

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER
Classe des Sciences techniques. N.S. XIII-5, Bruxelles, 1964

**Laveries mobiles et semi-mobiles
pour la
concentration des minéraux denses**

PAR

A. PRIGOGINE

Correspondant de l'ARSOM
Agréé de l'Université libre de Bruxelles

80 F

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Technische Wetenschappen. N. R. XIII-5, Brussel, 1964

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER
Classe des Sciences techniques. N.S. XIII-5, Bruxelles, 1964

**Laveries mobiles et semi-mobiles
pour la
concentration des minéraux denses**

PAR

A. PRIGOGINE

Correspondant de l'ARSOM
Agrégré de l'Université libre de Bruxelles.

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Technische Wetenschappen. N. R. XIII-5, Brussel, 1964

Mémoire présenté à la séance du 13 décembre 1963

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

MÉMOIRES

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN

VERHANDELINGEN

80A, Rue de Livourne, Bruxelles 5

Livornostraat, 80A, Brussel 5

1964



CLASSE DES SCIENCES
TECHNIQUES

**TABLE
DES MÉMOIRES
CONTENUS DANS
LE TOME XIII**

KLASSE VOOR TECHNISCHE
WETENSCHAPPEN

**LIJST DER
VERHANDELINGEN
OPGENOMEN
IN BOEK XIII**

-
1. Données pour la mise en valeur du gisement de méthane du lac Kivu (112 p., 4 fig., 1960); par G. BORGNEZ.
 2. Etude gravimétrique préliminaire du Graben de l'Afrique centrale (50 p., 2 cartes h.t., 1960); par P. ÉVRARD, L. JONES et P.-L. MATHIEU.
 3. Annuaire météorologique du Congo et du Ruanda-Urundi pour 1961 (166 p., 1 carte h.t., 1960); par G. DU SOLEIL et N. VANDER ELST.
 4. Sondages sismiques en Terre de la Reine Maud (Expédition antarctique Belge 1959) (101 p., 10 fig., 6 planches, 8 photos, 1964); par G. DIETERLÉ et E. PETERSCHMITT.
 5. Laveries mobiles et semi-mobiles pour la concentration des minéraux denses (64 p., 4 fig., 7 photos, 1964); par A. PRIGOGINE.

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Classe des Sciences techniques

MÉMOIRES

in-8° – XIII – 1960-1964

VERHANDELINGEN

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN

Klasse voor Technische Wetenschappen

IMPRIMERIE SNOECK-DUCAJU & FILS
S.A.
GAND-BRUXELLES

RESUME

L'exploitation et l'enrichissement des minerais provenant de gisements de faible importance posent des problèmes particuliers, surtout dans les pays neufs (force motrice coûteuse et moyens de communications difficiles).

Après avoir mis l'accent sur la nécessité de la détermination correcte de la teneur des gisements, l'auteur indique des schémas pour des laveries mobiles et semi-mobiles et donne des détails pour leur réalisation pratique.

Le coût des laveries et le prix de revient du traitement sont calculés pour des minerais détritiques et primaires. Des exemples de laveries sont décrits.

Malgré que le traitement revient plus cher dans les laveries à jigs, leur emploi est justifié dans la majorité des cas et surtout pour l'exploitation des gisements primaires.

SAMENVATTING

De ontginning en de verrijking van de ertslen voortkomend van weinig belangrijke lagen, stelt bijzondere problemen, vooral in de nieuwe landen (dure drijfkracht en moeilijke verkeersmiddelen).

Na de noodzakelijkheid beklemtoond te hebben nauwkeurig het gehalte der lagen vast te stellen, legt de auteur schema's van mobiele en semi-mobiele ertswasserijen voor en verstrekt hij nadere gegevens over hun praktische verwezenlijking.

De kostprijs der waterrijen en der behandeling wordt berekend voor de eluviale en alluviale, en voor de primaire lagen. Voorbeelden van waterrijen worden beschreven.

Hoewel de behandeling in waterrijen met jigs duurder komt, is hun gebruik in de meeste gevallen, en vooral bij de uitbating van primaire lagen, gewettigd.

Nous avons présenté, à la Conférence des Nations-Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées, tenue en 1963 à Genève, une communication décrivant les laveries mobiles et semi-mobiles pour la concentration des minerais stannifères [18].*

Comme le manque de place nous avait obligé à réduire très sensiblement le texte initial et que le sujet méritait d'être traité d'une façon plus approfondie, nous l'avons repris en remaniant la communication présentée à Genève, en y ajoutant des détails sur la détermination de la teneur des gisements et en élargissant le sujet aux laveries pour la concentration des minéraux denses en général.

INTRODUCTION

L'emploi de laveries mobiles ou semi-mobiles présente un intérêt spécial dans le cas de régions peu développées, non seulement pour les petites entreprises, mais même pour les sociétés minières qui, souvent, se trouvent en présence de gisements de faible importance ne permettant pas la construction de laveries fixes à capacité élevée.

Tout d'abord, ces pays ne disposent généralement pas d'un réseau routier suffisamment dense permettant d'atteindre facilement les endroits où sont localisés les gisements. Dans le cas le plus défavorable, on est obligé, soit d'employer des appareils de concentration qui peuvent être construits sur place, en ayant recours aux ressources locales, soit de s'adresser au transport par hélicoptères. Lorsque la situation des gisements est plus favorable, le matériel indispensable peut être amené sur place à l'aide de jeeps qui peuvent emprunter de simples pistes. Nécessairement, les laveries seront constituées de petites unités, de faible poids, et ceci leur donnera la mobilité indispensable pour pouvoir être déplacées facilement dans un certain rayon.

Presque toujours, la force motrice à bon marché n'est pas disponible dans les régions éloignées où se trouvent les gisements.

* Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

Il faut donc, soit employer des procédés de concentration ne demandant pas de puissance électrique, soit se limiter à des unités de faible capacité qui se contentent de groupes électrogènes d'un poids réduit et qui n'obligent pas d'installer des centrales thermiques coûteuses (1).

Mais même si la région est pourvue d'un réseau routier suffisant et si, de plus, la force motrice existe sur place, la grande dispersion des gisements alluvionnaires et éluvionnaires de faible importance ne permet pas d'installer, dans bien des cas, d'importantes laveries fixes. On est obligé d'exploiter ces petits gisements à l'aide de laveries mobiles ou semi-mobiles qui peuvent être déplacées avec peu de frais. Evidemment ces déplacements seront favorisés par un réseau approprié de routes ou de pistes. De même, l'exploitation sera grandement facilitée, avec possibilité d'employer des laveries plus perfectionnées, si l'ensemble des réserves permet d'installer une centrale hydro-électrique suffisamment importante.

En présence de gisements primaires on se trouve quelquefois dans l'impossibilité d'évaluer les réserves, de façon même approximative, avant leur mise en exploitation. Ceci prend une importance spéciale, dans le cas de petites entreprises dont les moyens financiers sont réduits. Par conséquent, les dépenses de première installation doivent être limitées au strict minimum et ceci conduit aussi à de petites unités. De plus, il est souhaitable d'employer un matériel courant qui peut être réutilisé immédiatement ailleurs pour la concentration de minerais semblables.

Notons encore que les laveries mobiles et semi-mobiles peuvent servir, spécialement pour les gisements primaires, comme unités d'échantillonnage et même comme laveries-pilotes, si les recherches montrent que le gisement possède, en réalité, une extension considérable. Dans ce cas, les frais d'évaluation peuvent être couverts en grande partie par la production réalisée. De plus, les résultats obtenus serviront de base à l'établissement du flow-sheet d'une laverie de grande capacité.

(1) Il est possible de se procurer actuellement de petites turbines qui permettent de réaliser des centrales hydro-électriques de faible puissance avec des immobilisations modestes.

En principe, nous pouvons envisager trois types de laveries mobiles ou semi-mobiles conçues pour l'exploitation de petits gisements (2) :

— les laveries mobiles montées complètement sur des chariots ou directement sur des camions;

— les laveries semi-mobiles dont les machines sont montées à l'aide de profilés facilement démontables, formant ainsi des unités très compactes ;

— les laveries semi-mobiles constituées simplement par des machines déposées sur le sol et reliées entre elles par des transporteurs à courroie, des élévateurs, des pompes ou des goulottes suivant la pente du terrain.

De plus, il existe évidemment des laveries mixtes constituées de plusieurs sections appartenant à des types différents.

Les laveries du premier type demandent des routes ou des pistes. On rencontre rarement des conditions topographiques favorables aux déplacements de ces engins. En général et, spécialement, en terrain accidenté, il est plus facile d'utiliser des laveries des deux autres types. Les machines seront alors montées sur des patins ou simplement sur des madriers en bois. L'emploi du ciment sera réservé à quelques fondations absolument indispensables.

Comme, dans les pays en voie de développement, la mécanisation pose des problèmes particuliers d'entretien (manque de main-d'œuvre qualifiée, éloignement des ateliers) et de pièces de rechange (limitation des rechanges stockées sur place), spécialement dans le cas de petites exploitations, les laveries mobiles et semi-mobiles doivent être standardisées et comporter un matériel robuste, d'un entretien facile.

Nous limiterons cet article aux laveries où la concentration est basée sur des procédés gravimétriques et nous examinerons surtout la concentration des minerais stannifères et aurifères, à l'exclusion toutefois des minerais aurifères primaires dont le traitement demande l'emploi combiné de plusieurs procédés de

(2) Les laveries flottantes ou montées sur chenilles, de grande capacité, alimentées le plus souvent par des draglines, sortent du cadre de notre sujet.

concentration. Mais il est évident que les laveries décrites peuvent servir à la concentration d'autres minéraux de valeur à densité élevée, comme la wolframite et la columbo-tantalite.

Qu'il me soit permis d'exprimer ici mes remerciements à la Compagnie Minière Congolaise des Grands Lacs (MGL-Congo), qui m'a autorisé à publier ce mémoire, et à toutes les sociétés qui m'ont fourni les données techniques figurant dans ce travail.

I. CONCENTRATION DES MINÉRAIS DÉTRITIQUES

Avant de décrire les laveries qui conviennent à la concentration des minerais alluvionnaires et éluvionnaires, il est indispensable de passer en revue les méthodes permettant de déterminer la teneur en minéral utile et sa distribution parmi les diverses classes granulométriques. En effet, c'est la granulométrie du minéral utile qui guidera principalement notre choix entre une laverie à sluice et une laverie à jigs.

Insistons sur le fait que l'utilisation d'une méthode mal appropriée à la détermination de la teneur en un minéral donné peut conduire, dans certains cas, à une sous-évaluation d'un gisement. Encore actuellement, on se contente souvent d'un simple lavage au pan pour déterminer la teneur d'un minéral détritique. Dans d'autres cas, on effectue simplement des essais d'exploitation à l'aide d'un petit sluice et on conclut, si les teneurs récupérées sont trop faibles, à la non exploitabilité du gisement sans se préoccuper si les particules fines du minéral utile ont été perdues pendant le procédé de concentration employé. Il est donc essentiel de choisir judicieusement la méthode convenant à la détermination de la teneur pour avoir la certitude que le minéral ne contient pas une proportion élevée de minéral de valeur appartenant aux fines granulométries.

1. DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MINÉRAL RÉCUPÉRABLE

A. Poids de l'échantillon

Les échantillons de gravier seront prélevés, soit à l'aide de puits, soit par sondages (3). Il est souhaitable d'analyser séparément des échantillons de l'overburden, du gravier et du bed-rock, de préférence, même mètre par mètre.

(3) On trouvera par exemple dans [1], [4] et [9] la description des méthodes employées pour le prélèvement des échantillons.

Le poids de l'échantillon à prélever dépend de la nature du minéral de valeur, de sa granulométrie, de la teneur du gravier et de la précision désirée.

Pour pouvoir calculer ce poids P (en g), nous nous basons sur l'expression suivante, valable dans le cas de faibles teneurs (en dessous de 1 %) (4):

$$P = \frac{\bar{M}}{a\sigma^2}$$

\bar{M} est le poids moyen pondéré des particules de minéral utile (en g), a la teneur (en valeur décimale) du lot à échantillonner, σ^2 la variance relative de la teneur.

Si nous fixons l'écart maximum Δa (en valeur absolue), qui ne peut pas être dépassé, avec une probabilité de 95 %, entre la teneur vraie du lot et celle de l'échantillon prélevé, nous pouvons écrire:

$$P = \frac{4a}{(\Delta a)^2} \bar{M}$$

D'un autre côté, si nous désirons que l'écart maximum représente une certaine proportion k de la teneur du lot à échantillonner, on obtient:

$$P = \frac{4}{k^2 a} \bar{M}$$

Dans le cas de graviers stannifères, on exploite généralement des teneurs de l'ordre de 1 kg/m³, avec une limite inférieure voisine de 0,5 kg/m³. En nous basant sur une densité apparente de 1,6 du gravier, ces teneurs deviennent respectivement 0,6 kg/t et 0,3 kg/t. On peut admettre qu'on désire connaître cette limite inférieure, suivant le cas, soit à 0,1 kg/m³ près ($\Delta a = 0,06 \text{ kg/t} = 6 \cdot 10^{-5}$), soit à 10 % près ($k = 0,1$).

Les valeurs de \bar{M} sont de l'ordre de $5 \cdot 10^{-4}$, dans le cas de cassitérites alluvionnaires très fines (voir *tableau II*). Il suffit alors de prélever, en principe, un échantillon de quelques centaines de grammes. Par contre, si la valeur de \bar{M} est

(4) Voir pour tous les détails [17]. Si, à la place d'un seul échantillon de poids P , on prélève n sous-échantillons de poids P' , il faut avoir $P' = P/n$ pour que la variance de la teneur moyenne reste la même.

plus élevée, le poids de l'échantillon à prélever sera proportionnellement plus grand.

Dans le cas de graviers aurifères, il faut s'adresser à un échantillon d'un poids sensiblement plus élevé, puisque la teneur de ces graviers est à peu près 1 000 fois plus faible. C'est ainsi que, pour les graviers provenant de Lubushwa (voir *tableau I*), il faut prélever un échantillon voisin de 80 kg pour $a = 10^{-6}$, $k = 0,1$ et \bar{M} de l'ordre de $2 \cdot 10^4$.

Ces calculs sont basés sur la supposition que le lot est homogène. En pratique, il est prudent de prendre des échantillons d'un poids plus élevé en admettant une certaine hétérogénéité, même malgré un bon mélange.

La réduction du poids sera faite par in quartation ou à l'aide d'un diviseur JONES, après mélange. En aucun cas l'échantillon soumis à la détermination de la teneur en minéral utile ne peut être d'un poids inférieur à la valeur calculée pour une précision donnée, à moins de le soumettre à une comminution préalable.

B. Détermination de la teneur

Plusieurs méthodes peuvent, en principe, servir à la détermination de la teneur en minéral utile du gravier (ou d'une fraction granulométrique). Chacune d'elles a des avantages et des inconvénients et nous discuterons ce problème en détail, vu son importance.

Rappelons encore que toutes les méthodes employées en pratique pour l'évaluation des échantillons détritiques prélevés en grand nombre doivent être un compromis entre, d'une part, l'exactitude, la précision et, d'autre part, la rapidité, le coût et le matériel nécessaire.

a. Méthodes directes

Un échantillon de gravier est soumis à un classement et chaque fraction granulométrique est ensuite analysée directement par une méthode chimique, physico-chimique ou physique appropriée. On obtient de cette façon la teneur en minéral utile total du minerai.

C'est cette méthode qui est employée en Malaisie [8] pour l'analyse de graviers stannifères.

En attaquant l'échantillon par la méthode au peroxyde de sodium et en dosant l'étain par l'iodométrie, l'écart-type absolu s'élève en moyenne à 0,0046 % SnO_2 pour des teneurs variant de 0,05 à 0,4 % SnO_2 [14] [17, p. 109]. C'est ainsi qu'une teneur de l'ordre de 1 kg/m³, qui correspond à peu près à 0,05 % SnO_2 , sera connue, avec une probabilité de 95 %, à $\pm 0,009$ % près. Cependant, cette précision peut être accrue en éliminant la silice par l'acide fluorhydrique avant le dosage proprement dit (5). CHASTON signale même, mais sans donner de détails, que la teneur peut être déterminée à 0,0025 % près, si le laboratoire est prévenu qu'il s'agit d'échantillons à faible teneur [2, p. 608]. Les teneurs les plus faibles données par CHASTON correspondent à 0,013 %. Nous pensons que la précision de ces teneurs est insuffisante.

On peut aussi s'adresser à la polarographie qui permet de doser jusqu'à 0,03 % SnO_2 après séparation de l'étain par distillation sous forme de SnBr_4 [20]. Toutefois, les avantages de cette méthode par rapport au dosage iodométrique ne nous semblent pas convaincants. Enfin, en employant la galléine, on peut déterminer par colorimétrie même des teneurs entre 0,5 et 100 ppm, mais seulement à ± 25 %, pour une probabilité de 95 % [21].

Il est cependant possible d'accroître sensiblement la rapidité et la précision des dosages en s'adressant aux méthodes physiques. Tout d'abord, la spectrographie optique permet de descendre jusqu'aux très faibles teneurs où la précision est de l'ordre de 0,004 %. De même, la méthode spectrométrique par fluorescence des rayons X permet de doser jusqu'à 0,01 % avec une précision de 20 % (6) (7).

L'inconvénient principal de la méthode par analyse directe est qu'elle ne distingue pas entre le minéral utile récupérable

(5) La présence de grandes quantités de silice à côté de traces d'étain conduit à une erreur systématique et on trouve une teneur trop faible pour l'étain.

(6) Communication personnelle de L. VAN WAMBEKE.

(7) Toutefois, d'ici peu il sera possible d'améliorer la précision à 7 % et de descendre jusqu'à environ 0,0025 % SnO_2 (6).

et le minéral utile total. Cet inconvénient peut rendre cette méthode tout à fait inapplicable, par exemple en présence de gisements éluvionnaires où la teneur en minéral utile inclus peut devenir importante. Toutefois, déjà lors de l'analyse des rejets des laveries traitant des graviers alluvionnaires, un léger *back ground* dû à la teneur en étain de la gangue peut complètement fausser les résultats obtenus.

Dans le cas de graviers aurifères, il faut soumettre à l'analyse un poids relativement élevé, comme nous l'avons vu précédemment. Le problème du tamisage à l'aide de toiles très fines (jusqu'à 100 mailles et quelquefois même jusqu'à 200 mailles) d'une quantité de minerai relativement importante pourrait être résolu en s'adressant à l'appareil RUSSEL Cascade qui, cependant, ne fait pas partie de l'équipement normal de la plupart des laboratoires. L'analyse de chaque tranche granulométrique devrait ensuite être faite par amalgamation.

En résumé, sauf dans le cas de l'or, les méthodes directes sont à proscrire, puisque leur précision, pour des analyses de routine et sans équipement spécial, généralement très coûteux, est à peine suffisante et que la teneur trouvée peut être faussée par le minéral utile inclus.

b. *Méthodes après concentration*

Ces méthodes consistent à soumettre l'échantillon à une concentration gravimétrique appropriée et à analyser le concentré soit par une méthode physique, soit par voie chimique.

Les rejets peuvent aussi, mais pas nécessairement, être soumis à l'analyse chimique. Comme nous l'avons montré, la précision de la teneur calculée à partir de l'analyse du concentré et celle des rejets est supérieure à celle obtenue en analysant directement l'échantillon initial [14] [17].

Cette méthode a l'avantage de donner la teneur en minéral utile récupérable et, si on le désire, celle en minéral utile total (en analysant aussi les rejets de la concentration).

— *Procédés de concentration*

Quels sont les procédés de concentration qui, à priori, peuvent convenir pour la détermination de la teneur en minéral utile récupérable ?

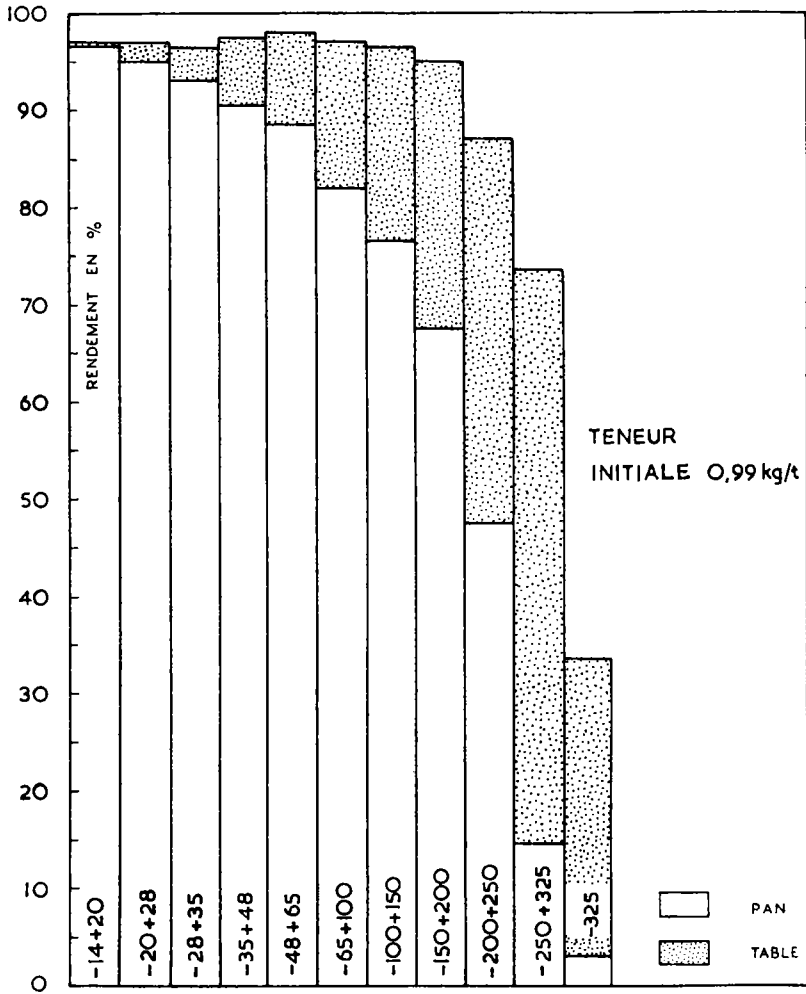


FIG. 1. — Rendement de récupération de la cassitérite par lavage au pan et par tablage.

En principe, suivant la nature et la granulométrie du minéral de valeur, on peut s'adresser à toute la gamme des appareils utilisés habituellement à la concentration gravimétrique, à la fois au chantier et au laboratoire. La récupération des grosses granulométries ne posant pas de problème, nous devons exami-

ner les limitations des divers appareils pour les fines granulométries.

A la suite de certains résultats de CHASTON [2], nous avons repris récemment le problème de la récupération de la cassitérite en fonction de la granulométrie lors du lavage au pan (8). La *figure 1* montre par exemple les résultats obtenus dans le cas d'un gravier à environ 1 kg/t de SnO₂.

Il est important de constater que les pertes augmentent régulièrement, lorsque la dimension des particules diminue. Dans aucun cas, nous n'avons observé une perte élevée dans un domaine de dimension intermédiaire, ce qui a été affirmé par CHASTON [2].

Si l'on désire récupérer au moins 90 % de la cassitérite, le panning convient jusqu'à 48 mailles. Si l'on se contente d'un rendement de 80 %, le panning peut servir même jusqu'à 100 mailles. Le panning manuel peut donc être utilisé à l'évaluation de gisements, sans que l'erreur systématique dépasse 5 à 10 %, si la proportion de cassitérite + 48 mailles est supérieure à 90 %. Toutefois, ce résultat ne peut être obtenu que lorsque le gravier est débourbé convenablement, qu'il est réparti en plusieurs petites portions en vue du panning et que, finalement, on se contente d'un concentré à faible teneur qui est ensuite analysé par voie chimique dans un laboratoire.

Dans le cas de minerais aurifères, nous n'avons pas observé de pertes, pendant le lavage au pan, jusqu'à la classe granulométrique +200 mailles [14][17, p. 118]. Comme ces résultats ont été obtenus en soumettant au lavage une tranche granulométrique étroite, nous pouvons en conclure que, sans classement préalable, les pertes seront un peu plus élevées. Cependant, le panning peut certainement servir à l'évaluation des gisements aurifères jusqu'à au moins 100 mailles et même probablement 150 mailles sans commettre une erreur systématique supérieure à 5-10 %.

(8) Précédemment, nous avons déjà étudié les pertes pendant le lavage au pan, mais après classement préalable en plusieurs catégories granulométriques [14] [15].

La concentration peut être effectuée aussi dans un jig qui sera muni d'un lit, soit en grenailles d'un ferro-alliage (9), soit en hématite. Les dimensions du jig employé dépendront de la quantité de gravier à traiter. C'est ainsi qu'on peut se servir d'un jig DENVER 4"×6" pour des échantillons jusqu'à une centaine de kilos. Des échantillons plus volumineux seront traités dans un jig 8"×12", de préférence à deux cellules.

En travaillant comme dégrossisseur, le jig peut récupérer, avec un rendement supérieur à 90 %, de la cassitérite jusqu'à +100 mailles [17, p. 141]. D'après WILLIAMS [23], le jig pourrait même convenir aux granulométries plus fines. Toutefois, le jig dégrossisseur fournira seulement un concentré relativement pauvre qui devra être reconcentré davantage au laboratoire. Suivant la catégorie granulométrique, cette concentration devrait être effectuée soit par pannage, soit sur une table à secousses.

L'avantage du jig consiste dans son faible poids permettant de l'amener facilement sur le terrain, tandis qu'une table à secousses est difficilement transportable. Le concentré du jig, d'un poids relativement faible, peut être transporté à l'endroit où se trouve la table à secousses et y subir le finissage.

C'est cependant la table à secousses qui convient le mieux pour la récupération des fines, après avoir récolté au préalable la cassitérite +8 mailles par un autre procédé, par exemple par pannage ou par jiggage.

Bien que les rendements de la *figure 1* aient été obtenus par pannage suivi de tablage, il est certain que le tablage seul permettrait d'obtenir le même résultat. Nous voyons donc que la table à secousses permet de récupérer la cassitérite, avec un rendement supérieur à 90 %, jusqu'à 200 mailles. Même les fractions +250 et +325 mailles sont encore récoltées avec un rendement élevé.

En principe, une spirale HUMPHREYS pourrait également servir à la récupération de la cassitérite très fine. Une telle spirale a un rendement supérieur à 90 %, dans le cas de la cassitérite appartenant aux fractions -28 +250 mailles [17, p. 147]. Une spirale HUMPHREYS est cependant encombrante et difficilement

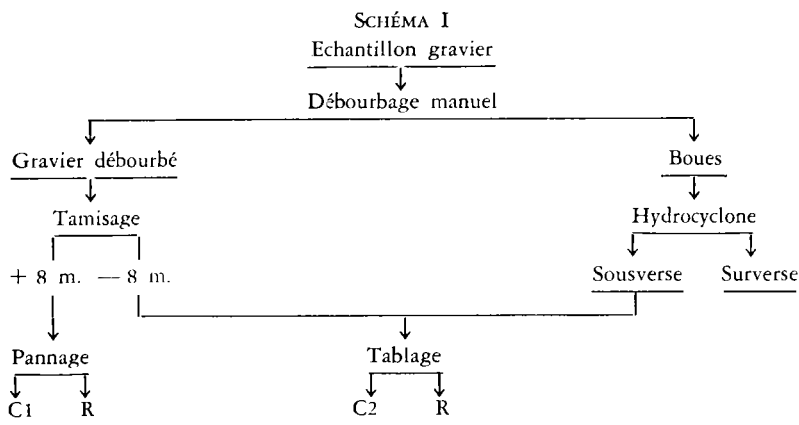
(9) Voir p. 29.

transportable. Signalons que, récemment, une spirale de prospection portative en aluminium pesant, suivant le modèle, 3 à 8 kg, a été mise au point en U.R.S.S. [3]. Des essais comparatifs ont montré que cette spirale récupère mieux que le pan les minéraux denses comme l'ilménite, le zircon et le rutile [3, p. 54]. Avant de pouvoir s'adresser à la spirale, la cassitérite grosse et moyenne devrait être d'abord éliminée par un procédé approprié.

Enfin, au laboratoire, de petites quantités de produits fins, disons à -48 mailles, peuvent être traitées au superpanner HAULTAIN qui permet de récolter la cassitérite, avec un rendement voisin de 100 %, jusqu'à 325 mailles [17, p. 147].

Il résulte de la variation du rendement de récupération en fonction de la granulométrie que le lavage au pan peut être utilisé au chantier même, lorsque la proportion de cassitérite -48 mailles est inférieure à 10 %. Si, par contre, ce chiffre est dépassé, il faut soit se servir d'un autre appareil de concentration permettant de récolter les granulométries -48 mailles avec un rendement élevé, soit récupérer la cassitérite très fine perdue pendant le panning, en retraitant les rejets du panning dans un appareil approprié.

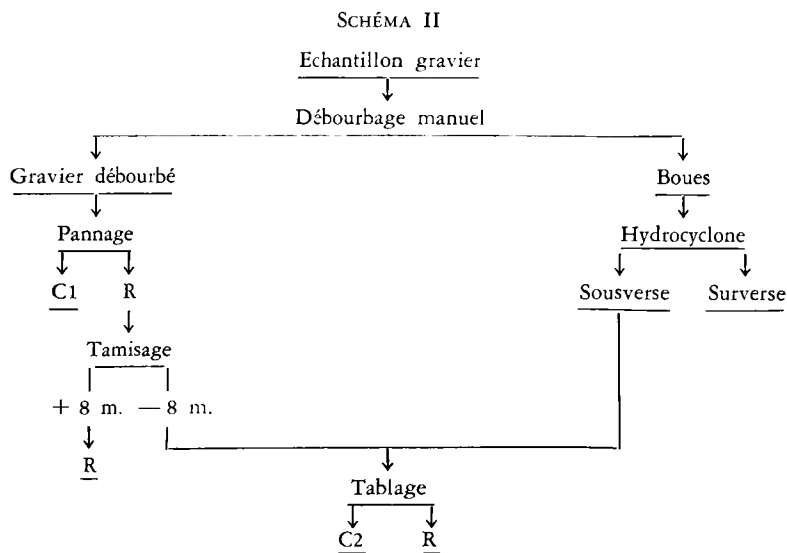
Si les échantillons prélevés peuvent être amenés facilement à l'endroit où se trouve la table à secousses, ils seront traités conformément au schéma I (simplifié):



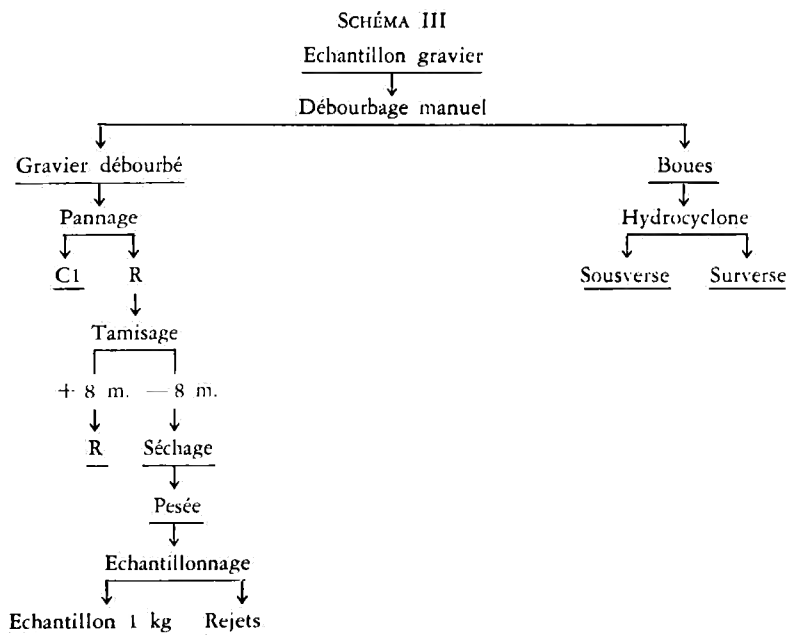
Le débouillage sera effectué en triturant le gravier à la pelle, en présence d'un excès d'eau. Les boues éliminées seront

passées par un hydrocyclone de 11 cm de diamètre, travaillant sous une pression de 0,7 kg/cm². La surverse sera jetée, tandis que la sousverse, pouvant contenir de la cassitérite très fine, sera mise de côté. Le gravier débourbé sera ensuite séparé, de préférence à l'aide d'un petit tamis vibrant, en deux fractions. Dans la fraction +8 mailles, la cassitérite sera recherchée par pannage ou par jiggage. La fraction -8 mailles, additionnée de la sousverse de l'hydrocyclone, sera traitée sur une table à secousses (demi-grandeur) réservée uniquement à ce travail. Les rejets seront repassés normalement deux fois. Les mixtes des trois passages seront aussi retraités une fois. Ensuite, les différents concentrés et le dernier mixte seront réunis et soumis au laboratoire au classement granulométrique en vue de l'analyse de chaque fraction.

On peut aussi, au lieu de traiter le gravier directement par tablage, le soumettre d'abord au pannage et tableur seulement les rejets du pannage. On opère alors conformément au schéma II qui a spécialement de l'intérêt si on désire connaître à la fois la teneur récupérable par pannage seul et la teneur récupérable par pannage suivi de tablage pour pouvoir apporter éventuellement une correction aux anciennes teneurs déterminées par pannage seul:



Enfin, si les distances entre le gisement et le laboratoire sont trop grandes pour que les échantillons du gravier soient transportés à l'endroit où se trouve la table à secousses, il faudrait opérer conformément au *schéma III*:



Le traitement des boues devrait être fait dans un hydrocyclone alimenté par une petite pompe à sable portative (avec moteur). Si une telle pompe n'est pas disponible, la pression nécessaire pourrait être obtenue en alimentant l'hydrocyclone d'une hauteur de 3 m minimum.

Au laboratoire, l'échantillon de 1 kg sera soumis à un classement serré. La cassitérite sera recherchée par pannage dans les fractions +48 mailles. Dans les fractions -48 mailles, la cassitérite sera récupérée au superpanner. De même, la sousverse de l'hydrocyclone (ou une partie) sera fractionnée en plusieurs classes granulométriques et une prise de chaque fraction sera traitée au superpanner. Les concentrés des diverses classes granulométriques seront finalement analysés. Cette façon de procéder permettra d'apporter une correction à la teneur trouvée par le pannage seul, tout en évitant un transport onéreux.

On pourrait aussi retraiter les rejets de panning, après élimination des fractions +2 mm, additionnés de la sousverse de l'hydrocyclone, dans une spirale de prospection, au chantier même. On revient ainsi au *schéma II*.

Les conditions étaient favorables au Secteur Kailo (Cobelmin-Congo), à l'emploi du *schéma I* et une réévaluation de certaines plages à cassitérite fine a été effectuée, en 1960, en débourbant à la pelle les échantillons prélevés et en traitant le gravier — 2 mm (10) dans un hydrocyclone de 11 cm de diamètre, alimenté par un élévateur hydraulique, et sur une table WILFLEY.

Nous avons traité, au laboratoire de Kamituga (MGL-Congo), plusieurs échantillons de graviers aurifères provenant du flat de Lubushwa conformément au *schéma I*. Après un débourbage manuel, à la pelle, les schlamms ont été passés dans un hydrocyclone de 11 cm, travaillant à une pression de 0,7 kg/cm². La sousverse obtenue a été ajoutée au gravier propre. Ensuite, à l'aide d'un tamis de 2 mm, le gravier a été séparé en deux fractions. Le refus +2 mm a été jiggé à la main pour rechercher l'or gros. Le passant —2 mm a été traité, sans classement préalable, sur une table DEISTER (demi-grandeur). Après séchage, le concentré récolté a été classé et chaque fraction granulométrique a été finalement amalgamée.

Lors du traitement dans l'hydrocyclone, nous avons obtenu des boues montrant encore des teneurs de 0,003 à 0,18 g/t en or amalgamable. La granulométrie de cet or n'a pas été déterminée, mais il s'agit sans doute de particules d'or extrêmement fines (de l'ordre de 10-20 microns). Notons que ces pertes dans les schlamms s'élèvent à 0,00-0,50 % de la totalité de l'or libre présent. Elles sont donc négligeables.

Les sables —2 mm ont été passés plusieurs fois sur la table (11). Les rejets montrent des teneurs variant de 0,04 à 0,20 g/t en or amalgamable et contiennent 0,4 à 6,4 % de la totalité de l'or libre mis en jeu. Dans l'ensemble, le rendement global

(10) Il est préférable de traiter seulement les boues dans l'hydrocyclone, comme indiqué au *schéma I*.

(11) Un seul passage conduit à des rejets trop riches.

(hydrocyclone et table à secousses) s'élève à 93-99 % suivant la teneur du gravier et la granulométrie de l'or.

Le *schéma II* a été utilisé en Nigérie [25, p. 50]. La récupération des sables fins perdus dans les boues a été réalisée à l'aide d'un hydrocyclone de 7,5 cm de diamètre travaillant sous une pression de 0,55 kg/cm². Cet hydrocyclone et sa pompe sont montés sur une Land-Rover. Après élimination des fractions +12 mailles, les rejets du pannage et la sousverse de l'hydrocyclone sont passés, sans classement, deux à trois fois, sur une table HOLMAN (demi-grandeur). Les concentrés obtenus sont réunis et nettoyés encore dans un superpanner HAULTAIN.

— *Analyse du concentré par un procédé physique*

WILLIAMS a décrit en détail la méthode employée en Nigérie pour l'étude au laboratoire des échantillons de granits décomposés, en vue de la détermination de leurs teneurs en cassitérite et en columbite récupérables [22] [25] [26] (12).

Cette méthode consiste en un comptage au binoculaire des minéraux utiles, après traitement approprié permettant d'éliminer certaines impuretés (13) et classement en plusieurs catégories granulométriques.

La méthode par comptage présente cependant plusieurs inconvénients:

- a. elle demande le concours d'un bon minéralogiste;
- b. certains minéraux sont difficiles à distinguer;
- c. le comptage devient difficile pour les très fines granulométries.

Parmi les avantages de cette méthode citons:

- a. possibilité de faire le comptage simultané de plusieurs minéraux à la fois, surtout si l'analyse chimique est longue et difficile;

(12) Voir aussi [16].

(13) En examinant les sables noirs provenant d'une concentration gravimétrique la columbo-tantalite fine risque de passer inaperçue en présence d'un excès d'ilménite. Il est par conséquent nécessaire d'attaquer de tels concentrés, sans broyage préalable, par l'acide chlorhydrique concentré, en ébullition, pendant 24 heures. L'ilménite se dissout [10] et la columbo-tantalite peut alors facilement être décelée dans le résidu.

b. précision théorique supérieure à celle des analyses chimiques.

A notre avis, il est utile de recourir au comptage des grains, seulement lorsque l'analyse chimique est longue ou présente certaines difficultés (p. ex. pour topaze, zircon, anatase, ilménite, monazite, xénotime).

— *Analyse du concentré par voie chimique*

Au laboratoire de Kamituga, les concentrés obtenus sont analysés par voie chimique. C'est, d'ailleurs, cette méthode qui est préconisée par différents spécialistes (14). Elle a l'avantage d'être beaucoup plus générale.

2. LAVERIES À SLUICE

A. *Limitation des laveries à sluice*

Nous avons représenté, dans la *figure 2*, les pertes dans un sluice en fonction de la granulométrie pour l'or et la cassitérite alluvionnaires, en présence d'un faible pourcentage d'impuretés denses et dans le cas de graviers non argileux [15] [12, p. 91] [17, p. 128]. Bien que nous ne disposions pas de données expérimentales pour les fractions inférieures à 0,2 mm, nous avons indiqué l'allure probable des courbes pour ces granulométries en nous basant sur le fait que leurs pertes augmentent très rapidement.

Si nous nous contentons d'un rendement de 90 %, nous pouvons dire que le sluice convient à la concentration des graviers, si la proportion de l'or à $-0,25$ mm ou de la cassitérite à $-0,6$ mm est faible. Effectivement, nous connaissons beaucoup de gisements où la granulométrie du minéral de valeur a permis d'obtenir un rendement élevé par sluicing (15).

Il ne faut pas, cependant, perdre de vue que ces rendements élevés ont été obtenus avec des graviers non argileux et qu'un

(14) Par exemple par F.B. MICHELL [25, p. 304]; même F.A. WILLIAMS admet cette méthode [25, p. 119].

(15) De nombreux exemples pour l'or figurent dans [12]; pour la cassitérite voir [14].

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

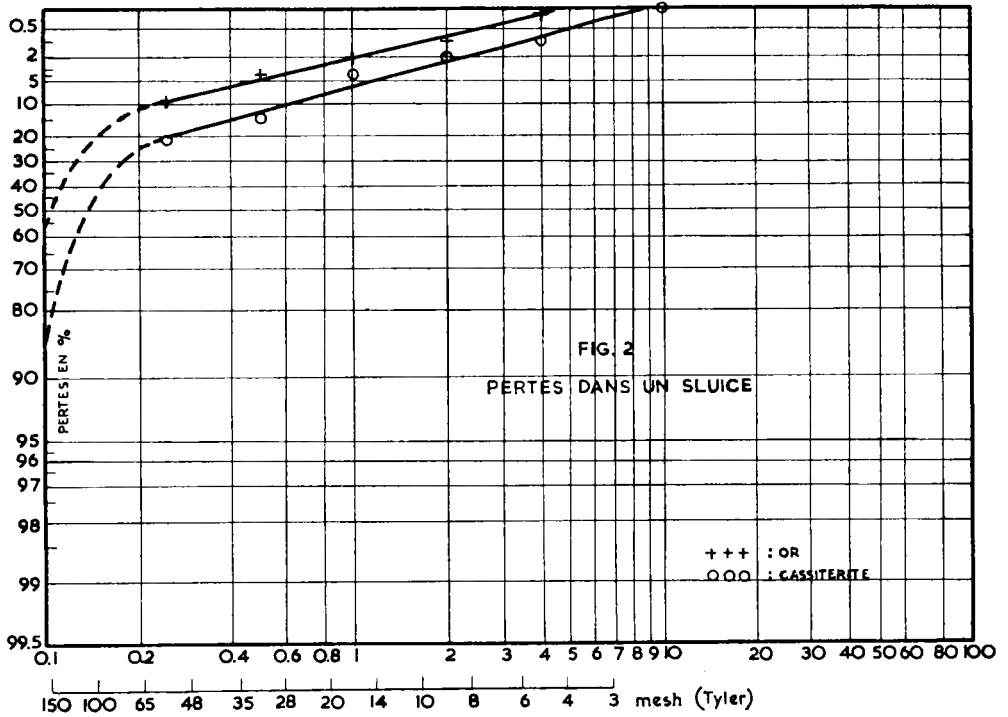


FIG. 2. — Pertes dans un sluice pour l'or et la cassitérite.

bon débouillage est indispensable pour qu'un procédé gravimétrique puisse être appliqué avec succès à la récupération d'un minéral de valeur à densité élevée. Malheureusement, un bon débouillage est souvent très difficile à réaliser en pratique, spécialement lorsque la force motrice fait défaut et surtout dans le cas de laveries mobiles. Parfois, il faut se résoudre à traiter un gravier insuffisamment débouillé et réexploiter les rejets après quelques années, lorsque les agents atmosphériques auront décomposé la majeure partie de l'argile plastique et auront libéré les minéraux de valeur.

Toutefois, il existe des cas où le sluicing conduirait à des pertes trop importantes. Nous avons réuni, dans le *tableau I*, quelques exemples de gisements à or fin:

TABLEAU I. — Granulométrie d'or alluvionnaire

Fraction	Zalya 7	Lubushwa 1	Lubushwa 2	Lubushwa 3	Lubushwa 4
— 20 + 28	9,3	0,6	0,8	1,0	0,1
— 28 + 35	19,0	3,9	12,4	4,1	6,1
— 35 + 48	25,1	21,0	19,7	26,2	21,7
— 48 + 65	28,9	27,7	38,0	20,2	25,6
— 65 + 100	12,9	34,7	19,9	33,1	31,5
— 100 + 150	1,7	6,6	5,1	4,2	7,5
— 150 + 200	2,5	3,2	2,8	4,6	2,3
— 200	0,6	2,3	1,3	6,6	5,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Si nous calculons alors le rendement par sluicing, en nous basant sur la *figure 2*, nous obtenons les chiffres suivants:

<u>Origine</u>	<u>Rendement en %</u>
Zalya 7	87
Lubushwa 1	79
Lubushwa 2	82
Lubushwa 3	75
Lubushwa 4	77

Dans tous ces cas, on a avantage d'abandonner le sluice et de s'adresser à une laverie à jigs.

Le *tableau II* montre la granulométrie de plusieurs cassitérites fines, d'après des résultats obtenus en Nigérie [25, p. 51 et 59].

TABLEAU II. — Granulométrie de cassitérites alluvionnaires

Fraction	Echant. A	Echant. C	Echant. D
+ 0,60 mm	12,0	16,1	15,3
— 0,60 + 0,30	19,8	29,4	36,6
— 0,30 + 0,211	25,0	23,1	15,3
— 0,211 + 0,105	14,5	24,3	13,9
— 0,105 + 0,065	16,8	5,2	13,5
— 0,065 + 0,053	11,9	1,1	3,4
— 0,053		0,8	2,3
Total	100,0	100,0	100,0

MICHELL signale aussi que, dans certains gisements et dans de vieilles haldes retraitées en Malaisie, même 80 % de la cassitérite sont inférieurs à 200 mailles [11].

A partir des données du *tableau II* et de celles de la *figure 2*, nous calculons les rendements suivants (16):

Origine	Rendement en %
Nigérie A	54
Nigérie C	66
Nigérie D	68

Il est évident que le sluice ne convient pas au traitement de ces graviers et qu'il faut installer des laveries à jigs pour l'exploitation rationnelle de ces gisements.

Toutefois, ce n'est pas seulement la granulométrie du minéral utile qui peut nous faire abandonner le sluice au profit d'une laverie à jigs. Citons en particulier les facteurs suivants qui abaissent le rendement de récupération du sluicing (17):

(16) Nous avons admis $R=15\%$ pour $+0,10$ mm et $R=5\%$ pour $-0,10$ mm.

(17) Voir [12, p. 57] et [13, p. 76-78] pour la discussion détaillée de l'influence de ces facteurs.

— la forme des particules du minéral utile: des paillettes d'or relativement grandes, mais très plates, sont facilement perdues par le sluice. Il en est de même avec les columbo-tantalites qui donnent généralement des morceaux plats et allongés;

— la forme des particules du gravier: à Mapembe (MGL-Congo) un gravier, provenant d'une arène granitique, constitué principalement de petits éléments de quartz de forme anguleuse, conduisait à des pertes très appréciables par sluicing, même pour des morceaux de columbo-tantalite relativement gros. Les constituants du gravier, suite à leur forme anguleuse, « s'emboîtaient » entre les riffles du sluice, l'ensemble durcissait et la columbo-tantalite ne pénétrait qu'avec difficulté à l'intérieur du gravier déposé;

— le pourcentage élevé d'accompagnateurs denses qui s'accumulent dans les riffles et s'opposent à la récupération du minéral de valeur;

— la teneur élevée en minéral utile (sauf pour or) obligeant à procéder à des clean-up très fréquents pour éviter des pertes.

B. Réalisation pratique et prix de revient du traitement

Les laveries à sluice gardent toute leur importance pour l'exploitation de petits gisements spécialement dans les régions d'accès difficile, ne disposant pas de force motrice à bon marché, mais ayant par contre un réseau hydrographique approprié. C'est ainsi qu'on ne connaît aucun autre appareil de concentration qui permette d'exploiter avec bénéfice de petits affluents étroits où la couche du gravier a une faible épaisseur.

Le nombre de sluices cités dans la bibliographie est fort élevé, chaque auteur vantant les avantages du modèle proposé, et il est inutile de donner ici les détails des laveries à sluice employées spécialement à MGL-Congo et Cobelmin-Congo.

Le coût d'un sluice de 40 cm de largeur, d'une capacité horaire de 2 m³ de gravier (18), constitué de deux éléments

(18) Pour tenir compte de l'irrégularité du travail, nous nous basons, dans le cas des laveries pour le traitement des alluvions, sur 6 heures de travail effectif, soit sur 12 m³ par poste de 8 heures pour le sluice envisagé.

de 3 m, est voisin de 3 000 F (19). Il doit être remplacé après environ 2 ans, soit après avoir traité de l'ordre de 8 000 m³ de gravier. Ceci nous donne un amortissement de 0,37 F par m³ de gravier.

Dans le cas d'un gravier assez facile, ne demandant pas un débourbage poussé, le sluice est desservi normalement par un travailleur. En comptant son coût à 100 F par jour (20), la quote-part de la main-d'œuvre intervient pour 8,33 F par m³ de gravier. Nous pouvons donc admettre le prix de revient de 8,70 F pour le traitement d'un m³ de gravier, amortissements compris (21), chiffre que nous arrondissons à 9 F.

Quelquefois on a avantage à compléter le sluice ordinaire par un undercurrent, spécialement lorsque le gravier contient un pourcentage élevé d'or ou de cassitérite fine. A la Division Lubushwa (MGL-Congo), on se sert d'une installation extrêmement simple constituée par un sluice de 60 cm de largeur suivi généralement d'un élément de queue. Les rejets sont ensuite envoyés, à l'aide d'un élévateur hydraulique, dans un classeur à courant porteur qui alimente l'undercurrent (*photo 1, in fine*). Une telle laverie d'une capacité voisine de 30 m³ par poste de 8 heures (22), revient à environ 12 000 F (23). Il en résulte un amortissement de 0,33 F par m³ de gravier (en 2 ans). Comptons 2 000 F pour les frais d'installation à amortir en 6 mois, soit 0,45 F par m³. Cette laverie est desservie par 2 travailleurs

(19) Tous les prix cités dans cette note sont exprimés en francs congolais (1,30 FC = 1 FB).

(20) Le prix de revient d'un homme-jour chantier comprend les quotes-parts suivantes: M.O. cadre, M.O.A., entretien cités et routes, services techniques, une partie des frais déplacements et transports, divers. Nous n'avons pas tenu compte des frais généraux qui sont essentiellement variables. Nous avons supposé en plus que 80 % des effectifs sont occupés aux chantiers.

(21) Insistons sur le fait que ce prix de revient ne tient compte ni des frais d'abattage, ni des frais de transport jusqu'à la laverie, ni des dépenses provoquées par d'éventuels travaux préparatoires, pour amener par exemple l'eau à la laverie. Ces frais diffèrent sensiblement d'un cas à l'autre et nous ne pouvons pas les généraliser.

(22) Il ne faut pas perdre de vue que la largeur de l'undercurrent est de 180 cm ce qui explique cette capacité relativement élevée.

(23) Sans tenir compte du coût de l'élévateur hydraulique que nous considérons comme un moyen de transport pour amener le gravier dans la laverie, bien que, dans le cas envisagé, il soit placé entre le sluice et le classeur à courant porteur.

qui interviennent pour 6,66 F par m³. Nous obtenons donc 7,44 F/m³ arrondis à 8 F/m³ pour le prix de revient du traitement.

Une laverie Cobelmin-Congo très complète, comportant en particulier un double grizzly, un élément primaire de 200 cm de largeur, un classeur à courant porteur et un undercurrent, d'une capacité horaire voisine de 10 m³ (de l'ordre de 60 m³ par poste de 8 heures) revient à 50 000 F. En amortissant cette somme en 2 ans, soit pour 36 000 m³ de gravier, nous obtenons un amortissement de 1,39 F par m³ de gravier. L'installation coûte environ 10 000 F. Si nous supposons que la laverie est déplacée après 12 mois, nous devons encore amortir 0,56 F par m³, ce qui nous donne un total de 1,95 F pour l'amortissement. La main-d'œuvre occupée à cette laverie comporte 5 travailleurs. Cette quote-part intervient alors pour 8,33 F par m³. Au total, le prix de revient du traitement d'un m³, amortissements compris, s'élève à 10,28 F arrondis à 11 F.

Lorsqu'on se sert de classeurs à courant porteur, il est indispensable de récolter d'abord, dans un sluice de tête, la majorité de l'or ou de la cassitérite et d'envoyer au classeur seulement les rejets de ce sluice. En négligeant cette précaution, on risque de perdre une proportion très importante de la production dans les refus du classeur.

C'est ainsi qu'au chantier N° 21 terrasse du groupement Isasa (MGL-Congo), un gravier argileux était normalement traité directement par un classeur à courant porteur de 3 m de longueur précédé de 70 m de gouttières. Après avoir installé un second classeur de même longueur 6 m en aval du premier, nous avons récolté dans le premier undercurrent (alimenté par le premier classeur) 653 g d'or et dans le second undercurrent (alimenté par le second classeur) 258 g d'or, soit environ 40 % de la production du premier undercurrent.

Lors d'un autre essai effectué à un chantier de Mufwa (MGL-Congo), un gravier peu argileux était envoyé, à l'aide d'un élévateur hydraulique, directement dans un classeur à courant porteur de 3 m de longueur. En installant un second classeur de 6 m de longueur en aval du premier, le nouvel under-

current a récolté 20 % de la production du premier under-current.

D'un autre côté, un undercurrent installé à Kilunga (MGL-Congo) (*photo 1, in fine*) alimenté par les rejets d'un sluice constitué par l'élément de tête et un élément de queue, a récupéré seulement 4,3 % de la production totale (or). Dans ce cas, des pertes ne sont pas à craindre dans les rejets du classeur à courant porteur (24).

3. LAVERIES MÉCANISÉES

A. Conditions d'emploi

L'unité de base de la section de dégrossissage des laveries mécanisées mobiles ou semi-mobiles est le jig qui, à surface égale, peut traiter un tonnage 10 à 20 fois supérieur à celui d'une table à secousses, tout en coûtant seulement deux fois plus.

L'emploi du jig est justifié par les résultats obtenus en Nigérie [23][24][25] qui ont montré qu'il est possible d'étendre sensiblement le domaine de la récupération du jig vers les fines granulométries, jusqu'à 300 mailles pour la cassitérite, en éliminant les boues et l'eau en excès dans l'alimentation du jig à l'aide d'hydrocyclones. De plus, des expériences de laboratoire ont montré récemment que, dans des conditions optimales, la vitesse de pénétration des particules de densité 7 dans un lit de jig est à peu près constante entre 0,6 et 0,07 mm [11] et ceci constitue une preuve supplémentaire que le jig convient à la récupération de petits grains de cassitérite.

Pour obtenir une récupération élevée, le jig doit travailler dans les conditions suivantes (25):

1. L'alimentation peut être constituée par un gravier non classé, mais après élimination des fractions + 25 ou mieux + 12 mm par un appareil classeur approprié.

(24) Nous n'avons pas cherché à déterminer ces pertes; il faut toutefois faire remarquer qu'un sluice installé en aval du classeur ne récupère pratiquement rien.

(25) Voir aussi la discussion détaillée dans [16].

2. L'élimination des boues et de l'eau en excès se fera dans un hydrocyclone d'un large diamètre (60 à 80 cm), travaillant sous faible pression [5][6][7]. Il est quelquefois avantageux de procéder même à un second cyclonage, pour augmenter la récupération de la cassitérite — 170 mailles [25, p. 61].

3. Tous les facteurs, comme la fréquence et la longueur de la course, la quantité d'eau du sous-bac, la nature et la granulométrie du lit, qui agissent sur la dilatation du lit, influencent également la vitesse de pénétration des grains des minéraux denses et en fin de compte le rendement de récupération du jig.

C'est ainsi qu'il semblerait qu'il existe une fréquence optimum dépendant de l'épaisseur du lit et à laquelle correspond une longueur de course optimum. Quand la fréquence est trop petite, la dilatation est incomplète. Si elle est trop grande, le lit devient trop compact [11]. L'expérience montre que de bons résultats sont obtenus en pratique avec une course de 37 à 50 mm, dans le cas du jig dégrossisseur alimenté par un gravier scalpé, deschlammé et à faible dilution. La fréquence correspondante est voisine de 120 t/min.

Un excès d'eau du sous-bac s'oppose à la pénétration des plus petites particules denses qui sont finalement entraînées dans les rejets [11]. Par contre, lorsque la quantité d'eau du sous-bac est insuffisante, on observe un retard pour une certaine bande granulométrique intermédiaire et des pertes sont à craindre pour ces granulométries [11].

Enfin, le lit sera constitué par un minéral d'une densité inférieure à celui du minéral utile qu'on se propose de récupérer (p. ex. hématite pour cassitérite et columbite). On pourrait même envisager d'employer un lit de grenailles faites dans un ferro-alliage spécial de densité 4,5 à 5 suffisamment dur pour éviter une usure. Non seulement l'emploi de tels lits serait favorable à la récupération des minéraux, mais ceci permettrait d'éviter une immobilisation très importante de cassitérite dans les laveries à jigs, un seul jig 90 × 90 cm, à deux compartiments, demandant environ 300 kg de cassitérite pour le lit.

La granulométrie des particules formant le lit doit lui assurer une porosité suffisante permettant la pénétration des particules

sub-interstitielles. Les lits des jigs dégrossisseurs seront constitués par la granulométrie $-18 + 12$ mm. Ceux des jigs finisseurs seront plus compacts: $-6 + 3$ mm pour la première cellule et $-8 + 6$ mm pour la seconde cellule. Comme la composition et la granulométrie des lits changent au fur et à mesure que la cassitérite se dépose dans le jig, les lits deviennent moins perméables et ils doivent être enlevés périodiquement et remplacés par des lits frais pour ne pas nuire à la bonne récupération.

4. Le jig comportera quatre cellules si la proportion de cassitérite — 100 mailles est importante [25, p. 61]. Autrement, on peut se contenter de deux cellules.

5. Il faut éviter des différences de niveau entre les divers compartiments du jig. Les remous créés à ces endroits font remonter à la surface des grains fins de minéraux denses parvenus déjà près de la surface du lit.

6. On conseille de limiter la capacité à $10 \text{ m}^3/\text{h}$ par mètre de largeur, ce qui, après soustraction du refus du classeur et des schlamms éliminés, correspond à une alimentation réelle de l'ordre de 10 t/h/m à l'entrée du jig. Toutefois, en présence de graviers faciles à faible teneur, ne contenant pas un pourcentage élevé de cassitérite fine, ce chiffre peut être dépassé. D'un autre côté, si les schlamms n'ont été éliminés que partiellement, le débit du jig devrait être réduit pour obtenir une récupération suffisante.

7. Il faut utiliser de l'eau de lavage propre. Une eau contenant beaucoup d'argile en suspension réduit considérablement la vitesse de pénétration des grains des minéraux denses dans le lit du jig.

Rappelons aussi qu'indépendamment des conditions du travail du jig, une récupération élevée ne peut être obtenue que si un débouage suffisant a permis de détruire, en tête du jig, les boulettes d'argile qui peuvent contenir, soit à l'intérieur, soit collées à l'extérieur, des particules des minéraux de valeur. Tant que l'association argile-minéral utile n'est pas détruite, c'est la densité de l'ensemble qui déterminera le comportement de ces mixtes pendant le passage par le jig.

En pratique, un débouillage satisfaisant peut être obtenu en abattant le gravier au monitor. Un certain débouillage se produit également lorsque le gravier traverse une pompe à gravier (26) ou un élévateur hydraulique. Une conduite d'une grande longueur entre la pompe à gravier et la laverie est spécialement favorable au débouillage. Enfin, un trommel travaillant à l'eau sous pression élevée (5 kg/cm^2) peut servir pour certains graviers.

On choisira pour les laveries mobiles ou semi-mobiles un jig léger (modèle $90 \times 90 \text{ cm}$) du type à diaphragme. Ces jigs semblent avoir un rendement de récupération supérieur à celui des bacs à pistons. De plus, leur consommation en eau antisuction est plus faible.

Le finissage se fera soit aussi dans un jig à diaphragme (27), soit dans un jig antisuction du type DENVER. Notons que les pulsator jigs donnent une récupération satisfaisante seulement jusqu'à $0,5-0,4 \text{ mm}$, dans le cas de la cassitérite. Leur emploi est donc à déconseiller en présence d'une proportion importante de cassitérite à $-0,5 \text{ mm}$. Cependant, lorsque les rejets du pulsator jig sont retraités sur une table à secousses, ce jig peut très bien convenir pour la récupération de la cassitérite grosse et moyenne.

Chaque fois que c'est possible, comme dans le cas des laveries d'une certaine importance, les rejets du finissage seront recyclés en tête des jigs dégrossisseurs. Ceci évite des pertes, spécialement lorsque le finissage est surchargé ou lorsque la surveillance devient déficiente.

Lorsque la proportion des valeurs fines augmente, il faut s'adresser à un jig finisseur à quatre compartiments. De plus, au lieu de recycler simplement les décharges des compartiments secondaires de ce jig, il faut les passer au préalable sur une

(26) L'efficacité du débouillage semble dépendre du cube horaire passé par la pompe à gravier. D'après les constatations faites à Kailo (Cobelmin-Congo), le débouillage devient moins bon dès qu'on dépasse $20-25 \text{ m}^3/\text{h}$ (pompe de $8''$).

(27) Il serait intéressant de pouvoir disposer d'un petit jig à diaphragme $45 \times 45 \text{ cm}$, à deux cellules, qui servirait comme finisseur dans le cas de laveries à faible capacité comportant un seul jig dégrossisseur $90 \times 90 \text{ cm}$.

table à secousses ou par une spirale qui permettra de récupérer les fines et évitera la formation d'une charge circulante importante conduisant, en fin de compte, à des pertes.

B. Réalisation pratique

Le classement en tête des laveries peut être effectué à l'aide d'un classeur fixe (grizzly, grille courbe, classeur à courant porteur), d'un trommel ou d'un crible vibrant. Lorsque la laverie est munie d'hydrocyclones, l'appareil classeur peut se trouver en principe soit en tête des hydrocyclones primaires, soit entre les hydrocyclones et les jigs primaires. C'est généralement la première solution qui est adoptée. Toutefois, nous avons vu, en Nigérie, une laverie semi-mobile où la sousverse de l'hydrocyclone était soumise au classement [16]. Evidemment, ceci n'est possible qu'en s'adressant aux hydrocyclones travaillant à faible pression.

Lors de l'exploitation des terrasses ou des éluvions, la hauteur disponible permet généralement d'installer un hydrocyclone. Par contre, dans le cas de l'exploitation des flats, le plus souvent la hauteur de refoulement d'un élévateur hydraulique (environ 9 m) est insuffisante pour alimenter un hydrocyclone travaillant même sous faible pression (3-4 m). Il faut alors se contenter (28) d'éliminer l'eau en excès contenant l'argile en suspension à l'aide d'un classeur à courant porteur ou par une grille courbe suivie d'un spitzkasten.

L'emploi d'une pompe à gravier en vue de l'alimentation des hydrocyclones complique singulièrement l'installation, et sa réalisation est réservée aux laveries déjà d'une certaine importance (supérieure à 20 m³/h).

Suivant le perfectionnement de la laverie, nous pouvons envisager un à trois étages de concentration. Nous obtenons ainsi les schémas de base suivants pour des laveries à capacité de plus en plus élevée:

(28) Dans ce cas, la dilution à l'entrée des jigs primaires est légèrement trop élevée.

Schéma	Caractéristiques
L1	Concentration en un étage
L2	Concentration en deux étages
L3	Concentration en trois étages

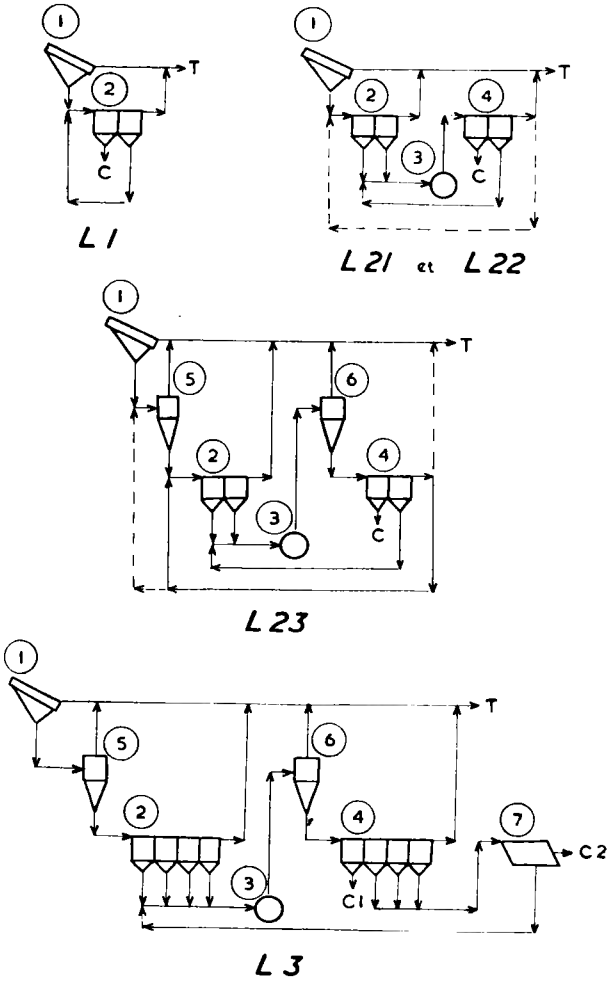


FIG. 3. — Schémas de laveries à jigs.

Nous nous contenterons de décrire ici quelques laveries typiques (figure 3) qui correspondent à ces trois schémas:

Schéma L1

Après élimination des gros, le minerai est traité dans un jig dégrossisseur qui fournit un concentré et un rejet. Les mixtes prélevés dans la seconde huche sont reportés en tête du jig. Le concentré sera à faible teneur et devra subir une concentration supplémentaire (boîte chinoise ou simplement pan).

Nous voyons donc qu'en réalité ce schéma est aussi à deux étages, le finissage étant effectué soit par un procédé manuel, soit dans une autre installation. On pourrait également stocker les concentrés primaires et les repasser par le même jig en fin de la journée. Un petit perfectionnement consisterait à se servir d'un élévateur hydraulique ou d'une pompe à sable pour le recyclage des mixtes de la seconde huche.

Ce schéma ne convient qu'aux petites installations (un seul jig) et encore, seulement si le gravier ne contient pas un pourcentage élevé de fins minéraux de valeur.

Schéma L2

Le schéma L1 a été complété par une section de finissage mécanisée. Les concentrés primaires sont envoyés en tête du jig finisseur à l'aide d'un élévateur hydraulique (schéma L21) ou d'une pompe à sable (L22). Le mixte obtenu dans la seconde huche du jig finisseur est recyclé. Les rejets de celui-ci peuvent être jetés (L21) ou renvoyés en tête du jig dégrossisseur (L22), ce qui est préférable. Enfin, le classement en tête de la laverie peut être fait en se servant d'un appareil de classement fixe (L21) ou d'un crible vibrant (L22).

Beaucoup de laveries de moyenne importance sont conformes à ce schéma qui, cependant, ne peut être employé lorsque le gravier contient un pourcentage élevé de cassitérite fine. Par contre, il convient pour des graviers aurifères contenant même une proportion notable d'or fin.

Le schéma L23 résulte du schéma L22 par l'addition d'hydrocyclones. La pression nécessaire au fonctionnement de l'hydrocyclone primaire est fournie par une différence de niveau (ou

par une pompe à gravier). De préférence, les rejets du jig finisseur seront renvoyés en tête de l'hydrocyclone primaire. Ce schéma doit être employé si le gravier est argileux ou si l'alimentation est à une dilution élevée.

Des variantes du schéma L2 consistent à utiliser une table à secousses à la place du jig finisseur ou à faire passer les rejets du jig finisseur sur une table à secousses ou par une spirale.

Schéma L3

Ce schéma est caractérisé par la séparation des fines, provenant des dernières huches du jig finisseur, à l'aide d'une table à secousses, ce qui constitue un troisième étage de concentration. La table à secousses peut être remplacée par une spirale HUMPHREYS dont l'installation est plus simple, mais qui provoque une perte de hauteur sensiblement plus grande. Les jigs comportent le plus souvent quatre cellules. Cependant, dans certains cas, deux compartiments suffisent aux jigs dégrossisseurs. Les rejets du jig finisseur à quatre cellules sont directement jetés.

Le schéma L3 peut devenir nécessaire si le gravier contient un pourcentage élevé de cassitérite très fine. Sa réalisation est plus difficile et il doit être réservé aux laveries d'une capacité relativement élevée. Dans le cas de l'or, les jigs à deux cellules sont généralement suffisants, sauf pour le jig finisseur qui doit avoir quatre cellules.

Le *tableau III* montre les caractéristiques des appareils nécessaires pour la réalisation pratique des laveries mobiles ou semi-mobiles conformément à ces schémas. Ce tableau donne également la capacité, qui dépend cependant sensiblement de la composition du gravier traité, la puissance installée et la source d'énergie préconisée (en supposant que l'électricité n'est pas disponible). Malgré le coût plus élevé, il est souhaitable d'employer des groupes électrogènes à partir des laveries du type L22.

TABLEAU III. — Réalisation pratique des laveries pour graviers alluvionnaires.

Schéma	L1	L21	L22	L23	L3
Capacité nominale en m ³ /h (29)	5	10	10	25	25
Classeur (1) (30)	GF	GC	TV 3'×6'	GC	TV 4'×8'
Jig dégrossisseur (2)	<i>1 36''</i> (31)	<i>1 36''</i>	<i>2 36''</i>	<i>3 36''</i>	<i>3 36''</i>
Élévateur ou pompe (3)	—	EH	P 2''	P 3''	P 5''
Jig finisseur (4)	—	<i>1 36''</i>	<i>1 36''</i>	<i>1 36''</i>	<i>1 36''</i>
Hydrocyclone (5)	—	—	—	H32''	H32''
Hydrocyclone (6)	—	—	—	<i>1 H10''</i>	<i>2 H10''</i>
Table à secousses (7)	—	—	—	—	TS
Puissance installée en ch	3	9	15	17	42
Energie consommée en ch h/m ³	0,53	0,80	1,33	0,64	1,60
Source énergie	M3	M10	GE20	GE25	GE50
Main-d'œuvre	3	2	2	2	3
EH : Elévateur hydraulique		M : Moteur Diesel			
GC : Grille courbe		P : Pompe			
GE : Groupe électrogène		TS : Table à secousses			
GF : Grizzly fixe		TV : Tamis vibrant			
H : Hydrocyclone					

C. Coût des laveries et prix de revient du traitement

En nous basant sur les prix de revient en notre possession, le coût des laveries décrites précédemment s'établit comme suit (32):

(29) La capacité réelle est à peu près égale à 6/8 de la capacité nominale.
 (30) Les chiffres de la 1^{re} colonne se rapportent à la numérotation des appareils dans la *figure 3*.

(31) Les chiffres en italique indiquent le nombre d'appareils installés.

(32) Ces prix de revient se rapportent au matériel d'origine (à l'exception des hydrocyclones) rendu dans la Province du Kivu Central.

TABLEAU IV. — Coût des laveries pour graviers alluvionnaires (en F)

Schéma laverie	Machines et accessoires	Force motrice (33)	Prépar. terrain, montage, déplacement	Total
L1	210 000	33 000	13 000	266 000
L21	624 000	52 000	33 000	709 000
L22	780 000	123 000	45 000	948 000
L23	913 000	170 000	58 000	1 141 000
L3	2 072 000	380 000	117 000	2 569 000

Le *tableau V* montre les détails du calcul du prix de revient du traitement par poste de 8 heures (34). Nous avons admis, pour les appareils, les moteurs et les alternateurs, un amortissement en 20 000 h. Ce chiffre peut paraître élevé si la laverie travaille à un seul poste. Il devient toutefois normal dès qu'on envisage le travail à deux et surtout à trois postes (35).

TABLEAU V. — Prix de revient du traitement par poste de 8 heures (en F)

Quote-part	L1	L21	L22	L23	L3
M.O.	300	200	200	200	300
Force motrice (36)	94	188	339	392	895
Outillage, matériel, matières	130	234	260	455	585
Entretien, réparations	80	130	180	260	390
Divers	44	63	68	108	130
Total frais directs	618	815	1 047	1 415	2 300
Amortissement laverie (37)	84	250	312	365	828
Amortissement force motrice (37)	13	21	49	68	152
Amortissement installation (38)	87	110	150	194	390
TOTAL	802	1 196	1 558	2 042	3 670

(33) En réalité, il faut prévoir en plus un moteur de rechange pour ne pas arrêter les exploitations en cas d'une panne importante ou pendant la révision du moteur.

(34) Pour faciliter la comparaison, nous supposons que l'eau nécessaire au fonctionnement des divers appareils, et sous la pression requise, est disponible.

(35) Dans le cas des laveries mécanisées demandant d'importantes immobilisations de capitaux, il est souhaitable de travailler à deux et même à trois postes.

(36) Combustible, fournitures, entretien.

(37) En 20 000 heures.

(38) En 6 mois (1 200 heures) pour la laverie L11 et en 12 mois (2 400 heures) pour les autres laveries.

Il en résulte le prix de revient suivant pour le traitement d'un mètre-cube, sans et avec amortissements:

TABLEAU VI. — Prix de revient du traitement d'un m³ (en F)

Schéma laverie	Frais directs	Amortissem. laverie. force motrice	Amortissem. installation	Total	Q.P. force motrice
L1	20,60	3,23	2,90	26,73	3,56
L21	13,60	4,52	1,83	19,95	3,48
L22	17,45	6,03	2,50	25,98	6,30
L23	9,44	2,89	1,29	13,62	3,07
L3	15,35	6,54	2,60	24,47	6,98

Comparons ces prix de revient avec ceux d'une laverie à sluice. Nous avons calculé précédemment le prix de revient du traitement d'un mètre-cube à environ 10 F. La différence varie donc, suivant le schéma de la laverie (en excluant L1), de 3,62 (L23) à 15,98 F (L22). Elle correspond à une récupération supplémentaire de 0,06 à 0,25 g d'or (39) ou 0,05 à 0,21 kg de cassitérite (39) par mètre-cube traité. Cette quantité est relativement faible et il existe des gisements, comme nous l'avons vu aux pages 23 et 24, où cette récupération supplémentaire sera facilement obtenue. Comme contre-partie, il faut citer l'importance du capital investi et l'entretien plus compliqué des laveries à jigs. Ces deux points peuvent prendre une importance tellement grande, dans certaines circonstances, qu'une laverie à sluice sera adoptée, même si la récupération escomptée est plus faible.

Le *tableau VI* donne également la quote-part de la force motrice (frais directs et amortissement) pour permettre de recalculer le prix de revient du traitement, si l'énergie électrique est disponible. Dans tous les cas, nous avons admis que l'énergie consommée (voir *tableau III*) est voisine des deux tiers de la puissance installée.

(39) Nous avons admis respectivement 65 et 78 F pour la valeur carreau mine d'un gramme d'or et d'un kilo de cassitérite.

D. Exemples de laveries

Des laveries des types L1 et L21, montées soit sur chariot, soit sur châssis fixe, ont été réalisées aux Secteurs Lulingu et Kailo par Cobelmin-Congo.

Une laverie constituée simplement par un jig à diaphragme 90×90 cm a été employée avec succès pour le retraitement des anciens rejets d'ateliers d'épuration, bien que nous soyons persuadés que les résultats auraient été sensiblement meilleurs si on s'était adressé à une laverie du type L2, spécialement avec finissage sur une table à secousses.

Cobelmin-Congo emploie aussi des laveries du type L1 comme section de finissage des laveries à sluice (p. ex. au Secteur Kailo). Les concentrés déposés dans la partie amont des under-currents sont enlevés continuellement à la pelle et traités dans le jig. Le clean-up du reste des éléments à riffles est effectué une fois par jour et les concentrés prélevés sont également passés par le jig.

La *photo 2, in fine*, montre une laverie conforme au schéma L21, installée au Secteur Lulingu et alimentée par deux élévateurs hydrauliques. Les fractions $+12$ mm sont éliminées à l'aide de deux grilles courbes. Quatre spitzkasten placés en parallèle servent à l'élimination de l'eau en excès contenant les schlamms en suspension. Le gravier -12 mm arrive dans quatre jigs dégrossisseurs. Un élévateur hydraulique envoie les concentrés primaires dans le jig finisseur dont les tailings sont jetés. La capacité de cette laverie est voisine de $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

A la laverie mobile de Rutombo (Rwanda), d'une capacité voisine de $10-12 \text{ m}^3/\text{h}$, appartenant à Georuanda, le gravier était traité dans des bacs à pistons, mais après classement en $-38 + 15$ et -15 mm. Le concentré primaire passait ensuite sur une table à secousses dont les rejets étaient évacués. Il s'agit d'un schéma se rapprochant des laveries du type L21.

Une laverie du type L22, montée sur deux chariots séparés (*photo 4, in fine*), a été construite par Symétain. Après classement à -12 mm, à l'aide d'un grizzly fixe et d'un tamis vibrant $3' \times 6'$, le gravier arrive dans deux jigs PAN AMERICAN $42'' \times 42''$ placés en parallèle. Le concentré primaire est envoyé, par l'inter-

médiaire d'une pompe SRL 2" × 2", dans un DENVER Duplex jig 16" × 24" qui sert de finisseur. Les rejets du grizzly fixe et du tamis vibrant sont évacués à l'aide d'un petit transporteur. La puissance installée s'élève à 22 ch. La capacité nominale de cette laverie, qui est destinée à l'exploitation de grands flats, avec alimentation par un transporteur à courroie, s'élève à 20 m³/h.

Bien que les laveries ordinaires Symétain doivent être considérées plutôt comme des installations fixes, il est utile de rappeler ici leur schéma. Normalement, ces laveries sont du type L22 avec élimination des fractions + 12 mm à l'aide de tamis vibrants. Le gravier -12 mm est concentré dans des jigs primaires (bacs à pistons ou jigs à diaphragme). Une pompe à sable envoie le concentré dans un jig finisseur (pulsator jig ou DENVER jig) suivi d'une table à secousses dont les rejets sont recyclés en tête des jigs dégrossisseurs. Ce schéma, bien qu'à deux étages seulement, permet de récolter la fine cassitérite et évite la formation d'une charge circulante importante.

Une laverie du type L23 fonctionnait au chantier B49 à Mususa (Secteur Kailo). Une pompe de 8", précédée d'un grizzly fixe de 25 mm, envoyait le gravier dans un hydrocyclone cylindrique de 75 cm de diamètre fonctionnant à une pression voisine de 0,4 kg/cm². La sousverse était traitée dans trois jigs 90 × 90 cm, à deux cellules. Un élévateur hydraulique envoyait les concentrés primaires, par l'intermédiaire d'un hydrocyclone cylindrique de 30 cm, dans le jig finisseur 90 × 90 cm. Tandis que la première huche fournissait le concentré définitif, la seconde huche était recyclée par l'élévateur et les rejets du jig finisseur retournaient en tête des jigs dégrossisseurs.

Nous avons vu, en Nigérie, une laverie semi-mobile du type L23 appartenant à la Bisichi Tin Co. Ltd. [5][16]. Le gravier -75 mm était deschlammé dans un hydrocyclone de 32" alimenté par une pompe à gravier de 8" et travaillant sous faible pression (*photo 3, in fine*). Après classement à -5 mm, à l'aide d'un tamis vibrant HUMMER 4' × 6', la sousverse était pompée dans deux jigs JUBA 42" × 42" placés en parallèle (*photo 5, in fine*). Le concentré des quatre huches était simplement traité sur une table HOLMAN.

Enfin, à Kailo (chantier 3 Mususa), Cobelmin-Congo a expérimenté une laverie du type L3. Après élimination d'une faible proportion de galets + 25 mm, le gravier était envoyé, à l'aide d'une pompe à gravier 8", dans un hydrocyclone de 75 cm, travaillant sous une pression voisine de 0,5 kg/cm² (*photo 6, in fine*). La sousverse, après passage dans un grizzly fixe éliminant les fractions + 18 mm, était traitée dans quatre jigs dégrossisseurs 90 × 90 cm. Un élévateur hydraulique envoyait les concentrés primaires dans un hydrocyclone cylindrique de 30 cm dont la sousverse passait dans un jig finisseur 90 × 90 cm à quatre compartiments. Les concentrés des trois dernières huches étaient encore traités dans deux spirales HUMPHREYS placées en parallèle.

II. CONCENTRATION DES MINÉRAIS PRIMAIRES

1. DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MINÉRAL UTILE

Nous avons déjà indiqué précédemment que les laveries mobiles peuvent servir comme unités d'échantillonnage permettant de déterminer la teneur et les extensions d'un gisement, tout en assurant en même temps une production. On peut donc installer une laverie de faible capacité rien qu'en se basant sur la minéralisation rencontrée en surface. Suivant les résultats obtenus, l'essai d'exploitation sera poursuivi ou abandonné après quelque temps. Cependant, avant l'installation d'une laverie même d'une capacité réduite qui, comme nous le verrons dans la suite, conduit déjà à des immobilisations importantes, il faut obtenir au préalable des indications suffisantes sur la minéralisation présente.

A. Poids des échantillons à prélever

Les échantillons seront prélevés par les procédés classiques, c.-à-d. soit par sondages permettant d'obtenir une carotte, soit par forages de longs trous, soit par saignées lorsque le gisement a été rendu accessible en profondeur par des galeries (1).

Il est évident que lorsque l'échantillon a été prélevé par sondage ou par forage de longs trous, son poids est limité. C'est pourquoi, l'évaluation de gisements par ces deux méthodes doit être basée sur un très grand nombre d'échantillons permettant alors de calculer la teneur moyenne avec une précision suffisante.

Lorsque l'échantillon peut être obtenu par saignées, le poids à prélever ne dépend pas seulement des paramètres cités à la page 9, mais, de plus, de l'hétérogénéité du gisement. C'est

(1) Voir p. ex. [19, p. 38-42].

pourquoi les formules indiquées précédemment, basées sur une homogénéité parfaite du lot à échantillonner, ne donnent qu'un poids minimum qui doit être dépassé largement dans le cas de minerais filoniens, où le degré d'hétérogénéité n'est pas connu, et il est difficile de donner des règles à ce sujet. Dans le cas de filons de cassitérite, le Service géologique prélève un échantillon de 800 kg par mètre de puissance.

B. Détermination de la teneur

Dans le cas de minerais primaires, il est indispensable de déterminer la teneur en minéral utile total par voie chimique. C'est d'ailleurs la seule teneur qui peut être obtenue pour les échantillons de faible poids prélevés par sondage ou par forage de longs trous (2). On s'adressera au dosage iodométrique pour l'étain.

Toutefois, il ne suffit pas de connaître la teneur chimique en étain du minéral en question; il faut déterminer en plus sa teneur en minéral récupérable (3). En effet, les laveries mobiles ou semi-mobiles ont nécessairement un flow-sheet simple ne permettant pas d'appliquer à ce minéral toutes les méthodes qui, à priori, sont à notre disposition pour son traitement. C'est ainsi que nous devons nous contenter de la concentration gravimétrique après un concassage relativement grossier.

La *figure 4* montre la variation du rendement de récupération en fonction de la finesse de concassage pour deux minerais stannifères: un greisen à teneur élevée en cassitérite permettant de réaliser une récupération élevée et un quartz ferrugineux à teneur moyenne donnant une récupération médiocre, même en réalisant un concassage très fin. Ces deux exemples montrent bien que la teneur chimique seule est incapable de donner des renseignements suffisants quant à l'exploitabilité économique

(2) Il est cependant possible de réunir les restes des divers échantillons et de les soumettre à certains essais en vue d'obtenir des renseignements sur la teneur en minéral utile récupérable.

(3) Voir [17, p. 6, 7] pour la définition des teneurs en minéral de valeur récupérable et en minéral de valeur total.

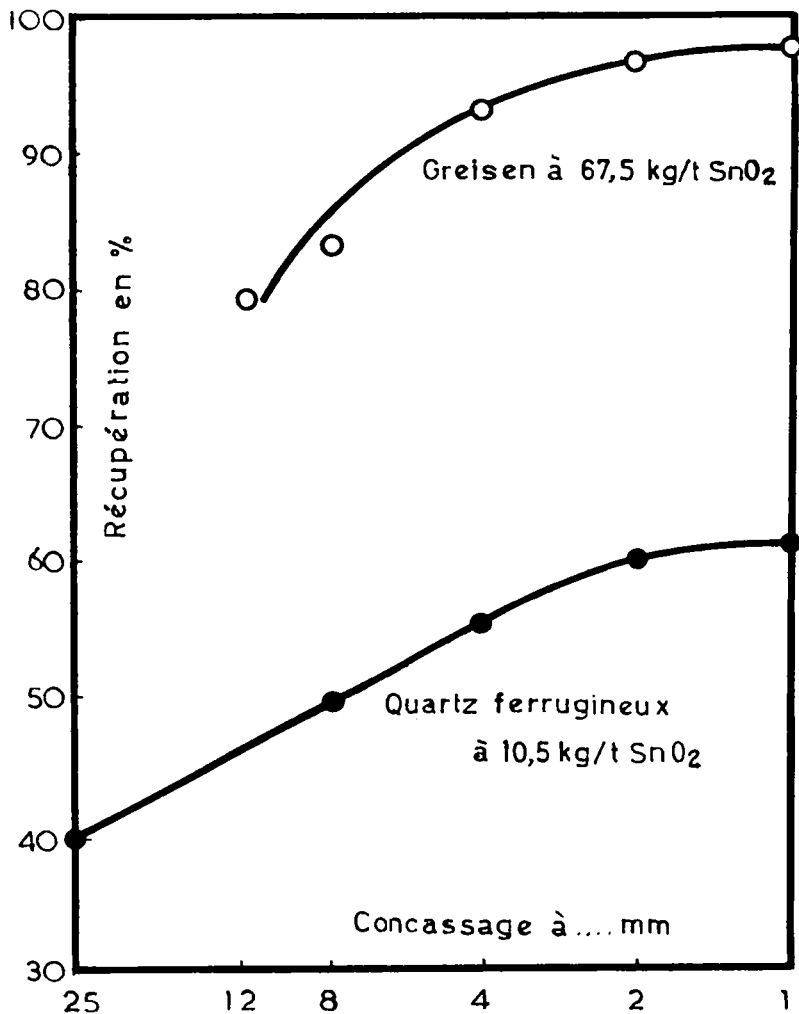


FIG. 4. — Variation du rendement de récupération en fonction de la finesse de concassage des minerais stannifères.

du minerai. Notons encore que, dans le cas des gisements stannifères ou wolframifères que nous connaissons, une finesse de concassage de 25 à 8 mm qui, comme nous le verrons plus loin, peut être réalisée dans les laveries mobiles, permet de libérer entre 50 et 70 % de la teneur en minéral utile total.

Comme les méthodes de concentration employées dans les laveries pour le traitement des minerais stannifères sont basées sur des procédés gravimétriques, il faut employer les mêmes procédés pour la détermination au laboratoire de la teneur en cassitérite récupérable.

L'échantillon sera donc soumis au traitement dans un jig ou sur une table à secousses. Un jig 8" × 12", à deux cellules, avec un lit de grenailles (4), servira pour les échantillons concassés jusqu'à -4 mm. On s'adressera à une table à secousses pour les échantillons broyés à -2 mm. Les concentrés récoltés subiront un léger finissage par pannage ou jiggage manuel pour les fractions + 2 mm et sur une table à secousses pour les fractions -2 mm. Le concentré final sera analysé par voie chimique. Les rejets du traitement seront échantillonnés avec une échantillonneuse automatique et analysés pour connaître le rendement de récupération réalisé.

A Symétain (à Kalima et à Punia), les échantillons filoniens, pesant de 1 à 5 tonnes, sont traités comme suit:

a. Concassage à -5 mm à l'aide d'un granulateur 220 × 220 et d'un broyeur à rouleaux 460 × 200, en circuit fermé avec un tamis vibrant 60 × 120 cm;

b. Concentration des fractions + 2 mm dans un pulsator jig 12" × 12" et des fractions -2 mm sur une table à secousses.

Pour réduire les frais de transport, certains échantillons sont concassés à -25 mm sur place. Après mélange, on prélève un échantillon de 100 kg en se servant d'un diviseur JONES. C'est cet échantillon qui est finalement envoyé au laboratoire.

A Minétain (Katumba), une unité d'échantillonnage traite des échantillons primaires pouvant atteindre même plusieurs dizaines de tonnes. Le minerai est d'abord concassé à l'aide d'un broyeur à percussion HAZEMAG SAP0. Un tamis vibrant 1 200 × 1 800 sépare ensuite le minerai concassé en deux fractions: la fraction + 10 mm est mise de côté pour analyse, la fraction -10 mm est traitée dans un bac à piston 500 × 800,

(4) De préférence en alliage spécial de densité 4,5 à 5.

à deux cellules, muni d'un lit de grenailles. Le concentré récolté sur la grille est épuré par jiggage à la main, tandis que les concentrés des huches arrivent sur une table à secousses.

2. LAVERIES GRAVIMÉTRIQUES POUR MINERAIS STANNIFÈRES

A. Réalisation pratique

Les laveries pour le traitement des minerais stannifères primaires comportent une section de fragmentation et une section de concentration par gravimétrie. Comme il s'agit d'unités mobiles ou semi-mobiles, leur capacité horaire est relativement faible. Nécessairement, le concassage doit être limité généralement à environ 18 mm avec un minimum de 8 mm qu'il est difficile de dépasser dans ces installations. Ce résultat peut être atteint normalement en un ou deux étages de concassage, en travaillant en circuit fermé avec un tamis vibrant, pour arriver au diamètre de 8 mm. Cette finesse de concassage permet de libérer généralement 50 à 70 % de la cassitérite totale. Pour réaliser une libération sensiblement plus élevée, il faudrait broyer le minerai beaucoup plus finement, avec concentration du minéral utile après chaque étage de fragmentation, pour éviter la formation d'un pourcentage excessif des fines difficilement récupérables. Il est évident que ce schéma compliqué ne peut être envisagé pour les laveries mobiles ou semi-mobiles de capacité restreinte.

Une grande simplification de la section de fragmentation peut être obtenue par l'emploi d'un broyeur à percussion. Il permet de réaliser un rapport de réduction très élevé et possède une capacité horaire importante par rapport à son poids. Toutefois, il ne convient pas aux minerais durs pour lesquels il conduit à un prix de revient prohibitif.

La section de concentration sera basée principalement sur l'emploi de jigs. Le sluice peut servir comme pis-aller, dans le cas de laveries de très faible capacité (0,5 à maximum 2 t/h). Le minerai concassé, anguleux, se prête mal à la concentration par sluicing, les mixtes étant perdus en majeure partie. Il en résulte que le rendement de récupération d'un jig est nettement

supérieur à celui d'un sluice. C'est ainsi qu'à Masingu (MGL-Congo) un minerai concassé à -10 mm a été traité en partie par un sluice et en partie par un jig. Tandis que le sluice a donné un rendement de récupération de 81 %, le jig a permis d'obtenir une récupération de 93 %.

Précédemment, les différentes catégories granulométriques étaient traitées séparément dans des jigs, sur des tables à secousses, etc. La tendance actuelle est de supprimer ce classement et de traiter l'ensemble dans un jig dégrossisseur, surtout si le concassage a été fait à -12 ou même à -18 mm. Des mixtes relativement pauvres, jusqu'à une densité voisine de 3, peuvent être retenus par un jig. Cependant, il faut prévoir de plus un broyage supplémentaire de ces mixtes pour libérer le minéral de valeur. Autrement, les schémas de ces laveries seront semblables à ceux discutés précédemment.

Suivant que le concassage est effectué en un étage ou en deux étages, nous pouvons envisager les schémas ci-dessous pour la section de fragmentation:

<u>Schéma</u>	<u>Caractéristiques</u>
C11	Concassage en un étage, en circuit ouvert, sans criblage;
C12	Concassage en un étage, en circuit ouvert, avec criblage préliminaire au concassage;
C13	Concassage en un étage, en circuit fermé, avec criblage préliminaire au concassage;
C14	Concassage en un étage, en circuit fermé, avec criblage postérieur au concassage;
C21	Concassage en deux étages, en circuit ouvert;
C22	Concassage en deux étages, en circuit fermé pour le second étage.

Le broyage supplémentaire des mixtes peut être fait manuellement, lorsque leur quantité est peu importante, ou à l'aide d'un appareil spécial (5).

(5) Nous désignerons ces schémas par l'adjonction de la lettre M.

Les schémas C11, C13 et C14 conviennent seulement dans le cas de l'utilisation d'un broyeur à percussion.

Pour la réalisation des schémas C12, C21 et C22, on aura recours à un granulateur pour le premier étage. Les morceaux de minerai trop grands pour le granulateur seront concassés au préalable à la masse. Le second étage comportera un granulateur ou un broyeur à rouleaux. Un appareil du dernier type servira également pour le broyage des mixtes.

Quant aux schémas de la section de concentration, ils seront identiques aux schémas établis précédemment pour les laveries traitant les minerais alluvionnaires et éluvionnaires. Le classeur en tête sera supprimé. Chaque fois, si c'est possible, les jigs auront quatre compartiments pour récupérer au maximum même les mixtes pauvres. Enfin, la présence des hydrocyclones est justifiée seulement si le minerai est argileux ou si la dilution à l'entrée de la section de concentration est trop élevée.

Les deux sections de la laverie doivent être équilibrées: plus la section de fragmentation est complète, plus la section de concentration doit être perfectionnée et vice versa. Toutefois, les perfectionnements apportés sont fonction de la capacité de la laverie (et, dans une certaine mesure, de la teneur du gisement) et nous obtenons ainsi les types de laveries suivants où les schémas des deux sections sont équilibrés:

- a. Laveries d'une capacité inférieure à 2 t/h.
Schémas C12L1, C12L21.
- b. Laveries d'une capacité de 2 à 5 t/h.
Schémas C11L21, C12L21, C21L2, C21L2M.
- c. Laveries d'une capacité de 5 t/h (6).
Schémas C21L2M, C21L3M, C22L2M, C22L3M.
- d. Laveries d'une capacité supérieure à 5 t/h.
Schémas C11L2M, C13L2M, C13L3M, C14L2M, C14L3M.

(6) Les deux modèles des broyeurs HAZEMAG, SAPO et SAPI, ont une capacité horaire respectivement de 2-3 et 15-20 t. Il n'existe pas de modèle intermédiaire correspondant à une capacité de l'ordre de 5 t.

TABLEAU VII. — Réalisation pratique des laveries pour minerais stannifères primaires

Schéma	C12L0 (7)	C12L1	C21L21	C22L22M	C11L22	C13L3M
Capacité en t/h	0,5	2	5	5	15	15
Concassage à	25 mm	25 mm	18 mm	8 mm	20 mm	12 mm
Crible primaire	GF	GF	GF	GF	—	TV 4'×8'
Concasseur primaire	G 5"×6"	G 8"×10"	G 9"×16"	G 9"×16"	H 1	H 1
Crible secondaire	—	—	TV 2'×4'	TV 2'×4'	—	—
Concasseur secondaire	—	—	G 9"×16"	R 25"×14"	—	—
Broyeur pour mixtes	—	—	—	R 16"×10"	—	R 16"×10"
Dégrossissage	S	<i>1 J26" (8)</i>	<i>1 J36"</i>	<i>1 J36"</i>	<i>2 J36"</i>	<i>2 J36" (9)</i>
Finition	—	—	<i>1 J18"</i>	<i>1 J18"</i>	<i>1 J36"</i>	<i>1 J36" (9); TS</i>
Puissance installée en ch	5	12	46	65	37	67
Energie consommée en ch h/t	6,00	4,50	6,80	9,20	1,52	2,80
Source énergie	M 5	M 12	GE 50	GE 70	GE 40	GE 80
Main-d'œuvre	3	4	4	3	4	4

G : Granulateur GF : Grizzly fixe J : Jig R : Broyeur à rouleaux TS : Table à secousses
 GE : Groupe électrogène H1 : Hazemag SAP1 M : Moteur Diesel S : Sluice TV : Tamis vibrant

(7) L0 désigne un sluice (dans ce cas de 30 cm de largeur).
 (8) Les chiffres en italique indiquent le nombre de jigs en parallèle.
 (9) A quatre cellules.

Les caractéristiques des appareils préconisés pour quelques laveries typiques sont réunis dans le *tableau VII*.

La capacité indiquée dépend évidemment de la nature et de la dureté du minerai primaire concassé. Normalement, en employant des concasseurs classiques, la capacité ne peut pas dépasser 5 t/h pour ne pas compliquer les déplacements de la laverie par des appareils trop lourds. Ce n'est qu'en s'adressant aux broyeurs à percussion, pour le traitement de certains minerais relativement tendres (p. ex. pegmatites plus ou moins décomposées), qu'il est possible de dépasser ce chiffre et d'atteindre même 15 t/h avec une section de fragmentation très simple.

Pour favoriser la récupération des mixtes, les jigs doivent travailler à une capacité réduite, sans dépasser 7-8 t/h par mètre de largeur. Les mixtes récoltés au-dessus de la grille seront broyés mécaniquement ou simplement à la main, dans les installations à faible capacité, et ajoutés en tête du jig finisseur.

B. *Coût des laveries et prix de revient du traitement*

Le *tableau VIII* donne le coût des laveries décrites au *tableau VII*.

Les détails du prix de revient du traitement par poste de 8 heures, sans et avec amortissements, en supposant que la laverie travaille à un seul poste par jour, résultent du *tableau IX*. Enfin, le prix de revient du traitement d'une tonne est indiqué dans le *tableau X*.

Si nous excluons la laverie de 0,5 t/h, nous constatons que le prix de revient du traitement, amortissements compris, des laveries d'une capacité de 2 à 5 t/h comprenant des concasseurs classiques, varie de 90 à 119 F, ce qui correspond à une teneur de 1,2 à 1,5 kg/t de cassitérite. Ce dernier chiffre s'applique déjà à une installation assez perfectionnée, avec broyage à -8 mm. Les laveries, où la fragmentation est faite à l'aide d'un broyeur à percussion, conduisent à un prix de revient particulièrement faible, de 27 à 46 F, soit de 0,350 à 0,590 kg/t. Mais, insistons encore sur le fait que ces broyeurs ne peuvent pas être

employés dans tous les cas et que l'usure des battoirs deviendrait prohibitive pour un minerai abrasif.

TABLEAU VIII. — Coût des laveries pour minerais stannifères primaires (en F)

Schéma laverie	Capacité en t/h	Machines et accessoires	Force motrice	Prépar. terrain, déplacement, montage	Total
C12LO	0,5	102 000	40 000	6 000	148 000
C12L1	2	419 000	60 000	25 000	504 000
C21L21	5	1 257 000	420 000	60 000	1 737 000
C22L22M	5	2 251 000	535 000	100 000	2 886 000
C11L22	15	890 000	250 000	60 000	1 200 000
C13L3M	15	2 533 000	535 000	150 000	3 218 000

TABLEAU IX. — Prix de revient du traitement par poste de 8 heures (en F)

Quote-part	C12LO	C12L1	C21L21	C22L22M	C11L22	C13L3M
M.O.	300	400	400	500	400	400
Force motrice (10)	124	295	1 008	1 340	702	1 205
Outillage, matériel, matières	180	290	625	730	750	1 000
Entretien, réparation	80	220	310	365	390	485
Divers	50	165	195	260	175	175
Total frais directs	734	1 368	2 538	2 995	2 367	3 265
Amortissement laverie (11)	41	168	502	900	356	1 012
Amortissement force motrice (11)	16	24	168	214	100	214
Amortissement installation (12)	40	166	400	666	400	1 000
TOTAL	831	1 726	3 608	4 775	3 223	5 491

(10) Combustible, fournitures, entretien.

(11) En 20 000 heures.

(12) En 6 mois (1 200 heures) pour tenir compte qu'il s'agit de gisements primaires de faible tonnage.

En remplaçant le sluice (L0) par un simple jig (L1), le prix de revient du traitement augmente de 60 F (13), pour une laverie de 0,5 t/h, et de 23 F, pour une laverie de 2 t/h. Cette différence correspond à respectivement 0,8 et 0,3 kg/t de cassitérite. Comme, surtout dans le premier cas, le minerai envoyé à la laverie doit avoir une teneur élevée, pour que l'exploitation soit rentable, on arrive à la conclusion que le remplacement du sluice par un jig est généralement justifié au point de vue économique.

TABLEAU X. — Prix de revient du traitement d'une tonne (en F)

Schéma laverie	Frais directs	Amortissem. laverie, force motrice	Amortissem. déplacement etc.	Total	Q.P. force motrice
C12LO	183,50	14,28	10,00	207,78	35,00
C12L1	85,40	12,00	10,38	107,78	19,80
C21L21	63,40	16,78	10,00	90,18	29,35
C22L22M	75,00	27,80	16,66	119,46	38,80
C11L22	19,75	3,80	3,33	26,88	6,69
C13L3M	27,20	10,22	8,34	45,76	11,85

La quote-part de la force motrice varie de 17 à 33 % du total du prix de revient. Ces chiffres sont relativement élevés et montrent que le coût du traitement serait abaissé sensiblement, si l'énergie électrique à bon marché était disponible.

C. Exemples de laveries

Une laverie extrêmement simple du type C11L21 a été réalisée à Katumba (Rwanda) par Minétain pour le traitement de pegmatites stannifères assez dures. L'installation comprend un grizzly fixe de 12 cm, une trémie, un broyeur à percussion HAZEMAG SAP1 actionné par un moteur Diesel de 25 ch, un PAN AMERICAN Placer jig 42" × 42" avec moteur électrique de 2 ch, et un PAN AMERICAN Pulsator jig 12" × 12".

(13) Ce chiffre élevé est dû principalement à la main-d'œuvre plus nombreuse (4 travailleurs contre 3 à la laverie C12L0).

Le refus du grizzly est concassé à la masse. Le broyeur HAZEMAG travaille à 750 t/min et fournit un produit concassé à environ -25 mm. De l'eau est ajoutée en tête du broyeur. Les concentrés des deux huches, soutirés d'une façon continue, sont traités dans le pulsator jig suivi encore d'un sluice de garde.

L'usure nette des battoirs (14) s'élève à 170 g à la tonne de minerai traité. Toutefois, l'usure brute est beaucoup plus élevée. C'est ainsi que le traitement de 1 300 t de pegmatites a demandé 8 jeux de 4 battoirs.

Notons qu'en 1958, le prix de revient du traitement d'une tonne s'élevait à 24 F, dont 8,80 F pour les amortissements (15).

A Misoke (Secteur Moga), Cobelmin-Congo exploite des filonnets de quartz, contenant de la wolframite et de la cassitérite, à l'aide d'une laverie mobile du type C22L1 (*photo 7, in fine*). La section de concassage comporte une trémie de 1 m³, un granulateur 220 × 430, un tamis vibrant 600 × 1 400, un broyeur à rouleaux 650 × 350 travaillant en circuit fermé, et deux transporteurs à courroie. La force motrice est fournie par deux moteurs de 33 ch. Bien que la section de concentration de cette laverie soit incomplète (un seul jig 90 × 90 cm), le rendement de récupération de cette laverie a été trouvé excellent.

Deux laveries pour le traitement d'un minerai filonien à cassitérite fonctionnaient en 1955/56 à Kapanga. Elles correspondaient à peu près au schéma C21L21M. Le concassage était effectué à 8-10 mm, en se servant d'un granulateur 10'' × 16'' et d'un broyeur à cylindres 420 × 420 précédé d'un tamis vibrant 3' × 6'. Un bac à piston à 4 compartiments (16) servait pour la concentration. Les concentrés des huches passaient dans un jig antisuccion 400 × 800, à deux cellules, et sur une table à secousses, à la laverie I, et simplement dans un jig antisuccion, à la laverie II. Les mixtes récoltés au-dessus de la grille

(14) Il s'agit de battoirs de fabrication locale usinés à partir de rails de 22 kg.

(15) Prix de revient 1958 multiplié par 1,3.

(16) Nous pensons qu'un jig à diaphragme aurait mieux convenu pour ce travail.

du jig dégrossisseur étaient broyés dans un petit broyeur giratoire. La capacité horaire de ces laveries variait de 4 à 5 t.

Pour une alimentation en 11,3 kg/t en SnO_2 total, le rendement de récupération était voisin de 60 %. Les pertes relativement élevées étaient dues à la présence de la cassitérite fine associée à la limonite. La récupération de cette cassitérite aurait exigé un broyage très fin, mais ceci n'était pas réalisable dans le cas d'une laverie semi-mobile de cette capacité.

La puissance installée était de 49 ch à la laverie I et de 37 ch à la laverie II. Elle était fournie par des groupes électrogènes.

Une laverie du type C21L23, réalisée par Cobelmin-Congo près de Kampene, demande une mention spéciale. Elle traite un bed-rock fortement décomposé contenant des filonnets de quartz minéralisés en cassitérite. Le minerai est amené à la laverie par un courant d'eau. Une grille courbe placée en tête du concasseur secondaire envoie les fractions -12 mm dans un hydrocyclone cylindrique de 56 cm de diamètre travaillant sous une pression statique de $0,45$ kg/cm². Enfin, le minerai concassé à environ 25 mm et l'underflow de l'hydrocyclone arrivent dans deux jigs primaires 90×90 cm, à 4 compartiments. Les mixtes sont rebroyés dans un broyeur à rouleaux et arrivent en même temps que les concentrés primaires des huches dans un jig finisseur 90×90 cm, également à 4 compartiments. Les concentrés des 3 dernières huches sont recyclés à l'aide d'un élévateur à godets. Dans ce cas, la proportion élevée de schlamms dans l'alimentation et leur élimination en tête de la laverie permet d'obtenir une capacité horaire de l'ordre de 20 t.

Il est utile d'indiquer ici le schéma de la laverie de Mokama (Secteur Kailo) de Cobelmin-Congo, bien que cette laverie ne soit pas mobile. Le concassage est effectué d'abord en deux étages en se servant d'un granulateur et d'un broyeur à rouleaux. Le minerai concassé passe ensuite dans un jig dégrossisseur comportant quatre cellules dont les rejets sont séparés, à l'aide d'un classeur, en $+8$ mm et en -8 mm. Tandis que la fraction -8 mm est jetée, le refus du classeur retourne, en passant par un broyeur à rouleaux qui constitue un 3^{ème} étage de concassage, en tête du jig dégrossisseur. Le finissage est fait dans un jig

à deux cellules dont les rejets retournent au jig dégrossisseur. Malgré que l'installation réalisée à Mokama soit très encombrante et peu pratique, son intérêt réside dans la récupération des minéraux de valeur déjà après le second étage de concassage, ce qui évite un surbroyage inutile.

Deux bilans effectués avec un minerai à 9 kg/t FeWO_4 et 4,2 kg/t SnO_2 ont montré que le rendement de récupération de la wolframite était 85-86 %, celui de la cassitérite voisin de 65 %.

Disons encore que Symétain se sert de broyeurs à percussion même pour le traitement des minerais détritiques, spécialement dans le cas de minerais fortement argileux et des éluvions. Le refus du tamis vibrant primaire, contenant des mixtes et des boulettes d'argile, passe alors dans le broyeur, travaillant avec injection d'eau, et ceci détruit les associations minéral utile-gangue et minéral utile-argile.

III. DISCUSSION

Bien que des gisements détritiques à cassitérite fine ne soient pas connus dans la République du Congo, il n'est pas possible d'affirmer à l'heure actuelle que de tels gisements n'existent pas. Pour qu'on puisse élucider ce problème, il est indispensable de rééchantillonner les gisements et les rejets d'anciennes exploitations susceptibles de contenir des valeurs fines. Les échantillons prélevés devront être traités par des méthodes permettant de mettre en évidence la présence des granulométries fines des minéraux utiles. Ce n'est que par des travaux de recherche systématiques qu'il sera possible de résoudre cette question qui peut présenter un grand intérêt économique (17).

Nous avons vu que ces fines peuvent être récupérées avec des rendements élevés et ceci avec des prix de revient relativement faibles en s'adressant aux laveries à jigs. Le problème de la force motrice peut être facilement résolu par l'installation de petites turbines ou l'emploi de groupes électrogènes d'une puissance modeste. Ce n'est pas l'absence de l'énergie produite par une centrale hydroélectrique qui peut empêcher l'emploi de laveries mécanisées dans les cas où les caractéristiques des gisements permettent d'envisager leur utilisation avec profit. En effet, le traitement d'un mètre-cube de gravier consomme seulement de l'ordre de 1 ch h et la quote-part de la force motrice est relativement basse.

Pour que les jigs puissent travailler avec un rendement de récupération élevé, ils doivent être alimentés par un gravier scalpé, deschlammé et à dilution réduite.

(17) D'après l'Annual Report of the Mines Division of the Ministry of Mines and Power, pour l'année 1961-62, de la Fédération de Nigérie, 7 unités d'échantillonnage portatives à hydrocyclone étaient utilisées par l'Amalgamated Tin Mines of Nigeria Ltd. pour l'évaluation des teneurs en cassitérite et columbite très fines dans l'overburden.

L'hydrocyclone convient le mieux pour éliminer l'eau en excès contenant les schlamms en suspension. Lorsque la laverie traite des éluvions se trouvant en hauteur, il est très facile d'alimenter un hydrocyclone à basse pression qui ne demande une différence de niveau que de quelques mètres. Une grille courbe en tête de la mise en charge de l'hydrocyclone enlèverait les fractions +12 mm. Malheureusement, à notre connaissance, de telles laveries n'existent pas au Congo, bien que leur réalisation pratique n'offre aucune difficulté majeure.

De même, lorsque la laverie est alimentée par une pompe à gravier, l'utilisation d'un hydrocyclone ne pose pas de problèmes. Toutefois, dans ce cas, il faudrait éliminer d'abord les galets +50 mm en tête de la pompe à gravier et ensuite les fractions +12 mm, dans la sousverse de l'hydrocyclone, en se servant de classeurs appropriés.

Des difficultés surgissent cependant lorsque la laverie traite un gravier provenant d'un flat et que le relevage du gravier est réalisé à l'aide d'un élévateur hydraulique. Dans ce cas, la dilution est très élevée et l'élimination de l'eau est absolument indispensable. Le plus souvent, il n'est pas possible d'obtenir une pression suffisante permettant d'alimenter un hydrocyclone et ceci d'autant plus que l'élimination des galets doit se faire généralement avant l'hydrocyclone. Dans ce cas, une première solution consiste à employer un classeur à courant porteur pour l'élimination à la fois des fractions +12 mm et de l'eau en excès. Une autre solution consiste à éliminer d'abord les galets à l'aide d'une grille courbe et à faire passer la pulpe par plusieurs spitzkasten, placés en parallèle, alimentant les jigs. Il faut veiller cependant à ce que la vitesse de l'eau à l'entrée du classeur à courant porteur ou des spitzkasten ne soit pas trop élevée (maximum 1 m/s). Autrement, on risque de perdre les valeurs fines qui sont alors simplement entraînées par le courant sans avoir le temps de pénétrer dans les couches inférieures de la pulpe. Il serait même avantageux d'installer des couloirs d'alluvionnement en tête du classeur ou des spitzkasten, tout en évitant au maximum les remous.

En Malaisie, on préconise un classement après le jig dégrossisseur à deux cellules, avant le passage des granulométries fines

dans un jig épaisseur également à deux cellules. L'utilité de ce classement est controversée et, en Nigérie, on ne le considère pas nécessaire. Dans notre cas, pour simplifier les laveries mobiles ou semi-mobiles, nous nous sommes contentés d'un seul classement en tête des jigs.

Pour terminer avec les laveries mécanisées pour l'exploitation des gisements détritiques, nous voudrions tirer quelques conclusions à partir des résultats obtenus avec des laveries du type L21 et L23. En premier lieu, on constate que la granulométrie de la cassitérite récupérée est d'autant plus fine que la concentration est moins poussée au chantier. Il semble donc que les fines granulométries récupérées par les jigs dégrossisseurs à deux cellules sont ensuite reperdues partiellement dans le jig finisseur, à deux cellules également. Ces pertes sont dues à la formation d'une charge circulante en cassitérite fine. En d'autres mots, ces laveries nous paraissent trop standardisées et ne semblent pas être toujours adaptées aux caractéristiques des gisements exploités. En particulier, la section de finissage est conçue probablement d'une façon trop simpliste. La solution doit être recherchée dans l'emploi d'une table à secousses pour le finissage, soit comme seul appareil de concentration, soit précédée par un jig récoltant la cassitérite moyenne. Il existe évidemment la possibilité de réaliser des laveries du type L3 avec jig finisseur à quatre cellules et une table à secousses ou des spirales pour le dernier étage. Cependant, la réalisation de telles laveries est plus compliquée.

L'utilisation du broyeur à percussion devrait être répandue partout où la nature du minerai le permet. C'est ainsi que ce type de broyeur réalise un bon débouillage et son emploi convient surtout lorsqu'il peut simultanément débouiller le minerai et libérer le minéral utile inclus. Il rendra aussi des services pour l'exploitation de graviers cimentés.

Lorsque les caractéristiques du minerai filonien ne permettent pas de s'adresser à un broyeur à percussion, la section de fragmentation de la laverie comportera nécessairement des concasseurs classiques, mais sa réalisation sera plus compliquée. Dans tous les cas la concentration du minerai concassé doit se faire dans une laverie à jigs, des pertes importantes, surtout

en mixtes, ayant lieu dans un sluice. Comme, de toute façon, la section de fragmentation demande l'installation de la force motrice et que cette section consomme beaucoup plus d'énergie que la section de concentration, il serait peu rationnel de ne pas se servir de jigs.

Insistons aussi sur le fait que l'évaluation de gisements primaires se fera avantageusement à l'aide d'une laverie mobile de faible capacité. Dans ce cas, la concentration pourrait avoir lieu même dans un sluice, à condition que ses rejets soient échantillonnés automatiquement en vue d'une étude appropriée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANTHOINE, R.: Les méthodes pratiques d'évaluation des gîtes secondaires aurifères (ARSOM, Bruxelles, 1941, 218 p.).
- [2] CHASTON, I.R.M.: Developments in the Treatment of Malayan Tin Ores (International Mineral Processing Congress, London, 1960, p. 593-609).
- [3] GORCHKOV, V.S. et SVETLOV, V.S.: Popoutnoye poloutcheniye red-kometaljnich mineralov pri rasabotke rychlych gornych porod sposobom guidromekhanisatsii (Moskva, 1962).
- [4] GRIFFITH, S.V.: Alluvial Prospecting and Mining (Oxford, 1960).
- [5] HAMMON, R.N.: Discussion de l'article [23] (*Trans. Inst. Min. Met.*, 67, 563-564, 1957-58).
- [6] HARRIS, J.H.: Innovations in Tin Treatment in Malaya (*Min. J.*, 252, 93-95, 116-118, 146-147, 1959).
- [7] —: Serial Gravity Concentration: a New Tool in Mineral Processing (*Trans. Inst. Min. Met.*, 69, 85-94, 1959-60).
- [8] HARRIS, J.H. et CHASTON, I.R.M.: Discussion de l'article [24] (*Trans. Inst. Min. Met.*, 68, 433, 435, 1958-59).
- [9] HARRISON, H.L.H.: Valuation of Alluvial Deposits (London, 1954).
- [10] MACLEOD, W.N. et JONES, M.P.: The effects of heat and hydrochloric acid on the properties of some Nigerian minerals (*Colon. Geol. Min. Resour.*, 5, n° 2, 166, 1955).
- [11] MICHELL, F.B. et SUVARNAPRADIP P.: Le pistonnage appliqué à la concentration des minerais alluvionnaires (6^e Congrès International de la Préparation des Minerais, Cannes, 1963, article 20E).
- [12] PRIGOGINE, A.: Récupération de l'or par sluicing (ARSOM, Bruxelles, 1952, 115 p.).
- [13] —: Concentration des minerais de wolfram et de niobium-tantale au Congo belge et au Ruanda-Urundi (ARSOM, Bruxelles, 1956, 191 p.).
- [14] —: Analyses des minerais hétérogènes à faible teneur (thèse d'agrégation, Bruxelles, 1959).

- [15] —: Discussion de l'article [2] (International Mineral Processing Congress, London, 1960, 655-657).
- [16] —: Concentration des minerais de cassitérite et de columbite en Nigérie (*Mines et Métall.*, octobre 1960 à janvier 1961).
- [17] —: Echantillonnage et analyse des minerais hétérogènes à faible teneur (ARSOM, Bruxelles, 1961, 180 p.).
- [18] —: Laveries mobiles et semi-mobiles pour la concentration des minerais stannifères (Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées, Genève, 1963).
- [19] PRYOR, E.A.: Economics for the Mineral Engineer (London, 1958).
- [20] RICHARDSON, J. et ALVIN, J.F.: Determination of Low Concentrations of Tin in Ores (*Proc. Austr. Inst. Min. Metall.*, 203, 95-105, 1962).
- [21] STANTON, R.E. et McDONALD, A.J.: Field Determination of Tin in Geochemical Soil and Stream Sediment Surveys (*Trans. Inst. Min. Met.*, 71, 27-29, 1961-62).
- [22] WILLIAMS, F.A.: The Identification and Valuation of Decomposed Columbite-Bearing Granites of the Jos-Bukuru Younger Granite Complex, Nigeria (*Trans. Inst. Min. Met.*, 65, 169-179, 503-514, 1955-56; 66, 17-22, 1956-57).
- [23] —: Performance Analyses of Screens, Hydrocyclones, Jigs and Tables used in Recovering Heavy Accessory Minerals from an Intensely Decomposed Granite on the Jos Plateau, Nigeria (*Trans. Inst. Min. Met.*, 67, 89-108, 351-357, 558-571, 1957-58).
- [24] —: Recovery of Semi-heavy Minerals in Jigs (*Trans. Inst. Min. Met.*, 68, 161-175, 423-456, 1958-59).
- [25] —: Recovery of Fine Alluvial Cassiterite: Correlation of Bore Valuations with Plant-Scale Recovery (*Trans. Inst. Min. Met.*, 70, 49-69, 302-328, 444-448, 635, 1960-61; 71, 117-124, 1961-62).
- [26] WILLIAMS, F.A., MEEHAN, J.A., PAULO, K.L., JOHN, T.U. et RUSHTON, H.G.: Economic geology of the decomposed columbite-bearing granites, Jos Plateau, Nigeria (*Econ. Geol.*, 51, N° 4, 304-332, 1956).

TABLE DES MATIERES

Résumé	3
Samenvatting	3
INTRODUCTION	4
I. CONCENTRATION DES MINERAIS DÉTRITIQUES	8
1. Détermination de la teneur en minéral récupérable	8
A. Poids de l'échantillon	8
B. Détermination de la teneur	10
2. Laveries à sluice	21
A. Limitation des laveries à sluice	21
B. Réalisation pratique et prix de revient du traitement	25
3. Laveries mécanisées	28
A. Conditions d'emploi	28
B. Réalisation pratique	32
C. Coût des laveries et prix de revient du traitement	36
D. Exemples de laveries	39
II. CONCENTRATION DES MINERAIS PRIMAIRES	42
1. Détermination de la teneur en minéral utile	42
A. Poids des échantillons à prélever	42
B. Détermination de la teneur	43
2. Laveries gravimétriques pour minerais stannifères	46
A. Réalisation pratique	46
B. Coût des laveries et prix de revient du traitement	50
C. Exemples de laveries	52
III. DISCUSSION	56
Bibliographie	60
Table des matières	62
Photos	<i>in fine</i>



PHOTO 1. — Classeur à courant porteur et undercurrent (MGL-Congo, Division Lubushwa).



PHOTO 2. — Laverie Tshonka L25 (Cobelmin-Congo, Secteur Lulingu).



PHOTO 3. — Hydrocyclone de 32" et tamis vibrant Hummer 4' × 6' à la laverie de la Bisichi Tin Co. Ltd. (Nigérie).

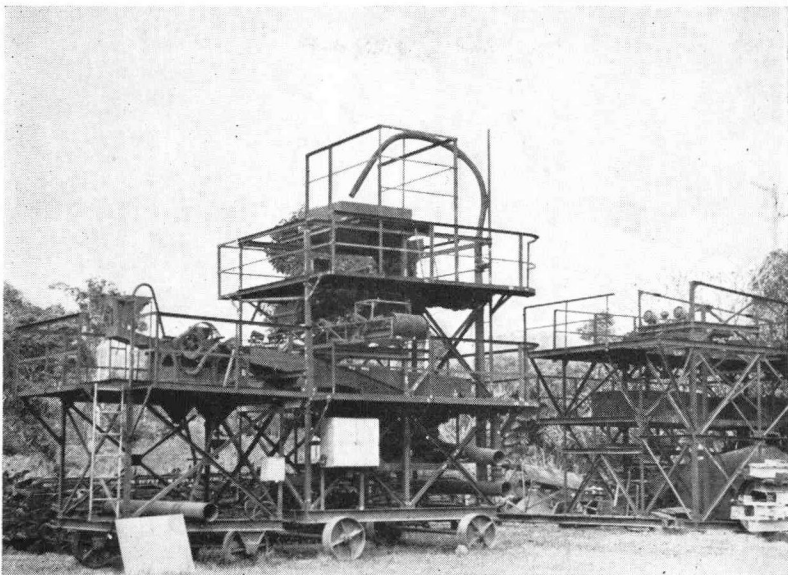


PHOTO 4. — Laverie mobile Symétain.

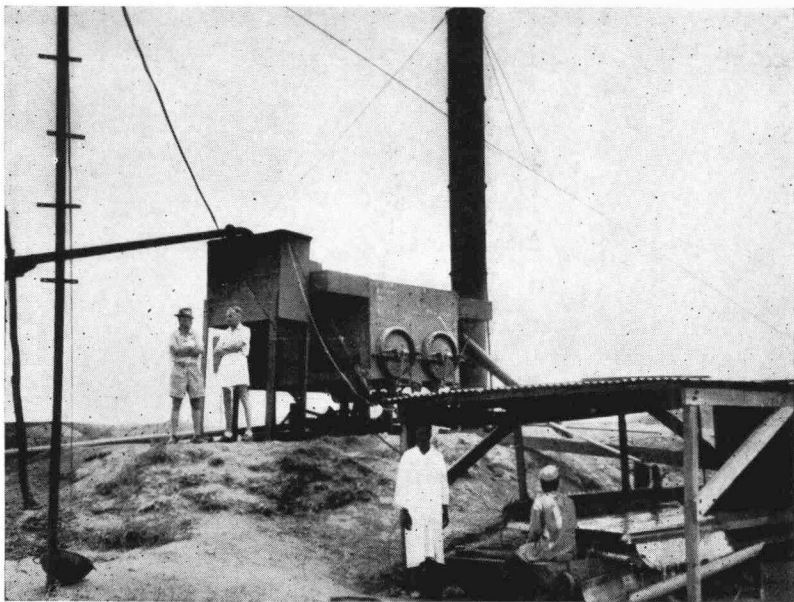


PHOTO 5. — Jigs Juba et table à secousses à la laverie de la Bisichi Tin Co. Ltd. (Nigérie).

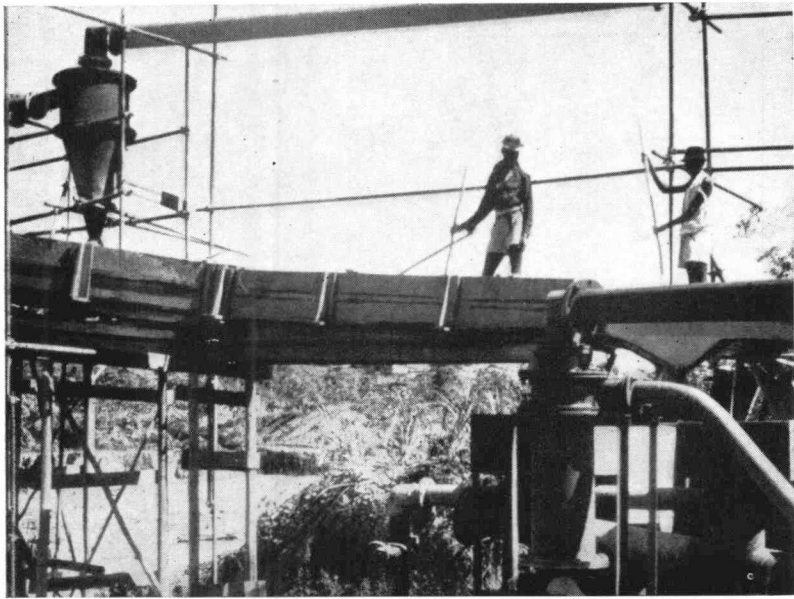


PHOTO 6. — Hydrocyclone de 75 cm à la laverie chantier 3 Mususa
(Cobelmin-Congo, Secteur Kailo).

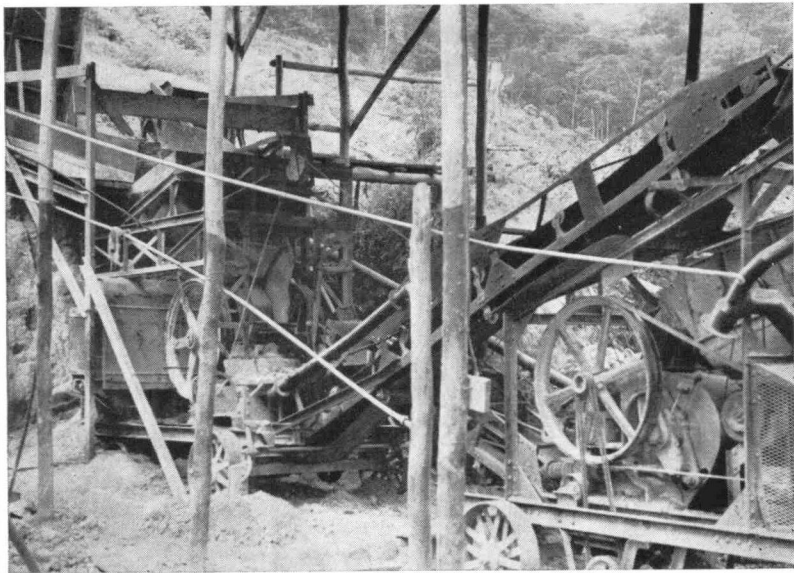


PHOTO 7. — Section de fragmentation de la laverie de Misoke
(Cobelmin-Congo, Secteur Moga).



Achévé d'imprimer le 28 septembre 1964
par l'Imprimerie SNOECK-DUCAJU et FILS S.A., Gand-Bruxelles