

Étude et caractérisation du minerai plomb/zinc

Essais d'enrichissement par flottation

Leila Mahtout, Djoudi Merabet et Pierre Gaudon

Résumé Le gisement plomb-zinc d'Amizour est l'un des plus grands gisements d'Algérie. Sa minéralisation est constituée principalement de galène, de sphalérite et de certains éléments en faibles proportions tels que cadmium, thallium et cuivre. Les analyses effectuées par diverses méthodes physico-chimiques ont permis de déterminer la composition minéralogique et chimique de ce minerai. Puis des essais d'enrichissement par flottation de la sphalérite ont démontré la possibilité d'éliminer la pyrite et d'extraire le zinc avec un rendement favorable.

Mots-clés **Gisement, sphalérite, galène, diffraction des rayons X, microscopie électronique à balayage, MEB, flottation, zinc.**

Abstract **Characterization of a lead-zinc deposit and zinc enrichment by flotation**
The Amizour lead-zinc deposit is considered as one of the largest polymetallic deposit in Algeria. Its mineralization is mainly constituted by galena, sphalerite and some elements in small proportions as cadmium, thallium and copper. The analyses made by various physico-chemical methods permitted to determine the mineralogical and chemical composition of this ore. The sphalerite flotation showed that the zinc enrichment at a good concentration is favourable despite the abundant presence of pyrite.

Keywords **Lead-zinc mineral deposit, sphalerite, X ray diffraction, scanning electron microscopy, SEM, flotation, zinc.**

Le zinc est le troisième métal non ferreux produit dans le monde après l'aluminium et le cuivre [1]. En Algérie, sa production devance celle du mercure mais demeure néanmoins insuffisante. Pour y remédier, d'énormes investissements dans la recherche et le développement minier ont été consentis. La découverte de nouveaux gisements, tel celui d'Amizour dans le nord du pays (figure 1), est une perspective pour couvrir les besoins du pays. Ce gisement, qui fait l'objet de notre étude, est l'une des plus grandes réserves naturelles en zinc et en plomb d'Algérie ; il couvre une superficie d'environ 70 km² [2]. Sa composition minéralogique principale se caractérise par la

sphalérite (blende⁽¹⁾) et la galène, avec comme éléments secondaires le cadmium, le cuivre et le thallium.

Cette étude a pour but de réaliser des essais de flottation⁽²⁾ sur le minerai afin d'obtenir des concentrés répondant aux critères de sélection exigés par l'industrie des métaux purs et aux recommandations de la littérature [3-4]. La première partie est consacrée aux résultats des analyses physico-chimiques des échantillons représentatifs du minerai et des essais de flottation de la blende (sphalérite). Elle est suivie de la caractérisation des concentrés, obtenue après l'opération de flottation subie par le minerai brut.

Analyse minéralogique et chimique

L'analyse des surfaces polies au microscope optique de type Leitz muni d'une caméra permettant la prise de photos a montré la présence de différents minéraux tels que la galène (figure 2a), de couleur blanche, caractérisée par les arrachements triangulaires, la pyrite, de couleur jaune, la blende,

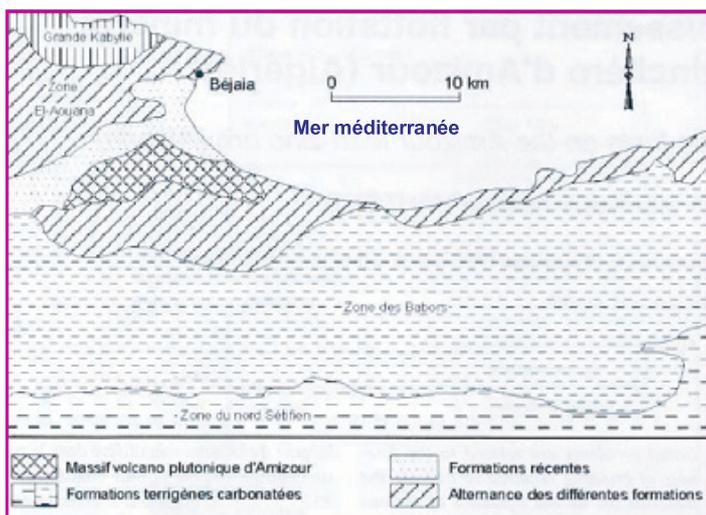


Figure 1 - Position du massif Amizour dans le contexte structural du Nord algérien.

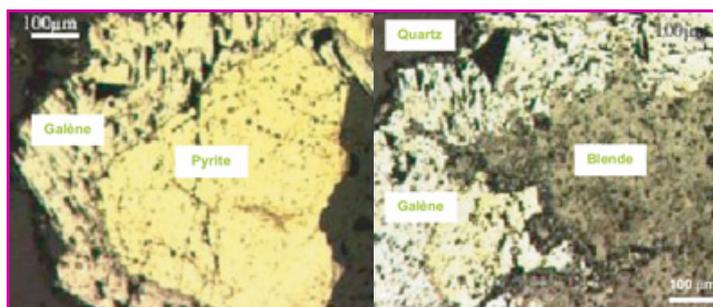


Figure 2 - Association de (a) galène et pyrite ; (b) blende, galène et quartz.

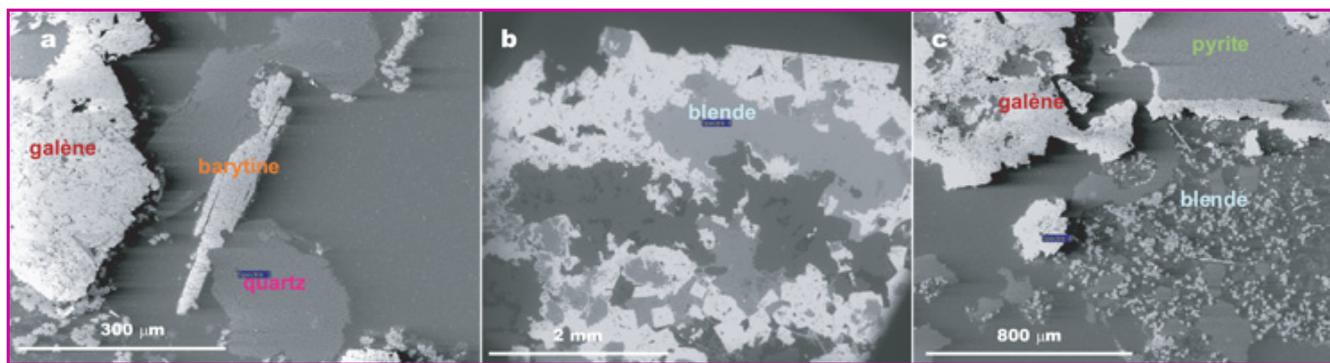


Figure 3 - Vues au MEB : a) micrographie du minéral montrant l'association de galène, barytine et quartz ; b) vue de la blende sous forme de taches volumineuses ; c) l'enrobage de la pyrite par la galène et les grains fins de la blende.

de couleur gris clair (figure 2b) et les minéraux de la gangue. Ces résultats ont été confirmés par la microanalyse effectuée au microscope électronique à balayage (MEB) (FEI, Quanta 200F, type Oxford), qui montre du quartz, de la barytine et de la galène (figure 3a). Des taches volumineuses et des grains fins de blende (sphalérite) sont identifiés au MEB (figures 3b et 3c). La figure 3c montre également l'enrobage de la pyrite par la galène. Le spectre électronique de la blende est représenté figure 4. On observe dans ce minéral la présence de différents éléments comme le titane, le cadmium et le cuivre.

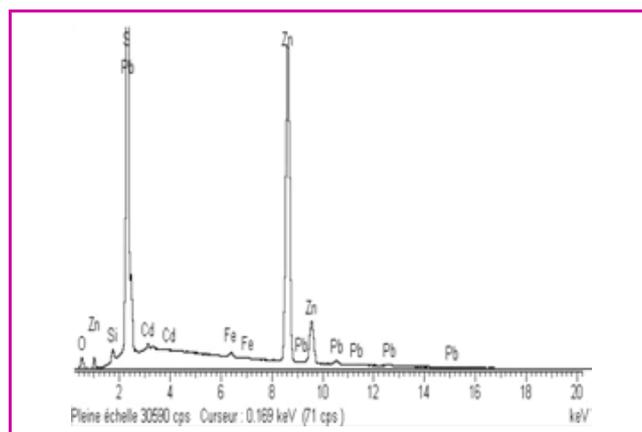


Figure 4 - Spectre électronique de la blende.

La poudre minérale de l'échantillon représentatif analysée par diffraction des rayons X (Bruker, modèle D8, tube Cu, $\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$) montre l'ensemble des phases minérales qui constituent le minéral. La figure 5 montre le pic principal de la sphalérite (blende) à $28,5^\circ$, ainsi qu'un second pic de très faible intensité correspondant à la galène. Ce dernier est masqué par le pic intense de la calcite à $29,5^\circ$ ainsi que d'autres pics relatifs aux minéraux de la gangue.

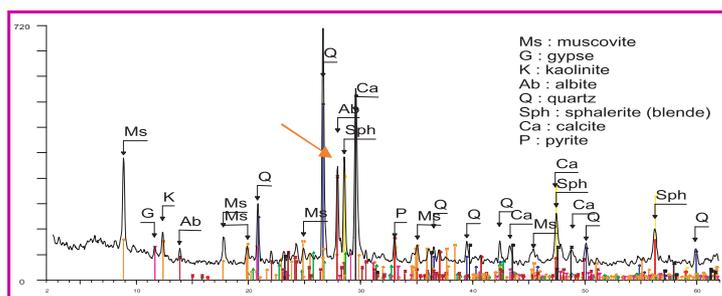


Figure 5 - Spectre de diffraction des rayons X d'un échantillon représentatif (minéral Pb/Zn).

Essais de flottation et caractérisation des concentrés obtenus

Les essais de flottation de la poudre minérale broyée à $100 \mu\text{m}$ à différentes valeurs de pH ont été effectués au sein de notre laboratoire en présence d'isobutyl xanthate de potassium, utilisé essentiellement pour la flottation des sulfures (sphalérite) [5-7], de sulfate de cuivre comme activant [8] de la blende et de chaux pour déprimer la pyrite. Le tableau I montre les résultats (teneurs et taux de récupération) de la flottation de la blende, en fonction du pH déterminé par spectrométrie d'absorption atomique. Les teneurs en zinc et les rendements de récupération obtenus sont très importants à pH 10. Cependant, l'enrichissement de la sphalérite (blende) est faible en milieu acide.

Tableau I - Teneurs et rendements de récupération en zinc des concentrés de flottation, en fonction du pH.

pH	Teneur moyenne en zinc (%)		Taux de récupération R (%)
	Alimentation	Concentré	
6,4	8,63	22,48	57,13
8	9,8	25,50	51,00
10	9,25	39,1	70,48
11,6	9,63	26,5	71,00

Le spectre de diffraction X relatif au concentré obtenu à pH 10 (figure 6) confirme les résultats d'analyse chimique. On note en effet la présence d'un pic principal très intense de réflexion attribué à la blende, avec cependant l'apparition des autres pics de réflexion de faibles intensités relatifs à la pyrite.

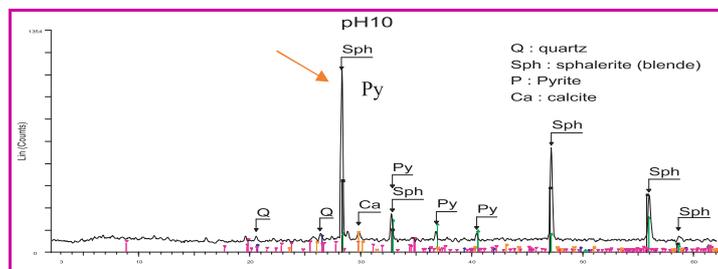


Figure 6 - Spectre de diffraction X du concentré de blende obtenu à pH 10.

Par ailleurs, les spectres de diffraction X correspondant aux concentrés obtenus à pH 8, 10 et 11,6 montrent essentiellement des pics très intenses de sphalérite, plus

particulièrement pour le concentré obtenu à pH 10. Le pic de réflexion de la galène (situé à 29,5°) est très faible, masqué par celui de la calcite. Par contre, les pics relatifs à la pyrite sont relativement importants. On constate également la présence de quartz et de kaolinite dans le concentré obtenu à pH 11,6 [9-10].

L'analyse semi-quantitative réalisée par fluorescence X des poudres minérales du concentré de flottation à pH 10 (tableau II) donne un rapport moyen de l'ordre $Zn/Fe = 1,60$, confirmant ainsi les données de l'analyse par diffraction X.

Tableau II - Analyse chimique du concentré obtenu à pH 10.

Élément	Fe	Zn	Si	Pb
Teneurs (%)	21,20	35,12	2,67	2,5

La réalisation d'un essai d'épuration sur les concentrés obtenus à différents pH permet d'obtenir un concentré renfermant très peu de pyrite et de galène, mais avec un enrichissement très important en zinc. L'analyse semi-quantitative par fluorescence X donne une teneur en zinc de 47 %, résultat confirmé par spectrométrie d'absorption atomique.

Des analyses thermogravimétriques ont été réalisées sur les concentrés à pH 10 et 11,6 et sur le concentré épuré [10]. Les résultats indiquent qu'à pH 10, il existe une perte de masse de 8 % dans l'intervalle de température 426-541 °C, attribuée à l'oxydation de la pyrite [11], et une perte de masse de 10 % entre 586-731 °C, attribuée à l'oxydation de la blende. Les résultats du thermogramme obtenus sur le concentré épuré [10] révèlent une perte de masse de 2 % dans l'intervalle de température 449-504 °C (oxydation de la pyrite résiduelle) et une perte de masse de 13 % entre 630-731 °C, attribuée à l'oxydation de la blende [11].

Conclusion

Les observations au microscope optique et MEB couplés à l'analyse X nous ont permis d'identifier les différents éléments contenus dans le minerai tout venant. Le spectre de diffraction X a identifié l'ensemble des phases minérales contenues dans le minerai. Le concentré de blende obtenu à pH 10 renferme très peu de matière non valorisable, excepté la pyrite, avec un enrichissement très important en blende (teneur 39 % en zinc avec un taux de récupération de 72 %). L'essai d'épuration (flottation) nous a permis d'obtenir un rendement d'enrichissement en zinc atteignant une teneur maximale estimée à 47 % et d'éliminer la pyrite contenue dans le concentré précédent. Ces résultats sont prometteurs et par conséquent, le procédé de flottation mis au point peut

être appliqué au gisement étudié en vue de l'extraction du zinc.

Notes et références

- (1) Sulfure de zinc, la **blende** est également appelée sphalérite. Elle présente de nombreuses couleurs selon les quantités de fer, de manganèse, de cadmium ou de gallium qu'elle contient dans son réseau cristallin.
- (2) La **flottation** est un procédé permettant de séparer des éléments solides en suspension dans un liquide, en fonction de leur différence de densité. Cette méthode est particulièrement bien adaptée à la séparation des minéraux sulfurés (blende, galène, chalcopryrite, pyrite...) et des oxydes (barytine, fluorine, oxydes de fer...).
- [1] Yates E.M., Foster R.B., Zinc, sulfur, minerals production, *Min. J.*, **1995**, 196, p. 39.
- [2] Saverov V., *Rapport sur les résultats des travaux de recherche, Évaluation du gisement d'Oued Amizour*, O.R.G.M., Algérie, **1993**.
- [3] Blazy P., *Valorisation des minerais*, PUF Paris, **1970**, p. 249.
- [4] Bezzi N., Merabet D., Valorisation et enrichissement par flottation du minerai de phosphate de Bled El Hadba (Algérie), *Ann. Chim. Sci. Mat.*, **2005**, 30(2), p. 171.
- [5] Baldwin D.A., Funch J.A., Studies on flotation of sulfides, the effect of Cu^{++} on the flotation of zinc sulfide, *Int. J. Min. Process.*, **1979**, 5, p. 173.
- [6] Gun B., Pulp chemistry in sulphide mineral flotation, *Int. J. of Process.*, **1991**, 33(1-4), p. 1.
- [7] Bounouala M., Merabet D., Bacouche M., Caractérisation du minerai sulfuré de Chaabet El Hamra en vue d'un enrichissement par flottation, *Ann. Chim. Sci. Mat.*, **2000**, 25, p. 635.
- [8] Blazy P., Jdid E., Flottation - Aspects pratiques, *Techniques de l'Ingénieur*, **2000**, J3360.
- [9] Merabet D., Mahtout L., Essais d'enrichissement par flottation du minerai plombo-zincifère d'Amizour (Algérie), *Chronique de la Recherche Minière*, **1999**, 535, p. 59.
- [10] Mahtout L., Gaudon P., *Caractérisation des concentrés de flottation*, Rapport de stage CMGD, École des mines d'Alès, mars **2006**.
- [11] Charrier J., Contribution à l'étude de la décomposition des minerais sulfurés dans l'air par l'analyse thermique pondérale, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, **1954**, tome 18, p. 97.



P. Gaudon

Leila Mahtout (auteur correspondant) est doctorante, et **Djoudi Merabet**, directeur de recherche, au Laboratoire de Technologie des matériaux et génie des procédés (LTMGP), Université A. Mira-Béjaïa (Algérie)*.

Pierre Gaudon est enseignant-chercheur au Centre des Matériaux de Grande Diffusion, École des Mines d'Alès**.

* Laboratoire de Technologie des matériaux et génie des procédés (LTMGP), Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur, Université A. Mira-Béjaïa 06000 (Algérie).

Courriel : mahtoutleila@yahoo.fr

** Centre des Matériaux de Grande Diffusion, Laboratoire GERM, École des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, 30319 Alès Cedex.

Courriel : pierre.gaudon@ema.fr

« Comment ça marche ? »

Agroalimentaire, carburants, colles, cosmétiques, matériaux, peintures, pharmacie, produits d'entretien...

La rubrique de L'Actualité Chimique qui répond à vos questions sur la chimie de votre quotidien.

Proposez-nous vos sujets, vos projets d'articles...

Coordinatrice de la rubrique : Véronique Nardello-Rataj (Université de Lille)

Courriel : veronique.rataj@univ-lille1.fr - Tél./fax : 03 20 33 63 69.

