

ORGANISATION INTERNE ET GRANULOMETRIE DES SOLS ROUGES DE CASAMANCE

(comme éléments d'interprétation de leur pédogenèse)

par A. CHAUVEL  
Pédologue O.R.S.T.O.M.  
Centre de DAKAR - HAÏN.

-----

(SEPTEMBRE 1970)

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 29967

Cpte : B

## ORGANISATION INTERNE ET GRANULOMETRIE DES SOLS ROUGES DE CASAMANCE

(comme éléments d'interprétation de leur pédogénèse)

par A. CHAUVEL, Pédologue ORSTOM - Centre DAKAR-HANN

Les sols rouges de Casamance, classés ferrallitiques à la suite des travaux de R. MAIGNIEN (1961) et de R. FAUCK (1964), présentent, à première vue des profils morphologiquement très homogènes sur une profondeur qui peut atteindre 10 mètres et plus : les caractères de différenciation morphologique y sont particulièrement peu apparents.

L'étude morphologique détaillée de ces sols (R. MAIGNIEN, 1961, R. FAUCK, 1964, G. TOBIAS, 1965) permet cependant d'y reconnaître un certain nombre d'horizons dont la réalité a été confirmée par les études granulométriques et micromorphologiques entreprises depuis cinq ans (A. CHAUVEL et G. MONNIER, 1967, A. CHAUVEL et G. PEDRO, 1967, A. CHAUVEL et R. FAUCK, 1969).

Ce sont quelques uns des résultats de ces études micromorphologiques et granulométriques et leurs conséquences sur l'interprétation morphogénétique de ces sols qui seront résumés dans cet article.

Le sol et son milieu. Les sols étudiés, classés ferrallitiques, sont développés sur des formations grés-argileuses, kaolinisées, profondes, à caractère hérités d'une pédogénèse ancienne (continental terminal).

Le climat de la région est caractérisé par une saison pluvieuse de 5 mois, durant laquelle les précipitations atteignent 1 200 mm ; elle dure de Mai à Octobre. Durant la saison sèche, les précipitations sont pratiquement nulles.

Parmi les profils étudiés, j'ai choisi de présenter, ici, celui de Bantankountou, dans la région de Kolda, qui paraît être le plus complet.

Comme tous les sols rouges de Casamance, ce sol se trouve placé en situation topographique favorable au drainage externe, en bordure de plateau, à proximité d'une entaille assez marquée du réseau hydrographique.

La végétation est de type forestier, fortement dégradée par des brûlis et par d'anciennes cultures.

Les observations faites sur le terrain permettent de discerner 4 horizons principaux :

- un horizon A, de 0 à 20 cm, de couleur brun rougeâtre foncé (2,5 YR 3/4), à structure particulière.
- un horizon B<sub>1</sub>, de 20 à 45 cm, de couleur rouge foncé, (2,5 YR 3/6), à structure polyédrique subanguleuse.

- un horizon B<sub>2</sub> de 45 à 140 cm, de couleur rouge (2,5 YR 4/8), à structure polyédrique moyenne au sommet, évoluant vers une structure massive à la base.
- un horizon B<sub>3</sub> C enfin, de 1,4 m à 6 m, de couleur rouge (2,5 YR 4/6), à structure polyédrique peu nette, à sous structure polyédrique fine.

Entre ces horizons, il n'existe aucun niveau de discontinuité.

Par delà l'homogénéité apparente du profil, manifestée par la couleur rouge, de 0,2 m à 6 m, les appréciations tactiles permettent de mieux déceler les caractères de différenciation qui sont essentiellement d'ordre physique :

- l'appréciation de la "texture au champ" (ou "Field grading" selon R. BREWER) rend perceptible une nette différenciation des horizons : texture sableuse de l'horizon A, devenant progressivement argileuse dans l'horizon B<sub>2</sub>, puis argilo-sablo-limoneuse et comme masquée par la forte friabilité du matériau dans l'horizon B<sub>3</sub>C.
- l'appréciation de la consistance précise encore ces caractères de différenciation : consistance semi-rigide de l'ensemble du profil mais développement d'une plasticité et d'une adhésivité plus marquées dans l'horizon B<sub>2</sub>. Apparition de petits éléments (ou "granules"), à peine différenciés du matériau environnant, épars et diffus dans l'horizon B<sub>2</sub>, irrégulièrement anastomosés et largement dominants dans l'horizon B<sub>3</sub>C. Le matériau constitutif de ces granules se fragmente sous l'effet d'une pression en éléments plus petits, qui gardent, après humectation, une cohésion comparable à celle des sables, cohésion qui ne disparaît que par un malaxage prolongé.

De cette étude morphologique, nous retenons l'existence de 4 grands caractères de différenciation dans le profil :

- enrichissement relatif en sable des horizons superficiels
- développement d'une structure polyédrique dans la partie supérieure de l'horizon B<sub>2</sub>.
- Individualisation d'un horizon B<sub>22</sub>, plus argileux, plus plastique et plus collant.
- augmentation de la friabilité au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>C.

Pour aller plus loin dans l'étude de la différenciation du profil pédologique, il faut utiliser des méthodes plus fines, telles que celles de l'observation micromorphologique.

#### Etude micromorphologique

L'observation microscopique renseigne sur la manière dont sont juxtaposés les éléments constitutifs des matériaux pédologiques prélevés dans les différents horizons.

La fabrication des lames minces a été effectuée au laboratoire de géologie de l'O.R.S.T.O.M., à Dakar, sous la direction de J-M. WACKERMANN et de J-C. PION. On a procédé à une imprégnation à froid, sous pression atmosphérique, par du Dowex D. R. 331, puis à sciage, à une réimprégnation par de l'araldite, et enfin, à un polissage et à un collage à l'araldite.

Pour décrire les matériaux, nous nous sommes reportés aux travaux de R. BREWER (Fabric and mineral analysis of soils)\*

---

\* Notre travail a été facilité par l'utilisation de deux documents :  
 - le premier dû à S. PEREIRA-BARRETO, pédologue ORSTOM, est constitué par une série de descriptions micromorphologiques des sols de Casamance (non publié) ;  
 - dans le deuxième, dû à J-M. WACKERMANN, il est présentée une ébauche de terminologie de langue française, destinée à l'étude microscopique des structures des roches et des matériaux d'altération (1966).

Nous commencerons par observer et décrire le matériau de l'horizon B<sub>3</sub>C, puis nous étudierons, de bas en haut, les matériaux des autres horizons pédologiques.

#### Description du matériau pédologique de l'horizon B<sub>3</sub>C (1,4 m à 6 m).

Le squelette, peu abondant, est presque exclusivement constitué de grains de quartz de dimensions variables ; les plus gros, de diamètre supérieur à 200  $\mu$  peuvent atteindre 1 mm ; ils sont, le plus souvent, très fissurés et fracturés, les formes arrondies et subarrondies sont nettement dominantes ; les plus petits grains dont la taille varie entre 5  $\mu$  et 200  $\mu$  sont fréquemment anguleux : certains, parmi les grains de quartz fissurés sont fortement incrustés d'oxyde de fer plus ou moins cristallisé, ils sont pour la plupart, enrobés dans une gangue argilo-ferrique.

Le plasma, très dominant, présente en lumière polarisée des teintes jaunes et rouges.

Il est constitué par des micro-agrégats (ou "micro-peds" selon R. BREWER) de couleur rouge sombre, de diamètre compris entre 20  $\mu$  et 200  $\mu$  (exceptionnellement 500  $\mu$ ) de forme arrondie, à orientation optique modérée.

Entre ces micro-agrégats, des "cutans" ferro-argileux (ou "ferri-argillans" selon R. BREWER), de teinte jaune en lumière polarisée, présentent des limites distinctes et de fortes orientations optiques, manifestées par l'apparition, en lumière polarisée, de bandes d'extinction qui balayent régulièrement les domaines correspondants lorsqu'on tourne la platine.

Ces "ferri-argillans" se disposent autour des grains de quartz, comme il le font des micro-agrégats.

Ailleurs, ils forment des orientations concentriques, comparables aux "strotubules" définis par R. BREWER. Les lignes d'extinction s'assemblent alors sous forme de croix noires qui restent pratiquement stationnaires lorsqu'on tourne la platine. Il est à noter que si la partie centrale de ces "strotubules" n'est souvent occupés par aucun vide, il apparaît par contre, à la périphérie de petites fissures de décollement parallèles aux stries.

Il ne semble pas possible de distinguer de limites nettes entre les différentes formes de "ferri-argillans". Paraissant de même nature, ces accidents pédologiques s'assemblent suivant un réseau complexe, aux directions grossièrement orthogonales.

#### Variations à l'intérieur de l'horizon B<sub>3</sub>C :

- en fonction de l'orientation de la section étudiée, aucune variation systématique n'a pu être décelée.
- en fonction de la disposition du squelette : les "ferri-argillans" semblent être plus abondants et mieux individualisés au contact des plus gros grains de quartz.
- en fonction de la profondeur, on ne note pas de variations régulières : micro-agrégats et "ferri-argillans" s'observent à tous les niveaux, avec des degrés d'individualisation variables.

Vers la partie supérieure de l'horizon, cependant, des décollements s'observent au sein des "ferri-argillans" qui se divisent, laissant à la surface des micro-agrégats de pellicules d'argile orientées.

#### Description du matériau pédologique de l'horizon B<sub>2</sub> (45 à 140 cm).

Le squelette, légèrement plus abondant que celui de l'horizon B<sub>3</sub>C, n'en diffère sensiblement par aucune des caractéristiques de ses constituants.

Le plasma est par contre d'un aspect tout différent : de teinte brun rouge en lumière polarisée, les "ferri-argillans" s'y présentent comme des floés dans un plasma à dominance tachetée ("insepic plasma fabric" selon R. BREWER).

Dans cette masse peu organisée, on distingue quelques éléments de plasma rouge, modérément orientés, comparables aux micro-agrégats de l'horizon B<sub>3</sub>C. Les plus gros sont bien délimités et enveloppés par des "ferri-argillans" ; ils peuvent être constitués par des assemblages de plusieurs micro-agrégats. Les plus petits se présentent comme des ponctuations rouges à limites diffuses.

#### Variations à l'intérieur de l'horizon B<sub>2</sub>

- Dans la partie inférieure de l'horizon, elles portent sur la taille et le degré d'individualisation des éléments (micro-agrégats et ferri-argillans).
- A la partie supérieure de l'horizon B<sub>2</sub> (45-90 cm) se développe une orthoreticulation du plasma, marquée par l'apparition de séparation plasmiques aux directions grossièrement orthogonales ("right bima-sepic", R. BREWER).
- A la différence de ceux de l'horizon B<sub>3</sub>C, ces domaines plasmiques à orientation optique présentent des limites diffuses. Les micro-agrégats sont peu abondants et mal individualisés.

#### Description du matériau pédologique de l'horizon B<sub>1</sub> (20 à 45 cm).

Le squelette est sensiblement plus abondant que dans les horizons profonds. Les quartz sont fortement fissurés.

Le plasma, de teinte brun rouge en lumière polarisée, ne présente aucune organisation particulière.

On relève la présence de quelques petits éléments rouges à limites diffuses, comparables aux micro-agrégats.

La matière organique apparait sous forme de petits grains brun noir.

#### Description du matériau pédologique de l'horizon A (0 à 20 cm).

Le squelette est très largement dominant. On note la fissuration intense des quartz et leur morcellement en petits fragments anguleux.

Le plasma, est rare, de teinte brune en lumière polarisée. Quelques petits éléments de couleur rouge, à orientation optique modérée et quelques débris de "ferri-argillans" sont encore visibles. La matière organique se distingue mal sur le fond noir des vides.

\*

\* \*

Nous constatons que les variations des caractères micromorphologiques correspondant aux changements de texture, de structure ou de consistance déjà décelés sur le terrain :

- A la disparition d'une grande partie micro-agrégats et "ferri-argillans" au niveau du contact B<sub>3</sub>C - B<sub>2</sub>, correspond une variation de la "texture au champ" qui, d'argilo-sablo-limoneuse devient argileuse, et surtout à un changement de consistance, marqué par une diminution de la friabilité et une augmentation de la plasticité et de l'adhésivité.
- Au développement de l'orthoreticulation dans la partie haute de l'horizon B<sub>2</sub>, correspond l'évolution vers une structure polyédrique nette.
- A la diminution de l'abondance du plasma, de bas en haut, correspond le passage de la texture argileuse de l'horizon B<sub>2</sub>, à la texture sableuse de l'horizon A.

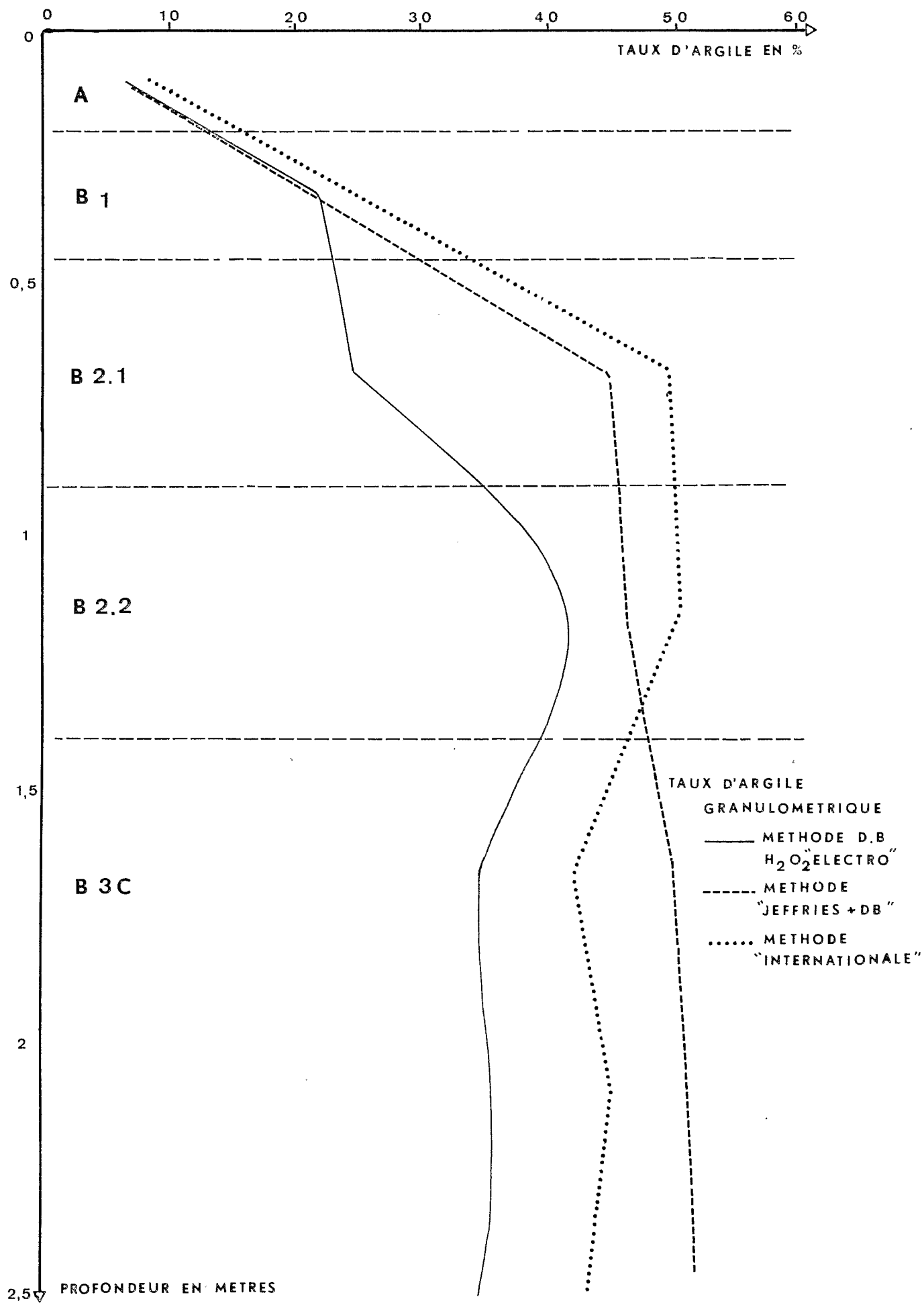
L'observation micromorphologique révèle donc, pour chaque horizon reconnu sur le terrain d'après ses caractères morphologiques et son comportement physique global, de micro structures typiques qui peuvent permettre de mieux comprendre ce que sont ces caractères et quelle est l'origine de ce comportement.

L'observation micromorphologique nous laisse cependant dans l'incertitude quant aux éléments et aux forces qui sont responsables de ces microstructures et, en particulier, de la présence ou de l'absence de micro-agrégats et de "ferri-argillans". Pour aborder ce problème, la méthode d'approche la plus simple paraît être celle qui consiste à essayer de détruire cette microstructure par des traitements physico-chimiques plus ou moins énergiques et de suivre les résultats de ces traitements à l'aide d'analyses granulométriques et d'observations microscopiques.

\*

\*

\*



## Utilisation des méthodes de l'analyse granulométrique

Pour étudier les variations de la composition élémentaire et de l'état d'association des éléments argileux dans le profil, nous avons appliqué, entre autres, aux échantillons prélevés les 3 traitements suivants :

- Analyse granulométrique, méthode Demolon et Bastisse classique, avec utilisation d'eau oxygénée "electro". Ce traitement fait intervenir en premier lieu une destruction de la matière organique par peroxydation ( $H_2O_2$  "electro"), puis une saturation des argiles par des ions K monovalents, puis l'adjonction de 10 ml d'ammoniaque concentrée, utilisé comme dispersant, et enfin une agitation mécanique par retournements, prolongés durant 4 heures, préalable à la séparation granulométrique proprement dites

Le grand avantage de cette méthode vient de ce que l'agressivité des réactifs utilisés est très faible vis-à-vis des constituants ou ciments de la fraction argileuse. Nous pouvons donc prévoir que les assemblages les plus stables résisteront à cette attaque et se retrouveront dans les fractions sableuses et limoneuses.

- Analyses granulométrique, méthode Demolon et Bastisse après déferrification "Jeffries". Ce traitement fait intervenir l'hydrogène naissant en milieu tamponné, acide oxalique - oxalate de potassium, puis les lavages, avant de procéder à l'analyse granulométrique, comme précédemment.

Ce traitement, très actif ne laisse pratiquement pas subsister de particules complexes.

- Analyse granulométrique, méthode internationale, enfin, qui utilise des lavages en milieu acide  $HCl$  pour déplacer les cations échangeables.

\*

\* \*

Les résultats obtenus ont été figurés sur le graphique ci-joint.

Au niveau des horizons A et B<sub>1</sub>, les écarts entre les taux d'argile obtenus par différentes méthodes sont modérés. Ils sont dus principalement à deux causes :

- dissolution et élimination par le traitement "Jeffries" des sesquioxides initialement contenus dans la fraction argileuse.
- maintien d'une petite quantité de particules, complexes et de "ferri-argillans" (bien visibles au microscope) dans les sables et limons obtenus par le traitement "D. B.  $H_2O_2$  electro" ; dissociation complète du plasma, par contre, dans le cas des traitements "Jeffries" et "international".

Au niveau de l'horizon B<sub>2</sub>, les écarts entre les taux d'argile obtenus par les 3 méthodes sont plus importants ceci en raison :

- d'une part de l'accroissement de la quantité de sesquioxides initialement contenus dans la fraction argileuse et extraite par le traitement "Jeffries".
- d'autre part du maintien de nombreuses particules complexes dans les sables et limons obtenus par le traitement "D. B.  $H_2O_2$  electro". Ces particules complexes sont bien visibles au microscope ou même à l'oeil nu. Leur abondance, exprimée par l'écart entre A. % "Jeffries" et A. % "international", est beaucoup plus



grande dans la partie haute de l'horizon B<sub>2</sub> (B<sub>21</sub>: 45,90 cm) qu'elle ne l'est dans la partie basse (B<sub>22</sub>: 90,140 cm). Or, la différence de microstructure entre ces deux niveaux est marquée par le développement, de bas en haut, de l'orthoréticulation du plasma. Il semble donc exister un lien entre le degré d'orthoréticulation du plasma et la résistance des assemblages à l'action du traitement "Demolon et Bastisse". Cette indication est confirmée par l'observation micromorphologique des particules complexes séparées. Celles-ci se présentent en effet comme des fragments de plasma fortement réticulé.

La répétition des analyses montre que les résultats obtenus par le traitement "D. B. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> electro" sont peu reproductibles au niveau de l'horizon B<sub>21</sub> (alors qu'ils le sont pour les autres horizons). Ceci indique que cette attaque ne se situe pas au niveau d'un palier par rapport à la résistance de ce matériau aux traitements dispersants.

La méthode "Internationale" aboutit à une dissociation complète du matériau de l'horizon B<sub>2</sub>, révélée à la fois par l'élévation du taux d'argile et par l'observation microscopique des sables et limons (ou les particules complexes sont pratiquement absentes). Tous les assemblages élémentaires de l'horizon B<sub>2</sub> sont donc vulnérables au traitement acide HCl N/20.

Au niveau de l'horizon B<sub>3C</sub>, les traitements "Demolon et Bastisse" et "Jeffries" exercent des actions comparables à celles obtenues dans la partie haute de l'horizon B<sub>2</sub> : les écarts entre les taux d'argile sont du même ordre, les particules complexes se retrouvent également nombreuses dans les sables et limons séparés après traitement Demolon et Bastisse.

L'utilisation de la méthode "internationale" établit une distinction entre les matériaux de l'horizon B<sub>2</sub> et ceux de l'horizon B<sub>3C</sub> : dans les premiers, aucun assemblage ne résiste au traitement HCl N/20, dans les seconds par contre, il se trouve des pseudo-particules qui ne sont pas dissociées par ce traitement. Nous avons pu constater que certaines d'entre elles subsistaient après 48 heures de percolation dans l'acide chlorhydrique 4N. Ces "pseudo-particules", très résistantes se présentent comme des micro-agrégats fortement individualisés.

L'étude de la vulnérabilité des assemblages plasmiques aux traitements physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques est actuellement en cours.

Parmi les traitements expérimentés, ceux qui mettent en oeuvre l'action de réactifs complexants ont un effet particulièrement spectaculaire : les mêmes matériaux de l'horizon B<sub>3C</sub> ont été humecté sous vide, soit par de l'eau distillée, soit par un mélange tamponné d'oxalate de potassium et d'acide oxalique. L'effet exercé sur la microstructure est très visible. Il se manifeste par la dissociation de la plus grande partie des "ferri-argillans" et par le morcellement des micro-agrégats. Il est tel qu'il fait apparaître, dans le matériau étudié, des caractères comparables à ceux de l'horizon B<sub>2</sub>. Simultanément, les taux d'argile granulométrique obtenus par la méthode Demolon et Bastisse passent de 35,8 (pour le matériau humecté par l'eau distillée) à 54,4 (pour le matériau humecté par le mélange tamponné d'oxalate de potassium et d'acide oxalique).

\*

\* \* \*

En conclusion, nous proposons quelques hypothèses au sujet des processus de pédogénèse responsables de la différenciation des sols rouges de Casamance.

Il y aurait lieu de distinguer plusieurs mécanismes qui agissent à des niveaux différents :

- Le premier interviendrait dans la partie inférieure du profil et serait responsable du développement de l'organisation particulière au matériau de l'horizon B<sub>3</sub>C, caractérisée à la fois par la présence de micro-agrégats et de ferri-argillians" et par la forte résistance des assemblages qui immobilisent l'argile.

Cette organisation ne semble pas héritée de la structure de la roche, constituée par les formations gréso-argileuses du continental terminal. Il faut donc admettre qu'elle apparaît sous l'influence des processus d'altération ou de pédogénèse. Etudiant ces processus, J.-M. WACKERMANN écrit en 1966 que "dans les horizons fortement oxydés, la "ferrisation" provoque une floculation-cimentation forte du plasma en même temps qu'une imprégnation du squelette minéral de ces horizons. Il ajoute que, au microscope polarisant, cette transformation est marquée par l'incrustation des clivages des quartz et par une organisation du plasma en domaines orientés (séparations plasmiques, hétéro-plasma fréquemment reticulé) dont la densité est nettement plus forte que dans les portions du plasma non colorées par les oxydes-hydroxydes".

De nombreux auteurs (D.S. MAC INTYRE, 1956, J.P. MARTIN, 1955) estiment que l'aluminium joue un rôle comparable à celui attribué au fer dans la floculation cimentation du plasma.

- le deuxième mécanisme interviendrait au contact des horizons B<sub>3</sub>C et B<sub>2</sub> et se manifesterait à la fois par la disparition de la plupart des micro-agrégats et séparations plasmiques et par une forte augmentation de la dispersabilité du matériau. Ces transformations seraient dépendantes de l'action de phénomènes de réduction ou de celles d'agents complexants (tels que les acides organiques issus de la décomposition des constituants organiques), ou de celle d'autres phénomènes d'ordre physiques

Ce deuxième mécanisme aboutit à la formation de l'horizon B<sub>22</sub>, plus riche en kaolinite que les horizons superficiels et plus dispersables que les horizons B<sub>3</sub>C et B<sub>21</sub>. Cet horizon n'est pas un horizon argillique (puisque'il ne correspond à aucune accumulation d'argile), il n'est pas non plus un B structural (sa structure ne se différencie pas nettement de celle des autres horizons); il n'est pas non plus, à proprement parler, de B de consistance; aussi, avons nous proposé de l'appeler B "de comportement".

- le troisième mécanisme interviendrait dans la partie haute de l'horizon B<sub>2</sub> et se manifesterait à la fois par l'apparition d'une réticulation du plasma et par une limitation de la dispersabilité du matériau. Si cette réticulation est rarement aussi marquée que dans le profil étudié, elle semble cependant correspondre à un phénomène général. Il est difficile d'en interpréter les causes qui sont probablement d'ordre physique (alternance d'humectation et de dessiccation...). Ce mécanisme serait très dépendant des facteurs de pédogénèse actuels (évolution du couvert végétal, mise en culture).

Dans une communication présentée au congrès d'Adelade (1968), FLACH, CADY et NETTLETON ont proposé le terme "de pedoplasation" pour désigner les transformations, de nature essentiellement physique, qui, au niveau de l'horizon B<sub>2</sub>, donnent naissance à des formes de plasma dépendantes des facteurs de la pédogénèse actuelle.

- Le quatrième mécanisme interviendrait fortement dans les horizons A et B<sub>1</sub>, faiblement dans l'horizon B<sub>2</sub>, pas du tout dans l'horizon B<sub>3</sub>C. Il se manifesterait par un "appauvrissement" du matériau en constituants de la fraction argileuse, probablement dû aux effets conjugués des remaniements superficiels, de l'entraînement des fractions fines par les eaux de surface et de drainage oblique et de la destruction de la kaolinite. Il est à noter que cet "Appauvrissement"

ne semble s'exercer que dans la mesure où l'argile n'est pas totalement immobilisée dans des assemblages plasmiqes résistants : son action est en effet très forte dans les horizons A et B, dont le plasma "asepic" est facilement dispersable, elle s'atténue dans la partie haute de l'horizon B<sub>2</sub>, marquée par une ortho-reticulation du plasma et une limitation de la dispersabilité, et s'annule enfin dans l'horizon B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>, constitué principalement de micro-agrégats et de "ferri-argillans" résistants aux traitements dispersants classiques.

- Le cinquième mécanisme, enfin, se manifesterait sur l'ensemble du profil en deux étapes distinctes : incrustation des clivages des quartz par les oxydes de fer dans les horizons profonds (au niveau où se produit la floculation cimentation du plasma) - pulvérisation des quartz, après solubilisation des oxydes de fer dans la partie supérieure du profil.

\*

\*   \*   \*

## BIBLIOGRAPHIE

- BREWER (R.), 1964 - Fabric and mineral analysis of soils.
- CHAUVEL (A.) et PEDRO (G.), 1967 - Comptes rendus, 264, série D. pp. 2089-2092.
- CHAUVEL (A.) et MONNIER (G.), 1967 - Comptes rendus, 264, série D. p. 1964.
- CHAUVEL (A.) et FAUCK (R.), 1969 - Comptes rendus, 269, série D. pp. 2080-2083.
- FAUCK (R.) - Les sols rouges faiblement ferrallitiques d'Afrique Occidentale. C.R. 8ème Congr. Int. Sci. Sols. Bucarest, V. pp. 547-557.
- FLACH (K.W.), CADY (J.G.) et NETTLETON (W.D.), 1968 - Pedogenetic alteration of highly weathered parents materials. C.R. 9ème Congr. Int. Sci. Sols. Adelaïde, IV. pp. 343-351.
- JEFFRIES (C.D.), 1961 - Soils Sc. 52, p. 451-454.
- MAC INTYRE (D.S.), 1956 - The effect of free ferric oxide on the structure of some terra Rossa and Rendzine soils. J. Soil Sci. 7, 2, pp. 302-306.
- MARTIN (J.P. et Al.), 1955 - Soil aggregation, Advance in agronomy VII
- MAIGNIEN (R.), 1961 - Le passage des sols ferrugineux tropicaux aux sols ferrallitiques dans la région sud-ouest du Sénégal - Sols Africains 6,2 - 3. pp. 133-228.
- PEREIRA-BARRETO (S.), 1968 - Descriptions micromorphologiques de quelques sols rouges de Casamance. inédit.
- STOOPS (G.), 1965 - Micromorphology of some Characteristic soils of the lower Congo (Kingshasa) - Pedologie, XVIII, 1, pp. 110-149.
- TOBIAS (C.), 1965 - Contribution à l'étude du passage des sols beiges aux sols rouges - ORSTOM. Dakar multigr.
- WACKERMANN (J-M.), 1967 - Bull. Bibl. Pédologie ORSTOM, 15 - 1966, p. 20.
- WACKERMANN (J-M.), 1967 - Les faciès pétrographiques de la série de Mako dans la région de Kanéméré et Mamakino - ORSTOM. Dakar, multigr. 34 p.

\*

\*            \*