

Les Sols Ando ou Andosols

Segalen, Pierre

1 - Historique et rappel de quelques définitions.

2 - Caractéristiques essentielles.

2.1 - Caractéristiques morphologiques.

2.2 - - physiques.

2.3 - - chimiques.

2.4 - - minéralogiques.

3 - Projet de classification des andosols.

3.1 - Classe ou sous-classe.

3.2 - Classification proposée.

4 - Bibliographie sommaire.

ORSTOM

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

N° : 7207

Cote : A

1968

1 - Historique et rappel de quelques définitions.

Le mot "Ando", tiré du Japonais, apparaît pour la première fois dans la littérature pédologique dans un article de THORP et SMITH (1949), paru dans Soil Science. Il désigne des sols observés en zone volcanique au Japon et dérivés d'une roche-mère particulière, les cendres. Ces sols sont très riches en matière organique, et renferment des produits minéraux de type allophane.

Peu à peu, des sols répondant à ces critères sont observés dans toutes les régions du globe où existent des volcans et des cendres volcaniques : Amérique du Nord et du Sud, Afrique, Madagascar, Indonésie, Antilles, etc.

Le mot Ando est très rapidement adopté à travers le monde et utilisé par les pédologues. Cependant, les Japonais semblent préférer le mot "Kuroboku" qui se rapporte à un sol noir supportant une végétation herbacée et dérivant de cendres autour des volcans.

Une caractéristique essentielle est un contenu élevé en allophane. Deux difficultés se présentent en même temps : la définition et l'estimation du produit. Un allophane est un produit amorphe hydraté silico-alumineux, sans formule définie et dont le rapport silice/alumine est généralement compris entre 1,0 et 3,0. En fait, il est associé à des quantités appréciables d'hydroxydes de fer. Il apparaît plus judicieux de parler de produits amorphes contenant à la fois silice, alumine et fer. La présence de silice étant indispensable.

L'origine des allophanes peut s'expliquer de deux façons. La coprécipitation de gels de silice et alumine apparaît improbable, car on ne voit pas pourquoi ce processus s'appliquerait à cette seule catégorie de sols. Il paraît plus logique de les mettre en relation avec la roche-mère vitreuse (verre volcanique). Une absence d'organisation géométrique de la matière minérale conduit tout naturellement à des produits amorphes, après perte des bases et de silice et hydratation. Dans les verres, l'alumine et la silice sont tétracoordonnées. Les mesures faites dans les produits amorphes conduisent à la valeur 5, intermédiaire entre 4 des produits originels et 6 des produits secondaires habituels.

Les valeurs généralement avancées pour qu'un sol soit classé comme andosol sont tantôt 50 %, tantôt 30 à 60 % de produits amorphes. Il semble que, dans le cas de ces produits, les moyens habituellement utilisés pour la détermination minéralogique des sols (analyse thermique différentielle, rayons X), soient insuffisants et que les méthodes chimiques soient ici les meilleures : DUCHAUFOUR et SOUCHIER (1966), HACHIMOTO et JACKSON (1964), SEGALIN (1968). Il apparaît utile d'inclure dans l'estimation des produits amorphes Fe, Al et Si et pas seulement Al et Si.

Différentes définitions ont été proposées. Celle de 1964 a été mise au point au Japon : "Sols minéraux dont la fraction active est dominée par des matériaux amorphes (50 %). Ces sols ont un pouvoir d'adsorption très élevé, un horizon A relativement épais, friable, riche en matière organique. Ils ont une faible densité relative et sont peu collants. Ils peuvent avoir un horizon (B) sans mouvement visible d'argile. Ils se forment sous des conditions humides ou subhumides."

## 2.- Caractéristiques des Andosols.

### 2.1. - Les Caractéristiques morphologiques.

Le profil comprend deux parties distinctes :

Horizon A d'importance variable, épais de 15 à 60 cm, de couleur foncée ; les composés humiques, très résistants biologiquement, pénètrent profondément ; très friable, doux au toucher.

Horizon (B), épaisseur 30-100 cm, couleur brun-jaunâtre ; texture, au toucher paraît limoneuse ; structure soufflée (fluffy), peu agrégée ; pas collant ; humide ; glissant, savonneux, gras-seux ; lorsqu'il est sec, le sol est lent à se remouiller.

Ces caractéristiques sont-elles suffisantes pour la reconnaissance des andosols sur le terrain ?

### 2.2. - Les Caractéristiques physiques.

Il a été observé depuis longtemps que l'analyse mécanique est une opération difficile en raison de la grande solidité des liaisons entre la matière organique et la matière minérale, et la difficulté d'obtenir une bonne dispersion. On a préconisé une solution alcaline pour disperser les horizons de surface, une solution acide pour disperser les horizons de profondeur. Il reste toujours des micro-agrégats et les réactifs attaquent toujours les produits dont on veut obtenir la dispersion.

On préconise maintenant l'emploi des ultrasons avant de procéder à la dispersion par la calgonite ou un acide dilué.

La densité apparente est faible, généralement inférieure à 0,9.

La teneur en eau est naturellement élevée. Elle peut atteindre 200 % de l'échantillon fraîchement prélevé. On indique que jusqu'à pF 4,2, la fixation d'eau est réversible et qu'au delà, elle ne l'est pas.

La porosité totale est élevée.

La surface spécifique est élevée et varie peu jusqu'à 600°.

### 2.3. - Les Caractéristiques chimiques.

Les teneurs en matière organique sont généralement élevées, mais elles se situent entre 3 et 30 % du sol sec. Il y a formation de complexes stables entre la matière organique et les produits minéraux amorphes. Au cours de l'évolution, les produits amorphes se transforment en halloysite et la fixation de la matière organique est moindre.

Le pH des sols est généralement acide. Lorsqu'il y a peu d'allophane, il est situé entre 5 et 6, lorsqu'il y en a beaucoup, il descend à 4-5.

La capacité d'échange est difficile à mesurer. Elle dépend beaucoup des conditions de la mesure ; il y a fixation d'anions comme de cations. On recommande d'ajouter H, Al et les bases, pour avoir une valeur convenable. On a préconisé de mesurer cette capacité d'échange, tantôt en milieu acide, tantôt en milieu alcalin.

La fixation des anions se fait sans difficulté (molybdate, silicate). L'ion phosphorique est retenu avec énergie. On a proposé un coefficient de fixation de phosphore : nombre de milligrammes de  $P_2O_5$  absorbés par 100 g de sol sec à partir d'une solution de phosphate diammonique. Les produits amorphes donnent naissance à des produits cristallisés : les taranakites, reconnaissables au microscope.

Les produits amorphes présents provoquent une forte rétrogradation de l'acide phosphorique, d'où la nécessité de très fortes fumures phosphatées.

Le rapport silice/alumine est variable. Il est généralement situé entre 1 et 2 ; il peut être voisin de 2 ou 3 suivant que la kaolinite ou la montmorillonite est présente.

### 2.4. - Les Caractéristiques minéralogiques.

Dans un andosol, il semble qu'il y ait trois sortes de produits minéraux ; des minéraux primaires ou des résidus vitreux non altérés ; des produits amorphes contenant à la fois silice, alumine et fer ; des minéraux hydratés secondaires.

a) Minéraux primaires et verres. On trouve généralement les trois catégories suivantes :

- des orthosilicates, du verre basique d'altération rapide ;
  - des pyroxènes et hornblendes d'altération plus lente ;
  - des feldspaths, du verre acide, d'altération assez lente ;
- associés à de la magnétite, du quartz peu altérables.
- b) Les produits amorphes, de formule et composition variables et complexes. Les Néozélandais parlent d'allophanes A et B (on ne parle jamais de produits ferrugineux). La dérivation des verres s'impose naturellement.
- c) Des produits secondaires cristallisés : halloysite et montmorillonite pour les minéraux argileux, gibbsite pour l'hydroxyde d'aluminium.

On peut se poser deux questions à propos de ces minéraux : les allophanes sont-ils des produits stables dans certaines conditions physico-chimiques ? Certains, comme JACKSON et al (1948), l'ont pensé et placé les allophanes à la fin de leurs séquences d'altération. Or, si l'on trouve dans les sols très évolués alumine et fer amorphes, on ne trouve jamais de produit siliceux. On peut donc répondre négativement.

Quel est le devenir des allophanes des andosols ? Il a été envisagé maintes fois par les chercheurs néozélandais et japonais. Ces derniers ont conclu à un passage des matériaux amorphes à des produits cristallisés qui dépendent des conditions de climat et de drainage. L'halloysite est le produit le plus fréquemment observé ; on peut avoir aussi montmorillonite ou gibbsite. Certains auteurs japonais ont même pu calculer le temps nécessaire aux transformations.

### 3 - Projet de classification des andosols.

#### 3.1. - Les andosols doivent-ils être placés au niveau de la classe ou de la sous-classe ?

En fait, ces sols dérivent à peu près uniquement d'une roche-mère très particulière ; ils renferment un matériel amorphe très spécial qui leur confère un ensemble de propriétés particulières.

Ce matériel amorphe, associé à des produits altérables, ne peut être considéré comme stable ; il évolue vers des minéraux cristallisés. Les sols peuvent être également considérés comme une étape intermédiaire dans plusieurs séries évolutives. Ils pourront donner naissance à divers sols dont probablement des sols brunifiés en pays tempérés, des sols ferrallitiques en pays tropical.

Par conséquent, il m'apparaît que si le classement au niveau d'une classe nouvelle peut s'envisager, il est aussi logique d'en faire une sous-classe au niveau des sols peu évolués. La classification proposée tiendra compte de ces possibilités.

Pour classer les sols, il est suggéré de partir du profil typique qui peut être déduit des caractéristiques précédemment décrites. Il s'agit de sols toujours humifères, donc les variations du processus "accumulation de la matière organique" ne pourront guère apparaître avant le sous-groupe. Il n'y a pas de lessivage, ni podzolisation, pas de remaniement. Le sous-groupe modal sera donc le sous-groupe humifère ; il pourra y avoir d'autres sous-groupes : peu humifères, à pseudo-gley, à concrétions gibbsitiques, etc. Une différenciation majeure au niveau des groupes pourra être l'état de saturation du complexe ; mais on n'a pas, à vrai dire, de données précises à ce sujet. Certains (TAN, 1965) ont proposé de subdiviser les sols sur la base du rapport acide humique/ acide fulvique. Les résultats sont encore insuffisants pour une généralisation de ce rapport.

#### Définition

Sols à profil A (B) C ou AC, formés à partir d'une roche-mère vitreuse ; la matière organique est étroitement liée à la matière minérale dont la caractéristique essentielle est d'être amorphe. Le toucher à sec est limoneux ; le sol humide est gras mais peu collant. La densité apparente est inférieure à 0,9 ; la porosité forte ; l'aspect général est "soufflé". La capacité d'échange est variable et dépend du pH de la solution utilisée pour la mesure. Le rapport silice/alumine varie de 1,0 à 3,0.

#### 3.2. - Classification proposée.

Dans le cas où les andosols feraient l'objet d'une classe, le choix des critères au niveau de la sous-classe serait assez difficile.

Les andosols sont donc considérés comme une sous-classe de sols peu évolués. Ils sont subdivisés en deux groupes.

##### 1) Groupe des andosols saturés

profil A (B) ou AC ; l'horizon humifère est net, le pH est proche de la neutralité, le degré de saturation élevé. Des minéraux argileux 2/1 accompagnent l'allophane.

Sous-groupe 1 - humifères (épaisseur de plus de 25 cm)

Sous-groupe 2 - humiques (moins de 25 cm).

2) Groupe des andosols désaturés

profil A (B) C ou AC ; horizon humifère net ; pH acide (jusqu'à 4,0),  
degré de saturation faible, minéraux argileux de type halloysite.

Sous-groupe 1 - humifères.

Sous-groupe 2 - humiques.

Sous-groupe 3 - à gibbsite.

Sous-groupe 4 - à pseudo-gley.

4 - Bibliographie sommaire.

- ADMINE (S.), YOSHINAGA (N.) - 1955 - Clay minerals in volcanic ash soils in Japan. Soil Sci. 79, 349-358.
- BIRREL (K.S.), FIELDS (M.) - 1952 - Allophane in volcanic ash soils. J. Soil Sci. 3, 1, 156-166.
- BIRREL (K.S.), GRADWELL (M.) - 1956 - Ion exchange phenomena in some soils containing amorphous mineral constituents. J. Soil Sci. 7, 130-147.
- COLMET-DAAGE (F.) - 1967 - Caractéristiques de quelques sols d'Equateur, dérivés de cendres volcaniques. Cahier ORSTOM sér. Pédologie (sous presse).
- COLMET-DAAGE (F.), CUCALON (F.) - 1965 - Caractères hydriques de certains sols des régions bananières d'Equateur. Fruits, 20, 1, 19-23.
- DUCHAUFOUR (Ph.), SOUCHIER (B.) - 1968 - Sols Andosoliques et roches volcaniques des Vosges. Sciences de la Terre (sous presse).
- DUDAL (R.), SOEPRAPTOHARDJE (M.) - 1960 - Some considerations on the genetic relationship between latosols and andosols in Java (Indonesia). Transac. 7th Internat. Cong. Soil Sci. Vol IV (com. V).
- FAO - UNESCO - 1964 - Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo. Juin 1964. Rept 14. 169 p. mimeog.
- FIELDS (M.) - 1955 - Clay mineralogy of New Zealand Soils. Part. 2. Allophane and related colloids. N.Z.J. Soil Sci. Techn. n° 37, 336-350. Wellington N.Z.
- FIELDS (M.), SCHOFIELD (R.K.) - 1960 - Mechanism of ion adsorption by inorganic soil colloids. N.Z.J. Soil Sci. 3, 563-579.
- JACKSON (M.L.), TYLER (S.A.), WILLES (A.L.) - 1948 - Weathering sequence of clay size minerals. J. Phys. Chem. 52, 1237-1262.
- MOINEREAU (J.) - 1966 - Etude des sols et des paléosols du Bas-Vivarais. Thèse 3e cycle. 164 p. Paris.
- SMITH (G.D.) - 1965 - Lectures on soil classification. Pédologie (Gand). 4, 5-134.
- Soil Survey Staff - 1967 - Supplement to soil classification system (7th approximation). U.S.D.A. 207 p. mimeog.
- TAMINI (Y.N.), KANEHIRO (Y.), SHERMAN (G.D.) - 1963 - Ammonium fixation in amorphous Hawaiian soils. Soil Sci. 95, 426-430.
- TAN (K.H.) - 1965 - The Andosols in Indonesia. Soil Sci. 99, 6, 375-378.
- THORPE (J.), SMITH (G.D.) - 1949 - Higher categories of soil classification : order, suborder, and great soil group. Soil Sci. 67, 117-126.
- WADA (K.) - 1959 - Reaction of phosphate with allophane and halloysite. Soil Sci. 87, 325-330.
- WADA (K.), ATAKA (H.) - 1958 - The ion uptake mechanism of allophane. Soil and Plant Food, 4, 12-18.