

0N° d'ordre : /DSTU/2013

MEMOIRE

Présenté

à

L'UNIVERSITE ABOUBEK BELKAID - TLEMCCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE ET DES SCIENCES
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER ACADEMIQUE

Spécialité

Par

BENAISSA HOURIA

**Etude cristallographique des tourmalines des filons de quartz
aurifères de l'indice de Seldrar, Terrane d'Iskel (Hoggar occidental)**

Soutenu le : 19 décembre devant les membres de jury :

M Addaci	Maître de conférences (B),	Université de Tlemccen	Président
M^{elle} Chaouche	Maître Assistant (B),	Université de Tlemccen	Encadreur
M Belmouhoub	Maître Assistant (A),	Université de Tlemccen	Examineur
M Benramadan	Maître Assistant (B),	Université de Tlemccen	Examineur

Dédicace

Je dédié ce mémoire à mes parent, vous être toujours là pour me soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire, merci au fond du cœur. Je dédié ce mémoire à mes sœur Amel et Linda.

Et également je dédié aussi à tout ma famille

Et je dédié à tous mes aimez.

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant de ces longues années d'étude.

Je souhaite à remercier mon encadreur de mémoire M^{lle} Chaouche Ismahane pour tous les conseils qu'elle m'a donné et pour toutes les discussions que nous avons faites tout au long de ce travaille aussi de votre patience.

Je tiens à remercier les équipes de jurée merci de vous accepter de jurée ce mémoire.

J'aimerais également à remercier tous qu'ils ont m'aider à mener ce mémoire.

Table des matières

I	Généralité.....	1
1.	But	1
2.	Rappelle sur la tourmaline Les types des tourmalines	1
2.1.	Définition	1
2.2.	Les types des tourmalines	1
2.2.1.	DRAVITE.....	1
2.2.2.	ELBAÏTE	2
2.2.3.	LES ELBAÏTES RUBELLITES	2
2.2.4.	LES ELBAÏTES VERDELITES	2
2.2.5.	FERUVITE	2
2.2.6.	OLENITE	3
2.2.7.	UVITE	3
(1)	SCHÖRL	3
(2)	POVONDRAÏTE	3
(3)	FOÏTITE.....	4
3.	Utilité des tourmalines pour nous étude	4
4.	Exemple du gisement de l'or dans le monde et dans l'Algérie.....	4
a)	Exemple du gisement de l'or dans le monde	4
❖	Les gisements d'or d'Essakane (NE du Burkina Fasso)	4
❖	Le gisement de Zn-U-Mo des Alpes Bergamasques (Italie du Nord)	5
❖	Tourmaline De Ferric-Iron-Rich Du Gisement D'or De Darasun, Transbaikalia, Russie.....	5
b)	Exemple du gisement de l'or dans l'Algérie.....	6
5.	Aperçu sur les travaux antérieures	6
6.	Situation géographique du secteur	7
II	Chapitre 1 Géologie	9
1.	Géologie du Hoggar	10
1.1.	Le Hoggar oriental	10
a)	Djanet	10
b)	Edembo	10

c) Aouzeggueur	10
1.2.Le Hoggar central	11
(1) Môle Issalane	11
(2) Sérouénout,	11
(3) Egéré-Aleksod	11
(4) Azrou-n-Fad	11
(5) Tefedest.....	11
(6) Laouni	11
1.3.Le Hoggar occidental	12
a. Le rameau oriental	12
(1) Iskel	12
(2) In Tedeini	12
(3) Tin Zaouatene	12
(4) Tirek	12
b. Le rameau occidental	13
(1) Kidal	13
(2) Tassendjanet.....	13
(3) Ahnet	13
1.4.La série molassique	13
2. Terrain d'Iskel	14
3. Géologie de secteur	15
A. La série volcano-sédimentaire d'âge Néoprotérozoïque	15
a. Le pharusien I	15
b. Le pharusien II	15
B. Les trois grands complexes magmatiques d'âge panafricain	15
a. Le complexe magmatique pré-orogénique d'Afedafeda (Tin Tekadiouit-Taklet).....	15
b. le complexe magmatique syn-orogénique type Aderniba (Imezzarene)	16
c. Le complexe magmatique post-orogénique type Taourirt.....	16
4. Tectonique	17
III Chapitre 2Gîtologie	19
1. Morphologie du filon du quartz	20
1) Description des filons de quartz aurifère de l'indice étudié.....	20

2. L'or dans le Hoggar.....	23
2.1. Le gisement AMESMESSA	23
2.1.1. Contexte géologique.....	23
2.1.1.1.Les formations archéennes	23
2.1.1.2.Les formations du protérozoïque moyen	25
2.1.2. Minéralisation	25
2.1.2.1. Nature de la minéralisation	25
2.2.Le gisement de Tirek	26
2.2.1. Minéralisation	26
2.1.1.1. Nature de la minéralisation	26
2.3.Le gisement de Tiririne.....	27
2.3.1. Minéralisation	27
2.3.1.1.nature de la minéralisation	27
2.4.Le gisement de Hanane.....	27
2.4.1. la minéralisation	27
2.5.Le gisement DE IN- ABEGGUI.....	28
2.5.1. la minéralisation	28
IV Chapitre 3 Pétrographie et Métallogénie.....	29
1) Description au microscope.....	30
1. Les lames minces du filon du quartz	30
1.1. Le quartz	30
1.1.1. 1 ^{ere} génération Quartz.....	30
1.1.2. 2 ^{eme} génération du Quartz	30
1.2. Les tourmalines	30
1.2.1. La 1 ^{ere} génération	30
1.2.2. La 2 ^{eme} génération.....	30
1.3. Muscovite	30
1.4. Séricite	30
2. Les minéraux métallifères	31
2.1. Les oxydes et hydroxydes de fer.....	31
2.2. La pyrite	31
3. L'or	31
V Chapitre 4 Cristallogénie.....	34
1. Introduction.....	34

2. Les diagrammes d'évolutions des tourmalines	34
3. Discussions des Diagramme	42
VI Conclusion	44
VII Référence bibliographique	46
List de figure.....	50
Les Planches	51
Liste des tableaux	52
Les annexes.....	69

ملخص

مؤشر سldrار هو أحد مؤشرات الذهب في التضاريس الأرضية للجهة الشمالية لـ "ايسكال". عروق الكوارتز التي تحتوي علي الذهب، هي شبه ظاهرة محصورة في الغرانو ديوريت و هي مورقة بشدة. وفقا لعلم الصخور، لدينا اثنين من جيل التور مالين، الجيل الأول على شكل عيدان، و الجيل الثاني على شكل إبري. الذهب يملأ كسور التور مالين I ، وفقا للمخططات التي تبين وجود جيلين من التور مالين شورل درافيت مع استبدال متساو بين الحديد والمغنيسيوم. الكلمات الرئيسية: التور مالين، الذهب، مؤشر الذهب، الرسوم البيانية، استبدال.

Résumé

L'indice de Seldrar est l'un des indices aurifères du terranes d'Iskel situé à son extrémité nord. Les filons du quartz aurifères sont sub-affleurent encaissés dans les granodiorites intensément foliées. Selon l'étude pétrographique on observe deux générations de tourmaline, la 1^{ère} génération tourmaline est sous formes de baguettes et la 2^{ème} présente sous forme aciculaire. L'or remplit les fractures de la tourmaline I. Les diagrammes d'évolution des tourmalines ont démontrés l'existence de deux générations de shorl dravite, avec une substitution complète entre Fe et Mg.

Mots clé : tourmaline, or, indice aurifères, pétrographie, diagrammes, substitution.

Abstract

The prospect of Seldrar is one of the gold bearing indices, of the terrane of Iskel, he is Located at the northern extremities. The veins of gold quartz are sub-level boxed in the granodiorites intensely foliated. According to the petrographic study we are observed two generations of tourmalines, the 1st tourmaline generation is in form shapes of rods and the 2nd present one in acicular form. Gold filled the fractures of tourmaline I. The diagrams of tourmaline evolution showed the existence of two generations of tourmalines of shorl dravite, with a complete substitute between Fe and Mg.

Keywords: tourmaline, gold, index gold bearing, petrography, diagrams, substitution.

Généralité

I Généralité

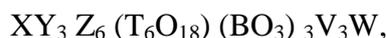
1. But

Ce mémoire a pour but d'étudier le lien entre la tourmaline et l'or, à cet effet l'indice de Seldrar a été choisi comme exemple.

2. Rappel sur les tourmalines

2.1. Définition

La tourmaline fait partie des groupes des cyclosilicates, montrant une cristallographie complexe, dû à la présence de beaucoup d'emplacements occupés par différents ions, et cations composition chimique dans la croute de la tourmaline est caractérisée par plusieurs solutions solide, à l'exemple des séries (elbaite-schorl) et (de schorl-dravite) Une formule structurale standard peut être écrite comme :



X=Ca, Na, K, □, et de Y= Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺, V³⁺ ; T = Si, Al, B ; B = B ; V =OH, O ; W=OH, F, O. (Andreozzi B., et al 2008).

La classification des tourmalines est basée sur la composition chimique généralisée de : les ions les plus communs à chaque emplacement sont

X = Na¹⁺, Ca²⁺, K¹⁺, et Y = Fe²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Al³⁺, Li¹⁺, Fe³⁺, et Cr³⁺ ; Z = Al³⁺, Fe³⁺, Mg²⁺, et Cr³⁺ ; T = Si⁴⁺, Al³⁺, et B³⁺ ; B = B³⁺ ; V = OH¹⁻ et O²⁻ ; et W = OH¹⁻, F¹⁻, et O²⁻. La plupart de variabilité compositionnelle se produit aux emplacements de X, de Y, de Z, de W, et de V. (Darrell J. Henry, 2011).

2.2. Les types des tourmalines

2.2.1. DRAVITE

Tschermak, en 1884, introduit ce terme dérivant d'une rivière autrichienne, la Drave, pour désigner une tourmaline sodique alumino-magnésienne. Les cristaux principalement prismatiques peuvent atteindre plusieurs décimètres. Elle cristallise essentiellement dans les roches sédimentaires magnésiennes métamorphisées (Dolomie, Calcaire, Gypse) ou dans les roches magmatiques basiques. Couleur : noire, brune, brun vert, plus rarement jaune, rouge, gris bleu, incolore, vert bleuâtre.

2.2.2. ELBAÏTE

Structural formula: $\text{Na} (\text{Li}_{1.5} \text{Al}_{1.5}) \text{Al}_6 (\text{Si}_6 \text{O}_{18}) (\text{BO}_3)_3 (\text{OH})_3 \text{OH}$ (Henry D. J., et al 2011).

Le nom de cette tourmaline tire son nom de l'île d'Elbe, Italie, où on l'a découverte près du village de San Pietro, dans une pegmatite décrite par Vernadsky en 1913. Elle cristallise essentiellement en cristaux prismatiques, plus rarement en cristaux aciculaires, tabulaires, ou fibreux; le faciès radié est fréquent. Les cristaux peuvent être métriques, les macles sont très rares. Couleur : vert, bleu, rouge mauve, jaune, blanche, incolore, noir, rose, bleu vert, brun. Multicolore ou polychrome.

2.2.3. LES ELBAÏTES RUBELLITES

La rubellite (du latin rubellus, rougeâtre), désigne une Elbaïte rose définie en 1794 par Kirwan (les rubellites de Sibérie violacées sont parfois dénommées sibérites)

2.2.4. LES ELBAÏTES VERDELITES

La verdélite (du latin viridis, vert), désigne une Elbaïte verte définie en 1939 par Quensel & Gabrielson.

2.2.5. FERUVITE

La formule originale pour le Feruvite est :

$\text{Ca Fe}_3 (\text{Al, Mg})_6 (\text{Si}_6 \text{O}_{18}) (\text{BO}_3)_3 (\text{OH})_4$ (Grice et Robinson 1989). Identifier par GRICE & ROBINSON, EN 1989. Uvite Ferrifere decouverte sur l'île cuvier, Nouvelle-Zélande. Cristallise en petits cristaux millimétriques aciculaire. Couleur : noir brunâtre fonce, brun fonce ou noir brun.

2.2.6. OLENITE

La composition chimique : $\text{Na}_{1-x} \text{Al}_3 \text{Al}_6 \text{B}_3 \text{Si}_6 \text{O}_{27} (\text{O}, \text{OH})_4$.

Identifié par Sokolov en 1986, Découverte en SIBERIE dans le bassin de la Rivière Olenek (RUSSIE). Cristallise en petits cristaux aciculaire millimétrique. Couleur : rose claire à rose pale.

2.2.7. UVITE

Identifié par Kunitz en 1929, son nom dérive de la province d 'Uva, Sri Lanka. Les cristaux sont prismatiques, ils peuvent être aciculaires, fibreux ou constituer des agrégats. Ils peuvent être centimétriques. Couleur : brun, vert, brun jaune, brun noir, bleu noir, noir brunâtre, noir, rouge voir incolore.

2.2.8. SCHÖRL

Autrefois appelée schörlite, l'origine du nom donné à cette tourmaline ferrifère a été écrite par Johannes Mathesius (1504-1565) dans 1562 sous le titre « Sarepta oder Bergpostill » reste incertaine et la localité type est inconnue. Elle cristallise sous forme de prismes; ils peuvent être aciculaires, fibreux voire tabulaire; certains forment des groupes massifs, radiaires ou colonnaires. Ils peuvent atteindre de grandes dimensions. Couleur : noir, noir brunâtre, noir bleuâtre, vert noir ou bleu noir. (Ertl, 2006).

2.2.9. POVONDRAÏTE

Identifié par GRICE et ROBINSON en 1993, dédié à Pavel POVONDRA.

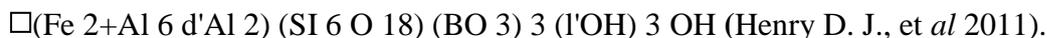
Découverte à Gorge près de San Francisco Mine, Cochabamba, Bolivie.

Cristallise en petits cristaux prismatiques millimétrique.

Couleur : noire

2.2.10. FOÏTITE

Formule structurale :



Identifier par MACDONALD, en 1993 et dédiée à Franklin FOIT J.R. Découvert initialement à White Queen Mine, Pala, Californie, puis dans des tufs en Australie, Queensland. Cristallise en petits cristaux aciculaires de un centimètre. Couleur : bleu indigo à noir brunâtre

3. Utilité des tourmalines pour notre étude

La tourmaline présente une structure et chimie complexe. Qui peut incorporer par une substitution totale ou partielle et une grande variété d'éléments chimiques. Sa composition fournit des informations importantes sur les conditions de pression, la température, et la fugacité de l'oxygène des dépôts et de formation. Par conséquent, la tourmaline est un indicateur pétro-génétique important (Eeckhout, 2004)

4. Exemple des gisements de l'or dans le monde et l'Algérie

La présence des borosilicates de plusieurs gisements aurifères, uranifères et argentifères semble très significatif pour la compréhension des modes de mise en place de ces minéraux en effet la cristallogénèse des tourmalines reflète les conditions de formation de ces gîtes.

Selon les travaux de Paulet en 1991 les minéralisations aurifères associées au borosilicate sont classées en deux types.

a) Dans le monde

❖ Les gisements d'or d'Essakane (NE du Burkina Faso)

La minéralisation est encaissée dans des formations flyschoides, tourmalinisées et rattachées au Birrimien (Lerouge et al. 2004). Le stade hydrothermal précoce est caractérisé par une intense tourmalinisation, représentée par une alternance d'une tourmaline à grains fins sombres et de lits clairs quartzo-feldspathiques. La paragenèse est composée essentiellement par une dissémination millimétrique d'arsénopyrite automorphe avec des inclusions mineures de chalcopyrite. L'altération hydrothermale qui accompagne le minerai de ce stade est représentée par une

Généralité

dominance de la tourmaline associée à la muscovite, ankérite, albite et oxydes de titane. La tourmaline montre des traces de chrome, ce qui suggère une composition mafique des fluides hydrothermaux précoces. (In Chaouche, 2008)

❖ Le gisement de Zn-U-Mo des Alpes Bergamasques (Italie du Nord)

La minéralisation est encaissée dans les formations volcaniques. Les teneurs sont estimées à 1800 tonnes d'uranium contenues dans un minerai à 0.08% de teneur moyenne (Cadel, 1986). Dans la zone centrale du système hydrothermal, on observe une importante pyritisation des ignimbrites et du socle. Les composants principaux de la roche sont le quartz, la séricite et parfois la pyrophyllite. La dumortierite est parfois présente avec une tourmaline magnésienne à fort déficit en alcalin. 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).

❖ Tourmaline De Ferric-Iron-Rich Du Gisement D'or De Darasun, Transbaikalia, Russie

La mine de Darasun, située dans la région de Tchita de Transbaikalia, en Russie. La minéralisation est encaissée dans les roches plutoniques. Constituée de gabbro d'âge Paléozoïque, surmonté par les formations du Palaeozoïque moyen avec granodiorite, diorite, granit, granosyenite, et syénite, et enfin les roches granitiques du complexe d'Amanansky de l'âge jurassique supérieur. La mise en place des gisements d'or dans Transbaikalia oriental semble être contrôlée par de petites intrusions subvolcaniques intermédiaires et enrichies en alcalins (Timofeevsky 1972),

L'évolution de la composition chimique de la tourmaline peut se résumer comme suit. La première génération de tourmaline, est située dans l'intervalle "oxy-dravite" - povondravite, pauvre en Al et riche en Fe (Al ~3, Fe ~4, Ca ~0.2, □ < 0.1 apfu) évoluant à une seconde génération dans laquelle l'"oxy-dravite" est plus riche en Al et appauvrie en Fe (Al ~ 6, Fe ~ 1.5, Ca ~0.1, □ ~0.2 apfu). Ensuite une troisième génération représentée de dravite avec une teneur plus élevée en Al et plus faible en Fe (Al > 6, Fe < 0.5, Ca ~0.1, □ ~0.1 apfu). L'appauvrissement en Fe de la seconde et la troisième génération serait dû à l'altération précoce de sulfures. Les inclusions fluides dans le quartz associé indiquent que la tourmaline de la première génération aurait précipité à partir d'une phase fluide en ébullition à faible pression. Cette

Généralité

ébullition a mené à une augmentation de l'activité de l'oxygène, et de la proportion de Fe^{3+} dans la tourmaline. (A.Baksheev, 2011).

b) Exemple dans l'Algérie

❖ Le gisement d'In Abeggui est représenté par un système de filons de quartz à tourmaline encaissés dans un massif gabbroïque. (ORGM, 1995). Le minerai est caractérisé par l'association minéralogique suivant :

-gangue : quartz – **tourmaline** – barytine

-minéraux métallifères : Or – bismuth natif – bismuthite – chalcopryrite – pyrite – galène – mispickel – pyrrhotine – soufre – orpiment – ocres d'arsenic.

❖ Les minéralisations aurifères de l'indice d'In-Ateï 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).

5. Aperçu sur les travaux antérieurs

Le Hoggar a connu plusieurs périodes d'investigations géologiques depuis 1920 à nos jours. De nombreux travaux thématiques, de synthèse, de levé géologique, de recherche systématique, de prospection et d'évaluation ont été réalisés. (Chaouche, 2008)

En 1969, une carte du Hoggar au 1/500 000, sur une superficie de 550 000 km², a été établie par le BRMA, où quelques indices d'Au, U, Sn, W et Pt ont été mis en évidence. Le Hoggar bénéficie également d'un levé gravimétrique à l'échelle 1/500 000 (Rechemann, 1955).

De 1969 à 1994, la SONAREM (actuellement Office National de la Recherche Géologique et Minière, ORGM), avait consacré une bonne partie de son activité à la recherche minière dans le Hoggar. Les travaux étaient axés sur la cartographie en la recherche systématique au 1/200 000.

Les résultats obtenus ont permis la compréhension de la géologie du Hoggar, de cibler les zones ou régions potentielles et de définir les guides pour la recherche minière. Il y a lieu de citer la découverte des gisements et indices d'or, de Wolfram-Etain et

Généralité

d'Uranium. Aujourd'hui plus de 300 indices d'or dont cinq ont été évalués en gisements avec d'importantes réserves.

Dans la région qui nous intéresse le volume des travaux est très important, on cite entre autres :

Les travaux de Makhov, Maltsev et Mikitcaunov (1971-1981) : qui ont mis en évidence les différents districts aurifères dont le district minier à or Tin-Felki-Tesnou-Ifetessene.

L'équipe Blinikov (1987) avait abouti à la découverte des indices aurifères d'Isselfene, Seldrar (feuille de Tesnou au 1/200 000), le champ filonien de Tekouyat (feuille de Tin-Felki au 1/200 000) et de l'indice Idereki (feuille d'ifetessene au 1/200 000).

Les derniers travaux de prospection et d'évaluation de ce district, ont été réalisés par les équipes de F. Boughar(1991- 1997), ce qui a permis de sélectionner les périmètres ciblés et les premières estimations des réserves d'or. (In Chaouche, 2008).

6. Situation géographique de secteur

L'indice de seldrar est situé dans la partie Nord Est de la feuille de tesnou et à environ 350 km au N-NW de la ville de Tamanrasset. La route transsaharienne (RN 1) qui traverse la feuille de Tesnou du NE au SW passe à l'ouest du périmètre. Le relief fortement aplani facilite l'accès au site. La végétation, quoique très peu développée, s'établit le long des oueds ou à proximité des points d'eau dont certains sont permanents tels Anou Meniet, Anou Tesnou, Anou Awidet. Les conditions climatiques sont extrêmes : en hiver, la température oscille entre 0°C (la nuit) et 25°C (le jour) ; en été dépassé 45°C le jour. L'approvisionnement en eau potable se fait à partir des puits de Moulay Lachen en In Ecker situés au sud du périmètre sur la RN 1. (BLINIKOV (1991), BOUGHAR F. (1998).)

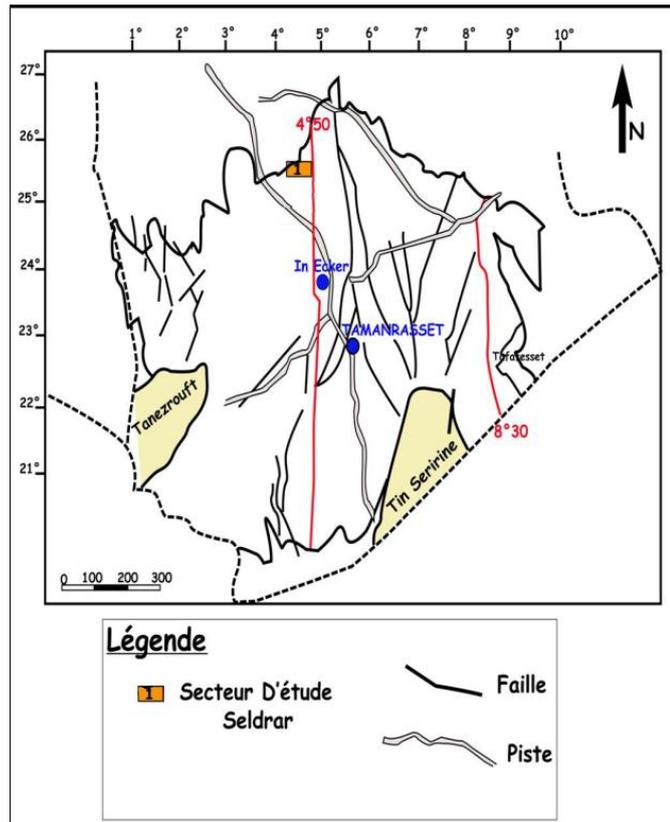


Figure 1 : Schéma de situation de secteur d'étude

Chapitre 1 Géologie du secteur

II Chapitre 1 Géologie du secteur

1) Géologie du Hoggar

Le Hoggar est composé de trois principaux domaines géologiques (oriental, central et occidental) séparés par des accidents tectoniques majeures et dans lesquels s'individualisent des terrains spécifiques en terme de lithologie, de métamorphisme, de magmatisme et de tectonique (Black et al, 1994 ; Liégeois et al, 1994). L'ossature globale du Hoggar s'intègre dans un modèle géodynamique caractérisé par une orogénèse panafricaine à deux stades successifs (Caby et al, 1981 ; Black et al, 1994). Le premier stade, précoce (750 - 660 Ma), reflète une collision qui succède à une subduction à plongement vers l'Ouest du Craton Est – Saharien. Cette collision a généré un métamorphisme de haute pression, une anatexie de la croûte inférieure, des chevauchements à l'échelle régionale et un magmatisme calco-alcalin faiblement à moyennement potassique. Le second stade (650 -580 Ma) a eu comme effet des batholites calco – alcalins fortement potassiques, suite à une subduction à plongement vers l'Est du craton Ouest Africain. (Semiani A. et al, 2004)

1.1. Le Hoggar oriental est constitué de trois terrains partageant comme front commun la zone de cisaillement 8°30. Ils sont accolés les uns aux autres par l'intermédiaire de failles orientées NNW-SSE. (Semiani A. et al, 2004) Il s'agit des terrains de

- a) **Djanet**, caractérisé par des roches volcanoclastiques et sédimentaires, métamorphisées dans le faciès schistes verts supérieur ;
- b) **Edembo** comprenant un socle granito-gneissiques mésozonal, des sédiments épizonaux et des rhyolites ;
- c) **Aouzegueur** comprenant des sédiments détritiques, des amphibolites, des ophiolites et un large développement de granodiorite d'âge 725Ma (Caby, 1982) qui supporte en discordance la série détritique de Tiririne , épaisse de plus de 8000m (Bertrand et al., 1978). Cette dernière qui encaisse la plupart des minéralisations d'or de ce domaine structural du Hoggar a été scindée en trois unités lithologiques distinctes (Bertrand et al. 1978). L'unité inférieure comprend des argiles, des dolomites, des grès fins et des jaspes ; l'unité intermédiaire entièrement détritique comprend des conglomérats polygéniques à la base, surmontée par une alternance d'arkoses et de grauwackes et l'Unité Supérieure caractérise un environnement fluvial, dénommée localement série Arokam.

1.2. Le Hoggar central est limité à l'Est et à l'Ouest par les cisaillements 8°30' et 4°50'.

Les formations d'âge paléoproterozoïque et prédominent dans ce domaine. Les premières sont formées de migmatites et gneiss rubanés de composition granodioritique à tonalitique associés à des gneiss ocellés, alors que les formations mésoproterozoïques sont caractérisées par la présence d'une alternance de marbres, d'amphibolites, de quartzites et localement de micaschistes. Le matériel volcano-sédimentaire d'âge néoproterozoïques se situe le long des zones de cisaillement en formant des ceintures étroites d'allongement subméridien. Toutes ces formations s'organisent à l'échelle du Hoggar central en six terranes séparés par des couloirs tectoniques ; (Semiani et al, 2004) il s'agit de

(1) **Môle Issalane**, d'allongement N-S, mis en contact avec le cisaillement 8°30' et incluant un vieux socle (Archéen ? et Paléoproterozoïque) granulitique rétro-morphosé en faciès schistes verts, des séquences supracrustales amphibolitiques, des granites d'anatexie (670 Ma) et des granitoïdes calco-alcalins fortement potassiques (645-580 Ma) ;

(2) **Sérouénout**, d'allongement NS, comprenant des amphibolites, des micaschistes alumineux graphitisés, des granodiorites foliées, d'âge mésoproterozoïque et des granites calco-alcalins fortement potassiques d'âge 580 Ma ;

(3) **Egéré-Aleksod** comportant des gneiss granulitiques archéens et paléoproterozoïques qui ont subi la double influence de l'Eburnéen (2000 Ma) et du Panafricain, des formations supracrustales mésoproterozoïques avec des quartzites à magnétite, des quartzites à fuschite, des marbres, des amphibolites et des éclogites ;

(4) **Azrou-n-Fad** au même contenu que le terrane Egéré-Aleksod

(5) **Tefedest** qui comprend un socle amphibolitique incluant des séquences supracrustales et des granitoïdes calco-alcalins ;

(6) **Laouni** qui se distingue surtout par l'abondance d'intrusions de granites post-tectoniques riches en minéralisations de tungstène, d'étain et de béryllium, et de granitoïdes calco-alcalins porphyroïdes dans un socle gneissique et amphibolitique. Les formations volcano-sédimentaires associées à des intrusions de gabbros, affleurent sous forme de bandes linéaires N-S en se surimposant à des failles profondes.

1.3. Le Hoggar occidental est limité à l'ouest par le Craton ouest africain et à l'Est par l'accident 4°50'. Il est subdivisé en deux rameaux (oriental et occidental) séparés par le môle In-Ouzzal (terrine d'In-Ozzal) formé de matériaux d'âge archéen structurés et métamorphisés à l'Eburéen (Haddoum et *al.* 1994). Il constitue un vaste domaine où affleurent essentiellement des formations volcano-sédimentaires. (Semiani et *al.*, 2004)

a. Le rameau oriental comprend quatre principales séries d'âge néoproterozoïque se distinguant par leur lithologie et leur chronologie relative. Ce sont de bas en haut : la série de plate forme à stromatolites (décrite in Caby, 1970), la série volcano-sédimentaire, la série détritique et la série volcanogène. Ces séries sont envahies par des intrusions magmatiques de nature variée constituant l'essentiel des affleurements dans cette région. Plusieurs lambeaux de roches ultramafiques serpentinisées, généralement riches en chromite, sont associés aux niveaux inférieurs des formations volcano-sédimentaires. Les formations mésoproterozoïques forment une ceinture d'allongement N S, localisées en bordure du môle In Ozzal. (Semiani et *al.*, 2004)

Dans ce rameau, il a été distingué quatre terraines :

- (1) **Iskel** comprenant surtout des sédiments de plate-forme à faciès schistes verts avec des marbres à stromatolites et des sills de roches basiques et ultrabasiqes serpentinisés, des granitoïdes calco-alcalins (870-840Ma), des séries volcano-sédimentaires ;
- (2) **In Tedeini**, comprenant surtout des sédiments détritiques à caractère flyschoidal, des molasses et des granitoïdes leucocrates fortement potassiques (650-550Ma) ;
- (3) **Tin Zaouatene** comprenant des gneiss à faciès amphibolite , des migmatites et des granites d'anatexie, des granitoïdes calco-alcalins fortement potassiques et des molasses à faciès schistes verts ;
- (4) **Tirek** comprenant des gneiss et des quartzites attribués au mésoproterozoïque et des intrusions de granites et de gabbros panafricains.

b. Le rameau occidental comprend ;

- Des fragments d'un socle gneissique d'âge pléoprotérozoïque injectés par des granites datés à 2090 Ma (Allègre et Caby, 1972) ;
- La série à stromatolites telle que définie R. Caby (1970) dans le NW du Hoggar, d'âge Mésoprotérozoïque, métamorphisée dans le faciès amphibolite comparable à celle du rameau oriental ;
- La série volcano-sédimentaire, d'âge Néoprotérozoïque, discordante sur cette dernière.

Dans ce rameau, trois terrains d'allongement N-Sont été individualisés :

(1) **Kidal** caractérisé par un socle de gneiss du paléoprotérozoïques à noyaux granulitiques supposés d'âge archéen (similitude avec le môle In Ozzal), qui supporte en discordance, d'une part, des séquences supracrustales de plate-forme du Néoprotérozoïque intrudées par des granitoïdes déformés d'âge 695 Ma et, d'autre part, des formations molassiques sous forme de bassins isolés, recoupées par des batholites de granitoïdes calco-alcalins fortement potassiques vers 570-630Ma ;

(2) **Tassendjanet** comprenant des gneiss éburnéens recouverts en discordance par la série à stromatolites (Néoprotérozoïque) à laquelle s'associent des lentilles de roches ultrabasiques serpentinisées, elles-mêmes recouvertes par une série volcano-sédimentaire épizonale ;

(3) **Ahnet** caractérisé surtout par le développement de quartzite à séricite, deltaïque (post Eburnéen) et de rhyolites datées à 1800 Ma et qui sont surmonté par la série à stromatholite.

1.4. La série molassique (Eocambrien) est répartie à travers tout le Hoggar sous forme de bassins isolés développés surtout au NW. Ils contiennent un matériel sédimentaire qui reflète le démantèlement des formations avoisinantes et dans lequel s'intercalent plusieurs niveaux de matériel volcanique essentiellement rhyolitique, daté au NW du Hoggar à 520Ma (Caby, 1972). Cette série correspond à l'ultime étape de l'orogénèse panafricaine. D'un point de vue structurel, impliquant les rejeux d'anciens accidents, au cours de la sédimentation de cette série. (Semiani et al, 2004)

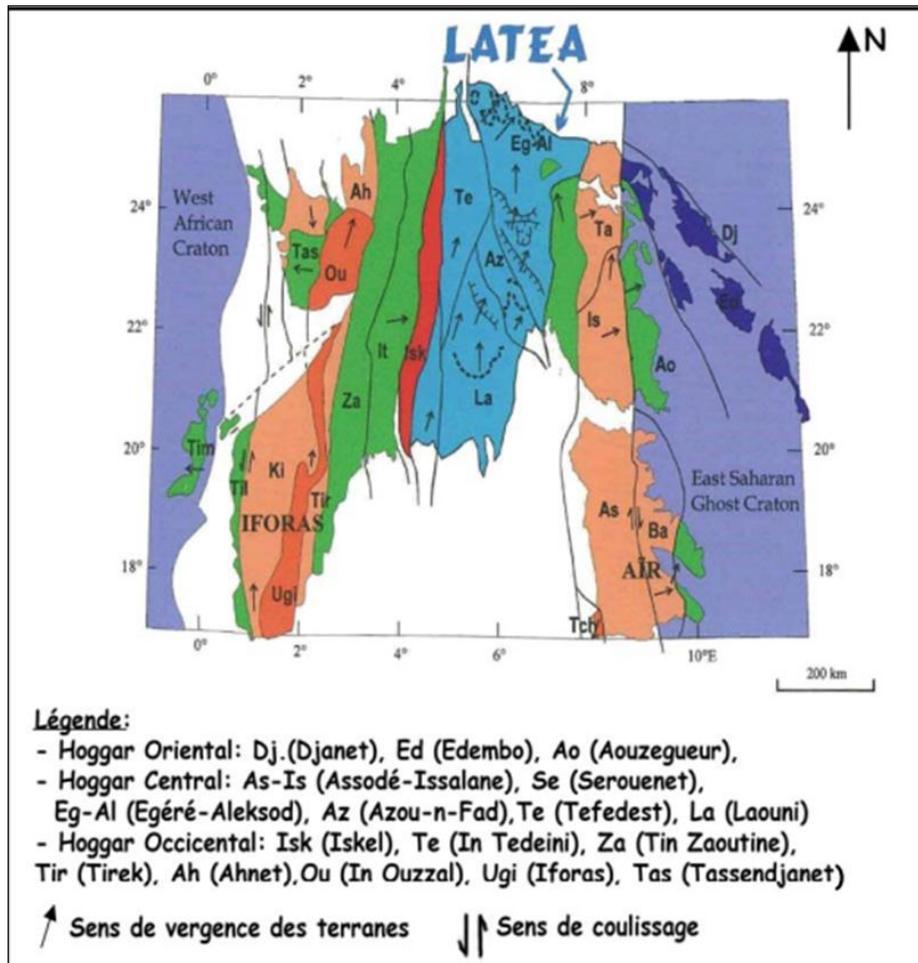


Figure 2 : Subdivision du Hoggar en 23 terranes (Liégeois et al. 2000).

2) Le terrane d'Iskel

Le terrane d'Iskel est un bloc exotique au sein du bouclier "touareg" (black et al.1994). Le terrane d'Iskel est constitué par un faciès d'ancienne plate-forme sédimentaire recoupée par des silts mafiques et ultra mafiques, des granites calco-alcalins à 870 Ma et des granites potassiques à 840 Ma (black et al, 1994). (In AISSA et al, 2002).

Dans ce terrane affleurent essentiellement des dépôts de plate-forme de type sédimentaire et volcano-sédimentaire, des sille de roches basiques et ultrabasiqes serpentinisées, des granitoïdes calco-alcalins. L'Iskel correspond au cycle du Pharusien I (~900-840 Ma), constitué par "l'unité de Timesselarsine" (Gravelle, 1969).Les formations volcano-sédimentaires comprennent des conglomérats,

greywackes, pélites et marbres de type plate-forme, des basaltes en pillows de type intra plaque et des pyroclastites interstatifiées. Elles sont associées, dans la région de Silet-Abankor, à la "paléosuture de Silet" (Lapierre et al, 1987), désignant un complexe de roches basiques et ultrabasiqes (serpentinites, diabases, basaltes) issues de la différenciation d'un magmatholéitique, seul témoin d'un domaine océanique Néoprotérozoïque (Caby, 2000).

Les complexes de granitoïdes calco-alcalins, sont représentés par de grands batholites dediorites quartziques, granodiorites et rares granites potassiques calco-alcalins, datés (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).

3) Géologie du secteur

Les formations dominantes dans les secteurs "Assouf Mellene, Seldrar et Idereksi" sont : la série volcano-sédimentaire d'âge Néoprotérozoïque (Ph I et Ph II) et les trois grands complexes magmatiques d'âge panafricain : Afedafeda, Aderniba ainsi que les granites "Taourirt". (Blinickv, 1990).

Les coordonnées de l'indice étudié « Seldrar » sont : 4°37'00" - 4°51'00", longitude Est, 24°41'00" - 25°00'00" latitude Nord (In Chaouche, 2008).

A. La série volcano-sédimentaire d'âge Néoprotérozoïque :

- a. Le pharusien I est formé essentiellement de marbres, quartzites et schistes chloriteux, associés à des méta-andésites et metabasaltes en pillows (Gravelle, 1969). Il est recoupé par des intrusions basiques et ultrabasiqes dont la signification géodynamique (Caby et al, 1972). Et par des batholites calco-alcalins tardi à post-tectonique datés en U/Pb sur zircons entre 870 Ma (granite de taklet) (Caby et al, 1972).
- b. Le pharusien II débute par des conglomérats de base, puis un remplissage grésopélique épais (Gravelle, 1969). Ces termes sont surmontés par un volcanisme calco-alcalin important de composition andésitique à rhyo-dacitique probablement à mettre en relation avec une zone de subduction (chikhaoui, 1981).

B. Les trois grands complexes magmatiques d'âge panafricain :

- a) **Le complexe magmatique pré-orogénique d'Afedafeda (Tin Tekadiouit-Taklet)**

Le complexe d'Afedafeda est représenté par des diorites quartziques calco-alcalines précoces, des tonalités et par la mise en place des granitoïdes de Tin Tekadiouit-Taklet. Ils sont constitué essentiellement de granodiorites, diorites et de granites calco-alcalins (Gravelle, 1969 ; Fabiès et Gravelle, 1977 ; Dupont, 1987 et Dupont et al. 1987). Le groupe de Tin Tekadiouit a été daté à $868 \pm 8/5$ Ma, tandis que le batholite de Taklet a donné un âge 839 ± 4 Ma par la méthode U/Pb (Caby et al. 1982). (In Chaouche, 2008).

b) Le complexe magmatique syn-orogénique type Aderniba (Imezzarene)

Ce complexe intrude l'ensemble d'Amded-Irrelouchem, ce qui engendre un métamorphisme de contact à cordiérite, sillimanite et grenat et suggère un environnement de marge active. Le complexe d'Aderniba est représenté par les granitoïdes de type Immezarene à caractère calco-alcalin datés à 583 Ma datés à 583 Ma (Bertrand et al. 1986), suggérant un environnement de marge active. (In Chaouche, 2008).

c) Le complexe magmatique post-orogénique type Taourirt

La majorité des granite taourirt se situant dans le bloc d'Iskel marqué par épisode orogénique à 870-840 Ma. La mise en place de la suite taourirt marque la fin du dernier épisode orogénique pan-africain à 650-570 Ma et la transition vers le début de la cratonisation de la région (Azzouni-Sekkal et Boissonnas, 1993). (In A. Azzouni-Sekkal et B. Bonin, 1998). Affleurent sous forme de massifs isolés à contour subcirculaires (Seldrar, Egelé) (Boissonnas, 1973 ; Azzouni-Sekkal, 1989).

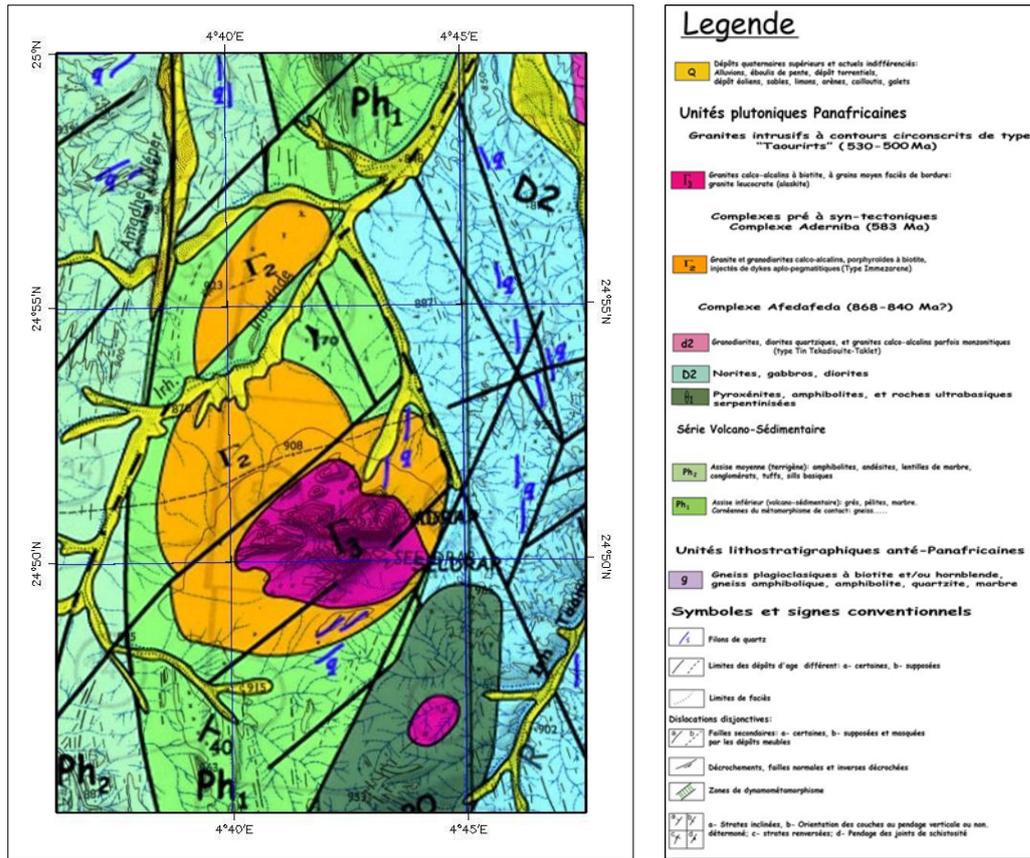


Figure 3: Carte géologique au 1/200 000 ORGM (modifié par Chaouche).

4) Tectonique

D'après Blinickv 1990, l'histoire tectonique de la province Tesnou-Ifetessene peut se résumer comme suit :

- Une première phase orogénique ductile attribuée à un épisode compressif, reconnu dans toute la région d'étude, qui se manifeste par :
 1. La formation de plis isoclinaux droits à déversés à axes subhorizontaux.
 2. La mise en place des intrusions granitiques syn-tectoniques (Afedafeda, Tin Tekadiouit – Taklet)
 3. Un métamorphisme de contact à grenat, disthène et sillimanite.
- Une phase ultime à l'origine du coulissement le long des accidents majeurs subméridiens (4°50'et4°30'). Elle se traduit par :
 1. Des plis droits serrés orientés nord-sud.
 2. Des décrochements NE-SW dextres.
 3. Un rejet tardif des accidents subméridiens avec apparition de plis d'entrainements à axe subverticaux.

4. La mise en place des granite tardi à post-orogénique" Taourirt".
- Les structures tectoniques post panafricaines correspondent à des accidents NE-SW et E-W qui recoupent toutes les structures panafricaines. Elles jouent un rôle de drain pour les minéralisations aurifères qui sont généralement liées aux accidents NE-SW et SE-NW.

Chapitre 2: Gîtologie

III Chapitre2 : Gîtologie

1. Morphologie des filons du quartz :

1) Description des filons de quartz aurifère de l'indice étudié

L'indice de seldrar est situé à l'ouest $4^{\circ}50'$ et Nord du granite de seldrar. Il constitue le prolongement vers le nord de l'indice Assouf Mellene et occupe une surface de 400 km², Quinze (15) zones filoniennes d'une étendue totale de 32.5 km ont été distinguées (ORGM ,1997).



Figure 4 : Photo de Localisation du champ filoniende l'indice Seldrar
(Chaouche, 2008)

Les formations volcano-sédimentaires (Ph 1) n'affleurent qu'en lambeaux et sont moins développées par rapport à celles de l'indice d'Assouf Mellene. Les roches du complexe syn-tectonique «Aderniba» représentées par le granite type «Immezarene » Occupent la plus grande partie des affleurements. Ce dernier recoupe avec le granite Seldrar, à l'emporte-pièce, l'ensemble des formations volcano-sédimentaires. (Blinikov, 1990).

Les filons de quartz aurifères sont sub-affleurants, encaissés dans les granodiorites intensément foliées dans la direction N-S. cependant, quelques-uns sont encaissés dans les diorites du complexes « Afedafeda ». Ils ont une morphologie irrégulière liée essentiellement à la tectonique cassante (Blinikov, 1990 ; Hamis, 2004). Ils sont soit isolés, soit en nœuds, soit en essaims ou groupés en zones linéaires. Les filons les plus prometteurs situés dans les secteurs étudiés se présentent souvent soit en relais ou en queue de cheval. Ils dessinent parfois une forme en ‘Y’ qui est due à la diverticulation d’un même filon (Talbi, 1984).



Figure 5 : Photo de Filons sub-affleurant au sein des granodiorites de l’indice Seldrar (Chaouche, 2008)

L’extension des corps minéralisés est variable allant de quelques millimètres à plusieurs centaines de mètres. Les épaisseurs sont aussi variables, les plus importantes peuvent atteindre cinq mètres. Le pendage des filons de quartz est en moyenne de 60°NE à 90°N et présentent deux directions principales. (Chaouche, 2008)

- Une direction E-W

- Une direction NE-SW (N60°- N70°)

La zone d'altération se développe sur 50 cm d'épaisseur aux épontes des filons de quartz. C'est une roche de couleur grisâtre contrastant avec les roches encaissantes plus sombres. Elle est à composition de quartz, biotite, muscovite, carbonates, pyrite et rare kaolinite et albite. Il pourrait s'agir d'une greisenisation. (Chaouche, 2008).

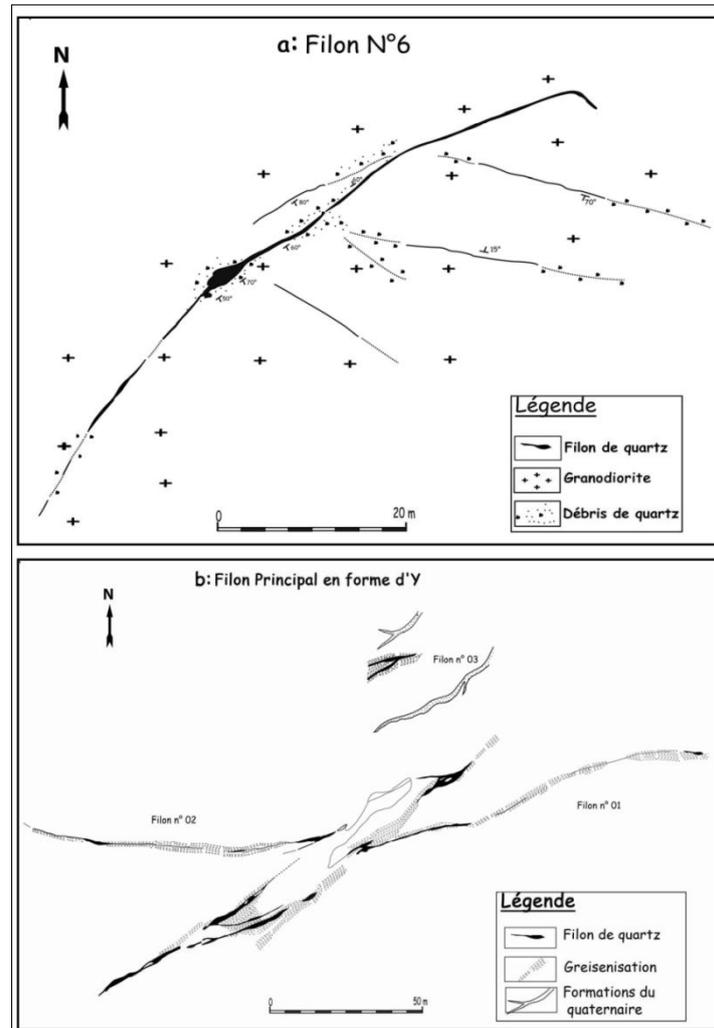


Figure 6 : Cartographie des filons de quartz aurifère de l'indice Seldrar (ORGM 1997)

2. L'Or dans le Hoggar

Le Hoggar est renferme de nombreuses occurrences aurifères contrôlées par les grands accidents tectonique. Regroupée les principaux gisements comme la suite :

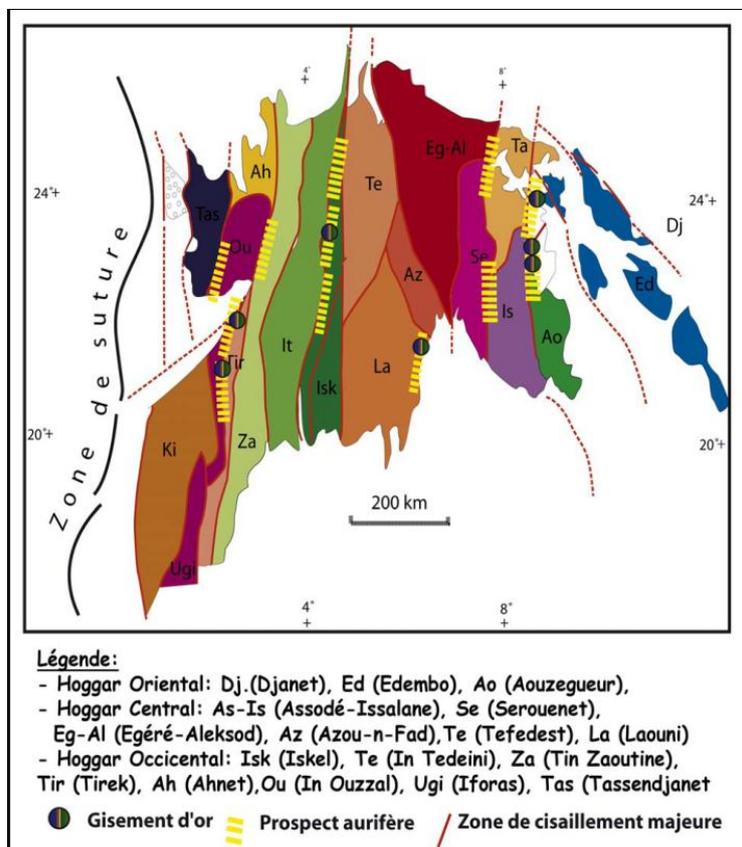


Figure 7 : Relation entre les terranes panafricains, les zones de cisaillements et les minéralisations d'or dans le bouclier "Touareg" (Hoggar) (Chaouche, 2008).

PRINCIPAUX GISEMENTS DANS LE HOGGAR

2.1. Le gisement AMESMESSA

2.1.1. Contexte géologique

A l'échelle du gisement deux ensembles lithologiques séparés par des failles majeures (Est-Ouzzalienne) affleurent d'In-Ouzzal. (ORGM, 1995).

2.1.1.1 Les formations archéennes

Elles affleurent à l'ouest du cisaillement 2°30' et offrent une grande diversité de faciès que l'on regroupe en deux unités distinctes :

- Les orthogneiss charnockitiques constituent le substratum en formant l'essentiel des affleurements. Ils sont structurés en dômes sigmoïdaux durant l'évènement tectono-métamorphique Eburnéen, vers 2000 Ma (Peucat et al. 1991 ; Haddoum et al. 1993). Parmi ces roches deux groupes d'âges ont été individualisés : Les âges supérieurs à 3000 Ma et les âges proches de 2600Ma (Haddoum et al. 1994, Semiani, 1995).
- Les roches paradérivées sont relativement moins représentées. Ce sont des métapelites alumino-magnésiennes, des marbres à olivine-spinelle-phlogopite et des pyroxénites. Elles forment de petits bassins coincés entre les structures sigmoïdales granito-gneissiques. On y associe à ces formations paradérivées, des syénites quartziques métasomatique dont la mise en place a eu lieu vers 2000 Ma (Semaini et al. 1993).

D'après ORGM, 1995 de nombreuses intrusions de roches ultrabasiques, affleurent parmi les formations du môle In-Ouzzal. Elles peuvent être scindées en deux groupes distincts selon leur nature et la période de la mise en place :

Les ultrabasites métamorphisées affleurent sous forme de banes étroites en s'associant systématiquement à des faciès lithologiques paradérivées décrits ci-dessus.

Ces roches s'enrichissent généralement en spinelle et en phlogopite au contact avec les marbres. Elles peuvent être interprétées comme d'anciennes laves komatitiques transformées lors du métamorphisme granulitique.

Les intrusions sécantes à la foliation éburnéenne et qui misent place lors de l'orogénèse panafricaine et affleurement surtout dans les limites de l'accident majeur Est-Ouzzalien. Un métamorphisme de contact se manifeste à leur bordure qui se traduit par la présence de coréenne à cordiérite.

Un réseau de dykes de roches basiques et intermédiaire, d'orientation assez régulière N40° recoupe l'ensemble de ces roches qui sont essentiellement granulitique. Ces dykes sont abondants en s'approchant de la zone de cisaillement est-ouzzalien et ne recoupe jamais cette dernière. Leur présence dans un tel contexte s'accommode avec une phase tectonique distensive anté-panafricaine (Boullier, 1983).

2.1.1.2. Les formations du protérozoïque moyen

Ces formations constituent la partie occidentale du rameau oriental de la chaîne panafricaine. On distingue les orthogneiss granitique qui constituent la base et une unité lithologique supérieure qui correspond à une formation de plate-forme, comprenant une alternance de quartzites, de marbres, d'amphiboles et des paragneiss à biotite. Ces roches sont plissées et métamorphisées durant l'orogénèse panafricaine, dans le faciès amphibolitique vers 600Ma (Caby, 1970). Ces formations sont affectées par des plis droits serrés, à axes N-S.

2.1.2. Minéralisation

2.1.1.1. Nature de la minéralisation

Le champ filonien d'Amesmesa est représenté par une série de zones filoniennes de direction subméridienne se relayant sur une longueur de 13 km, Ces zones filoniennes sont situées dans la partie occidentale de la bande mylonitique Est-Ouzzalienne large d'une quarantaine de mètre. (ORGM, 1995).

Ces minéralisations correspondent d'après la nomenclature classique au type génétique 'shear-zones aurifères'. C'est donc un gisement mésothermal de type profond.

D'après les travaux de Semaini, 1995 l'or des filons de quartz a été hérité des téranes du môle In-Ouzzal d'âge Archéen (I. F., Isotope). Ces terrains ayant été structurés et métamorphisés durant l'événement tectono-métamorphique Eburnéen (de 200 Ma). En effet l'étude des Isotope Pb de galène, le Pb de galène donnent un âge modèle (modèle à deux stades de Stacey-Kramers, 1975) de 2000Ma, correspondant au même Pb des différents gneiss constituant le môle In-Ouzzal. Ce qui dénote le caractère métamorphique des minéralisations, puisque la période de mise en place est clairement tardive par rapport à l'orogénèse panafricaine, plus précisément vers 545 Ma et ne peut par conséquent et en aucun cas être d'origine mantellique.

L'association minéralogique simple est faiblement représentée (1 à 5 %). Elle s'établit comme suit :

Gangue : quartz-carbonates (ferrodolomite) et séricite

Minéraux métallifères : Or, Pyrite (le plus abondant), galène, sphalérite peu abondante et rarement chalcoppyrite. Le bismuth natif est également rarement observable. (ORGM, 1995).

L'or est présent à Amesmessa sous forme d'or natif, visible à l'œil et au microscope. Il est pour l'essentiel, disséminé dans le quartz, où il se comporte un peu comme les sulfures, formant des traînées intergranulaires de grains discontinus de quelques dizaines de mm.

La composition chimique de l'or constante est caractérisée par la présence de Bismuth et de fortes teneurs en Ag dont les proportions sont plus ou moins fixes. La finesse de l'or qui s'exprime par le rapport $Au/Au+Ag$ est de l'ordre de 0,736. (ORGM, 1995)

L'or se présente généralement en grains fins (0,005 à 0,5 mm), sous forme de fine dissémination ; il s'associe le plus souvent à la glène en cicatrisant les interstices et les fissures affectant le quartz en s'entourant d'un liseré de quartz limpide. L'or peut également colmater des microfractures qui affectent la pyrite. Sa proportion est positivement corrélable à celle de la galène. Ces deux minéraux ont cristallisé lors de la phase hydrothermale tardive.

2.2. Le gisement de Tirek

Le gisement de Tirek est situé à 40 km au Nord du gisement Amesmessa et s'intègre dans la même structure minéralisatrice. (ORGM, 1995).

2.2.1. Minéralisation

2.2.1.1. Nature de la minéralisation

Il s'agit du même type génétique que celui du gisement Amesmessa. Cependant, il faut souligner que les filons quartz aurifères s'associent aux structures tectoniques d'orientation N40°. En effet, dans ce type de filon on note la disparition de la sphalérite, mais avec apparition de la chalcoppyrite et du bismuth natif, la pyrite est plus abondante (10- 15 %). L'or est soit associé à la pyrite soit seul. Dans les deux cas, il cicatrise les microfissures situées dans le quartz et la pyrite, qui sont préalablement broyé et fissuré. (ORGM, 1995).

2.3. Le gisement de tiririne

Faisant partie de la province aurifères du Hoggar oriental, le gisement de tiririne est situé au Sud-Est du Hoggar (feuille de Tadoument au 1/200 000). Le gisement a été prospecté et évalué par la SONAREM durant la période 1970/1979.

2.3.1. Minéralisation

2.3.1.1.nature de la minéralisation

La minéralisation aurifères du gisement Tiririne est représentée par un édifice filonien mis en place au cours l'ultime étape de l'orogénèse panafricaine. (ORGM, 1995). Les filons de quartz sont répartis en plusieurs champs filoniens sur une superficie de 100 km². Les roches encaissantes sont représentées par des formations de la série de Tiririne et des granites post-orogéniques. Ils se mettent en place dans les zones de failles d'orientation subméridienne. Les zones d'intersections de deux systèmes de fractures favorisent généralement la concentration optimale des occurrences aurifères.

Association minéralogique : chalcopryrite, galène, blende, pyrite et or

L'altération hydrothermale de l'encaissant se traduit par une séricitisation et une chloritisation des minéraux primaires.

2.4. Le gisement de Hanane

Le gisement de Hanane a été découvert lors des travaux de recherche et de prospection à l'échelle 1/50 000, en 1984, par la SONAREM.

Il est situé au SE du Hoggar, dans la partie septentrionale de la feuille Timolétine, à 30 km au sud de gisement Tiririne.

2.4.1. la minéralisation

Le gisement de Hanane est représenté par 3 corps de minerai disposés en échelon. La puissance de ces corps varie de 0,5 à 12,6m. L'encaissant est représenté par des bérissites. (ORGM, 1995).

L'association minéralogique

Minéraux métallifères : or – galène – pyrite – chalcopryrite – sphalérite

Minéraux de gangue : Quartz – séricite – chlorite – calcite –

Les minéraux d'altération supergènes : Goethite – cêrusite – hématisite – anglésite – malachite – chalcosine – pyrolusite.

2.5. Le gisement DE IN- ABEGGUI

Le gisement d'In-Abeggui a été découvert entre 1954 et 1962 lors des travaux géologiques à 1/200,000, effectués par le BRMA. Il est situé à 210 km au sud de la ville de Tamenrasset. Le gisement est représenté par une zone filonienne. Comprenant des sulfures, de la **tourmaline** et de l'or.

2.5.1. la minéralisation

Les filons de quartz aurifères sont situés dans une zones intensément cataclasiée développés sur des zones linéaires orientées préférentiellement NNE en soulignant des accidents tectonique. Leur longueur vari de quelques mètres à des centaines de mètres, leur puissance varient entre 0,1 et 6m. Souvent les filons se regroupés sur de petites superficies (500 à 600m²). (ORGM, 1995).

Par ailleurs, la morphologie des filons est complexe ; les formes les plus caractéristiques sont :

- filons de remplissage des fissures de cisaillement (fracturation hydraulique) ;
- filons de remplissages des fissures de tensions, disposés en relais ;
- filons ramifiés en 'queue de cheval' ;

Le minerai est caractérisé par l'association minéralogique suivant :

- gangue : quartz – **tourmaline** – barytine
- minéraux métallifères : Or – bismuth natif – bismuthite – chalcopyrite – pyrite – galène – mispickel – pyrrhotine – soufre – orpiment – ocres d'arsenic.

Chapitre 3 Pétrographie et métallographies

IV Chapitre 3 Pétrographie et métallographies

1) Description au microscope

1. Les lames minces du filon du quartz

1.1. Le quartz : forme 95% de la caisse filonienne Par observation au microscope le quartz se présente par deux générations :

1.1.1. 1^{ère} génération Quartz il se présente sous forme de cristaux de grande taille (500µm), extinction roulante, à faible relief, teintes du blanc de premier ordre, recoupés par plusieurs fissures remplies par le quartz de deuxième génération, tourmalines et/ou des hydroxydes. (Planche1 Figure3)

1.1.2. 2^{ème} génération du Quartz ; il se présente sous forme de petites cristaux (microcristallins) de 50µm. formant une mosaïque occupant généralement les fissures des quartz1. Ce quartz est aussi recoupé par des fissures qui sont remplies par des hydroxydes. (Planche2 Figure11)

1.2. Les tourmalines

1.2.1. La 1^{ère} génération est présente sous forme de cristaux de grande taille, en baguettes, allongé ou en rosettes, remplissant les fissures du quartz1, avec les quartz2 cette 1^{ère} génération de tourmaline est intensément bréchifiée et fracturée. (Planche1 Figure5et6)

1.2.2. La 2^{ème} génération: elle se présente sous forme de petits cristaux, aciculaire allongé remplissant les fissures du quartz1 et de la tourmaline1. La tourmaline2 est en association avec la muscovite. (Planche2 Figure7)

1.3. Muscovite présente sous forme de baguettes de petite taille, toujours en association avec la tourmaline2 remplissant les fissures et cassures du quartz 1. (Planche2 Figure 8 et9).

1.4. Séricite : sous forme de paillettes en association avec les hydroxydes de fer ou bien avec la muscovite et le quartz 2. (Planche2 Figure11)

2. 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 de la province tesnou-Ifetessene sont caractérisés par une faible concentration de la paragenèse sulfurée. (Chaouche, 2008).

2.1. La pyrite : Elle est peu abondante dans les filons de quartz, elle se présente sous forme de cristaux automorphes à sub-automorphes de 5 à 35 μm . le minéral est disséminé dans la gangue quartzeuse ou bien occupe les microfissures. La pyrite est généralement remplacée par l'hématite et la goethite (Chaouche, 2008).

2.2. Les oxydes et hydroxydes de fer : ils forment des intercroissances d'hématite, de goethite et de limonite. Ils occupent essentiellement les fissures de la gangue. (Chaouche, 2008).

3. L'or

L'or se présente en grains xénomorphes de taille variable de 5.1 à 147.9 μm ou bien en petites aiguilles. Ces grains sont disséminés dans la gangue quartzeuse, sous forme de grains xénomorphes, sphériques, elliptiques ou anguleux. Dans l'indice étudié, l'or se présente de la façon suivante : Il est sous forme xénomorphe occupant les microfissures ou jalonnant les joints des grains de quartz et imprégnant préférentiellement la tourmaline. (Chaouche, 2008). (Planche 3 Figure 12, 13, 14, et 15).

Planche1

- **Figure 1 et Figure 2 :** quartz I et quartz 2 avec la tourmaline2 et muscovite remplir les fissures du quartz 2.
- **Figure 3 :** deux générations du quartz
- **Figure 4 :** tourmalines on association avec la muscovite
- **Figure 5 et Figure 6 :** deux générations des tourmalines Figure 5 ou L.N. Figure 6 ou L.P. ou la tourmaline de 1ere génération sous forme en rosâtre.

Planche2

- **Figure 7 :** tourmaline2 présente sous forme des cristaux aciculaire
- **Figure8:** lame mince au L.P. où la tourmaline 2 en association avec la muscovite
- **Figure 9 :** lame mince au L.N. où la tourmaline 2 en association avec la muscovite
- **Figure 10 :** le quartz2 recoupé par les veinules d'hydroxydes.
- **Figure 11 :** le quartz 2 sous forme des cristaux forme des mosaïques.

Planche3

- **Figure 12,Figure13,Figure 14,Figure 15 :** des sections polie présente les grains de l'or

Chapitre 4

Cristallochimie

V Chapitre 4 Cristallochimie

1. Introduction

L'étude cristallochimie des tourmalines aide à mieux comprendre son évolution et la relation entre les compositions chimique des matériaux cristallins et leurs structures.

Selon les résultats des analyses de la Microsonde électronique (les tableaux ont remarques que les tourmalines ne bouclent pas à 100% les valeurs sont comprises entre 85 et 87 % à cet effet le calcul de la formule structurale des tourmalines étudiés est basé sur 24.5 oxygène, le calcule par stochéométries qui est basé sur 31 oxygènes a donné les mêmes résultats (Chaouche, 2008)

Ce déficit est expliqué soit par le fait qu'il y a des éléments manquants au programme d'analyse, soit par le fait que La microsonde ne fait pas la différence entre le Fe divalent et le Fer trivalent et le calcule autant que du fer divalent et le reste elle le prend comme un excès du silicium. Les éléments volatils trop légers ne peuvent être analysés par la microsonde.

2. Les diagramme d'évolutions des tourmalines

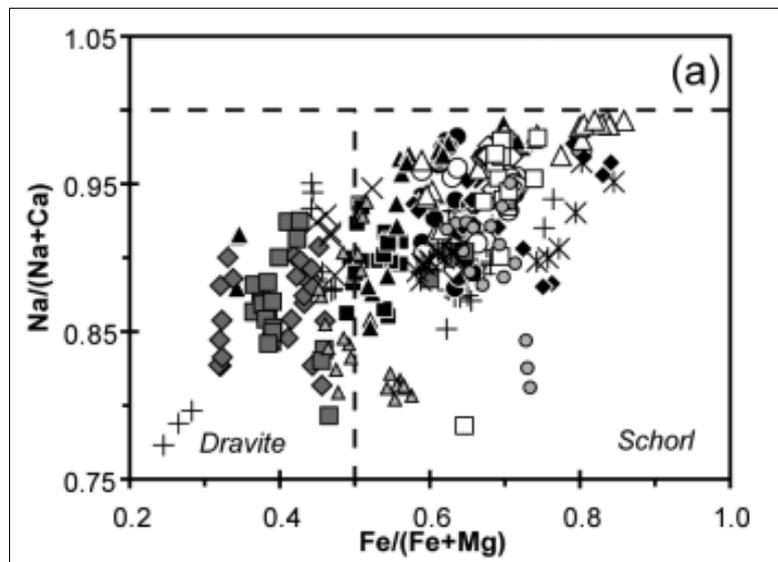


Figure 8 : Diagramme de Trumbull R.B. et al, 2011

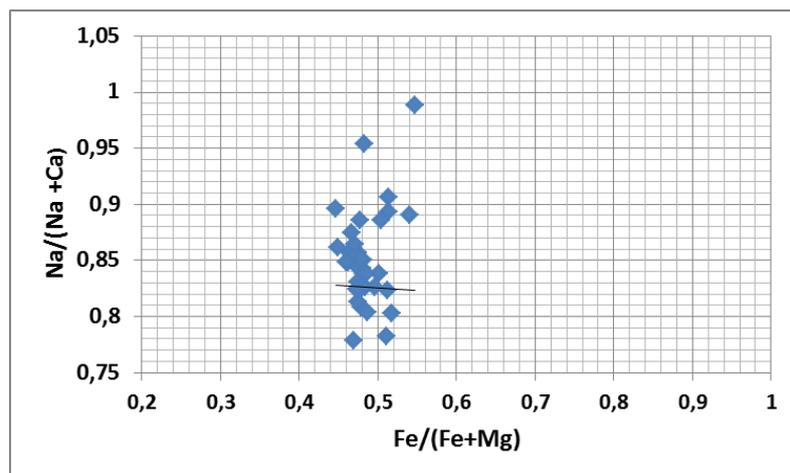


Figure 9 : diagramme de l'évolution des tourmalines ($\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$) versus $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ de Seldrar1

Les données du diagramme $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$ versus $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ en comparaison avec le diagramme (a) de Trumbull R.B. et al, 2011 on peut délimiter deux domaine dravite shorl, avec du $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) < 0,5$ la tourmaline de type dravite .et $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) > 0,5$ la tourmaline de type shorl.

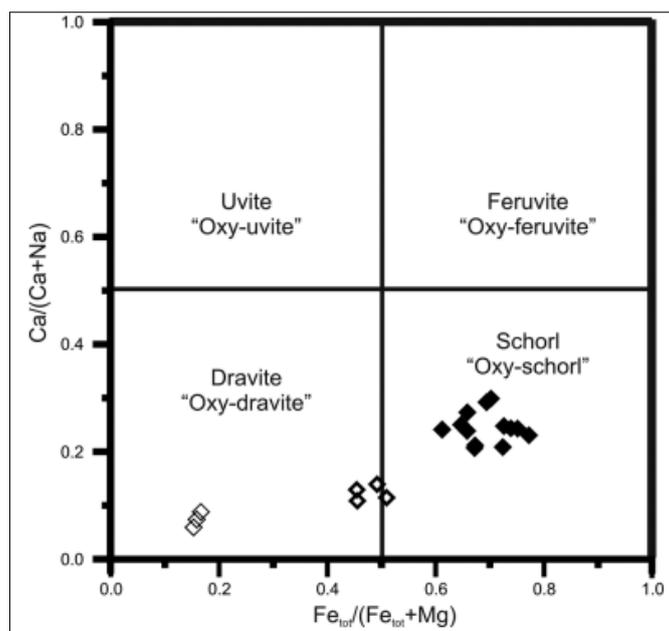


Figure 10 : Différentes générations de tourmaline (Baksheev I. A. et al, 2011)

Les compositions de différentes générations de tourmaline ont tracé dans le diagramme de $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ versus $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ Figure 10 un domaine d'évolution de la Compositions des tourmalines variant d'une dravite, « oxy-dravite » vers une schorl, « oxy-schorl » et d'un autre domaine variant d'une « oxy-uvite » vers « oxy-feruvite ». (Baksheev I. A. et al, 2011).

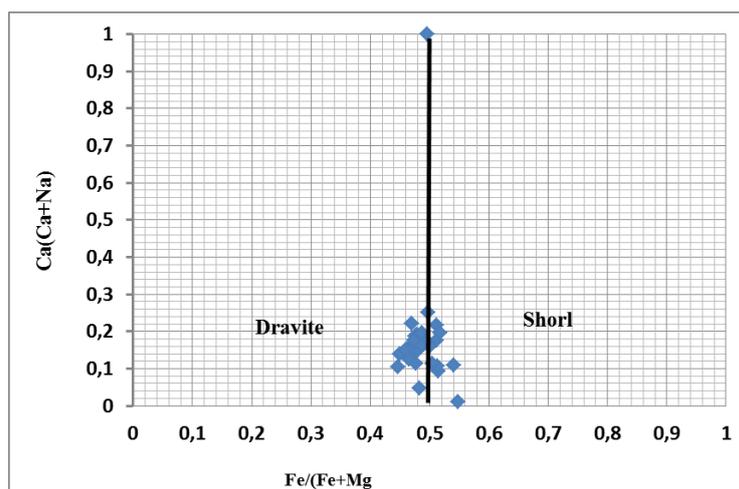


Figure 11 : diagramme d'évolution de la tourmaline $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ versus $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ de seldrar1

En délimitant les différents domaines des types de la tourmaline par rapport au diagramme de (Baksheev I.A. et al, 2011) Figure 10 et diagramme $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ versus $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ Figure 11. Il en ressort deux générations des tourmalines évoluant d'une dravite avec $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) < 0,5$ vers une schorl avec $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) > 0,5$.

La même observation s'applique sur le diagramme Seldrar2, à savoir $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ versus $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ **Figure 12** délimiter aussi deux type de la tourmaline dravite et schorl.

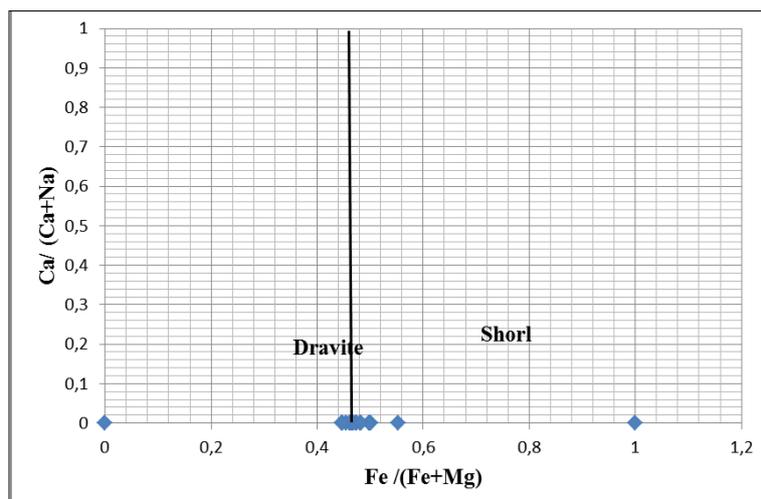


Figure 12 : diagramme d'évolution de la tourmaline Fe/ (Fe +Mg) versus Ca/ (Ca +Na) de seldrar2

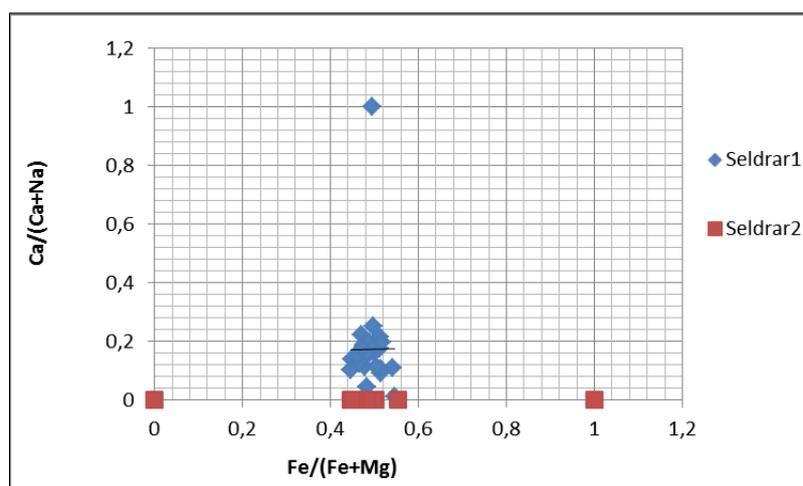


Figure 13 : diagramme Fe/ (Fe +Mg) versus Ca/ (Ca +Na) présenter l'évolution de la tourmaline de seldrar1 et de la tourmaline de la seldrar 2

Le diagramme Fe/ (Fe +Mg) versus Ca/ (Ca +Na) Figure 13 montre l'évolution des tourmalines de l'indice Seldrar de la dravite vers la shorl.

- ❖ Afin de comprendre les différentes substitutions entre les éléments chimiques des tourmalines, on a projetés nos tourmalines dans un diagramme Mg versus Fe :

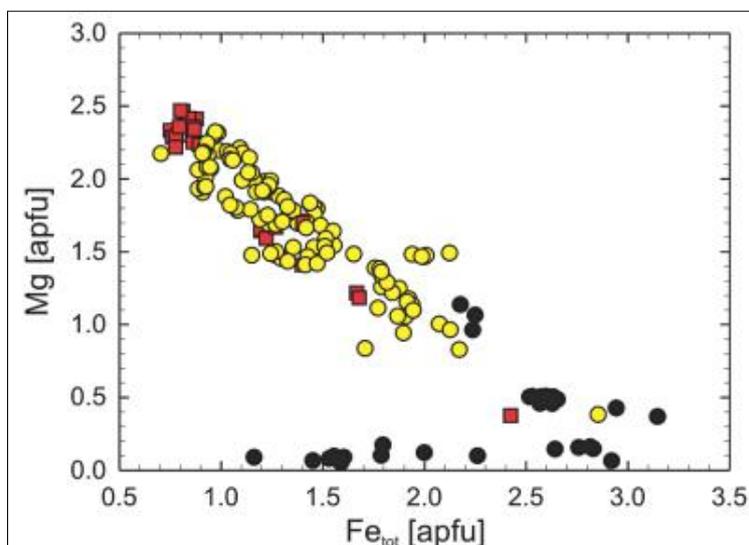


Figure 14 : Le diagramme Mg versus Fe de (Novák M. et al, 2011)

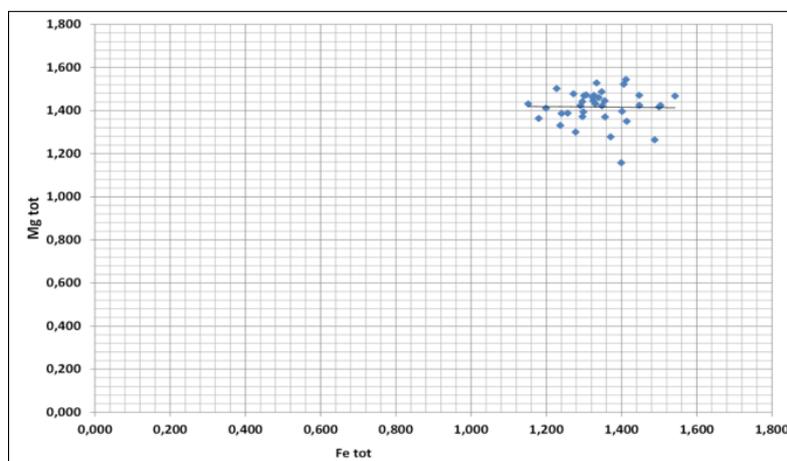


Figure 15 : diagramme Fe versus Mg de l'évolution de la tourmaline de seldrar1

Selon Le diagramme Fe versus Mg de l'évolution de la tourmaline de seldrar1 Figure 15 et avec Le diagramme de (Novák M. et al, 2011) Figure 14, On constate une substitution complète et égale entre Fe et Mg.

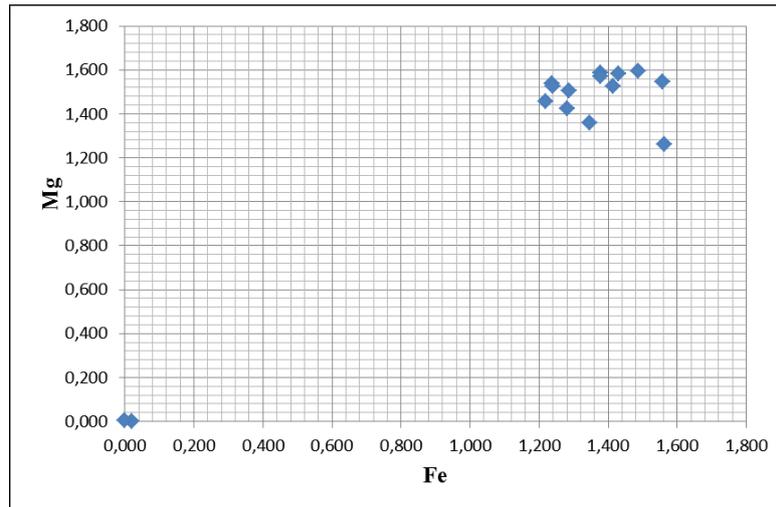


Figure 16 : diagramme de Mg versus Fe d'évolution de la tourmaline du seldrar2

Le diagramme Mg versus Fe de seldrar1 Figure 15 et de sldrar2 Figure 16 montre aussi une substitution entre le Fer et le magnésium.

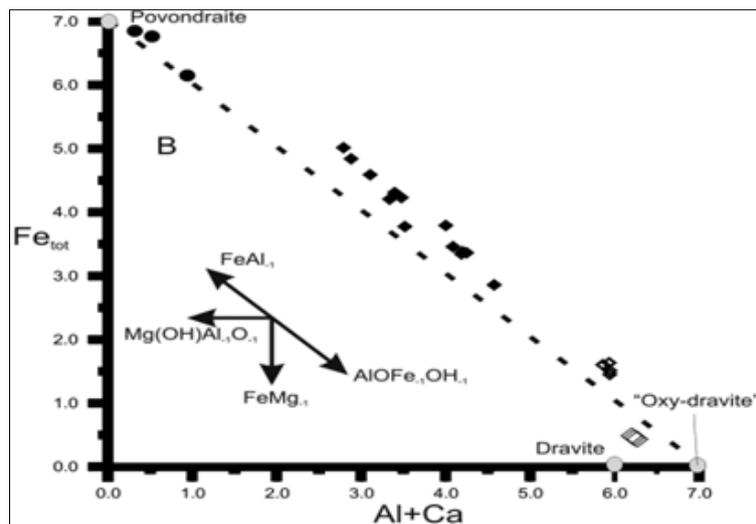


Figure17 : Évolution de la tourmaline du Darasun (B) (Henry et al 2008).

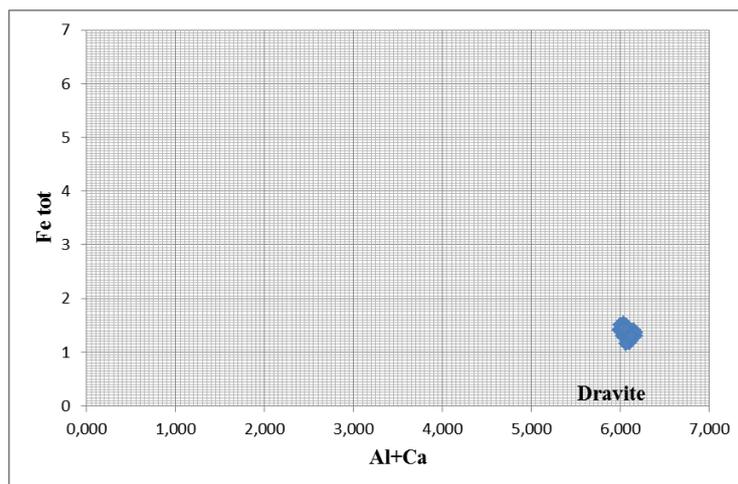


Figure 18 : Diagramme Al + Ca versus Fe de la tourmaline de seldrar1

Selon le diagramme (Henry et al 2008) Figure17 ; Le diagramme Fe versus Al + Ca Figure18 indique l'absence de povondravite. Et l'existence de la dravite .

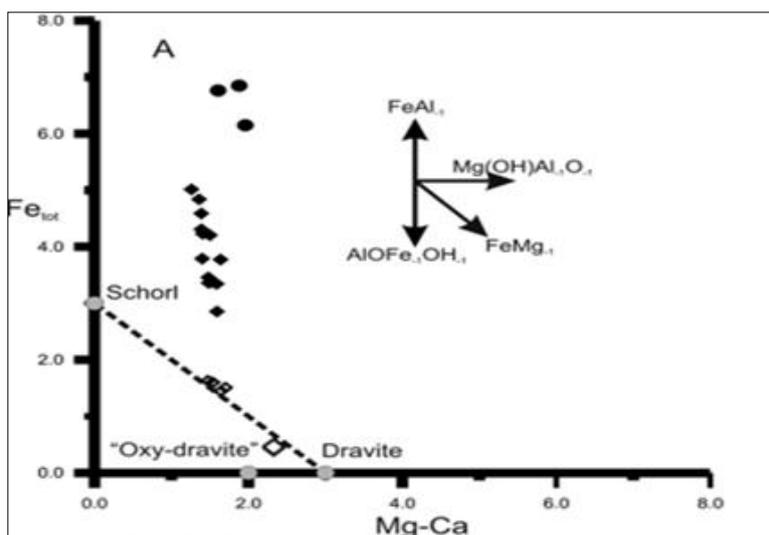


Figure 19 : (A) Evolution des tourmalines du Darasun(Henry et al, 2008).

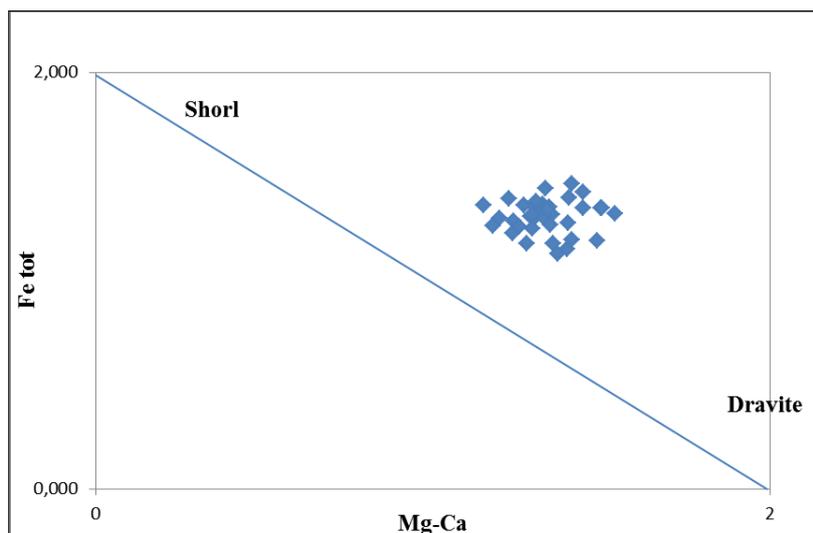


Figure 20 : Diagramme Mg – Ca versus Fe de la tourmaline de seldrar1

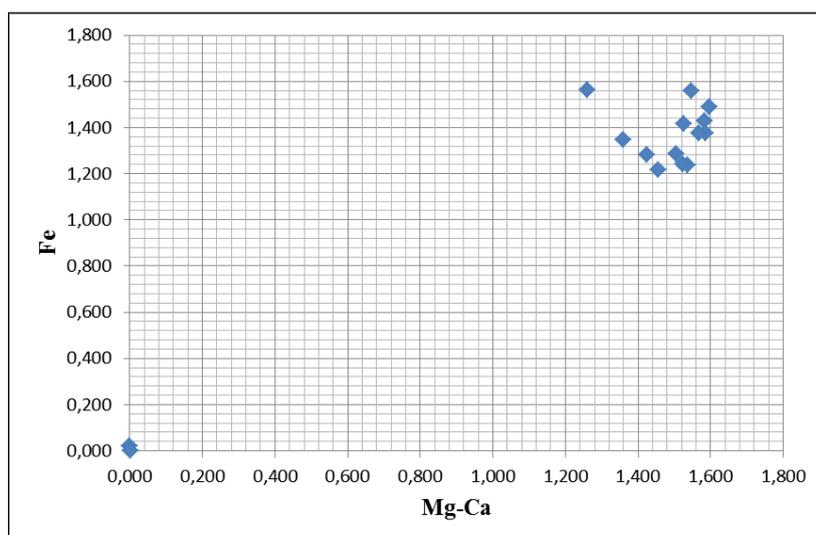


Figure 21 : diagramme Fe versus Mg-Ca de la tourmaline du seldrar2

Selon le diagramme A de (Henry et al, 2008) (figure19), Fe versus Mg-Ca (**Figure 21**) il montre une série de dravite et shorl. L'absence d'oxyde de dravite.

3. Discussion

Les données du diagramme $\text{Na}/(\text{Na} + \text{Ca})$ versus $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ en comparaison avec le diagramme (a) de (Trumbull R. B. et al, 2011) on peut délimiter deux domaines dravite shorl, avec $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) < 0,5$ la tourmaline de type dravite, et $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) > 0,5$ la tourmaline de type shorl. En délimitant aussi les différents domaines des types de la tourmaline par rapport au diagramme de (Baksheev I.A. et al, 2011) le diagramme $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ versus $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$. Il en ressort deux générations des tourmalines évoluant d'une dravite avec $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) < 0,5$ vers une shorl avec $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) > 0,5$.

Le diagramme $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ versus $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ montre l'évolution des tourmalines de l'indice seldrar des dravite (pôle mg) vers des shorl (pôle ferrifère).

Le diagramme Mg versus Fe : montre une substitution complète et égale entre Fe et Mg.

D'après Demange M., 2009 : lorsque l'on étudie un phénomène géologique donné (série magmatique, un métamorphisme prograde ou une zonation métasomatique par exemple), on constate que la composition chimique d'un même minéral varie de façon plus ou moins régulière à travers les différents stades de ce phénomène. On met ainsi en évidence différentes lois de substitution qui jouent simultanément : par exemple une biotite s'enrichit simultanément en fer, (selon la substitution $\text{Mg} \Rightarrow \text{Fe}$) et en aluminium (selon la substitution $\text{Si} \text{ Mg} \Rightarrow \text{Al Al}$). Dans l'espace des substitutions possibles pour un même minéral (qui sont a priori indépendantes), il existe une loi de variation de la composition chimique relativement simple qui fait jouer simultanément les différentes substitutions possibles : on parle alors de substitutions couplées. Les variations de composition chimique d'un même minéral apparaissent ainsi d'excellents marqueurs de phénomènes géologiques.

Conclusion

VI Conclusion

L'indice seldrar est situé dans la partie Nord Est de la feuille de Tesnou et à environ des 350 km au N-NW de la ville de Tamanrasset.

L'indice de Seldrar est l'un des indices aurifères du terranes d'Iskel, bloc exotique au sein du bouclier "touareg" (black et *al.*1994).

Les filons du quartz aurifères sont sub-affleurent encaissés dans les granodiorites intensément foliées.

Selon l'étude pétrographique de la caisse filonienne est constituée de Deux générations du quartz ;

Quartz1 granoblastique a contours indentés engrenés les uns aux autres recoupés par plusieurs fracture et cassures

Quartz 2 microcristallins formant une mosaïques et remplissant les fractures et les cassures du quartz1

La tourmaline est présente ; représentée par générations des tourmalines la 1ere est sous formes de baguettes allongées ou bien sous forme de rosettes fibro-radiées occupant les fractures majeure du quartz 1 avec le quartz 2 et la 2eme en forme de cristaux aciculaire ou en aiguilles occupant les fractures de la tourmaline 1.L'or remplis les fractures de la tourmaline I.

Il se présente en grains xénomorphes de taille variable de 5.1 à 147.9 μm ou bien en petites aiguilles.(Chaouche, 2008)

Selon les résultats des analyses de la Microsonde électronique ont remarques que les tourmalines ne bouclent pas à 100% les valeurs sont comprises entre 85 et 87 % à cet effet le calcul de la formule structurale des tourmalines étudiés est basé sur 24.5 oxygène, le calcule par stochéométries qui est basé sur 31 oxygènes a donné les mêmes résultats (Chaouche, 2008)

Ce déficit est expliqué soit par le fait qu'il y a des éléments manquants au programme d'analyse, soit par le fait que La microsonde ne fait pas la différence entre le Fe divalent et le Fer trivalent et le calcule autant que du fer divalent et le reste elle le

prend comme un excès du silicium. Les éléments volatils trop légers ne peuvent être analysés par la microsonde.

Les diagrammes établis à partir des résultats de la microsonde électronique confirment l'observation faite en lames minces en effet il existe deux générations des tourmalines représentée par une solution solide shorl dravite, où il y eu une substitution complète entre le Fer Mg.

Ce qui implique qu'il y eu un enrichissement en fer où L'or s'est déposé pendant cette phase avec les températures les plus basses (Chaouche 2008).

Une telle variation dans une composition chimique du minérale est un d'excellents marqueurs de phénomènes géologiques. (Demange M., 2009).

En effet La tourmaline, par son omniprésence, apparaît donc comme un minéral clé dans la compréhension des conditions ayant présidé lors du dépôt de l'or (Chaouche 2008).

Référence bibliographique

- **Aissa D.E., Talbi M., Lazouni A., Kesraoui M et Nedjari S., (2002) :** les mineralisations aurifères du Hoggar (sud algérien) et leurs relations avec les zones de cisaillements lithosphériques, 2002 *bulletin du service géologie de l'Algérie* vol.13, N2, pp.93-115,9fig, 8ph.
- **Aït Talab, N et Lamali, R., 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.
- **Allègre, C.J., et Caby, R. (1972).**-Chronologie absolue du Précambrien de l'Ahaggar occidental. C.R. Acad. Sci. Paris, vol. 275, Série D, pp. 2095-2098
- **Andreozzi G.B.,Bosi F., Longo M. (2008):** Linking Mossbauer and structural parameters in elbaite – shorl - dravite tourmalines *American mineralogist*, vol. 93, pages 658-666.
- **Azzouni-Sekkal A. et Bonin B. (1998) :** les minéraux accessoires des granitoïdes de la suite taourirt, Hoggar (Algérie) : conséquences pétro génétiques, *journal of african Earth sciences*, vol.20, N01., pp. 67-87.
- **Baksheev I.A., Prokof'Ev V.Y.,Yapaskurt V.O.and Vigasina M.F.,Zorina L.D.,Solovev V.N.,(2011) :** ferric-iron-rich tourmaline from the darsuim glod de posit, Transbaikalia, Russia *the Canadian mineralogist* vol.49, pp.263-276.
- **Bertrand, J.M.L., Caby, R., Ducrot, J., Lancelot, J.Moussine- Pouchkine, P., et Saadallah, A., (1978).**-The late pan-african intracontinental linear fold belt of the eastern Hoggar (central Sahara, Algeria): Geology, structural development, U/Pb geochronology, tectonics implications for the Hoggar shield. *Perc. Research*, 7, pp. 349-376
- **Black, R., latouche, L.,Liégeois, J.P.,Caby, R. et Bertrand, M.L.J.(1994).**-pan-african displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara). *Geology*, vol.22, pp.641-644.
- **Blnikv (1991).** Rapport sur les résultats des travaux de recherches systématiques et géologiques au 1/200 000 sur les feuilles de Tesnou (NG-31-v) et Ifetessene (NG-31-X). **Bougha R.F. (1998)-** Rapport final sur les travaux de prospection de l'or dans les régions de tin-felki, tesnou et ifetessene 1993-1997. *Rapports inédite ANPM*

- **Caby, R., (1970).**- Evolution preorogénique, site et agencement de la chaîne panafricaine dans le NW de l'Ahaggar (Sahara algérien) : sa place dans l'orogénèse panafricaine en Afrique occidentale. Notes et Mem. Sev. Mar., n°236, pp.65-80.
- **Caby, R., Bertrand J.M.L., ET Black R. (1981).**-Pan-Africain Ocean Closure and continental collision in the Hoggar- Iforas segment, central Sahara. Precambrian Plate Tectonic. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- **Cadel, G; 1986.** Geology and Uranium mineralization of the Collio Basin (Central.
- **Chauche I. (2008)** : Rapport de la minéralogie des tourmalines à la métallogénie de l'or, exemple des indices du terrane d'Iskel (Hoggar occidentale),
- **Chikhaoui, M ; Dupuy, C ; Dostal, J ; 1981.** Les roches volcaniques du Protérozoïque supérieur de la chaîne panafricaine du Hoggar et Anti-atlas.) *Thèse doct. D'état Univ. Montpellier* 183p. Clarendon Press, Oxford, 508 p.
- **Demange M. 2009** Les minéraux des roches Caractères optiques – composition chimique – Gisements, *École des mines de Paris*, 15 page
- **Ertl, A. (2006)** Über die Etymologie und die Typlokalitäten des Minerals Schörl (About the etymology and the type localities of schorl). *Mitteilungen der Öster-reichischen Mineralogischen Gesellschaft*, 152, 7–16.
- **Haddoum, H., Choukroune, P. ET Peucat, J.J. (1994)** - Evolution of the Precambrian In-Houzza Block (Central Sahara, Algeria). *Precambrian research*, 65, pp. 155-166.
- **Henry D.J., Milannovak(Chairman), Hawthorn F.C., Ertl A., Dutrow B.L., Uher P., Pezzotta F.,(2011)** : Nomenclature of the tourmaline supergroup minerals , *American mineralogist*, vol.96, pages 895-913.
- **Grice, J.D. and Robinson, G.W. (1989)** Feruvite, a new member of the tourmaline group, and its crystal structure. *Canadian Mineralogist*, 27, 199–203.

- **Grice, J.D. and Ercit, T.S. (1993)** Ordering of Fe and Mg in the tourmaline crystal structure—the correct formula. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 165, 245–266.
- **Kunitz, W. (1929)** Die Mischungsreihen in der TurmalinGruppe und die genetischen Beziehungen zwischen Turmalinen und Glimmern. *Chemie der Erde*, 4, 208–251.
- **Lerouge, C; Bailly, L; Billa, M; Kaboré, E; Zida, B; Marquis, P., 2004.** Proterozoïque tourmalinite-hosted Au-As mineralisation of Essakane, Burkina Faso. 20^{eme} colloque de géologie Africaine-Orléans, France – 2-7 Juin.
- **MacDonald, D.J., Hawthorne, F.C., and Grice, J.D. (1993)** Foitite, $[Fe_{22+} (Al, Fe_{3+}) Al_6 Si_6 O_{18} (BO_3)_3 (OH)_4]$, a new alkali-deficient tourmaline—description and crystal structure, *American Mineralogist*, 78, 1299–1303.
- **Novak M. and Skode R., Filip J., Macek I, Vaculovic T., (2011):** compositional trends in tourmaline from intragranite NYF pegmatites of the terric pluton, Czech republic: an electron, Mossbauer and LA-TCP-MS study. *The Canadian mineralogist*, vol.49, pp.359-380.
- **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.
- **Quensel, P. and Gabrielson, O. (1939)** Minerals of the Varutrask pegmatite. XIV. The tourmaline group. *Geologiska Föreningens Stockholm Förhandlingar*, 61, 63–90.
- **Semiani A., Bendali M. M., Bouzidi O., Bredj M., Moulahoum M., Zibouche M. 1995** synthèse des travaux de recherche sur les minéralisations aurifères dans le Hoggar *rapport de ORGM/DRM inédite*, 54p.
- **Semiani A., Bellal M., et 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. *ORGM*, P 1-14

- **Sokolov, P.B., Gorskaya, M.G., Gordienko, V.V., Petrova, M.G., Kretser, Yu.I., and Frank-Kamenskii, V.A. (1986)** Olenite, $\text{Na}_{1-x}\text{Al}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{O},\text{OH})_4$ —novyy vysokoglinozemisty mineral iz gruppy turmalinov. Zapiski Vsesoyuznogo Mineralogicheskogo Obshchestva, 115, 119–123 (Russian). [Translated title: “Olenite $\text{Na}_{1-x}\text{Al}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{O},\text{OH})_4$ —a new high-alumina mineral of the tourmaline group” in American Mineralogist, 73, 441, “New Mineral Names.”]
- **Timofeevsky, D.A. (1972):** Geology and Mineralogy of the Darasun Gold Area. Nedra, Moscow, Russia (in Russian).
- **Trumbull R. B., Slack J.F., Krienitz M.S., Belkin H.E., Wedenbeck M., (2011):** fluid sources and métallogénies in the blackbird Co-Cu-Au-Bi-Y-REE district, Idaho, U. S. A.: insights from major elements and boron isotopic compositions of tourmaline, *the Canadian mineralogist*, vol.49, pp.225-244.
- **Tschermak, G. (1884)** Lehrbuch der Mineralogie. IX, 589 pp., 700 Abb., 2 Farbtafeln, Hölder, Wien.
- **Vernadsky, W. (1913)** Über die chemische Formel der Turmaline. Zeitschrift für Kristallographie, Kristallogometrie Kristallphysik, Kristallchemie, 53, 273–288.

Liste de figure

Figure 1:Schéma de situation de secteur d'étude

Figure 2:Subdivision du Hoggar en 23 terranes (liégeois et al .2000)

Figure 3:Carte géologique au 1/200 000 ORGM (modifié par Chaouche)

Figure 4:Photo de localisation du champ filonien de l'indice seldrar (chaouche, 2008)

Figure 5:Photo de filons sub-affleurant au sien des granodiorites de l'indice Seldrar (Chaouche, 2008)

Figure 6: Cartographie des filons de quartz ayrifère de l'indice seldrar (ORGM, 1997)

Figure 7:Relation entre les terranes panafricains, les zones de cisaillements et les minéralisations d'or dans le bouclier « touareg » (Hoggar) (Chaouche, 2008).

Figure 8:Diagramme de Trumbull R.B et al 2011.

Figure 9:Diagramme de l'évolution des tourmalines $(Na/(Na+Ca))$ versus $Fe/(Fe+Mg)$ de Seldrar 1.

Figure 10:Différentes générations de tourmaline (Baksheev I. A. et al, 2011).

Figure 11:Diagramme d'évolution de la tourmaline $Fe/(Fe +Mg)$ versus $Ca/(Ca +Na)$ de seldrar1

Figure 12:Diagramme d'évolution de la tourmaline $Fe/(Fe +Mg)$ versus $Ca/(Ca +Na)$ de seldrar2

Figure 13 : Diagramme $Fe/(Fe +Mg)$ versus $Ca/(Ca +Na)$ présenter l'évolution de la tourmaline de Seldrar1 et de la tourmaline de la Seldrar 2

Figure 14:Le diagramme Mg vsrsus Fe de (Novák Mi., ŠkodaR.et al, 2011)

Figure 15:Diagramme Fe versus Mg de l'évolution de la tourmaline de seldrar1

Figure 16:Diagramme de Mg versus Fe d'évolution de la tourmaline du seldrar2

Figure 17:(B) Évolution de la tourmaline du Darasun (Henry et al 2008).

Figure 18:Diagramme $Al + Ca$ versus Fe de la tourmaline de seldrar1

Figure 19:(A) Evolution des tourmalines du Darasun(Henry et al, 2008).

Figure 20:Diagramme $Mg - Ca$ versus Fe de la tourmaline de seldrar1

Figure 21: Diagramme Fe versus $Mg-Ca$ de la tourmaline du seldrar2

Liste des Planches

Planche1

- **Figure 1 et Figure 2 :** quartz I et quartz 2 avec la tourmaline2 et muscovite remplir les fissures du quartz 2.
- **Figure 3 :** deux générations du quartz
- **Figure 4 :** tourmalines on association avec la muscovite
- **Figure 5 et Figure 6 :** deux générations des tourmalinesFigure 5 ou L.N. Figure 6 ou L.P.ou la tourmaline de 1ere génération sous forme en rosâtre.

Planche2

- **Figure 7 :** tourmaline2 présente sous forme des cristaux aciculaire
- **Figure8:** lame mince au L.P. où la tourmaline 2 en association avec la muscovite
- **Figure 9 :** lame mince au L.N. où la tourmaline 2 en association avec la muscovite
- **Figure 10 :** le quartz2 recoupé par les veinules d'hydroxydes.
- **Figure 11 :** le quartz 2 sous forme des cristaux forme des mosaïques.

Planche3

- **Figure 12,Figure13,Figure 14,Figure 15 :** des sections polie présente les grains de l'or

Liste des tableaux

- **Les données des analyses de la microsonde de seldrar1**
- **Les données des analyses de la microsonde de seldrar2**

Planche 1

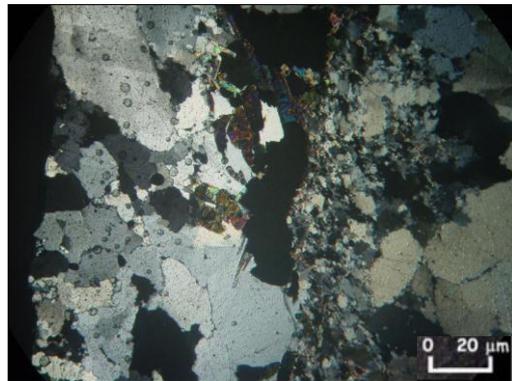
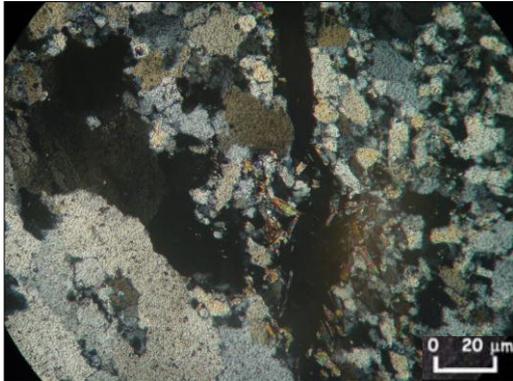


Figure 1 Figure 2

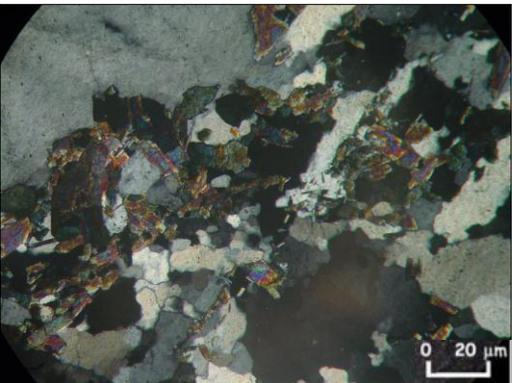
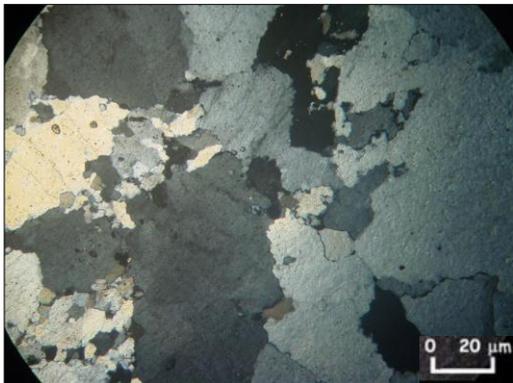


Figure 3

Figure 4

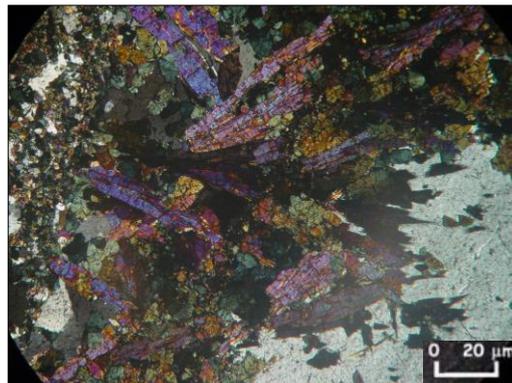
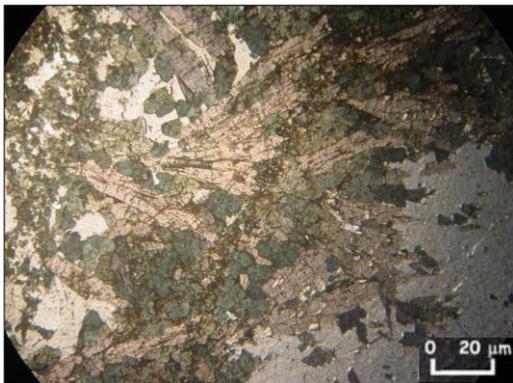


Figure 5 Figure 6

Planche 2

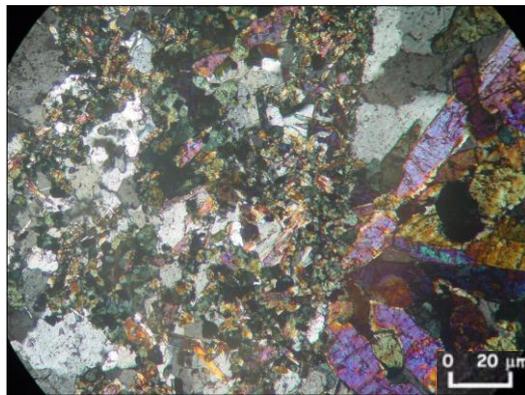


Figure 7

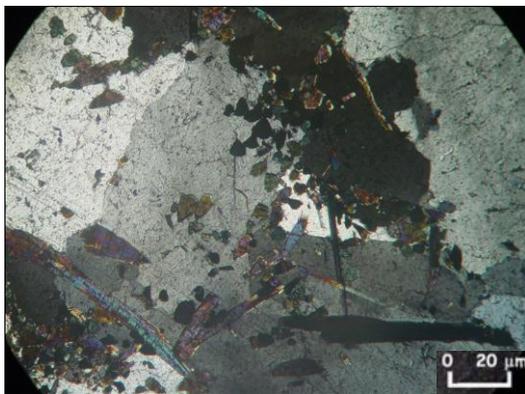


Figure 8

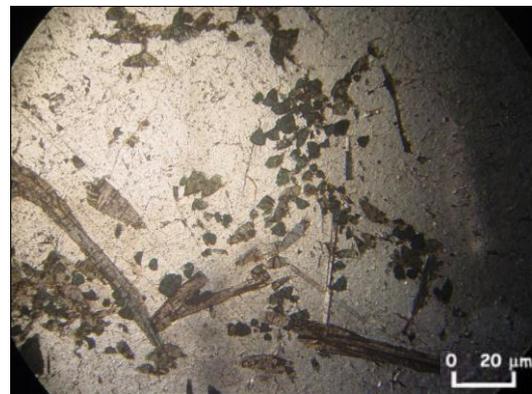


Figure 9

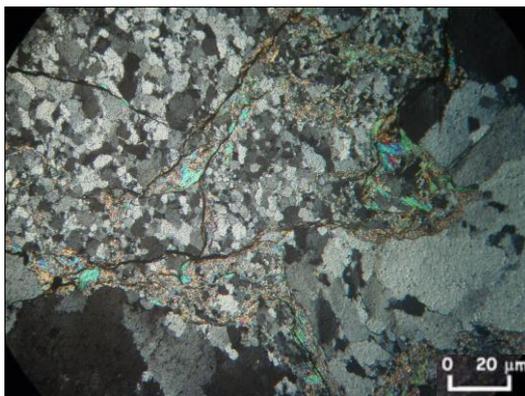


Figure 10

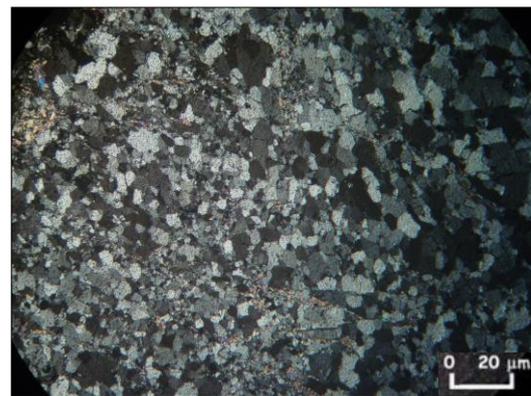


Figure 11

Planch3

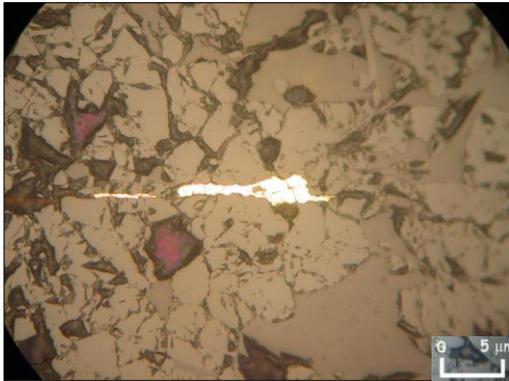


Figure12

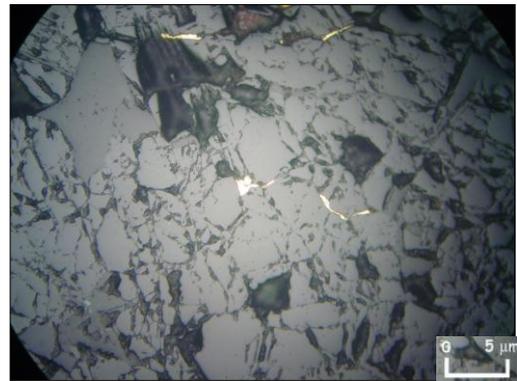


Figure13

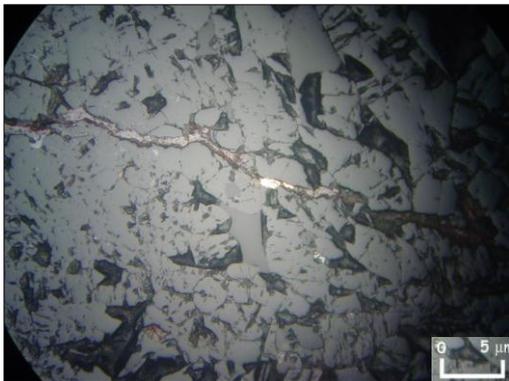


Figure14

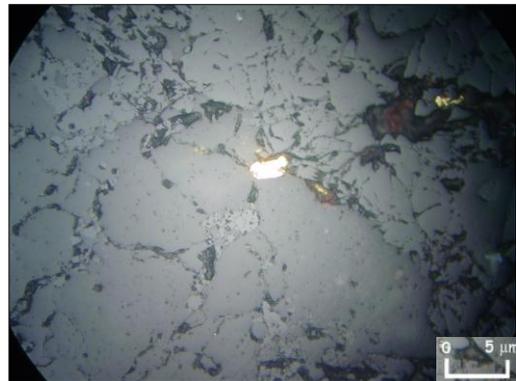


Figure 15

Les annexes

Les données des analyses de la microsonde de seldrar1 :

Li Iteration?	1	2	3	4	5	6	7
SiO2	35,872	36,531	36,842	36,089	36,413	36,435	36,879
TiO2	0,115	0,067	0,083	0,347	0,530	0,265	0,000
Al2O3	29,561	32,555	31,225	31,251	30,833	31,253	30,117
V2O3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr2O3	0,050	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe2O3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	10,908	8,566	8,885	10,086	9,369	9,797	10,134
MgO	5,821	5,551	6,098	5,636	5,937	5,859	6,219
CaO	0,797	0,573	0,605	0,677	0,946	0,721	0,440
MnO	0,005	0,046	0,090	0,062	0,000	0,000	0,000
ZnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na2O	2,056	1,903	2,088	1,942	1,836	1,899	1,888
K2O	0,010	0,013	0,025	0,029	0,007	0,049	0,006
Rb2O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cs2O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
F	0,018	0,060	0,006	0,000	0,086	0,000	0,000
Cl	0,015	0,000	0,000	0,000	0,015	0,050	0,020
H2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2O*	3,53	3,61	3,63	3,61	3,57	3,61	3,59
B2O3*	10,28	10,55	10,52	10,46	10,47	10,51	10,43
Li2O*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,04	100,09	100,09	100,19	100,01	100,45	99,73
O=F	0,01	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Total*	99,03	100,06	100,09	100,19	99,98	100,45	99,73

Les annexes

9	10	11	12	13	14	15	16
36,551	36,519	36,289	35,776	36,795	36,647	36,070	37,152
0,067	0,198	0,414	0,232	0,100	0,249	0,198	0,115
32,960	31,646	31,382	31,088	32,042	31,845	30,421	31,948
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,067	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10,168	9,356	9,592	9,632	8,961	8,988	10,057	9,727
4,719	5,634	5,962	5,962	5,408	5,632	6,105	5,951
0,039	0,173	0,579	0,745	0,589	0,577	0,696	0,724
0,000	0,000	0,090	0,000	0,021	0,061	0,000	0,012
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,859	1,959	1,916	1,901	1,851	1,875	2,057	1,686
0,000	0,000	0,000	0,036	0,030	0,016	0,027	0,039
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,006	0,012	0,037	0,000	0,000	0,043	0,024	0,000
0,000	0,000	0,015	0,000	0,035	0,000	0,003	0,005
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,64	3,61	3,60	3,58	3,62	3,61	3,58	3,68
10,56	10,47	10,51	10,39	10,53	10,53	10,40	10,67
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100,57	99,57	100,39	99,35	99,98	100,13	99,70	101,71
0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
100,57	99,57	100,37	99,35	99,98	100,11	99,69	101,71

Les annexes

17	18	19	20	21	22	23	24
37,081	36,926	36,618	37,491	37,305	36,539	37,29	36,229
0,067	0,324	0,387	0,077	0,41	0,188	0,309	0,372
31,553	31,523	31,338	31,79	31,657	32,874	31,988	31,572
0,000	0	0	0	0	0	0	0
0,067	0	0	0	0	0	0	0
0,000	0	0	0	0	0	0	0
9,664	9,299	9,803	9,619	10,42	9,496	9,348	9,631
5,989	6,057	5,8	6,08	5,581	5,871	5,334	5,815
0,716	0,66	0,865	0,525	0,884	0,652	0,69	0,716
0,103	0,04	0,08	0	0,066	0	0	0
0,000	0,132	0,044	0,132	0,032	0	0	0,034
0,000	0	0	0	0	0	0	0
1,726	2,038	1,956	1,851	1,758	1,928	1,806	2,045
0,000	0,07	0,011	0,012	0,076	0,001	0,008	0,02
0,000	0	0	0	0	0	0	0
0,000	0	0	0	0	0	0	0
0,000	0	0,102	0,026	0	0	0,052	0
0,008							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,66	3,66	3,60	3,68	3,70	3,69	3,64	3,63
10,62	10,62	10,57	10,70	10,71	10,69	10,63	10,52
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
101,25	101,36	101,17	101,99	102,60	101,93	101,10	100,59
0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
101,25	101,36	101,13	101,97	102,60	101,93	101,08	100,59

Les annexes

25	26	27	28	29	30	31	32
36,978	36,684	37,224	36,225	36,672	35,837	37,114	36,629
0,173	0,384	0,19	0,335	0,18	0,152	0,133	0,207
31,542	31,074	32,239	31,791	32,613	30,102	30,544	30,607
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
9,754	9,736	9,256	9,905	8,779	10,423	10,89	10,841
6,266	5,952	5,732	5,178	5,792	4,966	5,77	5,758
0,481	0,688	0,754	0,845	0,648	0,41	0,396	0,424
0,027	0,12	0,04	0,068	0,07	0,027	0	0
0	0,044	0,022	0,057	0	0	0,113	0,057
0	0	0	0	0	0	0	0
1,853	2,182	2,044	1,902	2,008	1,841	2,119	1,957
0,011	0,054	0,028	0,005	0,047	0,002	0,051	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,077	0	0	0	0,105	0,209	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,67	3,61	3,69	3,62	3,67	3,46	3,54	3,62
10,63	10,56	10,70	10,50	10,64	10,18	10,55	10,48
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
101,38	101,17	101,92	100,43	101,12	97,51	101,43	100,57
0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00
101,38	101,13	101,92	100,43	101,12	97,46	101,34	100,57

Les annexes

33	34	35	36	37	38
36,038	36,941	36,905	37,313	37,651	36,978
0,37	0,617	0,284	0,198	0,14	0,077
31,843	30,852	31,996	31,247	32,81	31,126
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
9,349	9,861	9,507	10,606	8,542	10,534
5,55	5,589	5,931	5,853	5,952	6,006
0,691	1,097	0,725	0,442	0,397	0,26
0,014	0,124	0,097	0	0,139	0,056
0,115	0	0,034	0,046	0,011	0,059
0	0	0	0	0	0
1,977	1,812	1,882	1,897	1,887	1,981
0	0,022	0,033	0,042	0,017	0,02
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0,214	0,08	0,026	0,054	0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,62	3,55	3,64	3,66	3,69	3,65
10,48	10,57	10,66	10,65	10,78	10,58
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100,05	101,24	101,78	101,98	102,07	101,33
0,00	0,09	0,03	0,01	0,02	0,00
100,05	101,15	101,75	101,97	102,05	101,33

Les annexes

	1	2	3	4	5	6	7
T: Si	6,066	6,018	6,087	5,996	6,044	6,028	6,144
Al	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Z: Al	5,891	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,914
Mg	0,109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,086
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe3+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y: Al	0,000	0,320	0,080	0,115	0,031	0,094	0,000
Ti	0,015	0,008	0,010	0,043	0,066	0,033	0,000
Mg	1,358	1,363	1,502	1,396	1,469	1,445	1,458
Mn	0,001	0,006	0,013	0,009	0,000	0,000	0,000
Fe2+	1,542	1,180	1,228	1,401	1,300	1,355	1,412
Zn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Li*	0,077	0,114	0,168	0,035	0,133	0,073	0,130
ΣY	2,923	2,886	2,832	2,965	2,867	2,927	2,870
X: Ca	0,144	0,101	0,107	0,121	0,168	0,128	0,079
Na	0,674	0,608	0,669	0,626	0,591	0,609	0,610
K	0,002	0,003	0,005	0,006	0,001	0,010	0,001
r	0,179	0,288	0,219	0,248	0,239	0,253	0,310
OH	3,986	3,969	3,997	4,000	3,951	3,986	3,994
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
F	0,010	0,031	0,003	0,000	0,045	0,000	0,000
Cl	0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,014	0,006
Mineral Name	Schorl	Dravite	Dravite	Schorl	Dravite	Dravite	Dravite
CatSum	18,809	18,615	18,700	18,717	18,671	18,702	18,704
Si excess	0,066	0,018	0,087	0,000	0,044	0,028	0,144
X+B+Si excess	3,886	3,729	3,868	3,752	3,804	3,775	3,834
T+Z+Y	14,988	14,904	14,919	14,965	14,910	14,955	15,015
Ideal T+Z+Y	14,923	14,886	14,832	14,965	14,867	14,927	14,870
	1	2	3	4	5	6	7
Fe tot	1,542	1,180	1,228	1,401	1,300	1,355	1,412
Mg tot	1,467	1,363	1,502	1,396	1,469	1,445	1,544

Les annexes

9	10	11	12	13	14	15	16
6,016	6,062	6,001	5,984	6,074	6,049	6,029	6,052
0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,993	6,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,394	0,191	0,117	0,113	0,234	0,195	0,000	0,133
0,008	0,025	0,051	0,029	0,012	0,031	0,025	0,014
1,158	1,394	1,470	1,487	1,331	1,386	1,515	1,445
0,000	0,000	0,013	0,000	0,003	0,009	0,000	0,002
1,400	1,299	1,327	1,347	1,237	1,241	1,406	1,325
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,041	0,091	0,023	0,024	0,182	0,133	0,046	0,081
2,959	2,909	2,977	2,976	2,818	2,867	2,954	2,919
0,007	0,031	0,103	0,134	0,104	0,102	0,125	0,126
0,593	0,631	0,614	0,617	0,592	0,600	0,667	0,532
0,000	0,000	0,000	0,008	0,006	0,003	0,006	0,008
0,400	0,339	0,283	0,242	0,297	0,295	0,203	0,333
3,997	3,994	3,976	4,000	3,990	3,978	3,986	3,999
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
0,003	0,006	0,019	0,000	0,000	0,022	0,013	0,000
0,000	0,000	0,004	0,000	0,010	0,000	0,001	0,001
Schorl	Dravite						
18,576	18,633	18,696	18,734	18,595	18,621	18,781	18,638
0,016	0,062	0,001	0,000	0,074	0,049	0,029	0,052
3,616	3,723	3,718	3,758	3,777	3,754	3,827	3,719
14,975	14,971	14,979	14,976	14,892	14,916	14,984	14,971
14,959	14,909	14,977	14,976	14,818	14,867	14,954	14,919
9	10	11	12	13	14	15	16
1,400	1,299	1,327	1,347	1,237	1,241	1,406	1,325
1,158	1,394	1,470	1,487	1,331	1,386	1,522	1,445

Les annexes

17	18	19	20	21	22	23	24
6,070	6,042	6,021	6,088	6,053	5,939	6,096	5,984
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061	0,000	0,016
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,088	0,079	0,073	0,084	0,053	0,236	0,163	0,129
0,008	0,040	0,048	0,009	0,050	0,023	0,038	0,046
1,462	1,477	1,422	1,472	1,350	1,423	1,300	1,432
0,014	0,006	0,011	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
1,323	1,272	1,348	1,306	1,414	1,291	1,278	1,330
0,000	0,016	0,005	0,016	0,004	0,000	0,000	0,004
0,096	0,110	0,093	0,112	0,120	0,028	0,220	0,059
2,904	2,890	2,907	2,888	2,880	2,972	2,780	2,941
0,126	0,116	0,152	0,091	0,154	0,114	0,121	0,127
0,548	0,647	0,624	0,583	0,553	0,608	0,572	0,655
0,000	0,015	0,002	0,002	0,016	0,000	0,002	0,004
0,327	0,223	0,222	0,323	0,278	0,279	0,305	0,214
3,998	4,000	3,947	3,987	4,000	4,000	3,973	4,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
0,000	0,000	0,053	0,013	0,000	0,000	0,027	0,000
0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dravite	Dravite	Dravite	Dravite	Schorl	Dravite	Dravite	Dravite
18,647	18,709	18,707	18,653	18,655	18,694	18,571	18,727
0,070	0,042	0,021	0,088	0,053	0,000	0,096	0,000
3,744	3,819	3,800	3,765	3,775	3,721	3,791	3,786
14,974	14,932	14,929	14,976	14,933	14,972	14,876	14,941
14,904	14,890	14,907	14,888	14,880	14,972	14,780	14,941
17	18	19	20	21	22	23	24
1,323	1,272	1,348	1,306	1,414	1,291	1,278	1,330
1,462	1,477	1,422	1,472	1,350	1,423	1,300	1,432

Les annexes

25	26	27	28	29	30	31	32
6,047	6,035	6,045	5,996	5,991	6,119	6,114	6,075
0,000	0,000	0,000	0,004	0,009	0,000	0,000	0,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,930	5,983
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,017
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,079	0,025	0,170	0,198	0,270	0,058	0,000	0,000
0,021	0,048	0,023	0,042	0,022	0,020	0,016	0,026
1,528	1,460	1,388	1,278	1,411	1,264	1,347	1,406
0,004	0,017	0,006	0,010	0,010	0,004	0,000	0,000
1,334	1,340	1,257	1,371	1,199	1,488	1,500	1,504
0,000	0,005	0,003	0,007	0,000	0,000	0,014	0,007
0,034	0,106	0,154	0,095	0,089	0,166	0,123	0,057
2,966	2,894	2,846	2,905	2,911	2,834	2,877	2,943
0,084	0,121	0,131	0,150	0,113	0,075	0,070	0,075
0,588	0,696	0,644	0,610	0,636	0,609	0,677	0,629
0,002	0,011	0,006	0,001	0,010	0,000	0,011	0,000
0,326	0,171	0,219	0,239	0,241	0,315	0,243	0,295
4,000	3,960	4,000	4,000	4,000	3,943	3,891	4,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,057	0,109	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dravite	Dravite	Dravite	Schorl	Dravite	Schorl	Schorl	Schorl
18,687	18,758	18,672	18,667	18,671	18,638	18,749	18,722
0,047	0,035	0,045	0,000	0,000	0,119	0,114	0,075
3,721	3,864	3,825	3,761	3,759	3,804	3,871	3,780
15,013	14,930	14,891	14,905	14,911	14,953	14,991	15,018
14,966	14,894	14,846	14,905	14,911	14,834	14,877	14,943
25	26	27	28	29	30	31	32
1,334	1,340	1,257	1,371	1,199	1,488	1,500	1,504
1,528	1,460	1,388	1,278	1,411	1,264	1,417	1,423

Les annexes

33	34	35	36	37	38
5,975	6,075	6,015	6,089	6,072	6,074
0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
6,000	5,980	6,000	6,000	6,000	6,000
0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,197	0,000	0,146	0,010	0,236	0,025
0,046	0,076	0,035	0,024	0,017	0,010
1,372	1,350	1,441	1,424	1,431	1,471
0,002	0,017	0,013	0,000	0,019	0,008
1,296	1,356	1,296	1,447	1,152	1,447
0,014	0,000	0,004	0,006	0,001	0,007
0,073	0,200	0,065	0,089	0,144	0,033
2,927	2,800	2,935	2,911	2,856	2,967
0,123	0,193	0,127	0,077	0,069	0,046
0,636	0,578	0,595	0,600	0,590	0,631
0,000	0,005	0,007	0,009	0,003	0,004
0,242	0,224	0,272	0,314	0,338	0,319
4,000	3,889	3,959	3,987	3,972	4,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
0,000	0,111	0,041	0,013	0,028	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dravite	Schorl	Dravite	Schorl	Dravite	Dravite
18,686	18,650	18,678	18,686	18,590	18,722
0,000	0,075	0,015	0,089	0,072	0,074
3,758	3,851	3,743	3,775	3,734	3,754
14,927	14,874	14,950	15,000	14,928	15,041
14,927	14,800	14,935	14,911	14,856	14,967
33	34	35	36	37	38
1,296	1,356	1,296	1,447	1,152	1,447
1,372	1,370	1,441	1,424	1,431	1,471

Les annexes

Les données des analyses de la microsonde de seldrar2 :

s	1	2	3	4	5	6	7
SiO2	37,08	34,327	36,969	36,248	36,428	100,574	37,05
TiO2	0,22	1,6	0,58	0,477	0,112	0,018	0,165
Al2O3	31,98	27,198	31,708	31,629	31,586	0	30,981
V2O3	0,00	0	0	0	0	0	0
Cr2O3	0,02	0	0	0	0,053	0	0
Fe2O3	0,00	0	0	0	0	0	0
FeO	9,42	10,535	9,793	9,203	10,248	0,188	10,419
MgO	6,18	5,87	5,55	5,744	6,203	0	6,475
CaO	0,00	0	0	0	0	0	0
MnO	0,12	0,045	0	0	0	0	0,027
ZnO	0,00	0	0	0	0	0	0
BaO	0,00	0	0	0	0	0	0
Na2O	1,74	1,729	1,697	1,855	1,755	0	1,917
K2O	0,00	0,113	0,022	0,045	0	0	0
Rb2O	0	0	0	0	0	0	0
Cs2O	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0	0
H2O	0	0	0	0	0	0	0
B2O3	0	0	0	0	0	0	0
Li2O	0	0	0	0	0	0	0
H2O*	3,67	3,39	3,65	3,60	3,63	4,93	3,66
B2O3*	10,63	9,82	10,57	10,44	10,53	14,28	10,60
Li2O*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	101,05	94,63	100,53	99,25	100,55	119,99	101,29
O=F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total*	101,05	94,63	100,53	99,25	100,55	119,99	101,29

Les annexes

8	9	10	11	12	13	14	15
37,656	37,416	36,744	36,426	36,284	102,557	37,673	36,631
0,14	0,229	0,112	0,827	0,342	0,102	0,324	0,053
31,138	31,652	30,325	29,141	31,627	0	32,321	31,553
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,01	0,038	0,197	0,072	0	0,048	0,126
0	0	0	0	0	0	0	0
10,113	9,056	9,86	10,585	11,293	0	8,986	8,936
6,528	6,314	6,302	6,375	5,112	0,015	6,029	6,161
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,027	0,076	0	0,044	0	0,059	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1,79	2,019	1,763	1,542	1,874	0	1,643	1,744
0	0	0	0,03	0	0,036	0,024	0,006
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3,68	3,67	3,59	3,57	3,62	5,03	3,70	3,61
10,68	10,65	10,41	10,34	10,50	14,56	10,73	10,47
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
101,72	101,05	99,22	99,03	100,77	122,30	101,53	99,30
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
101,72	101,05	99,22	99,03	100,77	122,30	101,53	99,30

Les annexes

T: Si	6,060	6,073	6,079	6,033	6,012	12,239	6,077
Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Z: Al	6,000	5,671	6,000	6,000	6,000	0,000	5,989
Mg	0,000	0,329	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe3+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y: Al	0,159	0,000	0,145	0,204	0,144	0,000	0,000
Ti	0,027	0,213	0,072	0,060	0,014	0,002	0,020
V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,002	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000
Fe3+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	1,505	1,219	1,361	1,425	1,526	0,000	1,572
Mn	0,016	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Fe2+	1,287	1,559	1,347	1,281	1,414	0,019	1,429
Zn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Li*	0,004	0,003	0,076	0,031	0,105	8,979	0,026
ΣY	2,996	2,997	2,924	2,969	3,105	0,021	3,026
X: Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,552	0,593	0,541	0,599	0,562	0,000	0,610
K	0,000	0,026	0,005	0,010	0,000	0,000	0,000
Rb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cs	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
r	0,448	0,381	0,454	0,392	0,438	1,000	0,390
OH	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mineral Name	Dravite	Schorl	Dravite	Dravite	Dravite	Foitite	Dravite
CatSum	18,608	18,688	18,549	18,610	18,679	15,260	18,713
Si excess	0,060	0,073	0,079	0,033	0,012	6,239	0,077
X+B+Si excess	3,612	3,691	3,625	3,641	3,574	9,239	3,687
T+Z+Y	15,056	15,070	15,004	15,002	15,118	12,260	15,103
Ideal T+Z+Y	14,996	14,997	14,924	14,969	15,105	6,021	15,026
Mg	1,505	1,548	1,361	1,425	1,526	0,000	1,583

Les annexes

6,130	6,107	6,135	6,124	6,007	12,238	6,105	6,079
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
5,974	6,000	5,968	5,775	6,000	0,000	6,000	6,000
0,026	0,000	0,032	0,225	0,000	0,003	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,089	0,000	0,000	0,171	0,000	0,173	0,172
0,017	0,028	0,014	0,105	0,043	0,009	0,039	0,007
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,001	0,005	0,026	0,009	0,000	0,006	0,017
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,559	1,536	1,537	1,372	1,262	0,000	1,456	1,524
0,000	0,004	0,011	0,000	0,006	0,000	0,008	0,000
1,377	1,236	1,377	1,488	1,563	0,000	1,218	1,240
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,047	0,106	0,057	0,008	0,054	8,988	0,099	0,041
2,953	2,894	2,943	2,992	3,054	0,009	2,901	2,959
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,565	0,639	0,571	0,503	0,601	0,000	0,516	0,561
0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,005	0,005	0,001
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,435	0,361	0,429	0,491	0,399	0,995	0,479	0,438
4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dravite	Dravite	Dravite	Schorl	Schorl	Foitite	Dravite	Dravite
18,648	18,640	18,649	18,625	18,662	15,255	18,527	18,601
0,130	0,107	0,135	0,124	0,007	6,238	0,105	0,079
3,695	3,746	3,706	3,634	3,608	9,244	3,626	3,642
15,083	15,001	15,079	15,116	15,060	12,250	15,006	15,039
14,953	14,894	14,943	14,992	15,054	6,012	14,901	14,959
1,585	1,536	1,569	1,597	1,262	0,003	1,456	1,524