

Extrait des
Actes et Comptes Rendus du V^e Congrès International de la Science du Sol,
 Léopoldville, 16-21 août 1954, Volume I, pp. 103-118.

Les Sols Latéritiques

PAR

G. Aubert

(Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, France)

Les Sols Latéritiques ont été très souvent étudiés depuis qu'en 1807 BUCHANAN, géographe qui avait parcouru les Indes quelques années plus tôt, proposa le terme de « Latérite » pour désigner une masse terreuse, rouge, qui, durcissant à l'air, se transforme en un matériau utilisable pour la construction.

Les prospections faites depuis un siècle et demi ont montré qu'il existe en de nombreux pays, essentiellement en zones tropicales et équatoriales, des sols actuels ou fossiles dont au moins un horizon encore friable ou déjà durci est comparable à la « Latérite » de BUCHANAN.

Les géographes n'ont pas été les seuls à étudier ces sols; ils l'ont été aussi, depuis lors, par des géologues et minéralogistes, tels A. LACROIX, L. FERMOR, Sir John HARRISON, C. FOX, J. DU PREZ, et par de nombreux pédologues, en particulier par le Professeur E. C. J. MOHR, mais aussi par le Chanoine BAEYENS, E. CASTAGNOL, C. CHARTER, H. ERHART, H. GREENE, J. D'HOORE, C. E. KELLOGG, R. MAIGNIEN, C. R. VAN DER MERWE, R. L. PENDLETON, J. A. PRESCOTT, H. SCAËTTA, D. SHERMAN, C. G. STEPHENS, F. VAN BAREN, M. VAN DER VOORT, G. WAEGEMANS, pour n'en citer que quelques-uns.

Certains caractères chimiques de ces Latérites, leur richesse en hydroxydes de fer et d'aluminium, se retrouvent dans d'autres sols qui en diffèrent cependant par leur structure. Le terme de Sols Latéritiques leur fut également appliqué.

Et l'on en est arrivé ainsi à la confusion actuelle, les termes de Latérite et Sols Latéritiques — qui pourraient être nettement différenciés — devenant pratiquement confondus et possédant, suivant les uns, une signification structurale ou physique, suivant les autres, une signification chimique.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 10431

10431 28 FEVR 1966

Ne pourrait-on pas utiliser pour les Sols Latéritiques eux-mêmes, un terme qui s'éloigne un peu plus du terme primitif que celui de Latosol, proposé par C. E. KELLOGG et le « Soil Survey » des U.S.A. Ne pourrait-on, pour cet ensemble qui correspond, semble-t-il, à tout un Sous-Ordre de sols, prendre le terme de « FERRALLITE » déjà proposé par d'autres, en particulier par le regretté Professeur G. W. ROBINSON et, tout récemment encore, lors de la Conférence Interafricaine des Sols, par J. V. BOTELHO DA COSTA ? et laisser aux éléments latéritiques en voie de durcissement les noms de carapace et de cuirasse latéritiques. Certaines peuvent être ferrallitiques ou bauxitiques; d'autres, seulement ferrugineuses.

Les deux phénomènes, processus physique de cuirassement et processus physico-chimique et chimique de ferrallitisation, sont nettement différents, le premier pouvant jouer sur des matériaux uniquement enrichis en hydroxydes de fer et de manganèse et non d'aluminium.

Les Sols Latéritiques ou Ferrallitiques se présentent sous des aspects très divers, surtout si l'on peut les examiner sur tout leur profil depuis la roche inaltérée jusqu'à la surface. Ils sont, le plus souvent, très profonds, parfois de 15 ou 20 m peut-être davantage.

Sur de telles épaisseurs un profil ne peut être que complexe. Comment comparer un horizon à un autre alors que la roche mère n'aura probablement pas été, initialement, identique à elle-même sur une telle épaisseur ?

Par ailleurs, les processus d'évolution qui jouent sur de telles épaisseurs peuvent être très divers et la liaison entre eux beaucoup moins certaine que dans les sols des pays tempérés.

L'horizon superficiel est rarement tout à fait en place. En de nombreux cas, il subit des phénomènes d'érosion, comme les sols de beaucoup d'autres pays, de climat tempéré ou non, mais surtout il subit des mouvements de glissement en masse qui, les observations précises de G. ROUGERIE en Basse Côte d'Ivoire et d'autres, par exemple en Sierra Leone, le prouvent, jouent même sous forêt dense. Les horizons sous-jacents évoluent en place, mais, dès que la zone n'est plus tout à fait plane, ils sont, comme l'horizon superficiel, le siège non seulement de mouvements verticaux des solutions, mais aussi de mouvements latéraux, obliques, provoquant l'apport d'éléments venant d'un autre sol ou leur entraînement vers d'autres sols. Ces phénomènes sont beaucoup plus fréquents et intenses ici qu'en d'autres zones, comme celles à climat tempéré. Raison en est que souvent les horizons moyens ou profonds des sols ne peuvent

laisser filtrer vers la profondeur toute la masse d'eau reçue à la suite des pluies ou des orages si violents de ces pays.

En profondeur, à 15 ou 20 m de la surface, sur peut-être plusieurs mètres d'épaisseur, l'horizon de départ ou le matériau originel, et au moins la base de l'horizon d'argile tachetée, évoluent sous l'action d'une eau dont la liaison paraît bien incertaine avec la pluie qui est tombée en ce point. Dans beaucoup de cas, le Sol Latéritique ou Ferrallitique doit être étudié comme un ensemble d'au moins deux sols superposés n'évoluant pas tout à fait séparément mais pas non plus en totale continuité. C'est particulièrement net, lorsque se trouve à moyenne profondeur, dans le profil, un horizon durci.

Enfin, autre raison importante de leur complexité, ces sols sont, le plus souvent, très vieux, et le début de leur évolution a pu commencer dans des conditions climatiques différentes de celles qui règnent actuellement. Elles ont pu imprimer à leurs horizons supérieurs des caractères qui se sont maintenus.

Le processus de latéritisation — ou de ferrallitisation — qui définit les Sols Latéritiques est constitué par un ensemble de phénomènes qui aboutissent à une altération extrêmement poussée de la roche mère du sol, et à une individualisation des éléments tels que silice et oxyde ou hydroxydes et hydrates métalliques, en particulier de fer, d'aluminium, de manganèse et de titane; ces derniers se maintiennent ou s'accumulent dans un horizon de surface ou de faible profondeur, la silice étant, au moins en partie, entraînée à la base ou hors du profil.

Ce processus de latéritisation peut être suivi, ou il peut s'accompagner, d'autre processus pédogénétiques tels qu'entraînement des hydroxydes de la surface vers un horizon de demi-profondeur; durcissement, en concrétions ou en carapace ou cuirasse, des hydroxydes métalliques précédemment individualisés et, parfois, accumulés; ségrégation des éléments d'un horizon par hydromorphie, etc. Ces divers phénomènes peuvent être considérés comme résultant directement de la latéritisation elle-même qui provoque d'une part l'individualisation des éléments susceptibles d'être entraînés ou de durcir, et d'autre part une différenciation d'horizons dont ceux de profondeur, plus compacts, donneront plus facilement lieu à des actions d'hydromorphie.

Suivant les conditions d'évolution du sol, cette individualisation des éléments peut se poursuivre dans toute son épaisseur, comme par exemple dans les Sols Ferrallitiques Bruns sur roches basaltiques étudiées au Cameroun par A. LAPLANTE, ou, au contraire, au moins pour certains corps, comme l'alumine, ne se produire qu'à la base du

profil, dans le matériau originel. Comme l'a observé G. WAEGEMANS, les phénomènes chimiques d'évolution ne paraissent plus porter ensuite que sur les oxydes de fer, et, ajoutons-le, sur les bases. C'est le cas du profil que je vous décrirai ci-après.

Il a été également signalé, en particulier par C. STEPHENS, que les horizons supérieurs d'un sol latéritique peuvent subir une podzolisation ultérieure. Il n'y a pas de véritable lien entre ces deux phénomènes, nous semble-t-il, sinon que le premier, appauvrissant le sol en bases, facilite l'établissement du second.

Les caractères généraux des Sols Latéritiques ou Ferrallitiques sont, dans leur ensemble, ceux qui ont été indiqués par les auteurs, en particulier par C. KELLOGG pour les Latosols :

- Très faible teneur en minéraux de la roche mère sauf certains très stables.
- Grande richesse en hydroxydes métalliques de fer, d'aluminium, de manganèse, de titane, d'où une valeur basse des rapports silice/sesquioxides et silice/alumine dans les éléments colloïdaux, et, abstraction faite du quartz primordial, dans le sol total. En général, ce dernier rapport descend en dessous de 2; à la limite, il peut être égal à 2. L'un, au moins, des horizons du sol contient de l'alumine individualisée.
- Éléments colloïdaux constitués, au moins dans les horizons les plus évolués, d'hydrates et hydroxydes de fer, d'aluminium et de titane, associés à plus ou moins de kaolinite, parfois à un peu d'illite.
- Teneur faible ou très faible en éléments de la taille des limons.
- Teneur généralement faible en matière organique et surtout en humus; absence d'humus grossier.

Seul, un groupe de Sols Latéritiques, les Sols Bruns Latéritiques étudiés par divers auteurs tels que P. SEGALEN à Madagascar et A. LAPLANTE au Cameroun et correspondant aux « Humic Latosol » et « Hydrol Humic Latosol » (M. CLINE), en sont bien pourvus et même, souvent, très riches. Mais toujours, même dans ce cas, il s'agit d'une matière organique très évoluée à C/N compris entre 8 et 12, abstraction faite de la matière végétale non encore décomposée.

- Capacité d'échange de bases des éléments minéraux, faible ou très faible.
- Stabilité le plus souvent élevée des agrégats, et dans beaucoup de cas, concrétionnement des éléments, surtout ferrugineux, sous forme de pseudosable, concrétions, carapace ou cuirasse.

Parmi tous les problèmes que pose actuellement l'étude des Sols Latéritiques, il en est un qui est de première importance pour le pédologue qui doit baser son étude de l'évolution des sols sur l'observation des profils sur le terrain : Comment se présente un profil de Sol Latéritique ? Quelles variations peut-on observer dans ses caractères morphologiques ?

A l'Ouest de la Basse Côte d'Ivoire, à Dakpadou, à 50 km au Nord de Sassandra, sous une forêt ombrophile assez belle encore, un peu dégradée, en climat subéquatorial à saisons sèches peu accusées, sous une pluviométrie d'environ 1.700 mm et une température moyenne de 27° environ, variant de 23 à 32° au cours de l'année, en zone faiblement ondulée, sur un plateau peu étendu, sur une roche gneissique riche en éléments ferro-magnésiens, le profil, observé à faible distance d'un vallon facilitant le drainage du sol, se présente ainsi :

- à la surface du sol un lit de feuilles, brindilles et branchages en voie de décomposition, et paraissant comme posé sur le sol;
- de 0 à 110 cm, horizon gris brun un peu humifère jusqu'à 35 cm, puis beige, argilo-graveleux, riche, surtout dans les 40 à 50 premiers centimètres, en concrétions ferrugineuses très dures, arrondies, très foncées; à partir de 80 cm environ, cet horizon devient plus compact, les concrétions moins dures et de teinte rouge brique;
- à 110 cm, passage assez brusque à un horizon durci, mais qui peut encore être brisé à la main, au moins en masses plus dures. Cet horizon qui se poursuit ainsi jusque vers 175 cm est formé de bandes brunes à rouges plus ou moins foncées, s'anastomosant en délimitant entre elles des cavités remplies d'une masse terreuse, ocre à beige;
- de 175 à 650 cm, l'horizon durci passe progressivement à un horizon non durci, plus compact vers sa base, rouge brique avec des taches assez nettement délimitées, beiges, ocres ou grises. Il contient encore quelques noyaux durcis, surtout dans sa partie supérieure, et la masse est tout entière traversée de nombreux canalicules. Les grains de quartz y sont beaucoup plus visibles que dans les horizons supérieurs où ils paraissent avoir été comme pulvérisés;
- à 650 cm environ, l'horizon précédent passe progressivement à celui d'argile tachetée qui lui est très semblable, mais seulement comporte des taches moins nettement délimitées et une plus grande proportion de taches claires, beiges ou grises et davantage de grains de quartz; à sa base apparaissent déjà quelques éléments

- blancs ayant la forme de cristaux de feldspaths, mais constitués d'une masse poudreuse;
- en dessous de 840 cm et jusqu'à plus de 1.100 cm, apparaissent d'abord :
- 1° un horizon ocre brun, riche en quartz et en éléments blancs poudreux, de forme cristalline, et comportant quelques cailloux de roche moins décomposée présentant des pyroxènes altérés, mais reconnaissables; puis en dessous de 9 m, une masse d'arène gneissique à nombreux éléments blancs friables, de forme feldspathique, à grains de quartz et à éléments colorés très altérés.
 - 2° plus profondément, peut-être vers 12 ou 13 m, serait la roche, un gneiss riche en minéraux ferro-magnésiens.

Un tel profil, avec son horizon supérieur un peu lessivé et riche en concrétions, son horizon d'accumulation partiellement durci, son argile tachetée, puis son horizon de départ ou matériau originel, est un profil complet de Sol Latéritique ou Ferrallitique.

Données analytiques sur le Sol Ferrallitique du Dakpadou (Côte d'Ivoire).

	Horizon supérieur	Horizon d'accumulation	Argile tachetée	Matériau originel
pH	4,6 à 4,8	4,8 à 4,9	4,9 à 5,1	5,2
(En % des éléments < 1 μ)				
Si O ₂	35,5 à 37	33 à 34	38	—
Al ₂ O ₃	35 à 36,5	32,5 à 35,5	36,5	—
Fe ₂ O ₃	11,8 à 13,8	19,5 à 16,3	10,3	—
Si O ₂ /Al ₂ O ₃	1,7 à 1,5	1,65 à 1,5	1,65	—
(En % du sol fin < 2 mm)				
Si O ₂ combinée	20,5 à 27,5	25,9 à 32,5	—	—
Al ₂ O ₃	19,1 à 25,7	22,1 à 28,1	—	—
Fe ₂ O ₃	9,3 à 16,6	26,4 à 17,9	—	—
(En % du sol total)				
Si O ₂ combinée	16,9 à 20,8	22,3 à 30,3	34,8	37,3
Al ₂ O ₃	19 à 25,2	24,2 à 31,8	29,6	33
Fe ₂ O ₃	33 à 32,1	34,5 à 18,8	14,2	10,9

Mais, suivant les conditions d'évolution, le profil latéritique peut varier plus ou moins par rapport à celui que nous venons de décrire.

En surface, la couche de matière organique est généralement peu épaisse et ne comporte pas d'humus grossier. La masse de débris végétaux de la forêt est considérable, mais elle se décompose très rapidement. La vie microbienne y est intense; l'humidité reste élevée, tout au long des saisons, dans la couche inférieure de l'atmosphère, grâce à la protection de la forêt, et la température se maintient assez haute (23 à 27° en Basse Côte d'Ivoire).

Cependant, dans un cas particulier, l'horizon supérieur du Sol Latéritique peut être riche en humus, jusqu'à 10 % dans les Sols Latéritiques foncés de l'Ouest-Cameroun d'après A. LAPLANTE, 15 à 20 % dans les Sols Bruns Latéritiques de Madagascar d'après P. SEGALEN, 4 à 7 % dans certains sols des Iles Hawaï d'après D. SHERMAN, et jusqu'à 20 % dans d'autres d'après S. AYRES. Souvent cet horizon humifère se maintient jusqu'à 50 cm et même 1 mètre. Le plus souvent cette teneur en matière organique totale des Sols Latéritiques n'avoisine que 1 à 1,5 % et l'horizon humifère y dépasse rarement 25 à 35 cm.

Beaucoup de ces Sols Latéritiques Humifères, par exemple ceux du Cameroun, sont des sols jeunes, encore peu évolués et au fur et à mesure que cette évolution se produit, ils perdent de plus en plus ce caractère de forte richesse en matière organique.

Dans tous les cas cités ci-dessus et, à ma connaissance, dans presque tous les cas, ils sont formés aux dépens de roches volcaniques ou éruptives basiques : matériaux basaltiques le plus souvent.

Les autres sols tropicaux où la matière organique s'accumule ne sont pas du type latéritique; ce sont des Sols Hydromorphes, des Tourbes ou des Sols Podzoliques.

Sans vouloir pousser cette idée à l'extrême comme y tendent certains pédologues (G. CLAISSE), reconnaissons que le processus de latéritisation ou ferrallitisation nous apparaît ainsi comme se développant sans qu'interviennent, ou seulement secondairement, les produits de décomposition de la matière organique, à l'exception du gaz carbonique et des éléments minéraux alors libérés.

D'ailleurs, au fur et à mesure que le sol s'approfondit, le processus fondamental se produit plus en profondeur, et les horizons supérieurs s'acidifiant au-delà du point de minéralisation maximum de la matière organique — pH 5,5 à 6, à t° de 30° d'après P. DUCHAUFOUR — celle-ci peut s'accumuler. Dans ces horizons supérieurs de sols que nous considérerons encore comme Latéritiques, le processus d'évolution n'est plus celui de la latéritisation; ce peut être dans la majorité des cas, celui de l'entraînement en demi-profondeur des hydroxydes métalliques, précédemment individualisés, peut-être même de l'argile;

phénomène de lessivage identique ainsi à celui que l'on observe dans les sols des pays à climat tempéré. En ce sens encore, le Sol Latéritique très évolué — Sol Sénile, par exemple, selon la classification du Professeur MOHR — est un sol complexe.

Si l'horizon supérieur du Sol Latéritique n'est, en général, qu'assez pauvre en matière organique et en humus, il est, par contre, le plus souvent enrichi en éléments minéraux provenant de la décomposition de la matière organique, éléments basiques en particulier.

Le pH de cet horizon est ainsi souvent supérieur à celui des horizons sous-jacents, au moins dans les Sols Latéritiques pas trop évolués. Comme l'a montré S. AYRES, dans les Iles Hawaiï, ce rapport peut s'inverser.

Cet horizon supérieur peut aussi être déjà riche en hydroxydes métalliques, mais ceux-ci ne présenteront une certaine stabilité, au fur et à mesure d'une évolution plus avancée, que s'ils ont subi un phénomène de dessiccation assez poussée, s'ils ont donné naissance à du pseudosable, bien mis en évidence par divers auteurs comme E. CASTAGNOL, ou P. VAGELER et F. ALTEN, ou à des concrétions si fréquentes dans ces sols, et souvent étudiées, par exemple par R. L. PENDLETON, P. H. NYE, A. DE CRAENE, I. DENISOFF, etc.

Grâce à sa richesse en hydroxydes de fer, cet horizon est souvent de couleur rouge à brun rouge; mais, en divers cas, soit sur des pentes, soit, comme en certaines zones de Madagascar ou sous l'équateur même, au Gabon, en plateau, il peut être jaune ou beige à gris jaune sans que cette variation de couleur indique un appauvrissement en éléments ferrugineux.

Ce problème a déjà été évoqué devant vous par G. WAEGEMANS dans une communication présentée à la Commission II.

Lorsque, au cours de son évolution pédologique, l'entraînement des hydroxydes métalliques s'y intensifie, la couleur de cet horizon devient grise ou gris beige clair. Il a parfois été indiqué que ce processus devenait particulièrement fort en région équatoriale. Dans les zones d'Afrique tropicale humide et équatoriale que nous avons prospectées, ces Sols Gris Latéritiques sont le plus souvent liés, non à une certaine intensité de chutes de pluie, mais à une roche mère acide et riche en quartz : granite leucocrate, par exemple. Il ne faut pas confondre avec eux les sols qui se forment dans les bas-fonds, et dans lesquels les phénomènes d'hydromorphie et parfois de lessivage l'emportent beaucoup sur ceux de latéritisation, généralement très réduits en milieux d'aussi mauvais drainage.

Un autre caractère très fréquent de cet horizon supérieur des Sols Latéritiques est sa richesse en éléments grossiers. Ce phénomène est

frappant en zone vallonnée ou seulement ondulée, même sous la forêt dense, en particulier dans les sols assez argileux formés sur roches éruptives ou métamorphiques à filons de roches ou minéraux résistants à l'altération, par exemple de quartz. Jusqu'à la base de cet horizon, les filons restent en place, inchangés, mais en se rapprochant de la surface, ils s'incurvent pour se perdre dans l'horizon supérieur à travers lequel leurs débris s'éparpillent.

Dans le cas qui nous occupe, les éléments grossiers de cet horizon superficiel n'ont fait que s'y concentrer; ils se retrouvent tous, qualitativement, dans le reste du sol. Il ne s'agit donc pas là d'un horizon rapporté. Il s'est bien formé sur place, mais le lessivage oblique si intense en ces régions, même lorsque la pente n'atteint que 3 ou 4 %, l'a appauvri en éléments fins, colloïdaux, et la masse de cet horizon supérieur a subi un mouvement de glissement sur l'horizon inférieur plus argileux. On voit ainsi quels liens et quelles différences existent entre de tels faits et l'existence des lits de cailloux et concrétions ou gravillons latéritiques, souvent dénommés « Stone line » par les auteurs, signalés en Afrique Centrale par C. E. KELLOGG et étudiés par G. WAEGEMANS, C. CHARTER, etc.

Sous cet horizon supérieur, s'en observe un autre caractérisé par sa richesse en hydroxydes métalliques. Aussi sa couleur varie-t-elle surtout du rouge au jaune ou ocre. Cette forte teneur en hydroxydes peut être due à une véritable accumulation à la suite du lessivage de l'horizon supérieur. Elle peut aussi, le plus souvent, n'être que le résultat de l'altération, poussée à l'extrême, des minéraux de la roche mère. Ce processus doit être essentiellement ici une hydrolyse acide. Nous connaissons mal encore ses conditions réelles de développement. Et, plus qu'ailleurs les valeurs du pH y varient très largement, suivant les conditions de sa mesure.

Dans quelques cas où l'on a pris la peine de les y chercher, on y trouva des silico-bactéries. Quel rôle y jouent-elles, pratiquement ?

Les hydroxydes métalliques peuvent être de fer, d'aluminium, de manganèse, de titane. Les autres éléments sont soit de l'argile de type kaolinitique ou, parfois, pour une faible proportion, illitique, soit des minéraux très résistants à l'altération, mais qui s'y trouvent morcelés : quartz, parfois mica blanc, rutilé, tourmaline, etc.

Au moins, lorsqu'il n'est pas à l'origine en trop grandes lamelles, le mica blanc se désagrège assez rapidement, dans les horizons inférieurs, puis, peu à peu, disparaît par altération. Le quartz résiste plus longtemps. S'il est dans la roche sous forme de filon, il se morcelle et donne des graviers qui se retrouvent encore même dans cet horizon ferrallitique. Ses éléments peuvent être très émoussés

sans que cela indique pour autant, semble-t-il, qu'ils aient subi un mouvement, un transport. Ils deviennent souvent très friables, presque poreux, et s'imprègnent des solutions ferrugineuses, comme l'a étudié E. DE CHETELAT en Guinée. On a même été jusqu'à parler d'une dissolution du quartz. Elle ne paraît guère se produire à ce niveau; peut être a-t-elle lieu, partiellement, plus en profondeur. Les grains de quartz granitiques ou gneissiques se maintiennent longtemps dans le sol; et parfois, jusque dans cet horizon, ils conservent la forme qu'ils pouvaient avoir dans la roche. Mais, si on les extrait, ils tombent en très fine poussière. Ensuite ils semblent disparaître et ce n'est qu'au microscope qu'ils sont encore observables.

Dans certains cas, les hydroxydes accumulés ne font que conférer à cet horizon une structure assez stable, souvent nuciforme, parfois polyédrique assez fine. Ailleurs, ils donnent naissance, comme dans l'horizon supérieur, à des grains de pseudosable; ailleurs encore, à des concrétions. Ces dernières peuvent se former par ségrégation de plus en plus poussée des hydroxydes, surtout de fer et de manganèse. L'on peut suivre le phénomène. A la base de cet horizon, apparaissent de petites taches rouges ou brunes, à peine individualisées du reste du sol. Peu à peu, elles s'en séparent de plus en plus puis s'accroissent et durcissent. Elles deviennent alors ces concrétions que nous observons au sommet de cet horizon ou au-dessus, rouges ou noires, très dures, souvent un peu différentes en surface de ce qu'elles sont à l'intérieur.

D'autres de ces concrétions ne sont que des éléments de l'horizon sous-jacent, qui se sont plus ferruginisés en surface : masse interne bariolée ou tachetée et pellicule superficielle brun foncé à cassure assez lisse, presque esquilleuse.

D'autres encore ne sont qu'un élément de la roche mère, incomplètement altéré, et qui s'étant imprégné d'hydroxydes métalliques à sa surface s'est trouvé ainsi protégé contre une poursuite de l'altération.

Les hydroxydes accumulés peuvent aussi durcir en masse formant une cuirasse lorsqu'elle n'est qu'en partie durcie et que l'on peut encore la briser à la main, en blocs eux-mêmes plus résistants; ou une cuirasse très dure.

Cette cuirasse peut être variable comme forme : ici massive, elle sera là caverneuse ou sublamellaire; parfois concrétionnée, elle peut être même parfaitement oolithique comme à Kindia ou dans le Fouta, en Guinée. Elle peut être aussi très variable comme couleur : ici brune ou d'un rouge violacé très foncé, elle peut, ailleurs, être rose ou même tout à fait blanche comme en certains points de Guinée;

elle peut aussi être presque verdâtre; enfin, très souvent, elle est bigarrée. De nombreux auteurs, en particulier E. CASTAGNOL en Indochine, ont montré qu'à ces diversités de couleurs correspondent des différences ou des variations de constitution. Très foncée, elle sera surtout ferrugineuse; rose ou blanche, bauxitique; d'un brun verdâtre, elle contient du phosphate d'aluminium; grise ou beige, elle est encore riche en silicates non décomposés.

Nous n'entamerons pas la discussion sur la formation de cette cuirasse, ferrugineuse ou latéritique, qui occupe en Afrique tropicale, de si immenses étendues. Les occasions ne manqueront pas, au cours de ce Congrès, pour le faire. Son origine cependant, si diverse qu'elle puisse être, nous paraît avoir été bien précisée par les travaux récents de J. D'HOORE, et de R. MAIGNIEN. Schématiquement elle est double : durcissement après apport ou transport des éléments; ou, au contraire, durcissement après un déblaiement des horizons supérieurs ou, en profondeur sous l'influence des fluctuations du niveau de la nappe phréatique. Dans certains cas, cuirasse colluviale ou alluviale, cuirasse d'entraînement vertical étudiée récemment par A. LAPLANTE, cuirasse hydromorphe de fond de vallée, interstratifiée dans des alluvions, elle n'est qu'allochtone. Parfois, cuirasse de nappe de bas de pente, elle peut être d'origine mixte, ce bas de pente étant souvent constitué par un Sol Ferrallitique. Ailleurs, tous les éléments de cette cuirasse proviennent du Sol Ferrallitique lui-même; qu'elle se soit formée sous l'influence d'une nappe de plateau dont les battements n'ont pu que faciliter l'accumulation des hydroxydes et leur durcissement; ou que ce durcissement ne se soit produit qu'à la suite d'un entraînement, par érosion, des horizons superficiels, peut être après le défrichement et la mise en culture du sol.

La cuirasse, élément très résistant, peut cependant se détruire comme l'a si justement montré, avec d'autres pédologues, H. GREENE. Destruction mécanique par érosion; destruction sous l'influence de la végétation, laissant comme résidu soit un sol graveleux ou caillouteux formé, surtout, des débris, morcelés, de la cuirasse, soit comme l'a étudié J. D'HOORE, un sol organo-minéral, beige assez clair, appauvri en fer. Après cette destruction de la cuirasse, une nouvelle évolution pédologique mise en évidence en Australie, par C. G. STEPHENS, pourra se produire dans les horizons sous-jacents.

Cet horizon d'accumulation des hydroxydes est d'épaisseur variable. En Moyenne Côte d'Ivoire, en certains points du Cameroun ou de Madagascar, il peut n'avoir que 1,5 ou 2 m; ailleurs, il en a 5 ou 6, parfois 10, ou davantage encore.

Il peut, comme c'est le cas le plus fréquent à Madagascar, reposer directement sur la roche altérée, matériau originel, dénommé autrefois par A. LACROIX, zone de départ.

Ailleurs, entre ces deux horizons, en existe un autre, celui d'argile tachetée.

La limite peut être très nette; elle peut, au contraire, n'être que très progressive. L'horizon d'accumulation, que nous venons d'étudier, peut en effet être lui-même plus ou moins tacheté. La différence entre les deux nous paraît être que, dans celui-ci, les taches et bigarrures sont nettement délimitées, nettement séparées, alors que celles de l'argile tachetée sont plus diffuses. Ne serait-ce pas seulement que le premier fut jadis, lorsque le sol était moins profond, les conditions de nappe différentes, lui-même un horizon d'argile tachetée; au fur et à mesure de l'évolution du sol, il a gardé l'empreinte de ce qu'il fut d'abord, mais devenu mieux drainé, il ne comporte plus cette alternance de dispersion et de floculation des hydroxydes de fer et de manganèse. D'où son aspect, en quelque sorte, plus figé.

L'horizon d'argile tachetée est beaucoup plus compact que les horizons supérieurs. Sa structure, bien souvent, n'est guère définie, d'autant qu'il reste, en général, humide. Mais il peut, en séchant, faire apparaître un type structural polyédrique ou nuciforme, généralement bien plus large que dans l'horizon précédent.

Il est riche en éléments colloïdaux, à la fois hydroxydes et hydrates et argile, de type kaolinitique ou, rarement, illitique. Il s'y trouve des éléments de la roche non altérée mica blanc, quartz, etc., beaucoup plus frais que dans l'horizon d'accumulation. Il est possible, bien que nous n'en ayons jamais observé de cas précis, que, parmi les quartz visibles, le cas échéant, dans cet horizon, certains soient de néoformation. Cela a été indiqué en particulier, autrefois, par Sir John HARRISON, puis contesté par d'autres pédologues, et paraît avoir été observé très récemment en divers cas.

Fréquemment, lorsque le sol s'est formé sur roche éruptive feldspathique, on observe à la base, surtout, de cette argile tachetée, des éléments blanchâtres ayant conservé la forme générale des feldspaths, mais devenus complètement friables. Ils sont altérés « en neige », transformation étudiée jadis, en détail, par A. LACROIX.

Cet horizon peut durcir, surtout dans sa partie supérieure donnant naissance à une cuirasse, « latérite scoriacée » de G. WAEGEMANS.

Il prend naissance sous l'influence de conditions d'hydromorphie dues à la présence d'une véritable nappe phréatique, ou plus simplement d'un mauvais drainage de cette base du profil, provoquant son engorgement, au moins temporaire, par l'eau. Il n'existe pas cepen-

dant dans tous les Sols Ferrallitiques. En Afrique occidentale et équatoriale, nous le retrouvons dans la plupart; par contre, à Madagascar, il n'est que très rare; le drainage général des sols est peut-être mieux assuré en ce pays dont la surface est souvent disséquée par d'innombrables ravins.

En toutes les régions, il n'est que très mince ou même disparaît là où la pluviométrie est trop faible, ou la saison sèche trop longue. Il est très rare aussi ou très réduit dans les sols formés sur des roches basiques, telles que diabase, dolérite, basalte. Le processus de ferrallitisation très rapide, brutal même, y donne naissance, aussitôt au-dessus du matériau originel, à un milieu riche en hydroxydes, pauvre en argile, et retenant mal l'eau.

Plus profondément encore, la proportion de minéraux non ou peu altérés ou de minéraux déjà altérés, mais ayant encore gardé leur forme, s'accroît; la structure de la roche devient visible. C'est le matériau originel.

Déjà cet horizon s'est appauvri en bases et en silice, par rapport à la roche, d'où le nom d'horizon ou zone de départ qui lui a été souvent donné. Les produits de la transformation de chacun des minéraux n'y sont encore guère mélangés; il peut ainsi apparaître comme très poreux formant alors le matériau « pain d'épice » décrit autrefois par A. LACROIX en Guinée. Son épaisseur dépend de beaucoup de facteurs, mais essentiellement de la nature chimique de la roche: très épais sur les roches acides, très réduit sur les roches basiques; et des conditions de drainage du sol.

Les minéraux s'y altèrent plus ou moins vite: éléments ferromagnésiens d'abord, puis feldspathoïdes et feldspaths, les calciques es premiers, les potassiques plus lentement, la microlite restant longtemps peu altérée; enfin, comme nous l'avons vu précédemment, mica blanc, quartz et quelques autres minéraux résistent et se maintiennent peu altérés à travers tout cet horizon.

Si le pH des horizons supérieurs est, dans les conditions où sa mesure se fait habituellement, acide, ou même très acide, celui de ce matériau originel peut être plus proche de la neutralité, et même basique. De là, cette idée, défendue par de nombreux auteurs, par exemple par H. ERHART, que dans ce phénomène de latéritisation, ou de ferrallitisation, deux phases se succèdent: hydrolyse basique ou faiblement acide d'abord, hydrolyse acide ensuite. Cette schématisation, qui n'est probablement pas inexacte, est certainement trop simple. Le seul fait qui reste prouvé est une remontée du pH dans cet horizon, mais rarement jusqu'à la neutralité.

Plus profondément encore, de moins en moins altérée, est la roche mère; roche éruptive basique ou acide, roche métamorphique, cal-

caire, etc. Le phénomène peut se développer à partir des roches les plus diverses, à l'exception de celles trop quartzieuses, trop pauvres en bases, si les autres facteurs, de climat, de végétation, de drainage y sont suffisamment favorables; mais il sera, plus ou moins rapide, suivant les cas.

Dans toute cette masse d'innombrables observations répétées en tant de points du globe et en des conditions souvent si différentes, beaucoup de faits sont déjà nets, compréhensibles, appuyés sur des analyses précises. Il en reste cependant qui paraissent encore incomplètement connus ou expliqués. Ce n'est que par des observations nombreuses, précises, appuyées d'analyses détaillées et surtout par de l'expérimentation, par exemple sur les phénomènes d'altération eux-mêmes, que, peu à peu, le faisceau de ces faits totalement connus se complètera. Cette tâche demande de nombreux chercheurs; elle peut être ardue. Mais la meilleure compréhension de ces sols à laquelle elle mènera est indispensable aussi bien sur le plan intellectuel que sur celui des applications pratiques.

Ces sols, souvent peu fertiles, sont utilisables dans la majorité des cas, et nous devons chercher à accroître leur productivité. Ils sont très fragiles et en quelques années des méthodes agricoles défectueuses peuvent les rendre pratiquement stériles. Il est donc de première importance que leurs caractères, leur formation, leurs réactions soient mieux connus, sinon leur mise en valeur risque de conduire à des échecs. Nous n'avons pas le droit de laisser inutilisées ou mal utilisées de si vastes étendues capables de fournir d'immenses quantités d'aliments et de produits de première nécessité pour l'homme.

RÉFÉRENCES

1. AYRES, S. — Hawai Univ. Techn. Bull., I (1943).
2. BACHELIER, G. et LAPLANTE, A. — Sur l'origine et la formation des cuirasses dites latéritiques dans l'Adamaoua (Nord-Cameroun), *C. R. Séan. Acad. Sci.*, Paris, CCXXXVII, 20, p. 1277-9 (1953).
3. BAEYENS, J. — Les sols de l'Afrique centrale et spécialement du Congo belge. Tome I. Le Bas-Congo, Publ. I.N.E.A.C., hors série (1938).
4. BOTELHO DA COSTA, J. V. — Sur quelques questions de nomenclature des sols des régions tropicales, *C. R. II^e Conf. Interafr. Sols*, Léopoldville, édit. prov. (1954).
5. BUCHANAN, F. — A journey from Madras, London (1807).
6. CASTAGNOL, E. M. — Le Sol, Hanoi (1952).
7. CASTAGNOL, E. M. et al. — *C. R. Trav. Inst. Rech. Agron. For. Indochine*, II, p. 31-64 (1937).
8. CASTAGNOL, E. M. et PHAN GIA TU. — *Bull. Econ. Indochine*, XLIII, 2, 35 pp. (1940).

9. CHARTER, C. F. — C. R. II^e Conf. Interafr. Sols, Léopoldville, édit. prov. (1954).
10. CLAISSE, G. — Etude de l'altération de la charnockite de Man, *Ann. agron.*, IV, 1, p. 45-52 (1953).
11. CLINE, M. — Soil Survey of the Hawaiian Islands, U. S. Dept Agric. (1950).
12. DE CHETELAT, E. — Le modelé latéritique de l'Ouest de la Guinée française, *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, XI, 1, p. 5-120 (1938).
13. DE CRAENE, A. — La fertilité des latosols du N.-E. du Congo belge et ses relations avec la morphologie des profils pédologiques. Les latérites, C. R. II^e Conf. Interafr. Sols, Léopoldville, édit. prov. (1954).
14. DENISOFF, I. — C. R. II^e Conf. Interafr. Sols, Léopoldville, édit. prov. (1954).
15. D'HOORE, J. — The description and classification of free sesquioxide accumulation zones, C. R. V^e Congrès Int. Sci. Sol, Léopoldville, IV (1955).
16. D'HOORE. — *op. cit.*
17. DU PREEZ, J. W. — Laterite. A general discussion with a description of Nigerian occurrences, *Bull. agr. Congo belge*, XL, 1, p. 53-66 (1949).
18. ERHART, H. — Traité de pédologie, I, Strasbourg (1935).
19. ERHART, H. — Traité de pédologie, II, Strasbourg (1938).
20. FERMOR, L. L. — What is laterite? *Geol. Mag.*, V, 8, pp. 454-62, 507-16, 559-66 (1911).
21. FOX, C. S. — BUCHANAN's laterite of Malabar and Kanara, *Rec. Geol. Survey India*, LXIX, 4, p. 389-422 (1936).
22. GREENE, H. — Classification and use of tropical soils, *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, X, p. 392-6, 1945 (1946).
23. GREENE, H. — So-called irreversible laterization, *Trans. IVth Int. Congr. Soil Sci.*, Amsterdam, II, p. 175-7 (1950).
24. HARRASSOWITZ, H. — *Handbuch des Bodenlehre*, III, Berlin, p. 387-436 (1930).
25. HARRISON, J. B. — The katamorphism of igneous rocks under humid tropical conditions, *Imper. Bur. Soil Sci.*, Harpenden (1933).
26. HARRISON, J. B. — *op. cit.*
27. KELLOGG, C. E. — Preliminary suggestions for the Classification and Nomenclature of Great Soil Groups in tropical and equatorial regions, *Commonw. Bur. Soil Sci.*, Techn. Communication 46, p. 76-85 (1949).
28. KELLOGG, C. E. — *op. cit.*
29. KELLOGG, C. E. et DAVOL, F. D. — An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo, *Publ. I.N.E.A.C.*, Sér. scient. N^o 46 (1949).
30. KELLOGG, C. E. — Tropical Soils, *Trans. IVth Int. Congr. Soil Sci.*, Amsterdam, I, p. 266-76 (1950).
31. LACROIX, A. — Les latérites de Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés, *Nouv. Arch. Museum Hist. Natur.*, Sér. V, 5, p. 255-358 (1913).
32. LACROIX, A. — *op. cit.*
33. LAPLANTE, A. — Les sols foncés tropicaux d'origine basaltique au Cameroun, C. R. V^e Congrès Int. Sci. Sol, Léopoldville, IV (1955).
34. LAPLANTE, A. — *op. cit.*

35. LAPLANTE, A. — *op. cit.*
36. MAIGNIEN, R. — Formation de cuirasses de plateaux, région de Labé (Guinée française), C. R. V^e Congrès Int. Sci. Sol, Léopoldville, IV (1955).
37. MAIGNIEN, R. — Cuirassement de sols de plaine-Balley (Guinée française), C. R. V^e Congrès Int. Sci. Sol, Léopoldville, IV (1955).
38. MAIGNIEN, R. — Différents processus de cuirassement en A. O. F., C. R. II^e Conf. Interfr. Sols, Léopoldville, édit. prov. (1954):
39. MARTIN, F. J. et DOYLE, H. C. — *Agric. Sci.*, XX, 1, p. 135-42 (1930).
40. MOHR, E. C. J. — The soils of equatorial regions, with particular reference to the Netherlands East Indies, *Ann. Arbor.*, Michigan (1944).
41. MOHR, E. C. J. — *op. cit.*
42. PENDLETON, R. L. et SHARASUVANA, S. — Analysis and profile, notes on some laterite soils and soils with iron concretions of Thailand, *Soil Sci.*, LIV, 1, p. 1-2 (1942).
43. PRESCOTT, J. A. et PENDLETON, R. L. — Laterite and lateritic soils, Commonw. Bur. Soil Sci. Techn. Communication 47 (1952).
44. ROBINSON, G. W. — Soils, their origin, constitution and classification, Londres (1949).
45. SCAËTTA, H. — Observations sur l'origine et la constitution des sols de l'Afrique occidentale française, *Ann. agron.*, X, 1, p. 101-26 (1940).
46. SEGALÉN, P. — Sur l'existence de sols latéritiques bruns à Madagascar, C. R. V^e Congrès Int. Sci. Sol, Léopoldville, IV (1955).
47. SEGALÉN, P. — *op. cit.*
48. SHERMAN, G. D. — Factors influencing the development of lateritic and laterite soils in the Hawaiian Islands, *Pacific Sci.*, III, 4, p. 307-14 (1949).
49. SHERMAN, H. D. — The genesis and morphology of Hawaiian ferruginous laterite crusts, *Pacific Sci.*, IV, 4, p. 315-22 (1950).
50. STEPHENS, C. G. — Pedogenesis following the dissection of lateritic regions in Southern Australia, Counc. Scient. Ind. Res., Bull. 206, 21 pp. (1946).
51. STEPHENS, C. G. — Manual of Australian Soils, Melbourne (1953).
52. VAN DER MERWE, C. R. — Soil Groups and Subgroups of South Africa, Prétoria (1940).
53. VAN DER VOORT, M. — The lateritic soils of Indonesia, Trans. IVth Congr. Soil Sci., Amsterdam, I, p. 277-81 (1950).
54. WAEGEMANS, G. — Introduction à l'étude de la latéritisation et des latérites du Centre Africain, *Bull. agr. Congo belge*, XLII, 1, p. 13-56 (1951).
55. WAEGEMANS, G. — Latérites pisolithiques et scoriacées, *Bull. agr. Congo belge*, XLIII, 3, p. 735-50 (1952).
56. WAEGEMANS, G. — Signification pédologique de la « Stone line », *Bull. agr. Congo belge*, XLIV, 3, p. 521-32 (1953).
57. WAEGEMANS, G. et VANDERSTAPPEN, R. — Authigenèse, altération des minéraux argileux et latéritisation dans les régions intertropicales, Trans. IVth Int. Congr. Soil Sci., Amsterdam, III, p. 145-9 (1950).
58. WAEGEMANS, G. et HENRY, S. — La couleur des latosols en relation avec leurs oxydes de fer, C. R. V^e Congrès Int. Sci. Sol, Léopoldville, II, p. 384-9 (1955).