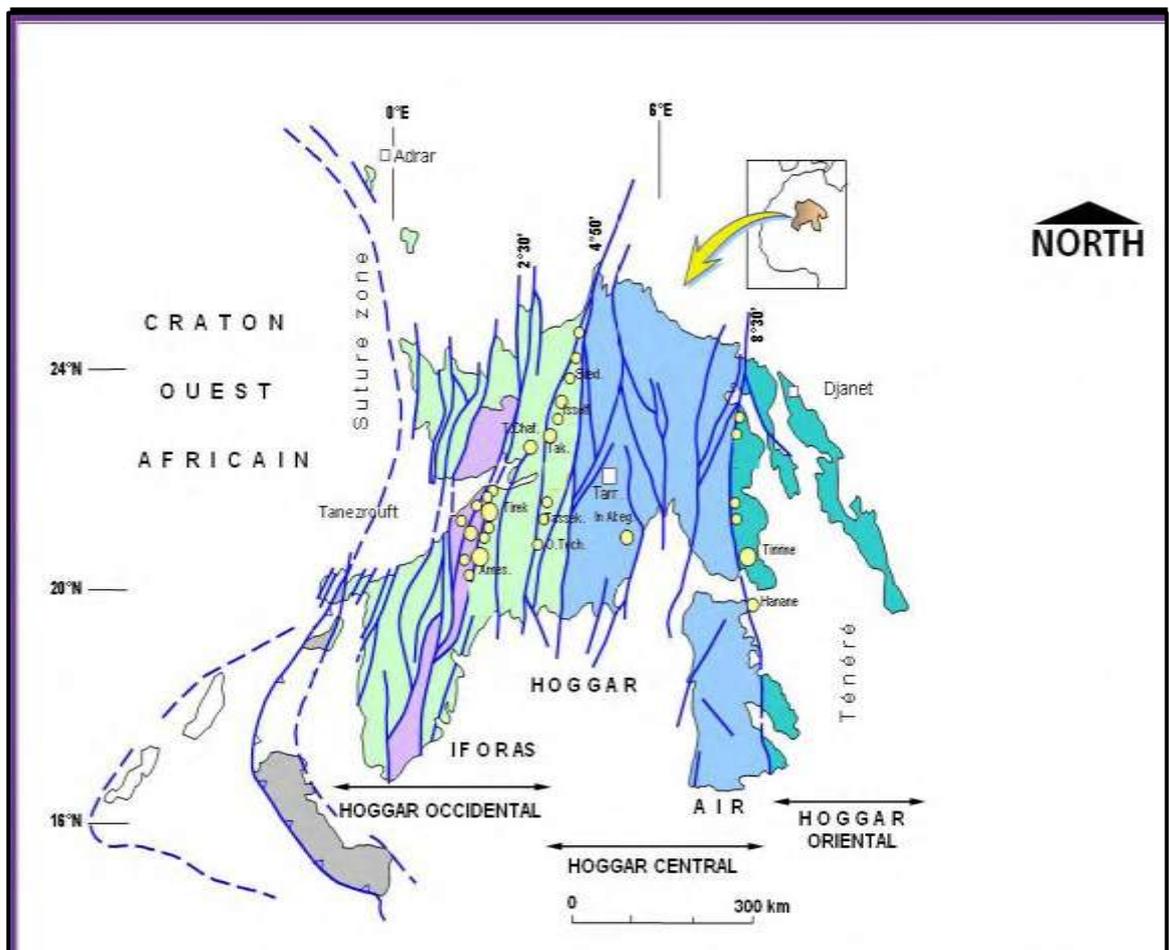


Figure 2 Schéma des principaux domaines structuraux du Hoggar subdivisé par deux accidents majeurs de direction N-S, le 4°50' et le 8°30' (Caby *et al.*, 1982).

6. Les terranes constituant les domaines du Hoggar:

Les terranes sont limités par un réseau de chevauchements et de zones de cisaillement (Lapique *et al.*, 1986). Les zones de suture sont jalonnées par des complexes annulaires granitiques et syénitiques de type “Taourirt” (Azzouni-Sekkal *et al.*, 2003). Les terranes sont pris en tenaille entre le Craton Ouest Africain et le Craton Est Saharien durant l'orogénèse panafricaine de 750 à 550 Ma (Liégeois *et al.*, 1994 ; Black *et al.*, 1994 ; Liégeois *et al.* 2000). Géographiquement les 23 terranes, sont répartis comme suit à l'échelle de tout le Hoggar (Figure 3):

- Le Hoggar oriental: Ils sont accolés les uns aux autres par l'intermédiaire de failles orientées NNW-SSE. Il s'agit des terranes de : Djanet, Edembo, et d'Aouzeggueur.

- Le Hoggar central: Il regroupe quatre terranes (Laouni, Azrou-n-Fad, Téfédést et Egéré-Aleksod), désignée par l'acronyme LATEA . Ce dernier est interprété comme un vieux micro-continent archéo-éburnéen, qui au Panafricain correspondait à une marge passive (Liégeois *et al.*, 2000 ; Latouche *et al.*, 2000). Un bloc oriental (terrane d'Assodé –Issalane), séparés par le terrane juvénile à ophiolites de Serouénout est aussi associé à la LATEA (Liégeois *et al.*, 2003).

- Le Hoggar occidental : Au sein de cette entité panafricaine, le terrane d'In Ouzzal forme un bloc rigide isolé d'âge archéen, structuré et métamorphisé à l'Eburnéen (In Haddoum *et al.*, 1994). Ce bloc sépare le domaine occidental (terranes de l'Ahnet et de Tassendjanet) du domaine oriental (terranes de Tirek, Tin Zaouaten, In Teidini et d'Iskel) (Chaouche,2008).

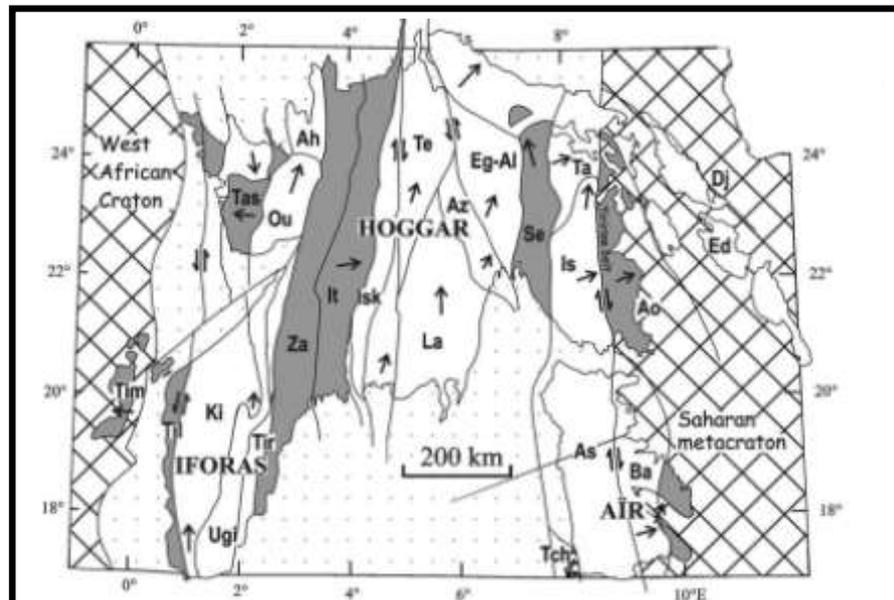


Figure 3: Carte des terranes de bouclier Touareg (Black *et al.*, 1994). De l'Est à l'Ouest, 23 terranes sont Djanet (Dj), Edembo (Ed), Aouzeggueur (Ao), Barghot (Ba), Assod_e-Issalane (As-Is), Tchilit (Tch), Tazat (Ta), Serouenout (Se), Egéré-Aleksod (Eg-Al), Azrou-n-Fad (Az), Tefedest (Te), Laouni (La), Iskel (Isk), In Teidini (It), Tin Zaouatene (Za), Tirek (Tr), Ahnet (Ah), In Ouzzal (Ou), Iforas granulitic unit (Ugi), Tassendjanet (Tas), Kidal (Ki), Tilemsi (Til), Tim_etrine (Tim) (Liégeois *et al.*, 2000).

7. Le terrane d'Iskel:

Le terrane d'Iskel forme une bande N-S de près de 700 km de long et 60 km de large en moyenne. Il est inséré entre le terrane néoprotérozoïque d'In-Tedeïni à l'ouest et le microcontinent LATEA d'âge archéen à néoprotérozoïque à l'est (Liégeois *et al.*, 2003). Il comporte des séries métavolcano-sédimentaires de Néoprotérozoïque attribués aux assemblages d'arc insulaire (de différents âges) (Liégeois *et al.*, 2000). Le terrane d'Iskel est limité à l'Est par l'accident submérien 4°50' qui forme la limite occidentale de la LATEA et à l'Ouest par l'accident majeur 4°30' (Liégeois *et al.*, 2000).

Dans ce terrane affleurent essentiellement des dépôts de plateforme de type volcano-sédimentaire, des sills de roches basiques et ultrabasiques serpentinisées, des granitoïdes calco-alcalins qui sont représentés par de grands batholites de diorites quartziques, granodiorites et rares granites potassiques calco-alcalins, datés par la méthode U/Pb sur zircon (Caby *et al.*, 1982) l'un à 868 Ma (tonalite de Tin-Tékadiouit) et l'autre à 839 Ma (granite de Taklet).

Le terrane d'Iskel chevauche le metacraton de LATEA et il n'a pas son propre manteau lithosphérique (Liégeois *et al.*, 2000) (Figure 4).

Les filons de quartz aurifères occupent un très grand espace du terrane par contre leur concentration est faible. Ce sont donc des petits corps filoniens généralement isolés et présentent une morphologie diverse (Blinikov *et al.*, 1991).

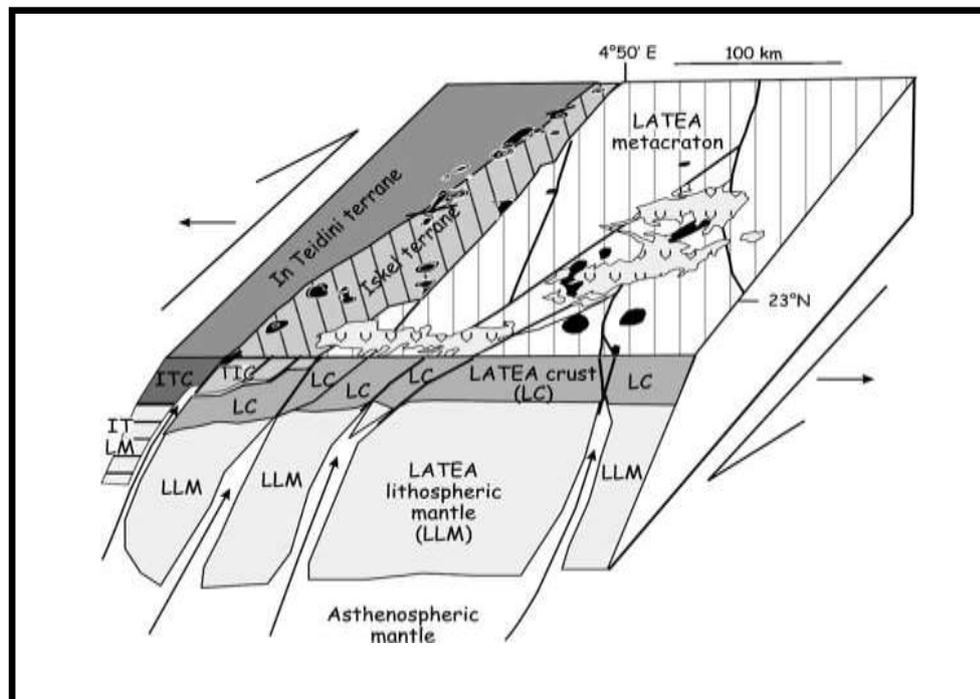


Figure 4: Section transversale 3D modélisée de terrane d'Iskel chevauchant le metacraton de LATEA (Azzouni-Sekkal *et al.*, 2003)

CHAPITRE -II-

**EXEMPLES DES GISEMENTS DANS LE
MONDE ET EN ALGERIE**

1.Introduction :

Les Tourmalines sont présentent dans divers contextes géologiques plus particulièrement dans les gisements de minerai métasomatiques de type filonien liés au granite (Plimer, 1980 ; Yavuz *et al.*, 1999), dans des gisements de métaux non précieux (Taylor et Slack, 1984 ; Plimer et Lees, 1988 ; Jiang *et al.*, 1998), dans les roches volcaniques liées aux filons de la zone d'altération hydrothermale, en disséminations d'U-Zn-Ag-Au (Fuchs et Maury, 1995 ; Yavuz *et al.*, 1999) et dans les roches métamorphiques liées aux filons d'Ag-Cu-Pb-Zn d'Au (McArdle *et al.*, 1989 ; Garba, 1996 ; Béziat *et al.*, 1999).

2.Exemples des gisements dans le monde:

2.1.Les gisements primaires d'or de Burkina Faso:

La minéralisation est encaissé dans les formations métavolcanosédimentaire d'âge Paléoprotérozoïque Birimian. La minéralisation est synchrone avec le métamorphisme régional et la déformation . La minéralisation aurifère est présente dans des veines de quartz boudiné (Béziat *et al.*,2007). Il y a deux types principaux de minéralisation d'or (Béziat *et al.*,2007) :

-Type filonien; sous forme de veines déformés où l'or est principalement concentré dans ces derniers, liées aux sulfures ou à la tourmaline (Figure 5A) (Béziat *et al.*,2007).

Ces veines tendent parallèle vers la foliation régionale (N50-N80, plongeant 60° – 80° SE) (Béziat *et al.*,2007).

- Type disséminé ; dans les albitites avec de l'or présent principalement dans des halos d'altération des veines généralement non déformée de quartz-albite-carbonate (Figure 5B) (Béziat *et al.*,2007).

Les filons de quartz et la minéralisation disséminés peuvent être associés dans le même formation métavolcanosédimentaire. Les albitites et les listvenites sont des produits d'altération principalement des roches plutoniques calco-alkalines à la composition ultramafique, respectivement (Béziat *et al.*,2007). L'association minéralogique prédominante se compose de chlorite, d'albite, de carbonate, et de pyrite (Béziat *et al.*,2007).

Les sulfures sont présentés dans les halos d'altération au contact des veine, constitués principalement de pyrite et arsenopyrite. L'or se présente a l'état libre remplissant les fissure de la guangue ou bien il est en inclusion dans la pyrite et l'arsenopyrite (Béziat *et al.*,2007).

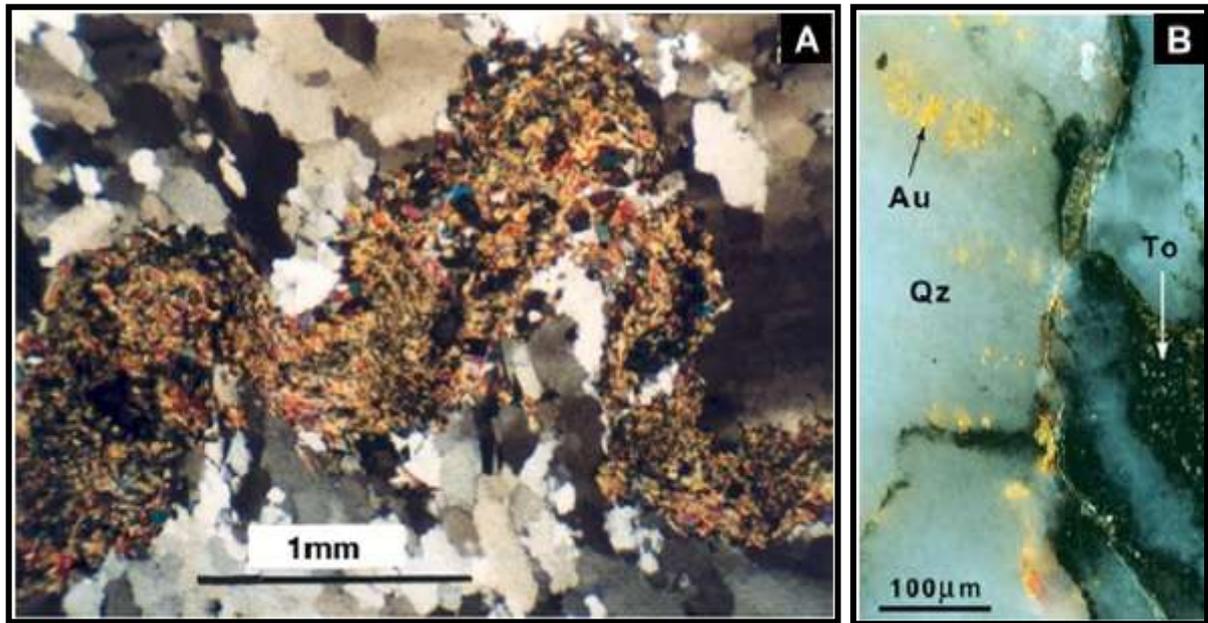


Figure 5: Observation pétrographique des minéraux en lames mince et en sections polies: (A) Le quartz (Qz) recoupé par des veines remplies par la tourmaline (To) . (b) l'or (Au) en dissémination (Burkina Faso) (Béziat *et al.*,2007).

2.2. Les filons de quartz aurifères à tourmaline des gites de Guibaré et Fété Kolé (Burkina Faso):

Les filons apparaissent au sein des formations métavolcanosédimentaires des séries de roches vertes du Burkina Faso (Béziat *et al.*,2007). Ces filons de quartz-tourmaline sont de différentes largeurs (1 cm à 2 m) et longueur (quelques dm à 50 m), à faible pendage et fortement plissés.

La composition chimique des tourmalines varie avec la nature des roches encaissantes : dravite au sein des roches basiques à ultrabasiques à l'exemple du gisement de Guibaré, schorl dans les niveaux métavolcaniques du gisement de Fété Kolé, ce qui est conforme à une hypothèse d'un faible rapport eau/roche dans le système hydrothermal (Béziat *et al.*,2007).

Dans ces deux gites, l'or n'est pas associé aux sulfures mais directement à la tourmaline en remplissage des microfissures (Béziat *et al.*,2007).

Les analyses Mössbauer indiquent la présence de fer ferrique dans la tourmaline . La distribution chimique du fer (Fe^{2+} sur le site Z et Fe^{2+} et Fe^{3+} dans le site Y) ne peut s'expliquer que par le passage de la tourmaline d'un environnement réducteur vers un milieu oxydant par des fluides hydrothermaux tardives (Maury & Fuchs , 1995) , le site Y étant le seul sensible à l'oxydation tardive (Fuchs *et al.*, 1995) .

Une tourmaline riche en Fe^{3+} traduit un environnement oxydant pour la minéralisation (London & Manning 1995 ; Slack 1996 ; Lynch & Ortega , 1997).

Cette hypothèse est confirmée par la rareté des sulfures dans les deux gisements . La différence de Fe^{3+} contenu de la tourmaline de Guibaré et Fête Kolé pourrait être lié à la nature de la tourmaline elle-même (dravite dans Guibaré , schorl en FÉTé Kolé) , le caractère oxydant du fluide, la localisation dans le système hydrothermal (partie centrale ou externe) , l'étendue de la déformation tectonique , et éventuellement d'autres facteurs .

2.3. la minéralisation d'or, Serra font le groupe d'Itaberaba, la ceinture centrale de Ribeira, SE Brésil :

Le secteur d'étude est situé dans le segment central de la province dans la croûte de Néoprotérozoïque Mantiqueira (Da Silva *et al.*, 2005) à la zone orientale d'états de Paraná, de São Paulo et de Rio de Janeiro et de 50 km NE de la ville de São Paulo.

La province de Mantiqueira inclut dans la série structurellement et lithologiquement complexe de ceintures de pli et zones de cisaillement le long de la côte SE du Brésil entre le bassin de Paraná et l'Océan Atlantique.

Les caractéristiques géologiques principales de la province de Mantiqueira formée pendant le cycle orogénique de Brasiliano/Pan African (880 à 500 mA) (Da Silva *et al.*, 2005), la partie centrale de cette province désigné généralement sous le nom de la ceinture de Ribeira sont dominés par des roche volcan-sédimentaires métamorphosées et des granitoids d'arc postérieur. Les zones de cisaillement étendues et profondes NE-SW dissèquent la ceinture de Ribeira .

Les tourmalines de stratabound et les unités volcan-sédimentaires affleurant dans le Serra forment le groupe d'Itaberaba (Juliani et Beljavskis, 1995).

Les concentrations importantes du tourmaline formant des tourmalinites stratiformes, dans des veines minéralisées de quartz-tourmaline au Tapera et de quartzite dans le Mésoprotérozoïque de Serra font le groupe d'Itaberaba, ceinture centrale de Ribeira (São Paulo State, Brésil) (Garda *et al.*, 2009). A partir les analyses de la microsonde, des tourmalines de la région étudiée sont de type schorl (Slack ., 1996).

2.4. Les gisements d'or de la région d'Amazonie au Brésil du nord:

Plusieurs gisements importants d'or ont été récemment découverts dans la région d'Amazonie, d'une grande importance pour l'exploration minérale au Brésil du nord (Costa, 1993).

les caractéristiques importantes d'or sont :

- La minéralisation relativement primaire de sulfure est associée aux veines de quartz recoupant des séries volcan-sédimentaires d'âge protérozoïques (Angélica *et al.*, 1996).

- Occurrences de wolframite et de tourmaline (principalement dravite) comme minerais de base (Angélica *et al.*, 1996).

La structure générale de la partie supérieure de ces horizons comporte une couverture supérieure de latosol, une croûte latéritique bréchiforme de fer et gossan ferrugineux (Angélica *et al.*; 1996).

2.5. Les veines de Quartz-Tourmaline en Sierra du nord Nevada Area:

Localisés au nord-ouest du Nevada et au Nord-Est de la Californie, les veines de quartz à tourmaline renferment du cuivre et de l'or encaissés essentiellement dans les roches triasiques et jurassiques et dans les plutons crétacés (Bowman *et al.*, 1983).

La tourmaline (principalement schorl) est habituellement en couleur noire et le quartz est laiteux, les sulfures sont représentés par la pyrite + le bornite et/ou la chalcopyrite, la magnétite, la chalcocite, la pyrrhotite, la molybdénite, l'arseno-pyrite (Bowman *et al.*, 1983).

Il s'avère que la plupart des veines de quartz-tourmaline sont de type hypothermale (Lindgren, 1933).

2.6. Le gisement de Zn-U-Mo des Alpes Bergamasques (Italie du Nord):

La minéralisation est encaissée dans les formations volcaniques. Dans la zone centrale du système hydrothermal ; les composants principaux de la roche sont le quartz, la séricite et parfois la pyrophyllite (in Chaouche, 2008).

La tourmaline accompagne la mise en place de la sphalérite, d'une première génération de pyrite, de la marcassite et de la tétraédrite (Paulet *et al.*, 1991).

2.7.La minéralisation primaire de l'or de la chaîne Kibarienne, Nord-Ouest du Burundi, Afrique Orientale:

La minéralisation d'or dans le nord-ouest du Burundi est liée a une zone de cisaillement post-kibarienne du Protérozoïque supérieur, d'orientation NNO-SSE, de 60 km de long sur 10 km de large (Brinckmann *et al.*,2001).

L'or apparaît dans des filons hydrothermaux de quartz-tourmaline- muscovite-sulfures-oxydes de fer. Il est inclus dans les sulfures et dans des zones d'altération supergène. Il se présente également sous la forme d'or natif associé aux oxydes de fer (Brinckmann *et al.*,2001).

Il existe des concordances en ce qui concerne l'étude des inclusions fluides et des conditions physico-chimiques semblables pour la mise en place des minéralisations hydrothermales aurifères. Ces résultats indiquent un lien génétique étroit entre la minéralisation mesothermale d'or et les systèmes hydrothermaux liés au magmatisme granitique (Brinckmann *et al.*,2001).

2.8.Les gisements d'or dans la région orientale de Transbaikalia au terrain aurifère de Darasun de la Russie:

Il sont répandus le long de la zone de suture de Mongolie (Zorin *et al.*,1998). La formation de ces dépôts est considérée être liée à la fin de la collision entre les continents de Mongolien et de Sibérien (Zorin *et al.* ,2001).

Les dépôts dans le secteur de Darasun sont l'un des types principaux de minéralisation d'or dans Transbaikalia oriental, et localement désigné sous le nom du « type de Darasun » (Timofeyevsky, 1972).

Le gisement de Darasun comporte des veines verticales ou à fort pendage de quartz aurifère et des zones minéralisées liées au granodiorite-porphyre subvolcanique.

La tourmaline présente des zonations (schorl-dravite) dans la matrice des veines explosives et de minerai dans des gisements d'or, région de Tchita, Transbaikalia oriental, Russie, sont associés aux roches intrusives de type porphyre subvolcanique riches en K et Na (Prokof'ev *et al.*, 2000).

Les tourmalines primaires présentent dans les gisements d'or du secteur de minerai de Darasun sont de type schorl ou dravite riche en magnésium.

La tourmaline secondaire est caractérisé par une augmentation du Fe indiquant une température décroissante.

La tourmaline de troisième génération est formé de cristaux zonés composés essentiellement de magnésium à côté la tourmaline primaire.

Les zones centrales et périphérique des cristaux ont des compositions dravite et " oxy-dravite " enrichi en Fe, et schorl à compositions " oxy - schorl » dans les niveaux profonds de ce dépôt .

La tourmaline riche en Fe^{3+} a été détectée dans un échantillon et peut indiquer la présence de composants buengerite et povondraite .

2.9. Les grands gisements archéens Big Bell et Mount Gibson, province de Murchison, Yilgarn Craton, Australie occidentale:

La production d'or dans la province de Murchison est une des plus importante dans l'Australie occidentale (Woodall, 1990).

La Tourmaline est généralement associé aux gisements archéens où les filons d'or sont encaissés dans la série de diorite, où il semble fréquemment être cogénétique avec la minéralisation d'or (Jiang *et al.*, 2002).

Les Tourmalines appartiennent à la série de dravite-schorl, et tendent à être riches en Mg, étroitement lié aux minerais d'or et de sulfure. Les tourmalines contiennent également des fortes concentrations de métaux tels que l'Au, l'Ag, le Pb, et le Cu.

2.10. Les filons d'or-quartz-tourmaline de la zone Okote, Sud de l'Ethiopie:

La minéralisation aurifère Okote est situé dans la partie méridionale de la série Adola . La série Adola , couvrant une superficie d'environ 5000 km² (Billay *et al.*, 1997) .

Il se compose de deux séries volcano-sédimentaires , à savoir la série Kenticha à l'Est et la série Megado dans l'Ouest. Ces deux bandes sont séparées et délimitées à l'Est et à l'Ouest par des gneiss du complexe Moyenne et Basse complexe (Kazmin , 1972).

Les zones minéralisées de la région Okote ont été produites au cours de l'altération intense des roches mafiques-ultramafiques par interaction avec les fluides de CO₂ , de Bore et le Soufre hydrothermiques qui ont été canalisés le long de zones de déformation élevées (Deksissa et Koeberl, 2001) .

Les filons de quartz-tourmaline de la région Okote appartiennent à la série Néoproterozoïque Adola. Les filons aurifères Métasomatiques de quartz-tourmaline se localise dans les zones N-S a tendances ductile, des zones de cisaillement senestre (Deksissa et Koeberl, 2001).

Ces filons contiennent généralement des quartz, carbonates et tourmalines, avec un peu de pyrite et de la chalcopyrite, de la pyrrhotite accessoire et de l'or (Deksissa et Koeberl, 2001).

Les données pétrographiques et géochimiques des veines aurifères de quartz-tourmaline montrent que l'or et la tourmaline sont génétiquement liés. La forte corrélation entre les teneurs en or et l'abondance des tourmalines riches en Mg (dravite), et les carbonates dans les filons de quartz formant un guide de prospection important pour l'exploration aurifère dans la série Adola du sud de l'Ethiopie (Deksissa et Koeberl, 2001).

3.Exemples en Algérie :

On cite un certains nombres d'indices en Algérie où l'or et la tourmaline semblent être liés. Les filons de quartz aurifères à tourmaline, les plus connus sont au Hoggar : les indices In Abegui et In Ateï (terrane de Laouni) et les indices de Tekouyat, Tesnou (Chaouche,2008) et Tan Chafao (terrane d' Iskel) (Semiani *et al.*,2004).

3.1.L'indice d'In Abegui (Figure 6) :

l'or est porté par des veines de quartz et dans les zones d'altération à quartz-séricite-pyrite-tourmaline qui soulignent des zones de fractures (Semiani *et al.*,2004). La roche encaissante est une intrusion de gabbro mise en place au sein d'un bassin volcano-sédimentaire épizonal d'âge néoprotérozoïque (Semiani *et al.*,2004).

Cette intrusion se présente sous forme d'un corps allongé N-S dont la partie centrale est matérialisée par des pyroxénites à olivine alors que les bordures sont matérialisées par des gabbros riches en titane qui passe parfois à des gabbro-diorites, voir même des diorites (Semiani *et al.*,2004).

3.2.L'indice d'In-Ateï :

Les minéralisations aurifères sont portées par des filons à quartz-tourmaline, d'orientation NE-SW et parfois N-S. Il s'agit de structures de remplacements des accidents affectant les corps gabbroïque et ayant joué le rôle de drain pour les fluides hydrothermaux. La minéralisation aurifère se trouve généralement dans les veines de quartz et rarement dans la tourmaline (Lamali et Aït Talab, 2003).

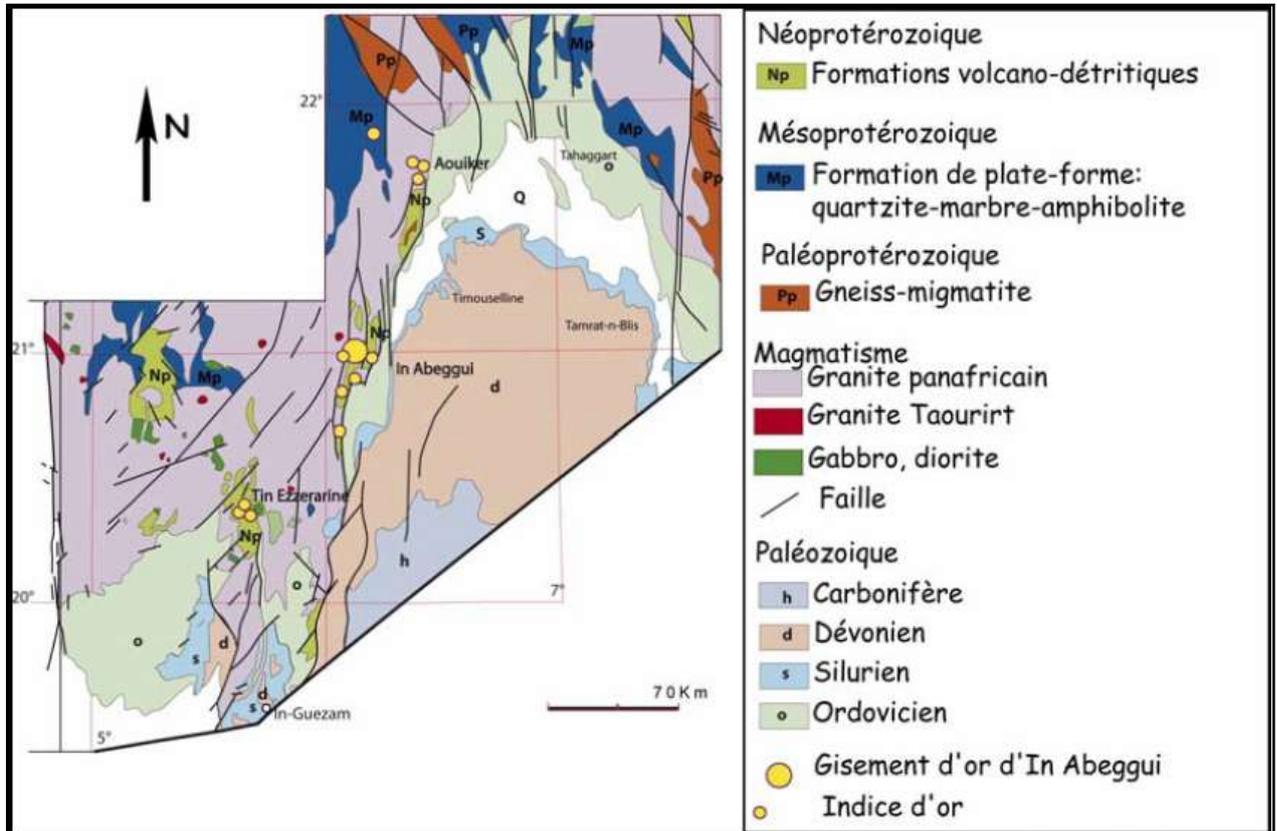


Figure 6 : Carte géologique de la région de Laouini-In Abeggui (Semiani *et al.*, 2004).

4.Conclusion:

Indice	Encaissant	Morphologie	Paramètre des filons		Paragenèse	Altération Hydrothermale	Le fer
			Direction/Pendage	Description de la tourmaline			
Les gisements primaires d'or de Burkina Faso	série métavolcano-sédimentaire	Veines boudiné Déformés et non déformés	N50-N80 60° – 80° SE		chlorite, l'albite, carbonate, pyrite, l'or dans la pyrite et l'arsenopyrite	albite, listvenite	
Les filons de quartz aurifères à tourmaline des gîtes de Guibaré et Fété Kolé (Burkina Faso)	Métavolcano-Sédimentaires	Veines déformés	faible pendage largeurs: (1 cm à 2 m) longueur: (1 dm à 50 m)	Dravite-Schorl	sulfures et or		Le fer ferrique Fe ³⁺ dans le site Y
Les gisements d'or de la régions d'Amazone au Brésil du nord	Série Volcano-Sédimentaire	veines de quartz recoupant des séries volcan-sédimentaires		Dravite	wolframite,sulfure et or		
Le gisement de Zn-U-Mo des Alpes Bergamasques (Italie du Nord)	Série Volcanique				sphalérite, première génération de pyrite, marcassite et la tétraédrite	séricite, pyrophyllite	
Les veines de Quartz-Tourmaline en sierra du nord Nevada Area	Roche plutonique			Tourmaline noir (Shorlite) de type hypothermale	argent, or, pyrite, bornite chalcopyrite, magnétite, chalcocite, pyrrhotite, molybdénite, l'arsenopyrite		
La minéralisation primaire de l'or de la chaîne Kibarienne, Nord-oOuest du Burundi, Afrique Orientale	Granite		NNO-SSE 60 km de long 10 km de large		sulfure et or	oxydes de fer, muscovite	
Les gisements d'or dans la région orientale de Transbaikalia au terrain aurifère de Darasun de la Russie	Granodiorite-porphyre Subvolcanique		verticaux ou à fort pendage	schorl-dravite buergerite-povondraite	sulfure et or		Le fer ferrique Fe ³⁺
Les grands gisements archéens Big Bell et Mount Gibson, province de Murchison, Yilgarn Craton, Australie occidentale	Diorite			dravite-schorl	sulfure et or		
Les filons d'or-quartz-tourmaline de la zone Okote, Sud de l'Ethiopie	séries volcano-sédimentaires		N-S tendances ductile	Dravite	carbonates, pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite et or	B , les fluides de CO2 et Soufre	Le fer ferreux Fe ²⁺
la minéralisation d'or, Serra font le groupe d'Itaberaba, la ceinture centrale de Ribeira, SE Brésil	séries volcan-sédimentaires métamorphosées et des granitoids			schorl	pyrite, chalcopyrite et or		-Le site Z est rempli par Fe ³⁺ -Le site Y est rempli par Fe ²⁺

Tableau 2: Tableau récapitulatif des différents gisements dans le monde étudiés.

CHAPITRE -III-

GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

1.Introduction :

Le secteur d'Assouf Mellene est limitée à l'est par le linéament 4°50' et à l'Ouest par l'accident 4°30'. Il est situé dans la feuille Tesnou au 1/200 000 (Figure 7 et 8) et occupe une surface de 250 Km² (Blinikov *et al.*, 1991).

Les coordonnées sont:

4°37'00"-4°51'00" longitude Est

24°29'00"-24°41'00" Latitude Nord

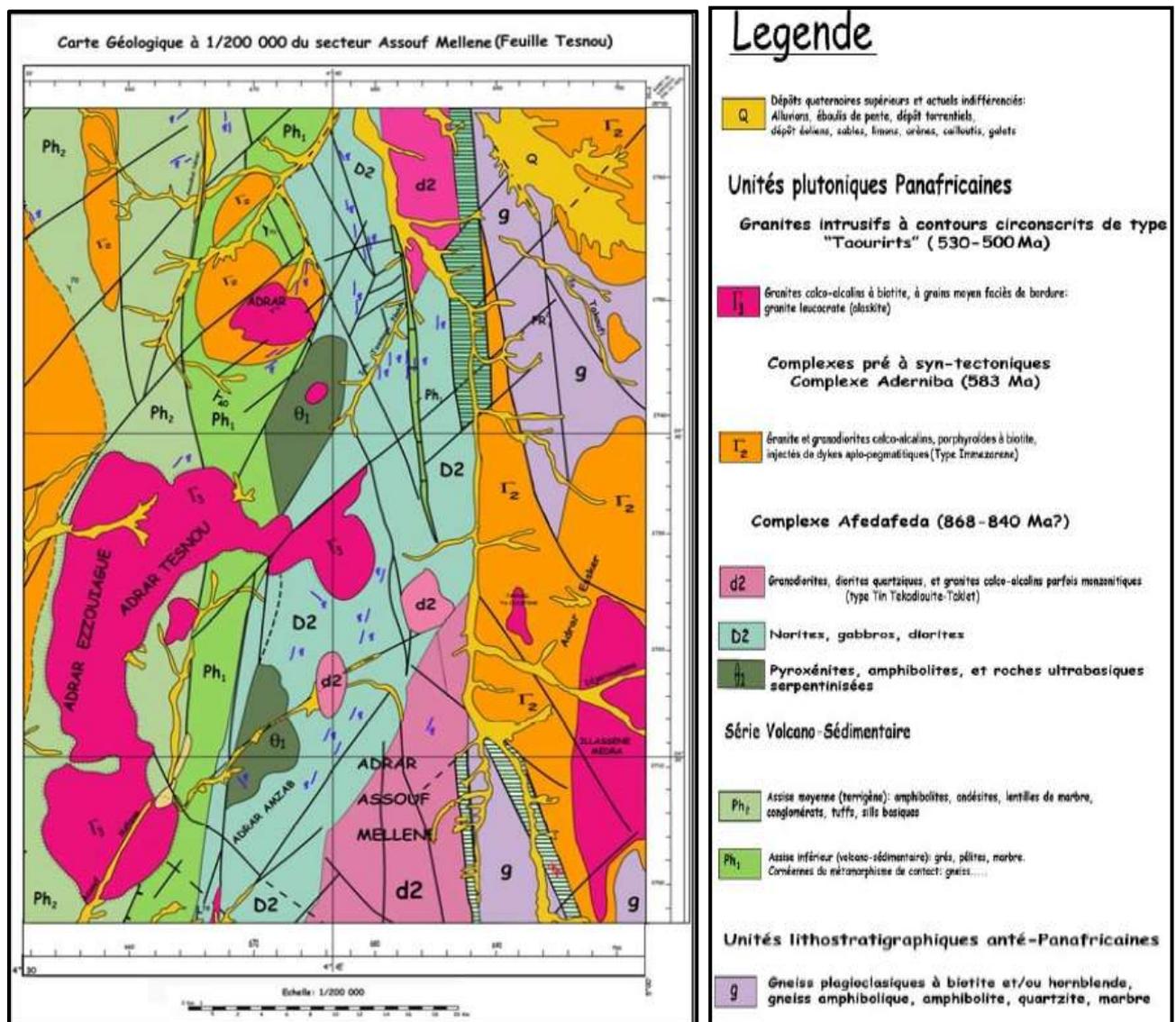


Figure 7 : Les différentes formations géologiques du secteur d'étude.

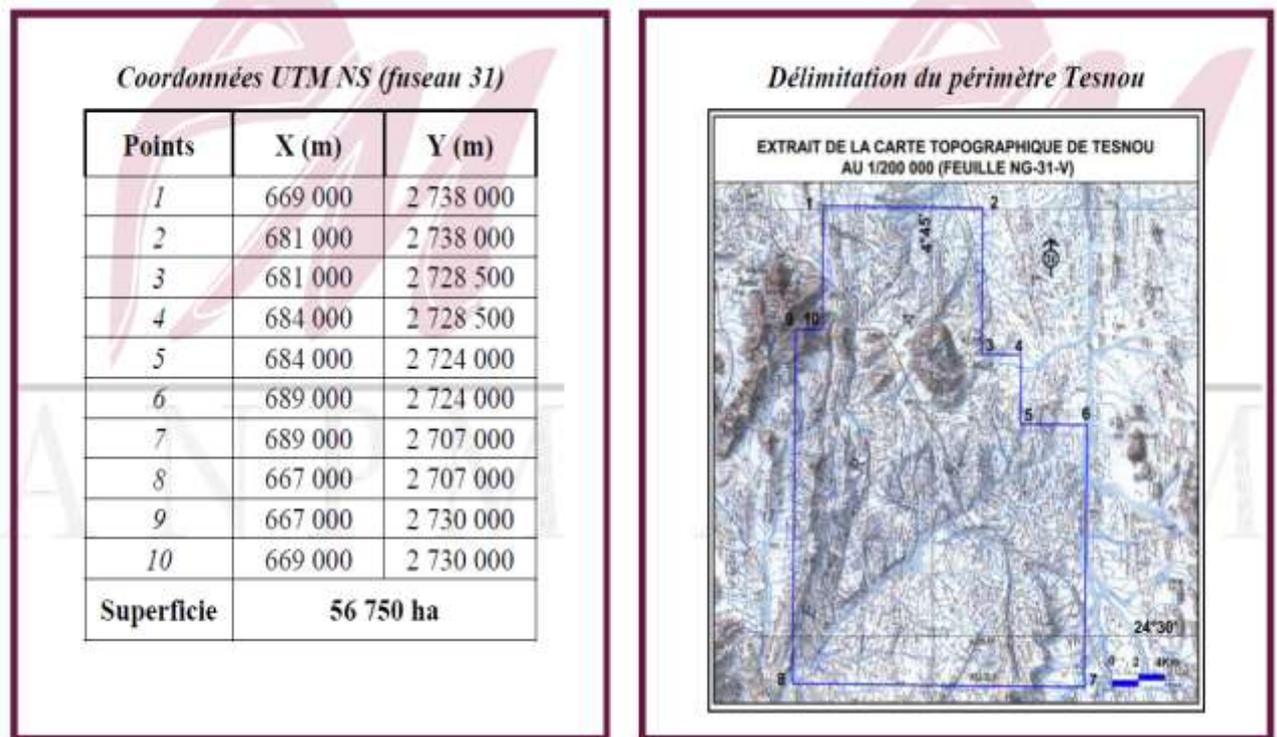


Figure 8 :(A) Délimitation du périmètre Tesnou (Blinikov *et al.*, 1991).

2.Stratigraphie:

2.1.Série volcano-sédimentaire:

Elle affleure sous forme de lambreaux pseudo linéaires, limitée à l'Est par le linéament 4°50' et à l'Ouest par celui du 4°30' à l'Ouest . Elle est composée essentiellement de métasédiments métapélites, métagrés, métaquartzites, marbres, métagravellites, microconglomérats intraformationnels et brèches ayant subi un métamorphose de bas degré : type faciés schistes vert. Cette série est subdivisée dans le secteur d'étude en deux assises :

2.2.Assise inférieure (volcano-sédimentaire) :

Elle est rattachée au cycle Pharusien I (~900-840 Ma), composée de marbres, calcaires marneux moins souvent dolomités, méta-grès, méta-pelites, méta-aleurolites, des passes peu puissantes de quartzites, des lentilles de conglomérats intraformationnels, méta-basaltes , méta-andésites, tufs de composition mixte (Blinikov *et al.*, 1991).

2.3.Assise moyenne (Terrigène) :

Connue également sous le nom cycle Pharusien II (800-650Ma) (Blinikov *et al.*, 1991), elle est représentée par des bancs de calcaires et des schistes, méta-grès tuffacés, méta-aleurolites tuffacés : méta-pelites, lentilles de conglomérats intraformationnels (Blinikov *et al.*, 1991).

3.Magmatisme:

Le magmatisme d'âge panafricain couvre plus de 50% de la région, il est subdivisé en trois grands complexes magmatique (Blinikov *et al.*, 1991) (ORGM 2004) :

3.1.Le complexe magmatique préorogénique type Afedafeda (Tin tekadiouit-Taklet):

C'est un grand batholite de direction subméridienne allongé sur plus de 600 Km, depuis la frontière Malienne au Sud jusqu'aux Tassili au Nord (Caby *et al.*, 1982).

C'est un magmatisme d'affinité calco-alkaline peu différencié, présentant une évolution des termes les plus mafiques vers les plus acides. Les contacts de ces ensembles avec les roches encaissantes peuvent être intrusifs, concordants ou tectoniques. Les filons de quartz aurifères affleurent préférentiellement à la bordure occidentale de cette intrusion, marquée ici par l'abondance des termes basiques et intermédiaires dont les minéraux ferromagnésiens sont largement chloritisés (A. Semiani *et al.*, 2004).

3.2.Le complexe magmatique synorogénique type Aderniba (Imezzarene):

Ce complexe orogénique est d'affinité calco-alkalines (Blinikov *et al.*, 1991) et il recoupe les formations du Néoprotérozoïque engendrant un métamorphisme de contact à cordiérite, sillimanite et grenat.

Dans le secteur d'étude, les termes mafiques sont les plus abondants, représentés par des pyroxénites, des gabbros et des gabbro-diorites (Blinikov *et al.*, 1991).

3.3.Le complexe magmatique post orogénique type Taourirt :

Ce sont des massifs circonscrits qui présentent des limites nettes avec l'encaissant métamorphique et granitiques. Ces complexes magmatiques sont remarquables par leurs structures et leurs dispositions en anneaux concentriques et par leur localisation qui semble être contrôlée par la mise en place du grand accident décrochant subméridien 4°50'(Blinikov *et al.*, 1991).

La géochimie et la minéralogie montre qu'il y a eu modification du chimisme des roches avec un passage d'un magmatisme calco-alcalin de subduction d'arc ou de marge active à un magmatisme plus alcalin de post subduction (Blinikov *et al.*, 1991).

4.Tectonique:

- ❖ La tectonique ayant affecté la région de Tesnou est caractérisée par deux phases majeure (Blinikov *et al.*, 1991):

1- Une tectonique ductile correspondant à un épisode compressif affectant toutes les formations du Hoggar, il en résulte :

- Une mise en place des plis isoclinaux droits à déversés à axes subhorizontaux,
- Une mise en place des intrusions granitiques près à syntectonique (Afedaféda - Tintekadiouite Taklet) contrôlé par les décrochements dextres N30° (NNW SSE).

2- Un métamorphisme de contact à grenat disthène sillimanite.

- ❖ Une déformation ultime qui correspond à un coulissement, le long des couloirs mylonitiques subméridiens. Elle est accompagnée par la mise en place (Blinikov *et al.*, 1991) :

- Des plis droits très serrés Nord-Sud.
- La mise en place des décrochements dextres (NNE-SSW).
- Le rejeu tardif des accidents subméridiens accompagnés par la mise en place des plis d'entraînement à axes sub verticaux.
- Mise en place des granites tardi à post orogéniques "Taourirt".

La tectonique post panafricaine est caractérisée par des accidents NE-SW et EW ils recoupent nettement tous les accidents et structures panafricaines.

5.Conclusion:

L'indice aurifère d'Assouf Mellene est situé à l'extrémité nord du terrane d'Iskel (Hoggar occidental) où les granites subcirculaires dit «Taourirt», les filons de quartz occupent la bordure orientale de ces derniers. Les formations les plus dominantes dans la province aurifère, sont les séries volcano-sédimentaire d'âge Néoprotérozoïque (Pharusienne I et II) et les trois grands complexes magmatique d'âge panafricain : Afedaféda, Immezarene ainsi que les granites Taourirt (ORGM 2004) .

CHAPITRE -IV-

GITOLOGIE

1.Introduction:

L'indice Assouf Mellene est presque entouré par le grand complexe granitique de Tesnou dont il occupe la périphérie orientale des massifs de Tin Azzaoua, Adrar Tesnou et la partie Sud de Tin Akor.

Les roches magmatiques du complexe post orogénique (Adrar Tesnou - Tin Akor) intrudent les formations volcano-sédimentaires Néoprotérozoïque (Ph I) et les roches magmatiques du complexe "Afédaféda" (Blinikov *et al.*, 1991).

2.Morphologie des filons:

Les filons aurifères sont encaissés dans les granodiorites du complexe "Afédaféda". Ils affleurent sous forme de petits corps discontinus ou bien soulignant la ligne de crête au sommet des massifs de granodiorites (Figure 9). Ces filons se présentent aussi sous forme isolés, en nœuds, en essaims ou groupés en zones linéaires. Ces derniers sont contrôlés par les accidents subméridiens.

De façon générale, ces filons (Figure 10) sont sous forme de lentilles boudinées parallèles ou recoupant la schistosité fortement cataclasées et chloritisées. Les lentilles peuvent avoir un épaissement de 2 m (Tableau 3) et s'effiloche vers les extrémités. Ils ont une direction générale de N35°, une épaisseur moyenne de 0.6 m (ORGM 2004).

Leurs longueurs sont variables, elles sont de quelques millimètres à plusieurs centaines de mètres. Les épaisseurs sont également variables, la plus grande épaisseur enregistrée est de plus de cinq mètres (Blinikov *et al.*, 1991).

Le quartz est de couleur rose à blanc-grisâtre, blanc rosâtre à rougeâtre, présentant un rubanement, les grains sont fins à moyens (Blinikov *et al.*, 1991) (ORGM 2004).

Plusieurs textures sont observées dans les quartz aurifères : texture massive, bréchique, drusique (Figure 11A), rubanée ou caverneuse (Blinikov *et al.*, 1991).

L'altération hydrothermale aux épontes des filons est très importante et bien développée. Elle est composée essentiellement de silice, de chlorite, de muscovite, de rares feldspaths, de carbonates, d'argiles et les sulfures sont en faibles quantités (ORGM 2004 ; Chaouche,2008).

Un filon est parallèle à la schistosité de fracture de l'encaissant (Figure 11B), de direction N105° avec un pendage N15°. Sa longueur de 300 m et d'une épaisseur moyenne de 0.80 m . Au niveau de ce filon, on observe des stylolithes remplies par la tourmaline (Chaouche, 2008).



Figure 9 : Filon de Quartz recoupant le massif de granodiorite.

N° du filon	Long. (m)	Apais. Moyenne (m)	Nombre tranchée ancienne	Nombre et type d'échant.	Numéro d'échant. A T>1g/t	Teneur g/t	
						Aurométrie	Docimasie
F-1	300	0.30	17	21 M	E – 5380 E – 5388 E – 5396 E – 5396	4 2 1 1	6.7 5.2 0.3 0.3
F-2	370	0.30	21	20 M	E – 5279 E – 5281 E – 5284 E – 5285	0.8 >>5 0.5 0.5	0.6 47.5 <0.2 <0.2
F-3	250	0.40	10	20 M	E – 5375 E – 5376	>5 >5	5.0 2.6
F-4	120	0.3	05	8 M	E – 5411 E – 5412 E – 5413 E – 5414	4 >5 >>5 5	4.3 21.4 20.5 3.8
F-5	160 L.D 140 L.R	0.4	04	11 M	E – 5398 E – 5399 E – 400/C E – 5401 E – 5402 E – 5407/C	>5 >>5 >>5 >>5 >>5 >5	6.7 74.4 33.5 16.5 334.5 4.3

L.D : -Long discontinue

L.R : -Long Réel

Tableau 3: Les filons perspectives du secteur Assouf Mellene (Blinikov et al.,1991)

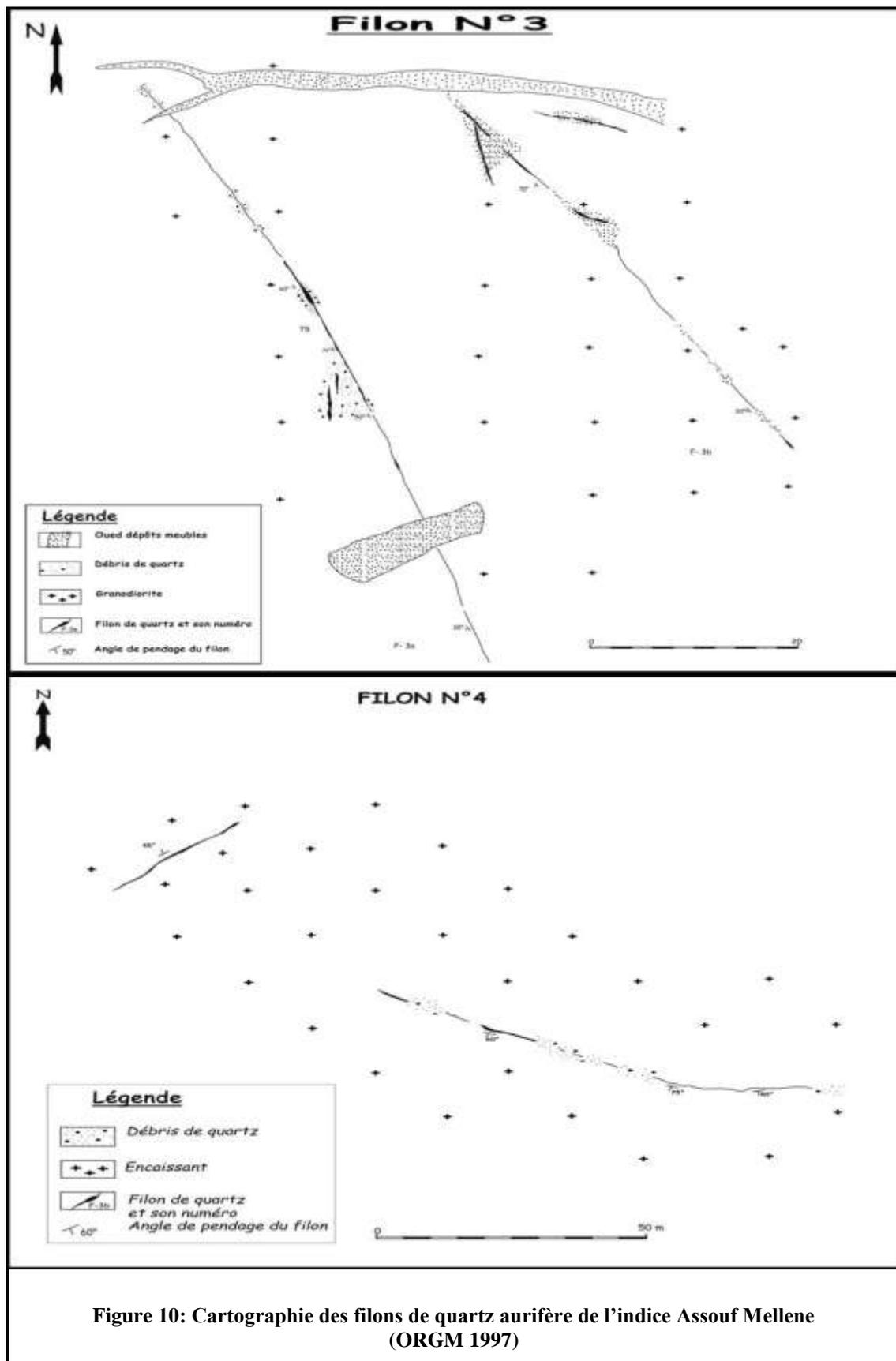


Figure 10: Cartographie des filons de quartz aurifère de l'indice Assouf Mellene (ORGM 1997)

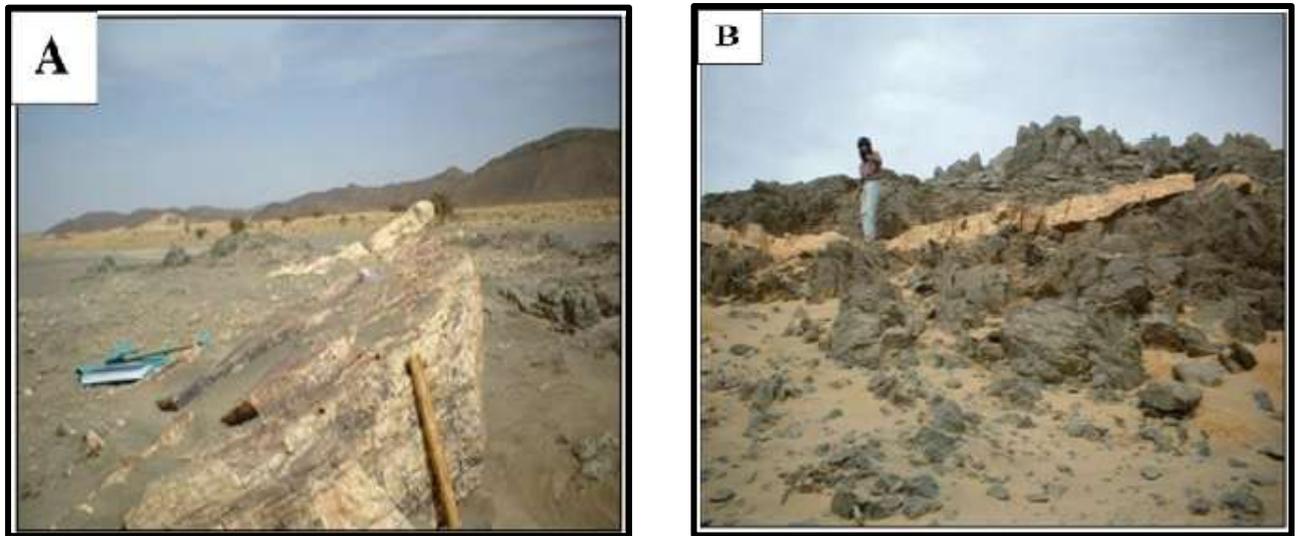


Figure 11 : Aspect et morphologie des filons de quartz aurifères de l'indice Assouf Mellene :(A) Le filon de quartz présente un rubanement souligné par la tourmaline. (B) Filon de quartz à pendage doux encaissé dans les pyroxénites foliées (Chaouche, 2008).

3.Conclusion:

Les filons de quartz aurifères de l'indice Assouf Mellene est en général caractérisée par leur forme lenticulaire recoupant la schistosité de l'encaissant. La longueur totale peut atteindre plusieurs centaines de mètres pour des épaisseurs variant entre 0.2 et 0.6 m.

Leurs épontes ont généralement subi une altération hydrothermale qui dans certain cas peut être assimilée à une greisenisation .Cette dernière peut constituer un autre argument en faveur du lien existant entre les "Taourirt" et les minéralisations aurifères (Chaouche,2008).

CHAPITRE -V-

PETROGRAPHIE ET METALLOGENIE

1.Introduction :

La roche est formée essentiellement par le quartz que nous pouvons classer en deux générations. Elle renferme également de la tourmaline, de la muscovite et de la séricite. Les échantillons étudiés ont été prélevé au niveau des filons, ainsi que les roches encaissantes.

3.Description microscopique:

Le quartz I: le quartz primaire (anté-déformation) est représenté par des cristaux équi-granulaires granoblastiques aux contours indentés engrenés les uns aux autres (Figure 12). Il est de forme xénomorphe intensément fissuré qui est le témoin d'une déformation intense (cataclase et broyage le long des couloirs tectoniques). Ces fissures sont remplit généralement par la tourmaline (Figure 13), des hydroxydes de fer, du quartz microcristallin (Figure 14), de la muscovite et de la séricite (Figure 15).

Le quartz II: Il occupe les micro-fractures du quartz I ou bien il est inclus dans ce dernier. Les microfissures affectant les deux générations de quartz sont soulignées par les minéraux opaques, les oxydes et les hydroxydes de fer.

La muscovite : Elle est de formes fibreuse . Elle remplit les veinules, les cassures du quartz I. Elle peut y être en inclusion dans le quartz I.

La tourmaline: Elle est de forme fibreuse et un seule génération de tourmaline est observée. Elle remplit les joints stylolitiques qui recoupant le quartz I.

La séricite: se présente en paillettes associée au quartz II remplissant les microfractures du quartz I.

La serpentine : Elle est associée aux hydroxydes de fer(Figure 16).

La calcite : Elle est en association avec la séricite et marque la phase tardive de l'altération supergène (Chaouche,2008).



Figure 12 :Les grains de quartz à contours indentés engrenés les uns aux autres.



Figure 13 : Le quartz primaire recoupé par les stylolithes remplis par la tourmaline.



Figure 14 : Le quartz microcristallin de seconde génération, l'assemblage des grains forme une mosaïque.

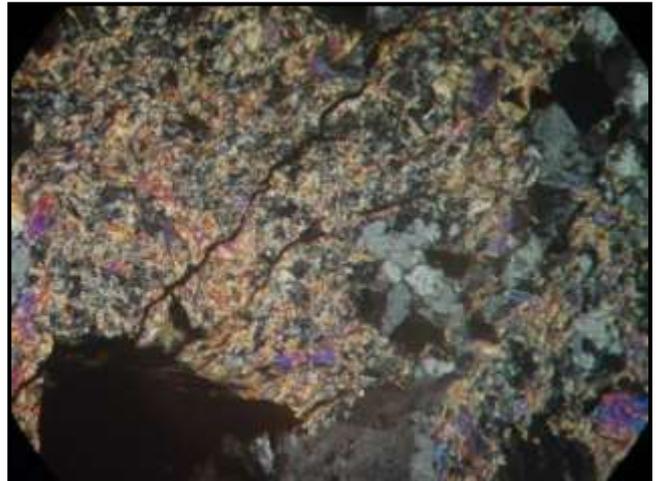


Figure 15 : La séricite se présente en paillettes associée au quartz II.



Figure 16 : La serpentine en association avec les hydroxydes de fer

4.Métallogénie:

4.1.Les minéraux métallifères :

La zone d'oxydation est bien développée en surface, ce qui empêche une bonne observation des minéraux primaires. Les filons de quartz aurifère sont caractérisés par une faible concentration de la paragenèse sulfurée. Elle est constituée essentiellement par la chalcopyrite. Ce minéral est accompagné par ses produit d'altération supergène, la covelline, la malachite, l'azurite, les oxydes et les hydroxydes de fer (Chaouche,2008).

La chalcopyrite : Elle se présente sous forme de cristaux xénomorphes (~10.2µm) et occupe les fissures de la gangue. La chalcopyrite est entourée de plusieurs auréoles d'altération.

Nous observons du centre vers la périphérie la chalcopyrite, la covelline (Cv), la chalcocite (Cs), la goethite (Gt) et la malachite (Figure 18) (Chaouche,2008) .

Les oxydes et hydroxydes de fer : ils forment des intercroissances d'hématite, de goethite et de limonite. Ils occupent essentiellement les fissures.

4.2.La minéralisation aurifère:

L'or se présente en grains xénomorphes de taille variable de 5.1 à 147.9µm (Figure 17) ou bien en petites aiguilles . Ces grains sont disséminés dans la gangue quartzeuse, sous forme de grains xénomorphes, sphériques, elliptiques ou anguleux.

L'or est disséminé dans le quartz ,formant ainsi des traînées intergranulaires discontinues de quelques dizaines de micromètres (µm) (Chaouche,2008).

Il est présent également sous forme microfissurale, jalonnant les joints de stylolithes (Figure 19). Il inclus dans les auréoles d'altération de la chalcopyrite.



Figure 17 : L'or se présente en grains xénomorphes de taille variable de 5.1 à 147.9 μm (Chaouche,2008).



Figure 18: La chalcopirite sous forme de cristaux xénomorphes, altérés et entourés de plusieurs auréoles d'altération. Des grains d'or se trouvent à la périphérie (Chaouche,2008).



Figure 19 : L'or remplissant les joints stylolitiques qui recoupe la masse quartzeuse.

5.Conclusion:

Dans l'indice Assouf Mellene : Deux générations de quartz sont mises en évidence. La tourmaline est occupée les fractures du quartz. Les sulfures sont en faibles quantités. l'or est généralement inclus dans la chalcopirite, où il occupe une position périphérique. Il peut être encaissé dans la masse quartzeuse en remplissant les joints de stylolithes qui recoupe cette dernière.

CHAPITRE -VI-

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

1. Discussion :

Le Hoggar recèle de nombreuses occurrences métallifères telles que l'or, l'uranium, l'étain, le tungstène et certains métaux rares. A ce titre, l'indice Assouf Mellene est un exemple de concentration d'un nombre important d'indices aurifères. Ces derniers se localisent préférentiellement dans le segment nord du terrane d'Iskel.

Les formations les plus dominantes dans le secteur aurifère d'Assouf Mellene , sont représenté par la série volcano-sédimentaire d'âge Néoprotérozoïque (ph1) et les complexes magmatiques d'âge panafricain

La minéralisation aurifère est portée par des filons de quartz encaissés essentiellement dans les termes les plus basiques du batholite appartenant au complexe Afedafeda, toujours à proximité des granites « Taourirt ».

Ces filons sont lenticulaires boudinés épousant les plans de schistosité des roches encaissantes fortement cataclasées.

Les filons sont composés principalement par du quartz, de la tourmaline, de la muscovite et de la séricite .

La paragenèse sulfuré est représentée par la chalcopyrite avec ses produits d'altération.

Les gisements aurifères de type hydrothermaux les plus connus sont inclus dans des filons quartzo-aurifères remplissant les fissures des roches, particulièrement dans les zones de cisaillement où la déformation est intense.

En générale, les occurrences aurifères se présente en forme de grains micrométriques associé à des sulfures, à des tourmalines, de cuivre, de zinc et d'arsenic disséminé ou concentré dans des filons de roches sédimentaires ou dans des roches volcaniques ayant subi une intense altération hydrothermale.

Les analyses de la microsonde électronique ont montré que les tourmalines des indices étudiés ainsi que l'indice Assouf Mellene sont de type schorl-dravite. Leur composition chimique varie avec la nature des roches encaissantes.

La Spectroscopie Mössbauer nous a permis d'étudiées et d'observer la coexistence du fer ferreux (Fe^{2+}) et du fer ferrique (Fe^{3+}) dans le site Y.

A l'exemple des tourmalines des indices d'or de Serra du groupe d'Itaberaba (SE du Brésil) de la zone Okote au Sud de l'Ethiopie ; le site Y est occupé par le Fe^{2+} .

Par contre les tourmalines des indices Assouf Mellene, Guibaré et Fété Kolé (Burkina Faso), Darasun de la Russie sont riches en fer trivalent. Sachant que les fluides minéralisateurs sont plus oxydants avec la présence de ce dernier dans ces fluides. Ils doivent donc se trouver dans la zone externe du champ hydrothermal avec des températures de formation les plus basses.

Il est donc démontré que le dépôt de l'or s'est fait dans des conditions relativement oxydantes. Celles-ci pourraient être accompagnées d'une diminution de la pression de la phase fluide (Beziat *et al.*, 1999).

Dans les gisement et indices étudiés l'or est lié à l'altération hydrothermale où il est associé soit, aux tourmalines dans laquelle il se présente en micro-inclusions ou logé dans ses fractures soit aux sulfures (la pyrite ,le bornite ,la chalcopryrite, la magnétite, le chalcocite, la pyrrhotite, la molybdénite et l'arsenopyrite) en inclusion dans le réseau cristallins de ces derniers. Dans l' indice Assouf Mellene l'or est en inclusion dans les auréoles d'altération de la chalcopryrite.

2. Conclusion générale :

Ce mémoire se veut une contribution à la connaissance des minéralisations aurifères du terrane d'Iskel (Hoggar occidental) qui se focalise sur l'indice aurifère d'Assouf Mellene (feuille de Tesnou) situé à l'extrémité nord du terrane d'Iskel. Ce dernier est limité à l'Est et l'Ouest par deux grands accidents lithosphériques (la 4°50' et 4°30').

Cette région est caractérisée par la présence de nombreux filons de quartz aurifère où la tourmaline est omniprésente. Ces filons sont encaissés dans les granodiorites du complexe "Afédaféda".

L'étude minéralogique a révélé que les tourmalines de l'indice Assouf Mellene forme une solution solide schorl-dravite qui sont localisées à l'extérieur du champ hydrothermal avec des températures plus basses.

La présence de la tourmaline dans les différents gisement étudiés et l'indice d'Assouf Mellene, apparaît donc comme un minéral clé pour étudier les conditions ayant présidé lors du dépôt de l'or. La tourmaline peut être un bon guide de prospection des minéralisations aurifères.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

- **Angélica , R., Costa ,M., Pöllmann,H.,1996.** Gold, wolframite, tourmaline-bearing lateritized gossans in the Amazon region, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration* 57, 201-215.
- **Azzouni-Sekkal, A., Liégeois, J-P, Bechiri- Benmerzoug, F., Belaïdi-Zinet, S., Bonin, B., 2003.** The "Taourirt" magmatic province, a marker of the closing stage of the Pan-African orogeny in the Tuareg Shield: review of available data and Sr-Nd isotope evidence. *Journal of African Earth Sciences* 37, 331-350.
- **Bertrand, J. M. L., Caby, R., 1978.** Geodynamic evolution of the Pan-african orogenic belt: a new interpretation of the Hoggar shield. *Geologische Rundschau* 67, 2, 357-388.
- **Béziat, D., Bourges, F., Debat, P., Fuchs, Y., Lompo, M., Martin, F., Nikiéma, S., Tollon, F., 1999.** The Guibaré and Fété and Kolé gold-bearing tourmaline-quartz veins in the Birimian Greenstone Belts of Burkina Faso. *Canadian Mineralogist* 37 (3), 575–591.
- **Béziat, D ., Dubois, M ., Debat, P., Nikiéma,S., Salvi, S., Tollon, F., 2007.** Gold metallogeny in the Birimian craton of Burkina Faso (West Africa). *Journal of African Earth Sciences* 50, 215–233.
- **Billay, A., Kisters, A., Meyer, F., Schneider, J., 1997.** The geology of Lega Dembi gold deposit, southern Ethiopia: implication for Pan-African gold exploration. *Mineral Deposita* 32, 491-504.
- **Black, R., Latouche, L., Liégeois, J-P. , Caby, R., Bertrand, J-M., 1994.** Pan-African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara). *Geology* 22, 641-644.
- **Blinikov, V., 1987-1990. Blinikov, V et Popov, V., 1991.** Rapport sur les résultats des travaux de recherche systématiques et les levés géologiques à l'échelle 1/200000 sur les feuilles Tesnou et Ifesséne. *Rapport inédit ORGM. Boumerdés*, 322 p.
- **Bowman, J. K., 1983.** Geology and mineralization of the Meadow Lake mining district, Nevada County, California . *California State University, Hayward*, 268 p.

- **Brinckmann, J., Lehmann, B., Hein, U., Höhndorf, A., Mussallam, K., Weiser, T., Timm, F., 2001.** La Géologie et la Minéralisation Primaire de l'Or de la Chaîne Kibarienne, Nord-ouest du Burundi, Afrique Orientale. *Geology and the primary gold mineralisation of the Kibarian Mountains, NE Burundi, Eastern Africa*, 195p.
- **Burollet, P.F., 1995.** Précisions nouvelles sur la formation des bassins sédimentaires africains phanérozoïques. In : Arbey, F., Lorenz, J., (Eds.), Bassins sédimentaires africains. *Actes du IVeme Colloque de Géologie Africaine*, CTHS, pp 17-28.
- **Caby, R., Andreopoulos-Renaud, U., and Gravelle, M., 1982.** Cadre géologique et géochronologique U/Pb sur zircon des batholites précoces dans le segment panafricain du Hoggar central (Algérie). *Bull. Société Géologique de France*. Vol. 24, p 677- 684.
- **Chaouche, I., 2008.** Apport de la minéralogie des tourmalines a la métallogénie de l'or. Exemples des indices du terrane d'Iskel (Hoggar Occidental). *Mémoire de magister*, USTHB, Alger, Algérie.
- **Chaouche, I., Talbi, M., Haddoum, H., 2010.** Etude préliminaire de quelques indices aurifères du terrane d'iskel (hoggar occidental). *1^{er} Congrès sur la Géologie du Maghreb*.
- **Costa, M., 1993.** Gold distribution in lateritic profiles in South America, Africa and Australia. *Applications to geochemical exploration in tropical regions* 47, 143-163.
- **Da Silva, L.C., McNaughton, N.J., Armstrong, R., Hartmann, L.A., Fletcher, I.R., 2005.** The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research* 136, 203–240.
- **Deksissa, J., Koeberl, C., 2001.** Geochemistry and petrography of gold-quartz tourmaline veins of the Okote area, southern Ethiopia: implications for gold exploration. *Mineralogy and Petrology* 75,101-122.
- **Fuchs, Y., Maury, R., 1995.** Borosilicate alteration associated with U–Mo–Zn and Ag–Au–Zn deposits in volcanic rocks. *Mineralium Deposita* 30 (6), 449–459.

- **Garba, I., 1996.** Tourmalinization related to Late Proterozoic–Early Paleozoic lode gold mineralization in the Bin Yauri area, Nigeria. *Mineralium Deposita* 31 (3), 201–209.
- **Garda G.M., Trumbull R.B., Beljavskis P., Wiedenbeck M., 2009.** Boron isotope composition of tourmalinite and vein tourmalines associated with gold mineralization, Serra do Itaberaba Group, central Ribeira Belt, SE Brazil. *Chemical Geology* 264 , 207–220.
- **Hawthorne, F.C., Henry, D.J., 1999.** Classification of the minerals of the tourmaline group. *European Journal of Mineralogy* 11 (2), 201–215.
- **Jiang, S.Y., Palmer, M.R., Slack, J.F., Shaw, D.R., 1998.** Paragenesis and chemistry of multistage tourmaline formation in the Sullivan Pb–Zn–Ag deposit, British Columbia. *Economic Geology* 93 (1), 47–67.
- **Jiang, S.Y., Palmer, M.R. , Yeats, C.J., 2002.** Chemical and boron isotopic compositions of tourmaline from the Archean Big Bell and Mount Gibson gold deposits, Murchison Province, Yilgarn Craton, Western Australia. *Chemical Geology* 188 , 229– 247.
- **Juliani, C., Beljavskis, P., 1995.** Revisão da litoestratigrafia da faixa São Roque/Serra do Itaberaba (SP). *Revista do Instituto Geológico* 16, 33–58.
- **Kazmin, V., 1972.** Geology of Ethiopia (explanatory note to geological map of Ethiopia. *Geol Surv Ethiopia, Ministry Mines, Addis Ababa, Ethiopia*, 211 p.
- **Lamali, R., Aït Talab, N., 2003.** Contribution à l'étude géologique et gîtologique de la minéralisation aurifère dans les secteurs d'In-Abeggui et d'In-Ateï (Hoggar central). *Mémoire d'ingénieur.FSTGAT-USTHB*.
- **Lapique, F., Bertrand, J.M., Meriem, M., 1986.** A major Pan-African decoupling zone in the Timgaouine area (western Hoggar, Algeria). *Journal of African Earth Sciences* 5, 617-625.
- **Latouche, L., Boughrara, M., Liégeois, J-P. , Navez, J., Guiraud, M., 2000.** Pan-African thrust sheets and eclogites in the Tuareg area, central Hoggar, Algeria. In: Wallbrecher, E., Loizenbauer, J., Fritz, H., Unzog, W., Mogessie, A., (Eds.), Special abstract issue, 18th Colloquium of African Geology, Graz. *Journal of African Earth Sciences* 30/4A, Elsevier, p.52.

- **Liégeois, J.P., Black, R., Navez, J., Latouche, L., 1994.** Early and late Pan-African orogenies in the Air assembly of terranes (Tuareg shield, Niger). *Precambrian Research* 67, 59-88.
- **Liégeois, J.P., Latouche, L., Navez, J., Black, R., 2000.** Pan-African collision, collapse and escape tectonics in the Tuareg Shield: relations with the East Saharan Ghost Craton and the West African Craton. In: Wallbrecher, E., Loizenbauer, J., Fritz, H., Unzog, W., Mogessie, A., (Eds.), Special abstract issue, 18th Colloquium of African Geology, Graz. *Journal of African Earth Sciences* 30/4A, Elsevier, pp. 53-54.
- **Liégeois, J.P., Latouche, L., Boughrara, M., Navez, J., Guiraud, M., 2003.** The LATEA metacraton (Central Hoggar, Tuareg Shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. *Journal of Earth Sciences* 37, 161-190.
- **Lindgren, W., 1933.** Mineral Deposits . *New York, McGraw-Hill Book.*
- **London, D. & Manning, D.A.C., 1995.** Chemical variation and significance of tourmaline from southwest England. *Econ. Geol.* 90, 495-519.
- **Lynch, G. & Ortega, J., 1997.** Hydrothermal alteration and tourmaline-albite equilibria at the Coxheath porphyry Cu-Mo-Au deposit, Nova Scotia. *Can. Mineral.* 35, 79-94.
- **Mc Ardle, P., Fitzell, M., Oosterom, M.G., O'Conner, P.J., Kennan, P.S., 1989.** Tourmaline as a potential host rock for gold in the Caledonides of southeast Ireland. *Mineralium Deposita* 24, 154–159.
- **ORGM, 2004.** Office National de la Recherche Géologique et Minière.
- **Plimer, I.R., 1980.** Exhalative Sn and W deposits associated with mafic volcanism as precursor to Sn and W deposits associated with granites. *Mineralium Deposita* 15, 275–289.
- **Plimer, I.R., Lees, T.C., 1988.** Tourmaline-rich rocks associated with the submarine hydrothermal Rosebery Zn–Pb–Cu– Ag–Au deposit and granites in western Tasmania, Australia. *Mineralogy and Petrology* 38, 81–103.

- **Paulet, P.H ; Foit, F.F ; Fuchs, Y; Maury, R; Rosenberg, Ph., 1991.** Zonalité des différents types de borosilicates dans les systèmes hydrothermaux à or argent de la Humboldt Range, Sierra Nevada, USA ; C.R. Acad. Sci., Paris, 313, II, 1155-62.
- **Prokof'ev, V. Yu., 2000.** Geochemical Features of Mineralizing Fluids in the Different Type Hydrothermal Gold Deposits, Russia. *Nauka, Novosibirsk*, 192 pp .
- **Semiani, A., Bellal, M., Bennouh, A., 2004.** La métallogénie de l'or liée à l'évolution de la chaîne Panafricaine du massif du Hoggar (Sud de l'Algérie) : Influence des socles Anté-Panafricains dans le processus de mise en place des minéralisations aurifères. *Bull. Serv. Geol. Algérie*, Vol. 15, n°2, p 107-133. Southern Alps, Italy). *Uranium*, 2, 215-540.
- **Slack, J.F. ,1996.** Tourmaline associations with hydrothermal ore deposits. In *Boron: Mineralogy, Petrology, and Geochemistry* (E.S. Grew & A.M. Anovitz, eds.). *Rev. Mineral.* 33, 559-643.
- **Taylor, B.E., Slack, J.F., 1984.** Tourmalines from Appalachian–Caledonian massive sulfide deposits: textural, chemical and isotopic relationships. *Economic Geology* 79, 1703–1726.
- **Timofeyevsky, D.A., 1972.** Geology and Mineralogy of the Darasun Gold Area. Nedra, Moscow, 260 pp.
- **Woodall, R., 1990.** Gold in Australia. In: Hughes, F.E. (Ed.), *Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. Australasian IMM Monograph*, vol. 14, p. 2567.
- **Yavuz, F., 1999.** A revised program for microprobe-derived amphibole analyses using the IMA rules. *Computers & Geosciences* 25 (8), 909–927.
- **Zorin, Yu.A., Belichenko, Yu.A., Rutshtein, I.G., Zorina, L.D., Spiridonov, A.M., 1998.** Geodynamics of the western Mongolian Okhotsk fold belt and tectonic position of gold occurrences in Transbaikalia. *Russian Geology and Geophysics* 39, 1578e1586.
- **Zorin, Yu.A., Zorina, L.D., Spiridonov, A.M., Rutshtein, I.G., 2001.** Geodynamic setting of gold deposits in Eastern and Central Trans-Baikal (Chita) Region, Russia. *Ore Geology Reviews* 17, 215e232.