JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

F. BLONDEL

Sur la composition des gisements minéraux

Journal de la société statistique de Paris, tome 92 (1951), p. 70-74
<http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1951__92__70_0>

Sur la composition des gisements minéraux.

La Société de Statistique a bien voulu accueillir, en 1943, une note (1) dans laquelle j'avais résumé — peut-être un peu trop brièvement — certaines considérations sur la répartition des teneurs dans les gisements minéraux. Au moment où cette étude avait été présentée, les événements m'avaient conduit en Afrique du Nord, de telle sorte qu'il m'avait été impossible de répondre aux remarques, fort courtoises, qui avaient suivi la présentation de ma note. Dans l'ensemble, ces remarques soulignaient surtout le fait que mes suggestions étaient purement théoriques et non appuyées sur des données chiffrées.

J'ai pensé que les membres de la Société seraient peut-être intéressés d'apprendre que des idées analogues sont maintenant développées aux États-Unis; mais, appuyées sur la richesse incomparable de la documentation que possèdent les organismes américains, ces idées peuvent être présentées avec une base concrète bien définie. Je signalerai, entre autres, une étude (2) de S.-G. Lasky, Chef de la Section des Ressources minérales au Service géologique des États-Unis. Cette publication ouvrant, à mon sens, une voie nouvelle pour l'étude des gisements minéraux et s'appuyant tout spécialement sur des notions statistiques, je me permets de la résumer ci-après.

L'étude de S.-G. Lasky s'applique spécialement à ce type de gisements de cuivre, appelé « porphyry coppers » qui fournit les trois quarts de la production de cuivre des États-Unis. L'auteur a étudié les divers gisements de ce type et en a défini un « type moyen » qui est celui sur lequel nous raisonnerons, mais dont les caractéristiques des gisements réels sont relativement très voisines.

S.-G. Lasky commence par définir une première relation que l'on peut préciser

---

(1) F. Blondel, La répartition des teneurs dans les gisements minéraux. *Journ. Stat. Paris*, mars-avril 1943, p. 70-74.

(2) S.-G. Lasky, How Tonnage and Grade Relations Help Predict Ore Reserves. *Engineering and Mining Journal, New-York*, avril 1950.

comme suit : Supposons que l'on ait découpé le gisement en blocs assez petits par rapport à l'ensemble de la mine, sans cependant qu'ils soient trop petits pour ne pas isoler chaque minéral; disons, par exemple, des blocs de 1 mètre cube (il y a là une certaine difficulté de raisonnement à laquelle j'ai fait allusion dans ma note de 1943). Chaque bloc a une teneur moyenne G en cuivre; supposons que nous ayons classé ces blocs par teneurs décroissantes; tous les blocs dont

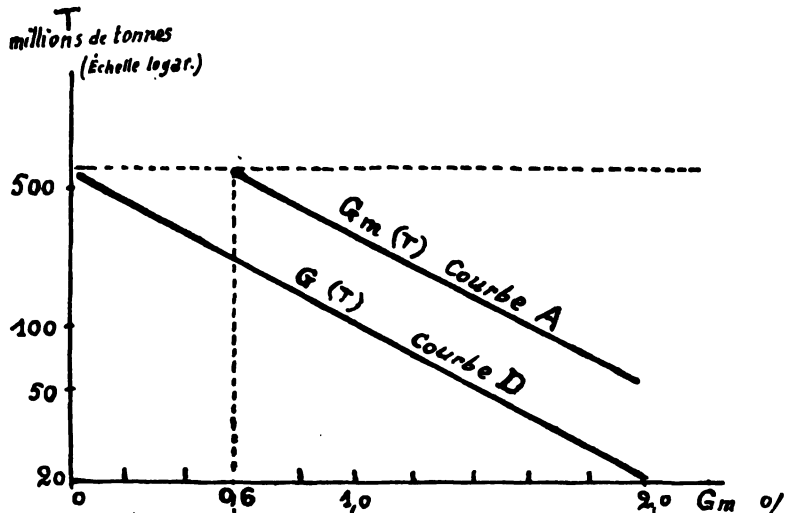

Fig. 1

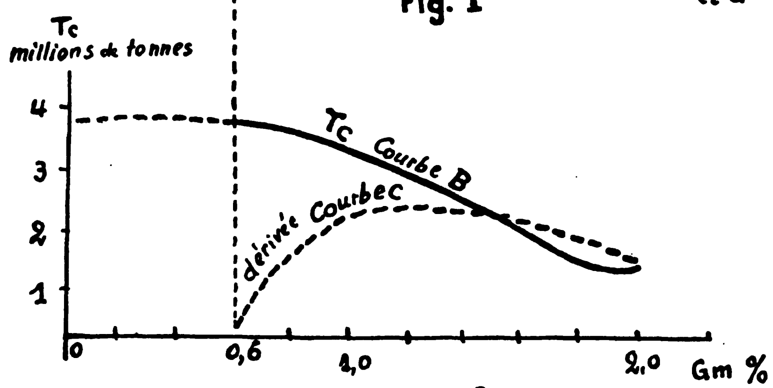

Fig. 2

G : teneur limite .. Gm : teneur moyenne

T : tonnage de minerai pour la teneur limite G et la teneur moyenne Gm.

Tc : cuivre contenu dans la masse T de minerai de teneur moyenne Gm.,

dérivée : $\frac{d\,T_c}{d\,G_m}$ (d'après S.G. Lasky)

la teneur sera supérieure à une certaine teneur limite G constitueront une masse de *minerai* dont le tonnage total sera T; cette masse aura une *teneur moyenne* globale G_m, naturellement supérieure à G.

Sur tous les exemples connus, S.-G. Lasky montre que la relation entre G_m et T est de la forme

$$G_m = K_1 - K_2 \log T \qquad (1)$$

où K_1 et K_2 sont deux constantes caractéristiques du gisement;
G_m, comme on vient de le dire,
est la teneur moyenne de la masse de minerai de tonnage total T dont les éléments ont tous une teneur supérieure à une teneur limite G (qui n'intervient pas dans la relation). Reportée sur un graphique semi-logarithmique, cette relation donne évidemment une droite A (fig. 1).

La détermination pratique de cette fonction se fait de la manière suivante :

Chaque année, la production et l'estimation des réserves d'un gisement déterminé se font en adoptant une teneur limite G, qui dépend des conditions économiques, mais qui, en fait, depuis de nombreuses années, n'a pas cessé de baisser en raison des améliorations techniques. Si donc, une année déterminée, nous prenons le total de toute la production passée et des réserves estimées, nous aurons une approximation acceptable des quantités G_m et T de la formule précédente. Ceci suppose, bien entendu, que la prospection soit suffisamment bien faite pour ne pas laisser échapper des réserves de teneur supérieure à G. Mais, dans le cas présent, on peut faire confiance aux exploitants.

S.-G. Lasky donne même les valeurs numériques des constantes K_1 et K_2 pour le « gisement type », moyenne des gisements réels. On a ainsi :

$$G_m = 12{,}9 - 1{,}4 \log_{10} T$$

où la teneur G_m est exprimée en %,
le tonnage T en tonnes (courtes),
et le $\log_{10}$ est le logarithme décimal.

Par exemple pour T = 100 millions de tonnes = 10^8 tonnes

$$G_m = 12{,}9 - 8 \times 1{,}4 = 1{,}7$$

Cette première relation (1) permet aisément de déduire le tonnage Tc de cuivre métal contenu dans la masse de teneur moyenne G_m.

On a, très simplement, $T_c = G_m \, . \, T$ d'où l'on tire :

$$\text{(2)} \qquad \log T_c = a - b \, . \, G_m + \log G_m$$

avec

$$a = \frac{K_1}{K_2} \text{ et } b = \frac{1}{K_2}.$$

Dans le cas du gisement-type moyen, les données numériques sont :

$$\log_{10} T_c = 9{,}75 - 0{,}71 \, G_m + \log G_m,$$

Sur le diagramme de la figure 2, cette relation donne la courbe B. C'est une courbe en S assez bien caractérisée.

S.-G. Lasky considère, en outre, la dérivée de la fonction précédente (par rapport à G_m); on trouve ainsi :

$$\text{(3)} \qquad \frac{d \, T_c}{d \, G_m} = \left(\frac{1}{G_m} - \frac{1}{K_2}\right) T_c$$

soit dans le cas du gisement-type moyen :

$$\frac{d \, T_c}{d \, G_m} = \left(\frac{1}{G_m} - \frac{1}{0{,}61}\right) T_c.$$

Grâce à cette fonction représentée par la courbe C sur le graphique de la figure 2, S.-G. Lasky met en évidence les deux phénomènes suivants :

1. La teneur moyenne ne peut pas descendre en dessous d'un certain minimum correspondant à $\frac{d\,T_c}{d\,G_m} = 0$. Pour cette valeur qui est $G_m = K_2$ ou dans le cas concret envisagé $G_m = 0{,}61$ $\frac{d\,T_c}{d\,G_m}$ s'annule, T_c est maximum : on a donc compris tout le cuivre existant dans le gisement, c'est-à-dire tout le produit cuprifère; si on allait au delà, pour des valeurs de G_m inférieures, on devrait envisager du produit stérile non cuprifère et la fonction Tc qui représente la quantité totale de cuivre resterait constante.

2. La fonction $\frac{d\,T_c}{d\,G_m}$ passe par un maximum qui, dans le cas concret envisagé est aux environs de $G_m = 1{,}2$. La courbe $\frac{d\,T_c}{d\,G_m}$ peut être envisagée comme une courbe de dispersion du cuivre autour de cette valeur moyenne. C'est ce que j'exprimais dans ma note de 1943. On me permettra, en passant, de faire remarquer qu'on a là une illustration de la thèse que je soutiens depuis plus de vingt ans (1), à savoir que l'on peut arriver à définir des « types » de gisements et que, pour chaque type, existe une teneur moyenne caractéristique.

On peut, enfin, déduire de ce qui précède, la teneur limite correspondant à une teneur moyenne considérée.

Si nous considérons, comme précédemment, tous les blocs dont la teneur est *supérieure* à une certaine teneur limite G, cet ensemble a un tonnage total T (de minerai). Ce tonnage total T est donc une certaine fonction de G; inversement, on peut dire que G est une certaine fonction de T, soit G (T). C'est la teneur limite à laquelle il faut descendre pour obtenir un tonnage T de minerai. Le cuivre contenu dans cette masse se calcule comme suit : le bloc correspondant à l'accroissement dT de tonnage, par passage de T à $(T + dT)$ a, par définition, comme teneur moyenne G et par suite contient :

$$d\,T_c = G\,(T)\,.\,dT$$

de cuivre. Le cuivre T_c contenu dans la masse entière T est donc

$$T_c = \int_o^T G\,(T)\cdot dT$$

et la teneur moyenne G_m de cette masse est

$$G_m\,(T) = \frac{T_c}{T} = \frac{1}{T}\int_o^T G\,(T)\cdot dT.$$

De cette équation on tire aisément :

$$G\,(T) = G_m\,(T) + T\cdot\frac{d\,G_m\,(T)}{dT} \tag{4}$$

(1) F. Blondel, Sur la teneur moyenne de l'extraction des minerais de cuivre. *C. R. Acad. Sciences, Paris*, 6 mars 1933, t. 196, p. 712-713.

F. Blondel, Sur la répartition des teneurs des gisements métallifères. *C. R. Acad. Sciences, Paris*, 27 mars 1933, t. 196, p. 949-950.

équation qui donne la relation entre la teneur limite G (T) et la teneur moyenne G_m (T) de la masse T.

D'après S.-G. Lasky, cette teneur moyenne est telle que

$$G_m = K_1 - K_2 \log T$$

donc

$$\frac{d\,G_m}{dT} = -\frac{K_2}{T}$$

et par suite d'après (4)

$$G\,(T) = G_m\,(T) - K_2.$$

Sur le graphique semi-logarithmique, la courbe des teneurs limites G (T) est donc une droite parallèle à la courbe des teneurs moyennes et décalée de K_2 le long des abscisses. C'est ce qui représente la droite D (fig. 1). S.-G. Lasky fait remarquer cependant que dans les rares cas où l'on peut connaître effectivement la teneur limite employée (qui, en principe, est confidentielle), on ne retombe pas exactement sur la droite D ainsi définie : sans doute cette différence tient-elle au fait que l'hypothèse un peu schématique de la notion de blocs, telle qu'elle est précisée au début de cette note, ne correspond pas exactement à la réalité de l'exploitation qui envisage des blocs plus importants pour la détermination des réserves.

F. Blondel.