

Triage optique de la bauxite

J.-P. SCHAER

Des essais semi-industriels de triage ont été réalisés sur du minerai tout-venant de la mine de Mazaugues, caractérisé par une proportion importante de stériles (5 à 7% de calcaire ligniteux du toit, et de dolomie claire du mur).

Après concassage à la maille de 200 mm, séparation des fines inférieures à 50 mm et lavage des blocs de 50 à 200 mm, ceux-ci sont disposés en ligne, abandonnés en chute libre et analysés individuellement par l'appareil Sortex à un débit de l'ordre de 25 t/h (correspondant à 120 t/h de tout-venant).

La lumière réfléchie par les blocs est analysée en intensité et en quantité par l'intermédiaire de cellules photo-électriques et de circuits électroniques, et comparée à des normes préétablies; lorsque l'intensité lumineuse est excessivement faible (blocs sombres) ou forte (blocs clairs), l'appareil déclenche un mécanisme d'éjection à air comprimé proportionné à la dimension du bloc à éliminer.

L'appareil peut être modifié pour analyser non plus l'intensité mais la structure du spectre de la lumière réfléchie, autrement dit, provoquer l'élimination de blocs qui sont rouges ou qui ne le sont pas, par exemple.

Les essais effectués ont permis de conclure à l'intérêt économique de la méthode bien que l'amélioration de qualité ne soit pas sensationnelle. En effet, l'amélioration de qualité et la perte de minerai par erreur de l'appareil vont de pair et un optimum relatif a été trouvé pour une élimination de 10% des stériles qui correspond à une perte de bauxite de 0,5%.

L'intérêt essentiel de cette technique réside dans son coût de fonctionnement très faible par rapport à un triage manuel par exemple.

1. INTRODUCTION

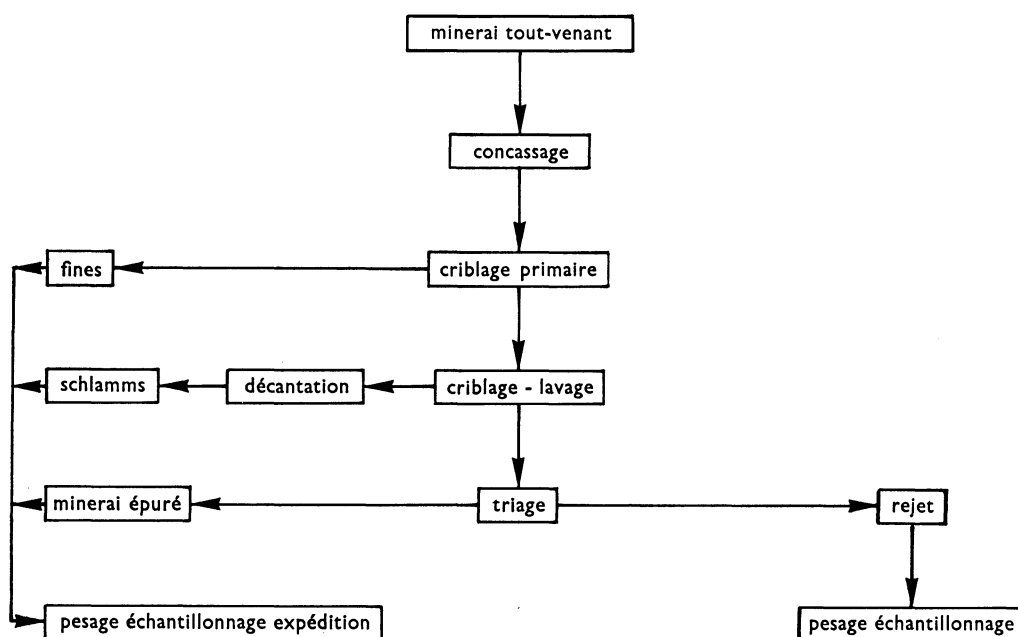
Des essais semi-industriels de triage ont été réalisés sur du minerai tout-venant de la mine de Mazaugues (Var), caractérisé par une proportion importante de stériles (5 à 7% de calcaire ligniteux du toit et de dolomie claire du mur) et par une grande variabilité de cette proportion. Ces essais ont permis de conclure à l'intérêt économique de la méthode à condition qu'elle s'applique à une production importante pendant une durée suffisamment longue.

Nous présentons successivement:

- le schéma général de fonctionnement de l'installation;
- les caractéristiques de l'appareil de triage Sortex;
- les résultats techniques de l'opération;
- les conclusions économiques.

2. SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT

Dans la gamme des appareils de triage Sortex, il existe plusieurs appareils destinés à traiter des granulométries variées (20 à 50 mm, 30 à 80 mm, 50 à 150 mm, 80 à 200 mm) et les caractéristiques des appareils de préparation du minerai doivent varier en conséquence. Toutefois, le schéma général est le même :



Le concassage a pour objet de réduire les plus gros blocs de tout-venant à la maille admissible par le plus gros des appareils de triage (soit au maximum 200 mm), en évitant autant que possible de pulvériser ces blocs.

Le criblage primaire élimine les fines (< 20 mm théoriquement, < 30 mm ou < 50 mm en pratique pour que le triage soit économiquement viable).

Le criblage secondaire, assorti d'un lavage (avec débourbage si nécessaire), sépare les fractions destinées à chaque appareil et fait apparaître aussi clairement que possible la couleur des blocs à séparer. Du fait de ces opérations, les eaux de lavage entraînent une proportion assez importante de schlamms qu'il peut être utile de récupérer par décantation (surtout si le minerai est friable).

Les blocs de minerai, calibrés et lavés, sont présentés en ligne sur un convoyeur à bandes qui alimente l'appareil de triage, et les fractions sont récupérées après séparation pour être pesées, échantillonnées et expédiées.

A titre d'exemple, on peut donner les caractéristiques de l'installation semi-industrielle pour un débit en tout-venant de 100 t/h :

- schlamms: 15 % (proportion qui pourrait être ramenée sans doute à moins de 5 % avec du matériel mieux adapté);
- fines < 80 mm: 70 % (fonction du minerai traité);
- minerai épuré: 14 % (fonction du minerai traité et des caractéristiques du triage);
- rejet: 1 % (fonction du minerai traité et des caractéristiques du triage).

Les essais ont été réalisés à raison de 100 t/j. L'analyse des résultats a porté uniquement sur les différents lots obtenus à la sortie de l'installation. Sur chaque lot, des échantillons ont été prélevés quotidiennement, à raison de 180 kg de fines, 300 kg de minerai épuré, 70 kg de rejet.

3. CARACTÉRISTIQUES DE L'APPAREIL DE TRIAGE

L'appareil est représenté sur le schéma (fig. 1). Le couloir d'alimentation reçoit le minerai calibré et lavé, qui ensuite est réparti bloc par bloc, par l'intermédiaire de l'extracteur et du système rotatif d'alignement sur un convoyeur à bandes.

Les blocs sont abandonnés en chute libre dans la chambre optique. Leur trajectoire les fait passer devant deux cellules photoélectriques munies d'obturateurs à fréquence rapide afin d'enregistrer le flux lumineux perçu au fur et à mesure que chaque bloc se déplace devant les cellules.

Les impulsions électriques sont traitées électroniquement pour déduire la taille et l'intensité lumineuse réfléchie de chaque bloc. Si l'intensité réfléchie dépasse un seuil préétabli, ou se trouve en deçà, ou les deux simultanément, le système déclenche l'ouverture des valves d'un éjecteur pneumatique, en rapport avec la taille du bloc à éjecter, au moment où le bloc passe devant les buses de l'éjecteur. Selon que la trajectoire des blocs est ainsi déviée ou non, ceux-ci sont récupérés dans le circuit du rejet ou du minerai concentré.

L'adjonction de filtres de couleur bleue ou rouge devant les cellules permet de privilégier une partie du spectre de la lumière réfléchie pour la mesure d'intensité. Pour l'extraction des calcaires ligniteux du toit, sombres, on adjoint donc un filtre rouge (qui transmet la lumière rouge plus que la lumière bleue) et on règle la machine de façon à provoquer l'éjection des blocs sombres et la conservation des blocs clairs.

Ce système est dit monochromatique par opposition au système bichromatique plus sophistiqué. En effet, l'adjonction de filtres rouges devant l'une des cellules et bleus devant l'autre, la transformation du système électronique d'analyse, permettent de comparer la proportion de lumière rouge et bleue dans le faisceau réfléchi avec une norme préétablie. Néanmoins, ce système a donné de moins bons résultats que le système monochromatique sans doute en raison des difficultés de mise au point pour un minerai aussi hétérogène que la bauxite du point de vue de la couleur.

4. RÉSULTATS TECHNIQUES

Les essais, réalisés en nombre important (60 environ), ont eu pour objet de déterminer les résultats techniques du triage en fonction des caractéristiques du minerai traité (granulométrie, composition pétrographique, composition chimique) et des paramètres relatifs au mode de traitement (fraction granulométrique traitée, seuil limite de l'intensité réfléchie).

Le graphique et le tableau (fig. 2) mettent en évidence la répartition granulométrique et la qualité des diverses fractions typiques d'un minerai tout-venant normal; on constate que les blocs les plus gros contiennent en proportion plus importante les stériles à éliminer, ce qui réduit l'inconvénient de ne pas traiter les fines.

Une analyse semblable a été réalisée sur du minerai pollué volontairement (par une méthode d'exploitation plus brutale donc moins attentive à la qualité mais plus productive en quantité).

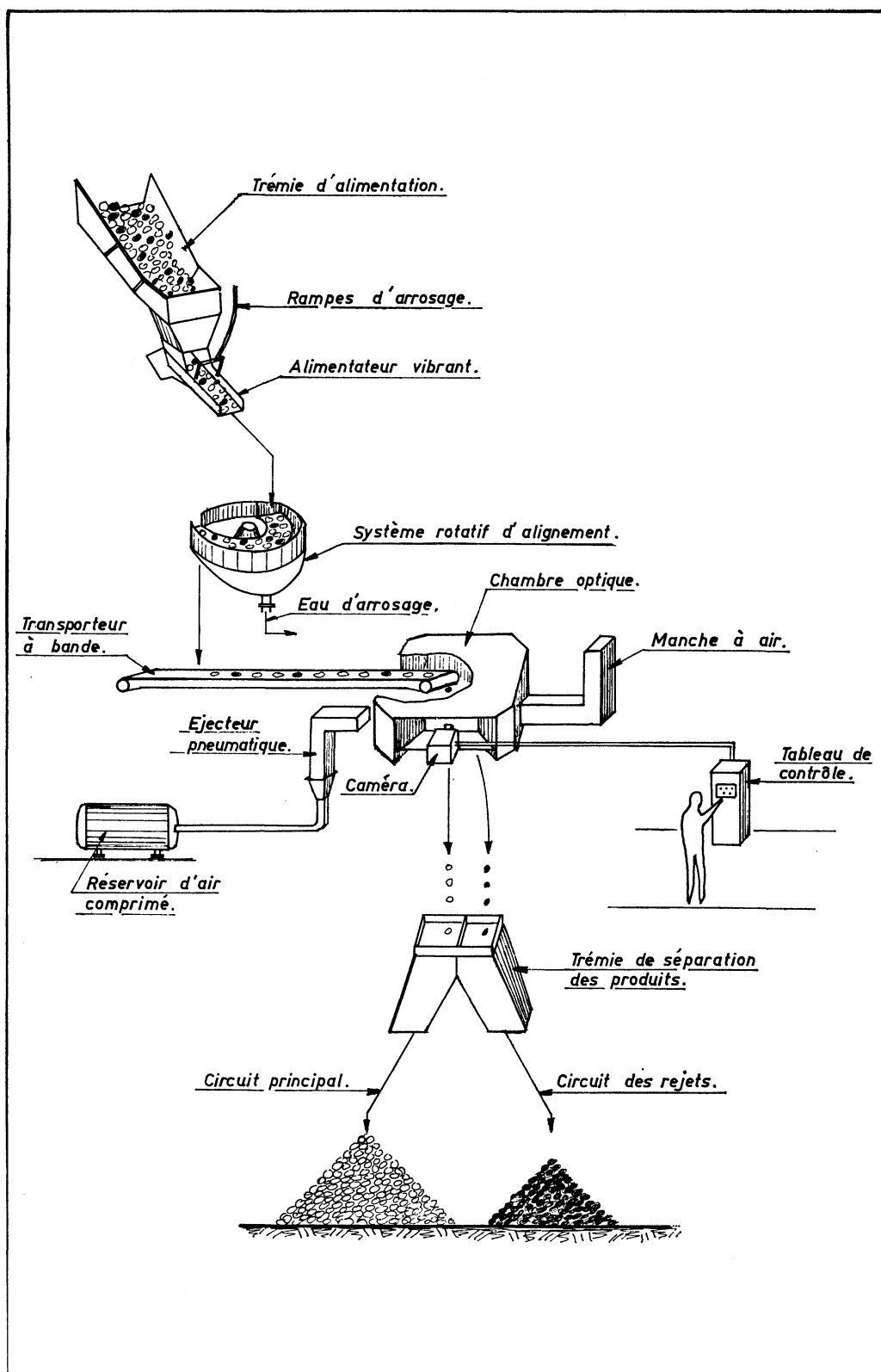


Fig. 1
Schéma d'ensemble (SORTEX 811 M)

Répartition granulométrique et qualité des fractions de minéral

	<i>Teneurs en</i>					
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	<i>C. org.</i>
Tout-venant	52	7	21	2,6	0,8	0,3
Fraction 80-200	48	7	23	5	1,2	0,38
Fraction 30-80	50	7	22	2,6	1,0	0,31
Fraction 0-30	54	7	20	1,8	0,6	0,27

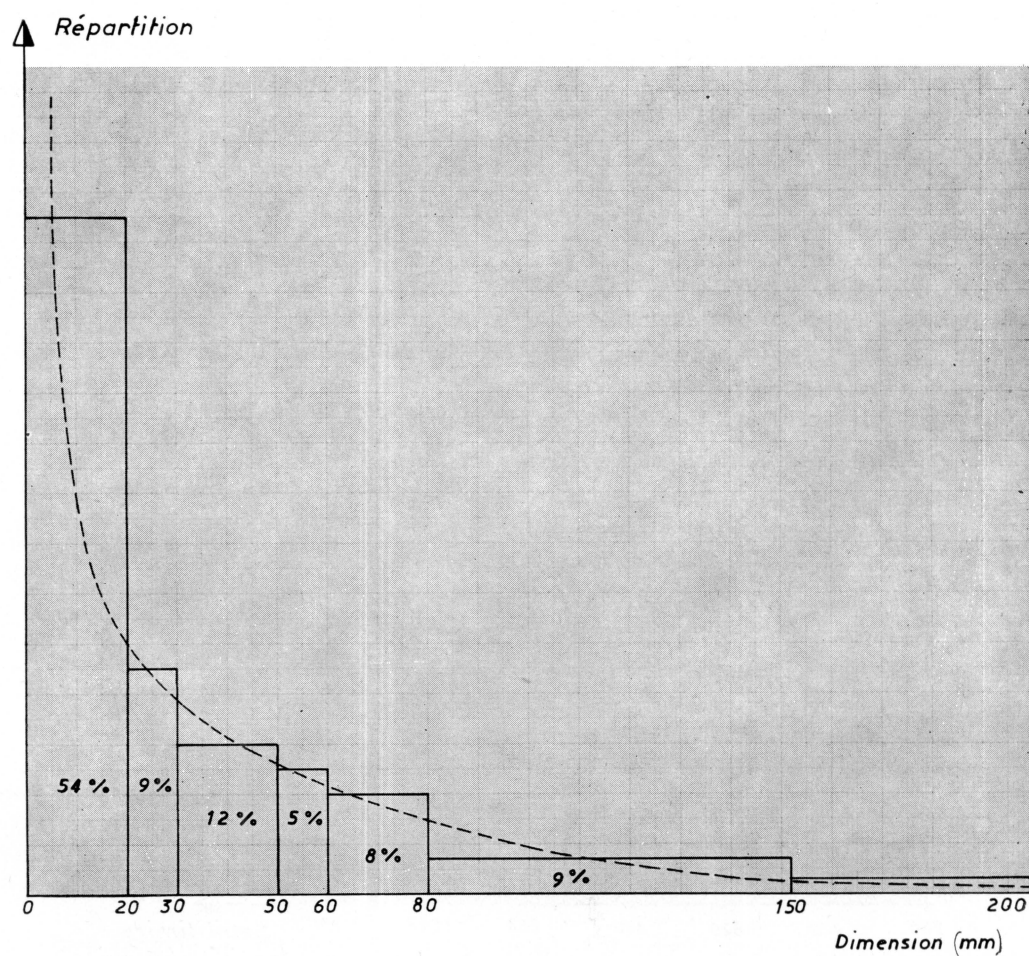


Fig. 2

Taux d'extraction des composants chimiques à partir d'un minéral normal (en %)

<i>Composants chimiques</i>						
<i>Seuil limite d'intensité réfléchie</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>C. Org.</i>
780	1,40	1,66	1,88	16,17	7,64	7,15
800	0,83	1,08	1,16	14,63	6,35	5,97
820	0,48	0,70	0,70	13,11	5,21	4,92
840	0,28	0,45	0,42	11,73	4,26	4,04
860	0,16	0,29	0,25	10,42	3,46	3,28
880	0,09	0,18	0,15	9,25	2,80	2,66
900	0,05	0,12	0,07	8,07	2,23	2,12

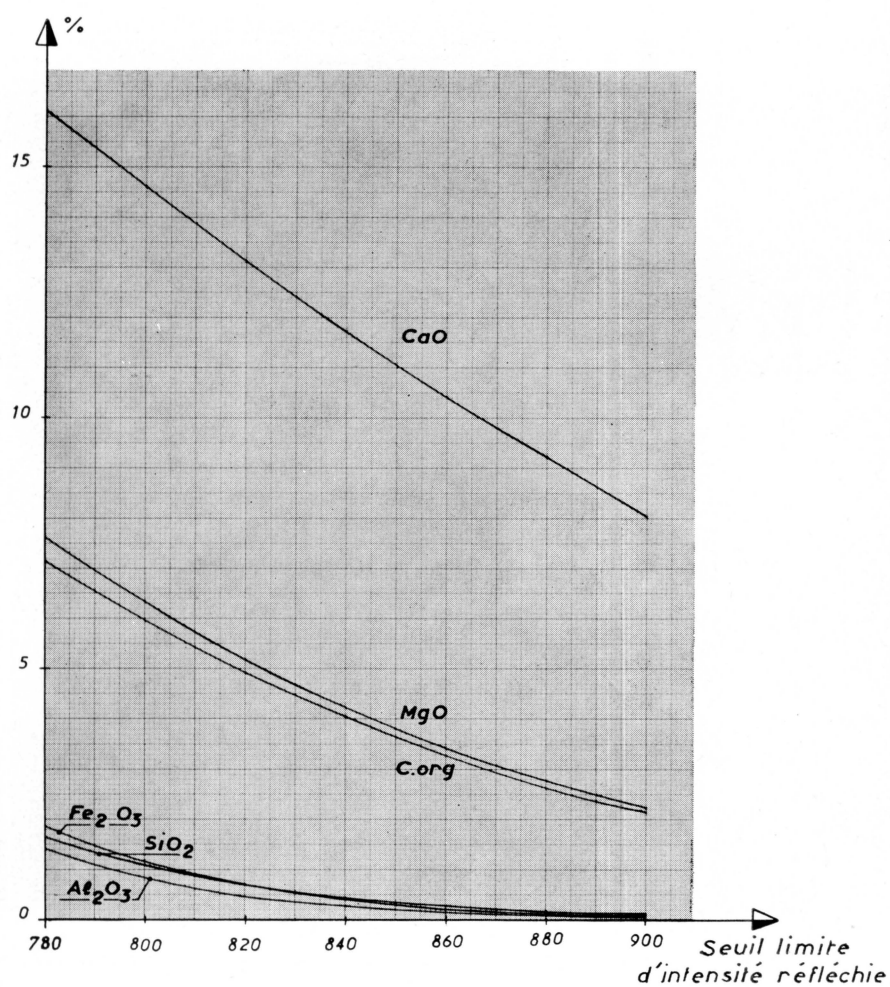


Fig. 3

Les résultats d'analyse du rejet et du minerai épuré ont été traités sur ordinateur par une étude de corrélation multiple essentiellement destinée à choisir, en fonction du minerai tout-venant, la granulométrie à traiter et le seuil limite de l'intensité réfléchie.

Les variables explicatives du modèle ont été: la qualité du minerai traité en Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO et carbone organique, la granulométrie traitée et le seuil limite de l'intensité réfléchie; les variables à expliquer ont été le logarithme du rapport rejet/tout-venant en poids total, en poids de Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO et C organique (la relation entre la proportion rejetée d'un constituant chimique et le seuil limite de l'intensité réfléchie est en effet de type logistique, d'où le passage par le logarithme nécessité par la linéarité de la corrélation).

A titre d'exemple, le graphique (fig. 3) explicite l'effet des variations du seuil limite d'intensité réfléchie sur la proportion rejetée des constituants chimiques pour un minerai typique (fig. 2) dont on traite la fraction granulométrique 80-200 mm. La même analyse peut être faite pour un minerai pollué.

En schématisant les résultats, si l'on considère que le minerai tout-venant est constitué de deux éléments homogènes, la bauxite et les stériles, on peut conclure que:

<i>Le traitement d'un minerai</i>	<i>permet d'extraire une proportion de stériles de</i>	<i>moyennant une perte de bauxite de</i>
Normal (94% bauxite, 6% stériles)	16% 8%	1,4% 0,1%
Pollué (83% bauxite, 17% stériles)	31% 26%	2% 1%

Evidemment, la qualité du minerai épuré sera d'autant meilleure que la perte de bauxite admissible est grande. Dans les cas ci-dessus, la qualité est la suivante:

<i>Composant</i>	<i>Al_2O_3</i>	<i>CaO</i>	<i>C. org.</i>
Minerai normal	52,0	2,6	0,300
Très épuré	52,5	2,2	0,285
Peu épuré	52,3	2,4	0,295
Minerai pollué	47,0	7,0	0,700
Très épuré	49,6	4,8	0,565
Peu épuré	49,2	5,0	0,566

Bien entendu, à l'intérieur de ces fourchettes, une infinité de résultats sont possibles, et une étude statistique a montré qu'il y a une bonne probabilité d'obtenir le résultat souhaité. D'où l'importance de l'analyse économique pour le choix de l'optimum.

Avantage économique (exprimé en % de la valeur de 1 tonne de tout-venant)

<i>Seuil limite d'intensité réfléchie</i>	<i>Poids de rejet en %</i>	<i>Valeur du rejet par t de rejet</i>	<i>Avantage économique pour 100 t de tout-venant</i>
780	2,32	1	— 2
800	1,66	— 27	46
820	1,22	— 55	68
840	0,93	— 80	74
860	0,73	— 101	74
880	0,59	— 117	68
900	0,48	— 129	62

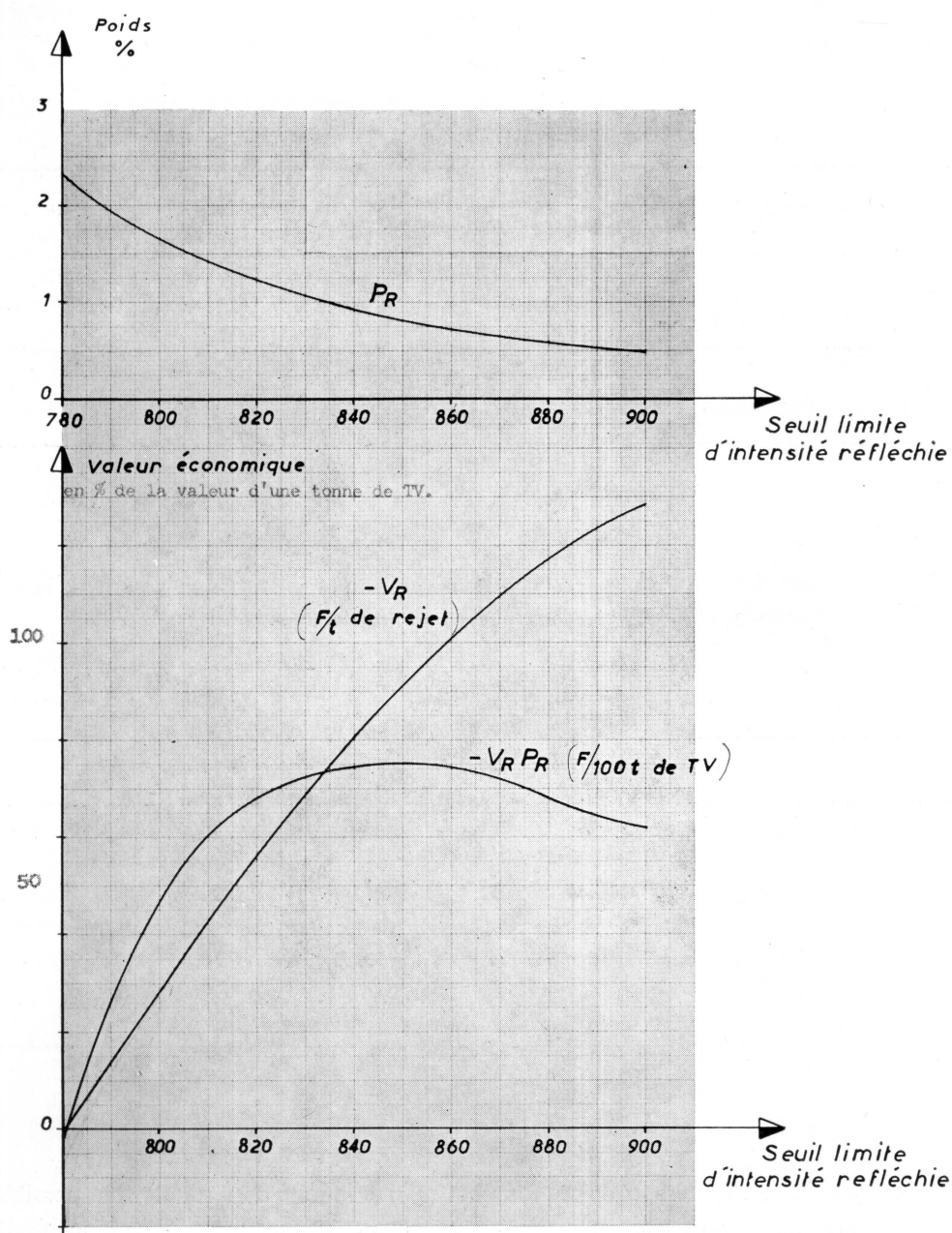


Fig. 4

5. CONCLUSIONS ÉCONOMIQUES

L'avantage économique est mesuré à partir de la valeur d'usage attribuée aux points de Al_2O_3 , SiO_2 et CaO (équivalent CaO du carbone minéral). En première approximation, ces valeurs de point sont constantes dans la plage de variation habituelle de la qualité, et la valeur V d'une tonne de minerai est une fonction linéaire des teneurs a , s et c :

$$V = Aa + Ss + Cc + K$$

Si P_E (resp. P_R) désignent la proportion du minerai épuré (resp. du rejet) par rapport au tout-venant, la conservation des composants chimiques

$$a_{TV} = a_E P_E + a_R P_R$$

entraîne la conservation de la valeur

$$V_{TV} = V_E P_E + V_R P_R$$

donc l'avantage économique est mesuré par

$$V_E P_E - V_{TV} = - V_R P_R$$

et il est positif si les composants dont la valeur est négative (SiO_2 et CaO) sont en quantité telle que la valeur V_R soit négative. Il est maximal si $(-V_R) \cdot (P_R)$ est maximal, ce qui met en évidence la nature du compromis à déterminer, entre la quantité et la qualité du rejet.

Notons toutefois que jusqu'ici ces mesures ne prennent pas en compte l'amélioration de qualité en carbone organique, dont l'incidence économique, certaine, est mal cernée. Aussi, les résultats obtenus constituent-ils une borne inférieure de l'avantage escompté.

Le graphique (fig. 4) représente les variations de $-V_R$ et de $-V_R \cdot P_R$ en fonction du seuil limite d'intensité réfléchi sur les mêmes bases que celles de la figure 2.

Les valeurs économiques y sont exprimées avec comme base 100 la valeur d'une tonne de tout-venant.

L'optimum ainsi déterminé correspond à une perte de bauxite de 0,2% et à une élimination des stériles de 10,6%. Comme dans ce cas-ci, nous ne traitons que la fraction 80-200 mm, c'est-à-dire 150 t/h de tout-venant, l'avantage économique rapporté à l'heure de fonctionnement est de 114 (en % de la valeur d'une tonne de tout-venant).

Comme nos essais semi-industriels ont porté sur cette fraction granulométrique (appareil 811 M, Sortex), ce résultat est pratiquement certain. Mais on peut extrapoler aux autres fractions granulométriques du même minerai et déterminer l'optimum correspondant au traitement 30-80 mm par exemple (appareil 712 M, Sortex).

L'avantage rapporté à l'heure de fonctionnement est alors de 18 (en % de la valeur d'une tonne de tout-venant) par appareil capable de traiter 10 t/h de la fraction 30-80, correspondant à 75 t/h de tout-venant (Il faudrait donc joindre deux appareils 712 à un appareil 811)

Le *coût* du traitement rapporté à l'heure de fonctionnement et exprimé en % de la valeur d'une tonne de tout-venant se décompose en:

— charge d'amortissement de 48 majorée de 32 par appareil 811 et de 24 par appareil 712 (en amortissant sur 7 ans à raison de 5 000 h/an sur la base d'un taux d'intérêt de 8%/an);

— dépenses de fonctionnement de 40 majorées de 12 par appareil 811 et de 10 par appareil 712. Les dépenses totales sont donc de 88, majorées de 44 par appareil 811 et de 34 par appareil 712.

Par comparaison avec l'avantage escompté, on peut conclure que les appareils 712 ne sont pas rentables, et que les appareils 811 ne le sont que s'ils sont au moins deux (soit un débit minimal à traiter égal à 300 t/h et dans ce cas l'avantage est de 228 pour un coût de 184).

Rappelons toutefois que les avantages pris en compte négligent l'amélioration de qualité en carbone organique.

Signalons que des essais ont été réalisés pour comparer le triage optique et le triage manuel sur bandes: pour extraire le stérile dans des proportions identiques, il apparaît clairement que le triage manuel, s'il nécessite un investissement inférieur de moitié à celui du triage optique, implique des coûts en personnel prohibitifs.

*Société Aluminium Pechiney, Division Bauxite
B.P. 06, 13290 Les Milles (France)*