

QUELQUES ANDOSOLS DE MADAGASCAR ET DE LA REUNION

PROBLEME DE LA PODZOLISATION SUR UN ANDOSOL

C. ZERROWSKI

Plan

Introduction

1. Caractérisation des sols

1.1. Sols de l'Itasy

1.2. Sols de l'Ankaratra

1.3. Sols de La Réunion

2. Podzol sur andosol

2.1. Morphologie

2.2. Caractéristiques

2.3. Passage de l'andosol au podzol

Conclusions

Introduction

L'existence des andosols à Madagascar et dans l'Ile de La Réunion est une notion déjà ancienne.

Dès 1957, P. SÉGALEN, dans sa thèse sur les sols sur roches volcaniques décrit, dans le massif de l'Ankaratra (Hauts Plateaux malgaches) des "sols ferrallitiques humifères noirs ou sols ando".

A la même époque J. RIQUIER^a décrit à La Réunion des sols ferrallitiques beiges qu'il assimilait aux hydrol humic latosols des Hawaii.

Les caractères des andosols ayant été précisés aux cours des dernières années, l'étude des sols de ces régions a été reprise afin de mieux définir ces "andosols" et de les replacer dans la classification la plus récente.

Dans une première partie les principales caractéristiques des sols srn étudiés seront appelées et en fonction de leurs caractères andiques , a 1^a

1. Caractérisation et définition des sols

1.1. Les sols de l'Itasy

Généralités

Le massif volcanique de l'Itasy est situé à une centaine de kilomètres à l'Ouest de Tananarive. Son altitude est de 1.000 à 1.700 m.

La pluviométrie est comprise entre 1.700 et 1.800 mm ; la saison sèche dure 5 à 6 mois pendant lesquels il ne tombe que 70 à 80 mm. La température moyenne est de 18 à 20 °.

Les manifestations volcaniques quoique non datées sont récentes (10.000 ans ?), les phases ultimes étant constituées par des projections qui ont recouvert la majorité du massif volcanique.

Ces projections donnent naissance à des sols plus ou moins profonds suivant leur position topographique. Alors que sur replat les sols présentent nettement des caractères de sols ferrallitiques, sur les pentes des cônes volcaniques les sols sont sans cesse rajeunis par l'érosion et présentent alors des caractères d'andosol . Ce sont ces derniers sols qui sont ici étudiés.

Morphologie des profils

Les profils sont de type A.C. parfois A (B) C

L'horizon A, d'une épaisseur de 15 à 25 cm est brun gris (10 YR 4/3 à 10 YR 3/3) limoneux à limono-argileux. La structure, bien est marquée est grumeleuse fine à moyenne. La porosité est forte. L'enracinement toujours important.

L'horizon (B), dont l'épaisseur est fonction de la position topographique est brun jaune 10 YR 4/4, limoneux à limono-sableux. La structure est continue. Sur les parois, les mottes séchées à l'air présentent une structure polyédrique à prismatique très grossière ; les mottes sont friables et pulvérulentes. La porosité est élevée. L'enracinement, beaucoup moins dense que dans l'horizon humifère est encore élevé.

L'horizon C est brun gris (10 YR 4/4 à 10 YR 5/6) limono-sableux à sablo limoneux. La structure est particulière à continue. La friabilité de l'horizon est toujours élevée. La porosité est forte.

Propriétés physiques

La texture apparait à l'analyse limoneuse à limono-argileusé en haut de profil, limono-sableuse à sableuse en bas de profil.

Les mesures d'humidité du sol en place au cours de l'année montrent que le sol se dessèche sur une assez grande profondeur durant la saison sèche. Au laboratoire, la dessiccation n'est pas irréversible.

La densité apparente est comprise entre 0,65 et 0,90.

Propriétés chimiques

Les teneurs en matière organique sont assez élevées, 30 à 50 % de carbone total dans l'horizon A avec un rapport C/N de 16 à 18. Ce rapport s'abaisse rapidement en profondeur où il atteint des valeurs de 8 à 10. (les valeurs élevées de ce rapport en surface peuvent être attribuées aux feux de brousse).

Le rapport $\frac{A H}{A F}$ égal à 0,6 en surface s'abaisse en profondeur (0,2 à 0,1).

Le pH compris entre 6 et 6,5 en surface remonte à 6,7 - 7 en profondeur.

Les teneurs en éléments échangeables varient de 4 mé /100 g en surface à 12 mé en profondeur, le calcium étant l'élément dominant (fig. 1, SOZ 6 et SOZ 4). Néanmoins dans les sols les plus épais (fig. 1, SOZ 5) ces teneurs s'abaissent à 2 ou 3 mé/100 g.

Le taux de saturation de 20 à 60 %, s'abaisse à 10% en surface dans les sols les plus profonds.

Les teneurs en éléments totaux sont d'autant plus importantes que le sol est plus rajeuni : vosines de 140 mé/100 g dans les sols de type A. C. (fig 2 , profil SOZ 6) , elles ne sont que de 40 à 60 mé/100 G dans les sols de type A B C , (fig. 2 , profil SOZ 5) .

Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ voisin de 2 dans les andosols de type A C , peut s'abaisser à 1,3 - 1,5 en surface des sols de type A B C.

Propriétés minéralogiques

Les diagrammes de R X ainsi que l'ATD ne montrent aucun minéral argileux dans les sols ayant un profil A C.

Par contre dans les sols ayant un profil A(B) C , la gibbsite et un minéral argileux mal cristallisé de la famille de la kaolinite peuvent être identifiés et d'autant mieux que l'échantillon analysé est plus proche de la surface.

Fig.1 - Profils d'éléments échangeables, sols de l'Itasy

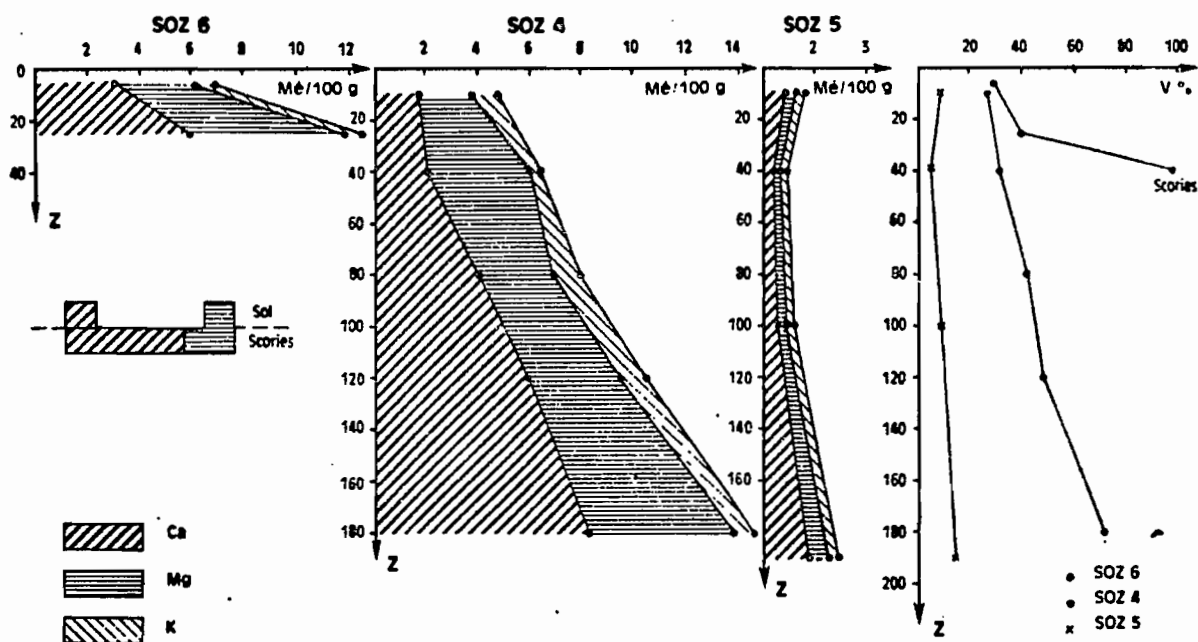
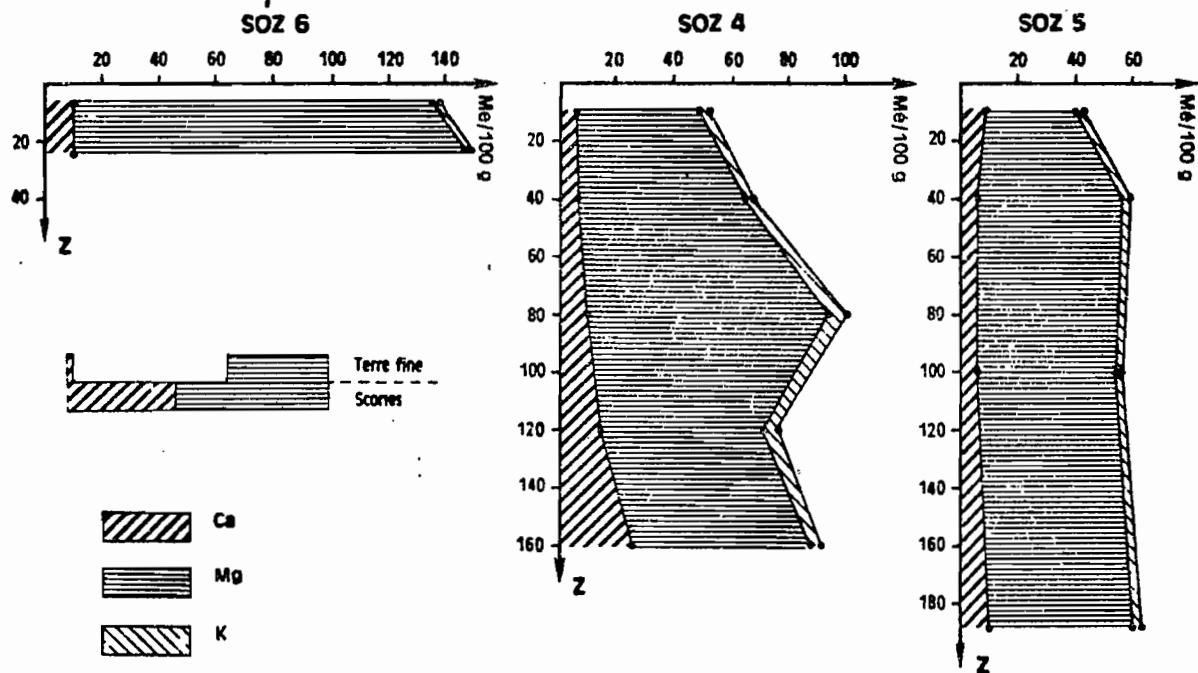


Fig.2 - Profils d'éléments totaux, sols de l'Itasy



La recherche des produits amorphes par la méthode de SEGALIN montre que (fig. 3) :

- 40 à 50% du fer total est sous forme amorphe soit 80 à 100 mg/g de sol
- 40 à 50% de l'aluminium total est sous forme amorphe soit 80 à 100 mg/g de sol
- 30% de la silice totale est sous forme amorphe dans les sols ayant un profil A. C. alors que seulement 8% de la silice totale est sous forme amorphe en sommet de profil A (B) C.

Conclusion

Les sols sur cendres volcaniques du massif de l'Itasy tout en présentant des propriétés d'andosols (caractères morphologiques, teneurs en produits amorphes, dont en silice, élevées) ont des propriétés de sols ferrallitiques. Les caractères andiques sont mieux marqués dans les sols les plus rajeunis par l'érosion. Ainsi une séquence établie sur une pente d'un cône volcanique permet de distinguer, en fonction de l'intensité du rajeunissement par l'érosion.

Intensité du rajeunissement	-	des sols de la S/cl des andosols peu différenciés G. vitrique
	-	des sols de la S/cl des andosols différenciés G. saturé S/G chromique
	-	des sols de la S/cl des andosols différenciés G. désaturé S/G chromique
	-	des sols ferrallitiques désaturés

1.2. Les sols de l'Ankaratra

Généralités

Les sols présentant des propriétés d'andosols ont été reconnus à une altitude supérieure à 2.000 m. A cette altitude la pluviométrie atteint près de 3 m et la température moyenne annuelle s'abaisse à 10°.

Les variations de la roche mère semblent influencer assez peu la morphologie et les propriétés des sols.

Morphologie des profils

Les profils sont de type A (B) C.

Un horizon A₁₁ d'une épaisseur de 20 à 30 cm noir (5 YR 2/1), très organique, toujours humide. La texture est argileuse à argilo-limoneuse. La structure est polyédrique fine plus ou moins émoussée ; en séchant les éléments se rétractent et deviennent très durs. La porosité est forte. L'enracinement est dense.

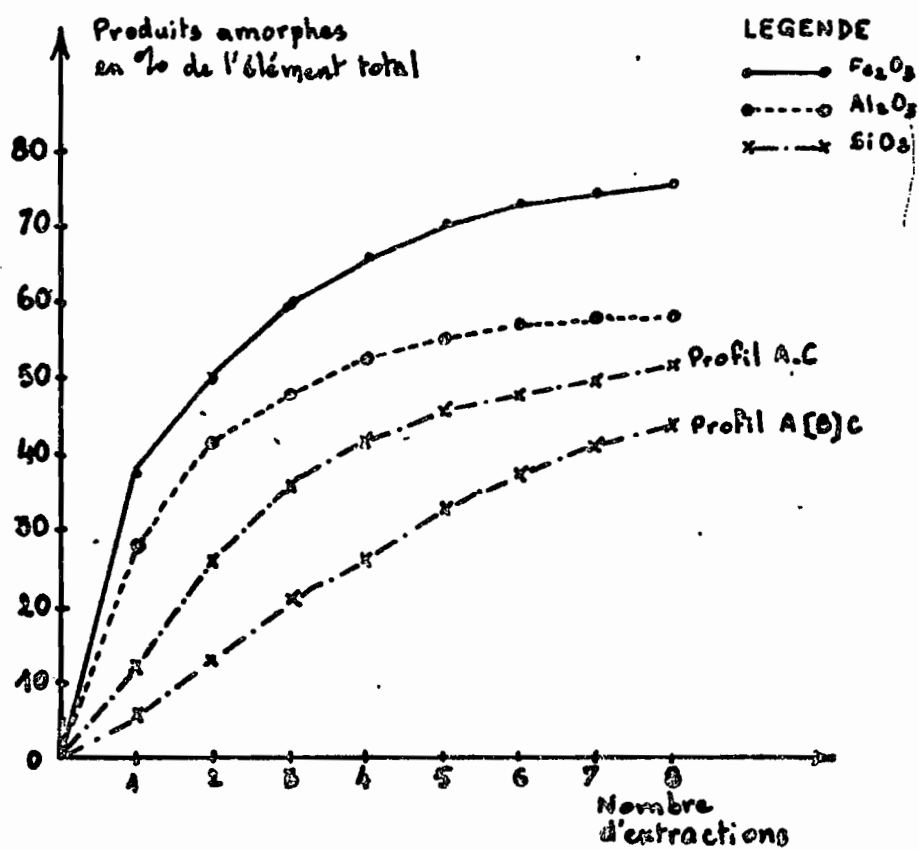


FIG. 3
Produits amorphes dans
les sols de l'Itasy

Un horizon A_{12} brun foncé (5 YR 2/2) humide. La texture est argileuse. La porosité est forte. Nombreuses fines racines.

Un horizon (B); toujours fortement humide, brun jaune à brun rouge (5 YR 4/4), argileux, structure continue à l'état frais, se structure fortement sur les parois des talus séchés. Porosité tubulaire forte, pas de racines.

L'horizon C a une épaisseur qui dépend de la position topographique du sol, il est toujours très riche en minéraux primaires.

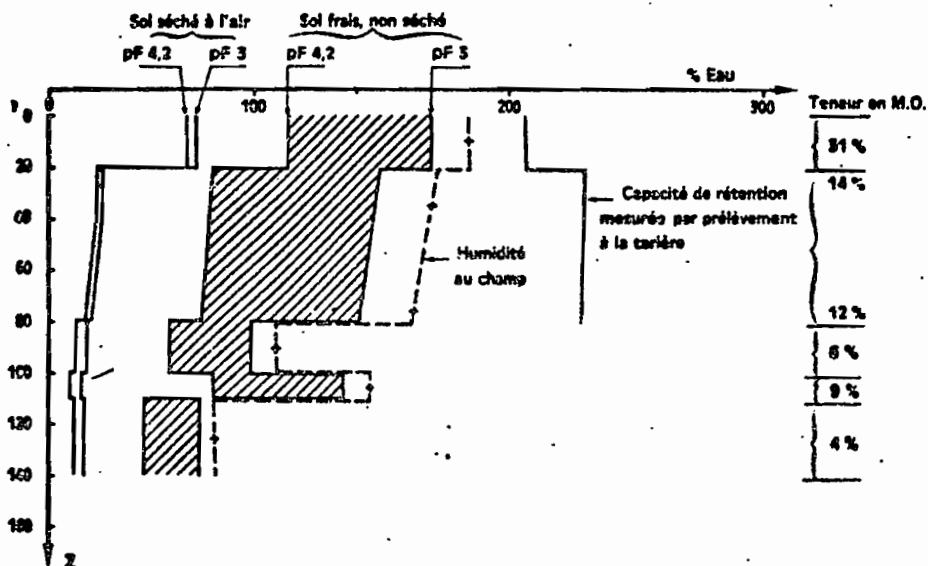
Propriétés physiques

La texture est argileuse dans l'ensemble du profil, les teneurs en argile sont toujours supérieures à 50%.

Les teneurs en eau du sol frais atteignent 180% dans l'horizon humifère et 100% dans l'horizon B. La dessiccation est fortement irréversible. (fig. 4).

La densité apparente est comprise entre 0,4 et 0,7.

Fig. 4 - Profil hydrique, sol frais - sol séché à l'air



Propriétés chimiques

Les teneurs en matière organique sont élevées : 180% de carbone total dans l'horizon A_{11} , 80% dans A_{12} et 35% dans (B). Le rapport C/N est élevé, égal à 20; il ne varie pas beaucoup dans le profil.

Le rapport $\frac{A}{F}$ égal à 1,5 en surface, s'abaisse progressivement en profondeur ou il atteint des valeurs égales à 0,7 - 0,8.

La désaturation du profil est forte, le pH est compris entre 4,5 et 5.

Le taux de saturation est inférieur à 1% avec une C E C de 16 à 20 mé pour 100 g et des teneurs échangeables de l'ordre de 0,15 mé/100 g .

Les teneurs en éléments totaux sont de 12 à 15 mé/100 g.

Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ est de l'ordre de 1,2 à 1,6.

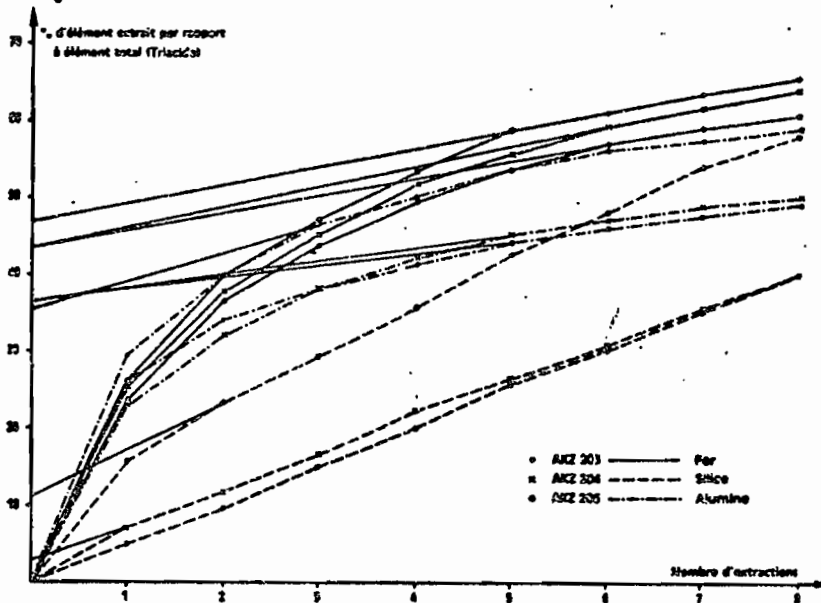
Propriétés minéralogiques

La gibbsite ainsi que la kaolinite sont facilement identifiables à l'aide des diagrammes de R X et de l'analyse thermique différentielle .

La détermination des produits amorphes par la méthode de SEGALIEN montre (fig. 5).

- 45% du fer total est à l'état amorphe soit 8 à 9% de sol.
- 35% de l'aluminium total est à l'état amorphe soit 9 à 10% de sol.
- la silice amorphe est par contre en très faible quantité 0,1 à 0,2% de sol.

Fig. 5 - Extractions de substances amorphes (Ségalien), Sols d'Ankaratra



Conclusion

Si par leurs propriétés morphologiques et certaines de leurs propriétés physiques les sols de l'Ankaratra se rapprochent des andosols, ils en diffèrent par leurs propriétés minéralogiques ; ils ne possèdent que peu ou pas de produits siliceux amorphes. Ces sols, déjà très évolués, pourraient être classés comme sols ferrallitiques dans un groupe andique.

Dans le cas de leur maintien dans la classe des andosols, ils seraient à classer dans la sous-classe des andosols différenciés, groupe perhydrate, sous-groupe mélanique.

Quelque soit la place de ces sols dans la classification, il est certain que le climat frais et humide de l'Ankaratra semble être responsable de la plupart des propriétés andiques de ces sols.

1.3. Les sols de la Réunion

Généralités

Les sols étudiés ici ont été prélevés sur le versant occidental de l'île. Les andosols se trouvent à une altitude comprise entre 950 à 1.500 m.

La pluviosité est comprise entre 1.350 et 1.700 mm, la température moyenne annuelle entre 10 et 15°. La saison sèche dure de 2 à 5 mois, son effet est très atténué par l'ennuage et les brumes.

Morphologie des profils

Les andosols ont un profil de type A (B) C . Leur épaisseur, jamais très élevée, est comprise entre 60 et 150 cm.

L'horizon humifère d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur est noir lorsqu'il est sec mais la couleur devient brun sombre parfois jaune sombre sur une coupe rafraîchie (10 YR 4/3 à 10 YR 3/4). La couleur de l'horizon (B), à l'état humide est brun jaune sombre (10 YR 4/4) ; elle peut devenir plus claire ou plus grise en profondeur. La couleur du sol sec ne présente pas beaucoup de différence avec celle du sol humide , elle s'éclaircit légèrement.

La texture paraît limono-argileuse à limoneuse dans l'horizon A, elle est plus argileuse dans l'horizon (B) et redevient plus sableuse dans l'horizon C . Le caractère "savonneux" est toujours très développé.

La structure est particulière dans l'horizon A , souvent soufflée ; quelques éléments polyédriques émoussés de taille moyenne peuvent exister, ils sont très friables. Dans les horizons (B) et C , la structure est le plus souvent continue mais peut être parfois polyédrique émoussée fine à moyenne dans (B).

La cohésion est toujours très friable dans les horizons A et C , qui sont meubles . L'horizon (B) est souvent meuble mais peut présenter une très légère compacité en place.

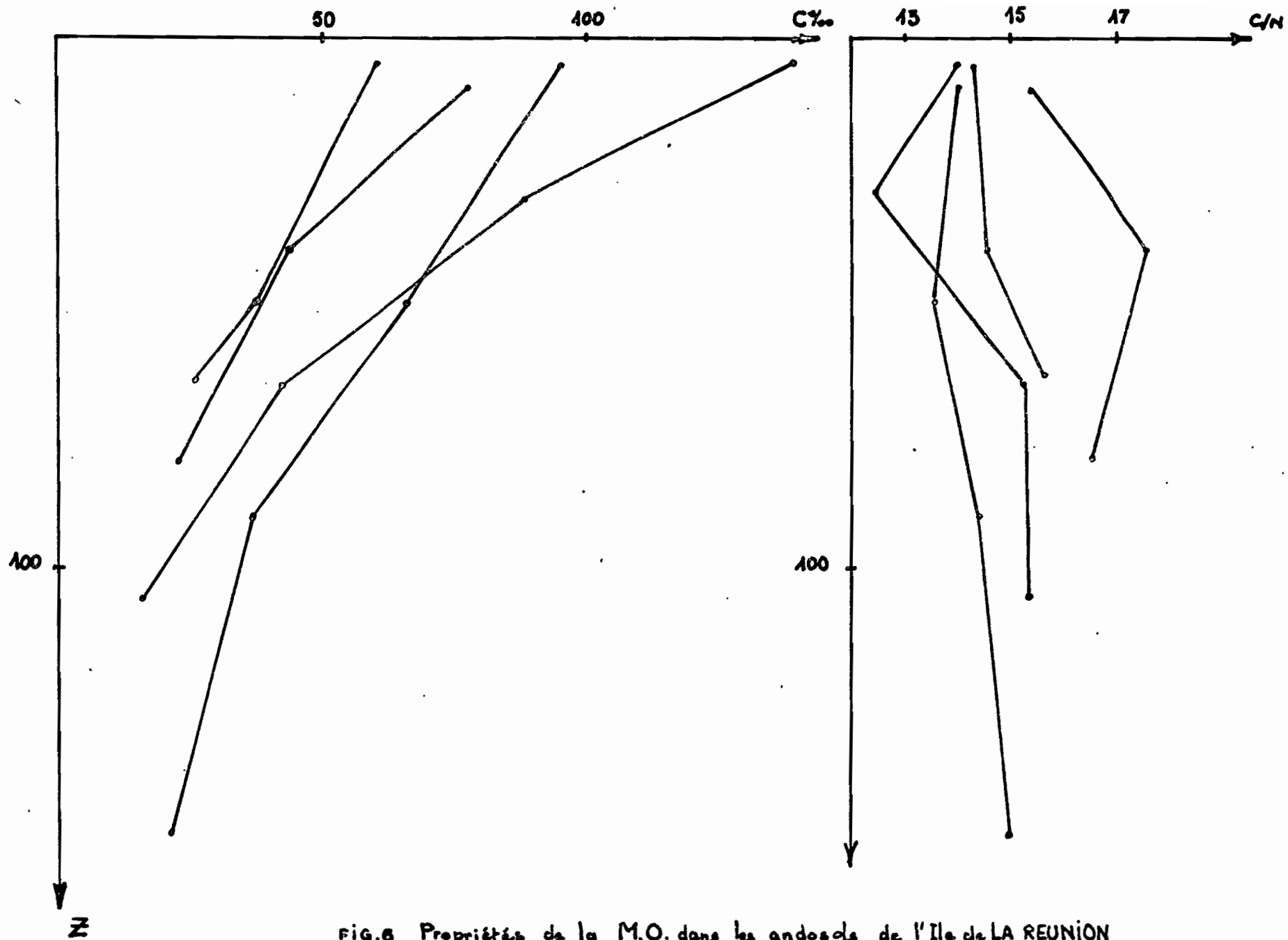


FIG. 6 Propriétés de la M.O. dans les andosols de l'île de LA REUNION
Carbone total et Rapport C/N

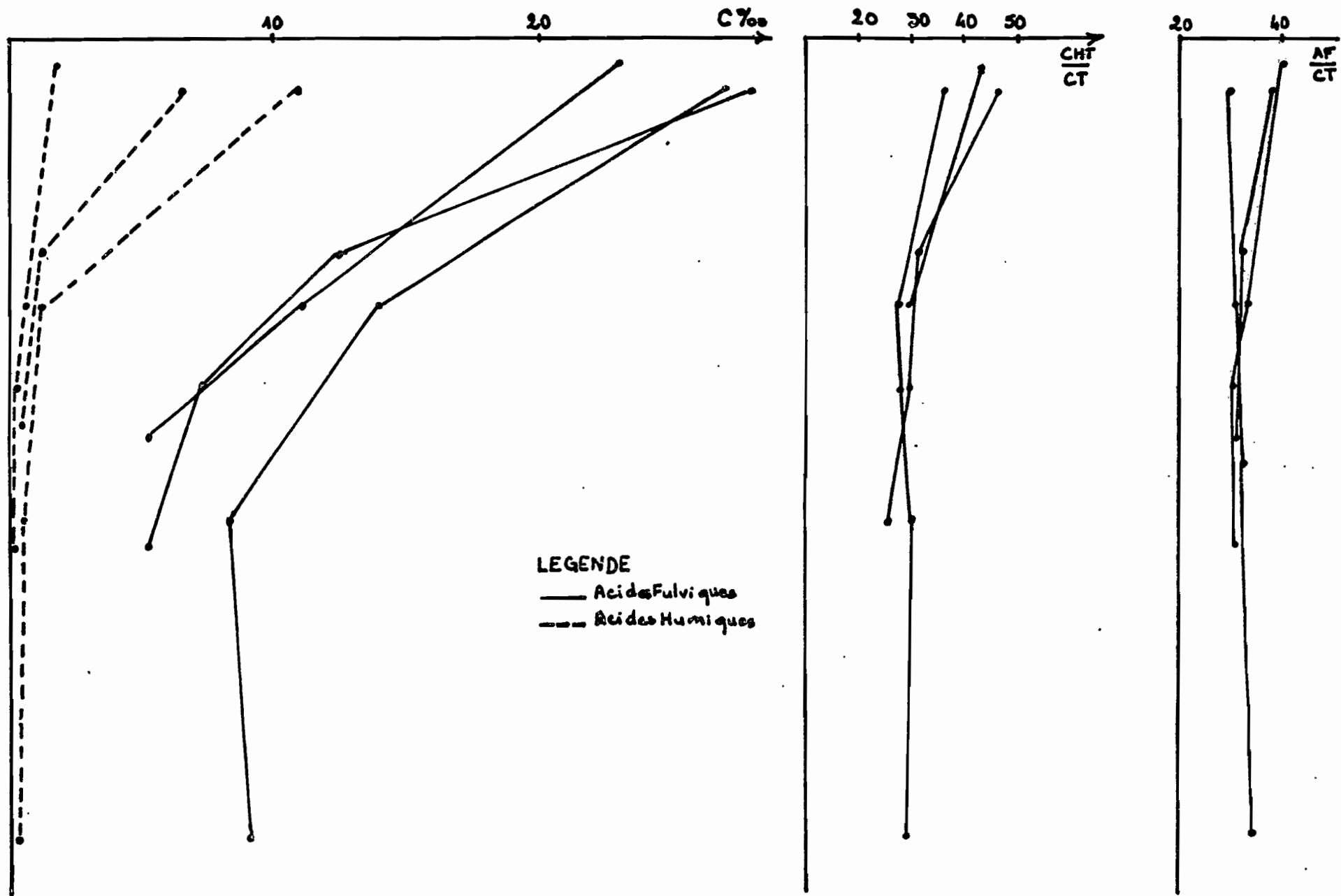
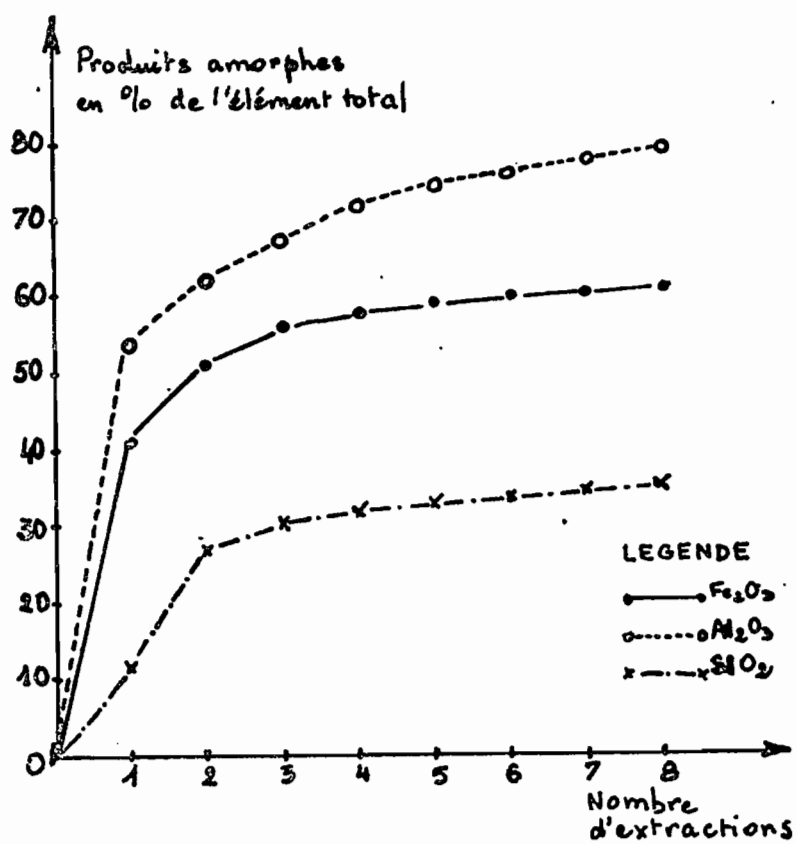


FIG. 7 Propriétés de la M.O. dans les andosols de l'île de LA REUNION
 Acides Humiques et Fulviques

FIG. 8
Exemples de détermination des
produits amorphes dans
les andosols de LA REUNION



Classification

Ces sols présentent la plupart des propriétés des andosols ; très hydratés et fortement désaturés, ils sont à classer dans la sous-classe des andosols différenciés , groupe perhydratés.

Evolution des propriétés des sols dans une toposéquence à La Réunion

Dans une séquence étudiée sur le versant occidental de l'île de La Réunion (fig. 9) il existe une étroite corrélation entre les types de sol et l'altitude , c'est-à-dire la pluviosité. Celle-ci augmente en effet de façon très régulière avec l'altitude alors que la température moyenne diminue (fig. 10).

Ainsi du niveau de la mer à 1.800 m on observe (fig. 11)

0 à	650 m	Sols ferrallitiques faiblement désaturés
650 à	950 m	Sols ferrallitiques moyennement désaturés à caractères andosoliques
950 à	1.500 m	Andosols
1.500 à	1.800 m	Podzols

Dans le passage des andosols aux sols ferrallitiques faiblement désaturés certaines caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques évoluent très régulièrement :

Morphologie

Les caractéristiques morphologiques qui varient le plus nettement sont la couleur, la texture , la compacité du profil et la structure.

La couleur de brun jaune (10 YR 4/4) dans les andosols, passe au brun rouge 5 YR 4/2 à 5 YR 4/3 dans les sols ferrallitiques faiblement désaturés

La texture devient plus argileuse :

Andosol	teneur en argile	5 à 15 %
Sols ferrallitiques moyennement désaturés	teneur en argile	35 à 60 %
Sols ferrallitiques faiblement désaturés	teneur en argile	70 à 75 %

La compacité de l'horizon sous-jacent à l'horizon humifère augmente

La structure de polyédrique très fine à continue, toujours faiblement marquée dans les andosols, devient polyédrique fine fortement développée dans les sols ferrallitiques faiblement désaturés

Propriétés hydriques

Les teneurs en eau des profils en place et la dessiccation irréversible du sol diminuent lorsque l'on passe des andosols aux sols ferrallitiques faiblement désaturés (fig. 12).

Fig10- PLUVIOSITE ET TEMPERATURES EN FONCTION DE L'ALTITUDE, Ile de La Réunion

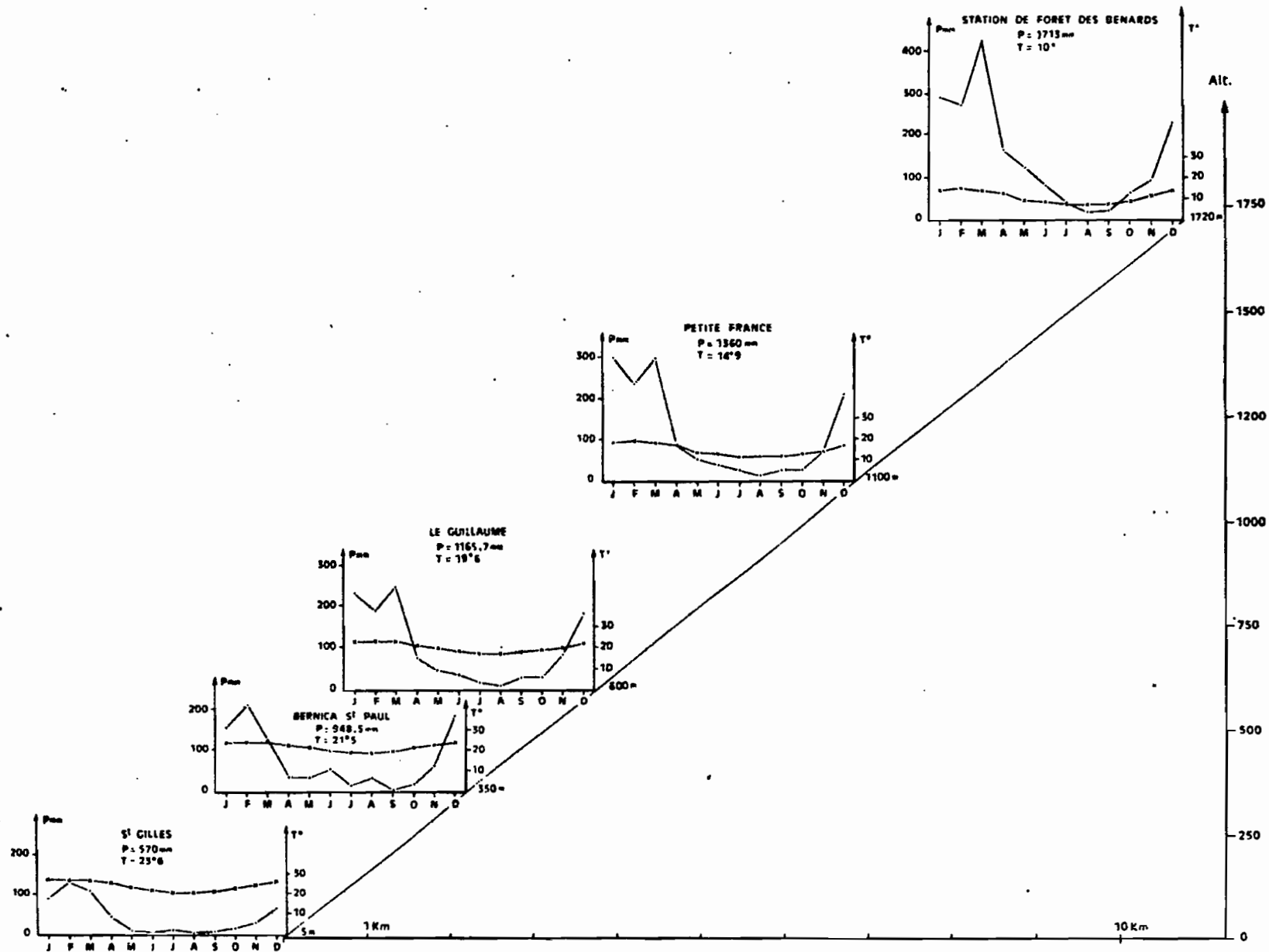


FIG. 11

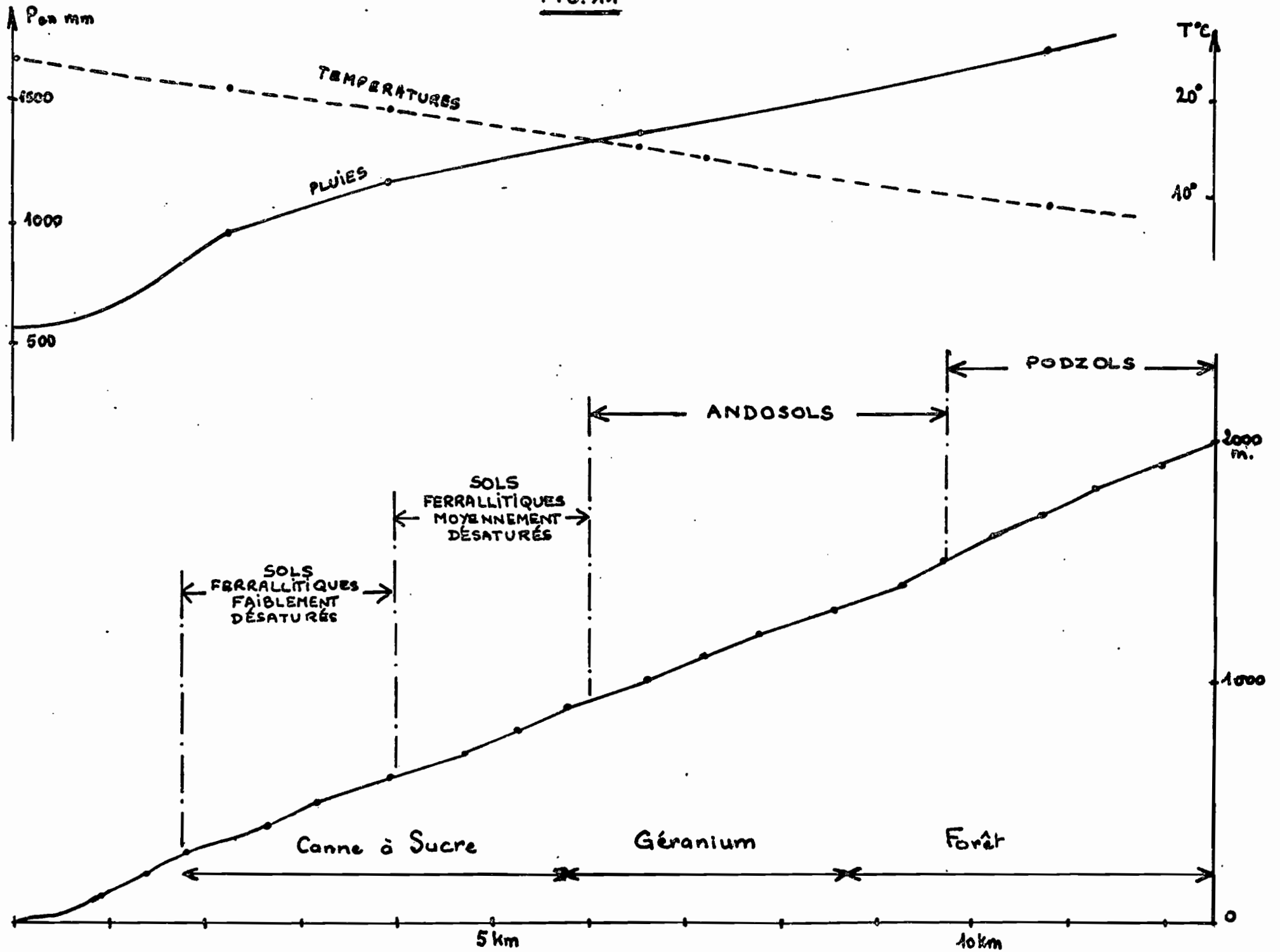


FIG.12. EVOLUTION des PROPRIETES HYDRIQUES

LEGENDE

- Teneur en eau du sol frais en place
- Humidité à pF 3 et 4,2 sur sol frais
- - - Humidité à pF 3 et 4,2 sur sol séché

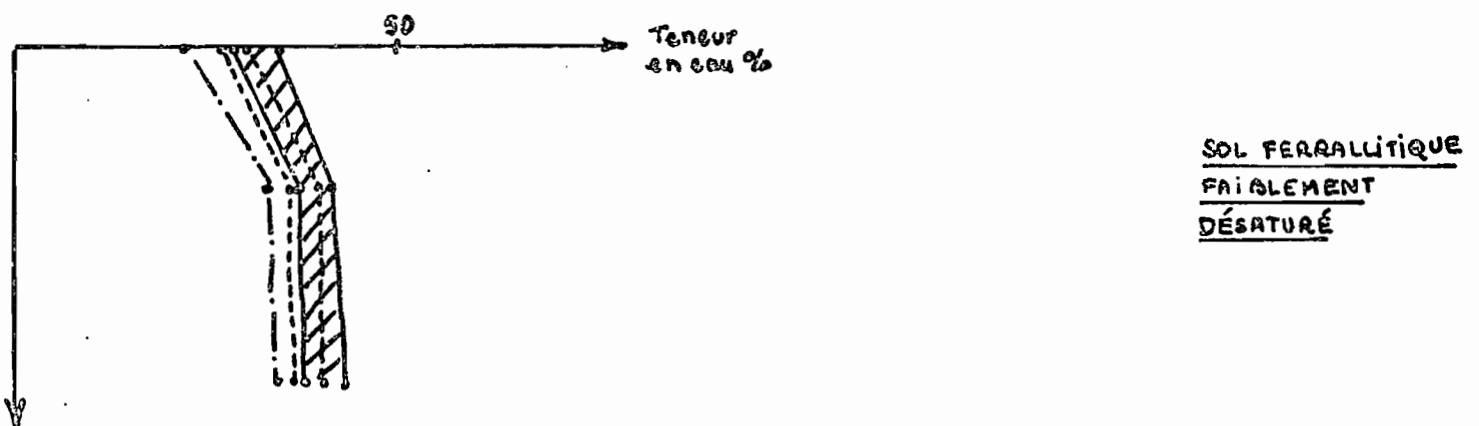
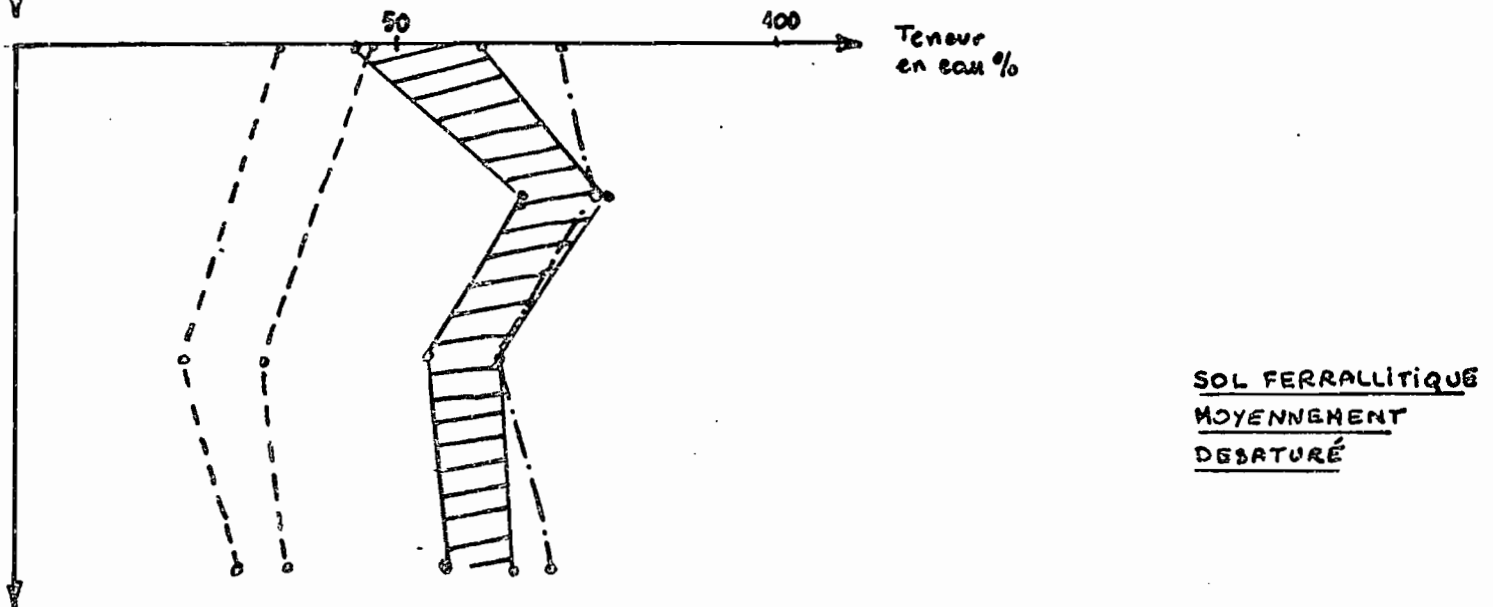
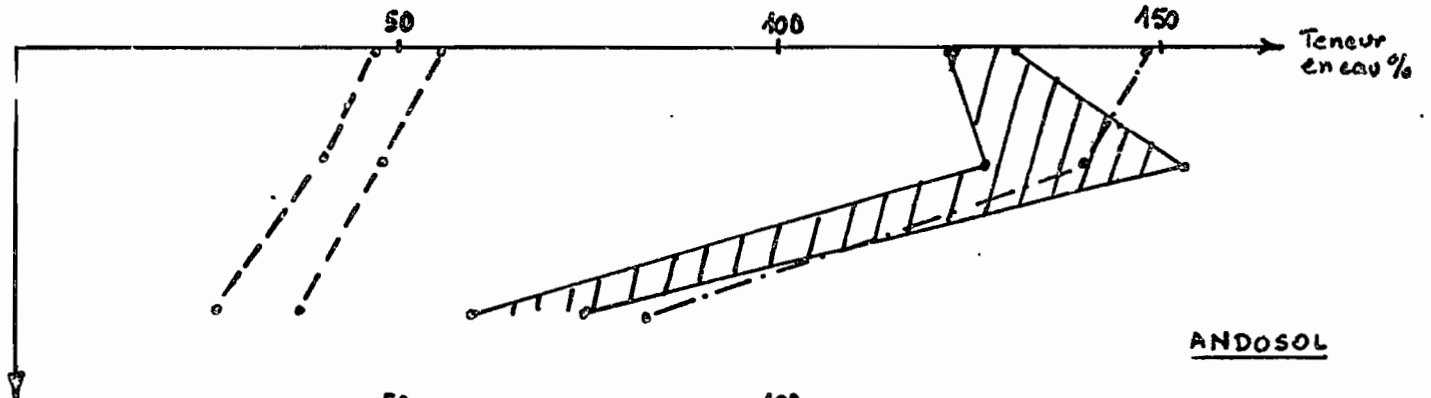


FIG. 13 TEST de FIELDS et PERROT au laboratoire
Evolution du pH en fonction du temps

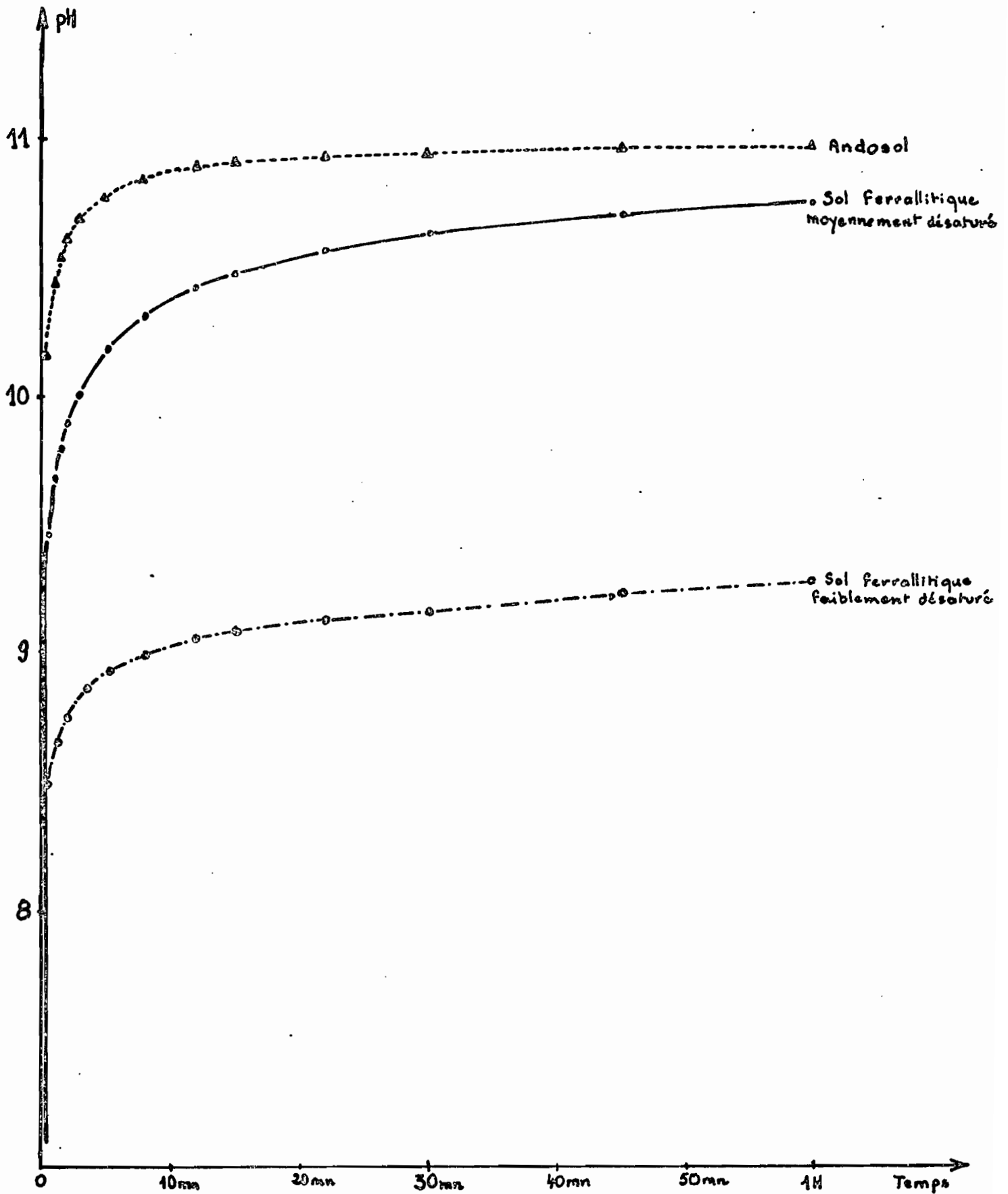


FIG. 14. SUBSTANCES AMORPHES "SEGALEN"

Comparaison d'andosol et de sols ferrallitiques dans une toposéquence.

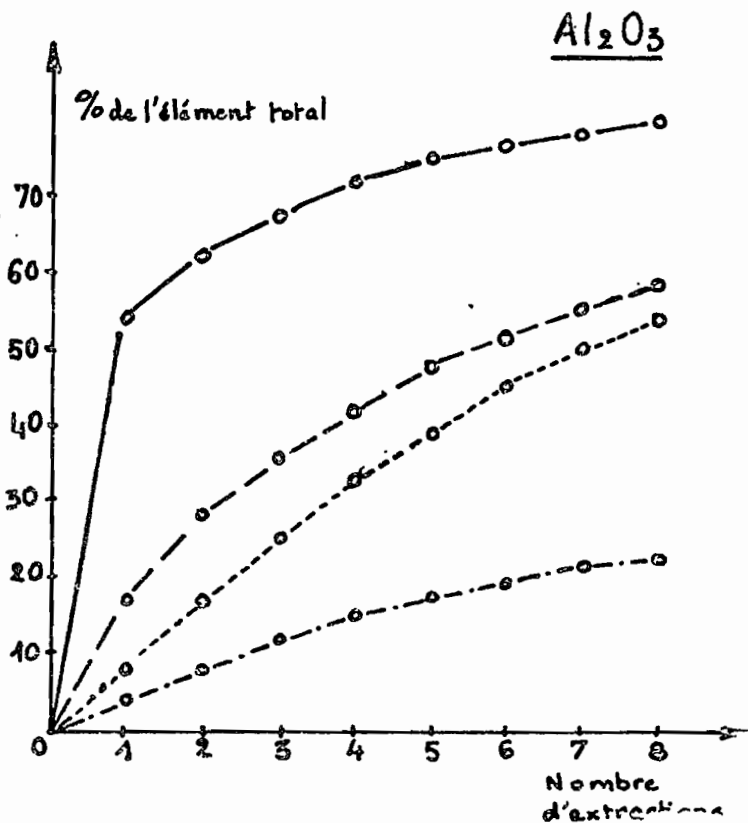
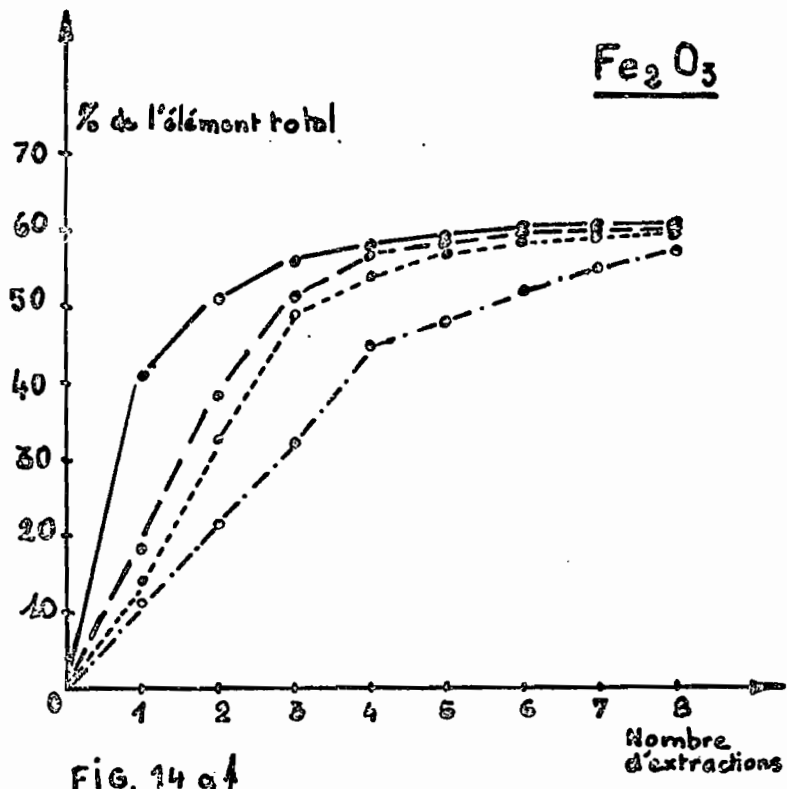
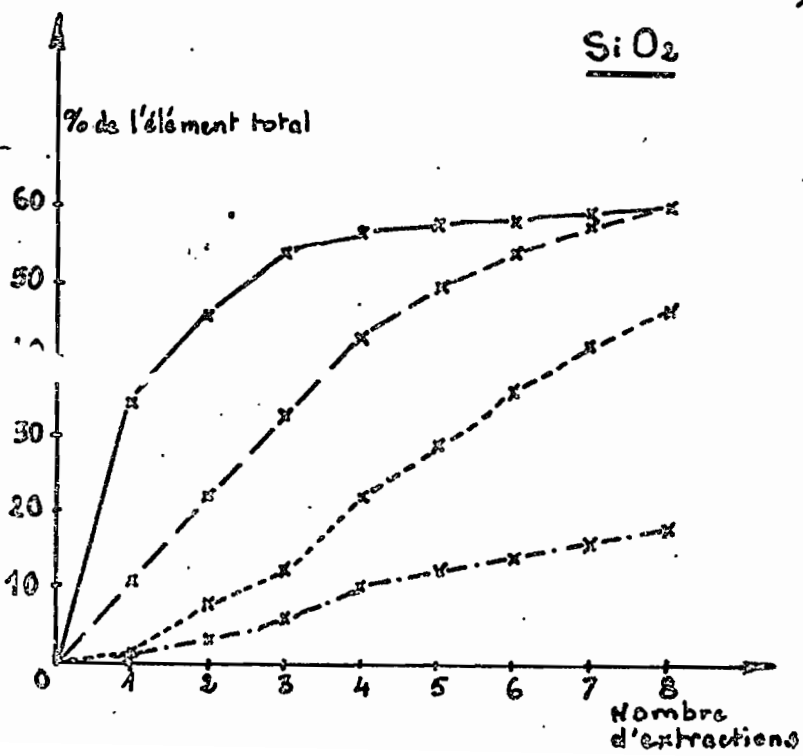


FIG. 14 a

FIG. 14 b

FIG. 14 c



LEGENDE

- Andosol
- - - } Sols ferrallitiques
- - - } moyennement désaturés
- . - } Sol ferrallitique
- . - } faiblement désaturé

- Un horizon A_2 gris humide à structure particulière constituée par des phytolithes de la taille des limons fins et grossiers

- Sous cet horizon A_2 se trouve un horizon d'accumulation brun noir d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. La texture est limono-argileuse. La structure est polyédrique émoussée fine friable. L'enracinement est toujours bon. Quelques taches rouille indurées peuvent apparaître.

- Sous cet horizon d'accumulation se trouve un horizon brun jaune équivalent à l'horizon (B) des andosols.

On a donc morphologiquement un podzol développé sur andosol.

Propriétés

Toutes les propriétés physiques et chimiques des andosols se retrouvent dans l'horizon (B)C des podzols.

Les propriétés caractéristiques des premiers horizons du podzol sont :

La matière organique (fig. 15)

Les teneurs en carbone atteignent 150 % dans l'horizon humifère, elles s'abaissent à 30 % dans A_2 pour remonter à 100 - 200 % dans l'horizon B_h avant de redescendre de nouveau en profondeur.

Le rapport C/N de 13 à 15 en surface s'abaisse dans A_2 pour remonter en profondeur ou il prend une valeur relativement constante aux environs de 15.

Les acides humiques dominant largement dans l'horizon de surface puis diminuent en profondeur. Le rapport $\frac{A_H}{A_F}$ est de 4 à 5 dans A_1 , 1 à 2 dans A_2 aux environs de 1 dans B_h et toujours inférieur à 0,5 dans les horizons profonds.

Le pH est compris entre 4 et 4,5 dans les horizons A et B_h , il passe à 5 - 5,5 en profondeur.

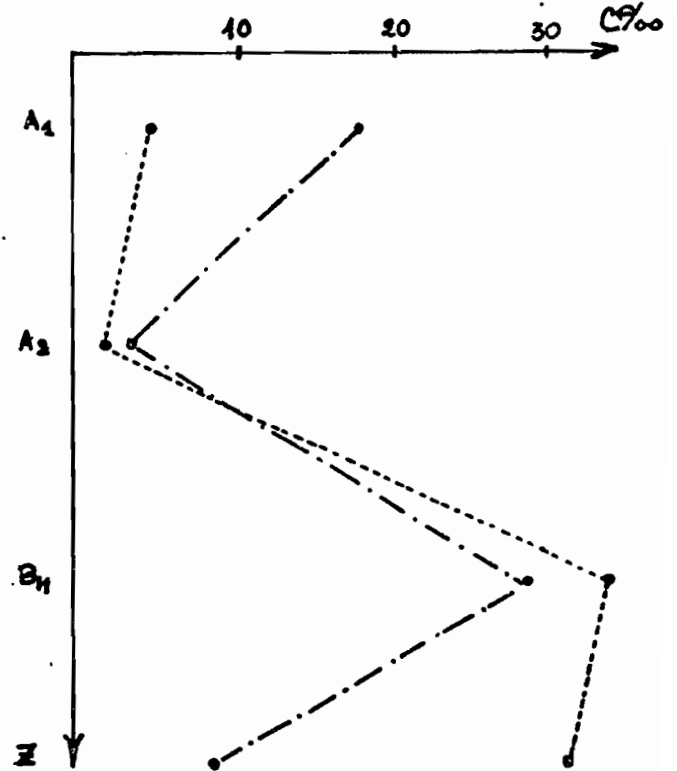
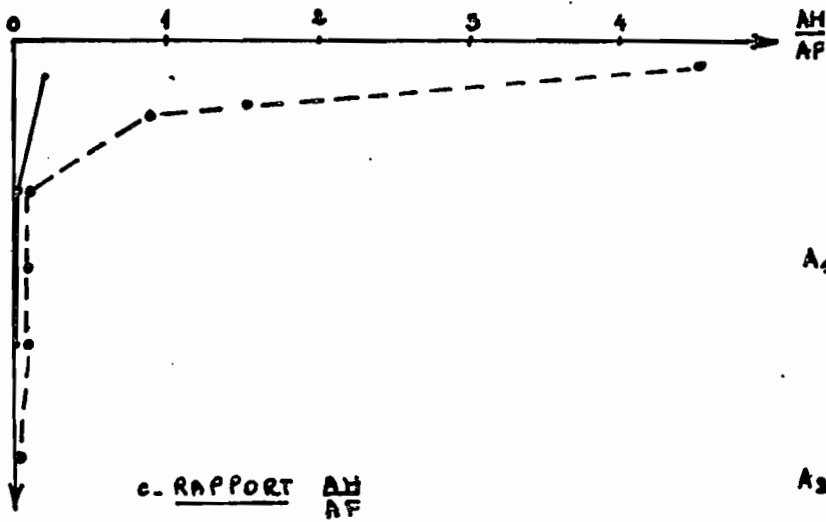
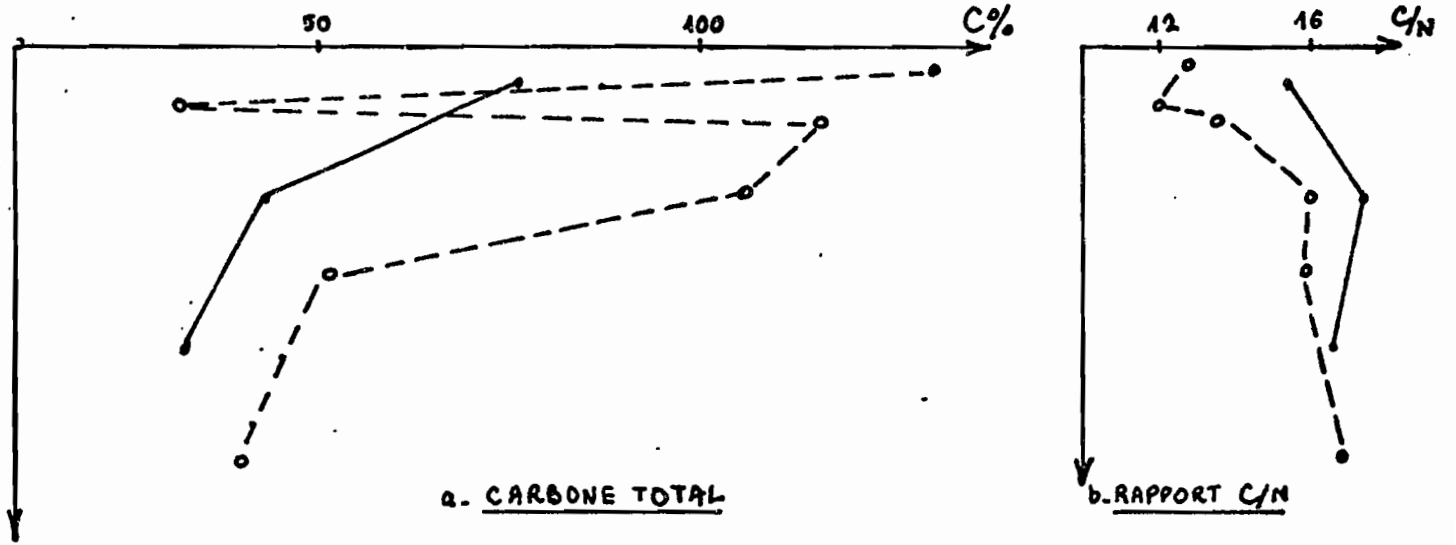
Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ augmente en surface. La principale cause est due à la présence de phytolithes (dissouts en partie par les triacides) mais aussi au lessivage de l'aluminium.

2.3. Passage de l'andosol au podzol

Certains sols bien qu'ayant une morphologie d'andosol peuvent être soumis à la podzolisation; Les principales caractéristiques analytiques permettant de mettre en évidence ce phénomène sont :

- Une augmentation du rapport $\frac{A_F}{A_H}$ en profondeur.

FIG. 15 . MATIÈRE ORGANIQUE DES ANDOSOLS ET DES PODZOLS



LEGENDES

a-b-c-

- Andosol
- - -●- Podzol

d.

- Acides Humiques
- · - · - Acides Fulviques

d. ACIDES HUMIQUES et FULVIQUES dans les PODZOLS

- Une diminution du rapport $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ liée entre autre au lessivage de l'aluminium
- Une augmentation du résidu à l'attaque triacide dans les horizons de surface par rapport aux horizons de profondeur.
- Un abaissement du pH dans les horizons de surface

Conclusions

- L'étude des andosols à Madagascar et à La Réunion montre bien que deux facteurs, la jeunesse du matériau originel et le climat, sont essentiels quant à l'existence des andosols. Dans l'Ifaty la présence des andosols doit être attribuée essentiellement au rajeunissement incessant des sols, alors qu'à La Réunion celle-ci est étroitement liée au climat. Ce dernier permet également d'expliquer la conservation de certains caractères andiques dans des sols, tels ceux de l'Ankaratra, dont l'évolution est déjà poussée et qui ne présentent plus de produits siliceux amorphes.

- Le phénomène de podzolisation peut être, sur les andosols, assez intense pour aboutir dans des cas particuliers à la formation de véritables podzols. C'est ainsi qu'à La Réunion, grâce à la présence de phytolithes, l'horizon A₂ du podzol peut se former. Il semble que cette podzolisation soit plus fréquente qu'on ne le supposait dans les andosols, notamment ceux possédant une matière organique riche en acides fulviques, et qu'elle puisse, dans le cas présent, aller à l'encontre de la thèse reconnaissant aux acides fulviques un effet protecteur sur les allophanes.

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