

HYPOTHESES SUR LA GENESE DES ANDOSOLS EN CLIMAT TROPICAL ;

Intérêt de cette étude pour une meilleure compréhension de la  
"Pédogenèse Initiale" en milieu bien drainé.

P. QUANTIN

Les andosols sont pour la plupart des sols jeunes, caractérisés par une évolution très rapide de la matière minérale. Pour cette raison, ils permettent de saisir la pédogenèse initiale et d'en connaître les conditions exactes là où elle se produit, au contraire des autres sols plus anciens et aussi plus généralement étudiés où l'histoire de la pédogenèse ne peut souvent que faire l'objet d'hypothèses hasardeuses.

Ainsi a pu être abordé au cours de l'étude des andosols dans le monde l'effet de diverses conditions de leur genèse : le temps d'altération, le rejeunissement, l'intensité et la répartition de la pluviométrie et de la pluviosité. En conclusion, un schéma de la "pédogenèse initiale" \* en climat tropical et milieu bien drainé pourra être proposé.

I - HYPOTHESES

1 . Le temps d'altération et la cristallogenèse

1.1. Rapidité de l'altération des verres

Tous les auteurs s'accordent à reconnaître la rapidité de l'altération des verres, sans doute à cause de leur état "amorphe" et de leur très forte porosité. Ceci a été bien étudié expérimentalement par TRICHET (1968 - 1970) ou par l'analyse des eaux percolant dans les andosols (RUXTON, 1968).

1.2. Au début, les premiers produits d'altération sont très siliceux et correspondent à la désagrégation des noyaux du verre, après dissolution du ciment ; ceci ressort nettement des expériences de TRICHET (1970), ou de l'analyse des cendres en début d'altération naturelle (QUANTIN, 1972). Il n'est pas

---

\* N.B. : par "Pédogenèse Initiale", il est entendu surtout l'histoire géochimique des altérations superficielles, avant tout remaniement important d'ordre géomorphologique<sup>et</sup> biologique ou des "réorganisations pédologiques").

encore possible de déterminer des argiles par diffraction X , cependant des ébauches de phyllites argileuses peuvent être déjà aperçues en microscopie électronique.

1.3. L'apparition de phyllites argileuses peut être relativement rapide. Des ébauches de phyllites ont été notées dans des sols encore peu évolués ne datant probablement que de quelques dizaines ou tout au plus une centaine d'années. Des argiles nettement caractérisées , notamment de l'halloysite et des argiles 2 : 1 en mélange, ont été observées en quantité déjà importante des andosols saturés ne datant que d'un millier d'années environ (QUANTIN, 1972). Cette durée est sensiblement plus courte que celle avancée par AOMINE (1963), pour la formation d'halloysite au Japon.

Ainsi qu'on le verra plus loin, l'apparition d'argiles est favorisée par des conditions particulières ; elle semble se faire plus tôt et plus vite dans les andosols saturés que dans les andosols désaturés et perhydratés.

1.4. Au bout d'un temps relativement très court, un millier à quelques milliers d'années tout au plus, l'on peut déjà saisir la diversification des voies de la cristallogénèse et de la pédogénèse suivant les conditions climatiques.

Ainsi aux Nouvelles-Hébrides : les argiles 2 : 1 apparaissent en abondance dans les andosols saturés des climats les plus contrastés ; L'halloysite dans les sols plus désaturés des climats humides à courtes périodes de déshydratation ; les hydroxydes : gibbsite et goethite, dans les sols désaturés des régions très humides et perhydratées (QUANTIN, 1972).

1.5. La vitesse de l'altération s'accroît avec l'intensité de la pluviosité, ou aussi la finesse de la taille des cendres ( QUANTIN, 1972).

## 2. Effet favorable du rajeunissement superficiel par des cendres fraîches sur la cristallogénèse :

Dans tous les profils complexes d'andosols récemment rajeunis, comportant un sol peu évolué, on remarque un accroissement de la caractérisation des phyllites argileuses et des hydroxydes dans la partie profonde du sol.

Par exemple, aux Nouvelles-Hébrides (QUANTIN, 1972), dans des andosols saturés, l'apparition d'halloysite et d'argiles 2 : 1 est de plus en plus nette avec l'accroissement de la profondeur. De même dans les andosols désaturés,

la caractérisation d'hydroxydes : gibbsite surtout, éventuellement goethite cryptocristalline , et de phyllites argileuses : imogolite, ou halloysite et parfois kaolinite, est plus évidente à la base des profils.

L'accroissement de la cristallogénèse en fonction de la durée d'altération peut être ici encore invoqué pour expliquer cette évolution. Cependant, une autre hypothèse vient aussi à l'esprit : Le sol peu évolué superficiel, par ses solutions d'hydrolyse , riches en silice et en cations, nourrit l'andosol sous-jacent. Ce dernier est relativement moins perméable et en même temps il est capable d'adsorber une partie de certains éléments venant d'en haut. Ainsi resurgit l'hypothèse de la silicification de l'allophane (AOMINE et WADA, 1962) pour expliquer la formation de l'halloysite ; le même mécanisme pourrait aussi entraîner la genèse d'argiles 2 : 1 , notamment de smectites. Le sol peu évolué nourrit l'andosol sous-jacent, à l'image des sols de l'amont nourrissant ceux de l'aval dans un "paysage géochimique" (PAQUET, 1970).

### 3. Séquence climatique

#### 3.1. Répartition de la pluviosité et de l'humidité

Une séquence évolutive, fonction de la répartition pluviométrique et de l'humidité a été fréquemment observée en climat tropical. Les andosols sont souvent bien caractérisés sous les climats les plus humides et les plus pluvieux ; mais il en existe , sur des formations volcaniques très récentes, même sous des climats relativement secs ; la pluviométrie annuelle peut ainsi varier de 1 à plus de 10 m. Un bon exemple de séquence pluviométrique est offert par Hawaii (SWINDALE et SHERMAN, 1964) . Cette séquence pluviométrique est fonction de l'orientation des versants par rapport aux vents dominants chargés de pluies et par rapport à l'altitude ( fig. 1, Séquence d'Hawaii)..

Aux Antilles (COLLET DAAGE -LAGACHE, 1965), comme au Cameroun (SIEFFERMANN, 1969), aux andosols désaturés perhydratés à allophane et gibbsite des climats perhumides, succèdent les andosols à allophane et halloysite des climats humides de transition puis les sols bruns eutrophes tropicaux à halloysite des climats plus contrastés.

Figure 1

a - versant "sous le vent" , à climat contrasté

| altitude<br>m   | Pluviométrie<br>mm | sol   |
|---|--------------------|---|
| 0-1.800   | 500- 750           | Ustollic Eutrandepts<br>= andosols saturés à accumulation calcaire  |
| 600-1.800   | 750-1.200          | Typic Eutrandepts<br>= andosols saturés   |
| 1.800-2.200   | 1.000- 500         | Mollic Vitrandepts<br>= sols peu évolués à allophane , ou sols<br>peu évolués d'apport volcanique friable |
| - versant "au vent" , à climat pluvieux et régulièrement humide |                    |   |
| 0- 300  | 1.700-2.000        | Typic et Hydric Dystrandepts<br>= andosols désaturés non perhydratés                                      |
| 300-1.200   | 2.500-4.000        | Typic Hydrandepts<br>= andosols désaturés perhydratés   |

Aux Nouvelles-Hébrides (QUANTIN, 1972), aux îles Banks, les andosols désaturés perhydratés, à allophane ou imogolite, gibbsite et goethite cryptocristalline, n'apparaissent que dans des conditions de pluviométrie supérieure à 4 m et régulièrement répartie, sur les versants "sous le vent" des mêmes îles, recevant des précipitations moindres et soumis à un climat contrasté, on observe le passage progressif des andosols désaturés aux andosols saturés, puis aux sols bruns andiques contenant en mélange halloysite et smectites. Dans l'île Aoba, sous une pluviométrie de 2 à 4 m et sur des cendres volcaniques d'âge récent (1.000 à 1.500 ans) les andosols sont saturés, riches en silice et ils contiennent fréquemment en profondeur en plus de l'allophane un mélange d'argiles 1 : 1 (halloysite) et 2 : 1 (smectites et vermiculite); la formation plus évidente et plus abondante de smectites dans les régions climatiques les plus sèches y est également constatée, malgré l'âge très récent de ces sols.

De ces faits, il peut être déduit deux hypothèses principales :

- L'alternance des conditions d'hydratation et de déshydratation favorise la cristallogénèse des argiles .

- La permanence de l'hydratation gêne la cristallisation des argiles et des hydroxydes de fer, mais favorise celle de la gibbsite.

### 3.2. Séquence thermique

L'apparition d'andosols désaturés humiques, caractérisés par un horizon A<sub>1</sub> noir, très épais, ayant des matières organiques à rapport C/N élevé et fortement acidifiantes, correspondrait à une région climatique per-humide, plus froide que celle précédemment évoquée sous les tropiques (TAN, 1966) : climat tempéré froid du Japon ou du Massif Central ou tropical d'altitude en Equateur, en Indonésie ou à la Réunion par exemple.

L'évolution de ces sols vers la podzolisation, sous l'influence complexe des acides humiques est suggérée par les observations de ZEBROWSKI (1972) sur une climato séquence de la Réunion.

## 4. Conservation à l'état amorphe des produits d'altération dans les sols

Diverses hypothèses ont été proposées pour expliquer l'apparition et le maintien à l'état amorphe des produits d'altération dans les andosols.

- L'héritage des verres amorphes conduit à une structure d'allophane (TRICHT, 1970).
- La complexation des substances amorphes et notamment de l'allophane par des matières organiques difficilement minéralisables stabilise ces substances à l'état amorphe (SILBERMANN, 1969)
- L'abondance de métaux de transition accompagnant les produits d'altération d'âge récent gêne la cristallisation des hydroxydes de fer (NALOVIC, 1972).
- L'état permanent d'une forte hydratation des produits d'altération dans les andosols, phénomène très souvent remarqué, favoriserait le maintien de ces substances à l'état amorphe (QUANTIN, 1972).

L'état de forte hydratation, auquel s'ajoute l'abondance d'ions en solution (même dans les sols les plus désaturés, à cause de l'hydrolyse intense et continue des minéraux primaires abondants dans les andosols), gêne la cristallisation ; ces conditions peuvent entraîner des désordres dans les cristaux, empêchant ainsi leur croissance et maintenant un état permanent d'instabilité. Ainsi les ébauches de phyllites argileuses demeurent irrégulières et fragiles, celles des hydroxydes de fer restent désordonnées et à

l'état cryptocristallin ; la gibbsite seule parvient à bien cristalliser.

Plus l'état fortement hydraté se prolonge tardivement, plus la cristallisation des argiles et des hydroxydes de fer est retardée, et d'autant se maintient l'état amorphe ou cryptocristallin des produits d'altération ; c'est le cas notamment des climats perhumides. Par contre, plus tôt cet état s'interrompt plus vite la cristallisation des argiles et éventuellement des hydroxydes de fer peut apparaître et se développer ; c'est le cas des climats contrastés.

## II - APERCUS SUR L'EVOLUTION DE LA "PEDOGENESE INITIALE ", en milieu bien drainé.

En conclusion des observations précédentes, la genèse des andosols peut être résumée brièvement dans les phénomènes suivants :

- Hydrolyse et désagrégation rapide des verres volcaniques .
- Formation de produits d'altération à l'état amorphe ou cryptocristallin ; composés complexes d'alumino-silicates (allophanes ) et d'hydroxydes de fer et d'aluminium. Au début, les produits sont très siliceux ; puis ils évoluent en s'appauvrissant en silice et en bases.
- Maintien de ces produits à l'état amorphe suivant une durée plus ou moins longue suivant les conditions d'hydratation du milieu.
- Plus les conditions climatiques sont pluvieuses et régulièrement humides, plus la vitesse d'altération est grande ; mais aussi plus la cristallisation des argiles et des hydroxydes de fer est retardée et en même temps plus la désilicification des produits d'altération est poussée.
- Au contraire , plus le climat est contrasté, plus tôt la cristallisation des argiles apparaît et se développe et moins aussi la désilicification des produits d'altération est poussée.

A partir de ces données, il peut être proposé de distinguer trois stades principaux de "pédogenèse initiale " en climat tropical en fonction du temps et (ou) du degré d'altération ; une subdivision sera faite en deux séquences à partir du deuxième stade , puis en trois séquences au troisième stade, en fonction de la diversification des conditions climatiques.

1er stade : Les Sols Peu Evolués d'apport volcanique friable

- profil A/C
- beaucoup de minéraux primaires et verres au début de l'altération
- peu de produits d'altération  $\leq 2 \mu$  constitués de :
  - résidus de substances minérales primaires  $\pm$  altérées
  - produits d'altération amorphes, riches en  $\text{SiO}_2$  et bases, relativement plus riches en  $\text{SiO}_2$  que le verre initial.
  - rares ébauches de phyllites argileuses.

2ème stade: Les Andosols différenciés à profil A (B) C .

(se situant entre sols peu évolués et sols bruns eutrophes ou ferrallitiques et fersiallitiques)

- horizon (B) cambique
- minéraux primaires encore abondants
- beaucoup de produits d'altération amorphes ou cryptocristallins : allophane, imogolite ; hydroxydes de fer et d'alumine à l'état de gel ou cryptocristallin.
- peu de phyllites argileuses : - 1 : 1, halloysite surtout kaolinite rare - et (ou) 2 : 1 ; smectites et interstratifiés M - V
- pas ou peu d'hydroxydes de fer cristallisés
- alumine fréquemment cristallisée en gibbsite dans les andosols désaturés.

Deux séquences climatiques se diversifient :

2.1. Séquence climatique contrastée = andosols saturés

- produits d'altération riches en  $\text{SiO}_2$  ;  $\pm$  riches en phyllites argileuses en profondeur : halloysite dominante au pôle le plus humide - smectites et interstratifiés M - V au pôle le plus sec ; absence d'hydroxydes de fer et alumine cristallisés.

2.2. Séquence climatique perhumide = andosols désaturés

- produits d'altération pauvres en  $\text{SiO}_2$  et  $\pm$  riches en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; pauvres en phyllites argileuses ; halloysite ou imogolite surtout kaolinite rare , smectites très rares et accidentelles ; apparition d'hydroxydes cristallisés : gibbsite nette et souvent abondante ; goethite cryptocristalline et souvent peu évidente.

3ème stade : Les sols tropicaux  $\pm$  évolués et bien différenciés :

- Sols bruns eutrophes tropicaux = encore en cours d'évolution et d'altération , en climat tropical
  - Sols fersiallitiques
  - Sols ferrallitiques
  - Allites - ferritiques
- } = stade d'évolution normale en climat tropical
- } = stade extrême d'évolution en climat tropical

Le profil est A (B) C ou A B C.

Les sols bruns eutrophes tropicaux sont riches en argiles : surtout 1 : 1 ( halloysite et métahalloysite), et un peu 2 : 1 (smectites) en quantité variable ; les phyllites argilueuses dominent les substances silicatées amorphes ; les minéraux primaires sont encore abondants. Il existe des intergrades entre sols Bruns et Andosols.

Les sols évolués sont toujours pauvres en minéraux primaires résiduels, dans le cas de roches basiques . Trois séquences climatiques apparaissent nettement distinctes /

### 3.1. Séquence climatique contrastée = Sols Fersiallitiques

- mélange d'argiles 2 : 1 et 1 : 1 (métahalloysite ou kaolinite désordonnée), en proportion variable dépendant de l'âge du sol, de la répartition pluviométrique ou de la situation géomorphologique .
- présence ou non d'hydroxydes de fer cristallisés : goethite et (ou) hémite.
- présence ou non d'un peu d'hydroxydes de fer amorphes (LAMOUROUX, 1971).
- absence d'hydroxydes d'alumine et d'allophane .
- macrostructure du sol polyédrique large ou prismatique .

### 3.2. Séquence climatique humide à déshydratation superficielle de courte durée = Sols Ferrallitiques :

- argiles 1 : 1 : kaolinite désordonnée , ou métahalloysite .
- hydroxydes cristallisés abondants :
  - de fer : goethite fréquente , souvent à l'état cryptocristallin dans les sols saturés ou les sols relativement jeunes sur roches basiques
  - d'alumine : gibbsite fréquente ; boehmite très rare (dans les sols sur calcaires)



- au pôle le plus sec, les sols ferrallitiques sont faiblement désaturés et riches en argiles kaoliniques (halloysite et métahalloysite sur roches basiques ; kaolinite désordonnée sur roches acides).
- au pôle le plus humide, les sols ferrallitiques sont fortement désaturés et gibbsitiques.
- structure souvent polyédrique fine. La densité apparente est relativement plus faible que dans les sols fersiallitiques et décroît sensiblement avec l'accroissement de la pluviométrie.
- un peu de substances amorphes, hydroxydes de fer surtout, dans les sols les plus jeunes ou soumis aux climats les plus humides, sur roches basiques.

3.2. Séquence climatique perhumide, à hydratation permanente =  
Sols Ferrallitiques - andiques ou allites - ferritiques

- absence ou presque d'argiles : kaolinite , halloysite .
- peu de  $\text{SiO}_2$  (à l'exclusion du quartz .
- beaucoup d'hydroxydes de fer et d'alumine :
  - hydroxydes de fer à l'état amorphe ou sous forme de goethite cryptocristalline
  - hydroxydes d'alumine sous forme de gibbsite ; parfois en partie à l'état cryptocristallin dans la fraction  $< 2 \mu$
- structure souvent continue à forte microporosité, ou polyédrique fine, à faible densité apparente .

N.B. Une autre diversification de l'évolution pourrait être trouvée en <sup>des</sup> climats perhumides plus froids : tempéré ou tropical d'altitude, dans les andosols humiques ; celle-ci due à l'effet complexant des acides humiques de ces sols conduirait à une pédogenèse podzolique à la Réunion ou à Madagascar (ZEBROWSKI, 1972) , ou cryptopodzolique dans le Massif Central (HEBTLER, 1972).

En conclusion, l'étude des conditions de formations des andosols et de leur évolution devrait apporter une contribution importante à la connaissance de la pédogenèse.

Schéma de l'évolution de la pédogenèse initiale sur roches volcaniques en climat tropical

en fonction du temps et de la répartition pluviométrique .

| Stade 0                           | Stade 1  | Stade 2  | Stade 3   |
|-----------------------------------|--|--|---|
| Roche mère<br>volcanique vitreuse | Sols peu évolués<br>profil A/C   | Andosols différenciés<br>profil A (B) /C   | Sols pénevolués et évolués<br>profil A (B)/C ou A B/C   |
| verres-microlites                 | verres et microlites<br>partiellement altérés<br>et hydratés--- allo-<br>phane siliceuse, ou<br>allophane B<br>(FIELDER, 1955) | 1-Séquence perhumide= <u>Andosols désaturés</u><br>allophane alumineuse (ou allophane A de<br>FIELDER) ± inogolite (YOSHIMADA, 1962)<br>± gibbsite; hydroxydes de Fe amorphes ou<br>goethite cryptocristalline               | 1 - Séquence perhumide = <u>Ferrallitiques-</u><br><u>andiques</u> ou Allites -ferritiques<br>gibbsite dominante + un peu d'allo-<br>phane alumineuse (et, ou) un peu d'ar-<br>giles 1 :1 halloysite, ou kaolinite<br>désordonnée -beaucoup d'hydroxydes de Fe<br>amorphes --> goethite cryptocristalline   |
| phénocristaux                     | <u>phénocristaux</u><br>très peu altérés   | 2 - Séquence climat humide à déshydrata-<br>tion temporaire et climat contrasté<br><br>= <u>Andosols saturés</u> →<br><br>allophané riche en silice<br>± --> mélange d'argiles<br>1 : 1 halloysite<br>2 : 1 smectites, M - V | 2 - Séquence humide à faible, déshydrata-<br>tion temporaire<br>= Bruns eutrophes tropicaux <del>XX</del><br>--> <u>Ferrallitiques</u><br><br>à argiles 1:1 dominantes, halloysite ou<br>kaolinite désordonnée<br>goethite ± un peu d'hydroxydes de Fe<br>amorphes ± un peu de gibbsite<br><br>3 - séquence climat contrasté <del>XX</del><br>= bruns eutrophes tropicaux <del>XX</del><br>--> <u>Ferrallitiques</u><br><br>à argiles dominantes 2:1 smectites<br>± interstratifiés ; 1:1 kaolinite<br>désordonnée<br>± goethite (et, ou) hématite et un peu<br>hydroxydes de Fe amorphes |

⊗ pédogenèse en milieu bien drainé ; processus essentiellement géochimique, avant tout remaniement ou autre processus (lessivage , podzolidation ) important.

⊗ Sols Bruns eutrophes tropicaux = intergrade dans le temps d'évolution entre andosols saturés des climats non perhumides et sols évolués : ferrallitiques des climats humides à faible déshydratation et ferrallitiques des climats contrastés

Bibliographie

- AOMINE (S.) MIYAUCHI (N.) , 1963 - Age of the youngest hydrated halloysite in Kyushu . Nature , Lond. , 199 , pp. 1511-1512.
- AOMINE (S.), WADA (K.) , 1962 - Differential weathering of volcanic ash and pumice resulting in formation of hydrated halloysite. Amer. Minéramogist, 47, n° 9 - 10 , pp. 1024-1048.
- COINET DAAGE (F.), LAGACHE (P.), 1965 - Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles Françaises. Cah. ORSTOM , sér. Pédol. , vol. III, n° 2, pp. 91-121.
- FLEIDES (M.) , 1965 - Clay mineralogy of New Zealand soils. Part. 2 , allophane and related colloids. New Zeal. J. Sc. Tech. B, n° 37, pp. 336-350.
- HETIER (J.M.), 1971 - Caractérisation et répartition de quelques sols sur roches volcaniques du Massif Central . Sc. du sol, n° 2 - 1971 , pp. 51-82
- LAMOUREUX (M.) , 1971 - Etudes des sols formés sur roches carbonatées ; pédogenèse fersiallitique au Liban. Thèse Univ. Strasbourg ; Mém. ORSTOM n° 56, Paris , 266 p.
- NALOVIC (Lj.) , 1970 - Comprtement du fer en présence des éléments traces. Rapp. ORSTOM - Yaoundé , multigr. 87 p.
- PAQUET (H.) , 1970 - Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées . Thèse Univ. Strasbourg. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr. n° 30, 212 p.
- QUANTIN (P.) , 1972 - Note sur la nature et la fertilité des sols sur cendres volcaniques provenant d'éruptions récentes dans l'Archipel des Nouvelles-Hébrides. Cah. ORSTOM, ser. Pédol. ,X, n° 2 , pp. 123-151 et n° 3 (sous-presse).
- RUXTON (B.P.), 1968 - Rates of Weathering of Quaternary volcanic ash in North-East Papua. Int. Congr. Soil. Sc. 9, 1968, Adelaïde, vol IV , pp. 367-376.
- SIEFFELMANN (G.), 1969 - Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun. Thèse Univ. Strasbourg ; 285 p. multigr.
- SWINDALE (L.D.) , SHERRAN (G.D.) , 1964 - Hawaiian soils from volcanic ash . World Soil Resources Rep. n° 14, FAO, Rome, p. 36.
- TAN (K.H.) , 1966 - On the pedogenetic role of organic matter in volcanic ash soils under tropical conditions. Soil Sc. Plant. Nutrit Jap. , 12, n° 2 , pp. 80-84.
- TRICHET (J.) , 1970 - Contribution à l'étude de l'altération expérimentale des verres volcaniques , Thèse Univ. Paris , Ecole Normale Supérieure Travaux du Laboratoire de Géologie, 4 , Paris . 153. p.

- YOSHINAGA (N.), AOMINE (S.) , 1 962 - Imogolite in some Ando Soils . Soil Sc; Plant Nutrit. Jap., 8, n° 3, pp. 114-121.
- ZEBROWSKI (C.) , 1972 - Quelques andosols de Madagascar et de la Réunion ; Problèmes de la podzolisation sur un andosol. Comm. Journée des Pédologues de l'O.I.S.T.O.M.

COMITÉ TECHNIQUE DE PÉDOLOGIE

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

---

# ***bulletin de liaison***

**DU THÈME D**

**"ANDOSOLS"**

Numéro 2 - Mars 1973

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER

COMITE TECHNIQUE  
DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON

DU THEME D  
( ANDOSOLS )

"Ce document est destiné à une diffusion restreinte ; il est réservé aux Chercheurs de l'O.R.S.T.O.M. et à ceux du groupe de travail sur le Thème Andosols".

Numéro 2 - Mars 1973