

INFLUENCE DES CONCEPTIONS GÉOMORPHOLOGIQUES ET PALÉOCLIMATIQUES SUR L'INTERPRÉTATION DE LA GENÈSE ET LA CLASSIFICATION DES SOLS FERRALLITIQUES D'AFRIQUE CENTRALE ET AUSTRALE

par

Y. CHATELIN*

RÉSUMÉ

L'Afrique centrale et australe est considérée comme un ensemble polygénique dans lequel apparaissent plusieurs surfaces d'érosion qui ne sont encore datées qu'avec incertitude. Le massif continental africain a connu de nombreuses variations climatiques présentant le contraste de périodes désertiques ou semi-désertiques et de périodes humides et chaudes. De l'hypothèse de vastes mouvements des matériaux superficiels dérivent les concepts de pédiplanation et d'allochtonie des sols. Suivant les théories admises pour l'évolution des reliefs et l'origine des matériaux superficiels, les écoles pédologiques française, belge et portugaise ont acquis une conception différente du profil pédologique et ont donné à certains critères de classification des importances très inégales. Tous les travaux de pédologie font apparaître l'importance du facteur temps dans la pédogénèse ferrallitique et soulignent la localisation de certains sols à des unités géomorphologiques bien définies. La distinction des caractères hérités d'une paléopédogénèse de ceux acquis dans le milieu écologique actuel, et d'une façon plus générale l'histoire des sols ferrallitiques, constituent un des objectifs principaux des recherches actuelles.

SUMMARY

Central and Austral Africa is considered as a polygenetic system in which several erosion surfaces which are not yet certainly dated till now, appear. The African continental block has known many climatic variations in which periods of desert or semi-desert contrasted with wet and hot periods. From the hypothesis of large movements of superficial materials, the concepts of pediplanation and allochtony of the soils are issued. According to the theories admitted for the evolution of reliefs and the origin of superficial materials, French, Belgian and Portuguese schools have acquired a different conception of pedological profile and have given a very unequal importance to some criteria of classification. From all the works of pedology, it appears that time is an important factor of ferrallitic pedogenesis, and that some soils are localized in well-defined geomorphologic unities. The discrimination between the characters inherited from palaeopedogenesis and those acquired in the actual ecologic surroundings, and more generally the history of ferrallitic soils, form one of the main objectives of the actual researches.

* Maître de Recherches de l'O.R.S.T.O.M. - BANGUI

INTRODUCTION

Science ayant pour objet l'étude de la formation et de l'évolution des reliefs terrestres, la géomorphologie peut aider à la reconstitution de l'histoire des couvertures superficielles que sont les sols. Ramenant le problème de l'histoire de la formation du sol à une option simple, on peut dire qu'un sol est récent ou ancien, qu'il est l'expression du milieu pédogénétique actuel ou qu'il subsiste en témoignant de conditions disparues.

Aux premières corrections du principe de zonalité sur lequel s'est édifiée la pédologie et qui définirent des sols azonaux et intrazonaux, se sont très vite ajoutées celles relatives à l'histoire des sols, sols polyphasés, ou polycycliques, ou polygéniques, sols à pédogénèse surimposée, paléosols, sont autant d'expressions devenues courantes dans la littérature pédologique. L'incidence de ces notions sur toute classification se voulant génétique est évidente.

Parmi les sols dont l'histoire apparaît complexe, rappelons les sols de "terra rossa" du milieu méditerranéen (GEZE, 1947, BORDAS, 1950), les sols rouges cuirassés "faiblement ferrallitiques" du milieu soudanien (MAGNIEN, 1958, 1960). Quant aux sols des régions équatoriales, les allusions à leur origine ancienne sont devenues un lieu commun de la littérature dont ils sont l'objet. D'une région climatique à l'autre, on voit ainsi s'ébaucher des hypothèses invoquant des conditions disparues. Les régions intertropicales du vieux bouclier africain, remarquablement stables, ont pu conserver des héritages pédologiques très anciens, alors que beaucoup de régions actuellement tempérées ont été déblayées dans un passé récent par les phénomènes glaciaires et périglaciaires, et que les sols des reliefs d'orogénèse active sont constamment rajeunis (KOVDA, 1965).

Les recherches géomorphologiques actuelles empruntent deux voies différentes. La première, particulièrement bien représentée par des géomorphologues français, consiste principalement à analyser les mécanismes actuels de l'évolution des reliefs. C'est ce qui a été fait dans le milieu ferrallitique de Côte-d'Ivoire (ROUGERIE, 1960) et d'une façon plus générale dans l'ensemble intertropical (BIROT, 1960; 1965, TRICART et CAILLEUX, 1965, DRESCH, 1960). Ces recherches font plus appel aux connaissances acquises par la pédologie qu'elles ne fournissent de données permettant de dater les sols. Avec un caractère plus hasardeux, l'analyse et la datation des différentes "surfaces" composant le modelé actuel ont été conduites par des géomorphologues de langue anglaise et des géomorphologues belges étudiant l'Afrique Centrale et Australe, les résultats acquis ici étant parfois transposés à des régions plus septentrionales. Ces travaux ont parfois eu une très grande influence sur les conceptions de l'origine des sols et sur la classification pédologique qui en découle.

1 - GÉOMORPHOLOGIE, SURFACES D'ÉROSION ET MATERIAUX SUPERFICIELS

1.1 - Les théories fondamentales

Dans la conception de DAVIS, la pénéplanation résulte d'un abaissement progressif des versants et des interfluves. Si un tel système se réalise, il ne laisse pas aux formations superficielles anciennes la possibilité de se maintenir dans un ensemble morphologique en évolution. Le caractère trop dogmatique de la conception davisienne a été souvent souligné, ainsi que le fait que son auteur s'est basé sur l'observation des régions tempérées, dont les conditions de morphogénèse diffèrent notablement de celles des régions intertropicales.

Pour PENCK (1924), au contraire, les versants reculent parallèlement à eux-mêmes; une surface ancienne entamée par un cycle d'érosion s'amenuise progressivement, chacun des lambeaux de plus en plus réduits de l'ancienne surface pouvant conserver pratiquement intacte sa couverture superficielle primitive. MULCAHY (1961) souligne ce que la réalité de l'un ou l'autre de ces deux schémas peut avoir d'influence sur la distribution et la conservation des sols.

Un schéma analogue à celui de PENCK, adopté principalement par KING (1951), a trouvé en Afrique Centrale et Australe de nombreuses illustrations. Pour KING, le paysage se décompose en quatre éléments : la "crête" résultant généralement d'un aplanissement antérieur, l'escarpement, élément dynamique que l'érosion fait reculer parallèlement à lui-même, le talus couvert de débris et suivant l'escarpement dans son recul, le pédiment qui s'étale à la base du talus. L'extension et la "coalescence" des pédiments donne naissance à la pédiplaine. Le processus de pédiplanation, particulièrement typique dans les régions arides ou semi-arides, resterait le processus fondamental d'évolution du paysage même dans les régions chaudes et humides. Si cette théorie paraît également trop stricte et doit être amendée dans certains cas (DIXEY, 1955, RUXTON et BERRY, 1961), l'Afrique Centrale et Australe paraît cependant bien être un ensemble polycyclique dans lequel s'emboîtent des surfaces séparées par des escarpements plus ou moins bien caractérisés.

1.2 - Les différentes surfaces d'érosion

Pénéplaines, pédiplaines, etchplains, surfaces d'aplanissement, surfaces d'érosion, désignations basées sur la datation ou la toponymie, les termes employés pour dénommer ces surfaces emboîtées varient suivant les auteurs et les époques. Tentant la synthèse d'opinions variées, DIXEY (1955) retient le terme de "surface d'érosion" pour désigner d'une façon générale toutes les surfaces de faible relief qui sont l'aboutissement, plus ou moins bien stabilisé, d'une phase généralisée ou locale de la morphogénèse. La surface d'érosion peut être définie pour le milieu aride comme pour le milieu équatorial; sa définition ne s'oppose pas aux différentes conceptions de son origine.

La formation de surfaces d'érosion souvent transcontinentales suppose des débâchements considérables que doivent assurer de puissants processus de morphogénèse agissant pendant de longues périodes. Pour KING, c'est une variation du niveau de base qui, au littoral, déclenche la formation d'un cycle d'érosion qui gagnera progressivement l'intérieur des terres. Ainsi, une même surface doit-elle s'être établie près du littoral à une époque largement antérieure à celle qui la verra atteindre sa position la plus continentale. Une surface n'est chronologiquement bien définie que par la datation de son commencement et de son achèvement. D'autres auteurs (CAHEN et LEPERSONNE 1948, RUHE 1954) considèrent au contraire qu'un épisode de creusement peut débiter ou tout au moins se propager très rapidement loin à l'intérieur des terres. Les surfaces d'érosion s'établiraient ainsi en un temps relativement court, leurs différentes parties seraient sensiblement contemporaines lors de leur achèvement. Suivant que l'une ou l'autre de ces théories est acceptée on considérera que les sols d'une même surface peuvent ou non s'être formés dans les mêmes conditions et avoir connu les mêmes tendances pédogénétiques en rapport avec les variations climatiques.

Si la multiplicité des surfaces d'érosion est unanimement admise, dénombrement et surtout datation de ces surfaces prêtent largement à controverse. Les dépôts datables y sont rares. Soulèvements et gauchissements ont pu porter une même surface à des altitudes très différentes; KING considère par exemple que les soulèvements qui ont affecté la surface dite "Africaine" ont pu atteindre de 600 à 3.000 mètres. L'altitude absolue ne peut seule permettre de reconnaître une surface dont la continuité doit être vérifiée par un grand nombre de critères, ainsi que le souligne RUHE. Certains auteurs semblent s'appuyer beaucoup sur la nature des horizons "latéritiques" pour identifier les différentes

surfaces. Cette démarche est à l'inverse de ce qu'attendent de la géomorphologie les pédologues trop conscients de l'influence de la position dans le relief sur le transport et l'accumulation des sesquioxides (D'HOORE 1954, MAIGNIEN 1958 et 1960).

Dès 1934, WAYLAND reconnaît en UGANDA trois surfaces majeures qu'il désigne par PI, PII, PIII, notation qui sera souvent reprise ultérieurement. Pour CAHEN et LEPERSONNE (1948) et DE HEINZELIN (1952), les trois surfaces principales sont d'âge crétacé (PI), Mi-Tertiaire ou Miocène (PII), et Fin-Tertiaire (PIII); à ces trois éléments essentiels du paysage qui sont admis sans trop de variantes, s'ajoutent les très anciennes structures liées aux dépôts du Karroo et les surfaces peu étendues postérieures à celle de la fin du Tertiaire, pénéplaines "partielles" et terrasses du Quaternaire. Le même schéma général est reconnu par DRESCH (1945, 1947) au nord des fleuves Congo et Ubangui. RUHE (1954) conteste, dans la région des hauts plateaux d'Afrique Centrale, l'interprétation en trois surfaces, basée selon lui sur un alignement de sommets provoqué par des décrochements, et n'admet que l'existence de deux surfaces, Mi-Tertiaire et Fin-Tertiaire. KING (3ème éd., 1963) dresse un vaste tableau de l'histoire morphologique de l'Afrique Australe, dont le trait le plus saillant est l'appartenance de l'Afrique au continent primitif de Gondwana. KING distingue une surface anté-Karroo qui peut être exhumée, puis la surface du Gondwanaland établie après les dépôts du Karroo dont elle tranche les divers accidents. La rupture du super-continent de Gondwana aurait provoqué le premier cycle d'érosion purement africain. La surface dite "Africaine", établie à la fin du Crétacé au niveau du littoral, n'aurait atteint les régions centrales qu'à la fin du Tertiaire (la surface "Africaine" de KING est corrélatrice de la surface Fin-Tertiaire des autres auteurs). Au Quaternaire sont distingués deux cycles d'érosion principaux, ceux des "Victoria Falls" et du "Congo". RUHE (1954), BISHOP (1966) ont présenté avec leurs propres travaux de bonnes synthèses des différentes interprétations proposées pour ces surfaces.

1.3 - Pédimentation et allochtonie ou autochtonie des sols

Du concept de pédimentation découle directement l'hypothèse du remaniement des formations de surface. "Gullying" et "sheet érosion" peuvent, lors du recul de l'escarpement, alimenter le pédiment en débris de roches et aussi en matériau pédologique provenant de la surface en recul. Pour de nombreux auteurs, la "latérite" gravillonnaire des pédiplains proviendrait de la désagrégation et de la redistribution de la latérite généralement massive que l'on observe souvent encore sur les témoins (remnants) de la surface supérieure. Cette association de deux niveaux de latérite, l'un ayant alimenté l'autre par remaniement mécanique, semble à certains auteurs (DE SWARDT 1964) une caractéristique presque constante des paysages du centre africain. Des alternances climatiques expliqueraient les épisodes de "latéritisation" et de remaniements (JONGEN 1957, v. paragraphes suivants). Des nappes de recouvrements éoliens pourraient également avoir fossilisé d'anciens sols (JONGEN et JAMAGNE, 1959).

L'observation des profils de sols fait apparaître des discontinuités telles qu'elles suggèrent immédiatement l'intervention de remaniements. Plusieurs termes, carpedolith (PARIZEK et WOODRUFF 1957), stone-line (SHARPE 1938), nappe de gravats (DE HEINZELIN 1955) ont été proposés, avec des fortunes diverses, pour désigner les horizons de produits grossiers latéritiques ou non qui scindent les profils. La plupart des auteurs ayant traité ce sujet considèrent que les profils à "nappe de gravats" sont formés par deux sédimentations, l'une grossière (stone-line ou nappe de gravats), l'autre fine constituant le matériau meuble superficiel dans lequel se différencie le profil pédologique. Cette théorie a été développée tout spécialement par DE HEINZELIN (1955) et RUHE (1959). La possibilité de l'apport par les termites de matériaux puisés en profondeur sous les niveaux grossiers, formulée par DE HEINZELIN, a été confirmée par les travaux de GRASSE et NOIROT (1959). L'apport des termites pourrait seul expliquer les recouvrements de sommets aplatis (DE PLOEY 1964).

La théorie de l'allochtonie des sols n'est pas unanimement admise. La sédimentation

de deux matériaux superposés avec beaucoup de régularité peut sembler inconcevable dans certains types de relief et lorsqu'il ne reste aucune trace de formations ayant pu alimenter cette sédimentation. LAPORTE (1962) étudiant une très longue coupe de terrain en milieu forestier ferrallitique montre la correspondance directe entre le sol et le soubassement géologique; la démonstration est particulièrement probante lorsque se juxtaposent deux roches différentes. Pour LAPORTE, des apports par sédimentation n'auraient pu reproduire aussi strictement la physionomie du soubassement; la concentration en un même horizon de tous les éléments grossiers procède d'un mécanisme difficilement analysable. CHATELIN (1964) constate, en piedmont d'accumulations considérables de matériaux fortement ferrallitiques indurés, la présence de sols jeunes excluant l'existence d'épandages dérivés des précédents. La conception de l'autochtonie d'ensemble des formations superficielles n'exclut pas la possibilité "d'adaptation" (LAPORTE) de ces formations à une topographie évoluant par le soutirage des produits libérés par altération, et ne conteste pas l'existence de certains dépôts dont le transport est manifeste.

2 - PALEOCLIMATS ET PEDOGENESES ANCIENNES

La variabilité des climats subis par le continent africain est une évidence stratigraphique : en pleine région équatoriale existent des dépôts tillitiques glaciaires du Pré-cambrien et des dépôts éoliens désertiques du Pliocène. Les variations climatiques du Quaternaire peuvent être assez étroitement reconstituées; leur connaissance éclaircit l'édition des paysages actuels. Après la grande époque de désertification ayant répandu les dépôts éolisés du Kalahari (DE HEINZELIN 1952), le Quaternaire s'est caractérisé par une succession de périodes pluviales et interpluviales. S'appuyant sur des considérations astronomiques (BERNARD 1962) ou sur des observations stratigraphiques (TRICART 1956, DE PLOEY 1965), tous les auteurs s'accordent à mettre en corrélation les pluviaux africains des basses latitudes et les périodes interglaciaires du Quaternaire européen. Du début du Quaternaire à l'époque actuelle, les pluviaux successifs sont dénommés Kagérien, Kamasién, Gamblien, Makalien et Nakurien.

AUBREVILLE (1962) a recherché les causes paléoclimatiques de la répartition des formations végétales. Il conclut également à la concordance des périodes pluviales et des périodes interglaciaires. Les changements climatiques brutaux interdisent les adaptations progressives de la végétation; il en résulte la juxtaposition de savanes herbeuses floristiquement très pauvres à la grande forêt ayant réussi à se maintenir. La partie continentale la plus massive de l'Afrique se trouve au nord de l'équateur; DEVRED (1960) souligne la "continentalité contrastée" de l'Afrique. Les périodes pluviales ont été contenues au nord par des régions à l'aridité tenace, alors qu'au sud elles se sont largement étendues, suivies de l'extension de la forêt équatoriale. La carte des sols d'Afrique (D'HOORE 1964) fait également apparaître pour les sols ferrallitiques une limite peu élevée en latitude au nord de l'équateur, ne dépassant que localement le 8° parallèle, alors qu'elle atteint le 16° parallèle de l'hémisphère austral.

Ce sont les périodes interpluviales, à l'aridité plus ou moins accusée, et surtout l'épisode aride à sub-désertique de la fin du Tertiaire, qui ont déterminé les traits principaux de la morphologie de l'Afrique Centrale (DE HEINZELIN 1952). Les périodes pluviales se caractérisent par une forte altération, les horizons d'altération formés pendant les épisodes climatiques passés constituant des critères stratigraphiques (DE HEINZELIN 1954). OLLIER (1959) considère que la surface Mi-Tertiaire s'est établie dans un matériau antérieurement altéré sur des profondeurs considérables.

Parmi d'autres auteurs présentant des schémas analogues, JONGEN (1957) fait intervenir les oscillations climatiques pour expliquer la constitution des sols. L'altération latéritique déterminée par un climat chaud et pluvieux aurait été suivie d'induration en nappes étendues pendant une période plus sèche. Un deuxième cycle humide puis sec aurait

démantelé, puis épandu, ces produits latéritiques sur une nouvelle surface. Le retour à un climat humide se poursuivant actuellement a entraîné la désagrégation des produits latéritiques et rocheux de ces épandages, fournissant ainsi le matériau originel des sols. Ainsi s'explique en particulier la disposition fréquente de latérite massive dominant des sols à gravillons latéritiques, signalée dans un paragraphe précédent. Analysant les processus actuels d'une région typiquement équatoriale, CHATELIN (1964) conclut que le cuirassement ne se produit plus; les sols à cuirasses plus ou moins remaniées n'occupent que des reliefs anciens qui ont connu des périodes plus sèches.

Avec des opinions nuancées, tous les auteurs s'attachent à faire la part de la pédogénèse actuelle et des paléopédogénèses. Les latérites fortement indurées sont les formations d'origine pédologique les plus aptes à persister dans le paysage en dépit d'agressions climatiques plus ou moins vives. Leurs assigner un âge est tenté fréquemment (DE SWARDT 1964, parmi beaucoup d'autres). Des démarches analogues visant à reconstituer l'histoire des sols sont éprouvées également dans toutes les régions intertropicales.

3 - INTERPRETATIONS PEDOGENETIQUES ET CLASSIFICATIONS DES SOLS

Toutes les classifications pédologiques actuelles se veulent morphogénétiques. L'interprétation et la classification des sols à gènèse complexe sont souvent très délicates.

Un sol très ancien ne doit pas nécessairement être considéré comme polygénique; il peut résulter de conditions pédogénétiques analogues aux conditions actuelles et, ayant pourtant connu des paléoclimats différents, n'avoir rien acquis de périodes de plus faible énergie. Qu'ils soient exprimés ou non dans la terminologie, les caractères définissant les unités supérieures des classifications pédologiques sont liés. Certains arrangements de ces caractères, observés dans la nature, sont incompatibles avec une gènèse unique. Pédoclimat, matière organique et saturation du complexe d'échange se mettent rapidement en équilibre avec le milieu. Lorsque'ils traduisent une certaine aridité et que la fraction minérale est fortement ferrallitisée, ou, à l'inverse, lorsqu'ils indiquent une forte intensité des phénomènes de dissolution et qu'apparaissent cependant des éléments cuirassés, le sol a une origine polygénique.

Les principaux travaux de pédologie concernant le milieu ferrallitique de l'Afrique Centrale et Australe sont ceux des écoles française, belge et portugaise de science du sol. Il n'entre pas dans l'objet de cette note d'exposer en détail, ni a fortiori de faire l'examen critique, des classifications employées, mais d'essayer de préciser comment les conceptions de l'histoire des sols ferrallitiques liées aux théories géomorphologiques admises sont adaptées aux systèmes de classification.

3.1 - La classification belge

Elle est l'œuvre de SYS et du groupe de cartographie de l'I.N.E.A.C. Ses approximations successives ont été exprimées par SYS principalement en 1959, 1960, et 1961.

1° - Le premier niveau de classification définissant les Ordres peut se schématiser suivant un tableau à double entrée comportant le degré d'altération du matériau originel (régogénèse) et la différenciation des horizons (pédogénèse sensu-stricto). En dehors des sols minéraux bruts, trois Ordres sont représentés dans le "milieu ferrallitique", l'Ordre des Sols récents Tropicaux, l'Ordre des Sols bruns Tropicaux et surtout l'Ordre des Kaolisols qui sera examiné ici.

2° - Au deuxième niveau de classification, celui des Sous-Ordres, interviennent les caractères liés au pédoclimat. Hygro-Kaolisols et Hygro-xéro-Kaolisols correspondent à la majorité des sols "ferrallitiques". La présence d'un horizon franchement hydromorphe définit les Hydro-Kaolisols.

3° - Les grands groupes composant le troisième niveau de classification sont définis par les horizons génétiques et leur succession. Parmi les horizons génétiques des Ordres autres que celui des Kaolisols, mentionnons particulièrement les horizons d'accumulation de carbonate de calcium, de gypse, de sels solubles. Hygro et Hygro-Xéro-Kaolisols se subdivisent de la même manière en trois Grands Groupes : les Ferrisols ont des caractères que l'on peut dire de jeunesse ou d'évolution incomplète, les Ferralsols sont au contraire très fortement évolués, les Arénoferrals sont dominés par la fraction sableuse quartzreuse. On remarque immédiatement qu'il n'est pas question d'horizon génétique d'accumulation des sesquioxydes.

4° - Les Petits Groupes font intervenir les variations de développement des horizons et les transitions inter-Groupes. Au concept central de l'orthotype, s'ajoutent les Petits Groupes intergrades. Parmi eux, mentionnons les intergrades vers les Hydro-Kaolisols, à horizon plinthite. Cet horizon, formé sous influence hydromorphe, est riche en sesquioxydes et peut s'indurer. Sa définition morphologique et son intervention dans les intergrades hydromorphes du quatrième niveau de classification, le distinguent sans ambiguïté des éléments nettement indurés et figurés, gravillons et blocs cuirassés, dans lesquels sont réalisées de fortes accumulations de sesquioxydes, et dont il sera question plus loin.

5° - Les Grandes Familles précisent la lithologie du matériau originel, le plus souvent dérivé d'un substrat rocheux, ou qui peut être un dépôt éolien ou alluvial.

6° - Avec les Petites Familles sont définis le facteur géomorphologique et plus précisément la filiation entre le substrat rocheux et le matériau originel. Excluant les matériaux d'apport éoliens et alluviaux, on peut distinguer deux types de matériaux originels. Certains matériaux dérivent directement du substrat rocheux, ils sont localisés sur des incisions récentes ou sur des surfaces d'érosion très jeunes. Tous les sols de faible régogénèse, Sols Récents Tropicaux et Sols Bruns Tropicaux, sont nécessairement formés sur ces matériaux. Les matériaux originels du deuxième type sont ceux accumulés sur d'anciennes surfaces d'érosion, ou issus de ceux-ci après redistribution sur des surfaces plus récentes : nappes de gravats ou débris de cuirasse y sont présents en règle générale. Les nappes de gravats sont parfois formées de cailloux quartzeux, mais beaucoup plus souvent de gravillons latéritiques. Ces matériaux peuvent être influencés ou non par le substratum.

Ainsi, gravillons latéritiques et blocs cuirassés ne constituent pas d'horizons génétiques de la pédogénèse du sol actuel, ils représentent une particularité héritée du matériau originel. Les descriptions de profils désignent généralement l'horizon C au-dessus de nappes de gravats latéritiques. La régogénèse responsable du matériau kaolinique évolué qui définit l'Ordre des Kaolisols peut être pour une bonne part antérieure à la différenciation du profil actuel.

La classification de SYS concilie caractères purement pédologiques et contexte géographique et historique, dans une interprétation résolument allochtoniste donnant une très grande part aux pédogénèses anciennes et aux redistributions des matériaux superficiels. Le cuirassement généralisé semble bien n'être considéré que comme un phénomène ancien. Tout en étant strictement définis sur des critères pédologiques, les sols (au sens le plus large, avec en particulier les nappes de gravats) proposent, par leur distribution, une interprétation complète de l'élaboration du paysage.

3.2 - La classification française

La classification pédologique française établie par AUBERT et DUCHAUFOR en 1956 a été révisée par AUBERT principalement en 1963, 1964 et 1965, puis par AUBERT et SEGALLEN en 1966 pour les sols ferrallitiques. Elle est utilisée en Afrique intertropicale par la Section de Pédologie de l'ORSTOM. Cette classification s'applique à tous les sols du globe, ce qui explique que les Classes aient une définition plus large que celles des Ordres de la classification élaborée par SYS pour les sols du Congo. Les sols ferrallitiques ont été longtemps réunis aux sols ferrugineux tropicaux et méditerranéens dans une même Classe définie par l'individualisation des sesquioxydes et la décomposition rapide de la matière organique. Dans la dernière approximation de 1966, les sols ferrallitiques constituent une Classe originale.

La classification française est basée sur le processus fondamental d'évolution, l'intensité de ce processus étant exprimée à un niveau taxonomique élevé. De l'évaluation de cette intensité découle l'importance longtemps accordée au rapport silice/alumine et à l'alumine libre, jusqu'à ce que fut reconnue à la kaolinite et à la gibbsite une signification génétique égale, la prédominance de l'une ou de l'autre dépendant du drainage du milieu de formation.

1° - Au niveau le plus élevé de classification, la Classe des sols ferrallitiques précise essentiellement le mode d'altération accompagné de fortes lixiviations, l'évolution de la matière organique, la différenciation générale des profils, caractères liés définissant le "processus" de ferrallitisation. Parmi les sols soumis à l'altération ferrallitique, seuls sortiront de cette Classe ceux justifiant d'un autre processus fondamental; ce sont certains sols bruns eutrophes, sols à "mull" des pays tropicaux.

2° - Trois Sous-Classes décomposent les sols ferrallitiques, suivant qu'ils sont fortement, moyennement ou peu désaturés. La saturation du complexe d'échange est considérée comme la meilleure expression des conditions écologiques et du pédoclimat actuel.

3° - Les Groupes sont définis par des processus appartenant également à d'autres Classes, dont l'importance est secondaire par rapport à celle de la ferrallitisation. Ce sont l'accumulation de matière organique, le lessivage ou l'appauvrissement en argile, l'hydromorphie, l'induration des horizons d'accumulation de sesquioxydes. Dans chaque Sous-Classe, un Groupe particulier dit Pénévolué réunit les sols dans lesquels la pédogénèse n'a pas atteint son plein développement, généralement parce que le sol a reçu des apports nouveaux ou qu'il est de formation récente.

4° - Les Sous-Groupes résultent des différenciations des processus apparus avec les Groupes, et constituent fréquemment des intergrades vers d'autres Groupes.

5° - Les Familles précisent la lithologie de la roche-mère ou du matériau originel.

6° - Les Séries rendent compte de différenciations de détail.

Si on la compare à celle de l'école belge, la classification française procède d'une conception plus large du "sol" qui n'est plus limité aux différenciations de surface d'un matériau caractérisé par une certaine régogénèse. La formation des gravillons et cuirasses "latéritiques" est intégrée à la pédogénèse; ces accumulations indurées de sesquioxydes interviennent dans les Groupes, au troisième niveau de la classification. La compréhension de la genèse de sol et la classification se font à la lumière de processus hiérarchisés suivant leur signification et leur importance morphologique. Cette hiérarchie n'est pas dissociée en phases historiquement distinctes : l'école française n'a pas retenu l'hypothèse d'une origine allochtone plus ou moins généralisée des formations superficielles et, bien qu'essayant d'évaluer le temps nécessaire à la formation d'un sol ferrallitique (LENEUF et AUBERT 1960), n'envisage qu'avec circonspection l'interprétation nécessairement hasardeuse des paléopédogénèses. Lorsque les éléments concrétionnés n'apparaissent pas essentiellement indurés en place et sont supposés relever de conditions disparues, leur intervention dans la classification a été souvent éludée. C'est ainsi que MARTIN (1966) décrit un Groupe de sols ferrallitiques typiques comportant des horizons de gravillons, et que

la carte pédologique de Côte-d'Ivoire (DABIN et al, 1960) ne mentionne pas les éléments concrétionnés de sols ferrallitiques typiques et lessivés en bases.

Position nouvelle de l'école française, la dernière classification des sols ferrallitiques proposée par AUBERT et SEGALIN, indique le caractère remanié de certains sols à un niveau très élevé, celui du Groupe. Cuirasses et gravillons latéritiques conservent, même pour ces sols remaniés, leur signification génétique et leur position hiérarchique dans la classification.

Partant de la comparaison de sols de surfaces récentes et de surfaces anciennes et du principe de l'incompatibilité de certains caractères dans une gènes unique*, CHATELIN (1966) propose de définir au niveau des Groupes l'origine polygénique de certains sols. Dans les sols fortement désaturés que caractérisent également l'intensité des lixiviations et le pédo-climat toujours humide, la formation de "latérite" qui suppose accumulation de sesquioxydes et induration procédant généralement de dessèchements temporaires, ne se produit pas. Au niveau des Sous-Groupes peuvent être distingués ceux à cuirasse "continue" qui n'ont pas été bouleversés depuis leur formation, et ceux à cuirasse "gravillonnaire" qui se sont adaptés à une topographie nouvelle ou résultent d'épandages locaux. Par contre, dans les deux autres Sous-Classes, le Groupe des sols cuirassés n'est pas considéré comme polygénique; le cuirassement résulte d'un équilibre entre lessivage et accumulation correspondant aux pédoclimats de ces Sous-Classes et, même si les sols sont très anciens, on ne peut distinguer deux phases de nature différente dans leur gènes. Il faut également envisager une origine polygénique, en dehors de toute considération sur le cuirassement, pour les sols peu désaturés de la troisième Sous-Classe. Matière organique, état du complexe d'échange, pédoclimat les rapprochent des sols ferrallitiques : s'il est vérifié que l'altération actuelle n'y est plus ferrallitique mais fersiallitique, l'origine polygénique sera démontrée.

3.3 - La classification portugaise

Les principes essentiels de la classification portugaise ont été exposés par BOTELHO DA COSTA (1959). Ils sont très proches de ceux des premières versions de la classification française. Des ouvrages plus récents (1961, 1962, 1966) mentionnés dans la liste bibliographique précisent la terminologie et les critères de classification.

Les sols Para-ferrallitiques ont, avec une fraction argileuse ferrallitique dominante, une ou plusieurs des particularités suivantes : présence de réserves minérales importantes, d'illite ou d'allophane, de débris de roche non altérée à faible profondeur, faible teneur en oxydes de fer. Ces sols avaient été antérieurement dénommés Chromosols quartzofeldspathiques. Ils correspondent aux Ferrisols et probablement à certains sols bruns tropicaux de la classification belge. La classification française les placerait dans le Groupe des sols ferrallitiques pénévoulés.

Les sols ferrallitiques se distribuent en sols faiblement ferrallitiques qui ont un rapport silice/alumine supérieur à 1,3, ferrallitiques typiques dans lesquels ce rapport s'abaisse en-dessous de 1,3, et Psammo-ferrallitiques à la texture sableuse. Ils sont subdivisés suivant la couleur, la présence ou l'absence de "latérite", la texture en rapport avec la lithologie du matériau originel.

* Les incompatibilités exprimées ici traduisent des réalités pédogénétiques souvent complexes. C'est l'observation pédologique, et non l'application des lois physico-chimiques établies pour des milieux simples, qui a conduit l'auteur à avancer que les sols désaturés se formant en climat équatorial ne se cuirassent pas. Cette incompatibilité du cuirassement et de la désaturation dans le cadre pédogénétique naturel relève de causes interférant parfois entre elles et difficiles à apprécier quantitativement : drainage et lixiviation conditionnés par un modelé topographique qui apparaît à la fois comme facteur et conséquence de la pédogénèse, quantités de complexants organiques ... etc.

BOTELHO DA COSTA a souligné que la "latérite" n'est pas considérée comme un caractère important et n'intervient qu'à un niveau assez bas de la classification. Considérant les sols dans leur contexte géomorphologique, CASTANHEIRA DINIZ et BARROS AGUIAR (1966) voient dans l'apparition de "latérite" à faible profondeur et en surface le stade final d'évolution des sols ferrallitiques, sans préciser si elle résulte d'un cuirassement progressif, tel qu'il se produit dans certains cas (AUBERT, 1950), ou du décapage des horizons meubles.

La classification portugaise accorde une part prépondérante à l'intensité atteinte par la ferrallitisation sur la partie minérale du sol, relevant essentiellement les minéraux non transformés, l'alumine libre, la proportion de quartz inerte vis à vis de la pédogénèse. Elle esquivé le problème de la genèse de la "latérite" qui ne prend pas la place d'un horizon génétique d'accumulation, mais n'est pas non plus clairement définie comme formation pédologique ancienne relativement indépendante de la pédogénèse.

CONCLUSION

Toutes les classifications font apparaître des sols "jeunes" qui n'ont pas achevé l'évolution physico-chimique et morphologique engagée sous l'influence des conditions écologiques. Ce sont les Sols bruns tropicaux et Ferrisols, les Sols ferrallitiques pénévoués, les Sols para-ferrallitiques. Il apparaît toujours que ces sols sont localisés aux unités géomorphologiques les plus récentes. L'influence du temps, facteur de pédogénèse, s'impose à l'évidence.

Malgré des controverses de détail, il faut également admettre que l'Afrique Centrale et Australe se compose de plusieurs surfaces d'érosion d'âges différents, dont les plus anciennes ont connu des paléoclimats variables.

Pédogénèses anciennes et mouvements de matériaux liés au développement des paysages sont résolument interprétés par les pédologues de l'école belge qui distinguent des épisodes très tranchés dans la formation de beaucoup de sols. Sans accepter l'hypothèse de remaniements grandioses, les pédologues des autres écoles reconnaissent des sols à genèse complexe et s'attachent à départager les caractères relevant des processus actuels de ceux hérités d'épisodes pédogénétiques disparus.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.) - 1950 - Observation sur la dégradation des sols et la formation de la cuirasse latéritique dans le nord-ouest du Dahomey. Congr. Int. Sci. Sol. 4. Amsterdam, vol. III, pp. 127-128.
- AUBERT (G.) - 1963 - La classification des sols. La classification pédologique française. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., n° 3, pp. 1-7.
- AUBERT (G.) - 1964 - La classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride. Sols Afr., IX, n° 1, pp. 97-105.
- AUBERT (G.) - 1965 - Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la Section de Pédologie de l'ORSTOM (1965). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., III, n° 3, pp. 269-288.
- AUBERT (G.), DUCHAUFOR (P.) - 1956 - Projet de classification des sols. Congr. Int. Sci. Sol. 6. 1956. Paris, vol. E, pp. 597-604.

- AUBERT (G.), SEGALÉN (P.) - 1966 - Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., IV, n° 4, pp. 97-112.
- AUBREVILLE (A.) - 1962 - Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. Adansonia, II, 1, pp. 17-84.
- AZEVEDO (A. L.), CARDOSO (J. C.) - 1962 - Soil classification in Portugal and its applications in agricultural research. Int. Soc. Soil Sci., Comm. IV & V. Joint Meet. 1962. Palmerston North, New-Zealand, pp. 473-479.
- BERNARD (E. A.) - 1962 - Théorie astronomique des pluviaux et inter-pluviaux du quaternaire africain. Acad. r. Sci. Outre-Mer, cl. Sci. nat. méd., Mém. XII, 1, 232 p.
- BIROT (P.) - 1960 - Le cycle d'érosion sous les différents climats. Centro de Pesquisas de Geografia do Brasil, Rio de Janeiro, 138 p.
- BIROT (P.) - 1965 - Géographie physique générale de la zone inter-tropicale (à l'exclusion des régions arides et semi-arides). Centre Document. Univ., Paris, 290 p. multigr.
- BISHOP (W. W.) - 1966 - Stratigraphical geomorphology : a review of some East african landforms, in : Essays in Geomorphology. Ed. by G. H. Dury - American Elsevier Publ. Co, New-York, pp. 139-173.
- BORDAS (J.) - 1950 - Contribution à l'étude des facteurs de la production agricole du Bas-Rhône. Thèse. Imprimerie Rullière Frères, Avignon.
- CAHEN (L.) - LEPERSONNE (J.) - 1958 - Notes sur la géomorphologie du Congo Occidental. Ann. Mus. r. Congo Belge, sér. Sci. géol., I, 95 p.
- CHATELIN (Y.) - 1964 - Notes de pédologie gabonaise. II. Géomorphologie et pédologie dans le bassin de l'Ogooué. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. II, fasc. 4, pp. 6-16.
- CHATELIN (Y.) - 1966 - Essai de classification des sols ferrallitiques du Gabon. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., IV, 4, pp. 45-60.
- COSTA (J. V. Botelho da) - 1959 - Ferrallitic, tropical fersiallitic and tropical semi-arid soils. Definitions adopted in the classification of soils of Angola. Conf. interafr. Sols, 3. 1959. Dalaba, vol. I, pp. 317-319.
- DABIN (B.) - LENEUF (N.), RIOU (G.) - 1960 - Carte pédologique de la Côte-d'Ivoire au 1/2.000.000. Notice explicative. ORSTOM-IDERT, Abidjan, 32 p.
- DE HEINZELIN (J.) - 1952 - Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur Nord-Oriental du bassin du Congo. I.N.E.A.C., Bruxelles, 172 p.
- DE HEINZELIN (J.) - 1954 - Les horizons d'altération anciens, critères stratigraphiques en Afrique Centrale. Congr. Int. Sci. Sol. 5, 1954. Léopoldville, vol. IV, pp. 435-440.
- DE HEINZELIN (J.) - 1955 - Observations sur la gènèse des nappes de gravats dans les sols tropicaux. Publ. I.N.E.A.C. Sér. sci. n° 64. Bruxelles, 37 p.
- DE PLOEY (J.) - 1964 - Nappes de gravats et couvertures argilo-sableuses au Bas-Congo. Leur gènèse et l'action des termites. Etudes sur les termites africains. Colloque int. Univ. Lovanium. Masson, Paris, pp. 399-414.
- DE PLOEY (J.) - 1965 - Quelques aspects de la recherche quaternaire et géomorphologique en Afrique Equatoriale. Bull. Soc. Belge Et. géogr., XXXIV, 1, pp. 159-169.
- DE SWARDT (A. M. J.) - 1964 - Latéritisisation and landscape development in parts of Equatorial Africa. Z. Geomorph., Bd 8, 3, pp. 313-333.
- DEVRED (D.) - 1960 - Considérations sur les conséquences d'une continentalité contrastée de l'Afrique et son incidence sur les relations climat-sol-végétation. Acad. r. Sci. Outre-Mer, Bull. Séanc., VI, 6, pp. 934-953.
- D'HOORE (J.) - 1954 - L'accumulation des sesquioxydes libres dans les sols tropicaux, Publ. I.N.E.A.C., sér. sci. n° 62. Bruxelles, 131 p.

- D'HOORE (J.) - 1964 - La carte des sols d'Afrique au 1/5 000 000. C.C.T.A. Publ. n° 93. LAGOS, 210 p.
- DINIZ (A. Castanheira), AGUIAR (F.Q. de Barros) - 1966 - Géomorphologia, solos e ruralismo de regio central angolana. Instituto de investigação agronomica de Angola, Nova Lisboa, XII-64 p.
- DIXEY (F.) - 1955 - Erosion surfaces in Africa. Trans. Géol. Soc. South Afr., 58, pp. 266-280.
- DRESCH (J.) - 1945 - Notes de géomorphologie congolaise. Bull. Ass. Géogr. Fr., n° 167-168, pp. 116-123.
- DRESCH (J.) - 1947 - Pénéplaines africaines. Ann. Géogr., LVI, n° 302, pp. 125-132
- DRESCH (J.) - 1966 - Les paysages tropicaux humides. in Géographie Générale. Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, Paris, pp. 609-711.
- GEZE (B.) - 1947 - Le Congrès International de pédologie méditerranéenne. Notes et réflexions. Ann. Ec. nat. Agric. Montpellier, t. 27, fasc. IV.
- GEZE (B.) - 1947 - Paléosols et sols dus à l'évolution actuelle. Importance relative en pédologie théorique et appliquée. Ann. Ec. nat. Agric. Montpellier, t. 27, fasc. IV.
- GRASSE (P., P.), NOIROT (C.) - 1959 - Rapports des termites avec les sols tropicaux. Rev. Géomorph. dyn., X, 1-2-3, pp. 35-40.
- JONGEN (P.) - 1957 - Génèse des sols de pédiplaines en Ubangui. Pédologie, Gand, VII, pp. 133-144.
- JONGEN (P.) - JAMAGNE (M.) - 1959 - Les nappes de recouvrement de la cuvette centrale congolaise. Conf. Interfr. Sols, 3. 1959. Dalaba, vol. I, pp. 413-420.
- KING (L.G.) - 1963 - South African Scenery. A textbook of géomorphology. 3 rd ed, Oliver and Boyd, London, XXVI-308 p.
- KOVDA (V.A.) - 1965 - Common features and différences in the history of the soils of the continents. Soviet Soil Sci., n° 1, pp. 1-11.
- LAPORTE (G.) - 1962 - Reconnaissance pédologique le long de la voie-ferrée Comilog (République du Congo). I.R.S.C., Brazzaville, 149 p. multigr.
- LENEUF (N.), AUBERT (G.) - 1960 - Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation. Int. Congr. Soil Sci. 7. 1960. Madison, vol. IV, pp. 225-228.
- MAIGNIEN (R.) - 1958 - Le cuirassement des sols en Guinée. Thèse. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., n° 16. Strasbourg, 240 p.
- MAIGNIEN (R.) - 1960 - Influences anciennes sur la morphologie, l'évolution et la répartition des sols en Afrique tropicale de l'Ouest. Int. Congr. Soil Sci. 7. 1960. Madison, vol. IV, pp. 171-176.
- MARTIN (D.) - 1966 - Etudes pédologiques dans le Centre Cameroun. Mém. ORSTOM n° 19 - Paris, 91 - XLVI p.
- MISSAO DE PEDOLOGIA DE ANGOLA - 1961 - Carta geral dos solos de Angola. 2. Distrito de Huambo, Mem. Junta Invest. Ultr. n° 27. Lisbonne, 275 p.
- MULCAHY (M. J.) - 1961 - Soil distribution in relation to landscape development. Z. Geomorph., Bd 5, 3, pp. 211-225.
- OLLIER (C.D.) - 1959 - A two-cycle theory of tropical pedology. J. Soil Sci., vol. 10, 2, pp. 137-148.
- PARIZEK (E. J.), WOODRUFF (J.F.) - 1957 - Description and origin of stone layers in soils of the southeastern States. J. Geol., 65, pp. 24-34.
- PENCK (W.) - 1924 - Morphological analysis of land forms. Traduction en anglais de H. Czech et K.C. Boswell - London 1953, 429 p.

- ROUGERIE (G.) - 1960 - Le façonnement actuel des modelés en Côte-d'Ivoire forestière. Thèse. Mém. IFAN n° 58. Dakar, 542 p.
- RUHE (R.V.) - 1954 - Erosion surfaces of central african interior high plateaus. Publ. I.N.E.A.C. Sér., sci., n° 59, Bruxelles, 38 p.
- RUHE (R.V.) - 1959 - Stone lines in soils. Soil Sci., vol. 87, n° 4, pp. 223-231.
- RUXTON (B.P.), BERRY (L.) - 1961 - Weathering profiles and geomorphic position on granite in two tropical regions. Rev. Géomorph. dyn., XII, 1, pp. 16-31.
- SHARPE (C.F.S.) - 1938 - Landslides and related phenomena. Columbia Geomorphic studies, n° 2. New-York,
- SPURR (A.M.M.) - 1954 - A basis of classification of the soils of areas of composite topography in central Africa, with special references to the soils of the southern highlands of Tanganyika. Conf. Inter Afr. Sols. 2. 1954. Léopoldville, vol. I, pp. 175-191.
- SYS (C.) - 1959 - Cartographie et classification régionale des sols au Congo Belge. Conf. Inter Afr. Sols. 3. 1959. Dalaba, vol. I, pp. 291-302.
- SYS (C.) - 1960 - Principes of soil classification in the Belgian Congo. Int. Congr. Soil Sci. 7. 1960 Madison, vol IV, pp. 112-118.
- SYS (C.) - 1961 - La cartographie des sols au Congo. Ses principes et ses méthodes. Publ. I.N.E.A.C. Sér. sci. n° 66. Bruxelles, 149 p.
- TRICART (J.) - 1956 - Tentative de corrélation des périodes pluviales africaines et des périodes glaciaires. C.R. Soc. géol. Fr., n° 9, pp. 164-167.
- TRICART (J.) - CAILLEUX (A.) - 1965 - Traité de géomorphologie. V. Le modelé des régions chaudes. SEDES, Paris, 322 p.
- WAYLAND (E.J.) - 1934 - Peneplains and some other erosional platforms. Géol. Survey Uganda. Ann. Rep., pp. 77-79.