

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 9 (1948-1950)
Heft: 1

Artikel: Les bauxites de l'Europe centrale : Province dinarique et Hongrie
Autor: Weisse, Jean-Godefroy de
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-287475>

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: 11.01.2026

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

Les bauxites de l'Europe centrale
(Province dinarique et Hongrie)

PAR

Jean-Godefroy de WEISSE

INTRODUCTION

J'ai réuni dans ce travail les résultats d'une dizaine d'années de recherches, faites au service de la S. A. pour l'Industrie de l'Aluminium, de Chippis (Suisse), sur les gisements de bauxite de l'Europe centrale. Au cours de cette période, durant laquelle j'ai dirigé divers travaux de recherches en Herzégovine et dans la forêt du Bakony, j'ai eu l'occasion d'étudier ou de visiter les principaux gisements de bauxite d'Europe, en particulier ceux de Provence, de l'Italie méridionale, d'Istrie, du centre de la Grèce et du Bihar en Roumanie. J'ai pu de cette façon comparer les conditions de gisement de la bauxite dans les régions les plus diverses.

Les deux régions principales qui font l'objet de cette étude, à savoir la côte orientale de l'Adriatique et le Massif central hongrois diffèrent sur bien des points : la première est méditerranéenne, intensément plissée et essentiellement calcaire, d'où sa nature karstique ; la seconde est continentale, tabulaire, disloquée par des failles et sa géologie est en partie voilée par des dépôts récents. Il m'a paru intéressant de comparer et d'opposer les gisements de deux zones dont le contraste est si manifeste.

Dans la zone méditerranéenne, nous retrouvons aujourd'hui certains aspects qui semblent avoir existé au temps où s'élaborait la bauxite. Le climat seul paraît avoir changé. Le Massif transdanubien a suivi une autre évolution depuis l'époque où les derniers gisements crétacés ont été enfouis sous les sédiments éocènes. Les conditions qui régnaient au Crétacé devaient être sensiblement différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui. Aussi est-ce de préférence dans la première de ces régions que

nous rechercherons les conditions favorables à la genèse de la bauxite.

J'ai divisé ce travail en deux sections : la première, la plus importante, constitue l'étude géologique. J'y examine la stratigraphie, la morphologie et la distribution des gisements de bauxite d'Europe centrale. Elle comprend trois parties : la première relative aux gisements de la côte orientale de l'Adriatique, désignée sous le nom de Province dinarique ; une partie comprenant quelques gisements situés dans les Alpes orientales et une partie traitant des bauxites du Massif central hongrois, compris entre le lac Balaton et Budapest. Ces trois régions se situent en Europe centrale.

Le seconde section comprend les études au laboratoire. Dans une première partie je passe en revue les différentes méthodes dont on dispose pour distinguer les divers types de bauxite, d'après leur constituant principal : bauxite à gibbsite (ou hydrargillite), bauxite à boëhmite et bauxite à diaspore.

Chacune de ces variétés est soumise actuellement, dans l'industrie de l'alumine, à un traitement différent ; c'est la raison pour laquelle il est devenu indispensable de les distinguer.

Enfin j'achève cette étude par quelques considérations sur la genèse de la bauxite. Ce problème qui n'a pas trouvé jusqu'à maintenant d'explication entièrement satisfaisante, se complique du fait qu'il ne se forme plus de bauxites proprement dites sous nos yeux. Les latérites actuelles et plus exactement leur partie alumineuse, que certains auteurs identifient aux bauxites fossiles, occupent, à notre avis, une position assez différente pour qu'on les distingue des bauxites des régions calcaires.

Les recherches sur le terrain, déjà passablement entravées depuis 1942, devinrent de plus en plus difficiles à réaliser en raison des opérations de guerre. Certaines questions soulevées en cours de rédaction auraient demandé des vérifications qu'il n'a pas été possible de faire. Ainsi, bien des points de nos conclusions restent hypothétiques et appellent de nouvelles observations.

PREMIERE SECTION ETUDE GEOLOGIQUE

PREMIERE PARTIE LES BAUNITES DE LA PROVINCE DINARIQUE

CHAPITRE PREMIER : LIMITES NATURELLES

Le massif montagneux qui forme la côte orientale de l'Adriatique possède un certain nombre de traits qui lui confèrent, au point de vue géologique, les caractères d'une province distincte. Cette province, de forme allongée, s'étend parallèlement à la mer Adriatique, de Trieste au lac Scutari en Albanie, sur une longueur de plus de 600 kilomètres. Sa largeur moyenne est d'une centaine de kilomètres vers l'intérieur des terres, où elle s'adosse au massif schisteux bosnien. La mer Adriatique qui la limite au sud-ouest est d'origine assez récente. On retrouve dans l'Italie du sud-est une zone qui possède certaines analogies avec les faciès crétacés de la côte dalmate et qui contraste nettement avec ceux des Apennins, c'est le plateau calcaire des Pouilles. Ce massif tabulaire a l'aspect d'un fragment dinarique sur sol italien. La zone ainsi délimitée se détache des Alpes calcaires méridionales, vers le sud-est, et sert de liason entre les Alpes orientales et le système montagneux des Balkans centraux. Elle correspond en grande partie à l'unité tectonique des Dinarides de ED. SUESS et comprend les territoires de l'Istrie, de la Dalmatie et du Monténégro, ainsi que la partie Sud-ouest de la Croatie, de la Bosnie et de l'Herzégovine.

Les principaux caractères de cette province sont :

1. le développement considérable des faciès calcaires ayant donné naissance à un modelé karstique très accentué ;
2. la tectonique relativement uniforme des chaînes, constituées par un système de plis longitudinaux, dirigés d'une façon générale du nord-ouest au sud-est.

CHAPITRE II : ESQUISSE STRATIGRAPHIQUE

C'est avant tout aux travaux des géologues de Vienne tels que v. HAUER (90), v. BUKOWSKI (75-77), F. v. KERNER (95), R. SCHUBERT (124-126) que l'on doit les principaux renseignements sur la stratigraphie de la région dinarique.¹

Le matériel qui constitue la côte orientale de l'Adriatique est d'origine essentiellement sédimentaire. Les roches éruptives n'apparaissent qu'en de rares endroits, au Trias moyen, et ne jouent qu'un rôle effacé dans la structure des chaînes dinariques. Au point de vue lithologique on peut subdiviser la série sédimentaire en trois groupes principaux, correspondant à trois phases de l'évolution du continent dinarique.

1. *Le soubassement anté-crétacé*, comprend des terrains allant du Carbonifère au Jurassique. Cette période débute par des schistes et des grès et se termine par des calcaires massifs.

3. *La masse crétacée-éocène*, qui constitue le squelette montagneux du territoire. Elle n'est pas en relation directe avec son soubassement. Durant cette période, les calcaires prennent un développement considérable et ce n'est qu'à la fin de l'Eocène qu'ils cèdent la place aux grès et aux marnes.

3. *La couverture néogène-quaternaire*, dont le faciès varie selon l'origine. Dans l'état actuel elle est dispersée indistinctement au-dessus des deux groupes de terrains précédents.

Au Carbonifère supérieur, il existe sur l'emplacement de la région dinarique un *bassin marin*, voisin d'une côte, qui semble située au nord. Dans ce bassin s'accumulaient des sables et des alluvions quartzeuses, mêlés à des restes de plantes terrestres. Dans les parties plus éloignées de la côte, il se formait des calcaires à *Mizzia* et à *Fusulines*. En Croatie, ces dépôts se poursuivent encore pendant une partie du Permien, et, tandis qu'en Dalmatie centrale il ne subsiste alors que des lagunes dans lesquelles se déposaient des dolomies et du gypse, la Dalmatie méridionale est probablement émergée ; on n'y connaît pas de Permien. La sédimentation très variée du Trias rend l'analyse paléogéographique difficile. Il se produisait alors en certains points des régressions et des transgressions fréquentes.

¹ Les études stratigraphiques détaillées de la Province dinarique comme de la région transdanubienne, qui font partie de cette thèse, n'ont pas été publiées. On peut s'y référer dans le manuscrit déposé à l'Université de Lausanne.

La mer envahit passagèrement toute la province au Werfénien inférieur, mais elle se retire sitôt après, laissant une seconde lacune de sédimentation au Werfénien supérieur. Dès le Trias moyen, on constate un retour de la mer durant lequel la sédimentation calcaire prend de plus en plus d'ampleur. Au Ladinien cependant, on assiste à la formation des sédiments les plus divers : roches argileuses, silex bigarrés, tufs volcaniques et roches vertes, couches à charbon, et finalement calcaires et dolomies surmontent l'ensemble. Pendant toute cette durée le Velebit, ainsi que certaines parties voisines de la Croatie, sont à sec et soumis à l'altération atmosphérique. Celle-ci donne naissance à de grosses masses de roches alumineuses associées aux couches variées de Raibl. La période continentale correspond approximativement au Carnien. Dans la zone septentrionale du bassin dinarique le Trias supérieur est représenté par des dolomies à Mégalodontes. Dans la région centrale, au nord de Knin, il subsistait alors une terre émergée qui ne fut recouverte par la mer qu'au Lias.

Au début du Jurassique la mer se retire de la partie méridionale du bassin dinarique. Le Tithonique supérieur y transgresse sur un soubassement triasique plissé et érodé. On ne connaît pas de bauxite, ni de terra rossa qui se soit formée durant la longue période continentale allant du Rhétien au Tithonique. Ceci est d'autant plus frappant que le soubassement sur lequel transgresse la brèche tithonique était entièrement calcaire. Il n'existait donc pas, au moment du retour de la mer, des conditions permettant aux résidus d'altération des surfaces calcaires de se conserver. Peut-être ont-ils été entraînés dans la mer où ils ont servi à colorer en rouge les calcaires siliceux à *Aptychus* du Tithonique ?

Au nord, par contre, la lacune du Jurassique inférieur et moyen ne s'est pas produite. Pendant cette période se déposait au contraire une épaisse série calcaire, un peu fossilifère et assez riche en silex. La fin du Jurassique est marquée dans l'ensemble du bassin dinarique par une nouvelle régression de la mer. Le Crétacé inférieur semble partout faire défaut.

Cette interruption est particulièrement évidente en Dalmatie méridionale ; en Croatie et en Istrie elle s'observe également alors qu'au centre du bassin elle paraît être moins accentuée. Dans toutes ces régions elle est marquée par l'existence d'une brèche calcaire, plus ou moins épaisse. On ne connaissait jusqu'à ces dernières années aucun gisement de bauxite datant de cette époque. Dans une note sur la bauxite d'Orsera en

Istrie, C. D'AMBROSI (67) a décrit un gisement de bauxite qui serait lié à la brèche formée pendant la phase d'émersion infracrétacée. D'autre part H.-W. QUITZOW (119) se référant à un rapport non publié de F. v. KERNER (102) mentionne l'existence au Monténégro, d'un horizon à bauxite dans le Crétacé inférieur. La connaissance insuffisante du Crétacé inférieur de la province dinarique rend pour l'instant prématurée toute discussion sur l'âge précis de ces bauxites. Nous aurons l'occasion de revenir dans la suite sur ces descriptions.

Dès le Cénomaniens la mer s'avance à nouveau et finit par recouvrir la totalité de la province. Pour la première fois, sur toute l'étendue du territoire on constate une certaine uniformité dans le faciès de ces dépôts côtiers. Ce sont à perte de vue des récifs de rudistes, formés par un calcaire très pur présentant par endroits des zones dolomitiques ou des brèches.

La mer se retire à la fin de Crétacé, laissant à sec un continent dinarique presque entièrement calcaire. La sédimentation ne se poursuit que dans deux bassins, situés en Istrie septentrionale et centrale : les bassins de Cosina et de Carpano. Les couches liburniennes qui forment le passage du Crétacé à l'Eocène se sont développées dans de larges estuaires aux bords escarpés. Ailleurs, sur toute l'étendue continentale l'érosion chimique corrodait la surface calcaire et accumulait les résidus de la dissolution dans les dépressions du sol. La période continentale qui correspond à cette lacune a débuté semble-t-il au Sénonien supérieur, peut-être au Danien et s'est poursuivie selon les lieux jusqu'à la base du Thanétien ou jusqu'au sommet du Lutétien inférieur. Si cet horizon n'est pas le plus riche en bauxite, c'est certainement celui dont l'extension est la plus grande. Ses gisements s'observent sur toute l'étendue de la province dinarique, depuis l'Istrie jusqu'aux confins albanais. Quelques discordances, signalées par D'AMBROSI (68) et WEINHOLTZ (142), semblent indiquer de légers mouvements ou du moins quelques gondolements pendant cette émigration. A la suite de cet important épisode continental, la mer transgresse une fois de plus sur ce territoire dénudé. Les dépôts tout d'abord saumâtres se transforment en dépôts littoraux, caractérisés par l'apparition d'une faune toute nouvelle de foraminifères : ce sont les couches à Alvéolines et à Nummulites du Lutétien inférieur.

Au milieu de cette mer à Nummulites émerge une grande île s'étendant d'Obbrovazzo jusqu'à Imotski, en Dalmatie centrale et pénétrant dans la Bosnie du sud-ouest. C'est ici qu'appar-

TABLEAU I

	ISTRIE	CROATIE	DALMATIE	BOSNIE HERZÉGOVINE	MONTÉNÉGR DALMATIE MÉRID.
QUATERNAIRE	Terra rossa	Terra rossa	Terra rossa	Terra rossa	Terra rossa
NÉOGÈNE			Couches à Congéries Brèches et Marnes Marnes à lignite	Marnes à lignite Calc. marneux Terra rossa	
OLIGOCÈNE			Couches de Promina		
ÉOCÈNE sup. moy. (Lutet.) inf. (Libur.)	Flysch (marno-grés.) Calc. nummulit. ppal. Calc. à Alvéolines Couches de Cosina Calc. lacustre (lign.) —BAUXITE—		Conglom. de Promina BAUXITE Calc. à Alvéolines Couches de Cosina	Flysch — Grès et calc. num. BAUXITE Calc. à Alvéolines Couches de Cosina	— Marnes du Flysch Calc. à Nummulites Calc. à Miliolites
CRÉTACÉ sup. (Sénon.) (Turon.) (Cénom.) moy. et inf.	Calc. brèche. à Rudistes Calc. à Chondrodontes Dolomie grise Calc. à saldames Biancone —BAUXITE (?)—	Calc. à Rudistes Calc. à Chondrodontes Dolomie Brèche grise	—BAUXITE— Calc. à Rudistes Calc. à Chondrodontes Dolomie Dolomites et brèches	—BAUXITE— Calc. à Rudistes Calc. à Chondrod. Dolomie	—BAUXITE— Calc. à Rudistes Calc. à Chondrodontes Calc. à Requiénies BAUXITE (?) Calc. à Requiénies
JURASSIQUE sup. moy. Lias	Calc. bréchique Calc. coralligène	Calc. à Cladocoropsis Calc. à Lithiotis Calc. gris	Couches de Lemesch Calc. à Cladocoropsis Calc. à Lithiotis Calc. gris	Calc. à Ellipsactin. Calc. à Ammonites	Calc. à Ellipsactinia Calc. à Lithiotis
TRIAS sup. (Norien) (Carnien) moy. (Ladin.) (Anis.) inf. (Werfen.)		Dolomie principale BAUXITE Calc. de Climenta Dolomie à Diplopores (Muschelkalk) Schistes et dolomies	BAUXITE Calc. de Climenta à Diplopores (Diabase) Schistes à Cératites Grès et schistes		Dolomie principale Calc. de Hallstatt C. de St-Cassian, Wengen Calc. à Diplopores Dolomie Schistes marneux
PERMIEN		Grès et dolomies	Dolomie et cornieule (?)		
CARBONIFÈRE		Calc. à Mizzia et Fusul Schistes, calc. brèche	Calc. à Mizzia		Calc. à Fusulines

TABLEAU STRATIGRAPHIQUE DE LA PROVINCE DINARIQUE

rait le troisième niveau à bauxite de la province Dinarique, et la dernière lacune de sédimentation que l'on constate avant la période continentale qui s'est prolongée jusqu'à nos jours. Elle se situe dans la partie moyenne et supérieure du Lutétien. Cette lacune ne se distingue pas partout nettement de la phase continentale danienne, car en maints endroits cette dernière s'est poursuivie jusqu'au Lutétien supérieur. Pendant cette nouvelle phase d'émersion lutétienne, il se formait sur la bande de terre émergée d'importants dépôts de bauxite. C'est le niveau le plus riche en minerai d'aluminium de Dalmatie, il est cependant loin d'atteindre l'extension du niveau danien. Le troisième horizon de bauxite est recouvert par les couches de Promina à faune et flore terrestres, saumâtres et marines, qui transgressent sur les terrains les plus variés : Eocène inférieur, Crétacé ou même Jurassique. Ces dépôts représentent les sédiments d'un delta qui se formait, soit dans une mer voisine, soit dans un bassin lacustre ou marécageux ainsi qu'en témoignent les nombreuses couches de charbon du Mont Promina. Pendant qu'en Dalmatie centrale se développaient les différents faciès que nous venons de voir, le reste de la région dinarique était recouvert d'une mer où se déposaient des sédiments d'origine lointaine : le Flysch gréso-marneux est en effet formé d'éléments qui semblent provenir des Apennins en voie de formation.

Dans la plus grande partie de la province dinarique, la sédimentation marine cesse définitivement à la fin de l'Eocène. Dans la région de Promina elle se poursuit jusqu'au début de l'Oligocène. Dès lors, le continent dinarique, soulevé par les mouvements orogéniques de l'Oligocène est resté émergé jusqu'à nos jours. Dans les zones étendues où l'érosion mécanique a fait disparaître la couverture de roches imperméables jusqu'au soubassement calcaire, l'érosion chimique a pu reprendre son œuvre et les résidus de la dissolution des calcaires recommencent à se déposer dans les dolines de la surface calcaire actuelle.

CHAPITRE III : MORPHOLOGIE ET HYDROGRAPHIE

Peu de pays se prêtent aussi bien à une analyse morphologique que la région dinarique. Abordée par la mer, elle apparaît comme une forteresse imposante, flanquée d'îles montagneuses et bordée par une haute chaîne côtière cachant à la vue l'arrière-pays montagneux. Rares sont les vallées qui découpent l'énorme carapace calcaire et qui aboutissent normalement à la mer.

Quatre fleuves principaux drainent cet immense territoire : La Krka, la Cetina, la Neretva et la Zeta. La Krka et la Neretva atteignent la mer par des estuaires profonds et sinueux ; la Cetina se termine par une gorge resserrée, quant à la Zeta, elle aboutit dans le lac de Scutari situé à 5 m. au-dessus du niveau de la mer, avec laquelle il communique par la Bojana. Le reste des eaux parvient à la mer par des sources débouchant au niveau de l'Adriatique ou même au-dessous de ce niveau. En remontant l'une de ces grandes artères fluviales, la Neretva par exemple, on constate que le thalweg occupe tout d'abord une vallée plate comblée d'alluvions, puis il s'élève lentement par gradins successifs, formant une vallée unique dépourvue d'affluents. Les gradins, coupés de gorges, séparent de larges plaines d'alluvions fertiles, dans lesquelles se sont groupées les principales agglomérations du pays. Le fleuve qui les arrose est alimenté par de nombreuses sources vaclusiennes émergeant au niveau du thalweg. Rien, si ce n'est les deux versants abrupts de la vallée, ne trahit jusqu'à maintenant la nature désertique du Karst. En effet, nous n'avons parcouru jusqu'ici qu'une vallée au profil normal, rajeunie en quelques points par des dislocations tectoniques. Si nous quittons le fond de la vallée pour nous élever sur l'un des deux versants, jusqu'au niveau des grands plateaux ondulés qui constituent la plus grande partie du territoire, l'aspect du pays change : la verdure a presque disparu, l'horizon est borné de tous côtés par des sommets arrondis dont la pente se relie insensiblement à la surface du plateau¹. Ce sont les vestiges d'un relief ayant échappé à l'érosion fluviale. La route que nous avons empruntée redescend après avoir franchi un col et longe un grand bassin à fond plat. Cette cuvette allongée, couverte en été par de maigres pâturages, se transforme en hiver en un lac et reste inondée jusqu'au début de l'été. Elle est alimentée en eau par quelques sources temporaires ou permanentes qui émergent sur l'un de ses bords. Ces eaux se rassemblent en un cours d'eau paresseux qui finit par disparaître dans quelques entonnoirs ou « ponores » souvent cachés par la vase. Ce sont ces bassins fermés qui se vident par des écoulements souterrains et dont l'origine est due à l'effondrement d'une portion de la carapace calcaire que l'on appelle « poljés karstiques » (d'un terme slave qui signifie la plaine). Nous remontons maintenant une vallée sèche ouverte entre deux chaînes allongées de mosors, et dont le fond

¹ Ce sont les « mosors » de A. PENCK (117).

est tapissé par des amas de terre argileuse rouge que les habitants s'efforcent de soustraire au ravinement à l'aide de murs de pierres sèches. Ils construisent ainsi une succession de champs disposés en gradins où ils cultivent le tabac et le maïs. La roche nue des versants est percée de cavités, cannelée de striures irrégulières plus ou moins profondes, partiellement remplies par cette même argile rouge que l'on appelle la «terra rossa» et sur laquelle s'accroche une maigre végétation de maquis. Lorsque la pente est forte la terra rossa entraînée par les eaux de pluie des orages d'automne se dépose dans le thalweg, d'où elle est à son tour enlevée par l'érosion et transportée dans la dépression la plus basse où elle s'accumule en se mêlant à d'autres sédiments. Si nous quittons la route pour franchir transversalement les chaînons calcaires, on traverse une succession de talus et de paliers, redescendant fréquemment dans de petites cuvettes. Les parties en paliers faiblement inclinées sont parsemées de dépressions aux formes et aux dimensions variant à l'infini ; ces entonnoirs ou «dolines» du Karst sont l'une des formes d'érosion les plus caractéristiques des roches solubles ; leur fréquence varie avec la nature de la roche, son état de dislocation, son inclinaison. Les dolines abondent en général dans les calcaires purs, sur les surfaces horizontales ou faiblement inclinées et dans les couches fortement disloquées. Les zones dolomitiques en sont généralement dépourvues, de même que les versants fortement inclinés. L'altération des dolomies produit un sable fin qui colmate en partie les fissures et rend les zones dolomitiques moins perméables. Elles correspondent souvent à des vallons où se dépose la terra rossa provenant des versants avoisinants. A côté des régions karstiques proprement dites où l'eau de ruissellement disparaît en profondeur et cesse d'être un agent actif du modelé pour se limiter à une action chimique, il existe dans la zone dinarique un certain nombre de lambeaux de la couverture imperméable formés des marnes et des grès du Flysch, et où le cycle d'érosion a pu se développer normalement. Ces lambeaux qui devaient occuper des étendues sensiblement plus grandes après les plissements oligocènes n'ont subsisté que dans quelques vallées synclinales. Les matériaux relativement tendres, enlevés par l'érosion, se sont accumulés dans les parties basses du continent, en particulier dans les fossés d'effondrement où existaient alors des lacs. C'est là que se sont déposées les couches lacustres et les lignites néogènes, dont l'âge n'a pas encore été fixé avec précision. (Miocène ?).

Enfin, à côté de ces deux types morphologiques opposés, celui des régions calcaires fissurées prédominant et celui des

régions argilo-marneuses imperméables, on observe un type intermédiaire : la vallée morte en forme de canion. Elle prend en général naissance dans une région imperméable et traverse de grandes étendues calcaires, reliant ainsi plusieurs poljés entre eux.

La plus grande partie de l'année ces canions sont à sec : ils ne sont parcourus qu'après de violents orages, par un torrent temporaire et débouchent dans les poljés partiellement remplis d'alluvions. Ce sont les témoins d'une période d'érosion ancienne dont les agents ont aujourd'hui disparu. Les études de PENCK (116, 117), de CVIJIC (81) et surtout de GRUND (87, 88), ont montré qu'à la période de soulèvement et de plissement de l'Oligocène a succédé une phase d'érosion intense. Les surfaces de roches imperméables étaient alors plus étendues et donnaient naissance à de nombreux cours d'eau capables de se creuser des gorges à travers les anticlinaux calcaires. Après une première phase d'érosion en profondeur, les cours d'eau ayant atteint un profil normal travaillèrent à l'érosion latérale et finirent par former des plaines d'abrasion calcaire, sans toutefois atteindre le stade de pénéplaine. Il subsiste en bordure de cette plaine d'abrasion des sommets que l'érosion a épargnés, ce sont les mosors de PENCK. A ce moment se produisit une nouvelle phase de mouvements tectoniques qui provoqua quelques faibles plissements dans la région côtière et souleva l'arrière-pays à une altitude plus élevée qu'il ne l'est actuellement par rapport à la mer. Ce soulèvement disloqua le continent dinarique : certaines parties s'élevèrent en horst, d'autres s'effondrèrent. Seuls les grands fleuves parvinrent à tenir tête au mouvement et à creuser leur thalweg au fur et à mesure du soulèvement.

CHAPITRE IV : TECTONIQUE

La province dinarique représente, comme nous l'avons vu, la prolongation orientale des Alpes calcaires méridionales. Ces chaînes montagneuses, que SUESS a appelées les «Dinarides», présentent un grand contraste avec les Alpes tant par la nature des matériaux dont elles sont constituées que par leur structure. A la suite des travaux de NOPCSA (113, 115) dans le Nord de l'Albanie, et de KOSSMAT (108-110), dans l'arrière pays de Trieste, L. KOBER (105, 106) d'une part et BOURCART (74) de l'autre, reprenant une hypothèse émise en 1907 par C. SCHMIDT (122), ont cru reconnaître l'existence de nappes dans les «Dinarides». Voici quelles sont les subdivisions qui ont été établies par ces divers auteurs :

Subdivision tectonique des Dinarides.

L. KOBER	FR. NOPCSA	F. KOSSMAT	BOURCART
1913-1929	1921	1923	1926
	I. Zone occidentale. Adriatique-ioniennne		
I. <i>Ionides</i>	II. Zone du Flysch hellénique occidental	I. Plis adriatique-ioniens	Série autochtone côtière
a) Zone externe adriatico-ioniennne			
b) Zone du Cukali Olonos-Pinde	III. Zone Olonos-Pinde. Cukali	II. Zone Pinde-Cukali (Budua-Spizza)	Zone des écaill-les du Cukali
II. Métamorphi-des (Attique)			
III. Zone calcaire des Dinarides	IV. Zone calcaire. Plateforme albanaise et Velebit	III. Zone calcaire du Haut-Karst	Nappes des Alpes albanaises
IV. Zone interne des Abyssides	V. Zone orientale Othyrs-Merita à Serpentine	IV. Zone schisteuse interne de Bosnie et d'Albanie. Serpentine de la Merdita.	

Si l'on a pu définir de telles unités tectoniques en Albanie d'une part et dans les Alpes calcaires méridionales d'autre part, il n'est guère possible de les suivre en Croatie et en Dalmatie. Les travaux de R. SCHUBERT (124-126), F. v. KERNER (95), et plus récemment ceux de L. RUTTEN (120) et de ses élèves ont montré assez clairement qu'il n'existe pas de nappes proprement dites dans la zone dinarique.

La ligne de contact séparant les prétendues nappes dinariques externes (I) des nappes dinariques calcaires (III) qui figure sur toutes les esquisses tectoniques données par KOBER, NOPCSA ou KOSSMAT est une pure fiction. Les recherches détaillées montrent plutôt que les grandes unités alpines méridionales se fondent vers l'Est en un système de plis simples. On sait d'ailleurs que le paroxysme du plissement de la zone dinarique est légèrement postérieur à celui des Alpes méridionales. Les structures tectoniques, telles que plis déversés, décrochements, chevauchements de faible amplitude sont fréquents, mais nulle

part elles n'atteignent l'envergure d'un charriage de type alpin. Il semble actuellement établi que tous les terrains sont autochtones. L'étude stratigraphique a montré que la province dinarique a été le théâtre de mouvements épirogéniques fréquents : soulèvements et affaissements répétés.

Si les interruptions de la sédimentation que nous avons signalées au début correspondent réellement à des phases continentales, on peut énumérer les soulèvements suivants :

1. Soulèvement au Permien (Dalmatie méridionale).
2. » au Werfénien supérieur.
3. » au Trias moyen et supérieur.
4. » au Jurassique inférieur et moyen (Dalmatie méridionale).
5. » au Crétacé inférieur.
6. » au Danien-Montien.
7. » au Lutétien supérieur.

Ces soulèvements du continent sont presque partout mis en évidence par des niveaux à brèches ou à poudingues.

Les couches qui définissent les trois lacunes inférieures sont concordantes. Entre le Rhétien et le Tithonique supérieur, BUKOWSKI (77) a observé une discordance, qui impliquerait une phase de plissements au Jurassique inférieur (phase cimmérienne de STILLE). Le Crétacé moyen ou supérieur semble être partout concordant sur le Jurassique supérieur. Dans la région de Drnis, HARRASSOWITZ (32) et WEINHOLZ (142) signalent une discordance entre le Sénonien et les couches de Cosina. Cette même discordance a été observée en Istrie par D'AMBROSI (68). En Herzégovine par contre, il ne m'a pas été possible de la constater, le calcaire à Rudistes étant pratiquement dépourvu de stratification, les couches de Cosina ou le calcaire à Alvéolines paraissent reposer partout en concordance sur leur soubassement.

Cette phase de mouvements tectoniques localisés et peu accentués se situe à la fin du Crétacé ou au début de l'Eocène. En Dalmatie septentrionale, là où nous trouvons au Lutétien supérieur une bande de terre émergée, on observe une discordance entre le calcaire à Alvéolines (Lutétien inf.) et les couches de Promina (Eocène supérieur) c'est une phase de plissements de l'Eocène supérieur.

Plissements oligocènes.

C'est à la suite du dépôt des couches de Promina, qui renferment une faune de l'Oligocène inférieur que se produisirent les principaux mouvements orogéniques de la zone dinari-

que. Ce sont eux qui ont donné naissance à la succession d'anticlinaux et de synclinaux parallèles, qui se relaient ou alternent le long de la côte orientale de l'Adriatique. La direction de l'ensemble appelée aussi direction «dinarique» est orientée du NW vers le SE. Dans la partie centrale, on constate une déviation de cette direction vers l'Est. Les chaînes y présentent l'orientation dite «lesinienne» (de l'île de Lesina), de l'Ouest à l'Est. La côte présente ainsi la forme générale d'une double guirlande avec trois points de rebroussements situés à Albona, à Omis et à Scutari. Dans l'ensemble, la poussée horizontale semble être venue du Nord-Est. Les massifs mésozoïques anciens n'ont été que peu affectés par les mouvements oligocènes, par contre la couverture Crétacée-Eocène a été fortement ridée. L'ancienne masse du Velebit qui domine la côte croate a la forme d'un grand pli dont le flanc NE s'est abaissé par rapport au flanc SW. En Dalmatie méridionale, les massifs anciens affleurent en une longue chaîne littorale, en contact avec le Flysch par un plan de faille. Ce serait là le contact invoqué par KOBER, séparant la zone du Flysch hellénique de la zone de Cukali. Dans la région de Spizza et de Budua, cette chaîne se fractionne en blocs longitudinaux chevauchant les uns sur les autres et s'abaissant du côté de la mer.

La carapace rigide Crétacé-Eocène a réagi à la poussée tangentielle en formant une succession de plis parallèles déversés vers le Sud-Ouest, qui donne à l'ensemble une allure dissymétrique et souvent isoclinale. L'Istrie n'a été plissée que dans sa partie Nord. La région méridionale où se trouvent les gisements de bauxite n'a subi que des ondulations amorties et se présente comme un avant-pays tabulaire faiblement incliné vers la mer. Il en est de même du plateau des Pouilles, ce fragment de la province dinarique situé en Italie méridionale.

Pendant que l'ensemble de la chaîne dinarique se soulève, certains compartiments et en particulier les zones d'ennoyages axiaux, s'affaissent donnant naissance à des bassins fermés.

Soulèvements posthumes.

A peine émergé le pays ainsi plissé a été soumis à une dénudation intense durant le Miocène, dénudation qui le transforme peu à peu en une plaine d'abrasion voisine du niveau de la mer. C'est alors que se produit selon PENCK et GRUND, la seconde phase des mouvements dinariques. Ces mouvements tardifs se sont manifestés au début du Pliocène par un soulève-

ment en forme de voûte, dont les voussoirs situés du côté adriatique se sont effondrés ultérieurement donnant naissance à plusieurs gradins. Les bassins tectoniques esquissés durant la phase oligocène s'accroissent et constituent les poljes : les rivières qui divaguaient dans la pénéplaine, à la fin du Miocène, recroissent tout d'abord leur vallée. Mais au fur et à mesure que le soulèvement s'accroît, la nappe aquifère s'approfondit et les rivières finissent par tarir, laissant comme témoins leurs vallées mortes.

Le phénomène karstique qui avait cessé durant la phase d'abrasion lorsque la surface topographique avait atteint le niveau de la nappe aquifère, subit un rajeunissement du fait de l'abaissement de cette nappe, les dolines se creusent, les fissures s'élargissent, l'eau disparaît de la surface et l'érosion mécanique cesse son action. Seuls les fleuves dont le débit est assez puissant pour compenser l'effet du soulèvement en maintenant leur lit au voisinage de la nappe aquifère parviennent encore à atteindre la mer. Tel est le cas de la Krka, de la Cetina, de la Neretva et de quelques autres. Ces mêmes fleuves qui étaient parvenus à tenir tête au soulèvement accumulent aujourd'hui des alluvions dans leurs estuaires, les compartiments du continent soulevés s'étant de nouveau partiellement effondrés.

Le fossé Adriatique qui forme aujourd'hui la limite S-O de la province est d'âge assez récent. On le subdivise en un fossé profond méridional et un bassin à fond plat septentrional séparé par un seuil reliant la presqu'île italienne de Gargano à la côte dalmate entre Raguse et Split. Pour GRUND le fossé méridional se serait effondré lors des mouvements post-miocènes en même temps que s'accroissaient les poljes karstiques, tandis que le bassin septentrional représenterait une prolongation de la plaine du Pô, inondée à la période post-glaciaire par une transgression de la mer.

Je ne chercherai pas à discuter ici les diverses théories qui ont été soutenues au sujet du mécanisme de ces mouvements, ni à préciser leur âge ; je me bornerai à renvoyer aux travaux remarquables des géographes et géologues de Vienne, tels que PENCK (116), GRUND (89), KREBS (111), KOSSMAT (109), etc. Il a suffi ici de montrer la grande mobilité du soubassement sur lequel évoluent les gisements de bauxites dinariques que je me propose d'étudier.

CHAPITRE V : LES GISEMENTS DE BAUXITE

Dans la description des gisements de bauxite de la province dinarique, j'examinerai successivement les différents horizons de bauxite signalés dans la partie stratigraphique, en respectant l'ordre suivant :

1. Les bauxites *triasiques*.
2. Les bauxites attribuées au *Crétacé inférieur*.
3. Les bauxites de la fin du *Crétacé*.
4. Les bauxites *éocènes*.
5. Les dépôts de bauxite remaniée et la terra rossa d'origine récente.

1. *Les bauxites triasiques de Croatie.*

Position géologique.

D'après les levés géologiques de F. KOCH et de R. SCHUBERT dans les régions de Medak-St. Rok et de Gracac-Ermains, on trouve dans la chaîne du Velebit et sur le plateau de la Lika, au-dessus des calcaires et dolomies ladinien, une série de couches bigarrées comprenant des grès rouges, des schistes et des conglomérats et renfermant par endroits de gros amas de roche bauxitique. Ce sont les couches carniennes de Raibl, représentées ici par une série essentiellement continentale, dont l'épaisseur peut varier dans de larges limites (de 2 à 30 mètres). A côté de ces faciès bigarrés, à caractère continental, on voit au-dessus des calcaires à Diplopores du Ladinien, des marnes et des calcaires noirs, renfermant sporadiquement une faune de Crinoïdes, Gastéropodes, Brachiopodes, Ammonites et Poissons. Au sud de Medak, ce faciès marin plonge sous la zone bigarrée du Carnien.

Les couches de Raibl sont surmontées par la série dolomitique norienne (Hauptdolomit), formée de dolomie oolithique gris-clair et de calcaires blancs. Entre les deux horizons de roches carbonatées massives du Ladinien et du Norien, la série des couches de Raibl, relativement tendres et peu épaisses forme une zone déprimée, souvent cachée par l'éboulis ou par la végétation.

Ce n'est que dans les parties où le niveau carnien s'épaissit et affleure sur de grandes étendues que l'on constate la présence de bauxite.

Dans la chaîne du Velebit et dans la Lika on connaît les gisements principaux suivants : (voir Planche II).

N ^o 1. Paklenica	Velebit dalmate.
N ^o 2. Stirovaca et Debeljak	région de Gospic.
N ^o 3. Grgin brieg.	
N ^o 4. Raduc.	région de Gracac.
N ^o 5. Vratce.	
N ^o 6. Rudopolje.	
N ^o 7. Mazin	région de Bihac.
N ^o 8. Skocaj.	
N ^o 9. Maric.	région de Knin.

parmi lesquels on peut distinguer les trois types suivants :

1. *Le type de Paklenica* (1)¹ décrit par SCHUBERT, est compris entre le calcaire de Climenta attribué à l'Anisien (bien que ne renfermant pas de fossiles) et le Norien.

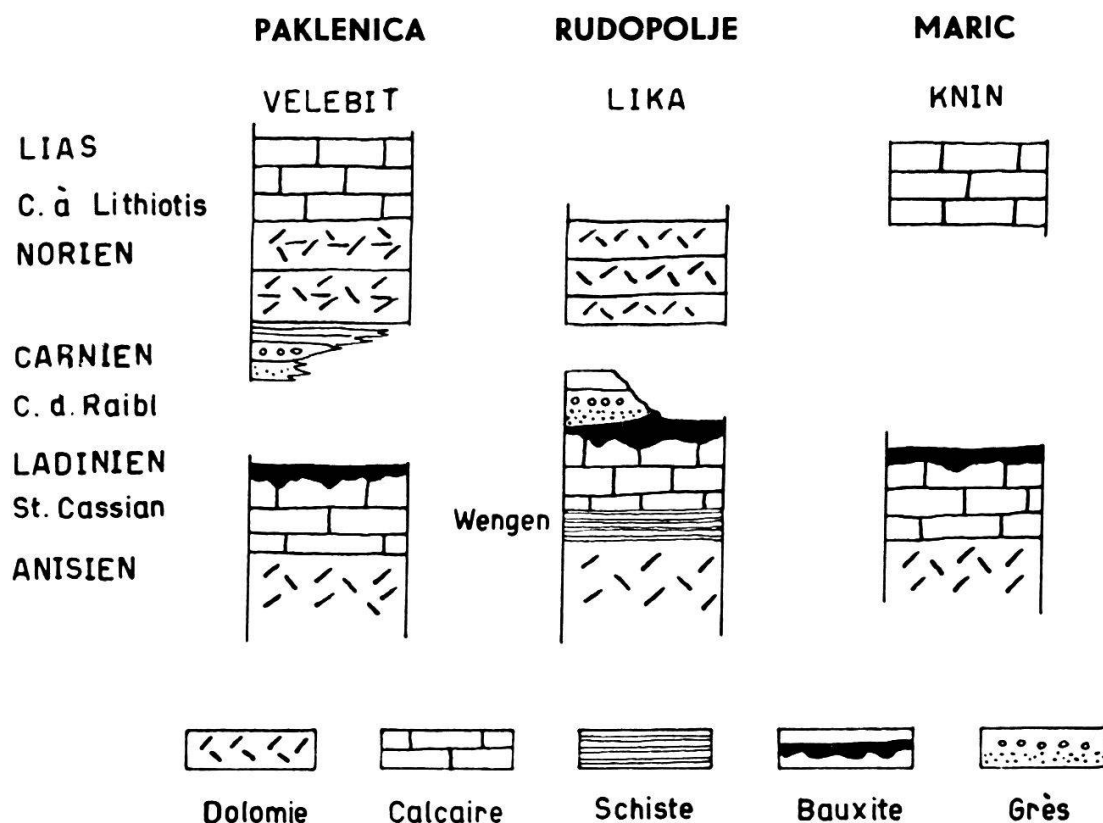


FIG. 1. — Position des bauxites du Trias.

2. *Le type de Rudopolje* (6) qui selon KOCH serait compris entre les calcaires de St-Cassian et les dolomies noriennes.

3. *Le type de Maric* (9), compris entre le calcaire de St-Cassian et le Lias, qui le surmonte en discordance.

¹ Pour ne pas surcharger la Planche II, les gisements ont été désignés par leurs numéros.

La comparaison entre ces trois profils montre que la lacune durant laquelle se formait la bauxite s'est prolongée jusqu'au sommet du Trias dans la région de Knin.

La bauxite de Rudopolje (6).

La bauxite de Rudopolje se présente sous la forme d'une couche assez régulière affleurant sur une longueur de trois kilomètres environ à l'ouest de Bruvno. Elle passe latéralement à une roche de plus en plus hétérogène, de nature argileuse et de couleur bigarrée. La couche principale, dont le plongement est de l'ordre de 6° à 10° vers le NNO, a été mise à nu par l'érosion sur une largeur de plusieurs centaines de mètres. Elle repose sur un mur irrégulier formé par le calcaire de St-Cassian ou par de la dolomie ladinienne, par place on y trouve intercalés des grès ou des marnes de Raibl. Le toit qui appartient encore à la partie supérieure des couches de Raibl est constitué par un calcaire marneux, à structure noduleuse, en contact avec la couche bauxitique par une surface plane. Dans la couche bauxitique elle-même on peut distinguer deux types de roche alumineuse :

un niveau inférieur de 5 à 15 mètres de puissance, formé d'une roche argileuse compacte à teinte claire, blanchâtre, jaune ou rougeâtre, relativement tendre.

un niveau supérieur de 3 à 8 mètres de puissance, dur et résistant, constituant la couche minéralisée proprement dite, colorée en rouge brun et renfermant de petits pisolithes ferrugineux. Par sa dureté, ce niveau a pu résister sur de grandes étendues à l'altération atmosphérique.

Analyses des bauxites de Rudopolje

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F. ¹	Al ₂ O ₃
1	Niveau inf. tendre	37,27	11,27	1,51	12,47	37,48
2	Niveau sup. dur	10,10	17,15	1,99	12,10	58,66
3	Type clair interméd.	18,83	6,68	2,12	12,43	58,90

La haute teneur en silice de la roche tendre du niveau inférieur la range dans les argiles plutôt que dans les bauxites. Cette roche argileuse passe graduellement à la bauxite siliceuse sans qu'il soit possible d'établir une démarcation nette au point de vue pétrographique ou chimique. Seuls les types extrêmes présentent des caractères assez nets pour être distingués. L'exa-

¹ P. F. indique la perte au feu.

men d'une soixantaine d'analyses permet de constater une relation entre la teneur en titane et celle en alumine : le titane semble croître proportionnellement à l'alumine. Cette règle ne se vérifie pas dans d'autres gisements, ce n'est probablement qu'une coïncidence. C'est sur les bauxites de ce type qu'ont porté essentiellement les études pétrographiques de M. KISPATIC (104) et F. TUCAN (133, 136). Dans sa publication de 1912, KISPATIC signale dans la bauxite de Rudopolje la présence de «sporogelite», modification amorphe d' $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, ou gel de diaspore, formant avec l'oxyde de fer qui la colore la masse principale de la roche, viennent ensuite du diaspore avec un peu de gibbsite et un certain nombre de minéraux accessoires tels que quartz, feldspath (rare), amphibole (rare) et calcite (rare). KISPATIC a trouvé au voisinage de Bruvno un échantillon formé essentiellement de diaspore.

En 1934, F. TUCAN, reprenant l'examen d'une bauxite de Rudopolje, en donne les caractéristiques suivantes :

Dureté 4,5 poids spécifique 2,868 à 18°C, type gris clair, oolithique

Les composants minéraux sont la sporogelite en masse non individualisée, d'indice 1,612, la böhmite en grains irréguliers et, comme accessoires : la kaolinite, l'hématite, le zircon, le rutil, la tourmaline et la calcite.

Il en donne l'analyse suivante :

No	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	V_2O_5	H_2O	Al_2O_3
4	15,87	traces	2,21	0,12	0,022	14,63	66,22

La bauxite de Niksicka Zupa (Monténégro).

A l'Est de Niksic, dans la chaîne de la Niksicka Zupa, on a signalé la présence de bauxites triasiques. Je n'ai pas eu l'occasion de les visiter. Ces bauxites seraient situées, d'après un rapport de l'ing. T. VITOROVIC, dans le Trias supérieur. Z. BESIC (71), dans une note sur la géologie de la Niksicka Zupa, a décrit cette chaîne comme étant constituée par le flanc NE d'un anticlinal dont le cœur est occupé par la plaine de Niksic. On y observe vers le NE, la succession suivante :

1. Calcaire à *Bellerophon* du Permien sup.
2. Werfénien fossilifère avec filons de porphyrite.
3. Dolomies du Trias moyen.
4. Calcaire à *Mégalo-don* du Trias sup.

qui forme le plateau élevé sur lequel se trouvent les gisements de bauxite. Ceux-ci apparaissent sous forme de lentilles plus ou moins grandes, sur une distance de 8 km. environ, orientées

du NO au SE. Sans avoir de plus amples renseignements sur ces bauxites, il n'est guère possible d'établir un parallélisme avec celles de Croatie.

En Herzégovine, F. KATZER (94) a indiqué l'existence d'un gisement de bauxite triasique dans les couches de Wengen (Raibl) de la vallée de Dreznica.

2. *Les bauxites attribuées au Crétacé inférieur.*

Nous avons vu ci-dessus que certains auteurs admettent l'existence d'un horizon à bauxite infracrétacé. Ce serait le cas des pseudo-bauxites d'Orsera, en Istrie, décrites par D'AMROSI (67) et de certains gisements du S.W. du Monténégro, étudiés par F. KERNER (102) et cités par QUITZOW (119).

Les bauxites d'Orsera.

Au voisinage de la localité d'Orsera, située sur la côte occidentale de l'Istrie, on trouve quelques amas de bauxite rouge associés à de grosses masses de terra rossa. Ces amas sont éloignés d'une vingtaine de kilomètres de la zone principale d'affleurement des gisements istriens, et sont disposés en bordure du dôme jurassique d'Orsera. Quelques travaux de recherche ont montré qu'ils étaient liés à des calcaires bréchiques sans fossiles que D'AMROSI attribue au Valanginien. En effet, ces brèches semblent reposer sur un calcaire coralligène à faune tithonique, dans lequel il a découvert *Heterodicerias luci*, fossile du début du Valanginien. Cette brèche marquerait une phase d'érosion à la base du Néocomien. La puissante série stratigraphique qui recouvre la brèche ne renferme, sur plusieurs centaines de mètres, aucun fossile permettant de la dater. Le premier niveau connu est le Cénomaniens dans lequel on trouve des restes de Caprotines, de Nérinées, de Requienies et d'Orbitolines. Si l'on parvient dans une certaine mesure à dater le mur de ces amas bauxitiques, il n'est guère possible d'observer un toit caractéristique.

Les affleurements de bauxite disparaissent de tous côtés sous une épaisse couche de terre brune rendant impossible de constater s'il existe un toit réel. Or, on ne peut fixer la période de formation d'une bauxite qu'en déterminant l'âge du toit et celle du mur. D'autre part, l'analyse de ces bauxites les classe, du fait de leur forte teneur en silice, parmi les terra rossa et non parmi les bauxites proprement dites.

Analyses des bauxites d'Orsera.

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
5	Bauxite rge-brun	14,44	22,63	2,31	11,74	48,88
6	Bauxite rge et grise	16,97	17,72	2,31	12,85	50,15

Dans les cavités de la brèche calcaire, d'AMBROSI signale une substance grise qui donne l'analyse

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
2,33	19,46	63,88

Ce serait une bauxite excellente, mais dont il n'existe que des quantités infimes.

Sans vouloir nier l'existence possible d'un niveau à bauxite infracrétacé, il se pourrait qu'il s'agisse, dans le cas d'Orsera, de bauxites sénoniennes remaniées au Miocène.

La bauxite du Monténégro central.

Entre Niksic et les bouches de Kotor, F. KERNER (102) a décrit dans un rapport inédit de 1927 un certain nombre de gisements de bauxite. Ces gisements reposent sur un calcaire blanc à grain fin renfermant des restes de Rudistes et dont la stratification est peu apparente. La surface corrodée de ce calcaire est recouverte par place par une brèche sur laquelle s'est déposée la bauxite. Cette bauxite est d'aspect très variable. On distingue entre un minerai compact, rouge brique, peu pisolitique et un minerai poreux, gris-jaune, gris-rougeâtre, truité ou blanc. La bauxite blanche et grise paraît prédominer. A la surface de quelques amas, on observe des croûtes scorifiées jaunes-brunes de limonite.

Les couches du toit sont formées par un calcaire compact gris clair, nettement stratifié, renfermant également quelques rares fragments de Rudistes. Les parties qui recouvrent la bauxite rouge brique renferment les restes de petits Gastéropodes, tandis que là où la bauxite est poreuse et grise le toit renferme essentiellement des Foraminifères. La puissance des amas discontinus de bauxite peut atteindre 10 à 15 mètres. Leur plus grande dimension est d'une centaine de mètres. Les renseignements paléontologiques sont insuffisants pour fixer l'âge de ces dépôts. KERNER les situe entre les couches du Crétacé inférieur et celles du Crétacé moyen qui constitue, selon lui, la plus grande partie de la région. QUIRZOW (119) veut voir dans la phase d'émersion qui aurait donné naissance à ces bauxites une manifestation des mou-

vements orogéniques de la phase austrienne de STILLE et fait correspondre les bauxites monténégrines aux bauxites du Midi de la France.

Analyses des bauxites du Monténégro.

N°		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
7	Bjelo Poljane	11,71	6,35	3,64	14,68	63,62
8	Gostac	26,57	1,26	2,63	14,33	55,21
9	Kila	39,82	1,30	2,18	12,58	44,12
10	Aluga	22,30	1,90	2,93	14,37	58,50

Nous venons de voir que les données que nous possédons sont actuellement insuffisantes pour se prononcer sur l'existence d'un niveau de bauxite à la base du Crétacé. Dans les deux cas, en Istrie et au Monténégro, il s'agit de bauxites siliceuses et par conséquent sans intérêt pour l'industrie de l'aluminium.

3. Les bauxites de la fin du Crétacé (Sénonien).

C'est le niveau à bauxite le plus constant et le plus étendu de la province dinarique. Qu'on l'aborde en Istrie, en Herzégovine ou au Monténégro, il présente partout des caractères assez semblables. Reposant toujours sur le Crétacé supérieur, il est recouvert soit par le calcaire de Cosina (Liburnien), soit par le calcaire à Alvéolines du Lutétien inf. Il n'existe cependant pas partout au contact entre le Crétacé et l'Eocène, soit qu'il ait été laminé par les mouvements orogéniques, soit qu'il ne se soit jamais déposé. Nous sommes ainsi amenés à distinguer trois bassins dans lesquels on trouve la bauxite de cet horizon. Au nord un *bassin istrien* comprenant avec l'Istrie, les îles du Quarnero, un *bassin central* occupant la Dalmatie et l'Herzégovine, enfin au Monténégro un petit *bassin méridional*, qui se prolonge sur le territoire albanais. C'est à ce même horizon que semblent appartenir les gisements de Bosnie tels que ceux de Krupa, situés sur la rivière Una, et de Besselj sur le Vrbas, au sujet desquels il n'existe encore que des données très incomplètes (voir Planche I).

Le mur de la bauxite est formé de calcaire à Rudistes d'âge Turonien et Sénonien. Ce calcaire qui constitue le bâti principal du Karst yougoslave présente de légères variations de faciès. On distingue :

1. un *calcaire finement grenu*, blanc ou jaunâtre, traversé par des veinules de calcite, assez bien stratifié ;

2. *un calcaire compact brun pâle* ou café au lait, sans stratification apparente ;
3. *un calcaire à gros grain*, jaunâtre ou brun pâle, cassure saccharoïde (le Zuckerkalk de certains auteurs) fortement recristallisé ;
4. *un calcaire compact blanc*, oolithique par endroit.

Ces différents types passent localement à des brèches microscopiques ou macroscopiques, ils surmontent assez régulièrement une zone de calcaires plaquetés et des dolomies grissâtres.

A l'exception des dolomies et du calcaire à gros grain toutes ces roches sont assez abondamment pourvues de débris de Rudistes. La dispersion de ces derniers est cependant très irrégulière ; ils forment par endroit de véritables nids, tandis qu'ailleurs on ne voit que des débris indéterminables.

La bauxite s'est déposée en certains points à la surface corrodée de ces calcaires, en formant un manteau mince et discontinu. Ce manteau présente des épaisissements aux formes les plus curieuses qui constituent les gisements ou poches de bauxite. Ces amas représentent en effet le remplissage de cavités ou de grottes formées par la dissolution du calcaire à Rudistes. La forme la plus simple est celle d'une cuvette dont les parois sont hérissées de pointes ou de pyramides calcaires plus ou moins hautes. Cette forme élémentaire peut se compliquer par l'adjonction d'un système de fissures ou de cheminées dont il est impossible de prévoir la forme a priori. Ce n'est que par l'observation d'un grand nombre de poches d'une région que l'on finit par se faire une idée du régime du bassin considéré. Enfin ces formes primitives ont souvent subi des déformations dues aux mouvements orogéniques postérieurs au dépôt de bauxite. Ces déformations se manifestent par l'écrasement du gîte, sa dislocation par des failles, son inclinaison pouvant aller jusqu'au renversement suivant l'intensité du plissement. La dénudation d'une région plissée, qui succède à l'orogénèse, recoupe le niveau à bauxite selon une section plus ou moins oblique et n'en laisse affleurer qu'une ligne étroite, le long de laquelle s'égrènent les gros amas. Le toit de cet horizon de bauxite est constitué soit par des dépôts de calcaire marneux lacustre, soit par le calcaire de Cosina renfermant en abondance des Gastéropodes saumâtres et de petits Foraminifères. Il repose par une surface plane, aussi bien sur la bauxite que sur le calcaire, là où l'horizon de bauxite a disparu, ou n'a jamais existé.

Le bassin istrien.

L'Istrie qui occupe l'extrémité NW de la province est traversée en écharpe par un synclinal éocène complexe. Celui-ci divise la presqu'île en trois zones caractéristiques, qui sont du Nord au Sud : l'Istrie blanche ou calcaire, l'Istrie verte marno-arénacée et l'Istrie rouge bauxitique. C'est en bordure du contact entre l'Istrie verte et l'Istrie rouge que s'échelonnent, sur une cinquantaine de kilomètres, les gîtes de bauxite.

L'Istrie verte, formée par les terrains du Flysch, est un pays de collines moyennes (alt. 400 m.) drainé par un réseau serré de vallons. L'Istrie rouge doit son nom aux nombreux gisements de bauxite et aux grandes masses de terra rossa qui la recouvrent. C'est une région tabulaire s'abaissant graduellement de 300 mètres au niveau de la mer. Formée en grande partie par des roches calcaires, elle présente à une échelle réduite les phénomènes karstiques. Tandis que le flanc nord du synclinal éocène est fortement redressé ou même chevauché par le Crétacé de l'Istrie blanche, le flanc sud est à peine incliné sur l'horizontale. Il présente quelques petites ondulations marquées par l'anticlinal secondaire de Buie. La limite Crétacé-Éocène est une limite d'érosion. On retrouve en effet de nombreux lambeaux d'Éocène isolés sur le Crétacé.

Il est probable que l'Éocène recouvrait primitivement toute l'Istrie méridionale et que cette région, bombée par les mouvements tectoniques a été peu à peu dénudée. C'est au voisinage du canal de Leme que la dénudation a atteint son maximum de profondeur, mettant à nu le Tithonique, ainsi que nous l'avons vu plus haut, à propos des bauxites d'Orsera.

Le Sénonien est recouvert ici par des dépôts morcelés et discontinus de bauxite atteignant par endroit une vingtaine de mètres d'épaisseur. Le mur de la bauxite est irrégulier et rappelle la surface corrodée et inégale du Karst; le toit, qu'il n'est pas toujours facile d'observer à cause des produits d'altération qui le cachent, repose sur la bauxite par une surface plane. La mer éocène a dû, par conséquent, transgresser sur un continent abrasé ayant atteint le stade de pénéplaine. La disposition presque horizontale des couches permet la conservation des gisements pendant de longues durées et à de grandes distances de leur couverture éocène. C'est l'une des caractéristiques des gisements de bauxite d'Istrie d'apparaître sur une large étendue plane, en bordure

de l'Eocène. L'aspect de cette zone minéralisée, si l'on fait abstraction de la végétation assez pauvre qui la couvre aujourd'hui, ne doit pas différer beaucoup de la surface sénonienne où s'élaborait la bauxite. Mais, tandis qu'alors les éluvions accumulées sur la surface calcaire s'enrichissaient en alumine en perdant leur silice, il semble qu'aujourd'hui les gisements sitôt découverts, évoluent dans le sens inverse et contiennent d'autant plus de silice que l'on s'éloigne du toit qui les protège. On est ainsi amené à distinguer entre des gisements primaires situés à proximité de leur toit calcaire et des gisements secondaires exposés depuis une longue période à l'action des agents atmosphériques et par conséquent altérés ou remaniés.

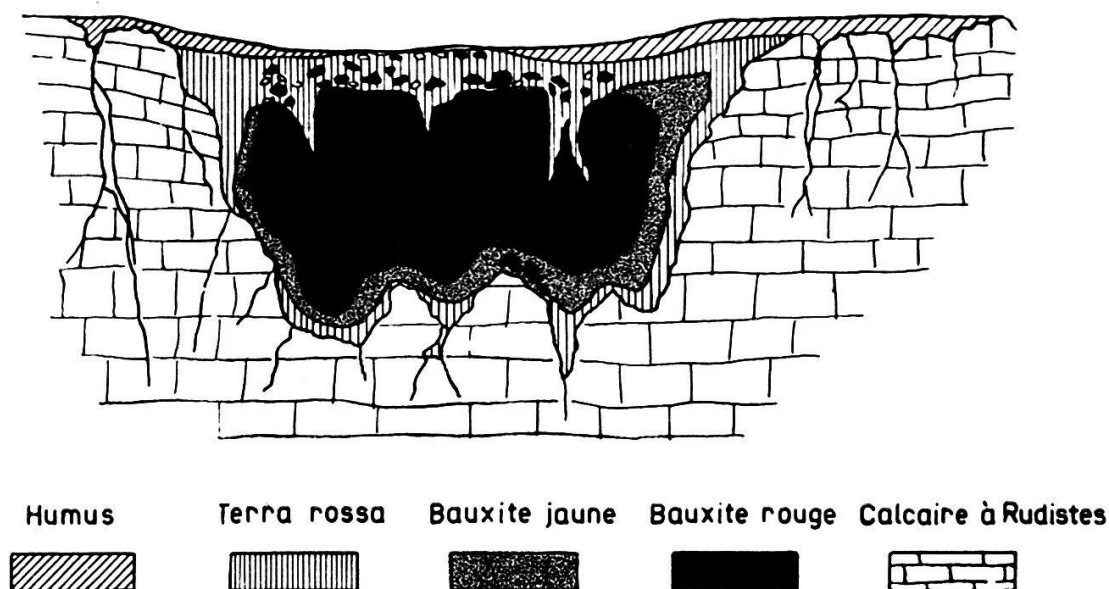


FIG. 2. — Gisement de bauxite d'Istrie.

Les gisements de bauxite d'Istrie apparaissent sur un arc de cercle, allant d'Umago à Albona et d'Albona à Pola. Ils se présentent en amas dispersés aux formes capricieuses, dont le diamètre peut varier de quelques mètres à une centaine de mètres et dont la profondeur atteint rarement plus de 25 mètres.

La masse centrale de la poche dans les gisements que j'ai eu l'occasion de visiter est formée par une bauxite fragmentée, en blocs anguleux, dont la couleur dominante est le rouge brique. Au voisinage des parois, la bauxite prend une teinte jaunâtre en passant par le rouge vineux, le violacé, le rose ; au

contact même du mur, on trouve généralement une substance argileuse passant brusquement au calcaire; celui-ci est désagrégé et pulvérulent sur une épaisseur de plusieurs centimètres. L'ensemble disloqué donne l'impression d'un remaniement continu qui proviendrait d'un affaissement lent du fond de la poche. La bauxite qui est massive et relativement dure à l'intérieur du gîte, foisonne rapidement lorsqu'elle est exposée à l'air et se pulvérise. Mêlée alors aux produits d'altération provenant du Flysch ou aux argiles de décalcification, elle forme le manteau de terre rouge ou brune qui recouvre les gîtes et qui à son tour protège la partie profonde d'une altération trop rapide. L'argile de surface pénètre lentement dans le gisement à la faveur des fissures et contribue à l'altérer. On rencontre en Istrie, à partir des gîtes relativement massifs situés sous le toit, tous les degrés d'altération, jusqu'au stade de terra rossa proprement dit. Nulle part cependant il ne m'a été possible de voir le passage graduel d'une bauxite à une terra rossa. Ou bien l'on a affaire à une terra rossa plastique, dont l'analyse répond à celle d'une argile ferrugineuse, ou bien l'on trouve des fragments anguleux de bauxite, rugueuse et relativement peu siliceuse, noyés dans l'argile.

La bauxite la plus alumineuse d'Istrie a été extraite d'un gisement isolé dans le calcaire crétacé, situé à Boncastel au NE de Pola.

Analyses.

No		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
11	Boncastel bauxite rouge	1,59	15,83	2,91	13,95	65,72
12	Boncastel bauxite rouge	1,25	19,46	2,82	13,99	62,48

Une campagne de sondages faite dans les gisements primaires de la région d'Albona a donné le profil général suivant. Les premiers mètres sont dans un minerai rouge, alumineux, au-dessous duquel se trouve une zone jaunâtre peu siliceuse mais dans laquelle la teneur en oxyde de fer augmente, puis on entre dans la bauxite jaune de plus en plus siliceuse et où le fer diminue. D'une façon générale on constate en s'enfonçant dans les gisements de cette région :

- une augmentation de silice de 1 % à 15 ou 20 %,
- une concentration du fer vers le centre du gisement pouvant aller jusqu'à 35 %,
- une diminution du titane de 4 % à 2 %,
- une légère augmentation de l'eau de constitution,
- une diminution de l'alumine.

Analyses d'échantillons.

prélevés dans un puits de San Floro au S. d'Albona, du haut en bas :

N°	Désignation	Profld.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
13	Bauxite rouge	05- 2	1,40	27,19	3,67	11,80	55,94
14	» »	2- 3	1,36	25,67	3,67	12,26	57,04
15	» bigarrée	3- 4	2,13	27,25	3,75	13,73	53,14
16	» jaune	4- 5	2,18	23,68	4,30	14,33	55,51
17	» »	5- 6	2,51	21,82	3,95	14,31	57,33
18	» »	6- 7	5,42	25,19	3,80	13,89	51,70
19	» »	7- 8	8,01	29,27	3,24	12,60	46,88
20	» »	8- 9	7,97	30,12	3,38	13,04	45,49
21	» »	9-10	8,65	25,33	3,16	13,02	49,84
22	» »	10-11	7,61	23,43	3,19	13,36	52,41
23	» »	11-12	9,17	22,65	2,84	14,33	51,01

Dans la région d'Umago les recherches ont donné des résultats assez semblables. On observe également en descendant une augmentation graduelle de la silice, une diminution de l'oxyde de fer et une diminution de l'alumine. Le titane n'a pas été dosé dans ces échantillons.

Analyses d'échantillons.

prélevés dans un puits au S. de Visinada, de haut en bas.

N°	Désignation	Profld.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
24	Bauxite rouge	0- 4	5,91	23,29	—	13,14	55,96
25	» »	4- 7	2,61	23,84	—	12,95	58,85
26	» »	7-10	3,25	24,42	—	13,59	57,04
27	» »	10-13	3,74	23,57	—	13,01	57,98
28	» »	13-16	3,39	24,32	—	12,86	57,73
29	» »	16-20	5,87	21,75	—	13,40	57,28
30	» »	20-21	25,54	16,93	—	17,03	38,80

La teneur en titane de ces bauxites varie entre 2,5 et 3,5, qu'il faut déduire de l'alumine.

Analyse moyenne des bauxites d'Istrie.

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
31	Bauxite rouge	1,67	25,03	3,70	12,18	57,33
32	» jaune	3,80	26,01	2,98	14,74	52,47

A côté de ces types normaux il existe en quelques endroits de petits amas blancs de gibbsite.

N°		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
33	Gibbsite de Portole	0,85	0,92	0,03	34,88	63,32

Ces amas de gibbsite situés à la base de certains gisements de bauxite paraissent être d'origine secondaire.

Au Nord d'Albona on voit, dans quelques gisements, de la bauxite bleuâtre altérée par les solutions sulfuriques provenant des niveaux pyriteux des couches de Cosina qui les recouvrent. On se trouve ici à proximité du bassin à charbon de Carpano, dont la couche inférieure de charbon repose directement en discordance sur le calcaire crétacé. Ce charbon renferme une forte teneur en soufre.

Analyse du charbon de Carpano (113).

N ^o	C	H	O	N	H ₂ O	Cendre	S
34	61,26	4,04	18,24	1,27	2,02	13,12	7,89

Nulle part on ne peut observer en surface la superposition du charbon à la bauxite.

La bauxite des îles adriatiques.

Dans la plupart des îles du Nord de l'Adriatique (Cherso, Krk Rab, Pag) on retrouve l'horizon des bauxites sénoniennes en bordure des synclinaux éocènes.

Sur l'île de Cherso, les gisements situés dans le centre de l'île, sur la partie tabulaire, ont sensiblement le même aspect que les gîtes d'Istrie. Sur le versant occidental par contre, ils sont rapidement désagrégés par l'érosion et leurs restes sont entraînés dans la mer. Il ne subsiste ici que des fonds de gisements encaissés dans les anfractuosités du rocher, ou les parties situées sous des lambeaux d'Eocène. C'est ce type de gisement que nous rencontrerons dans le bassin central.

La bauxite de l'île rappelle le minerai d'Istrie, sa teinte est généralement jaunâtre ou violacée.

Analyse d'une bauxite de Cherso.

N ^o	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
35	Bauxite jaune	1,77	22,06	3,24	13,88	59,05

Sur l'île d'Arbe les couches étant inclinées de 30° jusqu'à la verticale la bauxite ne se trouve jamais qu'en bordure des synclinaux sur la ligne de contact entre le Crétacé et l'Eocène ou dans son voisinage immédiat. Son toit est constitué par du calcaire à Alvéolines et à Nummulites.

Le bassin central (Dalmatie et Herzégovine).

Le bassin central des bauxites sénoniennes s'étend sur la Dalmatie septentrionale et sur une grande partie de l'Herzégovine du S.-W. En Dalmatie, les bauxites sénoniennes se réduisent à de petits amas alignés le long des synclinaux éocènes. En Herzégovine, les gisements de ce niveau prennent plus d'importance. Les plissements intenses de l'Oligocène ayant écrasé et incliné les couches, la dénudation fait apparaître une sec-

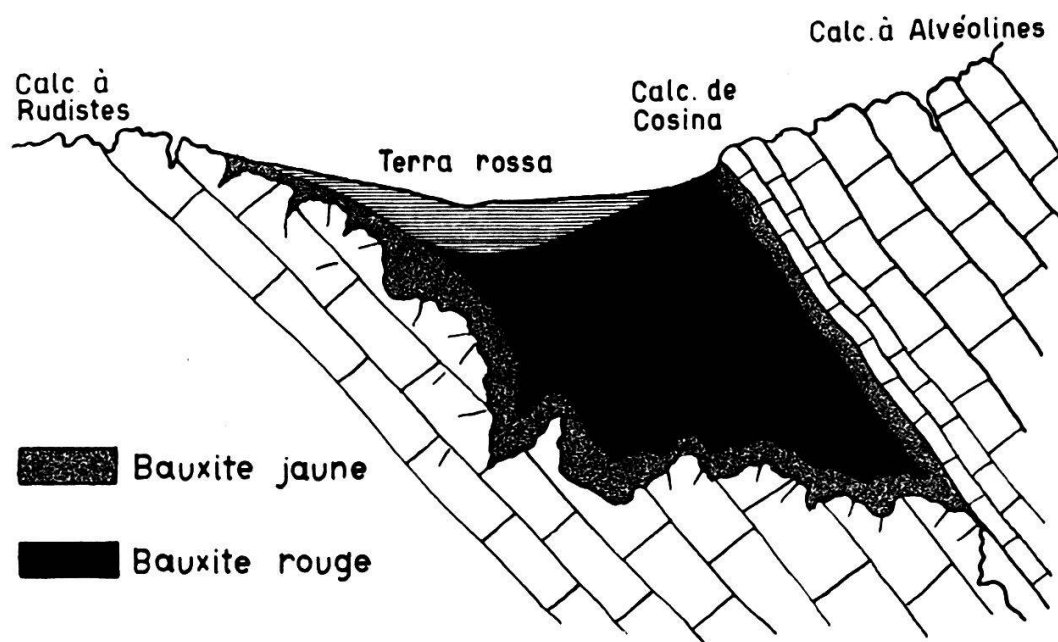


FIG. 3. — Gisement de bauxite d'Herzégovine.

tion oblique des gisements de bauxite. Les gisements s'alignent généralement le long du contact Crétacé-Eocène, ou se trouvent dans le mur, à proximité de la ligne de contact. Il est fréquent de retrouver dans le mur des restes éparpillés d'anciens gisements détruits, sous forme de pisolithes et de terre rouge. L'observation d'une de ces lignes de contact permet de reconstituer l'ancienne surface sur laquelle se déposait la bauxite. Il est rare que sur cette surface les poches aient dépassé la profondeur de 20 mètres ; leur diamètre peut atteindre une centaine de mètres. Entre les gros amas, la couche existe sur de grandes étendues, mais se réduit souvent à quelques centimètres. Cette disposition se traduit aux affleurements par une ligne à peine perceptible de bauxite altérée reliant les gros amas entre eux. Il ne s'agit pas d'une couche proprement dite, mais d'un horizon à bauxite.

Exposée à l'air sous le climat actuel, la bauxite foisonne et se pulvérise rapidement. L'emplacement des gisements forme alors une dépression au fond de laquelle s'accumule de la terre rouge. A l'affleurement la base du gisement est généralement recouverte par une épaisse couche de cette terre rouge qui finit par être entraînée avec des débris de bauxite, dans les dépressions : dolines ou vallons, situés en contre-bas.

La bauxite des gros gisements est rouge brique dans le centre et jaunâtre au voisinage du calcaire. Dans les parties minces de la couche, elle est presque toujours jaune et dans les petits amas où la transformation de l'oxyde de fer en limonite n'est pas complète, on observe toutes les nuances du rouge, du violacé et du jaunâtre. Au voisinage du toit la bauxite se charge parfois de solutions de carbonate de calcium qui cristallise ; ce type de bauxite ne foisonne pas, au contraire il a plutôt tendance à durcir à l'air. Le long du mur on trouve fréquemment une couche d'argile bariolée, séparant la bauxite du calcaire, mais on observe aussi le contact direct de la bauxite jaune avec le calcaire. Le calcaire du mur lorsqu'il n'est pas recouvert d'une croûte de calcite recristallisée, est altéré sur plusieurs centimètres.

Les tests de Rudistes résistent mieux à l'altération, c'est ainsi que l'on peut recueillir sur les parois des gisements exploités de beaux exemplaires de Radiolites et d'Hippurites dégagés de leur gangue calcaire.

La structure de la bauxite sénonienne est aussi variable que sa coloration. Dans les gros amas, elle est généralement compacte et se brise en parallélipipèdes, suivant un système de diaclases rectangulaires. Certaines parties sont fortement pisolithiques ; les pisolithes formés par des enveloppes concentriques plus riches en oxyde de fer, résistent généralement mieux à la désagrégation et subsistent à la surface du gisement sous forme d'un gravier composé de petites billes de bauxite.

Les bauxites sénoniennes du bassin central s'étendent de la région d'Obrovac jusqu'à Trebinje, le long des synclinaux éocènes de Drnis, Split, Imotski et Mostar. C'est surtout entre ces deux dernières localités que se trouvent d'importants gisements. Au Nord de Trebinje, le faciès des roches du mur est un peu différent.

Le calcaire crétacé normal est remplacé par des dolomies. La ligne d'affleurement et l'Eocène du toit sont en plusieurs points recouverts par le chevauchement des dolomies du mur.

Composition chimique des bauxites sénoniennes d'Herzégovine.

Les gros gisements sénoniens situés sous les roches du toit sont caractérisés par l'homogénéité de leur minerai. Seule la couche superficielle du minerai jaune, située sous le calcaire du toit a une composition un peu différente. La variation de la teneur des composants est de l'ordre de quelques pour-cent.

Profil type d'un gisement abrité par son toit.

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	MnO
36	Bauxite jaune	10,70	23,41	2,62	13,21	50,06	—
37	» de surf.	1,74	17,22	3,54	13,70	63,73	0,07
38	» 1 m	0,85	25,04	3,37	12,15	58,42	0,17
39	» 4 m	0,40	25,04	3,33	11,77	59,26	0,20
40	» 7 m	0,70	26,54	3,27	12,02	57,27	0,20
41	» moyenne	0,98	24,41	3,54	12,19	58,88	—

Les gisements dépourvus de toit et exposés depuis longtemps à l'altération se décomposent rapidement en une masse terreuse rouge ou jaunâtre dont la qualité présente de grandes fluctuations.

Type de minerai d'un gisement altéré.

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
42	Bauxite rouge	3,10	27,77	2,90	11,22	55,01
43	» rouge-terreuse	5,25	27,37	2,75	12,32	52,31
44	» » »	8,13	25,91	2,25	11,70	52,01
45	» jaune	3,98	21,20	1,30	14,20	59,32
46	Terre rouge de surf.	13,02	21,98	2,66	12,53	49,81
47	» » »	18,21	19,89	2,45	11,27	48,18

Si l'on compare le minerai jaune avec le minerai rouge d'un même gisement, on constate les différences suivantes :

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	MnO
48	Bauxite rouge	0,98	23,58	3,84	12,06	59,33	0,21
49	» jaune	10,70	23,41	2,62	13,31	50,06	—
50	Bauxite rouge	3,09	22,67	3,07	12,78	58,08	0,21
51	» jaune	9,95	10,96	2,76	16,01	50,77	—
52	Bauxite jaune	10,70	23,41	2,62	13,21	50,06	9,55
53	» jaune toit	4,03	30,87	2,57	12,16	49,40	0,88
54	» jaune mur	1,64	24,55	3,27	12,70	57,84	—
55	Bauxite rouge	3,17	19,52	3,08	13,68	60,55	0,21
56	» » »	0,98	23,58	3,84	12,06	59,33	—

On remarque que le changement de couleur du rouge au jaune n'est pas dû à une déferrification de la bauxite, mais qu'il

provient simplement d'un changement du degré d'hydratation : une partie de l'oxyde de fer passe à l'état de limonite. Cette transformation se marque par une légère augmentation de la perte au feu. Dans l'un des cas (analyse N° 53) une partie de l'oxyde de fer a passé à l'état de sulfure, ce qui s'est traduit par une décoloration de la bauxite.¹

Le fait qui ressort de l'examen de plusieurs centaines d'analyses de bauxite de ce niveau est la valeur relativement basse de la perte au feu. Nous reviendrons dans la seconde partie de ce travail sur cette composition chimique.

Bassin méridional (Sud du Monténégro).

Après avoir vu la grande extension de l'horizon de bauxite sénonien en Istrie et en Herzégovine, il reste à examiner un petit bassin de ce même horizon, situé sur la côte méridionale du Monténégro, entre Bar (Antivari) et Dulcinj. Cette région, étudiée par F. KERNER (97) et PETUNNIKOV (118) renferme des

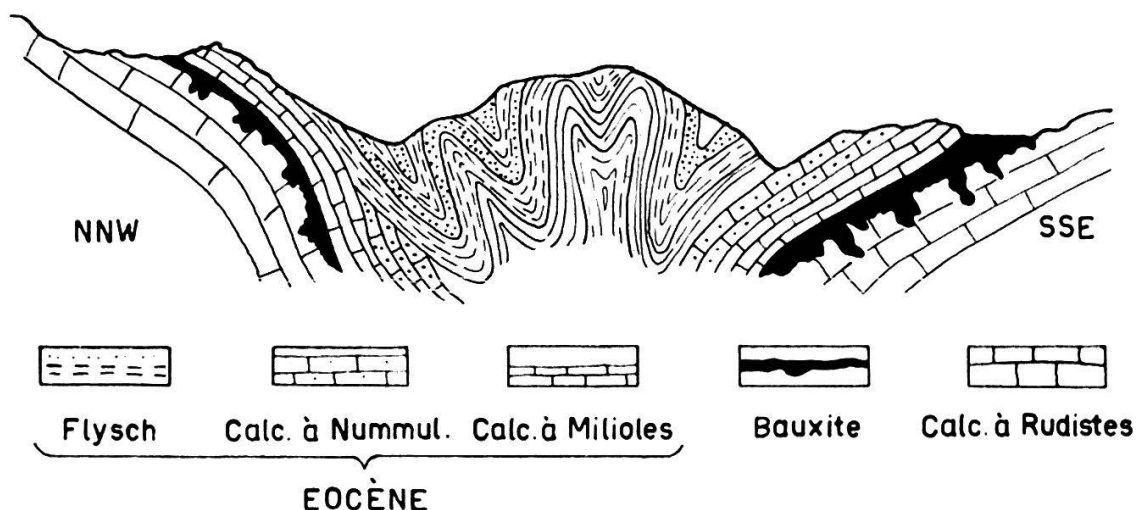


FIG. 4. — Profil schématique des gisements de bauxite de Crnjaka (d'après F. V. KERNER).

gisements de grande dimension, formant une couche sur plusieurs kilomètres. Au point de vue géologique, cette partie de la côte est constituée par une série de synclinaux éocènes parallèles à la direction dinarique et reposant sur un soubassement de Crétacé supérieur. A l'Est du golfe de Crnjaka, on observe du Nord au Sud le profil suivant :

Au-dessus de la surface karstique du calcaire à Rudistes repose un niveau irrégulier de bauxite. La bauxite est recou-

¹ Les bauxites pyriteuses sont ordinairement de couleur gris-bleuâtre.

verte par un calcaire à Miliolites qui supporte en discordance une épaisse série de grès du Flysch, fortement plissée. Dans le flanc sud du synclinal, le Flysch repose sur un calcaire à coraux, Nummulites et Orbitoïdes. Celui-ci passe à sa partie inférieure au calcaire à Miliolites, formant le toit de la bauxite. Enfin, on retrouve au mur le Crétacé supérieur, sous forme de calcaire à Rudistes. On voit que les couches de Cosina qui représentent le toit habituel de l'horizon sénonien sont remplacées ici par du calcaire à Miliolites. La bauxite a donc été recouverte, sitôt après sa formation, par des dépôts marins. La ligne d'affleurement, particulièrement développée sur le flanc sud du synclinal, se suit sur une dizaine de kilomètres avec quelques interruptions. C'est l'un des rares cas dans la zone dinarique, où la bauxite prend l'aspect d'une couche. Les couches étant fortement inclinées, la section visible des gisements devrait correspondre à la puissance de la couche. Mais en réalité, les affleurements de bauxite fraîche sont en grande partie cachés sous une couverture de terra rossa provenant de l'altération du gisement. Cette couverture peut atteindre par place plus de 10 mètres d'épaisseur et s'étend sur le toit comme sur le mur. Au milieu de ces dépôts, on voit affleurer des pointes de calcaires ; ce ne sont pas, comme le pense PETUNNIKOV, des blocs erratiques, mais bien l'affleurement du mur sur lequel s'est étendue la terra rossa. La bauxite n'apparaît en place qu'à proximité du toit, partout ailleurs, elle gît à l'état de débris, mêlée à la terra rossa. KERNER suppose que les interruptions de la couche correspondent à des plans de failles longitudinales et que la couche se poursuit en profondeur. On a observé un certain nombre de failles transversales, mais non pas longitudinales. Il est plus probable que les zones stériles l'ont été dès l'origine, c'est-à-dire au moment de la transgression éocène.

La bauxite de cette région diffère de celle que nous avons rencontrée plus au Nord. C'est dans l'ensemble un minerai gris tacheté de jaune et de rouge. Sa texture est grossièrement pisolitique. Les pisolithes de la grosseur d'une cerise ne présentent pas la structure radiée ou concentrique de la plupart des petits pisolithes, mais sont formés d'une substance homogène semblable à celle du ciment.

Composition chimique.

Dans l'ensemble, ces bauxites grises sont de qualité assez médiocre. Fortement siliceuses et assez riches en oxyde de fer, elles peuvent tout au plus convenir à l'industrie des ciments fondus.

N°	Désignation	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
57	Type gris-jaune pisolitique	8,68	24,28	3,03	13,52	50,41
58	Pisolithes isolés	4,41	15,70	3,12	14,38	62,39
59	Moyenne de surf.	5,39	22,41	3,13	14,40	54,67
60	Argile rouge	25,10	19,13	2,80	12,15	40,46

Ce type ressemble à celui de quelques gisements épars situés sur la côte opposée de l'Adriatique, dans la Terre d'Otrante, au Sud de Brindisi, et qui sont formés par de gros pisolithes liés par de la terra rossa.

4. *Les bauxites du Lutétien moyen.*

Ces bauxites constituent l'un des horizons les plus récents que l'on puisse observer sur les calcaires, en Europe. Le domaine où on les trouve se limite à la partie centrale de la province dinarique c'est-à-dire au Nord de la Dalmatie, à une partie de la Bosnie méridionale et de l'Herzégovine occidentale. Malgré son extension restreinte, cet horizon paraît renfermer les gisements de bauxite les plus importants de la province. Comme pour les niveaux précédents, la bauxite apparaît en poches isolées dans les calcaires du mur. En raison des variations locales du faciès, de l'isolement des différents bassins éocènes et de l'absence de niveaux constants, pouvant servir de repères, la position stratigraphique de cet horizon n'a pas encore pu être établie partout avec précision.

Néanmoins, il semble possible de ramener les divers types observés à un horizon unique situé au Lutétien moyen. Sur la bordure Nord du bassin de Promina, entre Obrovac et Ervenik, la bauxite repose sur le calcaire à Alvéolines ou sur le calcaire à Rudistes, elle est recouverte en discordance par le conglomérat ou les marnes de Promina (Eocène supérieur).

A Drnis, dans le centre du bassin, on trouve la bauxite tantôt sur le calcaire à Rudistes, tantôt sur les couches de Cosina ou sur le calcaire à Alvéolines, partout elle est recouverte par le conglomérat de Promina.

A Medvid près de Sinj, F. v. KERNER (96) a signalé un gisement compris entre le calcaire nummulitique et un calcaire plaqueté, situé à la base de la brèche de Promina. Ce gisement que je n'ai pas eu l'occasion de visiter, représenterait la lacune la plus courte de l'horizon lutétien. Plus à l'Est, au Nord d'Imotski, la bauxite repose soit sur le calcaire à Alvéolines, soit sur le calcaire à Rudistes. Elle est recouverte au Sud par des marnes à Nummulites, au Nord par le conglomérat de Promina.

Enfin, au Sud de Mostar, entre Citluk et Stolac, la bauxite

a pour mur le calcaire à Rudistes ou le calcaire à Alvéolines. Son toit est formé par des grès et des marnes à Nummulites, passant insensiblement à des calcaires nummulitiques blancs ou rosés. Cette diversité du mur et du toit ne doit pas nous surprendre, on la retrouve dans les gisements du Midi de la France, où elle est beaucoup plus accentuée : le mur pouvant varier entre l'Aptien (au Revest) et le Dogger (à la Gagère) et le toit passant du Turonien (au Revest) au Bégudien ou faciès lacustre du Maestrichtien supérieur (aux Baux).

L'horizon lutétien des bauxites dinariques, tout comme l'horizon aptien du Midi de la France, occupe une lacune de durée variable suivant les lieux. Les gisements situés à l'intérieur des terres semblent avoir été envahis plus tardivement par la transgression du Flysch que ceux qui occupent une position plus proche de la côte actuelle de l'Adriatique.

Ce type de bauxite est connu dans trois bassins éocènes :

1° sur la bordure Nord du bassin de Promina, entre Obrovac et Drnis, où se trouvent les gisements célèbres de Kalun et de Kljake. Ce dernier a donné son nom à la « Kljakite » synonyme de bauxite, terme qui aujourd'hui a disparu.

2° dans la zone située au Nord d'Imotski.

3° dans le synclinal de Citluk-Stolac, au Sud de Mostar.

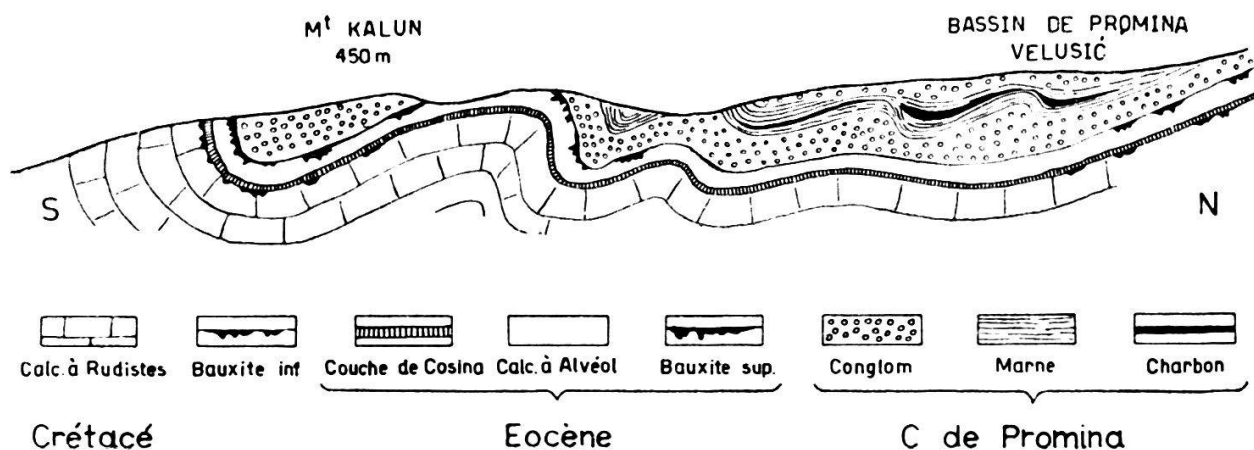


FIG. 3. — Profil schématique du gisement de Kalun (Dalmatie).

Dans les deux premières régions, la bauxite se présente dans des conditions assez analogues. Les gisements lutétiens apparaissent fréquemment au voisinage des lignes d'affleurements sénoniens. La bauxite se distingue de celle des amas sénoniens par la concentration du minerai dans des poches de grandes dimensions et par un aspect plus homogène que celui de l'horizon inférieur ; sa couleur est d'un rouge brun intense, passant

au jaune au voisinage des calcaires encaissants. Sa structure est compacte et rarement pisolithique, la cassure présente des surfaces conchoïdales. Il faut cependant se garder de trop généraliser, car les petits amas en voie d'altération peuvent ressembler, au point de s'y confondre à ceux du niveau sénonien. Il existe près d'Ervenik un gisement lutétien superposé à un gisement sénonien, où les deux types de bauxite s'interpénètrent. Nous verrons par la suite que le principal critère de distinction réside dans la différence de composition chimique et plus particulièrement minéralogique des deux types de bauxite considérés.

Dans le synclinal éocène s'étendant de Citluk à Stolac, la bauxite apparaît également en gros amas massifs, mais sa qualité est beaucoup moins homogène. Le toit qui dans les régions septentrionales est formé par un conglomérat calcaire, est représenté ici par des calcaires nummulitiques dont la base passe à un faciès gréso-marneux.

Il est possible que la nature de ce toit ait influencé la qualité de la bauxite sous-jacente et que des infiltrations argileuses aient déterminé la haute teneur en silice de certaines poches.

La position de ces gisements suppose une lacune de sédimentation entre le calcaire à Alvéolines et les couches à Nummulites, lacune qui se situe au Lutétien moyen. F. KATZER (94) qui a étudié ce type de bauxite dans la région de Domanovic, remarque qu'il n'existe nulle part en Herzégovine de lacune de sédimentation à ce niveau, et conclut à l'origine marine de ces dépôts. Les bancs gréseux à *Nummulites lucasanus* qui les recouvrent indiqueraient une formation néritique. Or, à quelques kilomètres plus au Sud, dans le synclinal éocène de Ljubuski, le calcaire à Alvéolines passe insensiblement à un calcaire à Nummulites, avec *N. millecaput*. On ne retrouve *N. lucasanus* que plus haut dans les marnes du Flysch¹. Il est donc probable que la lacune de Domanovic corresponde au calcaire à Nummulites, situé sous le Flysch. Au voisinage du toit la bauxite de Domanovic a été imprégnée de solutions manganifères de diallogite. Le minerai du mur, ainsi que le calcaire à Alvéolines, sont recouverts d'enduits noirs d'oxydes de manganèse.

¹ D'après DE WITT PUYT (143) *Num. lucasanus* (DEFrance) ne serait que la forme mégasphérique de *Num. perforatus* (DENIS DE MONTFORT).

Composition chimique des bauxites lutétiennes.

Dans les bassins de Drnis et d'Imotski la bauxite de cet horizon est caractérisée par son homogénéité et par une qualité relativement uniforme. Au sud de Mostar par contre on constate de grandes fluctuations dans la teneur des constituants. Nous avons attribué ces variations à la nature différente des toits. Il est probable qu'il s'y ajoute l'effet d'une altération superficielle plus avancée.

Bauxites du bassin de Promina.

N°		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	MnO
61.	Ervenik	5,06	21,95	3,03	18,00	51,96	trace
62.	Obrovazzo	2,28	21,39	2,52	23,73	50,08	»
63.	Drnis (jaune)	5,24	21,76	2,74	23,89	46,37	
64.	» (rouge)	11,90	20,36	2,94	18,45	46,35	
65.	» »	2,13	29,79	3,79	16,36	47,93	
66.	Kalun rouge	0,77	21,52	2,83	22,09	52,79	

Bauxites du bassin d'Imotski.

N°		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	MnO
67.	Imotski	1,11	21,41	2,48	24,64	49,93	0,43
68.	Strazbeniza	1,32	24,57	2,60	22,51	48,64	0,36
69.	Zagorje	0,72	21,76	3,53	17,05	56,94	

5. *Les dépôts de bauxite remaniée et la terra rossa d'origine récente.*

A l'ouest de Mostar, non loin du bourg de Siroki brieg on observe, à l'endroit où le torrent de l'Ugrovaca débouche dans la plaine, un dépôt de roche tendre et rouge ayant de loin l'aspect de la bauxite. Il repose en discordance sur les calcaires et dolomies du Crétacé supérieur et supporte des marnes d'eau douce néogènes. Dans sa partie supérieure, au voisinage du toit, ce dépôt est couvert de croûtes de limonite et de concrétions ferrugineuses ayant l'aspect de scories. Ces dépôts se prolongent au sud-ouest dans la plaine. Ils n'ont pas subi l'effet des plissements de la fin de l'Oligocène et occupent une position presque horizontale sous les dépôts d'eau douce qui remplissent les bassins effondrés du Karst. Nous retrouvons des formations semblables dans le bassin de Posusje situé au nord d'Imotski. Ce sont également des dépôts horizontaux essentiellement rouges, mais présentant par place toute une gamme de teintes allant du jaune au rouge violacé

et au brun. La même croûte de limonite apparaît à leur partie supérieure. Il s'agit là d'argiles ferrugineuses. A cause de leur teneur élevée en silice, on ne peut pas les assimiler aux bauxites. Il est certain que leur mode de gisement présente quelque analogie avec celui de la bauxite. Il semble même que certains types passent graduellement à de la bauxite.

En bordure des bassins où l'on observe ces dépôts d'argile on voit les vallons et les pentes tapissés par de gros amas de terra rossa. Il s'agit probablement du même horizon que l'on retrouve plus bas sous la couverture néogène, mais qui, dans ces régions élevées, n'a pas été recouvert par les marnes lacustres. Ces dépôts sont surmontés par endroit par une couverture de terre noire plus ou moins épaisse. Ils sont activement ravinés par les torrents temporaires. Entraînée par les eaux, l'argile rouge qui les constitue se redépote sur les différents terrains qui affleurent dans le fond de la plaine, donnant naissance à son tour à des couches bigarrées mêlées aux alluvions provenant des zones de Flysch.

L'analogie entre la composition de ces dépôts d'argile rouge et des produits d'altération qui se forment à la base des gisements de bauxite dépourvus de leur toit laisse supposer qu'il s'agit d'une seule et même formation remaniée.

Des fouilles entreprises dans quelques amas de terra rossa, dans une région située dans le Crétacé supérieur, en dehors de la zone d'affleurement des bauxites ont mis à jour de nombreux fragments de bauxite noyés dans l'argile rouge. Ces débris anguleux ne peuvent avoir été transportés à de grandes distances, ils semblent provenir d'un gisement altéré sur place dont il ne subsiste que ces fragments épars.

C'est avant tout dans les vallons situés en contrebas des gisements de bauxite, et dans quelques bassins privilégiés que l'on trouve de gros amas de terra rossa. En dehors de ces zones le sol des dolines, qui représente le résidu de la dissolution actuelle, est en général formé par une terre jaune ou brune.

L'aspect des amas de terra rossa ne diffère pas beaucoup des amas de bauxite. Leur mur est également formé par une surface calcaire irrégulière, dont la partie exposée au contact de l'argile s'altère en une masse pulvérulente. Il n'est pas rare de trouver dans la terra rossa des pisolithes qui sont généralement formés d'oxydes de fer. Lorsqu'elle est à l'état sec, la terra rossa se fissure et se désagrège en parallépipèdes; exposée à la pluie elle tend à devenir plastique comme

une argile. Sa dureté très faible, son éclat et sa cassure permettent de la distinguer facilement de la bauxite lorsqu'il s'agit d'échantillons caractéristiques.

Composition chimique de quelques terra rossa.

N ^o		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	CaO
<i>Vranic</i>							
70.	2 m ter. rossa	54,82	9,70	1,07	9,84	24,22	0,35
71.	4 m arg. noire	49,53	9,22	1,07	10,28	29,20	
72.	5 m ter. rossa	40,76	10,37	0,90	12,12	35,85	
73.	éch. de surf. ter. rossa	38,65	12,03	1,49	12,22	35,61	
<i>Batim</i>							
74.	terra rossa	32,13	14,92	1,90	14,68	35,25	1,12
75.	minerai de fer	12,35	56,80	0,86	11,38	18,61	
<i>Gradac</i>							
76.	terra rossa	19,68	13,83	2,34	16,23	47,92	
77.	fragment de bauxite	5,99	13,44	3,79	14,49	62,29	
<i>Ricina</i> (Posusje)							
78.	terra rossa	36,20	12,78	1,42	13,55	36,05	
79.	" "	31,68	15,75	1,96	14,82	35,79	
80.	" "	21,64	15,62	1,79	19,23	41,72	
81.	type interm.	18,05	17,28	2,12	18,19	44,36	
82.	" "	12,65	30,72	2,38	14,64	39,61	
<i>Ugrovac</i>							
83.		22,60	18,50	2,27	15,47	41,09	

6. Résumé.

En résumé, l'examen des terrains qui constituent l'ossature de la province dinarique nous a amené à distinguer plusieurs niveaux stratigraphiques de bauxite. Ces niveaux apparaissent dans des lacunes de la sédimentation marine et sont généralement recouverts par des couches d'origine lacustre ou saumâtre. Les limites de la lacune ne sont pas rigoureusement les mêmes dans toutes les régions de la province. Au contraire, on constate certaines variations tant dans le toit que dans le mur. Des divers horizons rencontrés, nous ne retiendrons que ceux dont l'existence est établie avec certitude, et dont les dépôts ont évolué en véritable bauxite.

1^o *l'horizon Carnien* qui se limite aux zones triasiques de Croatie et probablement à quelques gisements dans le Monténégro ;

2° *l'horizon Sémonien* développé sur une grande partie de la province dinarique, à la limite du Crétacé et de l'Eocène, et dont les principaux centres se trouvent en Istrie, en Herzégovine et au Sud du Monténégro ;

3° *l'horizon Lutétien* limité à la partie centrale de la province dinarique, c'est-à-dire à la Dalmatie septentrionale et à une partie de la Bosnie et de l'Herzégovine du Sud-Ouest.

En ce qui concerne l'horizon de la base du Crétacé et celui que KERNER situe entre le Crétacé inférieur et le Crétacé moyen, leurs positions sont encore trop incertaines pour entrer dans le cadre de cette étude. Quant aux dépôts miocènes que nous avons observés dans les fonds de certains poljés, leur haute teneur en silice les classe dans les argiles rouges ou terra rossa plutôt que dans les bauxites. Les bauxites des différents horizons que nous venons de voir, se présentent toutes dans des conditions assez semblables. Ce sont des amas en forme de poches pouvant passer par endroit à de véritables couches. Ils reposent toujours sur un mur calcaire ou dolomitique dont la surface corrodée est irrégulière et sous un toit plat, calcaire, marneux ou gréseux.

Indépendamment de leur position stratigraphique, certains caractères chimiques et physiques de ces bauxites permettent de les distinguer entre elles.

Si nous comparons les bauxites dinariques aux bauxites du Midi de la France, nous voyons qu'aucun des horizons rencontrés ne correspond au niveau Albien des bauxites françaises ; au point de vue de la forme des gisements, seules les poches du Nord-Varois présentent une certaine analogie avec les poches dinariques. Nulle part, sur toute la côte de l'Adriatique, on ne retrouve des couches comparables à celles qui bordent le synclinal du Val au N. de Brignoles ou le bassin sénonien de Mazaugues. Tandis qu'en France les gisements sont concentrés dans quelques bassins bien déterminés, aux environs de Brignoles, dans les Alpilles, à Villeveyrac, à Bédarieux, etc. dans la province dinarique ils sont disséminés sur toute l'étendue du territoire et je suis loin d'en avoir épuisé l'énumération. On en connaît en Bosnie occidentale : entre Krupa et Bihac ; on en a signalé à Besselj, au Nord de Jajce. Tous ces gisements semblent appartenir à l'horizon sénonien. Ceux que F. KATZER (94) indique à l'Ouest de la Drina, à Srebrenica seraient d'âge miocène, quoique reposant sur le Trias.

BAUXITES DE LA PROVINCE DINARIQUE

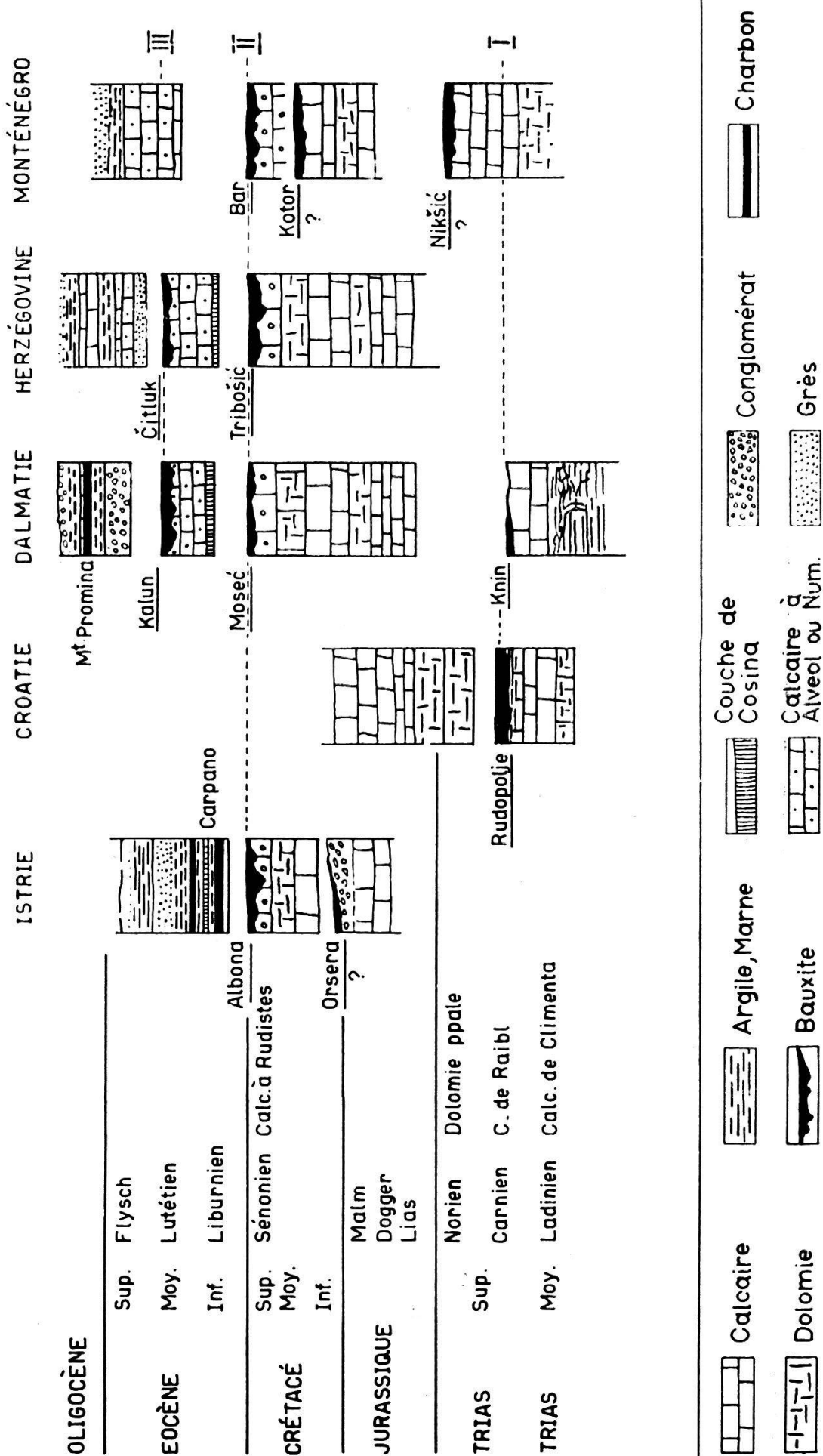


FIG. 6.

DEUXIÈME PARTIE

LES BAUXITES DES ALPES SUD-ORIENTALES

Nous avons vu que dans la province dinarique, la bauxite est étroitement liée au faciès calcaire. Les gisements que nous avons étudiés jusqu'au Monténégro se poursuivent au Sud en Albanie. Nous savons d'après les travaux de NOPCSA (114) qu'il s'agit de l'horizon sénonien, recouvert par l'Eocène moyen.

CHAPITRE PREMIER : LES BAUXITES DE WOCHÉIN

Au N.-W., les bauxites d'Istrie disparaissent sous la mer et sous les alluvions de la plaine du Pô. On connaît encore quelques gisements peu importants dans la forêt de Birnbaum. Il faut ensuite remonter jusqu'au lac de Wochein, dans les Alpes Juliennes, pour retrouver un niveau de bauxite. Le minerai repose ici sur le calcaire récifal du Dachstein ; il est recouvert par un calcaire plaqueté rouge-jaunâtre, dans lequel on trouve des graines de Characées ainsi que des empreintes de feuilles. Ce sont des calcaires d'eau douce appartenant probablement à l'Oligocène supérieur.

C'est d'après ce gisement que les géologues autrichiens ont créé l'ancien nom de « Wocheinite » pour désigner le minerai d'aluminium que l'on y exploitait. C'est le terme de bauxite¹ donné en 1837 par DUFRENOY, au minerai des Baux, qui a prévalu.

On distingue dans la région de Wochein, comme dans la plupart des gisements de bauxite, plusieurs variétés selon la teinte :

- une bauxite foncée rouge-brun
- » » rubannée jaune et rouge
- » » claire : blanche, jaune et grise.

La structure est compacte, le grain fin, la cassure irrégulière, conchoïdale, le minerai se brise facilement et s'altère à l'air. Il ne renferme que peu de pisolithes. Si l'on tient compte de la haute teneur en eau on constate que ce type de bauxite se rapproche de celui de l'horizon lutétien de Dalmatie. Mais, tandis qu'en Dalmatie cet horizon occupe une lacune très

¹ DUFRENOY écrivait Beauxite, l'orthographe actuelle a été donnée par STE CLAIRE DEVILLE en 1861.

étroite comprise à l'intérieur de l'Eocène moyen, dans le Wochein l'interruption de la sédimentation calcaire est considérable puisqu'elle s'étend de la base jurassique à l'Oligocène. Il faut cependant noter que l'âge des calcaires du toit attribué à l'Oligocène supérieur n'a pas encore été établi avec certitude.

Composition chimique des bauxites de Wochein.

No		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
84	Bauxite claire	4,43	13,71	2,42	25,70	53,71
85	» foncée	10,51	20,40	2,42	20,71	45,96
86	» rouge	9,58	17,50	2,45	21,35	49,12
87	» rubannée	4,07	17,05	2,35	23,94	52,59
88	» jaune	7,60	8,17	2,40	26,47	55,36
89	» blanche	12,75	1,66	2,50	25,77	57,32

Dans l'ensemble on constate que ces bauxites ont, à côté de leur forte teneur en eau, une haute teneur en silice et présentent de grandes variations de teneur en Fe₂O₃.

CHAPITRE II : LES BAUXITES DU SANNTAL

Plus à l'Est dans les Alpes de Sanntaler, DITTLER et KUEHN (84) ont décrit en détail un certain nombre de gisements intéressants. Les Alpes de Sanntaler ou de Stein constituent au point de vue stratigraphique auquel nous nous plaçons, le prolongement vers l'Est des Alpes Juliennes. Au point de vue tectonique on les considère comme une unité distincte (fragment de nappe).

La série stratigraphique étudiée par TELLER débute par des *schistes et gneiss à sérinite* en relation avec des dépôts de kaolin et des roches quartzitiques.

Le Werfénien est représenté par des lambeaux très réduits de grès.

Le Muschelkalk de TELLER ne renferme pas de Diplopores mais seulement quelques structures rappelant des Solénopores sans valeur stratigraphique. KUEHN pense qu'il s'agit de l'Anisien.

L'existence des *couches de Wengen* n'est pas certaine. On trouve à la base du Trias supérieur calcaire des bancs de calcaire plaqueté que l'on pourrait rattacher aux couches de Wengen. Le Trias se termine par une épaisse série de calcaires récifaux renfermant des débris mal conservés de coraux. L'ensemble représente le *Trias moyen et supérieur*.

Par dessus cette série triasique on trouve un horizon à bauxite et des roches éruptives : tuffites, andésites et leurs produits d'altération argileux, dont l'âge n'a pas pu être fixé avec certitude. Depuis les études de WINKLER sur l'âge des Dacites de la Drave, on a attribué ces roches effusives à la période miocène. L'intérêt du mémoire de DITTLER et KUEHN est qu'il cherche à démontrer l'origine éruptive des bauxites du Sanntaler. Ces bauxites dériveraient par altération latéritique de roches éruptives (andésites et tuffites) et non pas des résidus de la dissolution des calcaires. La description géologique qu'en donne O. KUEHN est loin d'être convaincante à ce sujet. KUEHN insiste sur la difficulté qu'il y a à observer un profil complet du fait des dislocations tectoniques postmiocènes. Ce qui n'apparaît pas clairement dans la description, c'est la position de la bauxite par rapport à l'andésite. Il semble que dans la plupart des cas la bauxite recouvre la surface karstique du calcaire récifal triasique. En un seul point, KUEHN a constaté la présence de bauxite sur de l'andésite. Il y aurait en ce point passage graduel de la bauxite à l'andésite. S'appuyant sur ce fait, et sur la comparaison d'une quinzaine d'analyses, DITTLER conclut que la formation des bauxites à partir de l'andésite est ainsi prouvée. Malheureusement, les échantillons confrontés proviennent de points très différents et non pas d'un profil bien déterminé. Il me semble difficile dans ces conditions d'admettre cette relation entre l'andésite et la bauxite, d'autant plus que généralement, ces deux roches ne sont pas superposées et que lorsqu'elles le sont, c'est l'andésite qui recouvre la bauxite. Les travaux de construction d'une route ont entamé l'un des gisements et ont mis à jour un toit formé de grès gris et rouge alternant avec un conglomérat que O. KUEHN, malgré l'absence de fossiles, identifie avec les couches d'Oberburg de l'Oligocène moyen. Cette situation entre le Trias et l'Oligocène moyen rappelle la position des bauxites de Wochein. Au point de vue chimique cependant elles s'en distinguent par une teneur en eau moins élevée.

Composition chimique des bauxites de Sanntaler.

N°		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	CaO
90	Stabor	23,37	15,48	2,12	12,39	46,64	
91	St-Andrae	15,44	17,00	2,46	12,92	52,18	
92	Statina	6,68	18,85	3,33	12,64	57,31	1,19
93	Nozarje	4,24	19,86	5,75	12,24	57,91	
94	St-Egidi	7,87	17,13	3,00	12,76	58,01	1,23

La différence essentielle est dans la teneur en eau de constitution liée à l'alumine. C'est une question que nous reprendrons dans la seconde partie de notre travail.

A l'E. des Alpes du Sanntal, le Trias s'enfonce peu à peu sous le Néogène du bassin pannonique et avec lui toute trace de bauxite disparaît.

Il faut aller jusqu'à la forêt du Bakony au Nord du lac Balaton pour retrouver les bauxites que nous avons suivies dans les chaînes alpines méridionales.

TROISIÈME PARTIE

LES BAUXITES DU MASSIF CENTRAL HONGROIS

CHAPITRE PREMIER : LIMITES NATURELLES.

Le Massif Central hongrois, mieux encore que la province dinarique, représente les restes d'un sillon marin dont l'évolution géologique, presque dépourvue de plissements, est sensiblement la même sur toute son étendue.

C'est aux études d'une pléiade de géologues hongrois, en particulier aux travaux classiques de L. DE LOCZY sen., de TAEGER, de VADASZ et plus récemment de K. ROTH DE TELEGD et de ses élèves que nous devons la connaissance détaillée de cette chaîne tabulaire, mosaïque de horsts, entourés de formations néogènes, qui émergent comme un archipel, dans la partie occidentale du Bassin pannonique.

Ce massif central transdanubien, comme l'appellent les géologues magyars, constitue au N. du Balaton une chaîne dont la direction principale est orientée de l'WSW. à l'ENE. Elle débute à l'extrémité occidentale du lac Balaton et se prolonge vers l'E. par le massif du Vértes, jusqu'au coude du Danube. A l'E. du fleuve, on retrouve quelques lambeaux entre les collines miocènes de Cserhat, petit massif compris entre les dômes andésitiques de Börzsöny et de la Matra. La chaîne ainsi délimitée couvre une distance d'environ 200 km.; sa largeur ne dépasse guère 50 km.

On peut y distinguer du SW. au NE. quatre groupes de collines :

1. la forêt de Bakony, comprenant les collines du Balaton et le Bakony proprement dit;
2. le Massif du Vértes;
3. le Massif de Gerecse, au N. du Vértes;
4. le groupe d'Esztergom-Buda-Pilis, au NW. de Budapest.

La forêt de Bakony, située au N. du Balaton, est constituée par une région centrale tabulaire, entourée de collines boisées, dont la plus élevée, le Mont Körös dépasse à peine 700 m. C'est dans le Bakony que nous trouvons l'une des séries stratigraphiques les plus complètes de la chaîne. Au NE., le Mt Vértes est séparé du Bakony par le fossé de Mor-Bodajk. Sensiblement moins élevé (480 m.) que le massif précédent, il n'en constitue pas moins un ensemble mieux délimité. Sa géologie relativement simple a été remarquablement étudiée par H. TAEGER (216), qui fut le premier à y signaler l'existence de latérites fossiles (bauxites).

Au Nord du Vértes, la chaîne transdanubienne perd son unité et se divise en trois groupes de collines : à l'Ouest le Mt Gerecse (639 m.), au centre, où se trouve la culmination de la chaîne, le Mont Pilis (757 m.), à l'Est enfin, les collines du Buda qui forment le cadre de la capitale hongroise. Au NE. les affleurements disparaissent sous les coulées de tufs andésitiques du Mt Börzsöny, à travers lesquelles le Danube s'est ouvert son lit. Enfin sur la rive gauche du fleuve on retrouve quelques affleurements de Trias présentant le même faciès que dans les collines de Buda et dont ils représentent le prolongement vers le NE.

Signalons enfin, au SE. du Mont Vértes, en bordure du lac de Velence, l'existence du petit massif de Velence formé de granite et de terrains paléozoïques, qui représente le dernier vestige d'un ancien continent magyar, effondré sous le bassin pannonique et sur lequel venaient s'adosser les formations mésozoïques du sillon transdanubien.

La chaîne ainsi délimitée représente approximativement $\frac{1}{6}$ de l'étendue de la province dinarique, et, bien qu'il soit difficile d'articuler des chiffres sur les quantités de bauxite reconnues, il semble aujourd'hui certain que les réserves de ce minerai sont au moins égales à celles de la zone adriatique toute entière. Ceci nous montre d'emblée que les gisements transdanubiens sont beaucoup moins dispersés que ne le sont ceux de la région dinarique.

CHAPITRE II : ESQUISSE STRATIGRAPHIQUE.

La forêt du Bakony est devenue, grâce aux travaux de J. v. Böckh (145) et de L. v. Loczy sen. (168), la terre classique du Trias alpin. Récemment A. Kutassy (164-166), J. Vigh (215-128) et d'autres ont apporté quelques précisions dans la limite des différents étages¹.

C'est en effet sur les bords du lac Balaton que l'on trouve l'une des séries les plus complètes du Trias de faciès alpin, que nous avons déjà rencontré, bien moins développé, en Croatie méridionale.

Tandis que le Paléozoïque n'est représenté que par le petit massif de Velence et par une étroite bande d'affleurements au NE. du lac Balaton, le Trias occupe la majeure partie de la chaîne transdanubienne. Les affleurements de ses termes inférieurs, développés sur les bords du lac Balaton, disparaissent vers le SW sous les formations néogènes. La dolomie principale du Trias supérieur joue un rôle important dans la structure de la chaîne. Elle couvre de grandes étendues dans la forêt du Bakony et dans le massif de Vértes.

Le Jurassique et le Crétacé ont subsisté surtout dans le massif du Bakony proprement dit, zone qui correspond au centre du sillon transdanubien. On en retrouve quelques lambeaux au voisinage de Sümeg et dans le massif du Gerecse.

Dans la forêt du Bakony et dans le Vértes, l'Eocène n'apparaît guère que sur la bordure NW de la chaîne, dans de petits bassins isolés, occupant d'anciens golfes de la mer nummulitique. Plus à l'Est, l'Eocène supérieur envahit également le versant SE de la chaîne et s'étend jusqu'à Budapest.

L'absence de tout fossile dans le Paléozoïque transdanubien ne permet pas d'en reconstituer l'histoire. On constate simplement qu'il devait exister alors une terre émergée, vaste massif cristallin formé de schistes variés, de phyllites et de calcaires, traversés par des laccolites de granite. Ce massif occupait probablement l'emplacement du lac Balaton ainsi qu'une partie de l'Alföld et réunissait le massif granitique de Velence à celui de Mecsek, situé en Hongrie méridionale.

Les sédiments continentaux du Permien, grès de Gröden et Verrucano, nous le montrent émergé à la fin du Paléozoïque.

Dès le début du Trias, nous assistons à la formation d'un sillon marin sur la bordure NW de cette terre.

¹ En ce qui concerne la stratigraphie détaillée, voir note 1, page 4.

La mer werfénienne transgresse graduellement sur les parties basses du massif qui s'affaisse, déterminant la disposition discordante des couches de Seis sur les grès de Gröden. Cette mer littorale s'approfondit peut-être au Trias moyen ainsi que semble l'indiquer l'abondance des Ammonites. La sédimentation assez variée du Werfénien est remplacée à l'Anisien par des faciès calcaires et dolomitiques. Au Ladinien on assiste à des épanchements de roches basiques (pietra verde) comme dans le Tyrol méridional. Contrairement à ce que nous avons vu sur la côte adriatique, la base du Carnien (couches de Raibl) est ici marine, aussi ne connaît-on pas de niveau à bauxite triasique en Hongrie. A la fin du Trias, une mer peu profonde occupe toute l'étendue des chaînes transdanubiennes. Il s'y dépose des sédiments coralligènes à Mégalodontes, qui constituent la dolomie principale et le calcaire du Dachstein actuels.

Sur les bords du Balaton, dans la plus grande partie du Vértes et dans les chaînes de Budapest, le Norien représente le sommet des sédiments mésozoïques. Le Jurassique n'apparaît plus que dans quelques massifs isolés échelonnés le long d'une zone située au NW de la chaîne transdanubienne.

Cette position laisse supposer qu'à la fin du Trias, la mer s'était retirée dans ce sillon septentrional, à la suite d'un soulèvement général du massif continental qui s'étendait au sud; il semble cependant plus probable d'admettre que les sédiments jurassiques ont occupé une grande partie du Bakony et du Vértes et qu'ils ont été enlevés par dissolution au cours de la dénudation ultérieure. C'est ainsi du moins que l'on peut expliquer l'origine des gros amas d'argile rouge renfermant des gisements de bauxite, qui s'alignent sur la partie centrale de la chaîne, et reposent sur la dolomie principale. Quel qu'ait été le rivage de la mer jurassique, les quelques dépôts que l'on observe actuellement présentent presque tous des lacunes. Ce n'est que récemment que K. ROTH DE TELEGD (185) et ses élèves ont signalé dans le Nord du Bakony l'existence de séries marines continues entre le Trias et le Crétacé inférieur; une même continuité entre le Trias supérieur et le Néocomien se retrouve selon VIGH (216) dans le Gerecse.

Dans le Bakony méridional, la mer du Dachstein se prolonge pendant le Lias inférieur. Il s'y dépose des sédiments relativement bathyaux. L'apparition de Crinoïdes au Lotharingien indique une élévation du fond de la mer, suivie au Lias moyen d'un nouvel approfondissement marqué par des silex à Radiolaires, des calcaires à Céphalopodes et des marnes siliceuses. A la fin du Lias supérieur, la mer se retire vers le Nord, laissant la ré-

gion méridionale à sec. Ce n'est qu'au Tithonique inférieur qu'elle transgresse de nouveau sur la partie exondée, déposant des calcaires littoraux légèrement discordants sur le Lias supérieur.

Dans le Vértes on assiste à un développement assez analogue, tandis que dans certaines fosses du Nord du Bakony et dans le Gerecse oriental les faciès marins à Céphalopodes subsistent durant tout le Jurassique. La profondeur maximale de cette mer correspond aux dépôts calcaires renfermant des silex à Radiolaires, du Malm; puis le fond de la mer s'élève de nouveau au Tithonique avec des faciès à Crinoïdes.

Dans son ensemble, le Jurassique est caractérisé par des variations continues du niveau de la mer qui se manifestent par de fréquents changements de faciès, avec prédominance des types calcaires.

Alors qu'au Trias, le Bakony présentait des faciès nettement sudalpins, on constate au Jurassique certaines analogies avec les faciès des Alpes septentrionales, bien qu'il conserve encore ses caractères méridionaux.

NEUMAYR a tenté d'expliquer les fréquentes lacunes du Jurassique des Alpes orientales par l'hypothèse de courants marins. Dans le Bakony, VADASZ préfère les attribuer à des périodes d'émersion, bien que l'on ne retrouve pas de sédiments continentaux à cette époque.

Les mêmes fluctuations que nous venons de voir au Jurassique se poursuivent au Crétacé. La mer se retire momentanément de la région Nord du Bakony (Alsopere), où l'on assiste, au Barrémien à la formation d'un dépôt continental de bauxite. Cet horizon est suivi à l'Aptien d'un retour de la mer durant lequel se déposent d'abord des formations néritiques (calcaires à Rudistes), puis au Gault des sédiments de plus en plus profonds, qui transgressent sur le calcaire du Dachstein.

Le Crétacé se termine enfin avec les marnes à Turrilites de l'Albien et du Cénomanién inférieur (type Vraconien).

A l'Ouest du Bakony (entre Ugod et Ajka) l'histoire du sillon marin est quelque peu différente.

La mer barrémienne-aptienne a déposé ici, sur le Lias, du calcaire à Rudistes, puis semble s'être retirée vers le NE. Durant la période continentale s'étendant de l'Aptien au Cénomanién, il se forme des dépôts de bauxite qui supposent des conditions analogues à celles qui régnaient dans le Nord, au Barrémien. La fin de la période continentale est marquée au Turonien par une série très caractéristique : les couches de Gosau d'Ajka. Ce sont des dépôts lacustres, à charbon, devenant peu à peu saumâtres et surmontés au Sénonien par des calcaires à Hippurites qui termi-

nent le Crétacé. En effet, dans le NE du Bakony, les bauxites sont recouvertes par le calcaire à Rudistes aptien, tandis que les bauxites d'Ajka montent jusqu'au Cénomanién.

Dans la partie NE du sillon transdanubien la mer se retire déjà à l'Hauterivién dans le Gerecse, où l'on trouve des marnes et des grès glauconieux néocomiens; elle persiste en bordure du Vértès jusqu'à l'Aptien avec des dépôts néritiques à Rudistes. Dès lors, et jusqu'à la fin de l'Eocène inférieur cette partie de la chaîne restera émergée.

Nous venons de voir que l'émersion du massif central hongrois débute selon les lieux à des époques très différentes. Au commencement de l'Eocène, l'ensemble de la chaîne ainsi qu'une zone sud-orientale, aujourd'hui disparue sous les dépôts récents, devaient émerger comme une île.

Sur les régions calcaires ou dolomitiques de cette terre achevaient de s'élaborer la terra rossa et les bauxites qui sont apparues au Crétacé inférieur. Elles occupent les parties basses de la côte et certaines cuvettes où viennent s'accumuler les résidus de la dissolution des calcaires jurassiques ou crétacés.

En bordure de quelques-uns de ces bassins nous assistons, à l'Eocène inférieur, au développement d'une flore marécageuse luxuriante qui donne naissance aux importants gisements de charbons paléocènes (Tokod-Dorog, Tatabanya, Pilis). A l'Eocène moyen la transgression de la mer atteint le bord NW du continent magyar. Après une succession de petites transgressions et régressions locales, elle envahit une partie de l'ancienne terre émergée. Sur la côte se déposent des calcaires récifaux, formés de Coraux, de Nummulites, d'Echinides et de Mollusques à gros tests. Dans les golfes, la sédimentation est plus fine et donne naissance à des argiles et des marnes. L'Eocène se termine par un nouveau retrait de la mer et par une période continentale.

Au début de l'Oligocène moyen, si nous adoptons la chronologie la plus récente de FERENCZI, les dépôts émergés de l'Eocène sont soumis à une forte érosion, suivie d'un retour temporaire de la mer, qui dépose sur la surface dénudée les grès d'Harshegy, les argiles de Kiscell et finalement les grès et sables à *Pectunculus*.

Durant le Néogène, la chaîne transdanubienne émerge du bassin pannonique séparant celui-ci en deux bassins inégaux : au SE l'Alföld, au NW le Kisföld. On y trouve surtout des dépôts côtiers. Au-dessus des faciès saumâtres des couches de Grund (Helvétien), la mer tortonienne transgresse une dernière fois avec des graviers d'origines diverses et des calcaires grossiers de la Leitha. Dès lors, le bassin pannonique se transforme

	BAKONY S-W	BAKONY N-E	VÉRTES	GERECSE	BUDAPEST
MIOCÈNE	Cailloutis Calc. de la Leitha Couches de Grund	Cailloutis Calc. de la Leitha Couches de Grund			
OLIGOSÈNE		Argiles de Kiszell			Argiles de Kiszell Grès de Harshegy
EOCÈNE sup. (Priabon.) moy. (Lutétien) inf. (Yprésien)	Calc. à Nummulites Marnes à Nummul. BAUXITE Calc. à Hippurites Couches de Gosau (Calc. à Requiénies) BAUXITE	Marnes à Bryozoaires Calc. à Nummulites Marnes à Nummul. Marnes à Turrulites Calc. à Requiénies BAUXITE Calc. plaqué	Calc. Nummulit. Couches de Fornia Argiles à charbon BAUXITE (Calc. à Requiénies) (Calc. à Céphalop.)	Argiles à charbon	Marnes à Bryozo. Calc. Nummulit. BAUXITE
CRÉTACÉ sup. (Sénon.) (Turon.) moy. (Vracon.) inf. (Apt.-Alb.) (Barrém.) (Neocom.)					
JURASS. Malm Dogger Lias	Calc. rouges Calc. à Posidon. Calc. à Céphalop. Calc. à Brachiop.	Calc. à Crinoïdes Calc. à Céphalop. Calc. marneux (silex) Calc. à Céphalop. rouge Calc. à Brachiop.	(Calc. à Crinoïdes) (Calc. à Brachiopodes)	Calc. à Crinoïdes Calcaire rouge Calc. à silex Calc. à Céphalop. Calc. à Brachiop.	
TRIAS sup. (Norien) (Carn.) moy. inf. (Werf.)	Calc. du Dachstein Dolomie principale Calc. de Sandorhegy Couches de Raibl Calc. de Fured Faciès variés Muschelkalk Dolomie de Megyhegy Calc. et marnes	Calc. du Dachstein Dolomie principale	Dolomie principale	Calc. du Dachstein Dolomie principale	Calc. du Dachstein Dolomie et calc. Dolomie principale Calc. à silex
PERMIEN	Grès de Gröden				
PALÉOZOOLIQUE	Phyllites		Phyllites Granite		
TABLEAU STRATIGRAPHIQUE DU MASSIF CENTRAL HONGROIS					

en un grand lac. Au Sarmatien on trouve encore des calcaires saumâtres; au Pontien, ce ne sont plus que des sédiments lacustres. La fin du Pontien est marquée par l'épanchement de grandes masses basaltiques qui donnent aux chaînes du Balaton un caractère si pittoresque. Ces coulées de basaltes ont recouvert indistinctement toutes les formations antérieures et n'ont aucune relation avec la bauxite.

Il est difficile de dater avec précision les dépôts post-pontiens. Ce sont essentiellement des calcaires d'eau douce, des cailloutis qui s'échelonnent en terrasses de plus en plus basses.

Enfin, au Quaternaire, la chaîne déjà partiellement dénudée et exposée au climat steppique qui dominait dans l'Europe orientale, a été recouverte par un épais manteau de sables éoliens : le loess. Ces dépôts qui se sont accrochés à toutes les anfractuosités du terrain voilent une grande partie de la structure complexe de la chaîne. C'est cette structure que nous allons aborder brièvement dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III: TECTONIQUE ET MORPHOLOGIE.

Vu à distance, le massif central hongrois évoque les profils usés des chaînes très anciennes. On est loin de se douter, en abordant ces collines aux formes arrondies que l'on se trouve dans un pays de horsts et de fossés, qui n'a pas cessé de se disloquer. Rapidement on s'aperçoit que d'un sommet à l'autre la série stratigraphique peut différer du tout au tout, et, si l'on a l'occasion d'examiner le sous-sol à l'aide de sondages, on constate sur de faibles distances des différences de puissance de plusieurs dizaines de mètres.

Ainsi disloqué en tous sens par des failles, le massif central hongrois apparaît comme un véritable damier. Parmi les directions très variables de ces failles, on peut distinguer deux dominantes :

1. la direction longitudinale à la chaîne : NE-SW,
2. la direction transversale à la chaîne : NW-SE.

La description stratigraphique nous a révélé à partir du Jurassique des transgressions et régressions de plus en plus fréquentes dues à des mouvements épirogéniques d'amplitude croissante. Certains géologues ont cherché à établir des relations entre ces mouvements verticaux et les mouvements orogéniques alpins. SZENTES (196) retrouve dans les collines de Budapest la plupart des phases orogéniques de STILLE.

Le Massif central hongrois, situé entre l'arc carpathique et les Alpes, est formé par une série de terrains autochtones, à structure monocline, s'appuyant sur un massif ancien aujourd'hui disparu. Sa région centrale, le Bakony, est généralement considérée par les géologues hongrois (TAEGER, 202) comme un ancien géosynclinal, du fait de son Trias de type alpin. Il faut cependant remarquer que le Bakony ne présente pas les caractères d'un véritable géosynclinal : bassin de subsidence aux terrains anormalement épais et plissés. Les étages du Bakony, à l'exception du Trias supérieur qui est dolomitique, sont généralement peu épais, et la région n'a pas subi les plissements du cycle orogénique alpin. Le Bakony est donc un ancien sillon marin, en bordure du continent pan-nonique, mais non pas un géosynclinal. Dans le NW du Bakony, le Trias supérieur si développé dans le centre de la chaîne, reparait légèrement incliné vers le SE, dessinant un synclinal. Mais le tout est haché par un réseau de failles, qui en fait, comme nous l'avons dit, un damier de fossés et de horsts. Il est possible que l'axe du sillon corresponde à une faille longitudinale ; nous n'en avons cependant pas la preuve.

Le développement épirogénique du sillon transdanubien se vérifie par la concordance relative de la série mésozoïque.

Les vraies discordances n'apparaissent qu'au Tertiaire, à la suite de mouvements plus violents, dislocations par fractures, qui ne comportent pas de plissements.

Avec TAEGER (202) et TELEKI (203) nous pouvons distinguer deux sortes de mouvements tectoniques ayant affecté le massif :

1. une phase épirogénique, caractérisée par des affaissements et soulèvements lents,
2. une phase orogénique, caractérisée par des effondrements ou soulèvements en voûtes, avec fractures.

Les premiers mouvements que l'on observe, abstraction faite des mouvements hercyniens encore hypothétiques, sont des mouvements épirogéniques débutant au Trias et donnant lieu à la formation d'un vaste sillon.

L'affaissement primitif qui détermine la direction SW-NE et le plongement vers le NW des couches est suivi de plusieurs soulèvements et affaissements consécutifs et d'une émigration du sillon marin vers le NW, durant le Mésozoïque.

Un premier soulèvement important est marqué par la formation des bauxites barrémiennes. ROTH DE TELEGD (185) a

proposé de désigner ce mouvement par le nom de «tisiaïque»¹. La dénudation qui suivit ce soulèvement a enlevé l'ensemble du Jurassique au Néocomien, soit près de 500 m. de calcaire. Un second soulèvement se produit au Crétacé moyen (phase autrichienne)² également caractérisé par un niveau à bauxite. Quoique la discordance des couches de Gosau du Bakony sur le soubassement ancien soit assez peu marquée, c'est à cette époque que TELEKI (203) attribue l'origine des grandes dislocations de Litér et de Veszprém, dont le rejet dépasse 1 km. Ces deux dislocations longitudinales, entièrement nivelées par les dénudations ultérieures, ont l'allure de chevauchements inclinés, dont la poussée est venue du NW.

La troisième manifestation orogénique importante est marquée par la discordance de l'Eocène sur le mésozoïque. Elle se situe à la limite du Crétacé et de l'Eocène (phase laramienne). TAEGER (202) lui attribue l'effondrement supposé du flanc NW du sillon, et probablement l'origine du fossé de Mor. Les dislocations de la phase précédente s'accroissent.

La quatrième phase orogénique se situe à l'Oligocène moyen, et correspond à la période de dénudation intraoligocène (phase pyrénéenne ou cycle pannonique de VADASZ). Les anciennes failles sont remises en mouvement, il s'en forme de nouvelles.

Les dislocations de ces quatre premières phases ne se marquent pas dans la morphologie actuelle, à cause de la forte abrasion du Miocène. Ce n'est que par des sondages et des galeries de mines qu'on a pu les mettre en évidence.

Une cinquième phase orogénique importante se produit à la fin de l'Helvétien ou pendant le Tortonien et disloque la surface abrasée au début du Miocène (phase styrienne). Elle se manifeste en donnant naissance aux principaux horsts et fossés actuels de la chaîne. A côté des dislocations parallèles et transversales à la direction, on observe, dans les massifs du NE, des failles orientées du N au S et de l'E à l'W. Ce type de fracture a déterminé la direction NS de la vallée du Danube et a provoqué au Tortonien inférieur les éruptions d'andésite et de dacite du massif de Börzsöny (coude du Da-

¹ Du nom de «Tisia» par lequel il désigne la masse pannonique en train de se soulever.

² A la suite de chaque phase orogénique datée, j'indique entre parenthèses le nom correspondant des phases de STILLE* adoptées par la plupart des géologues hongrois.

* STILLE H. — Grundfragen der vergleichenden Tektonik, Berlin, 1924.

nube). Ce type de fracture s'atténue dans le Vértes et le Bakony.

C'est à cette époque que se place le début de l'effondrement du continent pannonique, sur lequel s'adossait jusqu'alors le sillon transdanubien. La dislocation s'est faite par gradins le long du rivage NW du lac Balaton et jusqu'au Sud de Budapest. Le fossé ainsi formé au SE a été comblé par des dépôts néogènes et constitue l'Alföld actuel.

C'est également à ce moment que se forment les grandes lignes qui dominent le relief actuel de la chaîne transdanubienne, en particulier les failles transversales, accompagnées de décrochements.

Ce relief a cependant été ultérieurement rajeuni lors de nouvelles phases orogéniques; à la fin du Sarmatien (phase attique) puis à la fin du Pontien (phase rhodanienne).

On lui attribue l'effondrement du fossé occupé par le lac Balaton et de son prolongement au NE, entre les massifs du Vértes et de Velence.

Dans le massif de Buda, FÖLDVARI (153) observe des rejets de failles de l'ordre de 500 à 600 m.

C'est à la même époque que se produisent, à la suite des divers effondrements, les épanchements de basalte dans la zone SW.

Au Pliocène, le Grand-Alföld continue à s'abaisser le long de la dislocation (NS) du Danube. Actuellement encore ces mouvements se poursuivent, ainsi que l'ont montré les nivellements de précision. Le Bakony s'élève tandis que l'Alföld s'abaisse.

La morphologie du massif central hongrois est donc dominée par des dislocations récentes datant du Miocène, du Pliocène et du Quaternaire. Ce sont elles qui ont déterminé le fossé du lac Balaton et la curieuse disposition transversale des vallées actuelles. C'est à elles que sont dues les éruptions d'andésites et de basalte qui caractérisent les deux extrémités de la chaîne.

Ces formes tectoniques heurtées ont été ensevelies au Quaternaire sous un manteau de sables éoliens : le loess. Cette formation a rempli les fossés, atténué les pentes et nous cache aujourd'hui certains traits de l'histoire du massif transdanubien.

Les subdivisions morphologiques adoptées au début de notre étude peuvent être maintenant complétées.

Le massif central hongrois est limité au SW par le fossé du Balaton qui se prolonge au NE par la dépression de Székesfehérvár jusqu'aux environs de Bicske (altitude 106-150 m.).

Au NW, le massif est bordé par le Kisföld, région de collines basses (150-200 m.).

La forêt de Bakony peut se subdiviser en un groupe SE : les collines du Balaton (300-400 m.); et un groupe NW : le Bakony proprement dit (600-700 m.), séparés par la région tabulaire triasique de Veszprém (alt. 250 m.).

Les collines du Balaton sont formées de sédiments anciens (Permien et Trias) dans lesquels pénètrent deux bassins miocènes : les golfes de Tapolcza et de Varpalota.

Le Bakony proprement dit, est constitué par des sédiments plus jeunes (Trias supérieur - Eocène). Il est limité à l'W. par le golfe éocène-miocène de Devecser qui pénètre profondément à l'intérieur du massif (région de Herend) et à l'E par le golfe éocène-oligocène de Csernye-Dudar.

Au NE la forêt de Bakony est séparée des Monts Vértes par le fossé tectonique de Mor (alt. 150 m.).

Le Vértes à son tour est séparé du Gerecse par un fossé tectonique moins important, celui de Felsögalla.

Entre le Gerecse et les collines d'Esztergom-Buda-Pilis, se trouve le bassin éocène de Tokod-Dorog connu par ses lignites.

Enfin le dernier groupe de collines disparaît au NE sous les coulées d'andésite du coude du Danube, liées à la grande faille méridienne de Budapest. Au NE de Vác on trouve encore quelques fragments du massif central hongrois émergeant comme des îlots des sédiments néogènes; c'est ici que nous arrêtons la zone étudiée.

CHAPITRE IV : LES GISEMENTS DE BAUXITE.

On distingue dans la chaîne de collines qui constitue le massif central hongrois, un certain nombre de gisements alignés le long d'une zone parallèle à la chaîne, allant de Sümeg au coude du Danube et au delà. L'axe de cette zone correspond approximativement à l'ancien rivage éocène. Le long de cette zone, la bauxite n'apparaît que rarement à la surface; on ne la découvre généralement qu'à l'aide de travaux de recherches (puits ou sondages). C'est ce qui explique la raison pour laquelle les gisements transdanubiens n'ont été reconnus que sur le tard. TAEGER, en 1909, a été le premier à décrire la bauxite de Gant, dans le Vértes, sous le nom de latérite; il l'attribue au Miocène. En 1921, dans un rapport inédit, FR-E. SUESS donne une brève description du gisement d'Halimba; puis à partir de 1922 les publications se font plus nombreuses. Je signalerai entre autres celles de A. GYÖRGY

(157), de K. ROTH DE TELEGD (132), de POBOZSNY (175), de VADASZ (211, 212), etc. Dès lors, on assiste à un véritable «rush» sur la bauxite; les recherches entreprises font découvrir sous la plupart des lambeaux éocènes d'épaisses couches de terra rossa, renfermant par endroit des gisements de bauxite. C'est ce qui a fait dire que la Hongrie avait passé au premier rang des pays d'Europe en ce qui concerne ses réserves en minerai d'aluminium, dépassant même la France.

Il faut n'avoir jamais parcouru les grands synclinaux du Var pour soutenir une telle opinion. Il n'en reste pas moins que la Hongrie est devenue au cours des dix dernières années un important producteur de bauxite. Il est d'autre part très probable qu'un grand nombre de régions minéralisées ait encore échappé aux investigations. Dans l'état de nos connaissances actuelles on peut distinguer du SW au NE les 4 groupes de gisements suivants :

1. Groupe du Bakony Sud-occidental
2. Groupe du Bakony oriental
3. Groupe du Vértes et du Gerecse
4. Groupe du Nord-Est du Danube

Dans une étude sur l'âge des bauxites hongroises, VADASZ (212) a montré qu'elles s'étaient formées d'une part au Crétacé inférieur, probablement au Barrémien, d'autre part à la fin du Crétacé. Nous verrons dans chaque cas particulier entre quelles limites s'étend la lacune occupée par la bauxite. Les gisements que l'on suit le long du Bakony, de Sümeg à Isztimer, sur le rivage NW de la chaîne transdanubienne, passent à partir du fossé de Mor également sur son bord méridional. Sur le rivage septentrional, occupé par le bassin à charbon éocène de Tatabanya et plus au Nord, sous le bassin à charbon d'Esztergom, des sondages récents ont montré que l'on retrouve en certains points l'horizon à bauxite sous plus de 300 m. de sédiments.

1. *Groupe du Bakony Sud-occidental.*

Je réunis dans ce groupe quatre centres de gisements qui occupent la bordure du golfe éocène-miocène de Devecser. Ces quatre centres sont du SW au NE :

- a) Gisements de Sümeg
- b) Gisements de la forêt de Nyírad
- c) Gisements d'Halimba
- d) Gisements d'Ajka

Ils sont situés à une altitude variant de 200 à 350 mètres. La bauxite n'apparaît que rarement à la surface et dans ce cas sous forme de pisolithes noyés dans une argile rouge, rappelant par son aspect le bolus sidérolitique du Jura. Ce bolus s'altère rapidement en se mélangeant aux formations sablo-argileuses plus jeunes, et finit par donner naissance à un sol rouge. L. DE LOCZY sen., l'auteur de la remarquable monographie du lac Balaton, ne mentionne qu'incidemment cette formation (p. 184-286) sous le nom d'argile rouge (Bolus), à propos du calcaire de la Leitha et des cailloutis néogènes, et il la situe à la base de ces dépôts.

a) *Gisements de Sümeg.*

En partant de la région occidentale du Massif central hongrois pour se diriger vers l'E, les premiers gisements de bauxite que l'on rencontre sont situés à l'Est de la petite ville de Sümeg. Sur la colline de Szöllő et au voisinage du hameau de Surgoth, se trouvent deux gisements de bauxite décrits par E. VADASZ (212). Ces gisements, sans grande valeur économique (celui du Mt Szöllő qui mesurait une quarantaine de mètres de diamètre est pratiquement vidé), occupent une position stratigraphique unique dans toute la chaîne transdanubienne. Ils reposent en effet sur le calcaire à Hippurites sénonien qui représente le mur le plus jeune des gisements hongrois. Le gisement du Mt Szöllő est recouvert en partie par des restes de sédiments éocènes, en partie par des dépôts récents. La bauxite y est constituée par une masse bréchique rouge, dont la base, de teinte plus claire, est plus siliceuse. A la partie supérieure la bauxite passe à une argile bauxitique, puis à des argiles bigarrées éocènes. Dans l'angle SW du gisement ces argiles reposent directement sur le calcaire crétacé.

Le gisement situé non loin du hameau de Surgoth, occupe une dépression à la limite de la dolomie triasique et du calcaire crétacé, le long d'une faille.

Bien que la bauxite de Sümeg présente les indices d'un remaniement, il ne peut pas être question d'un transport à grande distance. Il faut donc admettre qu'il a pu se former dans la région transdanubienne de la bauxite entre la fin du Crétacé et le début de l'Eocène, comme c'est le cas dans la Province dinarique.

Analyse d'une bauxite de Sümeg.

No		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	MnO
94	B. rouge de Szöllő	3.56	26,37	2,57	12,52	54,70	0,28

b) Gisements de la forêt de Nyirad.

Au Sud-Est du village de Nyirad s'étend un plateau de 200 mètres d'altitude environ, façonné par l'abrasion miocène et sur lequel on observe quelques affleurements de dolomie du Trias supérieur émergeant des cailloutis et des sables miocènes. Ici et là on remarque sur ces formations perméables la présence de petits étangs, indice d'un horizon imperméable. C'est le niveau de terra rossa renfermant de la bauxite qui apparaît à proximité de la surface. Tant que l'on ne possédait pas d'autres données, il était impossible de prévoir l'existence dans cette région de gisements de bauxite. A partir de 1935, quelques sociétés minières, se basant sur les expériences faites dans d'autres parties de la Hongrie, entreprirent des travaux de recherches qui amenèrent la découverte de gisements de bauxite importants, disposés dans une couche d'argile rouge. Ce niveau bauxitique, plus ou moins continu, comprenant de l'argile rouge et de la bauxite, occupe dans tout le bassin de Nyirad une position identique. Il repose sur la surface karstique irrégulière de la dolomie principale (Norien) et se trouve être surmonté par l'Eocène moyen, formé à la base par des couches d'argiles noires ou grises, des marnes à Miliolites, puis par une alternance de marnes et de calcaires. Cet ensemble a été disloqué par des failles et abrasé par la dénudation au Miocène, de sorte que les cailloutis et les sables tortoniens reposent en discordance sur le Trias, la bauxite ou l'Eocène. Le niveau à bauxite occupe donc ici une lacune comprise entre le Trias supérieur et l'Eocène moyen. Le mur est dolomitique, le toit normal est argilo-marneux; dans les parties dénudées il est formé de cailloutis ou de sables plus récents. Entre ces formations la bauxite apparaît en amas lenticulaires isolés dans une masse d'argile rouge formant couche. La surface de ces gisements peut atteindre plusieurs hectares et leur puissance varie entre 3 et 10 mètres. Dans leur partie centrale, le minerai se présente sous la forme d'une brèche à éléments anguleux, liés par de la bauxite pulvérisée; l'amas passe sur ses bords, ainsi qu'au toit et au mur à une substance argileuse de plus en plus plastique. La profondeur à laquelle on trouve ces amas varie entre le voisinage de la surface et plus de 70 mètres. La surface inférieure du gisement présente de grandes irrégularités. Il en est de même de la surface supérieure. Il semble que les gisements de bauxite aient été partiellement remaniés avant d'être envahis par les dépôts de la mer éocène transgressive, ce qui suppose une origine déjà ancienne. Dans la partie des gise-

ments situés immédiatement sous le toit éocène, le minerai apparaît souvent plus homogène, ce qui provient du fait que la couverture éocène a protégé le gisement d'un remaniement pendant la période de dénudation miocène. Dans les parties profondes du gisement on observe souvent une réduction de la puissance ; ainsi la couche atteinte par des sondages à 70 m. ne mesure que 3,75 m. de puissance sous 40 m. d'Eocène et 30 m. de calcaire miocène. Ce fait n'est cependant pas général, on observe en effet de grandes variations de puissance au voisinage de la surface. En certains points, même l'Eocène moyen repose directement sur la dolomie sans trace du niveau à bauxite. Dans l'hypothèse d'un niveau à terra rossa continu, cette lacune peut être due à une dénudation pré-éocène, dont on a certains indices dans la région d'Ajka. La bauxite de ces gisements est de couleur rouge brique foncé, relativement tendre et friable.

Analyses de bauxites de la forêt de Nyirad.

Profil à travers la couche.

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	CaO
95	6- 8 m.	2,16	26,24	3,22	12,01	56,15	0,15
96	8-10 m.	2,25	25,82	3,40	12,40	56,23	0,16
97	10-12 m.	1,85	26,26	2,91	12,13	56,70	0,14
98	12-14 m.	2,30	25,62	2,92	12,08	56,94	0,14
99	14-16 m.	1,87	25,47	2,93	12,26	57,47	
100	16-17 m.	4,12	24,17	2,86	12,42	56,39	0,04
101	17-18 m.	7,49	23,19	2,56	12,71	54,02	0,03
102	18-20 m.	21,11	16,96	2,16	12,92	46,79	0,06
103	20-21 m.	36,96	10,64	1,78	13,59	36,91	0,12

Ce type de bauxite correspond chimiquement aux bauxites d'Istrie. Les 10 premiers mètres sont relativement homogènes. A partir du 16^e mètre, la silice augmente rapidement vers le bas, on constate en même temps une baisse de la teneur en oxyde de fer, en titane et en alumine. La teneur en eau de cristallisation tend à augmenter légèrement.

c) Gisements d'Halimba.

Au Sud du village d'Halimba, l'Eocène affleure sur une grande étendue et transgresse sur les terrains plus anciens du Crétacé, du Jurassique et du Trias supérieur. Dans cette région de collines, à une altitude comprise entre 300 et 400 m., on trouve en bordure de l'Eocène le niveau bauxitique que nous avons appris à connaître au SW de Nyriad.

Les coulées basaltiques et les tufs du Kabhegy et du Agartető recouvrent par endroit la limite entre l'Eocène et le Trias supérieur et peuvent ainsi entrer en contact avec le niveau à bauxite. Il n'existe cependant aucune relation entre ces deux formations; les basaltes du Balaton étant d'âge post-miocène, tandis que la bauxite est ici pré-éocène. Elle repose à la surface de la dolomie norienne. Loczy sen. (168) a signalé près d'Halimba l'existence d'un lambeau de calcaire à Hippurites. Je n'en connais pas la relation avec le niveau bauxitique. Par analogie avec ce qui a été dit plus haut, je le situe au toit de la bauxite. Le toit rencontré dans les galeries de recherche est constitué par le calcaire nummulitique principal. Il s'y intercale à la base des argiles jaunes renfermant des fragments de bauxite, surmontées d'une couche d'argile noire, sapropélique ou bitumineuse passant par endroit à du lignite. K. ROTH DE TELEGD (183) voit dans ce niveau les couches de Forna de l'Eocène moyen.

En faisant abstraction du calcaire à Hippurites, la lacune occupée par le niveau à bauxite d'Halimba est donc comprise ici encore entre le Trias supérieur et l'Eocène moyen. Les travaux de recherche exécutés sous l'Eocène ont mis en évidence un niveau d'argile rouge, bauxitique, passant par endroit à une véritable couche de bauxite. Cette

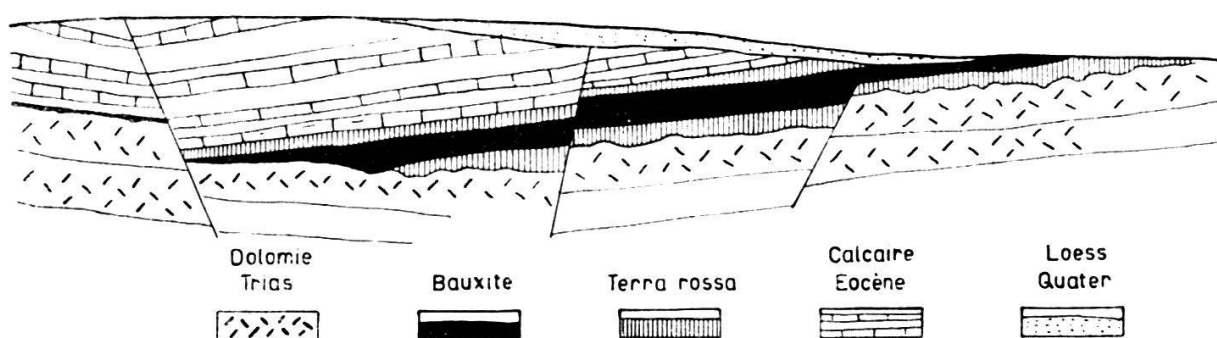


FIG. 7. — Type de gisement de la région d'Halimba.

série a été fortement disloquée par des failles post-éocènes. La zone à bauxite reconnue ici s'étend sur plus de 6 kilomètres avec des interruptions nombreuses et des positions variant d'un bloc à l'autre. La couche bauxitique affleure ici sur une assez grande étendue, elle s'amincit vers le S où l'on ne reconnaît son existence qu'aux restes de pisolithes ou à certaines zones imperméables.

Aux affleurements, la couche a été fortement altérée par l'infiltration d'impuretés de sorte que l'on ne trouve géné-

ralement que des débris de bauxite, ou de pisolithes enrobés dans une argile rouge. Le sommet de la couche est formé par une surface irrégulière sur laquelle on observe des concrétions ferrugineuses rappelant les débris d'une mince cuirasse de fer désagrégée. Avant d'être recouverte par les argiles éocènes, la couche de bauxite a subi un remaniement partiel qui explique ses variations de puissance et de qualité. En certains points l'Eocène repose directement sur la dolomie sans intercalation de bauxite. Lorsque la bauxite n'a pas été modifiée par l'altération actuelle, elle apparaît comprise entre deux zones argileuses rouges. A Halimba, la partie supérieure de la couche bauxitique a été décolorée en jaune par des solutions acides venant du toit, et renferme de la pyrite. HARRASSOWITZ (30) qui a décrit un profil de ce gisement attribue la décoloration à des acides humiques provenant des dépôts à charbon que l'on observe dans le toit.

La teneur en silice diminue à une certaine distance de la surface et reste inférieure à 2 % dans le type normal de ces bauxites ainsi qu'on le constate sur le tableau suivant :

Analyses des bauxites d'Halimba (Neuhausen).

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	SO ₃
104	B. truit. toit	21,33	16,07	1,92	18,66	41,33	0,69
105	B. rge-brun	2,88	27,79	1,87	23,37	43,08	1,01
106	B. part. centr.	0,79	23,67	2,12	25,72	45,92	1,78
107	B. blanchâtre	2,10	6,74	2,27	29,95	56,25	2,69

Profil prélevé sur 2 m. de couche (LEITMEIER, Vienne).

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	SO ₃
108	0,0-0,5	1,31	34,56	—	24,31	40,10	0,28
109	0,5-1,0	0,88	31,58	—	23,80	43,90	0,18
110	1,0-1,5	1,30	31,05	—	23,43	45,00	0,18
111	1,5-2,0	1,13	28,43	—	23,47	46,02	0,29

On observe en profondeur une légère augmentation de la teneur en alumine en même temps qu'une diminution de l'oxyde de fer; les autres composants restent invariables. Tous ces échantillons renferment une certaine quantité de SO₃ provenant d'infiltrations venues du toit. Le titane n'a pas été dosé dans les quatre dernières analyses.

Les concrétions ferrugineuses que l'on trouve au sommet de la couche ont, d'après LEITMEIER, la composition suivante :

Analyse de la croûte ferrugineuse.

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	CaO	MgO	CO ₂	H ₂ O	Al ₂ O ₃
112	Ferrug.	5,64	75,49	0,53	0,69	0,18	0,53	8,09	7,96
113	Alumin.	1,37	59,26	0,28	0,72	0,14	0,51	16,27	22,22

Aspect de la bauxite.

Le type normal de la bauxite d'Halimba est d'un rouge ocre foncé, présentant quelques taches blanches le long des diaclases. Elle est homogène, relativement tendre et se brise facilement sous la pioche. On peut la couper au couteau et l'utiliser comme une craie rouge; contrairement à la plupart des bauxites elle se délaie lentement dans l'eau en une boue.

Ce type de bauxite de la partie Nord du bassin d'Halimba est caractérisé par une forte teneur en eau de constitution et en oxyde de fer; la teneur en alumine est généralement inférieure à 50 %; il se rapproche beaucoup du type de l'horizon lutétien de Kalun (Dalmatie). La partie décolorée et même certains types rouges renferment de petites quantités de sulfate de fer et d'alumine, dosé sous forme de SO₃ (0,5 — 2,5 %). Dans les gisements méridionaux du bassin, on retrouve au milieu de la couche d'argile rouge des amas de bauxite alumineuse du type de ceux que nous avons décrits dans la forêt du Nyirad.

Le niveau à bauxite manque rarement sous l'Eocène. Il est formé d'une masse argileuse rouge devenant jaune au toit et au mur. Sa composition chimique varie d'une façon assez régulière avec la profondeur ainsi que le montre le profil suivant :

*Profil de 7 m. à travers le niveau à bauxite.*ANALYSES ¹

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	H ₂ O	Al ₂ O ₃
111	3-4 terra rossa	21,81	16,89	1,97	17,04	42,21
115	4-5 terra rossa	19,19	20,02	1,87	17,31	41,61
116	5-5,1 B. pisolitique	1,72	39,23	2,02	13,86	43,17
117	5,1-6 terra rossa	20,18	18,66	1,66	18,09	41,41
118	6-7 terre rossa	24,69	16,52	1,35	16,58	40,86
119	7-8 terra rossa	33,45	14,95	1,32	13,23	37,05
120	8-9 terra rossa	37,31	13,58	1,37	12,37	35,37
121	9-10 arg. jaune	40,12	6,85	1,37	13,37	38,29

On constate à l'examen de ce profil une légère diminution de la silice dans les premiers mètres et jusqu'à un certain niveau

¹ Ces analyses sont choisies parmi des centaines d'autres et donnent une image moyenne des profils traversés.

puis une augmentation rapide. Inversement l'oxyde de fer et l'alumine augmentent tout d'abord, puis diminuent progressivement, le titane varie de la même façon que l'alumine. L'eau de constitution a tendance à diminuer en profondeur.

Dans les amas de bauxite proprement dits, on constate également une variation des teneurs avec la profondeur. En voici un exemple :

Profil de 10 mètres à travers un amas de bauxite bréchique.

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	H ₂ O	Al ₂ O ₃	MnO
122	5-6	3,06	28,97	3,27	11,51	53,05	0,15
123	6-7	2,08	29,70	2,91	11,23	53,91	0,17
124	7-8	1,18	29,66	2,41	11,19	55,42	0,14
125	8-10	0,88	28,21	2,46	11,75	56,76	0,16
126	10-11	1,19	28,70	2,32	11,52	56,11	0,16
127	11-12	3,75	27,08	2,56	11,58	54,89	0,14
128	12-13	6,26	26,21	2,31	11,61	53,44	0,17
129	13-14	12,24			11,75		
130	14-15	18,34			11,69		

Dans les quatre premiers mètres il y a diminution de la silice et augmentation de l'alumine; dans les six mètres suivants la silice augmente rapidement et l'alumine décroît; les autres composants sont relativement constants. Le titane décroît généralement avec la profondeur.

Certains gisements de ce bassin sont formés de bauxite massive n'ayant pas été remaniée. Seule la partie supérieure exposée à l'altération a subi quelques transformations et passe graduellement à de l'argile. La masse proprement dite de bauxite présente dans ce cas le même profil que ci-dessus. On constate une concentration de l'alumine, de l'oxyde de fer et du titane dans la partie supérieure du gisement et une augmentation de la silice vers la base.

Il existe tous les termes intermédiaires entre ces deux types extrêmes de bauxite (bauxite fortement hydratée et bauxite faiblement hydratée). Nous en avons un exemple dans le profil suivant :

Profil à travers un gisement de bauxite massive.

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
131	18-19 m.	3,29	18,56	3,82	24,81	49,52
132	19-20 m.	8,64	21,11	2,69	17,21	50,35
133	20-21 m.	10,96	13,80	2,87	18,09	54,28
134	21-22 m.	1,91	26,00	2,71	14,31	55,07
135	22-23 m.	0,96	27,15	2,41	13,28	56,20
136	23-24 m.	0,62	25,25	2,31	17,11	54,71

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
137	24-25 m.	0,83	22,97	2,31	20,26	53,63
138	25-26 m.	1,19	22,37	2,06	17,56	56,79
139	26-27 m.	6,23	22,48	2,01	15,94	53,34
140	27-28 m.	13,09	20,20	1,92	15,47	49,52
141	28-28,40 m.	38,87	3,25	1,31	15,83	40,74

Cet ensemble de dix mètres repose sur de la dolomie altérée et pulvérulente. La bauxite passe à la base à une argile blanche dont la composition se rapproche de celle d'un kaolin. Le degré d'hydratation de la bauxite subit ici de grandes variations.

Les bauxites du bassin d'Halimba, tout en ayant une basse teneur en silice, présentent de grandes variations dans la teneur en eau de cristallisation et en alumine.

d) Gisements d'Ajka.

Le gisement d'Ajka forme la continuation vers le Nord des gisements d'Halimba. Mais, tandis que les gisements d'Halimba et de Nyirad ont été mis à jour par diverses exploitations, celui d'Ajka n'a été reconnu que grâce aux sondages exécutés par la société des charbonnages d'Ajka. Son importance n'en est pas moins grande, en particulier à cause de la position stratigraphique qu'il occupe.

Dans son étude sur la mine de charbon d'Ajka, ROZLOZNIK (190) a donné le résultat des sondages exécutés dans le bassin de Csingertal. On constate que la bauxite se trouve située ici à la base du charbon des couches de Gosau. Les couches du mur ne sont pas connues avec certitude. A la surface, les couches de Gosau reposent sur un calcaire à Rudistes d'âge Barrémien ou Aptien (KUTASSY). D'après VADASZ (212) l'un des sondages aurait atteint sous la bauxite le calcaire du Lias inférieur, un autre atteindrait la dolomie du Trias. A la base du puits d'extraction, les couches à charbon reposent sur une brèche calcaire, sans intercalation de bauxite. Le mur du niveau à charbon apparaît donc nettement comme une surface calcaire dénudée, dont certaines dépressions sont remplies par de la bauxite. La lacune qu'elle occupe est comprise entre le Turonien et le Lias inférieur; la bauxite d'Ajka est donc anté-turonienne et sa formation peut remonter au Crétacé inférieur. Il existe en outre, entre l'Eocène et le Crétacé, un horizon de terra rossa qui occupe ici une lacune pré-éocène.

Au Crétacé inférieur ou moyen on assiste donc dans la région d'Ajka à la dénudation d'une zone émergée, avec formation de bauxite. Le bassin où s'élaborait la bauxite est envahi au

Turonien par un marécage qui a donné naissance aux lignites d'Ajka, puis la mer transgresse au Sénonien et dépose des calcaires à Hippurites, que l'on retrouve près d'Halimba et de Sümeg. A la fin du Crétacé, il se produit une nouvelle émergence durant laquelle les calcaires sénoniens sont partiellement enlevés ; les bauxites qui n'avaient pas été enfouies par les dépôts turoniens sont remaniées et donnent naissance à la terra rossa que l'on observe à la base de l'Eocène moyen. La transgression éocène dépasse sensiblement celle du Crétacé supérieur et envahit de grandes étendues restées émergées durant le Turonien et le Sénonien. C'est là que nous trouvons les bauxites partiellement remaniées de la grande lacune comprise entre le Trias et l'Eocène.

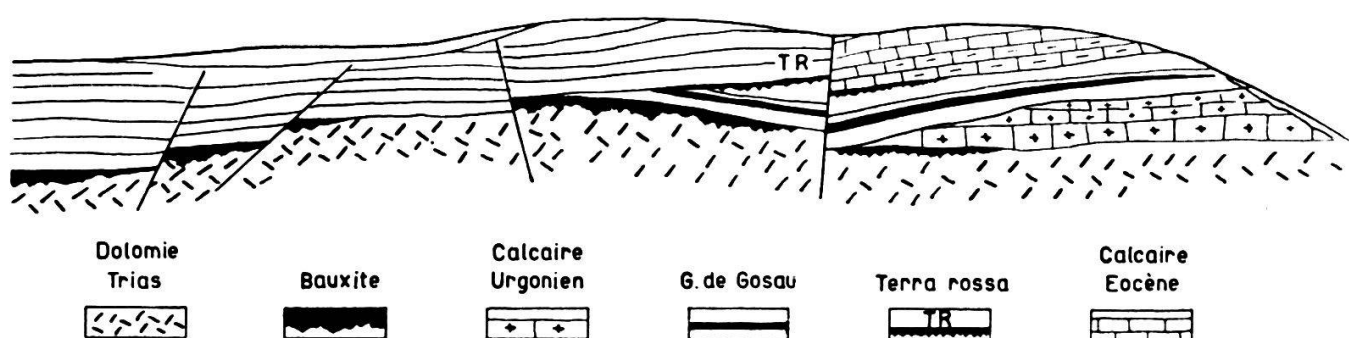


FIG. 8. — Coupe schématique du bassin de Csingertal.

La couche de bauxite située sous le Turonien à charbon présente de grandes variations de puissance. Dans l'un des sondages elle mesure 13,2 m., dans un autre 2,80 m. Sa qualité n'est connue que par quelques analyses, indiquées par VADASZ.

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
142	B. pisolitique	7,94	30,95	2,40	10,58	48,13
143	»	5,73	26,10	2,45	12,00	53,72
144	»	8,72	31,68	2,30	11,26	45,84
145	Argile rouge	27,96	17,40	2,02	12,33	40,29

La terra rossa signalée à la limite de l'Eocène et du Crétacé, a la composition suivante (VADASZ) :

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
146	Terra rossa	36,70	13,90	1,45	13,10	33,25

Elle correspond approximativement aux argiles situées à la base du niveau à bauxite indiqué ci-dessus (analyse N° 120) et n'a pas la composition d'une bauxite.

G. RAKUSZ (177) a signalé l'existence de l'horizon à bauxite à la base des couches de Gosau près de Bakonyjako. Cette observation n'a pas été confirmée par JASKO (161) qui a étudié cette région du Bakony. En revanche, E. VADASZ (212) sur les données de G. VIGH, mentionne la découverte de l'horizon à bauxite dans un sondage foré au voisinage de la localité d'Urkut, connue par ses gisements de manganèse. Quoique la roche rencontrée ne corresponde pas exactement à une bauxite, mais plutôt à une terra rossa (30,16 % Al_2O_3 , 30,54 % SiO_2), elle semble pourtant appartenir à l'horizon à bauxite et occupe ici une lacune entre le calcaire à Requiénies du Crétacé inférieur et les silex du Lias. Si ces renseignements se confirment, ils permettront de préciser l'âge des bauxites d'Ajka et feront remonter leur origine à la base du Crétacé.

2. Groupe du Bakony oriental.

La bauxite occupe ici une position différente de celle que nous avons vue précédemment. La partie orientale et septentrionale du Bakony sont caractérisées par une structure en horsts très accentuée. Chaque horst possède sa stratigraphie et en tenant compte des différents blocs, on parvient à reconstituer tous les horizons de la série mésozoïque, ainsi que l'ont montré K. ROTH DE TELEGD (185) et ses élèves. Parmi ces horsts, celui d'Amos-Tés se distingue des autres par une importante lacune de sédimentation comprise entre le calcaire du Dachstein et le Crétacé moyen. C'est dans cette lacune que se situe le gisement de bauxite que je me propose d'examiner. Cet horizon à bauxite ne se retrouve pas dans les horsts voisins. ROTH DE TELEGD attribue la proximité de ces blocs différents à des mouvements horizontaux de l'écorce ayant amené le horst d'Amos-Tés au contact des horsts jurassiques de Zirc, Kavas, etc. Ces mouvements devaient être achevés au moment de la transgression mésocrétacée qui a recouvert en discordance les différents niveaux du Jurassique ou du Trias entre Zirc et Kisgyon. J'examinerai dans ce groupe les gisements suivants :

- a) Gisement d'Alsopere.
- b) Gisement d'Epleny.
- c) Gisement d'Isztimer.
- d) Gisement d'Iszkaszentgyörgy.

a) Le gisement de bauxite d'Alsopere (Pere Puszta).

Le gisement d'Alsopere affleure d'une façon discontinue sur une distance d'un kilomètre environ, le long d'une ligne

orientée du SW au NE, et plonge de 10 à 20° vers le NW. Le mur de la bauxite est formé par le calcaire du Dachstein d'âge Norien. A la surface, la bauxite n'apparaît que rarement sous forme altérée d'argile rouge, renfermant des pisolithes ou des concrétions ferrugineuses. Cette réduction ou même cette disparition totale de la couche, à l'affleurement, semble être due à l'abrasion de la mer aptienne transgressive. Cette même action s'est fait sentir au sommet de la couche, où l'on observe les traces d'un remaniement partiel. Les puits et les sondages de recherches ont montré sous le toit l'existence d'une couche de bauxite continue, dont l'épaisseur varie dans de larges limites, mettant en évidence ce caractère propre à tous les gisements de bauxite : l'irrégularité du mur. Le toit, relativement plan, débute par un banc d'un mètre environ, de calcaire marneux passant à une série d'argiles comprenant quelques alternances de calcaire marneux ; c'est le niveau à Ostrées et Orbitolines de l'Aptien transgressif qui mesure ici 30 à 35 m. de puissance. Il est surmonté par le calcaire à Requiénies (70 m. env.) et par un calcaire jaune à Orbitolines de l'Aptien supérieur. Cette série est limitée au S. par une faille EW. Au NE par contre, la série se continue après quelques dislocations jusqu'au voisinage de Csernye. La couche de bauxite a été reconnue sur plusieurs centaines de mètres au NW de la ligne d'affleurement, couvrant une cinquantaine d'hectares ; on n'en connaît pas encore les limites NW. La lacune qu'elle occupe est comprise entre le Norien et l'Aptien. L'Aptien inférieur déterminé grâce à sa faune de gastéropodes par VADASZ (211) et NOSKY jun. (173) constitue le toit de la bauxite. C'est le niveau le plus ancien que l'on connaisse dans tout le massif central hongrois. On en a déduit qu'une partie des bauxites hongroises devait être pré-aptienne : c'est-à-dire barrémienne. Mais nous avons vu des bauxites d'âge probablement différent, telles ces bauxites de Sümeg, dont le mur est sénonien et celles d'Halimba, dont le toit est éocène. La puissance moyenne de la couche est ici d'environ 5 mètres, bien qu'en certains points elle dépasse 20 mètres. La qualité du minerai est aussi très variable. Généralement la couche se compose du haut en bas de la succession suivante :

une couche d'argile bauxitique,
un minerai pisolithique jaune,
un minerai pisolithique rouge,
un minerai argileux à la base.

A côté de ces principales variétés de bauxite on trouve des types plus ou moins décolorés passant du violacé au jaune brun ou

au blanc. Les échantillons suivants prélevés dans un puits où la couche atteint 22 m. ont donné pour analyses :

N°	Profondeurs	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	CaO
147	8,0- 9,0	b. rose	32,03	12,72	0,87	19,56	34,41	0,31
148	9,0-12,0	jne pisolit.	14,50	13,73	1,41	15,80	54,47	—
149	12,0-13,6	rge clair	11,53	25,35	1,11	17,40	42,99	2,10
150	13,6-16,0	gris cl. pis.	19,68	1,17	1,57	20,16	57,31	—
151	16,0-17,6	rge violet	6,08	19,78	3,09	15,01	55,46	—
152	17,6-21,0	gris foncé	17,30	11,77	3,06	16,74	50,32	—
153	21,0-26,0	rge pisolit.	1,89	14,31	3,35	17,34	62,82	0,23
154	26,0-28,0	rge pisolit.	12,72	14,87	2,59	14,97	55,10	—
155	28,0-30,0	rge pisolit.	8,95	21,04	2,68	13,87	53,18	0,22
156	au contact du mur		22,83			16,33		

Les variations de la teneur en silice ainsi que l'épaisseur anormale de la couche sont peut-être dues ici à une faille. La seule remarque que l'on puisse faire est que la silice s'élève au voisinage des épontes. Les variations de la qualité que nous venons de voir s'observent aussi latéralement le long des galeries. Comparé aux gisements du SW du Bakony, le gisement d'Alsopere est caractérisé par une bauxite hétérogène à structure pisolithique développée. La haute teneur en silice de ce minerai le rend impropre à la fabrication de l'alumine (procédé Bayer¹). Il présente néanmoins un grand intérêt en raison de sa position stratigraphique différente de celles que nous avons vues jusqu'à maintenant. La qualité moyenne du minerai d'Alsopere correspond aux analyses suivantes :

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
157	Bauxite rouge	11,39	21,72	2,83	13,15	50,91
158	Bauxite jaune	10,46	19,74	2,62	14,30	52,88

b) Les gisements de bauxite d'Eplény.

A l'W d'Alsopere, dans la vallée tectonique de Csuha, reliant Veszprém à Zirc, on trouve non loin du village d'Eplény, un groupe de gisements isolés reposant sur le calcaire du Dachstein triasique. Selon K. ROTH DE TELEGD (185), il occuperait une position semblable à celui d'Alsopere. Je n'ai pas constaté ici la présence de Crétacé moyen. Les gisements apparaissent sous une couverture de 4 à 5 mètres de cailloutis, de sables et d'argile rouge ou violacée, et plongent vers le N sous les cailloutis miocènes. On a signalé dans le bassin d'E-

¹ Voir note p. 113.

plény l'existence de couches éocènes à *Cardium Wiesneri*. Il est donc probable que l'Eocène recouvre au N la bauxite ainsi que l'admet FÖLDVARI (151) tant pour la bauxite que pour les gisements de psilomélane d'Eplény. Nous aurons l'occasion de revenir sur les relations qui existent entre ces deux minerais, dans le massif central hongrois. Les gisements de bauxite d'Eplény occupent une lacune comprise entre le Trias et l'Eocène, analogue à celle des gisements d'Halimba. L'âge de leur formation peut remonter au Barrémien, mais leur évolution s'est poursuivie pendant tout le Crétacé. Au point de vue chimique et physique, ces bauxites ont plus d'analogie avec le type d'Halimba qu'avec celui d'Alsopere. La bauxite d'Eplény est homogène et tendre, de couleur rouge brique avec quelques variétés rouge foncé et jaune; sa structure est relativement compacte, rarement pisolitique.

Analyses des bauxites d'Eplény.

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
159	Argile rouge du toit	23,81	7,72	3,28	16,58	48,61
160	Bauxite rouge 1 m.	7,01	21,64	3,08	16,85	51,42
161	Bauxite rouge 9 m.	4,27	22,63	2,97	18,59	51,44
162	Bauxite rouge 12 m.	3,15	24,77	3,12	19,47	49,49

Cette bauxite est caractérisée par sa basse teneur en alumine et sa teneur en eau de constitution relativement élevée.

c) Région d'Isztimer.

A l'extrémité NE du massif triasique d'Amos-Tés, sur le plateau d'Isztimer, on trouve sous le loess de grands dépôts de terra rossa reposant sur la dolomie principale. La lacune de sédimentation qu'ils occupent paraît s'étendre du Trias au Quaternaire; en fait, la couverture éocène a été enlevée par des dénudations ultérieures. Ces dépôts forment par endroit de véritables couches dont la puissance varie de 2 à 12 m. sous une couverture irrégulière de 10 à 20 m. de loess. La composition chimique de ces dépôts d'argile rouge varie dans une large mesure. On y observe en certains points un enrichissement en alumine pouvant atteindre 47 %, avec exceptionnellement une baisse de la silice jusqu'à 10 %, ce qui les apparente aux bauxites, mais dans son ensemble la masse des dépôts correspond à une argile rouge ou une terra rossa. Quelle que soit l'époque de leur enfouissement sous des formations plus récentes, ces dépôts ont subsisté sur le Trias jusqu'au Quaternaire. Ils paraissent être le résidu d'une très longue période continentale, débutant probablement au Cré-

tacé inférieur et se prolongeant jusqu'à l'Eocène moyen, puis remis à nu de l'Oligocène jusqu'au Quaternaire ancien, époque à laquelle ils disparaissent sous les dépôts éoliens qui constituent le loess. La terra rossa a évolué lentement dans les parties basses du continent sans rencontrer ici les conditions nécessaires pour atteindre la bauxitisation complète, ou bien, si cette bauxitisation s'est produite à un moment donné, comme dans les autres régions transdanubiennes, elle aura rétrogradé à partir de ce moment dans le sens d'un nouvel enrichissement en silice. On constate au sommet de certains dépôts un remaniement. Ces mouvements ne semblent cependant pas avoir affecté les parties profondes de la couche, ainsi que le montrent les variations régulières de la composition en fonction de la profondeur. Dans la plupart des sondages ou des puits, on observe les mêmes variations du haut en bas de la couche de terra rossa. Dans la partie supérieure la teneur en silice baisse jusqu'à un minimum qui diffère d'un point à l'autre, puis elle monte graduellement et finit par atteindre la teneur d'une argile ordinaire. Les autres constituants varient dans le sens inverse.

Profil d'un sondage de 24 mètres, puissance de la couche 7 mètres

N°	Profondeurs	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
163	17-18 m.	28,10	—	—	—	—
164	18-19 m.	11,47	14,35	2,29	24,37	47,52
165	19-20 m.	13,03	14,30	2,63	24,34	45,70
166	20-21 m.	11,88	14,95	2,64	23,85	46,88
167	21-22 m.	15,89	17,82	2,93	20,95	42,41
168	22-23 m.	26,57	16,95	2,34	16,61	37,53
169	23-24 m.	32,50	15,85	2,04	13,75	35,86

On constate également des variations de qualité lorsqu'on se déplace horizontalement dans la couche.

Analyses d'échantillons prélevés le long d'une galerie de 7 m.

N°	Distances	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
170	0,30	21,99	17,74	2,28	19,96	42,03
171	0,90	26,24	12,01	2,07	18,28	41,40
172	1,20	19,25	12,41	2,33	21,34	44,67
173	2,00	19,36	12,84	2,28	21,21	44,31
174	2,70	17,01	14,88	2,22	22,24	43,65
175	3,10	18,62	10,15	2,23	22,60	46,40
176	3,80	19,52	8,87	2,37	22,57	46,67
177	4,50	27,21	18,31	2,23	16,08	36,17
178	5,50	32,35	9,53	2,33	16,42	39,37
179	6,80	26,72	12,91	2,32	18,22	39,83

Le remaniement de la terra rossa a pu se poursuivre pendant le dépôt de loess, donnant naissance à des nids d'argile rouge à l'intérieur de la formation éolienne. Entre le loess et le niveau bauxitique, il s'intercale par endroit des débris de dolomie, alors qu'ailleurs il y a passage de l'une des formations à l'autre.

D'une façon générale, les gisements recouverts uniquement par du loess, paraissent être souillés par la silice, même dans leur partie profonde et ne renferment pas de bauxite utilisable pour l'industrie de l'aluminium.

Plus au N, dans le bassin à charbon de Kisgyon, la bauxite a été reconnue sous l'Eocène, à plus de 130 m. de profondeur, sur une épaisseur de 1 m.

d) Les gisements d'Iszkaszentgyörgy.

Au S de la région d'Isztimér, entre les villages d'Iszkaszentgyörgy et Fehérvárcsurgo, on a découvert en 1940 deux gisements importants. Ces gisements sur lesquels je ne possédais que des données sommaires ont été décrits par E. VADASZ dans une publication toute récente (212). J'en tire les quelques renseignements que voici.

Il s'agit de deux amas de bauxite importants, recouverts par l'Eocène moyen et supérieur, et séparés par un horst de Trias. Le plus grand des gisements mesure 2 km. de long sur 500 m. de large. La masse de bauxite y est relativement homogène. Dans sa partie supérieure, elle est formée d'un matériel rouge violacé, tandis que dans la partie centrale elle est bigarrée, rouge brun et rouge rose avec des pisolithes entourés de limonite. Par endroit la bauxite devient poreuse et présente des sortes de tubulures remplies de limonite. Au voisinage du toit on observe une stratification rubanée et la bauxite finit par se confondre avec les sédiments éocènes. Les niveaux supérieurs de la couche sont formés par un minerai meuble. On y voit par place des masses de bauxite plus claires, en forme de marmite de 1 m. de hauteur sur 2 m. de diamètre environ, dans lesquelles on trouve des rognons d'alunite, de 1 à 10 cm. de diamètre, dont l'origine est encore obscure. Il semble qu'ici également comme dans de nombreux gisements hongrois, la partie supérieure ait subi un remaniement. On constate qu'à l'analyse les bauxites de ce gisement renferment toutes une certaine proportion de SO_3 variant de 0,2 à 0,5 %, comme nous l'avons constaté pour les bauxites d'Halimba. Ces sulfates semblent provenir de la décomposition des pyrites contenues dans les argiles du toit.

Dans son ensemble, la composition de la bauxite est assez

uniforme. Les parties les plus siliceuses sont situées à la base du gisement. La perte au feu relativement élevée est voisine de 20 % ce qui rapproche ces bauxites de celles d'Halimba.

Analyses de la bauxite d'Iszkaszentgyörgy (d'après E. VADASZ).

N°	Type de bauxite	cm.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	FeS ₂
180	jaune limonit.	10	16,5	17,3	2,3	19,2	44,7	
181	sulfatée	2	4,6	10,2	0,2	32,1	52,9	
182	rouge pisol.	50	11,2	35,1	2,5	17,7	33,5	
183	jaune brun	10	2,7	28,9	1,8	23,5	43,1	
184	rouge viol.	65	3,5	18,9	2,3	24,3	51,0	
185	pyrit. grise		3,9	5,5	2,5	21,4	47,9	18,8

La lacune occupée par ces gisements s'étend du Trias supérieur à l'Eocène moyen, elle est analogue à celle des gisements de Nyirad et d'Halimba. L'époque de formation de ces dépôts peut remonter au Crétacé inférieur et s'être poursuivie jusqu'au sommet du Sénomien, époque durant laquelle se formaient les bauxites de Sümeg.

3. Groupe du Vértés et du Gerecse.

C'est dans le massif du Vértés que nous trouvons les gisements de bauxite les plus importants et les plus anciennement connus de la région transdanubienne : les célèbres gisements de Gant. A côté des gisements de Gant, j'examinerai quelques autres gisements moins importants, situés sur les abords du Vértés ainsi que sur les contreforts méridionaux du massif du Gerecse.

J'ai réuni dans ce groupe les gisements suivants :

- a) les gisements du bassin de Gant,
- b) le gisement de Magyaralmas,
- c) les gisements d'O'Barok et de Tarjan,
- d) la bauxite du bassin de Tatabanya.

a) Les gisements de Gant.

Les gisements de bauxite de Gant sont incontestablement les plus importants de Hongrie; ils ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques.

H. TAEGER (197), dans sa monographie des Monts Vértés, a été le premier en 1908 à décrire ces dépôts, sous le nom de latérite ou de terra rossa qu'il place dans le Miocène. En 1922, K. ROTH DE TELEGD (182) publie en hongrois d'abord, puis en allemand, un travail sur les bauxites de Transdanubie, dans lequel il décrit en particulier les gisements de Gant, étroitement liés aux formations éocènes. Vient ensuite l'étude détaillée

(en langue hongroise) de J. POBOZSNY (175) faite à l'époque où le gisement est déjà en exploitation. Enfin en 1930, E. DITTLER (146) reprend à propos des gisements de Gant les différentes théories de l'origine de la bauxite discutées par les auteurs précédents.

Dans la partie méridonale du Mont Vértés entre les villages de Gant et Csakberény se trouvent plusieurs gisements de bauxite séparés les uns des autres par des barres de Trias et qui ont dû appartenir durant l'Eocène à un horizon unique, légèrement incliné vers le S. A partir du Vértés et vers le NE les gisements de bauxites sont situés sur le versant méridional de la chaîne actuelle. Cette zone particulièrement favorable à la formation des bauxites a été disloquée par des mouvements verticaux dont les plus importants datent du Miocène ancien. Nous sommes ici en bordure du grand fossé de Mor-Bodajk, qui est actuellement encore le siège de séismes fréquents. La dénudation, qui a fait suite à ces mouvements tectoniques, a enlevé la plus grande partie de la couverture tertiaire. L'Eocène et les formations plus anciennes, telles que la bauxite, n'ont pu se conserver que dans les fossés les plus profonds et c'est pourquoi il ne subsiste aujourd'hui de l'ancienne plaine bauxitique, recouverte par l'Eocène moyen, qu'une mosaïque de gisements à différents niveaux, séparés par des horsts dolomitiques (voir profil Fig. 9).

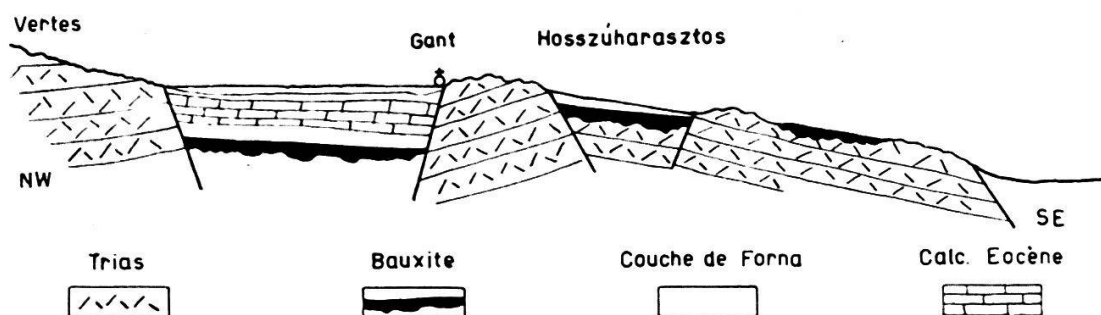


FIG. 9. — Profil schématique du bassin de Gant (d'après POBOZSNY).

On peut donc distinguer dans la chaîne du Vértés deux types de gisements, tous deux liés à des fossés d'effondrement,

1. les gisements qui affleurent à la surface et ne sont recouverts que par un toit peu épais;
2. les gisements profonds, sans affleurement, qui ont été reconnus par des sondages.

Dans le premier groupe nous mentionnerons les gisements superficiels situés au SE de la faille longitudinale de Gant : ce sont les seuls que l'on exploite.

1. Bagoly hegy, sur le versant N. de Mont Granas;
2. Melegecsi, au N. du précédent;
3. Hosszu Haraszt, au S. de Gant.

Dans la partie centrale du Vértés, il existe un gisement superficiel déjà fortement altéré, celui de Pusta Köhanyos.

Les gisements profonds se trouvent dans deux fossés situés au NW de la faille de Gant :

1. le bassin de Gant,
2. le bassin de Csakberény

et dans un fossé situé au S., en bordure du horst isolé de Magyar Almas.

Ces différents gisements occupent une position stratigraphique presque identique. Le mur est partout constitué par la dolomie principale norienne. A côté des irrégularités habituelles dues à la dissolution du carbonate et qui sont assez peu accentuées sur la dolomie, on observe de nombreuses failles dont le rejet diminue ou disparaît dans la bauxite. Dans le bassin de Gant et ses environs, le toit présente certaines variations de faciès, mais correspond dans l'ensemble aux couches de Forna. Il débute par un calcaire marneux gris, bitumineux, renfermant d'abondants débris de *Melania distincta* ZITT; ce calcaire lacustre forme la base des couches de Forna que TAEGER place au sommet de l'Eocène moyen. Il est recouvert par un banc peu épais d'argile, connu sous le nom d'argile de Forna à cause de sa riche faune saumâtre. Ce niveau renferme par place des traces de charbon. Enfin la série de Forna se termine par un calcaire marin à Miliolites bien développé dans le bassin de Gant.

Dans le bassin de Csakberény en revanche, les couches qui forment le toit sont un peu plus anciennes; d'après ROTH DE TELEGD (183) on trouve au-dessus de la bauxite la série suivante, de bas en haut :

- Marnes à *Num. perforatus* et à Mollusques,
- Calcaires à lumachelles,
- Calcaire à Miliolites, de Forna.

L'apparition des marnes à *Num. perforatus* indique donc l'existence d'un golfe lutétien dans la région de Csakberény, tandis que la région de Gant était encore émergée.

La lacune occupée par la bauxite est donc comprise entre le Trias supérieur et la base ou le sommet de l'Eocène moyen; elle est en tout point comparable à celle qu'occupent les gisements du SW du Bakony (Halimba, Nyirad).

La bauxite du Vértés présente la plupart des caractères

qui ont déjà été signalés à propos des autres gisements et en particulier la grande hétérogénéité de structure, de couleur et de composition. Elle s'en distingue par contre par la haute teneur en alumine de certaines variétés. La masse de bauxite apparaît fissurée et disloquée, passant par endroit à une véritable brèche, friable et relativement tendre. La structure des éléments de cette masse bréchique est compacte et homogène :

T. GEDEON (155) et VADASZ (212) ont décrit le passage graduel que l'on observe au sommet de la couche du gisement d'Haraszt. On y voit le profil suivant :

Selon F. GEDEON.

0,44 m.	sol de forêt, humide	0,55 m.	argile bleu gris
2,33 m.	cailloutis et éboulis	0,49 m.	argile grise
1,14 m.	banc calcaire	3,78 m.	argile rouge
2,63 m.	limon jaune	2,16 m.	bauxite rouge.
0,51 m.	argile jaune ocre		

Il est presque impossible de séparer l'argile rouge de la bauxite d'après la couleur. Pour distinguer ces deux roches on se base sur leurs propriétés physiques, en particulier sur l'aspect de la cassure et sur leur comportement dans l'eau.

On observe en outre des parties renfermant une proportion plus ou moins grande de pisolithes. Ceux-ci peuvent être cimentés ou à l'état meuble dans la matrice. C'est le type de bauxite rouge ferrugineux qui prédomine; mais le type jaune est également fréquent et l'on trouve entre ces deux types toute une gamme de teintes : rouge clair, rose violacé, etc.

C'est généralement la partie médiane de la couche qui présente les meilleures qualités. Au-dessus de la dolomie on trouve une mince croûte formée d'oxydes de fer et de manganèse, (limonite, pyrolusite avec un peu de sidérose) puis vient une couche de 1 à 3 mètres, jaune ou rouge brun, passablement siliceuse, passant graduellement ou brusquement à une bauxite rouge clair, alumineuse et pauvre en silice : c'est la couche exploitable; elle est surmontée par une bauxite pisolithique rouge foncé et dure, enfin par une couche bauxitique argileuse, plus ou moins calcaire. Il faut cependant noter que ce schéma théorique ne se vérifie pas partout, soit que la succession soit intervertie, soit qu'il manque l'un des niveaux.

Les plus grandes variations de qualité s'observent surtout dans les parties découvertes du gisement. VADASZ (212) a montré qu'en plusieurs endroits le sommet des gisements a été remanié avant la transgression éocène. Les gisements ont en outre subi des dislocations et même de petits plissements, après le dépôt des sédiments éocènes.

Analyses de quelques bauxites de Gant.

N°	Types	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
186	Hosszuharas 15-17 m.	3,26	18,67	3,52	13,49	61,06
187	» 10-14 m.	6,54	12,16	2,92	14,43	63,95
188	» part. sup.	12,51	16,77	2,75	14,68	53,29
189	Bagoly hegy jaune-rouge sup.	12,41	14,85	3,01	13,89	55,84
190	Bagoly hegy rouge-brun inf.	19,48	13,73	2,27	13,39	51,13

Variations de la composition avec la profondeur (d'après POBOZSNY).

N°	Profondeurs	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
190	0- 1	10-25	15-20	2-2,5	15-18	40-50
191	2- 3	4-10	14-18	2,5-3	15-18	50-55
192	3-14	1-4	10-15	3	14-15	55-65
193	14-15	5-15	8-15	2,5	10-14	50-60

D'une manière générale, les parties siliceuses sont situées au sommet et à la base de la couche. Les bauxites de Gant sont caractérisées par leur haute teneur en alumine et une perte au feu relativement basse. Ce sont parmi les meilleures bauxites du massif central hongrois. Dans certains types cependant, la perte au feu peut s'élever jusqu'à 20 %.

Analyses de différents types (C. Fox).

N°	Types	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
194	Alumineux	1,59	18,10	3,00	17,62	59,69
195	»	3,44	15,77	3,30	15,38	62,11
196	A basse teneur en fer	8,20	10,40	3,10	16,16	62,14
197	A haute teneur en fer	5,17	27,70	4,00	18,91	44,22

L'oxyde de titane varie entre 2-3 % dans les types normaux et a tendance à s'élever avec la teneur en alumine.

b) Le gisement de Magyaralmas.

Ce gisement, découvert en 1942, a été décrit par E. VADASZ dans sa publication récente (212). Au Sud de la localité de Csakbérény, sur le territoire de la commune de Magyaralmas, on a reconnu par des sondages, un gisement de bauxite de 2 à 7 m. de puissance, entièrement entouré d'une couche d'argile. Ce gisement repose sur la dolomie norienne, sous une couverture de 30 à 70 m. de sédiments éocènes. Au centre de la lentille la bauxite atteint une teneur de 55,83 % d'alumine avec 6,7 % de silice. En s'éloignant du centre, on trouve tous les termes de passage d'une bauxite à une argile ferrugineuse. VADASZ voit

dans ce gisement un exemple particulièrement instructif, dans lequel la bauxite dérive d'une roche argileuse (siallite).

La découverte du gisement de Magyaralmas, situé à mi-chemin entre les bassins de Gant et d'Iszkaszentgyörgy, révèle l'existence au Sud du Vértes d'une région particulièrement favorable à l'élaboration de la bauxite. Cette zone à bauxite a été disloquée et fragmentée par les mouvements tectoniques et ce n'est que dans les fossés que la bauxite a pu se conserver à l'abri des sédiments éocènes. Ces quelques exemples nous montrent combien nos connaissances sont encore limitées en ce qui concerne l'extension des gisements transdanubiens. Jusqu'à maintenant, seuls les gisements superficiels ont été exploités. Les gisements tels que celui de Magyaralmas ou ceux des bassins profonds de Gant représentent des réserves pour l'avenir.

c) Les gisements d'O'Barok et de Tarjan.

Au Nord du massif de Vértes et sur les contreforts méridionaux du Gerecse, on connaît un certain nombre de gisements d'importance secondaire. Ceux qui affleurent à la surface ont été profondément altérés et ne présentent aucune valeur économique. Quant aux gisements profonds, ils n'ont été reconnus qu'incidemment par sondage, et l'on ne possède sur eux que des données fragmentaires.

A l'Ouest de Bicske, dans la région de Pusztá O'Barok, on voit à la surface de la dolomie triasique de petits amas de bauxite bréchique qui apparaissent comme les restes d'anciens gisements. Ils sont recouverts par des grès oligocènes, par des dépôts sarmatiens ou par du loess.

Les analyses d'une série d'échantillons provenant d'un sondage ont donné les résultats suivants :

N°	Profondeur	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
198	16,0-17,0	4,98	16,63	2,44	26,55	48,15
199	17,0-18,0	3,72	20,61	2,86	25,26	46,25
200	18,0-19,8	5,62	16,05	2,65	16,05	59,14
201	19,8-20,8	10,68	14,16	2,68	17,96	53,82
202	20,8-24,7	10,69	17,20	2,96	13,17	56,55

On constate la variation habituelle de la silice; diminution jusqu'à la partie médiane de la couche, puis augmentation en direction du mur.

Au N. de Bicske, sur le territoire de la commune de Nagy Németségáza, K. ROTH DE TELEGD a signalé sur la dolomie triasique l'existence de bauxite surmontée par des dépôts de l'Oligocène supérieur ou du Pléistocène. Pour E. VADASZ, il

s'agirait d'un gisement privé de sa couverture éocène par la dénudation intra-oligocène et remanié ultérieurement. On est encore peu renseigné sur la nature de ce gisement. Il semble que la bauxite bréchique et pisolithique qu'il renferme soit liée à des carbonates de fer (sidérose et ankérite) et alterne avec des argiles bauxitiques.

Plus au Nord, en bordure des horsts dolomitiques qui affleurent entre les formations néogènes des environs de Tarjan, on retrouve en maints endroits des amas de terra rossa, renfermant des traces de bauxite. Ces dépôts dont la puissance est d'une quinzaine de mètres reposent toujours sur la dolomie norienne et sont recouverts soit par de l'Eocène, soit par du loess. Leur composition est analogue à celle des gisements d'Isztimer.

L'échantillon de Tarjan le plus riche en alumine que j'aie prélevé répond à l'analyse suivante :

No	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
203	Bauxite rouge	12,48	19,45	2,61	13,27	51,79

Les travaux sont encore trop peu avancés dans cette région pour se prononcer sur la valeur de ces gisements.

d) *La bauxite du bassin de Tatabanya.*

On estimait, il y a quelques années encore, qu'il n'existait pas de bauxite sous les bassins à charbon éocènes de Tatabanya et d'Esztergom; K. ROTH DE TELEGD pensait même que le charbon et la bauxite pouvaient être deux formations hétéropiques qui s'excluaient réciproquement. Depuis lors, on a découvert à la base des couches à charbon de l'Eocène inférieur de Tatabanya, de la bauxite, apparaissant même en certains points à deux horizons différents. Ces découvertes récentes, faites par des sondages, ont été décrites par E. VADASZ (212). Voici d'après cet auteur la succession (simplifiée) des couches rencontrées à Mesterberek, par l'un des sondages (N° 524) :

à partir de 306 m. de profondeur :

1. argile gris foncé	0,2 m.
2. calcaire dolomitique lacustre	3,3 m.
3. argile bigarrée	0,6 m.
4. <i>bauxite</i>	11,7 m.
5. argile à mollusques, bigarrée, avec débris de bauxite	6,9 m.
6. argile grise et rouge, avec débris de dolomie	2,2 m.
7. argile à mollusques brun rouge	1,3 m.
8. brèche dolomitique à grain fin	1,5 m.
9. argile bauxitique jaunâtre et débris de dolomie	1,7 m.
10. <i>bauxite</i>	2,1 m.
11. dolomie du Trias	

Dans les couches 5 à 7, on a trouvé des fossiles de l'Eocène inférieur. Le matériel qui constitue la couche 4, désigné sous le nom de bauxite, est en réalité formé par des débris de bauxite remaniés, et bien que présentant la composition d'une bauxite normale, il ne constitue pas un gisement primaire. Comme on le voit ce matériel repose sur de l'argile et non pas comme dans les gisements normaux sur du calcaire ou de la dolomie corrodée. En revanche, le niveau 10 représente l'horizon à bauxite primaire, reposant ici sur la dolomie à plus de 330 m. de profondeur, et à la base de l'Eocène inférieur.

Les différents résultats de ces sondages indiquent clairement que la bauxite existait déjà sur l'emplacement où se déposeront les puissantes couches de lignite de l'Eocène inférieur.

Analyses des bauxites de Mesterberek (Tatabanya) d'après E. VADASZ.

N ^o	Sond.	Cche.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
204	524	4	3,80	27,20	—	3,00	16,00	50,00
205	»	5	0,86	23,10	—	2,70	15,54	57,80
206	»	10*	2,80	26,50	—	3,50	11,90	55,30
207	»	10**	0,90	18,80	—	4,00	13,40	62,80
208	533		3,18	25,90	—	3,75	17,46	49,71

Il est intéressant de noter que le matériel remanié des niveaux 4 et 5 présente une perte au feu plus élevée que la bauxite primaire du niveau 10. D'après ces quelques analyses, on voit qu'il s'agit d'une bauxite comparable à celle de Gant.

On peut encore signaler l'existence de dépôts de terra rossa situés à l'Ouest de Budapest. S'ils ne possèdent aucune valeur économique, ils n'en sont pas moins intéressants en tant que témoins de l'extension vers l'Est de la zone bauxitique. Il s'agit du gisement de Zugliget, situé au N. de Budakeszi. On trouve ici sur le rocher d'Apathy, entre la dolomie norienne et le Priabonien, représenté par un conglomérat calcaire à Nummulites et Orthophragmines, des restes de bauxite occupant une lacune plus grande que dans le Vértes.

Le mur est formé d'une dolomie jaune, friable et poreuse, devenant par endroit pulvérulente. C'est dans ces parties altérées que KUTASSY (164) a découvert une faune d'Ammonites carniennes. On attribue l'altération de cette dolomie à des actions hydrothermales. Dans quelques-unes des cavités de cette formation, on trouve sous la couverture des conglomérats éocènes des amas de roche bauxitique, rouge, avec quelques variétés violettes, jaunes ou blanches. Dans les conglomérats du toit, on observe des intercalations d'un tuf éruptif (rhyolite à plagioclases), qui n'ont aucune relation avec la

bauxite; enfin le loess recouvre indistinctement la dolomie et l'éocène.

F. PAPP (174) donne de cette roche les analyses suivantes :

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	P. F.	Al ₂ O ₃
209	blanc	49,32	0,88	0,95	0,22	0,20	13,06	35,30
210	jaune	48,18	3,82	1,05	0,16	0,22	12,64	34,03
211	rouge	35,86	13,73	1,88			12,25	36,28

La dolomie du mur est colorée en jaune ou en rose; sa stratification n'est pas visible.

Dans le massif de Buda-Kovacs, ROSLOZSNIK (189) signale à la base de la série éocène supérieure, sur la dolomie triasique, une couche d'argile bauxitique rouge devenant jaune à la base et dont il donne l'analyse suivante :

N°		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃
212	Argile bauxitique de Nagykovacs	28,18	16,98	1,75	12,88	45,21

Bien qu'il ne s'agisse pas dans le cas particulier de bauxite proprement dite, nous sommes toujours en présence de l'horizon bauxitique transdanubien.

4. Groupe Nord-Est du Danube.

Au NE du coude du Danube, dans la partie méridionale du massif miocène du Cserhat, affleurent trois petits horsts mésozoïques décrits par VADASZ (209) et dont les faciès rappellent ceux de la chaîne transdanubienne.

Dans le horst situé entre Czövar et Nézsa, se retrouvent le Carnien et le Norien typiques des environs de Budapest surmontés par l'Eocène supérieur (à *Nummulites striatus* ORB. et *N. planulatus* ORB.) et par des grès et argiles oligocènes.

A l'W du village de Nézsa, au pied du Szelehegy (267 m.) affleurent des débris de bauxite pisolithique.

Cette bauxite provient d'un gisement, reconnu par des sondages, et situé dans un vallon tectonique compris entre deux blocs triasiques. Elle repose sur le calcaire du Dachstein norien et son toit est formé par des grès oligocènes et par des cailloutis et des sables pleistocènes. M. VENDL (214) attribue ce gisement au Crétacé inférieur, par analogie avec les gisements du Bakony. Au voisinage de la surface, la couche de bauxite présente le profil suivant :

- 1 m. d'humus et de terre végétale
- 1 - 6 m. argile bauxitique rouge
- 6 - 7,5 m. bauxite

7,5-11 m. bauxite argileuse, 10-12 % SiO_2 , 35 % Al_2O_3
 11-18 m. argile jaune et blanche, 35 % SiO_2 , 30 % Al_2O_3 ,
 calcaire du Dachstein.

La bauxite a l'aspect bréchique de la plupart des gisements transdanubiens, elle est fortement colorée en rouge par l'hématite qui forme une poudre à la surface des échantillons. Dans l'ensemble, à côté de quelques amas d'excellente qualité, le minerai est plutôt siliceux, ainsi que le montrent les analyses suivantes :

Analyse de deux échantillons types.

N°	Type	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	P. F.	Al_2O_3	MnO
213	B. rouge	1,60	23,93	2,76	12,60	58,83	0,28
214	B. siliceuse	12,30	20,69	2,37	12,62	51,84	0,18

Au voisinage de la bauxite on trouve dans les fissures du Trias des grès et des brèches de quartz, à ciment d'hématite que L. DE LOCZY et P. ROZLOZSNIK attribuent aux grès d'Harshegy oligocènes. Leur origine serait due à des sources thermales siliceuses, fréquentes à l'Oligocène. L'existence de cet horizon à bauxite à l'est du coude du Danube implique le prolongement dans cette direction d'une terre émergée entre le Jurassique et l'Eocène. Il convient cependant de signaler que les bauxites de Nézsa, qui à première vue ont un aspect et une composition chimique analogues à celles du Bakony ou du Vértes, en diffèrent totalement au point de vue minéralogique. L'analyse aux rayons X que nous avons faite sur un échantillon révèle en effet que le constituant principal est le diaspore. Cette même observation a été faite par NARAY-SZABO et NEUGEBAUER (250). Le gisement de Nézsa, avec sa bauxite à diaspore se distingue des autres gisements hongrois qui, ainsi que nous le verrons, ne renferment que des bauxites à boehmite ou à gibbsite. La présence du diaspore apparente les bauxites de Nézsa à celles de Roumanie et de Grèce et cependant, par leur position stratigraphique et leur aspect macroscopique elles semblent former la continuation des bauxites transdanubiennes. C'est pour cette raison que la bauxite de Nézsa, qui par ailleurs est sans grande valeur économique, offre un grand intérêt au point de vue géologique.

C'est le dernier gisement que l'on connaisse dans cette direction sur la zone que nous avons désignée sous le nom de Massif central hongrois. Il faut franchir tout le bassin pannonique pour retrouver à l'est, dans les contreforts occidentaux des Monts Bihar, des gisements de bauxite liés à des

formations calcaires. Nous trouvons là un autre type de bauxite, apparenté aux bauxites de Grèce. Ce sont comme à Nézsza des bauxites à diaspore, mais elles s'en distinguent par leur grande dureté et sont comprises ici entre le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur. Elles sortent du cadre de cette étude (voir bibliographie 39, 58, 64).

5. *Les bauxites de Harsany.*

Avant de terminer cette description, je mentionnerai encore un petit groupe de gisements, qui apparaît isolé, au centre du bassin pannonique, et qu'il est difficile de rattacher aux types précédents. Il s'agit des bauxites du massif de Villany, situé non loin du confluent de la Drave avec le Danube, au Sud de la ville de Pécs (Fünfkirchen).

Les collines de Villany ont fait l'objet d'une étude géologique détaillée de la part de L. DE LOCZY, *jun.* (170) à la suite des anciens travaux de K. HOFFMANN. Elles sont formées d'une série autochtone fortement disloquée par des failles, et dans laquelle on distingue la série stratigraphique suivante (L. DE LOCZY) :

- Pléistocène : brèche à ossements, loess
- Pliocène sup. : brèche inférieure à ossements, argile rouge
- Miocène et Pliocène : grès pontiens
- Crétacé inf. : calcaire clair à Requiénies
calcaire sombre à Requiénies
- Malm : calcaire à *Diceras*
calcaire gris
calcaire blanc à *Rhynchonella arolica* (Argovien-Oxfordien)
- Dogger : couche à *Rheineckia Greppini*
couches à Ammonites calloviennes
brèche à Echinodermes
- Trias : marnes dolomitiques à Lingules
Muschelkalk, dolomie supérieure
calcaire du type Recoaro
Muschelkalk, dolomie inférieure.

Nous ne nous occuperons ici que du horst méridional de ce groupe montagneux, le Mont Harsany, qui domine de 340 m. la plaine quaternaire environnante.

Les gisements de bauxite du Mont Harsany ont été étudiés par K. ROTH DE TELEGD (184) et plus particulièrement par Gy. RAKUSZ (178). J'ai eu l'occasion de visiter ces gisements en 1938, alors que l'exploitation en avait été bien développée.

Le Mont Harsany est formé par des calcaires jurassiques et crétacés fortement redressés et plongeant de 52 à 65° vers le SW. Le Malm, qui forme le sommet de la colline est très pauvre

en fossiles. On y distingue deux horizons : un calcaire gris foncé à la base et un calcaire blanc, peu épais, au sommet, renfermant quelques *Diceras*. C'est ce calcaire blanc du Malm qui forme le mur de la bauxite.

Son toit est constitué par une nouvelle série de calcaires sombres et compacts, renfermant quelques Foraminifères (*Valetia*), que L. DE LOCZY range dans le Crétacé inférieur. Au voisinage immédiat de la bauxite, le calcaire présente une teinte rougeâtre et renferme des débris de bauxite indiquant un remaniement de la surface des dépôts lors de la transgression. Certaines régions du toit sont formées de marnes feuilletées et d'oolithes calcaires rappelant des formations d'eau douce.

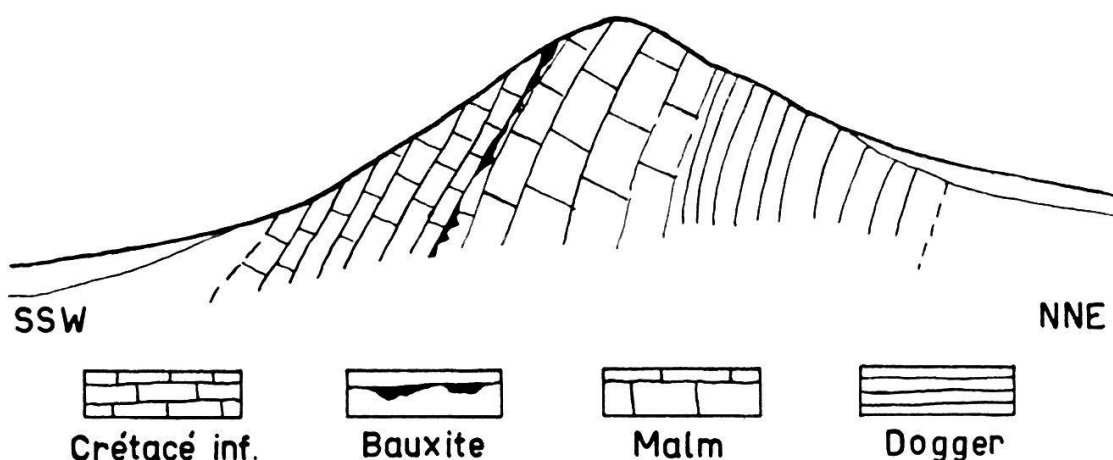


FIG. 10. — Profil du Mont Harsany (d'après RAKUSZ).

La bauxite ne forme pas une couche continue, mais remplit des cavités plus ou moins grandes à la surface du Malm. Il s'agit donc d'un niveau à bauxite et non pas d'une véritable couche. A l'affleurement les gisements s'égrènent en chapelet le long du contact Jurassique-Crétacé sur le versant Sud du Mont Harsany. Le toit crétacé repose sur la bauxite par une surface plane. On observe quelques failles transversales ou décrochements peu importants, ayant disloqué la ligne d'affleurement. Sur une longueur de près de 2 km. s'échelonnent une quinzaine de poches de bauxite de dimensions très réduites : 20 mètres de longueur sur 5 mètres de puissance en moyenne.

Ces gisements diffèrent totalement de ceux que nous avons rencontrés dans le massif central hongrois ; ils présentent plutôt par leur position inclinée sur un versant nu, une certaine analogie avec les gisements des bords de l'Adriatique. Au point de vue stratigraphique, par contre, ils se placent au même niveau que les gisements des Monts Bihar situés plus à l'Est, sur territoire roumain. O. PAULS (58).

La bauxite du Mont Harsany est de couleur rouge clair, jaune ou brun, de structure pisolithique. C'est un minerai très dur comparé aux bauxites transdanubiennes. Dans les parties peu épaisses des poches, la bauxite fait place à une argile compacte, de teinte rosée.

Dans les gros amas, les variétés de bauxite jaune se trouvent au voisinage du mur et du toit; dans les amas qui ne dépassent pas 1 m. d'épaisseur, elles constituent la totalité de la masse. La bauxite rouge n'apparaît qu'au centre des gros amas. On trouve ici, comme dans la plupart des gisements, de grandes variations dans la teneur en silice, ainsi qu'on le voit dans le tableau d'analyses ci-dessous :

N°	Types	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	CaO
215	B. pisolit. rouge brun	4,82	17,17	2,09	13,16	61,16	
216	B. pisol. rouge	3,57	26,12	3,02	11,42	55,87	
217	B. »	6,14	25,67	3,14	11,48	53,57	
218	B. jaune (toit mur)	5,16	16,35	3,65	13,58	61,26	
219	B. jaune	6,28	8,33	3,54	14,26	67,59	
220	B. gris rose zone externe	12,82	4,65	3,29	14,15	65,09	
221	B. siliceuse	16,90	5,63	3,26	14,11	60,10	1,00
222	B. » rose	32,30	1,81	2,51	13,64	48,74	

6. Résumé.

Les bauxites du Massif central hongrois constituent d'importants amas, généralement noyés dans une couche de terra rossa qui occupe de grandes étendues sous les terrains éocènes. Ces amas s'échelonnent sur les pentes NW du Bakony, entre Sümeg et Bodajk, et prennent une extension considérable au N de Székesfehérvár, en bordure des massifs du Bakony et du Vértes. On en trouve dans le NE du Vértes et sur les contreforts méridionaux du Gerecse. Récemment, on constatait l'existence de bauxite à la base des couches à charbon du bassin de Tatabánya. On connaît encore quelques amas de roches apparentées aux bauxites, à l'ouest de Budapest. A l'est du coude du Danube on n'a découvert jusqu'à maintenant qu'un seul gisement, celui de Nézsa. Il occupe une position stratigraphique assez analogue à celle des gisements transdanubiens, mais s'en distingue par la nature de sa bauxite (bauxite à diaspore).

La plupart des gisements hongrois renferment un minerai bréchique et meuble, indiquant des remaniements : tassements, déplacements latéraux, dislocations tectoniques. Ces remaniements ont plusieurs causes; ils sont dus soit à l'abrasion par les eaux transgressives, soit aux multiples agents de l'érosion continentale, dont l'action a pu se faire sentir pendant les

longues périodes d'émersion, soit enfin à des mouvements tectoniques postérieurs à la formation des bauxites. L'aspect des grands amas transdanubiens diffère sensiblement de celui des gisements dinariques. Il faut aller en Hongrie méridionale, dans le massif de Villany, pour retrouver des gisements en forme de poche, disséminés sur une surface calcaire, et rappelant les gisements du karst yougoslave. Ces bauxites n'ont pas subi des remaniements comparables à ceux du Massif central hongrois.

En ce qui concerne leur âge, les bauxites transdanubiennes occupent différentes lacunes de sédimentation. D'après les données les plus récentes, il semble que l'on puisse les ramener à deux périodes de formation distinctes :

- une période ancienne, au Crétacé inférieur (Barrémien),
- une période récente, à la limite du Crétacé et de l'Eocène inf.

Les seuls gisements que l'on ait pu dater avec une certaine précision sont ceux de Sümeg, dont le mur est sénonien et le toit probablement éocène et celui d'Alsopere, qui repose sur le Trias supérieur et dont le toit est Aptien. Tous les autres gisements occupent une lacune de plus longue durée, de sorte que l'époque de leur formation reste indéterminée. A voir les masses considérables dont ils sont formés, on est tenté de situer leur origine à une époque déjà ancienne, c'est-à-dire au Barrémien. Au Crétacé moyen, de toute la zone calcaire où se forme la bauxite, seule la région d'Alsopere est atteinte par la transgression aptienne : au Turonien c'est le bassin d'Ajka qui se comble de sédiments saumâtres puis marins. A la fin du Crétacé, il se forme un nouvel horizon à bauxite sur le calcaire à Hippurites de Sümeg. Il est difficile de dire jusqu'à quel point la bauxite élaborée antérieurement a contribué à la formation de ces gisements. Au début de l'Eocène la transgression nummulitique envahit tout d'abord le bassin de Tatabanya où elle recouvre de la bauxite ; puis c'est au tour des autres gisements d'être atteints par la mer. Ils sont en effet pour la plupart recouverts par les sédiments de l'Eocène moyen (Gant, Iszkaszentgyörgy, Halimba, Nyirad). Quant aux gisements dont le toit est plus récent (O'Barok, Isztimer, Nézsá, etc.) il semble que leur toit éocène primitif ait été enlevé ultérieurement par l'érosion, soit durant la période de dénudation intra-oligocène, soit au Miocène.

Durant la longue période d'émersion qui, pour certains gisements s'étend du Crétacé inférieur à l'Eocène moyen, le minerai accumulé dans les dépressions de l'ancienne surface karstique, a eu le temps d'être lentement déplacé, tassé ou disloqué, en un mot remanié et c'est ainsi qu'il se présente aujourd'hui sous la forme de grands amas hétérogènes, à structure bréchique, sous un toit généralement régulier.

BAUXITES DU MASSIF CENTRAL HONGROIS

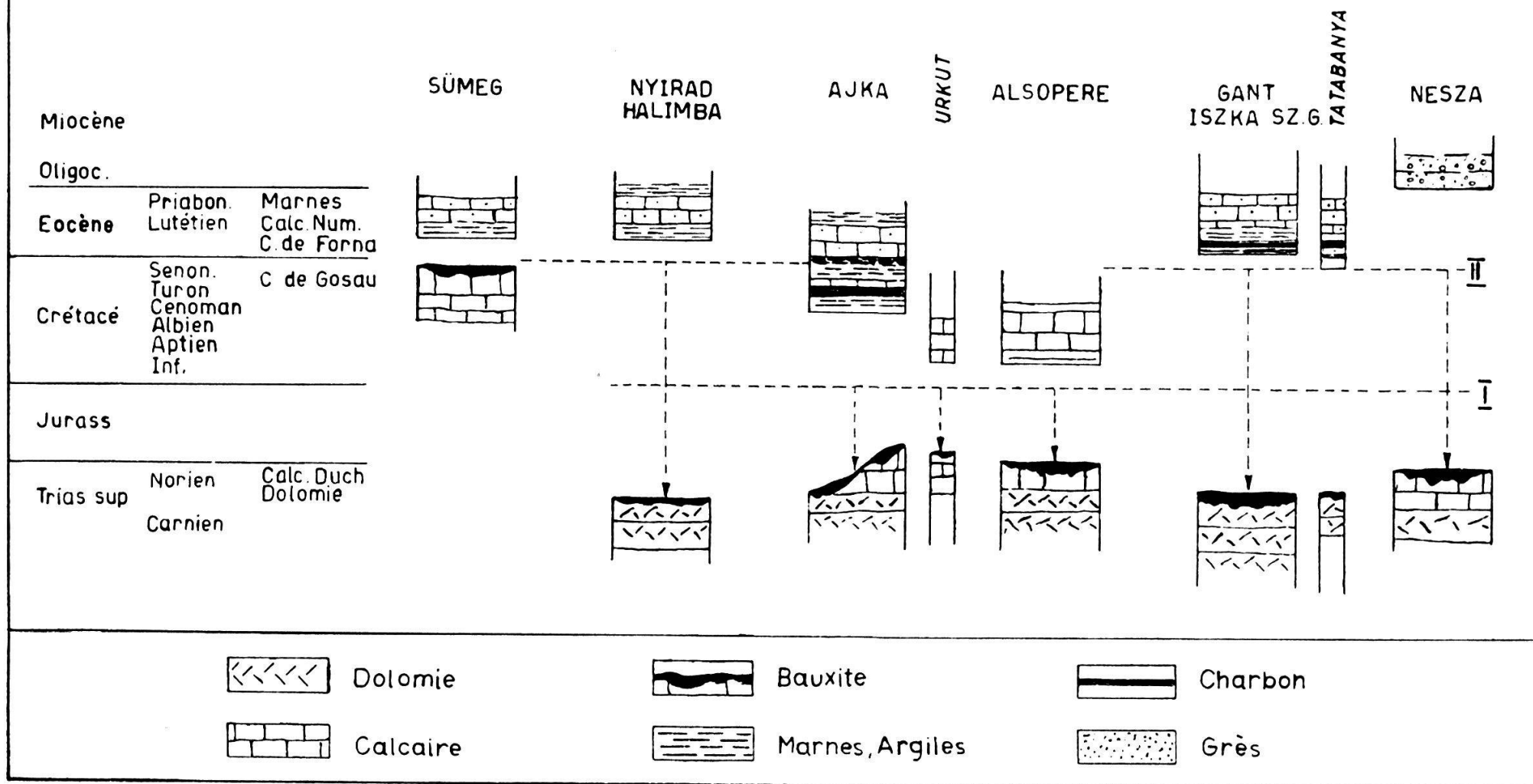


FIG. 11.

QUATRIÈME PARTIE

RELATION ENTRE LA BAUXITE, LES MINERAIS DE MANGANESE ET LE CHARBON

1. *Minerai de manganèse.*

La plupart des bauxites de la province dinarique et du massif central hongrois renferment une faible proportion d'oxyde de manganèse comprise entre 0,01 et 0,50 %, ainsi que nous l'avons vu dans de nombreuses analyses. Cet oxyde forme fréquemment des enduits noirs sur les surfaces de clivage et le long des diaclases. Certains gisements en contiennent cependant des proportions plus élevées, tel par exemple, le gisement de Domonovic en Herzégovine (Pl. II) décrit par KATZER (94). Dans ce gisement la bauxite est recouverte d'une couche manganifère de 10 à 25 cm. de puissance. A la base du gisement, on retrouve des imprégnations irrégulières d'oxyde de manganèse qui pénètrent plus ou moins profondément dans le calcaire à Alvéolines du mur.

La couche manganifère supérieure présente un aspect scoriacé gris et noir et possède une structure rubannée. Elle est formée de carbonate de manganèse plus ou moins bréchique. Le niveau inférieur beaucoup plus irrégulier possède une structure identique, mais on y trouve en outre des veines siliceuses rouges ou brunes rappelant le jaspe. Pour KATZER, la formation du minerai de manganèse est postérieure à celle de la bauxite et semble due à l'action de solutions manganifères d'origine métasomatique.

Dans le Bakony, à côté des bauxites manganifères, on trouve deux gisements de minerai de manganèse, qui occupent une position assez analogue à celle de la bauxite, ce sont le gisement d'Urkut et celui d'Eplény, qui tous deux renferment une argile avec des fragments et des concrétions arrondies de polyanite mêlées à une masse de psilomélane. Le calcaire du Lias sur lequel repose le minerai est imprégné de minerai de manganèse. A la base du gisement, le minerai est associé à une masse quartzeuse noire. Dans certaines géodes, on trouve une calcédoine blanche ou bleuâtre.

A Urkut, le gisement repose sur un mur corrodé, formé par le Lias inférieur calcaire; il est surmonté par une mince couche de charbon et par des argiles bigarrées de l'Eocène moyen.

A Eplény, la succession normale des couches a été bouleversée par un petit chevauchement. Le minerai qui repose sur le calcaire à Brachiopodes du Lias inférieur, est recouvert en discordance par une brèche de dislocation puis par le Lias moyen et supérieur. Mais ces formations ne représentent pas le véritable toit de la couche. Le toit normal paraît être formé par l'Eocène qui occupe le centre du bassin d'Eplény et qui constitue probablement aussi le toit des gisements de bauxite situés plus au Sud. FÖLDVARI (151) qui a étudié les gisements de manganèse admet qu'ils se sont formés pendant la période continentale crétacée et qu'ils résultent de solutions minéralisées provenant de l'altération des calcaires jurassiques, solutions qui se sont concentrées dans certaines dépressions marécageuses et ont précipité sous l'action de certaines bactéries (Eisenbakterien). Les minerais de manganèse du Bakony représenteraient un faciès hétérotypique de la bauxite.

2. Bassins à charbon.

Nombreux sont les gisements de bauxite surmontés par des couches à charbon et il n'est pas rare de trouver de la bauxite au voisinage ou à la base de certains bassins à charbon, exploités. C'est ainsi que l'on exploite le charbon à côté de la bauxite à Carpano en Istrie, au Mont Promina en Dalmatie (Kalun); ailleurs, on a retrouvé la bauxite à la base des formations de charbon : à Ajka dans le Bakony et à Tatabanya dans le Vértes.

HARRASSOWITZ a déjà signalé cette relation entre le charbon et la latérite (30). Il l'attribue à l'analogie des conditions favorables à la formation des deux substances. Dans les parties basses d'un rivage latéritique, il peut se former des tourbières, où la conservation de l'humus est favorisée par la faible perméabilité de l'horizon latéritique et sa pauvreté en bases. On connaît aujourd'hui des tourbières tropicales, situées dans la zone à climat périodiquement sec et humide, pouvant donc être totalement asséchées. HARRASSOWITZ estime donc que la présence d'une tourbière n'implique pas nécessairement l'existence d'un climat constamment humide.

Dans les gisements d'Europe centrale, lorsqu'il existe un niveau à charbon en relation avec la bauxite, il se trouve toujours au-dessus de celle-ci, jamais à sa base ou intercalé dans la bauxite. Les couches à charbon sont généralement comprises entre des couches d'argile et le passage de la bauxite à l'argile se fait par des termes de plus en plus siliceux ou par l'intermédiaire d'un horizon de bauxite remaniée.

En Istrie, il semble que le bassin à charbon de Carpano ne recouvre pas l'horizon à bauxite, mais lui soit adjacent. Dans le bassin de Tatabanya et dans le Bakony méridional, où la bauxite est réellement recouverte par un horizon à charbon, assez mince, souvent remplacé par une argile noire, bitumineuse, il s'agit d'une formation postérieure à la bauxite ayant précédé la transgression lutétienne et qui ne semble pas avoir eu d'influence sur la bauxite. HARRASSOWITZ admet que la superposition de charbon à la bauxite provoque dans cette dernière des modifications diverses telles que la décoloration, la déferrification et l'élimination de l'alumine qu'il désigne sous le nom de dégradation. Mais l'exemple d'Halimba, dont il donne le profil n'est pas particulièrement démonstratif; en effet la couche d'argile jaune comprise entre le niveau à charbon et la bauxite proprement dite est, comme l'a montré VADASZ (211), non pas une bauxite dégradée mais plutôt un sédiment saumâtre d'origine bauxitique renfermant des Ostracodes et des Miliolites. Le gisement de Péreille dans l'Ariège, décrit par J. DE LAPPARENT (45) est surmonté par un complexe de teinte gris-noirâtre qui forme le passage entre des bauxites grises et des argiles ligniteuses et pisolithiques. Les bauxites grises représenteraient la zone dégradée. C'est dans cette zone que J. DE LAPPARENT a découvert des amas de cristaux de boëhmite, déterminables au microscope. Mais, le milieu humique qui semble être propice à la cristallisation des éléments de la bauxite arrête par son acidité l'élimination de la silice et tend à la longue par la dissolution des oxydes de fer et d'alumine, à reconstituer des argiles.

Ces deux formations continentales que représentent le charbon et la bauxite correspondent à des zones climatiques différentes et s'excluent l'une l'autre. La latérite alumineuse des régions tropicales actuelles, qui est la roche se rapprochant le plus de la bauxite est caractéristique des régions à température élevée où l'humidité est suffisante pour léviger périodiquement le sol, mais insuffisante pour qu'il se forme de l'humus; c'est le caractère propre aux savanes. La formation de charbon nécessite un climat différent. C'est pourquoi les couches à charbon en relation avec la bauxite ne lui sont généralement pas contemporaines, elles marquent la fin de la période favorable à l'élimination de la silice; aussi les plantes qu'on y trouve ne peuvent-elles servir qu'à nous indiquer l'ordre de grandeur de la température et le degré d'humidité qui régnaient longtemps après la bauxitisation.

DEUXIEME SECTION

ETUDES AU LABORATOIRE

PREMIERE PARTIE

LES CONSTITUANTS DE LA BAUXITE

CHAPITRE PREMIER : CLASSIFICATION

Nombreux sont les critères que l'on peut invoquer pour établir une classification des différentes bauxites. On peut en effet considérer la structure ou la texture de la roche, sa couleur, sa composition chimique, son origine. On emploie aujourd'hui deux termes pour désigner les roches formées d'hydrates d'alumine : celui de bauxite et celui de latérite.

Sans vouloir aborder ici l'ancienne polémique sur la définition de ces termes, je me bornerai à rappeler quelques essais récents de classification.

CYRIL FOX, l'un des meilleurs connaisseurs de la latérite des Indes et auteur d'un ouvrage classique sur la bauxite (25), classe les roches à hydrates d'aluminium, selon leur origine, en bauxites du type terra rossa (associées aux calcaires) et en bauxites du type latérite (associées aux roches éruptives). Dans la seconde édition de son ouvrage « Bauxite and Aluminous Laterite », il propose de réserver le nom de bauxite aux hydrates d'alumine liés aux calcaires (type européen) et celui de latérite alumineuse pour les hydrates d'alumine dérivés de roches éruptives (type tropical), se conformant en cela à la subdivision adoptée par M. HARRASSOWITZ (31) dans son ouvrage « Laterit ». Ce dernier, à la suite de l'étude des bauxites du Vogelsberg, dans la Hesse, et en s'inspirant des remarquables travaux de LACROIX (41) a créé pour ce type de roche une terminologie nouvelle. C'est ainsi qu'il distingue la *siallite* : roche formée essentiellement de silicate d'alumine hydraté, de l'allite : roche formée essentiellement d'hydrate d'alumine. Parmi les siallites, il range la *kaolinite* (roche formée de kaolin) et l'*allophanite* (roche formée d'allophane ou silicate d'alumine hydraté, colloïdal). Les allites comprennent d'une part la *bauxite* (roche formée essentiellement de mono-hydrate d'alumine colloïdal), d'autre

part, la *latérite proprement dite* (roche formée essentiellement de trihydrate d'alumine cristallin).

On peut, d'après ces données, établir pour ce type de roche d'altération le schéma suivant :

Groupes	Roches	Minéraux essentiels
Groupe silico-alumineux SIALLITES	<i>Kaolinite</i>	KAOLIN (cristallin)
	<i>Allophanite</i>	ALLOPHANE (colloïdal)
Groupe alumineux ALLITES	<i>Latérite</i> (Trihydrallite)	TRIHYDRATE (cristallin)
	<i>Bauxite</i> (Monohydrallite)	MONOHYDRATE (colloïdal)

Classification d'HARRASSOWITZ.

Ayant posé ces définitions, HARRASSOWITZ considère que le minéral d'aluminium lié au calcaire (type français), correspond à la *bauxite*, tandis que les minerais liés aux roches éruptives (type tropical) sont l'équivalent des *latérites*.

Nous verrons dans la suite que cette classification minéralogique ne correspond pas entièrement à la réalité, et qu'il faut lui substituer un cadre moins rigide.

La latérite définie par BUCHANAN (17) correspond à une siallite et n'est pas identique à la latérite définie par M. BAUER (4) roche essentiellement alumineuse. Mais quelle que soit leur composition chimique, les latérites décrites par BUCHANAN, BAUER, LACROIX, dérivent directement d'une roche éruptive quelconque : basalte, diabase, syénite néphélinique, granite, etc. ou d'une roche cristallophyllienne : gneiss, micaschiste, etc.

La bauxite liée au calcaire, dériverait par hypothèse de l'argile de décalcification plus ou moins modifiée, ou terra rossa des régions karstiques. Mais, tandis que dans les régions tropicales actuelles on observe tous les termes de passage entre la roche éruptive et la latérite, dans les régions calcaires on ne voit nulle part la transformation actuelle d'une argile de décalcification en bauxite proprement dite. C'est en cela que réside le caractère hypothétique de l'origine de la bauxite, et c'est la raison pour laquelle on voit de temps en temps réapparaître l'ancienne hypothèse d'une origine éruptive des dépôts de bauxite d'Europe.

Récemment encore, E. VADASZ (212) se fondant sur le fait que la latérite décrite par BUCHANAN correspond à une roche silicatée, de type argileux, formée sur place par altération tropicale, proposait de réserver le nom de latérite au type de roche ainsi défini, tandis qu'il donnait le nom de bauxite aux roches formées d'hydrate d'alumine, remaniées et dérivées, par divers processus chimiques, d'une latérite ou d'une argile. Ce point de vue est adopté par un grand nombre d'auteurs et en particulier dans le langage commercial. Il ne se justifie pas étant donné qu'il modifie le sens usuel du terme de latérite, tel que l'ont défini ceux qui l'ont fait connaître (FERMOR, BAUER, LACROIX, HARRASSOWITZ, etc.) et qui implique un enrichissement en hydrate d'alumine et en oxyde de fer.

Je ne reviens pas ici sur les définitions proposées par J.-H. HELLMERS (38), qui n'ont guère contribué à simplifier la question. Elles sont d'ailleurs plutôt destinées à des pédologues qu'à des géologues.

HARRASSOWITZ remarque que les latérites sont plus riches en eau que les bauxites. C'est un fait que les latérites alumineuses formées sur les roches éruptives sont caractérisées par une haute teneur en eau de constitution; mais il n'est pas rare de rencontrer parmi les bauxites formées sur les calcaires de la Province dinarique ou du Massif central hongrois, des types dont la teneur en eau de constitution est en tout point comparable à celle des latérites, ainsi que le montre le tableau suivant :

Perte au feu de quelques latérites et bauxites.

<i>LATERITE</i>	<i>Perte au feu</i>	<i>BAUXITE</i>	<i>Perte au feu</i>
Bintan (Indes holland.)	28 % - 30 %	Kalua (Dalmatie)	22 % - 28 %
Indes anglaises	25 % - 30 %	Halimba (Hongrie)	18 % - 30 %
Côte d'Or (Afrique)	22 % - 31 %	Iszkaszentgyörgy (H.)	20 % - 30 %
Guyane angl.	26 % - 32 %	Wochein (Alp. Jul.)	20 % - 27 %
Vogelsberg (Hesse)	24 % - 28 %	Camparoux (France)	16 % - 19 %

Dans le mémoire qu'il a consacré aux bauxites de la France méridionale, J. DE LAPPARENT (45) a montré également qu'il n'existe pas de différences pétrographiques essentielles entre la latérite actuelle des pays tropicaux et la bauxite fossile française. Par contre, il existe des différences entre la matière génératrice de la latérite et celle de la bauxite. C'est la raison pour laquelle nous maintenons une distinction entre ces deux roches. Cette distinction ne se fonde pas sur la composition chimique ou minéralogique, mais plutôt sur l'origine. Nous reprenons en cela le principe de classification adopté par C. Fox (25).

Nous subdivisons les roches d'altération riches en hydrates d'alumine en deux groupes principaux, selon le type de roche dont elles proviennent :

1. *Bauxites de terra rossa*, ou bauxites proprement dites reposant sur les roches carbonatées.

2. *Bauxites latéritiques*, reposant généralement sur des roches cristallines.

Les *bauxites de terra rossa* comprennent les roches alumineuses dérivées des argiles de décalcification. Elles ne se trouvent qu'à l'état fossile et sont surtout répandues dans les massifs calcaires ou dolomitiques des bords de la Méditerranée et du Bassin pannonique; mais elles existent également dans l'Oural, le Turkestan russe, aux Indes (Jammu), dans le Yunnan (Kweichow), dans les Appalaches (E.-U.). Elles sont caractérisées par l'un des trois hydrates d'alumine connus : la gibbsite, la boëhmite ou le diaspore ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Les *bauxites latéritiques* comprennent la partie alumineuse des latérites et sont en général dérivées de roches éruptives ou de roches cristallophylliennes. Elles sont surtout répandues dans les régions tropicales actuelles (Guyane, Guinée, Côte d'Or, Indes anglaises et hollandaises, etc.), mais se rencontrent aussi à l'état fossile sous nos latitudes (Irlande, Hesse, Massif central français, Bohême, etc.). Elles sont généralement caractérisées par la prédominance de la gibbsite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Bauxite de terra rossa et bauxite latéritique que l'on peut grouper sous le nom d'allite, se forment toutes deux par altération sous un climat tropical où alternent les périodes sèches et humides.

Certaines allites semblent provenir de sédiments argileux ou gréseux, telles les «bauxites» de Tichwin par exemple, situées sur le pourtour du bassin carbonifère de Moscou; mais tant que l'on n'aura pas précisé s'il s'agit de bauxites remaniées, il est hasardeux de se prononcer sur leur origine.

CHAPITRE II : ANALYSE CHIMIQUE.

Les listes d'analyses que nous indiquons à propos de chaque gisement mettent en évidence les grandes variations de composition de la bauxite.

Nous n'indiquons dans ces analyses que les composants essentiels tels que les donne l'analyse industrielle : Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 et la perte au feu. Des analyses plus complètes révèlent l'existence de nombreux autres éléments en trace (MnO , CaO , MgO , P_2O_5 , V_2O_5 , F , etc.). Mais ils ne jouent qu'un

rôle secondaire dans les caractéristiques d'une bauxite. Le titane en revanche, est relativement concentré, sa teneur varie très peu et dépasse rarement 3 %.

Nous examinerons donc en premier lieu les quatre composants principaux, c'est-à-dire : Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , H_2O (perte au feu) que nous obtenons par l'analyse gravimétrique, puis nous aurons recours à d'autres méthodes pour déceler sous quelle forme ces constituants se trouvent dans les bauxites considérées.

C'est ainsi qu'à côté de l'analyse chimique, on utilisera :

l'analyse microscopique,
l'analyse thermique,
l'analyse aux rayons X.

Les grandes variations dans la teneur des composants principaux nous montrent d'emblée qu'il s'agit dans le cas des bauxites de roches contenant des proportions variables de minéraux et non pas d'une espèce minérale définie. Cette roche peut être considérée comme faisant partie de la famille des roches argileuses, dont elle occupe la zone alumineuse. Nous avons vu en effet qu'il existe tous les termes de passage entre l'argile de décalcification, la terra rossa et la bauxite. Comme c'est le cas dans la plupart des familles de roches, la démarcation entre deux termes de la série est en général arbitraire.

Nous reprenons ici les définitions adoptées par J. DE LAPPARENT (45, p. 80), dans sa classification des bauxites françaises.

Nous considérons donc

d'une part le rapport de l'alumine à la silice ¹ : $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$

d'autre part la teneur en oxyde de fer : Fe_2O_3 .

J. DE LAPPARENT indique les groupes suivants :

1. Rapport $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{SiO}_2} = A$

Bauxites mégalumineuses	$A \geq 20$
» alumineuses	$20 > A \geq 10$
» siliceuses	$10 > A \geq 4$
» mégasiliceuses	$A < 4$ (terra rossa)

2. Teneur en $\text{Fe}_2\text{O}_3 = F$

Bauxites mégaferriques	$F \geq 25 \%$
» ferriques	$25 \% > F \geq 10 \%$
» microferriques	$F < 10 \%$

¹ Il ne faut pas confondre ce rapport avec le rapport k_i d'HARRASSOWITZ, qui représente l'inverse (voir p. 128).

La bauxite exigée par l'industrie de l'aluminium correspond généralement au type alumineux-ferrique.

On trouve également d'autres indications, telles que l'indice « alumine ». L'indice d'une bauxite s'obtient en soustrayant de la teneur en alumine le double de la teneur en silice. La bauxite employée dans l'industrie ne doit si possible pas avoir un indice inférieur à 50.

Les bauxites de la Province dinarique et du Massif central hongrois peuvent se ranger au point de vue chimique dans les types alumineux, siliceux, mégasiliceux, ferriques et mégaferriques.

Il n'est pas possible d'envisager isolément les principaux constituants de la bauxite, car l'expérience a montré qu'ils formaient entre eux différentes combinaisons : ainsi la silice n'existe pas à l'état libre sous forme de quartz, mais elle est liée à l'alumine et à l'eau de constitution sous forme de silicate hydraté. Le fer détermine la teinte de la roche ; elle est généralement rouge lorsqu'il se trouve à l'état d'oxyde anhydre et jaune lorsqu'il est hydraté.

Alumine et eau de constitution.

Si nous considérons les bauxites dont la teneur en silice est inférieure à 5 %, sans tenir compte pour l'instant de l'oxyde de fer, nous remarquons que sur un grand nombre d'analyses (plus de 4000) la teneur en alumine oscille entre 45 et 65 % environ, la teneur en eau (+100°) oscille entre 11 et 30 % environ. Un examen plus attentif nous montre deux groupes distincts entre lesquels se situent des types intermédiaires :

1. un groupe à haute teneur en alumine et basse teneur en eau ;
2. un groupe à basse teneur en alumine et haute teneur en eau.

Ces deux types ne se distinguent pas à l'œil nu. Il faut pour les reconnaître déterminer leur perte au feu, ou mesurer leur poids spécifique.

Dans le premier groupe, l'alumine se trouve à l'état de monohydrate $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (boehmite ou diaspore), dans le second elle existe sous forme de trihydrate $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (gibbsite). Ce sont les deux seules formes sous lesquelles l'alumine est combinée à l'eau dans la nature.

En considérant la répartition géographique de ces deux groupes on remarque que le groupe alumineux monohydraté prédomine dans les gisements suivants :

Province dinarique :

Bauxites du Trias (Croatie, Monténégro) :

- » de la fin du Crétacé (Istrie, Dalmatie, Monténégro, Bosnie, Herzégovine) ;
- » de Bosanska Krupa (Bosnie) ;
- » du Sanntaler (Alpes de Steiner).

Massif central hongrois :

Bauxites de Nyirad,

- » de Gant,
- » d'O Barok.
- » de Nézsza,
- » de Harsany (Hongrie du Sud).

Le groupe peu alumineux et trihydraté prédomine dans les gisements suivants :

Province dinarique :

Bauxite lutétienne (Dalmatie, Herzégovine).

Massif central hongrois :

Bauxite d'Halimba,

- » d'Iszkaszentgyörgy.

Silice

Lorsque la teneur en silice croît, on passe graduellement aux bauxites mégasiliceuses ou terra rossa, qui, lorsqu'elles n'ont pas subi de métamorphisme, sont reconnaissables à leur plasticité en présence d'eau, caractère qui les identifie aux roches argileuses et les rend imperméables.

La silice peut diminuer jusqu'à n'atteindre que 0,10 % dans les bauxites les plus évoluées. Cette diminution est indépendante de la teneur des autres constituants, elle est généralement réalisée au centre de la couche ou de la poche.

C'est cette diminution de la silice, qui est le fait le plus caractéristique de l'évolution d'une bauxite.

Si l'on considère la répartition de la silice par rapport aux gisements, on constate qu'un grand nombre de gisements de la Province dinarique sont caractérisés par la basse teneur en silice ; on note, il est vrai, plusieurs gisements importants dans lesquels la silice ne s'abaisse pas au-dessous de 8 à 10 % tels par exemple :

- les bauxites triasiques de Croatie,
- les bauxites sénoniennes du Monténégro (Bar).

Dans le Massif central hongrois les amas à basse teneur en silice sont noyés dans de grandes masses de terra rossa

contenant 10 à 40 % de SiO_2 . Quelques gisements renferment une bauxite dont la teneur moyenne en silice ne s'abaisse pas au-dessous de 8 à 10 %, ce sont :

les bauxites d'Alsopere,
les bauxites d'Harsany.

Oxyde de fer.

La teneur en oxyde de fer (Fe_2O_3) qui détermine la teinte de la bauxite varie de 10 à 30 % ; elle se maintient en général au voisinage de 20 %. Il est rare qu'elle s'abaisse en dessous de 10 %. On ne connaît que très peu de bauxites blanches en Europe centrale. Par contre, il est fréquent de rencontrer des bauxites jaunes aux voisinages du calcaire des épontes. Ces bauxites jaunes, ainsi que nous l'avons montré à propos de l'Istrie, renferment le fer sous forme de limonite au lieu d'hématite. Elles présentent toutes une perte au feu légèrement plus élevée que les bauxites rouges. La déferrification prononcée de certaines bauxites françaises, celle de Vins par exemple, me paraît être liée à la circulation d'une nappe d'eau contenant de l'acide carbonique. Dans la Province dinarique et en Hongrie, les gisements de bauxites sont presque tous situés dans une zone karstique au-dessus du niveau hydrostatique. La couleur n'est donc pas nécessairement un indice de la teneur en fer, mais plutôt de la forme sous laquelle le fer est combiné : à l'état d'oxyde ou d'hydrate. Par des procédés analytiques, ARSANDAUX (2) a montré que l'état d'hydratation de l'alumine est indépendant des proportions d'oxyde de fer et que l'oxyde de fer est voisin de l'état anhydre. Cette conclusion s'applique aux bauxites rouges.

Parmi les rares bauxites microferriques d'Europe centrale on peut signaler celles du Crétacé inférieur du Monténégro, ainsi que quelques petits amas parmi les bauxites sénoniennes d'Istrie ou de Dalmatie. En Hongrie, les gisements méridionaux d'Harsany renferment une assez forte proportion de bauxite microferrique. Ce type est en général siliceux, de sorte que malgré sa haute teneur en alumine il n'est pas utilisable pour l'industrie de l'aluminium.

La grande majorité des bauxites d'Europe centrale est du type ferrique, sa teneur en Fe_2O_3 oscille entre 20 et 25 %.

Oxyde de titane.

L'analyse d'une bauxite décèle toujours la présence du titane (TiO_2). Sa teneur varie généralement dans de faibles limites : entre 2 à 4 % environ. J'ai signalé à propos des

bauxites triasiques de RUDOLPOLJE que la teneur en titane semble croître proportionnellement à celle de l'alumine. Dans les nombreux profils de puits ou de sondages que j'ai eu l'occasion d'examiner, j'ai constaté généralement une diminution du titane avec la profondeur, pouvant aller en Istrie de 4,60 à 2,11 %, dans le Bakony de 3,50 à 1,50 %.

Cette même diminution s'observe dans les gisements du Var ; à Mazaugues par exemple elle va de 4,8 à 2,6 %.

Dans la plupart des cas cette variation paraît être indépendante de la teneur en alumine. J. DE LAPPARENT a montré que le titane devait se trouver dans les bauxites sous forme de poussières de rutil et d'anatase.

Éléments rares.

Parmi les éléments rares indiqués plus haut, l'oxyde de manganèse (MnO_2) se trouve dans la plupart des bauxites, en quantités assez faibles. Il en a été question dans un chapitre précédent. La chaux imprègne souvent, à l'état de calcite, la zone située immédiatement sous le toit. Elle est postérieure à la formation de la bauxite et provient des eaux d'infiltration qui circulent dans le calcaire du toit.

D'autres éléments comme le phosphore, le fluor, le vanadium ou le gallium se trouvent en petites quantités ou à l'état de traces. Il n'est pas étonnant que ces éléments assez rares soient concentrés dans la bauxite, si l'on admet que celle-ci représente un résidu désilicifié de la dissolution des calcaires. De tous ces éléments rares le vanadium est le seul que l'on extraie industriellement au cours du traitement des bauxites.

CHAPITRE III: STRUCTURE ET COMPOSITION MINÉRALOGIQUE.

1. Structure de la bauxite.

L'examen d'un grand nombre de bauxites provenant de la Province dinarique et du Massif transdanubien, permet de se faire une idée de la variété de teinte et de structure que peut présenter cette roche. Sans revenir ici sur la structure bréchique dont il a été question à propos des gisements transdanubiens, je m'occuperai plus spécialement de la structure des amas compacts et homogènes.

Dans les gisements qui n'ont pas subi de remaniements intenses, la bauxite apparaît sous forme d'une masse colorée de teinte rouge, rose, violacée ou jaune, généralement compacte, sans stratification, mais présentant des diaclases ou des

fissures. Lorsque le gisement a été soumis à de fortes pressions tectoniques, les diaclases forment un système rectangulaire et la bauxite se débite en parallélipipèdes.

La dureté varie avec la teneur en eau, l'âge et le degré de métamorphisme. Certaines bauxites d'Halimba peuvent se rayer à l'ongle, et se délaient dans l'eau; les bauxites sénoniennes d'Istrie et de Dalmatie ont une dureté variant entre 2,8 et 3,5 (échelle de Mohs). Les bauxites de Croatie (triasiques) et d'Harsany (Crétacé inférieur) plus dures encore, varient entre 4 et 5. Enfin, dans le Bihar on trouve des bauxites dont la dureté peut atteindre 6,5 et 7. Cette grande dureté est due à la présence du diaspore.

La cassure plane ou conchoïdale est lisse dans les types durs, rugueuse dans les variétés tendres et happe à la langue. Lorsque la roche ne se brise pas mais devient plastique on passe à une argile.

Dans chaque gisement on trouve divers types de structure : des bauxites à structure homogène et à grain très fin, de couleur uniforme ou tachetées, des bauxites à structure grenue ou noduleuse, des variétés à structure microbréchique et des bauxites pisolithiques.

Ce dernier type de structure, généralement lié à des sédiments organogènes ou d'altération chimique est très caractéristique de la bauxite. Rares sont les gisements où l'on ne trouve pas un horizon pisolithique. Les pisolithes, dont la dimension varie entre celle d'une tête d'aiguille et celle d'une noisette ou d'une noix, ont une structure concentrique. Le centre généralement sombre est entouré d'une succession d'enveloppes alternativement claires et foncées. Certains pisolithes sont formés d'une sphère foncée entourée d'une écorce claire, ce sont les plus fréquents; d'autres clairs au centre ont une enveloppe foncée. Lorsque la structure n'est plus concentrique mais devient homogène, on passe à des pseudopisolithes ou même à de simples grains au contour quelconque¹. Ces pisolithes et ces grains sont répartis très irrégulièrement dans la masse de la bauxite ou matrice. On trouve des bauxites dont la matrice relativement homogène ne renferme que quelques pisolithes isolés; il en est d'autres qui ne sont constituées que par des pisolithes juxtaposés, et dont la matrice ne subsiste que dans les interstices.

La répartition des bauxites pisolithiques et perlitiques dans les gisements varie d'une région à l'autre et semble n'obéir à

¹ Structure perlitique de J. DE LAPPARENT.

aucune loi. Dans les gisements de Gant et d'Alsopere en Hongrie, la bauxite pisolithique est généralement localisée à la partie supérieure de la couche, mais on en trouve aussi des amas dans la partie inférieure. Dans la Province dinarique la bauxite pisolithique est surtout développée dans les gisements de la fin du Crétacé. La surface de certains gisements est couverte de gravier de pisolithes qui, grâce à leur enveloppe ferrugineuse, parviennent à résister plus longtemps à l'altération atmosphérique. Dans les gisements lutétiens de Dalmatie, les pisolithes sont plus rares, et souvent plus petits.

Au point de vue chimique, on constate généralement une différence entre la composition des pisolithes et celle de la matrice. GEDEON (154) a montré qu'à Gant (Hongrie) les pisolithes ont une teneur en oxyde de fer supérieure à celle de la matrice. Les pisolithes paraissent avoir concentré l'oxyde de fer. Dans d'autres gisements, comme à Bar (Monténégro) les pisolithes qui atteignent la dimension de noisettes, se sont enrichis en alumine et appauvris en silice par rapport à la matrice. Ils apparaissent comme des concrétions de bauxite dans une argile bauxitique.

Dans son ensemble la bauxite fortement pisolithique est généralement plus ferrugineuse et moins siliceuse que les variétés homogènes (Alsopere, Harsany).

Analyses de pisolithes.

N°	Type	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	CaO
Gant (Hongr.)							
223	pisolithes	4,46	30,20	3,60	19,86	41,88	(GÉDÉON)
224	matrice	8,00	16,55	5,00	18,06	52,39	»
Epleny (Hongr.)							
225	pisolithes	2,00	38,52	3,00	15,67	40,80	»
226	matrice	1,10	14,70	2,10	25,10	54,64	2,36 »
Bar (Monténég.)							
227	pisolithes	4,41	15,70	3,12	14,38	62,39	
228	matrice	8,52	19,92	3,28	14,17	54,11	
Otranto (It. mer)							
229	pisolithes	1,72	25,25	2,90	13,07	57,06	
230	matrice	29,24	18,46	2,50	12,56	37,24	

L'origine de cette structure n'a pas encore trouvé d'explication satisfaisante. Elle paraît être liée aux substances riches en oxydes de fer, en hydrates d'alumine ou en carbonate de fer, à l'état colloïdal ou subcristallin (latérites, bauxites, minerais de fer, etc.). Sa formation remonte à la période

où la bauxite se trouvait à l'état gélifique, dans un milieu imprégné d'eau, c'est-à-dire à la diagénèse. Pour expliquer la formation des pisolithes ou des oolithes on peut invoquer les précipitations rythmiques sur un noyau libre, qui se produisent par diffusion d'un électrolyte dans un gel. Ce phénomène reproduit artificiellement par LIESEGANG (54), est connu sous le nom d'anneaux de Liesegang. Quant à la structure «perlitique» elle serait due au concrétionnement d'un composé alumineux, qui isole des portions d'un dépôt meuble non encore cristallisé (48).

2. Examen microscopique.

L'examen microscopique d'un grand nombre de bauxites d'Europe centrale s'avère beaucoup moins fructueux que celui de certains types français microferriques, ou de certaines bauxites roumaines à diaspore. Si nous passons en revue les différentes études entreprises sur la bauxite, nous y trouvons bien des divergences d'un auteur à l'autre; sur un point cependant tous les auteurs semblent être d'accord: c'est sur la nature cryptocristalline (on disait anciennement amorphe) de la masse principale de la bauxite.

Longtemps on a admis que cette roche était réellement amorphe ou colloïdale. A. LACROIX (40), dans sa « Minéralogie de la France », remarquait que l'examen microscopique des bauxites françaises fait voir que ces substances sont absolument « colloïdes ». En 1913, dans son mémoire sur « Les Latérites de la Guinée », il notait que l'histoire des hydrates colloïdaux des latérites ne peut être séparée de celle de la bauxite, puisque celle-ci n'est qu'une latérite d'âge ancien, se trouvant dans des régions dont le climat n'est plus tropical.

Il propose pour désigner les hydrates d'alumine colloïdaux de remplacer les diverses appellations, telles que Kljakite α ou β (CORNU), sporogélite (KISPAIC), bauxite (DOELTER), par le terme *d'alumogel* suggéré par O. PAULS (58).

Dans les latérites il observe en outre l'hydrargillite (gibbsite), la limonite, la stilpnosidérite ou hydrate de fer colloïdal, l'hydrohématite ou turgite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (?), la kaolinite, l'halloysite, un hydrate de titane, auquel il donne le nom de Doelterite ($\text{TiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et un peu de psilomélane.

Dans les bauxites françaises, J. DE LAPPARENT (44), faisant usage de forts grossissements, parvient à reconnaître quelques autres constituants. A côté des types cryptocristallins ou amorphes courants, il a décrit certains types où la cristalli-

nité des constituants est plus développée. Telles sont par exemple les bauxites de Camparoux (Var), constituées par de petits pisolithes de gel alumino-ferrique (alumogel + turgite) craquelés, pris dans une matrice, formée essentiellement de gibbsite largement cristallisée, ou cette bauxite siliceuse des Cannonettes (aux Baux) dans laquelle les parties cryptocristallines confinent à des portions faiblement cristallisées formées de vermicules de kaolinite ou d'halloysite avec de menus cristaux d'hématite, de goëthite et de gibbsite, associés à des masses largement cristallisées de calcite. Si le type de Camparoux est relativement abondant dans tout le Nord Varois, celui des Cannonettes, au pied du village des Baux, n'est pas des plus courants.

Plus à l'Est, dans le pays de Fenouillet, J. DE LAPPARENT signale encore des bauxites cristallines à diaspore, renfermant une phyllite verte qu'il assimile à la nontronite, silicate de fer; enfin et c'est là le type le plus intéressant que nous connaissions parmi toutes les bauxites, il a découvert dans les gisements de l'Ariège, à Péréille et au Cadarcet, une bauxite blanche dans laquelle il a distingué des amas d'une nouvelle espèce cristalline d'hydrate d'alumine. C'est la première fois que l'on donnait une description de l'hydrate d'alumine reconnu aux rayons X par BOEHM (225) et auquel cet auteur avait donné le nom impropre de «bauxite». Ce constituant essentiel d'un grand nombre de bauxites, a été désigné par J. DE LAPPARENT sous le nom de «boehmite». Il correspond à un monohydrate d'alumine possédant une structure différente de celle du diaspore. Les cristaux de boehmite se voient dans certaines bauxites siliceuses au voisinage du toit, dans les gisements surmontés par des formations charbonneuses. Le titane, présent dans toute bauxite, en faible proportion, s'y trouve, selon J. DE LAPPARENT à l'état de poussière réfringente de rutile ou d'anatase.

De son côté, KISPATIC, travaillant sur des bauxites croates, en traitant des poudres par différents acides (HCl , H_2SO_4 , HF) a déterminé les constituants suivants: le diaspore, un monohydrate d'alumine amorphe qu'il a désigné sous le nom de *sporogélite*, et qu'il considère comme un gel du diaspore, la gibbsite et une dizaine de minéraux accessoires. Selon cet auteur, l'hématite et la limonite sont difficiles à reconnaître. Dans une bauxite lutétienne de Drnis, la masse principale est formée de sporogélite, avec des paillettes de gibbsite. Parmi les minéraux accessoires, il signale le zircon, le rutile, la tourmaline et le disthène. Le quartz est difficile à observer. L'a-

analyse de la bauxite de Wochein qu'il a examinée, avec 61,31 % de SiO_2 , ne correspond pas à une bauxite.

A la suite des travaux de J. DE LAPPARENT, TUCAN (136) a repris l'étude microscopique des bauxites siliceuses de Croatie et y reconnaît essentiellement de la sporogélite, du diaspoire, de la pyrophyllite, de la kaolinite, de l'hématite et les minéraux accessoires habituels : rutile, zircon, apatite, calcite, tourmaline, etc. Il signale en outre dans trois bauxites siliceuses : celles de Skocaj, de Vratce et de Rudolpolje, la présence de cristaux de boehmite, si petits qu'ils ne permettent pas d'examen optique et cristallographique. Ce n'est que par analogie avec la description qu'en donne J. DE LAPPARENT qu'on peut les identifier à de la boehmite.

Dans une bauxite lutétienne de Drnis (Dalmatie) il ne trouve que de la sporogélite, de l'hématogélite (hématite colloïdale) avec de petits cristaux de gibbsite et les minéraux accessoires : rutile, zircon, calcite, chlorite, etc. Dans ces différentes bauxites, il ne lui a pas été possible d'identifier la goethite et l'halloysite.

E. DITTLER (146) de son côté, examinant la bauxite de Gant en Hongrie y trouve un mélange amorphe d'oxyde de fer et d'hydrates d'alumine, parmi lesquels il signale le monohydrate subcristallin ou gélique $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$: la boehmite, qu'il a déterminée aux rayons X. Le fer se trouve sous forme d'hématite ou d'hydrohématite dans laquelle l'eau est liée à la façon de l'eau des zéolithes. La pyrolusite et le psilomélane sont fréquents. Comme minéraux accessoires il signale un peu de diaspoire et très peu de quartz. Il ne trouve dans cette bauxite ni gibbsite, ni limonite.

Dans les bauxites du Sanntal, il observe des grains dont l'indice de réfraction est de 1,56 - 1,57, dans lesquels il n'est pas possible de distinguer s'il s'agit de kaolin ou de gibbsite. La gibbsite n'apparaît pas sous forme cristalline. Les particules amorphes correspondent à la boehmite subcristalline que DITTLER appelle sporogélite. Le fer se trouve sous forme d'hématite ou d'hydrohématite également subcristalline. Selon C. Fox (25), l'examen microscopique des bauxites des Indes montre de la gibbsite cristalline, surtout dans la matrice des types pisolithiques. On ne reconnaît pas d'autres minéraux.

Les recherches faites en Russie sur les bauxites de Tichwin, ou du Turkestan confirment en partie les résultats obtenus sur les bauxites d'Europe.

J.-M. ANSHELES (212), traitant des poudres de bauxite, y décèle de la gibbsite, un minéral isotrope à indice élevé (1,78)

assimilé à la sporogélite ou gel d'alumine, des oxydes de fer bruns, de la magnétite, de la kaolinite sous forme de vermicules (Leverrierite). Parmi les minéraux accessoires, il signale des grains de rutil, de zircon et de tourmaline.

Au microscope, l'examen de coupes minces et de poudres obtenues par désagrégation et lévigation de la bauxite dans l'eau permet de voir au milieu d'une masse apparemment amorphe, en réalité subcristalline, des empilements de petits cristaux de gibbsite. Les lamelles détachées de ces empilements ont fréquemment un contour hexagonal; elles sont incolores et présentent souvent la macle polysynthétique caractéristique de la gibbsite. Ces amas de cristaux idiomorphes ne se rencontrent pas dans toutes les bauxites. On observe en outre quelques minéraux accessoires de petites dimensions tels que la tourmaline, le zircon, le rutil, l'anatase.

Si la détermination microscopique des minéraux constituants de la bauxite reste particulièrement délicate dans le cas des bauxites ferriques, en raison de l'opacité du gel alumineux-ferrique et de la dimension fort réduite des éléments cristallisés, il ne faut pas en conclure que la bauxite n'est formée que par une masse amorphe ou colloïdale. L'analyse thermique et l'analyse aux rayons X nous montrent au contraire qu'elle est constituée en grande partie par des minéraux à l'état subcristallin (voir tableau IV, p. 145).

3. *Analyse thermique différentielle.*

L'analyse thermique a fait l'objet d'un grand nombre de travaux sur lesquels je ne m'étendrai pas ici.

Je me bornerai à rappeler que c'est à HENRI LE CHATELIER (245) que sont dues les premières recherches de ce genre, sur les silicates hydratés d'alumine. JEAN ORCEL a développé l'emploi de cette méthode et l'a appliquée à l'étude d'un grand nombre de minéraux.

Récemment, elle a été reprise aux Etats-Unis pour l'analyse des roches argileuses et de minéraux alumineux par GRIM-ROWLAND, NORTON (253) et SPEIL (260). Cette méthode d'analyse d'un mélange, qui consiste à déceler au cours de son échauffement la vitesse des réactions thermiques dont il est le siège, permet d'obtenir une courbe caractéristique pour les divers hydrates étudiés. Cette courbe peut être complétée par l'étude de la déshydratation, ou mesure de pertes de poids en fonction de la température. Ces deux types de courbes se prêtent à l'étude de mélanges relativement simples, tels que

les bauxites: sitôt que le mélange devient plus complexe, il est plus difficile de les interpréter.

Les recherches de déshydratation faites sur les constituants de la bauxite ont donné des résultats parfois divergents selon les méthodes qui ont été employées. Ces divergences sont dues, ainsi que le remarque SCHWIERSCH (258), aux différentes définitions données à la température de dissociation. Pour HABER (237), la température de dissociation correspond à la température des pertes d'eau sensibles, pour STEMPFEL (238) elle est la température de désagrégation explosive, pour POSNJAK et MERWIN elle est la température de la perte d'eau continue.

J'indique dans le tableau ci-dessous, les températures de dissociation des minéraux hydratés, selon divers auteurs.

*Tableau des températures de dissociation des hydrates de Fe et Al.
(en degrés C.)*

Hydrates	STEMPFEL	GYÖRGY	DELYANNIS	SCHWIERSCH	ORCEL	SPEIL
Gibbsite	220-280	250-310	—	180-200	350-500	250-350
Boehmite	480	—	450-500	380-400	—	—
Diaspore	480	450-550	400-450	380-400	520-650	520-620
Limonite	—	200-300	—	160-200	350-500	—
Goethite	320-440	—	—	200-220	450-550	320-400
(Kaolin)	450-580	450-550	—	450-750	550-700	550-650
				(CALSOW)	(950-1000)	(980)

HACKSPILL et STEMPFEL (238) étudient la décomposition des hydrates par la mesure des pressions de vapeur d'eau, à l'aide d'un manomètre enregistreur.

J. GYÖRGY (157) et DELYANNIS (229) mesurent la déshydratation par pesées et construisent la courbe des pertes de poids en fonction de la température.

H. SCHWIERSCH (258) fait ses essais à l'aide du tensièdromètre de HUETTIG, et étudie la déshydratation à l'aide de courbes isobares.

J. ORCEL (254) et S. SPEIL (260) utilisent l'analyse différentielle selon le principe LE CHATELIER-SALADIN. Les températures de dissociation qu'ils enregistrent sont sensiblement plus élevées que celles que l'on obtient par les autres méthodes. Cette différence, de l'ordre de 100°, est due à la rapidité de l'échauffement. Nos propres expériences confirment cette observation.

Malgré les petites divergences qui existent entre ces résultats, on constate qu'ils indiquent tous un décalage marqué entre la température d'émission d'eau de la gibbsite et celle

de la boehmite. Entre la déshydratation de la boehmite et celle du diaspoire, DELYANNIS (229) observe une variation assez sensible pour apparaître sur la courbe. SCHWIERSCH constate également une légère différence entre les courbes de déshydratation des deux monohydrates, mais il estime qu'elle est trop peu sensible pour distinguer ces deux minéraux. Sur la courbe différentielle il n'est guère possible de noter une différence entre l'inflexion due à la dissociation de la boehmite et l'inflexion due au diaspoire. L'analyse thermique différentielle ne permet donc pas de distinguer entre ces deux monohydrates.

En ce qui concerne les hydrates de fer, on sait qu'il n'en existe que deux variétés définies dans la nature : la *goethite* et la *lèpidocrocite*, possédant toutes deux la même formule $\text{FeO} \cdot \text{OH}$. Les autres hydroxydes se ramènent tous à l'un de ces deux hydrates, qui diffèrent entre eux par leur structure. Il existe entre la *lèpidocrocite* et la *goethite* la même relation qu'entre la boehmite et le diaspoire. F. HABER (237) a classé les hydroxydes en deux séries :

Série α		Série γ
<i>Diaspoire</i>	$\text{AlO} \cdot \text{OH}$	<i>Bœhmite</i>
<i>Goethite</i>	$\text{FeO} \cdot \text{OH}$	<i>Lèpidocrocite</i> (Rubinglimmer)

La limonite, dont la formule théorique est $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$, n'est qu'une goethite retenant une certaine proportion d'eau par adsorption. L'existence d'un dihydrate ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la xanthosidérite, a été mise en doute par FISCHER. La limonite se dissocie à des températures inférieures à celles de la goethite. D'après GYÖRGY et SCHWIERSCH, cette température de dissociation est légèrement inférieure à celle de la gibbsite. Sur la courbe différentielle les inflexions endothermiques de la gibbsite et de la limonite se confondent.

Dans le *Kaolin* l'eau est éliminée en petite quantité jusqu'à 500° , d'une façon continue. Entre 500° et 600° il se produit une émission brusque, avec forte absorption de chaleur. Sur la courbe différentielle l'inflexion endothermique du kaolin est très voisine de celle des monohydrates d'alumine, de sorte qu'il n'est pas possible de distinguer ces minéraux. Lorsqu'on continue à élever la température il se produit, aux environs de 950° , un phénomène exothermique, qui correspond à la transformation du kaolin en mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) et tridymite (SiO_2). Ce phénomène se marque sur la courbe différentielle par une inflexion de sens opposé à la précédente. S. SPEIL (260) a indiqué une méthode quantitative,

basée sur la mesure des surfaces circonscrites par les crochets endo- et exothermiques. En préparant des mélanges à proportion connue de kaolinite et de diaspore, il parvient à utiliser la surface du crochet exothermique du kaolin pour évaluer la proportion de ce constituant lorsqu'il est mêlé à du monohydrate d'alumine. Il faut pour faire ces mesures quantitatives, que l'élévation de la température soit une fonction linéaire du temps.

Dans l'interprétation des courbes différentielles, je me suis borné à des estimations qualitatives. Celles-ci peuvent être comparées aux proportions des constituants théoriques (kaolin, gibbsite, boehmite, goethite) obtenus par le calcul à partir de l'analyse (voir tableau, p. 111).

Nous avons utilisé pour l'étude des bauxites dinariques et hongroises, l'analyse thermique différentielle. Dans l'appareil que nous employons, l'élévation de la température n'est pas proportionnelle au temps. D'autre part, l'appareil enregistreur (Trüb, Täuber et Co.) ne permet pas d'enregistrer des déviations de la courbe différentielle vers la gauche. Dans ces conditions, les phénomènes exothermiques ne sont marqués que par quelques irrégularités.

La substance à étudier d'une part, et un corps témoin (alumine ou bauxite calcinée à 1000°) d'autre part, sont placés dans deux éprouvettes en acier au chrome, au centre d'un four électrique. On les soumet à un échauffement rapide de l'ordre de 10° par minute, jusqu'à 1000° environ. Les mesures de température se font à l'aide de deux couples thermo-électriques nickel-nickel chrome plongés dans les deux éprouvettes. L'appareil permet d'obtenir un diagramme à trois courbes.

1. La courbe des températures du four, mesurées sur le corps témoin (T_a) en fonction du temps : $T_a = f(t)$.
2. La courbe des températures de la bauxite (T_b) en fonction du temps : $T_b = f(t)$.
3. La courbe des différences de température $T_a - T_b = \Delta T$ en fonction du temps : $\Delta T = f(t)$.

Les deux premières courbes sont généralement trop rapprochées pour permettre de lire les variations de température du corps à étudier. La courbe différentielle par contre, permet d'observer plusieurs points singuliers (inflexions) caractéristiques des différents hydrates. La combinaison des trois courbes précédentes donne la température à laquelle se produisent les phénomènes thermiques (endo- ou exothermiques); le four

utilisé n'ayant pas une température linéairement croissante, la courbe différentielle obtenue ne peut pas être interprétée quantitativement ainsi que le font ORCEL et SPEIL pour des mélanges binaires.

Le diagramme différentiel présente l'avantage d'être enregistré automatiquement à l'aide d'un instrument simple, tandis que la courbe de déshydratation n'est obtenue que par de nombreuses pesées.

Nous avons enregistré plusieurs centaines de courbes différentielles avec des bauxites de toutes provenances et de qualités différentes.

Si nous examinons tout d'abord les bauxites pauvres en silice ($\text{SiO}_2 < 5\%$) nous obtenons trois types de courbes différentielles caractéristiques (voir figure 12) :

1. Une courbe présentant une inflexion endothermique très accentuée lorsque le corps témoin atteint 240° à 250° . (Température de décomposition du trihydrate d'alumine).
2. Une courbe présentant une inflexion endothermique accentuée lorsque le corps témoin atteint 470° à 480° . (Température de décomposition des monohydrates).
3. Une courbe présentant deux inflexions plus ou moins accentuées ou égales entre elles, à $240^\circ - 250^\circ$ et à $470^\circ - 480^\circ$. (mono- et trihydrates associés).

Ces courbes sont caractéristiques de trois types de bauxite.

1. Bauxite renfermant essentiellement du trihydrate d'alumine; *bauxite à gibbsite*.
2. Bauxite renfermant essentiellement du monohydrate d'alumine; *Bauxite à boehmite ou diaspore*.
3. Bauxite à gibbsite et à monohydrate associés.

(Voir fig. 12). Sur ces courbes, les températures n'ont pas été indiquées.

L'analyse thermique permet ainsi d'évaluer la proportion du trihydrate et des monohydrates; en revanche, les courbes différentielles obtenues avec les bauxites à boehmite et les bauxites à diaspore sont pratiquement identiques (fig. 12, courbes 43-45) et ne permettent pas de distinguer ces deux monohydrates. Il faut, pour établir cette distinction avoir recours à d'autres méthodes.

Si l'on examine des bauxites de plus en plus siliceuses, on constate que leur courbe différentielle présente une anomalie aux environs de 950° . C'est le crochet exothermique du kaolin qui devient de plus en plus apparent.

Il est intéressant de noter que sur les diagrammes de bauxites siliceuses et de terra rossa, l'alumine libre se trouve généralement sous forme de gibbsite, ainsi qu'on le voit par le premier crochet de la courbe différentielle (fig. 12, courbes 46-50). Comme le crochet endothermique de la boehmite se confond avec celui du kaolin, il n'est pas possible de dire si une partie de l'alumine se trouve aussi sous forme de boehmite.

Nous nous proposons de développer par la suite l'analyse thermique différentielle afin d'obtenir des renseignements quantitatifs. Pour le moment nous nous sommes borné à en tirer des données qualitatives.

Nous avons reproduit sur la fig. 12 les courbes différentielles d'une cinquantaine d'échantillons de bauxites. Dans la première rangée, les cinq courbes numérotées de I à V représentent les différents types obtenus avec des bauxites pauvres en silice.

La courbe I présente une pointe endothermique très accentuée entre 220 et 320°, correspondant à l'émission d'eau de la gibbsite.

Courbe II : deux pointes inégales. La pointe inférieure est plus accentuée que la pointe supérieure, ce qui indique une forte proportion de gibbsite par rapport au monohydrate.

Courbe III : deux pointes égales. La gibbsite est en proportion à peu près égale à celle du monohydrate.

Courbe IV : deux pointes inégales. La pointe inférieure est plus courte que la pointe supérieure. La gibbsite est en proportion nettement inférieure à celle du monohydrate.

Courbe V : une pointe endothermique accentuée entre 450 et 520° correspondant à l'émission d'eau des monohydrates. Sur cette courbe V sont indiquées les deux variables du diagramme : les températures en abscisse, le temps en ordonnée.

Chaque série indiquée par un chiffre romain groupe les échantillons dont la courbe différentielle est du même type. On voit ainsi que des bauxites de provenance très diverses peuvent avoir une même courbe thermique. A titre de comparaison, nous avons reproduit les courbes de quelques latérites tropicales; leurs courbes entrent essentiellement dans le groupe I, mais on en trouve également dans les groupes II et III, ce qui montre que les latérites renferment aussi une certaine proportion de monohydrate (boehmite).

Dans un groupe spécial V bis, nous comparons les courbes de quelques bauxites à diaspore à celles d'une bauxite à boehmite française (courbe N° 42). Au point de vue thermique, elles ne diffèrent pas de cette dernière (contrôle aux

rayons X). La méthode ne convient donc pas pour distinguer ces deux espèces minérales.

Enfin les Nos 46 à 50 représentent les courbes de terra rossa. Outre les deux pointes endothermiques on observe une anomalie aux environs de 950°, qui correspond au phénomène exothermique du kaolin. La pointe inférieure représente l'émission d'eau de la gibbsite, la seconde pointe peut correspondre au kaolin ou au monohydrate. D'après l'analyse on peut admettre qu'il s'agit de la pointe du kaolin. Le phénomène exothermique du kaolin ne se marque que par quelques irrégularités de la courbe. L'intérêt de ces courbes est de montrer que dans la terra rossa, l'alumine libre doit se trouver à l'état de gibbsite. Dans le tableau suivant, nous donnons les analyses des échantillons dont nous avons reproduit la courbe thermique différentielle et indiquons la proportion calculée de chacun des constituants hydratés : kaolin, gibbsite, boehmite, goethite.

TABLEAU III

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	K	Gi	Boe	Goe
I Portole (Istrie)	0,48	0,39	0,04	34,82	64,20	1,0	99,0	—	—
II Promina (Dalmatie)	1,52	30,24	4,96	18,98	44,30	2,0	43,0	26,0	—
III Vucipolje (Herzég.)	0,86	29,33	3,09	15,12	51,45	1,8	25,3	40,7	—
IV Citluk (Herzég.)	0,83	20,66	3,32	16,20	58,81	1,8	24,8	48,0	—
V Buie (Istrie)	0,83	24,78	3,52	12,04	58,83	1,8	6,5	63,7	—
1. Portole (Istrie)	0,85	0,92	0,03	34,88	63,32	1,8	97,0	—	— X
2. Barbana (Istrie)	1,28	21,41	0,13	26,28	50,85	2,7	76,0	—	—
3. Promina (Dalmatie)	1,03	21,79	2,27	25,68	49,23	2,2	72,3	—	3,7 X
4. Imotski (Dalmatie)	0,88	19,24	2,07	27,85	49,68	1,9	75,0	—	15,9
5. Halimba (Hongrie)	2,88	27,79	1,87	23,37	43,08	6,2	62,0	—	10
6. Halimba (Hongrie)	0,79	23,67	2,12	25,72	45,92	1,7	69,5	—	14,6
7. Indes angl. (Bailur)	0,96	3,63	2,46	32,29	60,66	2,1	91,2	1	—
8. Bintam (Indes holl.)	1,92	12,95	0,94	29,65	54,55	4,1	81,0	—	11,1 X
9. Obrovazo (Dalmatie)	4,26	20,90	2,64	24,64	45,86	9,5	65,0	—	13,0 X
10. Kalun/Drnis (Dalmat.)	1,05	19,36	2,50	24,24	52,85	2,3	63,2	13,0	— X
11. Promina (Dalmatie)	0,79	25,06	4,05	19,22	50,88	1,7	43,2	26,0	— X
12. Citluk (Herzég.)	1,18	24,67	3,10	19,29	51,50	2,5	42,7	27,0	—
13. Domanovic (Herzég.)	1,68	23,33	2,41	21,63	50,95	3,6	53,0	18,0	—
14. Zagorje (Bosnie)	0,48	19,88	3,38	19,62	56,42	1,0	41,0	34,5	—

P. F. Perte au feu

K = % kaolin

Gi = % gibbsite

Boe = % boehmite

Goe = % goethite

X = échantillons examinés aux rayons X.

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	Al ₂ O ₃	K	Gi	Boe	Goc
15. Indes anglaises	1,23	9,14	3,23	21,95	64,45	2,6	44,2	41,0	—
16. Buie (Istrie)	4,48	32,40	3,19	16,39	43,54	9,6	34,3	20,6	—
17. Albona (Istrie)	2,84	20,84	2,28	18,42	55,62	6,1	34,8	36,0	—
18. Citluk (Herzég.)	2,08	21,14	2,88	17,92	55,91	4,5	32,9	38,5	—
19. Stolac (Herzég.)	1,70	21,97	2,87	17,45	56,01	3,7	31,0	40,5	—
20. Nyirad (Hongrie)	2,24	9,37	1,87	21,93	64,59	4,8	43,5	41,0	—
21. Alsopere (Hongrie)	7,49	25,98	2,57	14,79	49,17	16,10	21,3	34,2	—
22. Alsopere (Hongrie)	2,05	29,22	2,60	15,00	51,13	4,4	24,0	39,5	—
23. Côte d'Or (Afr. occ.)	0,67	3,36	3,11	22,18	70,65	1,5	40,5	50,5	—
24. Camparoux (France)	1,38	24,08	2,93	15,96	55,01	3,0	25,7	43,5	— X
25. Traba (Istrie)	3,04	21,50	3,42	12,74	59,30	6,5	7,5	60,5	—
26. Kalun (Dalmatie)	2,85	21,98	3,53	14,97	56,67	6,1	19,4	49,0	—
27. Drnis (Dalmatie)	0,72	21,76	3,53	17,05	56,94	1,6	29,2	43,5	—
28. Zagorje (Bosnie)	3,36	16,80	3,03	18,41	58,40	7,2	31,8	41,3	—
29. Citluk (Herzégov.)	3,22	20,86	3,22	16,21	56,35	6,9	24,7	44,5	—
30. Przenuze (Herzégov.)	4,76	22,74	2,93	14,59	54,98	10,5	17,9	46,2	—
31. Alsopere (Hongrie)	6,22	23,85	2,98	14,46	54,59	13,4	16,5	45,0	—
32. Alsopere (Hongrie)	5,32	24,28	2,93	14,32	53,15	11,4	17,5	43,7	—
33. Buon Castel (Istrie)	1,58	13,20	2,91	13,61	68,70	3,4	5,5	75,2	—
34. Rudopolje (Croatie)	10,10	17,15	1,99	12,10	58,66	21,7	0,8	58,2	—
35. Lecevice (Dalmatie)	1,11	15,36	3,78	14,89	64,86	2,4	14,0	64,7	— X
36. Kadim (Bosnie)	0,93	18,92	3,87	13,53	62,75	2,0	9,8	65,5	— X
37. Misirada (Herzégov.)	3,31	21,13	3,76	13,19	58,61	7,1	10,2	57,8	— X
38. Bar (Monténégro)	4,41	15,70	3,12	14,38	62,34	9,5	11,5	60,6	— X
39. Sanntal (Alpes de Stein)	5,06	17,18	3,42	12,77	61,50	10,9	5,0	63,5	—
40. Harsany (Hongrie)	6,38	8,33	3,54	14,26	67,59	6,9	24,7	44,5	—
41. Gant (Hongrie)	0,38	17,64	3,46	13,54	64,90	0,8	8,5	69,2	—
42. <i>Bauxite à bœhmite</i> Combecave (France)	1,52	4,07	3,70	15,59	75,12	3,3	9,5	79,2	— X
<i>Bauxites à diaspore</i>									
43. Amphissa (Grèce)	0,66	7,11	3,50	14,15	74,58	1,4	3,8	84,7	— X
44. Dobresti/Bihar (Roum.)	0,34	5,47	4,31	14,35	75,53	0,7	4,0	85,5	— X
45. (Chine)	1,42	14,72	4,51	13,94	65,41	3,1	9,5	68,5	— X
<i>Terra rossa</i>									
46. Nyirad (Hongrie) kaolin	43,62	1,44	0,21	14,06	40,57	93,5	1,8	3,1	—
47. Halimba (Hongrie)	37,31	13,58	1,37	12,37	37,37	80,5	1,9	2,8	—
48. Halimba (Hongrie)	33,45	14,95	1,92	13,23	37,05	72,0	6,8	4,9	—
49. Halimba (Hongrie)	28,06	10,93	1,77	17,52	41,72	60,2	25,1	1,8	—
50. Halimba (Hongrie)	20,18	18,66	1,66	18,09	41,41	13,2	31,0	5,0	—

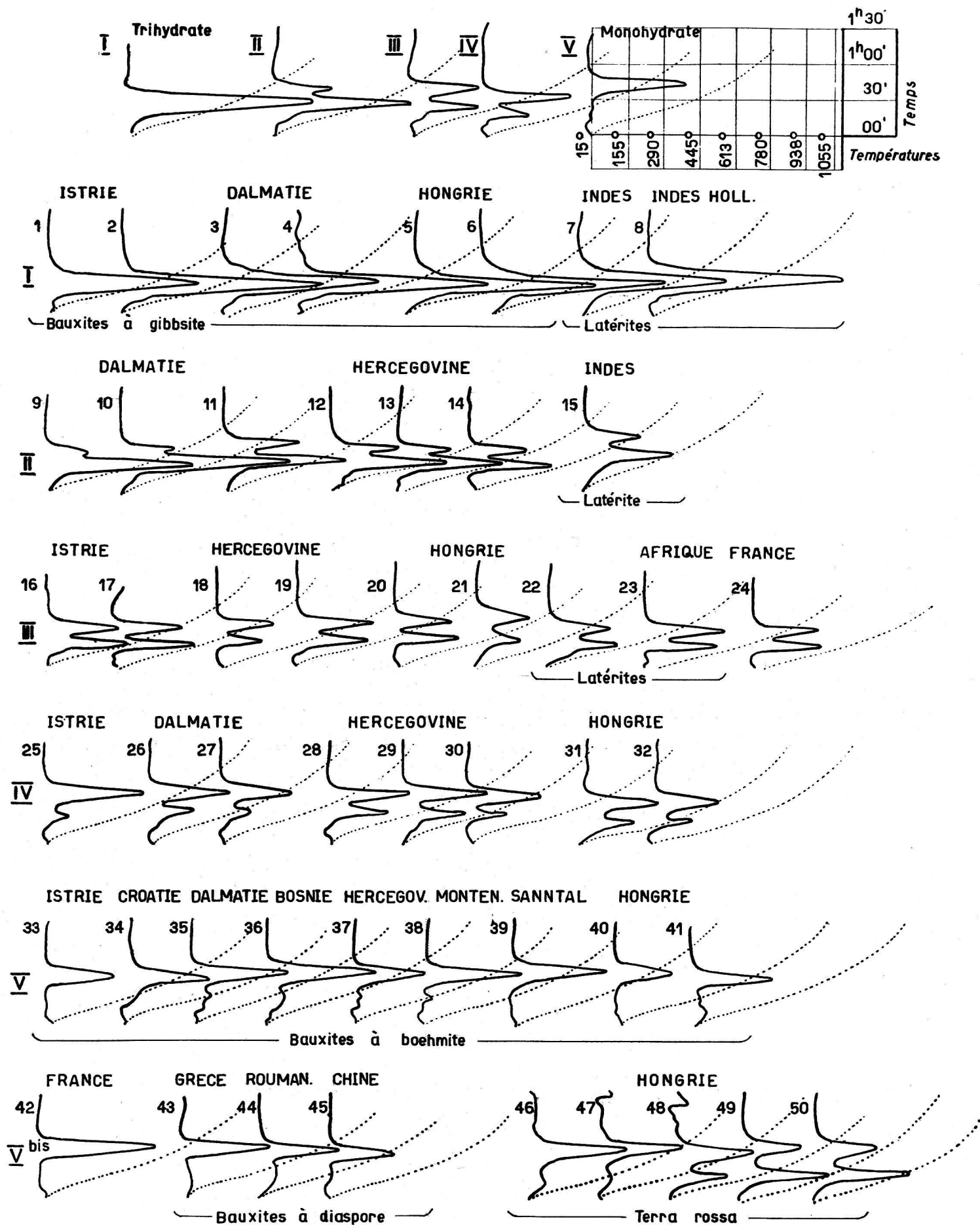


FIG. 12. — Courbes d'analyse thermique différentielle de quelques bauxites.

4. Analyse radiologique.

BOEHM (225) a le premier démontré que le monohydrate d'alumine pouvait exister sous deux formes distinctes :

le *diaspore* et la *bauxite* (dénommée «*boehmite*» par J. DE LAPPARENT).

Ces formes correspondent au point de vue structural aux deux monohydrates de fer : la goethite et la lépidocrocite, et il est possible de les distinguer au moyen des rayons X.

D'autre part on avait constaté qu'en traitant par le procédé BAYER¹ des bauxites de provenance différente, mais de composition chimique identique, le rendement de la dissolution pouvait varier dans de larges mesures. C'est ainsi que la bauxite du Bihar ou de la Grèce est très peu soluble dans la soude caustique, tandis que les bauxites transdanubiennes ou dinariques le sont parfaitement.

Cette insolubilité de certaines bauxites était attribuée anciennement à la présence de corindon. J. DE LAPPARENT (47) et surtout DELYANNIS (227) ont pu montrer que cette solubilité était fonction de la teneur en diaspore et que cette teneur pouvait être décelée soit par des mesures de solubilité, longues et fastidieuses, soit par une analyse rapide des poudres aux rayons X. A. ROTH (257) est même parvenu à interpréter quantitativement les radiogrammes de DEBYE et SCHERRER.

Etant donné que la valeur industrielle d'une bauxite dépend de sa solubilité, c'est-à-dire de sa teneur en diaspore, la détermination des deux monohydrates doit accompagner toute analyse de bauxite; c'est pourquoi les laboratoires modernes remplacent de plus en plus les longs essais de solubilité à l'autoclave par l'analyse rapide aux rayons X.

J'ai eu l'occasion de soumettre dans nos laboratoires de recherches de Neuhausen un grand nombre de nos échantillons à l'analyse radiologique; qu'il me soit permis de remercier ici très vivement M. le Dr Rohner qui a bien voulu se charger de ce travail pour obtenir des diagrammes aussi nets que possible.

L'appareil à rayons X utilisé est un modèle «Siemens-Kristalloflex» avec anticathode de cuivre ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$) sans filtre.

¹ Procédé de fabrication d'alumine par dissolution de la bauxite dans la soude caustique et sous pression.

Intensité : 30 KV, 19 mA;
Diaphragme : côté ampoule, fente 0,8 x 3 mm;
côté poudre, circulaire \varnothing 0,5mm;
Porte objet : poil de blaireau de 0,2 mm \varnothing ;
la poudre est fixée à l'aide de vaseline;
Durée d'expos. : 90 min. sur film Agfa-Laue.

A titre de comparaison nous avons reproduit sur la figure 13 les diagrammes obtenus avec les hydrates purs en utilisant pour cela les corps suivants :

un diaspore de l'Oural (collection AIAG. de Neuhausen)
une boehmite synthétique (obtenue selon le procédé de
HAYESTADT et de FRICKE, 239)
une gibbsite d'Istrie (collection AIAG. de Neuhausen).

L'examen d'un grand nombre de bauxites de diverses provenances permet de les ramener à l'un des trois diagrammes-types correspondant aux trois types suivants :

1. bauxite à gibbsite,
2. bauxite à boehmite,
3. bauxite à diaspore.

L'examen des bauxites aux rayons X présente certaines difficultés dues à la finesse des cristaux. Les cristallites dont le diamètre est inférieur à 10^{-4} mm. donnent une image élargie des raies. La présence de particules plus fines ou amorphes rend les lignes diffuses et le diagramme indistinct.

On remarque cependant que presque toutes les bauxites donnent un diagramme de DEBYE et SCHERRER perceptible ce qui démontre qu'elles sont généralement constituées par des particules cristallines très fines. L'analyse aux rayons X n'indique cependant que le composant dominant; elle est donc insuffisante par elle-même, mais sert de complément à l'analyse chimique et à l'analyse thermique, surtout lorsque cette dernière indique la présence de monohydrate d'alumine. L'examen aux rayons X peut paraître superflu, lorsqu'on compare à l'œil nu une bauxite à diaspore grecque avec une bauxite à boehmite française. Il apparaît immédiatement que la première est beaucoup plus dure et compacte que la seconde. La bauxite à diaspore de Grèce ou de Roumanie est en effet extrêmement dure et se distingue facilement d'une bauxite à boehmite. Il existe cependant des bauxites à diaspore dont l'aspect friable et poreux est identique à certaines bauxites à boehmite, telle la bauxite à diaspore de Nézsza (Hongrie) ou celle de Kweichow (Chine).

L'examen macroscopique n'est donc pas toujours suffisant pour déterminer le type de monohydrate en cause. D'autre part l'analyse aux rayons X permet, dans une certaine mesure, d'apprécier la proportion de chacun des monohydrates dans les bauxites qui les renferment tous deux; elle est donc devenue indispensable pour juger rapidement de la valeur d'une bauxite.

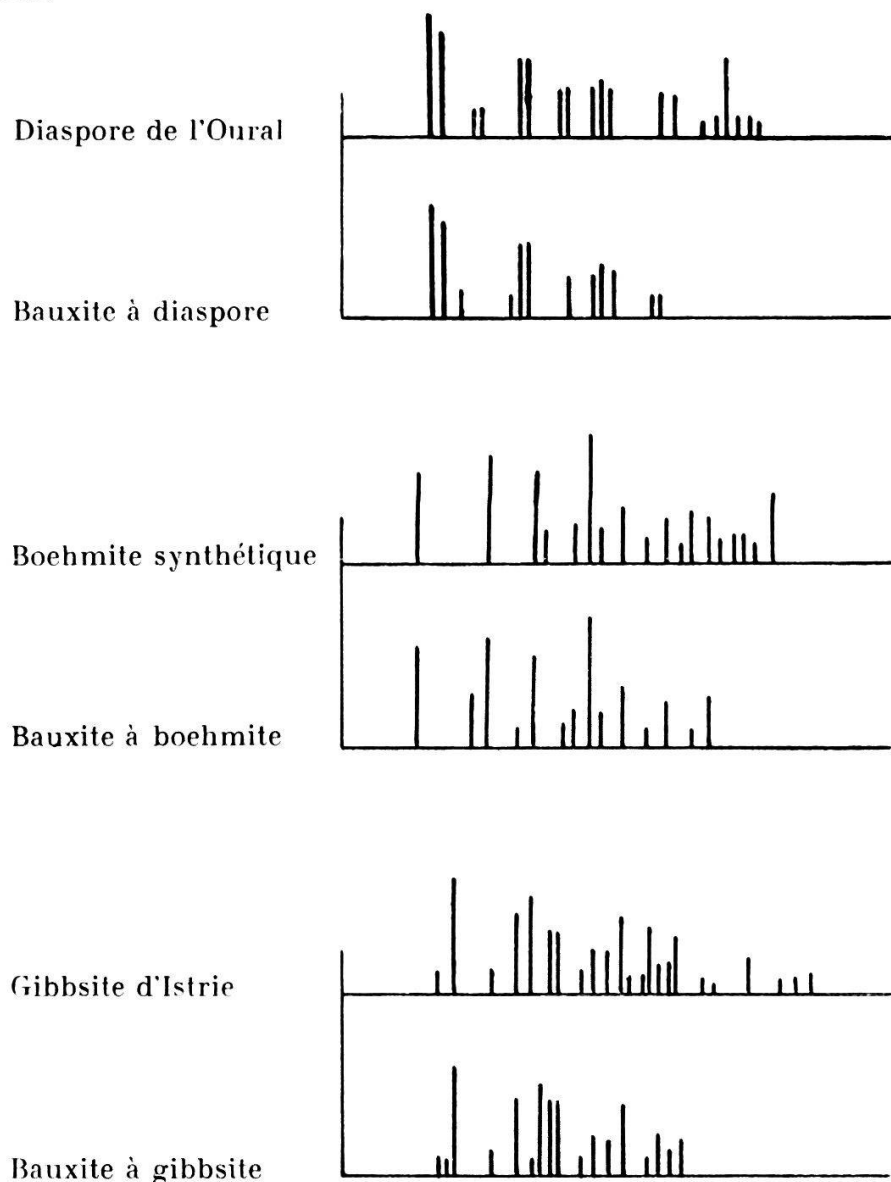


FIG. 13. — — Diagrammes aux rayons X.

5. *Composition minéralogique des bauxites dinariques et transdanubiennes.*

L'application des méthodes précédentes à l'étude des bauxites dinariques et transdanubiennes nous conduit aux conclusions suivantes :

Parmi toutes les bauxites étudiées de la Province dinarique nous n'avons pas rencontré de bauxite à diaspore. Il convient cependant de noter que FR. TUCAN (136) en a signalé en Croatie, dans quelques gisements triasiques (Teslic, Grgin brieg, Mazin). Les bauxites triasiques que j'ai eu l'occasion d'examiner proviennent de Rudolpolje et sont toutes des bauxites à boehmite.

Les bauxites de la fin du Crétacé sont formées de 50 à 70 % de boehmite et d'une petite proportion de gibbsite. Dans certains gisements d'Istrie on trouve cependant de la bauxite pouvant renfermer jusqu'à 35 % de gibbsite et même par endroits certains petits amas de gibbsite presque pure, mais ce sont plutôt des exceptions à ce niveau.

Enfin, les bauxites lutétiennes de Dalmatie, de Bosnie et d'Herzégovine, sont formées avant tout de gibbsite (50 à 75 %) et d'une proportion variable de boehmite. On y trouve également quelques types de bauxite où la proportion de boehmite est supérieure à celle de la gibbsite.

Nous voyons donc que dans la province dinarique, les trois horizons à bauxite que nous y avons décrits sont caractérisés par trois types de bauxites :

- Type carnien : bauxite à boehmite et à diaspore,
- Type sénonien : bauxite à boehmite (faible proportion de gibbsite),
- Type lutétien : bauxite à gibbsite (faible prop. de boehmite).

Dans la région transdanubienne où l'on trouve deux horizons de bauxite, on n'observe rien de semblable. Les différents types de bauxite sont distribués sans ordre apparent. Nous trouvons une *bauxite à diaspore* comprise entre le Trias et l'Oligocène à *Nézsza* (E du Danube).

La bauxite à boehmite s'observe dans les gisements suivants :

- à *Gant* (Vértes) où elle est comprise entre le Trias et l'Eocène;
 - Alsopere* (Bakony NE) entre le Trias et l'Aptien;
 - Nyirad* (Bakony SW) entre le Trias et l'Eocène;
- et probablement dans les gisements d'Ajka, d'O'Barok et de Sümeg.

Enfin la *bauxite à gibbsite* caractérise les gisements d'*Halimba* dans le SW du Bakony et ceux d'*Iszkaszentgyörgy*, à l'extrémité orientale du Bakony.

La bauxite dure du Mont Harsany, en Hongrie méridionale est formée en grande partie par de la boehmite à en juger par les photogrammes aux rayons X. NARAY-SZABO et

NEUGEBAUER (250) y ont cependant reconnu du diaspore, ce qui ne paraît pas surprenant étant donné leur ressemblance avec les bauxites du Bihar.

Nous voyons donc qu'en Europe centrale, le *diaspore* n'apparaît que dans quelques rares gisements : dans la bauxite de Nézsza, d'âge indéterminé (Norien-Oligocène), dont il constitue l'élément essentiel; dans la bauxite du Crétacé inférieur d'Harsany et dans la bauxite carnienne de Croatie où il ne représente qu'un élément accessoire.

La *boehmite* forme le constituant principal de la plupart des bauxites d'Europe centrale. Elle prédomine dans les bauxites sénoniennes de la province dinarique et dans un grand nombre de gisements transdanubiens. On la trouve associée aussi bien au diaspore qu'à la gibbsite. Dans le massif central hongrois on constate dans certains gisements le passage graduel d'une bauxite à boehmite à une bauxite à gibbsite.

La *gibbsite* qui est le minéral caractéristique des bauxites latéritiques prédomine dans les gisements lutétiens de la Province dinarique. Elle forme également le minéral principal de quelques gisements transdanubiens (Halimba, I.sz.györgy) et se forme actuellement dans certaines terra rossa de la côte dinarique. On la trouve aussi sous forme cristalline dans les druses et les fissures des bauxites à boehmite; elle apparaît alors comme un minéral secondaire ce qui suppose une migration possible de l'alumine dans la masse de la bauxite.

DEUXIÈME PARTIE

LA GENESE DE LA BAUXITE

Le problème de la genèse de la bauxite a suscité à la fin du siècle dernier de nombreuses controverses, aujourd'hui fort atténuées. On ne s'accorde pourtant pas encore pour reconnaître à cette formation une origine unique. Je rappelle ici que lorsque je parle de bauxite, j'entends la bauxite proprement dite, c'est-à-dire le minerai d'aluminium lié aux roches carbonatées, tandis que j'utilise par extension le terme de latérite pour désigner la bauxite latéritique dérivée essentiellement des roches cristallines formées de silicates d'alumine, et qui est surtout développée dans les régions tropicales actuelles.

Certains auteurs voient dans la bauxite une substance analogue à la latérite et cherchent à la faire dériver d'une roche éruptive (théorie de la latérite), d'autres l'identifient aux résidus de la dissolution des calcaires (théorie de la terra rossa).

La tendance moderne concilie en quelque sorte les deux points de vue et admet que le résidu de la dissolution des calcaires a subi une altération comparable à la latéritisation ¹.

Le résultat final peut être le même; dans ce cas la bauxite a une composition identique à celle d'une bauxite latéritique; généralement il est différent, la première ayant subi un «vieillessement» plus accentué que la seconde. Ce «vieillessement» se traduit par une déshydratation plus poussée: le trihydrate se transforme en monohydrate — ou par un changement de structure du monohydrate d'alumine: de boehmite en diaspore.

CHAPITRE PREMIER : LES THÉORIES PROPOSÉES.

Je passe rapidement en revue quelques-unes des diverses théories soutenues et me rallierai, après y avoir introduit certaines modifications, à celle qui s'adapte le mieux aux faits observés.

Les premiers auteurs qui ont traité le sujet ont vu dans la bauxite un produit éruptif de nature geysérienne, donc d'origine interne (COQUAND 1870, COLLOT 1887).

Plus tard, on a considéré la bauxite comme le produit de l'altération d'une roche granitique dont les parties légères auraient été transportées à de grandes distances; ce serait donc une latérite apportée par le vent ou par les cours d'eau sur les grandes étendues calcaires qu'elle occupe aujourd'hui (DIEULAFAIT 1881).

La ressemblance qui existe entre les dépôts de terra rossa actuels des régions méditerranéennes calcaires et les amas de bauxite fossile fréquemment recouverts de cette même terra rossa, a conduit certains auteurs à voir dans la bauxite une substance analogue à la terra rossa. C'est à M. KISPATIC (104) et à FR. TUCAN (133) que l'on doit la première tentative tendant à montrer que la bauxite représente le résidu de la dissolution des calcaires. FR. TUCAN se fondant sur l'examen microscopique des minéraux accessoires des calcaires, des dolomies (131) et des «terra rossa» (132) conclut: 1° que la

¹ C'est avant tout J. DE LAPPARENT, pour les bauxites françaises et F. KERNER V. MARILAUN, pour les bauxites dinariques, qui ont abordé le problème de la genèse des bauxites. C. Fox, de son côté, a étudié plus particulièrement celui de la genèse des latérites.

terra rossa est le résidu insoluble des calcaires et des dolomies, dont elle constitue un élément authigène; 2° que la terra rossa est, par toutes ses propriétés, absolument identique à la bauxite et qu'entre les deux roches, il n'existe pas de différence. Cette affirmation un peu trop catégorique ne tient aucun compte de la composition chimique.

Malgré leur ressemblance, ces deux roches diffèrent par leur mode de gisement, par leurs propriétés physiques, par leur âge et même, pour un œil exercé, par leur couleur, mais surtout par leur teneur en silice.

C'est la principale objection que l'on puisse faire à cette théorie; elle est capitale et a contribué à la discréditer.

TUCAN a bien constaté que certaines analyses accusaient une forte teneur en silice; mais il l'attribue au quartz ou à une forme de silice hydratée ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), gel qu'il suppose adsorbé par la sporogélite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Il faut convenir que la limite entre une bauxite siliceuse et une terra rossa est purement artificielle. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

C'est à partir de ce moment que l'on distingue entre une *théorie latéritique* et une *théorie dite de la terra rossa*, pour expliquer l'origine de la bauxite.

On retrouve dans l'explication de la genèse des bauxites du Bihar, en Transylvanie, des opinions tout aussi contradictoires. Pour SZADECKY (64), qui a étudié essentiellement la région orientale, fortement disloquée et adjacente à de grandes coulées de dacite et de rhyolithe, l'origine hydrothermale paraît être indiscutable. Sans revenir sur la théorie hydrothermale et métasomatique proposée par R. LACHMANN (39), je rappellerai pourtant qu'il fait provenir l'aluminium de ses bauxites de la teneur en argile des calcaires ambiants.

O. PAULS (58), reprenant l'hypothèse de KISPATIC et TUCAN admet que la substance qui a donné naissance à la bauxite se trouve entièrement contenue dans le calcaire du Malm et que la formation du minerai n'est que le résultat de la dissolution du calcaire.

En ce qui concerne la différence de composition chimique que l'on observe entre une terra rossa et une bauxite, il suppose que la silice de la terra rossa n'est pas liée sous forme de kaolin, mais se trouve essentiellement à l'état de quartz, mêlée à un hydrate d'alumine amorphe. Faisant alors intervenir les mouvements tectoniques, qui ont disloqué la surface calcaire et ses résidus, il admet que c'est au cours du remaniement de ces résidus par les eaux, que s'est opérée la séparation entre l'hydrate d'alumine et le quartz. Cette hypo-

thèse ne diffère de celle de KISPATIC et TUCAN que par l'idée d'une séparation de la silice.

F. KERNER DE MARILAUN (96) a montré que l'interprétation donnée par KISPATIC et TUCAN des bauxites dinariques, sous la forme de terres rouges (Roterden) fossiles, soulève certaines objections tant au point de vue minéralogique que géologique. Il faut cependant convenir qu'il est difficile d'en donner pour l'instant une meilleure. Il est en tous les cas exclu de voir dans les bauxites dinariques liées aux calcaires, des produits d'altération de roches éruptives, car on ne connaît pas de telles roches à proximité des gisements, ni même à de grandes distances à la ronde; d'autre part un transport par les eaux ou par le vent ne serait admissible que si l'on connaissait de la bauxite en relation avec ces roches éruptives.

Une première objection paraît surgir lorsque l'on compare la faible teneur du résidu insoluble des calcaires du Karst (voir TUCAN, 131) aux amas de bauxite. En effet, pour obtenir 1000 t. de résidu insoluble avec un calcaire à Rudistes qui en renferme 0,3 % environ, il faut dissoudre 123 456 m³ de ce calcaire (densité 2,7). La seconde objection réside dans la différence de composition chimique qui existe entre le résidu de la dissolution du calcaire et la bauxite.

Malgré ces objections, KERNER admet l'hypothèse de KISPATIC et considère les bauxites dalmates comme des « terra rossa » modifiées par le temps et par la pression. Si l'on trouvait de la bauxite dans les terra rossa actuelles, il faudrait se demander ce que sont devenues les terra rossa anciennes ?

Dès 1921, F. v. KERNER (97) considère la bauxite dalmate comme une terra rossa formée sous un climat semi-aride, sans trace d'humus, correspondant à la région des savanes actuelles.

F. KATZER (94) estime que la bauxite peut avoir trois origines différentes :

1. Elle serait un sédiment marin littoral ou néritique, représentant simplement un changement de faciès dans une série sédimentaire continue, sans période d'émersion. La bauxite proviendrait de dépôts de boues fines ayant la composition d'une argile siliceuse. Les irrégularités observées dans le mur (scheinbare Einpressung) seraient dues à des mouvements tectoniques agissant sur des couches de plasticité différente. KATZER ne se hasarde pas à expliquer la transformation des argiles en bauxite. Il indique comme gisement de ce type ceux des couches de Raibl (Trias) de Croatie, celui

de Domanovic en Herzégovine et un certain gisement, situé dans la vallée de la Dreznica au N de Mostar.

2. La bauxite reposant en discordance sur des terrains plus anciens serait d'origine continentale et proviendrait en partie des résidus de dissolution des calcaires et des dolomies, mais surtout des produits d'altération de diverses roches, modifiées et transportées sur l'emplacement des gisements actuels. Tel serait le cas des bauxites de Srebrenica dans l'E de la Bosnie (voir Planche I) qui reposent sur le Trias et sont recouvertes par des terrains néogènes.

Enfin KATZER considère comme bauxite certains cailloutis quaternaires à débris de bauxite d'origine fluvio-glaciaire, répandus en Bosnie occidentale, dans les districts de Kljuc, Petrovac et Krupa.

Dans sa seconde hypothèse KATZER admettait donc une origine continentale.

En 1922, ROTH DE TELEGD (182) discutant l'origine des bauxites de Gant (Hongrie) insiste sur la différence existant entre la terra rossa et la bauxite, qui constitue le point faible de la théorie de KISPATIC et TUCAN, et préfère revenir à l'hypothèse d'une origine latéritique, à partir des roches silicatées de l'ancien massif méridional hongrois dont il a été question dans l'esquisse stratigraphique. La faune et la flore de l'Eocène indiquent suffisamment le caractère tropical ou subtropical de la période précédente. Les latérites formées sur les silicates alumineux et sous un climat tropical auraient été transportées par le vent sur la région calcaire située plus au N. C'est, nous l'avons vu, l'ancienne idée de DIEULAFAIT et cependant, dans le seul fragment qui subsiste du vieux continent hongrois, dans le massif de Velence, on n'a jamais signalé la présence de latérite. L'hypothèse ainsi construite paraît donc assez fragile¹.

En 1928, I. POBOZSNY (175) est d'un avis opposé et se déclare partisan de la théorie de la terra rossa. Il fait donc dériver la bauxite de Gant des résidus argileux provenant de la dissolution de la dolomie principale.

En 1927, HARRASSOWITZ (32) proposait une nouvelle théorie; la «monohydrallite»² ou bauxite des calcaires, ne se

¹ Dans un entretien que j'ai eu l'honneur d'avoir il y a quelques années, avec le professeur K. ROTH DE TELEGD, il m'a fait savoir qu'il avait changé d'opinion et que la théorie de la terra rossa lui paraissait alors plus probable. Il n'a pas, que je sache, publié son nouveau point de vue.

² C'est par ce terme qu'HARRASSOWITZ désigne les bauxites des régions calcaires, par opposition à la «trihydrallite» ou latérite des régions tropicales.

formerait pas par une altération atmosphérique, mais sous l'effet du dynamo-métamorphisme en profondeur; on ne la trouverait qu'à l'état fossile. En 1929, il précisait sa pensée : les bauxites, selon lui, ne se trouveraient que dans les régions fortement plissées, liées à des discordances et probablement à des surfaces continentales. Dans les régions peu plissées, on ne trouverait pas d'allite (bauxite), mais de l'argile rouge (siallitische Roterde), comme dans le Jura suisse (sidérolithique). La monohydrallite serait ainsi une terra rossa écrasée. La désilicification doit se faire sous l'effet d'une pression unilatérale, à température élevée et en réaction alcaline. C'est pour cette raison qu'HARRASSOWITZ désigne aussi la bauxite sous le nom de «tectite».

L'auteur ne nous dit pas ce que devient la silice dans une telle hypothèse. D'autre part, si certaines bauxites de Dalmatie ou d'Herzégovine ont subi réellement des pressions élevées, sous l'effet de phénomènes tectoniques, les gisements d'Istrie ou du massif transdanubien ne portent aucun indice de ce «stress» ou pression tectonique dirigée. Certains dépôts de notre sidérolithique suisse ont certainement été soumis à des pressions bien plus élevées, sans cependant se transformer en bauxite. Pour HARRASSOWITZ, la teneur en alumine finit par devenir un critère de la pression tectonique !

F. BEHREND (8) en 1927, explique la genèse des bauxites des calcaires par la latéritisation des résidus insolubles. Il met en évidence le caractère basique des sols calcaires; mais il admet également que certains calcaires ont pu fournir un résidu latéritique dont la composition correspondait à celle de la bauxite.

DITTLER (146) passant en revue les différentes hypothèses proposées, concluait en 1930 que la question de la genèse des bauxites reposant sur les calcaires n'est pas encore résolue et nécessite de nouvelles études.

A cette époque, J. DE LAPPARENT exposait dans son « Mémoire sur les bauxites de la France méridionale » (45) des vues claires et nuancées sur l'origine de la bauxite :

« La bauxite, dit-il, est une formation d'origine continentale et qui s'est produite à partir « d'argile de décalcification » dont la masse s'est accrue de haut en bas. La bauxite s'est faite à mesure que la masse de ces « argiles de décalcification » s'accroissait, et, d'une manière générale, une bauxite basse dans son gîte est plus jeune qu'une bauxite plus haute ».

« Les bauxites hautes ont généralement évolué en milieu acide et ont acquis de ce fait un caractère siliceux. Les bauxites basses

ont généralement évolué en milieu alcalin : la silice de la matière primitive est plus ou moins complètement éliminée. »

Ailleurs, il écrit :

« Les latérites (et bauxites) actuelles des pays tropicaux rappellent à bien des points de vue les bauxites de la France méridionale que nous venons d'étudier, et il est légitime d'identifier la cause déterminante de la formation de nos bauxites à celle qui a motivé la formation des latérites actuelles. »

« Cette cause déterminante c'est le climat tropical, dont on peut dire que le caractérise l'alternance de saison sèche et de saison humide, sous une température élevée. »

« Cela posé, il est nécessaire d'indiquer qu'entre la matière génératrice des bauxites de la France méridionale et celle des latérites qu'on voit actuellement dans les pays tropicaux, il y a quelque différence. »

POUR J. DE LAPPARENT, c'est donc la bauxite la plus profonde qui serait la plus récente. Si sur ce point en particulier, on peut encore diverger d'opinion, la conception dans son ensemble paraît bien correspondre aux faits observés.

D'autres théories ont encore été proposées depuis lors et peuvent s'appliquer peut-être à certains cas particuliers. Dans leur ensemble, elle n'ont pas apporté de faits nouveaux au problème général.

C. Fox (25) se fondant sur l'observation de quelques gisements renfermant de la bauxite pyriteuse grise, en Istrie, au Monténégro et à l'Untersberg, non loin de Salzburg (Bavière), propose une explication assez curieuse. Il admet que les résidus de la dissolution des roches carbonatées s'accumulent dans les golfes de la côte calcaire. Là, où ils n'ont pas été mêlés à d'autres sédiments et où la proportion des hydroxydes d'aluminium est celle d'une bauxite, ils donneront naissance à de la bauxite grise. Celle-ci après avoir subi une émigration s'enfoncera de plus en plus dans les cavités du calcaire et s'oxydera sous l'action des agents atmosphériques pour se transformer finalement en bauxite rouge. Dans certains cas, il subsistera à l'intérieur des gisements un amas pyriteux gris. Lorsque la bauxite a stationné longtemps il se produit une ségrégation d'hydrate d'alumine sous forme de gibbsite qui lui donne la composition d'une latérite.

G.-H. BEHRE (7) se demande si la bauxitisation a pu se poursuivre jusqu'à nos jours sous l'action de l'acide sulfurique ou des acides humiques.

E.-C. HARDER (29) rappelle que la latéritisation ou la bauxitisation est caractérisée avant tout par l'émigration de

la silice et non par une dissolution puis reprécipitation de l'alumine, et que par conséquent l'action des acides est peu probable dans la latéritisation.

DITTLER et O. KUEHN (84) dans leur étude sur les bauxites du Sanntal, que nous avons déjà discutée plus haut (p. 43) concluent que ces bauxites dérivent des andésites préoligocènes qui se voient à leur contact. Si tel est le cas, bien que cela me paraisse peu probable, nous serions en présence de gisements différents de ceux qui font l'objet de notre travail. Il faudrait alors rapprocher les gisements du Sanntal des latérites d'Antrim (Islande), du Vogelsberg (Hesse) ou de celles de Reichenau (Bohême) récemment décrites par A. ORLOV (57).

A la suite des travaux de B.-W. PERFILJEF, sur les minerais pisolithiques des lacs de Carélie, certains auteurs russes tels que ROZKOVA E. v. et SOBOLEVA (6) ont cherché à reproduire expérimentalement de la bauxite pisolithique en mélangeant des solutions de sels de fer tels que Fe_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ avec des solutions de sels d'alumine : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{AlNH}_4(\text{SO}_2)$, AlCl_3 et de manganèse MnCl_2 , MnSO_4 , etc. Par addition d'ammoniaque, ils obtenaient en milieu acide des structures pisolithiques fragiles, comparables à celles des bauxites. Un excès d'alcali produit la destruction des pisolithes, il se forme alors un gel uniforme d'hydrate de fer et d'alumine. Ces auteurs en déduisent que les bauxites ont dû se former par sédimentation chimique, dans des lacs peu profonds. Les eaux de ces lacs devaient être légèrement alcalines, tandis que les eaux des torrents, chargées de solutions de sels d'Al et de Fe provenant des roches altérées voisines, devaient être acides.

Dans les travaux russes que j'ai eu l'occasion de consulter, la «bauxitisation» est généralement expliquée par ces phénomènes reproduits expérimentalement.

Récemment, G. TELEKI (130) considérant la faible teneur en matière insoluble des calcaires rejetait une fois de plus l'hypothèse des résidus de dissolution et proposait une théorie organogène de l'origine des bauxites. Des boues rouges provenant d'éruptions sous-marines auraient été partiellement désilicifiées par des organismes à test de silice (diatomées, éponges ou radiolaires?). Ce matériel colloïdal aurait été amené dans des golfes abrités et floculé par les ions Cl^- de l'eau de mer.

Origine continentale.

Malgré des opinions si diverses, la plupart des géologues admettent aujourd'hui que la bauxite est une formation continentale. Nous en avons plusieurs indices, soit dans le mode de gisement, soit dans l'aspect de la structure du minerai.

L'irrégularité du mur des gisements étudiés me paraît être l'un des principaux critères d'une origine continentale de la bauxite. Cette irrégularité s'observe particulièrement bien le long des lignes d'affleurement des gisements dalmates ou encore dans la forme de certains gites exploités. Les cavités remplies par la bauxite représentent les dolines d'une ancienne surface karstique, non pas d'un karst jeune, pareil à celui qui longe le rivage adriatique actuel, mais du karst usé, parvenu au stade de plaine de dénudation, voisine de la mer et dont les dépressions sont comblées par les résidus insolubles du calcaires. C'est sur une telle surface qu'ont pu se déposer horizontalement les sédiments lacustres ou saumâtres qui constituent le toit des gisements.

Le toit de la bauxite est généralement constitué par des dépôts continentaux : sédiments lacustres ou saumâtres renfermant souvent des couches à charbon et qui marquent la fin de l'émersion.

Dans la plupart des cas, on peut montrer qu'entre le mur et le toit il existe une lacune dans la sédimentation. Cette lacune est plus ou moins étendue suivant les lieux. En Dalmatie, par exemple, elle se réduit pour l'horizon lutétien, à une période assez courte, tandis que dans le Bakony elle semble avoir duré, pour certains gisements, de la base du Jurassique au début de l'Eocène. Il n'existe généralement pas de discordance entre le toit et le mur. Les quelques cas signalés (WEINHOLZ, 142) sont peu accentués et montrent que les mouvements tectoniques n'ont eu qu'une action faible pendant la phase d'émersion. Les émerisions sont dues à des mouvements épirogéniques.

On ne connaît pour ainsi dire pas de fossile dans la bauxite. Les rares exemples, cités par C. Fox (25) tels que l'empreinte d'un gastéropode, découvert par O. KUEHN dans une bauxite du Monténégro (Danawe ?) et les restes de tiges de plantes et de gastéropodes signalés par T. KORMOS dans un gisement d'Istrie (Verteneglio), sont des cas exceptionnels. Dans la bauxite du Monténégro, on serait en présence d'un gastéropode terrestre ou lacustre de la famille des Clausuli-

dés, dont il est difficile de dire s'il s'agit d'une espèce actuelle ayant pénétré dans la bauxite, ou d'une espèce ayant vécu à l'époque de la formation du gisement. Les fossiles pris dans un ciment bauxiteux, que l'on trouve au sommet de quelques gisements, appartiennent à un niveau supérieur à la bauxite, formé lors de la transgression lacustre ou marine, aux dépens de la bauxite elle-même.

L'absence de stratification et de matériaux clastiques tels que grains de quartz ou paillettes de mica, n'est pas habituelle dans un milieu liquide. Je ne connais que quelques cas de stratification, dans le gisement d'Alsopere (Hongrie) par exemple; mais elle se limite ici à une zone peu étendue et ne représente qu'une exception dans l'ensemble du gisement. La même structure, sans stratification, se retrouve dans les dépôts éluviaux de terra rossa. L'analogie s'étend même à la forme des dépôts et à leur relation avec le calcaire. La structure pisolithique des bauxites n'est pas comparable à celle des calcaires qui a dû se former en milieu marin ou lacustre. Elle semble résulter de la circulation de solutions dans un milieu gélique.

Enfin la couleur rouge brique caractéristique de la plupart des gisements est due à la forme anhydre sous laquelle se trouve le fer (hématite). Elle peut être aussi considérée comme un indice de l'origine continentale de la bauxite et implique des températures relativement élevées, supérieures à 20° d'après LANG (43).

Ces différentes constatations, particulièrement apparentes dans les gisements dinariques, m'ont conduit à ne rechercher la matière génératrice de la bauxite que dans les roches calcaires ambiantes. Pour se dégager du domaine de l'hypothèse dans lequel elle se meut, l'étude de la genèse de la bauxite des régions calcaires nécessite des recherches plus spéciales que la prospection des gisements proprement dits, à laquelle je me suis livré. Elle suppose connue l'analyse de nombreux calcaires, ainsi que l'examen approfondi d'un grand nombre de profils relevés dans les dépôts actuels d'argile de décalcification et de terra rossa. Il suffit d'examiner les travaux de ces dernières années, sur les terres rouges des régions calcaires, pour se rendre compte que les opinions sont ici aussi nombreuses qu'en ce qui concerne la bauxite.

C'est dans la province dinarique que nous trouvons les meilleures conditions pour étudier la genèse de la bauxite. C'est en effet ici qu'ont subsisté les plus grandes étendues calcaires d'Europe. D'autre part les gisements de cette pro-

vince n'ont eu semble-t-il que des périodes relativement courtes pour se former. Ils n'ont donc pas subi, comme dans la chaîne transdanubienne, les remaniements importants qui ont modifié leur position primitive et les font apparaître sous des aspects assez différents de ceux qu'ils avaient à l'origine. C'est donc avant tout en Istrie ou en Dalmatie qu'il faut étudier l'évolution des calcaires et l'allure des dépôts de terra rossa et des gisements de bauxite pour en comprendre l'origine.

CHAPITRE II: LA TERRA ROSSA MÉDITERRANÉENNE.

Cette formation superficielle fréquente dans les régions méditerranéennes tire son nom des argiles rouges du karst. Elle présente, outre sa couleur rouge-ocre, plus ou moins brune, les caractéristiques d'une argile : hygroscopicité, grain très fin, plasticité en présence d'eau. Sa composition peut varier dans d'assez larges limites ainsi que le montre le tableau suivant :

Analyses de terra rossa (d'après E. BLANCK 13).

No		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	P. F.	Alcalis	ki ¹
231	Javornik	35,21	30,26	13,20	0,72	1,50	19,15	—	1,98
232	Karst	60,44	20,46	6,41	0,69	1,21	7,37	—	5,00
233	Zlobin	26,20	39,14	14,03	—	—	18,14	—	0,67
234	Karlobag	35,42	32,89	15,03	0,43	—	15,32	—	1,83
235	Podgor	52,95	9,89	5,73	1,52	1,41	24,80	3,34	9,10

(1400 m.)

Analyses faites au laboratoire de Neuhausen.

No	Herzégovine	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.	CaO	MnO	ki
236	Vranic	46,82	31,05	11,63	1,04	9,46	—	0,54	2,56
237	Vranic	40,76	35,85	10,37	0,90	12,12	—	0,60	1,93
238	Vranic	38,65	35,61	13,03	1,49	12,22	—	0,62	1,84
239	Batim	32,13	35,25	14,92	1,90	14,68	—	0,68	0,91
240	Nenadic	23,17	41,41	15,45	1,94	18,03	—	0,77	0,56
241	Nenadic	21,08	45,54	16,42	2,57	14,39	—	0,79	0,46

Cette composition qu'il est malaisé de caractériser, diffère sensiblement de la composition du résidu insoluble des calcaires en relation avec la terra rossa.

¹ ki est le rapport moléculaire de la silice à l'alumine.

Analyses du résidu insoluble dans HCl des calcaires du lac de Garde
(d'après BLANCK et GIESECKE 11)

N°	Types de calcaires	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
242	Ammonitico rosso brunâtre	78,75	14,03	1,50	4,31	1,49
243	Ammonitico rosso blanchâtre	76,20	17,78	2,50	2,34	0,46
244	Biancone blanc	81,61	10,40	2,42	3,92	1,40
245	Biancone gris	90,20	7,40	tr.	1,60	1,35
246	Calcaire nummulitique	77,72	9,70	4,70	6,41	2,02

Ces premiers résultats montrent que la terra rossa ne correspond pas au résidu insoluble du calcaire. Ce résidu doit subir une modification chimique pour se transformer en terra rossa. Le phénomène consiste essentiellement en une élimination de la silice et un apport de Fe₂O₃.

Il n'est guère possible d'établir des limites nettes entre les diverses substances argilo-alumineuses, telles que le résidu insoluble des calcaires, la terra rossa et les bauxites. Toutes renferment en proportions variables les constituants suivants : SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, H₂O, ainsi que quelques impuretés telles que TiO₂, CaO, MgO, etc. en proportion assez faible. Si l'on considère les quelques analyses précédentes, on peut dire que le résidu insoluble des calcaires est caractérisé par une haute teneur en silice et une basse teneur en oxydes de fer et en alumine. Dans la terra rossa, la teneur en silice est voisine de celle de l'alumine et l'oxyde de fer s'élève jusqu'à 15 %. Lorsque la teneur en silice baisse et l'alumine croît, on passe aux argiles bauxitiques et finalement aux bauxites.

On peut essayer, comme l'a fait TOMKEIEFF (262), d'appliquer la méthode statistique pour classer ces roches. Mais le résultat dépend de l'exactitude des résultats confrontés, du nombre de cas envisagés, et du nombre de variables. Or si l'on possède sur les bauxites plusieurs milliers d'analyses, il n'en est pas de même des argiles de décalcification et des terra rossa. Pour fixer les idées nous considérons le rapport moléculaire de la silice à l'alumine, en faisant abstraction du fer et de l'eau de constitution. C'est le rapport qu'HARRASSOWITZ désigne par *ki* et TOMKEIEFF par *s*. Pour le calculer à partir des données de l'analyse, il suffit d'appliquer la formule suivante :

$$ki = \frac{\% \text{ SiO}_2}{\% \text{ Al}_2\text{O}_3} 1,7$$

Dans la molécule du kaolin, 2H₂O . Al₂O₃ . 2SiO₂, nous avons

$$ki = 2.$$

Pour les valeurs de k_i inférieures à 2, il existe de l'alumine libre dans la substance. C'est au-dessous de cette limite que nous situons les terra rossa proprement dites, tout en remarquant qu'il peut exister des sols rouges dont le rapport k_i est supérieur à 2. Pour ce qui concerne leur limite inférieure, nous la fixons arbitrairement pour une valeur de $k_i : 0,5$, en insistant sur le fait qu'elle ne correspond pas à une solution de continuité, mais à une simple convention de notre part. Les bauxites sont ainsi limitées au domaine pour lequel k_i est compris entre 0 et $0,5$.

Nous obtenons ainsi la série arbitraire suivante :

Argiles de décalcification	$k_i > 2$	
(Kaolin)	$k_i = 2$	
Terra rossa	$0,5 < k_i < 2$	+ Fe_2O_3
Bauxites	$k_i < 0,5$	+ Fe_2O_3 .

Le fait que l'on ne peut établir de limite entre ces différentes substances semble bien montrer que la terra rossa peut se transformer en bauxite et inversement. Il tend à s'établir un équilibre entre les différents constituants, équilibre qui dépend avant tout du climat, c'est-à-dire de la température et du degré d'humidité, ainsi que du pH du sol.

Dans une série de publications (10-16) et en particulier dans le « Handbuch der Bodenlehre » (13), E. BLANCK a résumé les nombreuses hypothèses proposées, ainsi que les problèmes que soulève la terra rossa. C'est la théorie des résidus de dissolution, plus ou moins modifiés, qui semble avoir le plus d'adeptes, tant parmi les géologues que parmi les pédologues.

Il est difficile de dire si la terra rossa est un produit fossile, ou si elle se forme encore de nos jours. J'ai indiqué plus haut que son origine pouvait remonter au début de la dernière émergence de la zone dinarique calcaire. BLANCK et GIESECKE (11) ont montré que dans la région du lac de Garde, la terre rouge paraît avoir commencé à se former au Quaternaire et a poursuivi son évolution jusqu'à nos jours. Mais ces terres rouges diffèrent passablement, au point de vue chimique, des terra rossa que nous trouvons sur le Karst.

Depuis la propagation de la théorie climatique de la formation des sols, on admet que la terra rossa représente un sol caractéristique d'un certain climat méditerranéen. Si tel était le cas, la terra rossa constituerait sur les roches de toute nature, le sol typique des zones à climat méditerranéen. En fait

la terra rossa n'est développée dans la région méditerranéenne que sur les calcaires. A côté d'une influence climatique incontestable, il y a donc une influence de la roche sous-jacente, dont il faut tenir compte.

Le climat des régions où l'on rencontre la terra rossa ne permet pas la formation de dépôts d'humus. Il est caractérisé par une période sèche, succédant à une période humide, ainsi qu'on l'observe sur la côte adriatique : été sec et chaud, suivi d'un hiver doux et pluvieux. La maigre végétation qui apparaît au printemps est presque entièrement détruite par l'ardeur du soleil estival.

Sans être encore certain que la terra rossa se forme de nos jours, il est prématuré de vouloir lui imposer les conditions climatiques actuelles. Depuis longtemps déjà on a émis l'hypothèse qu'il fallait rechercher dans la zone tropicale le climat favorable à la formation des terres rouges. Ce n'est que depuis quelques années que l'on possède des renseignements sur les sols formés dans les régions calcaires tropicales. Selon P. VAGELER (13), les calcaires donnent naissance sous les climats humides et chauds à des sols rouges. Cette tendance s'accroît dans les zones périodiquement humides. A. LACROIX (42) a noté l'intensité des phénomènes de corrosion s'exerçant sur les calcaires de Madagascar. Les argiles de décalcification qui en dérivent paraissent être rougeâtres ou jaunes et renferment de nombreux pisolithes. Il paraît légitime de conclure qu'il se produit aux dépens des argiles de décalcification des phénomènes de latéritisation du même ordre que ceux réalisés aux dépens des roches cristallines.

Dans l'Archipel indonésien, E.-C.-J. MOHR (15) a observé qu'il se forme des terres rouges sur les calcaires purs ou quartzeux, lorsqu'ils sont suffisamment exposés à l'aération et à la sécheresse, des sols bruns dans les mêmes conditions, mais sous un climat sec, des sols truités à minéral pisolitique lorsque la nappe aquifère est élevée, des sols noirs sur les calcaires marneux.

BENNETT et ALLISON (15) ont étudié à Cuba un certain nombre de sols formés sur les calcaires sans faire d'hypothèse sur leur genèse. D'après ces auteurs, on trouve des terres rouges sur les régions plates, mais elles ne paraissent pas former d'horizon caractéristique. La partie supérieure renfermant de la matière organique, devient brune. En profondeur la plupart de ces sols renferment des pisolithes. Les analyses de ces terres rouges rappellent beaucoup celles de la terra

rossa méditerranéenne : elles sont riches en alumine et en fer et pauvres en silice. Et cependant il convient de rappeler qu'on n'a pas rencontré jusqu'à maintenant de bauxite actuelle sur les calcaires situés sous les tropiques.

Ainsi que le remarque E. BLANCK, l'argile rouge des régions calcaires ne se développe complètement que dans des conditions subtropicales.

La concentration du fer semble être un phénomène secondaire dont l'explication n'est pas entièrement élucidée. RAMMAN admet une dissolution du fer dans la couche superficielle faiblement humique et une précipitation dans la couche inférieure au voisinage du calcaire, dont la réaction est basique. La terra rossa représenterait l'horizon « illuvial » (zone de concrétion située au-dessus de la nappe aquifère) par opposition à l'horizon éluvial ou zone de lévigation.

Dans les régions humides, l'action protectrice de la substance humique sur les solutions d'Al et de Fe empêcherait la concentration du fer même au voisinage du calcaire. BLANCK pense qu'il faut faire intervenir en outre un apport de l'extérieur par « diffusion géologique » (LIESEGANG 54).

En résumé les facteurs essentiels à la formation de la terra rossa à partir de l'argile de décalcification semblent être :

- la présence de calcaire en profondeur,
- la présence d'une faible quantité d'humus en surface,
- un climat favorable (qui détermine la quantité d'humus).

Transformation de la terra rossa.

La première phase de transformation consistait dans le passage d'une argile de décalcification quelconque à la terra rossa.

La seconde phase s'opère par la métamorphose de la terra rossa en bauxite.

J'ai dit, à propos des bauxites d'Istrie que l'on constate dans chaque gisement une transformation inverse : bauxite — terra rossa, c'est-à-dire le passage d'une substance alumineuse et ferrique à une matière essentiellement argileuse.

Dans la transformation terra rossa \rightarrow bauxite, il se produit une élimination de silice et un enrichissement en Al_2O_3 , Fe_2O_3 et TiO_2 .

En recalculant les analyses de terra rossa Nos 236 à 241 indiquées ci-dessus, après en avoir soustrait la plus grande partie de la silice (nous n'avons gardé que les décimales), on obtient les résultats suivants :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P. F.
0,82	57,5	21,5	1,93	17,5
0,76	60,0	17,3	1,5	20,0
0,65	57,5	19,4	2,4	19,6
0,13	52,0	22,0	2,8	20,6
0,17	53,5	20,0	2,5	23,4
0,08	57,5	20,1	3,25	18,2

Ces analyses rappellent singulièrement celles des bauxites trihydratées, surtout en ce qui concerne le rapport de l'alumine à l'oxyde de fer. L'oxyde de titane est légèrement inférieur à celui que l'on trouve en moyenne dans la bauxite. Il va sans dire que le phénomène ne consiste pas dans une simple lévigation de la silice ; la forme sous laquelle celle-ci se sépare de la molécule de kaolin n'est pas encore connue. L'alumine résiduelle apparaît probablement sous forme de trihydrate. Dans la latéritisation des feldspaths, A. LACROIX (41) a observé de la gibbsite (trihydrate) à la place du minéral détruit.

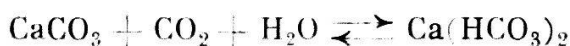
Malgré les obscurités qui subsistent au sujet de la solubilité de la silice et de son mode de transport dans la nature, certaines expériences faites par CORRENS et ses collaborateurs (226, 231), ont permis de préciser les conditions de cette solubilité. Le dosage de la silice ne peut se faire que par gravimétrie.

La courbe obtenue mise en présence des courbes de solubilité du Fe⁺⁺⁺ et de l'Al⁺⁺⁺ est reproduite sur la figure 14. D'une façon générale, la valeur de saturation n'est pas atteinte dans les eaux naturelles. L'eau de mer profonde renferme 2 mg de SiO₂ par litre (WATTENBERG). L'eau des rivières d'Amérique du Nord 2,8 - 9,8 mg de SiO₂ par litre (MOORE, MAYNARD).

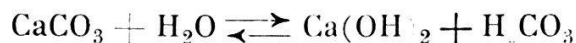
On doit trouver des concentrations supérieures dans les eaux d'altération provenant des régions sèches, ainsi que le prouve la formation de concrétions siliceuses.

Dans ces expériences, on constate que la silice est d'autant plus soluble que le milieu est plus basique, tandis que les ions Fe⁺⁺⁺ et Al⁺⁺⁺ sont insolubles en milieu basique. Ce sont précisément les conditions requises pour la formation des bauxites.

Au cours de la dissolution du calcaire par l'eau renfermant du CO₂, il s'établit l'équilibre suivant :



Le bicarbonate formé, beaucoup plus soluble que le carbonate, est entraîné par la phase liquide. Celle-ci renferme en outre des traces de CaCO_3 dissous, qui se dissocie par hydrolyse en donnant :



Ce dernier acide se décompose en CO_2 et H_2O , de sorte que la solution finale est basique et peut dissoudre la silice de la terra rossa. A cela s'ajoute l'influence d'un climat tel qu'il empêche la formation de trop d'humus¹.

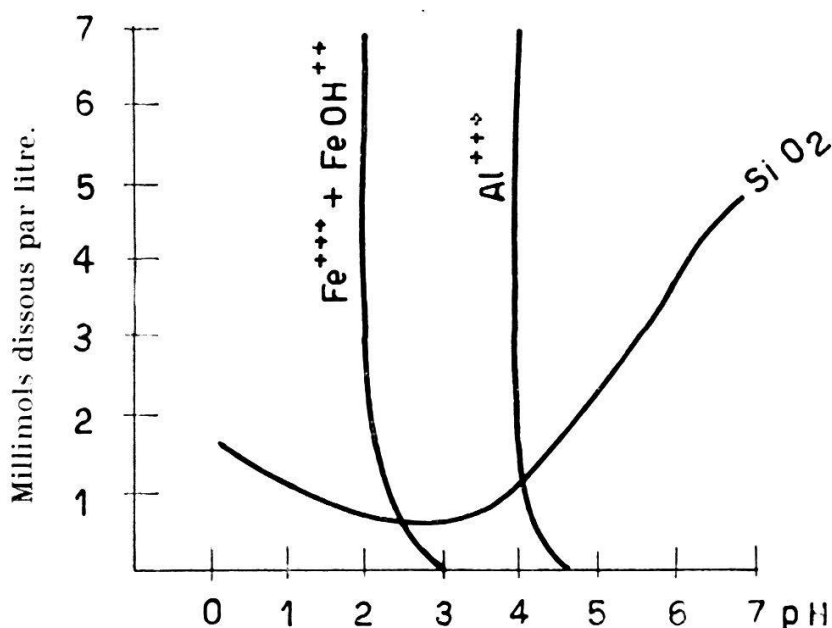


FIG. 14. — Solubilité de Fe, Al et Si en fonction du pH.

Il semblerait à première vue que les conditions favorables à la bauxitisation soient réalisées dans la zone méditerranéenne et cependant on n'y connaît pas de bauxites plus récentes que le Lutétien. La formation sous l'Equateur des latérites actuelles ou quaternaires fait intervenir des réactions quelque peu différentes : le milieu basique est réalisé dans ce cas, et du fait des hautes températures, par l'hydrolyse des silicates alcalins, en particulier des feldspaths.

C'est ici qu'HARRASSOWITZ fait intervenir l'action du temps et de la pression (fossilisation et « anchimétamorphose »). Si l'on ne veut pas s'appuyer sur ces inconnues, il ne reste comme seule variable que le climat, dont l'action chimique complexe paraît plus probable que la pression ou que le temps.

¹ Voir l'explication par P. URBAIN (263, p. 35).

Les quelques données que je possède sur la terra rossa dinarique montrent de grandes variations dans la teneur en silice. En certains endroits, on observe un passage graduel de la terra rossa à la bauxite (plaine de Posuje, Herzégovine). Mais il s'agit, dans ce cas, de dépôts néogènes pouvant provenir du remaniement d'anciens gisements. Ailleurs, où la terra rossa n'a pas de relation avec les gisements de bauxite, la teneur en silice est plus élevée; la terra rossa est alors fréquemment recouverte par des argiles noires, riches en substance humique.

Le problème se complique encore du fait qu'à partir de l'Eocène supérieur, on voit apparaître sur les régions jusqu'alors calcaires de la zone dinarique, des formations marneuses ou argileuses, dont les produits d'altération se mêlant aux argiles rouges, ont pu en modifier l'évolution. Cependant dans la plupart des cas, l'analyse thermique montre qu'il existe de l'alumine libre sous forme de gibbsite. On peut donc affirmer que l'élimination de la silice a commencé à se produire dans la terra rossa. Il est probable que son évolution a été arrêtée par le refroidissement consécutif aux périodes glaciaires, dont on retrouve les vestiges dans les parties élevées du Karst. Au début de l'Eocène et à la fin du Lutétien, le climat du Karst dénudé où s'élaborait la bauxite paraît avoir été plus chaud que le climat actuel, à en juger par la flore des gisements de lignite qui ont recouvert les formations bauxitiques. Ce climat, caractérisé par l'alternance des saisons sèches et humides, était probablement analogue à celui des régions tropicales où s'élaborent les latérites actuelles. Ce n'est en effet que dans les régions chaudes que l'on constate aujourd'hui l'enrichissement en alumine des produits d'altération (latéritisation). Mais ce phénomène ne semble se produire que sur les roches cristallines. On ne l'a pas encore signalé sur les régions calcaires tropicales actuelles¹. En revanche, on connaît en Europe, sur certains massifs basaltiques, des latérites contemporaines des dépôts de bauxite. Ce sont en particulier les latérites préturoniennes de Reichenau (Bohême) décrites par ORLOV (57) renfermant 51 % d'alumine et 6,4 % de silice; celles de Saxe, du Crétacé inférieur, mentionnées par HARRASSOWITZ (31) ne paraissent pas avoir dépassé le stade d'altération kaolinique. L'existence de ces la-

¹ Récemment, on a découvert des gisements de bauxite sur les calcaires de la Jamaïque et de Haïti. On en a signalé également sur des calcaires de l'Etat de Bahia (Barra de Mendes et Correntina) au Brésil (62); mais l'âge de ces dépôts n'a pas encore été précisé.

térites, formées à la même époque que les bauxites, mais légèrement plus au Nord, indique des conditions de formation probablement identiques et comme les latérites actuelles sont cantonnées dans les régions tropicales à climat alternativement sec et humide, nous sommes tentés d'admettre pour la formation de la bauxite le même type de climat. Mais, tandis que les latérites européennes continuent à se former sur les basaltes, jusqu'au Miocène (Vogelsberg), on ne connaît plus de bauxites à partir du Lutétien. Si donc le climat qui leur était favorable a persisté jusqu'au Miocène¹, d'autres conditions ont dû changer sur les régions calcaires pour expliquer l'arrêt de la formation des bauxites. Ce changement nous le voyons dans la sédimentation à partir de l'Eocène supérieur. De calcaire qu'ils étaient, les sédiments deviennent argilo-marneux ou argilo-gréseux, tant en Hongrie que dans la Province dinarique. Dès lors, l'élimination de la silice, encore possible dans les conditions climatiques du début du Néogène, est compensée par des apports argileux venus de l'extérieur; avec l'apparition de sédiments imperméables, l'érosion karstique qui est à l'origine de la genèse de la bauxite, a fait place à une érosion normale avec transports horizontaux. Nous ne retrouvons plus au Néogène que des dépôts de terra rossa, dans lesquels il est vrai nous avons constaté l'existence d'alumine libre sous forme de gibbsite, mais nulle part la silice n'a été éliminée aussi complètement que dans les bauxites crétacées ou éocènes. Il semble donc que la genèse de bauxites récentes se soit amorcée dans les régions karstiques, mais qu'elle n'ait pas pu se poursuivre. Au Pliocène, le climat se refroidit sensiblement en Europe, et c'est à ce moment que disparaît la principale des conditions qui avait permis jusqu'alors la latéritisation d'un certain nombre de roches alumineuses en Europe.

Nous avons supposé que le processus au cours duquel la terra rossa se transforme en bauxite est analogue à la latéritisation. Or on possède aujourd'hui des renseignements assez précis sur les conditions nécessaires à la formation d'une latérite actuelle. C. Fox (25) a résumé ces conditions comme suit :

1. L'existence d'un climat tropical ou sub-tropical, sujet à des alternances de saisons sèches et humides (régime des moussons).

¹ On sait que le climat a dû se refroidir dans l'Europe moyenne entre l'Eocène et le Miocène. La molasse aquitanaise de Lausanne est beaucoup plus riche en palmiers que la molasse tortonienne d'Oeningen, ainsi qu'OSWALD HEER l'avait déjà montré (Le monde primitif de la Suisse).

2. Une surface topographique faiblement inclinée et qui ne soit pas soumise à une érosion appréciable.

3. Des affleurements de roche de composition chimique convenable (c'est-à-dire renfermant de l'alumine et de l'oxyde de fer en quantité suffisante), et dont la structure soit poreuse pour permettre aux eaux atmosphériques de les traverser.

4. La possibilité aux eaux d'infiltration de rester pendant une longue période chaque année en contact avec la roche en voie de transformation.

Dans les régions perméables du Karst, de telles conditions ne sont réalisées que dans certains bassins particuliers : les poljés, dont le niveau est situé entre les limites de variation annuelle du niveau hydrostatique. Ces poljés sont inondés pendant toute la période durant laquelle leur écoulement est inférieur aux venues d'eau des sources vauclusiennes qui les alimentent. Le reste du temps ils sont à sec.

La surface du poljé est généralement irrégulière comme toute surface calcaire, et ne devient plane que lorsque le poljé est partiellement rempli de matériel éluvial.

Tant qu'il n'existe pas de roches imperméables dans le voisinage immédiat, le poljé ne se remplit que d'argile de décalcification ou de terra rossa provenant des régions calcaires voisines. Ce dépôt se fendille par dessiccation au point de devenir partiellement perméable à l'eau.

Les eaux qui alimentent le poljé ayant traversé des calcaires sont devenues légèrement alcalines.

Il suffit alors de faire intervenir un climat assez chaud pour voir réalisées les conditions que nous avons énumérées ci-dessus.

La seule objection que l'on puisse faire réside dans le fait que l'on ne retrouve pas dans le gisement de bauxite le profil latéritique typique, avec sa zone de départ et sa zone de concrétion. La transformation en bauxite s'opère sur des épaisseurs variables, et jusqu'au voisinage du calcaire du mur.

On peut se demander ce que devient la silice éliminée des amas de terra rossa. Les rares concentrations de silice que l'on connaisse à proximité des gisements de bauxite ne semblent pas avoir de relation avec ces derniers. Ce sont par exemple les amas de sable de quartz connus en Istrie sous le nom de saldame. Ils forment des amas irréguliers liés aux calcaires cénomaniens, ainsi qu'a pu le montrer d'AMBROSI (57). D'autre part on a signalé dans la dolomie triasique des environs de Budapest des nodules de calcédoine (cherts); mais la silice de ces nodules provient de divers organismes dont

on retrouve les traces au microscope (Radiolaires, spicules d'éponges). Il paraît plus probable que la silice reste en solution et finit par être transportée jusqu'à la mer, à travers les crevasses du calcaire, sans parvenir à précipiter.

Si l'aboutissement de l'altération atmosphérique des roches les plus diverses, semble être, dans certaines conditions climatiques définies, un gel alumino-ferrique, de composition chimique déterminée, il n'en reste pas moins que cette évolution suit des voies différentes selon qu'elle s'opère sur une surface perméable (roche carbonatée) ou sur un soubassement imperméable (roche éruptive).

La terra rossa des régions calcaires subit un transport très lent qui finit par l'acheminer dans les dépressions de la surface karstique. Ce déplacement lent de l'éluvion s'opère dans un milieu légèrement alcalin, qui favorise l'élimination de la silice. Il n'est pas encore démontré si cette élimination se produit pendant le transport déjà, ou si elle ne s'opère que dans le bassin d'accumulation. Néanmoins cette évolution diffère sensiblement de l'altération «in situ» des roches éruptives qui donnent naissance à la latérite primaire. C'est cette différence de formation qui nous engage à maintenir une distinction entre deux types de bauxites voisines au point de vue chimique : la *bauxite latéritique* et la *bauxite de terra rossa*. Pour la commodité du langage on peut les réunir sous le terme d'*allite* créé par HARRASSOWITZ.

La bauxite¹ nous apparaît ainsi comme un faciès caractéristique des régions calcaires. Elle est l'indice d'un épisode continental et suppose le développement d'un cycle karstique complet. La forme des gisements variera selon l'ampleur du soulèvement et le degré d'évolution de la surface karstique. Si la période d'émersion se prolonge, les gisements primaires subiront des remaniements qui peuvent finir par leur donner l'aspect d'une couche.

CHAPITRE III : LES CALCAIRES DU MUR.

Le soubassement de toutes les bauxites examinées est constitué par du calcaire ou de la dolomie. Cette roche perméable² est toujours altérée au contact de la bauxite sur une épaisseur variant de 5 à 50 cm. Le calcaire altéré se présente sous forme d'une matière crayeuse, qui se réduit entre les doigts en une

¹ Bauxite proprement dite.

² Les massifs calcaires ou dolomitiques ne sont perméables que par les fissures qui les sillonnent; ils sont dits perméables en grand.

poudre dont la grosseur du grain peut varier de la farine au sable fin. La composition du calcaire altéré a légèrement changé par rapport à celle de la roche primitive.

Analyse d'un calcaire du Malm.

Mur de la bauxite du Bihar (Roumanie).

No		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P. F.
247	Echant. sain	tr.	0,11	0,08	55,96	0,09	43,81
248	Echant. altéré	0,60	0,19	0,19	55,23	0,11	43,56

On constate un enrichissement de l'insoluble et des sesquioxides et une légère baisse de la chaux. Il n'est cependant pas possible de tirer des conclusions de ce seul exemple. Ce n'est que sur un grand nombre d'analyses des différentes roches qui ont pu contribuer à former l'argile de décalcification, que l'on pourra préciser le processus de la genèse de la terra rossa et de la bauxite. TUCAN (131) a publié de nombreuses analyses de roches carbonatées de Croatie, dans lesquelles le total de l'insoluble et des sesquioxides dépasse rarement 0,50 %, ce qui montre la grande pureté des calcaires et des dolomies du Karst.

Dans le massif central hongrois, j'ai indiqué que la bauxite pouvait avoir pour roche mère les calcaires jurassiques ou le Crétacé inférieur, dont il ne subsiste que quelques îlots; la partie supérieure du Trias : le calcaire du Dachstein ou la dolomie principale n'ont dû contribuer que pour une faible part à l'élaboration de ces gros dépôts éluviaux.

Je ne possède malheureusement pas d'analyses des calcaires jurassiques. A. FÖLDVARI (151) donne la teneur en insoluble, Fe₂O₃ et MnO₂ de quelques-uns de ces calcaires.

Je les indique à titre de comparaison :

	Insol.	Fe ₂ O ₃ 0,0	MnO ₂ 0,0
Calc. de Dachstein d'Eplény	—	0 05	0 016
Calc. rouge : Lias inf. (Urkut)	0,67	0,18	0.015
Calc. rouge clair : Lias inf. (Urkut)	0.83	0.34	0.03
Calc. rouge violet : Lias (Urkut)	0,36	0.20	0.008
Calc. rge à Céphalop. Lias moy. (Urk.)	1.22	0.37	0.04
» » Lias sup. (Kardosrét)	1,40	0.35	0.02
» » Dogger (Zirc)	1,32	0.28	0.07
» » Tithonique (Borzavar)	8,34	0.69	0.06

Si l'on admet que la teneur en alumine est égale à celle en Fe₂O₃ (elle est généralement supérieure à 1 00), on constate que ces calcaires fortement colorés en rouge sont moins

purs que ceux du Karst dinarique. Un calcul sommaire montre, en supposant pour les calcaires de la Province dinarique une teneur en résidu insoluble de 0,5 % et pour ceux du massif central hongrois une teneur de 1 %, qu'on obtient les chiffres suivants :

	Résidu insoluble	
	P. dinarique	Massif hongrois
1 m ³ de calcaire (2700 kg.) donne :	13,5 kg.	27 kg.
1 km ² , sur 1 m. de puissance, donne :	13 500 tonnes	27 000 tonnes

Sous cette forme, ces chiffres paraissent plus vraisemblables que sous la forme indiquée par WEIGELIN (141) qui suppose que pour obtenir une couche de 0,8 m. de bauxite, il faut dissoudre une épaisseur de 150 m. de calcaire. On sait que la bauxite ne forme jamais une couche continue; dans la Province dinarique, elle n'apparaît en masses d'une certaine épaisseur que dans des zones restreintes. Dans le Massif transdanubien, il est vrai, elle forme avec la terra rossa des gisements de grandes étendues. Ce type de gisement-couche serait dû à une teneur plus élevée en matières insolubles des calcaires et une durée plus longue de la période d'émersion pendant laquelle il s'est formé.

On a vu que J. DE LAPPARENT (45) considère l'argile de décalcification et par suite la bauxite, comme formées de haut en bas, c'est-à-dire « in situ ». Dans une telle hypothèse il faut envisager des épaisseurs considérables de calcaires dissous pour obtenir une faible épaisseur de bauxite. Pour ma part, la terra rossa, tout en conservant les caractères d'un dépôt éluvial, se déplace lentement sur la surface calcaire et finit par s'accumuler dans les fonds de dolines occupant les régions basses de la plaine d'abrasion; ce n'est qu'ainsi que j'explique la concentration en amas de plusieurs milliers de tonnes d'un résidu dont la proportion est si faible dans le calcaire.

CHAPITRE IV : EVOLUTION DE LA BAUXITE (DIAGÉNÈSE ET MÉTAMORPHISME).

Une fois formé, le gel alumino-ferrique qui résulte par hypothèse de l'élimination de la silice d'une terra rossa, poursuit son évolution pour se transformer en bauxite que nous observons aujourd'hui. Cette évolution s'opère dans un milieu imprégné d'eau, sans qu'il se produise de déplacement important des éléments constituants. Ceux-ci ne font que se

grouper selon leurs affinités déterminant ainsi la structure de la roche. C'est à cette phase de la diagénèse que se forme la structure pisolithique ou perlitique et que commencent à cristalliser les hydrates d'alumine. On peut imaginer deux cas d'évolution : soit que la substance en voie d'élaboration reste émergée; il s'établit alors un équilibre qui dépend du climat local; soit que les dépôts alumineux soient envahis par les eaux et ensevelis sous des sédiments lacustres ou marins. Dans le premier cas, il semble que la phase stable de l'hydrate d'alumine soit réalisée dans la gibbsite; c'est en effet elle qui se forme dans les latérites actuelles. Dans les gisements ensevelis peu après leur formation sous des sédiments, ce serait plutôt la boehmite qui se formerait. Les plus beaux cristaux de boehmite découverts par J. DE LAPPARENT se trouvaient sous des formations charbonneuses, à Pereille (Ariège) et dans l'Ayrshire (Ecosse); aussi cet auteur estime-t-il que ce sont les eaux humiques qui sont responsables de la cristallisation de la boehmite. Quant au diaspoire il semble ne se former que dans les régions de l'écorce terrestre où la température est supérieure à la température critique de l'eau (370° C).

Se fondant sur les conditions de gisement de ces divers types de bauxite, J. DE LAPPARENT (46) admet qu'ils se sont formés à différents niveaux de l'écorce terrestre :

- les bauxites à gibbsite se forment au-dessus des eaux;
- les bauxites à boehmite, au niveau des eaux;
- les bauxites à diaspoire, au-dessous du niveau des eaux.

Quoiqu'il existe des passages lithologiques entre les trois bauxites, ces passages ne résulteraient pas de transformations minéralogiques d'une type à l'autre. Il y aurait ainsi une relation entre la cristallisation de la bauxite et le phénomène de subsidence.

Nous avons vu que dans la province dinarique les trois types de bauxite correspondent à trois périodes différentes (p. 116). Dans le Massif transdanubien les relations entre ces divers types sont plus complexes. La bauxite de Nésza, à diaspoire, occupe une position analogue aux bauxites à boehmite de Nyirad ou aux bauxites à gibbsite d'Halimba; en outre elle ne présente aucune des marques d'écrasement que l'on observe sur les bauxites à diaspoire de Grèce ou du Bihar. On retrouve la même formation charbonneuse au-dessus des bauxites à boehmite que des bauxites à gibbsite. La seule influence qu'elle semble avoir exercée semble être la formation de concrétions d'alunite ou de cristaux de pyrite et de

bauxite bleuâtre. Enfin, les bauxites à boëhmite et les bauxites à gibbsite, étroitement liées, apparaissent aussi bien dans les gisements voisins de la surface qu'à plus de 300 m. de profondeur sous le bassin à charbon de Tatabanya.

Ces conditions de gisement ne laissent pas apparaître si clairement une relation avec chacun des types de bauxite.

HUETTIG et WITTGENSTEIN (241) ont montré qu'il est possible de transformer expérimentalement la gibbsite en boëhmite (après 24 h. à 370° C, sous 20 atm.). D'autre part, un gel d'hydrate d'alumine obtenu par l'addition d'ammoniaque dans une solution de chlorure d'alumine, se transforme par vieillissement (3 mois) en boëhmite. En revanche la transformation de la boëhmite en diaspore n'est pas réalisable au laboratoire, ce qui ne signifie pas nécessairement que cette transformation ne soit pas possible dans la nature¹.

Il nous semble pour l'instant que la gibbsite représente la forme initiale sous laquelle cristallise l'hydrate d'alumine, dans les produits d'altération superficielle. Sous l'effet d'une pression relativement faible² et à condition que l'eau d'hydratation trouve moyen de s'échapper, la gibbsite se transformerait en boëhmite, sans l'intervention de solutions humiques. L'origine du diaspore est plus difficile à expliquer. Il paraît résulter d'une influence thermique sensible et d'une pression plus élevée; il représenterait ainsi un degré de métamorphisme plus avancé qui aboutit finalement, lorsque la température est suffisamment élevée, aux émeris de l'Archipel grec, si bien décrits dans une série de publications par J. DE LAPPARENT (47, 49).

¹ La synthèse du diaspore aurait été réalisée à partir de la boëhmite, à 400° C, sous pression dans un milieu aqueux et en présence de cristaux de diaspore d'ensemencement (LAUBENGAYER, A.-W. and WEISZ, R.-S., *J. Am. Chem. Soc.* 65, 247, 1943).

² due au poids des sédiments qui recouvrent le gisement.

CONCLUSIONS

Au terme de cette étude sur les bauxites de l'Europe centrale, il me reste à dégager les principaux résultats auxquels je suis parvenu.

1. Conformément à la terminologie adoptée par C. Fox (25), je distingue deux types de bauxite : *la bauxite de terra rossa* ou bauxite proprement dite, dont la roche mère paraît être un calcaire ou une dolomie et *la bauxite latéritique* ou latérite alumineuse qui provient de l'altération d'une roche cristalline; toutes deux constituent le minerai d'aluminium et peuvent être groupées sous le nom d'*allite*. (HARRASSOWITZ).

2. Les allites d'Europe centrale ne sont presque exclusivement que des bauxites de terra rossa fossiles. Un seul gisement de bauxite latéritique a été décrit près de Reichenau sur la Knezara, en Bohême. (A. ORLOV, 50). Un second groupe de gisements, celui des allites du Sanntal, dans les Alpes de Steiner, est d'origine douteuse. Bien qu'elles reposent en grande partie sur la dolomie du Trias, O. KUEHN et DITTLER (79) font dériver ces bauxites d'une andésite voisine, d'âge indéterminé (probablement tertiaire).

3. Le mur de la plupart des gisements de la Province dinarique est calcaire, celui de la majorité des gisements transdanubiens est dolomitique.

4. Malgré la grande variété de formes que l'on rencontre parmi les gisements de bauxite, deux caractères morphologiques restent constants, l'irrégularité du mur opposée à la régularité du toit.

5. L'absence de stratification, de fossiles et d'éléments détritiques tels que les paillettes de mica ou les grains de quartz, enfin l'irrégularité du mur qui en certains points rappelle une surface karstique, impliquent une origine continentale de la bauxite.

6. On trouve en Europe centrale plusieurs horizons superposés de bauxite, supposant des émerSIONS successives. C'est ainsi qu'on compte trois horizons bien déterminés dans la Province dinarique :

au Trias supérieur.
au sommet du Crétacé supérieur
et à l'Eocène moyen,

et deux horizons dans le Massif transdanubien de Hongrie :
au Crétacé inférieur
et au sommet du Crétacé supérieur

7. On ne connaît pas dans toute l'Europe de bauxite proprement dite qui soit plus récente que le Lutétien.

8. Les dépôts continentaux formés sur les calcaires au Néogène et au Quaternaire, abstraction faite des alluvions provenant des terrains imperméables, sont constitués par des amas de terra rossa.

9. On ne constate pas de différence essentielle entre la forme d'un dépôt de terra rossa et celle d'un gisement de bauxite. La seule différence entre ces deux roches réside dans la composition chimique : la terra rossa contient, à côté d'une quantité variable de gibbsite, une proportion beaucoup plus élevée en silice.

10. La bauxite résulte donc vraisemblablement d'une terra rossa, par élimination graduelle de la silice.

11. Les facteurs de cette transformation sont d'une part le pH du milieu, d'autre part le climat, qui réunit la température et le degré d'humidité. Sur la base des expériences faites par CORRENS et ses collaborateurs, la solubilité très faible de la silice augmente avec l'alcalinité, tandis que les solubilités de l'oxyde de fer et de l'alumine diminuent; or le milieu alcalin est réalisé sur les calcaires.

12. L'action du climat est encore mal connue. Il semble que le climat le plus favorable à la formation des bauxites soit celui sous lequel il se forme des latérites de nos jours : c'est-à-dire un climat de savanes, tropical ou subtropical, avec alternance de périodes sèches et humides.

13. Le changement de climat que l'on observe en Europe depuis le Néogène (refroidissement graduel) explique la raison pour laquelle on n'y trouve pas de bauxite récente. Il resterait en revanche à expliquer pourquoi l'on ne trouve pas de bauxite sur les massifs calcaires des régions tropicales actuelles; mais ce problème sort du cadre de cette étude.

14. Enfin, nous avons observé en Europe centrale les trois types de bauxite connus :

la bauxite à gibbsite (ou hydrargillite)
la bauxite à boehmite
et la bauxite à diaspore.

15. La bauxite à gibbsite représente, semble-t-il, la forme de l'hydrate d'alumine stable sous la pression atmosphérique;

la boehmite serait un résultat de la diagénèse, sous une pression peu élevée; le diaspore résulterait de la transformation de la boehmite sous une pression et une température plus élevées et marquerait un premier degré de métamorphisme.

Partis du Nord de la mer Adriatique, nous avons suivi les gisements de bauxite le long de la Dalmatie et de l'Herzégovine jusqu'aux confins du Monténégro. On les connaît encore dans le Nord de l'Albanie, puis, après une interruption due à l'apparition de faciès argileux, on les retrouve en plusieurs endroits de la Grèce. Sur le rivage opposé de l'Adriatique la bauxite réapparaît sur les plateaux calcaires des Pouille et dans les Abruzzes.

Au Nord, nous l'avons signalée dans les Alpes Juliennes, dans les Alpes de Steiner et tout le long du Massif central hongrois. Elle apparaît enfin dans le petit massif calcaire d'Harsany, qui se dresse au centre du Bassin pannonique. Vers l'Est, on ne la voit réapparaître qu'avec les faciès calcaires, dans le plateau disloqué du Bihar, contrefort du Massif montagneux de Transylvanie.

Dans tout cet ensemble, le gisement le plus septentrional que nous ayons rencontré est celui de Nézsza, situé à l'Est du coude du Danube, légèrement au Sud du 48^e degré de latitude Nord. Il semble que ce soit la limite extrême des bauxites d'Europe. Il faut franchir l'Oural pour retrouver sur les calcaires, des gisements plus septentrionaux (bauxite de Krasnoja Chapotchka¹). Mais il s'agit dans ce cas de bauxites dévonienues, par conséquent beaucoup plus anciennes que celles d'Europe centrale. En revanche, on trouve quelques gisements de latérite fossile au Nord de cette limite.

Nous voyons donc qu'en Europe centrale les bauxites se forment du Trias supérieur à l'Eocène moyen et qu'elles sont cantonnées entre le 40^e et le 48^e degré de latitude Nord.

C'est pendant le Crétacé et au début de l'Eocène que cette zone semble avoir présenté les conditions les plus favorables à la genèse de la bauxite (voir tableau V, p. 146).

Cette étude est loin d'avoir résolu tous les problèmes que pose la formation de la bauxite. Elle n'a eu pour but que de fixer quelques-uns des résultats acquis au cours de plusieurs années de recherches.

¹ La bauxite de Tichwin, située sur la bordure du Bassin carbonifère de Moscou, au S-E du Lac Ladoga, repose sur les argiles et les grès du Dévonien supérieur. Sans posséder de plus amples détails, il est prématuré de vouloir la ranger dans l'une ou l'autre des catégories adoptées. Nous la considérons provisoirement comme une allite.

TABLEAU IV.

Minéraux essentiels des bauxites.

Minéral et formule	Couleur	Pd. s.	Dureté	Sys. cr.	Indices			Biréf.	Sig. op.	Cliv.
					n_p	n_m	n_g			
GIBBSITE (Hydrargillite) $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	incolore	2,3	2,5-3,5	M	1,567		1,589	0,025	+	(001)
BOEHMITE (Bauxite) $Al_2O_3 \cdot H_2O$	incolore	3,014	—	O		1,65		0,020		(010)
DIASPORE $Al_2O_3 \cdot H_2O$	incolore brunâtre	3,3 à 3,5	6-7	O	1,702	1,722	1,750	0,048	+	(010)
CORINDON ¹ Al_2O_3	incolore bleuâtre	3,9-4,1	9	R		1,760	1,769	0,009	—	(0001)
LEPIDOCROCITE ² (Rubinglimmer) $Fe_2O_3 \cdot H_2O$	brune	3,97	5	O	1,94	2,20	2,51	0,57		(010)
GOETHITE ³ (Nadeleisenerz) $Fe_2O_3 \cdot H_2O$	brun-noir	4,28	5-5,5	O	2,26	2,394	2,40	0,14	—	(010)
OLIGISTE (Hématite) Fe_2O_3	gris acier rouge	4,9 à 5,3	5,5-6	R	—	—	—	—		
KAOLINITE $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$	incolore	2,2 à 2,6	2-2,5	M	1,561	1,564	1,567	0,006	+ (—)	(001)
HALLOYSITE $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$				Amorphe		1,542				

¹ Ne se trouve que dans certaines bauxites.

² Ne se trouve pas dans les bauxites.

³ Il convient de rappeler qu'il existe une certaine confusion dans la nomenclature des monohydrates de fer. Le terme de Goethite, créé par LENZ en 1806, désignait à l'origine le Rubinglimmer c'est-à-dire la lépidocrocite d'Eisfeld. Plus tard il a été appliqué aux cristaux de Cornwall. A. LACROIX a subdivisé les monohydrates de fer en deux espèces :

la goethite (forme α)

la lépidocrocite (forme γ).

De son côté K. WILLMANN et les auteurs allemands ont adopté la terminologie suivante :

Nadeleisenerz = Goethite des Français (forme α) Rubinglimmer = Lépidocrocite des Français (forme γ .)

(Voir GOLDSZTAUB Bibl. 28, et GMELIN's Handb. Anorg. Chem. 8. Aufl. Eisen. Teil A, Abt. I, System Nr. 59.)

TABLEAU V

		ESPAGNE	FRANCE	ITALIE	YOUGOSLAVIE	GRÈCE	AUTRICHE	HONGRIE	ROUMANIE	RUSSIE
QUATERNAIRE PLIOCÈNE MIOCÈNE OLIGOCÈNE										
ÉOCÈNE	SUPÉRIEUR									
	MOYEN				Dalmatie (G)					
	INFÉRIEUR			Istrie (B)	Bosnie- Herzégovine (B)			Sümeg (B)		
CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR			Abruzzes Pouille (B)						
	MOYEN	Lérída (B)	Var (B) Hérault				Laussa (B)	Ajka Alsopere (G et B)		
	INFÉRIEUR		Ariège Fenouillet (D)		Monténégro (B)			Harsany (B et D)	Bihar (D)	
MALM JURASSIQUE DOGGER LIAS						Parnasse (D)				
TRIAS	SUPÉRIEUR				Croatie (B et D)					
	MOYEN									
	INFÉRIEUR									
PERMIEN CARBONIFÈRE										
SUPÉRIEUR DEVONIEN MOYEN INFÉRIEUR										Tichwin (B) Oural (D)
SILURIEN CAMBRIEN										

TABLEAU COMPARATIF DES BAUXITES D'EUROPE

B = Bauxite à boehmite. G = Bauxite à gibbsite. D = Bauxite à diaspore.

BIBLIOGRAPHIE

Les ouvrages indiqués dans la liste bibliographique ont été subdivisés en quatre groupes selon le sujet traité et classés par ordre alphabétique des noms d'auteurs. Les références données dans le texte sont indiquées par le numéro d'ordre de la liste, placé entre parenthèses. Les ouvrages qui traitent particulièrement de la bauxite sont marqués d'un astérisque placé après le numéro d'ordre. L'explication des abréviations est donnée à la fin de la liste. Les chiffres entre parenthèses indiquent la page de la publication.

I. GENERALITES

1. AGAFONOFF, V. — Les sols de France au point de vue pédologique. Dunod, Paris, 1936.
- 2* ARSANDAUX, H.-M. — Sur la composition de la bauxite. *C. R. Ac. Sc.*, vol. 148, 1909 (936-938, 1115-1118).
- 3* BATALLER CALATAYUD, J.-B. — Las Bauxitas del Pireneo de Lerida. *Mem. R. Acad. Cienc. Barcelona*, vol. 27, 1943.
4. BAUER, M. — Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.* II, 1898 (192).
5. — Beitrag zur Kenntnis des Laterits, insbesondere dessen von Madagascar. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.*, Festband 1907. (33-90).
- 6* Bauxites. — *Trans. of the All. Un. Sc. Research Inst. Ec. Min.* Vol. 1, fasc. III, Moscou, 1936.
- 7* BEHRE, C.-H. — Origin of Bauxite Deposits. *Ec. Geol.*, T. 27, 1932 (678).
- 8* BEHREND, F. u. BERG, G. — Chemische Geologie, IV. Teil (294). F. Enke, Stuttgart, 1927.
- 9* BERTHIER. — Analyse de l'alumine hydratée des Baux. *An. des Mines*, T. VI, 1821 (531-534).
10. BLANCK, E. u. SCHEFFER. — Rote Erde im Gebiet des Gardasees. *Ch. d. Erde*, T. 2, 1926 (149).
11. — u. GIESECKE, F. — Ueber die Entstehung der Roterde... etc. *Ch. d. Erde*, T. 3, 1928 (44).
12. — Nochmals zur Frage der Entstehung der Terra rossa... etc. *Ch. d. Erde*, T. 5, 1930 (43-47).
13. — Handbuch der Bodenlehre, Bd. III (194-257); Bd. IV (225-305). J. Springer, Berlin, 1930.
14. — u. MELVILLE, R. — Ein Beitrag zur Lösungs- od. Rückstandstheorie. *Ch. d. Erde*, T. 12, 1939-40 (104).
15. — u. MELVILLE, R. — Ueber die S. deutschen Roterdebildungen, etc. *Ch. d. Erde*, T. 14, 1942 (IV. Teil).
16. — u. MELVILLE, R. — Idem. VI. Teil, Experimentell. Teil. *Ch. d. Erde*, T. 15, 1943 (169-276).

17. BUCHANAN, F. — A Journey from Madras through the Countries of Mysore, Canara and Malabar, London, 1807.
18. CAYEUX, L. — Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées (Calcaires et dolomies). Masson, Paris, 1935).
- 19* COLLOT, L. — Age des bauxites du S-E de la France. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 3e sér., T. XV, 1887 (331).
- 20* DAMMER, B. u. TIETZE, O. — Die nutzbaren Mineralien, Bd. 1 (279). Stuttgart, 1927.
- 21* DITTLER, E. u. DOELTER, C. — Zur Charakteristik des Bauxites. *Centralbl. f. Min.*, 1912.
- 22* DOELTER, C. — Handb. der Mineralchemie, Bd. III (148), 1926.
23. FLEURY, E. — Le sidérolithique suisse. *Mém. Soc. Fribourg. Sc. nat. Géol. et Géogr.*, vol. 6.
- 24* FOX, C. — The Bauxite and Aluminous Laterite Occurrences of India. *Mem. Geol. Surv. of India*, Vol. 49, 1923.
- 25* — Bauxite and Aluminous Laterite. 2d Ed. Tech. Press, London, 1932.
26. FUCHS, TH. — Zur Bildung der Terra rossa. *Verh. k. k. geol. R. A. Wien*, 1875 (196).
- 27* GMELIN'S. — Handbuch der anorganischen Chemie. System Nr. 35, 1934. «Aluminium», Teil A, Lief. 1, Chemie G. m. b. H., Berlin.
28. GOLDSZTAUB, S. — Etude de quelques dérivés de l'oxyde ferrique (FeO.OH , FeO.2Na , FeOCl). Détermination de leurs structures. *Bull. Soc. Fr. Minér.*, 1935 (6, 76).
- 29* HARDER, E.-C. — Ore of Aluminium, dans EDWARDS, FRARY, JEFFRIES : The Aluminium Industry, 1st ed., Mac Graw, London, 1930.
- 30* HARDER, E.-C. — Origin of Bauxit Deposits. *Ec. Geol.*, T. 28, 1933 (395).
- 31* HARRASSOWITZ, H. — Laterit. *Fort. d. Geol. u. Pal.*, Bd. IV, 1926 (253-566).
- 32* — Bauxitstudien. *Met. u. Erz*, Bd. 24, 1927 (181).
- 33* — Die weltwirtschaftlich wichtigste Bauxitausbildung. *Met. u. Erz*, Bd. 24, 1927 (589).
- 34* — Südeuropäische Roterde. *Ch. d. Erde*, T. 4, 1928.
- 35* — Allit (Bauxit) Lagerstätte der Erde. *Naturw.*, 17. Jahrg., H. 48, 1929 (928-931).
36. — Silicium, Aluminium, Eisen im Wechsel der Verwitterungsvorgänge. *Zft. f. angew. Chem.*, 43. Jahrg., 1930 (185).
37. — Tropischer Bauxit. *Met. u. Erz*, Bd. 38, 1941.
38. HELLMERS, J.-H. — Der Begriff «Laterit». *Zft. deutsch. geol. Ges.* 93, 1941 (377-384).
- 39* LACHMANN, R. — Neue Ostungarische Bauxitkörper u. Bauxitbildung überhaupt. *Zft. f. prakt. Geol.* 16. Jahrg., 1908 (358).
- 40* LACROIX, A. — Minéralogie de la France et de ses colonies, T. III, 1901-09 (342).

41. LACROIX, A. — Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. *Nlle Arch. Museum Hist. nat.*, 5^e sér., T. V., 1913 (255-358).
42. — Minéralogie de Madagascar (Altération des roches), T. III, Paris, 1923 (91-149).
43. LANG, R. — Die klimatischen Bildungsbedingungen des Laterits. *Ch. d. Erde*, T. I, 1915 (134-154).
- 44* DE LAPPARENT, J. — Les minéraux des bauxites françaises. *Bull. Soc. Fr. Min.*, T. 53, 1930 (255-273).
- 45* — Les bauxites de la France méridionale. *Mém. Carte géol. de la Fr.*, Paris, 1930.
- 46* — Raisons géologiques de la formation des trois hydroxydes d'aluminium naturels. *C. R. Congr. int. Géol. appl.*, Paris, 1935 (375).
47. — Emeris de Grèce et bauxites. *C. R. Ac. Sc.*, T. 197 (75), 1933.
48. — D'une latérite, d'un calcaire lacustre et des roches pisolithiques en général. *Bull. Carte. géol. d'Alsace-Lorraine*, T. 2, Fasc. 2, 1935.
49. — Composition minéralogique, structure et origine des émeris de Turquie. *C. R. Ac. Sc.*, T. 223 (227), 1946.
50. — La géochimie du chemin des profondeurs dans le passage des bauxites aux émeris. *C. R. Ac. Sc.*, T. 223 (265), 1946.
- 51* DE LAUNAY, L. — Traité de métallogénie, T. II (231), Paris, 1913.
52. LEHMANN, O. — Die Hydrographie des Karstes. *Enzyklopädie der Erdkunde*. Fr. Deuticke, Leipzig-Wien, 1932.
53. ZU LEININGEN, GRAF. — Die Roterde als Lösungsrest mariner Kalkgest. *Ch. d. Erde*, T. 4, 1930 (178).
54. LIESEGANG, R.-E. — Geologische Diffusionen. Dresden u. Leipzig 1912.
55. Mineral Yearbook, 1944 *U. S. Dept. of the Interior Bur. of Mines*, Washington, 1946.
56. NEUMAYR, M. — Zur Bildung der Terra rossa. *Verh. k. k. geol. R. A. Wien*, 1875 (50).
57. ORLOV, A. — Bauxitvorkommen bei Reichenau a. d. Knezara, Böhmen. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal. Beil. Bd. Abt. A. Bd. 74*, 1938 (251-278).
- 58* PAULS, O. — Die Aluminiumerze des Bihargebirges u. ihre Entstehung. *Zft. f. prakt. Geol.*, 21. Jahrg., 1913 (541-572).
59. RUMBOLD, W.-G. — Bauxite and Aluminium. *Imp. Inst.*, London, 1925.
60. SCHAFFER, F.-X. — Geologische Länderkunde. Deuticke, Leipzig u. Wien, 1937-38.
61. v. SEIDLITZ, W. — Diskordanz u. Orogenese der Gebirge am Mittelmeer. Borntraeger, Berlin, 1931.

- 62* DA SILVA PINTO, M. — Bauxita. Revue « *Mineração e Metallurgia* », Julho-Agosto, Rio-de-Janeiro, 1937.
63. Studiengesellschaft f. d. Nutzbarmachung d. Schweiz. Erzlagerrstätten. Die Eisen u. Manganerze der Schweiz. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geot. Ser.*, XII. Lief., Bd. 1, 1923.
- 64* SZADECZKY, J. v. — Die Aluminiumerze des Bihargebirges. *Föld. közl.*, Bd. 35, 1905 (247-267).

II. PROVINCE DINARIQUE

- 65* D'AMBROSI, C. — Nuove ricerche sull'origine delle « terre rosse » istriane. *L'Istria Agricola*, Padova, 1939.
66. — Scoperta di un lembo di calcare eocenico presso Punta Merlera a SE di Pola. *Boll. Soc. Adriatica Sc. nat.*, vol. 38, Udine, 1940.
- 67* — Sull'età e sul significato geologico dei calcari brecciati di Orsera in Istria e delle loro bauxiti. *Boll. Soc. geol. Ital.*, vol. LIX, Roma, 1940 (25).
- 68* — Sacche di Bauxite deformate da spinte orogenetiche presso Buie d'Istria. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, vol. LIX, Roma, 1940.
69. — Cenni geologici sull'Istria NW con particolare riguardo alla scoperta di nuovi affioramenti Eocenici. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, vol. LX, Roma, 1941 (311).
- 70* BARTH, W. — Einiges über die istrischen u. dalmatin. Lagerstätten, etc. *Met. u. Erz*, Bd. 22 (N. F. XIII), 1925.
71. BESIC, Z. — Contribution à la connaissance de la géologie de la région de Niksicka Zupa (Crna Gora) (Résumé français). *An. Geol. Pénins. balkan.*, T. XIV, Belgrade (85).
72. BOURCART, J. — Observations sur la tectonique des Bouches de Cattaro. *C. R. Ac. Sc.*, T. 183, 1926 (423).
73. — Essai d'interprétation morphologique des B. de Cattaro. *C. R. Ac. Sc.*, T. 183, 1926 (479).
74. — Nouvelles observations sur la structure des Dinarides adriatiques. *C. R. Congr. Geol. Int.*, XIV, 1926 (1928).
75. v. BUKOWSKI, G. — Zur Stratigraphie der süddalmat. Trias. *Verh. k. k. geol. R. A. Wien*, 1896 (379).
76. — Bemerkungen über den eozänen Flysch in den S. Teile Dalmatiens. *Verh. k. k. geol. R. A. Wien*, 1906 (369).
77. — Erläuterungen z. geol. Karte d. Oesterr. Ung. Monar. 1 : 25000. *K. k. geol. R. A.*, 1904-1912.
- 78* CREMA, C. — Osservazioni sui giacimenti di Bauxite dell'Appennino, dell'Istria e della Dalmazia. *Rend. R. Ac. Lincei Cl. sc. fis. math. nat.*, Vol. 29, ser. 5a, Roma, 1920.
- 79* — Le bauxiti dell'Istria e della Dalmazia. *La Miniera Italiana*, IV, 1920.
- 80* — Le risorse in minerali d'alluminio delle due sponde Adriatiche. *Atti Soc. Ital. Prog. d. Sc.*, Vol. II, Bari, 1933.

81. CVIJIC, J. — Das Karstphänomen. *Penck's geog. Abh.*, Bd. V, Wien, 1893 (217-330).
82. — Dinarisch-albanesische Scharung. *Sitz. Ber. Ak. Wiss. Math. Nat. Kl.*, Bd. CX, Ab. I, Wien, 1901.
83. — Morphologische u. glaziale Studien aus Bosnien, der Hercegovina u. Montenegro. *Abh. d. k. k. geog. Gesell.*, Bd. II u. III, Wien, 1901.
- 84* DITTLER, E. u. KÜHN, O. — Die Genesis der Sanntaler Bauxite. *Ch. d. Erde*, T. 8, 1933 (462).
- 85* EMILIANOFF, G. — Sur les bauxites de la Lika (Yougoslavie), *C. R. Ac. Sc.*, T. 201, 1935 (1405-1407).
- 86* FRIEDENSBURG, F. — Kohle, Eisen u. Bauxit in Jugoslawien. *Glückauf*, 75. Jahrg., 1939 (897 et 913).
87. GRUND, A. — Die Karsthydrographie : Studien aus Westbosnien. *Penck's geog. Abh.*, Bd. VII, Wien, 1903 (1-200).
88. — Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. *Penck's geog. Abh.*, Bd. IX, Berlin, 1910 (1-230).
89. — Die Entstehung u. Geschichte des Adriatischen Meeres. *Geog. Jahresber. aus Oesterreich*, Wien, Bd. VI.
90. v. HAUER, F. — Erläuterungen zur geol. Uebersichtskarte der öster. ung. Monarchie, Blatt VI, X, Wien, 1868.
- 91* JAKCIC, T. — Les bauxites en Herzégovine, spécial. près de Mostar. *Bull. Inst. géol. Zagreb*, 1928 (Rés. français).
92. KATZER, F. — Geologischer Führer durch Bosnien u. die Hercegovina. *IX. Congr. Int. Vienne*, Sarajevo, 1903.
93. — Karst und Karsthydrographie. Zur Kunde der Balkanhalbinsel. Sarajevo, 1909.
- 94* — Das Bauxitvorkommen von Domanovic in der Hercegovina. *Zft. f. prak. Geol.*, 25. Jahrg., 1917.
95. v. KERNER, F. — Erläuterungen z. geol. Karte d. Oester. Ung. Monar. 1 : 75 000. Nr. 121, 123, 124, 126a. *Geol. R. A.*, 1901-16.
- 96* — Geologie der Bauxitlagerstätten des S. Teiles der österreichisch-ungarischen Monarchie. *Berg u. Hüttenm. Jahrb.* 64, 1916 (139-170).
- 97* — Beitrag zur Kenntnis der ostadriatischen Bauxite. *Berg u. Hüttenm. Jahrb.*, 69-70, 1921/22 (73-78).
- 98* — Neuer Beitrag z. Kenntnis der ostadriatischen Bauxite *Montan. Rundschau*, 18, 1926 (725-729).
- 99* — Bauxit u. Braunkohle als Wertmesser der Tertiärklimate. *Sitz. Ber. Ak. d. Wiss. (Math. Nat. Kl.)* Bd. 130, Ab. I, Wien, 1921 (35-70).
100. — Klimatologische Analysis der Terra rossa Bildung. *Sitz. Ber. Ak. Wiss. (Math. Nat. Kl.)* Bd. 132, Jahrgang 1923 (119-142), Wien, 1924.
- 101* — Die palaeoklimatische Bedeutung der Bauxite. *Mitt. d. geol. Gesell.*, Bd. 18, Wien, 1925 (163).

- 102* v. KERNER, F. — Geol. Gutachten über d. Bauxitlagerstätten im SW Montenegro. Rapport inédit, 1927.
103. KISPATIC, M. — Der Sand von der Insel Sansego bei Lussin etc. *Verh. k. k. geol. R. A.* 1910 (294).
- 104* — Bauxite des kroatischen Karstes und ihre Entstehung. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.* Bd. 36, 1912 (513).
105. KOBER, L. — Alpen und Dinariden. *Geol. Rundsch.*, 1914.
106. — Die Grossgliederung der Dinariden *Centralbl. f. Min.*, 1929.
107. KOCH, F. — La géologie du Karst. Extr. du « Karst yougoslave », Zagreb, 1928.
108. KOSSMAT, Fr. — Der Küstenländische Hochkarst u. seine tekt. Stellung. *Verh. k. k. geol. R. A.*, 1909 (85-124).
109. — Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltungsregion. *Mitt. geol. Gesell.* VI, Wien, 1913 (61).
110. — Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Borntraeger, Berlin, 1924.
111. KREBS, N. — Die Halbinsel Istrien. *Penck's geog. Abh.*, Bd. IX, Wien, 1907.
112. Mineralkohlen Oesterreich. Wien, 1903.
113. NOPCSA, Fr. v. — Geologische Grundzüge der Dinariden. *Geol. Rundsch.*, Bd. 12, 1921 (1-19).
114. — Geographie und Geologie Nordalbanien. *Geologia Hungarica Ser. Geol.* III, 1929 (375, 387).
115. — Zur Geschichte der Adria. *Zft. deutsch. Geol. Gesell.*, Bd. 84, 1932.
116. PENCK, A. — Geomorphologische Studien aus der Hercegovina. *Zft. deutsch. oester. Alpenverein*, Bd. 31, 1900.
117. — Ueber das Karstphänomen. *Vortr. Verbreit. naturw. Kenntn.*, Wien, 49.
- 118* PETUNNIKOV, G. — Die Bauxitvorkommen von Montenegro. *Montan. Rundsch.* 27, Wien, 1935 (1-7).
- 119* QUITZOW, H.-W. — Die geologische Stellung der ostadriat. Bauxitvork. *Zft. f. prakt. Geol.*, 52. Jahrg., 1944 (11-19).
120. RUTTEN, L. — Geol. Untersuchungen in Mittel Dalmatien u. Herzegovina *Kon. Ned. Akad. Wet. Amsterdam Proc.*, Vol. 41, 1938 (936).
121. SACCO, F. — L'Istria. *Mem. desc. Carta geol. Ital.*, 19, 1924.
122. SCHMIDT, C. — Bild und Bau der schweizer Alpen. Bâle, 1907 (73-74).
123. SCHUBERT, R. — Die nutzbaren Minerallagerstätten Dalmatiens. *Zft. für Prakt. Geol.*, 1908 (49).
124. — Führer durch Dalmatien. *Samml. geol. Führer*, Bd. 14, 1909.
125. — Führer durch die nördliche Adria. *Samml. geol. Führer*, Bd. 17, 1912.
126. — Die Küstenländer Oesterreich-Ungarns. *Handb. d. region. Geol.*, Bd. V, Abt. 1, 1914.

- 127* STACHE, G. — Ueber das Alter der bohnerzführenden Ablager. am Monte-Promina. *Verh. k. k. geol. R. A.*, 1886 (385).
128. — Ueber die Terra rossa u. ihr Verhältnis zum Karstrelief d. Küstenlandes. *Verh. k. k. geol. R. A.*, 1886 (61-65).
129. — Die liburnische Stufe u. deren Grenzhorizonte. *Abh. k. k. geol. R. A.*, Bd. XIII, 1889.
- 130* TELEKI, G. — Der Bauxit vom Zagorje Hochland (Dalmatien) *Mitt. Jahrb. k. ung. geol. Anst.*, Bd. 34, 1940.
131. TUCAN, Fr. — Die Kalksteine u. Dolomie des kroatisch. Karstes. *An. geol. Pénins. balkan.*, Belgrade, 1911-16.
132. — Terra rossa, deren Natur u. Entstehung. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.*, Bd. 34, 1912 (402).
- 133* — Zur Bauxitfrage. *Centralbl. f. Min.*, J. 1913 (65/387/495/668/768).
134. — Die Oberflächenformen bei Carbonatgest. in Karstgegend *Centralbl. f. Min.*, J. 1911 (343).
135. — Einblicke in die Geochemie d. dinarischen Karstes. *Bull. inter. Ac. Youg. Sc.*, Zagreb, L 27, 1933 (37).
- 136* — Beitrag zur mineral. u. chem. Kenntnis d. Bauxite aus Lika. *Bull. inter. Ac. Youg. Sc.*, Zagreb, L 28, 1934.
- 137* TURINA, I. — Die Bauxitvorkommen bei Siroki brieg, Kocerin. *Jugoslavenski Boksiti D. D.*, Split.
138. VOSS, W. — Die Mineralien des Herzogt. Krain. Laibach, 1895.
139. WAAGEN, L. — Die Virgation der istrischen Falten. *Sitz. Ber Ak. Wiss. Wien*, 115, 1906 (199).
- 140* — Die Bauxitlagerstätten in Oesterreich u. d. sog. Nachfolgestaaten. *Zft. f. prakt. Geol.*, 44. Jahrg., 1936 (133-148).
- 141* WEIGELIN, M. — Beitrag zur Kenntnis d. dalmatinischen Bauxits. *Zft. f. prakt. Geol.*, 38. Jahrg., 1930 (123).
- 142* WEINHOLTZ, M. — Geol. Untersuchungen v. Bauxitlagerstätten der Umgebung Drnis. Dissert., Giessen, 1930.
143. DE WYTT PUYT. — Geolog. u. Paläont. Beschreibung der Umgebung von Ljubuski (Herzeg.). Dissert., Utrecht, 1941.

III. PROVINCE TRANSDANUBIENNE

- 144* AJTAJ, Z.-E. — A Magyar Bauxitbanya részvénytársaság Alumini-umérc Banyaszata. *Ban. és Kohasz. Lapok*, 1941.
145. BÖCKH, J. — Die geol. Verhältnisse d. S. Teiles d. Bakony. *Mitt. Jahrb. k. ung. geol. Anst.*, Bd. 2-3, 1872/73.
- 146* DITTLER, E. — Die Bauxitlagerstätte von Gant in Westungarn. *Berg u. Hüttenm. Jahrb.*, Bd. 78, 1930 (45-51).
147. FERENCZI, I. — Daten zur Geologie d. Buda-Kovacsier Gebirges. *Föld. Közl.*, Bd. 55, 1925 (349-367).
148. — Beiträge zur Geologie des Börzsöny Gebirges. *Jahresber. k. Ung. geol. Anst.*, 1925/28, 1935.
149. — Das Problem d. Abgrenzung d. ungarischen oligozän. u. miozän. Ablagerung. *Föld. Közl.*, Bd. 70, 1940 (40).

150. FÖLDVARI, A. — Pontische Bewegungen im Budaer-Geb. u. Strandlinie des Oberpontisch. Sees... etc. *Föld. Közl.*, Bd. 61, 1931 (Rés. allem.).
151. — Die Manganerzlagerstätten d. Bakonygebirges in Ungarn. *Föld. Közl.*, Bd. 62, 1932 (15-40).
152. — Der voreozäne Karst des transdanubischen Mittelgebirges. *Föld. Közl.*, Bd. 63, 1933 (Rés. allem.).
153. — Tektonische Beobachtungen am W Rand d. Budaer Gebirges. *Föld. Közl.*, Bd. 64, 1934.
- 154* GEDEON, T. — Die Entstehung pisolithischer Bauxite. *Föld. Közl.*, Bd. 61, 1931 (95), (Rés. allem.).
- 155* — Ueber die Hangendschicht des Ganter Bauxitlagers. *Föld. Közl.*, Bd. 62, 1932 (207) (Rés. allem.).
- 156* — Daten z. Kenntnis d. Bauxitvorkommen in der Gegend von Sümeg. *Föld. Közl.*, Bd. 63, 1933 (96).
- 157* GYÖRGY, A. — Bauxitlep Halimbam és körn. Veszprém varmegyén. (Hongrois). *Ban. és Kohász. Lapok*, Bd. 56, 1923 (f. 7-8).
158. HORUSITZKY, F. et VIGH, J. — Nouvelles traces du volcanisme paléogène dans les montagnes de Buda. *Föld. Közl.*, Bd. 63, 1933 (157).
159. — Remarques sur la question du Burdigalien des env. de Budapest. *Föld. Közl.*, Bd. 64, 1934 (321).
160. — Ueber das Alter der Aequipectenschichten d. Umgebung von Budapest. *Föld. Közl.*, Bd. 67, 1937 (144).
161. JASKO, S. — A Papai-Bakony Földtani Leirasa. (rés. allem.) Dissert., Budapest, 1935 (*Föld. Szemle*).
162. KÉZDI-VASARHELYI, S.-E. — Die paläogenen Bildungen des Antalberges. Dissert., Budapest, 1938 (*Föld. Szemle*).
163. KOCH, A. — Die geol. Verhältnisse des NW-lichen Teiles des Bakony. *Föld. Közl.*, Bd. 5, 1875 (126).
164. KUTASSY, A. — Beiträge zur Stratigraphie u. Paläont. der alpinen Triasschichten d. Umgeb. v. Budapest. *Jahrb. k. Ung. geol. Anst.*, Bd. 27, 1927.
165. — Beiträge zur Kenntnis d. Fauna d. norischen Hauptdolomit in Ungarn. *Föld. Közl.*, Bd. 63, 1933 (12).
166. — Beiträge z. Kenntnis d. Trias u. Kreide Ablager. d. Bakony. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 4, 1933/35 (1605).
167. LACZKO, D. — Die geologisch. Verhältnisse von Veszprém... etc. *Res. Wiss. Erf. d. Balatonsees*, Bd. I, 1911.
168. LOCZY, L. v. (sen.). — Die geolog. Formationen der Balatongegend... etc. *Res. Wiss. Erf. d. Balatonsees*, Bd. I-1, 1916.
169. — La géomorphologie des environs du lac Balaton. *Xe Cong. int. Geog.*, Rome, 1913.
170. LOCZY, L. v. (jun.). — Beiträge zur Geologie u. Paläont. der Villány- u. Baner Gebirge (Ungarn). Dissert., Zürich, 1915.

171. LOCZY, L. v. (*jun.*). — Geotektonischer Aufbau des Balatonshochlandes in der Umgebung von Balatonfüred. *Jahresber. k. Ung. geol. Anst.*, 1916.
172. — Ueber die Tektonik Transdanubiens in Ungarn. *Föld. Közl.*, Bd. 55, 1925 (276-282).
- 173* NOSZKY, J. (*jun.*). — Beiträge zur Kenntnis der kretazischen Bildungen des N Bakony. *Föld. Közl.*, Bd. 64, 1934 (99).
- 174* PAPP, F. — Bauxit aus dem Zuglitz. *Föld. Közl.*, Bd. 64, 1934 (31).
- 175* POBOZSNY, J. — A. Verteshegység bauxitlepeli. (Hongrois). *Föld. Szemle*, Bd. 1, 1928 (215).
176. PRINZ, G. — Die Fauna der älteren Jurabildungen im NO Bakony. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 15, 1907 (1).
177. RAKUSZ, GY. — Beiträge zur Kenntnis der transdanubischen Oberkreide. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1925/28, 1935 (129).
- 178* — Beiträge zur Kenntnis des Bauxitniveaus des Harsány. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1929/32, 1937 (231).
179. ROTH DE TELEGD, K. — Ueber die Verbreitung paläogener Bildungen im N Teile d. ungar. Mittelgebirge. *Föld. Közl.*, Bd. 53, 1923 (107).
180. — Ueber das Lignitgebiet von Varpalota. *Föld. Közl.*, Bd. 54, 1924 (158).
181. — Spuren einer Infraoligozänen Denudation am NW Rande des transdanubischen Mittelgebirges. *Föld. Közl.*, Bd. 57, 1927 (117).
- 182* — Die Bauxitlager des transdanubischen Mittelgebirges in Ungarn. *Föld. Szemle*, Bd. 1, F. 2, 1922 (95) (Hongrois). *Föld. Szemle*, Bd. 1, H. 1, 1927 (33) (Allemand).
183. — Das Gebiet zw. dem Braunkohlenbecken von Esztergom u. von Tatabánya u. die Umgebung des Grabens Mor. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1917/24, 1934.
- 184* — Bericht über die im Jahre 1930/31 im Bakony u. im Villányi Geb. Bauxitforschung. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1929/32, 1937 (197).
185. — Daten aus dem N Bakony-Geb. zur jungmesozoischen Entwicklungsgeschichte der « Ungarischen Zwischenmasse ». *Math. Nat. wiss. Anzeiger d. Ung. Ak. Wiss.*, Bd. 52, 1935 (248-252).
186. ROZLOZNIK, SCHRÉTER, ROTH DE TELEGD. — Az Esztergomvidéki szenterület bányaföldtani viszonyai. *A. mag. Kir. Föld. Intézet kiadványa*, 1922.
187. ROZLOZNIK, P. — Geol. Notizen über den W Teil des paleogenen Beckens der Umgebung von Esztergom. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1917/24, 1934.
188. — Beiträge zur Geologie der Umgebung von Ajka. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1917/24, 1934 (47).

189. ROZLOZNIK, P. — Beiträge z. Kenntnis des Paläogens des Buda-Kovacser Gebirges. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1925/28, 1935 (86).
- 190* — Vergangenheit, Gegenwart u. Zukunft d. Bergbaues im Csinger-tale. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1933/35, Bd. III, (rés. allemand) 1940 (1231).
191. SCHAFARZIK, FR. — Geol. Aufnahme d. Pilis Gebirg. u. der beiden Wachtberge bei Gran. *Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, 1883.
- 192* SCHRÉTER, Z. — Der alaunhaltige Brunnen von Gant. *Föld. Közl.*, Bd. 40, 1910 (277).
193. SOMOGYI, K. — Das Neokom des Gerecsegebirges. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 22, 1913 (297).
194. STAFF, H. v. — Beiträge zur Stratigraphie u. Tektonik d. Gerecse Geb. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 15, 1906.
- 195* SUESS, FR.-E. u. GYÖRGY. — Das Bauxitgebiet von Scöc-Halimba. Rapport inédit, 1921.
196. SZENTES, F. — Beiträge zur tektonischen Entwicklung d. Umgebung d. Nagykevély Gebirgszuges bei Budapest. *Föld. Közl.*, Bd. 64, 1934 (283).
- 197* TAEGER, H. — Die geologischen Verhältnisse des Vértesgebirges. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 17, 1908.
198. — Beiträge zur Geol. des N Bakony. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1909, 1912.
199. — Daten z. Bau u. erdgeschichtlichen Bild d. eigentlichen Bakony. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1910, 1912 (64).
200. — Weitere Daten zur Geol. des eigentlichen Bakony. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1911, 1913 (67).
201. — Grundriss zum Landschaftsbau im SO d. eigentlichen Bakony. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1912, 1913 (174).
202. — Regionale Geologie des Bakony. *Geologica Hungarica*, Bd. 6 (35-125).
203. TELEKI, G. — Beiträge zur Stratigraphie u. Tektonik d. Umgebung von Litér im Balaton Gebirge. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 32, 1936 (1-60).
204. — Daten zur paläozoischen Tektonik des Dunantul. *Föld. Közl.*, Bd. 71, 1941 (295).
205. TOMOR THIRING, J. — Stratigraphie u. Tektonik d. Eozäns im N Bakony G. *Föld. Közl.*, Bd. 65, 1935 (2).
206. — Paläontologische Neuigkeiten aus dem Bakony Gebirge. *Föld. Közl.*, Bd. 66, 1936 (51).
207. — Die tektonischen Verhältnisse des Gebirgszuges von Csesznek. *Föld. Közl.*, Bd. 66, 1936 (198).
208. VADASZ, E. — Die Juraschichten des S Bakony. *Res. Wiss. Erf. d. Balatonsees*, Bd. III, 1911.
209. — Die paläontol. u. geol. Verhältnisse der älteren Schollen am linken Donauufer. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 18, 1911 (115).

- 210* VADASZ, E. — Kohlenbildung, Gebirgsbildung u. Bauxitbildung in Ungarn. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.*, Beil. Bd 65, Abt. B, 1930.
- 211* — Das geol. Alter der transdanubischen Bauxitbildung. *Centralbl. f. Min.*, Jahrg. 1934, Abt. B (429).
- 212* — Die geol. Entwicklung u. das Alter der ungarischen Bauxitvorkommen. *An. Inst. Publ. Geol. Hungar.*, Vol. 37, F. 2, 1946 (236).
213. VENDL, A. — Die geol. u. petrographischen Verhältnisse d. Gebirges von Velence. *Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. Anst.*, Bd. 22, 1914.
- 214* VENDL, M. — Ueber die geol. Verhältnisse der Umgebung von Nezsza. *Mitt. Berg. u. Hüttenmänn. Abt. Palatin Joseph Univ. Sopron*, Bd. 9, 1937 (327).
215. VIGH, J. — Zur Kenntnis der Trias im Budaer u. Gerecse Gebirge. *Föld. Közl.*, Bd. 57, 1927 (139).
216. — Geologische Notizen aus dem Gerecse Gebirge. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1917/24, 1934.
217. — Beiträge zur Kenntnis der Geologie des W Teiles vom Gerecse G. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1925/28, 1935.
218. — Stratig. u. tektonische Beobachtungen in der Umgebung des Berges Nagypisznice. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1933/35, Bd. IV, 1940 (1467).
219. VIGH, J. u. HORUSITZKY, FR. — Karsthydrologische u. tektonische Beobachtungen im Budaer Gebirge. *Jahresber. k. Ung. Geol. Anst.*, 1933/35, Bd. IV, 1940 (1441).
220. VITALIS, S. — Untertrias im Becken von Biske. *Föld. Közl.*, Bd. 69, 1939 (107).
221. WEIN, GY. — Tithonschichten der Umgebung von Zirc. *Föld. Közl.*, Bd. 64, 1934 (96).

IV. ETUDE CHIMIQUE ET PHYSIQUE

- 222* ANSHELES, J.-M. — A Microscopic Investigation of the Clays, Sands and Bauxites at the Government of Cherepovetz. *Bull. Com. Geol.*, Vol. 46, No 2, Leningrad, 1927 (113).
- 223* — On the Mineralogical Composition of the Salair Bauxites. *Bull. Geol. Prosp. Serv.*, T. 50 F. 76, Leningrad, 1931 (1169).
- 224* ACHENBACH, H. — Thermischer Abbau von synthetischen Hydrargillit und die dabei entstehenden Phasen. *Ch. d. Erde*, T. 4, 1931 (308).
- 225* BOEHM, J. — Ueber Aluminium und Eisenhydroxyde. *Zft. anorg. allg. Chem.*, 149, 1925 (205).
226. CORRENS, C.-W. — Ueber die Löslichkeit von Kieselsäure. *Ch. d. Erde*, T. 13, 1940/41 (92).
- 227* DELYANNIS, A. — Der griechische Bauxit u. seine Aufschliessbarkeit. *Met. u. Erz*, 34. Jahrg., 1937 (282).
- 228* — u. ALEXOPOULOS. — Kristalline Struktur u. Aufschliessbarkeit. *Met. u. Erz*, 34. Jahrg., 1937 (476).

- 229* DELYANNIS, A. — Ein neues Verfahren für die Bestimmung der Aufschliessbarkeit von griechischen Bauxit. *Met. u. Erz*, 37. Jahrg, 1940 (194).
- 230* DITTLER u. DOELTER. — Die Anwendung der Kolloidchemie auf Mineral. u. Geologie. Bauxit ein natürliches Ton-erde hydrogel. *Kolloid Zft.*, H. 6, 1911.
231. ENGELHARDT, W. v. — Zerfall u. Aufbau v. Mineralien im N Deutschen Bleicherde-wald-böden. *Ch. d. Erde*, T. 13, 1940/41 (35).
- 232* EWING, F.-J. — The Cristal Structure of Diaspore. *Journ. of Chem. Phys.*, Vol. 3, 1935 (203).
233. — The Chrystal Structure of Lepidocrocite. *Journ. of Chem. Phys.*, Vol. 3, 1935.
- 234* GANDRUD DE VANEY. — Bauxite. Float and Sink. Fractionation and Flotation Experiments. *Bull. 312, Bur. of Mines U. S. A.*
- 235* — Preliminary Examination of low grade Bauxite with Particular Reference to Flotation. *Report of Investig. No 2906, Bur. of Mines U. S. A.*, 1928.
- 236* GYÖRGY, J. — Die Dehydratation der Bauxite und Bauxitmineralien. *Föld. KözL.*, Bd. 61, 1931.
- 237* HABER, F. — Ueber die Hydroxyde des Aluminiums u. d. dreiwertigen Eisens. *Naturw.*, 13. Jahrg., 1925 (1007).
238. HACKSPIL, L. et STEMPPEL, E. — Emploi d'un manomètre enregistreur pour l'étude de la décomposition des hydrates. *Chimie et Industrie*, No spéc., 1929 (151).
239. HAVESTADT u. FRICKE. — *Zft. f. anorg. u. allg. Chem.* 188, 1930 (357).
240. HUNDESHAGEN, FR. — Ueber die Anwendung organischer Färbstoffe zur diagnostischen Färbung mineralischer Substanzen. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.*, Beil. Bd. 28, 1909.
- 241* HÜTTIG, G.-F. u. WITTGENSTEIN. — Zur Kenntnis des Systems Aluminiumoxyd/Wasser. *Zft. f. anorg. u. allg. Chem.*, Bd. 171, Festsch. 1928 (323).
- 242* LALANDE, MC. CARTER. SANDBORN. — Bauxite as drying Adsorbant. *Porocel Corp. Ind. Eng. Che.*, Feb. 1944.
- 243* DE LAPPARENT, J. et STEMPPEL. — Sur la gibbsite deshydratée. *C. R. Ac. Sc.*, T. 187, 1928 (305).
- 244* LUYKEN, W. — Ueber Versuche zur Anreicherung von ungarischen Bauxit. *Met. u. Erz*, Bd. 39, 1942.
245. LE CHATELIER, H. — De l'action de la chaleur sur les argiles. *Bull. Soc. Fr. Min.*, No 6, 1887 (204).
246. MEGAW, H.-D. — The Crystal Structure of Hydrargillite, $\text{Al}(\text{OH})_3$. *Zft. f. Kristall.*, Bd. 87, 1934 (185-204).
247. MEHMEL, M. — Datensammlung zur Mineralbestimmen mit Röntgenstrahlen. *Fortsch. Min. Krys. Petr.*, Bd. 23, 1938.
248. — Beitrag zur Frage d. Wassergehaltes der Minerale Kaolinit, Halloysit u. Montmorillonit. *Ch. d. Erde*, T. 11, 1938 (1-16).

- 249* NAHMIA, M.-E. — Bauxites et Mullites étudiées au moyen des rayons X. *Zft. f. Kryst.*, Bd. 85, 1933 (355).
- 250* NARAY-SZABO et NEUGEBAUER. — Magyar Bauxitok Röntgenvizsgalata *Technika*, 25. évf. 1944.
251. NOLL, W. — Hydrothermale Synthese des Kaolins. *Min. u. Petrog. Mitt. N. Folge*, Bd. 45, 1934 (175).
252. — Mineralbildung im System $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.*, Beil. Bd. 70, Abt. A, 1935 (65).
253. NORTON, F.-H. — Critical Study of Differential Thermal Method for the Identification of the Clay Minerals. *Jour. Amer. Ceram. Soc.*, Vol. 22, 1939 (54-62).
- 254* ORCEL, J. — L'emploi de l'analyse thermique différentielle dans la détermination des constituants des argiles, des latérites et des bauxites. *Cong. Int. Geol. appl.*, VII sess., Paris, 1935 (369).
255. PARRAVANO, N. — Genèse et propriétés des oxydes. *Réun. Int. de Physique Chim. Biol.*, Paris, 1937 (257).
256. ROSS, CL. et KERR, P. — The Kaolin Minerals. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, N° 165, 1930 (151).
- 257* ROTH, A. — Der Einfluss der kristallinen Struktur der Bauxite. *Met. u. Erz.*, 35. Jahrg., 1938 (447).
- 258* SCHWIERSCH, H. — Thermischer Abbau der natürlichen Hydroxyde des Aluminiums u. des dreiwertigen Eisens. *Ch. d. Erde*, T. 8, 1933/34 (252).
- 259* SEGUITI, T. — Prove di arricchimento delle Bauxiti istriane. *L'Industria Mineraria d'Ital. e d'Oltrem.*, F. 1, An. XV, 1941 (1-12).
- 260* SPEIL, S. — Application of thermal Analysis to Clays and Aluminous minerals. *U. S. Bur. of Mines Rept.*, Invest. 3764, 1944 (101).
- 261* STAESCHE, M. u. WETZEL, J. — Röntgenographische Untersuchungen über die thermischen Umwandlungen von Diaspor u. Böhmithaltige Bauxite. *Met. u. Erz.*, 41. Jahrg., 1944 (101).
- 262* TOMKEIEFF, F.-G.-S. — Clay Minerals and Bauxitic Minerals. *Min. Mag. J. of the Miner. Soc.*, T. 23, 1934 (463).
263. URBAIN, P. — Les sciences géologiques et la notion d'état colloïdal. Hermann et Cie, Paris, 1933. (Actual. sc. et ind.).
264. — Introduction à l'étude pétrographique et géochimique des roches argileuses. Hermann et Cie, Paris, 1937. (Actual. sc. et ind.).
265. WELLS, A.-F. — Structural Inorganic Chemistry. The Oxy-Hydroxydes, Chap. X (356). Oxford, Clarendon Press, 1945.
-

ABREVIATIONS

<i>Abh.</i> = Abhandlungen.	<i>Jahrb.</i> = Jahrbuch.
<i>Ac. Sc.</i> = Académie des Sciences	<i>Jahrg.</i> = Jahrgang.
<i>Ak. Wiss.</i> = Akademie der Wissenschaften.	<i>Jahresber.</i> = Jahresbericht.
<i>An.</i> = Annales.	<i>k.</i> = königlich.
<i>Anst.</i> = Anstalt.	<i>k. k.</i> = kaiserlich-königlich.
<i>Arch.</i> = Archives.	<i>Kenntn.</i> = Kenntnisse.
<i>Ban.</i> = Banyaszati.	<i>Mém.</i> = Mémoires.
<i>Bd.</i> = Band.	<i>Met. u. Erz</i> = Metal und Erz.
<i>Beitr.</i> = Beiträge.	<i>min.</i> = minéralogique.
<i>Boll.</i> = Bolletino.	<i>Mitt.</i> = Mitteilungen.
<i>Bull.</i> = Bulletin.	<i>N. J.</i> = Neues Jahrbuch.
<i>Bur.</i> = Bureau.	<i>Naturw.</i> = Die Naturwissenschaften.
<i>Ch. d. E.</i> = Chemie der Erde.	<i>Nlle</i> = nouvelle.
<i>C. R.</i> = Comptes rendus.	<i>Pal.</i> = Paléontologie.
<i>Com.</i> = Commission.	<i>Proc.</i> = Proceedings.
<i>Congr. int.</i> = Congrès international.	<i>Prof. Pap.</i> = Professional Papers.
<i>Denksch.</i> = Denkschrift.	<i>R. A.</i> = Reichs Anstalt.
<i>Ec.</i> = Economic.	<i>Rept</i> = Report.
<i>Extr.</i> = Extrait.	<i>Saml.</i> = Sammlung.
<i>Föld. Közl.</i> = Földtani Közlöny.	<i>Sitzber.</i> = Sitzungsberichte.
<i>Föld. Szemle</i> = Földtani Szemle.	<i>Soc.</i> = Société.
<i>Fortsch.</i> = Fortschritte.	<i>Surv.</i> = Survey.
<i>Fr.</i> = France, français.	<i>T.</i> = tome.
<i>géog.</i> = géographique.	<i>Ung.</i> = Ungarisch.
<i>géol.</i> = géologique.	<i>U. S.</i> = United States.
<i>Geol. Rundsch.</i> = Geologische Rundschau.	<i>Trans.</i> = Transactions.
<i>Gesell.</i> = Gesellschaft.	<i>V.</i> = Verhandlungen.
<i>Handb.</i> = Handbuch.	<i>Zft.</i> = Zeitschrift.
<i>Hist. nat.</i> = Histoire naturelle.	<i>Zft. anorg. Chem.</i> = Zeitschrift für anorganische Chemie.
<i>Ind. Eng. Chem.</i> = Industrial and Engineering Chemistry.	<i>Zft. f. angew. Chem.</i> = Zeitschrift für angewandte Chemie.
<i>Imp. Inst.</i> = Imperial Institute.	<i>Zft. f. Geol.</i> = Zeitschrift für praktische Geologie.

1.	Structure de la bauxite	99
2.	Examen microscopique	102
3.	Analyse thermique	105
4.	Analyse radiologique	113
5.	Composition minéralogique	115
DEUXIÈME PARTIE : LA GENÈSE DE LA BAUXITE		117
Chapitre I :	Les théories proposées	118
» II :	La «terra rossa» méditerranéenne	127
» III :	Les calcaires du mur	137
» IV :	Evolution de la bauxite	139
CONCLUSIONS		142
BIBLIOGRAPHIE		147

