

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE 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

Présenté par :

Mr BRAHMI ABDELHAK

Mr BRAHAMI ZOUBIR

Thème

*Étude du minerai de l'exploitation artisanale
CAS COMPARATIVE ENTRE LE MINERAI
D'AMESMESSA ET LE MINERAI D'IN AMGUEL*

Soutenu le : 03/07/2023

devant le jury composé de :

Président	TAHRI Tourkia	M.C.B	U.A.M.B
Promoteur	Zahia CHAFI Epse SOUCI	M.C.A	U.A.M.B
Examineur	AKDIM Abdelghani	M.A.A	U.A.M.B
Co-encadreur	M.LOUZ	Directeur Technique	E.N.O.R

Année Universitaire : 2022 – 2023

Remerciements

Dans le cadre de la réalisation de cette étude, On remercie avant tout ALLAH le tout puissant, de nous avoir donné la force, la patience et la volonté de mener à bien ce travail.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent à notre promotrice Mme SOUICI Zahia pour ces conseils, ses remarques et orientations, sa patience et surtout sa disponibilité.

Notre profonde gratitude va aussi à Monsieur AKDIM.A et à Mme TAHRI.T, Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce travail.

On tient aussi à remercier Mr LOUZ.M et tout le personnel de l'entreprise ENOR SPA Algérie d'Amesmessas, Tamenrasset, où ce travail a été réalisé.

On espère que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette étude trouvent ici l'expression de nos sincères sentiments et chaleureux remerciements.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents Vous êtes mes piliers, mes guides et mes plus grands soutiens
tout au long de ma vie*

*À ma mère REBIHA, rayon de ma vie, ma source d'inspiration, et je t'aime plus que
tout au monde,*

*A l'âme de mon père, tu étais un pilier solide et incontournable pour ma personne et
tu le seras pour toujours chère père.*

*Je suis honoré d'être votre enfant. Votre amour inconditionnel, vos conseils avisés et
votre présence constante ont façonné mon parcours. Je vous exprime ma gratitude
infinie pour tout ce que vous avez fait et continuez à faire pour moi*

*À mes sœurs NASSIMA DJIHANE et LYDIA, mes compagnons de route, vous avez
partagé chaque instant de ma vie. Votre soutien inconditionnel, vos encouragements
et votre présence ont été précieux pour moi. Vous êtes les meilleurs alliés que j'aurais
pu demander et je suis honoré d'avoir grandi à vos côtés.*

*À ma chère cousine LYNDA. Je tiens à te remercier sincèrement pour ta générosité,
ta bienveillance et ton soutien dans tous les aspects de ma vie.*

*A mon prof AKDIM. Tu as été une figure paternelle pour moi, me guidant avec
sagesse et me donnant l'opportunité de réaliser mes rêves.*

A madame SOUCI. D'avoir partagé avec moi sa connaissance et son expérience.

*A mon cher binôme BRAHAMI ZOUBIR, mon partenaire de confiance merci pour
notre collaboration précieuse dans la réussite de ce mémoire*

*À mes chères amis (ma deuxième famille) : ZOUZA, ZAHRA, AHLEM, WIWI,
ADEL, YABADAS, RAHIM...*

*En particulier TOUFIK LARBAOUI, KHALED BOUAKEZ, MAMOU LARBAOUI
et LOUNES SAHI.*

*Je tiens à remercier l'ensemble des enseignants du département des mines, pour leur
soutien et pour tous ce qu'ils nous ont appris durant ces années d'études supérieures*

À tous ceux qui me sont chers et tous ceux qui m'ont aidé dans mon travail.

ABDELHEK

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents Vous êtes mes piliers, mes guides et mes plus grands soutiens
tout au long de ma vie*

*À ma mère REBIHA, rayon de ma vie, ma source d'inspiration, et je t'aime plus que
tout au monde,*

*A toi mon père ALLI, tu étais un pilier solide et incontournable pour ma personne et tu
le seras pour toujours chère père.*

*Je suis honoré d'être votre enfant. Votre amour inconditionnel, vos conseils avisés et
votre présence constante ont façonné mon parcours. Je vous exprime ma gratitude
infinie pour tout ce que vous avez fait et continuez à faire pour moi*

*À mon frère RIAD et mes sœurs WARDRA et YOUSRA, mes compagnons de route,
vous avez partagé chaque instant de ma vie. Votre soutien inconditionnel, vos
encouragements et votre présence ont été précieux pour moi. Vous êtes les meilleurs
alliés que j'aurais pu demander et je suis honoré d'avoir grandi à vos côtés.*

À Mounir et la petite princesse qui arrive ♥

À mon associé dans la joie et la douleur, SISA mon bras droit.

*À ma cher LYNDA. Je tiens à te remercier sincèrement pour ta générosité, ta
bienveillance et ton soutien dans tous les aspects de ma vie.*

À toi ma petite Alice ♥

*À mon prof AKDIM. Tu as été une figure paternelle pour moi, me guidant avec
sagesse et me donnant l'opportunité de réaliser mes rêves.*

À madame SOUCI. D'avoir partagé avec moi sa connaissance et son expérience.

À tous les profs du département des mines et géologie à leur tête Mr MAZA.

À tous l'équipe de l'ENOR a leur tête Mr LOUZ.

*À mon cher binôme BRAHMI ABDELHAK, mon partenaire de confiance merci pour
notre collaboration précieuse dans la réussite de ce mémoire*

*À mes chères amis (ma deuxième famille) : OUSSAMA, ZOUZA, ZAHRA, AHLEM,
WIWI, ADEL, YABADAS, RAHIM, TOUFIK, SOUHIL, MANINOUCHE, YOUBA,
IMENE, SABINE, CHAHRA, FERIEL, KHAOULA, FOUZIA, CELIA, HANANE,
les 2 LYDIA,*

En particulier MOUNIR, CHERIF, KARIM, CHIKH FATEH.

*Je tiens à remercier l'ensemble des enseignants du département des mines, pour leur
soutien et pour tous ce qu'ils nous ont appris durant ces années d'études supérieures*

À tous ceux qui me sont chers et tous ceux qui m'ont aidé dans mon travail.

ZOUBIR

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Géologie du Hoggar et des sites étudiées.....	4
Introduction:	4
I. Géologie du Hoggar:	5
I.I. Le Hoggar occidental :	7
I.II. Le Hoggar central :.....	7
I.III. Le Hoggar Oriental :	8
II. La minéralisation du Hoggar :	8
II.I. Géologie des deux régions étudiée :.....	10
III. Historique de l'or en Algérie.....	19
Conclusion :.....	21
Chapitre II : Procédés d'extraction d'or à la mine d'Amesmessa.....	22
Introduction :	22
I. Première partie	22
I.I. Travaux d'exploitation des gisements d'Or :	22
II. Deuxième partie	30
II.I. Laboratoire de la mine d'Amesmassa :	30
Conclusion :.....	51
Chapitre III : Protocole Opérateur pour les tests et analyses	52
Introduction:	52
I. Echantillonnage:.....	52
I.I. Microentreprise:.....	52
I.II. Amesmessa :.....	53
II. Description visuelle des échantillons :.....	56
II.I. Minerai d'Amesmassa :.....	56
II.II. Minerai de l'In Amguel:	56

II.III. préparation mécanique :.....	58
II.IV. Détermination de la teneur initiale des minerais :.....	60
II.V. Matériaux et analyse :.....	61
II.VI. Préparation chimique :.....	63
III. Détermination finale de l'analyse :.....	64
III.I. Un spectromètre d'absorption atomique (SAA) ;.....	64
Conclusion :.....	76
Chapitre IV : Résultats et discussions	77
Introduction :	77
I. Analyse par spectrométrie de fluorescence X.....	77
I.I. pour la caractérisation :.....	77
II. Test de diffraction des rayons X :.....	84
II.I. Résultats des tests de lixiviations et d'adsorptions :.....	88
II.II. Adsorption :	95
II.III. Test de décantation :.....	101
II.IV. Test de densité :.....	109
Conclusion :.....	110
CONCLUSION GENERALE	112
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	112
Annexe :	115

Liste des Figure :

Figure I.1: Carte Minière de l'Algérie.....	4
Figure I.2: Schéma de la subdivision du Hoggar.....	5
Figure I.3 : Les différents terrains du Hoggar.....	6
Figure I.4 : Carte des principales subdivisions et des principaux domaines Structuraux du Hoggar.....	9
Figure I.5 : Carte Géologique et Géologique du Hoggar.....	10
Figure I.6 : Carte de localisation géographique de la région d'Amesmassa et Tirek avec leur Mines et gisements aurifères.	10
Figure I.7 : Carte géologique localisant les gîtes aurifères de la région Tirek- Amesmassa...	12
Figure I.8 : Schéma montrant un croquis détaillé de filon de quartz à Amesmassa.....	13
Figure I.9: Croquis détaillé d'un filon de quartz à Amesmassa.....	15
Figure I.10: Coupe de corps minéralisé à Amesmassa.....	15
Figure I.11 : Carte localisant les indices aurifères situés dans la ZITA (Zone Intermédiaire Tirek – Amesmassa).....	16
Figure I.12 : Localisation géographique d'In Amguel.....	17
Figure I.13: Géologie de la région d'In amguel.....	18
Figure I.14 : Structure cristallin de l'or.....	21
Figure I.15 : Minerai d'or.....	21
Figure II.1: Position des trous de tir avant l'implantation des explosifs.....	26
Figure II.2: Schéma des puits d'explosifs	27
Figure II.3 : Remplissage des trous de tir	28
Figure II.4: Chargement à l'aide d'une pelle et le transport.....	28
Figure II.5 : Dimensions de l'échantillon après le concassage.....	30
Figure II.6 : Laboratoire de la mine d'Amesmassa.....	31

Figure II.7: Concasseur a mâchoire du laboratoire.....	32
Figure II.8 : Echantillons divisé.....	33
Figure II.9 : Diviseur	33
Figure II.10: Broyeur a disque du laboratoire.....	33
Figure II.11 : creusé au four.....	34
Figure II.12 : Creusé	35
FigureII.13: Bouton du plomb.....	35
Figure II.14: Coupellation perle or et argent.....	36
Figure II.15 : Digestion acide ou attaque chimique.....	36
FigureII.16 : Spectromètre.....	37
Figure II.17 : Spectromètre.....	37
Figure II.18 : Spectromètre.....	37
Figure II.19 : Schéma technologique du protocole suivi au niveau de l'usine d'Amesmassa.....	38
Figure II.20: minerais au niveau du stock.....	39
Figure II.21: Minerais au niveau du stock.....	40
Figure II.22: Concasseur a mâchoire.....	40
Figure II.23: schéma de fonctionnement du concasseur.....	40
FigureII.24 : Le crible.....	41
FigureII.25: Broyeur à boulets.	42
FigureII.26: Hydrocyclone.....	43
Figure II.27: Épaississeur.	44
Figure II.28: Schéma de la diffusion de l'or.	45
FigureII.29: Les cuves de lixiviation.	46
FigureII.30: Tamis vibrant et le charbon actif.....	47
FigureII.31 : schéma du procédé de lixiviation en tas de minerais aurifères.....	48

FigureII.32: Fosse de récupération des solutions Aurifères Amesmassa.....	48
FigureII.33: Lixiviation en tas Heap Leach.....	48
FigureII.34: Colonnes de charbon Amesmassa.....	49
FigureII.35: électrolyse.....	50
Figure II.36: Lingotière.....	51
Figure II.37: Lingot d'or.....	51
Figure III.1 : Photo Satellitaire de la base et des filons 8 et 9 d'Amesmassa.....	54
Figure III.2: Filon 8 d'Amesmassa	54
Figure III.3: Echantillon représentatif de Filons 08.	55
FigureIII.4: Minerai In Amguel.....	55
Figure III.5 : Granulométrie des roches après le débitage.....	58
Figure III.6 : Le résultat obtenu après le concassage.....	59
Figure III.7 : Le diviseur.....	59
Figure III.8 : L'échantillon après le Broyage.....	59
Figure III.9 : Le quartage.....	60
Figure III.10 : Les creusets.....	62
FigureIII.11 : Les tubes à essai.....	63
Figure III.12 : Les bouteilles de Botell roll.....	67
Figure III.13 : L'eau distillée.....	67
Figure III.14 : Le cyanure.....	67
Figure III.15 : La soude caustique (NAOH) dans une balance électronique.....	68
Figure III.16 : Mètre le minerai a l'intérieure de Bottel roll.....	69
Figure III.17 : Le charbon active.....	70
Figure III.18 : Teste de décantation.....	71
Figure III.19: Schéma représentatif d'une préparation des échantillons d'un minerai pour essais.....	75

Figure IV.1 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°08 d'Amessemsa.....	78
Figure IV.2 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°16 d'Amessemsa.....	79
Figure IV.3 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1674)	81
Figure IV.4 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1553)... ..	82
Figure IV.5: Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1544)... ..	83
Figure IV.6 : Spectre de la DRX de filon-16.....	85
Figure IV.7: Spectre de la DRX de filon-8.....	85
Figure IV.8: Spectre de la DRX de l'échantillon (Ech 1674)	86
Figure IV.9: Spectre de la DRX de l'échantillon (Ech 1553)	86
Figure IV.10: Spectre de la DRX de l'échantillon (Ech 1544)	87
Figure IV.11: Graphe d'évolution de taux de lixiviation des échantillons de la mine d'Amesemssa.....	89
Figure IV.12: Graphe d'évolution de taux de lixiviation des échantillons des microentreprises d'In Amguel.....	92
Figure IV.13: Graphe d'évolution de taux d'adsorption des filons 08 et 16 d'Amsemessa.....	96
Figure IV.14: Graphe d'évolution de taux d'adsorption des filons d'In Amguel.....	99

Liste des Tableaux :

Tableau I.1 : Les différents terrains du Hoggar.....	6
Tableau I.2 : Les zones et leur Filons de Quartz Majeures du Gisement d'Amesemssa.....	13
Tableau III.1 : La description visuelle des échantillons d'Amesmassa.....	56
Tableau III.2: La description des échantillons d'In Amguel.....	56
Tableau IV.1 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°08 d'Amesemssa.....	78
Tableau IV.2 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°16 d'Amesemssa.....	79
Tableau IV.3 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1674)	80
Tableau IV.4 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1553)	81
Tableau IV.5 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1544)	82
Tableau IV.6 : Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon Filon N°8 d'Amesemssa....	88
Tableau IV.7 : Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon Filon N°16 d'Amesemssa.	89
Tableau IV.8 : Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon (Ech 1674)	91
Tableau IV.9: Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon (Ech 1553)	91
Tableau IV.10: Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon (Ech 1544)	92
Tableau IV.11 : Tableau des teneurs initial et final des échantillons d'In Amguel et d'Amesmassa.....	94
Tableau IV.12 : Résultats de test d'adsorption du filon N°08 d'Amesemssa.....	95
Tableau IV.13 : Résultats de test d'adsorption du filon N°16 d'Amesemssa.....	96
Tableau IV.14: Résultats de test d'adsorption de (Ech 1674)	98

Tableau IV.15: Résultats de test d'adsorption de (Ech 1553)	98
Tableau IV.16: Résultats de test d'adsorption de (Ech 1544)	99
Tableau IV.17 : Tableau de la teneur de charbon actif après adsorption.....	101
Tableau IV.18 : Résultats de test de décantation naturelle des filons 8 et 16.....	102
Tableau IV.19 : Résultats de test de décantation forcé des échantillons des filons 8 et 16...	103
Tableau IV.20 ; Résultats de test de décantation naturelle des échantillons d'In Amguel...	104
Tableau VI.21 : Résultats de test de décantation forcée des échantillons d'In Amgeul.....	105

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, les gisements d'or destinés à l'exploitation présentent des caractéristiques de plus en plus complexes, avec des teneurs de plus en plus faibles. Face à cette réalité, il est primordial d'accorder une importance accrue à une compréhension exhaustive de la réponse métallurgique face aux différentes options du processus d'extraction. Chaque gisement de minerai possède une minéralogie aurifère unique, ce qui nécessite une approche précise de la minéralogie industrielle, susceptible d'influer sur la stratégie de traitement de l'extraction de l'or. [1]

L'Algérie se classe 21^e dans la liste des pays avec des réserves officielles en or, confirme ainsi l'importance des gisements aurifères dans le pays. Parmi ces gisements, Amesmessa et Tirek sont particulièrement significatifs. . [2]

Découvert en 1978 par la SONAREM, le gisement d'Amesmessa est considéré comme l'un des plus importants de la région du Hoggar en Algérie. Sa découverte a provoqué un grand intérêt en raison de son potentiel aurifère élevé. Actuellement, ce gisement est exploité par l'entreprise nationale d'exploitation de mines d'or (ENOR), jouant ainsi un rôle clé dans l'exploitation et la valorisation de cette réserve aurifère.

Le gouvernement algérien accorde une grande importance à l'exploitation des sites aurifères, en incluant les jeunes pour les zones qui ne peuvent pas être exploitées industriellement, tout en établissant des partenariats pour les grands gisements. Cette approche vise à promouvoir une exploitation minière plus inclusive et à soutenir le développement économique régional.

Dans cette optique, plusieurs autorisations d'exploitation aurifère artisanale ont été délivrées le 7 février 2021 à Tamanrasset. Cette démarche permet aux jeunes entrepreneurs et aux petites entreprises locales de participer à l'industrie minière et de contribuer à la valorisation des ressources aurifères présentes dans la région. [3]

Les minerais d'or extraits par les microentreprises sont acheminés vers la mine d'Amesmessa, appartenant à l'ENOR, où les processus d'enrichissement et d'extraction sont réalisés. Malgré l'importance de ces indices utilisés par les microentreprises, les études dédiées à leurs caractéristiques et à leur comportement lors du traitement sont rares et insuffisantes. Cela soulève des questions sur la viabilité économique de ces indices par rapport aux gisements conventionnels. . [4]

Afin de répondre à ces interrogations, notre travail vise à étudier la composition minéralogique et chimique des minerais provenant de l'exploitation artisanale. Nous allons ensuite les comparer au minéral d'Amesmassa, tant sur le plan de la composition minéralogique et chimique que sur le comportement lors des processus de lixiviation par le cyanure et d'adsorption sur charbon actif.

Pour mener à bien cette étude, nous avons choisi deux échantillons issus de deux indices d'In Amguel, ainsi que des échantillons provenant du gisement d'Amesmassa. Cette approche comparative nous permettra de mieux comprendre les caractéristiques et les différences entre les minerais extraits par les microentreprises et ceux provenant des gisements conventionnels.

Dans le cadre de cette étude, nous avons décidé de procéder de manière méthodique et structurée. Ainsi, notre travail s'articule autour de quatre chapitres, chacun abordant des aspects spécifiques de notre recherche sur la géologie et l'exploitation de l'or dans la région du Hoggar, en mettant l'accent sur deux sites particuliers : le gisement d'Amesmassa et l'indice d'In Amguel.

Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique approfondie. Nous commencerons par présenter la géologie régionale du Hoggar, en examinant les caractéristiques géologiques qui font de cette région un endroit propice à la formation de gisements aurifères. Ensuite, nous nous pencherons sur la géologie spécifique des deux sites étudiés, Amesmassa et In Amguel.

Le deuxième chapitre se concentrera sur les procédés d'extraction de l'or au niveau de la mine d'Amesmassa. Nous explorerons en détail les méthodes utilisées pour extraire l'or du minerai brut, en mettant en lumière les différentes étapes du processus, depuis l'extraction initiale jusqu'à la purification finale. Nous analyserons également les avantages et les inconvénients de chaque technique d'extraction afin de comprendre leur impact sur l'efficacité et la rentabilité de l'opération.

Le troisième chapitre comprendra un exposé détaillé du protocole opératoire que nous avons suivi pour mener nos tests et analyses au niveau de la mine d'Amesmassa. Nous détaillerons les méthodes de collecte d'échantillons, les équipements utilisés pour les analyses, ainsi que les paramètres spécifiques que nous avons pris en compte pour évaluer la teneur en or du minerai. Nous inclurons également d'autres analyses de caractérisation pour mieux comprendre la composition minéralogique et chimique du minerai.

Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les résultats de nos opérations et de nos analyses, en mettant l'accent sur les données recueillies à la mine d'Amesmassa. Nous examinerons les niveaux de concentration d'or trouvés dans le minerai, les variations dans différentes zones du gisement et les facteurs géologiques qui pourraient expliquer ces différences. De plus, nous comparerons les résultats obtenus à Amesmassa avec ceux obtenus à In Amguel, afin de mettre en évidence les similitudes et les différences entre les deux sites étudiés.

Chapitre I

Chapitre I : Géologie du Hoggar et des sites étudiées

Introduction:

En Afrique saharo-sahélienne, de nombreux pays possèdent d'importantes ressources minérales, parmi lesquelles l'or occupe une place prépondérante. Le sud de l'Algérie, plus précisément la région de l'Ahaggar (Hoggar), abrite une abondance de métaux précieux, de terres rares, d'uranium et autres richesses encore inexploitées.

L'Algérie compte deux gisements aurifères majeurs, à savoir Amesmessa et Tirek. Découvert par la SONAREM en 1978, le gisement d'Amesmessa est considéré comme l'un des plus importants de la région du Hoggar. Actuellement, il est exploité par l'entreprise d'exploitation de mines d'or (ENOR). Le climat de la région du Hoggar se caractérise par des étés désertiques, chauds et secs, tandis que les hivers sont plus cléments. Les précipitations y sont très rares, rarement supérieures à 10 mm par an.

Dans ce chapitre, nous examinerons d'une part la géologie régionale du Hoggar, en mettant l'accent sur les zones d'In Amguel et d'Amesmessa, et d'autre part les activités d'exploitation des gisements aurifères.

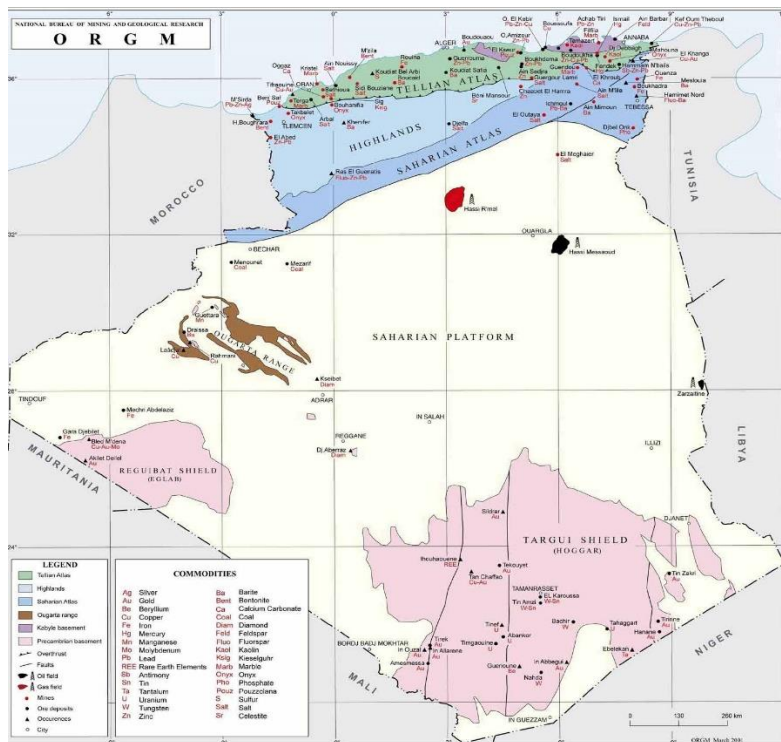


Figure I.1: Carte Minière de l'Algérie [5]

I. Géologie du Hoggar:

Le massif du Hoggar dans le sud de l'Algérie est l'un des deux principaux massifs montagneux du Sahara, avec le massif du Tibesti situé au nord du Tchad. Dans son ensemble, le Hoggar est formé d'un noyau central composé de roches cristallines qui se sont élevées en raison de l'activité volcanique entre la fin du tertiaire et le néolithique. Le Hoggar Algérien s'étend sur une superficie d'environ 550 000 km² et représente le principal bouclier des Touaregs. Il se prolonge vers le sud-est au Mali avec le massif des Iforas, et vers l'est au Niger avec le massif de l'Aïr. L'Ahaggar (Hoggar) dans le sud de l'Algérie est l'un des sites habités par une tribu noble qui possède des richesses en métaux précieux.

Sur le plan géologique, le Hoggar est constitué d'un socle précambrien qui est recouvert, de manière non conforme, par les formations du Tassili. Ces formations du Tassili sont des plateformes stratifiées horizontalement composées de conglomérats de grès, et d'autres types de roches. Dans une orientation d'ouest en est, on peut distinguer trois grandes zones distinctes du point de vue lithostratigraphique et de l'évolution tectonique. Ces zones sont délimitées par des fractures orientées du nord au sud et sont les suivantes :

- La partie ouest du Hoggar (occidental)
- La partie centrale du Hoggar
- La partie est du Hoggar (oriental)

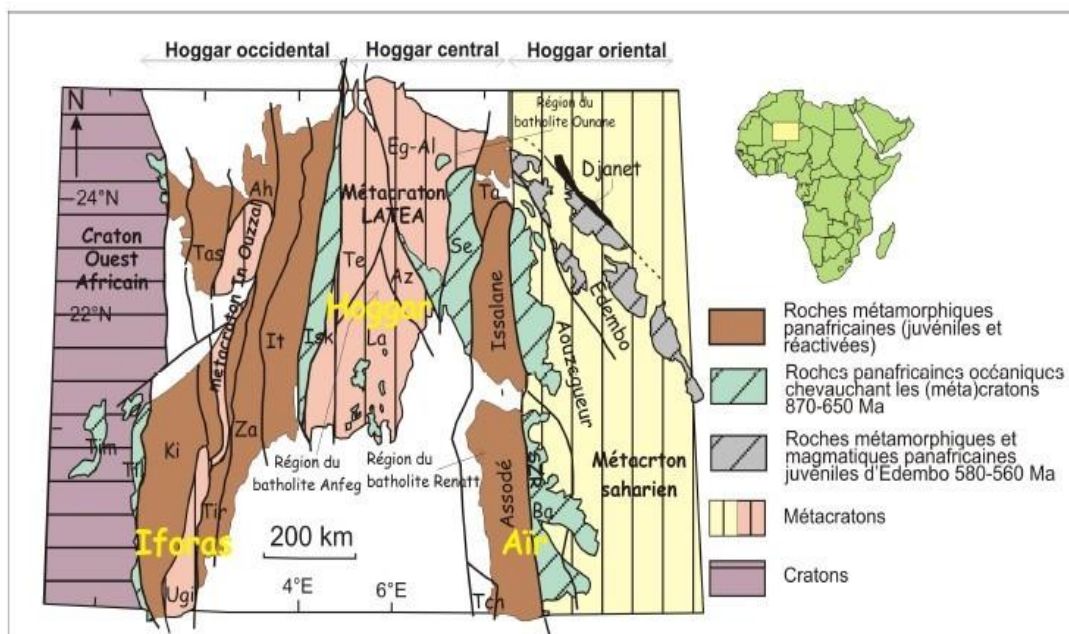


Figure I.2: Schéma de la subdivision du Hoggar [6].

Tableau I.1 : Les différents terrains du Hoggar. [7]

Hoggar Occidental	Hoggar Central	Hoggar Oriental
Timetrine (Tim)	Asoodé-Issalane (As-Is)	Barghot (Ba)
Tilemsi (Ti)	Tchilit (Tch)	Aouzegueur (Ao)
Kidal (Ki)	Tazat (Ta)	Edembo (Ed)
Tassendjanet (Tas)	Sérouenout (Se)	Djanet (Dj)
U granulite Iforas (Ugé)	Egéré-Aleksod (Eg-Al)	
In Ouzzal (Ou)	Azrou-n-Fad (Az)	
Ahnet (Ah)	Tefedest (Te)	
Tirek (Tir)	Laouni (La)	
Tin Zaoutene (Za)		
In Teideni (It)		
Iskel (Isk)		

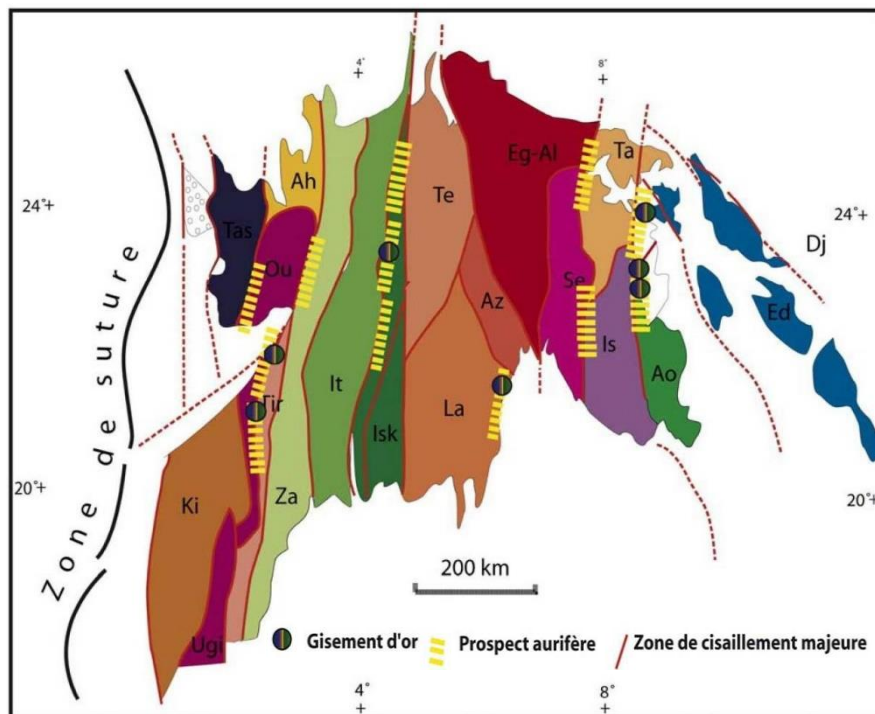


Figure I.3 : Les différents terrains du Hoggar. [8]

I.I. Le Hoggar occidental :

Est une région géologique située à l'ouest du Craton ouest-africain et à l'est de l'accident 4°50'. Elle est divisée en deux branches, orientale et occidentale, qui sont séparées par le môle In-Ouzzal. Le môle In-Ouzzal est composé de matériaux archéens qui ont été structurés et métamorphisés à l'époque de l'Eburéen. Cette région est principalement caractérisée par des formations volcano-sédimentaires.

Dans la branche orientale, on trouve quatre séries principales d'âge néo-protérozoïque qui se distinguent par leur composition lithologique et leur chronologie relative. Ces séries sont envahies par diverses intrusions magmatiques qui constituent la majeure partie des affleurements de la région. On y trouve également des fragments de roches ultramafiques serpentinisées riches en chromite, associées aux niveaux inférieurs des formations volcano-sédimentaires. Les formations mésoprotérozoïques s'étendent du nord au sud le long du môle In-Ouzzal et comprennent quatre terrains distincts : Iskel, In Tedeini, Tin Zaouatene et Tirek.

La branche occidentale du Hoggar comprend des fragments d'un socle gneissique d'âge paléo-protérozoïque, qui ont été intrusés par des granites datés à 2090 Ma. On y trouve également une série à stromatolithes d'âge méso-protérozoïque, métamorphisée dans le faciès amphibolite similaire à celui de la branche orientale, ainsi qu'une série volcano-sédimentaire discordante par rapport à la série à stromatolithes. Dans cette branche, trois terrains allongés du nord au sud ont été identifiés : Kidal, Tassendjanet et Ahnet. Kidal est caractérisé par un socle de gneiss paléoprotérozoïques contenant des noyaux granulitiques supposés d'âge archéen, qui supportent en discordance des séquences supracrustales de plate-forme du néoprotérozoïque, intrudées par des granitoïdes déformés d'âge 695 Ma. Tassendjanet est composé de gneiss éburnéens recouverts en discordance par la série à stromatolithes du néoprotérozoïque, associée à des lentilles de roches ultrabasiqes serpentinisées, recouvertes à leur tour par une série volcano-sédimentaire épizonale. Ahnet est caractérisé par le développement de quartzite à séricite deltaïque, des rhyolites datées à 1800 Ma, surmontées par la série à stromatolithes. [6]

I.II. Le Hoggar central :

Est la partie médiane du massif, délimitée par les deux accidents majeurs, constitue le Hoggar Central, qui présente une complexité et une hétérogénéité lithologiques et structurales. Cette région contient très peu de matériel sédimentaire ou volcanique d'âge protérozoïque supérieur, mais est dominée par des formations d'âge protérozoïque inférieur et archéen. Dans cette zone, on distingue deux séries principales :

a) **La série de l'Arechchoum** : Elle est composée d'ortho-gneiss tonalitiques ou granitiques. Les roches prédominantes sont des gneiss gris à grain fin, constitués de quartz, d'oligoclase et de biotite.

b) **La série de l'Aleksod** : Elle représente une série méta-sédimentaire de plate-forme, comprenant des quartzites, des marbres, des métapelites et des roches volcano-détritiques. Cette série est associée à un grand volume de roches basiques et de migmatites granodioriques. [6]

I.III. Le Hoggar Oriental :

Est une région géologique composée de trois sous-domaines distincts encadrés à l'est et à l'ouest par deux socles plus anciens et structurellement différents. La principale caractéristique de cette région est la chaîne "Tiririnienne", formée pendant la période panafricaine tardive. Cette chaîne est séparée du socle par une discontinuité majeure qui témoigne d'un dépôt sur une surface d'érosion. On y trouve une grande variété de roches métamorphiques et magmatiques, notamment des arkoses, des conglomérats et des calcaires à Stromatolithes.

Le deuxième sous-domaine de la région est appelé la zone péritiririnienne, située entre Tafassasset et Djanel. Cette zone est caractérisée par la présence de vastes batholites de granites calco-alcalins, ainsi que par des dépôts de type Flysch, des roches calco-silicatées, et des roches volcaniques et plutoniques pré-tectoniques, telles que des granites, des gneiss et des roches ultrabasiqes.

Le troisième sous-domaine, connu sous le nom de môle Issalane, se trouve à l'ouest. Il est principalement composé de granites et de gneiss, ainsi que de formations méta-sédimentaires telles que des quartzites, des marbres, des pélites et des roches calco-silicatées. [6]

II. La minéralisation du Hoggar :

Le Hoggar, une région située dans le sud de l'Algérie, est composé de plusieurs terrains séparés par de grandes failles lithosphériques orientées nord-sud et ductiles (zones de cisaillement) qui se sont formées à la fin de l'orogénèse panafricaine (650-611 Ma). Les principaux dépôts aurifères du Hoggar se trouvent dans ou à proximité de ces zones de cisaillement, qui ont favorisé la formation de différentes roches magmatiques, à leur tour facilitant la circulation de fluides. Ces dépôts consistent en veines de quartz contenant de l'or

natif, de la pyrite, de la sphalérite, de la galène et dans une moindre mesure de la chalcopryrite, du cuivre gris et des minéraux de bismuth. Les altérations hydrothermales observées se limitent principalement à la bérésitisation (calcite, séricite, chlorite, pyrite). À quelques exceptions près, l'or natif s'est déposé en une seule phase (sans tenir compte de la phase de remobilisation superficielle), se présentant soit libre dans la roche encaissante, soit le long des microfractures des sulfures, voire soulignant les stylolites. La répartition de l'or est extrêmement irrégulière, cependant, dans tous les cas, les concentrations en or diminuent avec la profondeur, et la majeure partie des réserves se trouve dans la partie supérieure des veines. Tous ces gisements et indices se trouvent dans des terrains qui ont subi un métamorphisme (prograde ou rétrograde) de type "greenschiste". Ils diffèrent des types de gisements aurifères liés aux zones de cisaillement et aux zones d'épizone archéennes. De plus, il a été observé que l'âge des terrains encaissants des veines joue un rôle important dans la richesse ou la pauvreté en or de ces dernières. En effet, les gisements les plus riches se trouvent dans des terrains d'âge archéen (Tirek, Amessmessa), ceux de richesse moyenne dans des terrains d'âge protérozoïque supérieur (Tiririne, ...) tandis que les gisements les plus pauvres se trouvent dans des terrains paléozoïques et plus récents. Par ailleurs, les grandes zones de cisaillement qui structurent le Hoggar contrôlent également d'autres minéralisations telles que l'étain, le tungstène, le niobium, le tantale, le béryllium et l'uranium.

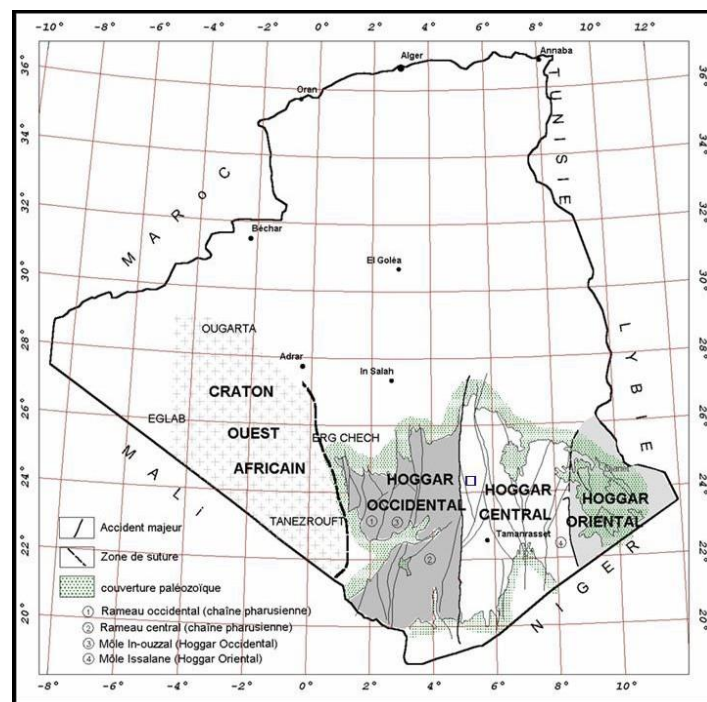


Figure I.4 : Carte des principales subdivisions et des principaux domaines

Structuraux du Hoggar. [7]

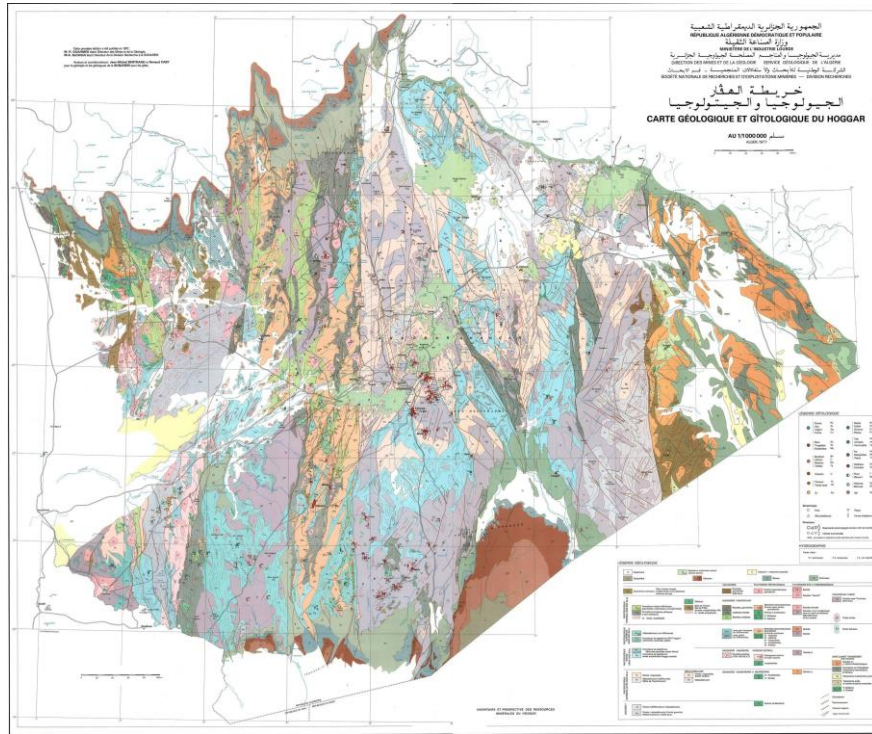


Figure I.5 : Carte Géologique et Gitologique du Hoggar [9]

II.I. Géologie des deux régions étudiée :

II.I.I. géologie de la région d'Amesmassa :

1. Localisation géographique:

La zone d'Amesmassa est située à environ 500 km au Sud-Ouest de Tamanrasset et à environ 150 km au Nord de la frontière malienne, comme indiqué dans la figure I.07. Elle se trouve dans une région de cisaillement provoquée par l'accident Est Ouzalien, qui sépare le bloc Archéen à l'Ouest du bloc protérozoïque à l'Est. [10]

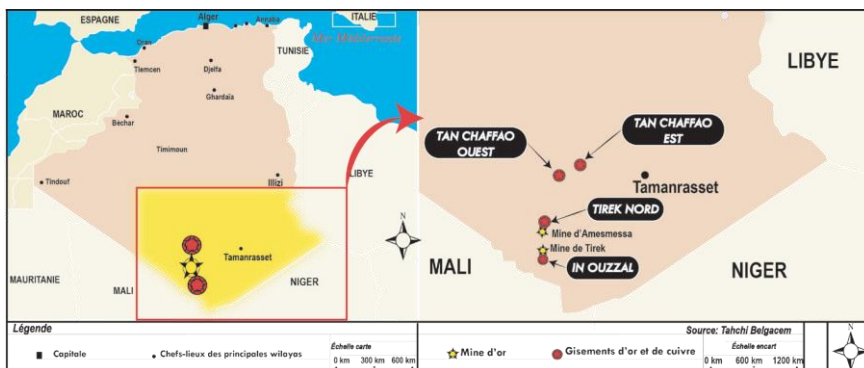


Figure I.6 : Carte de localisation géographique de la région d'amesmassa et tirek avec leurs Mines et gisements aurifères.[11]

2. La géologie d'Amesmassa :

Le bloc Archéen est marqué par l'événement tectono-métamorphique appelé l'événement Eburnéen, qui s'est produit il y a environ 2000 millions d'années, tandis que le bloc protérozoïque est structuré lors de l'événement panafricain il y a environ 600 millions d'années. [10]

En général, les grandes zones de cisaillement sont accompagnées de couloirs de mylonites qui présentent une foliation d'allongements caractéristique. La zone d'Amesmassa fait partie de cette zone de cisaillement qui s'est formée lors des événements éburnéen et panafricain. Elle est relativement plane et à faible altitude, atteignant environ 550 m. Les gisements se trouvent à une distance de 60 km, avec les coordonnées géographiques suivantes : 20°55'30"-21°03' de latitude N et 2°28'-2°31'25" de longitude E.

3. Gisement d'Amesmassa :

Le gisement d'Amesmassa est situé dans le sud-ouest du Hoggar, à une distance de 2600 km d'Alger et à environ 400 km au sud-ouest de Tamanrasset (voir figure 3). Il se trouve à 60 km au sud de la mine de Tirek, avec des coordonnées centrales de 2°29 de longitude Est et 20°59 de latitude Nord. Administrativement, le gisement se trouve dans la commune de Tin Zaouatine, dans la wilaya d'In Guezzam. Il est accessible par une route goudronnée s'étendant sur 250 km, ainsi que par 150 km de piste. [12]

Le climat dans cette région est chaud et aride pendant l'été, avec des températures atteignant entre 45°C et 55°C en juillet-août. En hiver, les températures sont généralement comprises entre 10°C et 15°C en décembre-janvier. La pluviométrie annuelle est très faible, voire nulle.

Les réserves d'or dans le gisement sont estimées à 61 tonnes, avec une teneur moyenne de 18 g/t. Cependant, cette teneur peut varier d'un filon à un autre, ainsi qu'au sein du même filon en fonction de la profondeur et de la largeur. Elle peut aller de 0,1 g/t à 200 g/t, voire plus. [12]

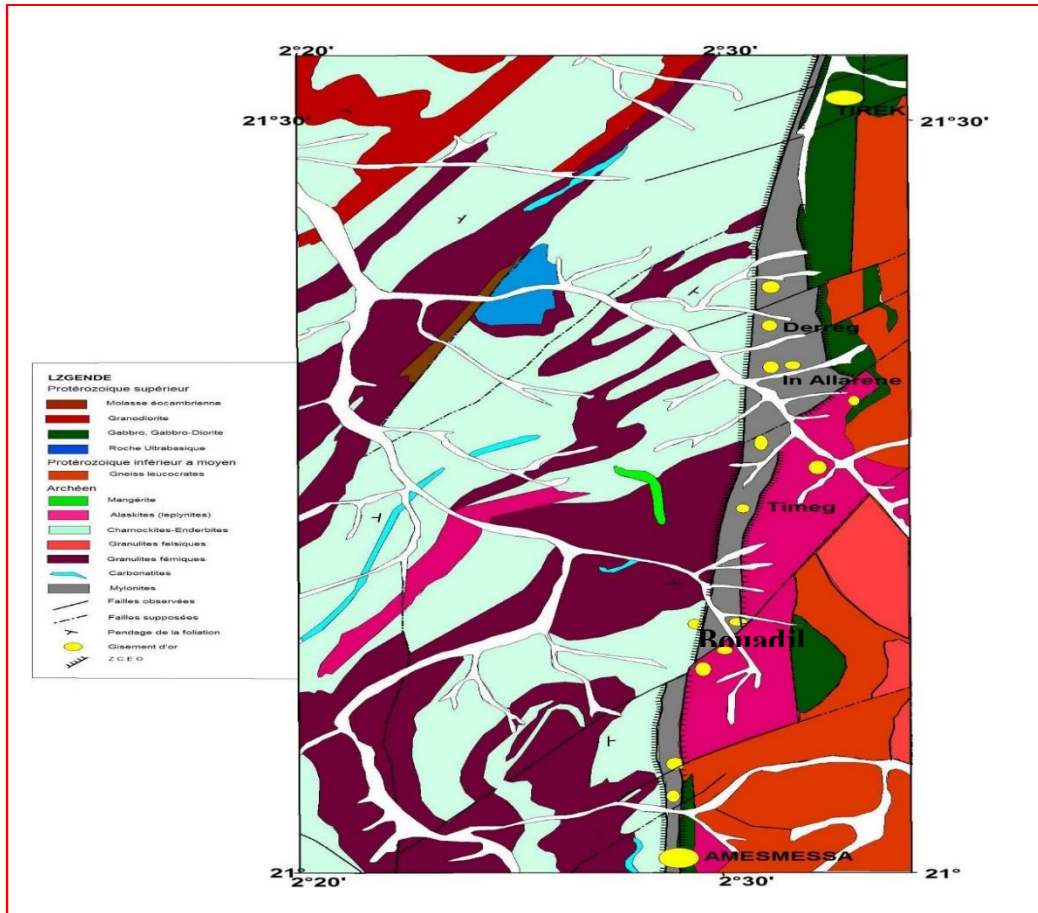


Figure I.7 : Carte géologique localisant les gîtes aurifères de la région Tirek- Amesmassa. [13]

4. La morphologie de la région d'Amesmassa : [14]

Les corps minéralisés présentent une morphologie complexe, se manifestant de différentes manières :

- Certains se présentent sous la forme d'un filon isolé, clairement délimité.
- D'autres filons sont associés à des zones contenant des veines aurifères.
- On observe également des séries de filons disposés en échelon, formant des zones filoniennes.
- Certains systèmes consistent en de petits filonnets de taille réduite (environ 2-3 cm).
- Les roches altérées (appelées bérésites) résultent de l'altération hydrothermale causée par des fluides calcaires. Elles peuvent présenter de minces veines de quartz contenant la minéralisation aurifère.

La complexité du corps minéralisé s'observe aussi bien en direction qu'en pendage, avec des biseautements très fréquents et des passages progressifs des zones silicifiées.

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 20,2g/t, en moyenne 10-20g/t. Dans les zones d'altération hydrothermale sont inférieurs, généralement entre 2 et 10g/t. L'extension Nord –Sud du gisement est de 13 Km. Le gisement est subdivisé en trois parties : Nord, Centrale et Sud.

Tableau I-II : Les zones et leur Filons de Quartz Majeures du Gisement d'Amesemssa.[13]

Zones	Filons de 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 connus. Ses zones filoniennes particulièrement 8 et 9 et 7 constituent à l'heure actuelle les principales carrières de l'exploitation minière.

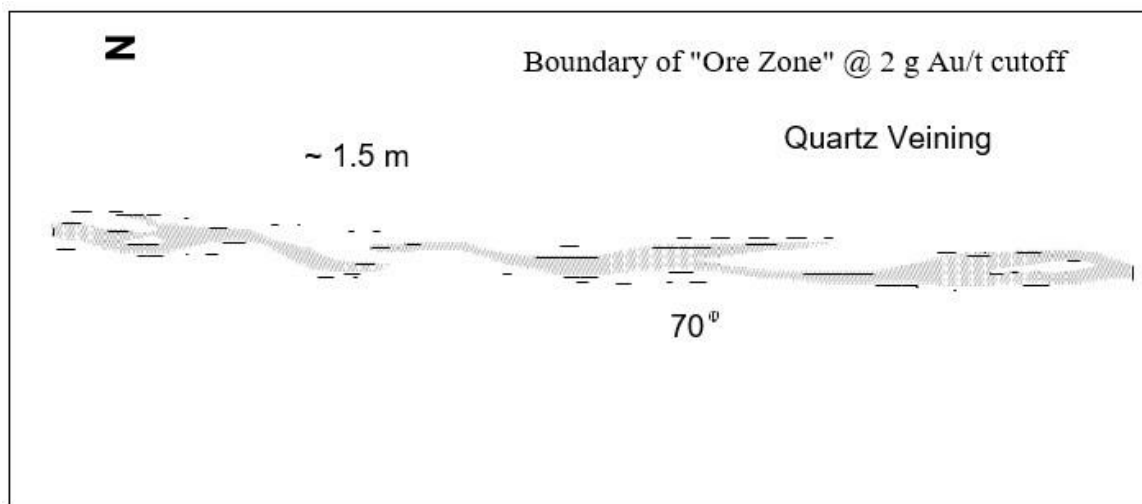


Figure I.8 : Schéma montrant un croquis détaillé de filon de quartz à Amesemssa. [13]

5. La minéralisation du gisement d'Amesmassa:

Le gisement aurifère d'Amesmassa se compose d'un champ filonien comprenant plusieurs zones filoniennes et des filons de quartz (voir figure) s'étendant sur une superficie de 30 km² dans une direction subméridienne. Les zones minéralisées exploitables se présentent sous les formes suivantes :

- Filons de quartz seuls, parfois associés à des salbandes aurifères. [15]
- Séries de filons de quartz disposés généralement de manière échelonnée, parallèle, subparallèle ou en essaim. [15]
- Zones de roches d'altération hydrothermale ou metasomatites appelées bérissites, caractérisées par des altérations hydrothermales avec présence de quartz, séricite et pyrite, ainsi que de minces veinules de quartz. [15]

Les zones minéralisées suivent principalement une direction subméridienne avec un pendage sub-vertical allant de 60° à 85° vers l'ouest. On trouve également des filons orientés NE-SW et E-W (voir figure I.10). [15]

Les filons et les zones filoniennes ont une longueur discontinue atteignant quelques centaines de mètres. L'épaisseur des filons varie de 0,2-0,5 m à 1 m, tandis que l'épaisseur des zones d'altération peut atteindre localement 10-20 mètres. [16]

En général, la minéralisation (sulfures et or natif) est plus abondante dans les rubans de quartz blanc. Les sulfures les plus abondants, par ordre décroissant, sont la pyrite, la galène, et plus rarement la sphalérite et la chalcopirite. [16]

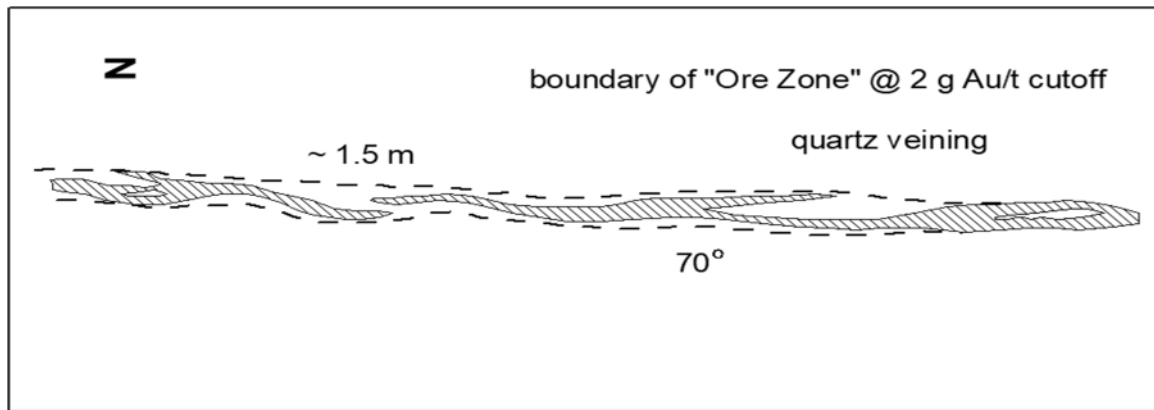


Figure I.9: Croquis détaillé d'un filon de quartz à Amesmessa. [15]

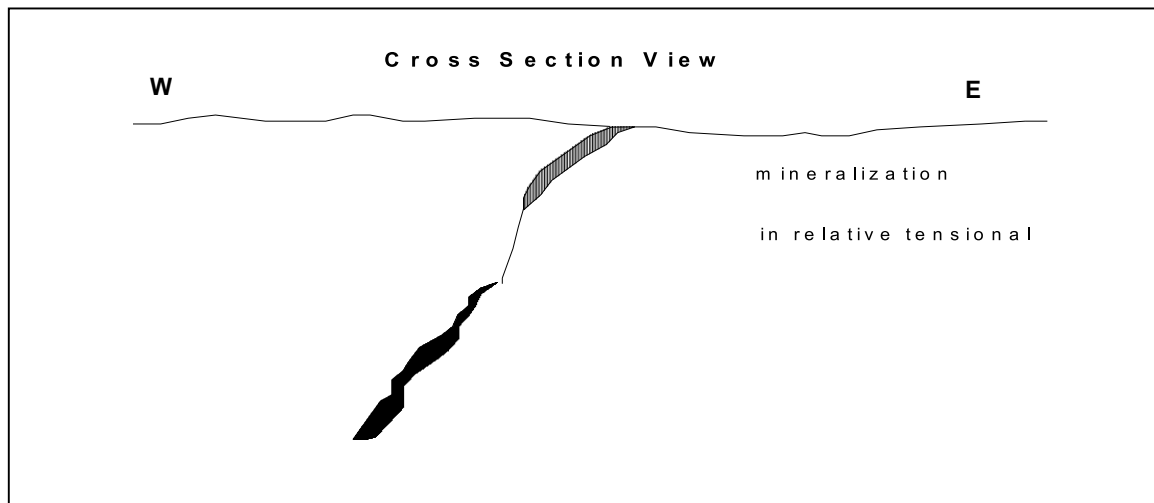


Figure I.10: Coupe de corps minéralisé à Amesmessa. [15]

6. Les zones aurifères d'Amesmessa :

Les zones aurifères d'Amesmessa présentent les caractéristiques suivantes :

1. Géologie : Les zones aurifères d'Amesmessa sont associées à un gisement aurifère situé dans une formation géologique spécifique. La géologie de la région comprend des filons de quartz, des

Zones de roches d'altération hydrothermale appelées bérissites, ainsi que la présence de sulfures tels que la pyrite, la galène, la sphalérite et la chalcopryrite.

2. Champ filonien : Les zones aurifères sont constituées d'un champ filonien, ce qui signifie qu'elles sont composées de nombreuses zones filoniennes et de filons de quartz. Ces filons de quartz peuvent être présents seuls ou avec des salbandes aurifères. Ils peuvent être disposés en échelon, parallèles, subparallèles ou en essaim.

3. Superficie : Le gisement aurifère d'Amesmessa s'étend sur une superficie d'environ 30 km². Cela indique que la zone aurifère couvre une surface étendue dans la région.

4. Direction et pendage : Les zones minéralisées d'Amesmesssa ont une direction prédominante subméridienne, ce qui signifie qu'elles s'étendent dans une direction approximativement nord-sud. Le pendage des zones minéralisées est sub-vertical, ce qui indique que les filons et les zones d'altération ont une inclinaison raide vers l'ouest.

5. Longueur et épaisseur : Les filons et les zones filoniennes d'Amesmesssa peuvent avoir une longueur discontinue atteignant quelques centaines de mètres. L'épaisseur des filons varie généralement de 0,2 à 0,5 mètre à 1 mètre, tandis que la puissance des zones d'altération peut atteindre localement de 10 à 20 mètres.

6. Minéralisation : La minéralisation dans les zones aurifères d'Amesmesssa est plus abondante dans les rubans de quartz blanc. Elle comprend à la fois des sulfures tels que la pyrite, la galène, la sphalérite et la chalcoppyrite, ainsi que de l'or natif.

Ces caractéristiques géologiques et minéralogiques sont importantes pour l'identification, l'exploration et l'exploitation du gisement aurifère d'Amesmesssa.

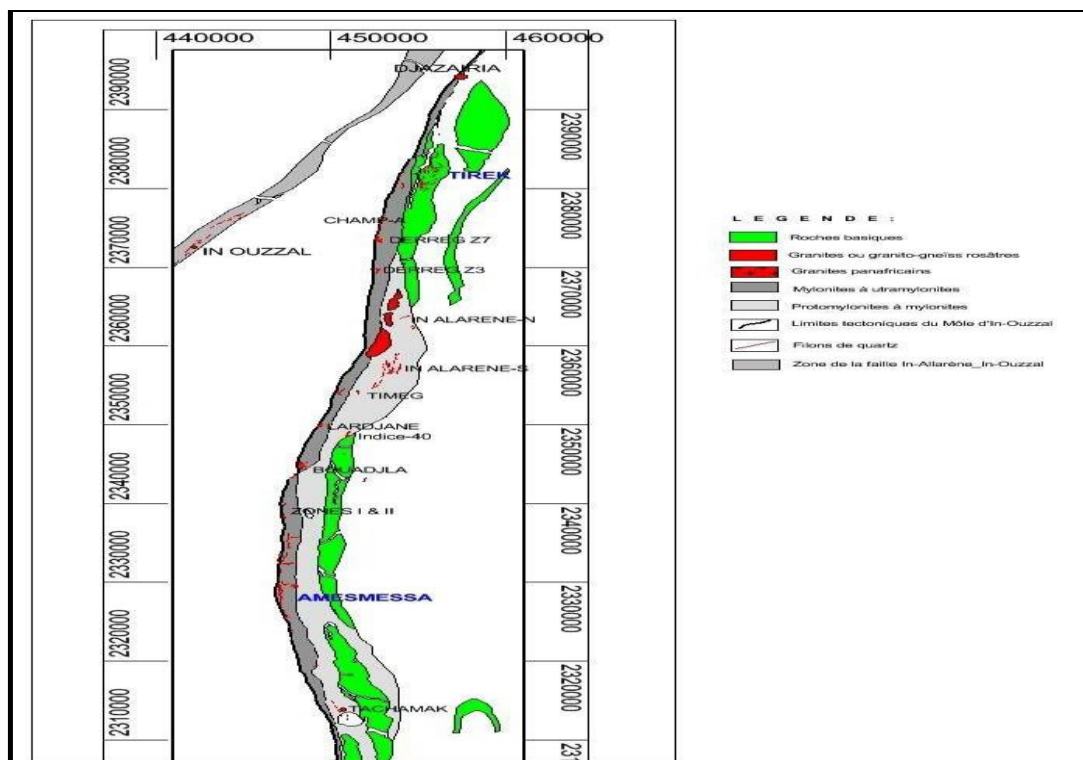


Figure I.11 : Carte localisant les indices aurifères situés dans la ZITA (Zone Intermédiaire Tirek – Amesmesssa) [17]

II.I.II. Géologie de la région In Amguel :

1/Localisation géographique:

In Amguel est une localité située dans le sud de l'Algérie, plus précisément dans la région du Hoggar. Elle se trouve dans la province de Tamanrasset, à environ 100 kilomètres au nord-ouest de la ville de Tamanrasset elle-même. In Amguel est nichée au cœur du désert du Sahara, caractérisé par ses vastes étendues arides et ses paysages désertiques. La localité est entourée de montagnes et de formations rocheuses typiques du Hoggar, ce qui en fait un lieu d'intérêt géologique et touristique.



Figure I.12 : Localisation géographique d'In Amguel.[18]

2/La géologie d'In Amguel :

La géologie d'In Amguel est caractérisée par la présence de formations rocheuses spécifiques. La région fait partie du Hoggar, une chaîne de montagnes située dans le sud de l'Algérie. Les formations géologiques dominantes dans la région comprennent des roches métamorphiques, volcaniques et sédimentaires.

Les roches métamorphiques, telles que le gneiss, le schiste et le marbre, sont largement présentes dans la région d'In Amguel. Ces roches se sont formées à partir de roches préexistantes soumises à des pressions et des températures élevées, ce qui a entraîné leur transformation en nouvelles roches.

Les formations volcaniques se trouvent également dans la région. Elles sont principalement composées de basalte, d'andésite et de rhyolite, qui sont des roches volcaniques

formées par l'activité volcanique passée de la région. Ces roches volcaniques peuvent présenter des caractéristiques telles que des coulées de lave, des cônes volcaniques et des cratères.

En ce qui concerne les roches sédimentaires, on trouve principalement des grès, des calcaires et des argiles. Ces roches se sont formées au fil du temps par l'accumulation de sédiments, tels que des particules de sable, de boue et de coquillages, qui se sont compactés pour former des couches rocheuses.

En résumé, la géologie d'In Amguel se compose de roches métamorphiques, volcaniques et sédimentaires. Ces formations géologiques témoignent de l'histoire géologique de la région, notamment de processus tels que la métamorphose, l'activité volcanique et la sédimentation.

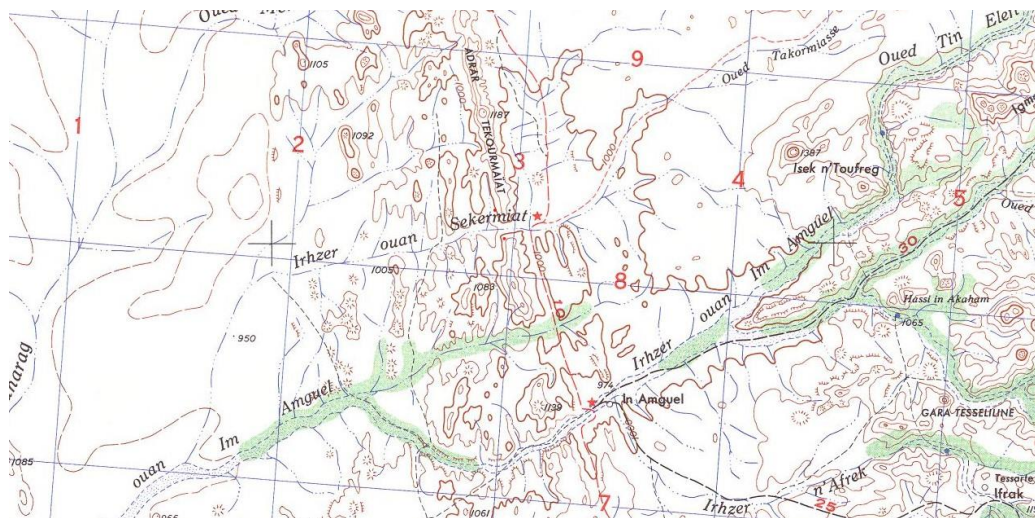


Figure I.13: Géologie de la région d'in amguel.[19]

3/La morphologie de la région d'In Amguel :

La morphologie de la région d'In Amguel est caractérisée par des formations montagneuses et des paysages désertiques typiques du Hoggar, une chaîne de montagnes située dans le sud de l'Algérie. Voici quelques caractéristiques morphologiques de la région :

1. Montagnes et reliefs : In Amguel est entouré de montagnes et de formations rocheuses. Ces montagnes sont souvent composées de roches volcaniques, métamorphiques et sédimentaires. Elles peuvent présenter des sommets abrupts, des crêtes, des canyons et des vallées.

2. Plateaux : La région peut également comprendre des plateaux, qui sont des zones relativement planes situées à des altitudes plus élevées. Ces plateaux peuvent être recouverts de roches volcaniques ou de formations sédimentaires.

3. Désert : In Amguel est situé dans le vaste désert du Sahara. La majeure partie de la région est caractérisée par des étendues désertiques, avec des dunes de sable, des plaines arides et des formations rocheuses. Les paysages désertiques offrent souvent une topographie douce et ondulée, avec des variations de relief dues à l'érosion éolienne.

4. Cours d'eau : Bien que les cours d'eau permanents soient rares dans la région, il peut y avoir des oueds ou des lits de cours d'eau saisonniers qui traversent la région. Ces oueds peuvent être secs pendant la majeure partie de l'année, mais peuvent être sujets à des crues lors de fortes précipitations.

En résumé, la morphologie de la région d'In Amguel se compose de montagnes, de plateaux, de paysages désertiques et de cours d'eau saisonniers. Ces caractéristiques morphologiques contribuent à la beauté et à la diversité géographique de la région.

III. Historique de l'or en Algérie

L'histoire de l'or en Algérie remonte à l'Antiquité. Les civilisations anciennes de la région, telles que les Carthaginois et les Romains, étaient déjà conscientes de la présence d'or sur le territoire algérien. L'or était extrait principalement des cours d'eau et des alluvions aurifères.

Au cours de la période coloniale, l'exploration et l'exploitation de l'or en Algérie ont connu un essor significatif. Les autorités coloniales françaises ont encouragé les recherches aurifères dans le pays. Plusieurs gisements aurifères importants ont été découverts et exploités, notamment ceux d'Amesmessas et de Tirek dans la région du Hoggar.

Après l'indépendance de l'Algérie en 1962, le secteur minier, y compris l'exploitation de l'or, est devenu une priorité pour le gouvernement algérien. L'Algérie a créé la Société nationale de recherche et d'exploitation minière (SONAREM) pour superviser les activités minières dans le pays, y compris l'exploration de l'or.

Au fil des décennies, d'autres gisements aurifères ont été découverts en Algérie, confirmant le potentiel aurifère du pays. L'exploitation de ces gisements a été attribuée aux

sociétés minières nationales et internationales, telles que l'entreprise d'exploitation de mines d'or (ENOR).

L'Algérie continue d'explorer et d'exploiter ses ressources aurifères dans le cadre de sa politique de développement économique. L'or reste une ressource importante pour le pays, contribuant à la croissance économique et à la diversification des secteurs industriels.

Propriétés physiques :

Les propriétés physiques de l'or sont les suivantes : [12]

- L'or a une couleur dorée distincte. Sa densité élevée de $19,32 \text{ g/cm}^3$ en fait un métal lourd. Il est également malléable et ductile, ce qui signifie qu'il peut être facilement aplati en feuilles extrêmement hachées ou étiré en filaments de très faible section par le battage. Lorsque les particules d'or deviennent très petites, inférieures à $100 \mu\text{m}$, elles prennent une teinte rouge.
- L'or ne produit pas de vapeurs perceptibles à température ambiante dans un arc électrique et non pas dans un four industriel. Cependant, il fond très rapidement, produit d'abondantes vapeurs métalliques, à une température de fusion de $1062 \text{ }^\circ\text{C}$ pour l'or pur.
- L'or peut cristalliser sous forme d'octaèdres réguliers, de dodécaèdres rhomboïdaux et d'autres formes dérivées du cube. Lorsqu'il est précipité par le sulfate de fer, il prend une couleur brune. Lorsqu'il est en suspension dans l'eau, il produit une teinte bleu-violacée.

En résumé, l'or se distingue par sa couleur dorée, sa densité élevée, sa malléabilité et sa ductilité. Il fond rapidement en dégageant des vapeurs métalliques abondantes et peut cristalliser sous diverses formes géométriques.

Propriétés chimiques : [12]

L'or possède des propriétés chimiques distinctives qui le rendent unique. Voici quelques-unes de ses propriétés chimiques supplémentaires :

1. **Résistance à la corrosion :** L'or est l'un des rares métaux à ne pas subir de corrosion. Il est hautement résistant aux attaques de l'air et de l'eau, ce qui signifie qu'il ne se corrode pas facilement au contact de ces substances.
2. **Métal noble :** L'or est considéré comme un métal noble en raison de sa faible réactivité chimique. Il ne se combine pas facilement avec l'oxygène de l'air, ce qui contribue à sa grande résistance à la corrosion.

3. Dissolution dans des solutions cyanurées et l'eau régale : Bien que l'or soit résistant à la plupart des acides et réactifs chimiques, il peut être dissous dans des solutions contenant du cyanure, telles que le cyanure de sodium utilisé dans l'industrie minière pour l'extraction de l'or.

L'or peut également être dissous dans une solution appelée "eau régale", qui est un mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique.

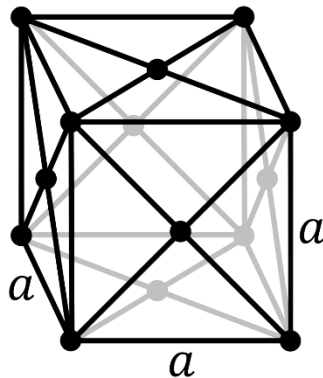


Figure I.14 : Structure cristallin de l'or.



Figure I.15 : Minerai d'or

L'or natif :

L'or natif est une espèce minérale incorporée d'or pur. Il se trouve relativement rarement dans la nature et est souvent associé à d'autres métaux, tels que l'argent, le fer, le cuivre, le platine, et d'autres encore, formant ainsi un alliage naturel. Ces mélanges d'or avec d'autres métaux peuvent varier en proportion, allant parfois de 40 % à 50 %, pouvant ainsi différentes compositions et caractéristiques.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fourni un aperçu de la géologie du Hoggar, ainsi que des informations générales sur deux sites spécifiques situés dans cette région, à savoir IN Amguel et Amesmassa. En conclusion, nous avons également présenté un bref résumé des propriétés physico-chimiques de l'or.

Chapitre II

Chapitre II : Procédés d'extraction d'or à la mine d'Amesmessa

Introduction :

L'or est considéré comme un métal précieux par excellence depuis l'Antiquité. Toutes les civilisations l'ont utilisé pour fabriquer des bijoux et des objets d'apparat, ou comme symbole de richesse. La découverte de nouveaux gisements a toujours été un attrait particulier. [20]

En Algérie, l'or est extrait du minerai par diverses méthodes telles que : la gravité, l'amalgamation et la cyanuration. La méthode utilisée à l'usine d'Amesmessa est la cyanuration après conditionnement du minerai. Dans ce chapitre, nous décrivons les protocoles suivis au niveau de la mine pour récupérer l'or métallique des minerais des gisements et de l'exploitation artisanale (micro entreprises minières). Cette dernière commence par la réception des échantillons et se termine par les lingots d'or et d'argent.

I. Première partie

I.I. Travaux d'exploitation des gisements d'Or :

I.I.I. Mode d'exploitation de gisement d'or [21] :

Les propriétés physiques de l'or sont les suivantes :

L'or a une couleur dorée distincte. Sa densité élevée de 19,32 en fait un métal lourd. Il est également malléable et ductile, ce qui signifie qu'il peut être facilement aplati en feuilles extrêmement hachées ou étiré en filaments de très faible section par le battage. Lorsque les particules d'or deviennent très petites, inférieures à 100 μm , elles prennent une teinte rouge.

L'or ne produit pas de vapeurs perceptibles à température ambiante dans un arc électrique et non pas dans un four industriel. Cependant, il fond très rapidement, produit d'abondantes vapeurs métalliques, à une température de fusion de 1062 °C pour l'or pur.

L'or peut cristalliser sous forme d'octaèdres réguliers, de dodécaèdres rhomboïdaux et d'autres formes dérivées du cube. Lorsqu'il est précipité par le sulfate de fer, il prend une couleur brune. Lorsqu'il est en suspension dans l'eau, il produit une teinte bleu-violacée.

En résumé, l'or se distingue par sa couleur dorée, sa densité élevée, sa malléabilité et sa ductilité. Il fond rapidement en dégageant des vapeurs métalliques abondantes et peut cristalliser sous diverses formes géométriques.

Il est important de noter qu'il y a plusieurs modes d'exploitation et chaque mode a ses propres avantages et inconvénients, et les choix d'exploitation dépendront des caractéristiques spécifiques du gisement, ainsi que des considérations environnementales et sociales. De plus, il est essentiel de respecter les réglementations et les pratiques de gestion appropriées pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et les communautés locales.

I.I.II. Mode d'exploitation artisanal :

L'exploitation artisanale de l'or, également appelée petite mine ou exploitation minière artisanale et à petite échelle (EMAPE), est pratiquée par de petites entreprises ou des mineurs individuels qui utilisent des méthodes et des outils simples pour extraire l'or. Voici quelques caractéristiques et modes courants d'exploitation artisanale de l'or : [22]

- 1. Extraction manuelle :** Les mineurs utilisent des outils manuels tels que des pelles, des pioches, des panneaux de lavage et des tamis pour extraire le minerai aurifère des gisements. Ils creusent des puits, des tranchées ou des tunnels pour atteindre les couches aurifères.
- 2. Lavage à la batée :** Le lavage à la batée est une méthode traditionnelle utilisée dans l'exploitation artisanale de l'or. Les mineurs recueillent des échantillons de minerai aurifère et les lavent dans une batée avec de l'eau pour séparer les particules d'or des autres matériaux. Cette méthode nécessite une bonne connaissance des techniques de lavage et de séparation de l'or.
- 3. Exploitation en surface :** Dans certains cas, les mineurs peuvent extraire de l'or à partir de dépôts alluviaux ou de rivières en utilisant des techniques d'exploitation en surface. Ils creusent des tranchées le long des rivières ou effectuent un dragage pour récupérer les particules d'or transportées par l'eau.
- 4. Exploitation souterraine artisanale :** Dans les zones où le gisement aurifère est situé en profondeur, les mineurs peuvent creuser des tunnels ou des galeries souterraines pour atteindre le minerai aurifère. Ils utilisent des outils manuels tels que des pioches, des marteaux et des burins pour extraire et transporter le minerai.
- 5. Utilisation de techniques de concentration gravimétrique :** Les mineurs peuvent également utiliser des techniques de concentration gravimétrique telles que la table à secousses, le concentrateur centrifuge ou le sluice (rampe de lavage) pour augmenter l'efficacité de récupération de l'or à partir du minerai extrait.

Il est important de noter que l'exploitation artisanale de l'or présente souvent des défis tels que des conditions de travail précaires, des problèmes de sécurité, des impacts environnementaux négatifs et des questions de légalité et de formalisation. Des pratiques responsables et durables sont essentielles pour minimiser ces problèmes et promouvoir le bien-être des mineurs et des communautés locales.

Il convient également de souligner que les modes d'exploitation artisanale de l'or peuvent varier d'une région à l'autre en fonction des conditions géologiques, des réglementations nationales et des pratiques locales. [22]

I.I.III. Travaux d'exploitation des gisements d'Or d'Amesmassa :

Le gisement aurifère d'Amesmassa est exploité à grande échelle. Le mode d'exploitation de ce gisement utilise généralement la méthode d'exploitation à ciel ouvert, avant d'entamer les travaux d'exploitation une étude implique les étapes suivantes :

A/ Exploration

- 1. Étude géologique préliminaire :** Cette étape implique une étude de la géologie régionale et la collecte d'informations géologiques de base, telles que la nature des roches encaissantes, les structures géologiques, les indices minéralisés existants et les caractéristiques géochimiques de la zone.
- 2. Prospection :** Des campagnes de prospection sont menées pour localiser les indices minéralisés potentiels. Cela peut inclure des enquêtes sur le terrain, des échantillonnages de sol, des études géophysiques et l'utilisation de techniques d'analyse chimique pour détecter les anomalies géochimiques qui indiquent la présence d'or ou d'autres minéraux associés.
- 3. Cartographie géologique détaillée :** Une cartographie géologique détaillée de la zone d'intérêt est réalisée pour comprendre la distribution des formations géologiques, des structures et des altérations, ainsi que la relation avec les minéralisations aurifères.
- 4. Forage d'exploration :** Des trous de forage sont réalisés pour collecter des échantillons de roche et obtenir des informations précises sur la nature du gisement. Les échantillons sont analysés en laboratoire pour déterminer la teneur en or, ainsi que d'autres caractéristiques géochimiques et minéralogiques.
- 5. Estimation des ressources :** Les données géologiques et les résultats des forages sont utilisés pour estimer les ressources minérales du gisement, notamment la quantité d'or contenu dans le sol. Cela permet d'évaluer le potentiel économique du gisement.

6. Études de faisabilité : Si les résultats de l'estimation des ressources sont prometteurs, des études de faisabilité sont réalisées pour évaluer la viabilité économique de l'exploitation du gisement. Cela comprend des études techniques, environnementales, économiques et sociales approfondies.

7. Permis et autorisations : Une fois les études de faisabilité terminées et si le projet est jugé économiquement viable, des demandes de permis et d'autorisations sont soumises aux autorités compétentes pour obtenir les droits d'exploitation minière.

B/ Exploitation

Cette étape des travaux comprend les activités suivantes : tirs, abattage, chargement et transport. Pendant cette phase, l'ingénieur d'exploitation doit établir un plan de tir adapté au site d'extraction, en tenant compte de la nature de la roche, de sa résistance et de sa densité, ainsi que de la stabilité du site.

Le plan de tir et le choix de l'explosif à utiliser sont déterminés en fonction des éléments suivants (voir figure II.1) :

1. Hauteur du gradin (Hg) : il s'agit de la hauteur verticale de chaque étape du front de taille. Elle influence la fragmentation de la roche et peut être ajustée en fonction des besoins.

2. Profondeur du trou (Ltr) : il s'agit de la profondeur à laquelle les trous de forage sont réalisés. Elle dépend de la nature de la roche et de la taille désirée des blocs à extraire.

3. Sous-foration (LS) : c'est la distance entre le fond du trou de forage et le front de taille précédent. Elle permet de contrôler la fragmentation de la roche et d'éviter les surcharges.

4. Inclinaison du trou par rapport à la verticale (β) : l'angle d'inclinaison du trou peut être ajusté pour faciliter le chargement et le transport ultérieur des matériaux extraits.

5. Ligne de moindre résistance (résistance au pied de gradin) (W) : il s'agit d'une ligne tracée à la base du front de taille pour faciliter l'abattage de la roche en minimisant les efforts nécessaires.

6. Diamètre du trou (d) : il détermine la quantité d'explosif utilisée et influe sur la fragmentation de la roche. Le diamètre du trou est choisi en fonction de la taille des blocs à extraire.

7. **Maille ou rapport banquette/écartement entre les trous** : c'est la disposition spatiale des trous de forage. Elle dépend de la taille désirée des blocs à extraire et de la stabilité du front de taille.
8. **Distance entre les trous dans une rangée (a)** : c'est la distance horizontale entre les trous de forage dans une rangée donnée. Elle influe sur la fragmentation et la distribution des matériaux extraits.
9. **Distance entre les rangées de trous (b)** : c'est la distance verticale entre les différentes rangées de trous de forage. Elle détermine la hauteur du front de taille et influence la fragmentation de la roche.
10. **Qualité et quantité de la charge explosive** : le choix de l'explosif dépend de la nature de la roche et des résultats souhaités en termes de fragmentation et de libération des blocs.
11. **Ordre de mise à feu des charges (amorçage)** : l'ordre de mise à feu des charges explosives est planifié pour optimiser l'efficacité de l'abattage et minimiser les effets indésirables, tels que les vibrations ou les projections.

En prenant en compte tous ces paramètres, l'ingénieur d'exploitation élabore un plan de tir précis qui répond aux besoins spécifiques du site d'extraction.



Figure II.1: Position des trous de tir avant l'implantation des explosifs. [14]

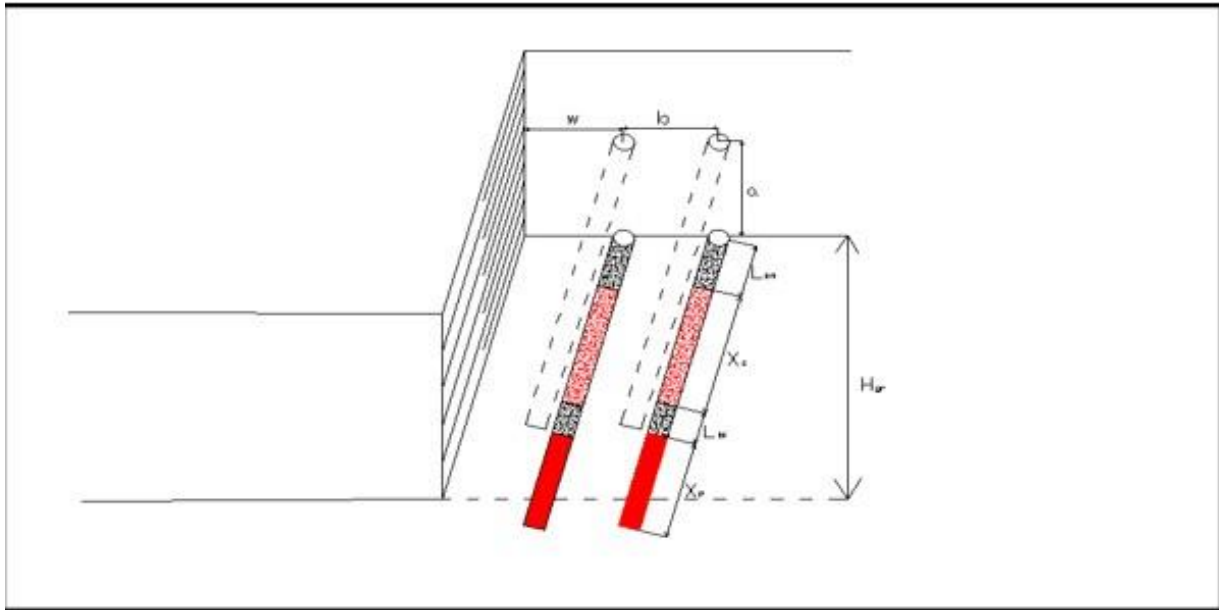


Figure II.2: Schéma des puits d'explosifs [14]

C/ Le tir :

Pour réaliser le tir, les étapes suivantes doivent être suivies : [14]

1. Tout d'abord, les trous de forage sont remplis avec les explosifs appropriés. La Marmanite de type I est introduite en utilisant un cordeau, puis la Marmanite de type II est ajoutée par chute libre. Ensuite, le reste du vide dans les trous est comblé avec de l'Anfomil.
2. Une fois les trous remplis d'explosifs, ils sont scellés. Cela signifie que les ouvertures des trous sont fermées de manière sécurisée.
3. Ensuite, le bourrage est effectué en utilisant du gravier. Le gravier est utilisé pour compléter le trou et assurer une fermeture solide.
4. À la fin de l'opération, tous les trous sont reliés les uns aux autres à l'aide d'un cordeau. De plus, les lignes de trous sont également connectées en utilisant le même fil de tir.

Cela permet d'établir une liaison électrique entre tous les trous et les lignes de tir, ce qui permet de déclencher simultanément les charges explosives lors de l'opération de tir. (Voir Figure II.3).

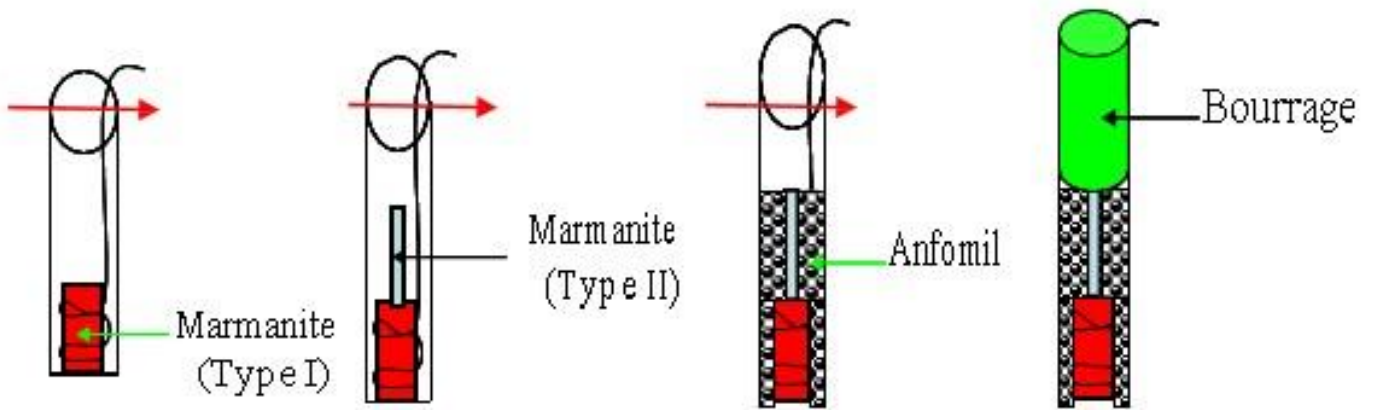


Figure II.3: Remplissage des trous de tir [14]

D/ L'abattage :

L'abattage est une opération consistant à provoquer une explosion dans le but de réduire la taille des roches, ce qui facilite leur fragmentation. Son objectif est de préparer la roche pour le chargement ultérieur.

E/Le chargement :

Le chargement implique le déplacement et le transport du minerai fragmenté vers l'usine de traitement. Avant cela, le géologue et le topographe collaborent pour délimiter les blocs de différentes teneurs en minéraux. Le topographe implante des repères qui délimitent ces blocs (voir figure).

F/ Le transport (déplacement) :

Le transport doit être assuré par des équipements capables de transporter les blocs résultant de l'explosion. Il est essentiel que ces équipements aient une capacité suffisante pour manipuler et transporter efficacement les blocs (voir figure).



Figure II.4: Chargement à l'aide d'une pelle et le transport. [14]

I.I.IV. Equipements utilisés pour l'exploitation artisanale

L'exploitation artisanale utilise généralement des équipements plus simples et de plus petite échelle par rapport à l'exploitation industrielle. Voici quelques-uns des équipements couramment utilisés dans l'exploitation artisanale :

1. **Pelle et pioche** : Ce sont des outils manuels utilisés pour creuser et extraire le matériau en vrac, tels que le sol ou les minéraux.
2. **Tamis** : Un tamis est utilisé pour séparer les matériaux en fonction de leur taille. Il permet de séparer les minéraux de valeur des autres matériaux indésirables.
3. **Batea** : Il s'agit d'une sorte de plateau en forme de cuvette utilisé pour effectuer la concentration gravimétrique des minéraux. Les minéraux sont placés dans la batea et agités avec de l'eau, permettant ainsi la séparation des minéraux plus lourds des matériaux plus légers.
4. **Sluice box** : Une sluice box est une boîte longue et étroite équipée de rampes et de rainures. Elle est utilisée pour la séparation gravimétrique des minéraux en utilisant l'eau courante. Les minéraux plus lourds se déposent dans les rainures, tandis que les matériaux plus légers sont évacués.
5. **Marteau et burin** : Ces outils manuels sont utilisés pour le travail de la roche, notamment pour la fragmentation et la démolition de petites portions de roche.
6. **Panneau solaire et générateur** : Dans certains cas, l'énergie solaire ou un générateur peut être utilisé pour alimenter les équipements nécessitant de l'électricité, tels que les compresseurs d'air ou les outils de forage.

I.I.V. Equipement utilisés par microentreprises pour l'exploitation artisanale :

Le titulaire d'un permis d'exploitation minière artisanale de l'or ne peut utiliser que les moyens et outils susceptibles d'être manipulés manuellement (pelles, pioches, marteaux, marteaux perforateurs, etc.), afin de réduire au maximum les stériles et les gangues. Ils sont utilisés pour réduire la dimension des blocs, et pour la récupération du minerai à la surface, pour cela ils utilisent uniquement les cordes et des seaux. Le minerai se transporte ensuite au niveau de l'ENOR pour le procédé de traitement et d'enrichissement.

II. Deuxième partie

II.I. Laboratoire de la mine d'Amesmassa :

A. Réception du minerai au niveau de la mine :

Le minerai reçu soit du gisement d'Amesmassa ou du micro entreprise, est transporté à l'usine de traitement sous forme de roches de dimensions différents, stocké en tas selon leurs teneur en or (1g/t; 2g/t; 5g/t) pour être traité ultérieurement.



Figure II.5 : Dimensions de l'échantillon après le concassage [Photo prise]

B. laboratoire de la mine :

Le laboratoire de l'ENOR a pour objet de mener une série d'analyses de contrôle .ces analyses visent à identifier et à déterminer les teneurs en métaux nobles de divers échantillons prélevés ou niveau du circuit de traitement. Le rôle principal du laboratoire est d'appuyer les données aux différentes étapes de la production et de l'exploration. Les échantillons analyses dans le laboratoire de traitement sont les suivants : minerai, pulpe, solutions, charbon ou échantillons des forages effectués par le service de contrôle géologique et d'exploration. [23]



Figure II.6 : Laboratoire de la mine d'Amesemsa [Photo prise].

Durant cette étape le gestionnaire de laboratoire reçoit quatre types d'échantillons :

- 1/ coupe, échantillons de tranchées
- 2/échantillons de colonnes de charbon
- 3/échantillon de solution de cyanure
- 4/prélèvements à partir de lingots

Afin de réaliser ses analyses et traitements, le laboratoire doit disposer de plusieurs instruments et appareils d'analyses et de mesure. Chaque échantillon sera soumis à un protocole d'analyse au moyen de ces dispositifs et instruments.

Le laboratoire comprend plusieurs salles :

- salle de préparation mécanique
- salle de cuisson
- salle d'analyse chimique
- salle de spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

B.1. Préparation mécanique :

Avant de passer à l'étape du traitement et aux attaques chimiques par les acides (solution cyanurée et l'eau régale), le minerai doit subir un prétraitement où un traitement mécanique, qui consiste en la réduction diamétrale par une série d'opération successive pour le rendre sous forme de poudre pour faciliter sa caractérisation, qui sont : (le concassage, le criblage, et le broyage.) Pour cela faut passer par :

a. Débitage (coupage) des roches :

C'est la réduction de la dimension des gros blocs issus de la mine en éléments de tailles inférieures, pour faciliter la mise en œuvre lors de l'opération de concassage.

b. Concassage :

Le processus de concassage primaire implique l'utilisation d'un concasseur à mâchoires de laboratoire, qui est utilisé pour réduire la taille des roches et pour faciliter la libération des minéraux qui sont déjà présent.



Figure II.7: Concasseur a mâchoire du laboratoire [photo prise]

c. Echantillonnage par fractionnement :

À ce stade, le minerai concassé est passé dans une machine de fractionnement (diviseur) à fentes peu profondes pour obtenir deux échantillons également représentatifs et homogènes. L'un est éliminé au hasard et sera considéré comme un échantillon de contrôle, et le second sera divisé en deux parties pour les tests et les essais. [23]

**Figure II.8 :** Echantillons divisé [photo prise]**Figure II.9 :** Diviseur [photo prise]**d. Le broyage :**

C'est le passage du minerai dans le broyeur à disques pour le broyage primaire, secondaire et tertiaire jusqu'à l'obtention d'un produit broyé très fin. Taille des particules inférieure à 75 μm . Cette méthode de mesure de la taille des particules est la mieux adaptée pour obtenir un taux de libération optimal, ce qui donne de meilleurs résultats. [23]

**Figure II.10:** Broyeur a disque du laboratoire [photo prise]

B.2. Docimasie plumbeuse (fire assay) :

L'analyse pyrognostique de l'or est une technique classique utilisée pour déterminer la teneur en métaux précieux des minerais d'argent et/ou d'or et des concentrés secondaires. Elle nécessite une analyse plus longue et plus élaborée que l'analyse instrumentale, mais elle est généralement plus précise.

a. Première étape :

Il s'agit d'un traitement thermique de l'échantillon obtenu après la préparation mécanique et il est effectué en deux étapes :

- **fusion** : en se servant d'un creuset en brique réfractaire, on met un mélange fondant de 100 g qui contient de (silice, carbonates de sodium, borax, oxyde de plomb, 30g d'échantillon, 3g de farine) et on rajoute au mélange 3ml de nitrate d'argent (AgNO_3) et on le passe dans le four à une température de 1030 à 1050 c pendant 1 heure. [23]



Figure II.11 : creusé au four [photo prise]

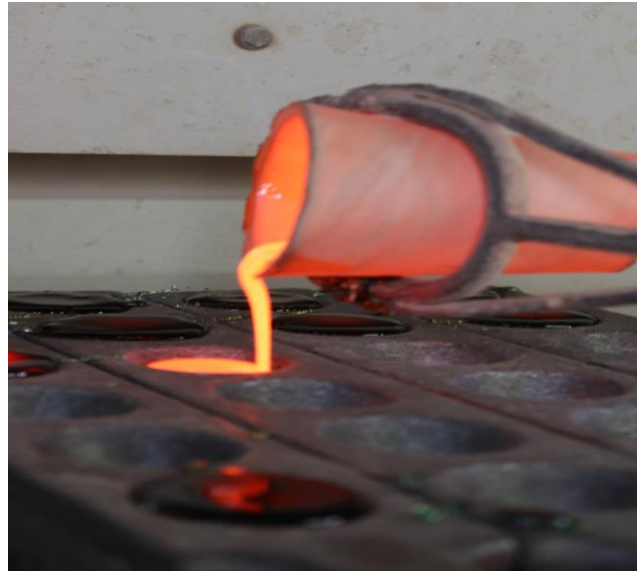


Figure II.12 : creusé [photo prise]

Après la récupération des creusets on verse le fondant dans un moule en acier, puis on laisse refroidir pour 10min. on casse la scorie après on le brise à l'aide d'un marteau on acquiert un bouton de plomb résultant de la fusion.

b. Deuxième étape :

- **Coupelement :** Consiste à passer du bouton de plomb à une perle constituée de métaux nobles uniquement (or et argent).



FigureII.13: Bouton du plomb. [12]

- **L'opération :** le bouton est placé dans une coupelle de magnésite au four préchauffé à 950°C.

Les métaux de base s'oxydent et s'adsorbent par la coupelle tandis que les métaux nobles (inoxydables), restent à la surface. A la fin de la coupellation, une perle argentée (Au+Ag) est obtenue.



Figure II.14: Coupellation perle or et argent. (Photo prise)

c. Troisième étape :

Digestion acide ou attaque chimique : recueillir la perle dans un tube à essai et ajouter 3ml d'une solution d'acide nitrique à 30%.pour enlever l'argent, placez le dans un bain marie préchauffé pendant 20min, puis ajoutez 3ml d'acide chlorhydrique a 34%au bain marie pendant 20min pour avoir de l'aqua royal, qui dissoudra l'or. Enfin, nous ajoutons 4ml d'eau distillée pour obtenir une solution de 10ml.



Figure II.15 : Digestion acide ou attaque chimique. [Photo prise]

La solution obtenu se refroidissent pour quelque minute .puis on agite le tube pour homogénéiser le contenu avant de l'envoyer au SAA (Spectrométrie d'adsorption Atomique).

B.3. Spectrométrie d'Absorption Atomique :

Spectromètre: est un appareil de mesure permettant de décomposer la quantité observe (un faisceau lumineux en spectroscopie, ou bien un mélange de molécules).

La SAA est une analyse qui consiste à déterminer la concentration des éléments qui contient dans une solution, on utilisant un compartiment de lampes et chaque lampe correspond à un élément bien précisé. Cela nous a permis, dans notre cas, d'identifier la quantité d'or contenant dans la solution, en utilisant une lampe à or.

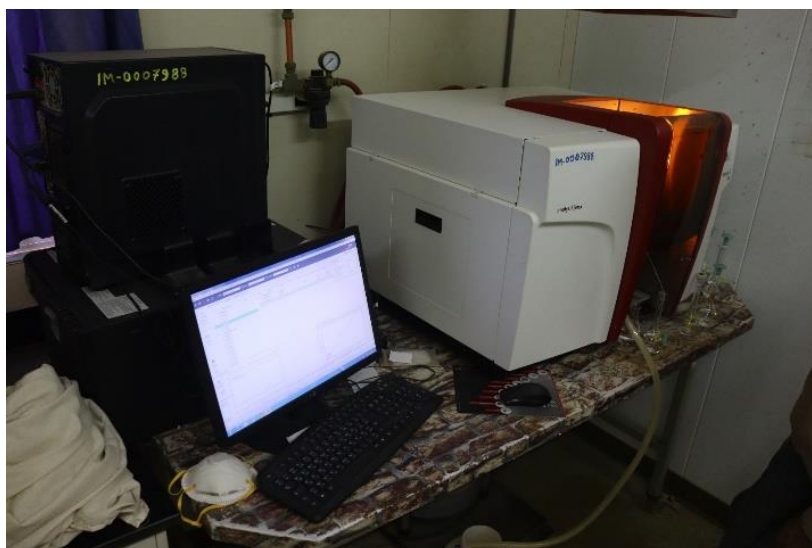


Figure II.16 : Spectromètre. (Photo prise)



Figure II.17 : Spectromètre. [Photo prise]



Figure II.18 : Spectromètre. [Photo prise]

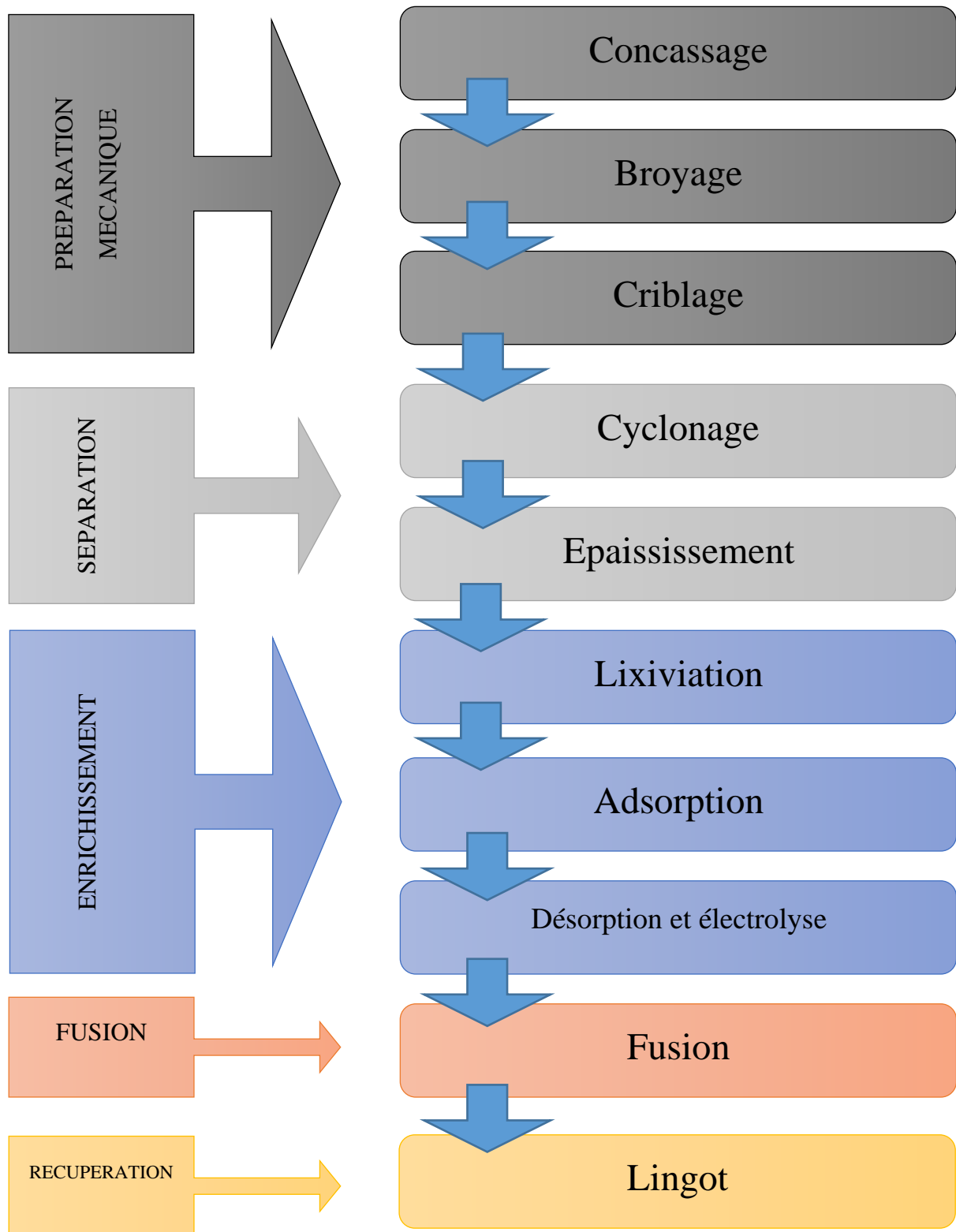


Figure II.19 : Schéma technologique du protocole suivi au niveau de l'usine d'Amesmassa.

B.4. LE PROCESS (usine de traitement) :**Le protocole suivi dans l'usine de traitement au niveau d'Amesmassa :**

Le minerai transporté soit de la mine d'Amesmassa ou des micros entreprises, est posé et trié au niveau du stock selon leur teneur en or. [3]

- Minerai à une teneur inférieure ou égale à 1g/t ;
- Minerai à teneur comprise entre 1 et 2 g/t ;
- Minerai à teneur comprise entre 2 et 4 g/t ;
- Minerai à teneur comprise entre 4 et 8 g/t ;
- Le minerai à teneur supérieure à 8g/t est considéré comme minerai riche;
- le minerai dont la teneur est inférieure à 8 g/t est considéré comme minerai pauvre.



Figure II.20: mineraïs au niveau du stock. [Photo prise]



Figure II.21: Minerais au niveau du stock. [Photo prise]

1. Concassage :

- **Définition concasseur à mâchoires :** Les concasseurs à mâchoires fonctionnent par compression simple et sont utilisés pour les matières dures. Le produit à traiter est compressé entre une mâchoire fixe striée et une mâchoire mobile disposée en V et animée d'un mouvement alternatif oscillant (excentrique, battement périodique). [24]



Figure II.22: Concasseur a mâchoire
[photo prise]

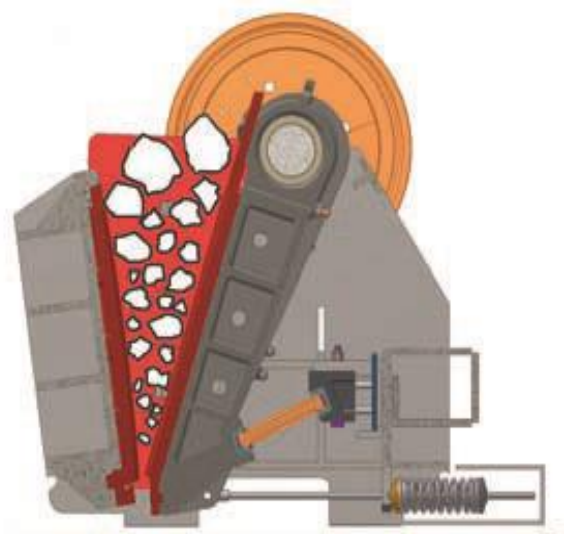


Figure II.23: schéma de fonctionnement
du concasseur.

- **Le concassage :** Le concassage constitue la première étape de la comminution. Son objectif n'est pas la libération des minéraux, mais simplement la réduction de dimension afin de faciliter la manipulation ultérieure du minerai. Il est normalement fait à sec en deux ou trois étapes. L'alimentation provient de la mine et a une dimension pouvant aller jusqu'à 600mm. [24]

1. a- Concassage primaires : les matériaux grossiers sont cassés par action mécanique directe. la roche se casse entre la fermeture de deux mâchoires verticales. On cherche à obtenir des matériaux allant de 0 à 150 mm [24]

1. b- Concassage secondaire et tertiaires : les matériaux trop gros sont cassés par une action mécanique souvent indirecte utilisant l'attrition. Les broyeurs coniques verticaux giratoires sont courants. On cherche à obtenir des tailles entre 20 à et 50 mm Dans le secondaire et entre 6 et 8 mm au tertiaire. [24]

2. Criblage :

Définition d'un Crible : qui est un appareil industriel permettant de séparer les gros grains (dimensions supérieures) des particules moyennes et dont la surface de triage est formée par des grilles, des disques ou des cylindres. [25]



FigureII.24 : Le crible. [Photo prise]

2. a : Criblage Primaire : à l'issue de concassage primaire les matériaux sont envoyés par des convoyeurs à bande sur une série de grilles vibrantes. La taille la taille des mailles des grilles permet de trier le minerai. Ceux suffisamment petit passent vers le tertiaire, les grosses partent vers le concassage secondaire. [22]

2. b : Criblage secondaire : Même principe que précédemment, mais les matériaux trop gros repassent dans le concassage tertiaire. Les plus petits partent soit vers le stock du minerai destiné au broyage fin ou bien vers la lixiviation en tas. [22]

3. Broyage : Broyeurs à boulets: Les broyeurs à boulets sont le choix pour le finissage fin.

Ils ont un rapport longueur sur diamètre de 1,5 à moins de 1. Certains broyeurs ont ce rapport variant de 3 à 5, mais sont considérés comme des «broyeurs tube» fonctionnant à 70%-80% de ω_{cr} . [24]



FigureII.25: Broyeur à boulets. [Photo prise]

3. a : Le broyage (broyeur à boulets) : vise à libérer les minéraux de valeur de la gangue pour que la séparation des minéraux devienne techniquement et économiquement faisable. L'objectif du broyage est la création de nouvelles surfaces pour l'adsorption des réactifs chimiques utilisés, par exemple dans le cas de l'usine de traitement de l'or d'Amesemessa, l'augmentation de la surface, est essentielle pour réussir la lixiviation .

3. b : La section de broyage de l'usine : est composée d'un seule stade de broyage, le broyeur utilisé est à boulets d'une capacité de (8t/h) avec un rapport dimensionnel ($D/L \leq 1,5$) sa marche est continue en voie humide suivant un circuit fermé. L'alimentation s'effectue par un dispositif dit tubulaire direct, sous un débit de 8t/h et le déchargement est par débordement via un trommel à 6mm (pour récupération des boulets et les fragments qui s'échappent au broyage), le mécanisme d'entraînement ce fait par attaque latérale par un moteur synchrone annulaire à une puissance de (210 à 240 A).

4. La séparation par hydrocyclone :

Définition d'hydrocyclones: Les hydrocyclones sont des classificateurs centrifuges statiques sont cylindro-coniques et sont alimentés tangentiuellement dans la partie cylindrique. Les grosses particules tombent dans le cône et sont éliminées en sous verse alors que les fines particules sont éliminées par le courant en surverse. [25]



FigureII.26: Hydrocyclone. [Photo prise]

La séparation par hydrocyclone dépend de la vitesse de sédimentation relative des différentes particules, c'est-à-dire que la classification dépend non seulement de la dimension mais aussi de la masse volumique des particules. Les particules fines seront envoyées vers l'épaississeur puis vers la cyanuration dans les cuves. Et les particules lourdes et grosses seront traitées par gravité. Le circuit est fermé par des tamis qui renvoi les particules qui sont pas bien broyées vers le broyeur. [24]

a. Epaississement :

Définition de l'Epaississeur : la fonction du décanteur épaississeur est d'augmenter la densité d'un flux de boue. Cette opération (épaississement), sert à récupérer l'eau qui a été utilisé dans le broyage et le réutiliser de nouveau. On obtient dans la sous verse une pulpe de 50 % solide qui va vers la lixiviation.



Figure II.27: Épaisseur. [Photo prise]

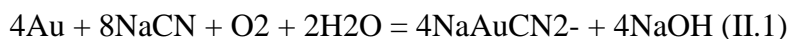
b. Enrichissement du minerai :

➤ **La cyanuration :**

La méthode de cyanuration est largement utilisée dans l'industrie aurifère à travers le monde, et il n'existe actuellement aucune alternative appropriée à l'utilisation du cyanure pour l'extraction de l'or. [20]

Le cyanure est principalement utilisé pour les gisements primaires. Le principe de cette technique repose sur la capacité du cyanure à former des complexes avec l'or, le rendant soluble. Ce processus chimique est appelé lixiviation. Les techniques spécifiques utilisées dépendent de la granulométrie des minerais, de leur minéralogie et de leurs teneurs en or.

Le principe fondamental de la cyanuration repose sur la formation de complexes très stables entre les ions cyanures et l'or, l'argent et certains autres métaux. Les solutions de cyanure légèrement alcalines favorisent la dissolution préférentielle de l'or et de l'argent présents dans le minerai, sans présenter le danger de formation de gaz toxique (HCN) selon l'équation d'Elsner, généralement acceptée sous la forme suivante :



Le taux de dissolution de l'or dépend de la concentration en cyanure de sodium (NaCN) et de l'alcalinité de la solution, avec un optimum situé généralement entre un pH de 10 et 11. En principe, seulement 0,3 à 0,5 grammes de cyanure par tonne de minerai sont nécessaires pour dissoudre et extraire l'or. Cependant, dans la pratique, la consommation peut varier de 300 grammes à plus de 2000 grammes par tonne pour atteindre une extraction efficace. La volatilisation du HCN se produit sous forme de gaz par complexation avec le cuivre, le fer, le zinc ou par réactions avec d'autres sulfures pour former du thiocyanate. Un procédé de lixiviation au cyanure peut être réalisé à l'aide de différentes techniques. [20]

➤ **Mécanisme réactionnel de la cyanuration de l'or :**

L'oxygène et le cyanure sont les réactifs stratégiques pour la mise en solution de l'or. L'oxygène favorise l'oxydation de l'or par réduction de l'eau selon la réaction et l'ion cyanure complexe l'ion or pour donner un auro cyanure stable en solution. La lixiviation en absence d'oxygène ou d'un oxydant n'est pas possible, de même qu'en absence d'une substance pour complexer l'ion d'or. Une concentration de cyanure (CN-) de 100 mg/L peut être suffisante sous certaines conditions d'oxygénation et être insuffisante dans d'autres conditions. [20]

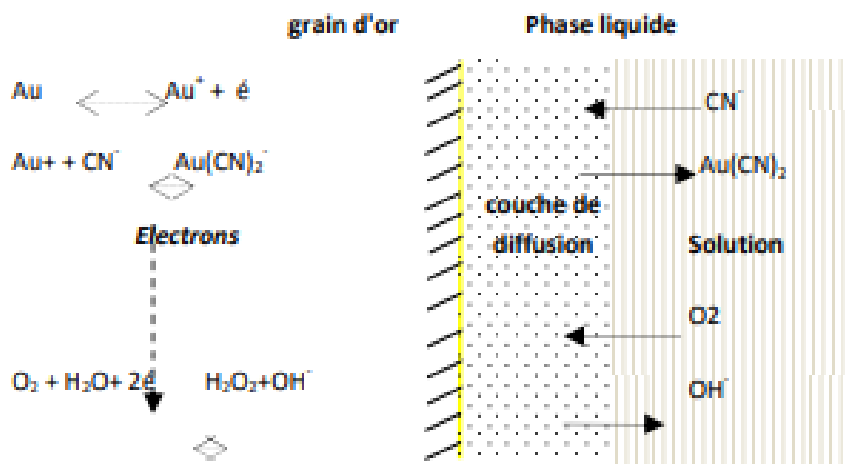


Figure II.28: Schéma de la diffusion de l'or. [20]

➤ **Traitement de minerai riche (High grade) par lixiviation en cuves agitée :**

Le traitement mécanique de la roche et de minerai riche. Il passe par un concasseur primaire à mâchoires associé à un concasseur secondaire à cône. À la fin de cette étape on obtient un minerai de taille inférieure 8mm. Ensuite le minerai subit un broyage humide, c'est-à-dire qu'il passe par un pulvérisateur dont associe l'action avec un ajout d'eau et la chaux ou le

ciment pour augmenter le pH (procédure faite pour éviter le dégagement de l'acide cyanhydrique), afin d'obtenir un minerai sous forme de pulpe ayant une granulométrie réduite jusqu'à 75 μ .

Ultérieurement la pulpe de minerai est soumise à l'action d'un hydro-cyclone qui sépare les particules fines des particules grossières. Après cette étape, il permet aussi, grâce aux effets conjugués de la gravité et plus tard du magnétisme, de récupérer les pépites d'or présente dans les particules grossières de la pulpe du minerai. [20]

Ensuite la pulpe fine du minerai passe par l'épaississeur, qui est un bassin de décantation afin qu'on puisse recycler une partie de l'eau qu'elle contient (avant l'épaississeur elle était constituée à 75-80% d'eau, et après environ 50%).

Ensuite la pulpe passe par un ingénieux circuit de cinq cuves de lixiviations contenant des solutions cyanurées et des colonnes de charbons actifs, ainsi qu'un tamis vibreur. Grâce au principe du passage à contre-courant, le charbon actif absorbe l'or qui est libéré de la pulpe de minerai par les solutions cyanurées. Ensuite le charbon enrichi en or est récupéré au niveau du tamis vibreur et envoyé vers la raffinerie pour traitement complémentaire, tandis que la pulpe elle est envoyée vers le « heap leach », afin de récupérer les faibles quantités d'or qu'elle contient encore.



FigureII.29: Les cuves de lixiviation. [Photo prise]



FigureII.30: Tamis vibrant et le charbon actif. [Photo prise]

➤ **Traitement de minerai riche par gravité :**

Lorsque l'or est libre dans le minerai et se présente sous forme de particules assez grosses ($> 75 \mu\text{m}$).

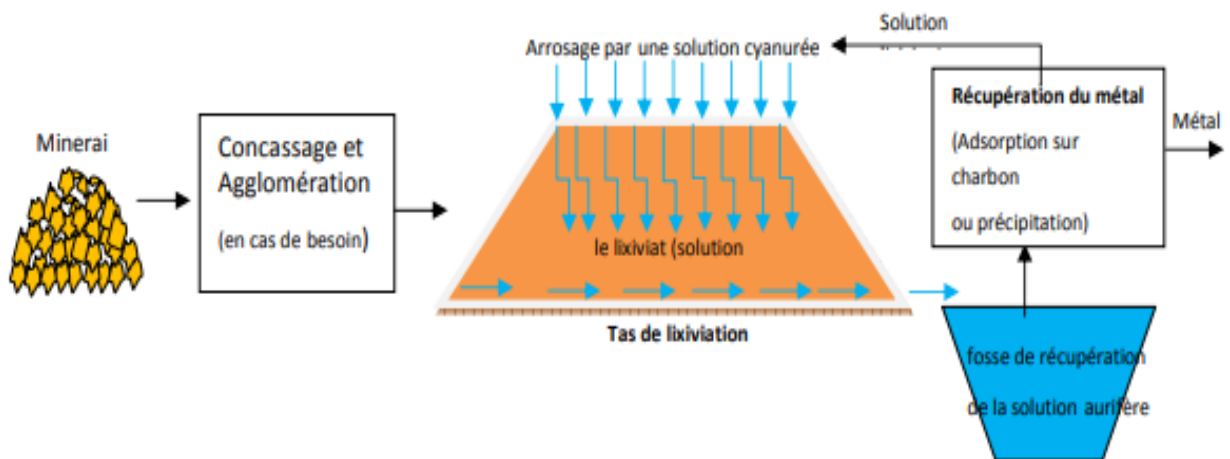
Pour la mine d'or d'Amesmesssa la section gravité et liée directement à l'installation de traitement de cyanuration après broyage.

Après la séparation par hydro-cyclone les particules lourdes de la sous verse (l'Under flow) vont vers le traitement par gravité. Elle passe par un crible qui sépare les particules supérieures à 1mm. Ces particules seront renvoyées au broyeur pour être broyé une deuxième fois .Les particules inférieures à 1 mm passent par le concentrateur knilson, là où on obtient le pré concentré de l'or après une séparation par centrifugation. Ensuite le pré concentré passe dans la table de secousse pour une autre séparation et purification avant la fusion. [24]

➤ **Traitement du minerai pauvre par lixiviation en tas (heap leach) :**

Le minerai d'une teneur inférieure a 5g/t subit une préparation mécanique, c'est-à-dire qu'il passe par un concasseur primaire à mâchoires associé à un concasseur secondaire a conne et a un concasseur tertiaire a conne lui aussi. On obtient un minerai ayant une granulométrie d'environ 6 mm.

Ensuite le minerai est envoyé vers la lixiviation en tas. C'est-à-dire que le minerai est stocké dans un bassin possédant une membrane imperméable où il est arrosé par une solution de cyanure pendant plusieurs semaines. Après s'être enrichi en or (la solution cyanurée attaque le minerai et libère l'or), la solution cyanurée percole vers le fond du bassin, qui est inclinée et parcouru de petites canalisations. Ce qui nous permet donc de récupérer les solutions cyanurée riche en or. Durant toute l'opération, on maintient le pH du bassin a 10,5-11 par ajout de ciment ou de la chaux, afin d'empêcher toute émanation de cyanure, qui sous forme de gaz est mortel. [24]



FigureII.31 : schéma du procédé de lixiviation en tas de minerais aurifères. . [5]



FigureII.32: Fosse de récupération des solutions aurifères Amesmassa.



FigureII.33: Lixiviation en tas Heap Leach.

Ensuite les solutions cyanurée enrichies en or qui sont récupérées vont passer par un ingénieux circuit constitué de 5 colonnes de charbon actif. Comme dans le traitement du minerai riche, grâce au principe du passage à contrecourant, le charbon va capter l'or présent dans les solutions cyanurées, et sera ensuite envoyé à la raffinerie.

➤ **Adsorption et désorption sur charbon actif :**

Les solutions cyanurée enrichies en or qui sont récupérées du tas de lixiviation vont passer par un ingénieux circuit constitué de 5 colonnes de charbon actif. Comme dans le traitement du minerai riche, grâce au principe du passage à contrecourant, le charbon va capter l'or présent dans les solutions cyanurées, et sera ensuite envoyé à la raffinerie.

A la raffinerie le charbon chargé subit un lavage avec l'acide chlorhydrique pour éliminer les carbonates et les autres impuretés, puis il passe dans la colonne d'élution, là où l'opération de désorption se passe.

En préparant une solution de soude caustique 1% et de cyanure 0,5% et en chauffant à 140C° à une pression 4bar, le charbon libère l'or qui devient en solution. Cette solution passe par une électrolyse là où l'or se dépose sur la cathode.



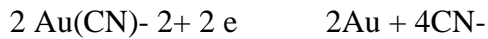
FigureII.34: Colonnes de charbon Amesemessa.

➤ **L'électrolyse :**

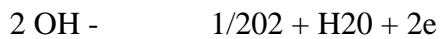
L'électrolyse est la dernière étape du processus d'extraction de l'or. Celle-ci s'effectue généralement sous une tension entre 3 et 6 volts et avec un courant de 500 à 1500 ampères. À la cathode, l'ion aurure se dépose après avoir pris un électron pour devenir de l'or métallique.

Les réactions d'oxydation et de réduction sont :

Réaction à la cathode (réduction) :



Réaction à l'anode (oxydation) :



Les deux cathodes sont faites en acier inoxydable. La cathode de laine d'acier est utilisée parce qu'elle offre une grande surface de contact. L'électrolyse ne permet pas d'obtenir de l'or pur. L'argent et le cuivre, qui sont aussi solubles dans le cyanure, sont plaqués avec l'or sur la cathode d'acier. La laine d'acier est finalement nettoyée. La bourbe d'or obtenue filtrée puis séchée et à fusionnée avec des fondants dans un four à plus de 1100 °C. A la fin un lingot d'or impur est coulé dans un moule. Même si une partie des impuretés est éliminée à la fusion, une autre étape d'affinage est nécessaire pour obtenir l'or pur. [20]



FigureII.35: électrolyse. [26]

➤ Fusion :

On récupère la bourbe de l'or de l'électrolyse et après filtration, on la mise dans four de séchage à 25 C°. Après le séchage on mélange la bourbe avec quatre produit chimique (borax 50%, Carbonate de sodium 20% et la silice 25%).on mélange le tout et on le met dans un four de fusion à 1000 C°.

Après 03 heures de fusion on coule le mélange dans des moules .l'or, puisque il est lourd, reste au fond du premier moule et les scories passe vers les autres moules.

A la fin on récupère le lingot de l'or du premier moule et on prend un échantillon pour analyse au laboratoire. [25]



Figure II.36: Lingotière. [26]



Figure II.37: Lingot d'or. [26]

Conclusion :

Dans ce chapitre nous décrivons d'abord le processus de la détermination de la teneur en or d'un minerai effectuée dans le laboratoire de la mine d'Amesmassa, après la seconde étape nous avons parlé sur le protocole suivie par l'usine de traitement (PROCESS) afin d'enrichir le minerai d'or.

Chapitre III

Chapitre III : Protocole Opérateur pour les tests et analyses

Introduction:

Dans ce chapitre, nous abordons en détail les étapes et les méthodes que nous avons utilisées lors de notre expérience. Nous commençons par l'échantillonnage, où nous expliquons en détail la procédure que nous avons suivie, ainsi que les produits et le matériel utilisés. L'échantillonnage a été réalisé à partir du minerai d'Amesmassa ainsi que de quelques dépôts des indices d'In Amguel.

L'objectif principal de nos tests était de déterminer la teneur en or et la composition minéralogique de chaque minéral. Pour ce faire, nous avons effectué des tests de caractérisation approfondis en utilisant des techniques et des équipements appropriés. Chaque étape du processus de caractérisation est décrite en détail, mettant en évidence les méthodes d'analyse et les instruments utilisés.

L'analyse de la teneur en or revêt une grande importance dans l'industrie minière, car elle permet d'estimer la valeur du minéral et d'évaluer sa rentabilité potentielle. En parallèle, la détermination de la composition minéralogique nous donne des informations précieuses sur la structure et la nature des minéraux présents dans les échantillons.

I. Echantillonnage:

I.I. Microentreprise:

Au début de notre étape, nous avons entrepris une visite sur le terrain (zone de stockage) dans le but de réaliser un échantillonnage. Cette visite sur la zone de stockage était essentielle pour collecter des échantillons représentatifs des microentreprises sur lequel nous travaillions. Nous avons soigneusement demandé notre identifiant de visite dans les zones clés à échantillonner et en déterminant la méthodologie appropriée pour obtenir des échantillons de manière systématique et fiable.

Une fois sur place, nous avons mis en œuvre notre plan d'échantillonnage en suivant des protocoles précis. Cela peut inclure le prélèvement d'échantillons de sol, en fonction de la nature de notre étude. Nous avons veillé à utiliser des outils et des équipements appropriés pour garantir la précision et la représentativité de nos échantillons. Pendant la collecte des

échantillons, nous avons scrupuleusement enregistré les informations pertinentes. Ces données contextuelles sont essentielles pour une interprétation et une analyse ultérieures précises.

De retour au laboratoire, nous avons procédé à une série d'analyses sur les échantillons collectés. Cela peut inclure des tests physiques, chimiques, ou autres, en fonction de nos objectifs de Recherche.

Les résultats obtenus à partir de ces analyses ont constitué une base solide pour tirer des conclusions et formuler des recommandations pertinentes.

I.II. Amesmessa :

Pour l'échantillon du site d'Amesmessa, nous avons pu obtenir des informations détaillées directement auprès de l'entreprise elle-même, notamment en ce qui concerne les essais réalisés. L'équipe de l'entreprise nous a fourni toutes les informations nécessaires concernant les essais qu'ils ont effectués sur les échantillons prélevés à Amesmessa.

Ces essais peuvent inclure des analyses physico-chimiques, des tests de qualité, des mesures de performance, des évaluations de la teneur en or, et bien d'autres paramètres pertinents. Ces informations fournies par l'entreprise sont d'une valeur considérable, car elles sont basées sur leurs propres analyses et recherches approfondies. Elles nous permettent d'obtenir une perspective précise et fiable sur les caractéristiques du minéral d'or à Amesmessa, ainsi que sur son potentiel d'exploitation et ses propriétés spécifiques.

Nous avons examiné ces informations, en le comparant avec nos propres observations et analyses, afin de tirer des conclusions solides et fiables. Cette collaboration étroite avec l'entreprise nous a permis d'approfondir notre compréhension du gisement d'or à Amesmessa et d'obtenir des informations plus complètes et précises pour notre étude.

En outre, cette interaction avec l'entreprise a également ouvert la voie à des discussions plus approfondies sur les défis et les opportunités liés à l'exploitation du minerai d'or à Amesmessa. Nous avons pu échanger des idées, partager des perspectives et obtenir des informations de première main sur les stratégies et les pratiques de l'entreprise en matière d'exploitation minière.



Figure III.1 : Photo Satellitaire de la base et des filons 8 et 9 d'Amesmessa. [27]

L'acquisition de ces informations directement auprès de l'entreprise elle-même renforce la création et la pertinence de notre étude, en nous permettant d'intégrer des données et des perspectives provenant de sources multiples et complémentaires. Cela enrichit notre analyse.



Figure III.2: Filon 8 d'Amesmessa [photo prise]



Figure III.3: Echantillon représentatif de Filons 08. [7]



FigureIII.4: Minerai In Amguel. [Photo prise]

II. Description visuelle des échantillons :

II.I. Minerai d'Amesmessa :

Tableau 01 : La description visuelle des échantillons d'Amesmessa.

La zone du minerai	Filon	Description visuelle
Amesmessa	Filon n° 8	<p>Filon de quartz minéralisé blanc grisâtre, compacte très dur ca dureté 7 .minéralisé par les sulfures parfait sont là, chalcopryrite, chalcocite plus galène noir (gris noirâtre).</p> <p>Roche encaissante de filon de quartz c'est le metasomatite a une couleur verdâtre compacte très dur minéralisé par les sulfures.</p> <p>Roche encaissante mylonite couleur gris noirâtre non minéralisé.</p>

II.II. Minerai de l'In Amguel:

Tableau 02: La description des échantillons d'In Amguel.

Microentreprise	Minerai (échantillon)	Description visuelle
Artisan 1	Echantillon 1674	<p>Filon de quartz blanc, gris, dur compact et solide. frottement oxydée par d'oxyde de fer (FeO) (limonite et goethite) couleur rougeâtre et marron.</p> <p>Et filon de quartz fissure et fracturée remplis par les circulations des fluides et par la minéralisation des sulfures.</p> <p>En voir par exemple :(cristaux galène (Pbs), blende (Zns) ou la sphalérite incluse dans les fissures de quartz, aussi les cristaux de pyrite et chalcopryrite (FeS₂) et (Cu₂FeS₂), en note le minérale de tourmaline dans le quartz, forme amas couleur noir.</p>

<p>Artisan 2</p>	<p>Echantillon 1553</p>	<p>Filon de quartz blanc rosâtre dur compact très oxydé par des oxydes de fer (FeO).</p> <p>Des oxydes sous forme émonite et hématite a une couleur jaune rougeâtre et hydroxyde de goethite couleur marron noirâtre se trouve dans des cavités, en autre le manganite (Mn⁺⁴) sous forme de dendrite de manganèse (Mn⁺²O₂).</p> <p>Des cristaux de petit tai très fin à une couleur noir, la minéralisation des sulfures présents visuellement sous forme de petits cristaux de galène (Pbs) a couleur gris noirâtre bien clair aussi la pyrite (FeS₂) inclise dans ce quartz à une couleur jaune.</p>
<p>Artisan 3</p>	<p>Echantillon 1544</p>	<p>Filon de quartz blanc grisâtre très dur et compact.</p> <p>Roche esquissant de métamorphisme quartzite à élément de quartz très fin siliceux (silice).</p> <p>Ce quartz fissuré et fracturé à échelle centimétrique et en millimètre, rempli par oxyde de fer et par la minéralisation de sulfures exemple :</p> <p>(galène, pyrite), sphalérite, (ZnS) gris claire, suivi par les minéraux sulfaté de cuivre, chalcopryrite (FeS₂) couleur jaune parfaite, le manganèse présent sous forme dendrite de manganèse (Mn⁺²O)</p>

Après avoir prélevé les échantillons, nous les avons récupérés sur le site afin de procéder à des analyses physico-chimiques. Au laboratoire, la première étape de ce processus consiste à réduire les dimensions des échantillons jusqu'à obtenir une poudre très fine.

Pour ce faire, nous avons utilisé différentes techniques et équipements appropriés pour effectuer cette réduction de dimension. Cela peut inclure l'utilisation d'un concasseur, d'un broyeur ou d'autres outils spécialisés, selon la nature des échantillons et les objectifs des analyses.

L'objectif de cette réduction de dimension est de rendre les échantillons plus homogènes et de faciliter les analyses ultérieures. En transformant les échantillons en poudre fine, sur l'instantané une plus grande surface spécifique, ce qui permet une meilleure interaction avec les réactifs chimiques lors des analyses.

II.III. préparation mécanique :

Dans le cadre du chapitre II, différentes étapes ont été expliquées en détail concernant le traitement des échantillons. Voici une reformulation et un développement des étapes dit :

A. Débitage des roches : Cette première étape consiste à réduire les roches prélevées en dimensions plus petites. Les roches sont découpées en morceaux de taille appropriée pour faciliter les étapes suivantes du processus d'analyse. Cela peut impliquer l'utilisation d'outils tels que des marteaux, des ciseaux ou des scies, en fonction de la nature et de la résistance des roches.



Figure III.5 : Granulométrie des roches après le débitage. [Photo prise]

B. Concassage : Après le débitage, les morceaux de roche obtenus sont ensuite réduits davantage par concassage. Cette étape vise à réduire la taille des morceaux de roche jusqu'à une dimension de l'ordre de 6 mm. Le concassage peut être effectué à l'aide de concasseurs mécaniques ou d'autres dispositifs adaptés qui écrasent les morceaux de roche pour obtenir la taille requise.



Figure III.6 : Le résultat obtenu après le concassage. [Photo prise]



Figure III.7 : Le diviseur. [Photo prise]

C. Division et échantillonnage : Une fois les roches concassées, le minéral est mélangé pour obtenir un échantillon représentatif. Il est essentiel de prélever un échantillon qui reflète de manière précise la composition et les caractéristiques du minéral dans son ensemble. L'échantillon est divisé en portions égales pour assurer une représentation statistique et minimiser les biais potentiels.



Figure III.8 : L'échantillon après le Broyage. [Photo prise]

D. Broyage : Après la division, l'échantillon est soumis à une étape de broyage. L'objectif est de réduire la dimension du minéral jusqu'à une taille très fine, inférieure à 75 μm . Le broyage est réalisé à l'aide de broyeurs spécifiques qui écrasent et pulvérisent le minéral, le transformant ainsi en une poudre fine. Cette poudre offre une plus grande surface spécifique, favorisant ainsi les réactions chimiques ultérieures lors des analyses. (Figure II.10)

E. Homogénéisation par quartage : Pour garantir la représentativité de l'échantillon, une étape d'homogénéisation est réalisée par quartage. L'échantillon broyé est étalé et divisé en quarts égaux, puis deux quarts opposés sont prélevés et mélangés. Ce processus est répété plusieurs fois pour obtenir un échantillon homogène et représentatif, garantissant ainsi la fiabilité des résultats des analyses.



Figure III.9 : Le quartage. [Photo prise]

II.IV. Détermination de la teneur initiale des minerais :

Le minéral que nous avons considéré a été caractérisé à l'aide de la spectrométrie d'adsorption atomique (SAA), une technique analytique puissante et quantitative qui a été décrite pour la première fois par Walsh en 1955.

A. principe la spectrométrie d'adsorption atomique (SAA) :

Cette technique utilise généralement une lampe à cathode creuse pour produire une source d'atomes excités de l'élément d'intérêt. L'échantillon est ensuite vaporisé et atomisé, et les atomes libres sont délivrés à des longueurs d'onde spécifiques par l'élément cible. La quantité d'absorption est mesurée et permet de déterminer la concentration de l'élément dans l'échantillon.

La SAA est appréciée pour sa sensibilité élevée, sa précision et sa capacité à détecter et quantifier de nombreux éléments présents dans un échantillon. Elle est largement utilisée dans divers domaines de la recherche.

Dans notre étude, la spectrométrie d'adsorption atomique a été utilisée pour caractériser le contenu en éléments spécifiques de notre minéral. Grâce à cette technique, nous avons pu obtenir des données précises sur les concentrations d'éléments clés présents dans notre échantillon, ce qui a écarté notre compréhension globale de la composition du minéral et à l'évaluation de son potentiel économique et de ses propriétés.

B. Appareil de SAA

La spectrométrie d'adsorption atomique représente un outil analytique de choix dans le domaine de la chimie analytique, permettant des analyses quantitatives fiables et des résultats significatifs pour l'étude des échantillons. (Figure II.16)

II.V. Matériaux et analyse :**1/ Fusion (préparation thermique) :**

- Un échantillon homogène de granulométrie inférieure à 75 μ m. Cela signifie que nous avons utilisé des granulés réduits en une poudre fine, dont la taille des particules était inférieure à 75 micromètres.
- Des creusets en porcelaine propres. Les creusets en porcelaine sont des récipients utilisés pour contenir les échantillons lors de la fusion et de l'analyse ultérieure. Ils doivent être propres et exempts de toute contamination afin de garantir l'intégrité des résultats.



Figure III.10 : Les creusets. [Photo prise]

- Un char : Est un équipement de laboratoire utilisé pour transporter les échantillons, les réactifs et les instruments d'un endroit à un autre en toute sécurité et efficacité.
- Un four pour la fusion : Nous avons utilisé un four spécifique pour effectuer la fusion des échantillons. Le four est réglé à une température appropriée pour permettre la fusion des échantillons et la formation d'un liquide homogène. (Figure II.11)
- Un mélange de fondant composé de carbonate de sodium, de borax, de farine et d'oxyde de plomb. Le fondant est utilisé pour faciliter la fusion des échantillons et améliorer leur réactivité chimique pendant l'analyse.
- Une spatule. La spatule est un outil de laboratoire utilisé pour manipuler les échantillons et les réactifs de manière précise. Elle permet de prélever des quantités spécifiques de substances et de les transférer dans les creusets ou d'autres récipients.
- Une balance électrique. La balance électrique est utilisée pour mesurer avec précision la masse des échantillons, des réactifs et d'autres substances. Elle permet d'obtenir des mesures précises nécessaires pour les calculs et les dosages dans les analyses chimiques.
- Du nitrate d'argent (AgNO_3). Le nitrate d'argent est un réactif chimique couramment utilisé dans les analyses pour détecter la présence de certains composés ou ions spécifiques. Il peut être utilisé pour des tests de précipitation ou de titrage. (Figure II.)

2/ Coupellation :

Pour réaliser la coupellation, nous avons utilisé les éléments suivants :

- Des coupelles : Les coupelles sont de petits récipients en céramique ou en porcelaine spécialement conçus pour la coupellation. Elles sont généralement en forme de petites coupes peu profondes avec des bords légèrement relevés pour contenir les échantillons. (Figure II.)
- Un four : Nous avons utilisé un four spécifique pour effectuer la coupellation. Le four est réglé à une température élevée, généralement supérieure à la température de fusion de l'échantillon, afin de faciliter la séparation des métaux précieux de l'alliage.

II.VI. Préparation chimique :

Pour réaliser la préparation chimique, plus précisément la digestion des échantillons, nous avons utilisé les éléments suivants :

- Des tubes à essai propres et un support : Les tubes à essai sont des récipients en verre utilisés en laboratoire pour contenir les échantillons lors des réactions chimiques. Ils sont généralement en forme de tube étroit avec un fond arrondi. Un support est utilisé pour maintenir les tubes à essai en position verticale pendant la digestion.



FigureIII.11 : Les tubes à essai. [Photo prise]

- Une plaque chauffante pour Bain-marie : Une plaque chauffante spécialement conçue pour les bains-marie a été utilisée. Le bain-marie est une technique de chauffage doux et contrôlé où les tubes à essai sont placés dans un récipient contenant de l'eau chauffée à une température constante. Cela permet de chauffer les échantillons de manière uniforme et régulière.

- Une solution d'acide nitrique (HNO_3) de 30 % : L'acide nitrique est un réactif chimique couramment utilisé pour la digestion des échantillons. La solution d'acide nitrique de 30% utilisée était diluée avec de l'eau distillée pour obtenir la concentration nécessaire. L'acide nitrique est utilisé pour dissoudre les composés minéraux présents dans les échantillons.
- Une solution d'acide chlorhydrique (HCl) de 100 % : L'acide chlorhydrique est également un réactif utilisé pour la digestion des échantillons. La solution d'acide chlorhydrique de 100% est généralement réduite avec de l'eau distillée pour obtenir la concentration appropriée. L'acide chlorhydrique est utilisé pour faciliter la dissolution des échantillons et améliorer l'efficacité de la digestion.
- Eau distillée : L'eau distillée est utilisée pour préparer les solutions d'acides et pour rincer les récipients et les équipements de laboratoire afin d'éviter toute contamination.

III. Détermination finale de l'analyse :

III.I. Un spectromètre d'absorption atomique (SAA) ;

Nous avons utilisé tous ces outils et solutions chimiques pour effectuer nos analyses en suivant un mode opératoire bien déterminé.

A. Mode opératoire :

- **Fusion (préparation thermique) :**
 - De Chaque échantillon en pèse 30 g.
 - Les échantillons sont soigneusement versés dans les creusets en porcelaine selon un ordre spécifique qui est enregistré sur une fiche de travail. Ensuite, le mélange de fondant est ajouté à chaque creuset de manière à obtenir un bouton de plomb d'une masse compris entre 25 et 30g.
 - Pour faciliter la réaction, 2 ml d' AgNO_3 sont inclus dans chaque creuset, puis le mélange est agité à l'aide d'une spatule propre afin d'éviter toute contamination potentielle.
 - Les creusets contenant les échantillons sont placés dans un four et chauffés à une température de 1100°C pendant une durée d'une heure, assurant ainsi la fusion complète des échantillons. Ensuite, le fondant fondu est versé dans des moules selon l'ordre établi, puis on attend le refroidissement complet du mélange.
 - Ce processus permet de préparer les échantillons de manière à ce qu'ils soient prêts pour les analyses ultérieures. La fusion des échantillons avec le fondant de plomb

et l'ajout d'AgNO₃ contiennent la formation d'un bouton de plomb contenant les éléments d'intérêt. Une fois refroidis, les boutons de plomb sont prêts à être analysés pour déterminer la concentration des éléments présents dans les échantillons.

- Les scories provenant de la fusion sont brisées à l'aide d'un marteau afin de récupérer les boutons de plomb formés. Une fois récupérés, les boutons de plomb sont aplatis et placés dans leurs supports respectifs.

- **La coupellation :**

- On préchauffe un nombre de coupelle égal aux boutons de plomb résultants pendant

10min dans un four à 1000°C ;(FigureII.13)

- 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 1000°C pendant 40min pour but de fusion ;
- 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, on obtient à la fin de cette opération une perle constituée de métaux précieux (Ag et Au).

- **L'attaque chimique (la digestion) :**

- Les perles obtenues après la coupellation sont déposées dans des tubes à essais, qui sont ensuite disposées de manière ordonnée dans leurs supports conformément à l'ordre établi sur la fiche de travail.
- Dans chaque tube à essai, 3 ml d'acide nitrique (HNO₃) à 30% sont ajoutés, puis les tubes sont placés dans un Bain-marie préchauffé (voir Figure III.14) pendant 20 minutes afin d'éliminer l'argent (Ag).
- Après cette étape, 3 ml d'acide chlorhydrique (HCl) sont ajoutés au résidu d'or dans chaque tube. Les acides sont mélangés pour former de l'eau régale, qui dissout l'or. Les tubes sont ensuite remis sur le Bain-marie pendant 20 minutes.
- À la fin de la digestion, 4 ml d'eau distillée sont ajoutés pour diluer la solution, puis les tubes sont laissés à refroidir pendant 10 minutes.
- Une fois refroidis, les tubes à essais sont agités afin d'assurer une bonne homogénéisation de la solution.

- **Détermination de la teneur initial :**

Une fois les tubes refroidis et la décantation complète, les échantillons sont analysés à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique (SAA) en utilisant un ordinateur. Cette technique permet de mesurer la teneur finale en Or de nos échantillons.

B. Test de lixiviation en bouteille roulante (bottel roll)

L'essai de cyanuration en bouteilles roulantes constitue la première étape de l'évaluation industrielle de la récupération potentielle de l'or par cyanuration. Cette méthode implique l'agitation délicate du minéral préparé dans une solution de cyanure ou une lixiviation de cyanure. Tout au long de l'essai, des paramètres tels que les niveaux d'oxygène, l'alcalinité, la consommation de cyanure et la teneur en or sont étroitement surveillés et contrôlés. [7]

L'objectif de cet essai est de fournir des informations précises sur les taux de récupération attendus de l'or présent dans le minéral. En précisant avec précision les différents paramètres tout au long de

L'essai, on peut obtenir des données fiables sur l'efficacité de la cyanuration pour extraire l'or du minéral.

B. 1 Matériels utilisés :

- a) bouteille roulante (bottel roll) en (PEHD) ;
- b) Eau distillé ;
- c) Cyanure ;
- d) Soude caustique (NaOH) ;
- e) Balance électronique ;
- f) 1kg du minerai (échantillon) ;
- g) Des tubes à essais et leur support ;



Figure III.12 : Les bouteilles de Botell roll. [Photo prise]



Figure III.13 : L'eau distillée. [Photo
Prise]

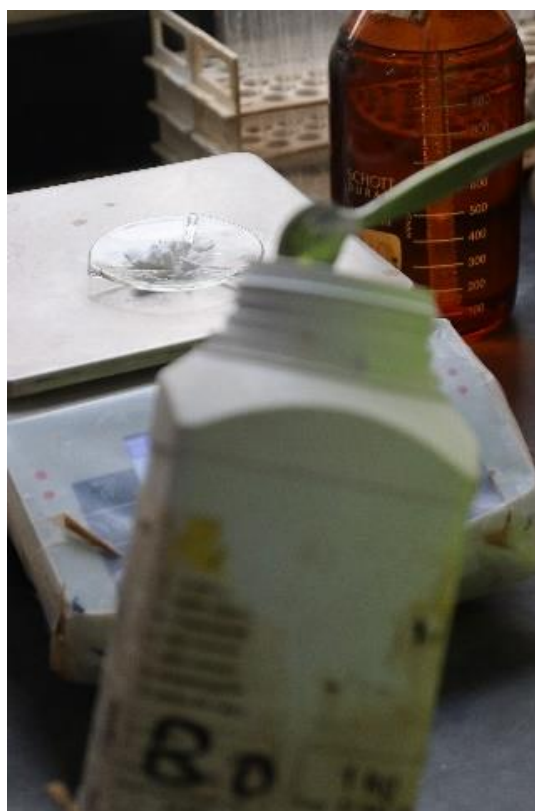


Figure III.14 : Le cyanure. [Photo prise]



Figure III.15 : La soude caustique (NaOH) dans une balance électronique. [Photo Prise]

B. 2 Mode opératoire :

- On prépare 1kg du chaque minerais (échantillons) ;
- Préparer les Bottel roll bien lavées ;
- Mettre le minerais de l'intérieur de la bouteille ;
- On prépare une solution de 1 litre d'eau distillée ;
- 0.5 g de soude caustique (NaOH) ;
- 03 g de cyanure de sodium (NaCN) ;
- On Verse le tout dans la bouteille et la mettre en rotation (Figure III.12);
- Des prélèvements d'échantillons sont effectués à des intervalles réguliers pour une analyse par SAA. Ces intervalles sont précisément déterminés et comprennent des durées de 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, 180 minutes, 240 minutes et 300 minutes ;
- Avant de soumettre chaque échantillon prélevé à l'analyse par SAA, il est essentiel de le filtrer;
- À la fin du test, le résidu restant dans le récipient est versé pour déterminer la teneur en solides finale. Ce résidu est filtré puis séché dans une étuve.



Figure III.16 : Mètre le minerais à l'intérieur de Bottel roll. [Photo prise]

C. Test d'adsorption dynamique avec charbon actif

L'adsorption est un processus de surface par lequel des molécules se lient aux sites actifs présents sur la surface d'un matériau adsorbant. Ces liaisons sont généralement de nature faible, telles que les forces de Van der Waals, les interactions électrostatiques ou les liaisons hydrogène. Dans le cas de notre étude, l'adsorption se fait à l'aide de charbon actif, qui est une structure amorphe composée principalement d'atomes de carbone. Ce charbon actif est obtenu par carbonisation à haute température de la matière première. [7]

Le processus d'adsorption utilisé est similaire à celui de la lixiviation, mais il présente quelques différences spécifiques. Pour chaque kilogramme de minerais, les étapes de l'adsorption sont les suivantes :

- Rotation : Le mélange de minerais est placé en rotation pendant 12 heures sans autre intervention ;
- Prélèvement initial : Après les 12 heures de rotation, un premier échantillon est prélevé pour déterminer la teneur initiale en or ;
- Ajout de charbon actif : Ensuite, 1,5 gramme de charbon actif vierge est ajouté au mélange ;

- Prélèvements réguliers : Dès l'ajout du charbon actif, des échantillons sont prélevés à des intervalles
- (de 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, 180 minutes, 240 minutes et 300 minutes.) réguliers pour une analyse ultérieure par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) ;
- Détermination de la teneur finale en solides : En plus de la teneur finale en or, la teneur en solides est également due en ajoutant la quantité de charbon actif utilisé ;
- Récupération du charbon actif : À la fin de l'essai, le charbon actif est récupéré de la pulpe en utilisant un tamis. Il est ensuite placé dans un béccher et séché dans une étuve ;



Figure III.17 : Le charbon actif. [Photo Prise]

Ce processus d'adsorption permet de quantifier la capacité du charbon actif à adsorber l'or présent dans le minéral. Les prélèvements réguliers et les analyses effectués par SAA permettent de suivre les variations de la teneur en or au fil du temps et d'évaluer l'efficacité de l'adsorption. La détermination de la teneur finale en solides et du charbon actif permet également d'évaluer la quantité d'or adsorbé par rapport à la quantité de charbon utilisé.

- À la fin du test, le résidu restant dans le récipient est versé pour déterminer la teneur en solides finale. Ce résidu est filtré puis séché dans une étuve.

D. Test de Décantation

D.1 Décantation naturel :

Nous avons effectué une préparation en prenant 100 g de minerai (broyé fin) que nous avons placé dans une éprouve graduée. Ensuite, nous avons ajouté 100 ml d'eau et mélangé avec soin pour obtenir une boue homogène. Après cela, nous avons laissé la boue se décanter en utilisant des distances préalablement déterminées, et nous avons enregistré le temps nécessaire pour que la boue se dépose à chaque distance (dans chaque 5 mm)

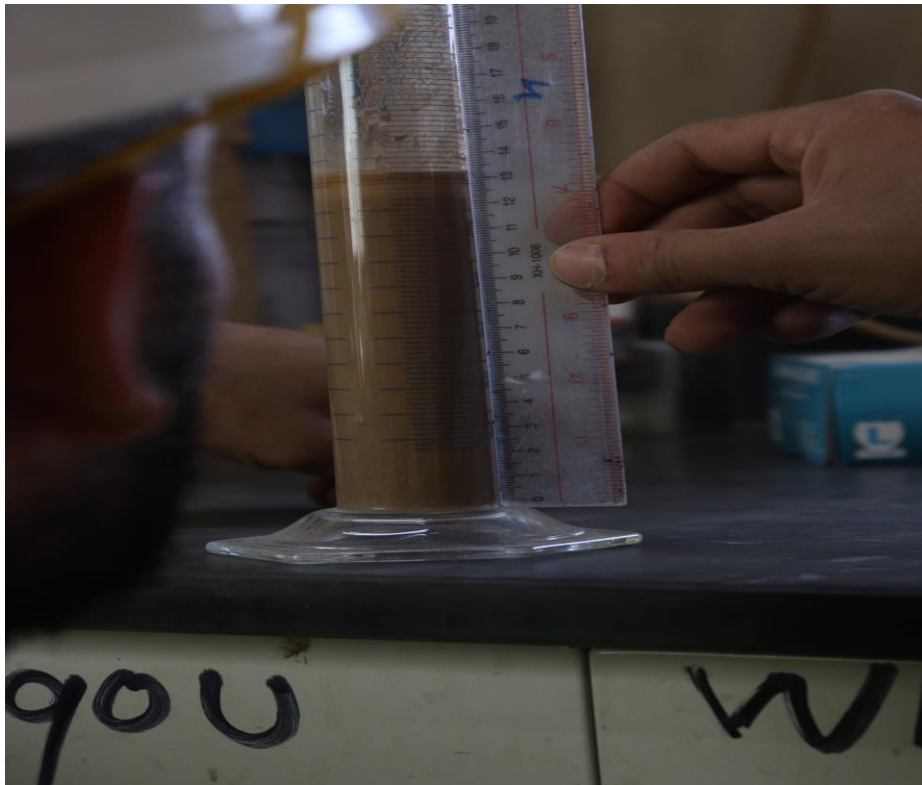


Figure III.18 : Teste de décantation. [Photo prise]

D.2 Décantation par flocculant (décantation forcé)

La méthode utilisée pour la décantation reste la même, cependant, une variation est administrée en ajoutant un flocculant à une concentration de 0,02 g. Le flocculant est une substance chimique qui favorise l'agglomération des particules en suspension dans la boue, facilitant ainsi leur sédimentation.

Lorsque le flocculant est ajouté à la boue, il se mélange avec les particules solides présentes. Il crée des liaisons entre les particules, les regroupements en structures et de grandes appelées floccs. Ces floccs ont une masse plus importante que les particules individuelles, ce qui accélère leur vitesse de sédimentation.

E. Test de Densité :

Dans notre démarche expérimentale, nous avons procédé à la sélection d'un échantillon représentatif de chaque minerai sous forme de roche. Ce choix est essentiel pour garantir la fiabilité

De nos résultats et assurer une bonne représentativité des caractéristiques du minéral considéré. Une fois l'échantillon sélectionné, nous avons utilisé une balance de laboratoire précise pour déterminer avec précision sa masse.

Ensuite, nous avons réalisé une étape cruciale pour la détermination du volume du minéral : nous avons immergé l'échantillon dans une éprouvette graduée contenant une quantité préalablement dosée d'eau. Cette méthode est couramment utilisée pour déterminer le volume de solides irréguliers, tels que des morceaux de roche.

Le processus d'immersion permet de mesurer le déplacement de liquide obtenu par l'insertion de l'échantillon dans l'éprouvette. En observant la différence de niveau entre l'eau avant et après l'immersion, nous pouvons déduire avec précision le volume occupé par l'échantillon de minéral.

Cette démarche méticuleuse est cruciale pour notre étude, car elle nous permet de caractériser plus complètement l'échantillon de minéral choisi. En connaissant la masse et le volume de l'échantillon, nous serons en mesure de calculer la densité apparente du minéral, une information importante pour évaluer sa compacité et son potentiel d'exploitation.

$$\text{Densité} = \text{Masse} // \text{Volume}$$

F. Caractérisation du Minerai

➤ **Technique de caractérisation :**

Au laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux et Catalyse (LPCMC) de l'université de Bejaia, plusieurs techniques de caractérisation ont été utilisées pour l'étude des minéraux bruts. Parmi ces techniques, on retrouve la diffraction des rayons X et la fluorescence X

➤ **Analyse par DRX (Diffraction Des Rayons X) :**

- **Définition de la DRX :**

La diffraction des rayons X est une méthode couramment utilisée Pour déterminer la structure cristalline des échantillons. En exposant les minéraux bruts aux rayons X, on peut

obtenir des diagrammes de diffraction qui fournissent des informations sur la disposition des atomes dans les échantillons. Cela permet d'identifier les phases minérales présentes et d'analyser leur cristallinité. [7]

- **Principe de la DRX :**

Le principe de base de la DRX est basé sur la loi de Bragg, formulée Par les physiciens William Henry Bragg et William Lawrence Bragg au début du 20e siècle. Selon cette loi, la diffraction des rayons X se produit lorsque la distance entre les plans cristallins d'un échantillon et l'angle d'incidence des rayons X correspond à une condition constructive particulière. Cette condition est exprimée par l'équation de Bragg : $n\lambda = 2d \sin(\theta)$, où n est l'ordre de diffraction, λ est la longueur d'onde des rayons X, d est la distance entre les plans cristallins et θ est l'angle de diffraction.

- **Mode opératoire de la DRX :**

Le mode opératoire de la diffraction des rayons X (DRX) Comprend plusieurs étapes. Voici les étapes typiques décrites dans l'analyse par DRX : Préparation de l'échantillon : L'échantillon doit être préparé de manière appropriée pour l'analyse par DRX. Cela peut impliquer le broyage de l'échantillon pour obtenir une poudre fine. L'objectif est d'obtenir un échantillon présentant une surface plane et une dispersion uniforme des cristaux. [7]

➤ **Analyse Spectrométrie de Fluorescence X (FX):**

- **Définition de la FX :**

La fluorescence X (FX) est une technique analytique utilisée pour déterminer la composition élémentaire d'un échantillon. Elle est basée sur l'émission de rayonnements X caractéristiques par les atomes d'un matériau lorsqu'ils sont excités par des rayons X de haute énergie. Ces rayonnements X émis sont ensuite détectés et analysés pour déterminer les éléments présents dans l'échantillon ainsi que leurs concentrations respectives.

- **Principe de la FX :**

Lorsqu'un échantillon est exposé à un faisceau de rayons X, les atomes de l'échantillon sont excités et d'un état fondamental à un état excité. Cet état excité est instable, ce qui conduit les atomes à revenir à leur état fondamental en libérant de l'énergie sous forme de photons X. Ce phénomène est connu sous le nom de fluorescence X.

Chaque atome possède une configuration électronique unique, ce qui signifie qu'il émettra des photons X avec des énergies et des longueurs d'onde spécifiques. La fluorescence X est donc une émission secondaire de rayons X qui est caractéristique des atomes constituant l'échantillon.

- **Mode opératoire de la FX :**

Dans le cadre de l'analyse par fluorescence X, l'échantillon à étudier est préparé en déposant une quantité de 2 à 3 g sur un porte-échantillon en plastique. Ce porte-échantillon est ensuite installé dans l'appareil de fluorescence X. Une fois l'échantillon en place, l'appareil a généré un faisceau de rayons X qui est dirigé vers l'échantillon. Sous l'effet de ce faisceau de rayons X, les atomes de l'échantillon sont excités et tentent des photons X caractéristiques lorsqu'ils émettent à leur état fondamental. Ces photons X sont captés par le détecteur de l'appareil.

Les signaux captés par le détecteur sont ensuite traités et analysés par l'ordinateur qui contrôle l'appareil. Les résultats de l'analyse, qui représentent les échantillons chimiques présents dans l'analyse ainsi que leur concentration massive, sont affichés sur l'écran de l'ordinateur. Ces résultats permettent d'obtenir une vue détaillée de la composition élémentaire de l'analyse.

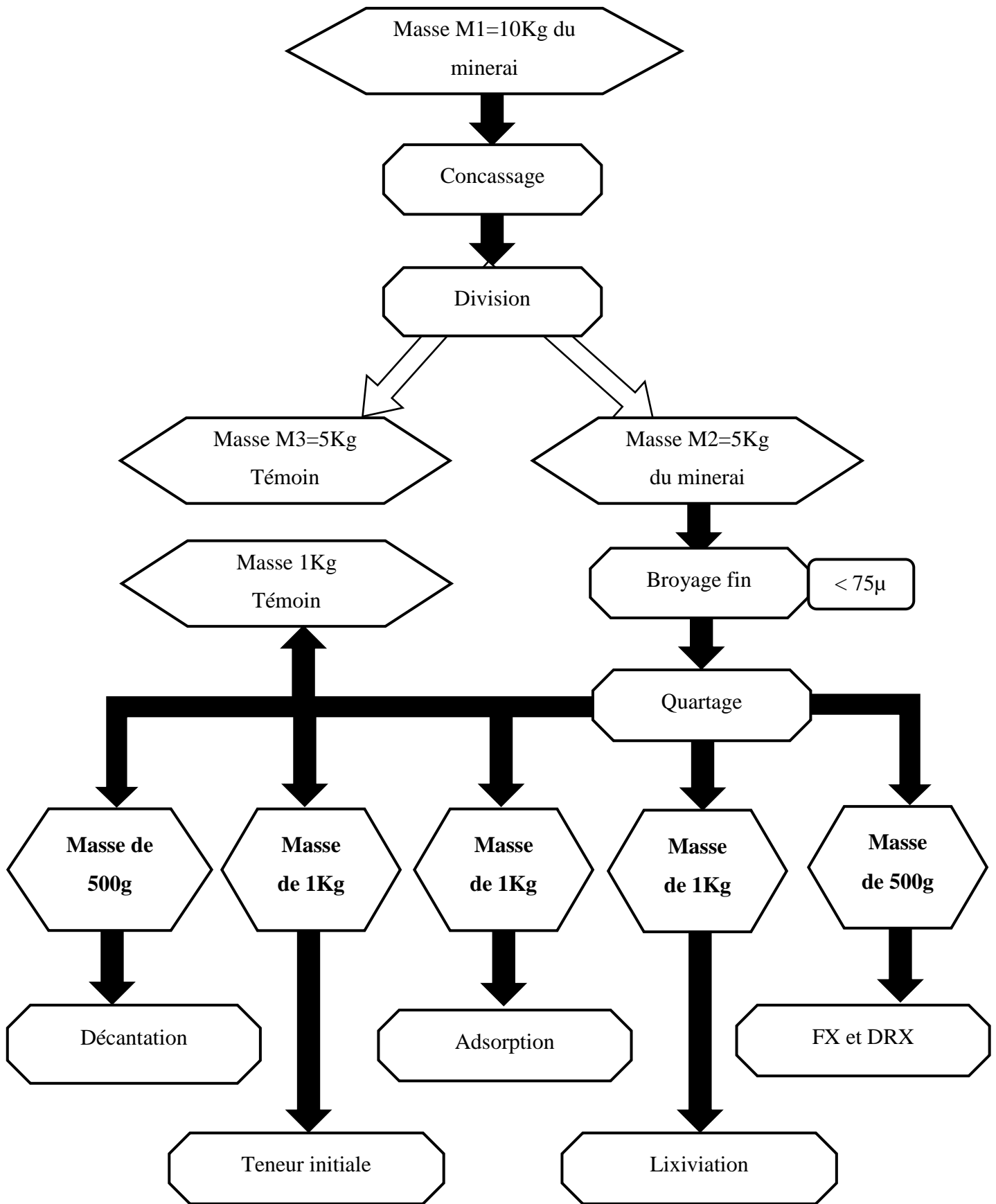


Figure III.19 : Schéma représentatif d'une préparation des échantillons d'un minerais pour essais

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé en détail les différentes méthodes et étapes suivies que nous avons tout au long de notre projet au sein de la mine d'Amesmesssa. Notre objectif principal était d'étudier et de comparer les minéraux des deux régions, en particulier le filon N°08 et le dépôt d'In Amguel, en présence des géologues responsables de la mine.

Pour atteindre cet objectif, nous avons procédé à plusieurs échantillonnages de minéraux aurifères. Ces échantillons ont été prélevés de manière à être représentatifs et homogènes, en utilisant des méthodes mécaniques appropriées. Ils ont ensuite été soumis à une caractérisation approfondie dans différents laboratoires.

Dans cette partie, nous avons également exposé les étapes de la caractérisation physico-chimique des minéraux. Nous avons mis en évidence le mode opératoire et les techniques d'analyse utilisées pour obtenir les résultats expérimentaux attendus. Ces résultats seront décrits de manière approfondie dans le chapitre IV de notre étude.

Chapitre IV

Chapitre IV : Résultats et discussions

Introduction :

Ce chapitre présente une analyse détaillée des échantillons provenant de deux sources différentes. D'une part, nous examinons les échantillons du gisement d'Amesmessa, représentés par les filons 8 et 16. D'autre part, nous étudions les échantillons provenant du gisement d'In Amguel, qui sont issus des microentreprises suivantes : Artisan 1 (Aghoub), Artisan 2 (Timjeljine) et Artisan 3 (Tadaguite). Les analyses effectuées comprennent des techniques telles que la diffraction des rayons X, la spectrométrie de fluorescence X, les tests de lixiviation, d'adsorption et de décontamination.

L'interprétation de ces analyses permet de mieux comprendre les observations minéralogiques des échantillons étudiés.

I. Analyse par spectrométrie de fluorescence X

I.I. pour la caractérisation :

Nous avons effectué une analyse élémentaire de nos minerais en utilisant la spectrométrie FX à l'aide d'un appareil portable. Cette méthode nous a permis de déterminer leur composition chimique et de mettre en évidence d'éventuelles variations entre les différents échantillons.

Les résultats sont illustrés dans les tableaux ci-dessous :

A : Minerais d'Amesmessa

Les résultats concernant les deux filons d'Amesmessa sont regroupés dans le tableau et le schéma ci-dessous

Tableau IV.1 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°08 d'Amesmesssa.

Filon N°08		
Elements	Symbols	Resultants %
Dioxyde de silicium	SiO ₂	84.419 %
Oxyde d'aluminium	Al ₂ O ₃	8.188 %
Fer	Fe	2.234 %
Potassium	K	1.907 %
Calcium	Ca	1.364 %
Oxyde de magnésium	MgO	1.151 %
Soufre	S	0.300 %
Titane	Ti	0.111 %
Baryum	Ba	0.077 %
Molybdène	Mo	0.070 %
Plomb	Pb	0.040 %
Strontium	Sr	0.039 %
Phosphore	P	0.030%
Zinc	Zn	0.024%
Manganèse	Mn	0.016%
Niobium	Nb	0.015%
Cadmium	Cd	0.011%
Argent	Ag	0.004%

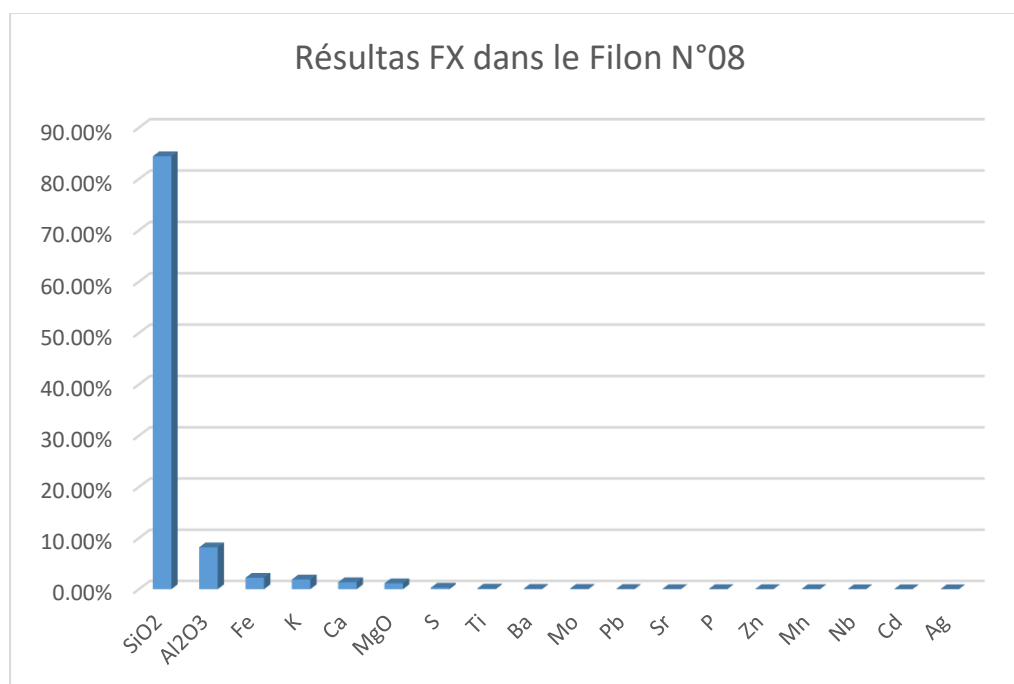


Figure IV.1 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°08 d'Amesmesssa.

Tableau IV.2 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°16 d'Amesmesssa.

Filon N°16		
Eléments	Symbol	Résultats %
Dioxyde de silicium	SiO ₂	76.485 %
Oxyde d'aluminium	Al ₂ O ₃	14.597 %
Potassium	K	3.573 %
Fer	Fe	3.133 %
Oxyde de magnésium	MgO	1.020 %
Calcium	Ca	0.561 %
Baryum	Ba	0.200 %
Titane	Ti	0.155 %
Phosphore	P	0.075 %
Molybdène	Mo	0.065 %
Plomb	Pb	0.035 %
Strontium	Sr	0.034 %
Manganèse	Mn	0.026 %
Cadmium	Cd	0.017 %
Niobium	Nb	0.013 %
Argent	Ag	0.005 %
Nickel	Ni	0.004 %
Zinc	Zn	0.003%

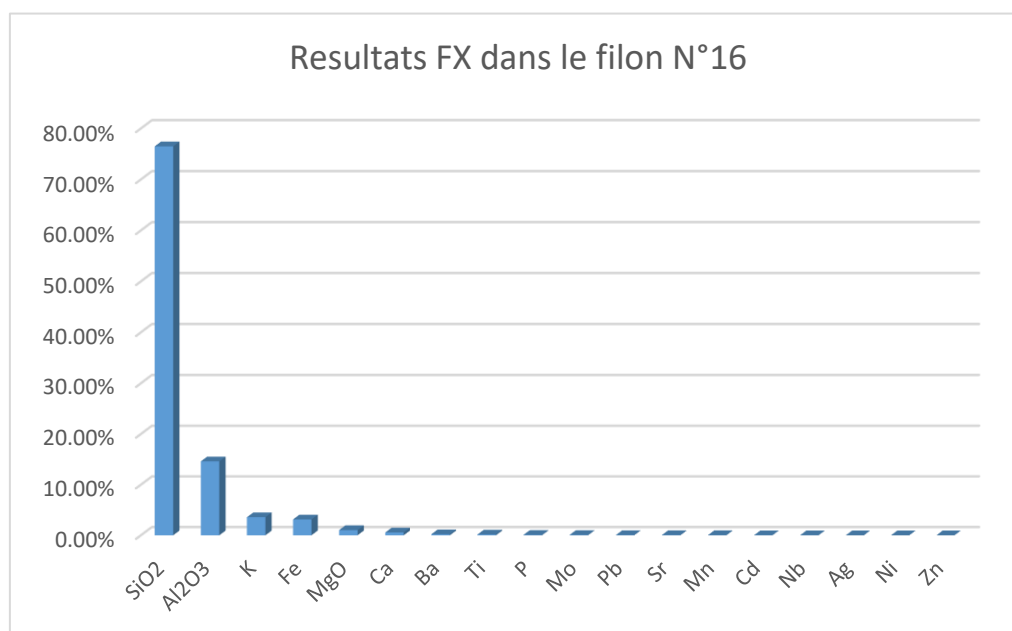


Figure IV.2 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X du Filon N°16 d'Amesmesssa.

❖ **Analyse :**

D'après les informations présentées dans le tableau et le schéma, il est observé que le quartz est le constituant prédominant avec un pourcentage élevé (84,419 % pour le filon 8 et 76,485 % pour le filon 16). Cette concentration élevée est due à la nature géologique spécifique du gisement en question. Les formes d'oxydation, sous la forme d'oxyde de magnésium et d'alumine, témoignent de la présence d'éléments tels que le fer (Fe), le potassium (K), l'argent (Ag) et le zinc (Zn) à des niveaux bien inférieurs à ceux du quartz.

B. Minerais d'In Amguel

Tableau IV.3 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1674).

Artisan 1 (Ech 1674)		
Eléments	Symboles	Résultats %
Silicium	Si	38.632%
Aluminium	Al	2.439%
Fer	Fe	0.776%
Calcium	Ca	0.430%
Magnésium	Mg	0.419%
Potassium	K	0.281%
Molybdène	Mo	0.065%
Baryum	Ba	0.052%
Phosphore	P	0.047%
Titane	Ti	0.046%
Strontium	Sr	0.044%
Niobium	Nb	0.017%
Argent	Ag	0.006%
Antimoine	Sb	0.005%

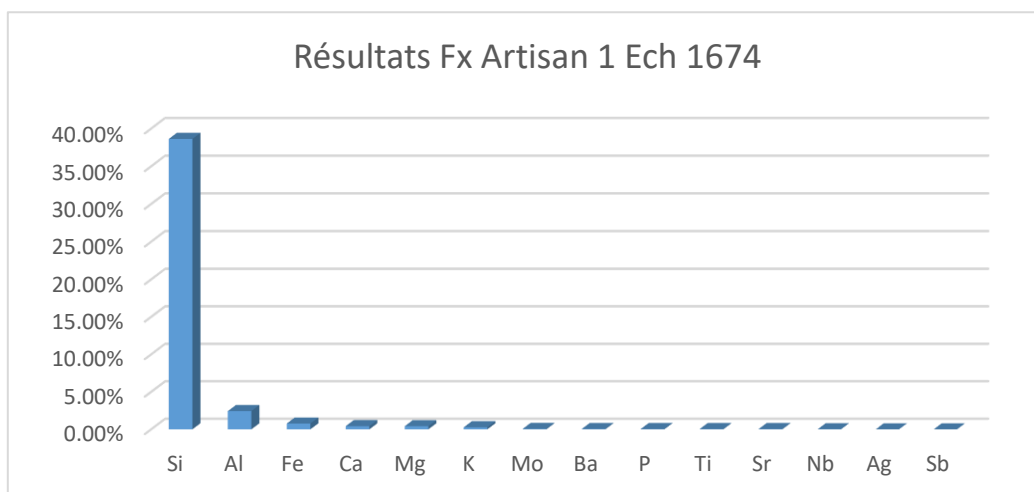


Figure IV.3 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1674).

Tableau IV.4 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1553).

Artisan 2 Ech 1553		
Elément	Symboles	Résultats %
Silicium	Si	37.716%
Aluminium	Al	3.911%
Fer	Fe	1.490%
Potassium	K	1.002%
Magnésium	Mg	0.427%
Calcium	Ca	0.405%
Titane	Ti	0.093%
Phosphore	P	0.049%
Molybdène	Mo	0.048%
Baryum	Ba	0.048%
Strontium	Sr	0.038%
Cadmium	Cd	0.014%
Niobium	Nb	0.013%
Plomb	Pb	0.010%
Manganèse	Mn	0.007%
Argent	Ag	0.004%
Antimoine	Sb	0.003%

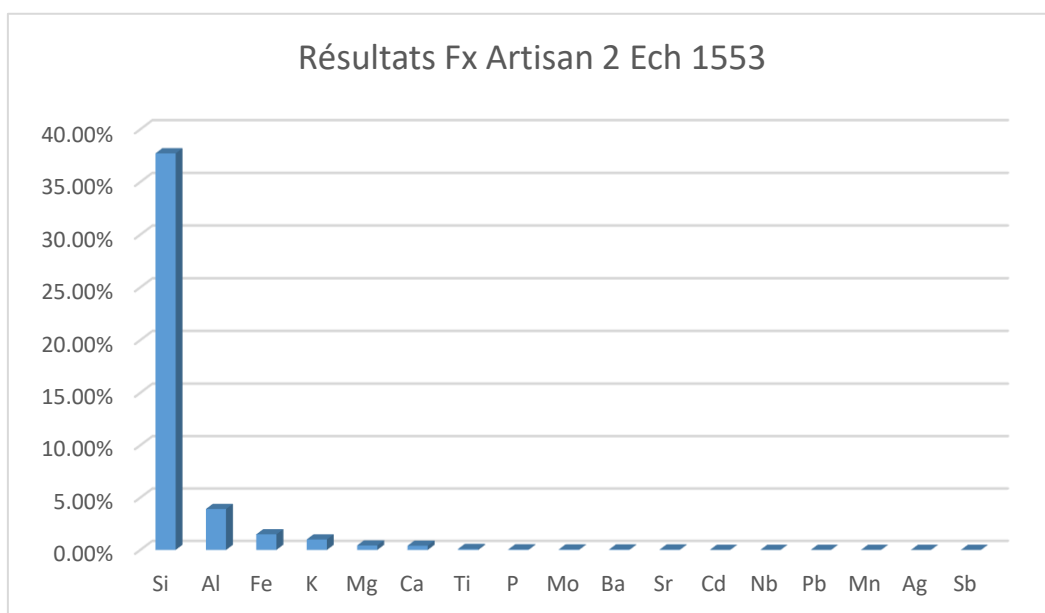


Figure IV.4 : Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1553).

Tableau IV.5 : Résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1544).

Artisan 3 (Ech 1544)		
Eléments	Symboles	Résultats
Silicium	Si	40.688%
Aluminium	Al	3.351%
Fer	Fe	0.821%
Potassium	K	0.562%
Titane	Ca	0.458%
Magnésium	Mg	0.402%
Titane	Ti	0.083%
Molybdène	Mo	0.056%
Phosphore	P	0.041%
Strontium	Sr	0.036%
Niobium	Nb	0.015%
Cadmium	Cd	0.013%
Plomb	Pb	0.006%
Argent	Ag	0.004%
Antimoine	Sb	0.001%

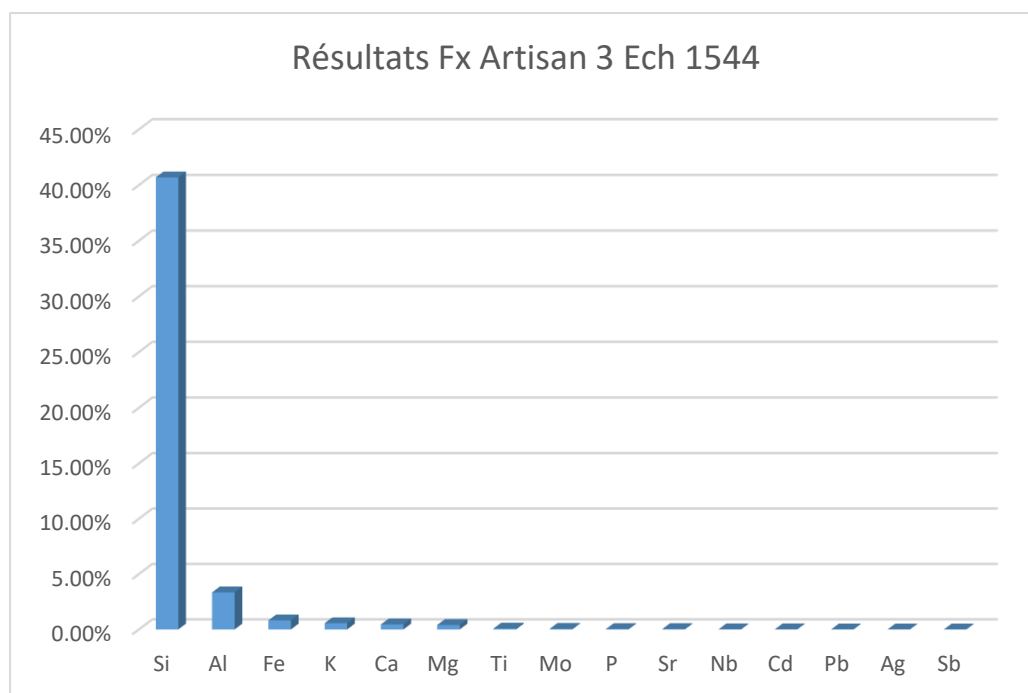


Figure IV.5: Histogramme des résultats de l'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'échantillon (Ech 1544).

❖ **Analyse :**

En comparant le 1er et le 2ème échantillon avec le 3ème, le 4ème et le 5ème échantillon, voici quelques observations :

• **1er échantillon :** (84.419% SiO₂)

Le 1er échantillon présente le pourcentage le plus élevé de SiO₂ parmi les échantillons comparés.

Il a également une teneur élevée en Al₂O₃ (8.188%).

• **2ème échantillon :** (76.485% SiO₂)

Le 2ème échantillon a une teneur en SiO₂ légèrement inférieure par rapport au 1er échantillon.

Il présente une concentration plus élevée d'Al₂O₃ (14.597%) que le 1er échantillon.

• **3ème échantillon:**

Le 3ème échantillon se distingue par une teneur relativement élevée en Si (38.632%) par rapport aux échantillons précédents.

Il présente également des concentrations plus faibles en Al, Fe, Ca, Mg et K par rapport aux deux premiers échantillons.

- **4ème échantillon:**

Le 4ème échantillon montre une teneur similaire en Si par rapport au 3ème échantillon, mais une concentration plus élevée en Al, Fe, K et Ca.

Il a une teneur en Al₂O₃ (3.911%) plus élevée par rapport aux échantillons précédents.

- **5ème échantillon:**

Le 5ème échantillon a une teneur en Si (40.688%) légèrement plus élevée que les autres échantillons.

Il présente également des concentrations relativement élevées en Al, Ca, Mg et K.

En résumé, les comparaisons entre ces échantillons révèlent des variations dans les teneurs en différents éléments, notamment SiO₂, Al₂O₃, Si, Fe, K, Ca et Mg. Ces différences peuvent indiquer des variations dans la composition minérale et les conditions géologiques des échantillons.

- ❖ **Remarque :**

La spectrométrie de fluorescence X présente des limites, notamment une sensibilité relativement faible aux éléments légers, rendant leur détection précise difficile. Les échantillons épais ou complexes peuvent également poser des problèmes en raison de la limitation de la pénétration des rayons X, entraînant des résultats moins précis. Les pics de fluorescence X des éléments proches peuvent se chevaucher, ce qui complique la distinction et la quantification précise de ces éléments. Les limites de détection varient en fonction des éléments, certains nécessitant des concentrations plus élevées pour une détection fiable. De plus, les propriétés de l'échantillon, telles que sa composition chimique et sa structure cristalline, peuvent influencer les résultats, nécessitant une correction appropriée des effets de matrice. Il est donc important de prendre en compte ces limites lors de l'interprétation des résultats et de recourir à d'autres techniques d'analyse complémentaires si nécessaire.

II. Test de diffraction des rayons X :

Voici un exemple de présentation des résultats d'analyse par diffraction des rayons X :

Nous avons effectué une analyse par diffraction des rayons X (DRX) sur nos échantillons de minerais afin de déterminer leur structure cristalline et d'identifier les phases minérales présentes.

Les résultats sont illustrés dans le spectre ci-dessous :

A. Amesmassa :

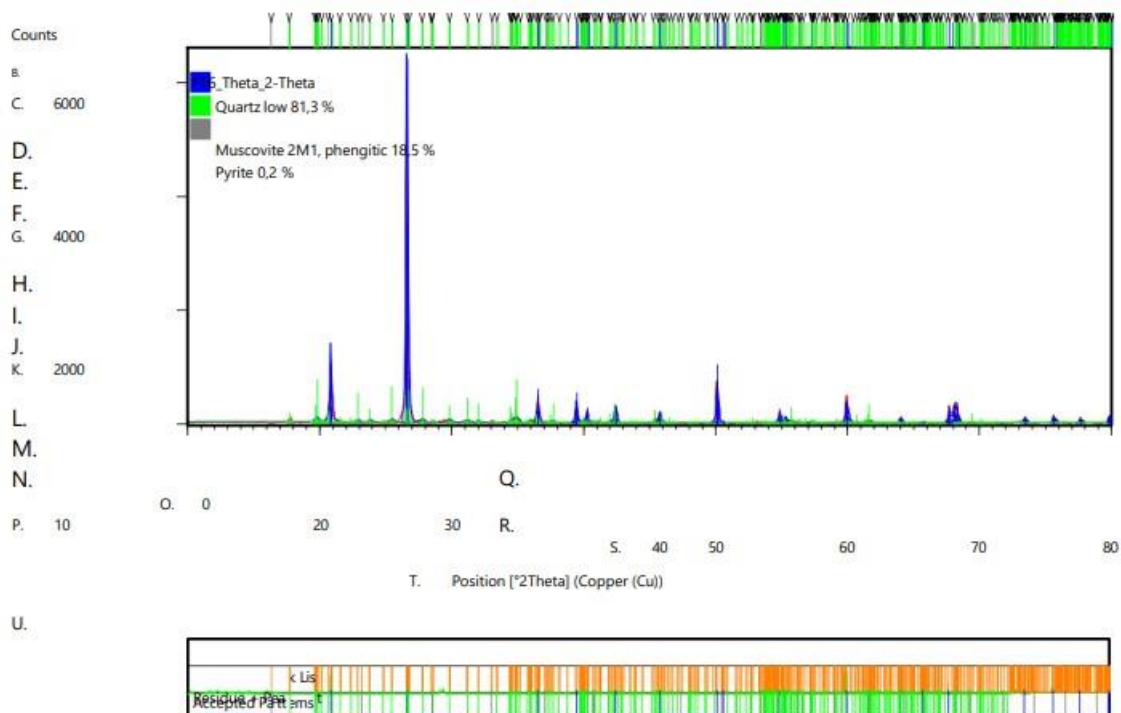


Figure IV.6 : Spectre de la DRX de filon-16

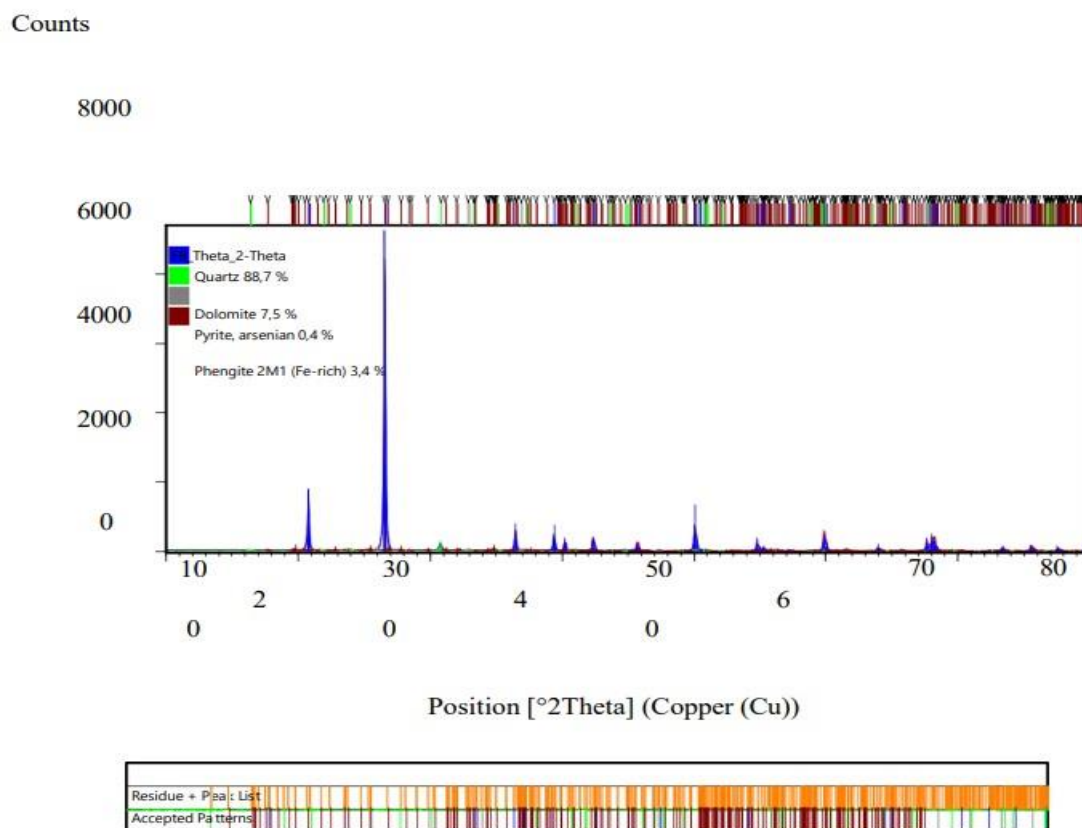


Figure IV.7: Spectre de la DRX de filon-8.

B. In Amguel

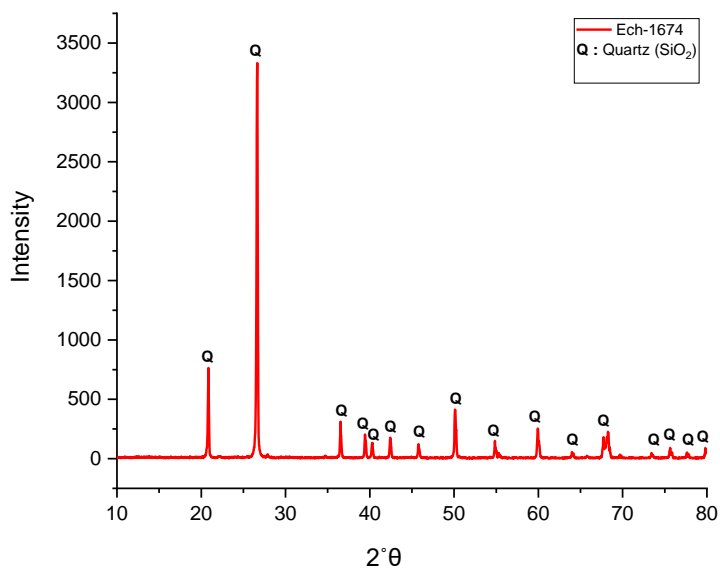


Figure IV.8: Spectre de la DRX de l'échantillon (Ech 1674).

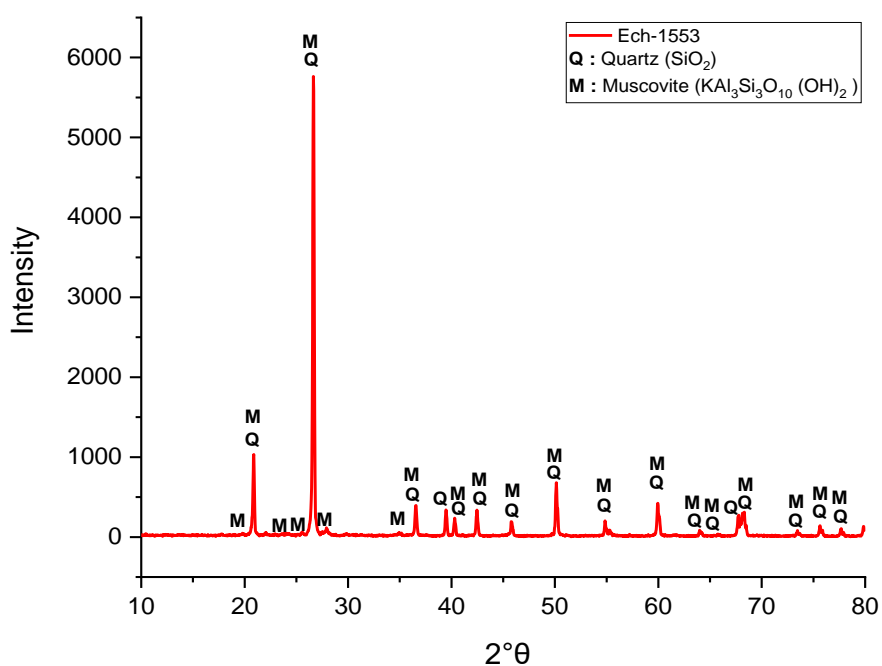


Figure IV.9: Spectre de la DRX de l'échantillon (Ech 1553)

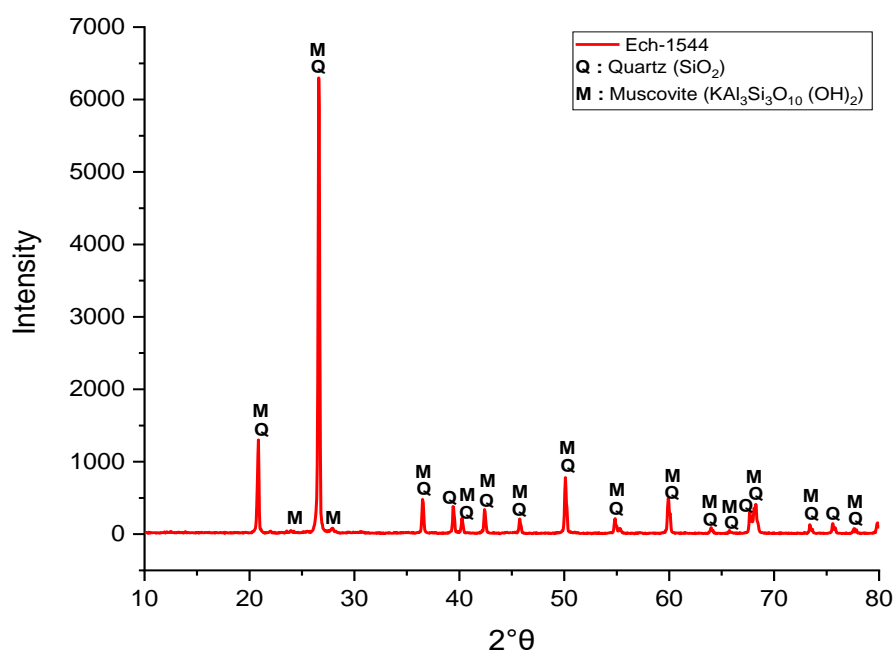


Figure IV.10: Spectre de la DRX de l'échantillon (Ech 1544).

❖ **Remarque :**

Les figures IV.6-10 présentent les spectres de diffraction des rayons X des minerais suivants: le filon 16 d'Amesmessas, le filon 8 d'Amesmessas, ainsi que les échantillons 1674 de (Artisan 1) Aghoub, 1553 de (Artisan 2) Timjeljine et 1544 de (Artisan 3) Tadaguit provenant de la région d'In Amguel. Dans tous ces minerais, le quartz est la phase dominante. Sa présence est confirmée par l'observation de pics intenses dans les spectres de diffraction des rayons X.

Dans le minerai du filon 16 d'Amesmessas, le diffractogramme correspondant révèle la présence de la muscovite et de la pyrite en plus du quartz, qui est la phase dominante.

Dans le minerai du filon 8 d'Amesmessas, en plus du quartz qui est la phase dominante, on observe la présence de dolomite, d'arséno-pyrite et de phengite.

Dans le minerai d'In Amguel, échantillon 1674 de (Artisan 1) Aghoub, le diffractogramme correspondant met en évidence la présence prédominante de quartz.

Dans le minerai d'In Amguel, échantillon 1553 de (Artisan 2) Timjeljine et Ech 1544 de (Artisan 3) Tadaguit, les diffractogrammes correspondants révèlent la présence de muscovite en plus du quartz, qui est la phase dominante.

II.I. Résultats des tests de lixiviations et d'adsorptions :

- 1. Lixiviations :** Nous avons effectué une analyse de lixiviation sur nos échantillons pour évaluer la capacité de libération des éléments présents.

➤ **Les équations de calcul :**

La teneur initial du minerais calculé = la teneur de la solution final + la teneur final du minerai

$$\text{Le Taux de lixiviation calculé} = \frac{\text{la teneur de la solution} * 100}{\text{La teneur initial du minerais calculé}}$$

$$\text{Le Taux de lixiviation analysé} = \frac{\text{la teneur de la solution} * 100}{\text{La teneur initial du minerais analysée}}$$

A. Amesemssa :**Test de lixiviation Amesemssa (filon 08)**

Teneur initiale du minerai analysée	33.37 g/t
Teneur initiale du minerai calculée	44.53 g/t
Teneur Finale du minerai calculée	10.76 g/t

Tableau IV.6 : Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon Filon N°8 d'Amesemssa.

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	Taux de lixiviation analysé (g/t)	Taux de lixiviation calculé (g/t)
0	0	0.0	0.0
10	13.96	41.8	31.3
20	21.21	63.6	47.6
30	26.51	79.4	59.5
60	31.11	93.2	69.9
90	30.98	92.8	69.6
180	34.6	103.7	77.7
240	34.01	101.9	76.4
300	33.07	99.1	74.3
720	33.77	101.2	75.8

Tableau IV.7 : Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon Filon N°16 d'Amessemssa.

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	Taux de lixiviation analysé (g/t)	Taux de lixiviation calculé (g/t)
0	0	0.0	0.0
10	6.6	63.0	43.5
20	6.77	64.6	44.6
30	6.88	65.6	45.4
60	9.28	88.5	61.2
90	10.9	104.0	71.9
180	13	124.0	85.7
240	12.1	115.5	79.8
300	12.5	119.3	82.4
720	12.1	115.5	79.8

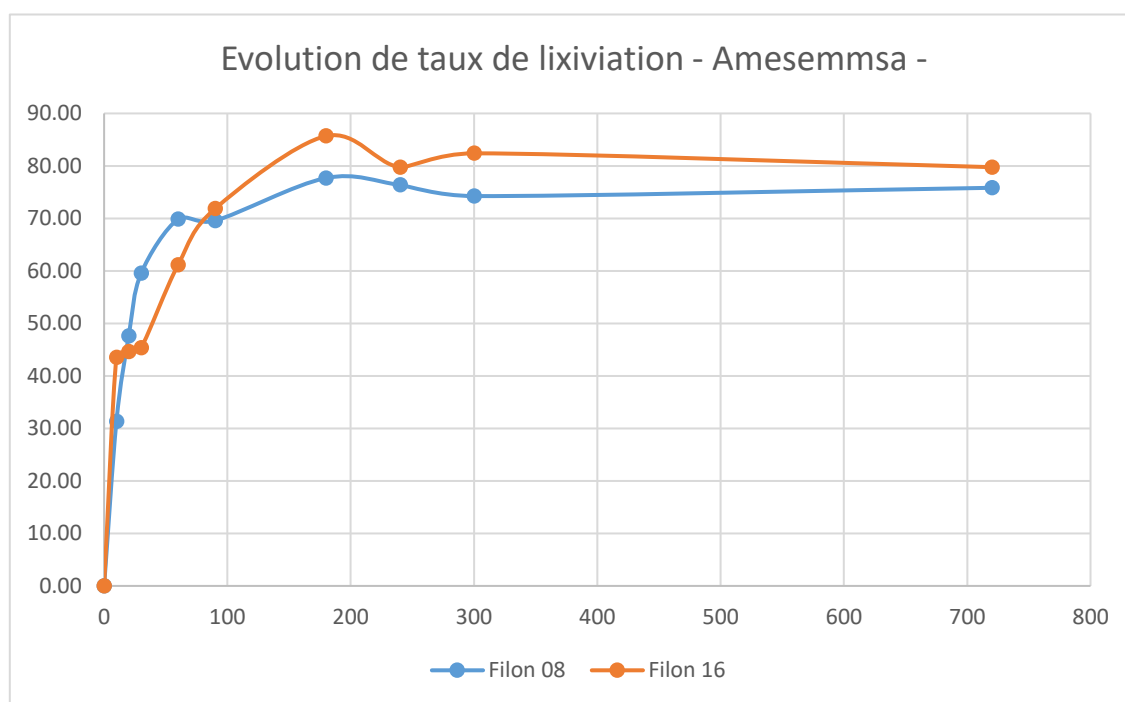


Figure IV.11: Graphe d'évolution de taux de lixiviation des échantillons de la mine d'Amesemssa.

❖ **Remarque :**

En comparant les résultats des tests de lixiviation sur les deux filons d'or à Amesemssa, voici ce que l'on peut remarquer :

- **Teneur initiale du minerai :**

Le filon 08 présente une teneur initiale du minerai analysée et calculée plus élevée que le filon 16. Cela indique que le filon 08 contient une plus grande quantité de minéraux d'or au départ.

- **Teneur finale du minerai :**

Le filon 08 a une teneur finale du minerai calculée plus élevée que le filon 16. Cela signifie que le filon 08 conserve une plus grande quantité de minéraux d'or après le processus de lixiviation.

- **Évolution de la teneur de la solution de lixiviation :**

Dans les deux cas, la teneur de la solution de lixiviation augmente progressivement avec le temps. Cependant, la teneur de la solution de lixiviation du filon 08 est généralement plus élevée que celle du filon 16 à des temps donnés.

- **Taux de lixiviation :**

Les deux filons présentent une augmentation du taux de lixiviation avec le temps. Cependant, les valeurs de taux de lixiviation peuvent varier entre les deux filons à des temps spécifiques.

- **Stabilisation du taux de lixiviation :**

Les deux filons semblent atteindre une certaine stabilisation ou fluctuation légère du taux de lixiviation après un certain temps.

En résumé, le filon 08 présente une teneur initiale et finale plus élevée du minerai, ainsi qu'une tendance à avoir des taux de lixiviation plus élevés dans la solution par rapport au filon 16. Cela peut indiquer que le filon 08 contient une plus grande quantité de minéraux d'or et que le processus de lixiviation permet une extraction plus efficace des minéraux d'or de ce filon.

B. In Amguel

Test de lixiviation de In Amguel Aghoub Ech 1674

Teneur initiale du minerai analysée	4.9 g/t
Teneur initiale du minerai calculée	2.10 g/t
Teneur Finale du minerai calculée	0.389 g/t

Tableau IV.8 : Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon (Ech 1674).

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	Taux de lixiviation analysé (g/t)	Taux de lixiviation calculé (g/t)
0	0	0.0	0.0
10	0.433	8.8	20.6
20	0.655	13.4	31.2
30	0.843	17.2	40.2
60	1.122	22.9	53.5
90	1.303	26.6	62.1
180	1.615	33.0	77.0
240	1.655	33.8	78.9
300	1.708	34.9	81.4

Test de lixiviation In Amguel Timejeljine 1553

Teneur initiale du minerai analysée	33.6 g/t
Teneur initiale du minerai calculée	19.69 g/t
Teneur Finale du minerai calculée	10.3 g/t

Tableau IV.9: Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon (Ech 1553).

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	Taux de lixiviation analysé (g/t)	Taux de lixiviation calculé (g/t)
0	0	0.0	0.0
10	10.57	31.5	53.7
20	11.42	34.0	58.0
30	11.77	35.0	59.8
60	12.69	37.8	64.4
90	12.76	38.0	64.8
180	13.22	39.3	67.1
240	13.78	41.0	70.0
300	14.01	41.7	71.2

Test de lixiviation In Amguel Tadaguit 1544

Teneur initiale du minerai analysée	14.7 g/t
Teneur initiale du minerai calculée	9.783 g/t
Teneur Finale du minerai calculée	0.393 g/t

Tableau IV.10: Résultats de test de lixiviation pour l'échantillon (Ech 1544).

Temps (min)	teneur de la solution (g/t)	Taux de lixiviation analysé (g/t)	Taux de lixiviation calculé (g/t)
0	0	0.0	0.0
10	1.012	6.9	10.3
20	1.302	8.9	13.3
30	1.541	10.5	15.8
60	2.003	13.6	20.5
90	2.402	16.3	24.6
180	2.935	20.0	30.0
240	3.084	21.0	31.5
300	3.159	21.5	32.3

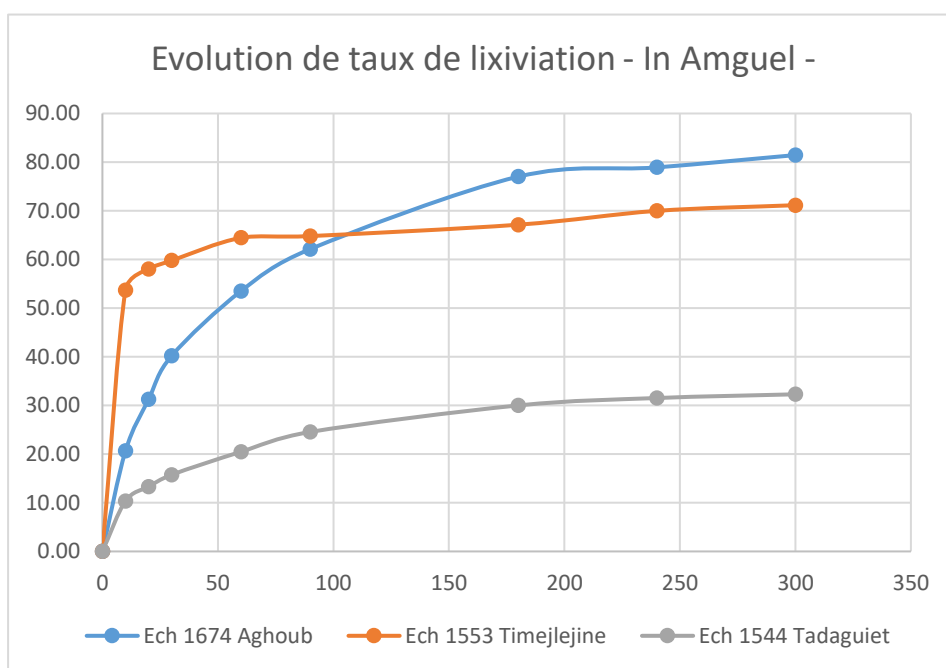


Figure IV.12: Graphe d'évolution de taux de lixiviation des échantillons des microentreprises d'In Amguel.

❖ Remarque :

En comparant les résultats des tests de lixiviation effectués sur les échantillons de In Amguel (Aghoub Ech 1674, Timjeljine Ech 1553 et Tadaguit Ech 1544), voici ce que l'on peut remarquer :

• Teneur initiale du minerai :

Les teneurs initiales du minerai analysées varient d'un échantillon à l'autre. Aghoub Ech 1674 a une teneur initiale de 4.9 g/t, Timjeljine Ech 1553 a une teneur initiale de 33.6 g/t et Tadaguit Ech 1544 a une teneur initiale de 14.7 g/t.

• Teneur finale du minerai :

Les teneurs finales du minerai calculées varient également. Aghoub Ech 1674 a une teneur finale de 0.389 g/t, Timjeljine Ech 1553 a une teneur finale de 10.3 g/t et Tadaguit Ech 1544 a une teneur finale de 0.393 g/t.

• Évolution de la teneur de la solution de lixiviation :

Dans tous les échantillons, la teneur de la solution de lixiviation augmente progressivement avec le temps. Cela suggère que les minéraux solubles sont extraits du minerai et se retrouvent dans la solution. **Taux de lixiviation :**

Les taux de lixiviation varient également entre les échantillons. Aghoub Ech 1674 présente un taux de lixiviation calculé de 81.4%, Timjeljine Ech 1553 a un taux de lixiviation calculé de 71.2% et Tadaguit Ech 1544 a un taux de lixiviation calculé de 32.3%.

En conclusion, les tests de lixiviation réalisés sur les échantillons d'In Amguel montrent des variations dans les teneurs initiales et finales du minerai, ainsi que dans les taux de lixiviation. Cela peut être dû à des différences dans les caractéristiques du minerai et les conditions expérimentales.

➤ Interprétation :

Lorsque l'on compare les tests de lixiviation réalisés à Amesmessa et In Amguel pour le minerai d'or, voici quelques interprétations qui peuvent être faites :

• Taux de lixiviation :

Les taux de lixiviation varient entre les deux sites. À Amesmessa, le taux de lixiviation calculé était compris entre 31.3% et 81.4%, tandis qu'à In Amguel, les taux de lixiviation calculés variaient entre 32.3% et 81.4%. Ces variations peuvent être attribuées aux différences dans les caractéristiques du minerai et les conditions de lixiviation.

- **Évolution de la teneur de la solution de lixiviation :**

Dans les deux cas, on observe une augmentation progressive de la teneur de la solution de lixiviation avec le temps, indiquant une extraction de l'or du minerai. Cependant, les taux d'augmentation peuvent varier en fonction des propriétés spécifiques du minerai.

- **Efficacité de la lixiviation :**

Les résultats des tests de lixiviation indiquent que la lixiviation est une méthode efficace pour extraire l'or des échantillons de minerai à la fois à Amesmassa et In Amguel. Les taux de lixiviation calculés sont relativement élevés, ce qui suggère une bonne récupération de l'or ciblé.

En conclusion, bien que des différences significatives existent entre les tests de lixiviation réalisés à Amesmassa et In Amguel en termes de teneur initiale du minerai et de taux de lixiviation, les résultats globaux indiquent l'efficacité de la lixiviation pour extraire l'or des échantillons de minerai dans les deux sites.

➤ **Teneur initial et teneur final :**

Tableau IV.11 : Tableau des teneurs initial et final des échantillons d'In Amguel et d'Amesmassa.

ECH/solide	In Amguel			Amesmassa	
	1674 Au ppm	1553 Au ppm	1544 Au ppm	F-8 Au ppm	F-16 Au ppm
Teneur initiale g/t	4.9	33.6	14.7	33.37	10.48
Teneur finale g/t	0.389	10.3	0.393	10.76	3.07

❖ **Remarque :**

On peut observer que les teneurs initiales et finales varient entre les différents échantillons et filons.

Il est important de noter que les comparaisons directes entre les sites doivent être faites avec prudence en raison des différences potentielles dans les caractéristiques du minerai, les conditions de lixiviation et les méthodes de mesure.

Des facteurs tels que la composition minéralogique et la présence d'impuretés peuvent influencer les résultats de lixiviation.

II.II. Adsorption :

Nous avons également effectué une analyse d'adsorption et les résultats sont les suivants :

➤ **Les équations de calcul :**

$$\text{Taux d'adsorption} = \frac{(\text{La teneur initial de la solution} - \text{la teneur de la solution}) * 100}{\text{la teneur initial de la solution}}$$

$$\text{Quantité adsorbé} = \frac{(\text{La teneur de la solution initial} - \text{la teneur de la solution (t)}) * 1}{\text{quantité de charbone vierge (g)}}$$

1. Amesmessa :**Test d'adsorption Amesmessa F08**

Teneur initiale de la solution **31.6g/t**

Teneur Finale de la solution **7.26g/t**

Tableau IV.12 : Résultats de test d'adsorption du filon N°08 d'Amesmessa.

Temps (min)	teneur de la solution (g/t)	Taux d'adsorption %
0	31.6	0.0
10	29.6	6.3
20	29.5	6.6
30	28.5	9.8
60	27	14.6
90	21.2	32.9
180	17.6	44.3
240	15.2	51.9
300	13.5	57.3
720	7.26	77.0

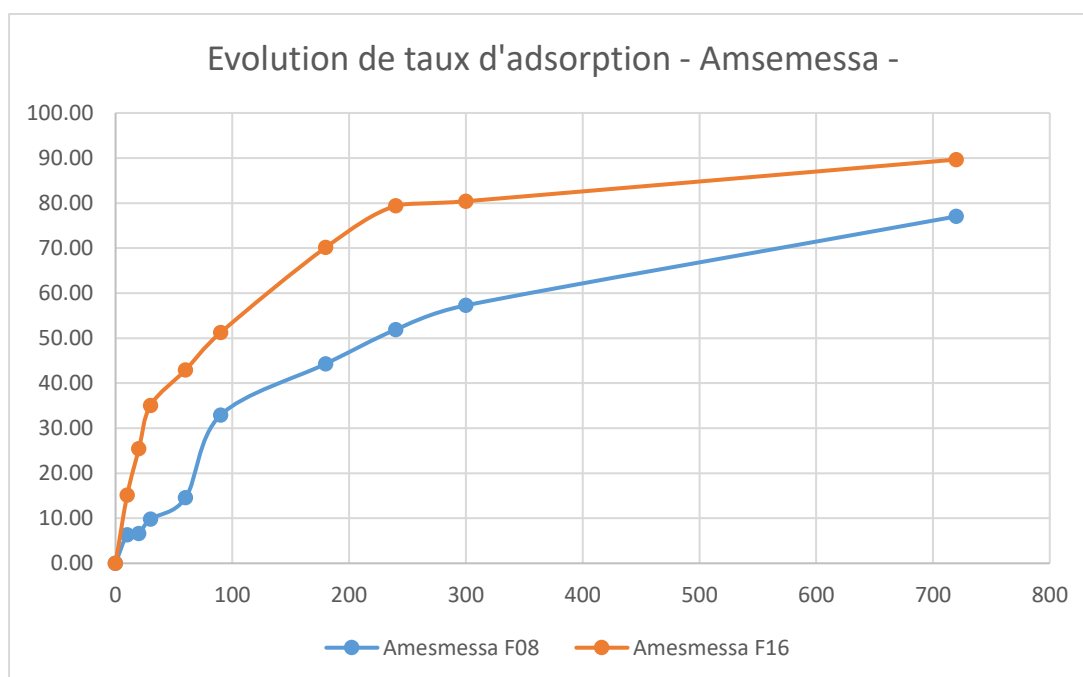
Test d'adsorption Amesmessa F16

Teneur initiale de la solution **10.15g/t**

Teneur Finale de la solution **1.05g/t**

Tableau IV.13 : Résultats de test d'adsorption du filon N°16 d'Amesmesssa.

Temps (min)	teneur de la solution (g/t)	Taux d'adsorption
		%
0	10.15	0.0
10	8.61	15.2
20	7.57	25.4
30	6.59	35.1
60	5.79	43.0
90	4.95	51.2
180	3.03	70.1
240	2.09	79.4
300	1.99	80.4
720	1.05	89.7

**Figure IV.13**: Graphe d'évolution de taux d'adsorption des filons 08 et 16 d'Amsemessa.

❖ Remarque :

En comparant les deux tests d'adsorption d'Amesmessa, voici ce que l'on peut observer :

➤ Test d'adsorption Amesmessa F08 :

- Teneur initiale de la solution : La teneur initiale de la solution en or était de 31.6 g/t.
- Teneur finale de la solution : Après l'adsorption sur le charbon actif, la teneur finale de la solution est passée à 7.26 g/t.
- Taux d'adsorption : Le taux d'adsorption a augmenté progressivement avec le temps, indiquant que le charbon actif a adsorbé l'or de manière efficace.

➤ Test d'adsorption Amesmessa F16 :

- Teneur initiale de la solution : La teneur initiale de la solution en or était de 10.15 g/t.
- Teneur finale de la solution : Après l'adsorption sur le charbon actif, la teneur finale de la solution est descendue à 1.05 g/t.
- Taux d'adsorption : Le taux d'adsorption a également augmenté progressivement au fil du temps, démontrant l'efficacité de l'adsorption de l'or par le charbon actif.

➤ Comparaison :

- Teneur initiale de la solution : Le test Amesmessa F08 avait une teneur initiale plus élevée en or (31.6 g/t) par rapport au test Amesmessa F16 (10.15 g/t).
- Teneur finale de la solution : Le test Amesmessa F08 a abouti à une teneur finale plus élevée en or dans la solution après adsorption (7.26 g/t) par rapport au test Amesmessa F16 (1.05 g/t).
- Taux d'adsorption : Les deux tests ont montré une augmentation du taux d'adsorption de l'or au fil du temps, ce qui indique que le charbon actif a été efficace dans les deux cas.

Ces comparaisons suggèrent que le test Amesmessa F08 avait initialement une teneur plus élevée en or dans la solution, ce qui a conduit à une teneur finale plus élevée après adsorption. Cependant, les deux tests ont démontré l'efficacité de l'adsorption de l'or par le charbon actif, avec des taux d'adsorption croissants au fil du temps.

2. In Amguel :

Les résultats de l'adsorption sur charbon actif sont illustrés dans les tableaux et les graphiques ci-dessous :

Test d'adsorption d'In Amguel Ech 1674Teneur initiale de la solution **2.267 g/t**Teneur Finale de la solution **1 g/t****Tableau IV.14:** Résultats de test d'adsorption de (Ech 1674).

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	pH	Taux d'adsorption %
0	2.267	10.12	0.0
10	2.081		8.2
20	2.018		11.0
30	1.958		13.6
60	1.755		22.6
90	1.62	10.1	28.5
180	1.254	10.3	44.7
240	1.107		51.2
300	1.113	10.22	50.9

Test d'adsorption d'In Amguel Ech1553Teneur initiale de la solution **12.07 g/t**Teneur Finale de la solution **2.76 g/t****Tableau IV.15:** Résultats de test d'adsorption de (Ech 1553).

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	pH	Taux d'adsorption %
0	12.07	10.58	0.0
10	11.35		6.0
20	9.388		22.2
30	9.996		17.2
60	9.249		23.4
90	8.553	10.12	29.1
180	7.234	10.16	40.1
240	5.88		51.3
300	5.645	10.17	53.2

Test d'adsorption d'In Amguel Ech 1544

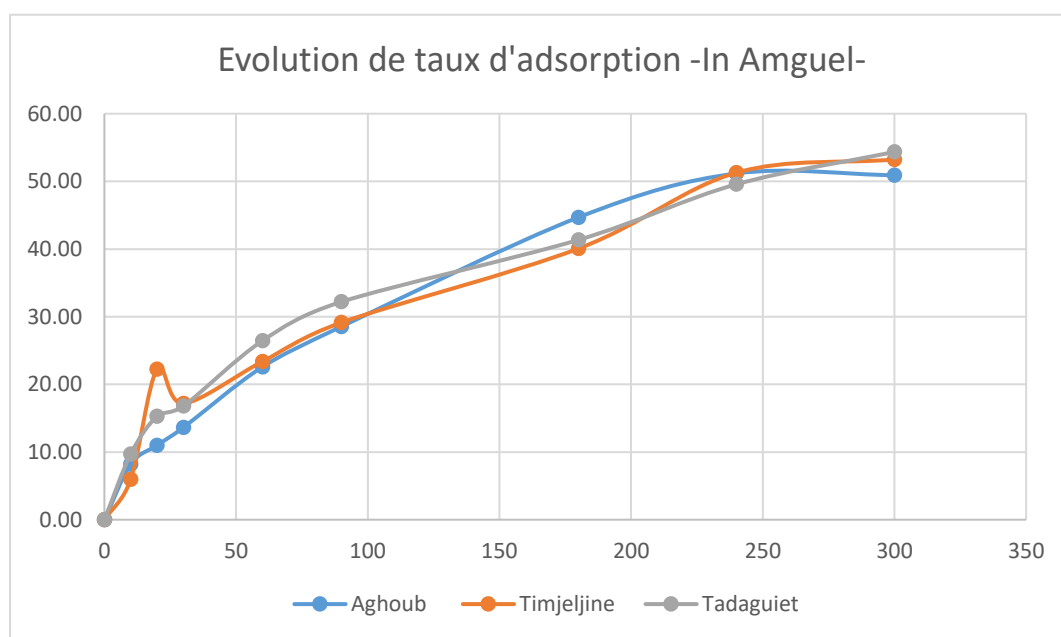
Teneur initiale de la solution

2.556 g/t

Teneur Finale de la solution

0.44 g/t**Tableau IV.16:** Résultats de test d'adsorption de (Ech 1544).

Temps (min)	Teneur de la solution (g/t)	pH	Taux d'adsorption %
0	2.556	10.63	0.0
10	2.308		9.7
20	2.165		15.3
30	2.127		16.8
60	1.88		26.4
90	1.733	10.3	32.2
180	1.499	10.3	41.4
240	1.289		49.6
300	1.167	10.27	54.3

**Figure IV.14:** Graphe d'évolution de taux d'adsorption des filons d'In Amguel.

❖ Remarque :

En comparant les trois tests d'adsorption réalisés dans la région d'In Amguel, voici quelques observations :

• Taux d'adsorption initial :

Le test d'adsorption In Amguel Tadaguiet 1544 présente le taux d'adsorption initial le plus élevé parmi les trois tests, avec une valeur de 9.7% au bout de 10 minutes. Les tests d'adsorption In Amguel Aghoub 1674 et In Amguel Timjejjine Ech1553 ont des taux d'adsorption initiaux légèrement inférieurs, de 8.2% et 6.0% respectivement au bout de 10 minutes.

• Variation des taux d'adsorption :

Les trois tests montrent une diminution progressive du taux d'adsorption au fil du temps. Cependant, les variations spécifiques des taux d'adsorption varient entre les tests. Par exemple, dans le test d'adsorption In Amguel Tadaguiet 1544, le taux d'adsorption augmente progressivement pour atteindre 54.3% au bout de 300 minutes. En revanche, le test d'adsorption In Amguel Aghoub 1674 présente une diminution régulière du taux d'adsorption jusqu'à atteindre 50.9% au bout de 300 minutes. Le test d'adsorption In Amguel Timjejjine Ech1553 montre également une diminution progressive, avec un taux d'adsorption de 53.2% au bout de 300 minutes.

Il est important de noter que ces comparaisons sont basées sur les données fournies pour les tests d'adsorption spécifiques dans la région d'In Amguel.

➤ Interprétation :

En comparant les résultats des tests de décontamination entre Amesmassa et In Amguel, on peut observer que les taux d'adsorption varient entre les tests, mais dans l'ensemble, les tests réalisés à In Amguel (Timjejjine Ech1553 et Tadaguiet 1544) montrent des taux d'adsorption plus élevés par rapport aux tests réalisés à Amesmassa (F08 et F16).

❖ Remarque :

La capacité d'adsorption d'un solide dépend d'un certain nombre de paramètres, on peut citer:

En résumé, la capacité d'adsorption augmente lorsque :

- La concentration du soluté adsorbable augmente ;
- La surface spécifique de l'adsorbant augmente ;
- Le poids moléculaire du soluté augmente ;

- Le pH diminue, pour autant que cette diminution de pH s'accompagne d'une diminution de la solubilité des solutés.

➤ **Teneur de charbon actif après adsorption :**

Tableau IV.17 : Tableau de la teneur de charbon actif après adsorption.

Ech 1674 Aghoub	Ech 1553 Timjemjine	Ech 1544 Tadaguiet	Filon 8	Filon 16
4.607 g/t	23.64 g/t	2.417 g/t	/	/

❖ **Remarque :**

Nous observons une augmentation des concentrations de charbon actif récupéré par tous les échantillons par rapport aux concentrations initiales.

➤ **Interprétation :**

L'augmentation de la concentration de charbon actif après l'adsorption de l'or est due au fait que le charbon actif retient et accumule les particules d'or présentes dans la solution. Lorsque la solution contenant de l'or est mise en contact avec le charbon actif, les particules d'or sont adsorbées à sa surface, ce qui entraîne une augmentation de la concentration d'or dans le charbon actif. Cette adsorption sélective permet de concentrer l'or et de le séparer du reste de la solution. Ainsi, plus le processus d'adsorption ne se poursuit, plus la concentration de charbon actif contenant de l'or augmente. Cette augmentation de la concentration de charbon actif récupéré témoigne de l'efficacité de l'adsorption de l'or par le charbon actif dans le processus de récupération de l'or.

II.III. Test de décantation :

Nous avons réalisé un test de décantation pour évaluer la séparation des particules dans notre échantillon liquide. Le test a été effectué en laissant les échantillons reposer pendant une période déterminée, après quoi nous avons observé la formation de couches distinctes.

A. Amesemessa

A.1 Décantation naturelle

Tableau IV.18 : Résultats de test de décantation naturelle des filons 8 et 16.

Distance (mm)	Le temps (min)	
	Filon 8	Filon 16
5	2 :15	5 :00
10	2 :55	9 :50
15	3 :09	14 :00
20	4 :00	/

❖ **Remarque :**

D'après les résultats du test de décantation naturelle des filons 8 et 16, voici ce que l'on peut remarquer :

- **Temps de décantation :**

À mesure que la distance augmente, le temps de décantation des deux filons augmente également. Cela suggère que les particules présentes dans les échantillons prennent plus de temps à se déposer lorsque la distance est plus importante.

- **Comparaison entre Filon 8 et Filon 16 :**

À une distance de 5 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 2 minutes et 15 secondes, tandis que Filon 16 a un temps de 5 minutes. Cela indique que Filon 8 a une vitesse de décantation plus rapide que Filon 16 à cette distance.

À une distance de 10 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 2 minutes et 55 secondes, tandis que Filon 16 a un temps de 9 minutes et 50 secondes. Encore une fois, Filon 8 présente une décantation plus rapide que Filon 16.

À une distance de 15 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 3 minutes et 9 secondes, tandis que Filon 16 a un temps de 14 minutes. On peut observer une différence significative dans les temps de décantation entre les deux filons à cette distance.

À une distance de 20 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 4 minutes, mais le temps de décantation pour Filon 16 n'est pas spécifié. Par conséquent, nous ne pouvons pas tirer de conclusions sur la décantation de Filon 16 à cette distance.

Ces observations suggèrent que Filon 8 a tendance à se décanter plus rapidement que Filon 16 à des distances données. Cela peut indiquer des différences dans la taille, la densité ou la composition des particules entre les deux filons.

A.2 Décantation forcée

Tableau IV.19 : résultats de test de décantation forcé des échantillons des filons 8 et 16.

Distance (mm)	Le temps (min)	
	Filon 8	Filon 16
5	1 : 00	5 :00
10	1 : 28	11 :00
15	1 : 53	17 :00
20	2 : 03	21 :00

❖ Remarque :

D'après les résultats du test de décantation forcée par le flocculant des échantillons des filons 8 et 16, voici ce que l'on peut remarquer :

- **Temps de décantation :**

À mesure que la distance augmente, le temps de décantation des deux filons augmente également. Cela suggère que les particules présentes dans les échantillons prennent plus de temps à se déposer lorsque la distance est plus importante.

- **Comparaison entre Filon 8 et Filon 16 :**

À une distance de 5 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 1 minute, tandis que Filon 16 a un temps de décantation de 5 minutes. On peut observer une différence significative dans les temps de décantation entre les deux filons à cette distance, indiquant que Filon 8 se décante plus rapidement que Filon 16 lorsqu'un flocculant est utilisé.

À une distance de 10 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 1 minute et 28 secondes, tandis que Filon 16 a un temps de décantation de 11 minutes. Encore une fois, Filon 8 présente une décantation plus rapide que Filon 16.

À une distance de 15 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 1 minute et 53 secondes, tandis que Filon 16 a un temps de décantation de 17 minutes. On peut observer une différence significative dans les temps de décantation entre les deux filons à cette distance.

À une distance de 20 mm, Filon 8 a un temps de décantation de 2 minutes et 3 secondes, tandis que Filon 16 a un temps de décantation de 21 minutes. Une fois de plus, on observe une différence importante dans les temps de décantation entre les deux filons.

Ces observations suggèrent que Filon 8 a tendance à se décantater plus rapidement que Filon 16 lorsqu'un floculant est utilisé. Cela peut indiquer des différences dans la taille, la densité ou la composition des particules entre les deux filons, ce qui affecte leur vitesse de décantation en présence du floculant.

B.In Amguel :

B.1 décantation naturelle

Tableau IV.20 ; Résultats de test de décantation naturelle des échantillons d'In Amguel

Distance (mm)	Temps (min)		
	Ech 1674 Aghoub	Ech 1553 Timjljine	Ech 1544 Tadaguet
0	0:00	0:00	0:00
5	3:00	3:30	3:07
10	8:00	10:32	9:88
15	13:00	18:26	15:5
20	18:00	25:04	21:38

❖ Remarque :

D'après les résultats du test de décantation naturelle des échantillons d'In Amguel, voici ce que l'on peut remarquer :

- **Temps de décantation :**

À mesure que la distance augmente, le temps de décantation des échantillons augmente également. Cela suggère que les particules présentes dans les échantillons prennent plus de temps à se déposer lorsque la distance est plus importante.

- **Comparaison entre les échantillons :**

À une distance de 5 mm, les échantillons Ech 1674 Aghoub, Ech 1553 et Timjljine ont des temps de décantation respectifs de 3 minutes, 3 minutes et 30 secondes, et 3 minutes et 7 secondes. Ces différences dans les temps de décantation peuvent suggérer des variations dans les propriétés de sédimentation des particules présentes dans chaque échantillon.

À une distance de 10 mm, les échantillons Ech 1674 Aghoub, Ech 1553 et Timjljine ont des temps de décantation respectifs de 8 minutes, 10 minutes et 32 secondes, et 9 minutes et 88 secondes (ce qui semble être une erreur, car les minutes ne peuvent pas dépasser 60). Ici encore, des différences significatives peuvent être observées entre les échantillons.

À une distance de 15 mm, les échantillons Ech 1674 Aghoub, Ech 1553 et Timjljine ont des temps de décantation respectifs de 13 minutes, 18 minutes et 26 secondes, et 15 minutes et 5 secondes. Les écarts de temps sont plus prononcés à cette distance, indiquant des propriétés de décantation différentes.

À une distance de 20 mm, les échantillons Ech 1674 Aghoub, Ech 1553 et Timjljine ont des temps de décantation respectifs de 18 minutes, 25 minutes et 4 secondes, et 21 minutes et 38 secondes. Les différences de temps suggèrent des caractéristiques de décantation uniques pour chaque échantillon.

Ces observations mettent en évidence les variations dans les temps de décantation des échantillons prélevés à différentes distances, suggérant la présence de différentes tailles ou densités de particules dans les échantillons étudiés.

B.2 décantation forcée :

Tableau VI.21 : Résultats de test de décantation forcée des échantillons d'In Amgeul.

Distance (mm)	Temps (min)		
	Ech 1674 Aghoub	Ech 1553 Timjljine	Ech 1544 Tadaguiet
0	0:00	0:00	0:00
5	2:18	2:45	2:35
10	3:55	7:27	6:23
15	4:58	12:22	11:05
20	6:01	17:18	14:02

❖ Remarque :

D'après les résultats du test de décantation forcée par le floculant des échantillons de In Amgeul, voici ce que l'on peut remarquer :

- **Temps de décantation :**

À mesure que la distance augmente, le temps de décantation des échantillons augmente également. Cela suggère que les particules présentes dans les échantillons prennent plus de temps à se déposer lorsque la distance est plus importante.

- **Comparaison entre les échantillons :**

À une distance de 5 mm, l'échantillon Ech 1674 Aghoub a un temps de décantation de 2 minutes et 18 secondes, tandis que l'échantillon Ech 1553 Timjeljine a un temps de décantation de 2 minutes et 45 secondes, et l'échantillon Ech 1544 Tadaguiet a un temps de décantation de 2 minutes et 35 secondes. On peut observer des différences dans les temps de décantation entre les échantillons à cette distance.

À une distance de 10 mm, l'échantillon Ech 1674 Aghoub a un temps de décantation de 3 minutes et 55 secondes, tandis que l'échantillon Ech 1553 Timjeljine a un temps de décantation de 7 minutes et 27 secondes, et l'échantillon Ech 1544 Tadaguiet a un temps de décantation de 6 minutes et 23 secondes. Encore une fois, on observe des différences dans les temps de décantation entre les échantillons à cette distance.

À une distance de 15 mm, l'échantillon Ech 1674 Aghoub a un temps de décantation de 4 minutes et 58 secondes, tandis que l'échantillon Ech 1553 Timjeljine a un temps de décantation de 12 minutes et 22 secondes, et l'échantillon Ech 1544 Tadaguiet a un temps de décantation de 11 minutes et 5 secondes. Des différences significatives dans les temps de décantation sont observées entre les échantillons à cette distance.

À une distance de 20 mm, l'échantillon Ech 1674 Aghoub a un temps de décantation de 6 minutes et 1 seconde, tandis que l'échantillon Ech 1553 Timjeljine a un temps de décantation de 17 minutes et 18 secondes, et l'échantillon Ech 1544 Tadaguiet a un temps de décantation de 14 minutes et 2 secondes. Une fois de plus, des différences importantes dans les temps de décantation sont observées entre les échantillons à cette distance.

Ces observations indiquent qu'il existe des différences dans les vitesses de décantation entre les échantillons de In Amguel lorsqu'un flocculant est utilisé. Cela peut suggérer des différences dans la taille, la densité ou la composition des particules dans chaque échantillon, ce qui affecte leur comportement de décantation en présence du flocculant.

➤ **Interprétation**

✓ **Décantation naturel :**

Voici une comparaison entre les résultats du test de décantation naturelle des échantillons d'In Amguel et des filons 8 et 16 :

❖ **Temps de décantation :**

• **Les échantillons d'In Amguel :**

Les temps de décantation augmentent progressivement avec la distance pour chaque échantillon.

• **Filon 8 et Filon 16 :**

Les temps de décantation augmentent également avec la distance pour chaque filon.

• **Différences dans les temps de décantation :**

À chaque distance, les temps de décantation des échantillons d'In Amguel diffèrent de ceux des filons 8 et 16.

• **Comparaison avec les échantillons d'In Amguel :**

Globalement, les échantillons d'In Amguel semblent avoir des temps de décantation plus longs que ceux des filons 8 et 16 à chaque distance.

Les différences dans les temps de décantation peuvent indiquer des caractéristiques de décantation différentes entre les échantillons d'In Amguel et les filons 8 et 16.

• **Variations entre les échantillons d'In Amguel :**

Les échantillons d'In Amguel eux-mêmes présentent des différences dans les temps de décantation à chaque distance.

À chaque distance, les échantillons d'In Amguel ont des temps de décantation différents les uns des autres.

Ces observations suggèrent que les échantillons d'In Amguel ont des caractéristiques de décantation naturelle différentes de celles des filons 8 et 16. Les différences dans les temps de décantation peuvent être influencées par divers facteurs tels que la taille, la densité et la composition des particules présentes dans chaque échantillon.

✓ **Décantation forcé**

Voici une comparaison entre les résultats du test de décantation forcée par le floculant des échantillons de In Amguel et des filons 8 et 16 :

❖ Temps de décantation :**• Les échantillons d’In Amguel :**

Les temps de décantation augmentent progressivement avec la distance pour chaque échantillon.

• Filon 8 et Filon 16 :

Les temps de décantation augmentent également avec la distance pour chaque filon.

Différences dans les temps de décantation :

À chaque distance, les temps de décantation des échantillons d’In Amguel diffèrent de ceux des filons 8 et 16.

• Comparaison avec les échantillons d’In Amguel :

À la plupart des distances, les échantillons d’In Amguel semblent avoir des temps de décantation plus courts que ceux des filons 8 et 16.

Cependant, à une distance de 20 mm, les échantillons d’In Amguel ont des temps de décantation plus longs que ceux des filons 8 et 16.

• Variations entre les échantillons d’In Amguel :

Les échantillons d’In Amguel eux-mêmes présentent des différences dans les temps de décantation à chaque distance.

À chaque distance, les échantillons d’In Amguel ont des temps de décantation différents les uns des autres.

Ces observations suggèrent que les échantillons d’In Amguel peuvent présenter des caractéristiques de décantation différentes de celles des filons 8 et 16. Les différences dans les temps de décantation peuvent être influencées par divers facteurs tels que la taille, la densité et la composition des particules présentes dans chaque échantillon.

➤ Interprétation

Sur la base des tests effectués, voici une interprétation générale des résultats :

• Test de décantation naturelle :

Dans l'ensemble, les temps de décantation augmentent avec la distance, ce qui est conforme à ce que l'on peut attendre dans un processus de décantation naturelle.

- **Test de décantation forcée par le flocculant :**

Le flocculant est un agent chimique utilisé pour accélérer le processus de décantation en favorisant l'agrégation des particules.

- **Comparaison entre les tests de décantation naturelle et forcée :**

Dans l'ensemble, les temps de décantation forcée par le flocculant sont plus courts que les temps de décantation naturelle pour des distances données.

Cela suggère que l'utilisation du flocculant a été efficace pour accélérer le processus de décantation et faciliter la séparation des particules.

- **Variations entre les échantillons :**

Les échantillons d'In Amguel, ainsi que les filons 8 et 16, peuvent présenter des différences dans les temps de décantation.

Ces variations peuvent être attribuées à divers facteurs tels que la taille, la densité et la composition des particules présentes dans chaque échantillon.

II.IV. Test de densité :

Nous avons réalisé un test de densité sur nos échantillons afin de déterminer leur masse volumique. Le test de densité est une mesure de la concentration de masse dans un matériau, exprimée en unité de masse par unité de volume.

1. Amesmassa

Volume = 40 ml

Poids de la roche = 105 g Densité = poids/volume

Densité (AMS) = $105 / (40 \times 10^{-3}) = 2.62 / 1000 = 0.00262$

2. In Amguel

B1 : (Artisan 1) Aghoub Ech 1674

La masse de la roche : 14g

Vi : 50ml

Vf : 56ml

Vr : 6ml

D = M/Vr = 14/6 = 2.33

B2 : (Artisan 2) Tadaguiet Ech 1544

La masse de la roche : 8g

Vi : 50ml

Vf : 54ml

Vr : 4ml

$$D = M/V_r = 8/4=2$$

B3 : (Artisan 3) Timjelejine Ech 1553

La masse de la roche : 13.8

Vi : 50ml

Vf : 58ml

Vr : 8ml

$$D = M/V_r = 13.8/8 = 1.725$$

❖ **Remarque :**

En comparant les résultats de densité, on peut observer les différences suivantes :

- Amesmassa a la densité la plus élevée avec 2.62 g/ml.
- (Artisan 1) Aghoub Ech 1674 a une densité de 2.33 g/ml.
- (Artisan 2) Tadaguiet Ech 1544 a une densité de 2 g/ml.
- (Artisan 3) Timjelejine Ech 1553 à la densité la plus basse avec 1.725 g/ml.

Ces résultats suggèrent que les roches testées dans ces sites ont des densités différentes. La densité peut être influencée par la composition minéralogique, la porosité et d'autres caractéristiques physiques des roches.

Conclusion :

Après avoir analysé les résultats des tests réalisés à Amesmassa et In Amguel (incluant les tests d'analyse FRX, DRX, tests de lixiviation, d'adsorption, de décontamination et de densité), voici une conclusion générale des résultats et une comparaison entre les deux sites :

✓ **Composition minéralogique :**

Amesmassa présente une concentration élevée de SiO₂ et Al₂O₃, tandis qu'In Amguel présente des concentrations plus variables de ces éléments, avec une prédominance de quartz dans la plupart des échantillons.

Des phases telles que muscovite, pyrite, dolomite, arséno-pyrite et phengite ont été identifiées dans certains échantillons d'Amesmesssa, tandis que muscovite était présente dans les échantillons d'In Amguel.

✓ **Tests de lixiviation :**

Les taux de lixiviation d'or sont similaires entre Amesmesssa et In Amguel, avec des variations liées aux caractéristiques spécifiques de chaque échantillon.

Dans l'ensemble, les tests de lixiviation indiquent une efficacité satisfaisante de l'extraction de l'or des échantillons de minerai dans les deux sites.

✓ **Tests d'adsorption et de décontamination :**

Les taux d'adsorption varient entre les tests, mais dans l'ensemble, les échantillons d'In Amguel présentent des taux d'adsorption plus élevés que ceux d'Amesmesssa.

L'utilisation de charbon actif pour l'adsorption de l'or a montré une augmentation de sa concentration, indiquant une efficacité dans le processus de récupération de l'or.

✓ **Tests de densité :**

Les échantillons d'Amesmesssa ont généralement une densité plus élevée que ceux d'In Amguel, indiquant une composition minéralogique plus dense ou une porosité réduite.

En conclusion, les tests réalisés à Amesmesssa et In Amguel ont révélé des différences significatives dans la composition minéralogique, les taux d'adsorption, la lixiviation, la densité et d'autres caractéristiques des échantillons. Amesmesssa semble présenter des concentrations élevées de SiO₂ et Al₂O₃, avec des phases minérales supplémentaires, tandis qu'In Amguel se caractérise principalement par la présence de quartz. Les tests de lixiviation ont montré des résultats similaires dans les deux sites, avec une extraction satisfaisante de l'or. Les échantillons d'In Amguel ont généralement présenté des taux d'adsorption plus élevés que ceux d'Amesmesssa, et la densité des échantillons d'Amesmesssa était plus élevée en général. Ces différences peuvent être attribuées à des variations dans la composition minérale, la porosité et d'autres caractéristiques géologiques des sites respectifs

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Pour accomplir cette modeste étude, nous avons choisi de nous concentrer sur la caractérisation physico-chimique, les tests de lixiviation et les tests d'adsorption dans le contexte de l'industrie aurifère d'Amesmassa. Il est important de noter que les échantillons utilisés dans nos expérimentations ont été préparés dans des conditions reflétant fidèlement les opérations réelles sur le site d'Amesmassa.

Dans notre conclusion, nous résumons les principaux résultats que nous avons faits tout au long de notre travail :

1. Les tests de lixiviation en bouteilles roulantes utilisant le cyanure ont permis de conclure que L'extraction de l'or est optimale lorsque le temps de rotation varie. Ces essais ont révélé que le cyanure est un solvant efficace pour la libération de l'or, que le minerai soit riche ou pauvre en ce précieux métal.
2. Les tests d'adsorption en bouteilles roulantes ont mis en évidence que l'or extrait des différents échantillons est adsorbé par le charbon actif. Cette étape cruciale dans le processus d'extraction permet de concentrer l'or dissous dans la solution.
3. L'analyse par Fluorescence X (FRX) nous a fourni la composition élémentaire de chaque échantillon, c'est-à-dire les concentrations massiques en éléments présents. Cela nous a permis de mieux comprendre la composition chimique des échantillons et d'identifier d'éventuelles variations significatives.
4. La caractérisation par Diffraction des Rayons X (DRX) nous a permis d'identifier la présence de phases cristallines de quartz dans tous les échantillons. Cela indique que le quartz est une composante commune dans ces gisements aurifères étudiés.

En résumé, nos résultats suggèrent que le processus de lixiviation utilisant le cyanure est efficace pour extraire l'or des échantillons testés, et que l'adsorption par le charbon actif permet de récupérer cet or dissous dans la solution. De plus, nos analyses chimiques et minéralogiques nous ont apporté des informations importantes sur la composition et la structure des échantillons étudiés.

CONCLUSION GENERALE

Cependant, il est important de souligner que cette étude constitue une première étape et qu'une recherche complémentaire plus approfondie est nécessaire pour affiner nos connaissances sur ces gisements aurifères spécifiques. Des investigations futures pourraient inclure des tests plus variés, l'exploration de techniques d'extraction alternatives et l'analyse des implications environnementales de ces méthodes d'extraction aurifère.

Références

Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master : Mr LOUZ Mohamed : l'étude des paramètres physico-chimiques et hydrologique de la lixiviation en tas du minerai aurifère (cas de la mine d'Amesmassa); JUIN 2016. Université de Khemis Miliana. Traitement métallurgique, Paris, 1896.
- [2] :H.BECHER, L'Or, minerais aurifères et auro argentifères, extraction
- [3] <https://www.aps.dz/regions/117181-tamanrasset-remise-de-plus-de-70-titres-d-exploitation-aurifere-artisanale-a-des-micro-entreprises>
- [4] réception des les quantités de minerais d'or : Algeria Press Service <https://www.aps.dz> › économie › 123239-exploitation.
- [5] : ORGM : Office National de la Recherches Géologiques et Minières.
- [6] : Mémoire de fin d'étude réalisé par kareche karime et Maketa peter promo 1016/2017 université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.
- [7] : Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master : Melle GUEHILIZ KATIA : ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE MINERAI D'AMESMASSA ET LE MINERAI D'AIN GUEZZAM, université de Bejaia.
- [8] : Mémoire de fin d'étude réalisé par Mr :Elkaiem Abdelah ET Mr :Bennour Hani universite d'Oum el Bouaghi (géologie du Hoggar)cas de terrane laounie .
- [9] : Mr NDONG AKUE PELAYO Ladislao et ANTONIO Osnal Nunes (2021): « Cartographie SIG au 1/1.000.000 de la Province métallogénique du Hoggar ; Essai de caractérisation des critères et guides de recherche des minéralisations aurifères ».
- [10] : Caby, R. (1968) : « Unezone de décrochements à l'échelle de l'Afrique dans le précambriende l'Ahaggar occidental ». B.S.G.F.X,
- [11] : TAHCHI Belgacem Géologie
- [12] : Mémoire Sarah TAHAKOUT (2022) Université de Bejaia.
- [13] : ENOR : Entreprise d'Exploitation des Mines d'Or.

[14] : Caby, R. (1968) : « Une zone de décrochements à l'échelle de l'Afrique dans le précambrien de l'Ahaggar occidental ». B.S.G.F.,X,7.

[15] : Information récupérée au niveau de la mine d'Amesmassa ;

[16] : Djemai, S. 2008 : « Etude structurale et pétrologique des séries précambriennes de la terminaison Sud de l'unité granitique de l'In Ouazzal (Hoggar occidental) ». Thèse de doct d'état (U.S.T.H.B).

[17] : BAGUI Mokhtar (2015) : « Contribution à l'étude des filons aurifères d'Amesmassa (Hoggar Occidental) ».

[18] : <https://www.google.com/maps>

[19] : Marcel Couchot (1962) : « La Montagne aux Expériences », L'accident de Béryl du 1er Mai 1962, Le Taourirt Tan Afella - In Eker.

[20] : Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master : Mr LOUZ Mohamed : <<études paramètres physico-chimiques et hydrologique de la lixiviation en tas du minerai aurifère (cas de la mine d'Amesmassa)>> ; JUIN 2016. Université de KHemis Miliana

[21] : Aïssa, D. E., Talbi, M., Lazouni, A., Kesraoui, M., & Nadjari, S. (2002). LES MINERALISATIONS AURIFERES DU HOGGAR (SUD ALGERIEN) ET LEURS RELATIONS AVEC LES ZONES DE CISAILLEMENTS LITHOSPHERIQUES. Bulletin Du Service Géologique De L'Algérie, 13(2), 93–115. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/4142>.

[22] : rapport de stage Amesmassa 2012. (Information donnée par la direction d'Amesmassa).

[23] : Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master : Melle GUEHILIZ KATIA : ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE MINERAI D'AMESMASSA ET LE MINERAI D'AIN GUEZZAM, université de Bejaia.

[24] : SAAD Warda et MOUISSI MOUMBOLO Axel Philippe, 01/03/2011. (Information donnée par la direction d'Amesmassa).

[25] : Kalabachkine. S., Boutrika. R., 1993 Rapport sur la prospection détaillée sur le champ d'In Abeggui (Feuille In Abeggui). O.R.G.M.

[26] : Rapport Inédit ENOR, (2003).

[27] : <https://www.usgs.gov>

Annexes

Résumé :

L'usine d'Amesmassa joue un rôle central dans le processus d'extraction de l'or à partir des minerais provenant de différents filons de la mine. Le procédé utilisé, appelé cyanuration, permet de dissoudre l'or contenu dans le minéral, puis l'or est adsorbé à l'aide de charbon actif. Ensuite, le minerai est enrichi pour obtenir un lingot d'or pur. Une nouveauté récente est l'implication de l'entreprise ENOR, qui reçoit désormais des dépôts de minerais provenant de microentreprises opérant dans l'exploitation artisanale des gisements d'or de plusieurs sites situés dans la région du Hoggar. L'objectif est de récupérer et d'enrichir l'or présent sur ces sites grâce aux installations de l'usine. Dans le cadre de notre travail, nous avons sélectionné des échantillons de minéraux provenant de deux régions distinctes pour les étudier en détail. Après avoir prélevé des échantillons représentatifs, nous avons procédé à leur caractérisation et à leur analyse approfondie. Les résultats ont révélé que le minerai provenant du site d'In Amguel présente une teneur en or plus faible par rapport à celui provenant d'Amesmassa, en raison des différences de teneur initiale en or ainsi que de la composition minéralogique spécifique à chaque site.

Mots clés : or, gisements aurifères, entreprise, exploitation, préparation mécanique, préparation chimique, traitement, cyanure, analyses.

Summary:

The Amesmassa plant plays a central role in the process of extracting gold from ores from various veins in the mine. The process used, called cyanidation, dissolves the gold contained in the mineral, then the gold is adsorbed using activated carbon. Then the ore is enriched to obtain a pure gold bar. A recent novelty is the involvement of the company ENOR, which now receives ore deposits from micro-enterprises operating in the artisanal exploitation of gold deposits from several sites located in the Hoggar region. The objective is to recover and enrich the gold present on these sites thanks to the installations of the plant. As part of our work, we have selected mineral samples from two distinct regions to study them in detail. After taking representative samples, we proceeded to their characterization and in-depth analysis. The results revealed that the ore from the In Amguel site has a lower gold content than that from Amesmassa, due to differences in initial gold content as well as the mineralogical composition specific to each site.

Keywords: gold, gold deposits, mining, company, mechanical preparation, chemical preparation, processing, cyanide, analyses.