

Étude comparative des bauxites par diffraction des rayons X, analyse thermique différentielle et spectroscopie d'absorption infrarouge

O. LAHODNY-ŠARC*, J. L. WHITE** et D. ŠVER*

Nous avons étudié différents échantillons de bauxites à l'aide des techniques de diffraction des rayons X, d'analyse thermique différentielle, et de spectrographie d'absorption infrarouge, afin de montrer les avantages et les limitations respectives de ces méthodes pour la détermination de la composition minéralogique de ces minerais.

Nous avons choisi la bauxite du type karstique, dans laquelle l'alumine est sous forme de boehmite, et qui contient une quantité importante de kaolinite. Nous avons étudié également des échantillons contenant du diaspore, et des bauxites latéritiques dans lesquelles l'alumine est sous forme de gibbsite. Les minéraux de fer (oxydes hydratés ou anhydres) sont présents en quantité importante dans plusieurs des gisements étudiés.

L'analyse par diffraction des rayons X est incontestablement d'un grand intérêt pour la détermination de la composition minéralogique des bauxites. Mais étant donné que les minerais étudiés renferment plusieurs constituants en proportions très différentes, il est nécessaire de mettre en œuvre les deux autres techniques que sont l'analyse thermique différentielle et la spectrographie d'absorption infrarouge: il est alors possible de faire une analyse plus précise et plus détaillée de ces minéraux. C'est ce que montre cette étude.

1. INTRODUCTION

Le but de cet article est de montrer comment les diverses méthodes physicochimiques semiquantitatives peuvent contribuer à l'identification rapide des bauxites.

Nous avons essayé surtout d'établir la portée et les limitations de l'analyse infrarouge, étant donné que les deux autres techniques, la diffraction X et l'analyse thermique différentielle, constituent déjà des méthodes classiques pour la détermination de la composition minéralogique des bauxites. Nous avons exécuté nos expériences sans nous engager dans les divers procédés connus de séparation des constituants du minerai étant donné que ces procédés, bien que pouvant donner des résultats fructueux, exigent beaucoup de temps ainsi qu'un contrôle rigoureux de tous les paramètres pouvant influencer l'opération. Les résultats obtenus par les trois méthodes concordent assez bien, de même qu'avec les résultats fournis par l'analyse dilatométrique et qui sont décrits dans un autre article de cet ouvrage [1].

Nous avons choisi pour nos essais des échantillons de bauxites du type karstique dans lesquels l'alumine est sous la forme de boehmite et qui renferment en outre une quantité

importante de kaolinite. Nous avons étudié également des bauxites karstiques où l'alumine est sous forme de gibbsite, ainsi que des bauxites à diaspore. Les minéraux du fer sont présents en quantité plus ou moins importante dans plusieurs des gisements étudiés. Les échantillons renferment toujours une quantité de rutil ou d'anatase allant de 2 à 4%. Nous avons enfin étudié des bauxites provenant de la zone latéritique d'Afrique Occidentale ou d'Amérique du Sud, bauxites dans lesquelles la gibbsite est le constituant prédominant.

2. PROCÉDÉ EXPÉRIMENTAL

Nous avons examiné 26 bauxites de différentes provenances par la méthode de diffraction des rayons X. L'analyse a été effectuée avec le diffractomètre Philips, PW1051, en utilisant la radiation $\text{CuK}\alpha$, filtré par Ni.

Les courbes d'analyse thermique différentielle ont été enregistrées par le dispositif de Netzsch.

Enfin les spectres infrarouges ont été enregistrés sur un spectromètre Beckman à double faisceau, modèle IR-12, muni d'un réseau. Les échantillons ont été préparés par la technique des pastilles KBr.

Les résultats obtenus par ces trois méthodes et par l'analyse dilatométrique permettent de classer les échantillons étudiés en 6 groupes.

2.1. Bauxites à boehmite

Les diffractogrammes de deux des échantillons de ce groupe sont présentés sur la figure 1, n^{os} 2 et 3. Ils renferment les raies de la boehmite qui est le constituant principal,

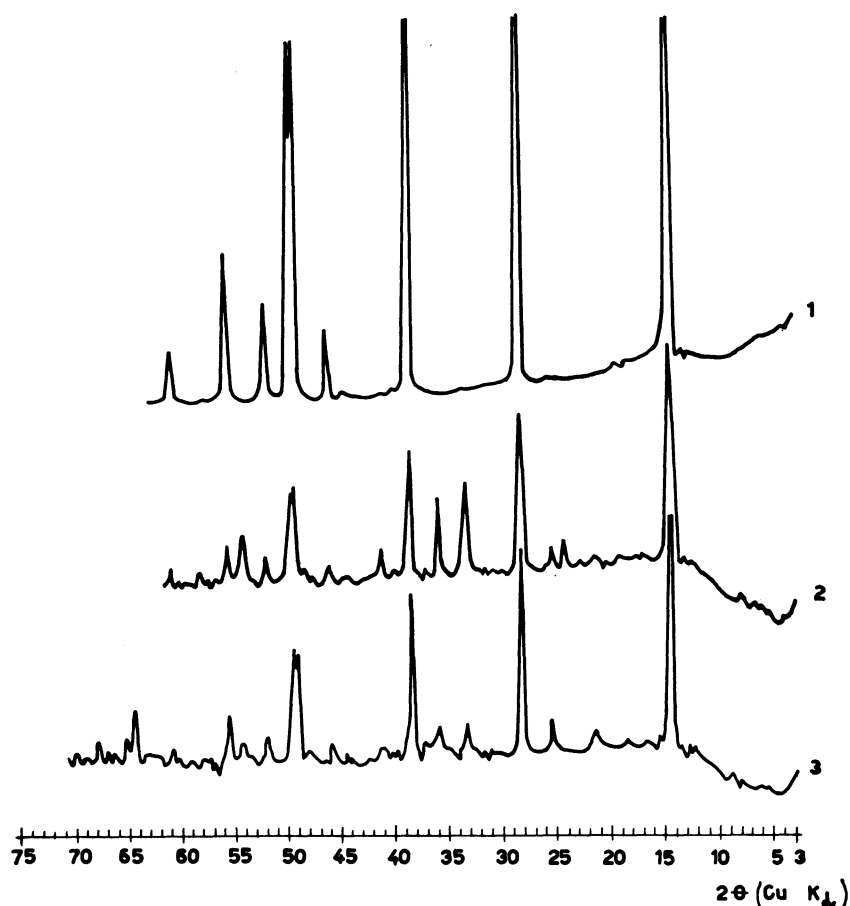


Fig. 1. — Diagramme X du groupe I: bauxites à boehmite

ainsi que les raies de l'hématite. Le diffractogramme n° 1 est celui d'une boehmite synthétique.

Les spectres d'absorption infrarouge sont représentés sur la figure 2. Les deux fréquences les plus élevées à 3290 et 3100 cm^{-1} correspondant aux vibrations suivant les liaisons de valence sont caractéristiques du minéral boehmite.

L'intensité relative de ces deux bandes peut être utilisée comme une mesure semiquantitative de la teneur de ce minéral dans l'échantillon étudié. Les résultats s'accordent avec ceux fournis par l'analyse aux rayons X, l'analyse thermique et l'analyse chimique.

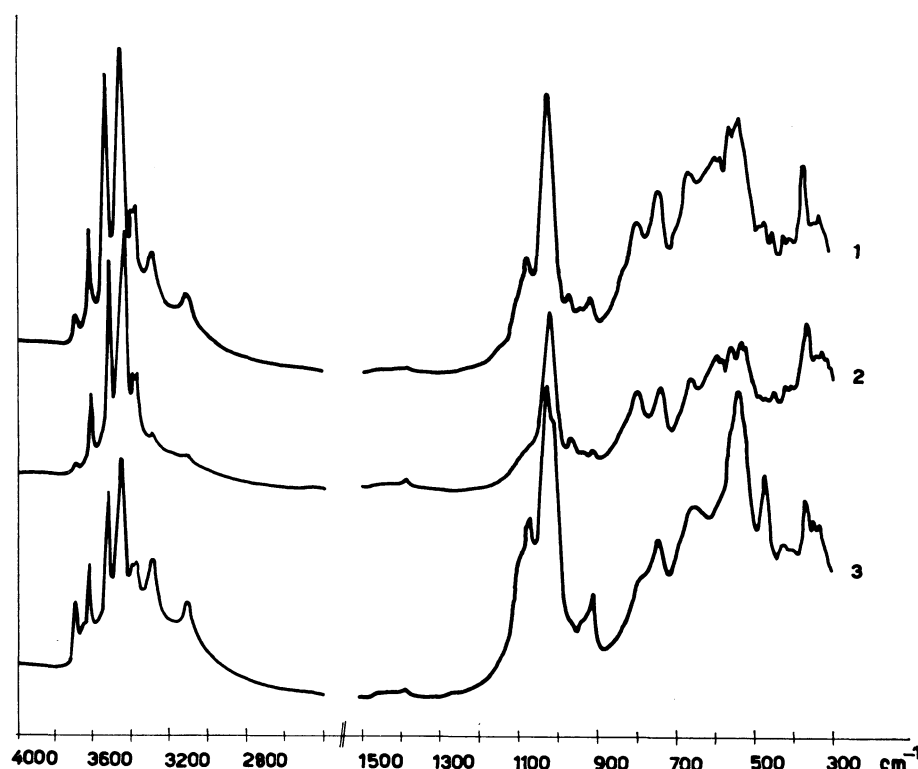


Fig. 2. — Spectres infrarouges du groupe I: bauxites à boehmite

2.2 Bauxites à boehmite et kaolinite

Les diffractogrammes des onze échantillons correspondants sont reproduit sur la figure 3. Les bauxites n°s 1 à 6 renferment de 75 à 48 % de boehmite, de 19,5 à 44 % de kaolinite, de 3 à 4 % de TiO_2 et 1 à 2 % d'hématite. L'échantillon n° 7 est riche en hématite (22 %) et renferme 43 % de boehmite, 32 % de kaolinite et environ 2 % de TiO_2 . Les bauxites n°s 8 à 11 ont une teneur très élevée en kaolinite, de 55 à 70 %, comme il a été confirmé par l'analyse chimique.

Les courbes d'analyse thermique différentielle (fig. 4) confirment les résultats de la diffraction ». On distingue bien la diminution du premier effet endothermique, dû à la décomposition de la boehmite, et l'augmentation du second crochet endothermique caractérisant la kaolinite.

La figure 5 représente les spectres infrarouges de ces mêmes bauxites. L'intensité relative des bandes de vibration de valence des groupes OH de la boehmite à 3290 et 3100 cm^{-1} diminuent tandis que les bandes de vibration à 3700—3620 cm^{-1} , caractéristiques des groupes hydroxyles de la kaolinite, augmentent progressivement suivant l'ordre 1 à 11. On peut noter sur les spectres 5 et 9 deux petites inflexions dans la région des vibrations à 3530 et 3460 cm^{-1} qui sont dues aux groupes hydroxyles de la gibbsite. Parallèlement les diffractogrammes de ces échantillons révèlent une raie de faible intensité à 48,5 Å°

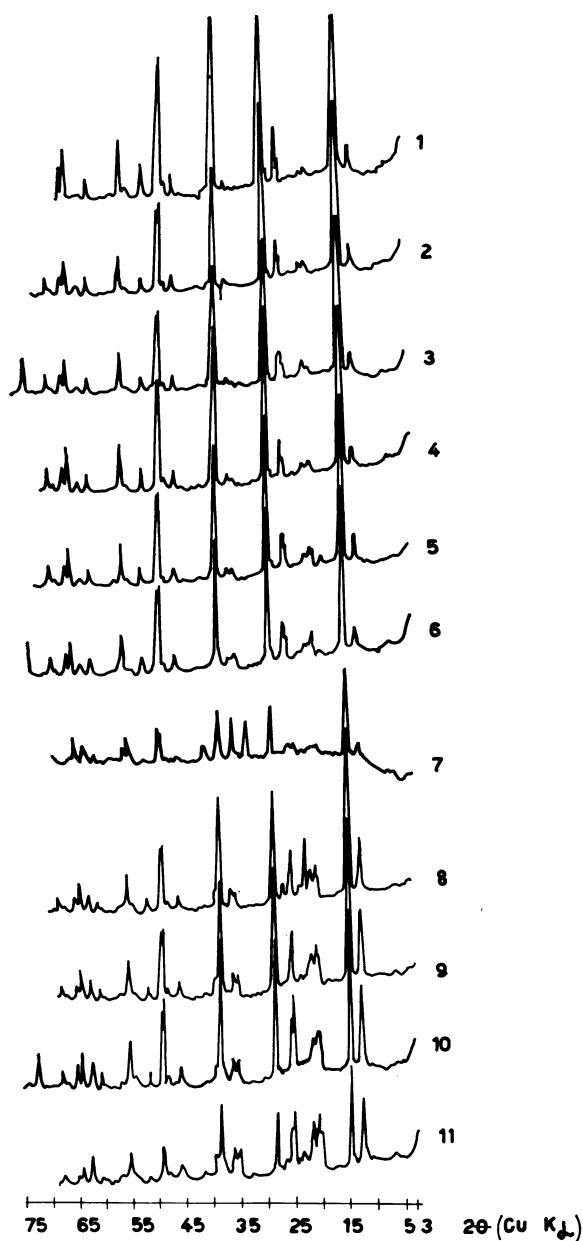


Fig. 3. — Diagrammes X du groupe II: bauxites à boehmite et kaolinite

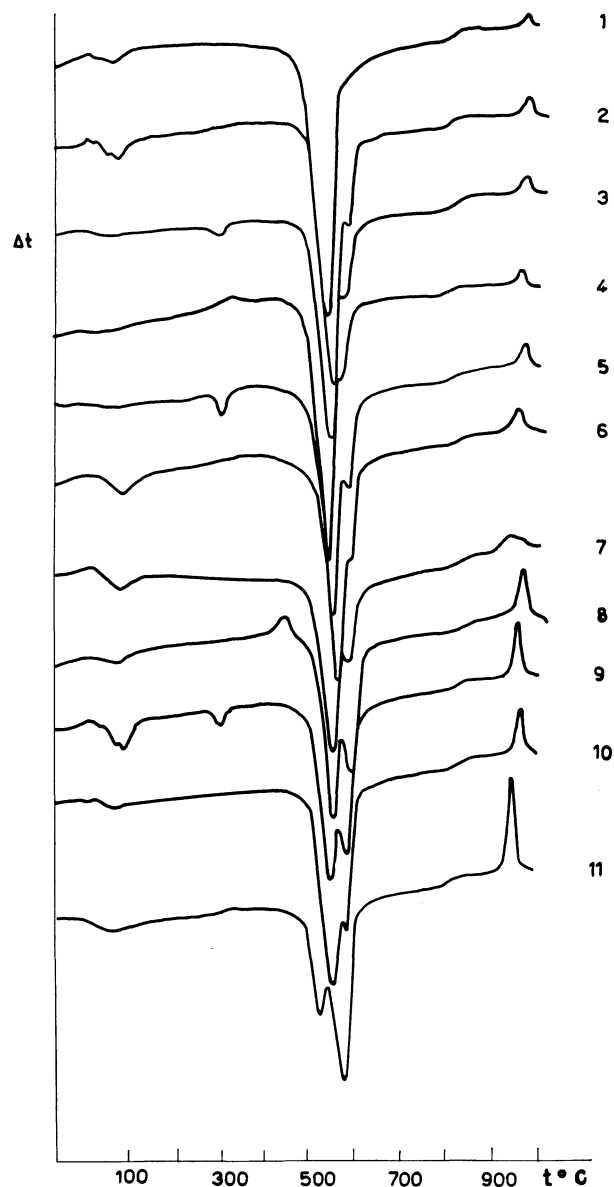


Fig. 4. — Courbes thermiques différentielles du groupe II: bauxites à boehmite et kaolinite

caractéristique de la gibbsite, tandis que les courbes thermiques différentielles mettent en évidence deux crochets endothermiques vers 300 °C.

2.3. Bauxites à kaolinite

Les bauxites des groupes II et III proviennent du gisement de bauxite blanche de Nikšić, Monténégro, Yougoslavie, où la teneur des deux principaux constituants, boehmite et kaolinite, peut varier généralement entre 25 et 75 %. A la limite on peut avoir un kaolin renfermant environ 2 % de boehmite, 2 % d'hématite et 3 % de TiO_2 .

2.4. Bauxites à gibbsite

Nous avons étudié des échantillons provenant de Sierra Leone, en Afrique Occidentale, et du Surinam, en Amérique du Sud. Il s'agit de gibbsite accompagnée de traces de kaolinite.

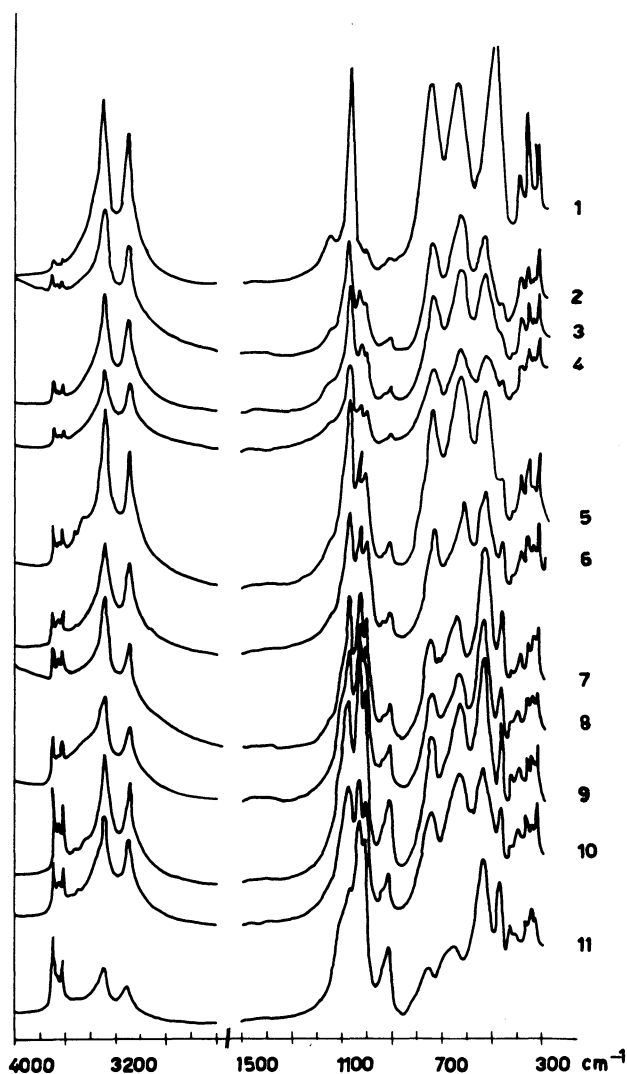


Fig. 5. — Spectres infrarouges du groupe II: bauxites à boehmite et kaolinite

2.5. Bauxites à gibbsite, boehmite et kaolinite

Ces spécimens proviennent de l'Istrie, Yougoslavie. La figure 6 représente les diffractogrammes de trois bauxites de ce groupe. L'intensité relative des raies à $4,85 \text{ \AA}$ (gibbsite), $6,11 \text{ \AA}$ (boehmite) et $7,16 \text{ \AA}$ (kaolinite) montre que les teneurs des minéraux sont dans cet ordre, la gibbsite étant la plus abondante, suivie de la boehmite, puis de la kaolinite, ceci pour les trois échantillons.

Ce résultat est confirmé par l'analyse thermique différentielle, dont les courbes sont représentées sur la figure 7. Ces courbes permettent de suivre la variation des teneurs respectives en gibbsite et boehmite dans les échantillons 1 à 3. La gibbsite prédomine dans l'échantillon n° 2 comme le montre l'intensité des raies correspondantes du diffractogramme; l'analyse thermique différentielle révèle un accident endothermique à $340 \text{ }^\circ\text{C}$ dû à la déshydratation de la gibbsite et deux petits crochets à $550 \text{ }^\circ\text{C}$ et $600 \text{ }^\circ\text{C}$ qui correspondent à la boehmite et à la kaolinite respectivement.

Les mêmes faits apparaissent sur les spectres infrarouges de la figure 8. Les deux vibrations caractéristiques des groupes hydroxyles de la boehmite sont à peine marquées sur le spectre de la bauxite n° 2. De même on constate que l'intensité des bandes de vibration des groupes hydroxyles de la kaolinite à 3700 , 3640 et 3620 cm^{-1} est nettement diminuée pour ce même échantillon.

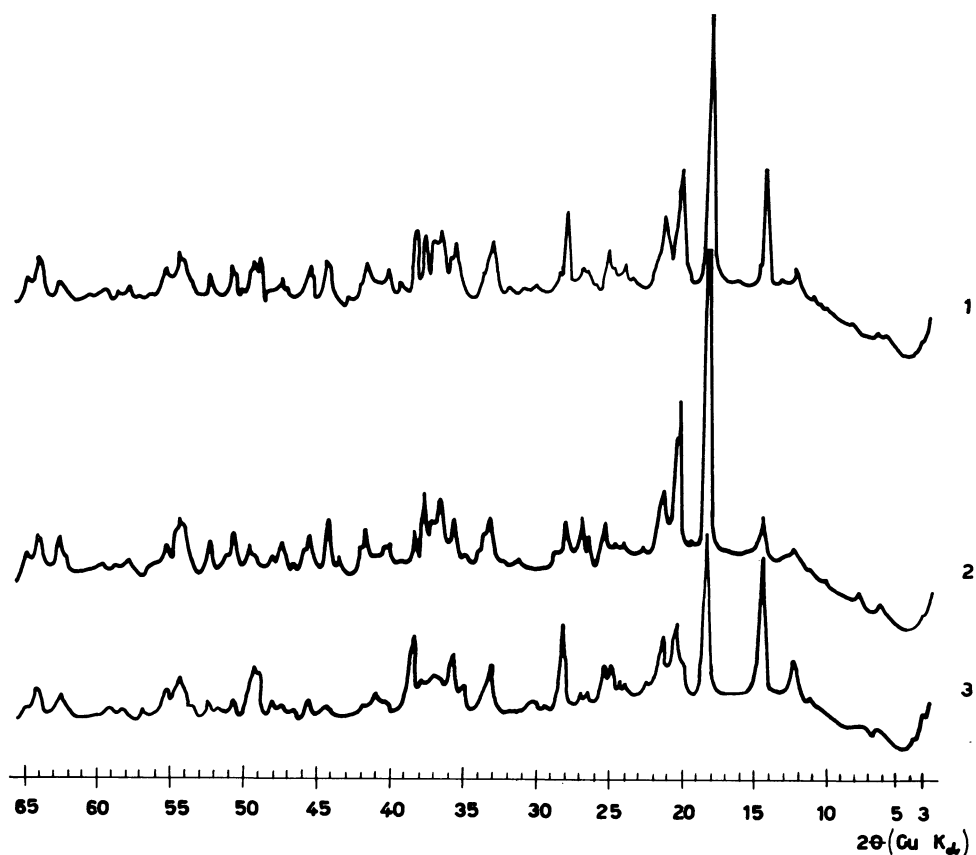


Fig. 6. — Diagrammes X du groupe V: bauxites à gibbsite, boehmite et kaolinite

TABLEAU I

Abondance relative des constituants

Légende: B boehmite, G gibbsite K kaolinite, D diaspoire

Figure	Echantillon	Code			
		B	G	K	D
1	1	5	0	0	0
1	2	4	tr.	0	0
1	3	4	tr.	0	0
2	1	5	0	tr.	0
2	2	4	0	1	0
2	3	4	0	1	0
2	4	4	0	1	0
2	5	3	1	1	0
2	6	4	0	2	0
2	7	3	0	2	0
2	8	3	0	2	0
2	9	3	tr.	2	0
2	10	3	tr.	2	0
2	11	2	0	3	0
3	1	2	0	3	0
3	2	0	0	4	0
3	3	0	0	5	0
4	1	0	5	0	0
4	2	0	5	0	0
5	1	1	4	1	0
5	2	tr.	4	tr.	0
5	3	2	3	2	0
6	1	0	tr.	0	4
6	2	2	0	tr.	2

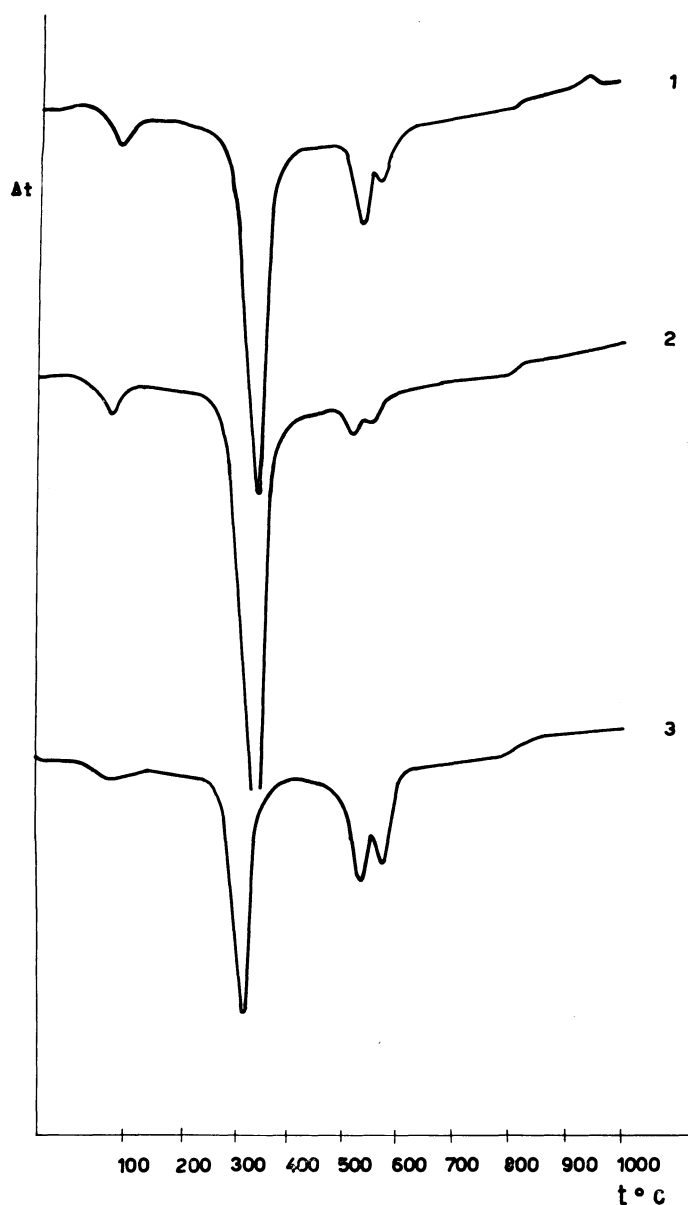


Fig. 7. — Courbes thermiques différentielles du groupe V: bauxites à gibbsite, boehmite et kaolinite

2.6. Bauxites à diaspore

Les échantillons étudiés proviennent de Yougoslavie et du Missouri, U.S.A. La diffraction X est la seule méthode permettant de distinguer le diaspore en présence de boehmite et de kaolinite. En effet il est difficile de démêler les effets endothermiques correspondant à la déshydroxylation des deux minéraux et le spectre infrarouge du diaspore n'est pas encore définitivement établi.

Les résultats des trois méthodes utilisées concordent bien avec les données de l'analyse chimique pour l'ensemble des échantillons. Nous avons essayé d'évaluer à partir de ces résultats la composition des bauxites étudiées en ce qui concerne les constituants principaux, c'est-à-dire les hydroxydes d'aluminium et la kaolinite. Les abondances relatives sont exprimées par un chiffre compris entre 0 et 5, tableau I (tr. désigne des traces).

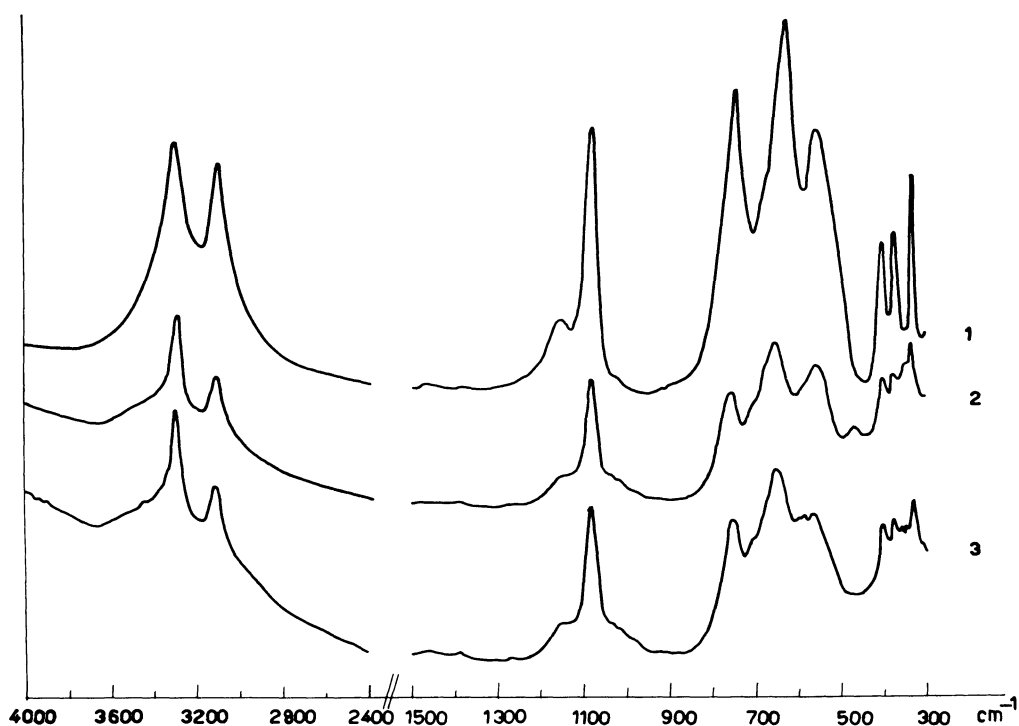


Fig. 8. — Spectres infrarouges du groupe V: bauxites à gibbsite, boehmite et kaolinite

3. DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION

Nous avons effectué ces expériences notamment pour montrer que la spectroscopie d'absorption infrarouge s'accorde bien avec la diffraction X et l'analyse thermique différentielle en ce qui concerne la détermination rapide de la composition des bauxites sur une échelle semiquantitative. Il nous a paru intéressant en outre de donner un aperçu des résultats obtenus par les trois méthodes sur 3 groupes de bauxite de compositions nettement différentes (groupes I, II et IV).

Quant à l'importance particulière de la spectroscopie infrarouge comme méthode d'investigation, il nous semble qu'elle pourrait être appliquée avec succès surtout pour l'identification des hydroxydes d'aluminium et des minéraux phylliteux dans la bauxite. Avec un dispositif d'assez grande résolution et comme il a déjà été montré dans un travail précédent [2] on peut obtenir rapidement des résultats détaillés concernant la nature des hydroxydes et des silicates phylliteux, surtout si on a recours à un étalon interne. On peut alors par la mesure des intensités relatives des bandes d'absorption caractéristiques des groupes hydroxyles de la boehmite et de la kaolinite arriver à des résultats plus précis que ceux fournis par l'analyse aux rayons X [2].

Notre travail est surtout orienté vers la recherche d'un moyen rapide de distinguer les hydrates d'alumine des minéraux phylliteux en présence dans de grands gisements, dont la caractéristique est une grande variation possible du rapport boehmite sur kaolinite sur une courte distance de terrain, comme on peut le constater dans les gisements du Monténégro en Yougoslavie.

Nous avons voulu enfin confirmer également la valeur de l'analyse dilatométrique comme méthode semiquantitative d'identification des minéraux de la bauxite, comme il est mis en évidence dans un autre article de cet ouvrage [1].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MURAT (M.) et LAHODNY-ŠARC (O.). — Nouvelles données expérimentales concernant l'analyse dilatométrique des bauxites. III^e Congrès International de l'I.C.S.O.B.A., Nice, septembre 1973.
- [2] WHITE (J. L.). — *Application of Infrared Spectroscopy to the Study of Bauxite and Bauxite Constituents*. Proceedings of the Second International Symposium of I.C.S.O.B.A., Budapest, October 1969, p. 115-121.

* *Institut de Chimie Physique, Faculté de Technologie,
Université de Zagreb, 41000 Zagreb (Yougoslavie)*

** *Purdue University, Lafayette, Indiana (U.S.A.)*