

Distribution d'oligoéléments dans les gisements de bauxite de la Grèce centrale

Z. MAKSIMOVIC* et J. PAPASTAMATIOU**

Cent vingt échantillons de bauxite de la Grèce centrale ont été analysés quant à Ga, Cr, V, Mo, Ni, Co, Cu, Mn, Sc, Zr, Y, La, Sr, Pb et Ba par une technique spectrochimique d'émission avec standardisation interne. Les échantillons ont été recueillis dans 25 gisements de la Grèce centrale. Ces gisements appartiennent à quatre horizons stratigraphiques, dont les deux premiers (b_1 , b_2) datent du Jurassique supérieur, le troisième (b_3), du Crétacé supérieur et le plus récent (b_4), de l'Eocène. Les gisements de l'horizon le plus ancien (b_1) ont un mur de calcaires du Jurassique moyen et un toit de calcaires kimméridgiens. Ces mêmes calcaires kimméridgiens constituent le mur des bauxites de l'horizon b_2 , dont le toit est formé de calcaires tithoniens. Les gisements de l'horizon b_3 sont intercalés entre des calcaires céno-maniens et des calcaires à rudistes du Crétacé supérieur (sénoniens). L'horizon b_4 , le plus récent, date du Lutécien. Les trois premiers horizons sont représentés par de nombreux gisements dans la Grèce orientale. Le plus récent (b_4) occupe une surface relativement restreinte dans la Grèce occidentale. Les échantillons ont été prélevés d'un gisement de l'horizon b_4 , de 13 gisements de l'horizon b_3 , de 6 de l'horizon b_2 et de 4 de l'horizon b_1 .

Les analyses des oligoéléments de bauxites, recueillis le long des profils dans chaque gisement, ont révélé une redistribution de quelques éléments qui pourrait contribuer à une meilleure compréhension du processus de bauxitisation. On donne la distribution géographique des oligoéléments dans les gisements de bauxites de même âge, ainsi que la répartition de ces constituants dans les gisements de différents horizons. Les données indiquent nettement l'influence de diverses roches mères dans la formation des bauxites grecques. De ce point de vue, les latérites ultrabasiques furent, dans quelques gisements, la source principale du grand enrichissement en Cr, Ni et Co.

1. INTRODUCTION

Les gisements de bauxites karstiques couvrent de vastes régions du territoire grec. Ces gisements sont répartis dans les zones géotectoniques d'Axios, Pélagonienne, du Parnasse et de Gavrovo-Tripolis. La caractéristique de ces zones est l'existence de calcaires de mer peu profonde et d'une tectonique qui a favorisé, dans le passé géologique, l'émer-sion de régions du géosynclinal grec pendant un temps plus ou moins long. Les zones internes, et tout particulièrement la zone Subpélagonienne, sont caractérisées par des failles profondes et des déversements sous-marins de masses ophiolitiques, qui, après leur émer-sion, ont subi une altération latéritique.

Les horizons de bauxite, dont la situation géologique est contrôlée par les événements tectoniques du géosynclinal grec, sont, certes, d'âges différents. La plupart de ces horizons et les plus intéressants appartiennent au Mésozoïque et tout particulièrement au Jurassique-Crétacé. Seuls les gisements de bauxite qui, par métamorphisme, ont donné naissance à l'émeri (Naxos), remontent sûrement au Paléozoïque. D'autre part, les gisements de bauxite localisés dans la zone de Gavrovo-Tripolis, et là seulement, datent de l'Eocène [12].

Depuis plusieurs années (1966, 1972), les auteurs ont étudié les gisements de bauxite les plus intéressants, à leur avis, de la Grèce centrale (cf. carte), afin d'arriver à une connaissance aussi complète que possible des bauxites grecques. Nous avons jusqu'à présent publié [14, 15] les conclusions de notre étude du gisement de Mandra II, qui, exceptionnellement, offre, à lui seul, des déductions très intéressantes du point de vue de la genèse des bauxites (allochtonie). Nous présentons aujourd'hui les données de l'analyse spectrochimique, d'un nombre restreint de gisements, choisis parmi ceux, bien nombreux, de la région encore à l'étude. Nous considérons que ces données, en corrélation avec celles de la géologie, permettent d'élucider les secteurs obscurs de l'allochtonie des gisements de bauxite de la région.

2. SITUATION GÉOLOGIQUE DES HORIZONS BAUXITIQUES

La région étudiée s'étend sur la zone Subpélagonienne, la zone du Parnasse et celle de Gavrovo-Tripolis. Les deux premières zones de la Grèce Centrale orientale se suivent. Celle de Gavrovo-Tripolis (Grèce occidentale) est séparée des deux autres par la zone du Pinde, stérile en gisements de bauxite. Ceux des zones orientales sont nombreux et plusieurs, parmi eux, présentent un grand intérêt économique. Par contre, très peu nombreux et de faibles dimensions, sont les gisements de la zone Gavrovo-Tripolis.

Les gisements de bauxite se trouvent dans des horizons dont la situation géologique, dans la série calcaire, est rigoureusement fixée. Des événements tectoniques, d'une échelle plus ou moins étendue, semblent contrôler la bauxitisation de la région. Les principales caractéristiques de ces zones sont les suivantes :

2.1. Zone Subpélagonienne

Une série calcaire allant du Trias supérieur à la fin du Crétacé repose sur une formation paléozoïque. Elle est interrompue par des intercalations d'une formation constituée de schistes, de grès et de radiolarites, dans laquelle se trouvent des masses ophiolitiques. La formation la plus ancienne date du Jurassique moyen [17]. La plus récente repose sur les calcaires à *Cladocoropsis* (Kimméridgien) et s'étend jusqu'au Crétacé inférieur. Les calcaires de la transgression du Crétacé supérieur ont été déposés sur des calcaires ou sur une formation d'âge différent. Et cela parce que la transgression a été précédée d'une émergence de la région pendant un grand laps de temps. Durant cette émergence, une forte érosion, la création d'un relief bien marqué ainsi qu'une intense altération chimique (latérisation) de roches silicatées ont eu lieu. Pendant cette période les grands gisements de minerais de fer chromonickélifère se sont formés aux dépens des zones hyperbasiques du complexe ophiolitique. Le flysch fait suite au calcaire du Crétacé supérieur.

La zone Subpélagonienne contient un horizon bauxitique (b_1) dont les gisements ont un mur calcaire, oolitique par endroits, datant plutôt du Jurassique moyen et un toit de calcaire à *Cladocoropsis mirabilis* Felix (Kimméridgien). Elle contient aussi des gisements de bauxite d'autre horizon beaucoup plus récent (b_2) avec un mur de calcaires dolomitiques du Trias supérieur et un toit de calcaires cénomaniens (Mandra, Mégara, Néon Kokkion [1].

2.2. Zone du Parnasse

On y trouve une série de roches carbonatées du Trias supérieur jusqu'au Paléocène, interrompue, par endroits, par des gisements de bauxite. Il y a trois horizons principaux de bauxite. Le premier (b_1) est intercalé entre les calcaires oolitiques du Jurassique moyen et les calcaires à *Cladocoropsis*. Il est identifié avec celui déjà cité de la zone Subpélagonienne. Le deuxième (b_2) se trouve entre les calcaires à *Cladocoropsis* et les calcaires tithoniens ou ceux du Crétacé inférieur. Le troisième (b_3), le plus intéressant au point de vue du nombre et des dimensions des gisements, est intercalé entre les calcaires cénomaniens ou ceux du Crétacé inférieur et les calcaires du Crétacé supérieur. Le toit est constitué de calcaire cénomanien, turonien ou sénonien, à cause de la transgression tardive de la mer du Crétacé supérieur dans quelques endroits. Un autre horizon (b_{2-3}) très peu étendu, est considéré comme un subhorizon. Les gisements y sont restreints et très peu nombreux. Il est localisé dans les calcaires du Crétacé inférieur et se trouve à 80 m plus bas, stratigraphiquement, de l'horizon (b_3) [10, 11].

Les horizons bauxitiques ci-dessus correspondent aux mouvements orogéniques dans la zone Subpélagonienne située plus à l'est. Il n'est pas exclu que les horizons (b_1) et (b_{2-3}) soient la conséquence d'une rhexistasie dans la région de la zone Subpélagonienne.

2.3. Zone de Gavrovo-Tripolis

Dans cette zone, à sédimentation carbonatée allant du Crétacé supérieur à l'Eocène (Priabonien), il y a quelques gisements et affleurements de bauxite, à Klokova et dans le Péloponnèse (hor. b_4). Ils sont localisés au Lutécien. Le Lutécien inférieur, à Klokova, semble faire défaut, tandis que dans le Lutécien supérieur un épisode clartique est signalé, s'étendant jusqu'au Péloponnèse, à cause d'une régression due à un mouvement émergifs d'une vaste région. C'est à cet épisode que doit être attribuée la bauxitisation si restreinte. Le seul gisement étudié se trouve près du village de Riza, à Klokova [2], [5], [16], [18].

3. DISTRIBUTION DES OLIGOÉLÉMENTS DANS LES GISEMENTS DE BAUXITE

Les oligoéléments ont été déterminés par une méthode d'émission spectrographique à l'aide d'un grand spectrographe Hilger avec prisme de quartz. Des standards ont été préparés, dans lesquels les oxydes des éléments ont été mélangés à la proportion de Al_2O_3 80 %, Fe_2O_3 15 %, TiO_2 3 %, MgO 1 % et $CaCO_3$ 1 %, à l'aide d'éléments Specpure. La précision (12 %) a été évaluée par la méthode des séries statistiques [4].

Cent quinze échantillons de bauxite, appartenant aux quatre horizons stratigraphiques, déjà cités, ont été recueillis dans 24 gisements de la Grèce Centrale. Ces échantillons, de 2 kg environ, ont été recueillis le long des profils en allant du toit au mur. Il a été ainsi possible : a) d'étudier la distribution des oligoéléments dans un horizon de bauxite déterminé, dans une vaste région et de comparer la composition des différents horizons et b) d'en étudier la distribution dans chaque gisement. Le but de ce travail a été d'apporter des renseignements sur le processus de bauxitisation et de mieux comprendre l'influence du matériel latéritique d'origine différente dans la formation des bauxites grecques.

4. DISTRIBUTION D'OLIGOÉLÉMENTS DANS DES GISEMENTS DE BAUXITE D'ÂGE DIFFÉRENT

La teneur moyenne (1) en oligoéléments, pour chaque gisement étudié, ainsi que pour les différents horizons de bauxite est donnée dans le tableau I. Les valeurs exceptionnellement élevées pour certains éléments ont été omises dans le calcul de la moyenne. Des histogrammes de distribution de la fréquence pour les oligoéléments étudiés sont donnés dans les figures 1, 3 et 4. L'horizon le plus récent, b_4 , est représenté par un seul petit gisement de bauxite redéposée et n'est pas représentatif de la teneur en oligoéléments de cet horizon. Il a, de ce fait, été omis dans les histogrammes de distribution de la fréquence.

Les données du tableau I et des figures 1, 3 et 4 indiquent que les teneurs en éléments individuels peuvent fortement varier, non seulement dans des gisements de bauxite de différents horizons mais aussi dans ceux d'un même horizon de la région étudiée. La teneur en éléments indique une forte dépendance de la composition du matériel original, qui a pris part à la formation de la bauxite. Les latérites ultrabasiques, très riches en Cr, Ni et Co et pauvres en la plupart des autres oligoéléments, ont beaucoup affecté la composition des bauxites, particulièrement de ceux de l'horizon b_3 .

Gallium. — La teneur en Ga est plutôt uniforme et les histogrammes donnent approximativement une distribution normale. Cependant, les moyennes entre les différents horizons montrent un décroissement en allant de b_1 à b_4 et la même tendance est visible dans les histogrammes des fréquences (fig. 1).

Chrome et Nickel. — Ces deux éléments présentent une grande dispersion des concentrations (Cr 90-4500 ppm; Ni 26-7000 ppm). Les moyennes augmentent en allant de l'horizon b_1 à b_3 , avec une croissance d'expansion dans la même direction (fig. 1). Cr et Ni sont particulièrement concentrés dans quelques gisements de l'horizon b_3 . Cet enrichissement est dû à l'introduction de latérites ultrabasiques qui ont été localement développées, vers la fin du Crétacé inférieur, ayant provoqué une distribution hétérogène de ces éléments dans les gisements de bauxite de cet âge. Les teneurs élevées en Cr et Ni ont particulièrement été trouvées dans quatre gisements, dans le sud-est de la région étudiée. La tendance du nickel à se concentrer dans les horizons de bauxite les plus récents a aussi été observée dans les bauxites de Monténégro, d'Herzégovine et de Vlasenica en Yougoslavie [8]. Les plus anciennes, les bauxites triasiques de Monténégro par exemple, ont une teneur moyenne en Ni de 34 ppm. Cette tendance est en rapport avec l'accroissement de la surface des ophiolites exposée à l'altération avec la progression des temps géologiques. Quelque chose d'analogue est valable pour les bauxites des horizons b_1 , b_2 et b_3 de la région étudiée. En effet, pendant la formation des gisements de bauxite de l'horizon b_3 , les ophiolites ont été longtemps exposés à la latérisation, sur une surface croissante.

Cobalt. — Le cobalt est plutôt uniformément distribué dans les bauxites des horizons b_1 et b_2 . Dans l'horizon b_3 , cependant, la teneur est plus variable, avec une moyenne allant de 12 à 92 ppm (tabl. I). L'augmentation de la teneur en Co ainsi qu'en Cr et Ni est bien visible près de Distomon, où les trois horizons apparaissent dans une seule localité.

Vanadium. — La teneur moyenne en V dans les horizons b_1 et b_2 varie de 190 à 297 ppm, avec une distribution plutôt homogène. Dans l'horizon b_3 , cependant, la teneur varie de 192 à 511 ppm V, indiquant un apport de matériel provenant des ophiolites, y compris les roches gabbroïques.

Molybdène. — La distribution du molybdène est nettement inégale avec une expansion croissante en allant de b_1 à b_2 . Le gisement de Riza (Klokova), de l'horizon b_4 , présente une teneur en Mo exceptionnellement élevée, dont il n'a pas été tenu compte dans le calcul de la moyenne générale.

(1) Il s'agit de la moyenne arithmétique et c'est dans ce sens que le terme est employé dans le texte.

TABLEAU I

Oligoéléments dans les gisements de bauxite de la Grèce Centrale (en ppm)

N°	Horizon	Gisement	n	Ca	Cr	V	Mo	Ni	Co	Mn	Cu	Sc	Zr	Y	La	Sr	Pb	Ba
1	b ₄	Klokova Riza	6	20	987	302	88	146	5	258	38	10	281	39	97	96	80	19
2	b ₃	Rangava	3	27	433	230	9	600	13	31	11	17	320	29	109	x	25	6
3		Helpis	3	24	533	247	11	1067	41	97	9	22	247	31	63	x	53	11
4		Kafénédés	5	29	466	470	8	1516	35	172	63	18	268	42	63	x	71	51
5		Feuskés	3	39	533	430	5	1050	30	254	52	17	209	26	70	x	68	27
6		Kryfoneri	10	38	666	192	x	248	14	188	6	15	257	25	24	4	40	20
7		Topolia	5	36	624	214	14	258	21	66	7	8	156	32	64	6	71	1
8		Kaniani	4	34	693	303	2	655	21	170	9	26	312	35	104	7	37	20
9		Gravia	4	26	703	228	8	540	12	25	9	32	243	51	96	10	25	20
10		Otavi	4	40	748	398	9	710	33	278	59	25	335	34	117	3	74	23
11		Klimenti	3	38	1800	257	3	1250	61	1200	35	23	331	30	68	7	55	19
12		Marmara	8	24	2050	223	4	2043	92	960	66	24	330	63	124	22	38	29
13		Mandra II	7	29	2430	511	6	943	56	530	28	12	593	30	29	41	72	30
14		Korifi Trikeri	3	37	1167	297	3	633	27	1117	14	23	373	29	59	31	70	45
	b ₃	Moyenne	62	32	991	303	6	781	35	394	29	19	314	30	71	10	53	26
15	b ₂	Palavos I	6	32	222	197	8	395	27	850	340	24	304	186	322	6	24	72
16		Palavos II	4	36	238	190	8	306	22	1175	76	26	304	140	150	13	55	29
17		Anthimos	6	66	195	226	2	160	20	1148	69	14	281	78	134	15	100	24
18		Kokkini Laka	5	35	204	195	5	320	20	1030	94	25	300	52	260	19	51	4
19		Tourbatsi	6	40	137	206	3	172	16	970	51	12	326	98	157	8	72	27
20		Kéfali	6	34	200	200	1	238	32	1980	50	11	272	55	112	20	82	33
	b ₂	Moyenne	33	41	197	203	4	257	23	1168	82	18	297	79	175	13	60	24
21	b ₁	Exarhos	6	44	292	230	3	149	15	105	40	19	232	42	126	29	130	27
22		S. de Palavos	2	27	285	235	9	275	24	530	48	24	355	45	95	x	40	48
23		Amfiklia	3	36	312	236	2	247	15	203	78	24	253	42	97	x	102	46
24		Koutrouli	3	42	423	220	4	253	15	390	72	28	334	65	163	26	116	49
	b ₁	Moyenne	14	40	323	230	4	210	16	248	56	20	276	47	120	18	101	35
		Moyenne générale	115	35	676	275	5	534	28	567	43	19	303	47	110	12	62	26

x = au-dessous de la sensibilité de la méthode spectrographique employée

n = nombre d'échantillons

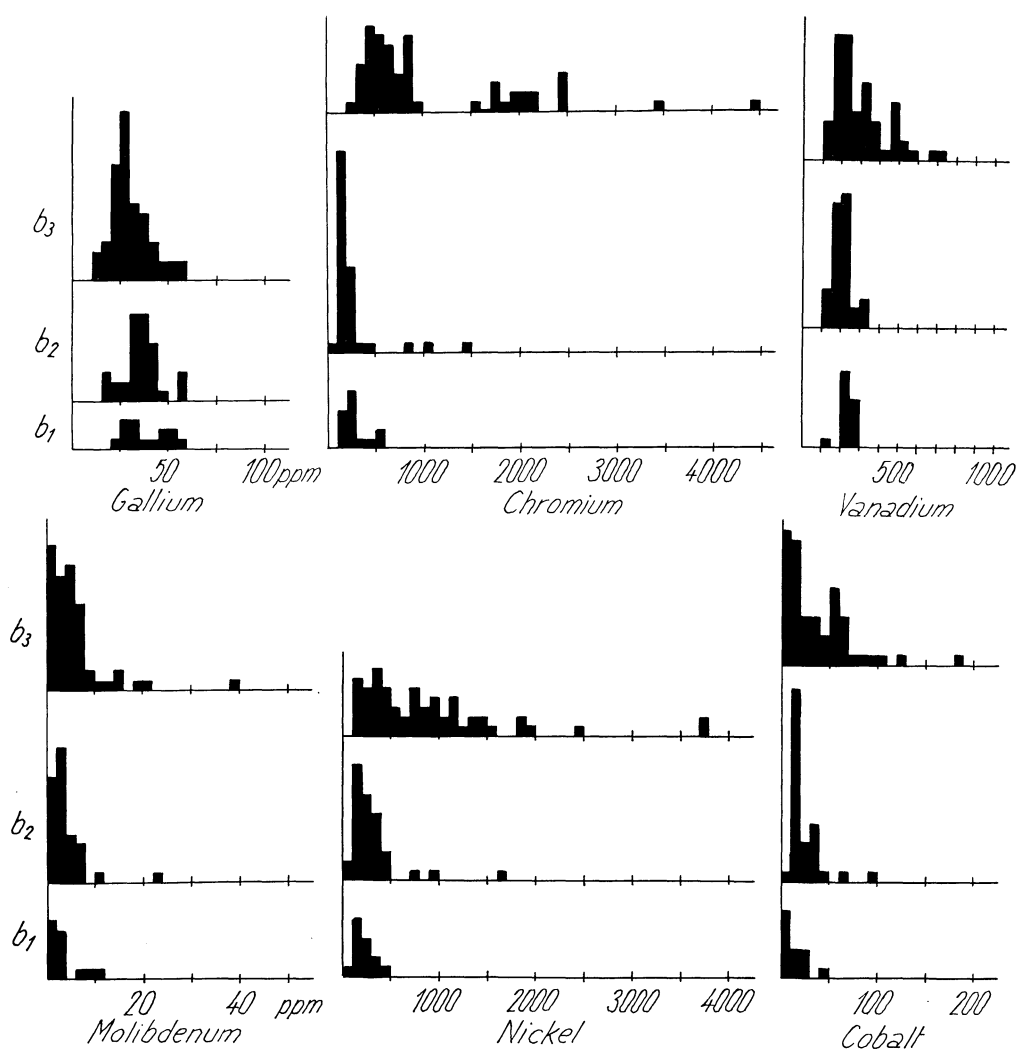


Fig. 1. — Diagrammes de fréquence de Ga, Cr, V, Mo, Ni et Co dans les bauxites des horizons b_1 , b_2 et b_3

TABLEAU II

Teneur moyenne en Cr, Ni et Co dans les gisements
de bauxite près de Distomon (en ppm)

Horizons	Gisement	Cr	Ni	Co
b 3	Helpis	533	1 067	41
b 2	Palavos	222	395	27
b 1	Anonyme S. de Palavos	285	275	24

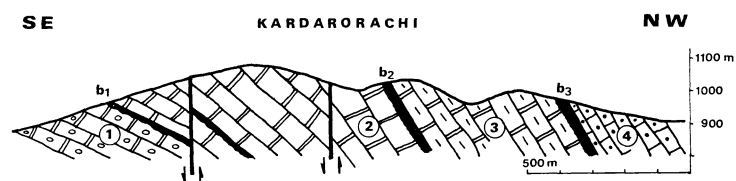


Fig. 2. — Les trois horizons (b_1 , b_2 et b_3) près de Distomon
1. Calcaire du Jurassique moyen. — 2. Calcaire du Jurassique supérieur
à cladocoropsis. — 3. Calcaire du Crétacé inférieur. — 4. Calcaire
du Crétacé supérieur

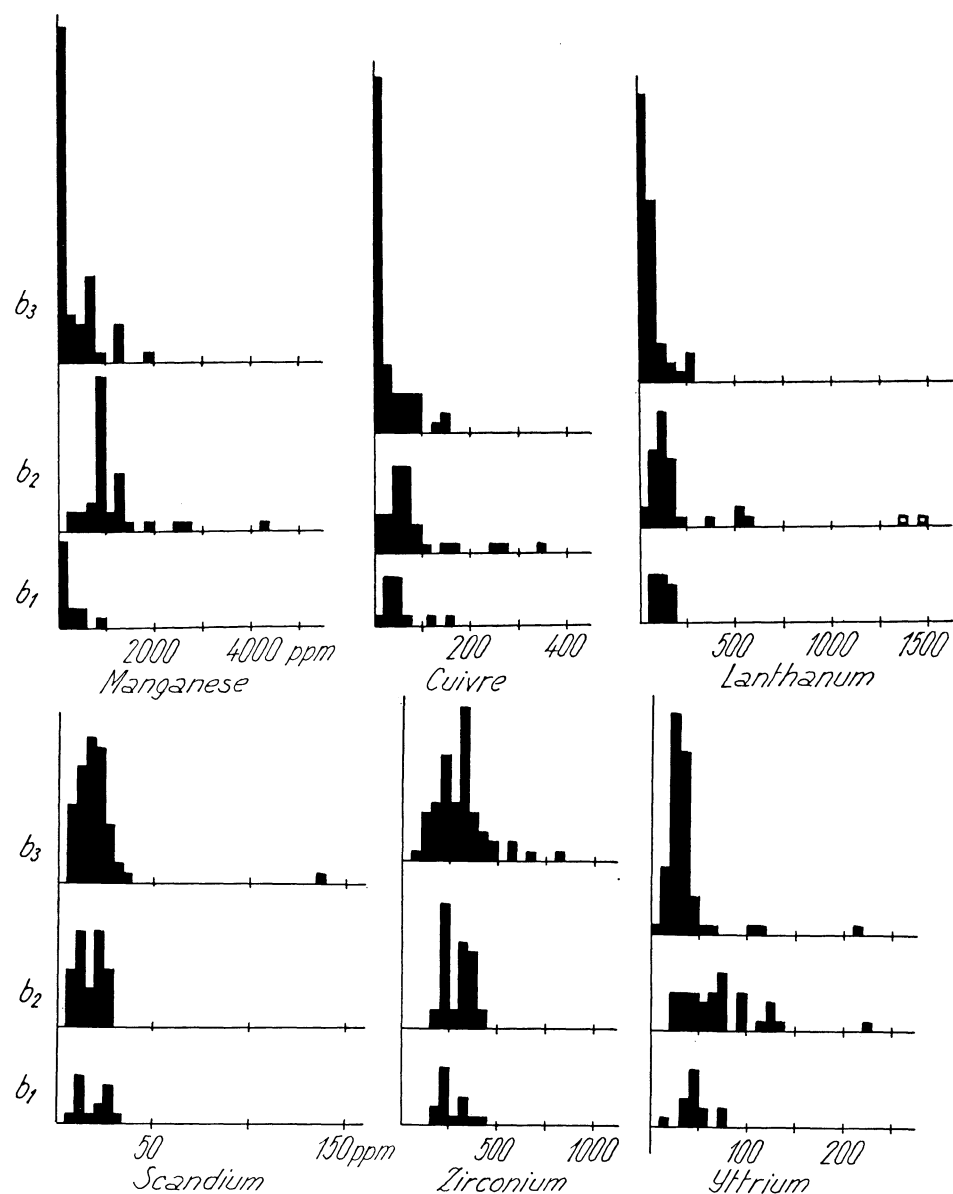


Fig. 3. — Diagrammes de fréquence de Mn, Cu, La, Sc, Zr et Y dans les bauxites des horizons b_1 , b_2 et b_3

Scandium et Zirconium. — Ces éléments présentent de faibles variations de concentration en allant de b_1 à b_3 et les histogrammes de fréquence se rapprochent beaucoup d'une distribution normale. Il semble y avoir une faible dépendance, s'il y en a une, entre la composition du matériel originel et de la teneur en Sc et Zr.

Manganèse, Cuivre, Yttrium et Lanthane. — Le comportement de ces éléments est plus ou moins identique, avec une teneur plus forte dans l'horizon b_2 et une décroissance évidente dans l'horizon b_3 . Cela pourrait indiquer l'introduction d'un matériel d'origine différente pendant la formation des trois horizons.

Strontium, Plomb et Baryum. — Ces éléments présentent une baisse constante de leur teneur moyenne en allant de b_1 à b_3 et cette même tendance est indiquée dans les histogrammes de fréquence (fig. 4). Leur diminution, spécialement dans l'horizon b_3 , comme dans le cas de Ga, Mn, Cu, Y et La, est probablement due à l'apport des latérites ultrabasiques, très pauvres en tous ces éléments.

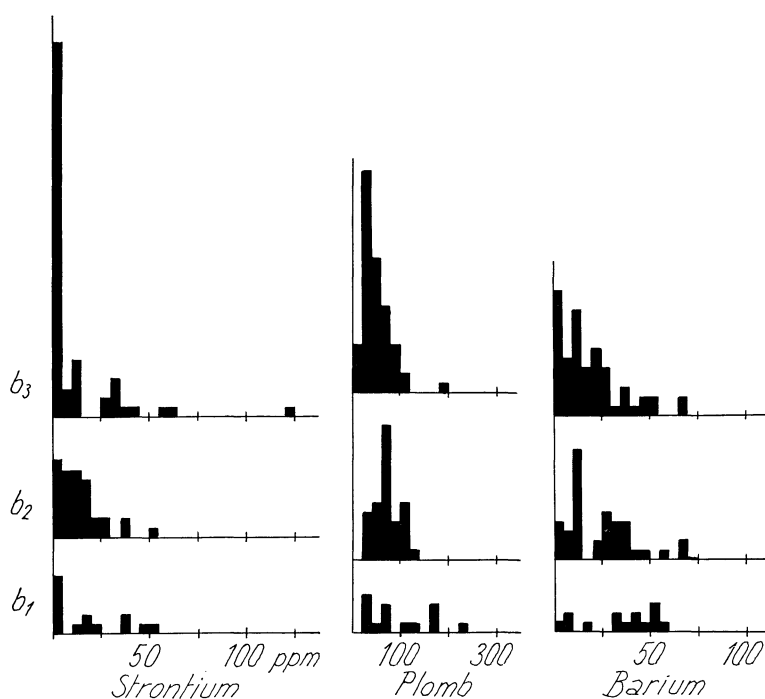


Fig. 4. — Diagrammes de fréquence de St, Pb et Ba dans les bauxites des horizons b_1 , b_2 et b_3

5. DISTRIBUTION VERTICALE DES OLIGOÉLÉMENTS DANS LES GISEMENTS DE BAUXITE

Les résultats de l'analyse ont montré que dans 20 gisements sur les 24 étudiés, des variations zonales très marquées de la teneur en oligoéléments ont été observées. Ces variations comprennent une concentration de quelques éléments (Ni, Co, Mo, Cu, Y, La) dans les parties inférieures des gisements, avec ou sans enrichissement dans les parties supérieures, au-dessus du toit.

Des 15 oligoéléments analysés dans cette note, Ga, Cr, V, Mn, Sc et Zr n'ont pas montré de variation verticale caractéristique de leurs concentrations. Le manganèse a, cependant, une tendance à se concentrer dans le calcaire du mur. Dans certains cas, comme dans un gisement près de Itéa, l'accumulation de Mn se présente sous la forme de mithiophorite [3]. Dans 12 gisements sur 24, Ba et Sr ont montré un faible enrichissement dans les bauxites au-dessous du toit ou juste au-dessus du mur. La teneur en Ba et Sr est généralement très faible et cet enrichissement est peut-être dû à des solutions provenant des calcaires.

L'enrichissement en Ni, Co, Mo, Cu, Y et La, dans les bauxites et l'argile rouge, juste au-dessus du mur, a été constaté dans les trois horizons. Les profils de six gisements caractéristiques sont donnés dans la figure 5 et les distributions verticales des oligoéléments sont présentées dans les figures 6-8. Dans tous les profils présentés, Ni, Co, Cu, Mo, Y et La ont été concentrés dans les parties inférieures du gisement, indépendamment de leur position stratigraphique et leur situation géologique. Cette forme de distribution verticale des éléments est observée dans les gisements horizontaux de bauxite aussi bien que dans d'autres situés dans des couches très inclinées, dans les gisements exposés à la surface ainsi que dans ceux profondément ensevelis sous la couche épaisse des sédiments du toit. Ces données indiquent que la concentration de ces oligoéléments dans les parties inférieures des gisements a été un processus plus ancien que le mouvement tectonique, qui a amené

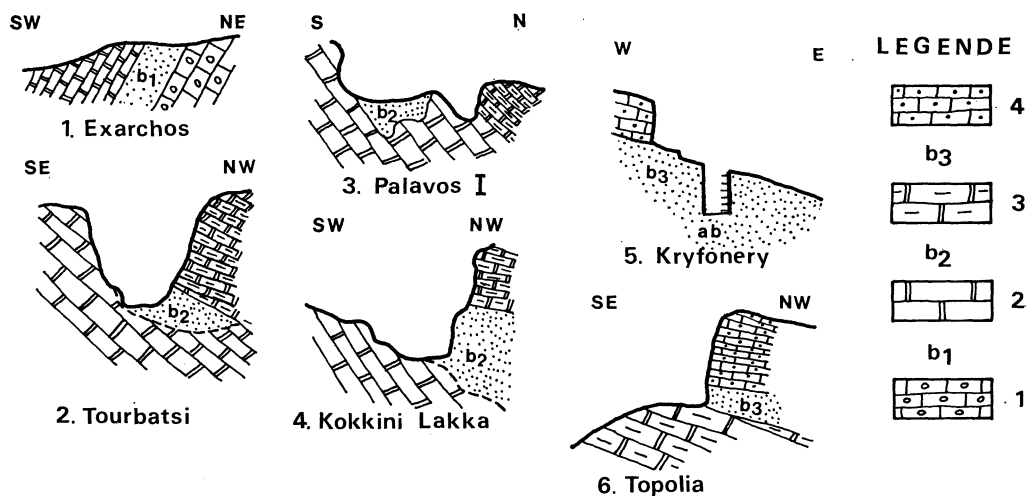


Fig. 5. — Profils de quelques gisements de bauxite de la Grèce Centrale
 1. Jurassique moyen. — 2. Jurassique supérieur (c. à Cladocoropsis). — 3. Crétacé inférieur. —
 4. Crétacé supérieur
 b₁, b₂ et b₃: les trois principaux horizons de bauxite. — ab: argile bauxitique

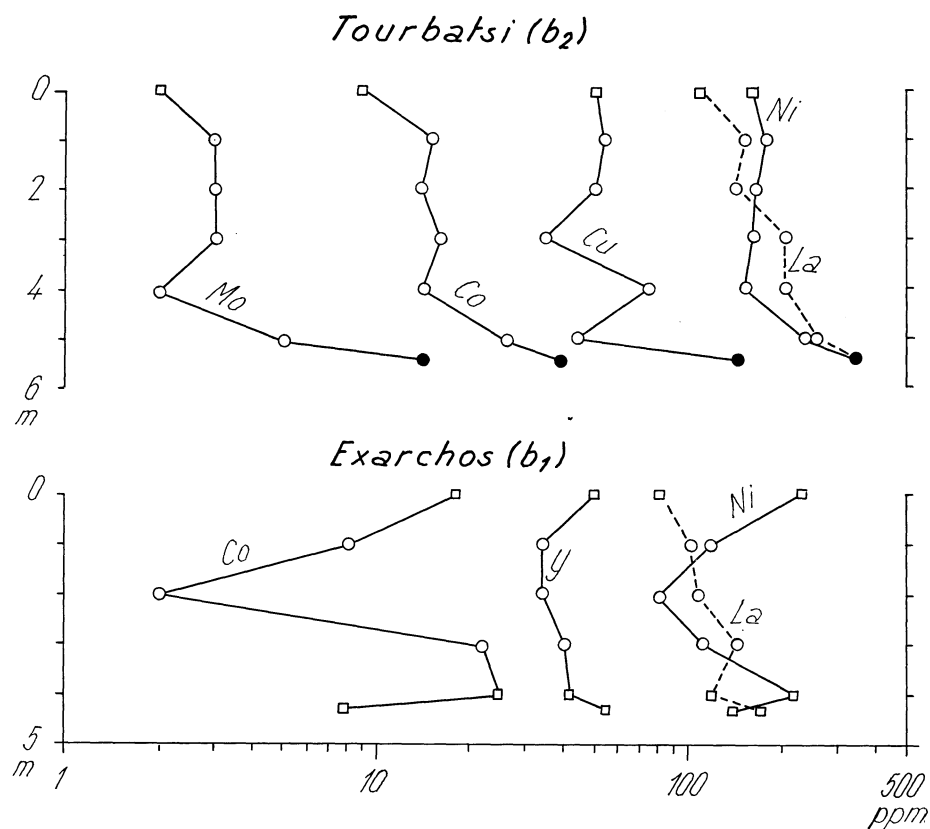


Fig. 6. — Variations des oligo-éléments dans les gisements de bauxite de Exarchos (b₁) et Tourbatsi (b₂). Les points d'échantillonnage des bauxites rouges sont marqués du signe (o); les bauxites plus ou moins décolorées du signe (□); l'argile rouge, du signe (●)

les gisements de bauxite à leur position actuelle. L'enrichissement a été trouvé dans les bauxites rouges, mais aussi dans des échantillons décolorés au-dessus de la roche du mur.

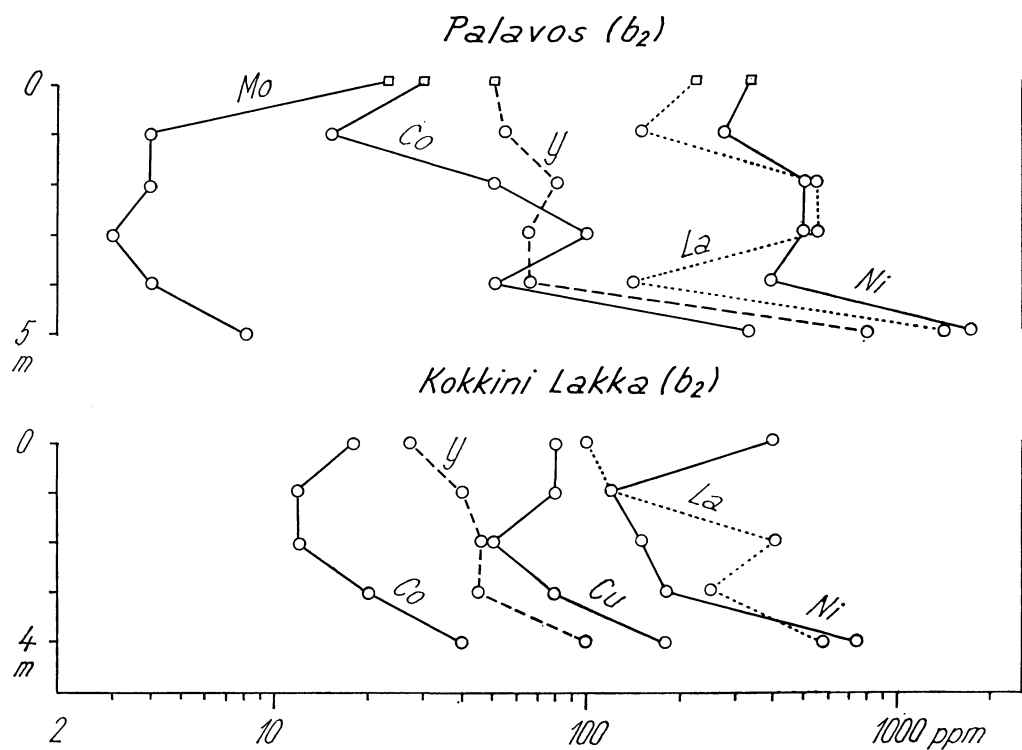


Fig. 7

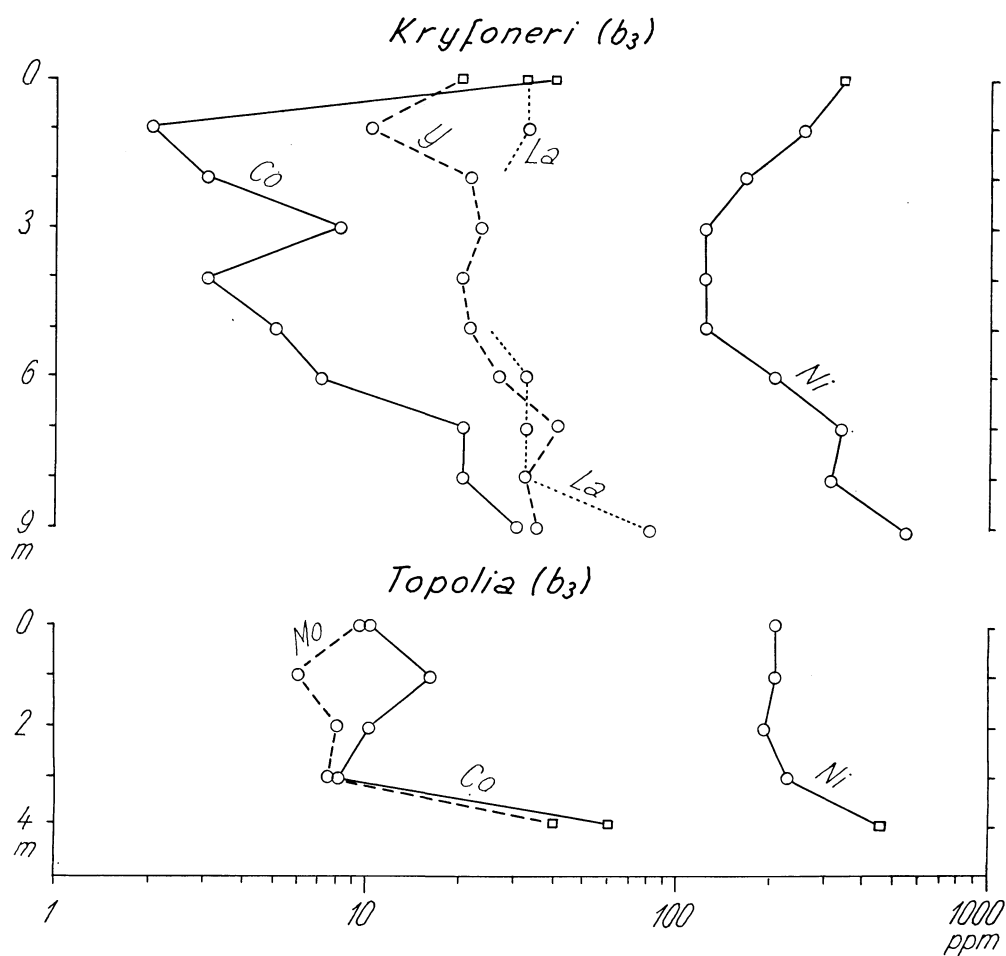
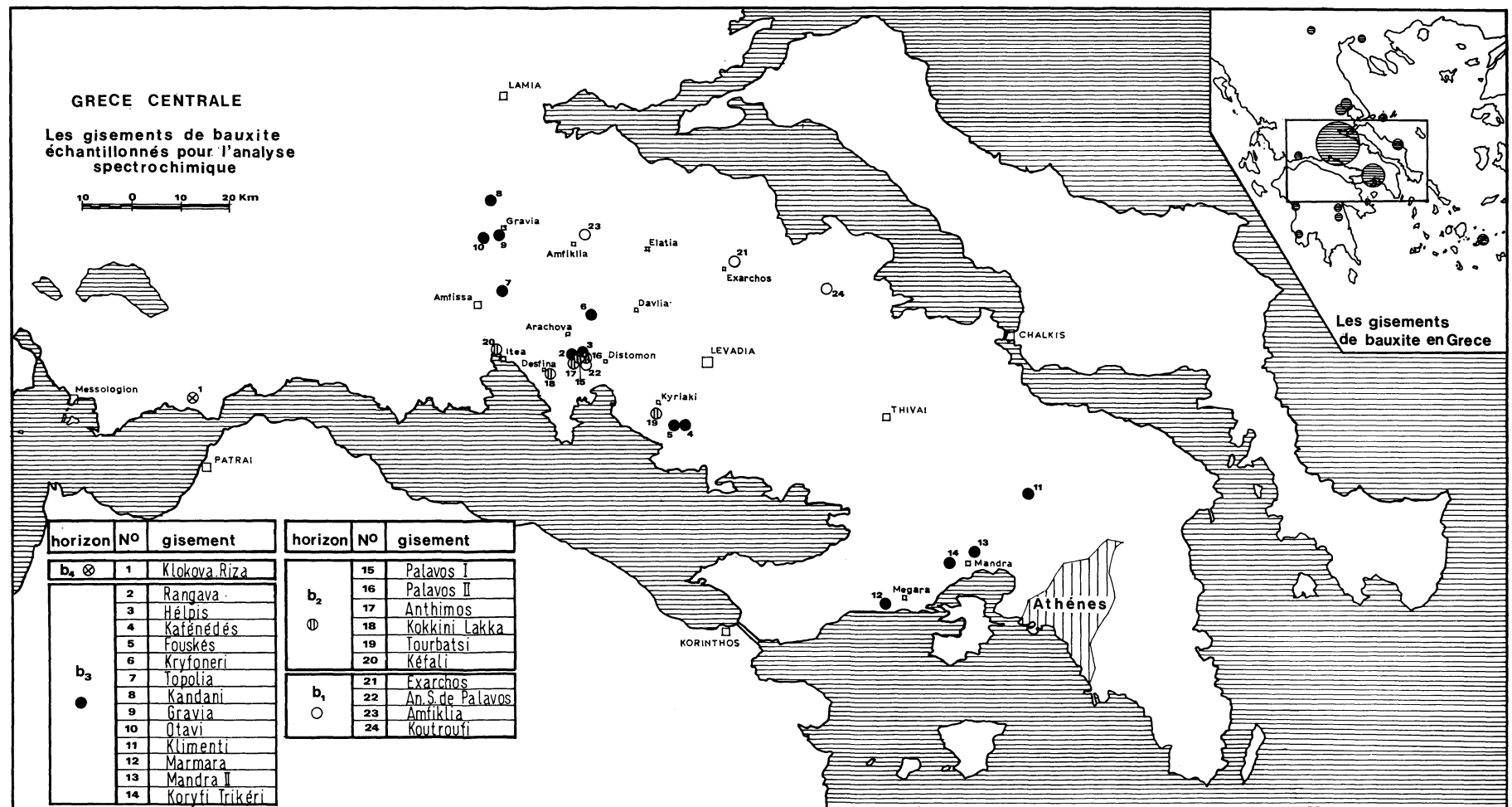


Fig. 8



Cela signifie que le déplacement du fer et la décoloration des bauxites n'ont pas, dans plusieurs cas, affecté la concentration de ces éléments. Dans quelques gisements, comme à Ftéria I, Mandra II et Marmara, la teneur initiale élevée en nickel a été responsable de la formation des minéraux argileux nickélifères sur la roche du mur : Takovite, Ni-serpentine et nimésite (un nouveau septéchlorite de nickel [3], [15], [19], [7]). L'accumulation de minéraux argileux nickélifères sur les calcaires du mur, comme une barrière de précipitation, est identique à l'altération des roches ultrabasiques, dans les gisements de nickel du contact-karst [9]. Dans les deux cas, Cu, Mn et Co ont les mêmes voies de migration que le nickel et sont souvent concentrés dans la zone de contact avec le calcaire du mur. La forme identique de la concentration du nickel, *per descensum*, à la fois dans le contact-karst des gisements de nickel et dans les bauxites grecques, aboutissant, dans certains cas, à la formation de minéraux argileux nickélifères, indique nettement une latéritisation prolongée du matériel bauxitique, transporté par les eaux courantes et redéposé dans les dépressions karstiques. De cette façon, les minéraux argileux nickélifères devraient être considérés comme syngénétiques à la formation des bauxites. La même forme de distribution de Ni, Co, Cu, Mo, Y et La a été constatée dans des bauxites yougoslaves, d'âge différent, au Monténégro, en Herzégovine et à Vlasenica, et devrait être considérée comme caractéristique de la région méditerranéenne.

Dans 50 % environ des gisements étudiés, Mo, Co, Cu et Ni sont plus ou moins concentrés dans les bauxites juste au-dessous du toit (fig. 6-8). Y et La, d'autre part, présentent un faible enrichissement dans environ 10 % des cas seulement. Cet enrichissement n'est pas aussi marqué que dans les parties inférieures des profils et n'est pas caractéristique pour tous les gisements. L'explication de ce phénomène demeure obscure. La détermination du carbone organique dans plusieurs profils de bauxite n'a pas montré de corrélation entre la teneur en charbon et les concentrations des oligoéléments. On devrait, cependant, insister sur le fait qu'une certaine accumulation de nickel sous forme de takovite, ainsi que les concentrations de Mn, Mo et Cu ont été observées dans la zone à goethite, sur la surface du gisement de nickel du contact-karst dans la localité Ba [6]. Pour cette raison, une étude corrélatrice de la distribution des oligoéléments dans les gisements de nickel du contact-karst ainsi que dans les gisements de bauxite karstique pourrait être d'une grande utilité pour la solution de problèmes qui restent encore ouverts.

6. CONCLUSIONS

Cette étude nous a menés aux conclusions suivantes :

1. — Le teneur en oligoéléments des éléments individuels peut fortement varier avec l'âge des gisements de bauxite, aussi bien que dans un même horizon de la région étudiée. Cette teneur indique une forte dépendance de la composition du matériel original qui a pris part à la formation des bauxites.
2. — Les latérites ultrabasiques, très riches en Cr, Ni et Co et pauvres en la plupart des autres oligoéléments, ont beaucoup affecté la composition des bauxites. L'introduction de ces latérites a accru la teneur en Cr, Ni, Co et V, en partie dans l'horizon b_2 et surtout dans l'horizon b_3 et a provoqué, dans la même direction, un épuisement de Mn, Cu, Y, La, Sr, Pb et Ba.
3. — L'enrichissement en Mn, Cu, Y et La dans les bauxites de l'horizon b_2 doit être relié à l'altération de roches riches en ces éléments.
4. — Une concentration marquée de quelques éléments (Ni, Co, Cu, Mo, Y et La) a été observée dans les parties inférieures de la plupart de ces gisements, avec ou sans enrichissement dans les parties supérieures. Cette forme de distribution verticale des éléments apparaît, indépendamment de l'âge ou de la situation géologique des gisements.

Elle est identique à la forme de concentration de Ni *per descensum* dans les gisements de nickel au contact du karst. L'enrichissement en nickel dans la partie supérieure des profils, en même temps que la formation de minéraux argileux nickélicifères, indiquent nettement une latérisation prolongée du matériel durant le processus de bauxitisation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ALBANDAKIS (N.), 1971. — Contribution to the knowledge of the geology and economic geology of the Lokris nickeliferous lateritic iron-ore. *Bull. Geol. Soc. of Greece*, 8, p. 1-9.
- [2] AUBOUIN (J.) et al., 1970. — Contribution à la géologie des Hellénides: le Gavrovo, le Pinde et la zone ophiolitique subpélagonienne. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. XC, fasc. n° 4, p. 277-306.
- [3] BARDOSSY (Gy), MACK (E.), 1967. — Zur Kenntnis der Bauxite des Parnass-Kiona Gebirges. *Miner. Deposita* 2, p. 334-348.
- [4] BRABEC (D.), MAKSIMOVIC (Z.), 1967. — Determination of analytical precision in geo-chemistry. *8th Congr. Carpatho-Balkan. Geol. Assoc.*, Belgrade, p. 165-172.
- [5] KISKYRAS (D.), 1962. — Considérations sur la géologie des gisements de bauxite de la Grèce occidentale. *C.R. Ac. d'Athènes*, 37, p. 370-377.
- [6] MAKSIMOVIC (Z.), CRNKOVIC (B.), 1968. — Halysite and kaolinite formed through the alteration of ultramafic rocks. *23th Intern. Geol. Congr.*, Prague, 14, p. 95-105.
- [7] MAKSIMOVIC (Z.), 1972. — Nimesite—a new septechlorite from a bauxite deposit near Megara (Greece). *Bull. Sci. Cons. Acad. Yougoslavie*, 17, nos 7-8, p. 224-226.
- [8] MAKSIMOVIC (Z.), 1973 a. — Nickel in some mediterranean bauxite deposits-II *Yug Symp. on the study and explor. of bauxites*, Tuzla (*in press*).
- [9] MAKSIMOVIC (Z.), 1973 b. — Nickel clay minerals in some laterites, bauxites and oolitic iron ores. *6th Conf. of clay mineralogy and petrology*, Prague (*in press*).
- [10] NIA (R.), 1968. — Geologische, petrographische, geochemische untersuchungen zum Problem der Boehmit-Diaspor Genese in Griechischen oberkreide-Bauxiten der Parnass-Kiona-Zone. *Hamburg*, p. 1-193.
- [11] PAPASTAMATIOU (J.), 1960. — La géologie de la région montagneuse du Parnasse-Kiona-Oeta. *Bull. Soc. Geol. de France*, 70, sér. t. 2, p. 398-409.
- [12] PAPASTAMATIOU (J.), 1964. — Les gisements de bauxite en Grèce. *Ac. Youg. des Sc. et des Arts. Symp. baux. ox. hydrox. d'aluminium*. Zagreb, p. 285-293.
- [13] PAPASTAMATIOU (J.), 1966. — Problèmes que posent les recherches effectuées jusqu'à présent sur les bauxites grecques. *Travaux*, n° 3, p. 21.
- [14] PAPASTAMATIOU (J.), MAKSIMOVIC (Z.), 1967. — Contribution à l'étude de la genèse des bauxites grecques. Le gisement de bauxite de Mandra II. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 264, p. 2541-2544.
- [15] PAPASTAMATIOU (J.), MAKSIMOVIC (Z.), 1969. — Contribution to the study of genesis of greek bauxites: chemical and mineralogical composition of Mandra II bauxite deposit. *Annales Inst. Geol. Hung.*, 54, p. 391-402.
- [16] RICHTER (D.), PARIOLATOS (Il.), 1972. — Palaeomorphologie und eocaene Verkastung der Gavrovo-Tripolis-Zone auf dem Peloponnes (Griechenland). *Bull. Geol. Soc. of Greece*, 9, p. 206-228.

- [17] TATARIS (A.), KOUNIS (G.), 1969. — Some geological observations on the area of Lokris-Boeotia. *C.R. Ac. Athènes*, 43, p. 520-525.
- [18] TATARIS (A.), MARAGOUidakis (N.), 1966. — The stratigraphy of the upper horizons of Tripolitza zone. Tectonic and other observations in Kynouria-Lakonia area (Peloponesus). *Bull. Geol. Soc. of Greece*, 6, p. 365-384.
- [19] WEISSE (G. de), 1967. — Sur la présence de nickel dans un gisement de bauxite près de Mégare. *Mineral. Deposita*, 2, p. 349-356.

**Faculty of Mining and Geology
Džušina 7, 11000 Belgrade (Yougoslavie)
**47, rue Stournara, Athènes 147 (Grèce)*