

LES MÉCANISMES DE CONCENTRATION DE L'ALUMINIUM DANS UNE BAUXITE SUR GRANITE : LES ACCUMULATIONS RELATIVES ET ABSOLUES *

PAR

B. BOULANGÉ **

RÉSUMÉ. — Dans une formation bauxitique sur granite, située en Côte d'Ivoire, deux mécanismes fondamentaux de concentration en fer et en aluminium ont été étudiés au moyen d'analyses pétrographiques et minéralogiques : les transformations *in situ*, liées à l'altération, pseudomorphosent les minéraux parentaux et s'accompagnent d'accumulations relatives ; les transferts de matières en solution ou en particule sont à l'origine d'accumulations absolues. La succession, dans le temps, de ces deux processus d'accumulation conduit à l'induration progressive de l'isaltérite originel avec préservation de la texture du granite. En s'appuyant sur la méthode isovolumétrique, une quantification relative des plasmas d'altération et de transfert est proposée. Il est ainsi possible de montrer :

- L'importance des accumulations absolues de fer et d'alumine, qui apparaissent dès les premiers stades de l'altération et qui représentent plus de la moitié du matériau bauxitique induré ;
- Que l'induration de ces bauxites est liée à la multiplicité des transferts.

SAMENVATTING. — *De concentratiemechanismen van aluminium in een bauxiet op graniet : De relatieve en absolute accumulaties.* — In een bauxietformatie op graniet, aangetroffen in de Ivoorkust, werden twee fundamentele mechanismen bestudeerd van ijzer- en aluminiumconcentraties door middel van petrografische en mineralogische analyses ; bij de transformaties *in situ*, gebonden aan de verwerking, gebeurt een pseudomorfose van de parentale mineralen samen met relatieve accumulaties ; het vervoer van bestanddelen in oplossing of als kleine deeltjes ligt aan de oorsprong van absolute accumulaties. De opeenvolging in de tijd van deze twee accumulatieprocessen leidt tot de progressieve verharding van het oorspronkelijke isalteriet met bewaring van de textuur van het graniet. Steunend op de isovolumetrische

* Communication présentée également au 5^e Congrès International de l'ICSOPA à Zagreb en 1983.

** Office de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer, Section de Géologie, UR 605, Pétrologie de la Surface, 213, rue La Fayette, F-75010 Paris (France).

methode, wordt een relatieve kwantificatie van de verwerking- en vervoerplasma's voorgesteld. Zo is het mogelijk het volgende aan te tonen :

- Het belang van de absolute Fe- en Al-accumulaties, die verschijnen vanaf de eerste stadia van de verwerking en die meer dan de helft van het verhard bauxietmateriaal vertegenwoordigen.
- Dat de verharding van die bauxieten verbonden is aan de veelvuldigheid van vervoer.

SUMMARY. — *The mechanisms of iron and aluminium concentration in a bauxite on granite : The relative and absolute accumulations.* — Two fundamental mechanisms of iron and aluminium concentration have been evidenced from petrological and mineralogical analyses of an Ivory Coast bauxitic formation on granite : *in situ* transformations connected with weathering give pseudomorphosis of the parent minerals with relative accumulation ; transfers of material in solution or in particles produce absolute accumulation. Consecutiveness of these two processes leads to a progressive induration of the original sepolite with a well preserved texture of the granite. A comparative valuation of the plasmas originated by weathering or by transfer has been made with the help of an isovolumetric method. As a consequence it is now possible to show :

- The importance of the absolute accumulation of iron and alumina which appear at the very first stages of weathering and represent more than half of the indurated bauxitic material ;
- That the induration of present bauxites is connected with multiple transfers.

Introduction

Dans une étude récente sur les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire, nous décrivons quelques mécanismes, qui sont communs aux profils latéritiques (BOCQUIER *et al.* 1982) et interviennent durant la bauxitisation (BOULANGÉ 1983a).

Ces mécanismes, plus particulièrement à l'origine des accumulations d'oxihydroxydes de fer et d'hydroxydes d'alumine, sont classés en deux catégories selon la terminologie proposée par D'HOORE (1954) :

- Les mécanismes de transformation minéralogique qui, associés à des pertes de matière, sont à l'origine des accumulations de produits résiduels, ainsi appelés «accumulations relatives» ;
- Les mécanismes de transfert et de dépôt qui, associés à des gains de matière, sont à l'origine d'accumulations, ainsi appelées «accumulations absolues».

Par des analyses structurales, minéralogiques et géochimiques, à toutes les échelles, nous montrons dans un exemple sur granite, pris en Côte d'Ivoire, comment ces deux types de mécanismes interviennent au cours du développement d'une formation bauxitique isaltéritique.

L'exemple est choisi dans la région de Lakota, sur le Mont Tato (384 m). La formation bauxitique est constituée de six horizons successifs (tableau 1). Afin d'établir les relations entre les différents faciès, nous avons été amenés à distinguer, avec le plus de précisions possible, les matériaux dérivant des deux mécanismes d'accumulation, par la détermination, dans les échantillons, des plasmas d'altération et des plasmas de transfert et de dépôt.

Tableau 1

Formation bauxitique isaltéritique du Mont Tato (Côte d'Ivoire)

Horizons	Profondeur en mètres	en % du poids total			
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ Quartz comb.	
Cuirasse fragmentaire	1	55	10	—	3
Cuirasse alumineuse supérieure	1	60	4	—	2
Cuirasse alumineuse isaltéritique inférieure	10 à 15	57	8	2	3
Isaltérite supérieure	3 à 5	43	9	9	14
Isaltérite inférieure	2	29	2	24	32
Granite		17	2	29	40

1. Les plasmas d'altération

Les feldspaths orthose et albite sont les premiers minéraux à s'altérer dans l'isaltérite inférieure. Leur transformation pseudomorphique en gibbsite est indirecte : elle est précédée par la formation transitoire de métahalloysite. Les feldspaths microcline s'altèrent ensuite ; leur transformation en gibbsite est directe ; cette gibbsite cristallise suivant un réseau de cloisons qui délimitent des vides. Des microanalyses chimiques ont permis de suivre cette transformation (fig. 1).

Dans l'isaltérite inférieure, les biotites exudent leur fer qui se concentre sous forme de goethite en position interlamellaire. Les paquets de lamelles, ainsi déferruginisés, s'altèrent avec la formation d'abord d'interstratifiés biotite-vermiculite, puis de kaolinite et enfin de gibbsite. Des microanalyses chimiques permettent de suivre cette transformation (fig. 2).

La dissolution des quartz commence dans l'isaltérite inférieure et se poursuit jusque dans la cuirasse.

Les muscovites sont les derniers minéraux à s'altérer dans la cuirasse alumineuse inférieure. Leur transformation en gibbsite est directe.

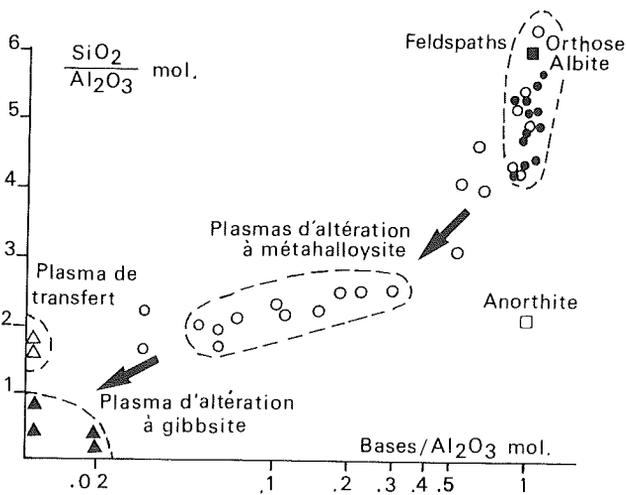


Fig. 1. — Variations des rapports géochimiques des feldspaths, de leur plasmas d'altération et des plasmas de transfert.

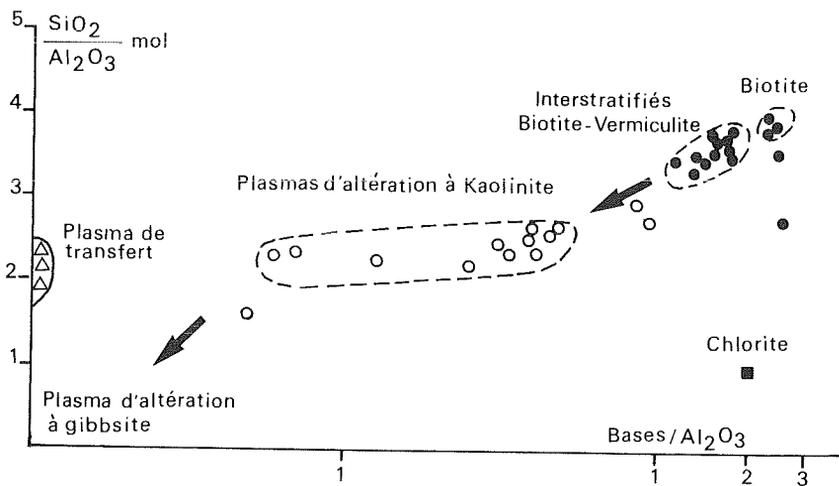


Fig. 2. — Variations des rapports géochimiques des biotites, de leurs plasmas d'altération et des plasmas de transfert.

Ainsi l'altération des minéraux parentaux est directe et toujours pseudomorphique. Les vides d'altération sont autant de sites d'accueil pour les plasmas de transfert. Un relai s'établit entre les minéraux parentaux et les minéraux de néoformation. Il y a, ainsi, préservation des textures et de la structure du granite.

2. Les plasmas de transfert et de dépôt

L'éluviation de profil conduit à une redistribution des éléments des horizons supérieurs vers les horizons inférieurs. Cette migration se développe dans les plasmas de transfert, soit sous forme particulière, soit en solution. Les accumulations se produisent dans tous les microsystèmes illuviaux sous forme de dépôts cutaniques. Elles conduisent à l'augmentation des teneurs en fer et en aluminium de la cuirasse alumineuse.

2.1. *Les néoformations de métahalloysite.*

A la base du profil, le granite présente des fissures transminérales, qui coupent quartz et feldspaths non altérés (pl. I, photo 1). Certaines fissures contiennent des dépôts alumino-silicatés, qui cristallisent sous forme de métahalloysite (photos 2, 3, 4). Ces néoformations couvrent indifféremment quartz et feldspaths. Elles sont donc indépendantes de la roche mère et précèdent l'altération des minéraux parentaux.

De telles néoformations de métahalloysite peuvent recouvrir aussi la gibbsite provenant de l'altération des feldspaths orthose et albite. Et ce sont justement ces plasmas de transfert qui, s'ajoutant aux plasmas d'altération en place, assurent le remplissage des volumes (photos 5 et 6).

Les microanalyses chimiques permettent de différencier plasmas de transfert et plasmas d'altération (fig. 1 et 2).

2.2. *Les néoformations de kaolinite en vermicules.*

Toujours dans l'isaltérite inférieure, mais à sa partie supérieure, des néoformations de kaolinite en vermicules apparaissent dans les zones de circulation préférentielle. Cette kaolinite emplit aussi quelques fissures de feldspaths altérés (pl. I, photos 7 et 8).

Ultérieurement, vers le haut de l'isaltérite inférieure et dans l'isaltérite supérieure, ces kaolinites se transforment en gibbsite. Cette transformation est directe (pl. II, photos 9 et 10).

2.3. Les ferrigibbsitanes.

Toutes ces accumulations, précédemment décrites dans l'isaltérite inférieure, sont des cristalliplasmas néoformés à partir de transferts en solution. Mais, dans l'isaltérite supérieure, ces cristalliplasmas sont recouverts, et alors suivis, par d'autres accumulations formant des dépôts cutaniques, et liés à des transferts de particules.

Ces dépôts sont de deux types : des plasmas amorphes alumino-ferrugineux et des plasmas argilo-ferrugineux.

Les plasmas amorphes alumino-ferrugineux présentent une succession de zones jaune-brun et de zones jaune-clair ; dans ces dépôts cutaniques, qui se font autour d'un vide extérieur, le fer migre et se fixe en position interne, la gibbsite cristallise en position externe (photos 11 et 12). Ainsi ces plasmas amorphes se transforment en ferrigibbsitanes dans lesquels alternent des zones sombres ferrugineuses et des zones claires gibbsitiques (fig. 3).

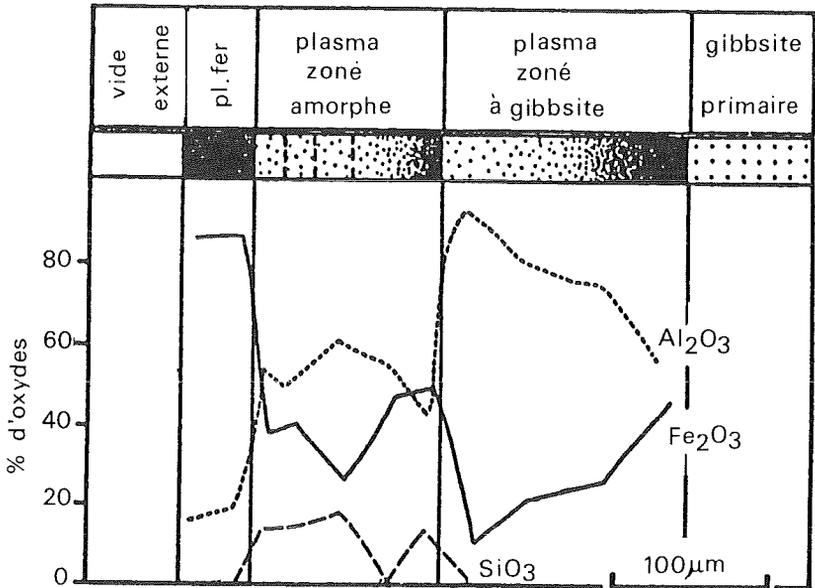


Fig. 3. — Microanalyses chimiques réalisées suivant une coupe transversale d'un cutane à plasma alumino-ferrugineux.

Les plasmas argilo-ferrugineux se surimposent aux plasmas précédents ; ces dépôts cutaniques, généralement formés de kaolinite et d'oxyhydroxydes de fer, présentent des microstratifications qui sont uniquement liées à l'orientation préférentielle des particules argileuses. Ultérieurement à leur

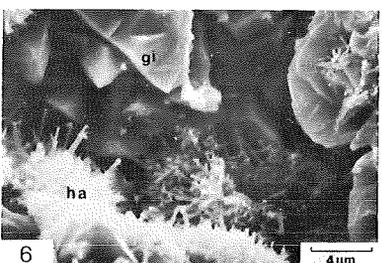
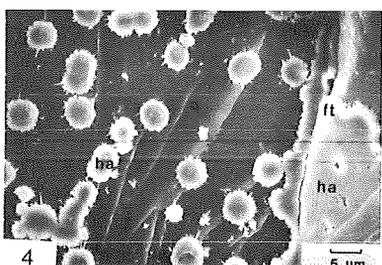
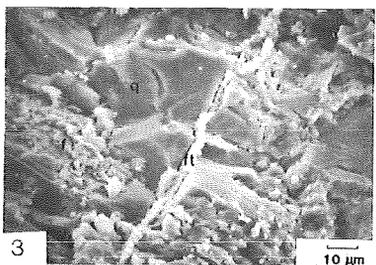
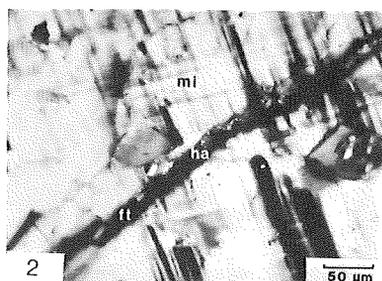
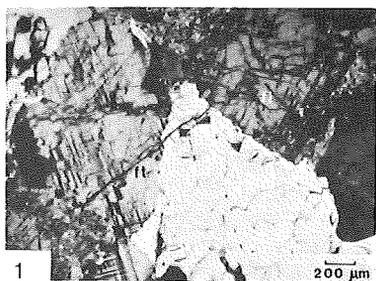


Planche I.

1. MP. — Altération d'un granite : à partir d'une fissure transminérale (ft), développement de fissures intraminérales (fi) dans les feldspaths.
2. MP. — Dans le microcline non altéré (mi) de la photo 1, détail d'une fissure transminérale (ft) avec métahalloysite (ha).
3. SEM. — Fissure transminérale (ft) emplies de métahalloysite.
4. SEM. — Détail d'une fissure (ft), avec métahalloysite, coupant un quartz.
5. SEM. — Pseudomorphose d'un feldspath en gibbsite.
6. SEM. — Métahalloysite de néoformation (ha) sur la gibbsite (gi).
7. MP. — Microcline altéré, kaolinite de néoformation (ka) dans une cloison gibbsitique.
8. SEM. — Idem photo 7.

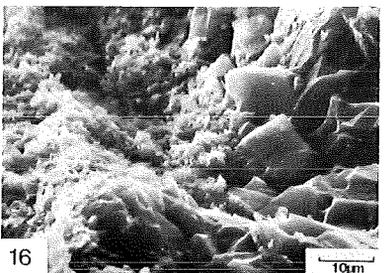
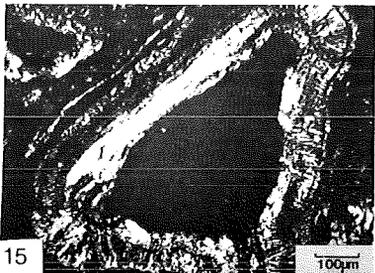
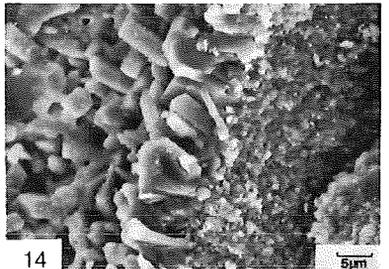
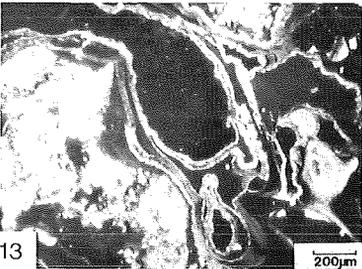
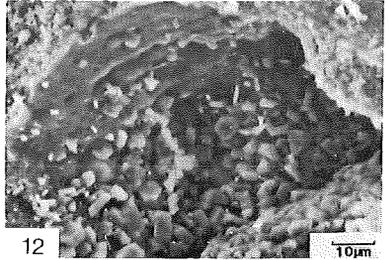
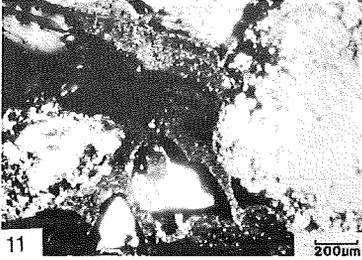
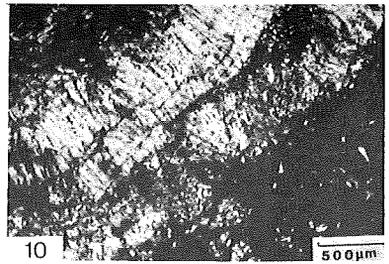
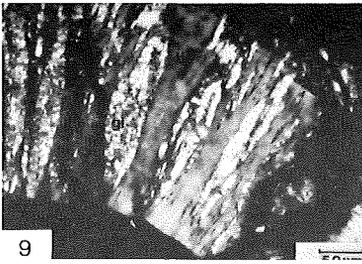


Planche II.

9. MP. — Transformation de vermicules de kaolinite en gibbsite.
10. MP. — Idem photo 9. La transformation de kaolinite en gibbsite est ici complète.
11. MP. — Ferrigibbsitane issu du dépôt et de la transformation d'un plasma amorphe aluminoferrugineux. Les grandes plages de gibbsite dérivent de l'altération de feldspaths.
12. SEM. — Idem photo 11. Les cristaux de gibbsite sont petits et désordonnés.
13. MP. — Ferrigibbsitane issu de la transformation d'un plasma argilo-ferrugineux. Sur la droite de la photo, ces dépôts entourent un plasma amorphe aluminoferrugineux antérieur.
14. SEM. — Idem photo 13. Les cristaux de gibbsite sont perpendiculaires au bord du vide.
15. MP. — Ferrigibbsitane. Dans la zone externe gibbsitique, on peut observer le passage d'une structure phylliteuse à une structure prismatique.
16. SEM. — Idem photo 15. Transformation de la kaolinite d'un ferriargilane en gibbsite.

dépôt, ces ferriargilanes (BREWER 1964) évoluent en ferrigibbsitanes (pl. II, photos 13 et 14). Des microanalyses chimiques, faites dans des ferriargilanes zonées, montre que la kaolinite en position externe est soumise à une désilicification. L'aluminium s'accumule relativement et précipite sous forme de gibbsite (fig. 4) (BOULANGÉ *et al.* 1975). Cette transformation peut aussi être montrée pétrographiquement, par l'observation de passages latéraux et continus, dans un même dépôt, de structures phylliteuses (kaolinite) à des structures prismatiques (gibbsite) (photos 15 et 16).

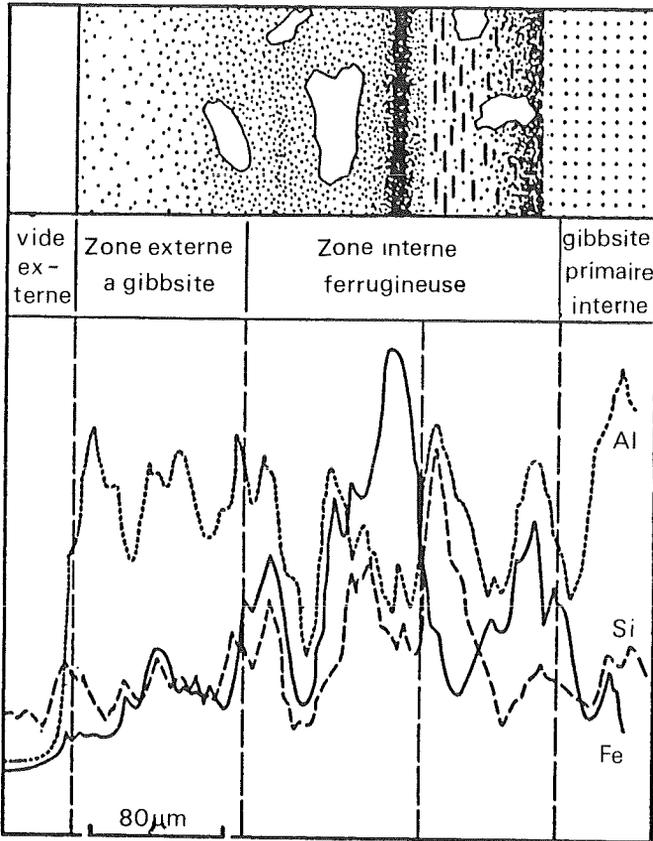


Fig. 4. — Microanalyses chimiques réalisées suivant une coupe transversale d'un cutane à plasma argilo-ferrugineux.

2.4. Les gibbsitanes.

Un dernier type de plasma correspond à des néoformations de gibbsite qui coupent les plasmas cutaniques précédents. Ces cristalliplasmas à gibbsite

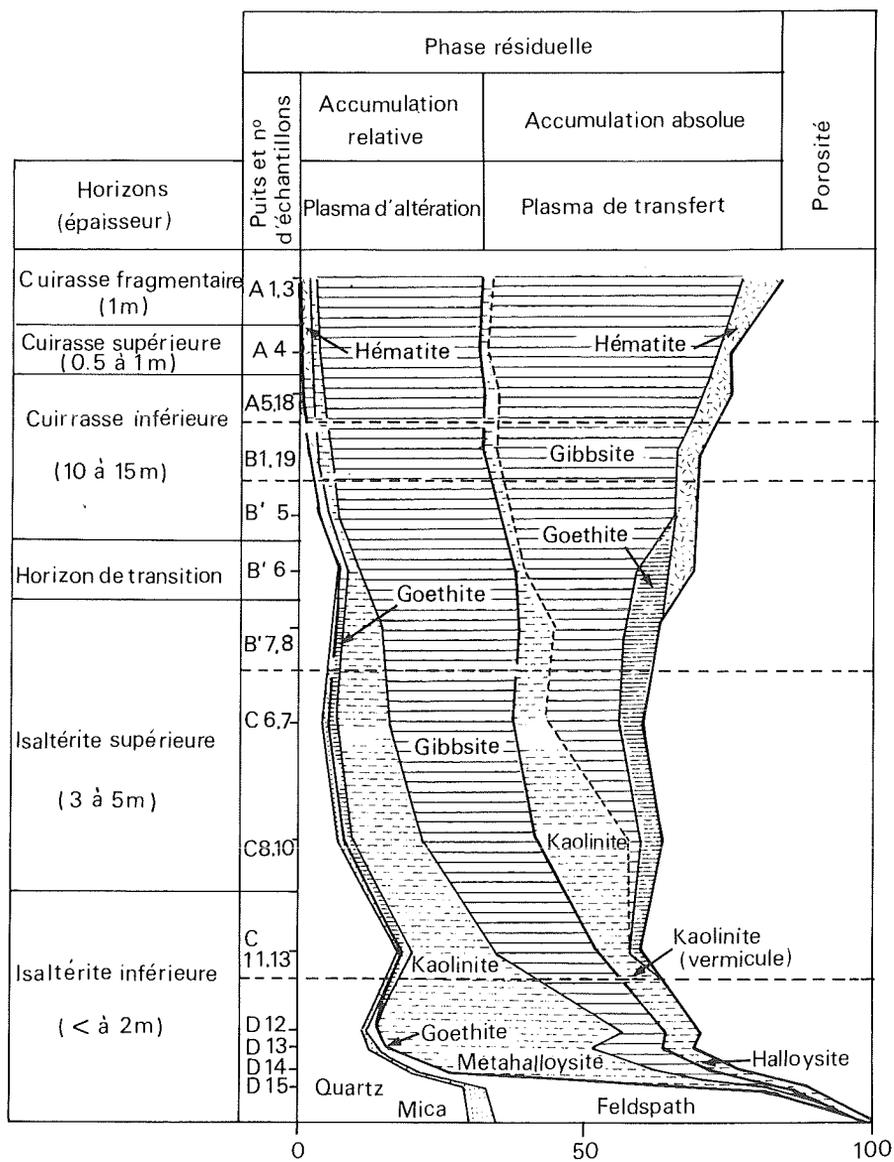


Fig. 5. — Estimation quantitative de la répartition des plasmas d'altération et de transfert.

emplissent certains vides et entourent aussi les quartz résiduels. Les surfaces de contact sont nettes. Il y a discontinuité entre les compositions chimiques de ces gibbsitanes et des plasmas les bordant. L'absence de fer indique que cette gibbsite proviendrait uniquement de la cristallisation directe d'une solution relativement pure à très forte concentration d'aluminium.

Conclusion

Il est possible de préciser quantitativement quelle part ces deux mécanismes d'accumulation (relative par altération et absolue par transfert) prennent dans le développement du profil bauxitique latéritique (fig. 5).

Cette estimation quantitative a été faite sur la base de la méthode isovolumétrique dans la partie du profil à structure conservée, et en tenant compte de facteurs de tassement pour les deux horizons indurés supérieurs (cuirasse fragmentaire et cuirasse alumineuse supérieure).

On montre ainsi que la part de matériau liée aux accumulations absolues augmente considérablement de la base au sommet du profil où elle excède 50% du matériau. La gibbsite résulte soit de l'altération des minéraux parentaux dans la partie inférieure de l'altérite, soit de l'altération des minéraux néoformés, métahalloysite et kaolinite, dans la partie supérieure de l'altérite.

BIBLIOGRAPHIE

- BOCQUIER, G., BOULANGÉ, B., ILDEFONSE, P., NAHON, D. & MULLER, D. 1982. Transfers, accumulations modes, mineralogical transformations and complexity of historical development in lateritic profiles. — *In* : Proceedings of the IInd International Seminar on Lateritisation Processes (São Paulo), 2, 9 pp.
- BOULANGÉ, B., PAQUET, H., BOCQUIER, G. 1975. Le rôle de l'argile dans la migration et l'accumulation de l'alumine de certaines bauxites tropicales. — *C. R. Acad. Sc. (Paris)*, 280, D : 2183-2186.
- BOULANGÉ, B. 1983a. Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé. — Th. Doct. Sc., *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, 175, Paris, 341 pp.
- BOULANGÉ, B. 1983b. Aluminium concentration in a bauxite derived of granite (Ivory Coast) : relative and absolute accumulations. — *In* : 5^e Congrès international de l'ICSOBA (Zagreb), 6 pp. (sous presse).
- BREWER, R. 1964. Fabric and mineral of soils. — John Wiley and Sons, New York, 470 pp.
- D'HOORE, J. 1954. L'accumulation des sesquioxydes libres dans les sols tropicaux. — *Publ. Inst. nat. Étud. agron. Congo belge*, Sér. scient., n° 62, 231 pp.

