

LATERITE ET LATERITISATION A MADAGASCAR

par J. RIQUIER
(Pédologue de l'I.R.S.M.)

Ces mots ayant été employés dans des sens différents par les divers pédologues, nous commencerons par les définir.

Dans cette communication nous appellerons « latérite » la partie durcie, véritable roche, principalement composée de fer et d'alumine, ou la partie tendre et susceptible de durcir par dessiccation lorsqu'elle est exposée à l'air. Elle se présente sous différentes formes : pisolithique, caverneuse, scoriacée, etc.

La latéritisation est un processus de décomposition de la roche tel que la silice et les bases sont éliminées. Le fer et l'alumine constituent au contraire un résidu concentré par accumulation relative.

Le sol latéritique est le sol issu d'un processus de latéritisation.

Nous insistons vivement sur le phénomène primordial qui est la libération d'alumine libre au cours du processus. Tout sol sans alumine n'est pas un sol latéritique c'est un sol ferrugineux tropical par exemple. Toute cuirasse n'est pas forcément une latérite, ce peut-être une simple cuirasse ferrugineuse si elle ne contient pas d'alumine.

Les sols latéritiques et les latérites étant composées de Kaolin et d'alumine ont tous un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$. Ce sera notre critère pratique de différenciation.

Si nous utilisons le terme latérite dans le sens de cuirasse ou concrétions ferrugineuses, sans tenir compte de l'alumine, nous pourrions comprendre dans ce terme même les alios des podzols. PENDLETON n'a pas hésité dans un article récent à comparer latéritisation et podzolisation sous cet angle.

Ces définitions posées, nous allons expliquer le processus pédogénétique de formation des latérites tel que nous le concevons et tel qu'il résulte de nos études à Madagascar. Ces processus, encore actuels dans notre pays, pourront peut-être expliquer les latérites fossiles que l'on trouve ailleurs, par exemple en Australie.

I. LATÉRITISATION

Nous avons tracé à Madagascar les limites de la latéritisation par de nombreuses déterminations du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Cette limite coïncide approximativement à la valeur 200 de l'indice de MEYER, à 1.500 mm de pluie, à l'indice 20 de THORNTHWAITE (c'est-à-dire pratiquement aux régions climatiques préhumide et humide du même auteur), et à l'indice 40 de DE MARTONNE.

Cette répartition plaide en faveur d'un phénomène actuel suivant les limites climatiques actuelles.

Nous pensons cependant que le processus de latéritisation est très ancien. Nous en avons pour preuve la très grande profondeur des zones d'altération, le recouvrement de paléosols latéritiques par des cendres volcaniques quaternaires, leur dissection par les processus érosifs actuels. Il faut donc admettre leur formation continue depuis la fin tertiaire jusqu'à maintenant et une stabilité relativement grande des zones climatiques à Madagascar, au moins durant le quaternaire. La notion de variations climatiques, maintenant cependant les limites entre climats relativement stables, peut s'expliquer si on suppose que, comme à l'époque actuelle, les différences climatiques sont dues au relief. La chaîne de roches métamorphiques, du nord au sud de Madagascar, a toujours arrêté les alizés. L'étude des latérites cuirassées du Tampo-ketsa d'Ankazobe serait en faveur de cette continuité dans la latéritisation et dans la formation de la cuirasse. On trouve, en effet, à la fois des cuirasses en voie de démantèlement et des cuirasses en voie de formation.

Cependant le phénomène de latéritisation semble avoir été prépondérant sous forêt. Nous retrouvons la théorie d'ERHART de la biorhexistase. Madagascar semble avoir été couverte de forêts autrefois. Cette végétation favorisait l'infiltration aux dépens du ruissellement superficiel. Il passait alors au niveau de la zone d'altération et sur la roche mère des quantités d'eau importantes à une température assez élevée. Il est probable que la vitesse d'altération latéritique était alors maximum, donc aussi l'épaisseur du sol latéritique. Après disparition de la forêt le cycle de l'eau évolua : le ruissellement et l'érosion, donc la destruction physique du sol, devint prépondérant sur l'altération chimique de profondeur, bien que cette dernière ne soit pas complètement arrêtée mais seulement ralentie. Il est donc probable qu'à Madagascar les sols que l'on voit actuellement sont des paléosols datant de la période forestière (d'où leur épaisseur de 10 à 30 mètres), mais que la latéritisation continue actuellement à vitesse réduite en profondeur. A l'appui de cette thèse nous avons mesuré à Madagascar les pertes de silice en kg par ha pour un bassin versant déterminé. Sous forêt les pertes sont de 115 à 236 kg/ha/an, sous prairie de 40 à 80 seulement.

Pour nous le phénomène de latéritisation est donc à la fois très ancien et actuel. Il est dû à la forte quantité d'eau, à forte température, qui lessive la roche mère de ses bases et de sa silice au niveau de la zone d'altération. La vitesse de formation des sols latéritiques est donc maximum, sous forêt, sous pluviométrie élevée et forte température. Elle est moins grande sous prairie et sous une pluviométrie plus faible.

L'alternance de saison n'est pas nécessaire à la latéritisation elle est par contre favorisante pour la formation de la latérite cuirassée.

II. LATÉRITE

Quant à la formation de latérite, donc de cuirasses latéritiques, elle est causée par des conditions tout autres, qui sont des conditions locales de mauvais drainage.

La présence de fer et d'alumine dans le sol étant préparée par le phénomène de latéritisation, le fer migre ensuite très légèrement sous l'action de phénomènes d'hydromorphie, se concrétionne et emprisonne l'alumine dans les mailles de la cuirasse. Nos analyses ont montré, qu'en général, il y a autant d'alumine dans les sols que dans les cuirasses.

L'intérêt s'est porté évidemment sur les cuirasses comme source de bauxite par suite de la facilité d'extraction et l'absence de silicate, mais les difficultés chimiques de l'industrie ne doivent pas faire oublier qu'il y a pratiquement autant d'alumine dans les sols sous jacents que dans la cuirasse. Par contre le fer, beaucoup plus mobile en milieu acide et réducteur, migre et se concentre par dessiccation et oxydation, dans la partie supérieure du sol : c'est la cuirasse. L'alumine ne joue qu'un rôle passif, sa mobilité étant extrêmement faible par rapport à celle du fer.

Toutes les cuirasses de Madagascar que nous connaissons ont une origine hydromorphe actuelle ou passée. Pour créer l'hydromorphie il faut une topographie plane et un niveau imperméable, souvent une pénéplaine. Les pénéplaines sont à la fois causes et effets de la cuirasse latéritique. Leur horizontalité est une condition de formation de la cuirasse et la cuirasse une fois formée maintient leur horizontalité par fossilisation du relief.

L'origine géomorphologique de ces pénéplaines est souvent due à une cause structurale : granite stratoïde en nappe subhorizontale ou épanchement basaltique. Ces deux roches étant par surcroît relativement imperméables lorsqu'elles ne sont pas fissurées. Nous pensons que cette imperméabilité relative du substratum joue un grand rôle dans la formation de la pénéplaine. Il se forme une nappe phréatique qui monte parfois jusqu'à la surface du sol en saison des pluies (Tampoketsa d'Ankazobe). Cette nappe doit gêner l'érosion et par engorgement de la masse d'argile provoquer un foirage général de la masse du sol qui tend à s'aplanir. Si les déplacements sont faibles il est cependant difficile de constater un filon de quartz en place dans la masse d'argile tachetée qui constitue ces pénéplaines.

La compacité de la roche n'est peut-être pas indispensable et on connaît des pénéplaines à mauvais drainage sur migmatite. Il est alors probable que la richesse en feldspaths, par exemple, conduit à la formation d'une grosse masse d'argile kaolinique dans la zone d'altération de la roche, d'où le niveau imperméable constaté.

A partir de cette pénéplaine mal drainée plusieurs cas peuvent s'observer ; nous prendrons deux exemples : le Tampoketsa d'Ankazobe déjà étudié par MAIGRE, aide-géologue du service géologique de Madagascar, et les Tampoketsa de la Menazomby étudiés par BRENON, géologue principal.

1° *Tampoketsa d'Ankazobe*

Nous avons surtout étudié le plateau supérieur. Nous reviendrons plus loin sur les dépressions et vallées. Des puits nous ont montré que la nappe phréatique oscillait au centre du plateau entre la cote — 4,5 m en saison sèche et — 0,5 m en saison des pluies. Cette constatation suffit amplement à prouver l'existence actuelle de l'argile tachetée (mottled clay) sur toute l'épaisseur du sol. Les puits n'étant pas assez profonds et les observations gênées par l'eau, nous pensons que le profil se poursuit en profondeur jusqu'à — 10 m environ par des argiles ou lithomarge blanchâtre avant de rencontrer la roche mère.

Une analyse de l'eau de la nappe en saison des pluies nous a donné les résultats suivants :

Conductibilité électrique	SiO ²	Fe ² O ³	Al ² O ³	CaO	K ² O	Na ² O
1 58.000 ohm/m	3 mg/litre	4 mg/litre	0,02	traces	0,6	0,2

Cette analyse montre une très faible teneur en alcalis et une relativement faible teneur en SiO². Ces éléments sont en effet lessivés dès la zone d'altération. Par contre l'eau est très chargée en fer. Il se développe pendant la saison des pluies des réactions réductrices anaérobies dans la masse du sol qui est gorgée d'eau, le fer est solubilisé sous forme de sels ferreux. Au cours de la saison sèche, l'eau se retire mais les sels ferreux s'oxydent sur place pour donner les taches rouilles constatées dans l'argile. Le phénomène consiste donc en une concentration du fer par taches sous l'action de l'hydromorphie. L'alumine déjà existante dans le sol migre peu, l'eau étant très peu chargée en cet élément.

On pourrait supposer que, la nappe étant proche de la surface, les phénomènes de remontée capillaire seront intenses, le vent très fort sur ces plateaux et les coups de soleil favorisant l'évaporation superficielle. Or il n'en est rien. Les analyses du sol montrent au contraire un léger lessivage du fer en surface qui pourrait s'expliquer par la stagnation de l'eau en nappe à la surface du sol pendant la saison des pluies. Pendant la saison sèche les remontées capillaires sont impossibles par suite de la profondeur trop grande de la nappe phréatique. S'il n'y a pas concentration en fer, il y a cependant dessiccation et oxydation poussée des taches de fer préexistantes dans l'argile, d'où le durcissement et le concrétionnement. Il est possible de constater que les blocs ferrugineux ne sont pas jointifs et ne forment pas une cuirasse proprement dite mais une succession de blocs cuirassés, qu'il ne faut pas confondre avec une cuirasse disloquée par l'érosion. Les petites taches rouilles forment les pisolithes par dessiccation.

Par contre en de nombreux endroits nous constatons une concentration mécanique des pisolithes et des blocs scoriacés et non une concentration chimique par remontée capillaire des solutions. Une érosion en nappe, sur ces surfaces presque planes, entraîne les éléments fins sableux et argileux pour ne laisser en place que les blocs et les pisolithes déjà durcis, phénomène général de concentration des pierres sur les surfaces érodées. Ces blocs et ces pisolithes, isolés du sol, subissent alors des alternatives de dessiccation et d'humectation qui produisent la formation d'un enduit ferrugineux superficiel, véritable « vernis du désert ». Ils sont d'autre part plus ou moins roulés à la surface du sol.

Nous laisserons de côté le cas où les pisolithes roulés à la surface du sol sont resoudés par des solutions ferrugineuses en bordure du plateau dans des conditions particulières. Ils peuvent être aussi entraînés sur les pentes du plateau et mélangés aux colluvions. On reconnaît alors qu'ils ne sont pas formés en place par leur disposition en lit.

Les relations de ce cuirassement avec la végétation, en particulier la végétation forestière, ne semblent pas sujet à considération. Nous rejetons en particulier l'idée que le cuirassement a été causé par la disparition de la forêt. Il semble que sur cette pénéplaine mal drainée, avec nappe phréatique à 50 cm de la surface, l'arbre ne peut pousser. Par contre, sur les pentes bien drainées, une forêt (encore visible à l'état résiduel) a pu se développer. Nous pensons que les bovals d'Afrique sont aussi dans ce cas. La forêt peut reprendre sur le boval lorsque celui-ci est fossile, c'est-à-dire, la nappe phréatique ayant été drainée. L'origine termitique de ces cuirasses est aussi à rejeter car la ressemblance des cavités de la cuirasse avec les cavités d'une termitière est très lointaine et les termites ne peuvent vivre dans un sol gorgé d'eau une partie de l'année.

Les dépressions ou vallées creusées dans cette pénéplaine possèdent un sol peu profond, la roche étant proche de la surface. L'eau stagne encore plus longtemps dans l'année et il se forme en surface un horizon tourbeux. La cuirasse aluminoferrugineuse voit alors son fer entraîné par les solutions humiques sous forme de complexes d'où des cuirasses plus blanches et plus alumineuses (concentration relative). L'argile sous-jacente n'est plus tachetée, elle est complètement blanche.

2° *Tampoketsa de la Menazomby*

Nous ne connaissons pas personnellement ce *Tampoketsa* mais nous nous appuyerons sur des croquis et descriptions de BRENON.

C'est aussi une pénéplaine mais la nappe phréatique ne remonte pas jusqu'à la surface. Nous aurons donc des argiles jaunes et tachetées en profondeur et un horizon brun rouge superficiel de 2 à 3 m d'épaisseur. Par contre sur les bords de cette pénéplaine attaquée par l'érosion, la nappe affleure et s'écoulant latéralement provoque par évaporation des dépôts de fer, véritable cuirasse continue. Les argiles tachetées qui affleurent aussi à cet endroit donnent des pisolithes, et des blocs ferrugineux et aluminieux comme dans le cas précédent.

Au centre du plateau, le sol étant très humide et bien drainé, la forêt a trouvé un développement maximum autrefois et nous avons une autre série de phénomènes secondaires à la surface du sol. Sous l'horizon humifère forestier existe toujours un horizon jauni provoqué par les solutions humiques descendantes, en particulier les acides fulviques. Une humidité constante, les acides fulviques et des processus anaérobies font passer le fer sous une forme jaune plus hydratée et certainement plus mobile. Des traînées noires humifères dans l'horizon jauni prouvent la présence d'anciennes racines d'arbres (car la déforestation récente par l'homme a transformé ces sols en sols de *savoka* ou de prairie). C'est sans doute à la suite de cette déforestation qu'une dessiccation superficielle du sol et des oxydations provoquent la formation de nodules ferrugineux, pisolithes se formant autour d'un cristal de quartz, etc... Nous trouvons même dans les sols de *savoka* des morceaux de roches altérées enveloppés d'une pellicule ferrugineuse. Le travail de la faune terrestre et des racines a pu ensuite mélanger ces concrétions à l'humus du sol ce qui explique leur distribution homogène dans l'horizon humifère. Le plus souvent le colluvionnement les a alignées à la base de cet horizon.

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
20, rue Monsieur
PARIS VIIe

COTE DE CLASSEMENT n° 3629

PÉDOLOGIE

LATERITE ET LATERITISATION A MADAGASCAR

par

J. RIQUIER

PÉDOLOGIE

MAD. 57.43

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

N° 37/23

Cote B

C.R. 3e Congr. P.I.O.S.A.

Tananarive - 1957