

## LA GIBBSITE DANS LES SOLS DÉRIVÉS DE ROCHES VOLCANIQUES BASIQUES A MADAGASCAR

par P. SEGALEN

Au cours de deux séjours à Madagascar, nous avons été amenés à faire de nombreuses observations sur les sols de l'île. Nous voudrions présenter ici quelques résultats concernant les minéraux du sol et en particulier la gibbsite.

Tout d'abord, si nous examinons la position géographique de l'île, nous voyons qu'elle est située dans l'Océan Indien, entre 12° et 25° de latitude Sud; donc, en dehors de l'extrême-Sud, la majeure partie du territoire est située dans la zone intertropicale. La partie orientale de l'île est soumise de façon constante à l'action de l'alizé qui, en raison de l'augmentation rapide de l'altitude, n'intéresse qu'environ les 2/3 du territoire. Sur le versant occidental, à l'abri des montagnes et hauts-plateaux du Centre, l'alizé arrive débarrassé de son humidité. Par contre, l'influence de la mousson se fait sentir de façon appréciable pendant quatre mois. L'Extrême-Sud est beaucoup moins arrosé que le reste de l'île et la pluviométrie y est très irrégulière.

La disposition de l'île et son relief très tourmenté font apparaître une assez grande variété de climats qui peuvent se schématiser de la manière suivante :

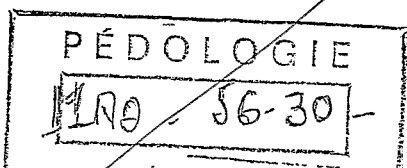
Sur le versant oriental, la pluviométrie est élevée (2 à 5 m) et bien répartie sur toute l'année; la température moyenne annuelle, comprise entre 23 et 24°, subit peu de variations.

Les Hauts plateaux du Centre sont atteints par l'alizé humide; les saisons sont ici bien différenciées : une saison humide avec une pluviométrie comprise entre 1,2 et 1,8 m et une température de 22 à 23°, une saison fraîche où la pluviométrie est faible, mais où les pluies fines sont fréquentes avec une température de 15 à 17°.

Les hautes montagnes (à une altitude supérieure à 2000 m) ont un climat assez mal connu en raison de la rareté des stations météorologiques. La pluviométrie est de nouveau très forte (2,5 à 3,0 m); la température est faible (8 à 12°).

La région occidentale est chaude toute l'année (26 à 28°), mais la pluviométrie est variable (0,8 à 1,8 m) et tombe en peu de mois. Pendant la saison sèche, la pluie est pratiquement inexistante.

Dans l'Extrême-Sud où la température reste assez élevée (23°), la pluviométrie est faible et très irrégulière (inférieure à 0,5 m).



En ce qui concerne la végétation, on peut distinguer deux grands ensembles liés de façon assez étroite au climat. Dans la région orientale, le peuplement primitif est la forêt dense à feuilles persistantes (forêts denses ombrophile et sclérophylle); dans la région occidentale, les peuplements primitifs sont la forêt dense tropophile (à l'Ouest) et le bush à xérophytes (au Sud).

Les roches-mères qui donnent naissance aux sols sont très variées mais irrégulièrement réparties : roches métamorphiques et plutoniques à l'Est et au Centre, roches sédimentaires à l'Ouest. Les roches volcaniques basiques existent à peu près partout, sous tous les climats, à toutes les altitudes, sous tous les types de végétation. Comme leur composition est relativement homogène, elles ont l'avantage de permettre des comparaisons à distance. Les principaux massifs sont du Nord vers le Sud: la Montagne d'Ambre, l'île de Nossi Bé, l'Ankaizinana, l'Ankaratra, l'Itasy; l'Antanimena, la bande côtière qui s'étend de Mahanoro à Vangaindrano, le massif de Tsivory.

Si nous considérons maintenant les sols qui dérivent de ces roches mères, nous sommes amenés à faire une constatation importante.

Dans la région orientale, définie par un climat sinon très pluvieux, du moins toujours humide et une végétation forestière à feuilles persistantes, les sols contiennent toujours de l'alumine libre. Dans tous les cas étudiés, il s'agit de gibbsite mise en évidence par l'analyse chimique, thermo-pondérale, thermique différentielle, et par les rayons X. Ceci n'est d'ailleurs pas spécial aux sols dérivés de roches volcaniques basiques puisque les sols dérivés d'autres roches mères en renferment également. Cette présence de gibbsite est indépendante des teneurs en matière organique, puisqu'elle a lieu dans les sols pauvres comme dans les sols très riches en matière organique (sur les hauts sommets de l'Ankaratra, à plus de 2000 m, des sols à plus de 25% de matière organique ont encore des teneurs en gibbsite de 10 à 15 %). Des composés du fer (hématite ou goéthite), un minéral du groupe de la kaolinite accompagnent toujours cette gibbsite.

Par contre, dans la région occidentale, définie par un climat à deux saisons très tranchées, passant graduellement à un climat sub-désertique dans le Sud, et une végétation à feuilles caduques ou à xérophytes, la gibbsite est très peu abondante ou totalement absente. Les hydroxydes de fer (goéthite) ainsi qu'un minéral du groupe de la kaolinite y sont seuls abondants.

Cette différence, que nous considérons comme fondamentale, sert de base à la distinction entre les sols ferrallitiques (ou latéritiques) caractérisés par la présence de gibbsite, associée à des oxydes ou hydroxydes de fer et à un minéral kaolinique, et les sols ferrugineux tropicaux, dépourvus de gibbsite, mais riches en hydroxydes de fer associés à un minéral kaolinique.

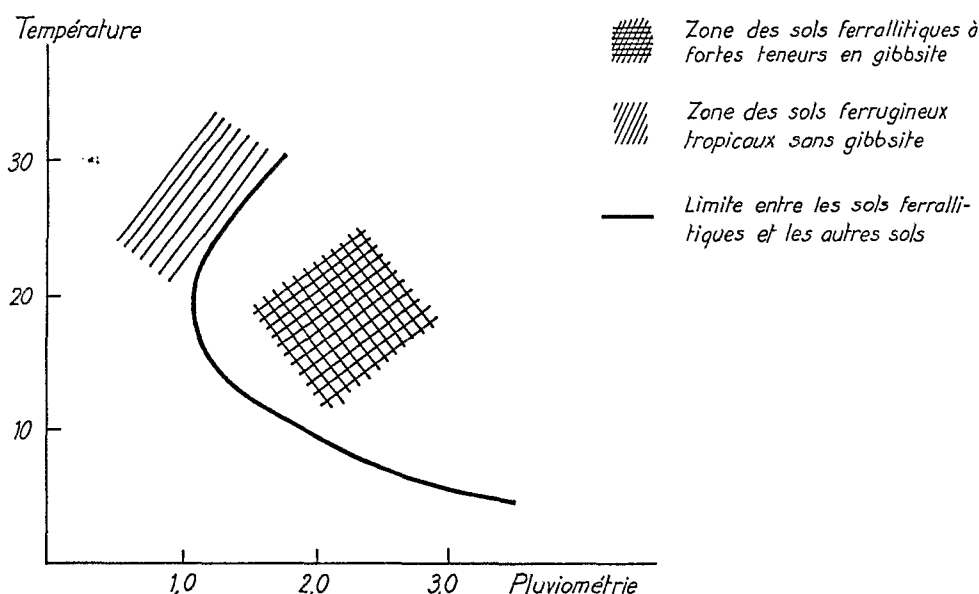
Dans les deux cas, l'altération de la roche-mère se traduit par un départ préférentiel des bases et de la silice, mais elle est beaucoup plus poussée dans le premier cas que dans le second.

Si nous examinons les sols ferrallitiques, nous constatons que les teneurs en gibbsite sont assez variables d'une région à l'autre. Sur la côte Est, les valeurs obtenues varient entre 15 et 20 % avec, en outre, 30 à 40 % de goéthite. Sur les hauts plateaux, l'on obtient 25 à 50 % de gibbsite avec des teneurs moindres en oxydes de fer. Dans les sols humifères de l'Ankaratra, de l'Ankaizinana et de la Montagne d'Ambre, les teneurs varient de 12 à 20 % avec des teneurs assez voisines en hydroxydes de fer. Il semble logique de relier les teneurs gibbsite avec les facteurs climatiques (pluie et température). L'examen des sols de deux massifs volcaniques va nous fournir des arguments dans ce sens.

La montagne d'Ambre se présente comme un vaste cône situé immédiatement au Sud de Diégo-Suarez. Sa base est chaude et sèche (température 28°; pluviométrie 0,9 m). En dépit de sa situation géographique, son climat et sa végétation la placent dans la région occidentale. A mesure qu'on s'élève, la pluviométrie devient de plus en plus forte, mieux répartie et la température diminue. Au sommet, qui est occupé par la forêt dense ombrophile, la pluviométrie est de 3,0 m et la température de 19°. Si on examine les teneurs en gibbsite des sols, de la base au sommet, on constate qu'aux environs de Diégo-Suarez, il n'y en a pratiquement pas, vers 250 m 4 à 5 %, vers 600 m 6 à 7 %, vers 800 m 10 %, entre 1000 et 1200 m 13 à 19 %. En dépit d'une diminution de la température, les teneurs en gibbsite ont crû avec la pluviométrie.

L'Ankaratra, dont la face Est est tournée face à l'alizé, a sa base à 1200 m et son sommet à 2630 m. A la base, la pluviométrie est de 1,4 m et la température de 19°; au sommet, la pluviométrie doit être voisine de 3,0 m et la température de 9°. Entre 1200 et 2600 m, les teneurs en gibbsite diminuent de 40 à 15 %. La diminution de la température doit être, dans ce cas, responsable des teneurs assez faibles en gibbsite.

Si l'on porte sur un graphique où l'ordonnée représente la température et l'abscisse la pluviométrie, les valeurs obtenues pour les sols malgaches ainsi que celles que l'on peut trouver dans la littérature sur les sols d'autres pays, on obtient une répartition schématisée sur la figure ci-dessous :



Un autre mode d'approche du problème consiste à observer ce qui se passe dans un profil.

Dans un sol très jeune, très peu épais, comme on peut en observer à Nossi Bé, on constate que seul minéral présent est de type montmorillonitique. Un sol très voisin, mais plus épais, permet déjà de constater qu'un peu de gibbsite est présente, matérialisée par le petit crochet à 330° du diagramme d'analyse thermique différentielle.

Dans un sol ferrugineux tropical du plateau de l'Antanimena, nous constatons que seuls un minéral de type kaolinique associé de la goethite sont présents. Du bas en

haut du profil, les courbes d'analyse thermique différentielle subissent peu de variations. Le calcul des compositions, appuyé sur l'analyse chimique et les courbes thermopondérales donnent les résultats suivants :

Profondeur	2,2 m	1,8 m	1,5 m	0,5 m	Surface
Min. kaolinique	76,6	73,2	74,4	73,1	68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O	13,1	18,5	18,9	19,4	19,9
Divers (TiO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,3	0,9	0,9	1,0	1,1
Eau Hygrosc.	5,0	5,0	4,7	4,6	7,2

Par contre, un profil de sol ferrallitique, présente des différences assez considérables. Immédiatement au-dessus de la roche-mère, le principal minéral représenté est de type kaolinique; seulement une très faible quantité de gibbsite est présente. A mesure que l'on s'élève dans le profil, on constate que la teneur en gibbsite augmente graduellement tandis que la teneur en kaolinite diminue.

Les compositions pour ce profil sont les suivantes :

Profondeur	4,5 m	1,9 m	1,2 m	0,5 m	Surface
Minéral kaolinique	87	78	50	26	24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 3H <sub>2</sub> O	4	5,5	28	43	42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ou Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O	8,3	8,7	13	20	21
TiO <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O	3,6	4,8	5,2	-	-
TiO <sub>2</sub>	-	-	-	4,2	3,9
Eau Hyg.	-	-	1,8	3,0	2,5
Mat. Organ.					2,5

Plusieurs autres profils provenant de la Montagne d'Ambre ou de l'Ankaratra donnent des variations analogues.

Dans les sols ferrallitiques étudiés, les teneurs en gibbsite sont toujours plus élevées au sommet du profil qu'à la base. Il nous paraît assez logique qu'il en soit ainsi puisque l'attaque des minéraux du sol doit être plus importante en surface qu'en profondeur. En dehors du cas un peu particulier des sols jeunes, la gibbsite est toujours associée à de la kaolinite. Il semble assez raisonnable de penser que la gibbsite résulte de l'altération de la kaolinite par élimination préférentielle de la silice.

De l'ensemble des faits présentés ci-dessus, nous pouvons conclure que dans les sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar, la présence de gibbsite est en relation avec les facteurs climatiques. Cette gibbsite est toujours plus abondante au sommet qu'à la base des profils. La kaolinite paraît susceptible de lui donner naissance par élimination de silice.

COMMUNICATION de M. SEGALEN.

Question de M. URBAIN :

On voit mal comment l'altération de la kaolinite peut intervenir dans l'enrichissement des sols en gibbsite, le processus de cette altération, à supposer qu'elle existe, étant encore inconnu.

Réponse de M. SEGALEN :

Le mécanisme de l'élimination de la silice est actuellement inconnu; c'est le problème fondamental de la formation des sols ferrallitiques.

Question de M. DUPUIS :

Les sols riches en gibbsite correspondent-ils avec une zone particulière de végétation ?

Réponse de M. SEGALEN :

En gros les sols riches en gibbsite correspondent à la forêt dense ombrophile mais les différences de teneur en gibbsite ne correspondent pas à des différences dans la phytionomie de cette forêt.

Question de Melle CAILLERE :

Des plaques minces ont-elles été taillées dans les matériaux étudiés, en particulier ceux riches en gibbsite ?

L'examen des plaques minces peut fournir des renseignements intéressants.

Réponse de M. SEGALEN :

Les matériaux ramassés à MADAGASCAR étaient friables et il n'a pas été fait de plaques minces.

Question de M. DE KAYSER :

Retrouve-t-on la silice et, si oui, sous quelle forme ?

Réponse de M. SEGALEN :

La silice est éliminée définitivement par les eaux de percolation et ne se retrouve pas dans le sol.