

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département des Mines et Géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Minier

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Thème

*Étude comparative entre le minerai aurifère
d'Amesmessas et le minerai aurifère de Tazrouk
- Tamenrasset*

Présenté par :

M^{elle} IKENE Tínhinane & M^{elle} IGUEROUFA Sabrina

Soutenu le 16/07 /2022 devant le jury composé de :

Président	Bouabdallah.S	MCB	U.A.M.
Encadrant	Kicher.K	MAA	U.A.M.
Co-encadrant	Louz.M	Ingénieur	ENOR
Examineur	Larachi.N	MAA	U.A.M.

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

Nous rendons grâce au dieu le tout puissant de m'avoir accordé la foi, le courage et la patience pour mener à bien ce travail.

Nous tenons avant tout à exprimer notre reconnaissance et nos remerciements à notre promotrice Mme KICHER K, maîtresse Assistante à l'université de Bejaïa pour ses compétences scientifiques et ses conseils ainsi que son orientation, et son soutien qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Nous voudrions exprimer nos remerciements à tous les membres de Jurys Mr le président Bouabdallah.S et Mr l'examineur Larachi.N, pour l'honneur qui nous a fait en acceptant la lourde tâche d'examiner notre travail, à tous les enseignants qui par leurs compétences nous ont orientés et encouragés durant nos années d'études, nous remercions aussi l'ensemble de personnel de département des mines et géologie de Bejaïa.

Nous remercions Mme SOUICI Z, maître conférencier à l'université de Bejaïa pour son aide à la réussite de notre projet de fin d'étude.

On a l'honneur et l'énorme plaisir de présenter nos sincères et chaleureux remerciements et reconnaissances à notre deux Co- encadreur Mr LOUZ.M directeur des opérations à l'ENOR, et Mr MORCELI.H chef de laboratoire pour leur

grande culture scientifique, leurs encouragements et leurs disponibilités. Sans eux, ce travail n'aurait pas pu être mené à bon résultats, pour leurs bonnes explications qui nous a éclairé le chemin de la recherche et leurs collaborations afin d'achever ce modeste travail. Qu'ils trouvent dans ce travail un hommage vivant à leurs hautes personnalités.

Notre profonde gratitude est effectivement destinée spécialement à Mr BENKREIRA. A le directeur des opérations de l'ENOR pour son aide et son accueil au niveau de siège de l'entreprise ENOR.

NOUS remercions ainsi par nom toutes personnes qui nous a aidé et accompagné au long de notre séjour à Amesmassa : Mr SAHTALI. A le responsable de service process et Mr Redouane chef de base aussi Mr CHIBANI MOHAMED géologue de la mine et tout le personnel de l'entreprise.

Nous remercions Mr Akdim pour son aide et ses conseils.

Nous remercions nos famille qui étaient toujours à nos cote pour leur soutien, qui nous a donné la force de conquière les obstacles et battre les défis.



I.Tínhinane & I.Sabrina -

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels qu'ils soient, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

A l'homme, mon précieux offrande au dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon chère père ABDNOUR

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'épargne aucun effort pour me rendre heureuse mon adorable mère GHANIA

A mes très chères petites sœurs ZIRI FAFI DIDA RYMA MICHETTE et mes très chères amies SABI KATY qui n'ont pas cessé de me conseiller encourager et soutenir tout au long de mes études que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur

A mes adorables petits frères qui savaient toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille

A mes grands parents mes oncles et mes tantes que dieu leur donne une longue et joyeuse vie

A mes cousins cousines et les amies que j'ai connues jusqu'à maintenant merci pour leurs amours et leurs encouragements.



- I. Tinhinane -

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

A l'hommage de mon père et mon grand-père que dieu les accueille dans son vaste Paradis

A la femme qui a souffert et ses sacrifices sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'épargné aucun effort pour me rendre heureuse a lumière de ma vie ma mère HAKIMA.

A mon seul grand frère KHALED qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille qui est le pallier de notre famille.

A ma grand-mère yemma azozo grâce à ses encouragements et son soutien et son grand amour qui ne se termine jamais qui m'a fait d'une jeune fille courageuse et aimable mes oncles et mes tantes que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A mes très chères amies NINA KATY qui n'ont pas cessée de me conseiller encourager et soutenir tout au long de mes études que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes cousins cousines et les amies que j'ai connues jusqu'à maintenant merci pour leurs amours et leurs encouragements.



- I.Sabrina -

Sommaire

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction Générale..... 1

Chapitre I

Recherche bibliographique

Introduction	4
I.1. Situation géographique.....	4
I.1.1. Le Hoggar.....	4
I.1.2. Situation géographique des zones d'étude	5
I.1.2.1. Amesmessa.....	5
I.1.2.2. Tazrouk	6
I.2. Géologie régionale	6
I.2.1. Subdivision classique du Hoggar	6
I.2.1.1. Le Hoggar Oriental.....	7
A. La chaîne Tiririnienne.....	7
B. La zone péritiririnienne (Tafassasset – Djanet)	8
C. Le môle Issalane	8
I.2.1.2. Le Hoggar Central polycyclique	8
A. La série de l'Arechchoum.....	8
B. La série de l'Aleksod	8
I.2.1.3. Le Hoggar Occidental	8
A. Le môle In-Ouzzal	9
B. Le rameau occidental	9
C. Le rameau central.....	9
I.2.2. Formations litho-stratigraphiques	9
I.2.3. Géologie locale.....	10
I.2.3.1. Amesmessa.....	10
I.2.3.2. Subdivision du gisement d'Amesmessa	11
I.2.4. Tazrouk.....	12
I.2.5. Minéralisation	13

Sommaire

I.2.5.1. Selon la nature de la minéralisation	13
I.2.5.2. Selon l'importance de la minéralisation.....	13
I.3. Présentation de la mine d'Amesmesssa	14
I.3.1. Travaux d'exploitation	14
I.3.1.1. Exploitation de l'or à Tazrouk	14
I.3.1.2. Exploitation de l'or à Amesmesssa.....	14
I.3.1.2.1. Les travaux de foration et de tir (Amesmesssa).....	14
A. Les travaux de forage.....	14
B. Les travaux de tir	15
C. Charge d'un trou	15
I.3.1.3. Chargement et transport	15
I.3.1.4. Stockage	15
I.3.2. Traitement de minerai (process).....	16
I.3.2.1. Préparation mécanique	16
I.3.2.1.1. Alimentation.....	16
I.3.2.1.2. Le concassage.....	17
A. Concassage primaire	17
B. Criblage primaire	17
C. Criblage secondaire.....	17
D. Concassage tertiaire	17
I.3.2.1.3. Broyage	18
I.3.2.1.4. Epaisseur	18
I.3.2.1.5. Cuves de lixiviation.....	19
I.3.2.1.6. La lixiviation en tas	20
I.3.2.1.7. Colonnes de charbon (CIC).....	21
I.3.2.1.8. La raffinerie.....	22

Chapitre II

Protocole opératoire et analyses

Introduction	25
II.1. Echantillonnage.....	25
II.2. Essais effectués au niveau du laboratoire	26
II.2.1. Préparation mécanique.....	26
A. Débitage des roches	26

Sommaire

B. Concassage.....	27
C. Division.....	27
D. Broyage.....	28
E. Quartage	28
II.2.2. Détermination de la teneur en or par SAA.....	29
II.2.2.1. La spectrométrie d'absorption atomique (SAA).....	30
II.2.2.2. Caractéristiques principales	30
A. Principe de fonctionnement	30
II.2.3. Préparation thermique des échantillons	32
II.2.3.1. Fusion.....	32
A. Matériels utilisés	32
B. Mode opératoire	33
II.2.3.2. Coupellation.....	34
A. Matériels utilisés.....	34
B. Mode opératoire	34
II.2.3.3. Attaque chimique (digestion).....	35
II.2.3.4. Détermination finale de l'analyse	36
II.2.4. Essais de la lixiviation en bouteilles roulantes.....	36
II.2.4.1. Séparation solide liquide.....	37
II.2.5. Essai d'adsorption par le charbon actif en bouteille roulante	38
II.2.5.1. Séparation solide liquide.....	38
II.2.6. Test de densité (masse volumique).....	39
A. Matériels utilisés.....	39
B. Mode opératoire	40
II.2.7. Test de décantation	40
II.2.7.1. Principe	40
II.2.7.2. La décantation naturelle	40
A. Matériels utilisés.....	40
B. Mode opératoire	41
C. La décantation forcée (ajout de flocculant)	41
D. Matériels utilisés.....	41
E. Mode opératoire	41
II.2.8. Les analyses minéralogiques.....	42
II.2.8.1. Diffraction des rayons X.....	42

Sommaire

A. a. Principe	42
II.2.8.2. La fluorescence des rayons X	43
A. Le principe	43
B. Le but	43
II.2.8.3. Photo luminescence	44
A. Montage expérimental	44
II.2.8.4. Préparation des lames minces et section polis	45
A. Matériels utilisés	45
B. Mode opératoire	46
Conclusion	47

Chapitre III

Discussion et interprétation des résultats

Introduction	49
III.1. Le minerai aurifère d'Amesmesssa	49
III.1.1. Caractérisation des filons de quartz aurifères	49
III.1.1.1. Les filons aurifères d'Amesmesssa	49
III.1.1.1.1. Description macroscopique de la minéralisation	50
III.1.1.1.2. Etude microscopique	50
A. La Pyrite	50
B. Hématite	51
C. Limonite	51
D. Arsénopyrite	51
E. Quartz	52
F. Quartz I	52
G. Quartz II	52
H. Phengite	52
I. Galène	52
J. Or	53
III.1.2. Caractérisation des minerais aurifères	54
III.1.2.1. Analyse à la fluorescence X	54
III.1.2.2. La diffraction de rayon X	55
III.1.2.3. Les résultats des essais en bouteilles roulantes	57
III.1.2.3.1. La lixiviation par cyanuration	57

Sommaire

A. Les teneurs initiales du minerai d'Amesmessa.....	57
B. La teneur finale du minerai d'Amesmessa.....	60
III.1.2.3.2. L'adsorption par le charbon actif.....	60
III.1.2.3.3. Les résultats de la teneur du charbon après le test d'adsorption	63
III.1.2.4. Teste de densité (masse volumique).....	63
III.1.2.5. Test de décantation	64
III.1.2.5.1. La décantation naturelle.....	64
III.1.2.5.2. La décantation forcée (avec le flocculant)	64
III.2. Le minerai aurifère de Tazrouk	66
III.2.1. Etude macroscopique de la minéralisation	66
III.2.2. Etude microscopique	66
A. Pyrite.....	66
B. Hématite.....	67
C. Limonite.....	67
D. Le Quartz	67
E. Quartz I.....	67
F. Quartz II	67
III.2.3. Caractérisation des minerais aurifères	67
III.2.3.1. La fluorescence des rayons x.....	67
III.2.3.2. La diffraction de rayon X	69
III.2.3.3. Les essais de bouteilles roulantes	71
III.2.3.2.1. la lixiviation par la cyanuration.....	71
III.2.3.3.1. Dans le but de déterminer la teneur résiduelle du minerai aurifère de Tazrouk des échantillons 720 et 294.....	71
A. La teneur initiale du minerai de Tazrouk.....	71
B. La teneur finale du minerai de Tazrouk.....	73
III.2.3.3.2. L'adsorption par le charbon actif.....	73
A. La teneur de charbon actif après l'adsorption.....	75
III.2.3.4. Test de densité (masse volumique).....	76
III.2.3.5. Test de décantation	76
III.2.3.4.1. La décantation naturelle.....	76
III.2.3.6. La décantation forcée (avec le flocculant)	77
III.3. Photoluminescence	78
III.4. Étude comparative	79

Sommaire

III.4.1. De point de vue minéralogique.....	79
III.4.2. De points de vue géologiques	79
III.4.3. De point de vue traitement.....	80
III.4.4. De point de vue économique	81
Conclusion Générale	82
Références bibliographiques.....	85

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

AgNO₃: Nitrate d'argent.

Al₂O₃ : Alumine

Au : Or

Be : Béryllium

DRX: diffraction de rayon X

Fe: Fer

FRX : fluorescences de rayon X

G: Gramme

H: heure

HCl : Chlorure d'hydrogène **NaCN** : Cyanure de sodium **Kg**: kilo gramme

HNO₃ : l'eau régale

K: Potassium

L: Litre

LPA : lumière polariser analyser.

LPCMC : Laboratoire Physico-chimique Matériaux de Construction

LPNA : Lumière polariser non analyser.

MgO: Oxyde Magnésium

ml : millilitre

Mn : manganèse

Mo: Molybdenum

NaOH : hydroxyde de sodium

ORGM : Office national de la Recherche Géologique Minier

Liste d'abréviation

Pb: Plumb

PR2 : Formation du proterozoïque moyen.

PR3 : Formation du proterozoïque supérieur .

S: Sulfure

SAA : spectre d'atome d'adsorption

SiO₂ : Dioxyde de silicium

SONAREM : Société Nationale de Recherche et d'Exploitation Minières.

Ti : Titanium **Ca:** Calcium **P:** Phosphor **Sr:** Strontium **Sb:** Antimony **Nb:** Niobium **Ag :** Argent **Ba:** Barium **Ni:** Nickel **Cd:** Cadmium **Sn:** Tin

U : Uranium

Zn: Zinc

C : Concentration de solution en élément absorbant;

H la constante de Planck;

V : Volume de l'eau.

l : La longueur de la flamme;

m : Masse de l'échantillon;

p : La puissance incidente;

p₀ : La puissance absorbée

v: la fréquence du photon absorbé

ε : Constante caractéristique, dépend de l'atome absorbant en (l/mole cm);

ρ : Densité;

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I-1: La subdivision du gisement d'Amesmessa.....	11
Tableau III-1: Résultats d'analyse FRX du filon 16 et 8.....	54
Tableau III-2: Teneur initiale du minerai D'Amesmessa.....	57
Tableau III-3: Les résultats de la lixiviation d'Amesmassa	58
Tableau III-4: Teneur finale du minerai d'Amesmessa.....	60
Tableau III-5: Les résultats de l'adsorption du minerai d'Amesmessa.	61
Tableau III-6: Résultats de la teneur de charbon après l'adsorption.	63
Tableau III-7: Résultats des tests de décantation naturelle des filons 8 et 16	64
Tableau III-8: Résultats des tests de décantation forcée des filons 8 et 16	65
Tableau III-9: Résultats d'analyse FRX des minerais de Tazrouk 720 et 294	68
Tableau III-10: Teneur initiale du minerai de Tazrouk	71
Tableau III-11: Les résultats de la lixiviation sur l'échantillon de Tazrouk 720 et 294...	71
Tableau III-12: Teneur finale du minerai de Tazrouk	73
Tableau III-13: Les résultats de l'adsorption des échantillons de Tazrouk.	74
Tableau III-14: Résultats de la teneur de charbon après l'adsorption	75
Tableau III-15: Résultats des tests de décantation naturelle de Tazrouk.....	76
Tableau III-16: Résultats des tests de décantation forcée de Tazrouk.....	77

Liste des figures

Liste des figures

Figure I-1 : Situation géographique de Hoggar.....	4
Figure I-2 : Situation géographique de la mine d'Amesmesssa	5
Figure I-3 : Situation géographique de Tazroukt	6
Figure I-4 : Carte des principaux domaines structuraux du Hoggar : subdivision classique d'aprèsCaby et al., 1981).....	7
Figure I-5 : Carte géologique du Hoggar simplifiée (d'après Caby R. Et al., 1981)	9
Figure I-6 : Croquis détaillé des filons de quartz aurifère -Amesmesssa. (Fait par ENOR 1997).....	12
Figure I-7 : Les travaux de forage	14
Figure I-8 : La pelle mécanique (photo prise).....	15
Figure I-9 : La trémie de concassage (photo prise).....	17
Figure I-10 : Bassins d'épaississement	19
Figure I-11 : Arrosage du tas en goutte à goutte.	20
Figure I-12 : Bassin de récupération. (Photo prise).	21
Figure I-13 : Schéma de traitement de minerai d'or par la lixiviation en tas.....	21
Figure I-14 : Colonnes de Charbon (photo prise).	22
Figure I-15 : Fusion, versement, séparation d'Or des impuretés+ obtention de lingot d'Or-argent (photo prise).....	23
Figure II-1 : La zone d'échantillonnage de filon N°8 d'Amesmesssa (photo prise).	26
Figure II-2 : La zone d'échantillonnage de filon N°16 D'Amesmesssa (photo prise).	26
Figure II-3 : Le tas de Tazrouk de dépôt de stockage d'Amesmesssa (photo prise).	26
Figure II-4 : Concasseur à mâchoire (photo prise).....	27
Figure II-5 : Minerai concassé (photo prise).....	27
Figure II-6 : Diviseur à rifle (photo prise)	27
Figure II-7 : Le minerai homogène passer par le diviseur (photo prise)	27
Figure II-8 : Broyeur pulvérisateur	28
Figure II-9 : Les étapes du quartage (photo prise).....	28
Figure II-10 : Schéma de la préparation mécanique et le quartage du minerai d'Amesmassa	29
Figure II-11 : Spectromètre d'absorption atomique du laboratoire d'Amesmesssa (Photo prise).....	30
Figure II-12 : Principe de la spectrométrie d'Analyse Atomique	31

Liste des figures

Figure II-13 : Schéma d'une transition électronique.....	32
Figure II-14 : Les creusets en porcelaine.	33
Figure II-15 : Four de laboratoire d'Amesmessa	34
Figure II-16 : Versement de fondant dans les moles (Photos prises).....	34
Figure II-17 : Perles d'Ag et Au dans les coupelles (photo prise)	35
Figure II-18 : Des tubes à essais contenant les perles sur bain-marie pour refroidissement (photoprise).	36
Figure II-19 : Bouteille roulante (photo prise).....	36
Figure II-20 : Le cyanure utilisé pour les essais (photo prise).	37
Figure II-21 : Dispositif de rotation des bouteilles roulantes (photo prise).	37
Figure II-22 : Etape séparation solide liquide de lixiviation (photo prise)	38
Figure II-23 : Etape de séparation solide liquide l'adsorption (photo prise)	39
Figure II-24 : Etapes de preparation de melange pour la decantation (photo prise).....	42
Figure II-25 : Appareil de DRX au niveau de laboratoire LPCMC à l'université de Bejaïa	43
Figure II-26 : Appareil de fluorescence X au niveau de laboratoire LPCMC à l'université de Bejaïa.	44
Figure II-27 : Schéma de montage expérimental	45
Figure II-28 : Appareil de photoluminescence de laboratoire LPCMC au niveau de l'université de Bejaïa.	45
Figure II-29 : Les étapes de la préparation des lames minces et des sections polies.....	46
Figure III-1 : Veinule remplie de pyrite LPNA GX10	50
Figure III-2 : Exhsolution de pyrite et l'arsénopyrite LPNA GX40	50
Figure III-3 : Veinule remplis d'Hématite LPNA GX10.....	51
Figure III-4 : Veinule remplis d'Arsénopyrite LPNA GX10.....	51
Figure III-5 : La phengite dans les fractures en association avec le quartz II LPA GX40	52
Figure III-6 : Galène disséminé dans le quartz QX10 LPNA	53
Figure III-7 : Or désaminé dans le quartz LPNA GX40	53
Figure III-8 : Le diffractogramme des rayons X de Filon 16.....	56
Figure III-9 : Le diffractogramme des rayons X de Filon 8.....	56
Figure III-10 : La courbe de lixiviation de l'Au par le cyanure de minerai d'Amesmessa en fonction de temps.	59
Figure III-11 : La courbe de l'adsorption de l'or par le charbon actif minerai d'Amesmessa en fonction de temps.....	62

Liste des figures

Figure III-12 : Le minerai brut de la région de Tazrouk 720.....	66
Figure III-13 : Le diffractogramme des rayons X de Tazrouk 294.....	69
Figure III-14 : Le diffractogramme des rayons X de Tazrouk 720.....	70
Figure III-15 : La courbe de teste de la lixiviation de l'or de minerai Tazrouk en fonction de temps.....	72
Figure III-16 : La courbe de l'adsorption de l'or par le charbon actif minerai Tazrouk....	74
Figure III-17 : Montrent le spectre PL des trois échantillons : l'échantillon riche en teneur d'ord'Amesmesssa (celui du filon 8), et les deux de Tazroukt 720 et 294.....	78
Figure III-18 : Situation géographique et géologique des zones d'étude (ORGM).....	80

Introduction Générale

Introduction Générale

L'or est un métal précieux couramment utilisé par l'humanité dans une grande variété de domaines, comprenant les industries électriques et électroniques, la médecine, la bijouterie et comme catalyseur dans divers produits chimiques [1].

L'or est généralement traité par le processus de lixiviation au cyanure. Cette méthode est capable d'extraire de l'or à 98% avec un coût plus faible que d'autres processus [2]

La lixiviation est appliquée en broyant le minerai à 75 μm et le mettre en solution avec le cyanure sous condition de pH (10-11) et en présence d'oxygène.

Une fois que l'or a été dissous dans le cyanure, deux processus principaux sont suggérés pour la récupération de l'or. L'un est le processus de précipitation du Zinc MerrillCrowe, et l'autre est l'adsorption de l'or sur du charbon actif. Ce dernier est maintenant considéré comme la méthode la plus rentable pour la récupération de l'or à partir d'une solution de lixiviation au cyanure [1]. Depuis le début de son utilisation, cette méthode est perfectionnée.

L'Algérie est l'un des producteurs d'élément natif, elle est classée à la 25^{ème} place sur 107 du classement mondial des pays détenteur des réserves officielle en or, avec un volume de stock en or estimé à 174 tonnes au juin 2021[2].

L'Algérie dispose de plusieurs gisements d'or qui sont localisés dans la plateforme saharienne. Le district le plus important de la minéralisation aurifère c'est le Hoggar où les gisements sont globalement de forme de filoniennes liées aux zones de cisaillement parmi ces gisements on trouve celui d'Amesmassa de teneur moyenne en or de 5 à 12 g/t, situé au sud-ouest de Tamanrasset découvert en 1978 par SONAREM. Il est classé le plus important gisement aurifère en Algérie Et le gisement de Tazroukt a de teneur en or allant de 1 à 10 g/t, Situé au sud-ouest de Tamanrasset sur le territoire de la commune de Tazrouk qui est découvert en 2020 par L'ORGM.

Notre travail intitulé « Etude comparative entre le minerai aurifère d'Amesmassa et le minerai de Tazrouk » a pour objectif l'étude et la caractérisation minéralogique, des minéralisations des deux sites et des essais de lixiviation pour les deux minerais, qui sera couronnée par une comparaison pour atteindre notre objectif nous avons structuré notre travail comme Suit :

Introduction Générale

Un premier chapitre, dans lequel nous avons présenté les situations géographiques des deux sites suivis de leur cadre géologique en fin la méthode d'exploitation et de traitement adopter à la mine d'Amesmassa.

Le second chapitre vise à présenter l'ensemble de matériels et méthodes utilisé au cours du stage pratique effectué au sein de la mine d'Amesmassa aussi le montage expérimental et les tests préalables réalisés au laboratoire de l'université avec les résultats, suivi par les différentes analyses de minerai d'or.

Pour finir, **un troisième chapitre** qui englobe les résultats obtenus accompagnés par leurs discussions passant par les résultats de la lixiviation, de chaque des deux régions, les résultats des essais d'adsorption sur différentes solutions.

On termine par, une synthèse qui englobe tous les résultats obtenus, qu'ils soient bibliographiques, expérimentaux ou théoriques, est donnée sous forme **d'une conclusion générale**.

Chapitre I

Recherche bibliographique

Introduction

Le bouclier touareg formé durant l’orogénèse Panafricain caractérise par des schear zone majeurs orientées Nord-Sud séparant des blocs cristaux aux géologies contrastées.

Le Hoggar se présente par des formations magmatiques, métamorphique et une tectonique des plaques très intense qui fait de lui plusieurs blocs nommés des Terranes qui sont séparer par des accidents importants, les deux régions d’études (Amesmassa et Tazroukt) sont incluses dans ce bouclier.

I.1. Situation géographique

I.1.1. Le Hoggar

Le Massif du Hoggar affleure sur environ 550 000 km² dans l’extrême Sud de l’Algérie et se prolonge par l’Adrar des Iforas au Mali et par le Massif de l’Air au Niger : ces trois massifs constituent le bouclier Targui. Sa capitale administrative et économique Tamanrasset, se situe à 2000 km au sud d’Alger.[3]

Les coordonnées géographiques du Hoggar sont les suivantes : longitude 5°27', Latitude 22°41' [3]. Le mont le plus élevé est le Tahat qui culmine à 3003m.

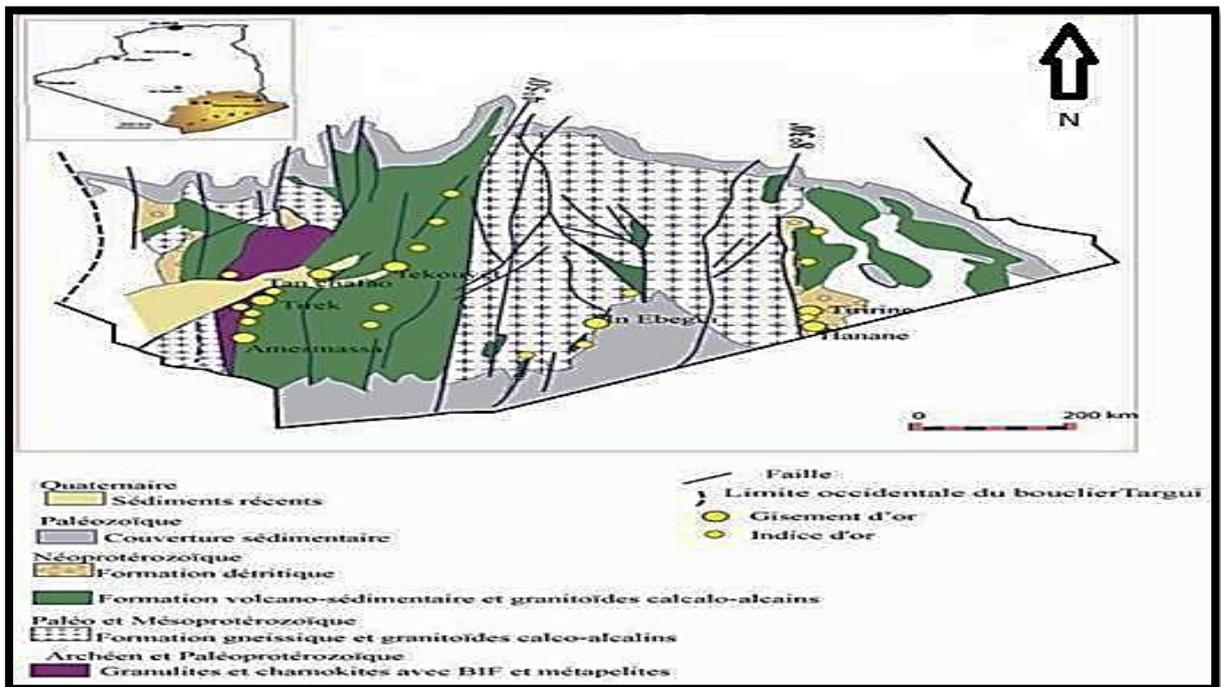


Figure I-1 : Situation géographique de Hoggar [4].

I.1.2. Situation géographique des zones d'étude

Notre étude porte sur deux gisements aurifères Amesmessa et Tazroukt qui sont situées dans le bouclier Touareg. Amesmessa qui est située dans la partie Sud-ouest, et Tazroukt est à cheval sur deux compartiments du Hoggar; le Hoggar central occupe la majeure partie, le Hoggar oriental qui affleure dans la partie Est, selon la subdivision de Black et al (1994).

I.1.2.1. Amesmessa

Le gisement aurifère d'Amesmessa est situé dans la partie Sud-Ouest du Hoggar (Sahara algérien), à 460 Km au sud-ouest de Tamanrasset et à 60 km au sud de la mine de Tirek.

Les coordonnées du gisement sont de 2°29' de longitude Est et de 20°59' de latitude Nord.

C'est une région désertique à climat chaud et sec durant l'été et plus clément durant l'hiver. La pluviométrie, très faible, dépasse rarement les 10 mm par an. Le relief est composé essentiellement de plateaux désertiques immenses d'altitude 600 à 700 m [5].

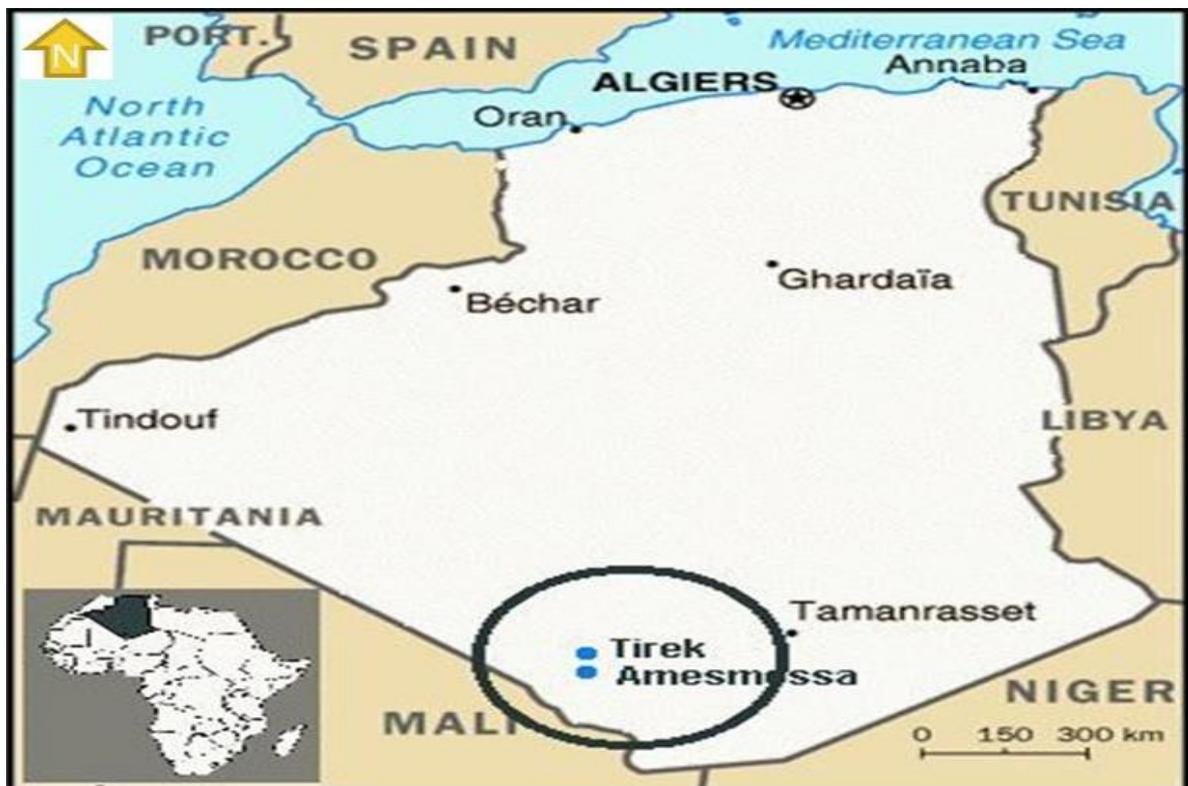


Figure I-2 : Situation géographique de la mine d'Amesmessa [5].

I.1.2.2. Tazrouk

Le gisement aurifère de Tazrouk est situé dans la mole d'Issalane dans le Hoggar oriental, à 188 km au Sud-est de la wilaya de Tamanrasset.

Les coordonnées géographiques du gisement sont de 6°-9° de longitude Est et de 22°-24° de latitude Nord.

Le climat est aride avec des écarts de température journaliers (10 à 20°) et saisonniers importants (plus de 40° de Mai à Aout et 15 à 20 °en hiver).

Des ressources en eau potable existent dans le territoire de la commune de Tazrouk[6].

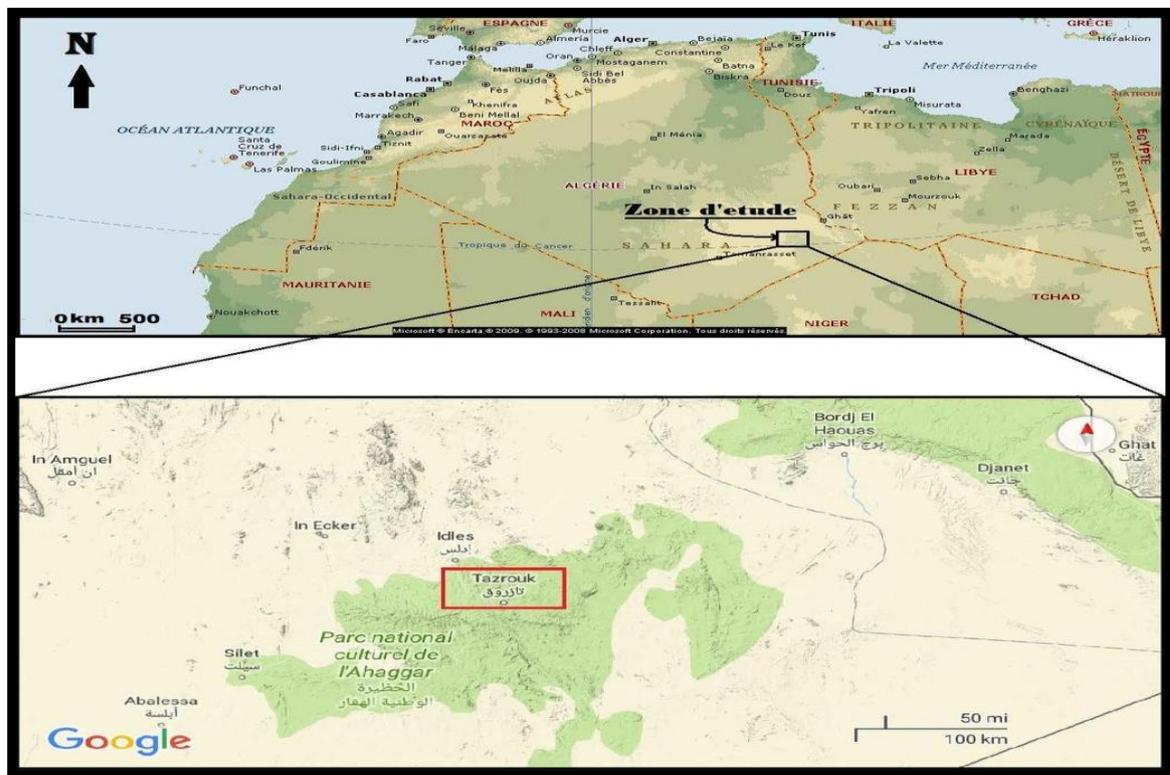


Figure I-3 : Situation géographique de Tazrouk [6]

I.2. Géologie régionale

I.2.1. Subdivision classique du Hoggar

A partir de la classification litho-stratigraphique et des événements tectono-métamorphique, le Hoggar a été subdivisé en trois grands domaines structuraux : Occidental, Central et Oriental. (Bertrand et Caby, 1978).

Ces trois parties sont séparées par les deux accidents majeurs subméridiens (4°50' et 8°30'). La distinction de ces trois grands domaines est basée essentiellement sur les critères

suivants :

- Présence ou absence d'événements Kibariens.
 - Proportion des formations d'âge Protérozoïque supérieur.
 - Type et intensité des déformations et du métamorphisme Panafricain.
 - Age des granites syntectoniques Panafricain.
- Présence ou absence des sédiments d'âge éocambrien à cambrien [7].

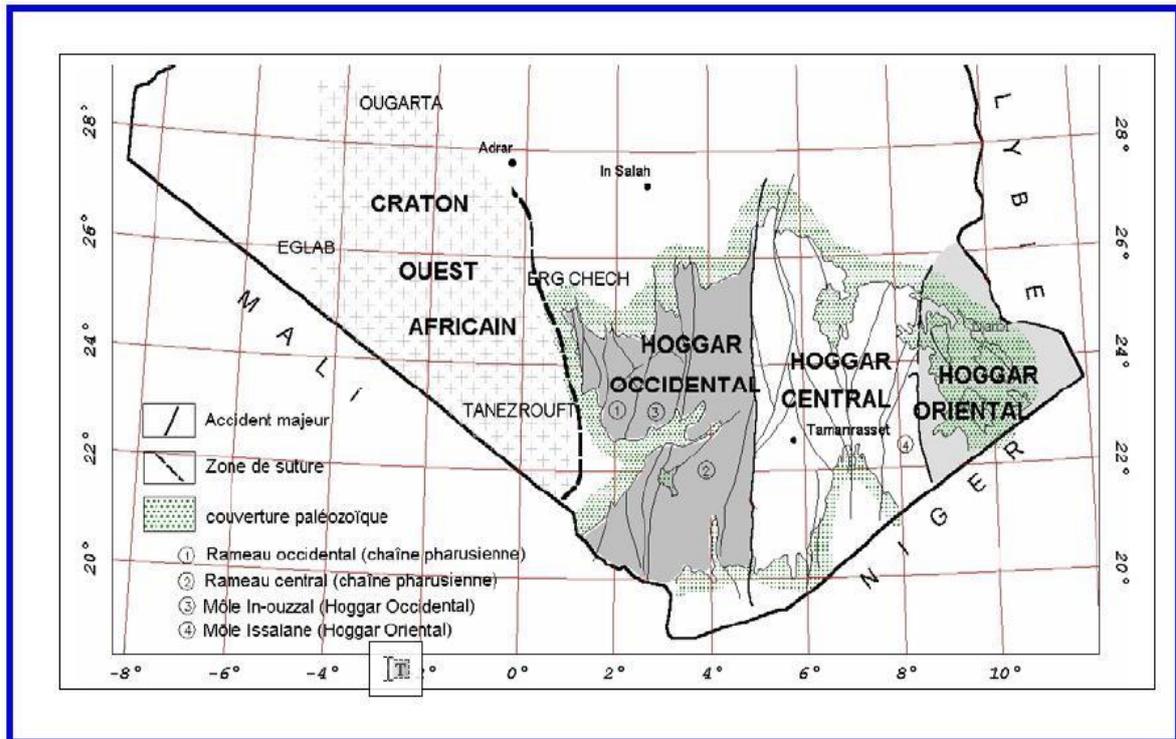


Figure I-4 : Carte des principaux domaines structuraux du Hoggar : subdivision classique d'après Caby et al., (1981) [7].

I.2.1.1. Le Hoggar Oriental

Il est caractérisé par la chaîne « Tiririnienne » d'âge Panafricain tardif; chaîne à caractère linéaire encadrée à l'Est et à l'Ouest par deux socles plus anciens et structuralement différents l'un de l'autre (Figure I.4). Dans ce compartiment, trois sous-domaines peuvent être distingués :

A. La chaîne Tiririnienne

Edifiée au Panafricain tardif, elle est séparée du socle par une discontinuité majeure traduisant un dépôt sur une surface d'érosion qui montre des roches métamorphiques et magmatiques très diverses, cette zone est constituée d'arkoses, de conglomérats et de

calcaires à Stromatolithes [7].

B. La zone péritiririnienne (Tafassasset – Djanet)

Elle est constituée de larges batholites des granites calco-alcalins, de dépôt de type Flysch, des roches de type calco-silicatées ainsi que des roches volcaniques et plutoniques prés tectoniques avec des granites, des gneiss et des roches ultrabasiques [7].

C. Le môle Issalane

Situé à l'Ouest, il est constitué essentiellement de granite et de gneiss ainsi que des formations méta sédimentaires (quartzites, marbres, pélites et roches calco-silicatées) [7].

I.2.1.2. Le Hoggar Central polycyclique

Constituant la partie médiane du massif, limitée par les deux accidents majeurs (4°50' et 8°30'), le Hoggar Central est plus complexe et hétérogène du point de vue lithologique et structural (Figure I.4). Il comporte très peu de matériel sédimentaire ou volcanique d'âge protérozoïque supérieur, il est dominé par des formations d'âge protérozoïque inférieur et archéen (Bertrand et Lassere, 1976) [7].

Dans ce compartiment se regroupent deux séries types :

A. La série de l'Arechchoum

Composée d'orthogneiss tonalitiques ou granitiques; les roches dominantes sont des gneiss gris à grain fin, constitués de quartz, d'oligoclase et de biotite [7].

B. La série de l'Aleksod

Représente une série méta sédimentaire de plate-forme composée des quartzites, marbres, métapelites et roches volcano-détritiques, le tout associé à un grand volume des roches basiques et de migmatites granodioriques. [7].

I.2.1.3. Le Hoggar Occidental

Situé à l'Ouest de l'accident 4°50', le Hoggar Occidental (domaine de la chaîne pharusienne) est un vaste domaine où l'orogénèse pharusienne est la plus complète (Figure I.4).

Dans ce domaine, on distingue trois principales composantes; les deux rameaux occidental et oriental (fossé pharusien) séparés par le môle granulitique de In Ouzzal, lequel est constitué des formations archéennes structurées et métamorphisées à l'Eburnéen [7].

A. Le môle In-Ouzzal

Il comporte principalement des roches d'âge éburnéen, ainsi que plusieurs plutons de granodiorite-granite des diverses générations. La conservation d'un graben de basalte et d'andésite du « pharusien » (Gara-Ako fou) implique que, tout au moins dans sa partie Nord, le môle In-Ouzzal a échappé au rétro morphisme et aux déformations pharusiennes et a été pénéplané avant les épandages de la série pourprée horizontale qui le recouvre [7].

B. Le rameau occidental

Caractérisé par le grand développement des séries quartzites d'âge des formations du Protérozoïque moyen (PR2) et les formations du Protérozoïque supérieur (PR3) ainsi que l'existence de champs de dykes subméridiens; prolongement de ceux de l'Adrar des Iforas (Mali), qui soulignent notamment la bordure tectonisée du craton ouest africain COA [7]

C. Le rameau central

Situé entre le môle In-Ouzzal et la faille 4°50', appelé le fossé pharusien, cette partie du Hoggar occidental; le contexte géologique de ce domaine sera développé dans ce qui suit.

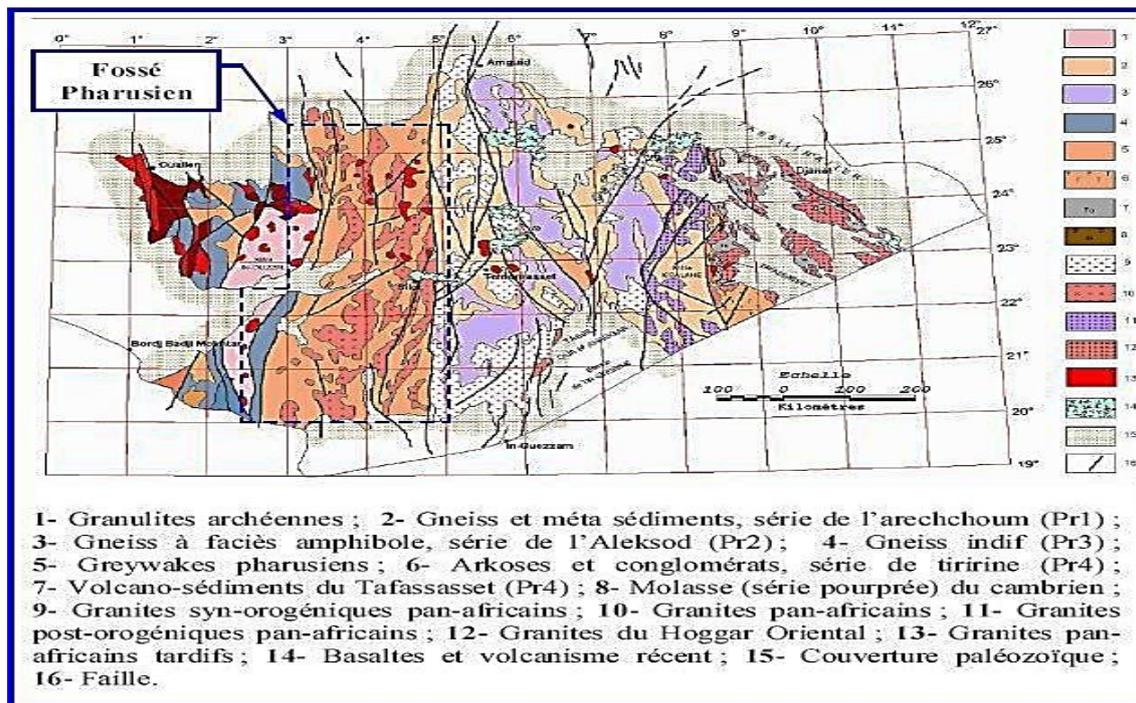


Figure I-5 : Carte géologique du Hoggar simplifiée (d'après Caby R. Et al., 1981) [7].

I.2.2. Formations litho-stratigraphiques

Du point de vue litho-stratigraphique, on distingue dans le Hoggar les formations

suivantes :

- Archéennes (supérieur à 2700 Ma) dans la mole de In Ouzzal.
- D'âge Protérozoïque inférieur (2000 – 2700 Ma) : série de l'Arechchoum.
- D'âge Protérozoïque moyen (1000 – 2000 Ma) : série de l'Aleksod.
- D'âge Protérozoïque supérieur (800 – 1000 Ma) : série à stromatolites.
- D'âge Protérozoïque terminal (650 – 800 Ma).
- D'âge Éocambrien (antérieur à 570 Ma) série pourprée du Nord-Ouest du Hoggar Occidental[7].

I.2.3. Géologie locale

I.2.3.1. Amesmessa

La minéralisation aurifère du gisement Amesmessa est classé de type or orogénique (shear zone aurifère). Le gisement d'Amesmessa est localisé dans la zone de cisaillement (shear zone) séparant les deux unités majeures de la région les filons aurifères économiques sont encaissés exclusivement dans le couloir des ultra-mylonites.

Le gisement est subdivisé en trois parties : Nord, centrale et sud. La partie centrale est la plus intéressante et la mieux étudiée. Elle contient environ 75% des ressources connus. Les filons 8,7 et 9 sont actuellement les sites les plus importantes de carrière d'exploitation.

Les corps minéralisés exploitables (ou le minerai) sont constitués par des filons de quartz et par des zones d'altération hydrothermale (métasomatites, ou « bérésite » dans la terminologie russe) avec une mince veinule de quartz [8].

Les structures géologiques ont une direction subméridienne et un pendage sub-vertical de 60° à 85° vers l'ouest.

La longueur discontinue des filons et des zones filoniennes atteint les quelques centaines de mètres. L'épaisseur des filons varie de 0.2-0.5m à 1m, alors que la puissance des zones d'altération atteint par endroit les 10-20 mètres. La répartition de l'or est extrêmement irrégulière. Les teneurs dans les filons de quartz varient de 0.1g/t à plus de

200g/t, en moyenne 10-20g/t. Dans les zones d'altération hydrothermale sont inférieurs, généralement entre 2 et 10g/t [9].

Les corps minéralisés exploitables sont constitués par :

- Des filons de quartz seuls, ou avec des salbandes aurifères,
- Séries de filons de quartz disposés généralement en échelon, parallèles, subparallèles ou en essaim.
- Des zones de roches d'altération hydrothermale ou metasomatites, appelées bérissites dans la terminologie russe (roches d'altération hydrothermale à quartz – séricite-pyrite) avec minces veinules de quartz [9].

I.2.3.2. Subdivision du gisement d'Amesmessa

Le gisement est subdivisé en trois parties : Nord, Centrale et Sud, dont chaque zone contient un nombre de filon.

Tableau I-1: La subdivision du gisement d'Amesmessa

Filons du Quartz pour le gisement d'Amesmessa	
Zones	Filon du Quartz majeures
Du sud	1, 3 et 4,
Central	7, 8, 9, 10 et 11,
Du nord	12, 13, 15, 16, 17, 18, 31, 32, 33, 34, 35 et 36...

La partie Centrale est la plus intéressante et la mieux étudiée. Elle contient environ 75% des réserves connues. Ses zones filoniennes particulièrement 8 & 9 et 7 constituent à l'heure actuelle les principales carrières de l'exploitation minière.

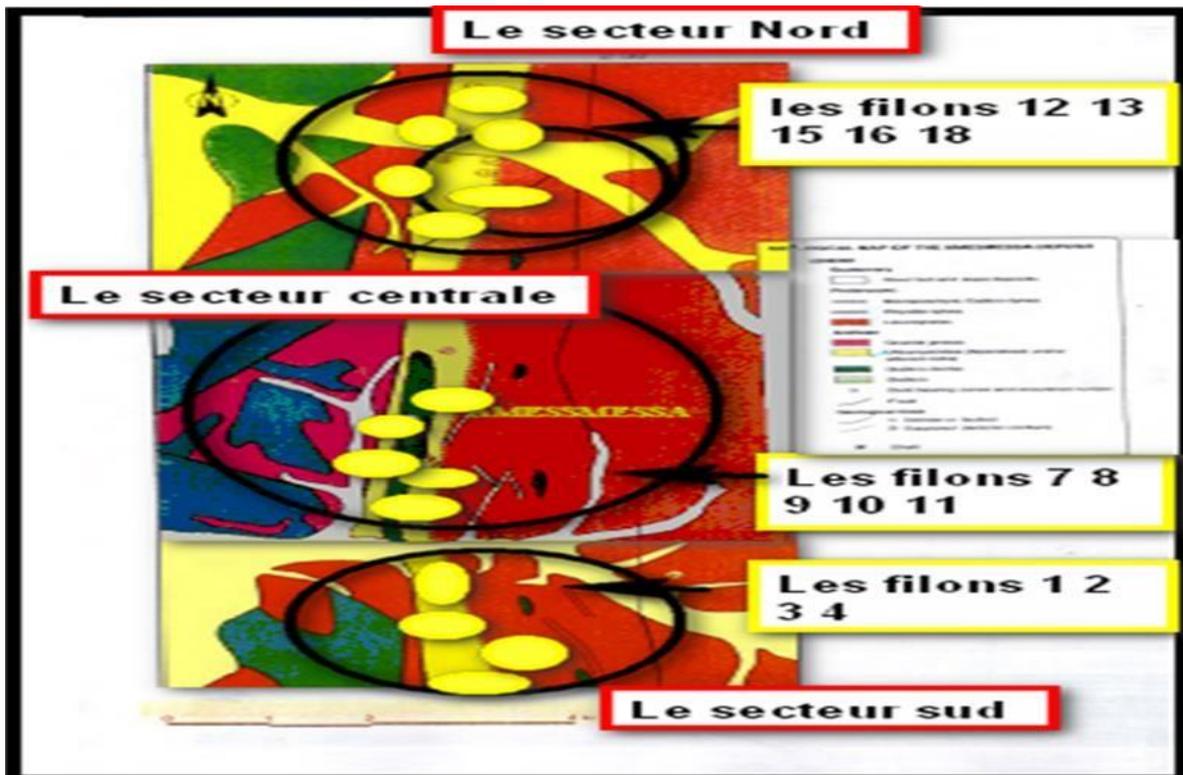


Figure I-6 : Croquis détaillé des filons de quartz aurifère -Amesmesa. (Fait par ENOR 1997)[10].

I.2.4. Tazrouk

Le site minéralisé de Tazrouk est situé dans le mole d'Issalane sur la rive orientale de l'accident majeur 8°30. Issalane est caractérisé par des assemblages gneissiques à faciès amphibolite profond à dominance de gneiss, migmatites et d'anatexites, de large extension, associés à des séquences supracrustales à métasédiments d'âge inconnu et un socle d'âge probablement Archéen (terrane Issalane). Deux familles de plutonites intrudent ces formations; les granites potassiques d'âge 670 Ma et les granites calco-alcalins High K datés à 645-580 Ma (Black et 1994) [3].

La zone de suture Est (Raghane–8°30 shear zone) Constitue un accident majeur d'ordre lithosphérique jalonné par d'épaisses bandes de mylonites et ultramylonites (Bertrand et al 1978). Une zone de subduction à plongement Ouest, caractérisée par des assemblages de roches basiques et ultrabasiques d'affinité tholeïtique, interprétées comme de potentielles ophiolites, sont bien exprimées en Aïr (Assemblage d'Agalen, Liégeois et al 1994; Boullier et al 1991) et le long de la bordure ouest du terrane d'Aouzegueur (région de Timolétine, structure dite « en coin »; Fomine, Erem 1990 rapport inédit), ce sont les roches

métabasiques d'affinité tholéïtique d'Arirer (Caby et al 1987) [3].

I.2.5. Minéralisation

Les informations géologiques sur la minéralisation de « TAZROUKT » ont été extraites à partir des différents travaux géologiques réalisés dans le cadre scientifique et de recherche (Sintchouk 1984. Bellov 1990. Bezonglikh 1988. Bellal 1993. Famane 1990 etc.). Dans la région de Tazrouk près de 900 points de minéralisation de tout type confondue ont été mis en évidence. Ces minéralisations peuvent être divisées en deux grands types :

- Selon la nature de la minéralisation
- Selon leur importance

I.2.5.1. Selon la nature de la minéralisation

Dans ce type, la subdivision est faite en éléments aurifères et métaux rares :

- Les éléments aurifères : sont comme suit : l'or (Au) et Argent (Ag)
- Les métaux rares : sont comme suit : Etain (Sn), Tungstène(W), Béryllium (Be). Lithium(Li), Tantale (Ta), Niobium (Nb) [1].

I.2.5.2. Selon l'importance de la minéralisation

- **Gisement** : est une concentration minérale exploitable économiquement. Exemple Gisement de Tiririne –I, Gisement de bachic,
- **Indice** : Traces observées en surface ou près de la surface permettant d'envisager qu'une substance minérale donnée est présente dans les environs et idéalement en plus grande quantité. Exemple : Indice d'Ezzilatene, Indice de In Massarat 1 et 2, Indice Tin-Zakari 1,2et3, Indice d'Echendoucker Nord, Secteur de Tourmaline, Indice d'In Temem 1, 2, Site d'Arokkam-III (flanc ouest, partie centrale, flanc Est)
- **Point de minéralisation** : Accumulation minérale faible en ressources et en qualité, mise en évidence visuellement et approuvés par des résultats d'échantillonnage. Exemple : Point de l'indice minéralisé d'Eckendoucker sud, point de l'indice minéralisé d'Arokkam-I, Indice de minéralisé de Toufouk-I, point d'indice minéralisé d'Arirer, point d'indice minéralisé de « Tissaltine», point d'indice minéralisé de Touffok-II, site d'Imessaragaden-I [3].

I.3. Présentation de la mine d'Amesmesssa

I.3.1. Travaux d'exploitation

L'entreprise ENOR a adoptée une méthode d'exploitation qui se fait à ciel ouvert par la méthode des tranchées « Free Dig » de Haut en Bas, les travaux se font au niveau des filons 8 et 9. Le filon 8 a deux fronts : un d'abattage et l'autre d'élargissement.

I.3.1.1. Exploitation de l'or à Tazrouk

La méthode d'exploitation adoptée par les micro-entreprises de Tazrouk ce sont des méthodes artisanales et traditionnelles qui utilisent la force humaine manuelle.

L'exploitation traditionnelle ou artisanale, est toute sorte d'exploitation dont les activités consistent, à extraire et concentrer les substances minérales et à en récupérer les produits marchands par les méthodes et procédés manuels et traditionnels d'utilisation directe de l'énergie humaine dans l'extraction des minerais. On retient que l'exploitation artisanale de l'or est une activité qui se fait sans l'utilisation de moyens techniques (machines) ou du moins à un degré moindre [8].

I.3.1.2. Exploitation de l'or à Amesmesssa

I.3.1.2.1. Les travaux de foration et de tir (Amesmesssa)

L'abattage de la roche se fait par des travaux de forage et de tir à l'explosif par des trous de mine vu la dureté de l'encaissant de la minéralisation (quartz : d=7).

A. Les travaux de forage

Le forage est la première opération à effectuer pour entamer l'extraction a proprement dite. L'opération de forage est effectuée avec une foreuse TAMROCK PANTERA 1500, le diamètre des trous de forage est de 102 mm avec une profondeur de 5m, l'Excès de forage est de 0.8m.



Figure I-7 : Les travaux de forage

B. Les travaux de tir

Après avoir préparé la plateforme d'abattage, les trous sont chargés avec des explosifs. La quantité d'explosif utilisée varie d'un tir à l'autre; elle peut aller jusqu'à 28 tonnes par tir.

C. Charge d'un trou

- **Première étape** : introduire la Marmanite sous forme de cartouches dans le trou à l'aide d'un cordeau détonateur (représente 20% de la charge totale);
- **Deuxième étape** : introduire de l'Anfomil en vrac par une chute libre (représente 80% de la charge totale);
- En dernier un bourrage est ajouté afin d'occuper les derniers mètres du trou.

I.3.1.3. Chargement et transport

Le chargement et le transport du minerai s'effectuent à l'aide d'une pelle mécanique ou bien avec un chargeur qui vont l'évacuer vers l'usine de traitement (figure I.8).



Figure I-8 : La pelle mécanique (photo prise)

I.3.1.4. Stockage

Le stockage se fait directement à proximité de la zone de traitement, le minerai est réparti en plusieurs tas selon sa teneur. Il est classé en cinq catégories et selon sa teneur il passe par un procédé de traitement adapté, on procède à des mélanges entre les différentes teneurs pour alimenter les stations de traitement afin d'obtenir une teneur éditée. Selon le procédé de traitement

- High Grade : Stock de minerai de teneur supérieur à 8 g/t
- Heap Leach : Stock de minerai de teneur confinée entre 4 et 8 g/t

- Heap Leach : Stock de minerai de teneur Confiné entre 2 et 4 g/t
- Heap Leach : Stock de minerai de teneur Confiné entre 1 et 2 g/t
- Minerais marginaux : Stock de minerai de teneur inférieur à 1 g/t et supérieur à 0,5 g/t

I.3.2. Traitement de minerai (process)

Le processus de traitement du minerai d'or est prévu pour libérer autant de métal que possible, mais la totalité de l'or contenu est rarement récupérée. Le traitement du minerai du gisement d'Amesmessa se fait suivant deux procédés en fonction de la teneur économique du minerai qui sont :

- Lixiviation en tas.
- Lixiviation en cuve

Le traitement de minerai des régions d'études (Amesmessa et Tazrouk) se déroule à la mine d'Amesmessa.

I.3.2.1. Préparation mécanique

C'est l'opération par laquelle on cherche à réduire et/ou augmenter la surface développée de l'unité de masse de particules solides. Son efficacité est toujours évaluée par une mesure de l'accroissement de la finesse. Elle cherche toujours à satisfaire des exigences relatives à des utilisations ultérieures.

I.3.2.1.1. Alimentation

Le tout venant de la mine est acheminé vers une trémie de capacité de 30m³ (figure I.9), qui alimente un concasseur primaire.



Figure I-9 : La trémie de concassage (photo prise).

I.3.2.1.2. Le concassage

C'est le traitement mécanique du minerai, cette étape consiste à réduire leur taille, par le passage de la roche dans plusieurs concasseurs dont le premier est à mâchoire, et qui rend la granulométrie du minerai à $< 90\text{mm}$, les grains sont ensuite criblés dans un tamis où ceux qui sont $< 90\text{mm}$ passent vers le deuxième concasseur à cône et ceux $> 90\text{mm}$ repassent par le concasseur à mâchoire. Au niveau du concasseur à cône les grains sortent avec une dimension $< 22\text{mm}$, puis passent dans un autre tamis. Enfin un deuxième concasseur à cône réduit la granulométrie à $< 10\text{mm}$.

A. Concassage primaire

Le minerai passe dans concasseur à mâchoires de capacité de 90 t/h. la taille du minerai sera réduite autour 99 mm.

B. Criblage primaire

À la sortie du concassage primaire, les matériaux sont envoyés à l'aide des convoyeurs à un crible constitué de trois grilles vibrantes de mailles respectivement de : 100mm, 22mm.

La fraction supérieure à 22mm est envoyée au concasseur secondaire (concasseur à cône) de capacité de 80t/h, et l'autre fraction passe à un criblage secondaire.

C. Criblage secondaire

Il constitue par deux grilles vibrantes respectivement de maille : 14mm et 8 mm pour le rôle de séparer la fraction inférieure à 22mm issue du concassage primaire

D. Concassage tertiaire

Cette opération est utilisée pour la fraction supérieure à 8mm par deux concasseurs à cône (giratoire) de capacité 60t/h chacun.

La fraction $< 8\text{mm}$ résultant du criblage secondaire va être transportée à l'aide d'un convoyeur à bande et stockée sous forme des tas selon leurs différentes teneurs en or avec une granulométrie de 6 à 8mm.

– Le minerai riche ($T > 8\text{g/t}$) est traité par lixiviation en cuve suivant une chaîne complète de traitement. La teneur idéale pour l'usine est de 12g/t.

- Le minerai pauvre ($1 < T < 8 \text{g/t}$) est traité par la méthode de lixiviation en tas (Heap-Leach).

I.3.2.1.3. Broyage

Avant de procéder à la lixiviation en cuve de minerai riche passe d'abord par l'opération de broyage.

Cette étape se fait par un broyeur à boulets (de vitesse critique de 21 tours/min) à voie humide d'une capacité de 8t/h pour un produit de taille 75 μm .

Le minerai broyé va alimenter un hydro-cyclone (classificateur centrifuge) au moyen d'une pompe qui va les classer en deux fractions :

- Fraction sous-verse en particules grossières qui seront passées par un tamis de maille 1 mm. Les particules supérieures de cette maille seront rebroyées; et les autres vont passer par le procédé de séparation gravimétrique, d'abord par un concentrateur « Knilson » par centrifugation, les particules denses se concentrent au fond du cône, après on les récupère dans un bac. A la fin le concentré passe dans la table de secousse (gem in table) là où l'or sera séparé complètement du reste des impuretés et récupéré sous forme de pépite.
- Fraction de la surverse : c'est les particules fines. Ces particules passent directement à l'épaississeur puis en lixiviation dans les cuves.

I.3.2.1.4. Epaississement

Avant de mettre la solution dans les cuves de lixiviation il faut rendre la pulpe de fractions solide et liquide égales (50% Solide /50% Liquide) et pour cela on ajoute à la pulpe, qui passe dans l'épaississeur (figure I.10), Un flocculant organique sous forme d'une solution. Il aide à accélérer la décantation des fractions en suspension, afin d'obtenir une pulpe d'une densité bien déterminée qui atteint 50% en solide afin d'avoir du charbon en suspension plu

tard.



Figure I-10 : Bassins d'épaissement

I.3.2.1.5. Cuves de lixiviation

Il y a 6 cuves pour assurer le processus de lixiviation et d'adsorption (figure I.11). Ces cuves sont aérées et possèdent un système d'agitation. La pulpe est directement dirigée de l'épaisseur vers la première cuve de lixiviation à l'aide d'un pipeline. La solution de cyanure préparée sur place d'une concentration de 300 à 500ppm est ajoutée sous forme de gouttelettes qui coulent dans un petit tuyau au-dessus de la cuve. Il permet la dissolution de l'or et la formation des complexes auro-cyanures.



Figure I.11 : Cuves de lixiviation (photo prise).

La pulpe issue de la première cuve de lixiviation alimente les cinq autres cuves dont chacune contient du charbon actif d'une granulométrie qui varie entre 1.6 à 2.5 mm. Dans ces cuves se produisent simultanément les phénomènes de lixiviation et d'adsorption appelé CIL (Charbon In Leach). Le charbon actif adsorbe les particules d'or dissoutes dans la

solution dans ces pores.

La pulpe et le charbon passent à contre-courant à l'aide des pompes hydrauliques dans les cuves, la pulpe se déplace de la première cuve jusqu'à la dernière par gravité car elles sont placées en cascade, par contre le charbon passe de la dernière cuve jusqu'à la première par le dispositif d'air lift.

Le temps de séjour dans chaque cuve est de 6 heures. On récupère le charbon chargé de la première cuve, puis on le lave à l'eau ensuite, on le transfère vers la raffinerie. Le taux de récupération de la méthode de lixiviation en cuves est de 96%.

I.3.2.1.6. La lixiviation en tas

Cette procédure est pour le minerai pauvre avec un taux de récupération de 50% pour un temps de séjour de 120 jours (figure I.14).

On construit la base du tas à l'aide d'un revêtement de deux couches d'argile bien compactées étanches superposées en dessous d'une géomembrane en polyéthylène d'une épaisseur de 1.5 mm (pour assurer l'imperméabilité), après à l'aide de La distribution de la solution de cyanureles grains d'or vont dissoudre et ce système répandu au sommet du tas par un système d'arrosagequi s'opère goutte à goutte (figure I.12).



Figure I-11 : Arrosage du tas en goutte à goutte.

Pour drainer la solution enrichie en or au fond de l'aire de lixiviation, une couche drainante de gravier est aménagée, intégrée de tubes perforés. Ce système permet la collecte du lixiviat.



Figure I-12 : Bassin de récupération. (Photo prise).

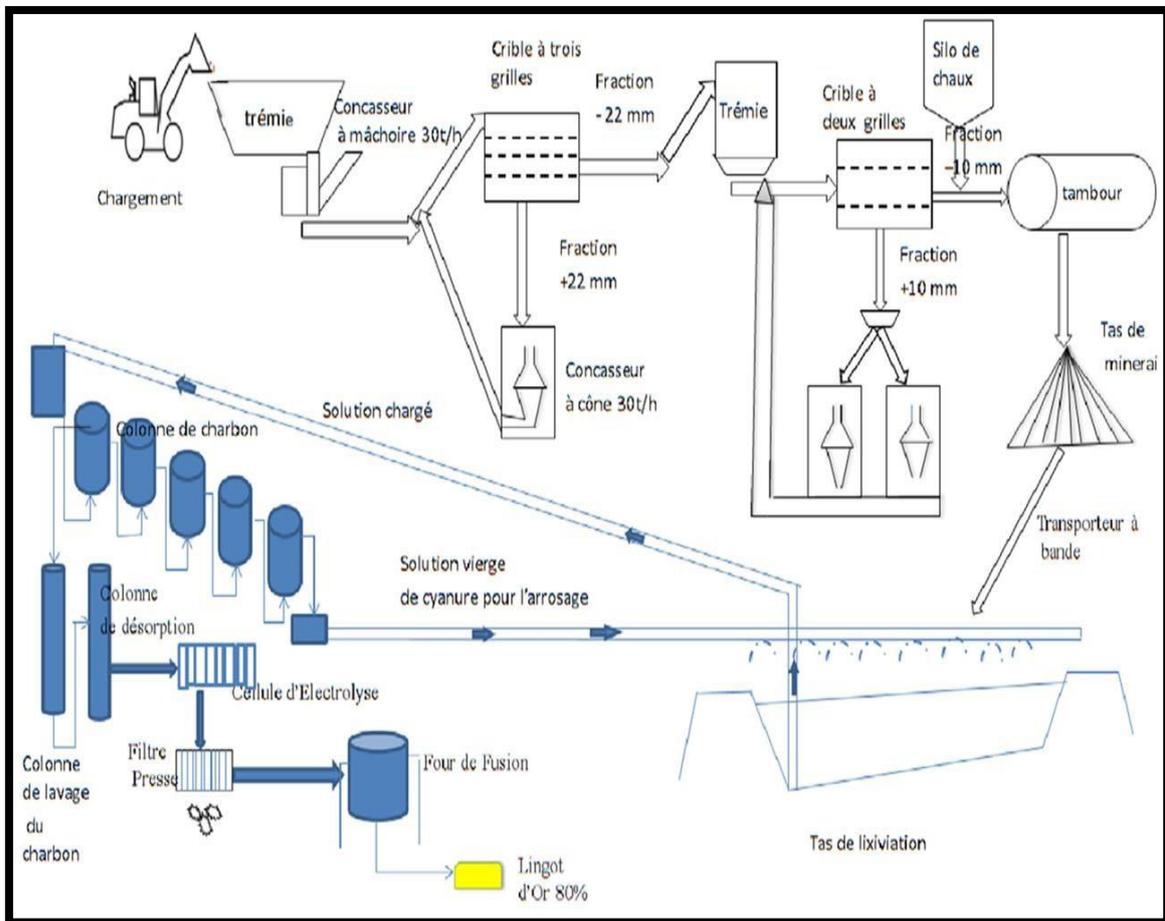


Figure I-13 : Schéma de traitement du minerai d'or par la lixiviation en tas [11].

I.3.2.1.7. Colonnes de charbon (CIC)

Après 120 jours, la solution cyanurée enrichie en or est récupérée à la base du tas ensuite évacuée par pipelines vers le puits de récupération. De là, la solution est pompée vers 5 colonnes d'adsorption (figure I.15), où l'on ajoute du charbon actif pour adsorber le complexe auro- cyanuré.



Figure I-14 : Colonnes de Charbon (photo prise).

Le déplacement de la solution cyanurée et le charbon en contre-courant est analogue à celui décrit dans les CIL (Carbon in Leach).

I.3.2.1.8. La raffinerie

Le charbon actif sera transporté par une citerne et pompé vers des colonnes de lavage où il soutiendra des attaques acides; afin de se libérer des impuretés et de dissoudre les métaux nobles convoités, cette action combinée des acide chloridrique et caustique et du cyanure.

- Les solutions acides riches en or sont introduites dans une cellule d'électrolytiques en déposent l'or sur les cathodes où les cations Au^+ captent des électrons et donnent le métal d'or.
- Après électrolyse, on récupère l'or sous forme de bourbe par simple jet d'eau sous pressions. Après y avoir ajouté un mélange fondant (carbonate de sodium, borax, silice.), on introduit la bourbe dans un four à $1140^{\circ}C$, c'est la fusion. Une fois que le mélange a fondu on le verse dans des moules en fer. La densité de l'or lui permet de précipiter en bas et les impuretés en haut. Il ne reste plus qu'à attendre que sa refroidisse et à séparer manuellement le lingot des impuretés. On est sensé obtenir un lingot composé à 99% d'or et à 1% d'argent.



Figure I-15 : Fusion, versement, séparation d'Or des impuretés+ obtention de lingot d'Or-argent (photo prise).

Chapitre II

Protocole opératoire et analyses

Introduction

L'extraction de l'or nécessite des techniques de traitement spécifiques pour permettre la libération totale de la substance utile. Des suivis et analyses sont réalisées sur le minerai tout au long du processus de traitement physico-chimique, Ce chapitre est consacré pour la description des méthodes de caractérisation utilisées dans l'étude des minéralisations des sites étudiés.

Une partie expérimentale de notre travail a été réalisée au niveau de laboratoire de la mine d'Amesmassa où nous avons effectué plusieurs essais de lixiviation et des analyses d'absorption atomique. Des analyses DRX, FRX et photoluminescence ont été effectués au niveau du laboratoire physique de l'Université de Bejaïa en dernier une étude microscopique de la minéralisation a été faite sur des sections polies et des lames minces préparées au niveau du laboratoire de minéralogie à l'université de Sétif.

II.1. Echantillonnage

Il s'agit de prélever une quantité minimale de 10 kg qui représente l'ensemble de minerai. Les essais effectués au laboratoire portent nécessairement sur des quantités réduites des matériaux, et doivent permettre de mesurer des paramètres caractéristiques de l'ensemble du matériau.

Nous avons fait un échantillonnage perpendiculaire sur toute la longueur des filons N°8 (figure II.1) et N°16 (figure II.2) à la mine d'Amesmassa.

Pour de raison de sécurité, L'échantillonnage du minerai aurifère de la région de Tazrouk a été effectué au niveau de dépôt des stocks à la mine d'Amesmassa, où il est traité. L'échantillonnage est réalisé sur un tas de minerai de forme conique avec un prélèvement systématique de bas vers le haut tout autour (figure II.3).

Au retour au laboratoire, nous avons commencé le traitement physique par la préparation mécanique qui consiste à transformer l'échantillon en poudre. Ce dernier est caractérisé par une granulométrie très fine (**<75µm**) pour faciliter sa caractérisation.



Figure II-1 : La zone d'échantillonnage de filon N°8 d'Amesmesssa (photo prise).



Figure II-2 : La zone d'échantillonnage de filon N°16 D'Amesmesssa (photo prise).

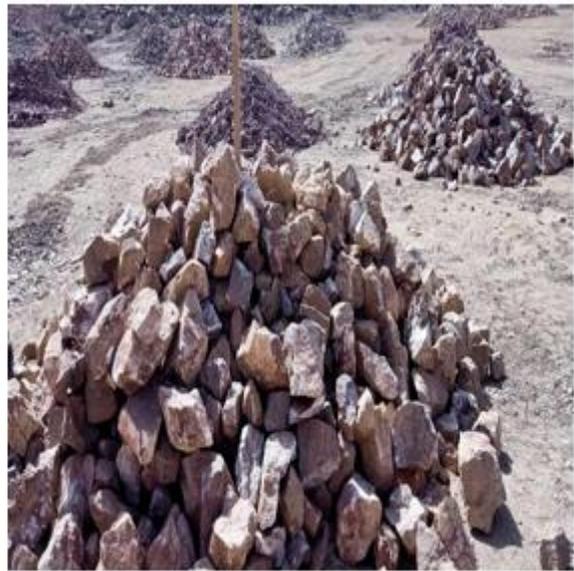


Figure II-3 : Le tas de Tazrouk de dépôt de stockage d'Amesmesssa (photo prise).

II.2. Essais effectués au niveau du laboratoire

II.2.1. Préparation mécanique

On prépare l'échantillon mécaniquement dans le but de la réduction de dimension, nous avons commencé le traitement physique par la préparation mécanique qui consiste à transformer l'échantillon en poudre; cette opération comporte : concassage, division, broyage et quartage.

Avant de commencer notre travail, nous devons nettoyer le lieu de travail et le matériel nécessaires.

A. Débitage des roches

Le but de cette étape est de réduire la taille des roches manuellement à l'aide d'un

marteau pour faciliter son passage au concasseur à mâchoire.

B. Concassage

Réduire la taille de l'échantillon initiale à l'aide d'un concasseur à mâchoire (figure II.4) jusqu'à l'obtention d'une fraction fine inférieure à 4 mm (figure II.5).



Figure II-4 : Concasseur à mâchoire
(photo prise)



Figure II-5 : Minerai concassé (photo prise)

C. Division

On a fait passer l'échantillon concassé à travers d'un diviseur (Répartiteur), d'une manière arbitraire afin d'obtenir une quantité représentative (figure II.6).



Figure II-6 : Diviseur à rifle (photo prise)



Figure II-7 : Le minerai homogène passer par le diviseur (photo prise)

D. Broyage

L'échantillon est broyé à l'aide d'un Pulvérisateur (figure II.8). 75% de produit broyé il doit être bien fragmenté jusqu'à l'obtention d'une granulométrie fine ($<75\mu\text{m}$).



Figure II-8 : Broyeur pulvérisateur [13].

E. Quartage

C'est une opération de réduction de poids de l'échantillon pour obtenir une petite masse sur un Marceau de papier Kraft. L'échantillon est bien mélangé manuellement en ramenant chaque côté du papier sur le côté adjacent (5 fois) une fois bien homogénéisé, on lui donne une forme conique, puis on l'étale sous forme d'une galette qui est ensuite divisée en 04 quarts à l'aide de la spatule et on réunit les deux quarts fractions opposées et on élimine les deux autres (figure II.9).



Figure II-9 : Les étapes du quartage (photo prise)

Le schéma suivant résume toutes les étapes effectuées.

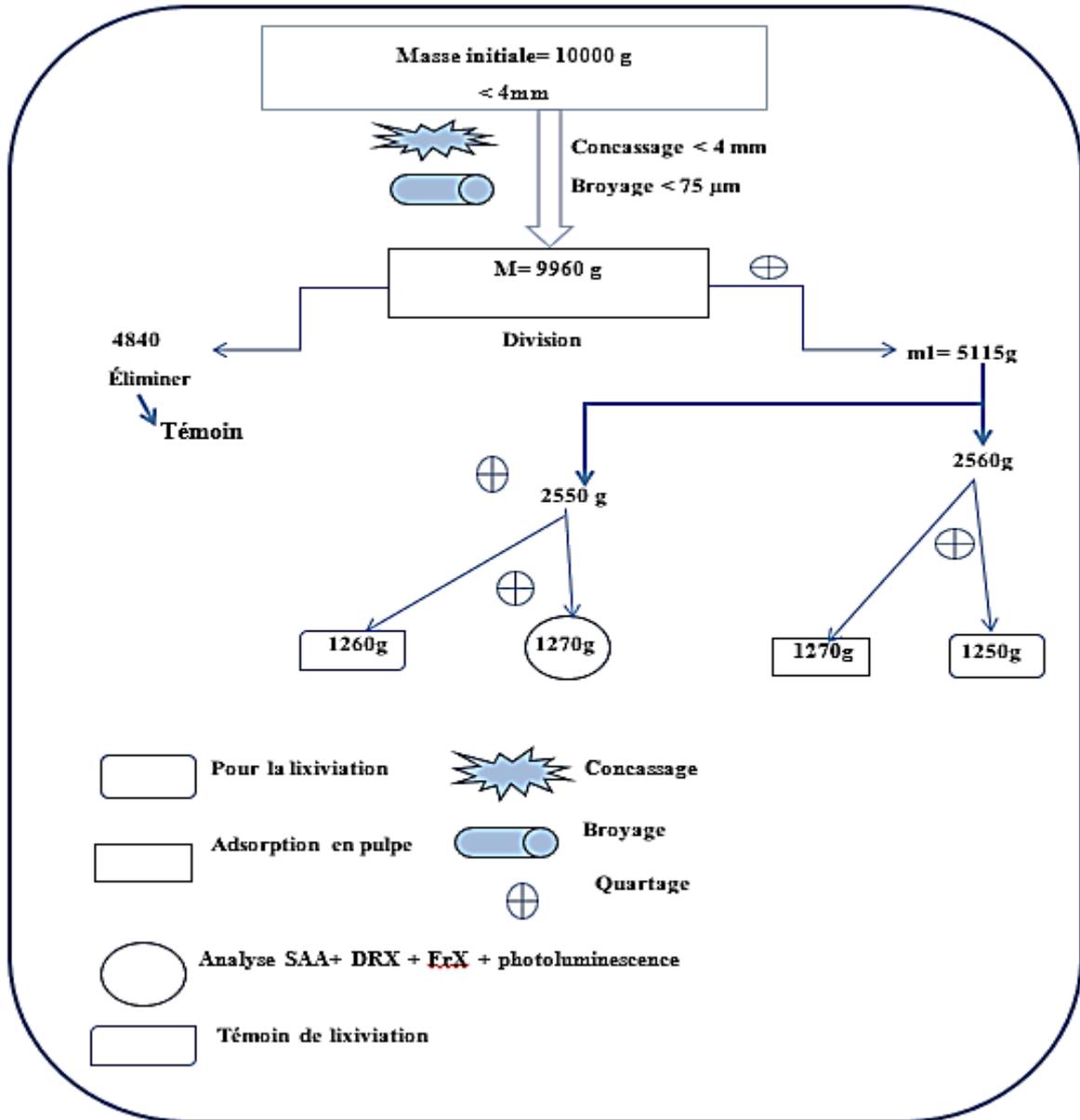


Figure II-10 : Schéma de la préparation mécanique et le quartage du minerai d'Amesmassa

II.2.2. Détermination de la teneur en or par SAA

Le minerai est caractérisé par spectrométrie d'absorption atomique (SAA). Une analyse chimique qui étudie les absorptions ou les émissions de lumière par l'atome libre[12]. Le but de SAA c'est de déterminer la teneur en Or (Au) initiale, finale et pendant le traitement. L'identification et la quantification de l'or contenu dans notre l'échantillon se font grâce aux spectres atomiques.

II.2.2.1. La spectrométrie d'absorption atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique est une méthode de dosage d'éléments chimiques fondée sur l'absorption des radiations atomiques en phase vapeur [13].

II.2.2.2. Caractéristiques principales

Les caractéristiques d'un spectromètre d'absorption atomique [14] :

- Analyst 400;
- Gamme spectrale : 189 - 900nm;
- 4 Lampes multi-éléments;
- Bande passante : 0.12nm à 2nm;
- Fonction EDL (Electrodeless discharge lamp);
- Passeur automatique d'échantillons;
- Reconnaissance automatique du type de lampes;
- Lampe de référence au Deutérium.



Figure II-11 : Spectromètre d'absorption atomique du laboratoire d'Amesmesssa(Photo prise)

A. Principe de fonctionnement

La solution contenant l'élément à doser est aspirée à travers un capillaire et dirigée vers le nébuliseur. Elle est ensuite pulvérisée à très grande vitesse à travers une chambre où s'éliminent les grosses gouttes grâce à une bille brise-jet. La solution ainsi vaporisée est entraînée par le combustible à travers le brûleur à la sortie duquel a lieu la combustion. Après dissociation thermique dans la flamme, les radiations incidentes qui sont fournies par une

lampe à cathode creuse qui émet le spectre de l'élément que l'on veut doser sont absorbées.

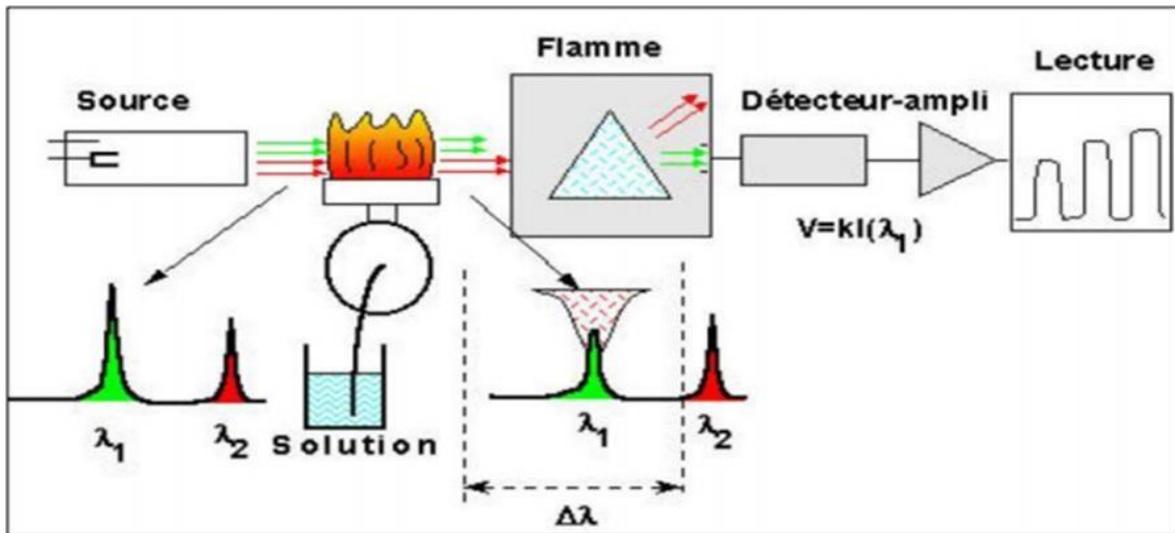


Figure II-12 : Principe de la spectrométrie d'Analyse Atomique

La mesure de cette absorption permet de déterminer la concentration de l'élément à doser [14].

L'échantillon est porté à une température de 2000 à 3000 degrés pour que les combinaisons chimiques dans lesquelles les éléments sont engagés soient détruites [15].

Celui-ci voit son énergie varier au cours d'un passage d'un de ses électrons d'une orbite électronique à une autre [15] :

$$dE = h\nu \quad (\text{II.1})$$

Où :

h : la constante de Planck;

ν : la fréquence du photon absorbé.

Généralement seuls les électrons externes de l'atome sont concernés [15];

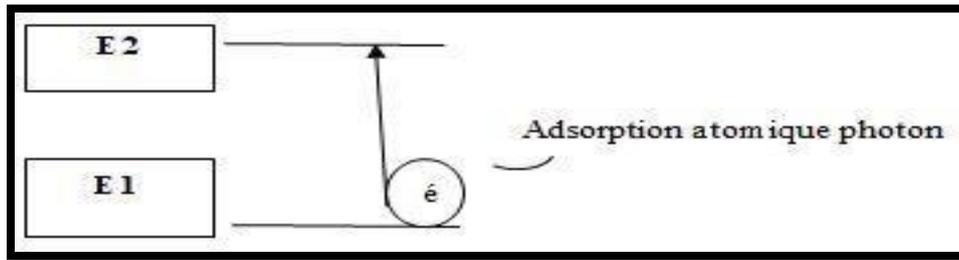


Figure II-13 : Schéma d'une transition électronique [15].

L'analyse par absorption atomique utilise la loi de Beer- Lambert.

$$A = \epsilon l C = \log \frac{p}{p_0} \quad (\text{II.2})$$

Où :

A : Absorbance;

ϵ : Constante caractéristique, dépend de l'atome absorbant en (l/mole cm);

l : La longueur de la flamme;

C : Concentration de solution en élément absorbant;

p : La puissance incidente;

p_0 : La puissance absorbée [15].

Après la filtration de la pulpe nous avons met le tube capillaire dans les tubes à essais pour déterminer la teneur initial et final de l'or ensuite les résultats sont affiché sur le micro-ordinateur.

II.2.3. Préparation thermique des échantillons

Docimasia plumbeuse (Fire Assay) : c'est un traitement thermique de la pulpe d'échantillon obtenue après la préparation mécanique consiste en deux étapes pour déterminer la teneur en or (fusion et coupellation).

II.2.3.1. Fusion

A. Matériels utilisés

- Un échantillon homogène d'une granulométrie $<75\mu\text{m}$;
- Une chariote;

- Des creusets en porcelaine propres;
- Un four pour la fusion;
- Un mélange de fondant constitué de carbonate de sodium, boro-silicate, farine et oxyde de plomb;
- Une balance électrique;
- Une spatule;
- Un marteau et un support;
- Nitrate d'argent (AgNO_3).
- Dans chaque lot (batch) de 24 échantillons se trouvent 21 échantillons à analyser, un Blanc, un échantillon standard interne ainsi qu'un échantillon du lot précédent. Ce dernier échantillon permet de vérifier la reproductibilité des opérations de fusion.

B. Mode opératoire

- On a commencé par peser 30 g de minerai.

On verse les échantillons dans les creusets en porcelaine selon un ordre bien défini qui est noté sur une fiche de travail, puis on rajoute 100 g de mélange de fondant dans chaque creuset afin d'obtenir un bouton de plomb de 30g (Figure II.14).



Figure II-14 : Les creusets en porcelaine.

- On injecte dans chaque creuset 3ml d' AgNO_3 , puis on mélange avec une spatule bien propre pour éviter toute contamination;
- On met les creusets dans le four à 1050°C (figure II.15) pendant 1h pour assurer la fusion, puis on verse le fondant dans des moules selon l'ordre établie et on attend jusqu'au refroidissement total du mélange (figure II.16);

- À l'aide d'un marteau, on brise les scories pour récupérer les boutons de plomb résultants de la fusion, on les aplatit et on les met dans leurs supports.



Figure II-15 : Four de laboratoire
d'Amesmesssa



Figure II-16 : Versement de fondant
dans les moles (Photos prises)

II.2.3.2. Coupellation

A. Matériels utilisés

- Les coupelles;
- Four.

B. Mode opératoire

On préchauffe un nombre de coupelle égal aux boutons de plomb résultants pendant 10min dans un four à 950°C;

- Suivant la fiche de travail précédemment préparée, on dispose les boutons de plombs dans leurs coupelles, puis on les charge soigneusement dans le four à 950°C pendant 45min pour assurer leurs fusions;
- On ouvre la trappe du four pour ventiler les vapeurs d'oxyde de plomb, puis on retire les coupelles et on les entrepose sur le plan de travail, on laisse ventiler et refroidir (figure II.17), on obtient à la fin de cette opération une perle constituée de métaux précieux (Ag et Au).



Figure II-17 : Perles d'Ag et Au dans les coupelles (photo prise)

II.2.3.3. Attaque chimique (digestion)

L'Attaque chimique (digestion) consiste à traiter la perle résultante de l'étape précédente. Son but est l'élimination de l'argent pour donner une solution contenant seulement de l'or;

- On dispose les perles résultantes de la coupellation dans des tubes à essais qui seront bien arrangés dans leurs supports selon l'ordre établi sur la fiche de travail;
- On ajoute dans chaque tube à essai 3ml d' HNO_3 à 30% et on met dans un Bain-marie (figure II.18) préchauffé pendant 20 min pour éliminer l'argent (Ag);
- On rajoute 3ml d' HCl à 100% sur le résidu d'Or dans chaque tube, on mélange les acides pour former de l'eau régale qui va faire dissoudre l'Or, puis on remet sur Bain-marie pendant 20min;
- A la fin, on y ajoute 4ml d'eau distillée pour diluer la solution, on laisse refroidir pendant 10min;

Une fois refroidi, on agite les tubes à essai afin de s'assurer d'une bonne homogénéisation.



Figure II-18 : Des tubes à essais contenant les perles sur bain-marie pour refroidissement (photoprise).

II.2.3.4. Détermination finale de l'analyse

Après la décantation totale du résidu on a fait passer les tubes à essai un par un dans le spectromètre qui est lié à un ordinateur pour lire le résultat final de la teneur en Or de notre minerai (figure II.11).

II.2.4. Essais de la lixiviation en bouteilles roulantes

Un essai de cyanuration en bouteille roulante est la première étape de la norme industrielle dans l'évaluation de la récupération de l'or possible par lixiviation. Le minerai préparé est agité doucement dans un lixiviant de cyanure ou une solution de lixiviation. Les résultats des essais fournissent des informations sur les taux de la récupération attendus [16].

La bouteille utilisée pour ces tests était disponible au laboratoire de la mine d'Amesmess, elle est de forme cylindrique et en matière plastique. Elle fut utilisée dans le cadre du même projet que le nôtre. (Figure II.19).



Figure II-19 : Bouteille roulante (photo prise).

La fabrication de la pâte de minerai avec de l'eau pour atteindre 50 % en poids de matière solide se fait en mélangeant 1kg de minerai de l'échantillon avec 1L d'eau distillée. On a ajouté 3g du cyanure de sodium NaCN et 0.5g de la soude caustique NaOH.



Figure II-20 : Le cyanure utilisé pour les essais (photo prise).

On met la pulpe en agitation pendant 12h, puis on effectue des prélèvements après différents temps de séjour dans des tubes à essais bien ordonnés selon une fiche de travail.



Figure II-21 : Dispositif de rotation des bouteilles roulantes (photo prise).

II.2.4.1. Séparation solide liquide

Une fois que la cyanuration est terminée, il faut séparer le liquide du solide rapidement afin d'arrêter la réaction. On commence par déverser la pulpe dans un récipient. Après la

sédimentation de la pulpe, on sépare le liquide du solide pour la récupération de ce dernier. Finalement, le solide qui correspond aux résidus de cyanuration, est mis dans une étuve pour le séchage à moins de 200°C (figure II.22) afin de déterminer la teneur finale des minerais (lateneur après la lixiviation).



Figure II-22 : Etape séparation solide liquide de lixiviation (photo prise)

II.2.5. Essai d'adsorption par le charbon actif en bouteille roulante

L'essai commence par la préparation de la solution (1kg du minerai + 1L d'eau distillée) avec 3g de cyanure et 0.5g la soude caustique NaOH. Pour assurer les conditions de lixiviation du minerai, une agitation est effectuée pendant 12h ensuite on a fait un prélèvement d'un échantillon pour la teneur initial dans des bouteilles déposées sur un dispositif de rotation.

A la fin de la lixiviation, on verse 1.5g de charbon et on remet la solution en agitation, puis on effectue des prélèvements après différents temps de séjours dans des tubes à essais bien ordonnés selon une fiche de travail. La teneur en Au de chaque échantillon est analysé. Après que la teneur en Au dans la solution se stabilise, on arrête l'opération et on récupère le charbon qui sera séché et analysé. Le but de cet opération est d'adsorbé l'or libérer.

II.2.5.1. Séparation solide liquide

Une fois que les deux opérations sont terminées, il faut séparer le liquide du solide rapidement afin d'arrêter la réaction et récupérer le charbon actif. On commence par déverser la pulpe dans un récipient. Après la sédimentation de la pulpe, on sépare le liquide du solide pour la récupération de ce dernier. Par la suite on verse la pulpe dans un tamis pour récupérer le charbon actif. Finalement, le solide qui correspond aux résidus de cyanuration

et d'absorption et le charbon actif, sont mis dans une étuve pour le séchage à moins de 200°C (figure II.23). et puis on va déterminer la teneur finale de des minerais (la teneur après l'adsorption) et la teneur de charbon actif.



Figure II-23 : Etape de séparation solide liquide l'adsorption (photo prise)

II.2.6. Test de densité (masse volumique)

La densité est une grandeur en physique qui permet de savoir si un objet flotte sur l'eau ou sédimente d'un corps par rapport de sa masse volumique d'un autre corps. S'exprime par (g/l), (kg/m³), (t/m³) et selon l'équation suivante [17] :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (II.3)$$

Où :

ρ : Densité;

m : Masse de l'échantillon;

V : Volume.

A. Matériels utilisés

- La roche;
- L'eau distillée;
- La balance électrique;
- Eprouvette graduée.

B. Mode opératoire

- On a pesé la roche et on a mesuré l'eau distillé;
- On a versé l'eau distillée dans l'éprouvette et on a ajouté la roche a l'éprouvette graduée;
- La roche a flotté dans l'eau.
- Pour but de déterminer le volume de minerai.

II.2.7. Test de décantation**II.2.7.1. Principe**

Lors de la décantation, les particules, dont la densité est supérieure à celle de l'eau vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Les particules seront éliminées du fond du bassin périodiquement. L'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur est ensuite redirigée vers un filtre [18].

II.2.7.2. La décantation naturelle

La décantation consiste à laisser reposer un mélange hétérogène suffisamment longtemps pour que les particules solides en suspension tombent au fond de récipient. On peut ensuite verser délicatement dans un autre récipient le mélange qui surnage : on obtient un mélange quasiment homogène [19].

A. Matériels utilisés

- Le minerai des zones d'études (Tazrouk et Amesmassa);
- L'eau distillée;
- Bicher;
- La balance électrique;
- La spatule;
- Chronomètre;
- La règle;
- Epruvette graduée.

B. Mode opératoire

- On a pesé 100g de minerai et puis on a mesuré 500ml d'eau distillée;
- On a versé le minerai et l'eau distillé dans un bicher, avec la spatule on a bien mélangé la pulpe;
- On a versé la pulpe dans l'éprouvette graduée et on a mesure la distance dedécantation de minerai à l'ordre chronologique.

C. La décantation forcée (ajout de flocculant)

La décantation est une technique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation -floculation. Cette technique est très répandue dans les usines d'épuration et de traitement des eaux (figure II.24) [18].

D. Matériels utilisés

- Le minerai des zones d'études (tazrouk et Amesmassa);
- L'eau distillée;
- Flocculant;
- Bicher;
- La balance électrique;
- La spatule;
- Chronomètre;
- La règle;
- Eprouvette graduée.

E. Mode opératoire

- On a pesé 100g de minerai et puis on a mesuré 500ml d'eau distillée;
- On a versé le minerai et l'eau distillé dans un bicher et on a ajouté 0.02 g de flocculant, avec la spatule on a bien mélangé la pulpe;
- On a versé la pulpe dans l'éprouvette graduée et on a mesure la distance dedécantation de minerai à l'ordre chronologique.



Figure II-24 : Etapes de preparation de melange pour la decantation (photo prise)

II.2.8. Les analyses minéralogiques

Les échantillons préparés sont soumis aux analyses suivantes : diffraction des rayons X (DRX), fluorescence des rayons x (FX) et la photoluminescence qui sont effectués aux niveaux de laboratoire LPCMC. Le but de ses analyses c'est déterminé la composition minéralogique des deux minerais des zones d'études.

II.2.8.1. Diffraction des rayons X

A. a. Principe

La diffraction des rayons X est une méthode utilisée pour identifier la nature et la structure des produits cristallisés. En effet, cette méthode ne s'applique qu'à des milieux cristallins (roches, cristaux, minéraux, argiles, etc.) présentant les caractéristiques de l'état cristallin, c'est-à-dire un arrangement périodique, ordonné et dans des plans réticulaires tridimensionnels des atomes constitutifs [20].

L'analyse radio-cristallographique des échantillons à température ambiante dans un domaine angulaire 2θ allant de 10 à 80° avec un pas angulaire de $0,01$ degré a été réalisée à l'aide d'un diffractomètre type RIGAKU, Miniflex du laboratoire LPCMC [21].

L'identification des phases (dépouillement) a été réalisée par une recherche automatique en se basant sur des fichiers ASTM (American Society of Testing and Material). Selon l'étude précédente [21].



Figure II-25 : Appareil de DRX au niveau de laboratoire LPCMC à l'université de Bejaïa

II.2.8.2. La fluorescence des rayons X

C'est une technique d'analyse qui peut être utilisée pour déterminer la composition chimique d'une grande variété de types d'échantillons, y compris les solides, les liquides, les boues et les poudres libres. La fluorescence X est également utilisée pour déterminer l'épaisseur et la composition des couches et des revêtements et aussi elle peut analyser des éléments allant du béryllium (Be) à l'uranium (U) dans des gammes de concentration [22].

A. Le principe

Lorsque les atomes d'un échantillon sont irradiés par un rayonnement X primaire à haute énergie, des électrons sont éjectés sous forme de photoélectrons. On a alors un déficit en électrons sur un ou plusieurs couches électroniques. L'atome devient alors un ion, il est dans un état instable. Pour retrouver une meilleure stabilité, le trou laissé sur l'orbitale va être comblé par un électron provenant d'une couche électronique plus extérieure. De telles transitions sont accompagnées par une émission d'énergie, sous forme d'un rayonnement X secondaire, c'est la fluorescence [20].

B. Le but

Permet la détermination de la composition élémentaire de l'échantillon de manière qualitative et quantitative, c'est-à-dire de déterminer la nature et la quantité des atomes qui sont présents dans l'échantillon. La Spectrométrie de fluorescence X contrairement à la diffraction des rayons X ne permet pas d'accéder à la structure cristalline des matériaux [20].



Figure II-26 : Appareil de fluorescence X au niveau de laboratoire LPCMC à l'université de Bejaia.

II.2.8.3. Photo luminescence

La photo luminescence est une puissante technique optique permettant de caractériser les matériaux semi-conducteurs et les isolants. Son principe de fonctionnement est simple : on excite les électrons de la substance étudiée à l'aide d'un rayonnement (généralement monochromatique) et l'on détecte la lumière émise par cette dernière. En général, l'énergie de la lumière émise est plus faible que celle du rayonnement utilisé pour l'excitation. En pratique, l'intensité émise par les solides est souvent très faible. Il est donc nécessaire d'utiliser un laser comme source d'excitation de même qu'un système de détection performant[23].

A. Montage expérimental

Le montage expérimental est présenté sur la prochaine figure (II.27). On utilise un laser pour exciter l'échantillon qui est collé sur le doigt froid d'un réfrigérateur à cycle fermé.

La lumière émise par l'échantillon est récoltée par un système de deux lentilles est focalisée sur l'entrée d'un spectromètre muni d'un photomultiplicateur. Le courant produit par le photomultiplicateur est converti en tension (par une boîte de résistances) qui elle est mesurée à l'aide d'un amplificateur synchrone lui-même relié à un ordinateur. La détection synchrone utilisée ici requiert un faisceau d'excitation haché à une fréquence fixe [23].

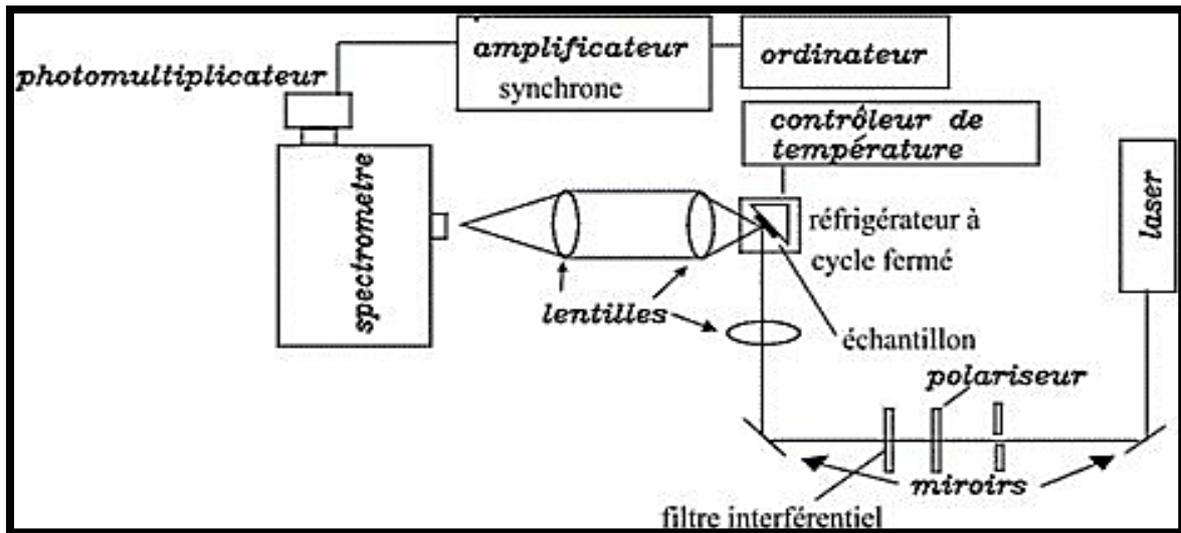


Figure II-27 : Schéma de montage expérimental [23].



Figure II-28 : Appareil de photoluminescence de laboratoire LPCMC au niveau de l'université de Bejaïa.

II.2.8.4. Préparation des lames minces et section polis

Dans cette partie nous avons réalisé des lames minces et section polies au niveau de laboratoire des lames minces à l'université de Sétif 1. Le but de cette opération est l'étude et la détermination des associations minéralogiques des minerais des zones d'étude sous le microscope.

A. Matériels utilisés

- Echantillons frais à partir d'un bloc massif;
- Les abrasifs de différente granulométrie;
- L'eau;

- Tronçonnage;
- Les plaques de verre;
- La résine et durcisseur (colle);
- La plaque chauffante.

B. Mode opératoire

Le prélèvement et le choix des échantillons est effectué sur le site d'exploitation avec l'aide du géologue. Au laboratoire et sous surveillance de l'ingénieur, nous avons procédé à découper la roche en morceaux de forme rectangulaire avec une épaisseur qui ne doit pas dépasser ½ centimètre. Puis nous avons procédé au ponçage et au polissage manuel des sucres obtenus en utilisant de l'eau et les abrasifs sur une plaque de verre.

Le coté poli du sucre est ensuite collé sur un support en verre avec de résines (le verre et la colle totalement transparents et incolores). Pour finir, on coupe le sucre avec un tronçonnage sur une épaisseur d'un millimètre il faut qu'elle soit de même niveau, après on fait un autre polissage de la surface libre jusqu'à atteindre une épaisseur de 30 micromètres.

Concernant les sections polies on procède de la même manière et on s'arrête au polissage d'une seule surface qui doit être parfait ce qui permettra l'observation des minéraux métalliques. Les granulométries des abrasifs utilisés pour la préparation des sections polies sont différentes des ceux utilisés pour les lames minces.



Figure II-29 : Les étapes de la préparation des lames minces et des sections polies

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les méthodes et les étapes suivies au cours de notre étude au sein de la mine d'Or d'Amesmassa, ainsi que les matériels utilisés. Pour cela, nous avons commencé par l'échantillonnage.

En présence des géologues responsables de la mine afin d'extraire le minerai aurifère, Ce dernier a été préparé mécaniquement dans le but d'avoir un échantillon représentatif et homogène, qui passera à la caractérisation par différents méthodes.

Chapitre III

Discussion et interprétation des résultats

Introduction

Dans ce chapitre nous allons discuter les résultats obtenus durant notre étude. Les résultats des essais sont exposés et interprétés.

La première partie est consacrée à la caractérisation des filons de quartz aurifère et l'étude macroscopique et microscopique de la minéralisation. La seconde partie, englobe les analyses effectuées durant notre stage pratique, les résultats des essais de lixiviation, la détermination de la teneur en or des minerais aurifères, la cyanuration pour libération de l'or et l'adsorption pour la récupération de ce dernier par ajout du charbon actif.

III.1. Le minerai aurifère d'Amesmess

III.1.1. Caractérisation des filons de quartz aurifères

III.1.1.1. Les filons aurifères d'Amesmess

Le gisement d'Amesmess est classé de type "Filons de quartz pauvres en sulfures".

La morphologie des corps minéralisés est cependant complexe et se présente sous plusieurs formes : en filons isolés, en filons avec encaissant hydrothermal (salbandes) minéralisé, en séries de filons en échelon ou en zone d'altération minéralisés avec veinules quartzieuses (d'où la dénomination généralement utilisée de zone filonienne et non pas filon au sens stricte).

Généralement, les filons aurifères présentent une direction N-S et un pendage vers Sud-Ouest de 55-60° à 80-85°. Cependant ces filons se caractérisent par leur grande irrégularité aussi bien en direction qu'en pendage avec de fréquentes variations d'épaisseur, des biseautages avec passage des filons à des zones d'altération.

Le filon N°8 : il présente sous une forme lenticulaire ou veinules d'une direction Nord-Sud avec un pendage vers l'ouest; son épaisseur est de 3 à 4 m et sa longueur est de 20 à 30m. Le filon de quartz est encaissé par les mylonites et le gabbro. La zone minéralisée et la métasomatite font environ 10 mètres d'épaisseur.

Le filon N°16 : il présente une direction 110° vers le Nord avec un pendage vers l'ouest, son épaisseur est de 2 m. La roche encaissante est la métasomatite à 1.5 m.

III.1.1.1.1. Description macroscopique de la minéralisation

Le filon aurifère N°16 est composé de quartz blanc grisâtre, dure compact et solide avec des disséminations ou petites accumulations d'or. Cette minéralisation est accompagnée par des dépôts tardifs de sulfures qui apparaissent dans des ouvertures affectant le filon aurifère. Ces veinules sont remplies par le quartz de deuxième génération et des sulfures qui se présentent sous forme de cristaux bien développés. La minéralisation sulfurée est représentée par la galène, la pyrite et la chalcopyrite.

III.1.1.1.2. Etude microscopique

L'étude microscopique de la minéralisation montre une association paragénétique.

Composée de : quartz; argile (phengite), pyrite, limonite, hématite, arsénopyrite et de l'or.

A. La Pyrite

Macroscopiquement elle apparaît sous forme de disséminations dans le quartz et de remplissage de fracture affectant le quartz.

Microscopiquement elle se présente sous forme cubique ou bien arrondi de taille micrométrique à millimétrique disséminée dans la gangue ou bien sous forme de remplissage de fractures affectant le quartz parfois associé à l'hématite ou bien elle forme des exsolutions avec de l'arsénopyrite

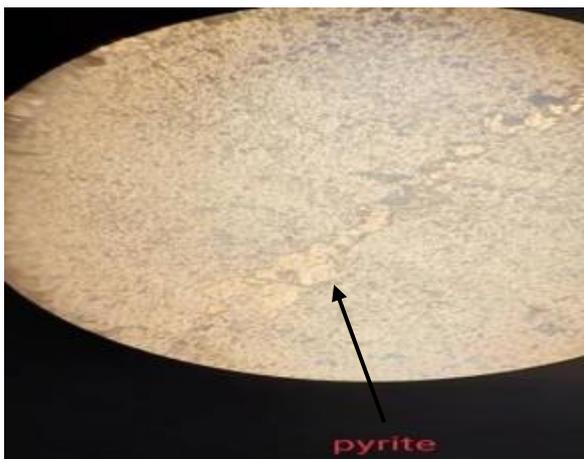


Figure III-1 : Veinule remplie de pyrite
LPNA GX10

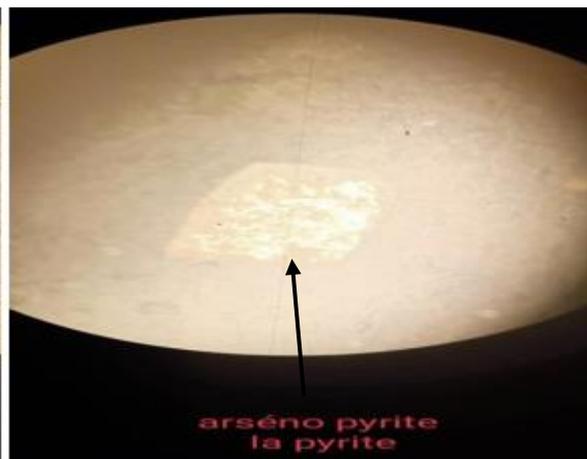


Figure III-2 : Exsolution de pyrite et
l'arsénopyrite LPNA GX40

B. Hématite

Microscopiquement elle se présente sous forme de plage remplissant les fractures qui ont affecté le quartz elle est souvent entourée de limonite parfois accompagnée de pyrite.

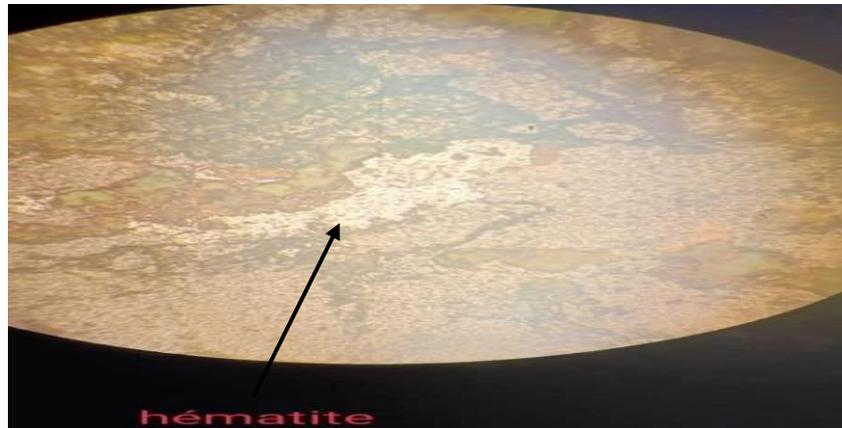


Figure III-3 : Veinule remplis d'Hématite LPNA GX10

C. Limonite

Elle est sous forme pulvérulente entourant le plus souvent l'hématite en formant deshalos d'altération.

D. Arsénopyrite

Au microscope elle apparait sous forme automorphe le plus souvent cubique ou triangulaire de taille micrométrique disséminée dans le quartz aux alentours des petites veinules d'hématite. Parfois on l'observe associée à la pyrite en formant des exhsolution dans le même minéral.

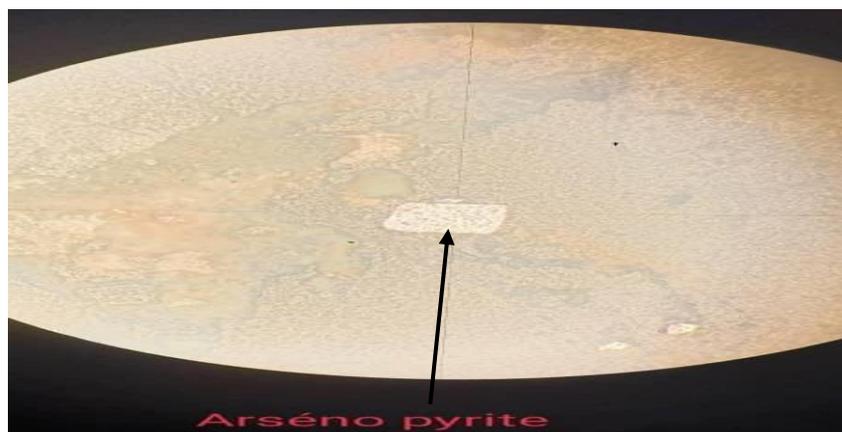


Figure III-4 : Veinule remplis d'Arsénopyrite LPNA GX10.

E. Quartz

L'étude de la minéralisation et de son encaissant nous ont permis de déterminer deux générations de quartz.

F. Quartz I

Qui remplit la caisse filonienne, il se présente sous forme de grandes plages subautomorphe à xénomorphe de taille millimétrique souvent affecté par des fractures à remplissage de phengite quartz de deuxième génération et les sulfures.

G. Quartz II

Observé sous forme de remplissage de fractures affectant le quartz I, il est sous forme de petit grains-xénomorphe de taille micrométrique associé à la phengite et la pyrite.

H. Phengite

Elle est mise en place tardivement, elle est observée dans les fractures en association avec le quartz II et la pyrite, elle est finement cristallisée elle est même affectée par des fractures à remplissage d'oxygène de fer.

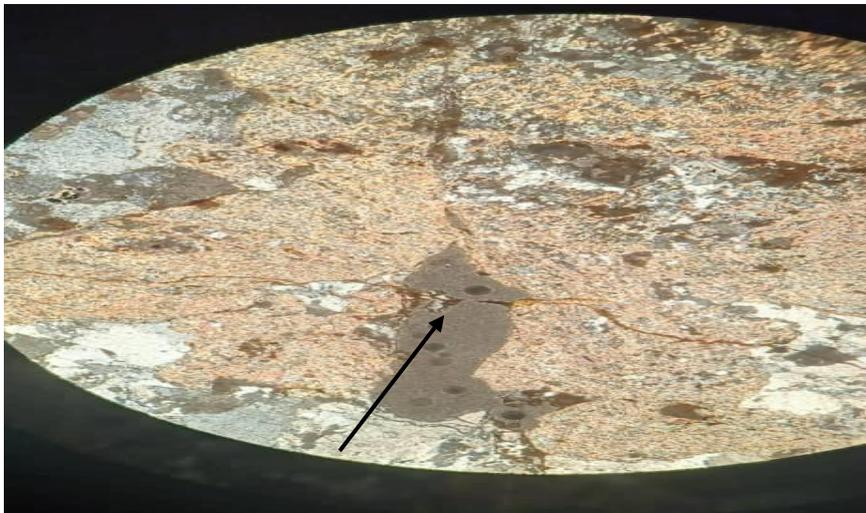


Figure III-5 : La phengite dans les fractures en association avec le quartz II LPA GX40

I. Galène

Elle est observée dans les fractures ou bien elle apparaît sous forme de cristaux automorphe disséminé dans le quartz filonien; parfois cubique et xénomorphe de taille allant de quelques micromètres à 1 millimètre.

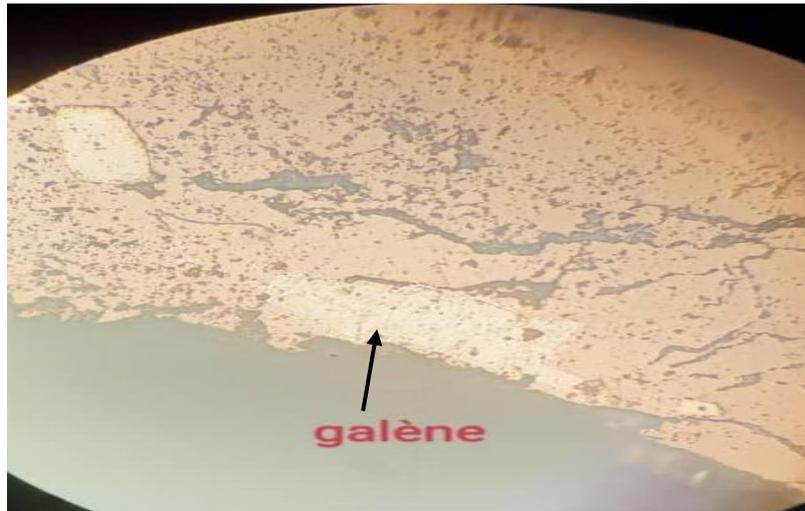


Figure III-6 : Galène disséminé dans le quartz QX10 LPNA

J. Or

Au microscope il très peu présent dans les échantillons prélevés. Nous n'avons observé que quelques grains de taille micrométrique qui apparaissent sous forme de petites plages disséminées dans le quartz, parfois associé à l'hématite.

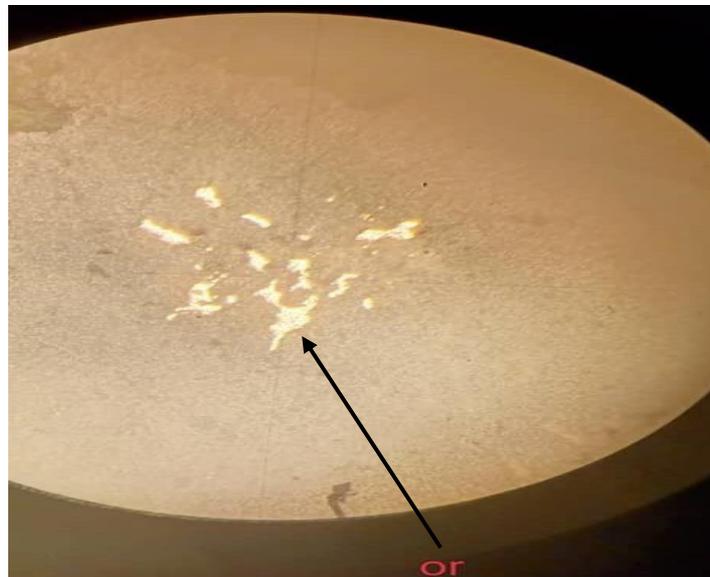


Figure III-7 : Or désaminé dans le quartz LPNA GX40

III.1.2. Caractérisation des minerais aurifères

III.1.2.1. Analyse à la fluorescence X

L'analyse effectuée au niveau de laboratoire physico-chimique LPCMC à l'université de Bejaia a pour but de déterminer les compositions chimiques des différents échantillons prélevés de site étudié.

Les résultats obtenus par analyse FRX sur les échantillons du filon 16 et 8 sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-1: Résultats d'analyse FRX du filon 16 et 8

	Filon N° 8	Filon N° 16
Eléments	Pourcentage (%)	
SiO₂	84,48	76,48
Al₂O₃	8,18	14,59
Ba	1,35	0,200
MgO	2,90	1,02
Fe	0,040	3,13
K	0,070	3,57
Pb	0,164	0,035
Mo	2,36	0,065
Ti	0,030	0,15
Ca	0,039	0,56
P	0,50	0,075
Sr	0,016	0,034
Nb	0,011	0,013

Ag	0,024	0,008
Cd	0,015	0,013
Ni	0,004	0,004
Zn	0,024	0,003
Mn	0,016	0,026

D'après les résultats obtenus dans le tableau on remarque que les compositions chimiques des deux filons présentent plusieurs similitudes qui sont représentés par le quartz qui est le plus dominant dans les deux filons 8 et 16 avec un pourcentage élevé de 84.48% et 76.48%, cela du à la nature géologique de gisement (présenter dans la partie théorique de chapitre I). Les formes d'oxydation apparus sous forme d'oxyde de magnésium et l'alumine ce dernier indique la présence d'une fraction argileuse. Le reste des éléments tel que le Potassium, calcium et oxydes de magnésium sont présents en faibles pourcentage et d'autres éléments sous formes de traces.

L'Au n'a pas été observé sur l'appareil dû à sa faible teneur, ou son absence dans notre échantillon étudié.

III.1.2.2. La diffraction de rayon X

L'analyse par DRX réalisée sur les échantillons a permis d'établir la composition minéralogique globale et d'identifier les phases cristallines des deux filons.

Les spectres de l'analyse par DRX de l'échantillon F16 est présentée dans la figure III.8.

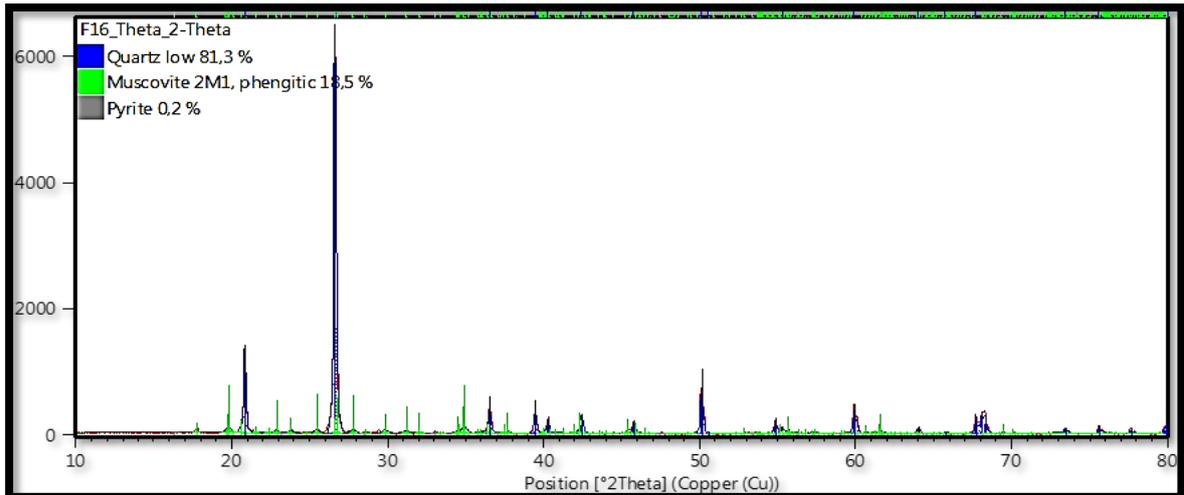


Figure III-8 : Le diffractogramme des rayons X de Filon 16

Le spectre DRX du filon 16 montre les réflexions (SiO_2 , Quartz) qui est la principale phaseminéralogique avec une quantité de 81.3% montré par le pic le plus intense au tour de $20,88^\circ 2\theta$ et $26,64^\circ 2\theta$ et avec d'autres pics moins intenses à $37.25^\circ 2\theta$ et $39.4^\circ 2\theta$ et $50.7^\circ 2\theta$. La Muscovite Comme phase secondaire observé à $19.81^\circ 2\theta$, $22.9^\circ 2\theta$, $25.7^\circ 2\theta$, $28.5^\circ 2\theta$, $36.2^\circ 2\theta$ avec une quantité de 18.5%. Ce spectre a montré également l'existence de la Pyrite comme élément trace avec une quantité de 0.2% vers $26.4^\circ 2\theta$ et $33.44^\circ 2\theta$ et $36.28^\circ 2\theta$.

Les spectres de l'analyse par DRX du l'échantillon F8 est présentées dans la figure III.9.

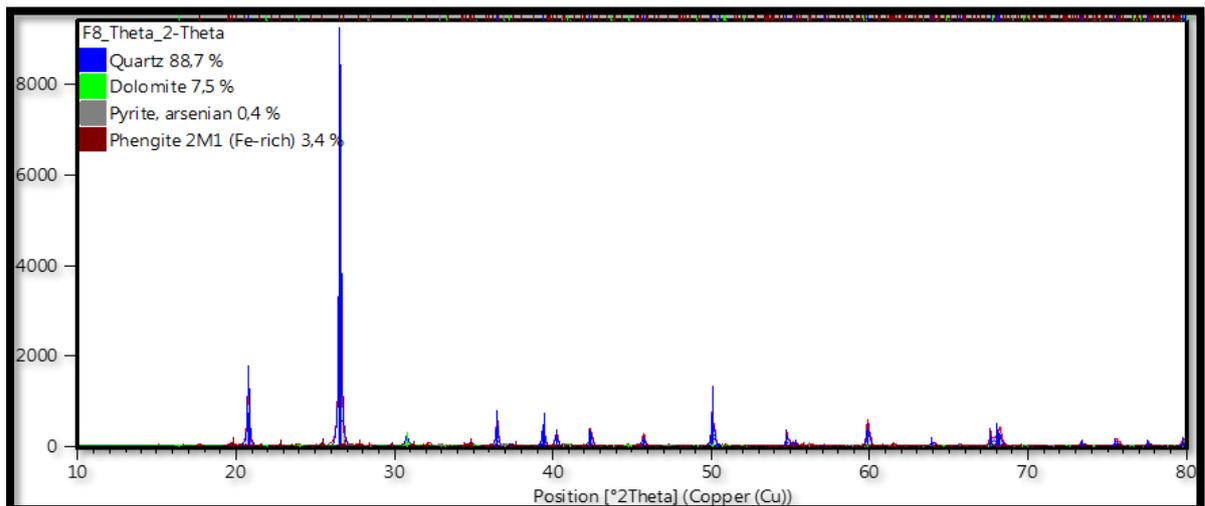


Figure III-9 : Le diffractogramme des rayons X de Filon 8

Le spectre DRX du filon 08 montre les réflexions (SiO₂, Quartz) qui est la principale phase minéralogique avec une quantité de 88.7% montré par le pic le plus intense au tour de 20,88°2θ et 26,64°2θ et avec d'autres pics moins intenses à 37.25°2θ et 39.4°2θ et 50.7°2θ. Ladolomite (CaMg (CO₃)₂) Comme phase secondaire observée à 21.5°2θ, 33.9 °2θ 37,8°2θ, et vers 53.2°2θ avec une quantité de 7.5%. Phengite également comme phase secondaire observée à 17.5°2θ, 19.9 °2θ 34,8°2θ, avec une quantité de 3.4%. Ce spectre également a montré l'existence de la Pyrite comme élément trace avec une quantité de 0.4% vers 26.4 °2θ et 33.44°2θ et 36.28°2θ.

La présence de la pyrite dans notre échantillon clarifié par la présence du courtage minéralogique du minerai d'Or exige des substances du soufre telle que la pyrite.

III.1.2.3. Les résultats des essais en bouteilles roulantes

III.1.2.3.1. La lixiviation par cyanuration

Cette partie du chapitre est consacrée à la lixiviation en bouteilles roulantes de notre minerai aurifère. Le but de cette étape est la libération de l'or par l'ajout de cyanure dans la solution, autrement dit, la dissolution du minerai d'or.

Une fois la lixiviation terminée, le solide est récupéré pour faire l'analyse de la SAA, dans le but de déterminer la teneur résiduelle de l'échantillon.

A. Les teneurs initiales du minerai d'Amesmassa

Dans ce tableau on va présenter les teneurs initiales du minerai d'Amesmassa pour les filons 8 et 16 avant l'ajout de cyanure.

Tableau III-2: Teneur initiale du minerai D'Amesmassa

Le minerai D'Amesmassa		
Echantillon-Solide	Filon 8	Filon 16
	Au (PPM)	Au (PPM)
Teneur initiale g/t	33,37	10,48

Remarque

On remarque dans le tableau **III.2** que la teneur initiale du filon 8 plus élevée par rapport au filon 16 cela est dû à la nature géologique du gisement (présenter en partie théorique chapitre I).

Les résultats obtenus de la lixiviation des échantillons prélevés des deux filons N°16 et N°8 sont représentés dans le tableau de la figure ci-dessous :

Tableau III-3: Les résultats de la lixiviation d'Amesmassa

ECH/Solution	Filon 8	Filon16
	Au en ppm	
0min	/	/
10 min	13,96	6,60
20 min	21,21	6,77
30 min	26,51	6,88
60 min	31,11	9,28
90 min	30,98	10,90
180 min	34,60	13,00
240 min	17,05	12,10
300 min	33,07	12,50
720 min	33,77	12,10
720 min	33,77	12,10

Le graphe

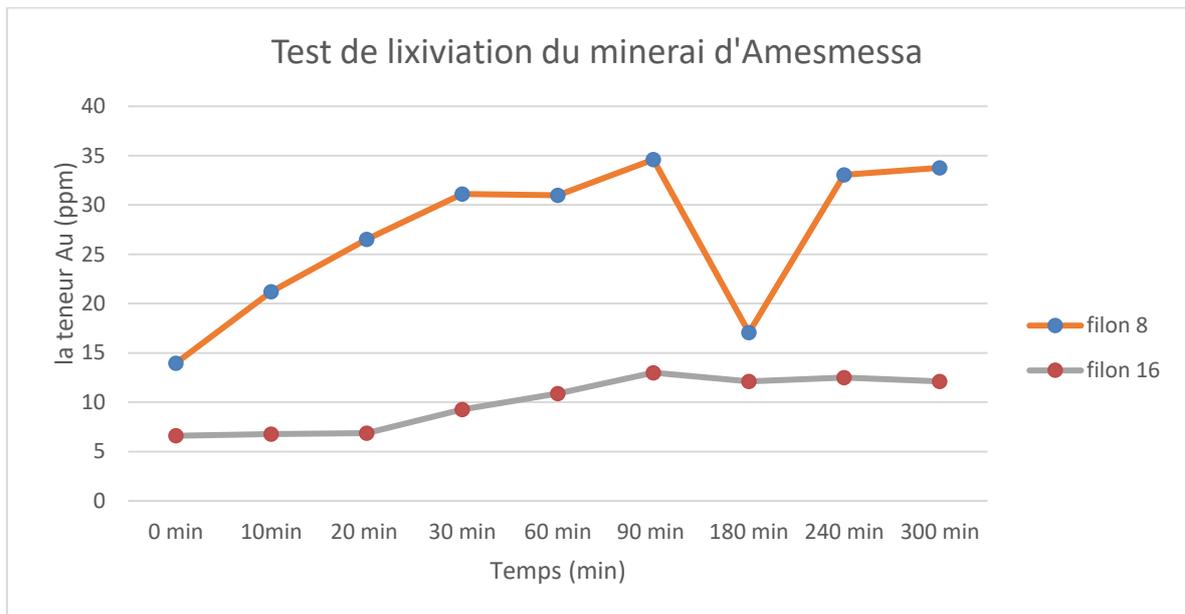


Figure III-10 : La courbe de lixiviation de l'Au par le cyanure de minerai d'Amesmesssa en fonction de temps.

Remarques

Selon les résultats du tableau et leurs représentations graphiques on remarque en premier lieu, que l'allure générale des deux graphes et la libération d'Au est une bonne libération.

L'évolution des taux de cyanuration peut être divisée en trois phases :

- De $t = 0$ min à $t = 180$ min : une augmentation remarquable atteignant les valeurs maximales des deux filons 8 et 16 indique un équilibre représentatif par le temps de séjour de cyanuration;
- De $t = 180$ min à $t = 240$ min : une diminution très remarquable cela indique la saturation de cyanure;
- De $t = 240$ min à $t = 720$ min : une augmentation très rapide de la libération de l'or puis une stabilisation régulière des taux de récupération car la majorité est récupérée.
- Le taux de récupération dans le filon 8 est plus élevé que le filon 16. Les taux de libération sont notamment plus importants dans l'échantillon du filon 08 cela s'explique par

rapport la minéralogie et la teneur en Or qui plus important par rapport au filon 16 cela explique la nature des liaisons chimiques or-pyrite (Au-FeS) qui sont non solide et facile à casser.

- Le taux de récupération maximal est obtenu dans le filon 8 environ 35 ppm suivi par le filon 16 avec environ 14 ppm.
- Le temps de séjour est un paramètre très important pour la récupération totale de l'or dans notre cas 720 min.

B. La teneur finale du minerai d'Amesmessa

Dans ce tableau on va représenter les teneurs finales du minerai d'Amesmessa après l'ajout de cyanure.

Tableau III-4: Teneur finale du minerai d'Amesmessa

Le minerai D'Amesmessa		
Echantillon- Solide	Filon 8	Filon 16
	Au (PPM)	Au (PPM)
Teneur finale g/t	10,76	3,07

Remarque

On constate à partir de ce tableau III .4 que les teneurs finales sont diminuées à la fin de la lixiviation par rapport aux teneurs initiales dans les deux échantillons traités en fonction du temps. Cette diminution est due à la fiabilité de la cyanuration par rapport au taux de récupération de l'Or.

III.1.2.3.2. L'adsorption par le charbon actif

Après la lixiviation qui consiste en libération de l'or de sa gangue; on procède à la seconde étape qui est l'adsorption en bouteilles roulantes du minerai aurifère. Le but de cette étape c'est l'adsorption et la récupération de l'or par le charbon actif.

Les résultats de l'essai de récupération de l'or par adsorption en bouteille roulantes

sont représentés dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau III-5: Les résultats de l'adsorption du minerai d'Amesmessa.

Echantillon- solution	Filon 8	Filon 16
	Au en ppm	
Avant d'ajouter le charbon		
0 min (après 12 h de lixiviation)	28,9	10,15
Après l'ajout de charbon		
10min	/	8,61
20min	29,5	7,57
30min	28,5	6,59
60min	/	5,79
90min	21,2	4,95
180min	17,6	3,03
240min	15,2	2,09
300min	13,5	1,99
720min	7,26	1,05

Le graphe

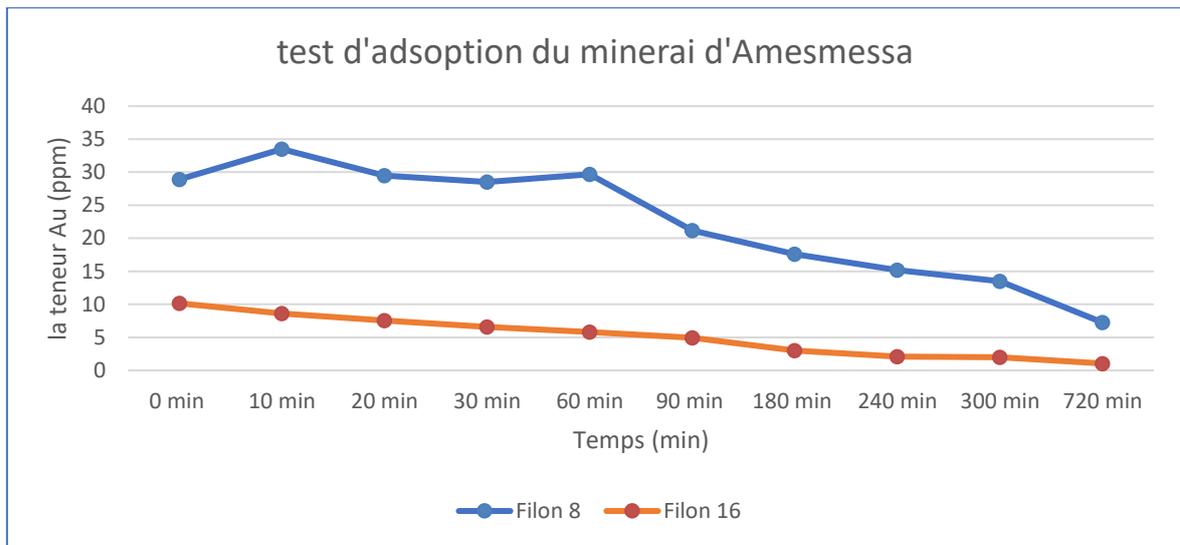


Figure III-11 : La courbe de l'adsorption de l'or par le charbon actif minéral d'Amesmesssa en fonction de temps.

Remarque et Interprétation

D'après les résultats obtenus on remarque que la vitesse d'adsorption est rapide au début du processus après elle devient de plus en plus lente au cours de temps pour atteindre l'équilibre à 180 min la quantité d'Or adsorbé n'évolue plus.

La première étape est rapide et correspond au transfert de la masse externe tandis que la deuxième étape est lente et correspond à la phase de diffusion des ions Or dans les pores de charbon.

Le charbon actif est un cation de charge négative (-) et l'Or est de charge positive (+) à l'ajout du charbon actif a mis en évidence sa capacité d'échange cationique et son potentiel a adsorbé l'Or cela se traduit par la diminution des Au^+ et leur adsorption sur les sites libres de charbon actif ce qui est démontré par rapport à la diminution de la teneur en Or après l'ajout de charbon actif.

L'occupation des sites libres sur le granulats de charbon actif par l'Or lixivié traduit la présence de ce dernier ou pas.

III.1.2.3.3. Les résultats de la teneur du charbon après le test d'adsorption

La teneur de charbon est donnée en (g/t) c'est l'équivalent de (mg/g) c'est-à-dire combien de mg d'Or est adsorbé par 1g du charbon.

Tableau III-6: Résultats de la teneur de charbon après l'adsorption.

Amesmesssa		
Echantillon- charbon	Filon 8	Filon 16
	Au (mg/g)	Au (mg/g)
Teneur (mg/g)	17389	6515

Remarques

On remarque l'augmentation du charbon actif récupéré par les échantillons par rapport aux teneurs initiales.

Interprétation

L'augmentation de charbon actif récupère après 720 min de teste d'adsorption en bouteilles roulantes expliqué par le phénomène d'adsorption de l'Or extrait par le cyanure et l'adsorption de charbon actif on déduit ce dernier porte l'Or en jouant son rôle d'adsorbant.

III.1.2.4. Teste de densité (masse volumique)

Le test de densité n'a été effectué que sur le minerai du filon N°16. Les résultats obtenus lessuivants :

Poids de la roche : 105 (g)

Le volume de bicher : 500 (ml)

Le volume : 40 (ml) = $40 \cdot 10^{-3}$ (L)

– Densité = poids / volume

– $\rho = 105 / (40 \cdot 10^{-3}) = 2.62 \cdot 10^{-3}$ g/L = 0.00262 g/L.

Remarque

On remarque que le minerai de filon 16 est le plus dense.

III.1.2.5. Test de décantation**III.1.2.5.1. La décantation naturelle**

Le test de décantation naturelle se fait sans flocculant. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-7: Résultats des tests de décantation naturelle des filons 8 et 16

Filon 8		Filon 16	
Distance (mm)	Temps (min)	Distance (mm)	Temps (min)
5	2	5	5
10	2 :55 (s)	10	9.5 (s)
15	3 :09 (s)	15	10
20	4	20	12
25	5	25	20

III.1.2.5.2. La décantation forcée (avec le flocculant)

Cette étape est effectuée par ajout du flocculant à la pulpe. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-8: Résultats des tests de décantation forcée des filons 8 et 16

Filon 8		Filon 16	
Distance (mm)	Temps (min)	Distance (mm)	Temps (min)
5	1 :23	5	5
10	1 :35	10	11
15	1 :98	15	17
20	2 :02	20	21
25	3 :05	25	28

Remarque

On remarque que la sédimentation des particules de l'échantillon de filon 8 est plus rapide que l'échantillon de filon 16 dans la décantation naturelle. Alors que la décantation forcée, en ajoutant un flocculant on remarque que la sédimentation a commencé lentement après un temps ou le flocculant facilite la décantation. Nous avons remarqué que cette dernière est plus rapide que la décantation naturelle. L'ajout de flocculant permet d'améliorer la filtration et faciliter la décantation ou la sédimentation des particules lourdes de la pulpe.

Interprétation

Nous constatant que le filon 08 présente les meilleurs résultats de décantation cela est dû principalement à la teneur élevée en moscovite qui est connus pour une solubilisation très rapide et favorise la décantation de la silice libérée sous l'effet de son poids et de sa densité.

Le flocculant est un produit chimique qui permet de disperser les composés minéraux des composés organiques qui à leur tour ont formé des floccs émergeant à leur place est rendant la décantation plus rapide.

Le filon 08 d'Amesmessa est le minerai le plus favorable car il réagit bien avec le flocculant.

III.2. Le minerai aurifère de Tazrouk

III.2.1. Etude macroscopique de la minéralisation

Le minerai aurifère de Tazrouk est sous forme filonienne. Le quartz de ce filon est de couleur blanc et d'aspect compact et très dur, frottement oxydé par des oxydes de fer. On remarque la présence de brèches tectoniques de quartz, elles sont marquées par une circulation de fluides hydrothermaux qui se manifeste par des dépôts de quartz de deuxième génération.

Ce filon est fortement fracturé. Les fissures présentes sont à échelle millimétrique à centimétrique. Elles se caractérisent par le dépôt d'une minéralisation sulfurée remplissant les fissures qui ont affecté le quartz. Cette minéralisation sulfurée est composée de galène (PbS), à couleur gris à noir, la pyrite (FeS) sous forme de disséminations de couleur jaunâtre, de la chalcopryrite (CuFeS₂) et de la sphalérite.



Figure III-12 : Le minerai brut de la région de Tazrouk 720

III.2.2. Etude microscopique

L'observation microscopique des sections polies et lames minces réalisées sur les échantillons prélevés de la minéralisation des filons de Tazrouk a permis de mettre en évidence une association minéralogique composée du quartz I, quartz II, limonite, hématite, pyrite. L'on n'a pas été déterminé par aucune des méthodes de caractérisation utilisées que ce soit l'étude microscopique ou bien les analyses par FRX ou DRX.

A. Pyrite

Sous microscope, elle apparaît sous forme de petit grains arrondis ou bien cubique détaille micrométrique disséminée dans le quartz ou bien dans les fractures avec le quartz II.

B. Hématite

Macroscopiquement, elle apparaît sous forme de plage souvent en remplissage de fracture, généralement elle est entourée de limonite.

C. Limonite

Elle est sous forme pulvérulente de couleur rougeâtre présentant dans la plupart des fractures affectant le quartz en association avec l'hématite.

D. Le Quartz

À l'œil nu il apparaît sous forme massive de couleur blanche rosâtre remplissant les fractures qui ont affecté "les mylonites". Lui-même est affecté par une tectonique intense marquée par la formation de réseaux de fractures qui sont repliés tardivement par des oxydes de fer et des sulfures.

Au microscope il présente deux générations :

E. Quartz I

Il remplit la caisse filonienne. Il apparaît sous forme de plages xénomorphe à subautomorphe de taille millimétrique affectées par de fractures à remplissage d'oxyde de fer, de pyrite et de quartz II.

F. Quartz II

Il se présente sous forme subautomorphe à xénomorphe de petite taille (quelques micromètre) en remplissage des fractures affectant le quartz I. Il est souvent accompagné par l'hématite et la pyrite.

III.2.3. Caractérisation des minerais aurifères**III.2.3.1. La fluorescence des rayons x**

Les résultats obtenus par analyse FRX sur l'échantillon de Tazrouk sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-9: Résultats d'analyse FRX des minerais de Tazrouk 720 et 294

	Filon 720	Filon 294
Éléments	Pourcentage %	
SiO ₂	92,29	75,96
Al ₂ O ₃	/	8,66
MgO	1,57	6,90
Fe	2,94	3,71
K	/	2,12
Pb	/	1,118
Mo	0,068	0,271
Ti	/	0,062
Ca	/	0,057
P	0,044	0,035
Sr	0,020	0,021
Sb	0,025	0,017
Nb	0,014	0,012
Ag	0,006	0,005
Ba	1,082	/
Cd	0,005	/
Sn	0,003	/
Ni	0,010	/

D'après les résultats obtenus on remarque que la composition chimique des deux zones présente plusieurs similitudes qui sont représentés par le quartz qui est le plus dominant dans les deux sites 294 et 720 avec des valeurs respectives de 75.96 % et 92.29% cela du à la nature géologique de site (présenter dans la partie théorique de chapitre I). Suivi des formes d'oxydation apparus à l'Alumine qui indique la présence d'une fraction argileuse. Le

reste des éléments tel que le Phosphore, Fer et oxydes de sont présents en faibles pourcentage et d'autres éléments sous formes de traces.

On note la présence de trace de Al_2O_3 , Pb, K, Ca, Ti dans l'échantillon 294 qui sont absents dans l'échantillon 720 et aussi trouve Ni, Cd, Sn, qui sont présente dans la zone de 720, on constate que cela revient à leur faible teneur en or ou son absence totale dans nos échantillons étudié.

III.2.3.2. La diffraction de rayon X

L'analyse par DRX réaliser sur les échantillons a permis d'établir la composition chimique minéralogique globale et d'identifier les phases cristallines.

Les spectres de l'analyse par DRX du l'échantillon 294 sont présentées dans (la figure III.13).

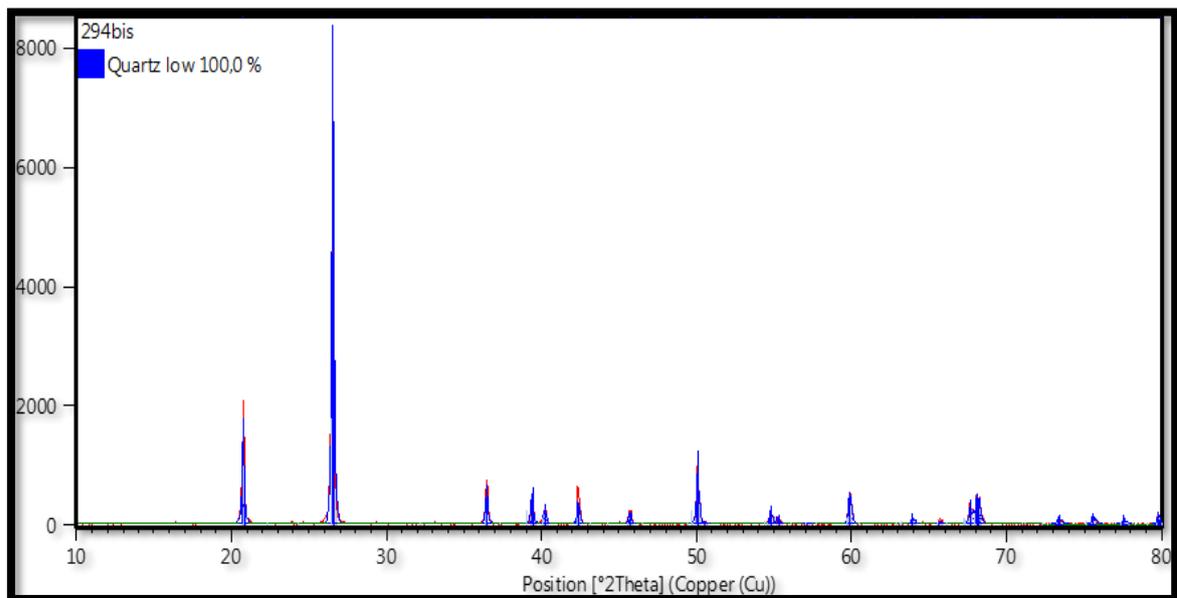


Figure III-13 : Le diffractogramme des rayons X de Tazrouk 294

Le spectre DRX de l'échantillon de Tazrouk 294 montre les réflexions (SiO_2 , Quartz) qui est la principale phase minéralogique d'après les résultats de l'analyse quantitatif, elle représenté la totalité de l'échantillon analysé (100 %) montré par les pics les plus intense de quartz cristallin au tour de $20,89^\circ 2\theta$ et du quartz amorphe vers $26,70^\circ 2\theta$ et même avec d'autrespics moins intenses vers $36,5^\circ 2\theta$ et $39,7^\circ 2\theta$ et $50,95^\circ 2\theta$.

On remarque que la présence de la phase cristallographique est de quartz.

Les spectres de l'analyse par DRX du l'échantillon 720 sont présentées dans (la figure III.14).

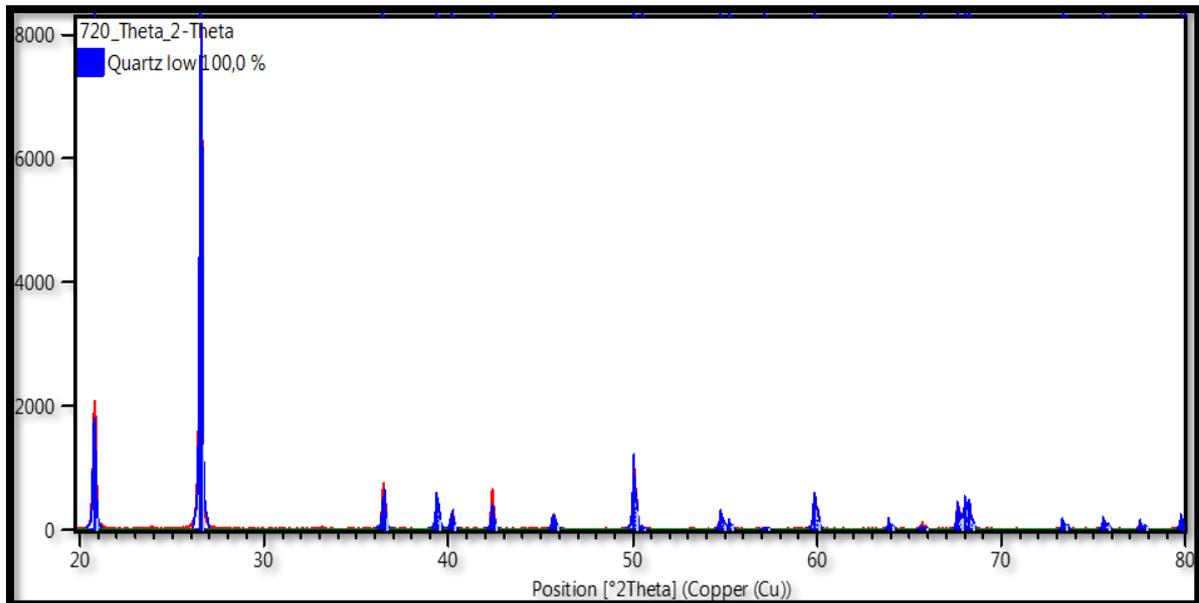


Figure III-14 : Le diffractogramme des rayons X de Tazrouk 720.

Le spectre DRX de l'échantillon de Tazrouk 720 montre les réflexions (SiO_2 , Quartz) qui est la principale phase minéralogique d'après les résultats de l'analyse quantitative, elle représente la totalité de l'échantillon analysé (100 %) montré par les pics les plus intenses de quartz cristallin au tour de $20,92^\circ 2\theta$ et du quartz amorphe vers $26,71^\circ 2\theta$ et même avec d'autres pics moins intenses vers $36,66^\circ 2\theta$ et $39,35^\circ 2\theta$, $40,25^\circ 2\theta$ et $50,62^\circ 2\theta$.

On remarque que la phase majoritaire est de quartz; pour l'absence de l'Or dans la DRX parce que l'Or a un pic trop petit a sa concentration et insignifiant par rapport aux autres substances telle que la silice.

III.2.3.3. Les essais de bouteilles roulantes**III.2.3.3.1. la lixiviation par la cyanuration**

Dans le but de déterminer la teneur résiduelle du minerai aurifère de Tazrouk des échantillons 720 et 294.

A. La teneur initiale du minerai de Tazrouk

Dans ce tableau on représente les teneurs initiales du minerai de Tazrouk obtenus avant la cyanuration.

Tableau III-10: Teneur initiale du minerai de Tazrouk

Tazrouk		
Echantillon- solide	Ech 720	Ech 294
	Au (ppm)	Au (ppm)
Teneur initiale g/t	0,35	10,37

Remarque

On remarque que la teneur initiale de l'éch 294 est plus élevée que l'éch 720 cela indique que le minerai de Tazrouk ech 294 est le plus riche en or que l'éch 720.

Les résultats obtenus par les essais de bouteilles roulantes sur l'échantillon de Tazrouk sont représentés dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau III-11: Les résultats de la lixiviation sur l'échantillon de Tazrouk 720 et 294

Echantillon-Solution	Ech 294	Ech 720
	Au ppm	
0min	/	/
10 min	8,76	1,675
20 min	8,72	1,621
30 min	9,57	0,0967
60 min	11,50	0,2035

90 min	11,10	0,1269
180 min	12,90	0,1754
240 min	13,00	0,2235
300 min	13,80	0,2294
720 min	14,60	0,4025

Le graphe

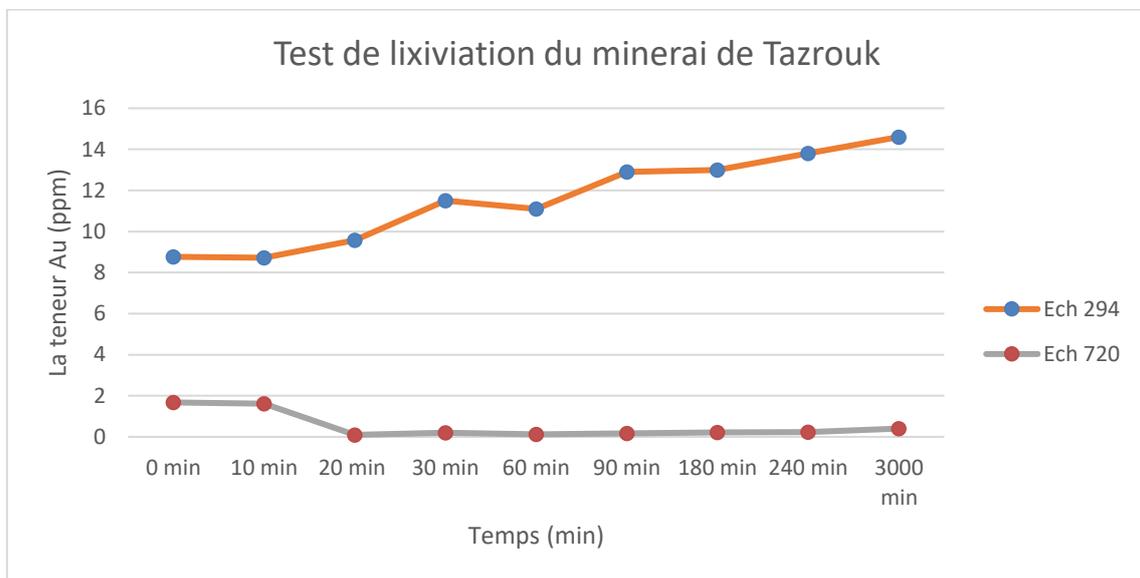


Figure III-15 : La courbe de teste de la lixiviation de l’or de minerai Tazrouk en fonction de temps.

Remarque et interprétation

De t=0 min à t=30 min : une augmentation de la lixiviation remarquable. Dans l’échantillon 294 les valeurs atteignent le maximal qui indique l’équilibre de cyanuration; par contre dans l’échantillon 720 on remarque une diminution de taux delixiviation rapide dû probablement aux conditions de l’expérience et a la saturation de cyanure utilisé.

De t=30min à t=720 min : on réalise une stabilisation régulière des taux de lixiviation pour l’échantillon 720 car la majeure quantité de l’or est libérée par contre pour le minerai 294 on remarque que la cyanuration augmente cela dû aux taux de récupération de l’Or.

- Le taux de récupération maximal est obtenu après 180 min pour l'échantillon 294 de Tazrouk est environ 13 ppm suivi par l'échantillon 720 de Tazrouk avec environ 2 ppm.
- Le temps de séjour est un paramètre très important pour la récupération totale de l'Or dans notre cas 720 min.

B. La teneur finale du minerai de Tazrok

Les teneurs finales de deux échantillons de Tazrouk 720 et 294 obtenus après la cyanuration sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-12: Teneur finale du minerai de Tazrouk

Tazrouk		
Echantillon- solide	Ech 720	Ech 294
	Au (ppm)	Au (ppm)
Teneur finale g/t	0.04	2.28

Remarque

On constate à partir de ce tableau **III .12** que les teneurs finales sont diminuées à la fin de test de lixiviation par rapport aux teneurs initiales dans les deux échantillons traités en fonction de temps. Cette diminution est dû à la fiabilité de la cyanuration par rapport au taux de récupération de l'Or.

III.2.3.3.2. L'adsorption par le charbon actif

Les résultats des essais de l'adsorption par le charbon actif effectués sur les échantillons 294 et 720 sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-13: Les résultats de l'adsorption des échantillons de Tazrouk.

Echantillon-Solution	Ech 294	Ech 720
	Au ppm	
Avant d'ajouter le Charbon		
0min (après 12h de Lixiviation)	10,32	0,809
Après l'ajout de Charbon		
10 min	10,65	0,718
20 min	9,86	
30 min	9,67	0,891
.60 min	9,25	0,721
90 min	8,02	0,645
180 min	5,47	0,600
240 min	4,87	0,509
300 min	4,18	0,527
720 min	2,54	0,527

Le graphe

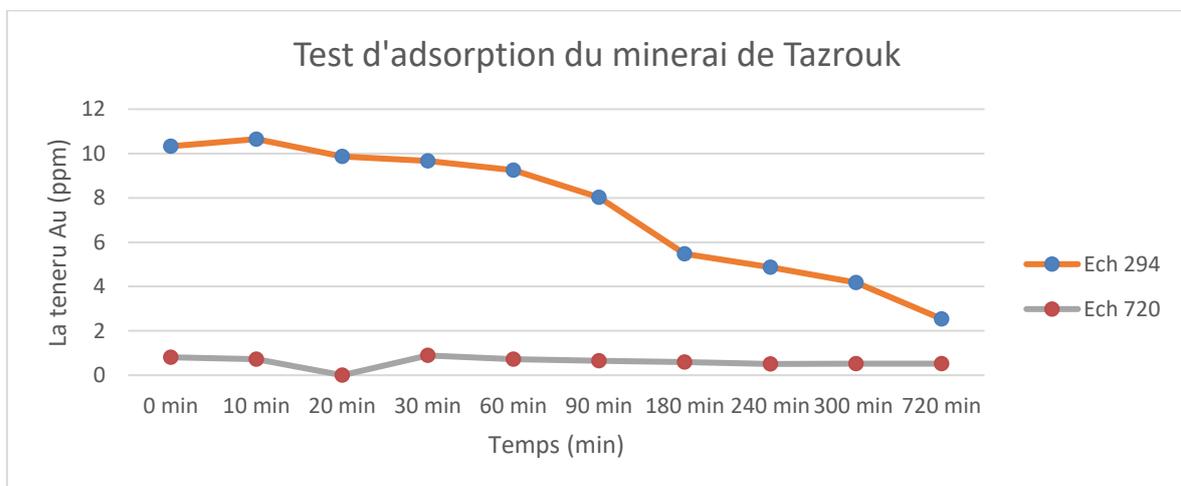


Figure III-16 : La courbe de l'adsorption de l'or par le charbon actif minerai Tazrouk

Remarque et Interprétation

Selon la représentation graphique des résultats d'adsorption par le charbon actif, nous avons remarqué que la teneur d'or des échantillons diminue puis se stabilise en fonction de temps par des teneurs différentes pour chaque échantillon, selon la teneur initiale et selon la composition minéralogique de chaque échantillon.

Pour le minerai de **Tazrouk 294** : de $t=0$ min à $t=180$ min on remarque la diminution de taux d'adsorption d'or qui est très rapide, à partir de $t=180$ min à $t=720$ min une diminution très lente d'adsorption de l'or.

Tazrouk 720 : on remarque un taux d'adsorption d'or faible et une stabilisation rapide qui est dû à la faible teneur en or initiale du minerai.

Nous avons remarqué dans la figure **III.16** une absence d'adsorption de l'or dans l'échantillon 720 cela du probablement aux conditions de l'expérience.

L'ajout de charbon actif nous a permis de mettre en évidence sa capacité d'échange cationique et son potentiel d'adsorption de l'Au cela traduit des Au^+ et leur adsorption sur les sites libres de charbon actif.

A. La teneur de charbon actif après l'adsorption

La teneur de charbon est (g/t) c'est l'équivalent de (mg/g) c'est-à-dire combien de mg de Au est absorbé par 1 g de charbon.

Tableau III-14: Résultats de la teneur de charbon après l'adsorption

Tazrouk		
Echantillon-charbon	Ech 720	Ech 294
	Au (mg/g)	Au (mg/g)
Teneur (mg/g)	259	7393

Remarque

L'augmentation de charbon actif récupère après 720 min de test d'adsorption en bouteilles roulantes expliqué par le phénomène d'adsorption de l'Or extrait par le cyanure et l'adsorption de charbon actif on déduit ce dernier porte de l'Or en jouant son rôle d'adsorbant.

III.2.3.4. Test de densité (masse volumique)

Le test de densité n'a été effectué que sur le minerai de Tazrouk 720. Les résultats obtenus sont les suivants :

Poids de la roche : 89.2 (g)

Le volume de bicher : 500 (ml) ; Le volume : 40 ml = 40×10^{-3} (L)

– Densité = poids/ volume

– Densité = $89.2 / (40 \times 10^{-3}) = 2.23 \times 10^{-3}$ (g/L) = 0.00223 (g/L).

Remarque

On remarque que le minerai de Tazrouk échantillon 720 est le moins dense que le minerai d'Amesmessah filon 16.

III.2.3.5. Test de décantation**III.2.3.5.1. La décantation naturelle**

Les résultats obtenus de la décantation naturelle des minerais de Tazrouk sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-15: Résultats des tests de décantation naturelle de Tazrouk

Tazrouk 720		Tazrouk 294	
Distance (mm)	Temps (min)	Distance (mm)	Temps (min)
5	4 :37	5	4 :38
10	8 :05	10	12 :57
15	14	15	22 :15
20	20 :36	20	31 :46

25	26 32	25	42 :20
----	-------	----	--------

La décantation forcée (avec le floculant)

Cette étape est réalisée par ajout de floculant 0.02 g à la pulpe. Les résultats de la décantation forcée des minerais de Tazrouk sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-16: Résultats des tests de décantation forcée de Tazrouk

T1azrouk 720		Tazrouk 294	
Distance (mm)	Temps (min)	Distance (mm)	Temps (min)
5	1	5	5 :22 (s)
10	3 :34 (s)	10	8 :10 (s)
15	6 :29 (s)	15	12 :05 (s)
20	8 :26 (s)	20	15 :55 (s)
25	10 :08 (s)	25	19 48 (s)

Remarque et interprétation

D’après les résultats obtenus on remarque que :

- La décantation forcée est plus rapide que la décantation naturelle.
- La décantation naturelle de Tazrouk ech 720 est plus rapide que l’ech 294 puisque la pulpe a sédimenté en un temps record. Tazrouk ech 720 présente des résultats mieux que l’ech 294 cela dû à la teneur élevée en muscovite qui permet au quartz une décantation.
- Alors pour la décantation forcée en ajoutant le floculant pour accélérer et faciliter la sédimentation des particules en suspension. Nous avons remarqué que la décantation forcée de Tazrouk ech 720 plus rapide que l’ech 294.
- Le floculant est un produit chimique qui permet de disperser les composés minéraux des composés organiques qui à leur tour ont formé des floes émergeant à leur place est rendant la décantation plus rapide.
- On constate que le minerai de Tazrouk l’échantillon 720 est le minerai le plus favorable car il réagit bien avec le floculant.

III.3. Photoluminescence

La photoluminescence réalisée sur notre échantillon est un phénomène physique auquel une substance absorbe des photons après les réémet.

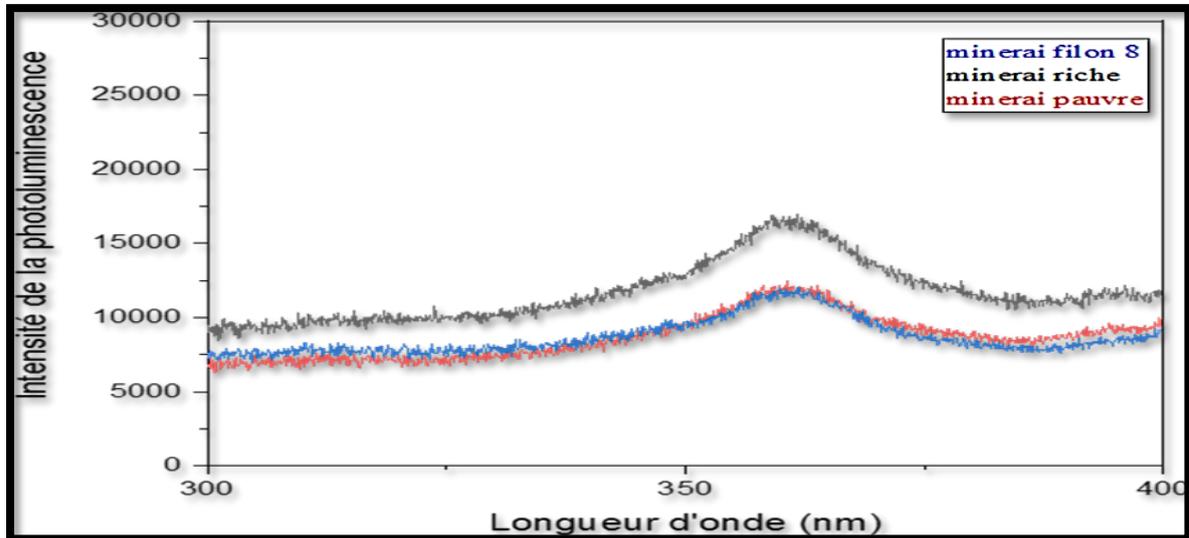


Figure III-17 : Montrent le spectre PL des trois échantillons : l'échantillon riche en teneur d'ord'Amesmessa (celui du filon 8), et les deux de Tazroukt 720 et 294.

Remarques

Dans cette partie nous allons voir les résultats de la PL sur l'ensemble de nos échantillons. Pour cela nous avons caractérisé l'ensemble des échantillons dans la gamme de mesure entre 300-600 nm à cause que le laser utilisé est positionné sur une longueur d'onde d'excitation de 210 nm.

La bande spectrale située à une longueur d'onde de 420 nm est appelé « harmonique de la longueur d'onde d'excitation ». Dans la figure III.10, on remarque que tous les spectres présentent un pic à environ 360nm, correspondant à la photoluminescence du quartz blanc [*]. Cette excitation n'est pas contribué au SiO₂ massif, puisqu'il ce dernier ne contient pas d'atomes de Si en excès, mais probablement elle est due à la présence des ions disséminés dans le quartz comme Au⁺, Fe⁺², Fe⁺³, Na⁺, K⁺ et autres.

Il est à remarquer que l'échantillon riche en or d'Amesmessa (filon 8) présente une forte intensité de la photoluminescence par rapport aux spectres de Tazroukt 294 et 720 qui ont la même intensité. Ceci nous mène à conclure que l'or est probablement le responsable de l'excitation photométrique.

Interprétation

- L'analyse de la PL : confirme la composition minéralogique des échantillons préalablement obtenue.
- La teneur en quartz, en alumine augmente la réflectance de la lumière émise par l'appareil ceci se traduit par l'aspect de ses minéraux qui est vitreux, ayant un comportement d'émetteur vis-à-vis de luminescence.
- Les résultats obtenus par la PL sont en parfaite concordance avec les résultats de la DRX.

III.4. Étude comparative

L'étude des échantillons des minerais aurifères par différentes techniques et méthodes d'analyses nous ont permis de faire ressortir quelques observations :

III.4.1. De point de vue minéralogique

Dans l'ensemble, les deux minéralisations présentent beaucoup de similitudes avec quelques différences mineures.

III.4.2. De points de vue géologiques

Les deux gisements (Amesmessa et Tazrouk) appartiennent la province métallifère du Hoggar.

- **Le gisement d'Amesmessa** se trouve dans le Hoggar Occidental. Il s'inscrit dans un couloir tectonique qui délimite deux blocs géologiques distinct. Les filons de quartz aurifère se sont mis en place par fracturation hydraulique. Les structures minéralisatrices ont une direction privilégiées N-S, et sont contenues dans les plans de foliation mylonitique.
- **Le gisement de Tazrouk** quant-à-lui; il est localisé dans la partie Nord du Hoggar Oriental sur l'accident majeur N8°30'' qui sépare ce dernier du Hoggar central. Les filons de quartz aurifère sont généralement orientés dans la même direction qui est NO-SE. Ils présentent une forte fracturation qui forment de petites veines souvent remplies de quartz, sulfures et oxydes.

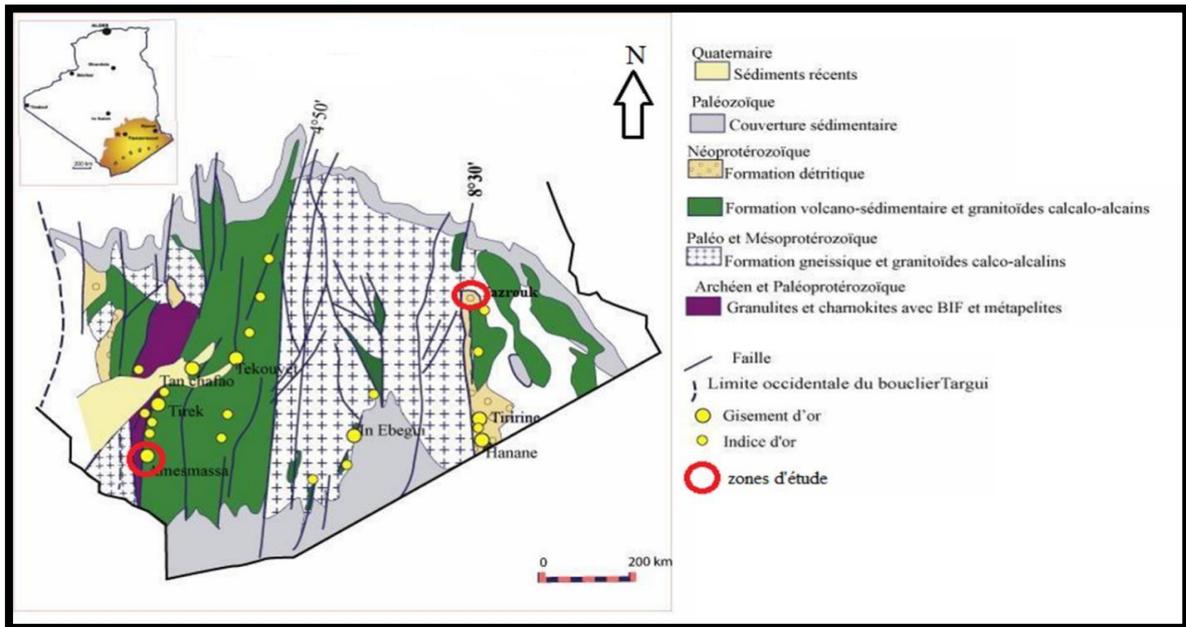


Figure III-18 : Situation géographique et géologique des zones d'étude (ORGM)

Les filons aurifères d'Amesmessa présentent une association minéralogique simple composée d'une gangue représentée par le quartz grisâtre, des carbonates et des argiles (phengite; muscovite) et des minéraux métalliques : Or, Pyrite (le plus abondant), arsénopyrite, hématite, galène, sphalérite et limonite.

Les filons aurifères de Tazroukt présentent une association minéralogique composée d'une gangue à monominéral représentée par un quartz blanc fortement fracturé et des minéraux métalliques : pyrite, hématite, galène, sphalérite, chalcopryrite et limonite.

L'analyse par la fluorescence X et la luminescence ont montré que le minerai d'Amesmessa est plus riche par rapport à celui de Tazroukt. Ces résultats sont similaires à ceux de DRX.

III.4.3. De point de vue traitement

Les essais de lixiviation par ajout de cyanure sur les échantillons des deux sites ont donné des résultats similaires; où le temps de lixiviation est divisé en général en une première période où la cyanuration est rapide observée sur tous les échantillons. Une deuxième période de diminution puis stabilisation des taux de cyanuration indiquant la libération de l'or. Seul l'échantillon 294 ne montre pas de stabilisation probablement cela est dû à la libération de l'or par le cyanure.

L'essai de récupération du minerai d'or effectué par l'ajout de charbon actif dans la

solution ont permis d'obtenir des résultats identiques

La vitesse d'adsorption est rapide au début du processus puis elle devient de plus en plus lente au cours de temps pour atteindre l'équilibre où la quantité d'or adsorbé n'évolue plus.

La première étape est rapide et correspond au transfert de la masse externe tandis que la deuxième étape est lente et correspond à la phase de diffusion des ions d'or dans les pores de charbon. Seul l'échantillon 720 de Tazrouk montre une stabilisation très rapide cela est dû probablement à sa faible teneur initiale en or.

III.4.4. De point de vue économique

Les filons d'or d'Amesmesa sont plus rentables par rapport à ceux de Tazrouk. De point de vue teneur en substance utile; Les filons aurifères d'Amesmesa sont très riches avec une teneur moyenne en or de 18 g/t; par contre les filons de Tazrouk quant à eux présentent une teneur moyenne de 5g/t (le filon 8 d'Amesmesa est le plus riche avec une teneur en Or très élevée.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans le but de la réalisation de ce modeste travail qui consiste en une comparaison entre le minerai aurifère d'Amesmassa et le minerai de Tazrouk nous avons opté pour la caractérisation physico-chimique, observation et la capacité d'adsorption et la cyanuration à l'industrie aurifère.

Notre étude s'est étalée sur une phase d'échantillonnage suivie d'une préparation des échantillons pour en finir par une analyse instrumentale et une interprétation des résultats.

Au terme de ce travail, il nous a été permis de conclure ce qui suit :

- Les compositions minéralogiques des deux concentrations sont similaires, dans l'ensemble, elles sont représentées par le quartz, or, les sulfures et les oxydes et hydroxydes de fer. On note que la couleur de quartz aurifère du minerai d'Amesmassa est blanc grisâtre caractérisé par la présence des argiles par contre celui de Tazrouk est de couleur blanche rosâtre sans présence d'argile.
- Les teneurs initiales et finales de lixiviation de nos échantillons nous ont donné une bonne libération pour l'Or ce qui confirme que le cyanure est un bon solvant pour la dissolution de l'Or;
- Les résultats d'adsorption par le charbon actif de nos échantillons nous ont donné une bonne consommation de l'Or;
- Les analyses de FRX nous ont donné les concentrations massiques en élément dans chaque échantillon;
- Les analyses de DRX ont révélé les pics caractéristiques de chaque élément présent dans nos échantillons, il en résulte que l'élément dominant c'est le quartz (SiO_2) dans les 4 échantillons, la présence de la phengite et muscovite dans le filon 16 et 8 ces analyses nous ont confirmé l'étude microscopique. Par contre pour la région de Tazrouk les analyses de DRX nous ont donné que de quartz à 100% qui est du probablement aux conditions de l'expérience.
- On constate que les échantillons ont eu une bonne libération de l'Or, durant Les analyses de lixiviation. L'échantillon 720 montre une stabilisation très rapide qui peut s'expliquer par la teneur faible de cet échantillon
- Les tests d'absorptions en bouteille roulante par le charbon actif ont déterminé que l'extraction de l'or dans les différents échantillons est consommée par le charbon actif et on déduit que dans les quatre échantillons il y'a eu une récupération de l'Or;
- La photoluminescence nous confirme que le gisement d'Amesmassa est riche par contre

Conclusion Générale

le gisement de Tazrouk est de faible teneur en Or.

– Malgré la courte durée, ce stage nous a permis également un approfondissement de notre formation sur le plan méthodologique et technique de travail et de développer notre esprit scientifique ainsi que l'acquisition d'une expérience pratique, dans le cadre de l'échange des informations et d'expériences entre l'entreprise et l'université pour une meilleure qualité de notre présentation sur notre étude.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **KHOSRAVI.R; AZGHAR.A** et **REZA.G;VINOD.K&SHILPI.A**;2017:«Adso
rption of gold from cyanide leaching solution onto activated carbon originating from coconut
shell- optimization, kinetics and equilibrium studies » Journal of industrial and engineering
chemistry.
- [2] **Journal de l'expression : 2021**, Réserves d'or au niveau mondial et en Algérie.
- [3] **Hammas Izzeddine**; 2015/2016 : « système d'information géographique applique à
la géologie et aux minéralisations de la feuille au 1/500.000 de Tazrouk (Hoggar) » mémoire
de master; université MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU.
- [4] **IBRAHIM Mohand; ZAGHAR Zoubir**; 2007 :« Etude de la minéralisation
aurifèredel'indice Isselfane Nord (Terrane d'Iskel, Hoggar occidental) » mémoire de master;
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
- [5] **Tamourt Meriem; Ouamar Lydia; Boucif Rima**; 2012/2013 « Traitement de l'or de
la mine D'AMESMESSA » mémoire de licence; Université de A/Mira de Bejaia.
- [6] Fiche technique de Tazrouk.
- [7] Mémoire sur Amesmassa; document fournie par l'ENOR.
- [8] **Louz Mohamed**; 2016 : « Etude des paramètres physico-chimique et
hydrogéologiques de la lixiviation en tas du minerai aurifère (cas de la mine d'Amesmassa)
» mémoire de master; Université De Khemis Miliana.
- [9] **DAHMANI.Messaouda**; 2020/2021 : « L'étude des paramètresd'exploitation Mine
d'Or d'Amesmassa» mémoire master; école de Annaba
- [10] **SEMIANI.A**; 1995 : « Métallogénie de la zone de cisaillement aurifèreEst-
Ouzzalienne » thèse doctorat; Université de Renne.
- [11] **L'entreprise nationale de l'exploitation des mines d'Or (ENOR); 2007** :
Documentation sur le traitement de minerai aurifère d'Amesmassa
- [12] **ADOUANI.I**; 2020 : «Cours de chimie analytique 3ème année docteur en
pharmacie » cours; Université FERHAT ABBAS de SETIF.

Références bibliographiques

- [13] **BENIDIR YASMINE; GUENDOUZE SELMA;** 2019/2020 : «Caractérisation physico-chimique et capacité d'adsorption du charbon actif dans l'industrie aurifère -Cas de la mine d'Amesmessas » Mémoire de master; Université A / Mira de Bejaia.
- [14] Centrale Technologique pour la Recherche technologique de Base (LAAS- CNRS), Spectroscopie par absorption atomique SAA;
- [15] **ELHAJJI;** Technique spectrométrique, science de matière et chimie, (fsr.ac.me).
- [16] **DESCINES.G&WALLINGFORD.G;**1995: Effect of oxygen and lead nitrate on the cyanidation of a sulphide bearing gold ore, Minerals engineering, Vol. 8. CANADA.
- [17] Techno-science.net
- [18] LENNTECH, assistance scolaire personnalisée, Décantation et filtration notion.
- [19] **Achour Soufiane; Alouane Walid;** 2015/2016 : « Optimisation des paramètres de l'extraction de l'or par cyanuration- cas de la mine d'Amesmessas » Mémoire Master; Université A / Mira de Bejaia.
- [20] **GHRIBI.MA; OUNAS.MWR;** 2019 : « Etude de l'effet des ions ferriques sur l'extraction de l'or - cas de la mine d'Amesmessas- » Mémoire de Master; Université A/Mira de BEJAIA.
- [21] Malvern Panalytical a spectris company « XRF- Fluorescence X »
- [22] Travaux avancés de physique avril 1999 : « photoluminescence » doc.

Étude comparative entre le minerais aurifères d'Amesmassa et le minerais aurifère de Tazrouk - Tamenrasset

Résumé

La mine d'Amesmassa c'est la seule est unique usine au niveau de l'Algérie qui fait le traitement de libération de l'Or par cyanuration. L'entreprise ENOR reçoit toutes les expéditions différentes des minerais aurifères produite par les micro-entreprises d'exploitation minière artisanale pour qu'elle fasse le traitement, la libération et de récupération par le charbon actif afin d'obtenir un lingot d'Or.

Le processus suivit dans cette mine c'est la dissolution de l'Or afin de récupération par le charbon actif. Dans le cadre de notre travail nous avons fait une étude sur deux sites aurifères situés à Amesmassa et Tazrouk qui consiste à faire un échantillonnage, caractérisation, identification et plusieurs analyses. L'étude des deux minéralisations nous a permis de constater que le minerais de Tazrouk est un minerais pauvre en teneur d'Or par rapport à celui d'Amesmassa.

Mot clé : Minerai, Cyanuration, Adsorption, Charbon actif.

Abstract

The Amesmassa mine is the only one and only plant in Algeria that does the treatment of gold liberation by cyanidation. The company ENOR receives all different shipments of gold ore produced by micro-artisanal mining companies for it to do the treatment, release and recovery by active coal in order to obtain a gold ingot.

The process followed in this mine is the dissolution of the gold in order to recover by the active coal. As part of our work, we conducted a study at two gold sites located in Amesmassa and Tazrouk, which involved sampling, characterization, identification and several analyses. The study of the two mineralizations showed that the Tazrouk ore is a low-gold ore compared to that of Amesmassa.

Keywords, Ore, Cyanidation, Adsorption, Activated charcoal.

ملخص

منجم امسماسا هو المصنع الوحيد في الجزائر الذي يقوم بمعالجة و استخلاص الذهب عن طريق السيانيد. تتلقى الشركة الوطنية لاستغلال الذهب جميع الشحنات المختلفة من خام الذهب الذي تنتجه مؤسسات التعدين الصغيرة من اجل المعالجة و التحرير والاسترداد بواسطة الكربون المنشط من اجل الحصول على سبيكة الذهب العملية المتبعة في هذا المنجم هي اذابة الذهب ليتم استخلاصه بواسطة الكربون المنشط. كجزء من عملنا قمنا باجراء دراسة على موقعين للذهب يقعان في امسماسا وتازروق, والتي تتكون من اخذ العينات و التوصيف والتحديد والعديد من التحليلات. دراسة التعدين مكنت من ملاحظة ان خام تازروق هو خام فقير من الذهب مقارنة بخام امسماسا

الكلمات المفتاحية : الخام, السيانيد, الامتزاز, الكربون المنشط