

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 13 (1933)

**Heft:** 2

**Artikel:** La flottation de la molybdénite à Azegour (Maroc)

**Autor:** Ladame, Georges

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-14081>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 29.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## La flottation de la molybdénite à Azegour (Maroc)

par *Georges Ladame* à Genève

Mon éminent maître, feu le professeur DUPARC, a fait de 1930 à 1932 une série de communications sur le gisement de molybdénite d'Azegour (Haut Atlas), dans lesquelles il exposait les phénomènes de contact et la pétrographie de ce pays<sup>1)</sup>.

On se trouve à Azegour dans un complexe métamorphique ancien reposant sur un massif granitique. Cet ensemble hercynien est intensément diaclasé.

L'orientation moyenne est NE 15° et le pendage SE 50° à 70°.

Un profil idéal ouest-est du gisement présente la succession de roches suivante:

1. le *granit de Toulkine*, fortement diaclasé, de couleur rosâtre est composé de quartz, d'orthose, accessoirement de magnétite et de biotite;
2. les *schistes du mur* sont des roches foncées, parfois rubanées (orthose), micacées (biotite) ou tachetées (andalousite), généralement très siliceuses, plus rarement calcaires; la schistosité est toujours prononcée;
3. la *série calcaire*, très variée aussi, comprend des calcaires cristallins, des calcaires siliceux, des calcaires à wollastonite et à grenat, des cornéennes à mica blanc, à grenat, à idocrase (duparcite) et à diopside. Ces cornéennes représentent dans l'ensemble le minerai d'Azegour. Il faut noter que la grenatisation et la minéralisation (MoS<sub>2</sub>) se sont manifestées avec beaucoup d'intensité au mur de cette série, tandis que le toit est composé le plus souvent par des calcaires cristallins saccharoïdes;

<sup>1)</sup> V. à ce sujet: 1. DUPARC, „Sur le gîte de molybdénite d'Azegour“. C. r. soc. phys. Genève, vol. 47, no. 2 (1930). — 2. DUPARC, „Sur les phénomènes de contact du granit d'Azegour et sur les gisements de molybdénite“. Bul. suisse min. et pétrogr., t. 10 (1930). — 3. DUPARC, „Les gisements de molybdénite d'Azegour“. Mém. présenté congrès intern. des mines, 6me session Liège, juin 1930. — 4. DUPARC et AMSTUTZ, „Sur la classification des gîtes métallifères“. Bul. suisse min. et pétrogr., t. 12 (1932). — 5. DUPARC, „Sur les roches éruptives et métamorphiques d'Azegour“. Act. soc. helv. sc. nat., p. 348 (1932).

4. les *schistes du toit*, moins métamorphiques que ceux du mur, mais somme toute, du même type.

Sortant du cadre strictement scientifique réservé aux précédentes études, j'exposerai ici la mise au point pratique de la flottation du minerai d'Azegour. J'insisterai en premier lieu sur l'importance de la connaissance pétrographique du minerai pour résoudre correctement cette question d'ordre technique.



Fig. 1. Vue d'ensemble de l'usine de flottation.

*Le minerai* est constitué par des grenatites ou grenato-idocra-sites, parfois calcaires et siliceuses, dans lesquelles se trouvent irrégulièrement disséminés

la molybdénite  
 la pyrrhotine  
 la pyrite  
 la chalcoppyrite  
 la galène  
 la blende  
 le mispickel.

Ces trois derniers très accessoirement cependant;  
 l'oligiste, altéré ou non, s'y rencontre abondamment.

Un examen de préparations polies des différents types de minerai est d'intérêt primordial. Il nous montre :

- a) La molybdénite largement cristallisée formant remplissage entre les éléments constitutifs de la roche (grenat, idocrase, calcite). Elle est bien visible à l'oeil nu, puisque les paillettes sont de 1 à 25 mm., voire plus grandes.
- b) La molybdénite déposée dans certaines craquelures des cristaux de grenat au même titre que des produits ferrugineux et chloriteux.  
La dimension moyenne est de 0,2 mm.
- c) La molybdénite englobée à l'intérieur de plages de pyrrhotine.
- d) La molybdénite infiltrée dans les plans de schistosité et de diaclase sans avoir adopté macroscopiquement une forme cristalline. Elle est généralement pulvérulente, intimement entourée de quartz, plus rarement de calcite.

Je n'ai jamais constaté l'association de la molybdénite à la chalcopryrite, à la pyrite ou à l'oligiste, les minéraux métalliques les plus répandus, mise à part la pyrrhotine.

#### LA FLOTTATION

Basées sur ces premières observations, les expériences de flottation vont préciser les points suivants:

1. l'intensité du broyage
2. les réactifs — qualité, quantité, distribution —
3. le caractère chimique de la pulpe
4. la proportion optimum de matière solide dans la pulpe
5. la qualité marchande du produit fini (concentrés).

##### *1. Le broyage*

Il est poussé à 0,1 mm. environ (tamis No. 100) pour libérer au moins les 90 % de la molybdénite renfermée dans un minerai titrant approximativement 1,0 % de  $\text{MoS}_2$ . Un broyage plus intense ne serait guère rémunérateur, car il n'améliorerait pas le rendement de la flottation. Par contre, il entraînerait la formation abondante de „schlamms“ dont la présence est toujours indésirable.

Sachant, d'autre part, que la chalcopryrite a un degré de flottabilité voisin de celui de la molybdénite, un broyage très poussé ne contribuerait qu'à faciliter l'entraînement de ce minéral dans l'écume, au même titre que  $\text{MoS}_2$ . Ce phénomène doit être au contraire combattu énergiquement puisque le cuivre en quantité supérieure à 0,3 % provoque une dépréciation notable de la marchandise.

La vérification continue de la qualité du broyage se fait au moyen d'un tamisage différentiel (tamis No. 80, 100, 120, 150, 200)

dont on examinera séparément les classes par voie optique et analytique. Pratiquement cette opération est faite sur la pulpe au sortir du classeur. Ci-dessous une analyse moyenne de tamis:

tamis No.	% de minerai		% de MoS <sub>2</sub>	
	par classe	cumulatif	par classe	cumulatif
80	0	0	0	0
100	2	2	10	10
120	4	6	20	30
150	5	11	30	60
200	9	20	30	90
undersize	80	100	10	100

Les autres points sont fixés par les essais de flottation proprement dits. Ces essais sont effectués dans le „tube Callow“, engin composé d'un tube de verre de 8 à 10 cm. de diamètre et de hauteur variable (50 à 70 cm.). On adapte à l'un des orifices — le bas de l'appareil — un fond poreux, en toile de filtre par exemple, au travers duquel sera insufflé de l'air comprimé à 0,3 atmosphère environ pour émulsionner la pulpe. Cette émulsion facilite la formation d'une écume abondante et ascendante qui est recueillie convenablement.

### CELLULE CALLOW MAC-INTOSH

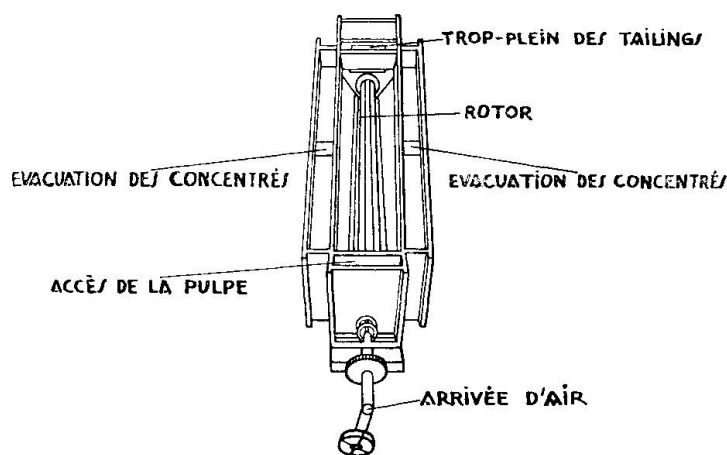


Fig. 2.

Il est inutile d'envisager l'emploi d'appareils à agitation mécanique, d'entretien et d'installation plus onéreux. Une agitation pneumatique donne des résultats satisfaisants avec notre minerai.

Dans la pratique la cellule Callow-Mac-Intosh (Fig. 2) réalise au mieux ces conditions; c'est pourquoi elle a été adoptée à Azegour.

Il y a des cellules de 5 m. et d'autres de 3 m. construites identiquement. Les premières fonctionnent comme „dégrossisseuses“, les

secondes comme „finisseuses“. L'auge centrale constitue le corps principal de l'appareil. Elle est flanquée latéralement de goulottes pour l'évacuation de l'écume et, à ses 2 extrémités, de caissons, dont l'un assure à l'alimentation, tandis que l'autre sert à capter les eaux du trop-plein.

Toute la cellule est construite en bois résineux de première qualité.

L'insuflation de l'air ne se fait plus par le fond de l'appareil comme dans la „Callow“, mais au travers d'un „rotor“ ou tambour horizontal, sur l'armature duquel est tendue une toile de filtre remplacée dernièrement par un „rubber blanket“ ou toile caoutchoutée poreuse. Le rotor a un diamètre de 25 cm. Il fait 15 à 18 tours à la minute. Ce mouvement lent exige 0,2 à 0,3 HP; il suffit cependant pour éviter l'obturation des pores et pour régulariser la répartition de la pulpe et de l'écume sur toute la longueur de la cellule. Cette révolution du rotor provoque en outre une faible agitation mécanique dont le double avantage est d'obtenir un réglage plus sensible de l'air comprimé et, partant, du débit de l'écume. Cette précision n'est pas obtenue dans les appareils pneumatiques du type „Callow“, „Ekof“, etc.

## 2. Les réactifs.

Le choix des réactifs est limité par le degré de flottabilité remarquable de la molybdénite. Il faut éviter les produits trop énergiques agissant simultanément sur la pyrite et la chalcopryrite.

Les agents employés à Azegour, soit au laboratoire, soit à l'usine sont les suivants:

Ecumants	Collecteurs	Précipitants
flotol	xanthate de potassium	silicate de soude
huile „W“	amylxanthate de potassium	carbonate de soude
pétrole lampant	aérofloat	cyanure de soude
créosote		chaux éteinte
aérofloat		

Relevons la quantité importante d'agents précipitants.

La chaux et le carbonate de soude rendent la pulpe alcaline tout en éliminant la pyrite et la pyrrhotine qui se trouvent en proportion si considérable dans le minerai traité.

Le cyanure de soude a pour objet l'éloignement de la chalcopryrite sans cependant que son action soit décisive et dispense d'une surveillance attentive.

Le silicate de soude agit d'une façon coagulante sur les „schlamms“. Cette action est particulièrement efficace dans les „finisseuses“.

Les tableaux ci-dessous donnent un exemple de dosage appliqué à l'usine ainsi que le point du circuit de la pulpe où le réactif est ajouté.

*Quantités globales de réactifs par tonne de minerai traitée*

flotol	0,020 kg.
huile „W“	0,154 «
amylxanthate de potassium	0,175 «
carbonate de soude	0,250 «
chaux éteinte	0,900 «
cyanure de soude	0,090 «
silicate de soude	0,620 «

*La distribution est échelonnée comme suit:*

dans le broyeur à boulets	chaux éteinte
dans la 1 <sup>ère</sup> dégrossisseuse (mélangeur)	huile „W“ amylxanthate de potassium cyanure de soude
dans la 2 <sup>de</sup> dégrossisseuse	huile „W“ amylxanthate de potassium
dans la 3 <sup>me</sup> dégrossisseuse	flotol amylxanthate de potassium
dans la 1 <sup>ère</sup> finisseuse	huile „W“ carbonate de soude cyanure de soude
dans la 2 <sup>de</sup> finisseuse	huile „W“ silicate de soude
dans la 3 <sup>me</sup> finisseuse	silicate de soude.

*3. Le caractère chimique de la pulpe*

L'emploi du cyanure de soude comme agent précipitant de la chalcopirite exige eo ipso une alcalinité bien prononcée de la pulpe. Il suffit pratiquement de maintenir un excès d'environ 0,1 % de CaO et de 0,05 % de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pour obtenir ce résultat.

*4. La densité de la pulpe*

Il faut s'astreindre à une grande régularité dans la proportion de matière solide contenue dans la pulpe, car la moindre variation de ce facteur entraîne des perturbations innombrables. Les meilleurs résultats sont obtenus avec une pulpe contenant 300 g. de minerai au

litre à la sortie du classeur et environ 200 g. au litre dans la première dégrossisseuse.

5. La qualité marchande des concentrés

La coordination judicieuse de 4 facteurs soit: broyage régulier, distribution convenable des réactifs, surveillance de l'alcalinité et de la densité de la pulpe, permet l'obtention d'un produit marchand de qualité constante. Les usines métallurgiques demandent, dans la règle, des concentrés titrant environ 85 %  $\text{MoS}_2$  et ne renfermant pas plus de 0,3 % de cuivre. La présence de bismuth et d'antimoine est toujours préjudiciable.

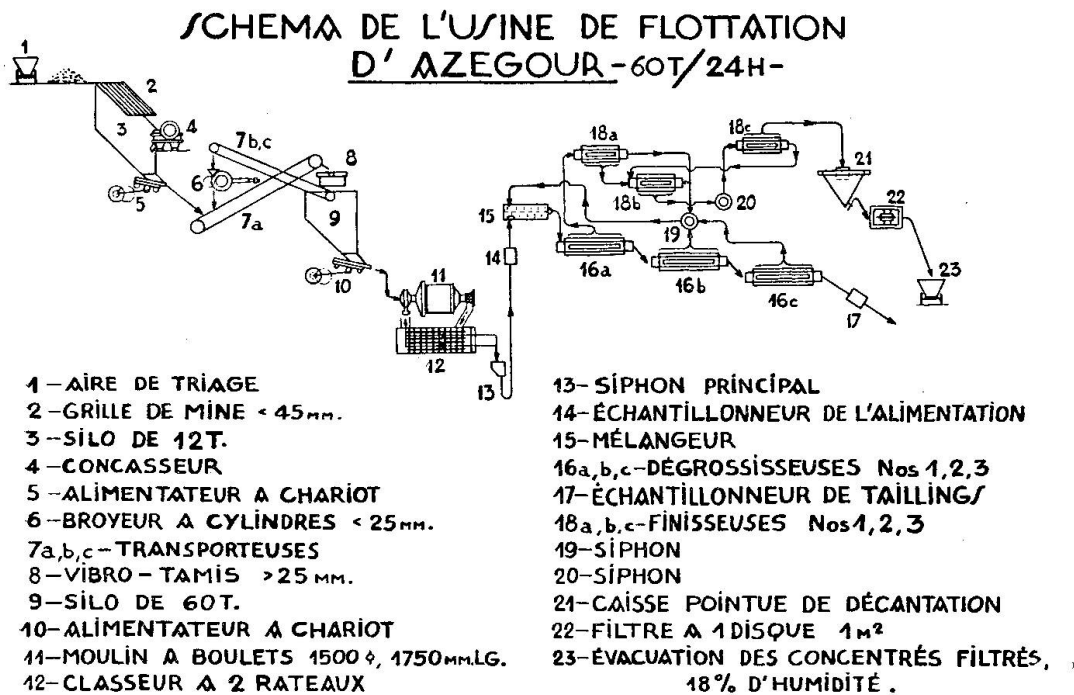


Fig. 3.

L'USINE DE FLOTTATION

Toutes les observations précédentes sont à la base des conditions de marche industrielle. Je n'ai pas l'intention de développer ici des considérations techniques qui intéressent uniquement les constructeurs. Je me contenterai donc de renvoyer le lecteur au schéma (Fig. 3) et aux tableaux ci-dessous.

L'usine d'Azegour (construite par la maison Krupp-Grusonwerk) d'une capacité initiale de 60 tonnes / 24 heures a pu être portée à 75 tonnes / 24 heures à la suite de modifications du réglage primitif.

Les tableaux suivants résument quelques renseignements techniques.

*I. La distribution de l'énergie*  
(puissance des moteurs)

a) Tête de l'usine comprenant	un concasseur un broyeur à cylindres trois rubans transporteurs un vibro-tamis un alimentateur à chariot	45 HP
b) Moulinage comprenant	un broyeur à boulets un classeur à rateaux un alimentateur à chariot	75 HP
c) Flottation comprenant	deux souffleries un mélangeur trois dégrossisseuses trois finisseuses des distributeurs de réactifs deux échantillonneurs	44 HP
d) Filtration comprenant	une pompe à vide une pompe à eau un filtre à disque	6 HP
e) Station de pompage		25 HP
	total	195 HP

*II. Rendement de la flottation*

minerai % MoS <sub>2</sub>	concentrés % MoS <sub>2</sub>	tailings % MoS <sub>2</sub>	rendement théorique	coefficient de concentration
1,20	87,20	0,09	92,5%	1 : 73
0,85	85,10	0,07	91,8%	1 : 100

*III. Répartition des frais de traitement de la tonne de minerai sur  
les différents postes*

(moyenne des premiers mois de marche)

1400 tonnes

surveillance	fr. français	8,61
indigènes	« «	6,37
gaz-oil et huile du diesel	« «	8,83
graissage	« «	0,45
pièces de rechange et boulets	« «	6,32
réactifs	« «	4,77
divers	« «	5,90

total fr. français 41,25

Genève, août 1933.

Reçu le 2 septembre 1933.