

Minéraux argileux de quelques altérations entre la ville de Belem du Para, le rio Gurupi et le rio Guama

E.N. DE CAMPOS*, A.C. MONIZ**,
J.J. DE OLIVEIRA***, G. SIEFFERMANN****

**Instituto de Desenvolvimento Economico Social do Para, Brésil*

***Institut agronomique de Campinas, S.P., Brésil*

****Institut de Géosciences, dép. 01, U.F. da Bahia, Salvador
Brésil*

*****Pédologue de l'ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay,
93140 Bondy, France*

RÉSUMÉ

L'étude concerne une trentaine de profils d'altération ferrallitique du soubassement métamorphique (Série Gurupi) ou granitique (Granites de Bragantina) de la région située entre Belem du Para, le rio Gurupi et le rio Guama.

Les minéraux argileux mis en évidence appartiennent essentiellement au groupe de la kaolinite (kaolinite sensu stricto, kaolinite désordonnée et halloysite) ; l'illite, la goethite et l'hématite sont fréquentes, la gibbsite est très rare.

Les produits d'altération rouges et jaunes qui remplissent les poches de décalcification de la formation calcaire du Pirabas (Miocène) montrent de la montmorillonite de la kaolinite désordonnée et des hydroxydes de fer.

Dans les poches de décalcification la montmorillonite jaune-verdâtre forme une couche de 2 à 5 cm d'épaisseur

entre le calcaire et le matériel kaolinique central rouge ; ce dernier contient parfois des débris de « grès du parà ». Ce fait indique le remplissage des poches de décalcification par des matériaux de transport ou une ancienne couverture de « grès du parà ».

Le calcaire Pirabas montre dans ses couches terminales du sulfate de calcium à côté de la calcite et de la montmorillonite ; ainsi que de petites quantités de kaolinite, d'halloysite et du quartz.

La fraction argileuse de la formation Barreiras et du Grès du Parà est formée de kaolinite, d'illite, d'hématite et de goethite ; il n'y a pratiquement jamais de gibbsite.

D'épaisses assises sédimentaires de kaolinite sensu stricto blanche indurée, se rencontrent le long de la route BR 010 entre S. Miguel Do Guama et Paragominas. L'étude des minéraux argileux a été faite essentiellement par la diffraction des rayons X et par la microscopie électronique.

ABSTRACT

This study concerns thirty ferallitic alteration profiles of the metamorphic subsoil (Gurupi Series) or granitic subsoil (Bragantina Granites) of the region situated between Belem of Para, the rio Gurupi and the rio Guama.

The argillous minerals belong, essentially, to the kaolin group (*sensu stricto* kaolinite, disordered kaolinite, and halloysite). Illite, goethite and hematite are frequently found, but gibbsite is very rare.

The red and yellow alteration products which fill the decalcification pockets of the Pirabas (Miocene) calcareous formation show montmorillonite disordered kaolinite and iron hydroxides.

In the decalcification pockets, the yellow-greenish montmorillonite forms a 2-5 cm thick layer between the limestone and the red central kaolinic material.

The latter sometimes contains some "gres du para" debris. This fact indicated the filling of the decalcification pockets by some transport material or an old covering of "gres du para".

The calcareous Pirabas shows calcium sulfate in its terminal layers next to calcite and montmorillonite. There are also small quantities of kaolinite, halloysite and quartz.

The clay fraction of the Barreiras formation and Gres du Para is composed of kaolinite, illite, hematite and goethite. There is practically never any gibbsite.

Thick sedimentary beds of white indurated *sensu stricto* kaolinite are found along the BR 010 road between S. Miguel do Guama and Paragominas. The study of the clay minerals was carried out essentially by X-ray diffraction and electron microscopy.

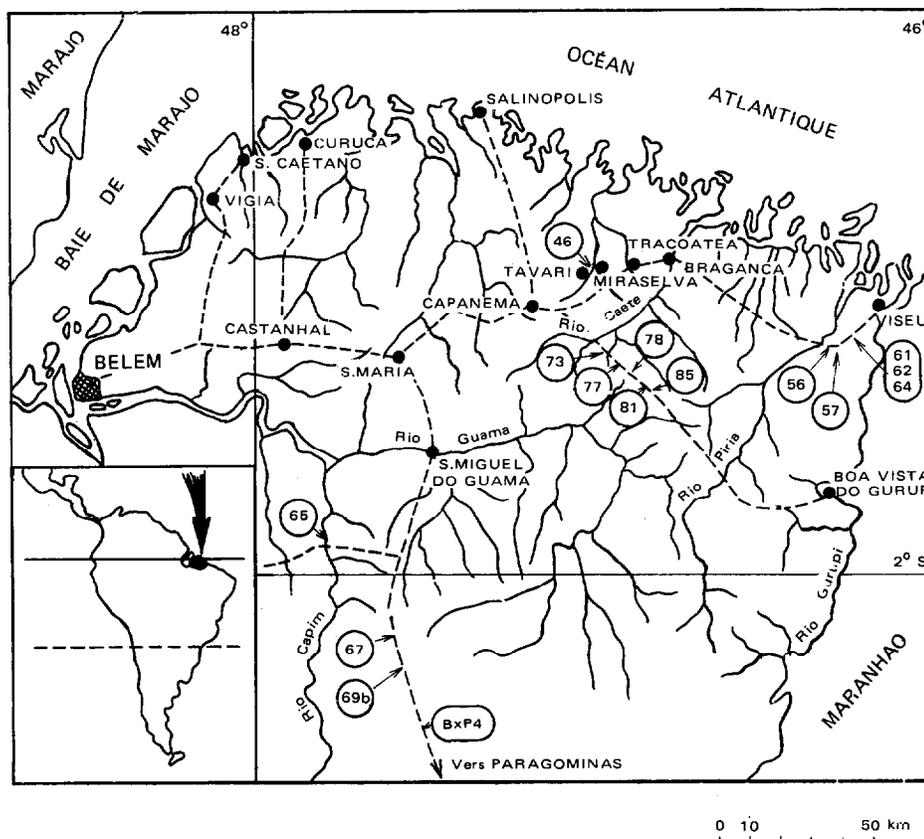


FIG. 1. — Carte de situation.

1. INTRODUCTION

La présente note concerne la nature des silicates d'altération qui peuvent s'observer à l'est de Belém, dans la région comprise entre la baie de Marajo et le rio Gurupi entre 46 et 48° de longitude ouest et 1 et 2° de latitude sud. Le régime thermique de cette zone est équatorial, les températures sont élevées, la moyenne annuelle est de 25 °C. L'amplitude moyenne annuelle est très faible ; 1,3° (temp. max. moy. : 26,2° ; min. moy. : 24,9°). A Belém le maximum absolu a été de 34,7° et le minimum absolu de 18,5°. L'humidité relative est toujours élevée, le mois d'août, le plus sec, a encore 82 %.

La pluviosité passe de 2 800 mm par an à Belém à 2 000 mm à Viseu sur le rio Gurupi. Il faut noter que dans la région côtière située entre Salinópolis, Augusto Correa et Capanema il pleut moins de 2 000 mm par an. La saison des pluies se situe entre janvier et mars et la saison sèche entre juillet et novembre. Les mois les plus pluvieux sont février et mars ; les plus secs octobre et novembre. Nous sommes par conséquent en pleine zone d'altération ferrallitique.

— Un premier groupe de huit échantillons provient de la région de Capanema, d'un profil d'altération sur calcaire miocène. Les diffractogrammes de quatre échantillons ont été représentés en figure 3 n° 2, 3, 4 et 7.

— De la région située au nord de Tauari et Miraselva nous avons analysé minéralogiquement par diffractométrie (fig. 4, n° 46) les produits d'altération des granites à deux micas décrits par OLIVEIRA et LÉONARDES (1943) et ACKERMANN (1969).

— Un troisième groupe d'échantillons d'altération provient de coupes de la route Para-Maranhão. Ce sont les produits d'altération des roches précambriennes décrites par LISBOA (1935), MOURA (1958) et ACKERMANN (1969) sous le nom de série gurupi. Les diffractogrammes de quelques-unes de ces altérations sont représentés en figure 4, n° 73, 77, 78, 81 et 83.

— Un quatrième lot de dix échantillons de roche altérée a été prélevé le long de la route Bragança-Viseu.

Les diffractogrammes de six d'entre eux sont représentés en figure 5 n° 56, 57, 61, 62, 64 et BV.

— Une douzaine d'échantillons ont été prélevés dans les épaisses formations argileuses, légèrement indurées que traverse la route Belém-Brasília entre Sao Miguel do Guama et Paragominas. Les diffractogrammes de trois de ces échantillons sont représentés en figure 5 n° BXP4, 67 et 69B.

— Enfin, nous avons analysé un échantillon de l'argile de la berge du rio Capim, prélevé à la hauteur du bac au passage de la route d'Acara (fig. 4, n° 65).

2. DESCRIPTION ET CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DE CES ALTÉRATIONS

2.1. Les altérations et les argiles du calcaire miocène

Près de Capanema, le long de l'ancienne voie ferrée Belém-Bragança, on peut observer en affleurement et en carrière les calcaires du miocène inférieur de la formation dite Pirabas, qui ont été décrits par ACKERMANN, 1964, 1969 ; BEURLEN, 1958 ; FERREIRA et CUNHA, 1957, 1959 ; SANTOS et TRAVESSO, 1957 et par OLIVEIRA, 1958. A l'endroit étudié ce calcaire forme des couches assez dures, de 10 à 20 cm d'épaisseur, subhorizontales, séparées par de petits lits argileux. Localement on observe des poches de décalcification, parfois profondes de plus de six mètres, remplies de matériaux argilo-sableux brun-rouges. Le matériel de remplissage du centre des poches est en partie alloctone. On peut en effet y observer des débris de la cuirasse ferrugineuse, quaternaire ou pliocène, connue dans la région sous le nom de grès ou de pierre du Parà. Au bord des poches de décalcification, au contact du calcaire on observe presque toujours une couche continue, de 2 à 5 cm d'épaisseur, d'une argile plastique brun-jaune. Cette disposition est schématisée en figure 2. Nous avons analysé :

— Le calcaire (fig. 2, 1).

— Les argiles des lits intercalés entre les bancs de calcaire (fig. 2, 2).

— La couche argileuse au contact du calcaire (fig. 2, 3).

— La fraction inférieure à 40 μ , obtenue par tamassage à sec, du matériel du centre des poches de décalcification (fig. 2, 4).

Les résultats obtenus à l'analyse par diffraction des rayons X ont été groupés sur la figure 3.

(1) Le calcaire est principalement constitué de calcite, associé à une quantité parfois assez importante de dolomite. Du gypse, sous forme de petits cristaux de quelques millimètres de grandeur peut s'observer dans le calcaire ; mais principalement dans les bancs argilo-calcaires et dans les lits argileux intercalaires. Sur la figure 3, n° 7 est représenté le diffractogramme

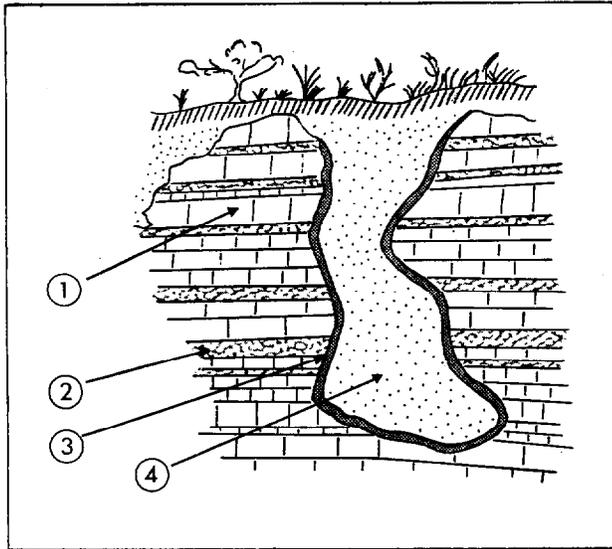


FIG. 2. — Poche de décalcification du calcaire Pirabas.

1. calcaire,
2. argiles des lits intercalés entre les bancs de calcaire,
3. courbe argileuse au contact du calcaire,
4. poche de décalcification.

de ces cristaux, on y distingue toutes les raies caractéristiques du gypse : 7,56 ; 4,27 ; 3,79 ; 3,06 ; 2,867 et 2,679 Å.

(2) Le diffractogramme du matériel des lits argileux intercalés entre les couches de calcaire nous montre (fig. 3, n° 2).

— De la montmorillonite (M), largement dominante, parfaitement caractérisée par son pic à 14 Å, qui passe au glycérolage à 18 Å et qui se rabat au chauffage à 10 Å.

— De la calcite (Ca) (raies à : 3,86 ; 3,035 ; 2,845 ; 2,495 ; 2,285 et 2,095 Å).

— Un peu de dolomite (D) (raie à 2,90 Å).

— Un peu de quartz (Q) (raies à 3,34 et 4,26 Å).

— Une petite quantité de kaolinite (K) (raies à 7,15 et 3,56 Å).

— Une toute petite quantité d'argile micacée (I) (raies entre 10 et 11 Å).

(3) La couche argileuse entre le calcaire et le matériel de remplissage du centre de la poche est constituée d'une montmorillonite presque pure ; parfaitement

caractéristique en diffractogramme de rayons X (fig. 3 n° 3) tant au glycérolage qu'au chauffage. Cette montmorillonite est seulement associée à une petite quantité de quartz (raie à 3,34 Å).

(4) La fraction inférieure à 40 μ du matériel rouge du centre de la poche de décalcification nous montre, par son diffractogramme, figure 3 n° 4 :

— De la kaolinite désordonnée selon l'axe *b*, très dominante (K) (raies à 7,12 ; 4,43 ; 3,56 ; 2,56 et 2,33 Å).

— Du quartz (Q) (raies à 4,26 ; 3,34 ; 2,46 ; 2,28 ; 2,23 et 2,13 Å).

— De la goethite (G) (raies à 4,18 et 2,69 Å).

— De l'hématite (H) (raies à 2,69 et 2,51 Å).

— Un peu de montmorillonite (M) (raie à 14 Å).

— Un peu d'illite (I) (raie à 10 Å).

INTERPRÉTATIONS : deux points méritent d'être retenus :

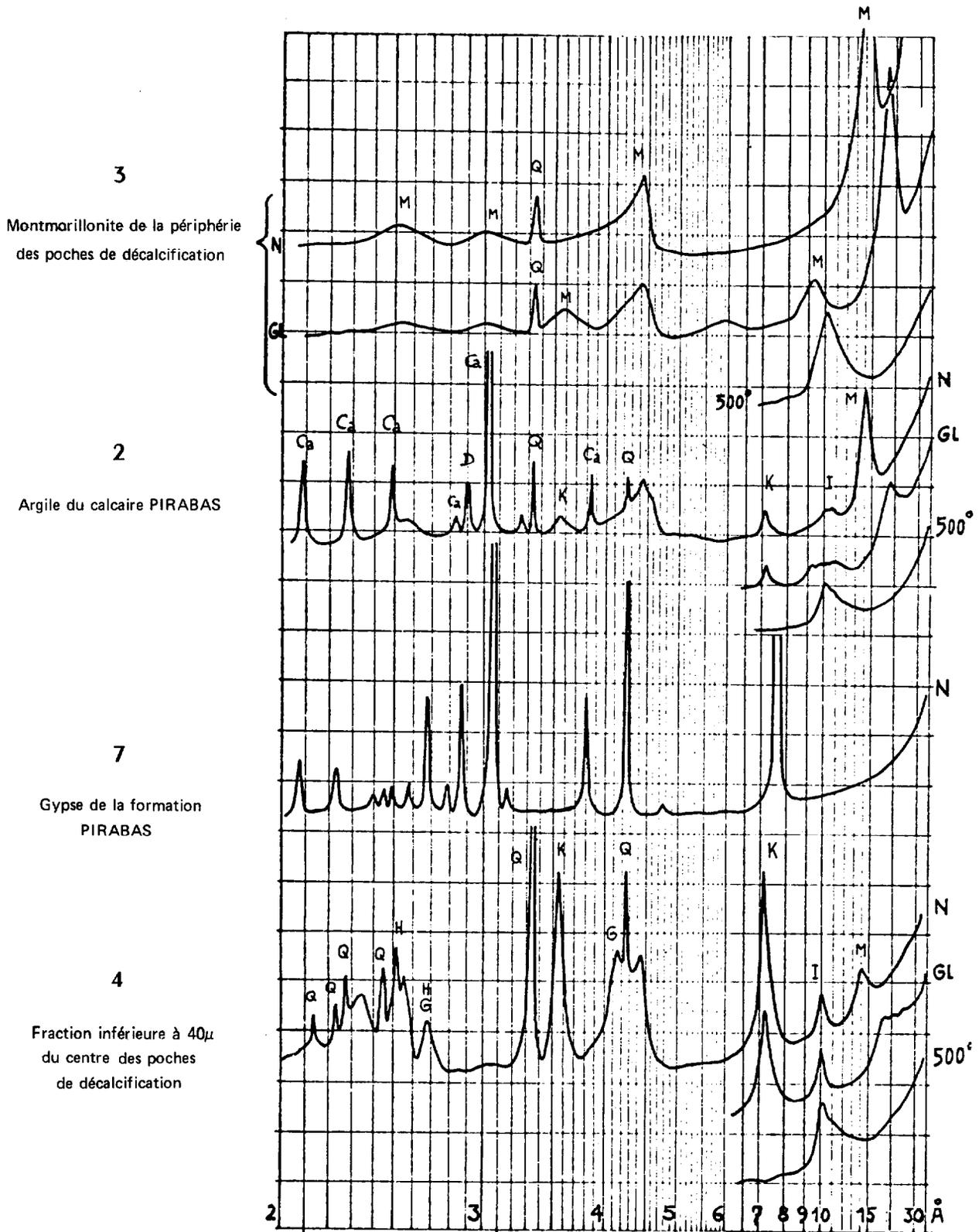
(1) La présence de gypse dans le calcaire Pirabas.

(2) Le fait que la majeure partie du matériel de remplissage des poches de décalcification ne provient pas des lits d'argile intercalés entre les bancs de calcaire.

L'argile de la couche de montmorillonite, entre le calcaire et le matériel de remplissage des poches de décalcification pose un problème. On peut penser que cette montmorillonite est néoformée à partir de solutions ; car on n'y trouve pas la kaolinite et l'illite qui existent dans les lits argileux intercalés entre les bancs de calcaire. Toutes les conditions de la néoformation sont d'ailleurs réunies ici, principalement la concentration en bases, par la proximité du calcaire, et que nous savons nécessaire (GASTUCHE et HERBILLON, 1962 ; MILLOT, 1964 ; SÉGALEN, 1965 ; PEDRO et LUBIN, 1968 ; PAQUET H., 1969 ; SIEFFERMANN, 1969 ; TARDY, 1969).

2.2. Les produits d'altération des granites de Tauari et Miraselvas

Dans la zone de Tauari, Miraselvas et Tracoateua les granites à deux micas n'affleurent que sur des surfaces très réduites. Généralement l'épaisseur des altérations demeure partout assez importante. Les sols qui se développent sur ces roches sont de type ferrallitique (VIEIRA *et al.* 1971). Souvent on observe une zone supérieure formée de matériaux transportés avec fréquemment de petits graviers roulés. Les



M.	montmorillonite	K.	kaolinite	N.	argile orientée
Q.	quartz	I.	illite	Gl.	argile orientée glycérolée
Ca.	calcite	G.	goethite	500°	argile chauffée
D.	dolomite	H.	hematite		

FIG. 3. — Diffractogrammes de rayons X.

horizons B de ces sols peuvent être gris, bruns ou rouges ; ils sont toujours constitués de minéraux de la famille de la kaolinite, de quartz, d'hydroxydes de fer (goéthite ou hématite ou des deux) et de mica blanc. Aucun échantillon n'a montré de la gibbsite.

L'altération profonde isovolume, prélevée dans une fosse de six mètres de profondeur, nous montre par son diffractogramme, figure 4, n° 46 :

— De la kaolinite *sensu stricto* (K) (raies à 7,15 et 3,56 Å).

— Du quartz (Q) (raies à : 4,26 ; 3,34 ; 2,46 ; 2,28 ; 2,23 et 2,13 Å).

— Du mica muscovite (m) (raies à : 10 ; 5 ; 4,46 ; 3,36 ; 2,995 ; 2,87 ; 2,80 ; 2,495 et 2,39 Å).

— Une petite quantité d'illite trioctaédrique, provenant probablement de la dégradation de la biotite, et qui semble responsable, comme nous le verrons plus loin, de la raie à 3,20 Å. (Qui n'est pas ici une raie de feldspath). Localement, dans les zones de bas-fond, surtout là où le calcaire Pirabas est proche, on observe dans la zone d'altération du granite, une quantité assez importante de montmorillonite.

INTERPRÉTATIONS

Il s'agit d'altérations ferrallitiques classiques de zone tropicale humide comme en ont décrit de très nombreux auteurs. Il faut cependant noter :

— L'existence en surface de produits d'érosion et de transport (petits galets et débris de « grès do Parà »).

— L'absence totale de gibbsite.

— La présence locale de montmorillonite dans la zone d'altération ; qui semble davantage due à la proximité du calcaire Pirabas qu'à de l'hydromorphie.

2.3. Les produits d'altération des schistes métamorphiques entre le Rio Caete et le Rio Piria

Des altérations épaisses, dérivées de schistes métamorphisés, se rencontrent le long de la route Para-Maranhão, à partir du 44^e kilomètre de l'embranchement de Capanema, après la traversée du lit majeur du rio Caeté. Les schistes dont dérivent ces altérations isovolumes sont de texture très fine, le plus souvent redressés en position subverticale et parfois assez fortement plissés. Ils ont été étudiés par LISBOA (1935) ; CAPPER DE SOUZA et GLYCON DE PAIVA (1937) ;

OLIVEIRA et LÉONARDES (1943) et par ACKERMANN (1969). Ces roches semblent dater du précambrien (proterozoïco), ACKERMANN (1969) les corrèle avec une certaine prudence à la série Minas. Neuf échantillons d'altération ont été analysés, tous sont situés entre les kilomètres 44 et 64 de la route Para-Maranhão. Les diffractogrammes de cinq d'entre eux sont représentés en figure 4 (n° 73, 77, 78, 81 et 83).

(1) L'échantillon 73 est un schiste siliceux et micacé, gris-clair de texture très fine. Dans la partie altérée le fer s'individualise sous forme de plages jaune rouille plus ou moins indurées. Le diffractogramme de cet échantillon (fig. 4 n° 73) nous permet de conclure qu'il contient de la silice sous forme de quartz très fin, du mica muscovite, une faible quantité de kaolinite et de la goéthite.

(2) L'échantillon 77 correspond à un schiste gris, peu altéré, à texture très fine et à toucher rugueux. Son diffractogramme (fig. 4, n° 77) nous permet de voir qu'il est constitué de quartz, de mica blanc et d'une faible quantité de kaolinite.

(3) L'échantillon 78 est un schiste à toucher *talceux*, gris-jaune clair. Son diffractogramme (fig. 4, n° 78) nous montre :

— Beaucoup de mica blanc (raies à 10 ; 5 ; 3,33 ; 4,46 ; 2,995 ; 2,87 ; 2,795 ; 2,56 et 2,495 Å).

— Un mica trioctaédrique riche en fer, dont les raies sont : 9,6 ; 4,79 ; 3,20 et 1,92 Å, avec les intensités respectives 80, 40, 100 et 70.

— De la goéthite (raies à 4,18 et 2,685 Å).

— Une petite quantité de kaolinite (raies à 7,15 et 3,58 Å).

— Un peu de quartz (raies à 4,26 et 3,34 Å).

(4) L'échantillon 81 est un schiste altéré, gris à jaune clair, très fin. Son diffractogramme (fig. 4 n° 81) nous montre qu'il est constitué d'une quantité importante de kaolinite (K), de quartz très fin et d'une faible quantité d'illite (I).

(5) L'échantillon 83 est un schiste très fin, altéré, de couleur violacé. Son diffractogramme nous montre que sa composition est assez semblable à celle de l'échantillon précédent ; on voit que :

— La kaolinite domine.

— Le quartz très fin existe en quantité importante.

— L'illite n'est que très faiblement représenté.

— Il y a de l'hématite α Fe₂O₃ et de la goéthite FeO(OH).

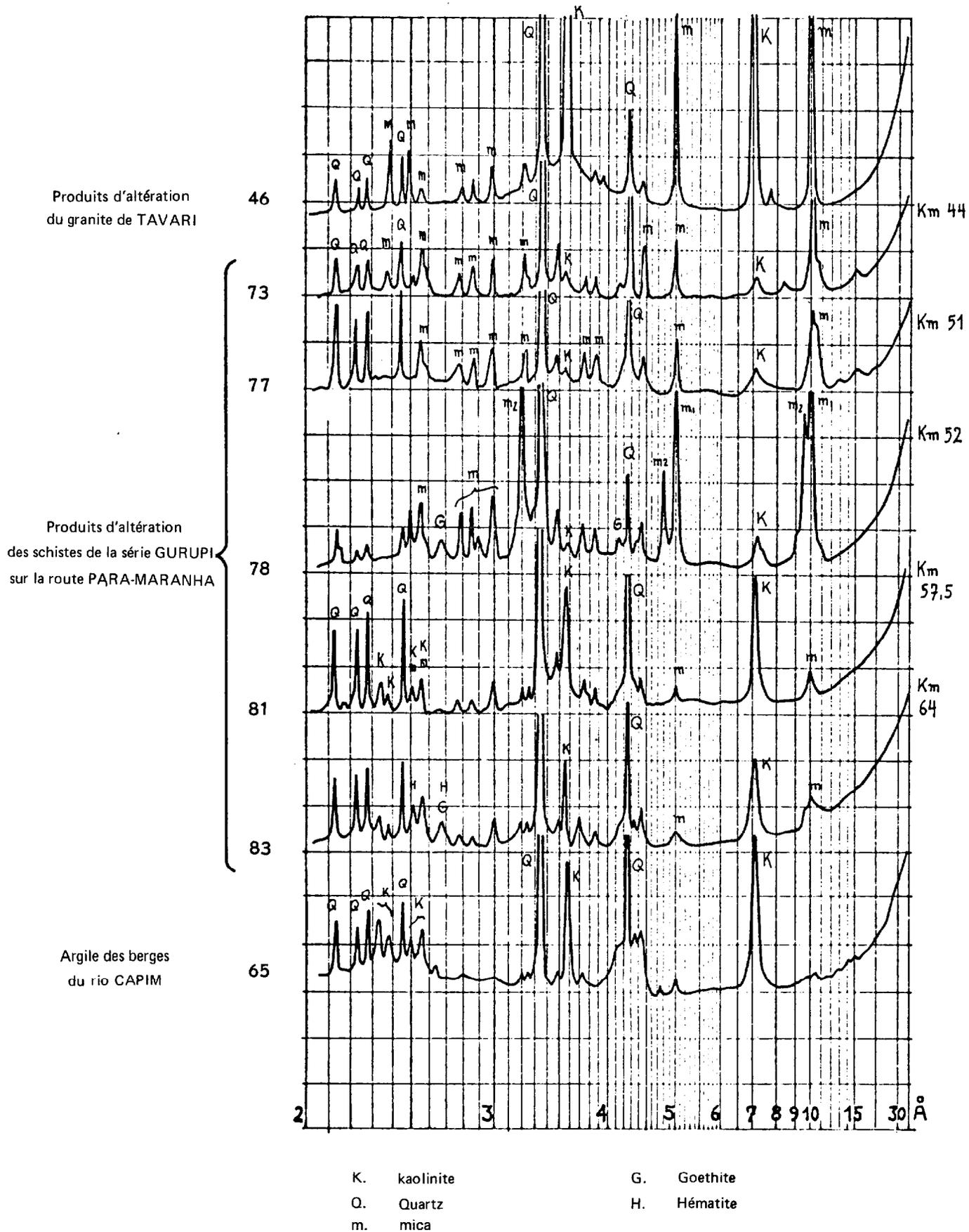


FIG. 4. — Diffractogrammes de rayons X sur poudre inférieure à 40 μ .

INTERPRÉTATIONS : Quatre points peuvent être dégagés de cette étude :

(1) Du kilomètre 44 au kilomètre 54 de la route Para-Maranhão les altérations sont riches en mica et pauvres en kaolinite ; ensuite jusqu'au kilomètre 64 elles sont riches en kaolinite et pauvres en mica. Dans le premier secteur les altérations sont par ailleurs plus pauvres en quartz que dans le second.

Ceci nous permet de penser que le schiste sain contient, dans le premier secteur, principalement du mica blanc et du quartz ; dans le second secteur surtout des feldspaths associés à de la biotite et à du quartz.

(2) Un second point important à retenir est l'absence totale de gibbsite. L'altération des feldspaths en gibbsite est empêchée ici par la forte proportion de quartz, très finement divisé, qui assure dans le milieu d'altération une teneur toujours élevée en silice ; et nous savons que ceci empêche la formation de gibbsite (MILLOT, 1964 ; SIEFFERMANN 1969).

(3) Un troisième point est l'existence, dans l'échantillon 78, d'un mica probablement dioctaédrique et riche en fer ferrique. Ce minéral est caractérisé par les réflexions intenses : 9,6 ; 4,79 ; 3,20 et 1,92 Å, respectivement d'intensité 80, 40, 100 et 70.

(4) Enfin, il faut retenir, l'absence de talc et de pyrophyllite dans les échantillons d'altération étudiés.

2.4. Les produits d'altération entre le Rio Piria et Viseu, le long de la route Bragança-Viseu

Entre le rio Piria et le Gurupi, sur la route Bragança-Viseu on peut observer divers faciès d'altération généralement assez épais. Les roches dont ils dérivent sont de nature sédimentaire, à grain très fin, parfois fortement redressés, et ne semblent avoir subi qu'un métamorphisme léger. La série comprend des roches à faciès gréseux, rouges, peu indurées, très finement litées et de texture très fine. Elle ne semble pas avoir été l'objet de beaucoup d'études.

Dix échantillons d'altération ont été analysés, tous sont localisés entre le rio Piria et Viseu. Les diffractogrammes de six d'entre eux (n° 56, 57, 61, 62, 64 et BV) sont représentés en figure 5.

Sur les premiers 20 km après le rio Piria on trouve des produits d'altération à base de métahalloysite (échantillons 55, 56, 57 et 58) parfois associé à de la montmorillonite (échantillon 57). Nous n'avons nulle

part dans la région de Belém rencontré de semblables. L'origine de ces argiles n'a pu être déterminée. Les diffractogrammes des deux échantillons 56 et 57 sont représentés en figure 5.

(1) L'échantillon 56 est blanc, piqué de fines taches brunes et rouges, il contient environ 25 % de sable quartzueux presque entièrement de taille supérieure à 100 μ . Le diffractogramme de sa fraction inférieure à 40 μ nous montre :

— De la métahalloysite très largement dominante (raies larges à 7,15 et 3,53 Å, raie intense à 4,46 Å, doublet à 2,56 et 2,495 Å et raie à 2,33 Å).

— Une petite quantité d'argiles micacées, de type illite (raies à 10 ; 5 ; 3,20 ; 2,985 et 2,86 Å).

— Une petite quantité de quartz (raies à 4,26 et 3,338 Å).

— Un peu de goethite et d'hématite (raie à 2,685 Å).

(2) L'échantillon 58 est morphologiquement très semblable à 56 mais avec plus de taches rouges violacées de quelques centimètres de grandeur. Comme l'échantillon précédent il contient près de 25 % de sable presque entièrement supérieur à 100 μ .

Son diffractogramme de la poudre inférieure à 40 μ nous montre :

— De la métahalloysite largement dominante, montrant les mêmes caractéristiques que celle de l'échantillon précédent.

— De la montmorillonite, presque en quantité égale à celle de la métahalloysite.

— Un peu de quartz.

— Un peu de goethite.

— Un peu d'hématite.

A partir du 25^e km après le rio Piria la nature de la fraction argileuse des altérations change ; la métahalloysite disparaît progressivement ainsi que la montmorillonite, on voit apparaître la kaolinite et l'illite en abondance. Les roches-mères de ces altérations sont des grès (éch. n° 61) ou des micaschistes (éch. n° 62). Pour certains échantillons (éch. n° 64 et BV) il est impossible de dire qu'elle est la nature exacte de la roche-mère.

(1) L'échantillon 61 provient d'un grès rouge, montrant de nombreux et très fins lits de 1 à 5 mm d'épaisseur dont les teintes varient du blanc au violet.

Son diffractogramme de la poudre inférieure à 40 μ nous montre beaucoup de quartz, une quantité

importante de mica et d'argiles micacées, un peu de métahalloysite, de l'hématite et de la goéthite.

(2) L'échantillon 62, gris-beige, provient d'un micaschiste. Le diffractogramme de la poudre inférieur à 40μ est assez semblable à celui des échantillons 77 et 78 provenant des micaschistes de la série Gurupi sur la route Para-Maranhão. Il nous montre (fig. 5 n° 62) :

— Beaucoup de quartz très fin.

— Du mica blanc (raies à 10 ; 5 ; 4,46 ; 3,33 ; 2,985 ; 2,79 et 2,555 Å) associé à un autre mica, déjà rencontré dans l'échantillon 78, et dont les raies sont : 9,6 ; 4,79 ; 3,20 et 1,92 Å.

— De la goéthite (raies à 4,18 et 2,685 Å).

— Une petite quantité de kaolinite.

(3) L'échantillon 64, est une altération isovolume, blanche, à peine piquetée de quelques petites taches jaunes, de texture très fine. Sa roche-mère n'a pas été rencontrée. Son diffractogramme (fig. 5, n° 64) nous montre :

— Une très importante quantité de quartz *extrêmement* fin, du mica blanc et des argiles micacées et enfin une petite quantité de kaolinite.

(4) L'échantillon BV est une altération isovolume de feldspath provenant d'une veine de pegmatite redressée à la verticale. On voit, qu'à part la forme, rien ne subsiste du feldspath, tout est transformé en kaolinite désordonnée.

INTERPRÉTATIONS : Les points importants à retenir sont :

(1) Les formations à métahalloysite, parfois associée à la montmorillonite, qu'on rencontre entre les kilomètres 70 et 90 de la route Bragança-Viseu posent un problème et méritent d'être réétudiées. Nous ne pouvons pas dire pour le moment s'il s'agit d'altérations de roches cambriennes ou précambriennes, ou de matériaux argileux de la transgression miocène. La présence de la montmorillonite, que nous avons vue partout associée au calcaire pirabas est un argument en faveur de cette dernière hypothèse.

(2) Comme pour les altérations de la série Gurupi il faut noter l'absence totale de gibbsite, de pyrophyllite et de talc.

2.5. Les argiles des gisements de kaolin entre Sao Miguel do Guama et Paragominas

Au sud de Sao Miguel do Guama la route Belém-Brasilia traverse sur plus de 70 km de grands gisements de kaolinite sédimentaire. Les couches de ces dépôts sont subhorizontales et leur épaisseur dépasse localement la centaine de mètres. Il s'agit de kaolins assez fortement indurés, souvent blancs ou légèrement tachetés de jaune, parfois intercalés de couches rouges et ocre. Le plus souvent ils sont sans sable, ce qui montre que la sédimentation s'est faite assez loin d'un rivage.

L'extension de ces kaolins de part et d'autre de la dépression amazonienne est considérable ; ils sont connus au nord sur le rio Jari qui descend du plateau guyannais, et au sud entre les rios Tapajoz, Xingu et Tocantins qui descendent du matto grosso.

L'origine de ces argiles, et les sols qui se développent à partir d'eux, ont été étudiés par SOMBROEK (1962). On peut penser que ce sont les dépôts d'un immense lac d'eau douce qui occupait toute la partie occidentale de l'actuelle dépression amazonienne.

Au km 75 de la route Belém-Brasilia, compté à partir de l'embranchement de Capanema, une coupe nous montre ces kaolins surmontés successivement : d'une assise de sables blancs ; puis d'une autre de galets quartzeux parfaitement roulés ; puis d'une couche sablo-argileuse ocre de quelques mètres d'épaisseur contenant de très nombreux blocs de la cuirasse ferrugineuse connue sous le nom de « grès do Parà » ainsi que des galets de kaolin roulés ; enfin le tout se termine par une assise de plus de 20 m d'épaisseur de matériaux sablo-argileux ocres.

Ceci nous montre qu'une longue histoire pliocène et quaternaire a succédé au dépôt des kaolins ; ces derniers pourraient être un faciès lacustre du calcaire Pirabas (miocène).

Une douzaine d'échantillons des dépôts de kaolin ont été analysés, tous sont situés entre les kilomètres 50 et 130 de la route Belém-Brasilia. Les diffractogrammes de trois d'entre eux sont représentés sur la figure 5 (éch. n° BX-P4 ; 67 et 69 B).

— L'échantillon BX-P4, prélevé au km 113, est un kaolin blanc à rares et fines dendrites noires et ocre-rouille, assez induré, sans sable. Le diffractogramme de cet échantillon (fig. 5) nous montre une kaolinite *sensu stricto*, très bien cristallisée, pratique-

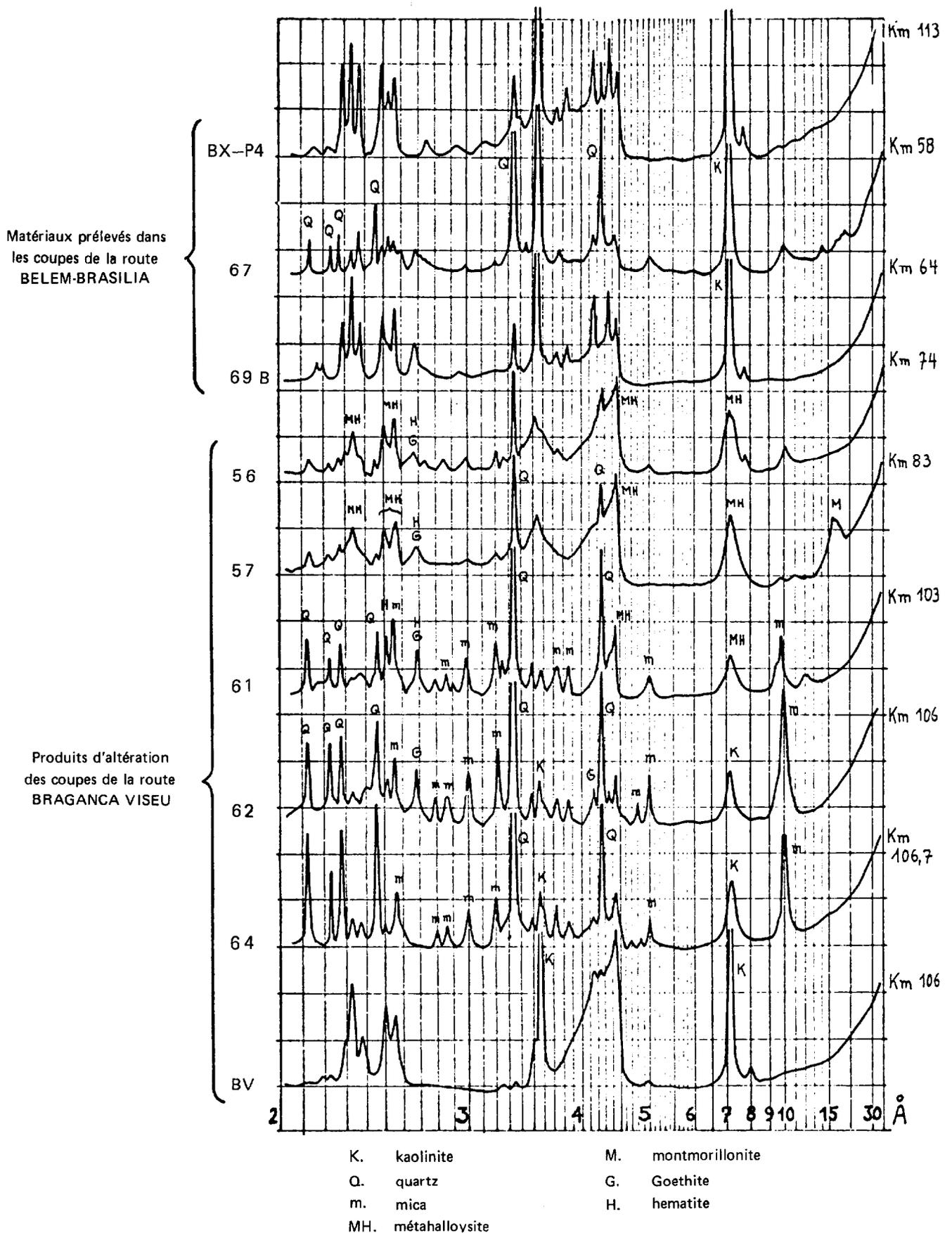


FIG. 5. — Diffractogrammes de rayons X sur poudre inférieure à 40 μ .

ment pure. Toutes les raies de la kaolinite sont observables :

- Raies à 7,15 et 3,56 Å intenses et aiguës.
- Raies à 4,46 ; 4,36 ; et 4,15 Å distinctes et aiguës.
- Groupe de raies à 2,56 ; 2,53 et 2,49 Å.
- Groupe de raies à 2,38 ; 2,34 et 2,29 Å.

Seule une toute petite raie à 4,27 Å montre un peu de quartz.

— L'échantillon 67, prélevé au km 58, est une argile assez indurée, *rouge*, se taillant aisément au couteau ; on y devine quelques très fines paillettes brillantes. En coupant l'échantillon on ne sent pas de sable.

Son diffractogramme (fig. 5, n° 67) nous montre une grande quantité de kaolinite, beaucoup de quartz dans les tailles inférieures à 40 μ , un peu d'illite, de la goethite et des traces de montmorillonite.

— L'échantillon 69 B, prélevé au km 64, est une argile sableuse assez consolidée, finement tachetée, blanche et violacée, avec à peu près 30 % de sable de 0,1 à 1 mm de diamètre.

Le diffractogramme (fig. 5, n° 69 B) nous montre :

De la kaolinite bien cristallisée, largement dominante, de la goethite et presque pas de quartz dans les fractions inférieures à 40 μ .

INTERPRÉTATIONS

Il faut essentiellement retenir l'existence au Para de gisements de kaolin d'un grand intérêt économique et industriel. Ces dépôts méritent d'être réétudiés afin de préciser les conditions de leur formation et leur âge.

2.6. Les minéraux argileux des alluvions actuelles

Un échantillon de la berge du rio Capim, prélevé à la hauteur du bac, au passage de la route d'Acara

nous montre une argile non consolidée, beige-ocre, finement sableuse. Son diffractogramme (fig. 5, n° 65) permet de voir qu'il est constitué de kaolinite, de quartz, de traces d'illite et de goethite.

3. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Cette étude nous montre l'existence dans la région de Belém d'argiles de nature minéralogique variée, et d'origine soit sédimentaire soit d'altération.

— Dans la région côtière, entre Salinópolis, Capanema et Bragança des montmorillonites sédimentaires et marines se rencontrent associées aux calcaires miocènes.

— Plus au sud, sur le bord du bassin amazonien, des kaolinites sédimentaires de milieu lacustre forment d'épaisses couches d'un grand intérêt économique.

— Par ailleurs l'altération ferrallitique donne naissance à partir de granites et de schistes précambriens à des altérations riches en kaolinite, illite, micas et hydroxydes de fer.

Il serait intéressant dans un travail ultérieur de relier la nature des argiles des dépôts sédimentaires kaoliniques et montmorilloniques à la plus ou moins grande salure de leur milieu de sédimentation. Car il est probable que les kaolinites comme la montmorillonite du calcaire miocène proviennent de l'érosion des mêmes altérations continentales ferrallitiques.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'a pu être réalisé que grâce à l'aide matérielle que nous a fourni « l'Indústria Cerâmica da Amazônia SA » (INCA).

Nous exprimons à son Directeur, Monsieur Rogelio Fernandez Fillio, notre particulière reconnaissance.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 7 octobre 1974.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN (F.L.), 1964. — Geologia e fisiografia da regio Bragantina, Estado do Para. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. *Cadernos da Amazônia* n° 2, Manaus ; 90 p.
- ACKERMANN (F.L.), 1969. — Esboço para a geologia entre a cidade de Belém, rio Gurupi e Atlântico, rio Guama. Imprensa Universitária do Para, Belém, 79 p.
- BEURLEN (K.), 1958. — Contribuição à paleontologia do Estado do Parà. Crustaceos decapodes da formação Pirabas. (Arthropoda-Crustáceos). *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Geologia*, n° 5, Belém : 1-48.
- FERREIRA (C.S.), CUNHA (O.R.), 1957. — Contribuição a paleontologia do Estado do Parà. Nota sobre a formação Pirabas com descrição de novos invertebrados fosseis. I. (Mollusca Gastropoda). *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. N.S. Geologia* n° 2, Belém : 1-61.
- FERREIRA (C.S.), CUNHA (O.R.), 1959. — Contribuição a paleontologia do Estado do Para. Novas considerações sobre a formação Pirabas e descrição de novos invertebrados fosseis, V (Mollusca Pelecypoda). *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. N.S. Geologia* n° 8, Belém : 1-75.
- GASTUCHE (M.C.), HERBILLON (A.), 1962. — Etude dex gels d'alumine, cristallisation en milieu désionisé. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 7 : 1404-1412.
- LISBOA, ARROJADO, 1935. — A bacia do rio Gurupi. SGMB.
- MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles ; Masson, Paris, 499 p.
- MOURA (P.), 1958. — O rio Gurupi. SGMB. *Boletim* n° 78 : 1-144. Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA (P.E.), 1958. — Contribuição à paleontologia do Estado do Para. Um nôvo nautiloide da formação Pirabas IV (Mollusca-Cephalopoda). *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, N.S. Geologia* n° 7, Belém : 1-7.
- OLIVEIRA (E.A.) e LEONARDES (O.R.), 1943. — Geologia do Brasil 2a edição. Refundida e atualizada. Serviço de informação Agricola. Serie didática n° 2. Rio de Janeiro : 1-1812.
- PAQUET (H.), 1969. — Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées. Thèse Doct. ès Sciences. Fac. de Strasbourg. *Mém. Serv. Carte Géol. Als.-Lorr.* n° 30, 250 p.
- PEDRO (G.), LUBIN (J.C.), 1968. — Sur l'évolution des gels aluminosiliciques en milieu lessivé, influence de la nature des agents d'altération sur l'édification de boehmite ou de gibbsite au sein des produits éluviaux. *C.R. Ac. Sc. Paris*, F1, 266 : 551-554.
- SANTOS (R.), TRAVESSO (H.), 1957. — Contribuição à paleontologia do Estado do Para. Peixes fosseis da formação Pirabas. Departamento Nacional de Produção Mineral. Monografia n° XVI Rio de Janeiro, 36 p.
- SÉGALEN (P.), 1965. — Les produits alumineux dans les sols de la zone tropicale humide. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, III, 3 : 179-205.
- SIEFFERMANN (G.), 1969. — Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun. Thèse Doct. ès Sciences. Univ. Strasbourg. *Mém. ORSTOM* n° 66, 183 p.
- SOMBROEK (W.G.), 1962. — Reconnaissance Soil survey of the area Guama. Imperatriz s.l., *multigr.*
- DE SOUZA Capper, DE PAIVA Glycon, 1937. — Rio Gurupi. Serviço geológico e Mineralógico do Brasil do Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio-de-Janeiro. *Boletim* n° 7.
- TARDY (Y.), 1969. — Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse Doc. ès Sciences, Univ. Strasbourg, *Mém. Serv. Carte Géol. Als.-Lorr.* n° 31, 230 p.
- VIEIRA (L.S.), 1971. — Os solos do Estado do Para. IDESP *Cadernos Paraenses* n° 8 : 1-175. Belém. Para.