

GÉOCHIMIE DE LA SURFACE. — *Le rôle de l'argile dans la migration et l'accumulation de l'alumine de certaines bauxites tropicales.* Note (*) de M. Bruno Boulangé, M^{lle} Hélène Paquet et M. Gérard Bocquier, présentée par M. Jean Orcel.

Dans les bauxites tropicales, la gibbsite dérive en premier lieu de l'altération de minéraux de la roche mère. Mais ces bauxites peuvent s'enrichir ultérieurement en alumine, par désilicification de dépôts kaoliniques répétés dans les pores et fissures. Cette alumine cristallise sur place en gibbsite secondaire, par accumulation relative.

1. GIBBSITE PRIMAIRE ET GIBBSITE SECONDAIRE. — Dans les altérations et les sols tropicaux, les concentrations d'alumine se présentent généralement sous la forme orthohydroxyde, la gibbsite, et selon deux modes de gisement (¹).

— La *gibbsite primaire* cristallise au sein des minéraux originels de la roche mère, avec maintien des structures pétrographiques (*fig. 2 et 3*). Ils'agit d'une accumulation par départ des autres composants, ce qu'on appelle une *accumulation relative* [(²), (³)].

— La *gibbsite, dénommée secondaire*, se surimpose aux anciennes structures dans les joints, fissures et pores (*fig. 2 à 7*). Pour cette raison, elle est considérée comme une addition ou *accumulation absolue*.

Pour rendre compte de cette accumulation absolue de gibbsite secondaire, divers modes de migration et de dépôt de l'alumine ont été envisagés (⁴) : migration ionique avec ou sans complexants (⁵), migration de gels (⁶) qui seraient à l'origine de structures « collomorphozonées » (⁷), migration sous forme de particules détritiques de cristaux de gibbsite.

On propose ici un nouveau mode de migration de l'alumine sous forme de kaolinite, ultérieurement déposée et désilicifiée.

2. PRÉSENCE DE DÉPÔTS OU CUTANES GIBBSITIQUES. — La bauxite étudiée est issue de l'altération en place d'un granite à deux micas de la région de Lacota en Côte-d'Ivoire. Les structures du granite se maintiennent, des horizons d'altération aux horizons indurés de bauxite. Les transformations « silicates-gibbsite » se sont donc produites *in situ*.

Dans les horizons indurés, les plus riches en alumine (jusqu'à 59 %), la gibbsite secondaire se présente en enduits rubanés, qui recouvrent les parois des vides (*fig. 2*). Ces microstructures de dépôts, nommées *cutanes* (⁸), recourent en discordance et isolent les structures primaires altérées en gibbsite. Elles sont donc postérieures, et sont liées au système récent de la porosité ; elles constituent des microsystemes illuviaux.

Plusieurs dépôts, ou cutanes, peuvent se superposer dans ces microsystemes en une véritable stratification. Ils peuvent aussi se recouper, et isoler d'anciens cutanes sous forme de fragments, dénommés papules (⁸) (*fig. 3*). Ceci indique de

21 AOUT 1975
O. R. S. T. O. M. *EX1*
Collection de Référence
n° 7676 *Geol.*

multiples générations de pores et de fissures, avec leurs revêtements de gibbsite, concordants ou discordants, mais successifs.

3. ZONATION DES MICROSISTÈMES ILLUVIAUX. — Ces cutanes ou microsystèmes illuviaux sont régulièrement zonés. Le matériel déposé se différencie en deux zones : une zone interne brun-rouge, à hydroxyde de fer, et une zone externe jaune à blanchâtre, à gibbsite. Le passage d'une zone à l'autre est progressif (*fig. 5*) ou abrupt (*fig. 2*). Or, cette zonation est indépendante de la stratification du dépôt ; elle peut même recouper cette dernière (*fig. 4 à 6*). Bien plus, si les cutanes sont successifs, la zonation peut être oblique sur leur empilement. Ces faits montrent que la zonation est postérieure au dépôt et parfois postérieure à des dépôts successifs.

La cristallisation de la gibbsite n'est pas quelconque. Dans la zone interne ferrugineuse, cette gibbsite n'est pas visible. Quand la teneur en fer faiblit, apparaissent de petits cristaux de gibbsite, disséminés et de plus en plus fréquents en allant vers le vide (*fig. 5*), où ils peuvent alors faire place à des cristaux plus grands, prismatiques et perpendiculaires aux parois (*fig. 2 et 7*). La cristallisation de la gibbsite paraît d'autant plus aisée que le fer est moins abondant.

Dans le cas complexe, fréquent au sommet de la zone indurée, les dépôts se succèdent, ainsi que leur zonation « fer interne-gibbsite externe ». On parvient à une alternance fer-gibbsite, qui peut se terminer au bord du vide par un dépôt ultime, légèrement zoné, composé d'un fin liséré de fer interne, et d'argile kaolinique externe (*fig. 6 et 7*).

Tous ces faits montrent que ces microsystèmes ont été le siège d'apports répétés, suivis d'une transformation qui accumule le fer dans la zone interne du dépôt et l'alumine dans la zone externe. Seul le dernier dépôt, d'ailleurs facultatif, est kaolinique.

4. COMPARAISON AVEC LES CUTANES ARGILO-FERRUGINEUX. — Les cutanes argilo-ferrugineux sont connus dans de nombreux sols, qui n'ont subi aucune gibbsitisation [(⁹), (¹⁰)]. Ils sont le résultat d'un dépôt d'argile kaolinique, dont les feuillets sont enduits de pigments ferrugineux. Ce sont des *ferriargilanes* (⁸). Ces cutanes argilo-ferrugineux sont fréquemment zonés avec fer interne et argile transparente

EXPLICATION DE LA PLANCHE

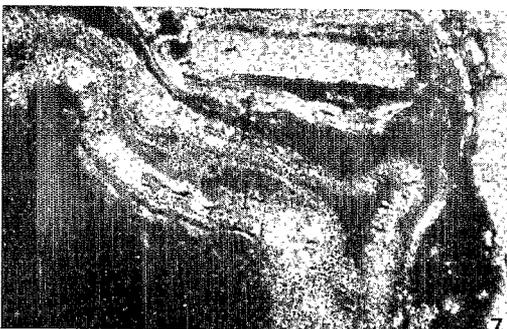
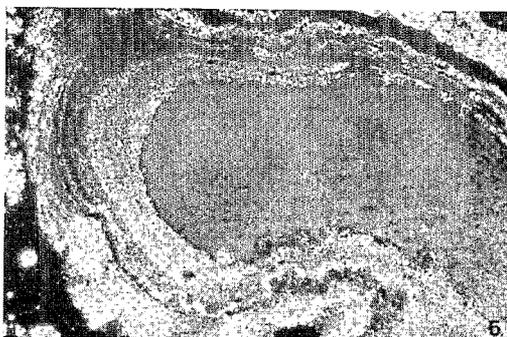
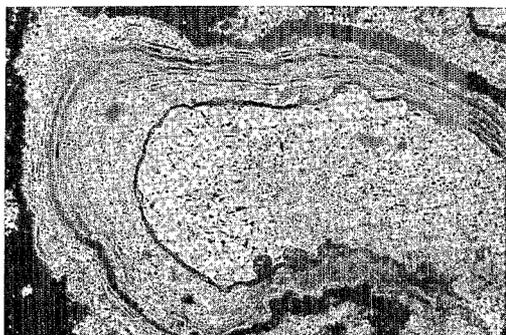
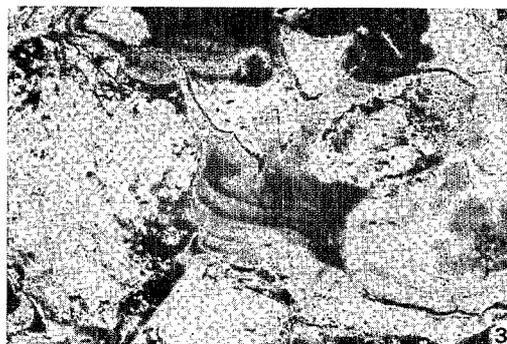
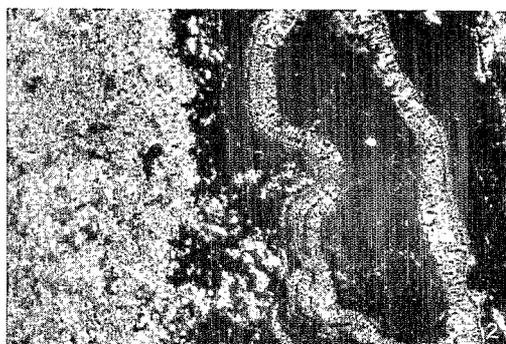
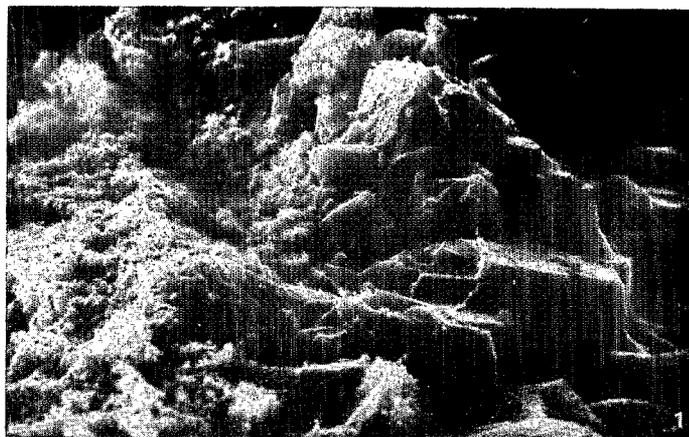
Fig. 1. — Passage entre une zone ferrugineuse (partie gauche) et une zone gibbsitique (partie droite) (G × 3 000). Photographie obtenue au microscope électronique à balayage.

Fig. 2. — Gibbsite primaire (partie gauche) et gibbsite secondaire (partie droite). De petits cristaux de gibbsite primaire sont isolés dans la zone interne ferrugineuse (L. P., G × 47).

Fig. 3. — Gibbsite primaire ; au centre, papules ferrugineuses et gibbsitiques, à droite dans un pore récent, apport ultime d'argile (L. N., G × 47).

Fig. 4 et 5. — Ferrigibbsanes zonés. Superposition de plusieurs dépôts dans une zonation « fer interne-gibbsite externe ». Dépôt ultime souligné par un liséré ferrugineux, l'argile ayant été éliminée (L. N. et L. P., G × 74).

Fig. 6 et 7. — Ferrigibbsane zoné. Passage latéral de structures phylliteuses à des cristaux prismatiques de gibbsite (L. N. et L. P., G × 190).



externe. La limite entre zone ferrugineuse et zone kaolinique est souvent diffuse et parfois oblique sur la structure litée du dépôt. C'est pourquoi ces cutanes zonés ont été interprétés comme le résultat d'une concentration différentielle du fer dans la zone interne. Ce sont des *ferriargilanes zonés* ⁽¹¹⁾.

Or, ces ferriargilanes zonés donnent des figures très analogues à celles que nous venons de décrire dans les bauxites, sauf que dans ces dernières, le terme gibbsite remplace le terme kaolinite. Mais l'ordre et la répétition de la zonation sont identiques, ainsi que la discordance possible de cette zonation sur le litage du dépôt. De tels microsystemes, où alternent fer et gibbsite, pourraient donc être dénommés « *ferrigibbsanes zonés* ».

Bien plus, on peut observer dans un même ruban (*fig. 2 et 7*), le passage latéral entre une zone conservant la structure parallèle à la paroi des ferriargilanes zonés, et une zone à gibbsite cristallisée en prismes perpendiculaires à la paroi. La gibbsite n'a pu migrer sous cette forme. Notre interprétation est qu'elle a cristallisé sur place par désilicification de la kaolinite. Cette désilicification correspond à la dissolution incongruente de la kaolinite [(²), (³)] en milieu bien drainé et très appauvri en silice. Telles sont bien les conditions qui règnent dans les microsystemes très désaturés des pores et fissures ⁽¹²⁾.

5. RENSEIGNEMENTS GÉOCHIMIQUES ET MINÉRALOGIQUES. — *a.* A la microsonde, la distribution relative des éléments Si, Al, Fe, peut être suivie. Dans les ferriargilanes zonés, on a pu montrer ⁽¹¹⁾ l'association Si, Al dans la zone kaolinique, et la concentration progressive du fer dans la zone interne. Ici, pour les ferrigibbsanes zonés, on met en évidence la répartition suivante des éléments :

- dans la zone externe : Al abondant, Fe et Si faibles ;
- dans la zone interne : Fe fortement concentré, Al et Si moins abondants, mais au comportement identique.

Ceci nous montre la conservation de la kaolinite dans la zone enrichie en fer et l'abondance de la gibbsite dans la zone appauvrie en fer et désilicifiée (*fig. 7*).

b. Par diffraction des rayons X, on détermine la goëthite dans la zone interne de ces ferrigibbsanes zonés, alors que c'est l'hématite qui caractérise les structures primaires et les vieilles accumulations.

c. Par absorption des rayons infrarouges, la kaolinite des dépôts apparaît désordonnée. Ce désordre ne peut que faciliter l'hydrolyse de cette kaolinite [(¹³), (³)].

CONCLUSION. — Toutes les méthodes utilisées convergent pour permettre de reconstituer les mécanismes de l'accumulation de l'alumine dans les bauxites étudiées.

— Dans un premier temps, l'alumine s'accumule aux dépens des minéraux de la roche mère par départ des autres éléments. C'est l'*accumulation relative* de la gibbsite primaire.

— Dans un deuxième temps, des cutanes argilo-ferrugineux, ou *ferriargilanes non zonés*, se déposent dans les pores par *accumulation absolue*.

— Ensuite, le fer se concentre par différenciation relative dans la zone interne des dépôts. Les ferriargilanes se transforment en *ferriargilanes zonés*.

— Ultérieurement, les zones externes kaoliniques, débarrassées du fer, s'hydrolysent. La silice est évacuée. L'alumine cristallise sur place en gibbsite par accumulation relative.

On remarque que cette deuxième cristallisation de gibbsite est d'accumulation relative, mais à partir d'une kaolinite qui est d'accumulation absolue.

On remarque surtout que le transport de l'alumine ne s'est produit ni en solution, ni à l'état de gel, ni en fines particules, mais à l'intérieur de la kaolinite, dont elle est l'un des deux composants.

Ceci nous montre que l'argile kaolinique ne joue pas seulement un rôle dans le transport du fer, fixé sur ses feuillets, mais dans le transport de l'alumine, qui la compose. Bien plus, une fois le transport du fer et de l'alumine effectué, l'argile joue un rôle dans la concentration de ces éléments, car c'est en milieu kaolinique que le fer se concentre dans la zone interne des dépôts et que la gibbsite est libérée du côté des vides.

Enfin, le phénomène est entretenu et répété, comme le montrent les superpositions et les recouvrements de plusieurs dépôts zonés. Il rend compte de migrations et d'accumulations importantes d'alumine secondaire dans les profils bauxitiques.

(*) Séance du 3 mars 1975.

(1) B. BOULANGÉ et J. DELVIGNE, *Symp. de Micromorph.*, Kingston, 1973, 12 pages.

(2) L. R. GARDNER, *Amer. Min.*, 55, 1970, p. 1380-1389.

(3) B. FRITZ et Y. TARDY, *Sc. Géol.*, 26, 4, 1973, p. 339-367.

(4) P. SEGALÉN, *Initiations et Docum. Techn.*, ORSTOM, 1973, 281 pages.

(5) W. H. HUANG et W. D. KELLER, *Clays and Clay Min.*, 20, 1972, p. 69-74.

(6) A. HERBILLON et M. C. GASTUCHE, *Bull. Gr. fr. Argiles*, 13, 8, 1962, p. 77-94.

(7) S. I. BENESLAVSKII, *Gosgeolyok.*, Moscou, 1963.

(8) R. BREWER, J. Wiley and Sons, New York, 1964, 470 pages.

(9) D. CARROLL, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 14, 1958, p. 1-27.

(10) G. STOOPS, *Pédologie*, 17, 1, 1967, p. 60.

(11) G. BOCQUIER et Lj. NALOVIC, *Cah. ORSTOM, Série Pédol.*, 10, 4, 1972, p. 411-434.

(12) Y. TARDY, G. BOCQUIER, H. PAQUET et G. MILLOT, *Geoderma*, 10, 1973, p. 271-284.

(13) G. PEDRO, J. BERRIER et D. TESSIER, *Bull. Gr. fr. Argiles*, 22, 1970, p. 29-50.

B. B., ORSTOM, Section Géologie,
24, rue Bayard, 75008 Paris ;
H. P., Université Louis-Pasteur,
Institut de Géologie,
1, rue Blessig, 67084 Strasbourg Cedex ;
G. B., Université de Paris-VII,
Département des Sciences de la Terre,
2, place Jussieu, 75221 Paris Cedex 05.