MODÈLE D'ÉTUDE DE FAISABILITÉ DES PETITS GISEMENTS DE CHROMITE DANS LA ZONE D'ANDRIAMENA-MADAGASCAR

Simon RAKOTOARISON, Roger RANDRIANJA, Désiré A. RAKOTONDRAVALY

RÉSUMÉ

L'exploitation des minerais de chromite constituait une entrée de devises conséquente pour l'État Malgache depuis plus de quarante ans. La Société KRAOMA, détient depuis quarante ans, le plus grand permis d'exploitation de chromite dans la région d'Andriamena. De plus, elle possédait des permis de recherche et d'exploitation dans la zone de Befandriana Nord. Pour maintenir ses activités dans l'exploitation des gisements de chromite, la Société devrait trouver d'autres gisements de grande taille car les réserves des deux grandes mines exploitées depuis 1968 arrivent à épuisement. Devant cet épuisement des gisements des deux Mines d'Ankazotaolana et de Bemanevika, la société devrait faire recours à l'exploitation des « indices » et « lentilles » de chromite. En effet, plus de 600 indices sont répertoriés dans la zone d'Andriamena, certains d'entre eux pourraient constituer des gisements de petites tailles exploitables économiquement.

Aussi, plusieurs indices ou lentilles peuvent être considérés comme des gisements de « petites mines » parmi les six cents indices de chromite répertoriés dans la région d'Andriamena. Ces petites mines pourraient encore être exploitées pendant plusieurs années par la société Kraoma.

Mots clés : Chromite, gisements, grande mine, petite mine, indices, lentilles, Andriamena, Ankazotaolana, Bemanevika, Befandriana Nord.

INTRODUCTION

Madagascar, du fait de son contexte géologique, dispose des richesses minérales considérables dispersées sur l'ensemble du territoire. De nombreux gisements ont été localisés depuis longtemps et dont les réserves sont importantes. Les principaux minéraux qui ont pu être identifiés comprennent les gisements de pierres fines, de pierres ornementales ainsi que des minerais industriels tels que le graphite, le quartzite, l'ilménite et la chromite. [1].

Plus de quarante ans après la première exploitation de la chromite d'Andriamena, seuls les gisements de Bemanevika et d'Ankazotaolana ont fait l'objet d'exploitation à ciel ouvert par la société KRAOMA. En 1975 et en 2002 l'exploitation de la petite mine d'Ambakireny et celle située non loin des usines ont été entreprise respectivement. Entre 1965 à 1968, 631 indices de chromite ont pu être répertoriés par la COMINA (Compagnie Minière d'Andriamena), aucun de ces indices ne semble présenter un gisement de grande taille semblable aux gisements de Bemanevika et d'Ankazotaolana. [2].

Pour le maintien du projet d'exploitation de chromite dans la zone d'Andriamena, on devrait donc penser à faire recours aux exploitations des « petites mines ». Le choix serait de trouver parmi ces nombreux indices lesquels contiendraient de gisement économiquement rentable pour leur exploitation.

Les minerais de chromite ont été exploités depuis 1968, mais depuis les vingt dernières années, le prix de la chromite sur le marché mondial est très fluctuant et accuse très souvent des baisses en cascades avant de se ressaisir petit à petit. Le prix maximum forme parfois un cycle de moins de cinq années avant de retomber de nouveau à son plus bas de l'échelle. Le cycle fait donc une sinusoïde bien étalée à la base mais pointu à sa hauteur.

A Madagascar, la Société KRAOMA qui exploite seule les minerais de chromite a été confrontée à un problème d'instabilité de vente depuis 1998, année où le prix de la chromite a chuté vertigineusement et resté à son plus bas prix pendant cinq ans 1998 à 2003. La Société avait presque arrêté ses activités d'exploitation de 2000 jusqu'en 2002 et ne faisait que vendre ses stocks pendant cette période. Les employés ne travaillaient qu'une demi-journée aussi bien dans les mines que dans les bureaux et se trouvaient en paiement d'une demi-solde de 2001 jusqu'en mars 2002. La majorité des matériels ont été vendus pour pouvoir payer les employés durant cette période.

En 2002, devant la situation critique de cette société, il était impératif de trouver des solutions adéquates pour rétablir et remettre en ordre l'activité de production. Le prix de la chromite reprenait timidement la pente ascendante, mais les stocks de la société étaient totalement épuisés aussi bien dans les laveries qu'au port d'exportation.

La reprise de l'exploitation dans la mine laissée à l'abandon était impossible, car non seulement, la société ne disposait plus assez de matériels de production, mais ladite mine, en cours d'épuisement était déjà trop en profondeur et son exploitation s'avérait difficile et coûteuse.

Face à cette situation catastrophique, une seule et unique voie était possible pour la survie de la société, c'était de recourir aux exploitations des petites mines avec le peu de matériels disponibles au chantier. En 2002, l'idée d'exploiter une mine non loin de la laverie a été adoptée avec le support financier d'une banque nationale. 20 000 tonnes de minerais exportables a été exploités et furent expédiés pendant le dernier semestre de la même année. C'était de cette manière que la situation dans cette société d'État, plutôt une société anonyme, dont le capital est détenu à 100% par l'État, a pu être rétablie. Ainsi, les employés reprenaient le travail à plein temps et leur solde totalement rétabli dès le premier mois de la reprise de l'exploitation de la petite mine au mois d'avril 2002.

C'est alors qu'il nous est venu l'idée de promouvoir l'exploitation des petites mines dans les zones situées non loin des usines de traitement.

Dans cet article nous développons l'étude de faisabilité d'un ensemble des quatre « petites » mines à l'intérieur du permis de la société. Aussi l'étude se divise en trois parties :

a) La première partie traite des caractéristiques de la chromite,
b) La seconde partie est consacrée à la monographie des quatre gisements
c) Et la dernière partie est réservée aux études de l'exploitation minière proprement dite.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LE PRODUIT

La chromite est le minerai de chrome. Sa composition répond rarement à la formule théorique et il en existe toute une gamme de types plus ou moins magnésiens, ferriques et alumineux. [7]

1. Produits et utilisation [W1]

1.1 Les principaux usages du chrome sont :

- La fabrication de ferrochrome, forme sous laquelle le chrome est incorporé dans les aciers inoxydables et dans les aciers spéciaux,
- La fabrication des sels et oxydes utilisés comme colorants en céramiques ou comme mordants dans la tannerie,
- La fabrication des briques réfractaires,
- Les colorants dans l'industrie chimique.

1.2 Les qualités requises différent selon l'usage :

- Le minerai métallurgique pour la fabrication du ferrochrome est utilisé soit pulvérulent, soit rocheux, soit en mélange. Dans ce cas, le minerai friable est à éviter.
- Pour l'usage chimique, on cherche le minerai friable ou pulvérulent qui a une capacité de s'oxyder facilement.
- La teneur en fer n'a pas beaucoup d'importance et l'utilisation d'une gamme de teneur en chrome ne dépend que de l'usage envisagé pour le minerai.
- Pour la fabrication des briques réfractaires, on utilise un minerai rocheux le plus dur possible.

2. Les caractéristiques de la chromite [9]

2.1. Le classement classique des chromites selon leurs principaux usages est indiqué dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1. Classement classique des chromites

Utilisation / Éléments	Métallurgique	Chimique	Réfractaire	Fonderie
Cr_2O_3 (%)	> 46	> 44	30 - 40	44 min
Cr/Fe	> 3 /1	> 1,5 / 1	> 2 – 2,5 / 1	-
SiO_2 (%)	< 10	< 3,5	6	4
Al_2O_3 (%)	d)	-	25 -30	-
Fe_2O_3 (%)	-	-	-	2,6 max
CaO (%)	-	-	-	0,5
Physique	Hard / lumpy	Lumpy	Lumpy / friable	Fines

2.2. Qualité de la chromite

Les spécifications chimiques et granulométriques sont caractérisées par la teneur en chrome et en fer et le ratio Fe/Cr, ainsi que les éléments fondants SiO_2, Al_2O_3, MgO. Mais des éléments nuisibles peuvent intervenir de manière pénalisante, par exemple la teneur en phosphore pour les usages métallurgiques.
La chromite métallurgique doit avoir une teneur élevée en chrome et faible en fer ;
La chromite chimique peut avoir une teneur en chrome plus faible et une teneur en fer plus élevée.
Les chromites réfractaires doivent avoir une teneur en Al_2O_3 élevée, une teneur en SiO_2, assez faible et une teneur en chrome plus faible ;
Les fines doivent avoir une granulométrie fine, une teneur en Al_2O_3 élevée et une teneur en en SiO_2 faible.

3. Historique des travaux de prospection et d'exploitation de chromite d'Andriamena [7]

La chromite est connue à Madagascar depuis le début du 19ème siècle, dans « La Minéralogie de Madagascar » du Professeur LACROIX, parue en 1922, plusieurs indices étaient signalés dans la région de Tamatave et de Vohambohitra, Manakara. Ils ne représentaient à cette époque que comme des indices de qualité médiocre dont l'importance n'avait pas été reconnue sur le terrain.
Voici la chronologie des travaux effectués sur le gisement d'Andriamena :

1948 : Découverte des lentilles de chromite près du village d'Androfia par KOENIG.
1954 – 1955 : Cartographie 1/200 000 de la Région d'Andriamena par GIRAUD.
1955 : Acquisition de deux permis de recherche par UGINE.
1957 : Octroie à UGINE des cinq nouveaux permis :
1958 – 1962 : Découverte du gisement de Telomita par UGINE.
1960 – 1961 : Découverte des gisements de Bemanevika et Ankazotaolana, suivie de campagne de sondages à maille serrée
1958-1964 : Prospection intensive sur 5600 km². 631 indices ont été répertoriés incluant Bemanevika et Ankazotaolana.
1965 – 1967 : Constitution de la filière d'exploitation UGINE, la COMINA (Compagnie Minière d'Andriamena). Construction de la route Andriamena – Morarano Chrome, construction de la ligne ferroviaire Vodiala – Morarano Chrome, Construction de la Cité ouvrière.
1968 : Mise en production de la Mine de Bemanevika
1969 : Mise en production précipitée de la mine d'Ankazotaolana suite à d'importants éboulements survenus à la mine de Bemanevika.
1975 : Exploitation de la petite mine W6d d'Ambakireny.
1977 : Mise en place de l'unité de déphosphoration avec un four à séchage et des séparateurs magnétiques.
1976 – 1980 : Travaux de prospection sue la mine de Befandriana Nord.
1981 : Mise en service de l'usine d'enrichissement par liqueur dense pour la récupération surtout de la chromite en blocs de 40 à 120 mm.
1990 : Reprise de l'étude de Bemanevika SEGEM et SIF Bachy.
1996 : Réouverture de la mine de Bemanevika.
1999 : Début des difficultés sur l »exploitation et la commercialisation de la chromite.

4. Géologie [7]

La zone d'Andriamena forme une vaste synclinorium constitué par une série gneissique (dite série graphite) qui contient des enclaves résiduelles concordantes plus ou moins métamorphisées, des roches basiques et ultra basiques. La schistosité générale des formations est NW – SE avec un pendage généralement Ouest variant de 45 à70°. La chromite se trouve dans les roches basiques, soit dans les pyroxénolites, soit moins fréquemment dans les péridotites, soit dans les roches dérivant de ces dernières.
La composition minéralogique et chimique des roches encaissantes semble jouer un rôle important dans la qualité de minerai. Cette composition est variable en fonction de la nature de la roche basique, mais également en fonction de son altération.

5. Situation géographique du gisement [10]

5.1. Localisation et accès

Le champ chromifère d'Andriamena se trouve à 160 km à vol d'oiseau au Nord d'Antananarivo dans la province de Mahajanga (carte N°1).
L'accès aux carrières est assuré par une voie partant du village de Morarano chrome. Elle comprend une portion bitumineuse et sinueuse de 85 km menant aux installations minières (laverie, bureau, atelier, etc.) et la cité ouvrière implantée dans le village de Brieville, ainsi que des portions de pistes reliant ces dernières aux carrières d'extraction.

5.2. Climat

Le climat de région s'apparente sensiblement à celui de la côte Ouest de Madagascar : température douce en hiver et élevée en été, une sècheresse totale du moins d'avril au mois de Novembre et des pluies abondantes pendant la saison pluvieuse de novembre au moins de mars.

6. Caractéristiques des produits [8]

Le tableau 2 indique les caractéristiques chimiques des rocheux et des concentrés de chromite :

Tableau 2. Caractéristiques des produits commercialisables

Éléments	Concentrés	Rocheux
Cr_2O_3 (%)	49 Min	> 44
Cr/Fe	2,4	> 1,5 / 1
SiO_2 (%)	6 Max	< 3,5
Al_2O_3 (%)	13 - 16	-
MgO (%)	12 - 14	17 -20
FeO (%)	17 -18	13 -16
P (%)	0,009 Max	0,007 Max
H2O (%)	6	1
Granulométrie	40 µ < 90% >1000 µ	25 mm < 70% > 150 mm 30% < 25 mm

II. MONOGRAPHIE DES GISEMENTS

La carte N°2 à l'échelle 1 / 1000 nous montre l'emplacement géographique des quatre gisements par rapport aux deux mines déjà exploitées.

La monographie des quatre gisements sont résumés ci-après :

A. MONOGRAPHIE DU GISEMENT M 116 [3]

1) Situation générale

Le gisement se trouve à 2 km au Sud de la carrière d'Ankazotaolana et à 10 km de la Laverie. Il est desservi par une piste praticable en saison sèche.

2) Géologie

L'environnement pétrographique se compose de deux types de formation :

- La formation basique constituée de gabbro type norite et de la neuconorite (même type qu'à Bemanevika) qui indique la ségrégation magmatique à terme, un processus géologique à partir de laquelle la chromite a aussi pris naissance.
- La formation ultrabasique composée de péridotite et de pyroxénite encaissant directement la chromite. La chromite se présente sous deux formes : massive et rubanée. L'ensemble est souvent recoupé par des filons ou filonnets de pegmatite, manifestation ultime de la granitisation tardive.

3) Structure

L'indice M 116 présente une forte densité de fracturation matérialisée par des diaclases affectant les roches basiques ultrabasiques et la chromite.

La possibilité d'accumulation en chromite se localise sur le flanc inverse et proche du cœur d'un anticlinal.

4) Caractéristique de la lentille :

L'ensemble de la minéralisation découverte par les tranchées peut être divisé en deux parties :

- La partie Sud qui se présente sous forme de lentille intercalée par des roches ultrabasique.
- La partie Nord qui donne plutôt des roches homogène et dure et qui est l'effleurement principal. L'allongement en longueur de la minéralisation démontré par des travaux de tranchées s'étend sur 270 m vers le Nord, la caisse ultrabasique n'annonce pas la fermeture, mais plutôt l'épaisse couverture latéritique qui rend difficile les travaux de fouille. La puissance des lentilles varie de 0,2 à 7,5 m. L'allongement en profondeur est de 4 m au maximum.

5) Réserve et qualité de chromite

D'après les travaux réalisés dans les tranchées, la réserve en surface est évaluée à 12 000 tonnes, mais la réserve totale du gisement est évaluée à 110 000 tonnes. La teneur moyenne en Cr_2O_3 est de 33.59%, le ratio Cr/Fe de 1,81 et la teneur en P de 41.06 ppm.

B. MONOGRAPHIE DU GISEMENT FA 8 [4]

1) Situation générale

La lentille FA 8, de coordonnées X = 218,230 et Y = 966,230, se situe environ à 100 m de M 116, les deux gisements sont deux lentilles subparallèles et indépendantes.

2) Géologie

L'encaissant principal de la chromite est le pyroxénite, qui est à son tour encaissée dans du gabbro noritique différencié localement en leuconorite. L'ensemble est englobé dans du migmatite généralement à biotite et pyroxène.

3) Structure

L'indice FA 8 présente aussi une forte densité de fracturation matérialisée par des diaclases affectant les roches basiques et ultrabasiques et la chromite.

4) Caractéristique de la lentille :

L'allongement en longueur de la minéralisation démontré par des travaux de tranchées s'étend sur 100 m avec 2m d'épaisseur. L'allongement en profondeur est de 4 m au maximum.

5) réserve et qualité de chromite

D'après les travaux réalisés dans les tranchées, la réserve totale du gisement est évaluée à 27 000 tonnes. La teneur moyenne en Cr_2O_3 est de 39%, la teneur en FeO de 17,96%, la ration Cr/Fe de 1,95 et la teneur en P de 43 ppm.

C. MONOGRAPHIE DU GISEMENT L5b [5]

1) Situation générale

L'indice L 5b, de coordonnées X = 525,000 et Y = 934,850, se situe sur le flanc d'une colline très accidentée et se présente sous forme de deux lentilles subparallèles qui sont successivement dénommées L 5b (lentille se trouvant en haut) et L 5b9 celle se trouvant en bas. L'indice L 5b est parmi les indices les plus proches de la laverie. C'est à 2 km de cette dernière qu'elle a été découverte. Une bretelle de piste de 1,5 km le relie à la route bituminée RN 33.

2) Géologie

La chromite est liée à un banc de pyroxénite qui est localement différencié en péridotite. L'ensemble chromite ultrabasique est encaissé dans un gros banc de leuconorite et/ou gabbro noritique grenu qui s'étend sur 400 m de long. Les formations migmatitiques qui englobent la caisse basique et ultrabasique minéralisée sont : la migmatite à biotite et la migmatite plagioclasique. Les corps chromifères sont recoupés par des filons de pegmatites diverses qui constituent aussi les remplissages des failles dextres et/ou senestres. Cette perturbation tectonique avait désordonné localement la direction générale de la lentille NNE – SSW.

3) Caractéristique des lentilles :

Le tableau 3 résume les caractéristiques des deux couches L 5b et L 5b9

Tableau 3. Caractéristiques des lentilles

Lentille	L 5b	L 5b9
Allongement en direction (en surface)	200 m	110 m
Direction	NNE - SSW	NNW - SSE
Pendage moyen	80°W	75° W
Puissance moyenne	4 m	4 m
Aval pendage (reconnu par tranchées)	3 m	3 m

4) Réserve et qualité de chromite

D'après les travaux réalisés dans les tranchées, la réserve totale du gisement est évaluée à 17 000 tonnes. La teneur moyenne en Cr_2O_3 > 40 %, le ratio Cr/Fe de 2 et la teneur en P de 21.5 ppm.

D. MONOGRAPHIE DU GISEMENT L7g [6]

1. Situation générale

L'indice L 7g, de coordonnées X = 521,200 et Y = 930,200, se situe à 11 km de la laverie et à 2 km au Sud du gisement de Bemanevika. Les affleurements de chromite se trouvent dans et sur la paroi des lavaka sous forme de chromite d'apparence riche et dure.

2. Géologie

La lentille de chromite a été divisée en deux compartiments par une faille NE et SW subhorizontale et est encaissée dans de pyroxénite avec du soapstone de faible épaisseur. Les logs de sondage ont permis de reconnaître que ce banc mince de pyroxénite est encaissé à son tour dans du gabbro. L'ensemble chromite roches ultrabasiques et basiques est englobé dans de migmatite gneissique à biotite. Pour la partie Sud, la lentille va s'enfoncer dans de la latérite rouge.

3. Caractéristique des lentilles :

Le tableau 4 résume les caractéristiques des deux couches :

Tableau 4. Caractéristiques des lentilles NW et SE

Lentille	Lentille NW	Lentille SE
Allongement en longueur (en surface)	20 m	35 m
Allongement en profondeur	40 m	40 m
Direction	NW – SE 140%	140°
Pendage moyen	65°SW	80 à 85° SW
Puissance moyenne	4 m	4 m

4. Réserve et qualité de chromite

D'après les travaux réalisés dans les tranchées, la réserve totale du gisement est évaluée à 20 000 tonnes. La teneur moyenne en Cr_2O_3 > 40 %, la ratio Cr/Fe de 2,11 et la teneur en P de 39 ppm.

Voici un tableau récapitulatif de l'estimation des stériles et des réserves des quatre gisements objet de l'étude :

Tableau 5. Quantité de stérile et de minerai

Gisement	Stérile (m^3)	Minerai (tonne)
L'indice M 116	106 000	110 000
La lentille FA 8	100 000	27000
L'indice L 5b / L 5b9	13 000	17 000
L'indice L 7g	65000	20 000
TOTAL	284 000	174 000

III. EXPLOITATION MINIÈRE

Les études détaillées de l'exploitation minière de chaque gisement (Indice, lentille) ont été réalisées.
A savoir :

- Le mode d'exploitation de chaque gisement dont les plans ont été exécutés à l'échelle 1/500, que nous annexons à cet article.
- Les coupes géologiques
- La stratégie d'exploitation incluant les différentes phases de l'exploitation pour les quatre gisements étudiés, ainsi que les plans des différentes phases des travaux.
- L'ordonnancement des travaux (Rythme de production, chronogrammes des opérations.
- Les diagrammes PERT, et GANTT de chaque gisement.
- Les cadences d'exploitation
- Les travaux d'aménagement des pistes
- Les équipements de production mis en œuvre
- Les matériels et matériaux d'abattage des minerais

L'étude complète du gisement M116 a été choisie comme modèle d'exploitation minière et est détaillée en annexe.

IV. TRAITEMENT DES MINERAIS

Les minerais obtenus dans ces gisements seront traités comme ceux des mines d'Ankazotaolana et de Bemanevika. A savoir :

- Le concassage
- Le traitement gravimétrique par liqueur dense
- La séparation gravimétrique par lavage
- Et la déphosphoration.

CONCLUSION

On peut, après les études des quatre gisements de chromite appelés parfois « indices » ou « lentilles », définir ce qu'est un « petit gisement de chromite ». En effet, il est facile d'appeler « petit gisement de chromite », les indices ou lentilles ayant au moins une réserve prouvée de plus de 10 000 tonnes de minerais. L'étude de faisabilité d'exploitation de quatre petits gisements peut servir de modèle d'étude à effectuer sur des gisements choisis préalablement être rentables économiquement (Réserve suffisante).
L'exploitation en 2002 du petit gisement, exposée précédemment par la Société pourrait aussi servir d'exemple, pour le maintien des activités de la société dans les dix, voire les vingt ans à venir.

Aussi, les activités d'exploration doivent être renforcées pour pouvoir prioriser l'exploitation des gisements économiquement rentables. C'est seulement après les résultats de ces travaux d'exploration que la Société pourra dresser le chronogramme des travaux d'exploitation des gisements à mettre en production.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] BESAIRIE H., 1973, Précis de géologie Malgache.

[2] KLÖCKNER Anlagen, 1982, Analyse diagnostique de l'exploitation des chromites, volume I.

[3] KRAOMA, 1994, Rapport de fin chantier, sondage du gisement M 116 avec carte et coupes géologiques, échelle 1/500.

[4] KRAOMA, 1995, Rapport de fin chantier, sondage du gisement FA 8 avec carte et coupes géologiques, échelle 1/500.

[5] KRAOMA, 1995, Rapport de fin chantier, sondage du gisement L5b avec carte et coupes géologiques, échelle 1/500.

[6] KRAOMA, 1996, Rapport de fin chantier, sondage du gisement L 7g avec carte et coupes géologiques, échelle 1/500.

[7] MAMPIHAO, 1999, synthèse sur la chromite de Madagascar.

[8] RANJAKASOA Miandrisoa Andriamihaja, 1991, Audit de traitement des minerais à la Kraoma.

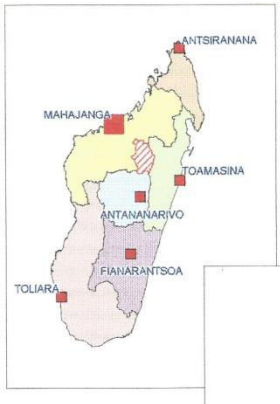
[9] SOFREMINES, Étude de mise en exploitation du gisement de Bemanevika, 1994-1995.

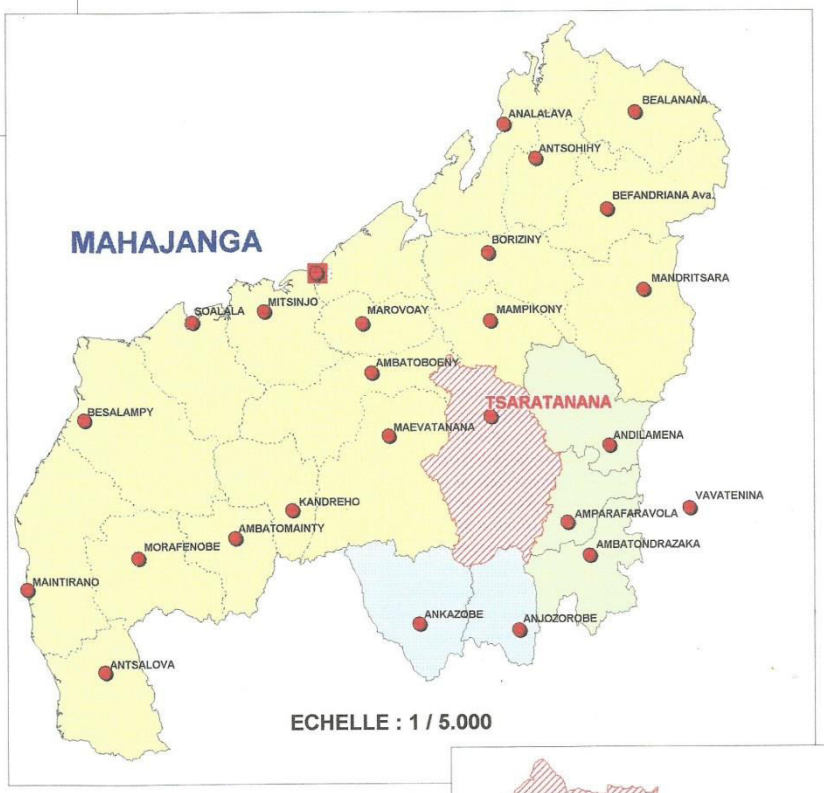
[10] UGINE, 1963, La chromite d'Andriamena, Études générales et aspects économiques du projet.

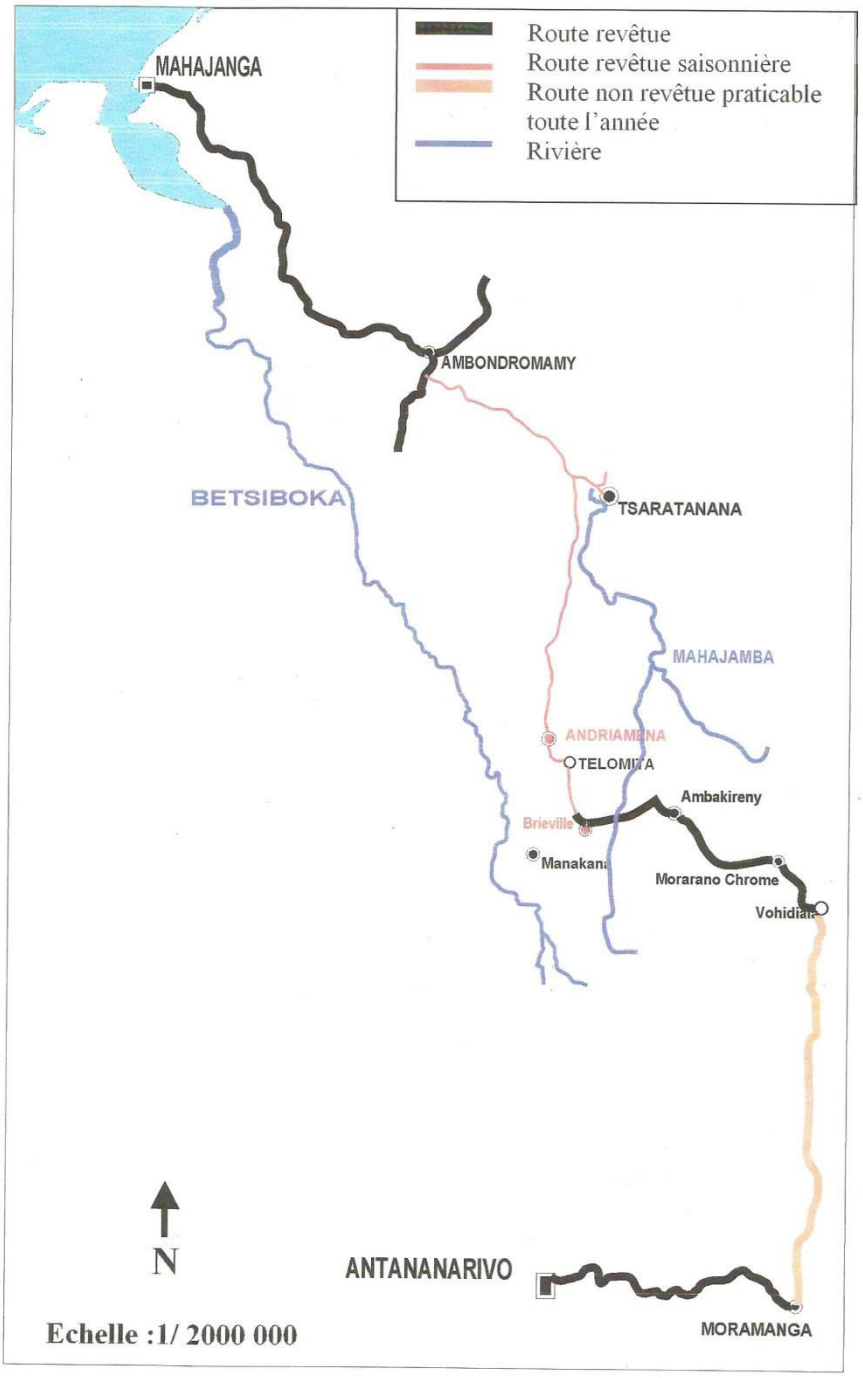
WEBOGRAPHIE : [W1] http://www.fasp.mg/Sec_Mines.

LES ANNEXES

CARTE N°1: LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

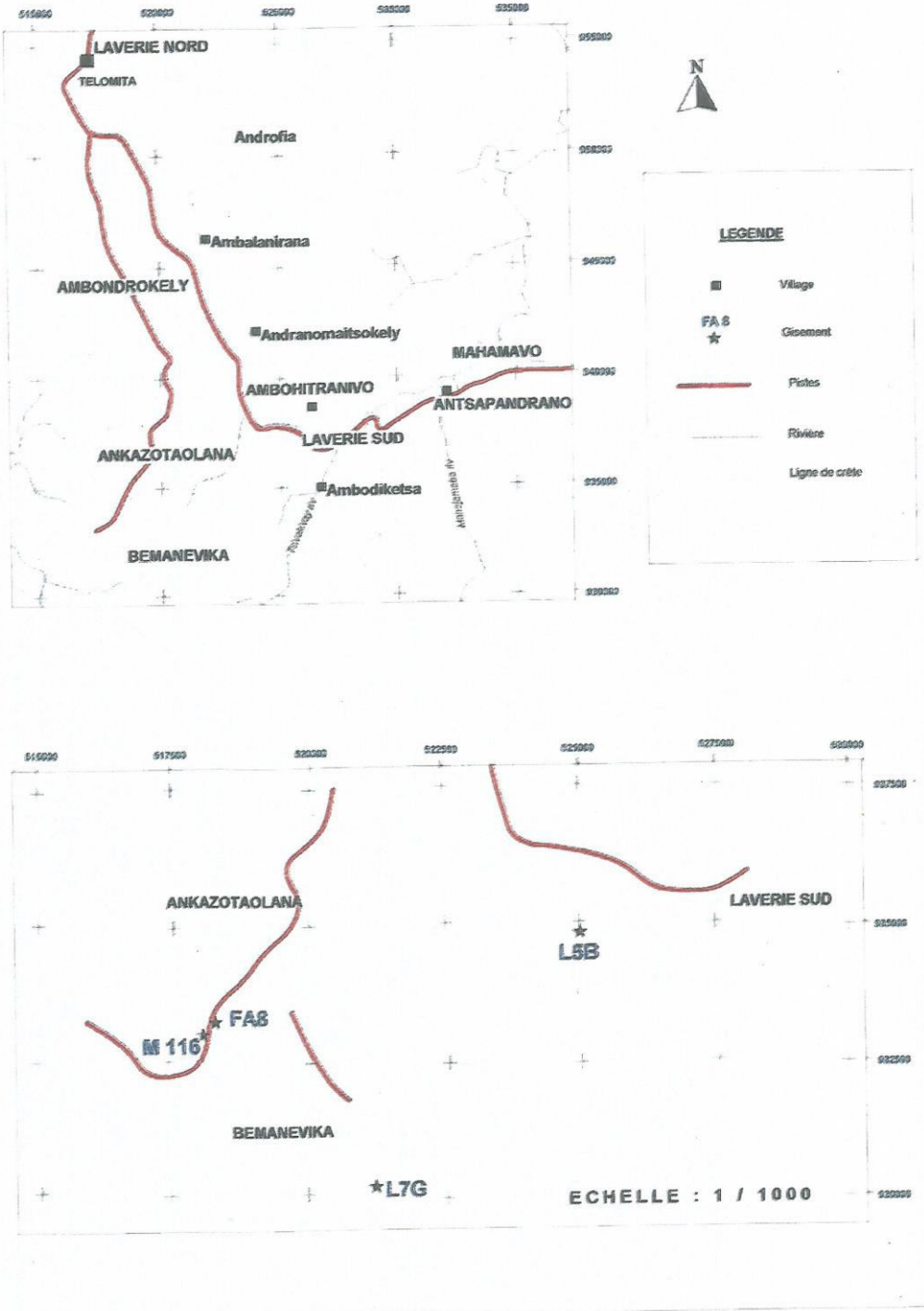






: Carte de localisation

CARTE N° 2 : PLAN DE MASSE

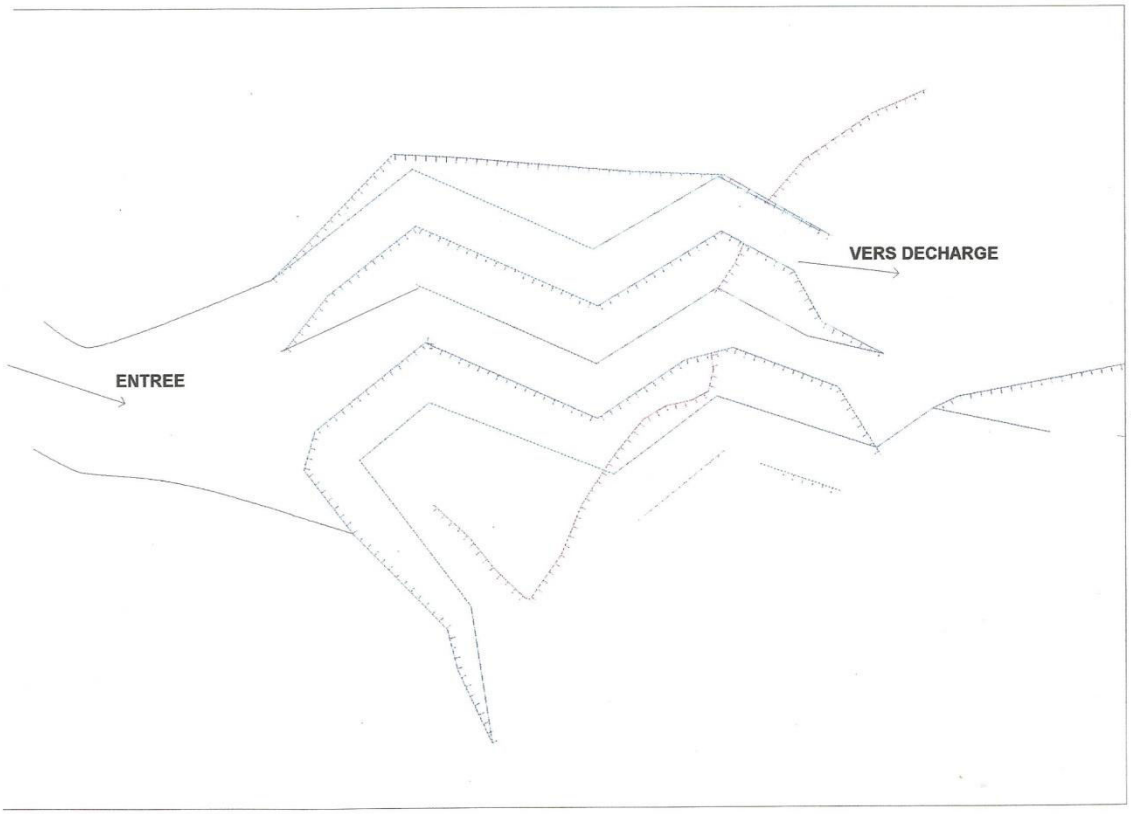


Photos : Gisement de Bemanevika

Photo : Gisement d'Ankazotaolana

Photo n° 1:Etat actuel du site L 5B

PLAN N° 7 : PHASE B GISEMENT M 116



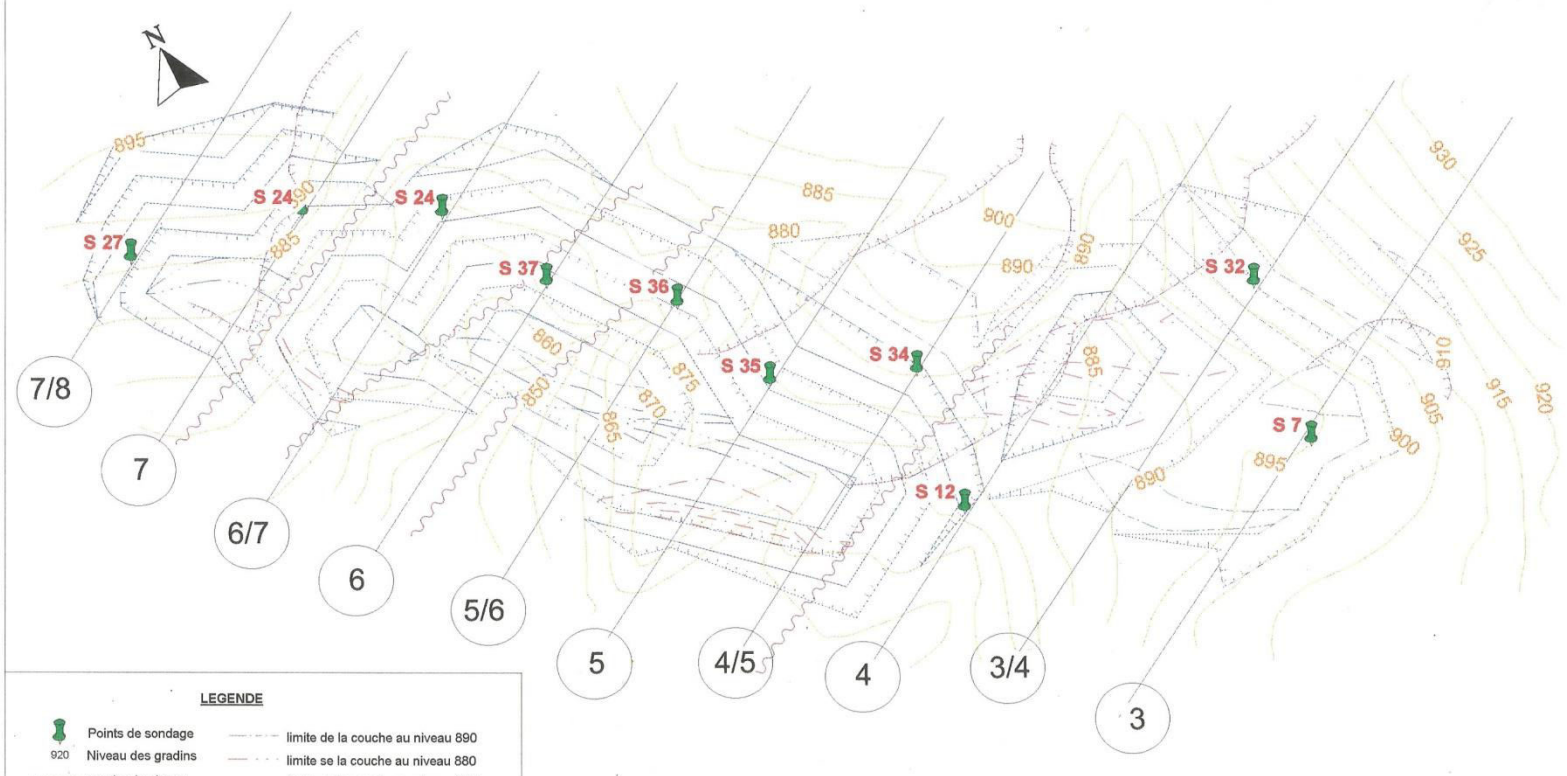
LEGENDE

Haut talus du gradin

Bas talus du gradin

Voies

PLAN N°1 : PLAN D'EXPLOITATION GISEMENT M116

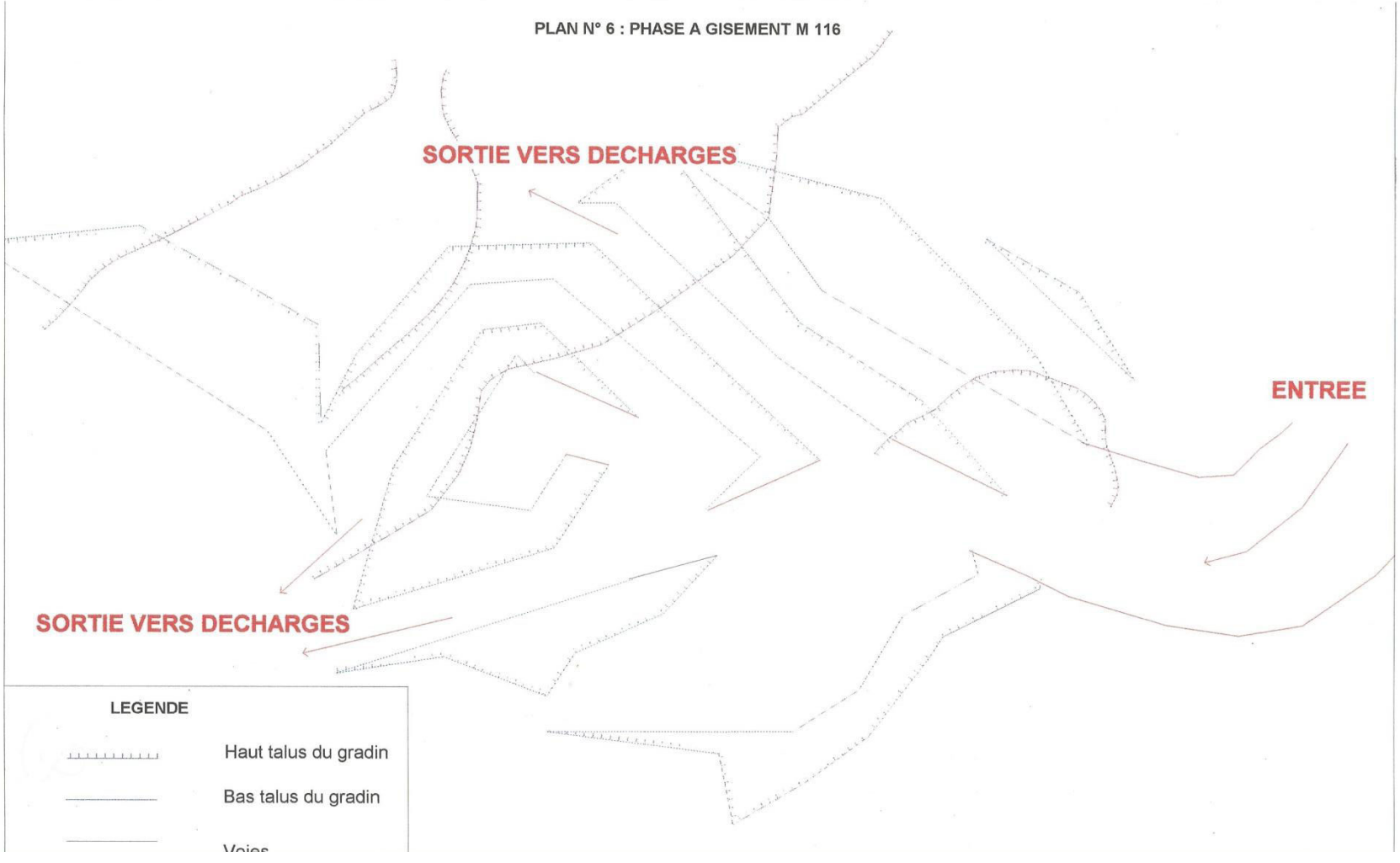


LEGENDE

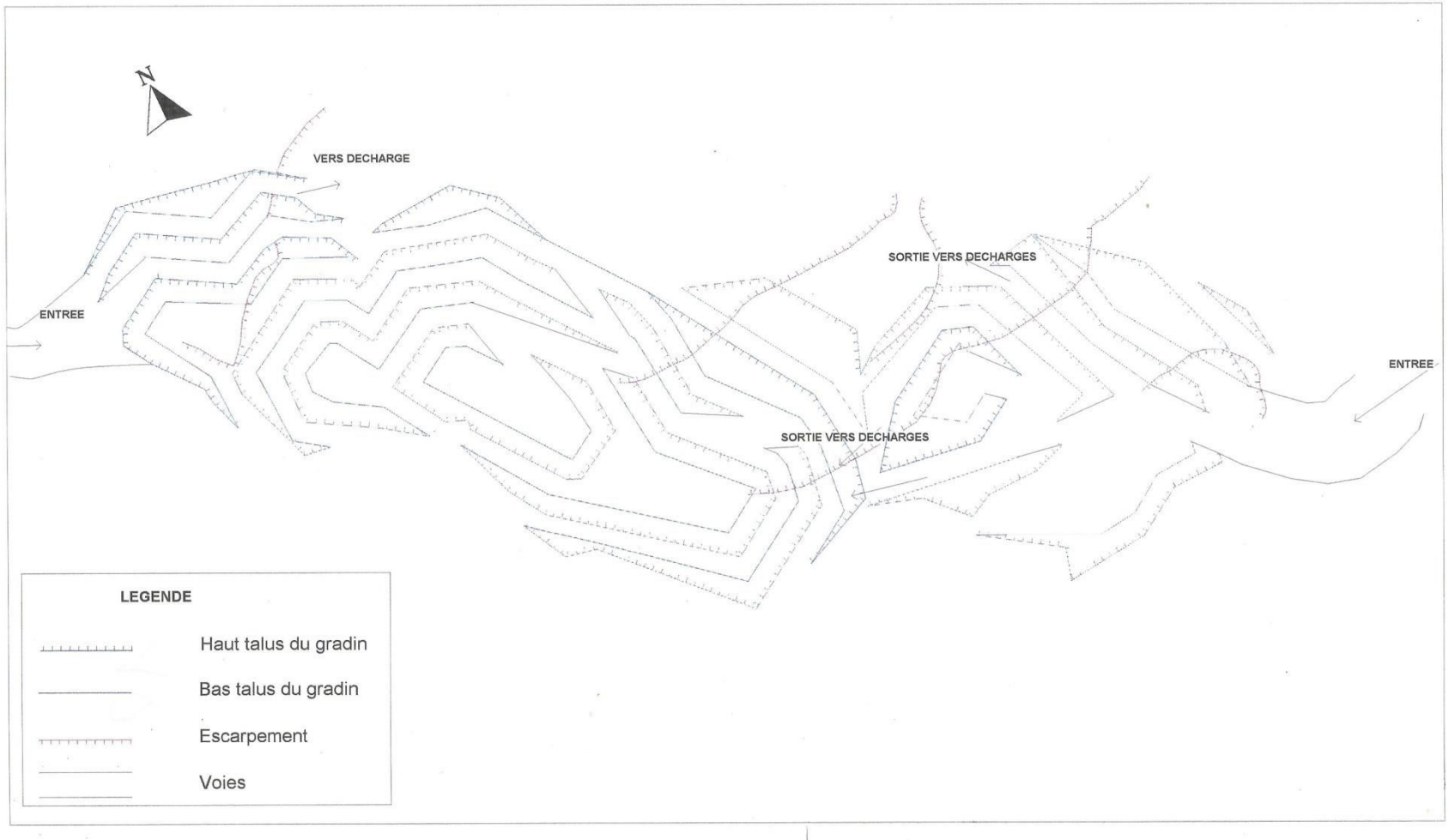
- Points de sondage
- 920 Niveau des gradins
- courbe de niveau
- escarpement
- haut talus du gradin
- bas talus du gradin
- ligne de coupe
- limite de la couche au niveau 890
- limite se la couche au niveau 880
- limite de la couche au niveau 870
- limite de la couche au niveau 860
- limite se la couche au niveau 850
- limite de la couche au niveau 840

ECHELLE : 1 / 1.000

PLAN N° 6 : PHASE A GISEMENT M 116



PLAN N° 8 : PHASE C GISEMENT M 116



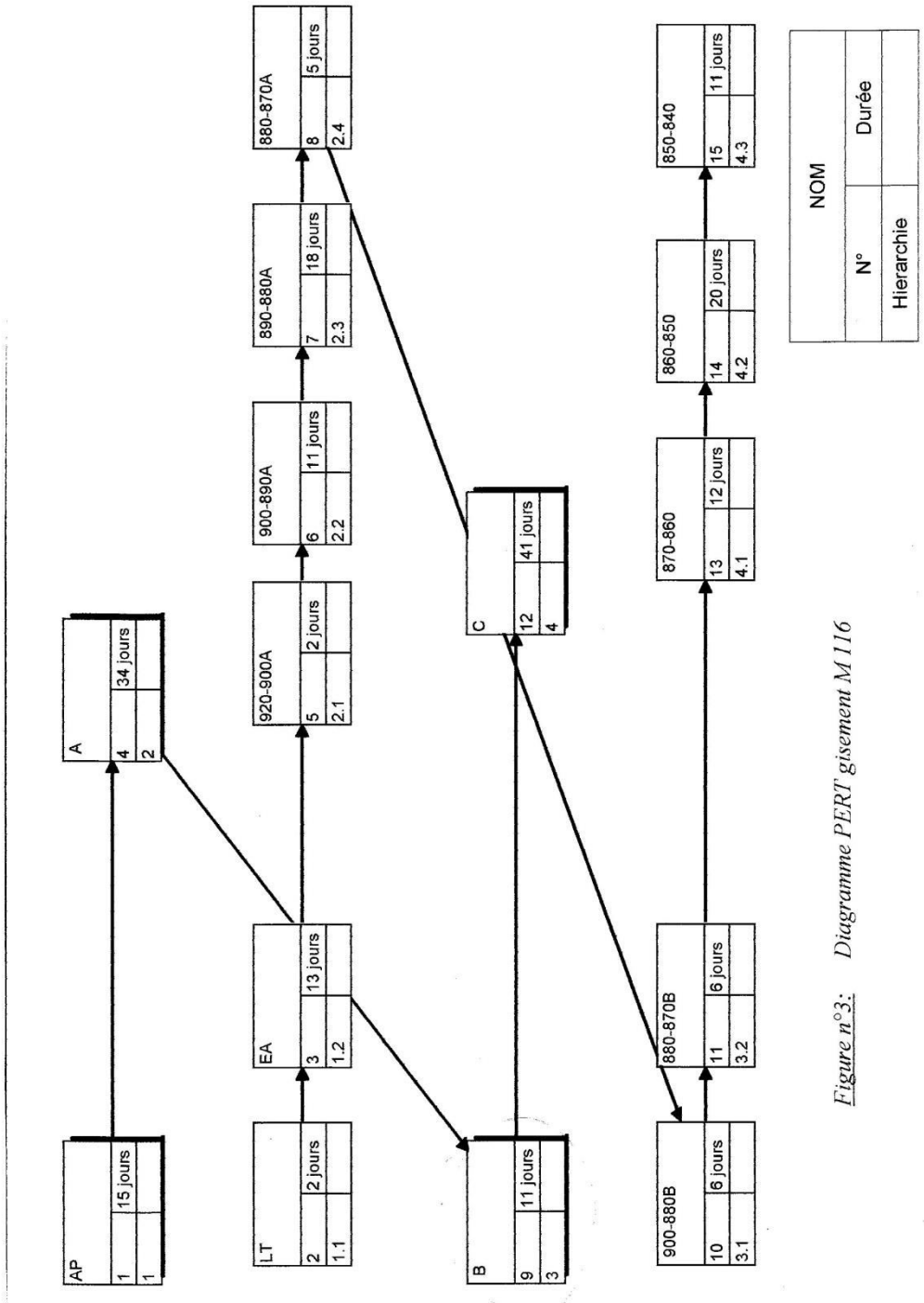


Figure n°3: Diagramme PERT gisement M116

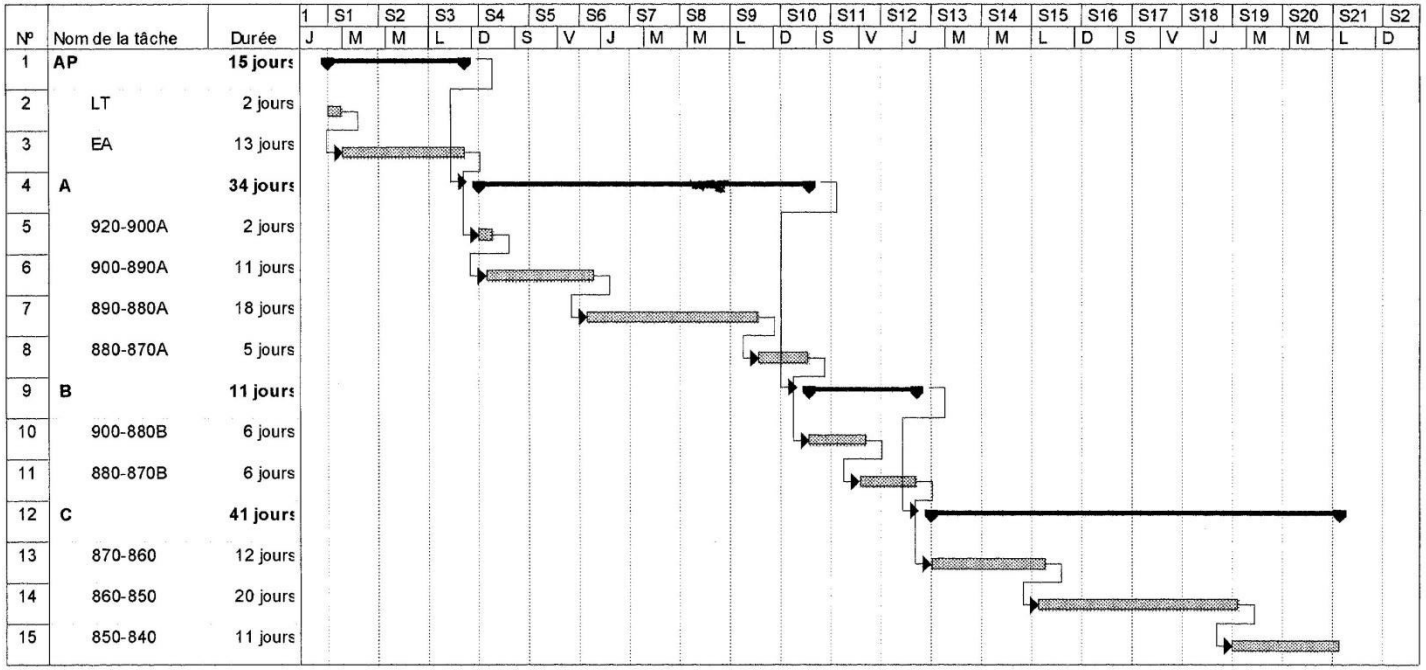


Figure n°4: *Diagramme de GANTT gisement M 116*

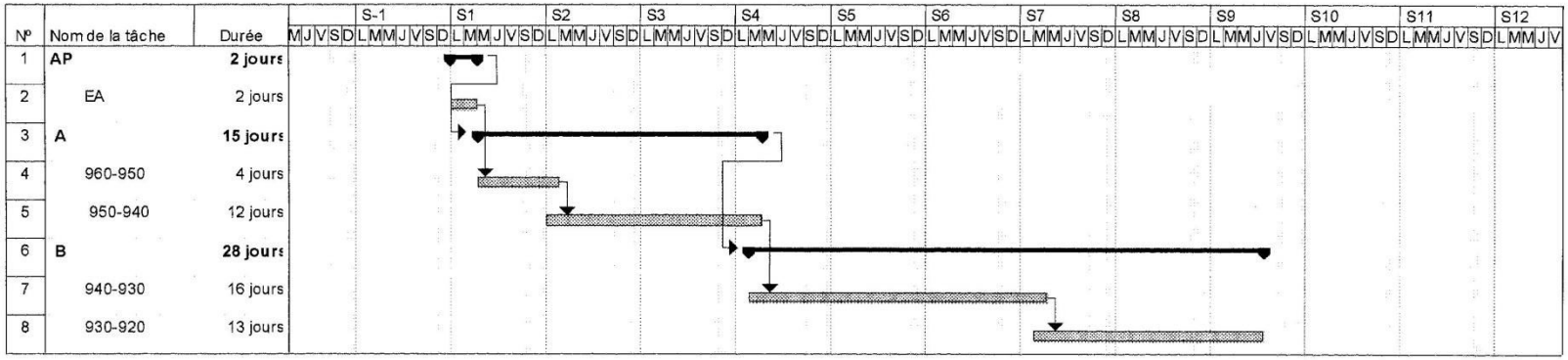


Figure n°6: Diagramme de GANTT gisement M 116

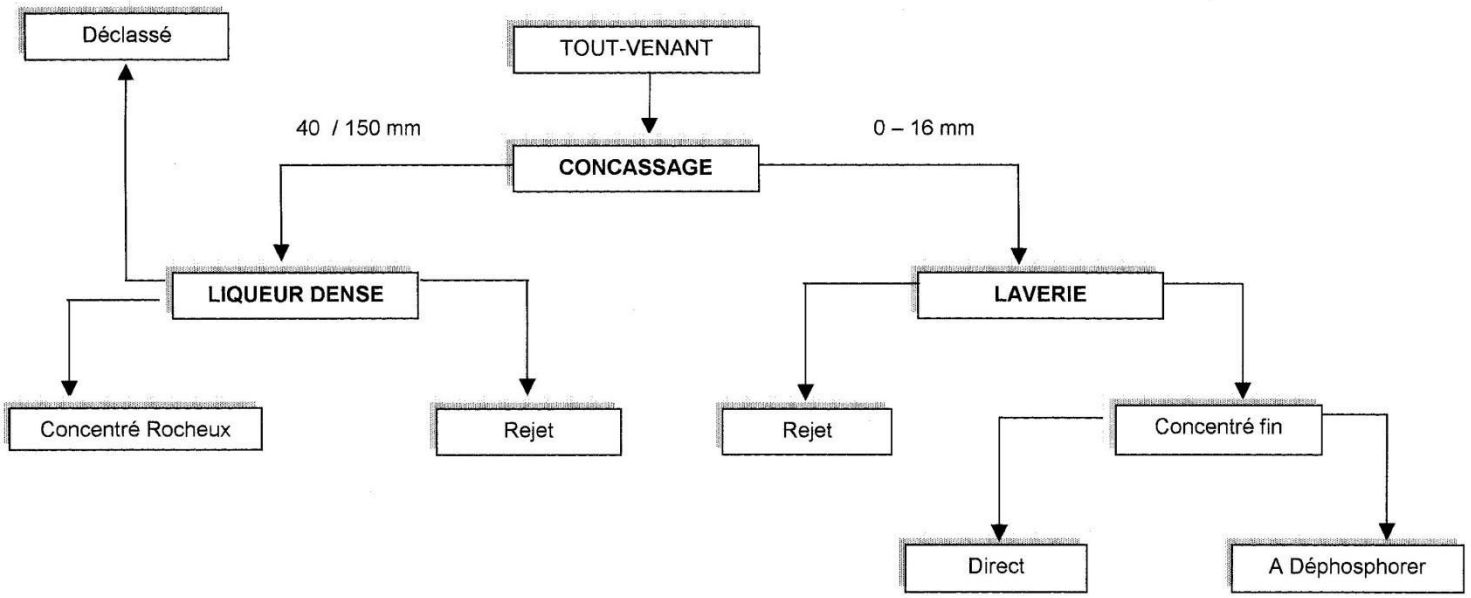


Figure n°11: FLOW-SHEET du traitement

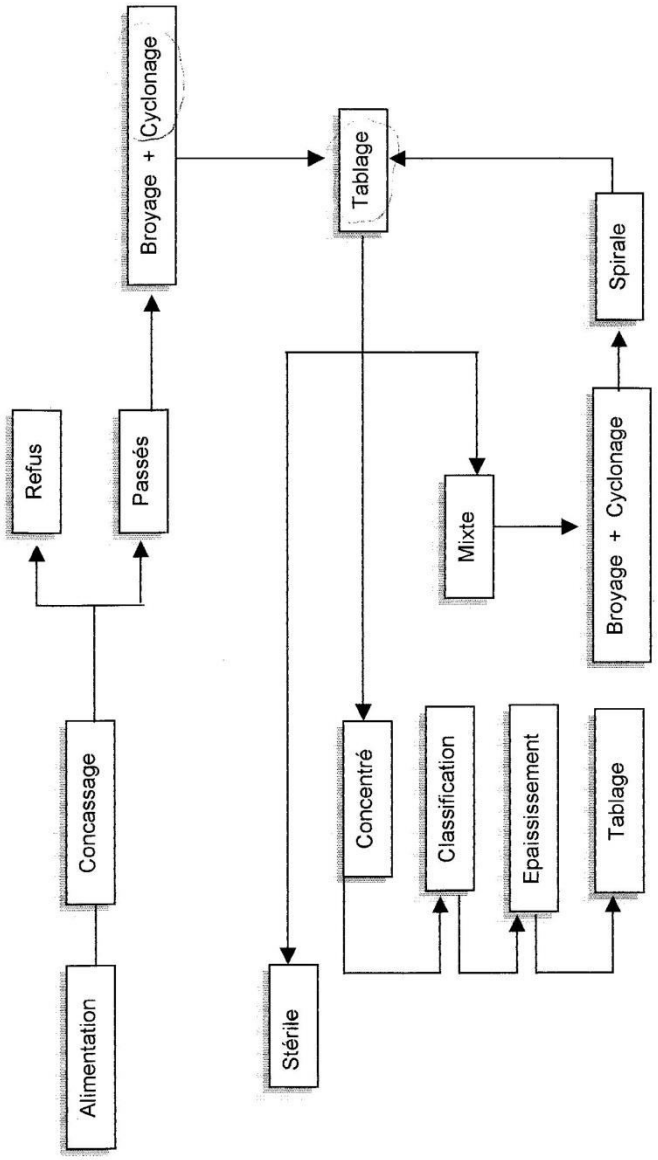


Figure n°12: Unité de concassage

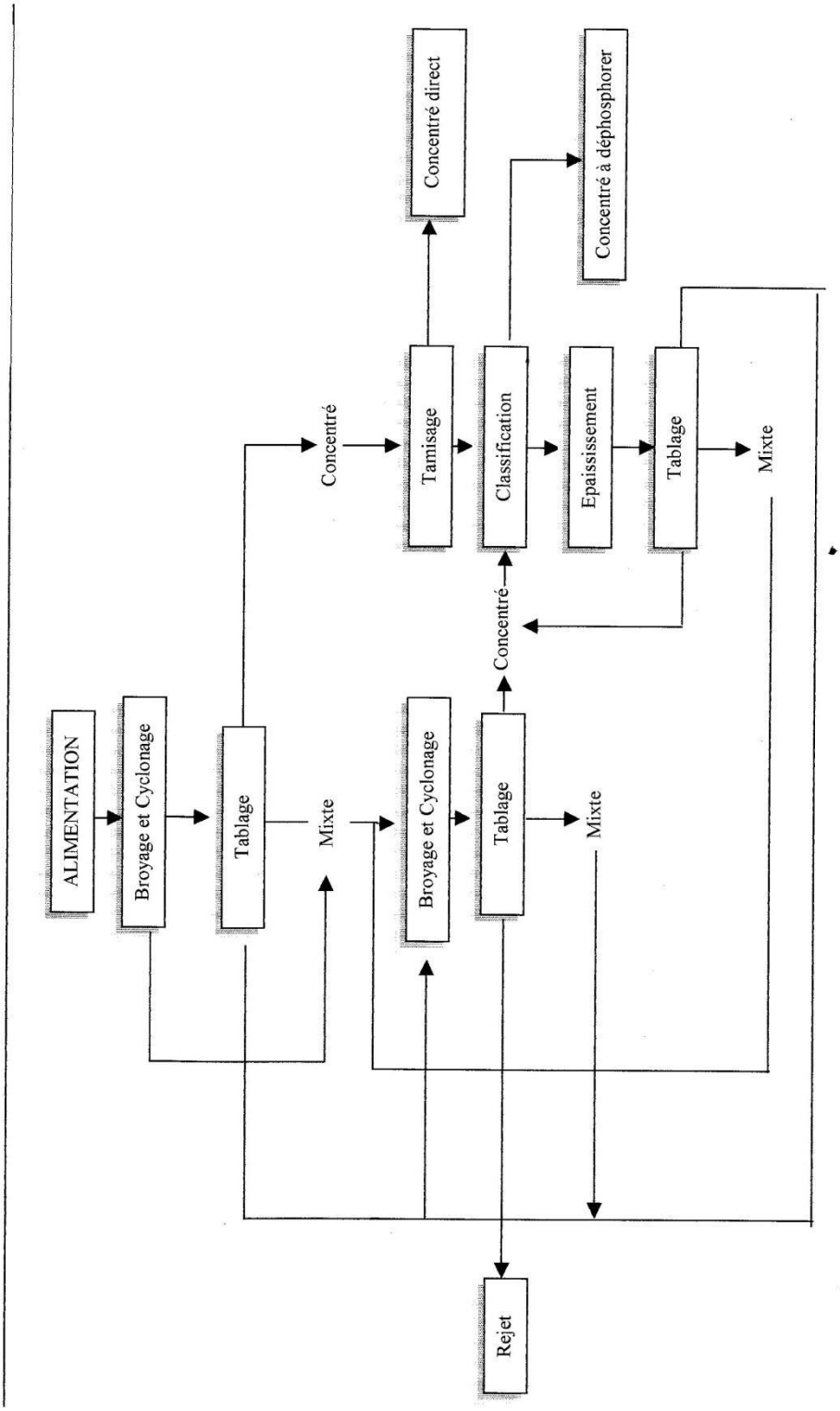
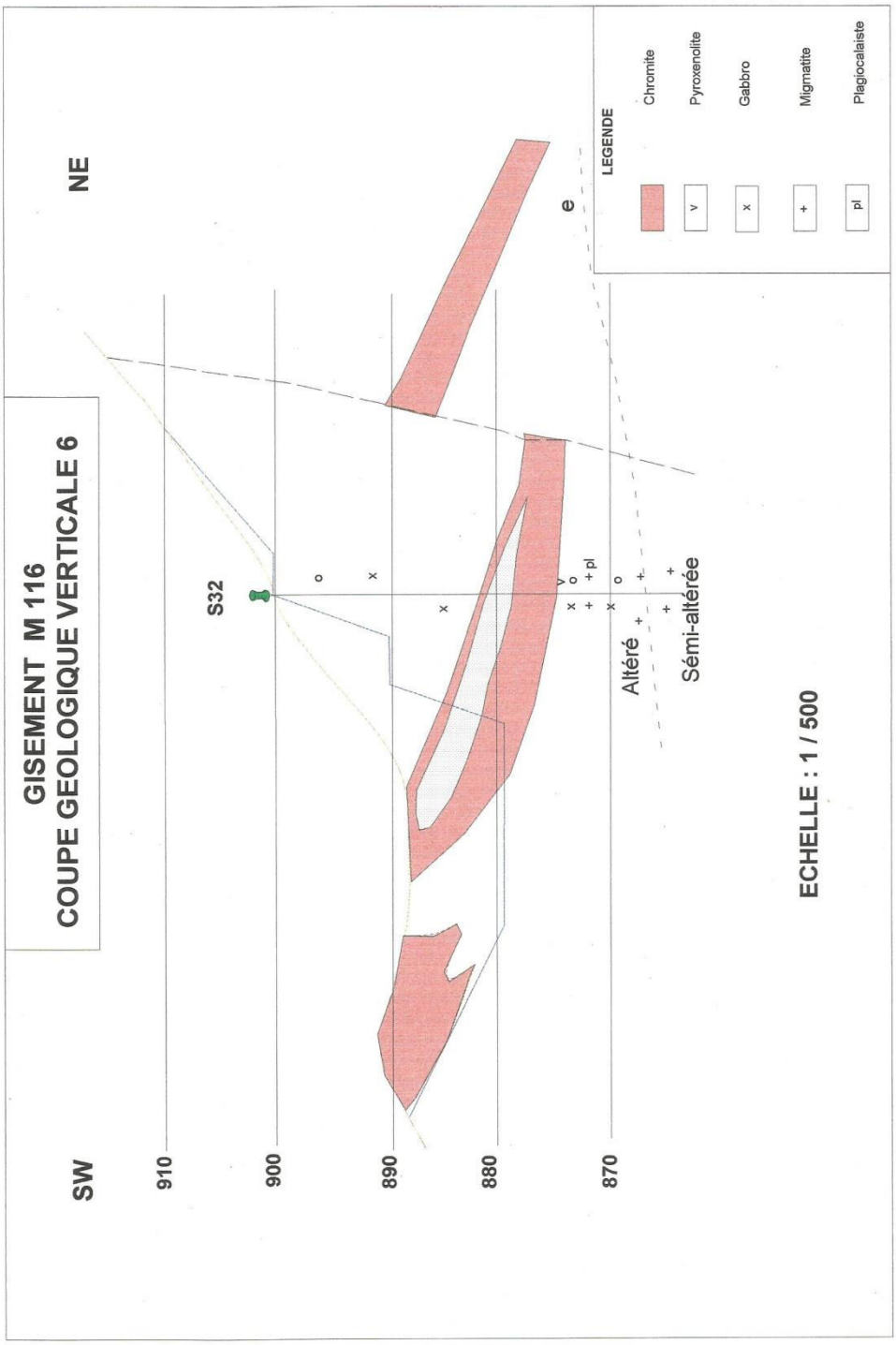
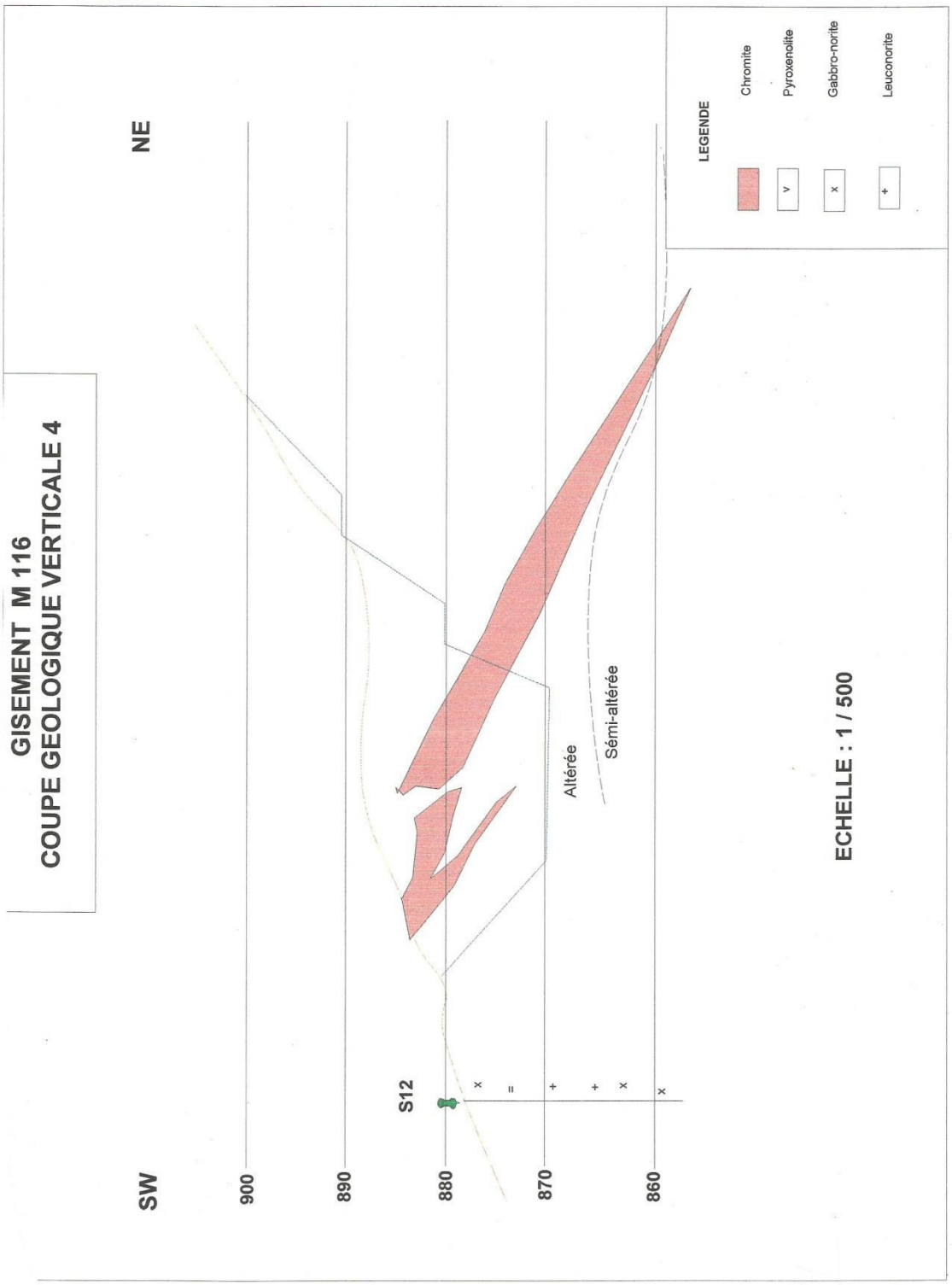
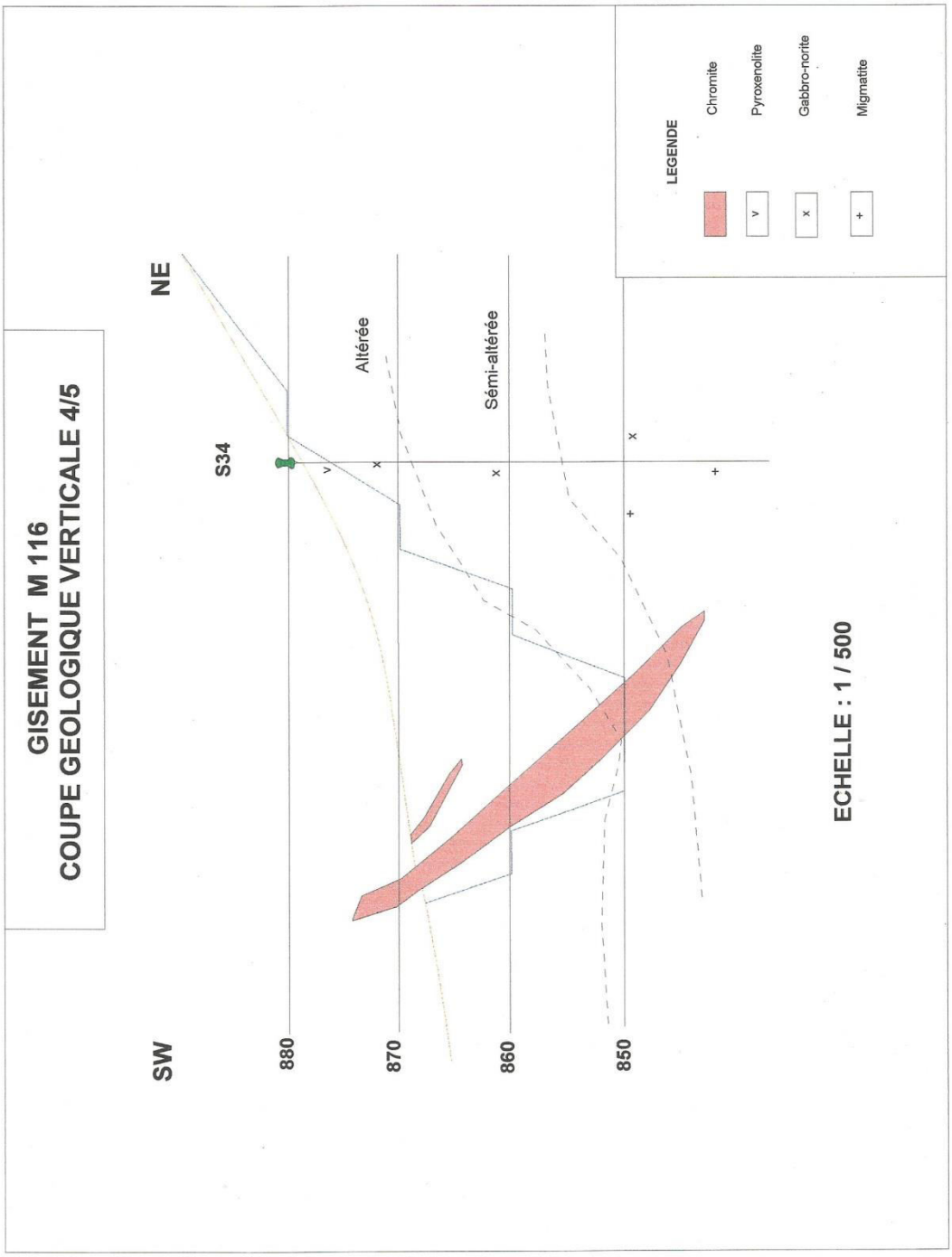
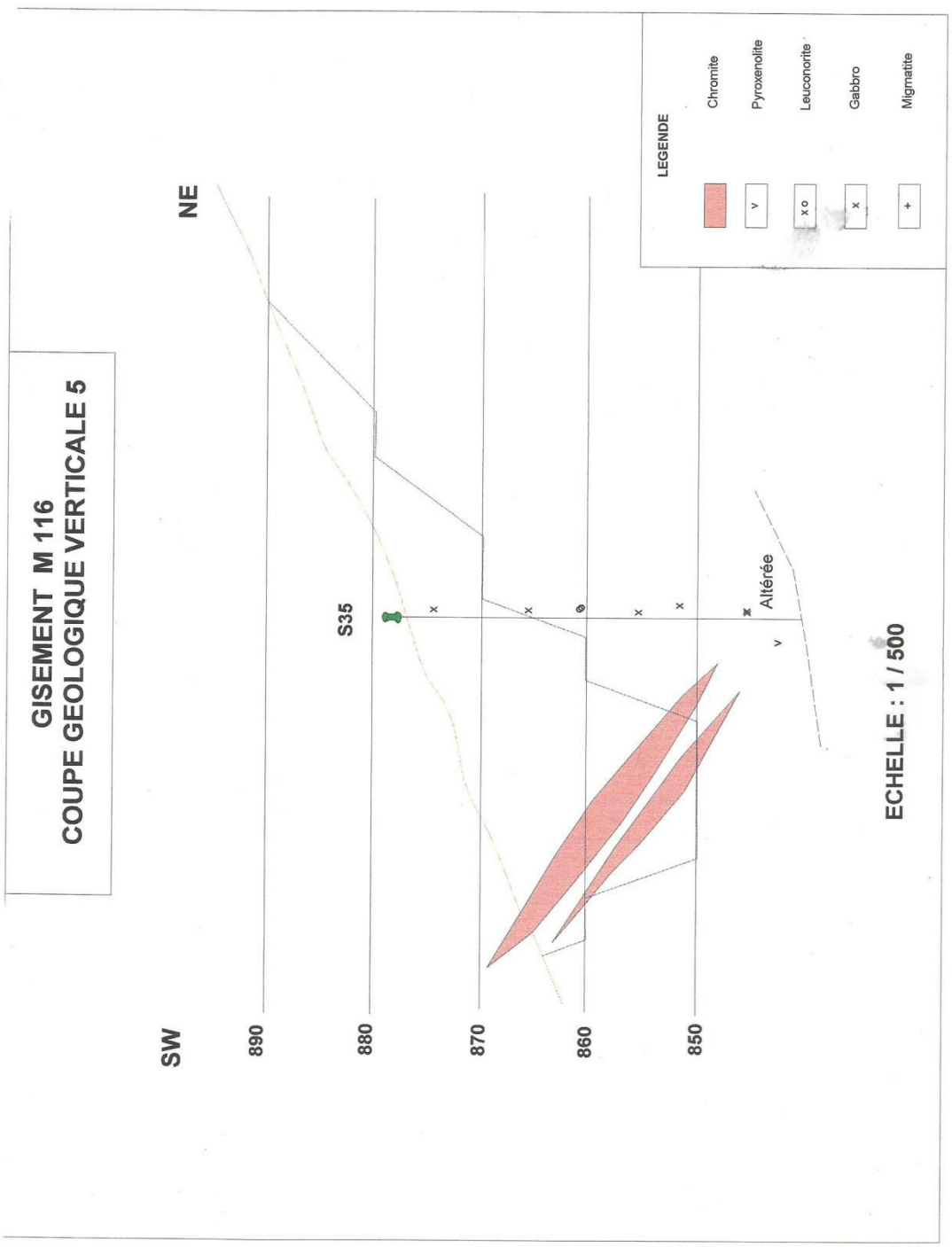


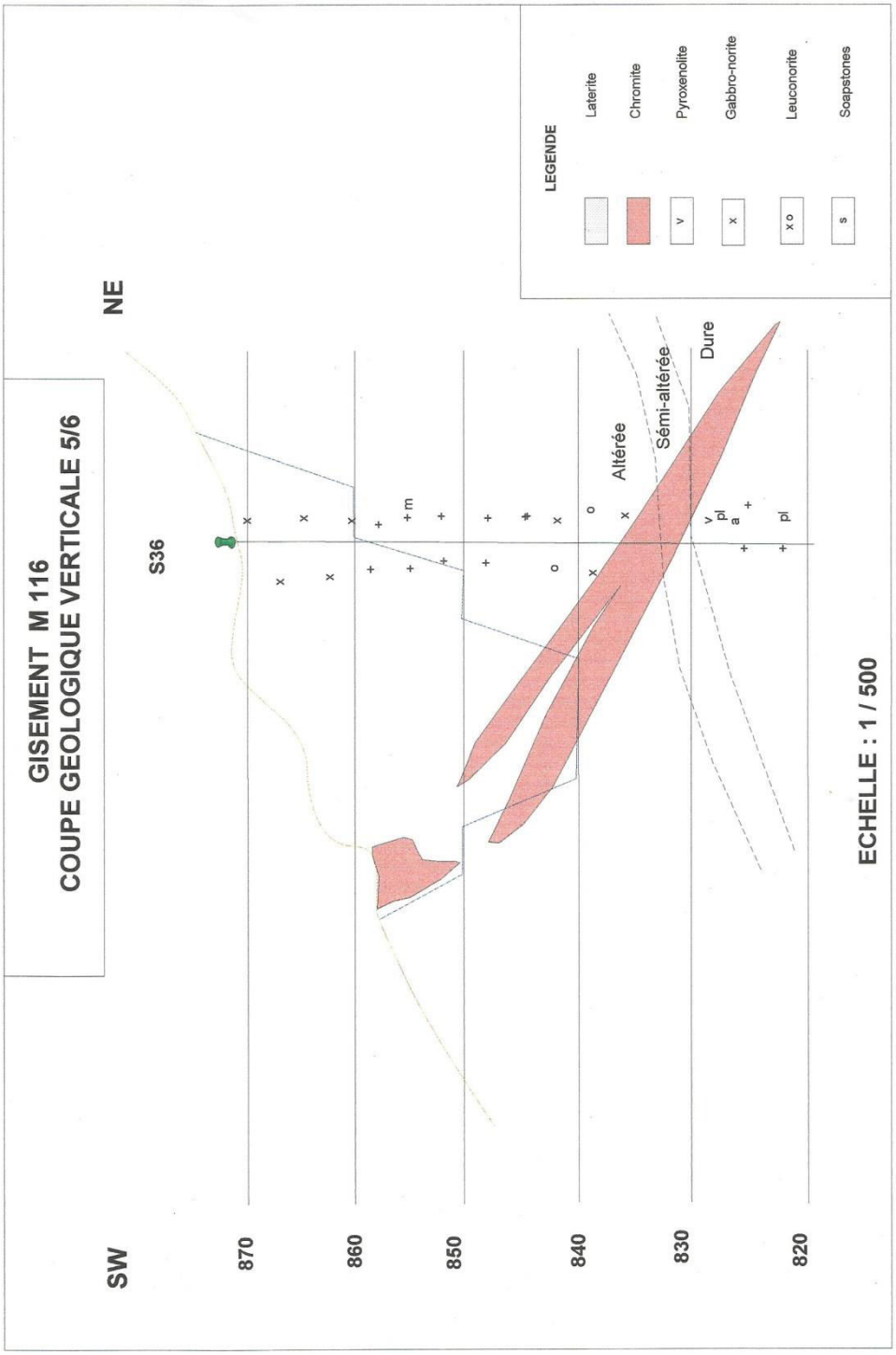
Figure n°13: Schéma de la laverie


GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 6
SW
NE
910
900
890
880
870
S32
e
Altéré
Sémi-altérée
ECHELLE : 1 / 500
LEGENDE
Chromite
Pyroxenolite
Gabbro
Migmatite
Plagiocalaiste
v
x
+
pl

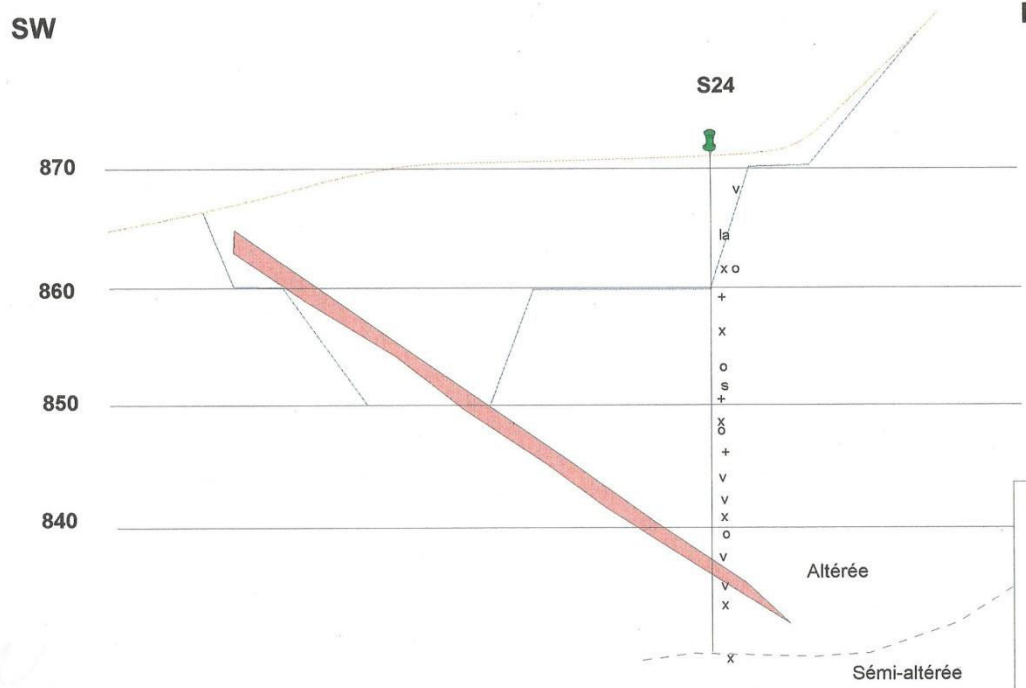

GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 4
SW
NE
900
890
880
870
860
S12
Altérée
Sémi-altérée
LEGENDE
Chromite
Pyroxenolite
Gabbro-norite
Leuconorite
ECHELLE : 1 / 500


GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 4/5
SW
NE
S34
Altérée
Sémi-altérée
880
870
860
850
LEGENDE
Chromite
Pyroxenolite
Gabbro-norite
Migmatite
ECHELLE : 1 / 500


GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 5
SW
NE
890
880
870
860
850
S35
Altérée
LEGENDE
Chromite
Pyroxenolite
Leuconorite
Gabbro
Migmatite
ECHELLE : 1 / 500


GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 5/6
SW
NE
S36
870
860
850
840
830
820
Altérée
Sémi-altérée
Dure
LEGENDE
Laterite
Chromite
Pyroxenolite
Gabbro-norite
Leuconorite
Soapstones
ECHELLE : 1 / 500

GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 6/7

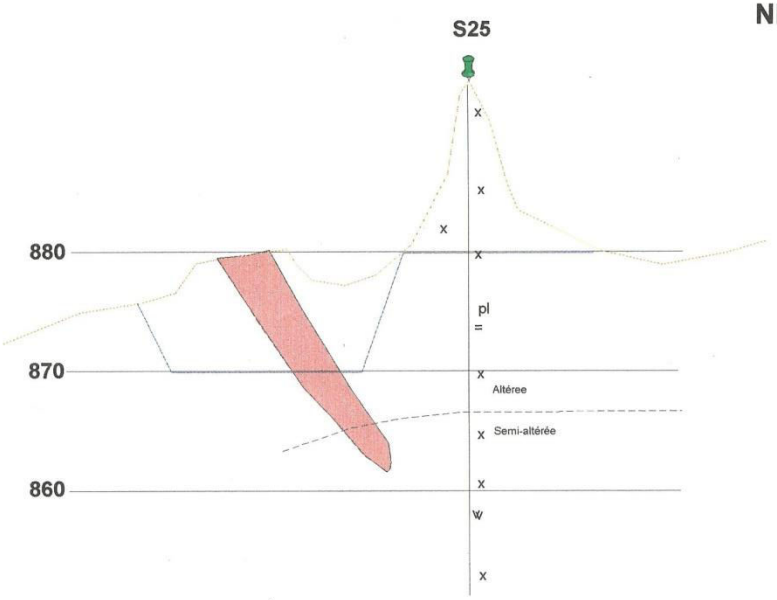


ECHELLE : 1 / 500

LEGENDE

la	Laterite
	Chromite
v	Pyroxenolite
pl	Plagioclasite
x o	Leuconorite
x	Gabbro

GISEMENT M 116
COUPE GEOLOGIQUE VERTICALE 7



ECHELLE : 1 / 500

LEGENDE

- Chromite
- v — Pyroxenolite
- pl — Plagioclasite
- x o — Leuconorite
- x — Gabbro
- + — Migmatite