

GM 35604

NIOBEC INC. DEUXIEME PRODUCTEUR MONDIAL DE PYROCHLORE

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 

LES SERVICES T.M.G. ---- NIOBEC INC.

DEUXIEME PRODUCTEUR

MONDIAL DE PYROCHLORE

Ministère de l'Énergie et des Ressources
Gouvernement du Québec
Documentation Technique

DATE: 8 JAN. 1980

No. G.M.: 35604

CHICOUTIMI
Le 29 mai 1979

REUNION REGIONALE
DE C.M.P.

I^{ERE} PARTIE:

HISTORIQUE ET GEOLOGIE

PAR: GILLES GAGNON

II^{EME} PARTIE:

EXPLOITATION MINIERE

PAR: LUCIEN GENDRON

III^{EME} PARTIE:

CONCENTRATION DU MINERAL
DE PYROCHLORE:

PAR: MICHEL ROBERT
RUDY BISS

I^{ERE} PARTIE:

HISTORIQUE ET GEOLOGIE

GILLES GAGNON
Géologue en chef

HISTORIQUE

Un levé radiométrique aéroporté effectué par la Soquem (Société Québécoise d'Exploration Minière) en 1967 a permis la découverte d'une anomalie près de St-Honoré, situé à 8 milles 13 (Km) au nord de Chicoutimi, Québec. La vérification au sol a confirmé l'existence de cette anomalie et l'examen au moyen de tranchées a révélé une "fenêtre" de carbonatite avec des teneurs anormales en thorium et terres rares. Ces données, en conjonction à une anomalie magnétique de forme circulaire, ont permis de déceler la présence d'un vaste complexe de carbonatite et de roches alcalines intrusives, recouvert dans sa quasi-totalité par un dépôt sédimentaire de calcaire Trenton.

Par la suite, Soquem a entrepris un programme plus détaillé de levées radiométriques et magnétiques aéroportés, et au sol, de levées gravimétriques et magnétiques. La cartographie géologique a été suivie d'une série de sondages, dont l'un a mis à jour une importante minéralisation de niobium. Cinq sondages additionnels ont délimité un secteur de minéralisation en niobium d'une superficie d'au moins 1,000 pieds (300 M.) sur 800 pieds (250 M.) de large. En 1970, Copperfields Mining Corporation (Groupe Teck) s'est jointe à la Soquem pour l'exploration plus poussée et la mise en valeur du gîte de St-Honoré. Les travaux subséquents ont consisté d'abord en 105 sondages au diamant totalisant près de 100,000 pieds (30,000 M.) forés durant la campagne 1970-71. Le fonçement d'une galerie inclinée de plus de 2,600 pieds (800 M.) a fait suite pour procéder à un échantillonnage massif en vue d'essais minéralurgiques en usine pilote.

L'étude en laboratoire a été suivie d'essais à l'usine pilote du Ministère des Richesses Naturelles du Québec, à Québec même, où près de 1,300 tonnes (métriques) ont été traitées. Le programme de recherche a débouché sur la mise au point d'un procédé unique de flottation du minéral niobifère "pyrochlore".

Quelques milliers de kilogrammes de concentré de pyrochlore à teneur commerciale ont été alors produits en 1972 au moyen de ce procédé ^{protégé} par des brevets canadien, américain et britannique. Depuis la mise en opération de l'usine de traitement, ce procédé a été sensiblement modifié jusqu'à ce jour.

Avec des réserves connues alors de plus de 8,250,000 tonnes (7,500,000 tonnes métriques) d'une teneur moyenne de 0,69% Nb_2O_5 et une nouvelle méthode de traitement de minerais, des contrats de vente couvrant 95 pour cent de la production ont pu être négociés en 1973 et 1974. Pendant ce temps, les derniers détails de financement, de construction et autres étaient réglés. L'érection de la mine a débuté en avril 1974 pour se terminer en janvier 1976. Dès l'été 1976, l'exploitation atteignait la production nominale de 1,500 tonnes (1,360 tonnes mét.) par jour et la première livraison commerciale de concentré de niobium était déjà effectuée lors de l'inauguration officielle en juin 1976. Le concentré est vendu aux Etats-Unis, au Luxembourg et au Japon, où il est transformé principalement en ferro-niobium.

Avec la découverte de nouvelles réserves à la fin de 1978, haussant ainsi les réserves totales à plus de 13,000,000 de tonnes (12,000,000 tonnes mét.), et une conjoncture favorable du marché du niobium, la décision d'une expansion de la mine était prise en avril 1979 devant porter la production actuelle de 1,750 tonnes (1,600 tonnes mét.) par jour au rythme quotidien de 2,300 tonnes (2,100 tonnes mét.) au début de 1981.

GEOLOGIE

LE COMPLEXE ALCALIN DE ST-HONORE

Géologie Générale - Lithologie

Le complexe de St-Honoré a une forme annulaire quasi-circulaire d'une superficie d'environ vingt-cinq (25) Km^2 (fig.2). La Carbonatite et ses roches satellites sont cependant recouvertes d'une couche de calcaire Trenton d'âge Ordovicien atteignant une puissance de l'ordre de soixante-quinze (75) mètres localement. Le calcaire est fossilifère (surtout céphalopodes) principalement à sa base, possède un litage horizontal et repose en discordance sur la Carbonatite montrant une surface d'érosion irrégulière (Vallée et Dubuc, 1970).

Unités Lithologiques. Le complexe présente les unités lithologiques suivantes (Gauthier, Gagnon et Bonneau, 1978):

1. Un noyau oval de Carbonatite ayant son grand axe allongé nord-sud. Il comprend successivement du centre vers l'extérieur (fig.2):
 - Un noyau excentre de dolomitite et d'ankéritite de fabrique bréchiale à massive, contenant localement jusqu'à 4,5% en Terres Rares sous forme de cérium, lanthane, europium dans une bastnaésite à grain fin
 - Des dolomitites et des calcitites à forte teneur en Niobium (0,4% Nb_2O_5) dans l'hémisphère sud au contact d'une dolomitite massive, rouge, altérée
 - Un ring-dyke de calcitite à phlogopite en bordure nord
 - Enfin une frange d'épaisseur variable de calcitite à pyroxènes marquant la limite sud du noyau
2. Un anneau circulaire symétrique renfermant des roches alcalines feldspathiques et feldspathoïdiques.
3. Une masse triangulaire de syénite à cancrinite et grenat occupant la partie extrême sud-est du complexe.

Le complexe a un pendage incliné vers le centre ce qui lui confère une forme de cône renversé, légèrement déformé.

Roches Encaissantes - Altérations. Les roches entourant immédiatement le complexe sont formées de diorite à magnétite ainsi que de syénite à hypersthène dans la partie nord-est. Plus loin, nous retrouvons les unités familières de la province de Grenville soit des anorthosites et différents gneiss marqués par le facies amphibolite.

La fénitisation et la carbonatation sont les types d'altérations les plus présentes dans les roches encaissantes; la fénitisation étant caractérisée par un enrichissement de Na_2O , K_2O , CaO avec une élimination progressive du SiO_2 .

Contrôle Structural

Le complexe de Carbonatite de St-Honoré ainsi que celui de Crevier découvert récemment par la Soquem au nord de Girardville, Lac-St-Jean, sont situés en bordure nord du graben du Saguenay qui représenterait une ramification du rift du St-Laurent (fig.1). Des déterminations utilisant la méthode K/AR indiquent un âge d'environ six-cent cinquante (650) millions d'années pour la Carbonatite de St-Honoré (Vallée et Dubuc, 1970). D'autre part, de nombreuses autres masses alcalines apparaissent logées le long de cette structure majeure et de ses ramifications au Québec et en Ontario.

Mise en Place

L'ordre de formation du complexe de St-Honoré semble répondre à la séquence normale et typique des Carbonatites du même genre (Pozharitskaya, 1962). A partir de divers indices géochimiques (ex... présence de manganèse, type de Terres Rares,...) et d'observations pétrologiques telles que contacts recoupants, xénolithes, effets exomorphiques, l'ordre présumé de mise en place serait du plus vieux au plus jeune (Fortin - Bélanger, 1977):

1. Phénomène de fénitisation dans les épontes du complexe
2. Série ijolite-urtite
3. Syénite - Roches alcalines à feldspath et feldspathoïdes
4. Noyau de Carbonatite:

Par ailleurs la succession et la distribution spatiale de ces unités à l'intérieur du complexe (fig.2) favorisent aussi l'ordre de formation précité.

LES DEPOTS DE NIOBIUM

Structure et Lithologie

Une campagne intensive de sondage au diamant de 1970 à 1973 a permis de délimiter deux (2) zones majeures de Niobium s'étendant sur une superficie de six-cent (600) m., sur sept-cent cinquante (750) m., dans le secteur sud du noyau de Carbonatite (fig.3). La structure est de forme arquée en direction générale est-ouest avec un pendage vertical à soixante-dix (70^0) degré vers le nord. Les zones sont composées de bandes lenticulaires à lithologie et teneur de Niobium (0,2 A 1,00%) variables (Gagnon et Gendron, 1977).

Des dolomitites et calcitites parfois brêchiées mais le plus souvent à texture foliée renferment des concentrations de minéraux accessoires, y compris le minéral niobifère pyrochlore (type C₃). Cette unité alterne avec des dolomitites plus massives, à teneur Niobium plus faible, dont la variété minéralogique est plus restreinte et qui contient localement des altérations ankéritiques de couleurs brique à brune (type C₅). Cependant ces unités principales présentent souvent des enchevêtrements qui résultent probablement d'un processus complexe d'intrusions successives et de remplacement.

Foliation et Minéralisation

La foliation de certaines unités de Carbonatites (type C₃ en particulier) est l'une des structures les plus remarquables. Cette foliation est primaire et résulte principalement de l'orientation parallèle en lentilles, bandes ou trainées des minéraux accessoires suivants: biotite, apatite, magnétite, zircon (traces à 0,3% ZrO₂) et pyrochlore.

L'apatite constitue l'un des meilleurs marqueurs de la minéralisation qui se présente sous forme de pyrochlore et/ou columbite. Le pyrochlore, quoique dispersé dans toute la roche, se concentre aux bandes de minéraux accessoires, l'apatite en particulier. La minéralisation en Niobium à St-Honoré apparaît donc, pour une bonne part, syngénitique aux premières pulsions des dolomitites associées aux dépôts de Niobium. Néanmoins des altérations deutéritiques et hydrothermales ont joué subséquentement un rôle minéralisateur appréciable.

Minéralogie

La composition minéralogique majeure d'une série de lentilles minéralisées en Niobium est montrée au tableau I. Le rapport dolomie-calcite indique une composition clairement dolomitique pour la zone économique. La présence constante d'oxide de fer sous forme d'hématite, magnétite et maghémite, comptant pour plus de 10% de la roche, est aussi remarquable. Quant à la pyrite (et pyrrothine) elle se retrouve en traces dissimulées. L'absence complète de silice libre (quartz) à la fois dans les carbonates ainsi que dans les roches à silicates (selon d'autres analyses et observations) indique d'une part un milieu de formation saturé et d'autre part aucune silification ultérieure de nature hydrothermale. L'apatite représente environ 10% du contenu total, est généralement très friable et sa composition est celle en réalité d'une fluorapatite.

Minéraux Niobifères. Les seuls minéraux niobifères identifiés à St-Honoré sont le pyrochlore de composition chimique fort variable et la columbite. Tous les deux présentent des grains très fins (0,1 à 1,0 mm) bien développés sous la forme dipyramidale. Leur composition se regroupe autour de trois (3) pôles (tableau 2) selon G. Perrault, IREM:

1. Un pyrochlore sodique. ($\text{Na}_2\text{O} \approx 7\%$) de composition assez uniforme, à l'aspect soit lustré ou mat, et de couleurs très variables (jaune, ambre, brun, même blanc). Il contient en moyenne 69% Nb_2O_5 et 15% CaO
2. Un pyrochlore ferrien d'une gamme chimique étendue, et qui contient en moyenne moins de Na_2O (3,8%) et de CaO (13,9%) mais plus de FeO (4,2%) et de ThO_2 que le pyrochlore sodique. Des Terres Rares sont aussi présentes (Y_2O_3 surtout). Le pyrochlore reflète probablement un métasomatisme d'intensité variable quant aux éléments les plus mobiles (Na_2O , CaO , Y_2O_3 , FeO , Terres Rares,...). Des inclusions d'apatite et de calcite sont fréquentes.
3. Une columbite - de composition stable autour de 72% Nb_2O_5 et 17% FeO . La surface des grains est mate et souvent corrodée par des taches d'hématites. Cette columbite apparaît comme terne ultime d'un métasomatisme par lequel le fer a remplacé la chaux (tableau 2) et suivant lequel il y a eu addition de yttrium, thorium, uranium et soustraction de soude. Il s'agirait de fait d'un phénomène de columbitisation du pyrochlore.

Géodes - Cristaux de Calcite et Barytine. Un phénomène des plus spectaculaires résulte de la formation de géodes ou cavités dont les dimensions varient de dix (10) centimètres à deux (2) mètres et sur les parois desquelles, des cristaux de calcite, fluorine et barytine se sont développés en présence de sulfures. Parfois à l'intérieur d'un même cristal de barytine, on observe une alternance de couches de barytine et de dépôts de pyrite ce qui indique une cristallisation discontinue. Ces géodes sont associées à un système de veines de calcite en remplissage de fractures, lesquelles veines résultent vraisemblablement d'un stage hydrothermal.

La calcite cristallise généralement en "crête de coq" alors que la barytine est de forme hexagonale. Ces derniers cristaux quelquefois biterminés peuvent atteindre jusqu'à vingt (20) centimètres de diamètre sur quarante-cinq (45) de hauteur, ce qui est tout à fait exceptionnel. La circulation d'eau ou de solutions a parfois érodé les cristaux de barytine.

TABLEAU I

Compositions minérales majeures

Lentilles minéralisées en Niobium

St-Honoré, P.Q., Zone I

Lot no.	Pyrochlore	Columbite	Hématite + Magnetite	Pyrite	Apatite	Calcite	Dolomite	Chlorite	Biotite	Anthra- xollite	TOTAL
72	0.7	0.4	9.1	0.6	9	3	70			0.30	93.1
73	0.4	0.04	9.9	0.4	4	4	65			0.05	83.79
74	0.7	0.07	3	0.1	7	2	77			0.04	90.91
75	0.4	0.1	6.7	1.5	8	4	45	6	10	0.13	81.83
76	0.7	0.3	15.6	0.4	10	4	65			0.12	96.12
77	1.2	0.1	15.1	1.4	10	4	59	4	6	0.43	101.23
79	1.0	0.1	9.4	1.4	8	1	62		15	0.11	98.01
80	0.9	0.1	10.9	0.3	8	5	58			0.13	83.33
81	1.0	0.1	10.2	0.5	10	1	70			0.08	91.88
82	0.8	0.04	10	0.3	10	2	67			0.08	90.22
83	1.4	0.0	36	2.1	29	16	17	2		0.18	103.68
84	1.0	0.05	15	0.3	18	1	61	2		0.12	98.47
85	0.6	0.2	11.1	0.4	8	4	69			0.10	93.4
86	0.5	0.2	12.6	0.3	10	3	62			0.03	91.63
87	0.5	0.2	12.1	0.4	10	4	60	6	4	0.11	97.31
88	0.7	0.1	13.4	0.5	8	4	67			0.02	93.72
89	0.5	0.1	3.6	0.4	8	28	38	16	8	0.23	102.83
90	1.2	0.1	16.2	0.3	9	8	58		10	0.30	103.1
91	0.7	0.8	8	0.3	10	3	72			0.01	94.81
Moy.	0.8	0.2	12	0.6	10.2	5.3	60	1.9	2.8	0.14	94.1

G. Perrault, IREM-MERI
1978

TABLEAU 2

Composition chimique des minéraux niobifères

St-Honoré, P.Q., Zone 1

	Pyrochlore sodique no.1 (n=174)	Pyrochlore ferrien no.2 (n=299)	Columbite (n=71)
Nb ₂ O ₅	68.95	68.22	72.74
TiO ₂	2.72	3.19	3.21
Na ₂ O	8.61	3.80	0.29
CaO	15.17	13.87	1.39
FeO	1.03	4.18	16.80
MnO	-	-	1.71
U ₃ O ₈	0.16	0.22	0.09
ThO ₂	0.98	2.15	1.52
TOTAL	97.62	95.63	97.75

G. Perreault, IREM-MERI
1978

ZONE NO.1

La zone No.1 s'étend sur une longueur de cinq-cent cinquante (550) mètres et renferme au moins six (6) lentilles minéralisées (Nb_2O_5 0,5%) atteignant des épaisseurs de plus de trente (30) mètres). L'habitus des lentilles est sub-verticale. Cette zone est en outre caractérisée par la présence de columbite et de la gamme des pyrochlores sodique à ferrien.

La zone No.1 est surtout constituée d'une dolomitite foliée, à grain fin, de couleur rose à brun-brique (ankérite), avec apatite, concentrations locales de magnétite-maghémite, hématite, pyrochlore et columbite. D'autres minéraux secondaires sont présents tels que biotite, pyrite et pyrrhotine, zircon, ilménite, sphalérite, barytine et traces d'hydrocarbures. Des bandes riches en pyrochlore de dolomitite à biotite et apatite et de dolomitite blanche, peu foliée, à magnétite se rencontrent aussi en alternance avec des bandes de dolomitite à faible teneur en Niobium (0,10 à 0,40% Nb_2O_5).

Par ailleurs une couche de forte altération hématitique apparaît sous le contact Trenton, atteignant une épaisseur de cinquante (50) mètres par endroit. Cette altération semble avoir eu lieu avant la déposition du Trenton et serait de type "weathering". Les traces d'hydrocarbures observées dans la zone No.1 sont surtout localisées à ce niveau. Il appert que cette zone est fortement réfractaire au procédé actuel de traitement; les problèmes étant principalement reliés à la présence de columbite et d'hydrocarbures.

ZONE NO.2

La zone No.2, qui est celle actuellement en exploitation, a une superficie de huit-cent (800) mètres de longueur sur deux-cent cinquante (250) mètres de largeur. Elle se compose de dix (10) lentilles de minerai titrant chacune plus de 0,50% Nb_2O_5 (fig.4). En général ces bandes de haute teneur montrent une forme souvent étranglée et plus irrégulière que dans la zone No.1.

La zone No.2 diffère de la précédente par son caractère localement calcitique, la présence de Niobium presque uniquement sous la forme de pyrochlore sodique, l'absence de couche d'altération ferrugineuse de surface, l'abondance de biotite et un contenu en magnétite plus faible.

Par ailleurs, dans la partie la plus méridionale de la zone No.2, on peut observer des fragments un peu semblables à ceux de la syénite mais de couleur noire, formés de minéraux tels que: pyroxènes, biotite, chlorite, kaolin, calcite, sans présence ou presque de feldspath potassique. De plus ces fragments ou masses présentent par endroit une texture lamprophyre qui se manifeste par le développement de phénocristaux de biotite bleutée (jusqu'à trois (3) cm.) dans une matrice noire. Des valeurs de 0,4 - 0,7% Nb_2O_5 s'y retrouvent.

Ce type de roche silicatée et les roches similaires du gisement (syénite fortement chloritée) ont été identifiées dès les travaux en usine pilote comme une cause majeure de difficultés de traitement de certaines portions de la zone No.2, par opposition aux carbonates. Cette situation est en certain points ressemblante à celle rencontrée lors de l'exploitation du gisement St-Lawrence Columbian à Oka avec la présence d'une roche silicatée et altérée du type Ijolite.

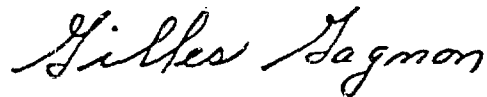
Géologie Minière — Contrôle de la Qualité

Le contrôle du minerai à Niobec tient à deux dimensions soit celle de la teneur mais aussi celle de la qualité relative au traitement à l'usine. Comme l'identification visuelle du minerai est quasi-impossible dans l'opération souterraine, le sondage au diamant systématique, sur sections espacées aux quinze (15) mètres, est requis. Le profil des chantiers, le calcul des réserves et le contrôle de la qualité (teneur et métallurgie) sont basés sur cette information. Des mini-lots métallurgiques sont préparés régulièrement à partir des rejets de carotte afin de prévoir et d'optimiser l'extraction et la malléabilité des différentes zones du gisement.

Réserves

Les deux zones minéralisées contiguës renferment des réserves "géologiques" de l'ordre de 23,000,000 de tonnes (21,000,000 tonnes métriques) d'une teneur moyenne de 0,69% oxide de niobium (Nb_2O_5). De ce volume, les réserves minières comme telles sont actuellement établies à 13,450,000 tonnes (12,227,000 tonnes mét.) titrant 0,71% Nb_2O_5 , évaluation tenant compte de la méthode de minage en vrac utilisée (par chantier ouvert) et de la quantité de minéralisation apte à être traitée efficacement par le procédé actuel. La zone No.1 à ce dernier titre, de par la nature de sa minéralisation, présente localement des difficultés d'ordre métallurgique.

D'autre part, abstraction faite du Niobium, le phosphore sous la forme apatite représente le seul autre élément économique dans le gisement. Le contenu en apatite est de l'ordre de huit (8%) pour cent dans la zone No.2 et de dix (10%) pour cent dans la zone No.1. Dans le procédé de traitement, la première étape de sélectivité, soit la préflottation des carbonates, rejette près de cinquante (50%) pour cent en poids de l'apatite de toute l'alimentation à une teneur moyenne de dix-douze (10-12%) pour cent. Ce rejet représente un sous-produit potentiel sous évaluation.



Gilles Gagnon, Ing.
Chef Géologue

Les Services TMG Inc. (NIOBEC)

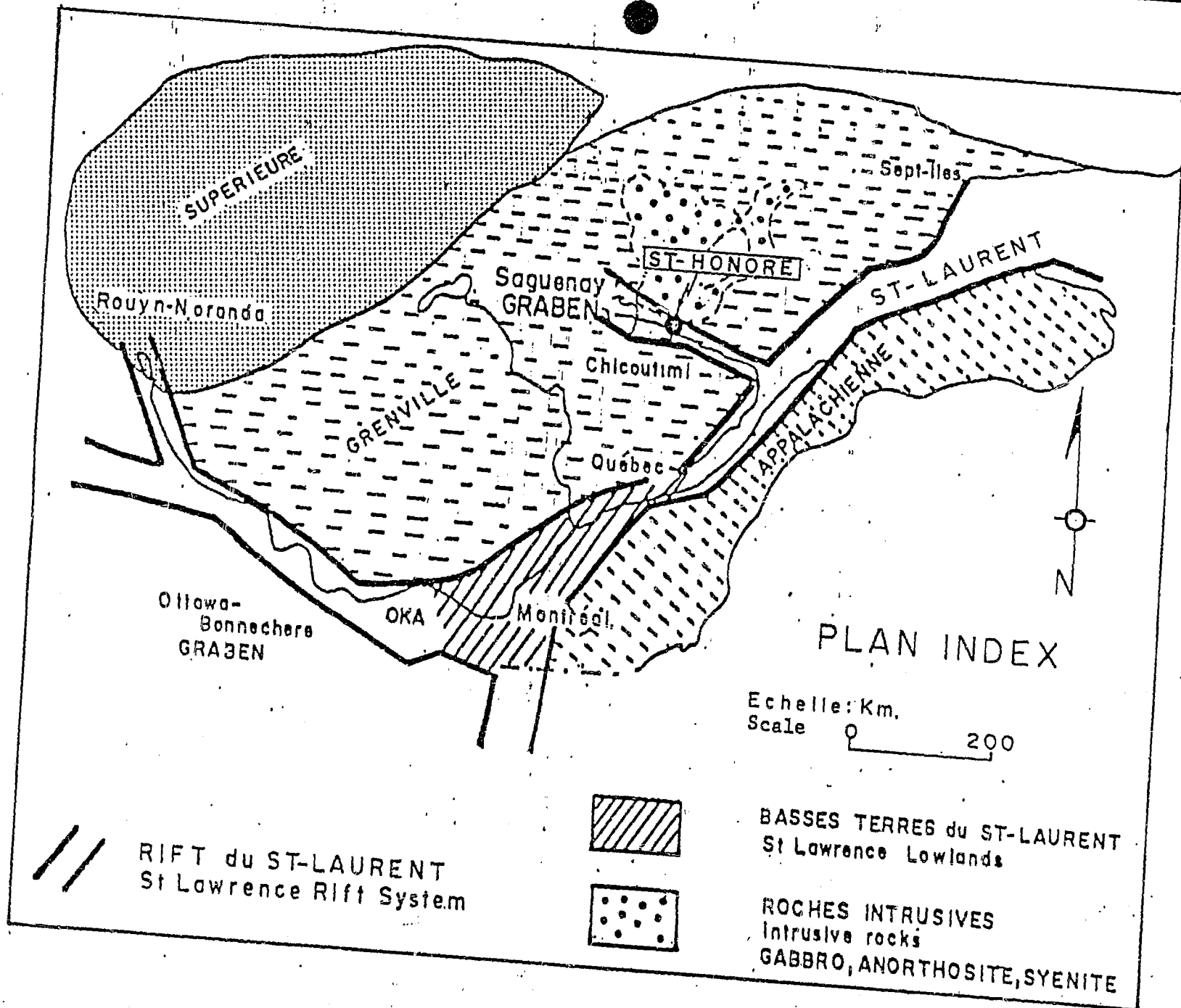


Figure 1

FIGURE 2

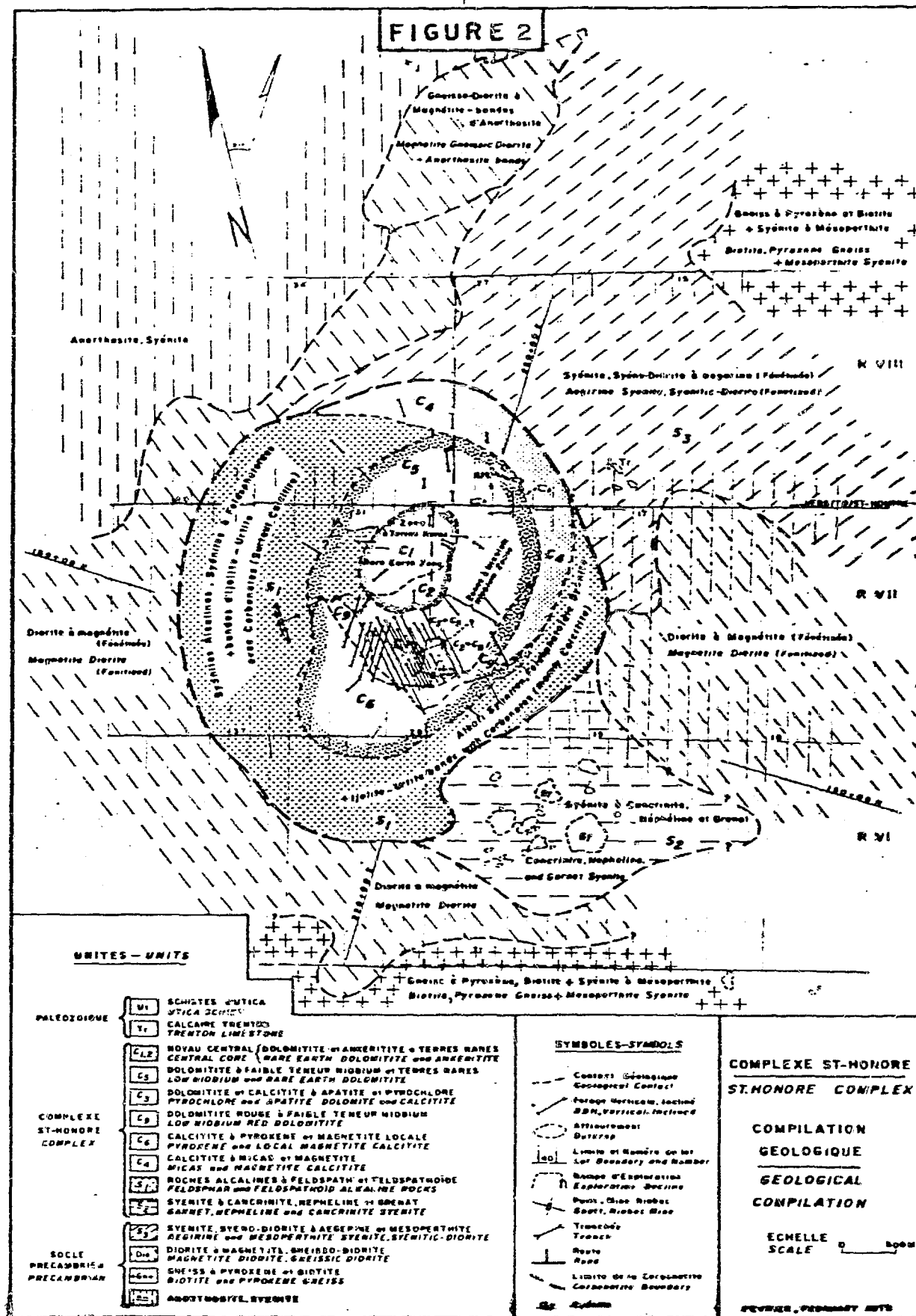
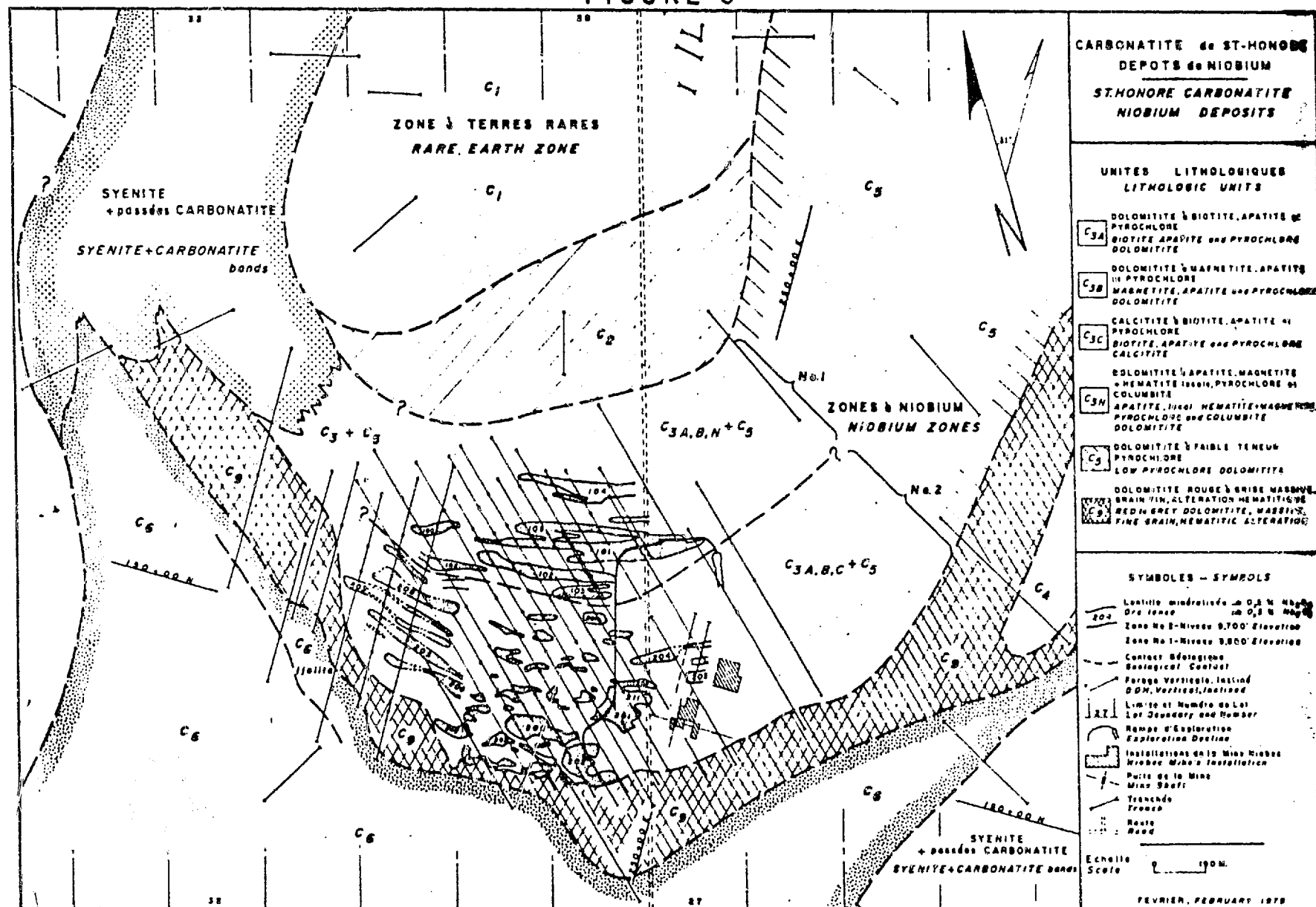


FIGURE 3



II^{EME} PARTIE:

EXPLOITATION MINIERE

LUCIEN GENDRON
Surintendant de la mine

Les Services TMG Inc. (NIOBEC)

EXPLOITATION MINIERE.

Un puits de trois compartiments, d'une profondeur de 940 pieds donne accès au minerai présentement extrait entre le dépôt de Trenton et le niveau 600 pieds; le tunnel d'exploration en plan incliné rejoint les niveaux de développement aux élévations 300 et 450 pieds et a été foncé jusqu'au niveau 600 pieds pour servir à deux fins, soit: relier tous les niveaux de la mine pour transporter les équipements mobiles suivant les exigences de l'opération et aussi pour canaliser 280,000 p.c.m. d'air frais pour le système de ventilation de la mine.

La méthode de minage est à chantiers ouverts et piliers pour extraire les lentilles délimitées à l'intérieur de la masse de carbonatite. La dimension des chantiers et des piliers peut atteindre 80' de largeur par quelques 200 pieds de longueur; la largeur des plus petits chantiers est limitée à 15 pieds. Ci-après, on observera un schéma d'un chantier travers-banc idéalisé. Le forage pour atteindre une production de 1,750 tonnes par jour est exécuté avec deux foreuses à fond de trou opérées sur deux quarts par jour, cinq jours par semaine. Les trous de mine sont forés à 4½" de diamètre et en moyenne par 135 pieds de profondeur.

A ce jour, 3 chargeuses-navettes Eimco 915 ont été employées pour maintenir la production. Récemment, un camion Dux d'une capacité de 28 tonnes a été ajouté aux chargeuses-navettes vu l'éloignement des chantiers d'abattage du puits de hissage du minerai. Environ 50 hommes au total sont nécessaires pour rencontrer les objectifs de la production journalière. Vu la mécanisation des plus moderne, la productivité atteint environ 50 tonnes par homme quart.

Le développement de la mine est généralement exécuté avec l'utilisation d'un Jumbo Paramatique Jarvis Clark et le déblayage des fronts d'attaque sont effectués par l'usage d'une chargeuse-navette Eimco 912 en série avec 2 camions 13 tonnes de Jarvis Clark. Cet équipement suffit à développer la mine afin de rencontrer les objectifs de la production.

Les galeries reliant les chantiers d'abattage sont de 10.5 pieds de hauteur par 15 pieds de largeur; alors que les galeries qui font parties d'un chantier proprement dit sont de 13 pieds de largeur par 13 pieds de hauteur. Tant qu'aux galeries de charroyage au niveau 600 sont de 11 pieds de hauteur par 16 pieds de largeur. L'avance de 1,000 pieds par mois de galerie est l'objectif pour les besoins normaux de l'opération sous-terreine.

Une méthode de forage et dynamitage pour extraire des cheminées descendantes "DROP RAISE" a été mise au point et permet d'excaver la généralité des cheminées sur une distance atteignant 140 pieds sur une superficie de 12' X 12'. Toutes les cheminées pour les saignées des chantiers d'abattage sont ainsi excavées tant bien que la plupart des cheminées excavées pour canaliser l'air frais afin de ventiler la mine. Dans 5 pour cent des cas, lorsque la méthode des cheminées descendantes est non applicable, alors on utilise les méthodes conventionnelles incluant l'usage d'une machine Alimak tel qu'indiqué par les conditions existantes.

Un système de cheminée à minerai est utilisé pour converger l'alimentation du concentrateur vers un concasseur primaire à mâchoire au niveau 750 pieds et de là vers les pochettes de chargement situées au niveau 850. Le système de pompage est aussi situé au niveau 850, il consiste en 2 pompes d'une capacité de 1,000 gallons d'eau par minute chacune. Le débit moyen d'eau est actuellement de 700 g.p.m., mais lors du développement de la mine le sommet du débit a atteint 1,400 g.p.m.

Un équipement classique de hissage monte le minerai et les stériles à jour dans des silos de 1,000 et 800 tonnes respectivement. Deux autres silos d'une capacité totale de 3,000 tonnes sont reliés à la trémie du concentrateur par des courroies transporteuses. Il a été décidé de mettre tout en oeuvre pour augmenter la production journalière à 2,300 tonnes par jour pour la fin de l'année 1980.

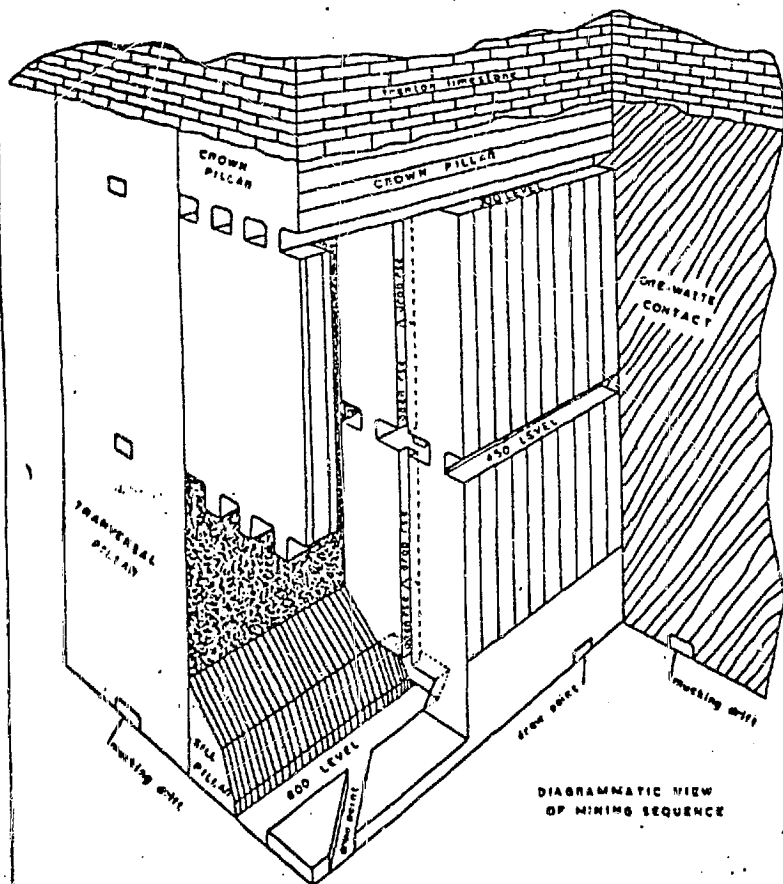


L.A. Gendron
Surintendant de la Mine

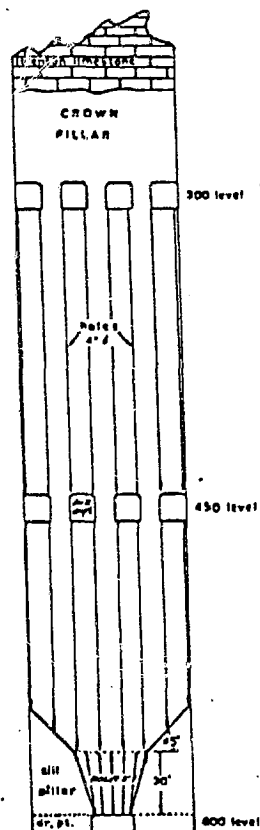
Mai 1979.

Les Services TMG Inc. (NIOBEC)

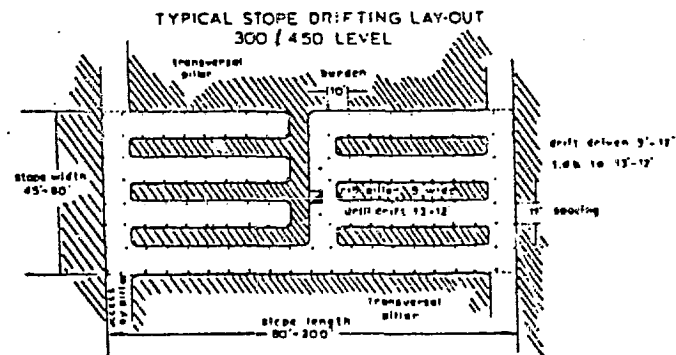
Pièce jointe.



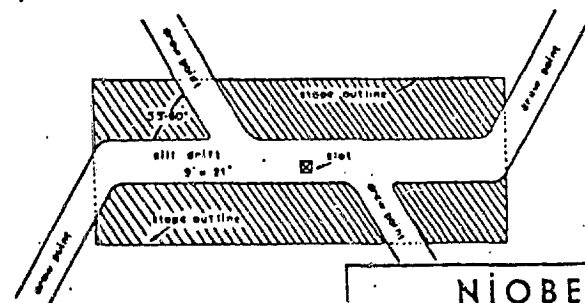
DIAGRAMMATIC VIEW
OF MINING SEQUENCE



TYPICAL SECTION (A-A)
THROUGH STOPE



TYPICAL STOPE DRIFTING LAY-OUT
600 LEVEL



NIOBEC

DIAGRAMMATIC VIEW
OF MINING SEQUENCE

Conc.		Revision
Des.	M. PICHELLE ing 1977	No.
Vér.		Par.
App.		Date
Géol.		Plan No.
Echelle:	1" = 40'	Date

III^{EME} PARTIE:

CONCENTRATION DU MINERAL

DE PYROCHLORE

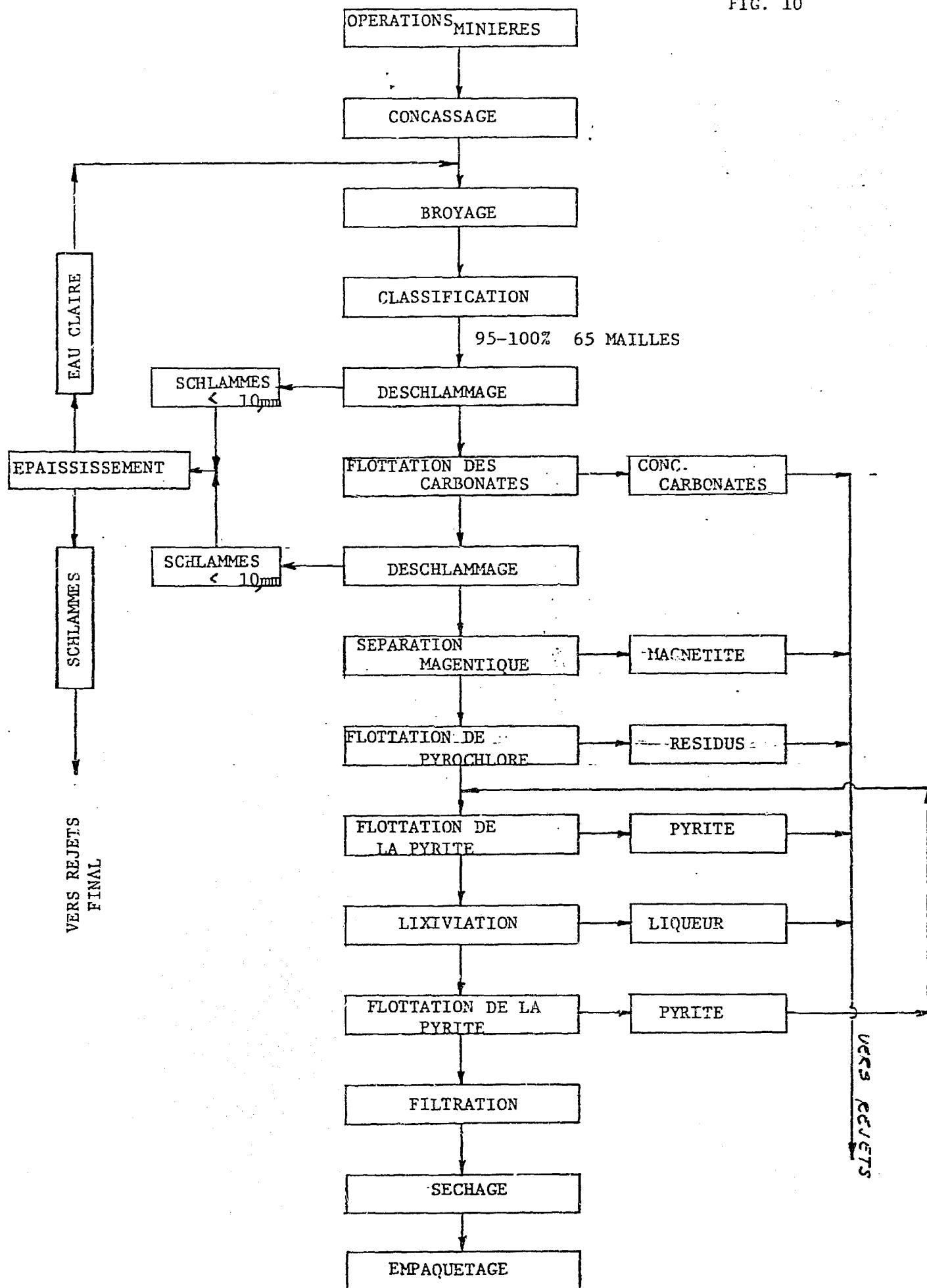
MICHEL ROBERT
Surintendant de l'usine

RUDY BISS
Métallurgiste

Dans la description de la concentration du minerai, nous nous limiterons à la zone II. La zone #1, à cause de sa complexité, représente des problèmes particuliers et n'est pas actuellement traitée à l'usine.

Brièvement, le procédé de concentration développé à partir des essais à l'usine pilote, consiste en concassage, broyage et classification du minerai à la sortie de la mine à 90-95% moins 65 mailles. La pulpe est ensuite deschlammée dans deux séries de cyclones et la surverse finale moins de 10mm est rejetée. Les sousverses des deux séries de cyclones combinées ensemble sont conditionnées avec des acides gras et flottées pour l'obtention du concentré de carbonates et de l'apatite. Le concentré de carbonates est relavé deux fois et rejeté. Le résidu de flottation de carbonates est de nouveau deschlammé à 10mm et soumis à la séparation magnétique. Les schlammes sont rejetés et le résidu contenant 85% du pyrochlore total est alimenté dans la section de flottation de pyrochlore aux amines. Le concentré du dégrossissage est relavé cinq fois, ensuite soumis à la flottation de la pyrite et à la lixiviation avant d'être séché à 0.1% d'humidité et d'être emballé.

FIG. 10



COMPOSITION MINÉRALOGIQUE ET MAILLE DE LIBÉRATION:

La complexité de la composition minéralogique et sa grande variation dans le temps à l'alimentation de l'usine représente l'un des grands problèmes du concentrateur.

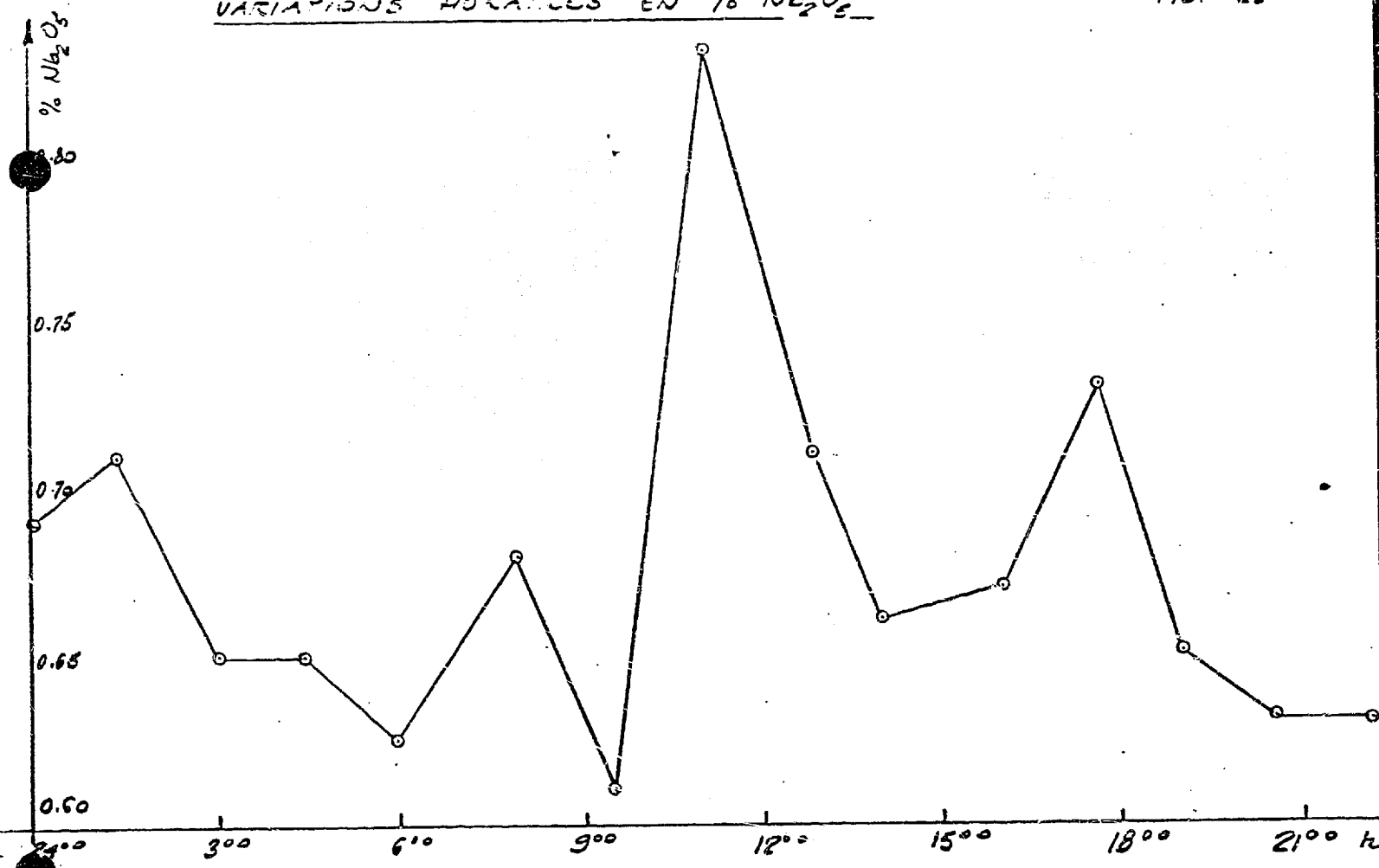
A titre d'exemple, voici ci-dessous la composition minéralogique typique pour la zone II.

Carbonates:	dolomie	I	%
	calcite		
	ankérite		64.9
	sidérose		
Sulfures :	pyrite		0.9
	pyrhotine		
Oxydes :	pyrochlore	I	1.1
	columbite		
	magnétite	I	1.7
	hematite		
	ilmenite		
	apatite		6.8
	zircon		0.2
Silicates:	biotite	I	
	plagioclases		
	nepheline		21.1 et plus
	melilite		
	pyroxenes		
Hydrocarbures:	traces		

Le pyrochlore lui-même est représenté par huit différents types basés sur la couleur et l'apparence. A part le pyrochlore, le minerai contient une petite partie de columbite. Les deux minéraux sont pratiquement complètement libérés de la gangue après un broyage à 95-100% moins 65 mailles.

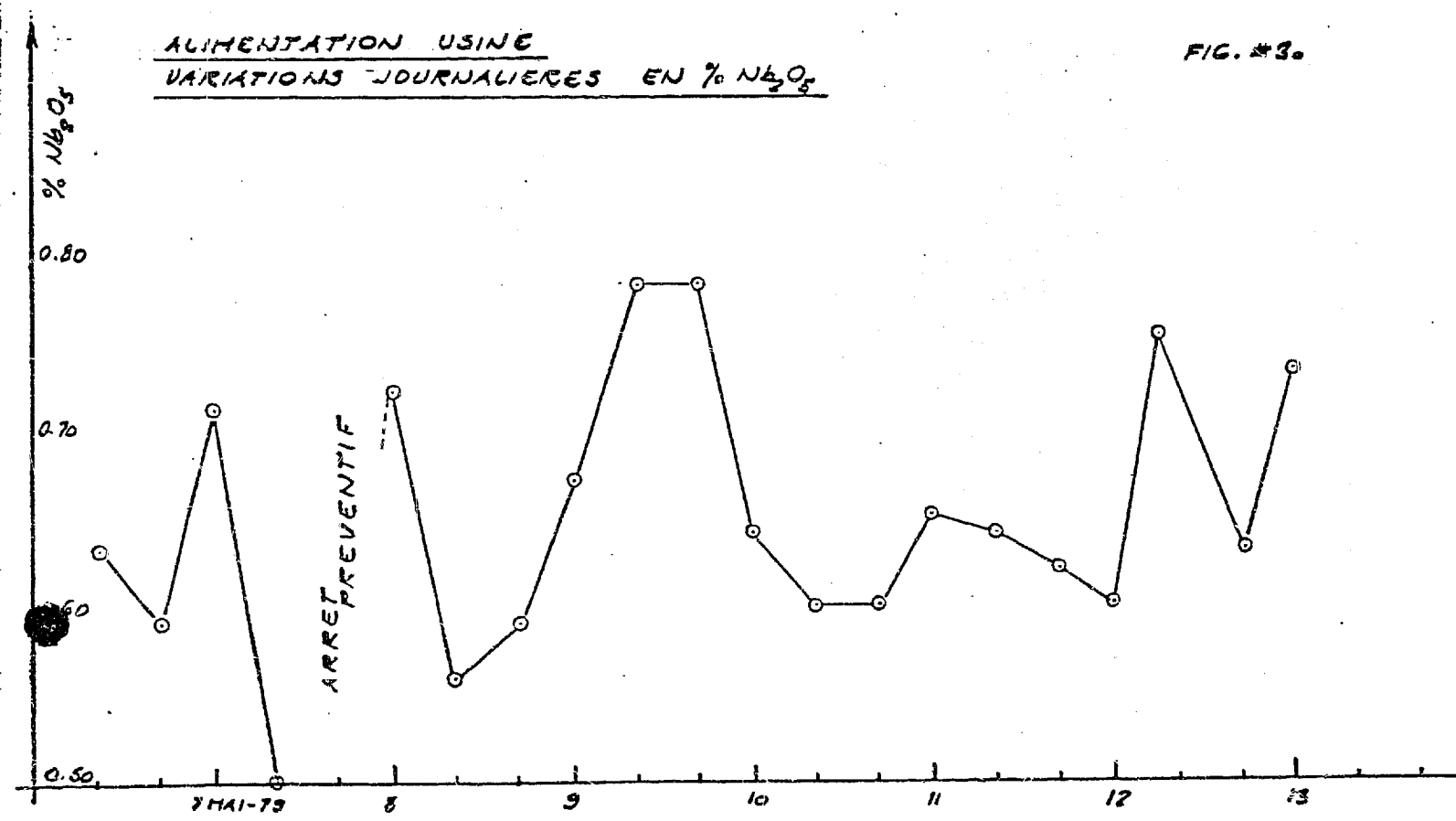
ALIMENTATION USINE APRES DESCHLANTAGE
VARIATIONS HORAIRES EN % Nb_2O_5

...4
FIG. #2.



ALIMENTATION USINE
VARIATIONS JOURNALIERES EN % Nb_2O_5

FIG. #3.



COMMINUTION:Concassage primaire et secondaire: (Fig. #4)

Le concassage primaire est effectué sous-terre avec un concasseur à mâchoires d'une ouverture de 7 pouces. Le minerai concassé est stocké dans un silo de 700 tonnes sous-terre et dans deux silos de 1,500 t. à la surface. Quatre alimentateurs vibrants de 30" X 84" dont la vitesse de déchargement est réglée par une balance automatique, alimentent le circuit de concassage secondaire à 85-95 t/hr. Le circuit est constitué d'un crible de 4' X 8' d'une ouverture de 3/4". Le refus du crible est réduit à 5/8" dans un concasseur gyratoire. Le passé du crible associé au refus du concassé constitue l'alimentation d'un broyeur à barres.

Broyage et classification: (Fig. #4)

Le broyeur à barres "Hardinge" 8' X 12' opère à 70-75% solide et tourne à 28.3 t./min. ou 64.2% de la vitesse critique. Il marche en circuit ouvert; son rapport de réduction est 17.0 et l'index de Work de 8.5 Kw/Hr./T.

La décharge du broyeur alimente le distributeur d'une série de tamis D.S.M. dont les tamis primaires ont une ouverture de 1.0mm, les tamis secondaires de 0.6mm. Le passé combiné de deux séries de tamis est constitué à 90-95% de particules de moins de 65 mailles. Le refus des tamis après l'enlèvement des fines particules dans un classificateur à vis est rebroyé dans un broyeur à boulets de 10' X 14' et, avec la décharge du broyeur à barres, il est retourné à l'alimentation des tamis D.S.M.

Le broyeur à boulets marche en circuit fermé avec les tamis D.S.M. Il opère à 65-70% solide et tourne à 24.4 t./min. ou 69.0 de la vitesse critique. Son rapport de réduction est de 4.3; sa charge circulante de 240% environ.

Le classificateur à vis tourne à 8 t./min. et sépare à 150 μ m environ avec une efficacité de 60-65%.

Niobec Inc

LABORATOIRE METALLURGIE

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

LE MINERAL A LA SORTIE DU CIRCUIT DE CONCASSAGE

ECHANTILLON :

NO : GRANULOMETRIE

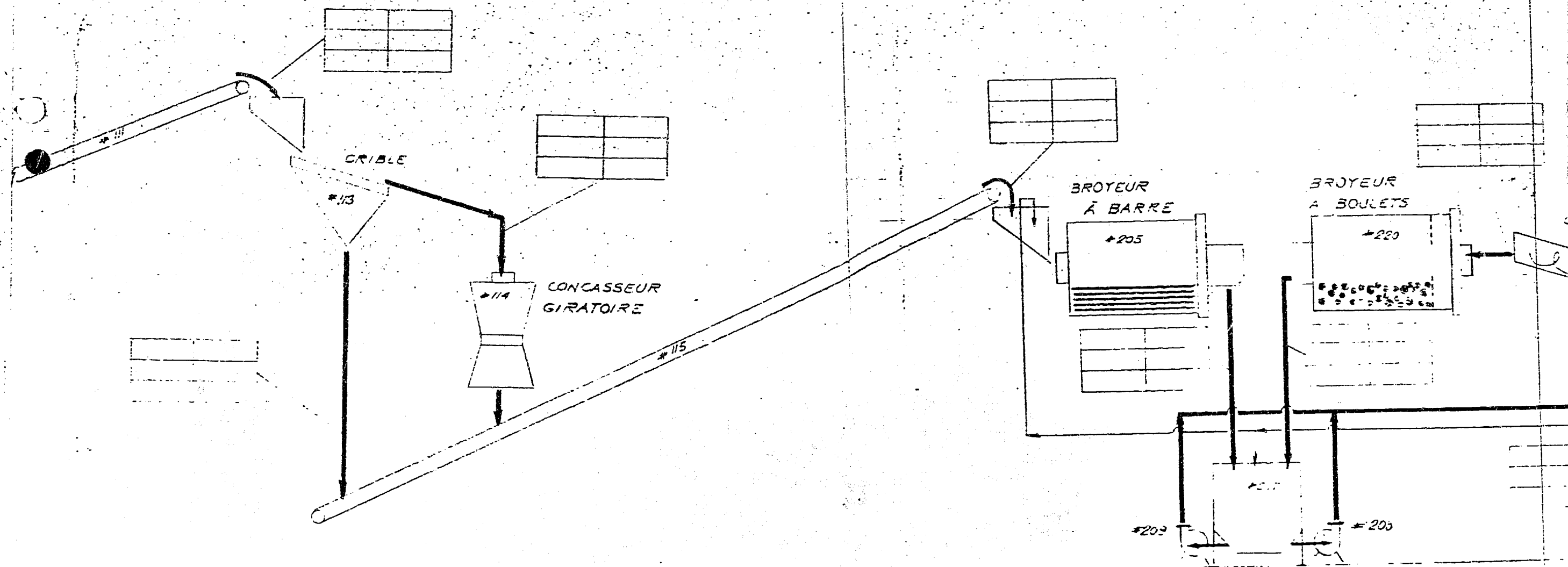
TYPIQUE :

DATE :

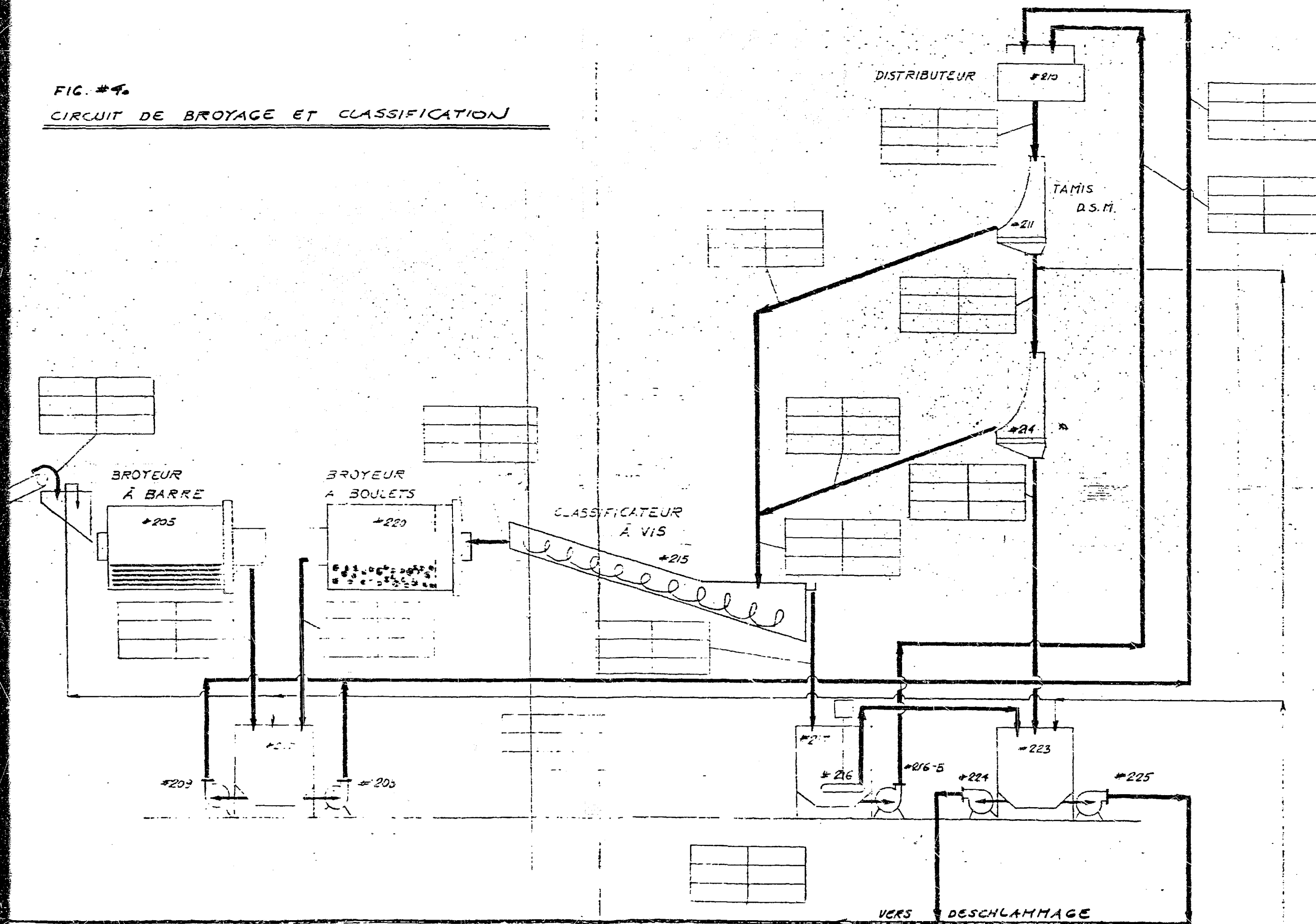
<u>Mesh Tyler</u> (microns)	<u>Poids</u>	<u>%</u>	<u>% Passant</u>
+1.05 "(26900)		4.50	95.50
.742"(19000)		9.97	85.53
.525"(13500)		15.95	70.56
.438 (11125)		8.19	62.39
.265"(6730)		15.19	47.20
4 (4760)		6.09	41.01
6 (3360)		4.68	36.43
8 (2362)		3.47	32.96
10 (1651)		2.92	30.04
14 (1168)		2.63	27.41
20 (833)		2.17	25.24
28 (589)		2.08	23.16
35 (417)		2.12	21.04
48 (295)		2.15	18.89
65 (208)		1.95	16.94
100 (147)		1.94	15.00
150 (104)		2.36	12.64
200 (74)		2.59	10.05
270 (53)		1.63	8.42
325 (44)		0.72	7.70
400 (37)			
PAN		7.70	
TOTAL:		100.00	

FIG. #4.

CIRCUIT DE BROYAGE ET CLASSIFICATION



CIRCUIT DE BROyage ET CLASSIFICATION



Niobec Inc

LABORATOIRE METALLURGIE

ANALYSE GRANULOMETRIQUE TYPIQUE APRES CONCAS-

SAGE, BROYAGE ET CLASSIFICATION

ECHANTILLON :

NO :

DATE :

<u>Mesh Tyler</u> (microns)	<u>Poids</u>	<u>%</u>	<u>% Passant</u>
+1.05 "(26900)			
.742"(19000)			
.525"(13500)			
.438 (11125)			
.265"(6730)			
4 (4760)			
6 (3360)			
8 (2362)			
10 (1651)			
14 (1168)			
20 (850)			
28 (589)		0.06	
35 (417)		0.13	
48 (295)		0.83	
65 (208)		5.80	
100 (147)		14.50	
150 (104)		15.50	
200 (74)		14.77	
270 (53)		9.69	
325 (44)		3.54	
400 (37)			
PAN		35.23	
TOTAL :		100.00	

Deschlammage: (Fig. #5)

La pulpe à la sortie du circuit de broyage et de classification contient un certain pourcentage de fines particules de $-10 \mu\text{m}$ qui sont nuisibles à la flottation. Celles-ci sont enlevées dans le circuit de deschlammage par cyclonage. Il y a un circuit de deschlammage avant la flottation des carbonates et un autre après la flottation des carbonates.

Le premier circuit de cyclonage consiste en cinq cyclones primaires de 10 pouces et en 32 cyclones secondaires de quatre pouces traitant la surverse des cyclones primaires. Ses paramètres de marche et sa performance typique sont les suivants:

	CYCLONES		
	Prim.	Second.	Ensemble
- vortex	$3\frac{1}{2}$ - 4	1	---
- apex	$1\frac{3}{4}$	$1/2$	---
- pression à l'alim. (PSI)	12-15	24	-----
- % solide à l'alimentation:	18-20	7.0	18-20
- coupure d_{50} en μm :	~ 30	10-11	10-11
- efficacité de séparation:	75-80%	70%	70-75%

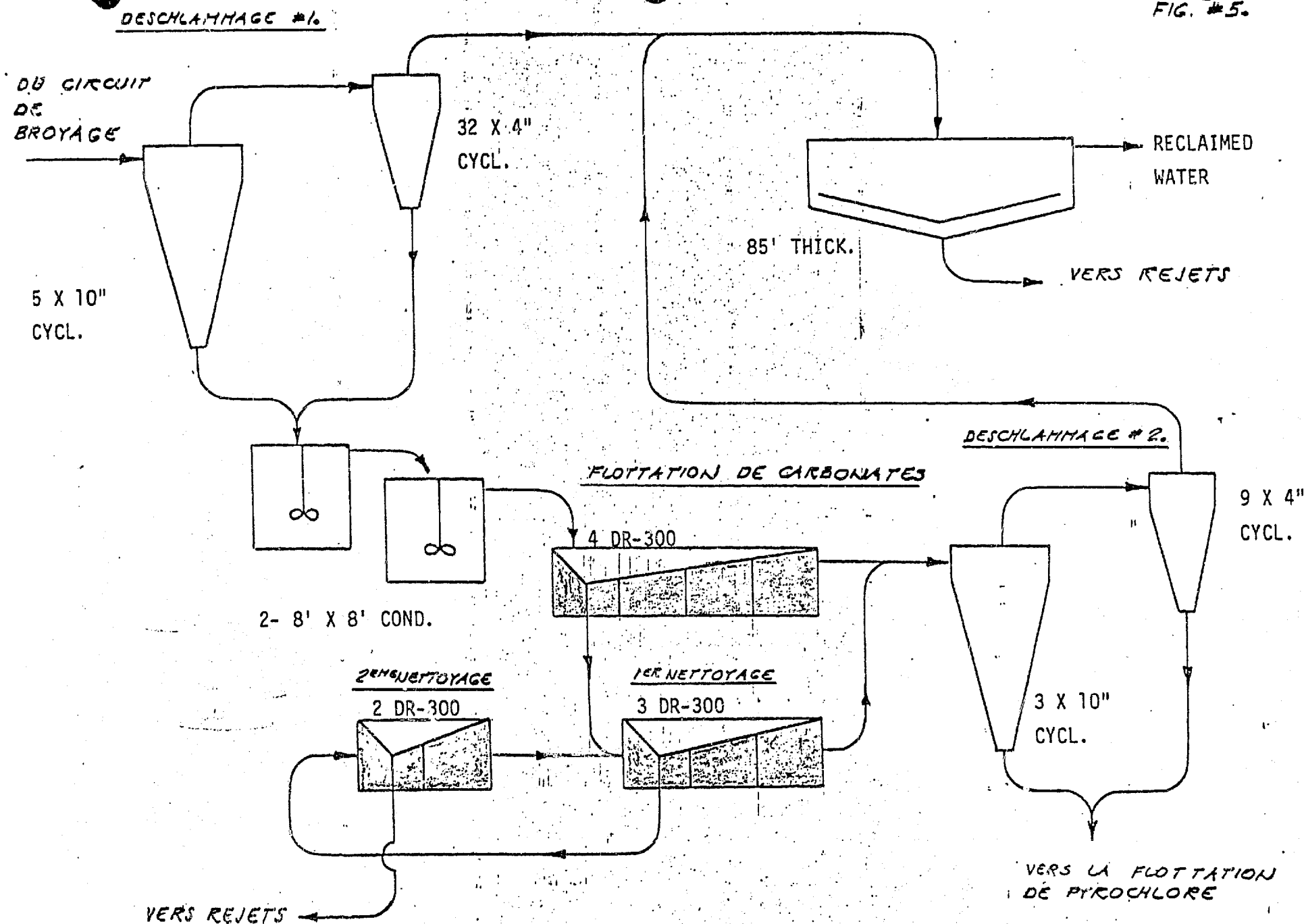
~~La surverse des cyclones primaires et secondaires contenant 4% de solide environ est envoyée dans un épaisseur de 85' de diamètre. Après la clarification, l'eau de l'épaisseur est réutilisée à l'usine; la sousverse est rejetée dans le bassin de décantation. La pointe de cyclones à 50-55% est envoyée à la flottation de carbonates.~~

FLOTTATION:

Flottation des carbonates: (Fig. #5)

Le circuit de flottation commence par un conditionnement de la pulpe avec 0.6 lb/t. d'acide gras émulsifié comme collecteur et avec 0.8 lb/t. de silicate de sodium comme déprimant du pyrochlore. Le conditionnement est effectué dans deux cuves en série d'un diamètre de 8' à pH naturel. Le temps de séjour est de 15 minutes environ. Le pourcentage de solide à l'alimentation de 4 cellules DR-300 du dégrossissage est de 43%. Le concentré de carbonates qui représente 20% du poids de l'alimentation de l'usine est relavé 2 fois avant d'être rejeté dans le bassin de décantation.

FIG. #5.



Changement d'eau:

L'eau de la mine et l'eau recyclée sont utilisées dans le circuit de comminution, dans le circuit de deschlammage avant la flottation des carbonates et dans la flottation des carbonates elle-même. Elle contient beaucoup de sels minéraux et si elle n'est pas remplacée, elle a un effet néfaste sur la flottation cationique du pyrochlore. Pour cela, la pulpe à l'alimentation d'un nouveau circuit de deschlammage à 10 μm après la flottation des carbonates est diluée avec l'eau potable, fraîche, de 30% à 20% solide. Ensuite, elle est pompée dans 3 cyclones de 10" avec le re-traitement de la surverse dans 9 cyclones de 4". La surverse des cyclones secondaires est rejetée, la sousverse combinée de deux séries de cyclones est envoyée à la flottation du pyrochlore.

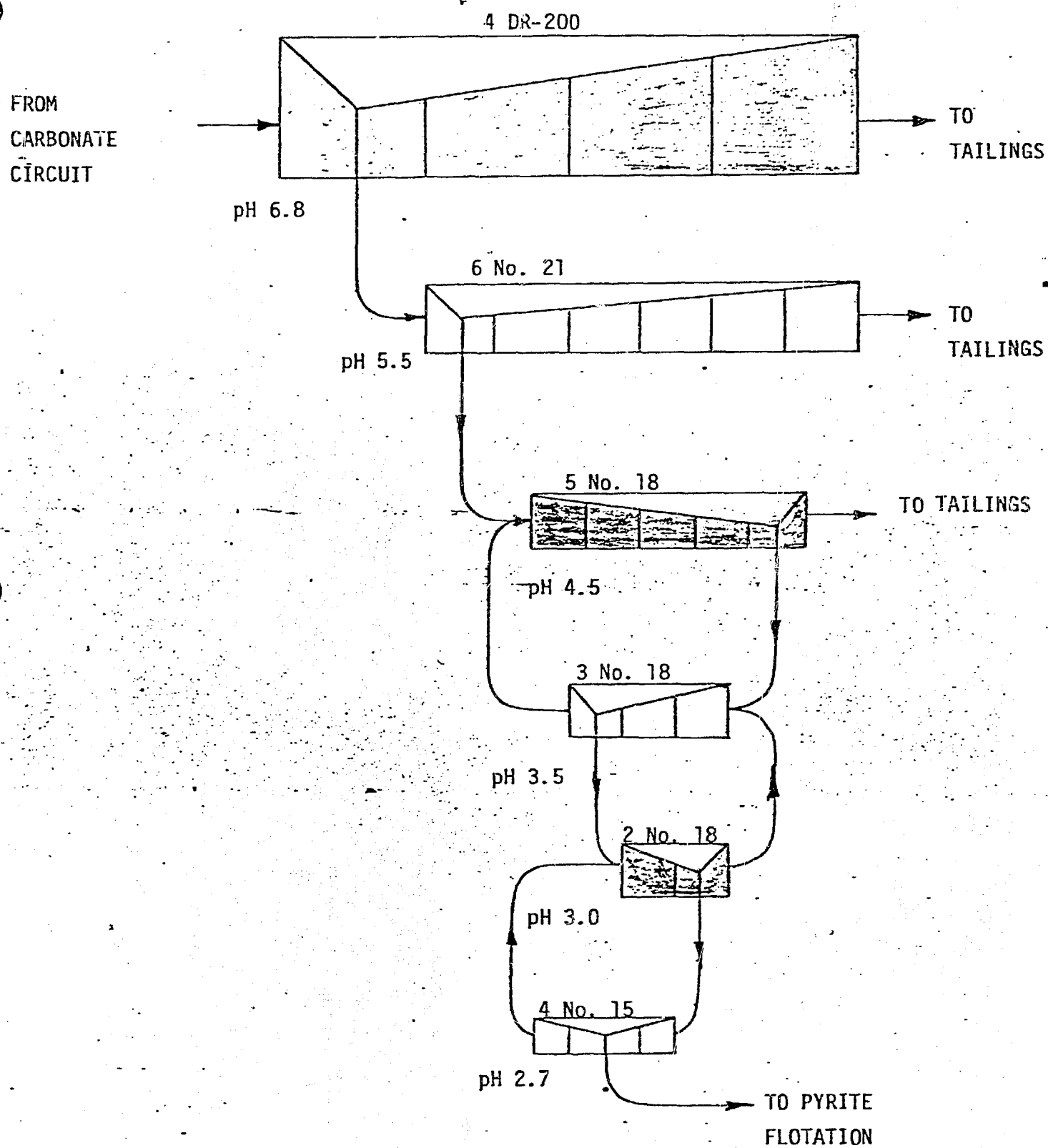
Performance au deschlammage:

	Primaires	Secondaires	Ensemble
- nombre de cyclones	3	9	12
- vortex	5"	2"	--
- apex	1 3/8"	1/2"	--
- pression à l'alim. (PSI)	7	35	--
- % solide à l'alimentation:	~ 30	10	--
- coupure d_{50} en μm :	30-35	13.0	10-13
- efficacité de séparation:	55-65%	55-65%	55-65%

Flottation du pyrochlore: (Fig. #6)

Elle est effectuée sans conditionnement au préalable. Le concentré au dégrossissage est flotté dans une rangée de 4 cellules DR-200 avec de l'acétate diamine de suif émulsifié. Le pH est maintenu à 6.8-7.5 par un mélange d'acide oxalique et fluorosilicique. Ensuite, ce concentré est relavé dans cinq stages de nettoyage à contre-courant où le pH est graduellement abaissé à 2.7. Les nettoyages et l'addition de modificateurs comme l'amidon et le silicate de sodium, permettent la rejection de la grande majorité de la gangue et l'augmentation de la concentration de pyrochlore, initialement de 1.0-1.2% à l'alimentation du dégrossissage à 45-50% Nb₂O₅ dans le concentré du 5^{ème} nettoyage.

FLOTTATION DU PYROCHLORE



Flottation de la pyrite: (Fig. #7)

Le concentré du 5^{ième} nettoyage de pyrochlore contient environ 20% du poids total en forme de pyrite. Pour pouvoir produire un concentré marchand la pyrite doit être enlevée. Ceci est effectué par la flottation aux xanthates à pH= 11.00. L'amidon de tapioca et le silicate de sodium sont utilisés comme déprimants de pyrochlore. Le concentré de pyrite après deux relavages est rejeté dans le bassin de décantation.

LIXIVIATION:

Circuit de lixiviation: (Fig #7)

Il sert pour l'élimination de l'apatite et des traces de carbonates présents dans les résidus de la flottation de pyrite. L'élimination est accomplie dans deux réacteurs de 05' X 8' à l'aide de l'acide chlorhydrique concentré. Le concentré lixivié est épaissi, filtré et alimenté dans le circuit de conditionnement de deuxième flottation des sulfures.

FLOTTATION:

Flottation de la pyrite: (Fig. #7)

Le concentré lixivié à pH= 0.5 est conditionné par le sulfate de cuivre. Ensuite le pH est ajusté à 10.5 avec de la soude et la pyrite est flottée au potassium amyl xanthate. Pour abaisser sa teneur en Nb_2O_5 , il est envoyé dans le premier circuit de sulfures pour relavage.

FILTRATION ET SECHAGE: (Fig. #7)

Le concentré final de pyrochlore est déchargé de la flottation des sulfures à 40-45% solide. Il est filtré sur un filtre horizontal et envoyé dans un séchoir de 30" X 20' à contre-courant. Les poussières sont collectées dans un système de captage et réincorporées au concentré final.

EMPAQUETAGE

Le produit fini est stocké dans douze silos de 15,000 lbs avant d'être mélangé et emballé dans des barils de 35 gallons contenant environ 650 lbs de concentré.

FIG. #7.

CIRCUITS DE FINISSAGE

FROM
FLOTATION

2-3' X 5' COND

SULFURES #1
8 No. 18

PYRITE
TO TAILINGS

12' THICK.

TO TAILINGS

LIXIVIATION

2-5' X 8' REACTORS

12' THICK.

TO
TAILINGS

2-4' X 8' REACTORS

DUST
COLLECTOR

2-3' X 5' COND.

SULFURES #2
6 No. 15

6' FILTER

DRYER

TO PACKAGING

CONSOMMATION DES REACTIFS:

La consommation des réactifs indiquée ci-dessous en :
lbs/tonne à l'alimentation de l'usine, est variable en
fonction du tonnage traité et de la composition minéralogique
du minerai. A présent, elle est de:

Xanthate	0.012
Lannagol (émulsifiant)	0.140
Acintol (acide gras)	0.398
Duomac-T (acétate d'amine)	0.174
Duomac T neutr. à 75%	0.053
Duomeen T (amine)	0.035
CES-265 (émulsifiant)	0.025
Acide oxalique	0.674
Acide fluorosilicique	2.818
Amidon	0.033
Silicate de sodium	0.456
Hydroxyde de sodium	0.462
Acide chlorhydrique	4.252
Sulfate de cuivre	0.107
Percol 455 (flocculent)	0.014
Boulets d'acier de 2"	0.350
Barres d'acier	0.474
Dowfroth 250 (moussant)	0.009

PERSONNEL DE L'USINE:

- 8 opérateurs de flottation
- 4 opérateurs de concassage et de broyage
- 4 main-d'oeuvre
- 4 chefs d'équipes
- 4 mécaniciens
- 4 techniciens au laboratoire de recherche et de développement
- 6 chimistes
- 1 préposé à l'emballage
- 1 préposé à la préparation des réactifs
- 1 opérateur
- 1 secrétaire
- 1 chef d'équipe d'entretien
- 1 métallurgiste
- 1 contremaître général
- 1 surintendant

TOTAL -43 personnes

BALANCE METALLURGIQUE TYPIQUE:

	T./HRE	%Nb ₂ O ₅	DISTR. Nb ₂ O ₅
Alimentation de l'usine	80.13	0.67	100.00
Schlammes #1	12.02	0.46	10.38
Conc. Carbonates	14.39	0.08	2.26
Schlammes #2	1.20	0.90	2.02
Magnétite	0.40	0.41	0.30
Dégrossissage du pyrochlore	36.48	0.10	6.79
1 ^{er} nettoyage	7.53	0.15	2.10
2			
3 nettoyage	7.02	0.55	7.19
4			
5			
Pyrite	0.51	3.50	3.32
Conc. pyrochlore	0.58	62.61	67.64