

## LES SOLS TROPICAUX

G. AUBERT<sup>1</sup>

### HISTORIQUE

En 1948, en Angleterre, à Rothamsted, une première Conférence ayant essentiellement pour sujet l'étude des sols des régions tropicales rassemblait des pédologues des divers continents. Il s'y trouvait des Maîtres comme Sir John Russel, G. W. Robinson, Albert Demolon. Herbert Greene et C. H. Edelman y étaient aussi. Au cours de discussions intéressantes, animées, nous dûmes cependant reconnaître que nos données étaient bien fragmentaires, et certains même se demandaient s'il serait un jour possible de classer ces sols des régions tropicales (First Commonwealth Conference on Tropical Soils, 1949).

En 1950, au Congrès international d'Amsterdam, l'exposé que je vous fais aujourd'hui était présenté, sous le même titre, par C. E. Kellogg. L'essentiel en fut la définition précise du sous-ordre des Latosols—modifiée depuis, pour constituer la base de celle des Oxisols—et la reconnaissance de caractères particuliers, dus à l'action du climat, dans les sols des régions tropicales (Kellogg, 1950).

En 1954, à Léopoldville, au cours d'un „Congrès Tropical“ il parut préférable de concentrer l'attention sur certains types de sols, Sols Latéritiques, souvent appelés, depuis, Sols Ferrallitiques, Sols Ferrugineux Tropicaux, etc. (Aubert, 1954).

Cette même année, parut le traité de Mohr et van Baren sur les „Sols Tropicaux“.

En 1960, à Madison, les Sols Tropicaux furent surtout étudiés sous l'angle de leur utilisation, encore que de nombreuses cartes pédologiques, cartes générales d'Afrique, d'Amérique du Sud, ou cartes détaillées, nous y firent connaître le résultat des innombrables prospections faites, les années précédentes, dans ces régions tropicales, tout autour du monde (Comptes Rendus du 7<sup>e</sup> Congrès International de la Science du Sol, 1960).

Sur le plan de la classification, la 7<sup>e</sup> Approximation du USDA (Soil Survey Staff, 1960), parue lors de ce Congrès, nous a apporté à la fois un

<sup>1</sup> Chef de la Section Pédologique, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Bondy Seine, FRANCE.

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

Collection de Référence

213

26 AOUT 1968

n°/2287

classement des sols formés sous climat tropical semi-humide ou humide, ou sous climat équatorial, non plus concentrés en un seul sous-ordre, mais répartis en plusieurs classes, quoique celle des Oxy sols leur fût principalement réservée; et la notion, étonnante au premier abord pour certains, que la température des sols est un de leurs caractères morphologiques au même titre que leur couleur. Il devient naturel, alors, de séparer, à un échelon assez haut de la classification, sols tropicaux et subtropicaux, à température élevée, et sols boréaux ou des régions tempérées, dont la température est nettement plus basse.

Quelle est donc notre tâche, aujourd'hui? Ne serait-ce pas, nous appuyant sur les innombrables travaux, prospections, observations de terrain, études de laboratoire, faits sur ces sols d'essayer d'envisager l'ensemble des sols tropicaux, de rechercher leur originalité, expression de leur existence en tant que tels, d'étudier certains de leurs caractères, et, en conclusion, d'indiquer très brièvement quelques voies de recherches qui nous apparaissent comme les plus nécessaires.

Le titre même de cet exposé en donne les limites essentielles; il s'agit en effet des sols sur les caractères et les propriétés desquelles le climat de type tropical a pu imprimer son action, de façon déterminante.

Nous laisserons donc de côté les sols qui, quoique formés en zone intertropicale, évoluent sous l'influence d'un climat tempéré ou frais d'altitude, ou suivant des processus trop excessifs d'hydromorphie, d'halomorphie ou de calcimorphie.

#### CONDITIONS D'ÉVOLUTION

Les climats de type tropical sont très divers, mais ils possèdent ce caractère commun que la pluie, d'intensité très variable suivant les cas, tombe dans une période chaude de l'année; et, si l'on excepte ceux d'altitude, que la température est élevée, parfois très élevée, ne présentant que des variations assez limitées (Biro, 1960). Tout au plus ces oscillations thermiques deviennent-elles importantes dans certaines zones désertiques, comme le Sahara, dont nous laisserons les sols en dehors de notre propos.

Ces simples faits climatiques ont d'importantes répercussions sur la pédogénèse et donnent aux sols de ces régions des caractères qui les différencient de ceux des zones tempérées ou boréales, permettant ainsi d'utiliser, avec les limites indiquées ci-dessus, ce terme de „Sols Tropicaux“.

Le pluie tombant en période chaude, la quantité d'eau évaporée sera d'autant plus importante, proportionnellement, et celle qui, s'infiltrant, pourra provoquer le lessivage des sols, sera d'autant plus faible. En réalité, le phénomène est plus complexe, parce que, en même temps, la pluviométrie est plus concentrée qu'elle ne l'est en général sous d'autres climats.

En zone tropicale peu humide, la pénétration de l'eau reste relativement limitée et le lessivage des sols ne se fait que sur une profondeur restreinte, d'autant que, comme le montrent les mesures faites sur bassins versants,

en Afrique par exemple, le ruissellement peut déjà être important (Aubert, 1964).

En zone tropicale humide, l'efficacité de la masse d'eau qui tombe devient plus grande, d'autant que la végétation naturelle, la forêt dense en ce cas, limite le ruissellement.

Enfin, en zone tropicale très humide, la proportion de l'eau arrivée au sol qui, dans la plupart des cas, ne peut s'y infiltrer, croît très rapidement, comme l'ont bien précisé Mohr et van Baren (1954). La pénétration de l'eau en profondeur, verticalement ou suivant des trajets plus ou moins obliques, n'en est pas moins très grande et l'entraînement des éléments solubles ou pseudosolubles est l'un des processus dominants de la dynamique de ces sols.

L'eau qui s'infiltré dans le sol étant à température élevée — nous avons souvent mesuré 24—25°C dans les sols de la forêt dense de Côte d'Ivoire par exemple, contre 9—10°C et souvent moins dans les sols lessivés de la région parisienne — aura certaines propriétés plus accentuées, par exemple son pouvoir hydrolytique.

A 25°C le coefficient de dissociation de l'eau est 4 fois ce qu'il est à 10°C; celui de dissolution de la silice est 8 fois plus élevé, et, surtout, la vitesse de dissolution de ce corps est beaucoup plus grande. Par contre, la quantité de CO<sub>2</sub>, qu'elle peut entraîner est, relativement, un peu plus faible.

Par suite du pouvoir hydrolytique élevé des solutions qui les traversent, les sols tropicaux — et c'est déjà, partiellement, le cas pour ceux des régions subtropicales — seront riches en sesquioxydes métalliques libérés des minéraux, le plus souvent silicatés, qui constituent leur matériau originel. Les sesquioxydes de fer, accompagnés, dans certains types de sols, de ceux d'aluminium et, souvent, d'oxydes de manganèse, prennent alors une grande importance dans la constitution de ces sols et leur confèrent une couleur particulière, très souvent rouge, ailleurs ocre jaune, ou, en liaison avec d'autres éléments, humus par exemple, brun-rouge.

Bien des sols tropicaux n'ont pas ces couleurs caractéristiques dès la surface; elles y apparaissent cependant en profondeur.

La température élevée des solutions qui s'infiltrant à travers les sols tropicaux, en même temps que leur volume important, leur permettent, très souvent, d'en provoquer un approfondissement rapide et très accentué, dû à l'hydrolyse active des minéraux qui favorise leur désagrégation et leur morcellement. La pénétration de l'eau en profondeur est d'ailleurs facilitée par la diminution de sa viscosité, par suite de sa température plus élevée par rapport à ce qu'elle est en pays tempéré, comme l'ont fait remarquer Mohr et van Baren (1954).

Un autre fait essentiel est la grande importance que prennent les conditions de pédoclimat — en élargissant un peu ce concept, quant à la limite supérieure qu'on lui attribue généralement — par rapport même aux conditions de climat, sur la vie du sol et l'évolution de la matière végétale qu'il reçoit chaque année et de la matière organique qu'il contient. Parmi

les éléments constitutifs de la vie du sol, la faune prend en pays tropicaux une importance qu'elle a rarement, semble-t-il, sous d'autres climats.

Cette influence des conditions climatiques sur la biologie des sols tropicaux est, cependant, très variable, quant à son résultat, en fonction surtout, de l'importance de la pluviosité, et, secondairement, de la température du lieu; la première peut se présenter suivant un éventail beaucoup plus large que la seconde, étant données les limitations que nous avons, dès l'abord, admises pour ces réflexions.

Un premier cas correspond à la zone où la pluviosité est très irrégulière et faible. La végétation, de type pseudo-steppique à dominance graminéenne, n'a qu'un développement limité. Le sol du type Brun Subaride (Aubert, 1964) se rapproche, par bien des caractères, des Sols Bruns Steppiques des pays à hiver froid ou des pays subtropicaux. Il a cependant moins de matière organique stable que ceux-ci, surtout que les premiers. Le pédoclimat étant encore chaud lorsqu'il devient humide la décomposition de la matière végétale déposée à la surface ou dans le sol est relativement très forte à cette période de l'année. Cependant, les horizons supérieurs de ces sols sont soumis à un hygroperiodisme intense. Il peut freiner cette évolution, comme l'a montré Bachelier (1963), parmi d'autres, et, selon les expériences de Jacquin (1963), favoriser la condensation des corps hydrosolubles provenant de la lixiviation des matières végétales en cours de décomposition. Certains des éléments ainsi formés, corps préhumiques de stabilité limitée, selon Kauffmann et Boquel (1960), paraissent susceptibles de se décomposer plus ou moins largement lors de chaque réhumectation du sol après sa dessiccation, comme l'ont observé Birch et Friend (1956, 1961). Au total, l'accumulation des matières humiques dans ces sols est moindre qu'en pays de caractère steppique à hiver froid, de pluviosité équivalente comme l'ont fait ressortir Maignien (1959), Maignien et Bocquier (1963) en Afrique Occidentale, Pias (1962) en Afrique Centrale et bien d'autres encore.

En zone de savane, en climat tropical semi-humide, la quantité de matière végétale déposée sur, ou laissée dans le sol est déjà beaucoup plus importante; elle peut aller jusqu'à 6 ou 7 tonnes de matière sèche par hectare. Une grande partie s'en détruit sous l'action des microorganismes, microflore et microfaune, ainsi que de la mésofaune—vers, termites, etc.—mais l'hygroperiodisme joue encore à plein son rôle de facteur de conservation et Nye (1961) a bien montré que l'humus formé reste particulièrement stable. Là se trouve une explication de l'observation de Forestier (1959) sur la plus forte quantité d'humus d'un sol en savane arborée qu'en la forêt voisine. Cependant, les processus de fixation d'azote y paraissent assez peu développés, facteur d'apparition de matière humique à C/N relativement plus élevé comme l'ont observé tant de pédologues.

Sous la forêt dense, non dégradée, qu'elle se développe sous un climat tropical humide ou déjà subéquatorial, le pédoclimat reste toujours humide et chaud (Aubert, 1964). On ne saurait trop insister sur ce fait. Tant que la réaction du sol n'est pas trop acide, les microorganismes peuvent se développer très activement tout au long de l'année. Aussi la masse de 14 à 18 tonnes de matière sèche déposée chaque année à la surface du sol ou

dans les premiers centimètres se décompose-t-elle beaucoup plus qu'en pays tempéré; Laudelout, Meyer et Peeters (1960), dans leur remarquable étude sur ce problème de l'évolution de la matière organique en fonction du climat donnent les chiffres suivants: 65 à 75 p. 100 à Yangambi, au Congo; 40 à 60 p. 100 en Colombie, contre 6 à 12 p. 100 en pays tempérés, sous forêt de chênes, et 2—3 p. 100 sous forêt de pins des mêmes régions. La matière humique formée est relativement stable.

Si, dans l'ensemble des régions tropicales, la dynamique de la matière organique paraît dépendre d'abord de la pluviosité, ce qui a été souligné par Bates, (1960) Birch et Friend (1961) et d'autres, par contre, dans la zone que nous envisageons maintenant, la quantité d'eau qui impregne le sol et filtre à travers, reste dans des limites telles que ses variations, pourtant très notables, n'influencent guère ces phénomènes. La température du milieu devient alors le facteur fondamental. Les études de Jenny et al. (1948, 1949, 1950, 1958, 1961) et celles de Laudelout, Meyer et Peeters (1960) permettent de concevoir une relation matière organique du sol-température, exprimée sous forme exponentielle comme en d'autres régions, mais les coefficients à faire intervenir sont beaucoup plus élevés sous climat tropical que sous climat tempéré: 0,33 à Yangambi, 0,25 à Puerto Rico, contre 0,03 à 0,07 en pays tempéré, d'après Laudelout. Peut-être l'absence de gelées et une action plus prolongée des radiations solaires expliquent-elles cette particularité importante des sols tropicaux. Teneur relativement plus élevée du sol en azote et carbone, dynamique organique beaucoup plus active, reconstitution beaucoup plus rapide de la litière après soutrage, ou de la matière organique après décapage, sont des caractères maintenant bien démontrés des sols tropicaux par rapport à ceux des pays tempérés.

La matière organique des Sols Ferrallitiques qui constituent l'essentiel de ceux de cette zone est bien évoluée, à C/N bas. Elle n'est riche en acides humiques que sur les premiers centimètres; très rapidement les acides fulviques l'emportent; beaucoup de résultats maintenant le prouvent (Thomann, 1964; Duchaufour et Dommergues, 1963).

Une dernière zone est celle des pays équatoriaux très humides. Une acidité rapidement croissante des horizons supérieurs du sol, — due à une pluviosité très largement excessive — limite la vie microbienne et l'activité diastasique des levures, phénomène proportionnellement si important dans les sols précédents.

Ce même excès d'eau provoque, à la surface de nombreux sols, une hydromorphie temporaire mais fréquemment répétée. Ces deux faits déterminent une déviation de l'évolution de la matière organique, processus qui est alors, pour une large part, sous l'influence du développement des champignons. Un humus nouveau apparaît, bien plus riche en acides humiques, nettement plus grossier, à C/N plus élevé et à action tout à fait différente de celle de l'humus précédent; la podzolisation — au sens même le plus strict — peut alors se surimposer à la ferrallitisation.

Un dernier fait important enfin dans la vie du sol tropical et sur lequel nous reviendrons, est l'extraordinaire développement que peuvent y

prendre certains éléments de la mésofaune, vers, fourmis et termites en particulier, par suite des conditions mêmes du climat tropical.

Si les effets que nous venons d'envisager du climat tropical paraissent pouvoir s'observer très régulièrement en tout sol soumis à de telles conditions climatiques, il en est d'autres éléments qui ont une très grande signification en certains pays tropicaux comme l'Afrique, mais qui peuvent être moins constants.

Les sols tropicaux sont souvent des sols très anciens. La succession des climats en pays tropical — ou au moins en beaucoup d'entre eux — a permis leur maintien depuis le début du quaternaire et même depuis plus longtemps. Leur rajeunissement ne s'est pas effectué ni sous l'influence d'une large extension des glaciers, ni sous celle d'un remaniement en coulées boueuses comme cela s'est produit dans les régions tempérées ou méditerranéennes. Souvent, d'ailleurs, ces sols, plus ou moins remaniés ou décupés, en surface — mais à faible distance ou sur une faible épaisseur — ont eu leurs horizons moyens et profonds protégés par les éléments durcis de carapaces et cuirasses. Le professeur Kovda y a fait allusion dans son remarquable exposé du premier jour de ce Congrès.

Les sols jeunes ne manquent cependant pas sous climat tropical: sols rajeunis par l'érosion comme dans le Centre-Nord Togo ou en Guinée; sols très jeunes, d'apport, sur alluvions ou colluvions comme dans le Tabasco, au Mexique — ils peuvent d'ailleurs avoir beaucoup des caractères des sols très évolués, étant formés à leurs dépens, comme dans la Vallée du Niger, au Mali; sols sur dépôts volcaniques récents, comme certains de l'Ouest Cameroun ou surtout ceux étudiés aux Hawaï par Hough, Gile et Foster (1941), aux Antilles par Hardy et Rodriguez (1941), aux Nouvelles Hébrides par Tercinier, en Indonésie par les pédologues hollandais, Mohr et van Baren (1954) en premier lieu; sols sur formation calcaires construites, tels sur coraux comme ceux que l'on peut voir, plus ou moins proches des rendzines, sur de nombreuses îles du Pacifique.

#### CARACTÈRES DES SOLS TROPICAUX

Le climat joue, comme nous venons de le voir, un rôle essentiel et suivant les processus particuliers que nous avons indiqués, dans l'évolution des sols des régions tropicales. Aussi leur imprime-t-il des caractères particuliers. Aucun d'eux cependant n'est absolument général.

L'un des plus frappants est leur profondeur. Il est, en région tropicale comme ailleurs, des sols squelettiques ou très jeunes, très peu épais, et dans les zones, même de climat tropical, où la pluviosité est faible ils peuvent n'avoir comme en d'autres zones climatiques, qu'une profondeur très limitée. Cependant, dès que la pluie tombe en quantité assez importante — en Afrique Occidentale, à partir de 700 ou 800 mm les sols deviennent, pour la plupart, profonds, et à plus de 1 200 ou 1 300 mm, très profonds. De 3 à 4 m d'épaisseur ils passent à 8 ou 10 m et même davantage.

Ce caractère est dû à l'énergie pédogénétique très élevée du climat, mais il est accentué par l'ancienneté de beaucoup de ces sols et par la protection contre une érosion brutale et lointainement exportatrice que, dans ces régions, leur a apportée, depuis des dizaines de millénaires, une épaisse végétation, ici de savane arborée, là de forêt dense. Au cours de ces derniers siècles, l'homme a souvent modifié cet aspect des Sols Tropicaux. Leur phase cultivée est, généralement, d'épaisseur plus réduite.

Parfois, comme nous l'avons déjà indiqué, ils sont protégés contre l'amincissement par érosion, par la présence dans les horizons supérieurs ou de faible profondeur, de formations massives et indurées, carapaces ou cuirasses. Le rajeunissement par décapage ne peut plus s'opérer alors, mais il arrive même qu'une nouvelle pédogenèse s'installe sur ces chapeaux résistants. Parfois, comme l'a montré Maignien (1960), la pédogenèse peut se poursuivre à sa base, en dessous de la cuirasse et le sol s'approfondir encore. Cette évolution profonde peut se développer suivant un processus qui correspond aux conditions initiales et non actuelles d'évolution de ce sol.

De nombreux auteurs, dont Bachelier (1959) au Cameroun, Ruhe (1960) en Afrique Orientale, de Heinzelin (1952), Waegemans (1953, 1954) en Afrique Centrale, ont cependant montré que beaucoup de ces sols très épais ont été profondément remaniés ou ont reçu de volumineux apports extérieurs.

Un second caractère tout aussi frappant et, peut-être plus général encore, des sols tropicaux est leur richesse en sesquioxides (d'Hoore, 1954). Nous y avons déjà fait allusion. Elle s'accompagne d'un appauvrissement, absolu ou, surtout, relatif, en silice. A la suite des intenses réactions d'hydrolyse que subissent les minéraux dans les sols évoluant sous climat tropical, ou lors de la formation de leur matériau originel, une proportion importante des oxydes de métaux tels que fer, aluminium, manganèse, titane, parfois nickel, cobalt, composants essentiels des minéraux des roches, sont libérés et se maintiennent dans le profil.

Ce maintien peut être dû à ce que le climat, toujours chaud, présente des périodes de grande sécheresse, à la suite de celles, très humides, qui permettent ces réactions. Les oxydes et hydrates libérés subissent alors une forte dessiccation qui les immobilise dans le profil du sol, sous forme pectisée, parfois en masses indurées (Maignien, 1958).

En région tropicale humide, sous la forêt, le sol ne subit pas de pareilles dessiccations. Les oxydes et hydrates d'aluminium et de fer, restent, cependant, fortement liés aux surfaces des éléments minéraux du sol, et, même en milieu acide, ne paraissent que difficilement migrer. Les éléments organiques qui seraient susceptibles de participer à leur entraînement ou à leur chéluviation ne se forment pas ou n'ont qu'une existence très transitoire, et, donc, une influence très réduite.

En outre, les phénomènes d'hydromorphie tout à fait superficielle, qui, en d'autres sols forestiers comme les Podzols, sont, pour une large part, à l'origine du démarrage des entraînements des sesquioxides libérés, n'existent pas dans ces sols des forêts tropicales où une litière sans cesse en cours de décomposition repose directement sur un horizon supérieur, plus ou moins

humifère, mais à humus très intimement lié à la matière minérale et ne faisant donc pas éponge.

Enfin ces sols sont, le plus souvent, profondément et fortement structurés ce qui améliore leur drainage et limite les engorgements superficiels.

Cette accumulation des sesquioxydes et cet entraînement de la silice sont prouvés par d'innombrables résultats analytiques.

Ainsi d'après Lacroix (1913) dans les îles de Los en Guinée sur une syénite néphélinique contenant 0,97 p.100  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et 2,19 p.100  $\text{FeO}$ , se forme une cuirasse à 7,41 p.100  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; à Thu Phop, au Vietnam, d'après Castagnol (1942), des schistes à 5,12 p.100  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  donnent des sols où la teneur en cet élément est de 13, 25 p. 100. Dans le sol de Dakpadou, Côte d'Ivoire que nous avons étudié au Congrès de Léopoldville (Aubert, 1954), la richesse en oxyde de fer passe de 10,9 p. 100 dans le matériau originel à 34,5 p. 100 dans l'horizon de concentration et 32,1 p.100 en surface. Dans la littérature les exemples de ce fait abondent, et dans leur Traité, — en particulier dans les chapitres IV et XII—Mohr et van Baren (1954) en ont cité un grand nombre.

Le même type d'évolution se présente dans de nombreux sols tropicaux pour les composés d'aluminium. Martin et Doyne (1927, 1930) ont ainsi étudié en Sierra Leone une norite qui dosait 17,9 p.100 en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et qui a donné naissance à une cuirasse qui en contient 51,1 p.100. L'enrichissement en alumine peut atteindre, dans certaines cuirasses blanches, formées en place, jusqu'à plus de 64 p.100 (Guinée, Surinam).

Cependant les oxydes de fer et de manganèse, tout en s'accumulant dans le profil, se laissent parfois entraîner dans les horizons supérieurs, par exemple dans la plupart des Sols Ferrugineux Tropicaux, dont la mobilité des sesquioxydes de fer est si frappante par rapport à leur stabilité dans la plupart des sols Ferrallitiques ou dans les Sols Ferrallitiques Lessivés, des régions équatoriales ou tropicales très humides.

A Dakpadou, l'horizon supérieur est moins riche en cet élément que celui qui lui est juste sous-jacent : 32,1 contre 34,5 p.100.

Dans le sol de Sierra Leone étudié par Martin et Doyne (1927, 1930) la cuirasse, en surface, en contient 19,1 p.100, le matériau originel, proche de la roche, 23,2. Sur basalte, à Dschang, au Cameroun, il s'en trouve 10,9 p.100 dans l'horizon supérieur contre 25,3 p.100 dans l'horizon d'accumulation.

Parfois, l'horizon subsuperficiel devient très clair, blanchi, même cendreuse, et, en surface, se constitue un humus grossier de type „mor“. Cela a été observé en divers pays, par exemple en Indonésie, d'après divers auteurs, en Amazonie d'après Kovda, en Basse Côte d'Ivoire par Leneuf (1956), au Nord Congo de Brazzaville par Bocquier. Dans ce dernier cas il y a podzolisation véritable au sommet d'un Sol Ferrallitique. Cet entraînement s'explique à la fois par une pluviosité plus abondante, et, surtout, par les conséquences indirectes qu'elle a sur l'horizon superficiel du sol : acidification, formation de matières humiques plus grossières, engorgement hydrique superficiel à certaines époques, tous processus qui permettent ou favorisent la migration d'au moins certains de ces oxydes et hydrates.



En même temps que se produit cette évolution dans certains sols, la silice est entraînée, principalement silice des silicates et des aluminosilicates, mais aussi, parfois, silice des grains de quartz, après leur morcellement très poussé. C'est essentiellement en Sol Ferrallitique que ce processus se développe. On en aurait des exemples éclatants en prenant les chiffres correspondant aux sols que nous avons cités précédemment. En voici d'autres : à Ayamé, en Basse Côte d'Ivoire, d'après Leneuf (1959), la roche contient 59,8 p.100 de silice combinée, l'horizon supérieur 16,1 p.100. D'après Pécrot et al. (1962) dans un sol étudié au Kivu, la teneur en  $\text{SiO}_2$  passe de 46,4 p.100 dans le matériau originel à 30,3 et 31 p.100 en surface.

Cette mise en solution de la silice se fait facilement aux pH élevés des horizons d'altération, observés par de nombreux auteurs, en particulier par Bonifas (1959), Leneuf (1959), Mohr et van Baren (1954), et bien d'autres, et, très récemment encore, par Pedro (1964) dans ses remarquables études de pédologie expérimentale. Elle peut se produire également en milieu neutre ou acide, et ce n'est qu'à pH très bas que la silice ne pourrait être entraînée hors de son milieu de libération, comme l'ont rappelé Millot et ses collaborateurs (1960) dans leur récente revue de la dynamique de la silice.

Un élément de ce problème que nous connaissons mal est la vitesse de migration des solutions dans les sols par rapport à celle des réactions chimiques qui peuvent affecter les corps qu'elles contiennent. Peut-être y-a-t-il dans cette comparaison, en chaque cas, de la vitesse d'entraînement de la silice et de celle de la réaction qui peut l'unir aux hydrates d'alumine présents dans le milieu, une possibilité d'explication des faits observés de désilicification, de resilicification et rekaolinisation. Dans certains de ces sols tropicaux, en effet, la perte de silice peut être presque totale. Aux îles de Los la cuirasse étudiée par Lacroix (1913) ne contenait plus que 0,37 p.100 de  $\text{SiO}_2$ , la syénite néphélénique dont elle provenait en ayant 56,9 p.100. En Nouvelle Calédonie et à Tahiti, Tercinier (1963) a décrit des sols dans lesquels  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  n'est plus que de 0,1 et même moins. Sherman et al. (1948) aux Hawaï et Ségalen (1957) à Madagascar, ont signalé des cas analogues sinon aussi poussés comme évolution.

Cette silice peut être entraînée hors du profil et se retrouver dans les eaux de drainage puis les rivières, ou, à la suite d'un de ces phénomènes d'entraînement latéral, si fréquents en pays tropical, dans un des sols du bout le plus bas de la chaîne à laquelle appartenait celui qui a fourni la silice ; il peut s'y former, alors, un Vertisol. Mohr et van Baren (1954) ont donné des exemples très précis de ces deux cas.

Elle peut aussi s'accumuler à la base du profil, quartz de néoformation décrit par Sir John Harrison (1934) ou meulière feuilletée et vacuolaire comme des meringues, ou au contraire à la base du paysage, meulière caverneuse ou compacte par bloc. Ce fait a déjà été plusieurs fois signalé et nous avons pu observer en Nouvelle Calédonie ces deux types de meulière d'origine pédologique.

Dans tous les cas précédents la silice libérée reste ou sort du profil ; les sesquioxides peuvent se maintenir individualisés. D'autres fois cependant, et en particulier lorsque le sol présente soit à sa base dans le matériau originel

d'altération, soit un peu plus haut dans son profil, dans l'horizon d'argile tachetée, une zone de mauvais drainage, la silice, d'abord libérée, en général dans un horizon supérieur, et entraînée, peut se recombinaison avec les éléments préglacés tels que définis par Fripiat, et qui ont pu prendre naissance en ce point. Il se forme alors une kaolinite de néosynthèse, observée lors d'études précises de Sols Ferrallitiques, par exemple par Sir John Harrison (1934) ou par Leneuf (1959).

Jusqu'à ces dernières années la matière organique des sols tropicaux n'avait été étudiée que par quelques rares chercheurs— par exemple Craig et Hallais (1934), Hardon (cité par Mohr et van Baren, 1954), Theron et Van Niquerak (1934), Villanueva et Lumang (1935). Les recherches de Jenny et al. (1948, 1949, 1950, 1958, 1961) et d'autres, donnaient déjà quelques idées sur leur évolution. Maintenant les éléments de sa connaissance s'accumulent, en particulier grâce aux travaux de Nye (1960), Bates (1960) Laudelout et Meyer, (1954), Laudelout, Meyer et Peeters (1960), Meyer (1959), Dommergues (1962), Thomann (1964), pour les sols d'Afrique, à ceux des collaborateurs de Jenny pour les sols d'Amérique, à ceux de van Schuylenborgh et Tan (1961) ou à ceux de Tyurin et Kononova, (1963), de Kononova (1961), Niu Ching Wen (1961), Tu Men Chau (1960) et d'autres, ainsi qu'à ceux de Jenny et Raychaudhuri (1960) pour les sols d'Asie.

Il est cependant difficile de parler d'une façon générale de la matière organique des sols tropicaux. Elle est trop différente d'un type de sol à un autre.

Comme nous l'avons vu précédemment, dès qu'ils sont assez humides sans, cependant, manquer d'oxygène, et s'ils ne sont chimiquement pas trop pauvres ou trop acides, ces sols constituent, grâce à leur température élevée, un remarquable milieu pour une décomposition très poussée de cette matière organique; et le résidu de cette „fermentation“, l'humus stable, ne sera qu'en faible proportion par rapport à la masse de matière végétale acquise en un temps donné par le sol, mais cependant en quantité plus élevée, relativement à la température, qu'en pays tempéré.

Les Sols Bruns Subarides des pseudosteppes tropicales ne se différencient pas sensiblement par leur humus des sols de steppe des régions tempérées plus ou moins continentales. Il est en moindre proportion par suite de cette décomposition plus poussée que nous signalons ci-dessus, mais l'on y retrouve, quoique moins accusée peut-être, la dominance des acides humiques sur les acides fulviques, caractéristique si essentielle des sols steppiques.

De même, il ne paraît pas que les tourbes des pays tropicaux diffèrent très sensiblement de celles des régions subtropicales, tempérées ou boréales<sup>1</sup>. La même remarque paraît valable en ce qui concerne les Vertisols, les Sols à Alcalis, les Solonetz etc. Reconnaissons cependant que de plus amples études sont nécessaires à ce sujet.

Par contre, il est deux catégories de sols spécifiques des régions tropicales, Sols Ferrugineux Tropicaux et Sols Ferrallitiques, dont l'humus doit retenir notre attention.

<sup>1</sup> R. Didier de Saint-Amand, Contribution à l'étude des sols hydromorphes organiques de Madagascar.

Dans les premiers, le coefficient de minéralisation du carbone, tel que défini par Dommergues (1960), est moyen, supérieur à celui des sols hydromorphes mais bien inférieur à celui des Sols Bruns Subarides. Leur activité biologique, assez basse dans les plus sableux et les plus secs, peu lessivés, augmente très fortement dans les plus lessivés, de zones plus humides, et de végétation moins clairsemée, au moins lorsqu'ils sont développés sur un matériau limoneux ou argileux. Ils sont aussi riches et parfois même plus riches en acides humiques que fulviques et dans les premiers la proportion d'acides humiques gris, très différents cependant d'après Duchaufour et Dommergues (1963) de ceux qui caractérisent les sols de chernozem et, partiellement, les vertisols, est élevée.

La matière organique de ces sols, quoique très évoluée, a un rapport C/N qui reste souvent autour de 15—16. L'humus tend à croître en début de saison sèche, comme l'a montré Ghildyal (1963) et comme cela a été observé par d'autres (Bouyer, 1959)<sup>1</sup>, le développement des bactéries reste encore très élevé à cette période. L'évolution de la matière organique semble se maintenir, si la température est élevée, même si le sol devient très sec (Dommergues, 1962). La succession de saisons sèches et de saisons de pluie ainsi que la grande valeur des radiations solaires en ces pays — faits sur lesquels Rode (1961) a tant insisté — sont les éléments qui expliquent probablement ces quelques caractéristiques que nous venons d'indiquer pour ces sols.

Dans les Sols Ferrallitiques formés sous forêt dense les processus généraux restent les mêmes, simplifiés par le caractère toujours humide du pédoclimat (Aubert, 1964). Aussi est-on très frappé de constater, au premier abord, la grande différence du type de leur matière organique par rapport à celle des sols précédents. La décomposition y est plus poussée, la minéralisation est intense, comme le prouvent les résultats de Nye (1960) au Ghana, de Jenny et Raychaudhuri (1960) aux Indes, la condensation des molécules organiques plus réduite. Les acides humiques ne comportent plus que 30 à 40 p. 100 de gris, alors que dans les précédents cette teneur atteignait 60 à 70 p. 100. Selon Tu Men Chau (1961), on passe du type „humates libres“ au type „humates-fulvates“. Divers auteurs, tels que Kononova (1961), Niu Ching Wen (1961), Thomann (1964), de Boissezon (1962), Duchaufour et Dommergues (1963) et d'autres ont insisté sur cette prédominance des acides fulviques. Dans un tel sol du Cameroun, étudié par Thomann<sup>2</sup> le rapport acides humiques/acides fulviques est de 1,1 tout à fait en surface avec un C/N de 11, mais dès 1 cm de profondeur ces valeurs passent à 0,4 et 7,5 à 8,5 jusqu'à 25 cm, diminuant encore plus profondément. La matière organique de ces sols comprend des éléments très mobiles et facilement décomposables lors d'une modification des conditions du milieu, comme une mise en défrichage, et une fraction très stable, liée à la kaolinite comme l'a mis en évidence Smith (1954) pour les sols de Porto-Rico. Ce type d'humus peut cependant varier, en particulier s'il s'accumule dans le sol. Scheffer, Sunckel et Welte (1958) ont montré qu'alors son rapport C/N croît. Tel est le cas des Sols

<sup>1</sup> R. Fauck et J. P. Cointepas, renseignement inédit.

<sup>2</sup> Résultat inédit.

Ferrallitiques Lessivés et Podzolisés des régions très humides ou formés sur roche-mère pauvre en bases. Leur teneur en acides humiques bruns augmente, en même temps qu'ils restent très riches en acides fulviques et que les complexes ferro-organiques y prennent une plus grande importance. Dans les cas extrêmes la matière organique de ces Sols Ferrallitiques Podzolisés apparaît comme très semblable à celle des Sols Podzoliques.

D'autres caractères sont encore communs à un assez grand nombre de Sols Tropicaux; ils portent essentiellement sur leurs horizons supérieurs.

Les premiers sont dus aux remaniements mécaniques qu'ils subissent. Il est fréquent que, par suite soit d'un passage brusque de l'horizon supérieur à l'horizon sous-jacent, soit d'un très fort enrichissement du premier en éléments grossiers ou de la présence entre les deux horizons, d'un lit de graviers, on soit d'abord tenté de conclure qu'il s'agit là d'un recouvrement d'un ancien sol par un matériau tout différent. Cela peut se produire. Divers auteurs l'ont montré, en particulier Waegemans (1953) en Afrique Centrale, Riquier (1965) à Madagascar etc.

Cependant, souvent il n'en est rien. Le sol est bien en place, et seulement remanié en surface. La cause de ces modifications peut être de simples glissements à faible distance de l'horizon supérieur plus structuré et concrétionné, donc plus perméable, sur l'horizon inférieur plus compact; ou des déracinements successifs d'arbres de la forêt ou de la savane. Peut-être aussi, dans ces sols très vieux, les éléments grossiers, cailloux et graviers, pourraient-ils, sous leur propre poids, pénétrer peu à peu, au long des siècles, à travers l'horizon structuré de surface jusqu'à ceux plus compacts de profondeur comme l'a suggéré Laporte (1962). Enfin si l'érosion en nappe est très active et très dégradante sur les Sols Ferrugineux Tropicaux sous la savane arborée, elle n'en joue pas moins sur les Sols Ferrallitiques sur pente, même sous la forêt, le ruissellement ayant lieu sous la litière. Il n'en est empêché par aucune couche intermédiaire d'humus brut ou de matière végétale plus ou moins humifiée.

L'enlèvement des éléments fins ainsi commencé en surface par l'eau qui ruisselle, se poursuit à l'intérieur de l'horizon supérieur sous l'influence du lessivage oblique des éléments colloïdaux.

Très fréquemment, dans ces sols des régions tropicales semi-humides ou humides, l'appauvrissement en éléments fins de l'horizon de surface n'est pas compensé par l'enrichissement correspondant d'un horizon plus profond. Ainsi, Fauck (1964) a étudié, dans le sud du Sénégal, des Sols Faiblement Ferrallitiques dont la teneur en argile passe progressivement de 15 p.100 en surface à 30 p.100 à 40 cm puis à 38 p.100 à 50 cm pour rester à 35—36 p.100 jusqu'à plus de 4 m de profondeur.

Ces remaniements peuvent aussi résulter de l'action de la faune. Termites et vers sont capables de construire, au sommet de ces profils de sols, des horizons nouveaux. Dus aux premiers, ils peuvent dépasser 1 m d'épaisseur, et présentent une texture plus argileuse, en même temps que, très souvent, un enrichissement en calcium et en acide phosphorique. Dus aux seconds, ils ont une teneur plus forte en matière organique et en sable fin et limon, comme l'a montré Bates (1960) en Nigéria.

Ils peuvent enfin présenter encore d'autres caractères, d'origine climatique, plus de détail, mais très fréquents, et souvent importants sur le plan de leur utilisation. Ils peuvent être dus à un effet direct de leur température, toujours forte, ou indirect, par suite de la richesse en sesquioxydes qu'elle y provoque; ou à un effet des alternances de sécheresse et d'humidité qu'ils subissent.

Comme l'ont bien mis en évidence les pédologues belges qui travaillaient au Congo (d'Hoore et Croegaert, 1954), ces sols des régions tropicales humides sont souvent pauvres en limon vrai, par suite de l'intensité de l'altération, mais ils se montrent fréquemment très bien pourvus en pseudolimon ou en pseudosable fin qui ne sont que des microconcrétions ferrugineuses.

Leur structure peut s'en trouver, secondairement transformée. Dans les cas extrêmes — sols bauxitiques — elle devient farineuse. Ailleurs, en se desséchant plus lentement, les sesquioxydes peuvent délimiter une macroporosité vacuolaire assez large et définitivement fixée; elle devient maximum dans certaines carapaces et cuirasses.

Quant aux éléments qui servent d'aliments aux plantes, ils peuvent présenter dans ces sols tropicaux une évolution toute particulière. Elle est analysée par certaines communications à ce congrès; aussi n'insisterons pas sur ce point: disponibilité de l'azote, libération et entraînement du potassium, fixation de  $P_2O_5$  par les sesquioxydes et libération brutale de la fraction de cet élément en réserve humique, lors de la décomposition de la matière organique; cycle biotique des oligo-éléments qui, dans certains sols, provoque leur accumulation tout à fait en surface, en plus de celle qui se produit, si fréquemment, en profondeur à la suite des processus de lessivage.

#### CONCLUSION

Il paraît difficile de tirer une conclusion à la suite d'un exposé aussi incomplet que le nôtre, puisque nous n'avons fait qu'effleurer l'examen de caractères qui sont essentiels, pour la fertilité de ces sols tropicaux et que nous n'avons envisagé ni leurs processus de formation ni leur classification.

Il apparaît bien que les Sols Tropicaux ne forment pas une catégorie supérieure dans la classification des sols du monde, mais qu'ils comportent des caractères assez particuliers et distinctifs qu'on retrouve, sinon toujours, au moins très fréquemment, dans ces sols des régions intertropicales, dès que la pluviosité du lieu ou leur humidité sont suffisantes pour que puissent s'exprimer les éléments que la température élevée tend à induire: profondeur, richesse en sesquioxydes, type très évolué de matière organique; la présence d'horizons supérieurs remaniés, sans être vraiment caractéristique, fait cependant partie du faisceau d'éléments qui donnent à ces sols une certaine individualité. Souhaitons que lors d'un Congrès ultérieur, dans encore 10 ou 12 ans, un tableau plus complet et plus synthétique puisse être donné de ces sols tropicaux. Il faut pour cela que les recherches s'intensifient dans les zones où ils évoluent:

— prospections précises et détaillées pour permettre la connaissance de nouveaux sols, ou une meilleure caractérisation de ceux déjà reconnus, en particulier sur les roches volcaniques;

— études de laboratoire sur les processus de ferrallitisation et le mécanisme du durcissement des sesquioxides fondement du cuirassement; sur la dynamique des réactions de libération, d'entraînement et de recombinaison, de ces sesquioxides et de la silice; sur la caractérisation plus précise de la matière organique dans ces divers sols; sur le rôle de la faune; sur les déplacements mécaniques relatifs possibles des divers éléments en fonction du temps.

— études appliquées, sur le plan agronomique, en particulier à la dynamique de l'azote et des oligo-éléments en ces sols; sur le maintien et même l'amélioration de leur structure, lors de leur mise en culture;

— sur le plan de l'ingénieur, en particulier sur le durcissement possible des routes en terre ou des soubassements de constructions, routes, bâtiments etc. ainsi que sur leurs caractéristiques vis-à-vis des phénomènes de corrosion, tout autant que de conduction de l'électricité atmosphérique, ou transportée sous diverses tensions.

Plus notre connaissance de ces sols tropicaux s'accroîtra, même sur un plan fondamental, meilleure sera l'utilisation que nous pourrons en faire et nous ne devons pas oublier qu'ils représentent l'une des principales réserves de sols permettant de produire davantage d'éléments utiles à l'homme.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, G., 1954, *Sols Latéritiques*, 5<sup>e</sup> Congrès Int. Sc. Sol., Léopoldville, vol. I, p. 103—118.  
 — 1964, *La Classification des sols utilisés par les pédologues français en zones tropicales et arides*, Sols Africains, IX, 1, 97—123.  
 — 1964, *Cours de Pédologie générale* (ORSTOM), (non publié).  
 — *La Classification des Sols. Pédologie* (à paraître).  
 BACHELIER, G., 1959, *Etude pédologique des sols de Yaoundé*, Agron. Trop., 3, 279—305, 1 pl. h. t.  
 — 1963, *Influence du climat sur les processus pédobiologiques de l'humification et de la déshumification*, Pédobiologie, 2, 153—163.  
 BATES, J. A. R., 1960, *Studies on a Nigerian forest soil*, J. of Soil Science, 11, 2, 246—256.  
 BIRCH, H. F., FRIEND, M. T., 1956, 1961, *Humus decomposition in East African Soils*, Nature, 178, 500—501 et 191, 7—31.  
 BIROT, P., 1960, *Géographie physique générale de la zone intertropicale*, CDU, Paris, 1960, 244 p.  
 BOISSEZON, P. de, 1962, *Contribution à l'étude des matières organiques des sols de la République du Congo*, Brazzaville, IRSC—OSTOM, 54 p. carte et pl. h. t.  
 BONIFAS, M., 1959, *Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique*, Strasbourg, Imp. Univ., 160 p.  
 BOUCHARDEAU, A. et al. Ouadi Enne, 1962, Campagne, 1962. III. *Les bassins expérimentaux* ORSTOM, Fort Lamy, 46 p., cartes h.t.  
 BOUYER, S., 1959, *Etude de l'évolution du sol dans un secteur de modernisation agricole au Sénégal*, C.R. 3<sup>e</sup> Conf. interafr. Sols, Dalaba, II, p. 811—850 Londres, C.C.T.A., 1960.  
 CASTAGNOL, E. M., 1942, *Le Sol*, Hanoi Imp. Ext. Or., 264, p. pl. h. t.  
 CRAIG, N., HALLAIS, 1934, *The influence of maturity and rainfall on the properties of lateritic soils in Mauritius*, Emp. J. Exp. Agric.  
 DOMMERGUES, Y., 1960, *La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols*, Agron. Trop., 15, I, 52—59. *Un exemple d'utilisation des techniques biologiques dans la caractérisation des types pédologiques*. id., 61—72.  
 — 1962, *Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche*, Paris, INRA, 157 p.  
 DUCHAUFOUR, PH., DOMMERGUES, Y., 1963, *Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux*, Sols Africains, VIII, 1, 5—25.

- FAUCK, R., 1964, *Les sols faiblement ferrallitiques*, C. R. 8 Cong. Int. Sc. Sol, Bucarest.
- FORESTIER, J., 1959, *La fertilité des sols de caféières en République Centrafricaine. II. La matière organique*, Agron. Trop., XIV, 3, 323—348.
- GHILDVAL, 1963, B.N.F., *Influence of tropical seasons on carbon and nitrogen transformations*, Soil. Sc. and Pl. Nutr., 9, 2, 70—76.
- HARDY, F., RODRIGUEZ, G., 1941, *Soil genesis from fragmental volcanic rocks in the lesser Antilles*, Soil. Sci. Soc. Amer., Proc. 6, 47—51.
- HARRISON, SIR J. B., 1934, *The katamorphism of igneous rocks under humid tropical conditions*, Imp. Bureau Soil Sc., Tech. Comm., 79 p.
- HEINZELIN, J. de, 1952, *Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le Secteur Nord-oriental du Bassin du Congo*, Bruxelles, INEAC, 172 p., pl. h.t.
- HOORE, J., d', 1954, *L'accumulation des sesquioxides libres dans les sols tropicaux*, Bruxelles, INEAC, Sie Sc., 62, 132 p.
- HOORE, J., d', CROEGAERT, J., 1954, *Signification de la fraction limoneuse de quelques sols congolais*, C. R. 2<sup>o</sup> Conf. Interafr. Sols, Léopoldville (Congo), II, 85, 1106—1114, 1 pl. h. t.
- HOUGH, C. J., GILE, P. L., FOSTER, Z. C., 1941, *Rock weathering and soil profile development in the Hawaiian Islands*, USDA Techn. Bull., 752, 43 p.
- JACQUIN, F., 1963, *Contribution à l'étude des processus de formation et d'évolution de divers composés humiques*, ENSAN, SIF, Nancy, 156 p.
- JENNY, H. et al., 1948, *Nitrogen and organic contents of equatorial soils of Colombia, South America*, Soil Science, 66, 173—186.
- 1949, *Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions*, Soil Science, 68, 419—432.
- 1950, *Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain Tropical forest soils*, Soil Science, 69, 63—69.
- 1958, *Role of the plant factors in the pedogenetic functions*, Ecology, 39—1, 5—16.
- 1961, *Comparison of soil nitrogen and carbon in tropical and temperate regions as observed in India and the Americas*, Missouri Exp. Sta. Res. Bull., 765, 5—31.
- JENNY, H., RAYCHAUDHURI, S. P., 1960, *Effect of climate and cultivation on nitrogen and organic matter reserves in Indian soils*, Ind. Council of Agri. Research, 126 p.
- KAUFMANN, J., BOGUEL, G., 1960, *Influence du thermo-périodisme et de l'hygro-périodisme sur la formation de l'humus*, C.R.A.C. Sc., 250, 1314—1316.
- KELLOGG, C. E., 1950, *Tropical Soils*, 4 Congrès Ass. Int. Sc. Sol., Amsterdam, VI, p. 266—276.
- KONONOVA, M. M., 1961, *Soil Organic Matter*, Oxford, Pergamon Press, 450 p.
- LACROIX, A., 1913, *Les latérites de la Guinée française et les produits d'altération qui leur sont associés*, Nouv. Arch. Museum Hist. Nat., 5 série, Paris, p. 255—359.
- LAPORTE, G., 1962, *Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée*, Comilog, Brazzaville ORSTOM, 149 p. h.t.
- LAUDELOUT, H., MEYER, J., PEETERS, A., 1960, *Les relations quantitatives entre la teneur en matière organique du sol et le climat*, Agriculture, VII, 1, 103—140.
- LENEUF, N., 1959, *L'altération des granites calco-alcalines et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés*, Paris, Imp. Lang. Grandmange, 212 p., pl. h. t.
- LENEUF, N., OCHS, R., 1956, *Les sols podzoliques du cordon littoral en Basse Côte d'Ivoire*, C.R. 6<sup>o</sup> Congrès Int. Sc. Sol., Paris, E.V. 86, 529—532.
- MAIGNIEN, R., 1958, *Le cuirassement des sols en Guinée (Afrique Occidentale)*, Imp. Univ. Strasbourg, 239 p.
- 1959, *Les sols Bruns Subarides au Sénégal*, Agron. Trop., 5, 535—571.
- 1960, *Influences anciennes sur la morphologie, l'évolution et la répartition des sols en Afrique Tropicale de l'Ouest*, Transactions 7th Int. Congres. Soil Sci., Madison, Wisc, USA, IV, 24, 171—176.
- MAIGNIEN, R., BOCQUIER, G., 1963, *Les sols Bruns Subarides d'Afrique de l'Ouest*, C. R. Conf. Interafr. Class. Sols, Lovanium (Congo—Léopoldville), 1963, Sols Africains, VIII, 3, 371—382.
- MARTIN, F. J., DOYNE, H. C. (1927, 1930), *Laterite and lateritic soils in Sierra Leone*, J. Agr. Sc., 1927, 17, 530—547; 1930, 20, 135—143.
- MEYER, J. A., 1959, *Fluctuations de l'azote sous culture vivrière*, C. R. 3<sup>o</sup> Conf. Interafr. Sols. Dalaba (Guinée), I, 517—524. Londres, CCTA, 1960.

- MILLOT, G., 1960, *Silice, silex, silifications et croissance des cristaux*, Bull. Serv. Géol. Alsace-Lorraine, 13, 129—146.
- MOHR, E. C. J., BAREN, F. A. van, 1954, *Tropical Soils*, N.V.U., La Haye et Interscience Publ., London and New York, 498 p., pl. h.t.
- NIU CHING WEN, 1961, *Nature of humus in soils of the Tropics and humid Subtropics*, Soviet Soil Science (American translation of Pochvovedenie, 5, 506—512.
- NYE, P. H., 1960, *The level of humus under the system of shifting cultivation*, C. R. 3 Conf. interafr. sols, Dalaba (Guinée), 1959, Londres, CCTA, I, p. 525—529.
- 1961, *Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest*, Plant and Soil, XIII, 4, 333—346.
- PECROT, A. et al., 1962, *L'altération des roches et la formation des sols au Kivu*, Bruxelles, INEAC, Sé. Sc. 97, 90 p., pl. h. t.
- PEDRO, G., 1964, *Contribution à l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines*, Paris, INRA, 344 p.
- PIAS, J., 1962, *Les sols du Moyen et Bas Logone*, Paris, ORSTOM, Comm. Scient. Logone Tchad., 438 p., 1 vol., cartes h. t.
- RIGUIER, J., 1965, *Les sols de Madagascar — notice de la carte pédologique au 1/1 000 000*, Paris, ORSTOM, à paraître.
- RODE, A. A., 1961, *The soil forming process and soil evolution*, Israel Progr. Sc. Transl., Jerusalem, 100 p.
- RUHE, R. V., 1960, *Elements of the soil landscape*, Transactions 7th Int. Congress Soil Sci., Madison Wisc., USA, IV, 23, 165—170.
- SCHAEFFER, F., SUNKEL, R., WELTE, E., 1958, *Caractéristique de l'humus des sols des régions tropicales humides*, Naturwissenschaften, 45, 274—275.
- SCHUYLENBORGH, J. Van, TAN, K. H., 1961, *On the organic matter in tropical soils*, Neth J. of Agricultural science, 9, 3, 174—180.
- SÉGALEN, P., 1957, *Etude des sols dérivés des roches volcaniques basiques à Madagascar*, Tananarive, Mém. IRSMD, VIII, 182 p., cartes et pl. h. t.
- SHERMAN, G. D., 1949, *Some factors influencing the development of laterite and lateritic soils in the Hawaiian Islands*, Pacific Sc., 3, 307—314.
- SHERMAN, G. D. et al., 1948, *Some of the properties of the ferruginous humic latosols of the Hawaiian Islands*, Pr. Soil Sci. Soc. Amer., 13, 471—476.
- SMITH, R. M. et al., 1951, *Organic matter and nitrogen build-ups in Some Puerto Rican soil profiles*, Soil Sci. 72, 409—427.
- TERCINIER, G., 1963, *Les Sols de la Nouvelle Calédonie*, Paris, Cahiers ORSTOM, Pédologie, I, 1, 53 p.
- *Etude de sols des Nouvelles Hébrides* (à paraître).
- THERON, J. J., Van NIQUERAK, P. le, 1934, *The nature and origin of black turf soils*, S. African J. Sci., 31, 320—346.
- THOMANN, Ch., 1964, *Les différentes fractions humiques de quelques sols tropicaux de l'Ouest Africain*, Dakar, ORSTOM, 54 p., graph. h. t.
- TU MEN CHAU, 1961, *Humus and its role in the genesis of certain tropical and subtropical soil of China*, Soviet Soil Science (American translation of Pochvovedenie), 12, 1346—1354.
- TYURIN, L. V., KONONOVA, M. M., 1963, *Biology of humus in soil fertility problems*. Soviet Soil Science (American translation of Pochvovedenie), 3, 205—231.
- VILLANUEVA, L. J., LUMANG, H. E., 1935, *Carbon-nitrogen ratios of some Philippine soils*, Philipp. Agric., 24, 854—862.
- WAEGERMANS, G., 1953, *Signification pédologique de la „Stone-line“*, Bull. Agric. Congo Belge, XLIV, 3.
- 1954, *Les latérites de Gimbi (Bas-Congo)*, Bruxelles, INEAC, Série Sc. 60, 27 p.
- First Commonwealth Conference on Tropical Soils. Rothamsted 1948. Commonwealth Bur. Soil Sc., Techn. Comm. 46, 1949, 232 p.
- Soil Service Staff, 1960, *Soil Classification — A Comprehensive System*, 7th Approximation, U.S. Dept. Agr., Soil Conservation Service.
- \* \* \* *Transactions of 7th International Congress of Soil Science*, 1960, Madison Wis., U.S.A., Vol. IV., 562 p.



## RÉSUMÉ

Après un bref historique des recherches effectuées sur les sols tropicaux, l'auteur expose les conditions d'évolution de ces sols; il insiste spécialement sur les conditions climatiques qui ont d'importantes répercussions sur la biologie du sol et sur la pédogenèse et qui confèrent aux sols de ces régions des caractères particuliers et distinctifs, permettant d'utiliser le terme de „sols tropicaux“.

Parmi les principaux caractères des sols tropicaux, sont sujets à discussion: leur grande profondeur; leur richesse en sesquioxydes et leur faible teneur en silice, dus à l'entraînement de la silice de la partie supérieure du sol; le type très évolué de la matière organique; la présence d'horizons supérieurs remaniés (sans être vraiment caractéristique); la présence de microconcrétions ferrugineuses; l'intense activité de la faune etc. Tous ces caractères constituent des éléments qui donnent à ces sols une individualité précise.

Pour l'explication des processus de la genèse des sols tropicaux il est nécessaire d'intensifier l'étude des régions où ils se rencontrent.

## SUMMARY

After a brief history of the investigations carried out on Tropical soils, the author discusses the conditions of evolution of these soils; particular stress is laid on the climatic conditions that have a marked influence on soil biology and genesis and which give to the soils of these regions their particular and distinctive features, making it possible to use the term of „Tropical soils“.

Among the main features of Tropical soils the author discusses: their great depth; richness in sesquioxides and low silica content due to removal of the latter from the upper part of the soil; the highly evolved type of organic matter; the presence of relayed upper horizons (without being actually characteristic); the presence of ferruginous microconcretions; intense activity of the fauna, etc. All these elements give a certain individuality to these soils.

In order to elucidate the genesis of Tropical soils further investigations will be necessary in the regions in which they appear.

## ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer kurzen Beschreibung der ausgeführten Forschungen über die tropischen Böden werden die Entwicklungsbedingungen derselben geschildert; es wird besonders auf die klimatischen Verhältnisse eingegangen, die bedeutende Einwirkungen auf Bodenbiologie und Bodenbildung ausüben und die den Böden dieser Gebiete besondere und unterschiedliche Merkmale verleihen, welche das Verwenden der Benennung „tropische Böden“ erlauben.

Von den Hauptmerkmalen der tropischen Böden werden besprochen: ihre grosse Tiefe; der Reichtum an Sesquioxyden; der geringe Kieselsäuregehalt infolge der Beseitigung derselben aus der Oberschicht des Bodens; sehr entwickelter Typ organischer Stoffe; das Vorhandensein der ungelagerten oberen Horizonte (ohne tatsächlich charakteristisch zu sein); das Vorhandensein eisenhaltiger Mikrokonkretionen; intensive Tätigkeit der Fauna usw. Alle diese Merkmale bilden eine Verkettung von Elementen die diesen Böden eine gewisse Individualität verleihen.

Zur Klärung der bodenbildenden Vorgänge, und der Klassifikation und Bildung dieser Böden, ist eine Verstärkung der Forschungen in den Gebieten in denen sie auftreten nötig,

Revis

8<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE  
VIII<sup>e</sup> CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA SCIENCE DU SOL  
VIII. INTERNATIONALER BODENKUNDLICHER KONGRESS

BUCHAREST — ROMANIA, 1964

TRANSACTIONS  
COMPTES RENDUS  
BERICHTE

VOLUME I

REPRINT

AUBERT (georges). — les sols tropicaux



PUBLISHING HOUSE OF THE ACADEMY  
OF THE SOCIALIST REPUBLIC OF ROMANIA

B12287