

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE LAITIER DE HAUT FOURNEAU PAR SPECTROSCOPIE INFRAROUGE (IR) ET DIFFRACTION DE RAYON X (DRX)

Ouahida Khireddine^{1,2}, Toufik Chouchane¹, Amel Bendjama¹, Sana Chibani¹, Samira Tlili¹

¹ Centre de Recherche en Technologies Industrielles CRTI.P.O.Box.64.Cheraga 16014. Algérie

²Laboratoire de traitement de l'eau et de valorisation des déchets industriels, Département de Chimie, Université Badji-Mokhtar, BP 12, Annaba, 23000, Algérie
o.khireddine@crti.

Résumé—L'industrie sidérurgique génère une production fatale de matières secondaires constituées de produits de réactions résultant de son activité de production d'acier. Ces matières secondaires sont désignées communément par les coproduits sidérurgiques tels que : les laitiers de haut fourneau. Les principales propriétés physiques de laitier de haut fourneau (La densité et la surface spécifique). Les échantillons ont été caractérisés par différentes techniques d'analyses parmi nous citons : la diffraction des rayons X et la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier. Les diffractogrammes obtenus sur les échantillons des laitiers caractérisent la phase vitreuse et quelques raies de faible intensité représentant les composés cristallisés. Lors de l'analyse des poudres par spectrométrie infrarouge IR, Le spectre a montré des bandes identifiées, telles que le les liaisons Al-O, Ca-O, et Si-O qui se caractérisent par les bandes de vibration à environs 634, 1793, 956 cm^{-1} plus la présence des carbonates caractérisés par la bande 879 cm^{-1} .

Mots-clés—Déchets sidérurgiques; Caractérisation chimique; DRX; IR; Laitier.

I. INTRODUCTION

Le complexe sidérurgique d'El-Hadjar produit chaque année des quantités considérables de déchets et sous-produits à savoir le laitier concassé et laitier granulé [1]. Les laitiers du haut fourneau sont des produits issus de la fabrication de la fonte qui se présentent sous deux formes [2,3] : granulé obtenu par refroidissement brutal et cristallisé obtenu par refroidissement lent à l'air. Ces laitiers se présentent sous forme de roche dure, angulaire et frottant. L'objectif principal de ce travail consiste à effectuer une étude sur l'utilisation des coproduits provenant de l'usine sidérurgique d'El-Hadjar Annaba (laitier cristallisé et laitier granulé). Il s'agit d'une caractérisation physico-chimique des méthodes appropriées. Etude des caractéristiques des matières secondaires sont désignées communément par les coproduits «la diffraction par rayon X et spectroscopie infrarouge IR».

II. TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

Les échantillons faisant l'objet de cette étude ont subi plusieurs caractérisations à savoir: un broyage en vue d'obtenir une homogénéité du matériau (laitier cristallisé et le laitier granulé). L'opération de broyage a été effectuée sur un broyeur SIEBTECHNIK (GMBH.MOLHEIM) type 100. Un lavage par mise en contact des échantillons tamisée à 160 μm , après le broyage, avec de l'eau distillée. Une agitation mécanique à l'aide d'un agitateur de type SCIOGEX (OS40-Pro) à 500

tr/mn pendant 1 heure en vue d'éliminer toute les impuretés et résidus de broyage. Etuvage des échantillons à 105 ° C pendant 24heures. Analyse granulométrique dans le but de déterminer les différentes tailles des particules à étudier. La distribution granulométrique des coproduits ont été déterminée en utilisant une tamiseuse à aspiration d'air de marque ALPINE (tamis à jet d'air). Elle est recommandée pour le tamisage très fin. L'analyse par diffraction des rayons X est une technique d'analyse basée sur le principe suivant : Le diffractomètre utilise une radiation monochromatique $\text{CuK}\alpha$ incident est diffracté par l'échantillon à certains angles spécifiques. Spectroscopie FTIR a été réalisée à l'aide d'un SHIMADZU.IR.FTI8400S sur une gamme de 500 cm^{-1} à 4000 cm^{-1} avec une résolution de 2 cm^{-1} . Les échantillons sont conditionnés sous forme de dispersion dans une pastille de KBr (1/200 en poids).

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Propriétés physico-chimiques

Les résultats des propriétés physico-chimiques des laitiers et scorie sont rapportés dans le Tableau I.

TABLE I. PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUE DES LAITIERS ET SCORIE.

Les échantillons	pH	Densité réel (g/cm^3)	Granulométrie (μm)	Surface spécifique (m^2/g)
Laitier granulé	9,75	2.9274	≤ 45	1.38
Laitier cristallisé	10,55	3.0096	≤ 45	1.76

Le pH du laitier cristallisé dans l'eau est souvent plus basique (pH=10,55) que le pH du laitier granulé (pH=9,75). Le pH élevé de la solution, le laitier est activé grâce à la dissolution de la couche imperméable à l'eau à la surface des grains de laitier [4]. La densité réelle des laitiers d'usine sidérurgiques d'El-Hadjar Annaba et propriétés physiques sont citée dans des articles publiés est de l'ordre de 2.70 g/cm^3 et 2,91 g/cm^3 [5] La densité de laitier granulée est plus faible (2.92

g/cm³) que la densité de laitier cristallisé (3.0096 g/cm³). Afin de garantir une reproductibilité des essais, une prise d'essai de 10 gr est prise de l'échantillon à étudier. L'analyse granulométrique a été effectuée en utilisant les jeux de tamis suivant : 45, 63, 90, 125, 200 (µm). Les courbes granulométriques obtenues sur les différents échantillons étudiés nous permettent de choisir la fraction majeure qui est limitée entre 0-45 µm.

B. Analyse par diffractométrie des rayons X

Les diffractogrammes obtenus sur les échantillons de laitier granulé (fig.1.a) et de laitier cristallisé (fig.1b) sont présentés sur la figure 1. On note la présence de zone diffuse qui caractérise la phase vitreuse et quelques raies de faible intensité représentant les composés cristallisés [6]. L'analyse minéralogique par DRX du laitier granulé de haut fourneau est présentée dans la figure (figure10.a). Le diffractogramme du laitier granulé est typique à un laitier amorphe qui présente cependant deux pics caractéristiques correspondant à la calcite et au fer [7]. L'analyse des raies de diffraction ont permis de mettre en évidence la présence majoritaire de silice SiO₂, dont le pic principale se situe à 26 (2θ) et 28 (2θ). Nous observons la présence d'autres phases minérales telles que la chaux (CaO) et Al₂O₃.

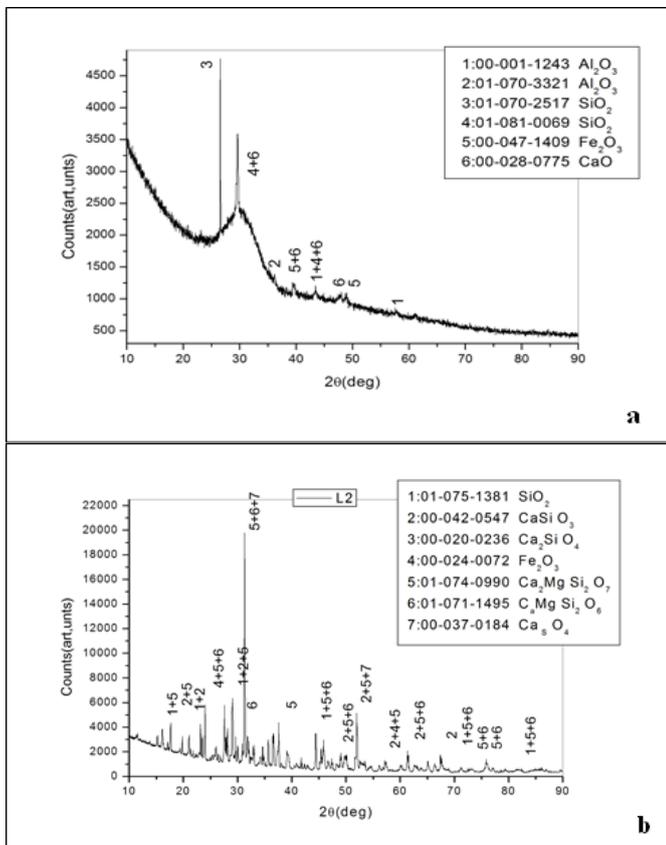


Fig. 1. Diagrammes de diffraction obtenus pour le laitier granulé (a) et laitier cristallisé (b).

C. Spectrométrie infrarouge (IRTF)

La Spectroscopie FTIR a été réalisée l'aide d'un SHIMADZU.IR.FTI8400S sur une gamme de 500 cm⁻¹ à 4000 cm⁻¹ avec une résolution de 2 cm⁻¹. Les échantillons sont conditionnés sous forme de dispersion dans une pastille de KBr (1/200 en poids).

Le spectre infrarouge de laitier granulé (Fig. 2) présente les bandes des vibrations d'élongation de liaison COCa₃ à 1793 cm⁻¹, 879 cm⁻¹ et 715 cm⁻¹, alors que la bande de vibration de l'élongation de liaison C-O à 1437 cm⁻¹ [6,8]. Les liaisons Si-O-Si et Al-O sont caractérisées par les bandes de vibrations respectivement : 1007 cm⁻¹, 634cm⁻¹.

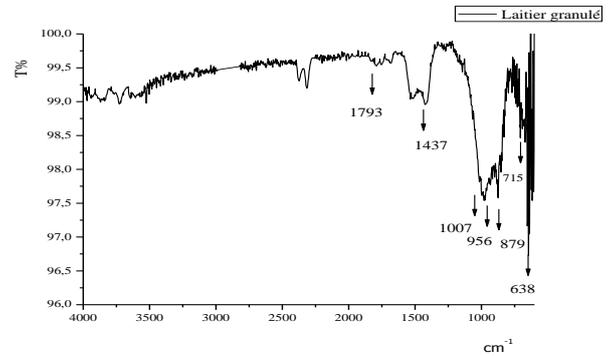


Fig. 2. Spectre infrarouge de laitier granulé.

Le spectre infrarouge (fig. 3) de laitier cristallisé présente la bande de vibration d'élongation à 1426 cm⁻¹ présent liaison Ca-O et la bande d'absorption autour de 1542 cm⁻¹ attribuée au vibration de déformation des liaisons de valences H-O-H des molécules d'eau; La bande d'absorption à 1003 cm⁻¹ qui exprime la vibration d'élongation asymétrique des liaisons Si-O-Si ou Si-O-Al [9].

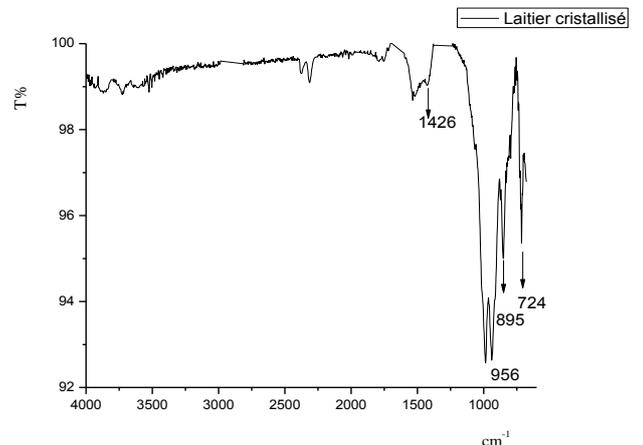


Fig. 3. Spectre infrarouge de laitier cristallisé

CONCLUSION

Cette étude, a permis de dégager des conclusions quant à l'importance du mode de préparation des trois types des coproduits sidérurgiques (laitier granulé et laitier cristallisé). Différentes opérations ont été réalisées sur les échantillons, nous citons le broyage, le lavage avec l'eau distillé. Les diffractogrammes obtenus sur les échantillons des laitiers caractérisent la phase vitreuse et quelques raies de faible intensité représentant les composés cristallisés. Ces résultats ont été justifiés par spectrométrie infrarouge. En effet, l'analyse montre clairement des bandes de vibration des carbonates (CaCO_3).

REFERENCES

- [1] G. F.Z. Melais, S. Melais, D. Achoura, R. Jaubertie. "Valorisation des sous-produits de hauts fourneaux dans la fabrication d'une nouvelle gamme de béton de sable (Valorisation of underproducts of blast furnaces in the manufacture of a new sandcrete range) ", J. Mater. Environ. Sci. 6 (3), 735-742,2015.
- [2] M.Behim, Réactivité, rôle et durabilité des laitiers d'El Hadjar dans les matériaux à matrice cimentaire, Thèse de Doctorat: UniversitéBadjiMokhtar Annaba,2005.
- [3] Eason, A .Lamtiguiet Y ,Bendani Valorisation des laitiers d'aciéries en genie civil valorization of steelslag in civil engineering:Ecole des mines de Douai, 2014.
- [4] B. L. Berredjem, Mémoire de magistère. Le recyclage des bétons de démolition, solution pour le développement durable. Formulation et comportements physiques et mécaniques des bétons à base de recyclés : UniversitéBadjiMokhtar Annaba, 2009.
- [5] I.S. Messaoudi farih. Influences des agents de viscosité sur les paramètres Rheologiques intrinseques des mortiers des bétons Autoplaçants:Universite mouloud mammeri de tizi-ouzou ,2016.
- [6] K. M.N. Guetteche and H. Houari, "Caractérisation et activation des laitiers de haut fourneaud'El hadjar par le clinker".Sciences & Technologie N°15, pp. 131-135.Elissa, 2001.
- [7] R. L , Zeghichi, Etude des bétons basiques a base des différents granulats. Thèse de doctorat : Université Mohamed Khider Biskra. 2006.
- [8] Y. F. Farcas et Ph. Touze .La spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) une méthode intéressante pour la carctérisation des ciments.Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées- 230-REF.4350-PP.77-88 ,janvier.février 2001.
- [9] M. .H.,Tchakoute, A, Elimbi Mbey, J.A., C.J. Ngally Sabouang., D., Njopwouo The effect of adding alumina-oxide to metakaolin and volcanic ash on geopolymer products: A comparative study. Construction and Building Materials : 35 .960-969.2012