

Andosols saturés sur cendres basaltiques des Nouvelles-Hébrides

P. QUANTIN

Introduction

- 1 - Définition
- 2 - Caractéristiques morphologiques
 - 2.1. Haut du profil
 - 2.2. Sols enterrés
- 3 - Caractéristiques physiques
- 4 - Caractéristiques chimiques
 - 4.1. Sol total
 - 4.2. Fraction $< 2 \mu$
 - 4.3. Substances amorphes (SEGALEN)
- 5 - Caractéristiques minéralogiques
 - 5.1. Sol total
 - 5.2. Fraction $< 2 \mu$
- 6 - Evolution des produits d'altération amorphes et cristallogénèse des argiles
 - 6.1. En fonction du temps
 - 6.2. En fonction de la répartition pluviométrique
- 7 - Fertilité

Bibliographie

Introduction

L'archipel des Nouvelles-Hébrides est situé dans le Sud Ouest de l'Océan Pacifique entre 13 et 21° de latitude Sud, 166 et 170° de longitude Est, à proximité de la Nouvelle-Calédonie.

C'est un arc volcanique de formation récente, remontant à l'époque Miocène, présentant encore plusieurs foyers d'activité très récents ou actuels. La majeure partie des sols, du moins en surface, s'est formée à partir de cendres volcaniques d'âge récent.

Le climat est généralement équatorial, c'est-à-dire chaud ($T_m \approx 26^\circ\text{C}$) et humide ($P_m \geq 2\text{ m/an}$). Il se différencie cependant sur les îles volcaniques à fort relief :

- a / sur le versant exposé aux vents alizés, la pluviométrie varie de 2,50 m à plus de 5 m s'accroissant avec l'altitude et la nébulosité ; sa répartition est assez régulière pendant toute l'année ;
- b / sur le versant protégé des vents alizés. La pluviométrie décroît sensiblement, pouvant varier entre 1 m et 2 m environ et devient irrégulière ; le climat est alors tropical et contrasté.

Les sols jeunes formés sur des cendres volcaniques d'âge récent sont assez bien représentés aux Nouvelles-Hébrides ; parmi eux il est distingué des Sols Peu Evolués non climatiques d'apport volcanique friable, des Andosols différenciés saturés et désaturés sur cendres et laves basaltiques ou andésitiques, des Sols Bruns Eutrophes tropicaux sur cendres basaltiques ou andésitiques.

Parmi les Andosols, il a paru intéressant de décrire les Andosols différenciés saturés, dont les sols d'Aoba nous offrent un bon exemple. (P. QUANTIN, 1972). Un profil polyphasé de sols du Nord Ambrym montrant le passage d'un sol Peu Evolué à un Andosol saturé nous permettra aussi d'observer le début de la genèse de ces sols au cours du temps.

1 - Définition.

Les Andosols saturés d'Aoba sont des sols à profil différencié A, (B) , C ou A, (B) - C , et polyphasé, c'est-à-dire constitué de plusieurs sols superposés correspondant à plusieurs dépôts alternativement fins et

grossiers de cendres volcaniques. Il s'agit de produits pyroclastiques provenant d'éruptions récentes. L'âge de deux de ces dépôts a été daté au C. 14 par Mme G. DELIBRIAS (du C.F.R. de Gif-sur-Yvette, en 1968) sur deux sols enterrés :

1.000 ans vers 1 m de profondeur et 1.500 ans vers 3 m. Le sol superficiel a donc tout au plus un millénaire d'existence.

La composition pétrographique des cendres, par analogie avec celle des laves déterminée par J.F. PARROT (1970), est en moyenne proche des ankaramites : ce sont des basaltes mélanocrates, riches en phénocristaux d'augite et en microlites de plagioclases calciques et plus ou moins pauvres en olivine. Les basaltes riches en olivine : océanites, picrites sont rares. Par leur composition chimique, les ankaramites sont basiques : elles contiennent entre 46 et 50% de SiO_2 , et sont riches en CaO, MgO, FeO et cependant aussi assez riches en alcalins (notamment en K_2O) et en P_2O_5 .

Les sols, bien que très jeunes, sont très humifères : ils contiennent de 5 à 15% de matière organique bien humifiée (C/N \approx 10) dans l'horizon A_1 . Les cendres sont profondément brunifiées ou rubéfiées. Les sols sont riches en substances amorphes : 10 à 25% selon la méthode SEGALLEN ; ces "amorphes" sont très siliceux ; cependant la réaction au test de F Na (FLEIDES) est souvent positive, surtout dans la profondeur du profil ou dans les régions climatiques les plus humides. Doués d'une capacité de rétention pour l'eau et d'une capacité d'échange de cations relativement élevées en regard de la quantité de fraction granulométrique inférieure à 2μ , mais pauvres en minéraux argileux ou en hydroxydes cristallisés, ils correspondent bien à la définition des andosols.

Ce sont de plus des Andosols à profil différencié, à capacité d'échange saturée en cations, et à horizon humifère chromique (couleur 10 - 7,5 YR 2 - 3 / 2). Il faut ajouter que les sols considérés ici sont situés à basse altitude (< 400 m d'altitude), sous un régime pluviométrique relativement modéré ($F_m < 3 - 4$ m/an) permettant une déshydratation temporaire du sol à une profondeur et pendant une durée variables suivant l'orientation des versants ; ils se forment cependant sous une végétation forestière ou arbustive dense.

Il sera traité tout d'abord rapidement de leurs principales caractéristiques puis seront exposées quelques hypothèses quant à l'évolution historique de la cristallogénèse de leurs produits d'altération : amorphes, argiles et hydroxydes.

2 - Caractéristiques morphologiques

Le profil est presque toujours polyphasé, sauf s'il est situé sur une coulée de lave très récente, faiblement recouverte de cendres. Le plus souvent le sol supérieur comprend un horizon humifère nettement caractérisé et en dessous un horizon (B) ou (B) - C recouvrant un niveau plus grossier de lave, de lapillis scoriacés ou de cendres, encore peu altéré. En dessous, on observe fréquemment une succession de sols enterrés, pouvant atteindre une profondeur de plusieurs mètres.

2.1. Morphologie du haut d'un profil

- A₁ 0 - 10-25 cm brun gris foncé (7,5 à 10 YR 2/2 à 3/2) ; très humifère (5 - 15%) et limono-sableux ; structure grumeleuse fine tendant à être mieux développée et plus cohérente dans la région la plus sèche, en général friable ; enracinement dense ; porosité très forte (70%) et faible densité apparente (0,75) ; ne réagit au test NaF que dans les régions les plus humides mais pas dans les plus sèches.
- (B) ou (B)-C --- 40 à 120 cm brun [±] foncé 10 - 5 YR 3/2 à 4/4 ; humifère (0,5 - 3%) et limono-sableux à sablo-limoneux, parfois graveleux (projections grossières) ; structure faiblement cimentée continue tendant à être particulaire quand graveleux ou plus sec ; faible densité et très forte porosité ; réagit généralement au test Na F

2.2. Sols enterrés ; exemple du profil de Lolopuepue.

7 sols superposés recouvrant une coulée de lave à 5 m de profondeur.

I	A ₁	0 - 20 cm	brun très foncé
	(B)	20 - 50 cm	brun
	(B)-C	50 - 80 cm	brun plus clair
II	Scories grossières	80 /100	grise
	Sol A (C)	100 /140	brun-clair
	Cendres peu altérées	140/160	grise
III	Sol A/C	160 /1 80	brun clair

IV	Sol brun A	180/ 200
	Scories grossières altérées C	200/ 220
V	Cendres et scories altérées	220/ 290
	Cendres peu altérées C	290/ 300
VI	Sol brun A	300/ 320
	Cendres altérées (B)	320/ 400
	Cendres peu altérées C	400/ 420
VII	Sol brun A	420/ 440
	Lave altérée C	440/ 500
	Lave dure	500

Noter : l'alternance fréquente de dépôts fins altérés et humifères et de dépôts grossiers , peu altérés, superficiellement rubéfiés ou brunifiés ; les laves sont brunifiées en surface.

3 - Caractéristiques physiques (tableau 1)

- Texture : limono-sableuse à sablo-limoneuse ; souvent très humifère dans l'horizon superficiel .

Noter que la fraction $< 2 \mu$ est peu abondante :

- en A_1 , 4 à 22%
- en (B)-C , 2 à 12%

La quantité de cette fraction mesurée par granulométrie est probablement inférieure à la réalité car inférieure aussi à la teneur du sol en substances amorphes (SIGALEN) ou trop faible pour correspondre aux valeurs de rétention d'eau à $pF = 3$, de surface spécifique ou de capacité d'échange de cation. La mauvaise dispersion de la fraction argileuse malgré l'usage d'ultrasons et le choix du meilleur pH de dispersion, est caractéristique des sols à allophane.

- Rétention de l'eau :

Les valeurs obtenues à $pF = 3$ en A_1 , 28 à 76%
en (B)-C , 16 à 63%

sont plus élevées dans les sols des régions les plus humides, ou plus basses dans ceux des régions les plus sèches.

Il faut remarquer le fort écart des valeurs $pF = 3 - pF = 4,2$, environ 10 à 15% , correspondant à l'eau facilement disponible aux plantes.

Tableau I - Propriétés physiques des Andosols saturés d'Aoba *

Zone climatique	Très humide		Humide		Humide-sec	
	A ₁	II (B) - C	A ₁	(B) - C	A ₁	(B) - C
Horizon						
Profondeur (cm)	0 à 15	100 à 150	0 à 10-25	40 à 120	0 à 15-20	40 à 100
Couleur Munsell	10 YR 2/2	7,5 YR 3/2	5 à 10 YR 2-3/2	5 à 7,5 YR 3/2 à 4/4	7,5 à 10 YR 3/2 à 3/4	7,5 à 10 YR 3/3 à 4/4
Granulométrie %						
< 2 μ	14,1	10,6	4,3-22,1	2,4- 5,9	9 -18,8	2,8-12,6
2- 20 μ	18,1	17,8	10,7-26,8	5,2-18,4	13,3-28,1	7,1-23,8
20- 200 μ	16,7	42,8	14,7-38,8	20,5-34,8	17,1-34,8	25,6-63,3
200-2 000 μ	41,7	27,5	12,7-45,5	39,4-70,0	11,1-53,5	26,3-54,0
Matière organique	9,4	1,3	5,4-15,0	0,7- 3,1	5,8-13,8	0,4- 1,8
Eau						
H ₂ O à pF = 3 %	76,1	62,6	28,3-75,6	16,1-57,2	30,3-53,6	9,8-38,4
pF = 4,2 %	43,3	35,9	17,6-61,2	8,9-39,9	19,5-39,3	8,2-28,3
Hygroscopicité %	7,1	8,0	5,5-10,5	3,5-10,5	5,4- 9,2	1,1- 9,2
Densité-porosité						
densité apparente	0,75	—	0,77	—	—	—
porosité vol, %	71,4	—	69,3	—	—	—

* Analyses effectuées sur sol conservé humide et rapportées au poids de sol séché à 105°.

- Densité - porosité :

La densité apparente de 0,75 souvent mesurée dans le haut de ces sols, correspond à une forte porosité totale d'environ 70% en volume ^{et} une forte microporosité. Ceci permet aussi un très fort drainage interne.

4 - Caractéristiques chimiques (tableau 2)

4.1. Sol_total :

- Matière organique : noter le rapport C/N de 8 à 12 ($\bar{m} = 10$), indiquant une bonne humification

- C.E.C. - en A₁ , de 21 à 49 mé pour 100 g
en (B)-C, de 8 à 38 mé pour 100 g

La capacité d'échange de cations est fréquemment élevée ; elle semble s'accroître dans la région climatique la plus contrastée et la plus sèche.

- Bases échangeables : Les valeurs sont très élevées.

Ca - en A₁ , de 10 à 37 mé pour 100 g
en (B)-C, de 4 à 23 " "

Mg - en A₁ , de 3 à 12 " "
en (B)-C, de 2 à 11 " "

K - en A₁ , de 0,3 à 4,5 " "
en (B)-C, de 0,2 à 3,9 " "

Na - en A₁ , de 0,2 à 1,3 " "
en (B)-C, de 0,2 à 0,8 " "

Les valeurs de Mg et surtout de K sont exceptionnellement fortes.

- Taux de saturation en cations : Les sols sont toujours fortement saturés, de 74 à 100% en A₁ et de 80 à 100% en (B) - C

- P₂O₅ - assimilable (TRUOG) : Les valeurs sont faibles à moyennes ; variant de 3 à 78 ppm ; des quantités plus fortes sont exceptionnelles et dues à un rajeunissement.

Tableau 2 - Propriétés chimiques des Andosols saturés d'Aoba (1)

Zone climatique	Très humide		Humide				Humide-sec					
	Horizon		A ₁		(B) - C		A ₁		(B) - C			
Profondeur (cm)	0 à 15		100 à 150		0 à 10-15		40 à 120		0 à 15-20		40 à 100	
Matière organique %..	9,4		1,3		5,4 - 15,0		0,7 - 3,1		5,8 - 13,8		0,4 - 1,8	
C/N	11,4		9,6		8,1 - 12,4		9,6 - 11,2		8,7 - 10,0		8,9 - 10,9	
pH (eau)	5,6		6,9		5,9 - 7,4		6,5 - 7,7		6,1 - 6,9		6,7 - 7,6	
Éléments échangeables												
Ca mé p. 100 g ...	10,53		8,50		10,4 - 36,7		8,4 - 19,6		13,6 - 33,1		4,0 - 22,8	
Mg — — — ...	2,74		3,76		4,2 - 10,5		3,0 - 11,0		4,4 - 12,5		2,2 - 10,1	
K — — — ...	0,32		1,27		0,3 - 2,0		0,5 - 3,9		1,0 - 4,5		0,2 - 3,2	
Na — — — ...	0,21		0,29		0,15- 1,3		0,17- 0,84		0,18- 0,33		0,20- 0,56	
CEC — — — ...	21,4		18,2		25,0 - 44,6		13,8 - 37,5		22,7 - 48,8		7,8 - 36,2	
Taux de saturation %.	64,5		76,6		74 - 100		80 - 100		85 - 100		90 - 100	
Phosphore												
assimilable (Truog)	12		1		3 - 78		1 - 20		13 - 25 (580)		(55)	
p.p.m.	3,9		0,8		2,1 - 5,0		0,4 - 3,3		1,6 - 3,7		0,8 - 1,3	
total (HClO ₄) %/°° ..												
Analyse totale (HClO ₄)	Sol		Sol		Sol		Sol		Sol		Sol	
perte au feu %	< 2 μ		< 2 μ		< 2 μ		< 2 μ		< 2 μ		< 2 μ	
résidu %	22,7 30,8		12,0 30,9		13,3- 30,7 21,4-24,2		6,3- 22,0 27,5-29,0		16,2- 19,7 22,3- 26,4		9,7- 11,7 22,6	
SiO ₂ %	27,2 *4,8		34,6 *4,4		21,6- 29,7 *6,4- 8,4		8,4- 38,0 *3,3- 5,0		22,2- 29,4 *4,1- 5,1		27,7- 41,8 *3,4	
Al ₂ O ₃ %	21,6 23,4		23,1 26,3		22,7- 28,5 33,8-51,0		26,0- 33,1 31,0-36,4		25,7- 30,6 31,1- 41,7		22,3- 29,3 46,4	
Fe ₂ O ₃ %	10,0 10,7		9,9 17,3		8,0- 10,3 6,7- 9,2		10,2- 15,4 11,6-15,3		10,1- 10,7 9,7- 11,7		10,7- 12,5 9,3	
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3,7 3,7		4,0 2,6		4,3- 5,4 6,2-13,0		3,6- 4,6 3,4- 5,3		4,1- 4,9 4,5- 7,3		3,5- 4,2 8,5	
Fe ₂ O ₃ %	9,9 25,3		10,1 19,3		7,8- 9,9 11,0-16,9		8,1- 12,4 15,7-17,7		8,4- 9,5 16,4- 21,9		8,5- 9,6 14,3	
SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ ...	2,3 1,5		2,4 1,5		2,5- 3,3 2,9- 6,3		2,4- 3,0 2,0- 2,7		2,7- 3,2 1,8- 3,5		2,3- 2,8 4,3	
Ca mé p. 100 g ...	56,7 7,8		58,1 3,6		63 -115 18 -29		36 -148 16 -28		92 -138 10 - 13		111 -159 11,4	
Mg** — — — ...	298,6 190,4		391,8 29,8		208 -360 69 -85		268 -364 53 -73		222 -273 65 -142		201 -294 109,6	
K — — — ...	2,5 1,3		1,9 0,6		2,3- 6,6 1,3- 1,7		1,3- 7,9 0,6- 1,3		2,5- 7,8 2,5- 10,6		7,0- 13,5 5,1	
Na — — — ...	8,4 2,6		8,4 1,9		8,7- 24,8 2,6- 1,6		4,0- 32 1,0- 3,5		15,2- 25,8 2,6- 2,9		23,9- 30,3 1,0	
Extraits d'amorphes (SEGALIN) (2)												
SiO ₂ %	—		9,9		3,8		9,5-10,1		—		—	
Al ₂ O ₃ %	—		6,9		2,85		7,3- 4,2		—		—	
Fe ₂ O ₃ %	—		6,8		3,0		7,0- 4,3		—		—	
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	—		2,45		2,26		2,2- 4,0		—		—	

(1) Analyses effectuées sur sol séché-air et rapportées au poids de sol séché-air.

(2) Résultats d'amorphes rapportés au poids de sol séché à 105°.

N.B. — (580), (55) résultats exceptionnels du phosphore assimilable sur horizon C de lave altérée.

* Résidus de la fraction < 2 μ importants (3,3 à 8,4 %) et très siliceux contenant de 2,05 à 4,49 % de SiO₂, soit de 48,4 à 66,2 % du poids de résidu. La roche mère ne contenant que 46 à 49 % de SiO₂, il y a eu enrichissement en SiO₂ sous une forme non cristallisée (pas de quartz, ni de cristobalite).

** Les sols issus de roches très basiques sont riches en magnésium ; les argiles en contiennent un peu dans leurs réseaux.

- P_2O_5 - total (extrait H Cl O_4) : Les quantités sont assez élevées :
 en A_1 , de 1.600 à 3.900 ppm
 en (B)-C, de 800 à 3.300 ppm

- Perte au feu : - en A_1 de 16 à 31%
 en (B)-C de 6 à 22%

Ces valeurs élevées, déduction faite de la matière organique, indiquent l'abondance de substances amorphes ou de phyllites argileuses très hydratées.

- Analyse totale (extrait H Cl O_4)

- Le résidu d'attaque est toujours très élevé :

en A_1 de 21 à 31%,

en (B)-C de 6 à 22%

il correspond à l'abondance de minéraux primaires difficilement solubles.

- SiO_2 : en A_1 , de 22 à 31% - en (B)-C , de 22 à 33%

- Al_2O_3 : en A_1 , de 8 à 11% - en (B)-C , de 7 à 12%

- Fe_2O_3 : en A_1 , de 8 à 10% - en (B)-C , de 8 à 12%

- $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$: en A_1 , de 3,7 à 5,4 - en (B)-C , de 3,5 à 4,2

- $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$: en A_1 , de 2,3 à 3,3 - en (B)-C, de 2,4 à 3,0

La quantité de silice par rapport à l'alumine et au fer est anormalement élevée pour des sols tropicaux bien drainés. Ceci indique une évolution géochimique encore peu développée des produits d'altération.

- Cations : Ca = 36 à 159 mé pour 100 g

Mg = 208 à 360 mé pour 100 g

Il faut noter l'abondance des cations alcalino-terreux et surtout du magnésium.

4.2. Fraction $\leq 2 \mu$:

- perte au feu : en A₁ , de 21 à 31% - en (B)-C, de 23 à 31%

Ces valeurs très élevées indiquent la présence de substances amorphes et de phyllites argileuses très hydratées.

- Analyse totale (extrait H ClO₄)

- résidu : 3 - 8% ; il correspond à de fins minéraux primaires ; à noter que ce résidu contient de 53 à 63% de son poids en SiO₂ ; c'est-à-dire qu'il est sensiblement plus riche en silice que la cendre du matériau originel

- SiO₂ : en A₁, de 23 à 51% - en (B)-C , de 26 à 46%
- Al₂O₃ : en A₁, de 7 à 12% - en (B)-C , de 9 à 17%
- $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$: en A₁, de 3,7 à 13,0 - en (B)-C , de 2,6 à 6,5

Cette valeur très élevée et parfois anormale du rapport pourrait faire penser à un excès de silice sous une forme discrète (opale ?) qui n'a cependant été observée que très rarement sous forme de tests de diatomées.

- Fe₂O₃ : en A₁ , de 11 à 25% - en (B)-C, de 11 à 22%
- $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$: en A₁ , de 1,5 à 6,3 - en (B)-C, de 1,5 à 4,3

Le rapport silice/sesquioxyde est nettement moins élevé que celui de silice/alumine. Etant donné l'absence d'hydroxydes sous une forme librement exprimée, il pourrait être imaginé la présence abondante d'argiles 2 : 1 ferrifères dans les produits d'altération.

- Mg (après désaturation par H Cl dilué) :

- en A₁ de 65 à 190 mé pour 100 g
- en (B)-C , de 30 à 110 mé pour 100 g

Le magnésium est probablement abondant dans le réseau des phyllites argileuses, ou des silicates "amorphes".

4.3. Substances amorphes , (figure 1 et 2) :

Produits d'extraction par H Cl (8N) et Na OH (0,5 N) (SEGALEN)

en % du sol total

	A ₁	(B)-C
SiO ₂	3,8	9,9 - 10,1
Al ₂ O ₃	2,9	6,8 - 7,0
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	2,26	2,45 - 2,35

Noter tout d'abord la richesse en silice de ces produits ; cependant elle est sensiblement moindre que dans le sol total ou l'extrait < 2 μ ; ensuite, il faut remarquer que la silice continue à s'extraire facilement ($\sim 12\%$ de SiO₂ en 10 extraits), alors que la dissolution des hydroxydes diminue sensiblement à partir de la 3 ou 4 ème extraction. Cette forme de courbe d'extraction rappelle celle obtenue avec des argiles 2 : 1 magnésiennes et ferrifères (P. QUANTIN , Nouvelle-Calédonie ; analyses de 1972, non publiées).

Les produits d'altération, d'après l'interprétation des courbes de dissolution, pourraient être constitués d'allophane - halloysitique et d'ébauches d'argiles 2 : 1 ferrifères. SILF RUMANN a d'ailleurs mis en évidence des argiles 2 : 1 (vermiculite, M - V et smectite) sur ces sols par diffraction X après enlèvement des amorphes (en 1969).

5 - Caractéristiques minéralogiques :5.1. Sol total (figure 3)

- Le sol total est riche en minéraux primaires : moins de 50%, cependant, d'après la quantité du résidu d'attaque par H Cl O₄ ; il contient principalement beaucoup de plagioclases et d'augite, et un peu d'olivine et de magnétite.
- Le sol total est riche en substances secondaires amorphes :
 - horizon A₁ : peu ou pas d'argiles visibles par diffraction X
 - horizon (B)-C: apparition d'argiles à 10 Å = halloysite
à 14-18 Å = Interstratifiés

Fig. 1 Substances amorphes (extraits HCl (4N), NaOH (0.5N))

n° 2431, Andosol saturé d'Araba, A1

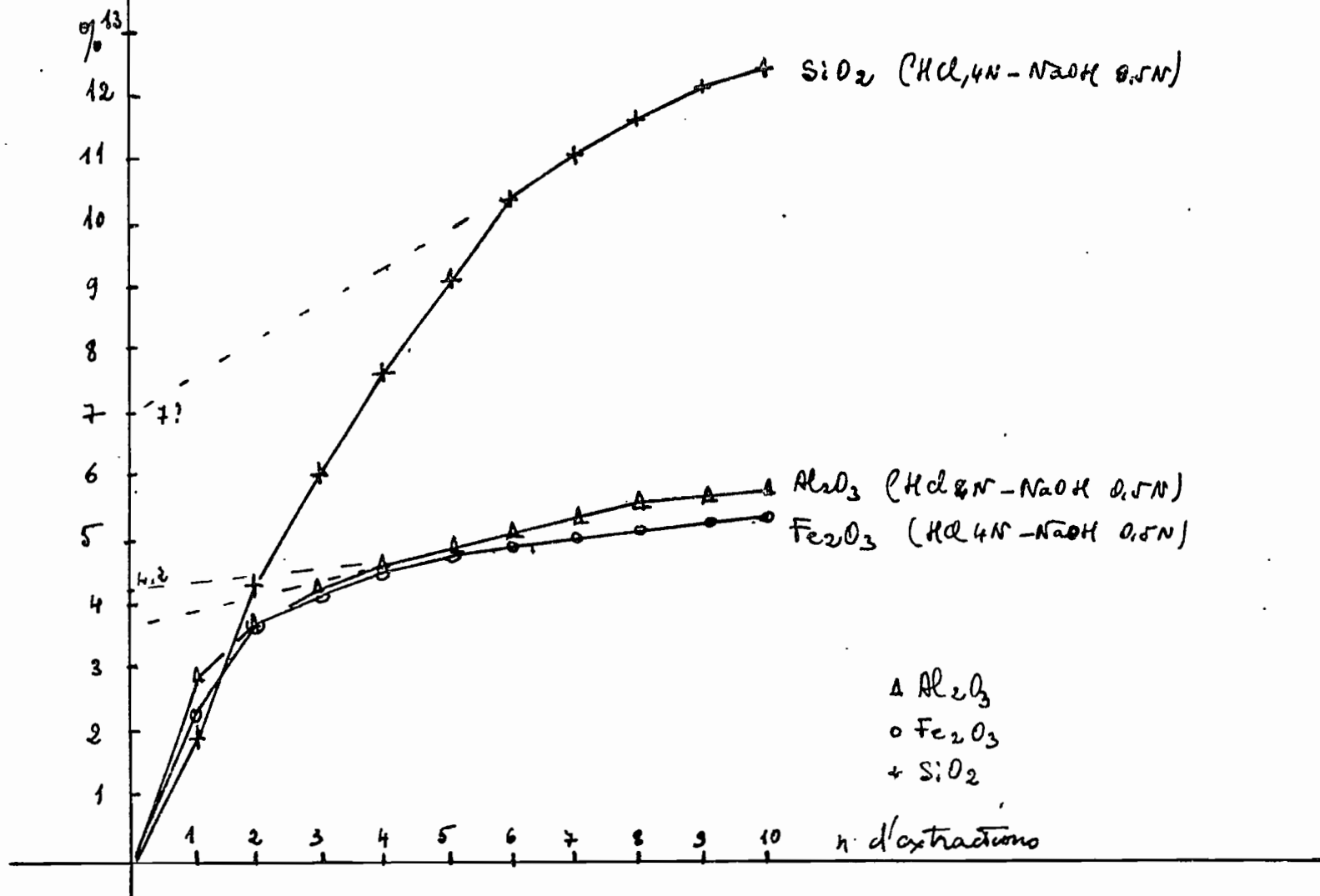


Fig. 2 Substances amorphes (extraits HCl (8N) et (4N), et NaOH (0,5N))

n° 2453, Andosol saturé d'Acaba, (B)-C

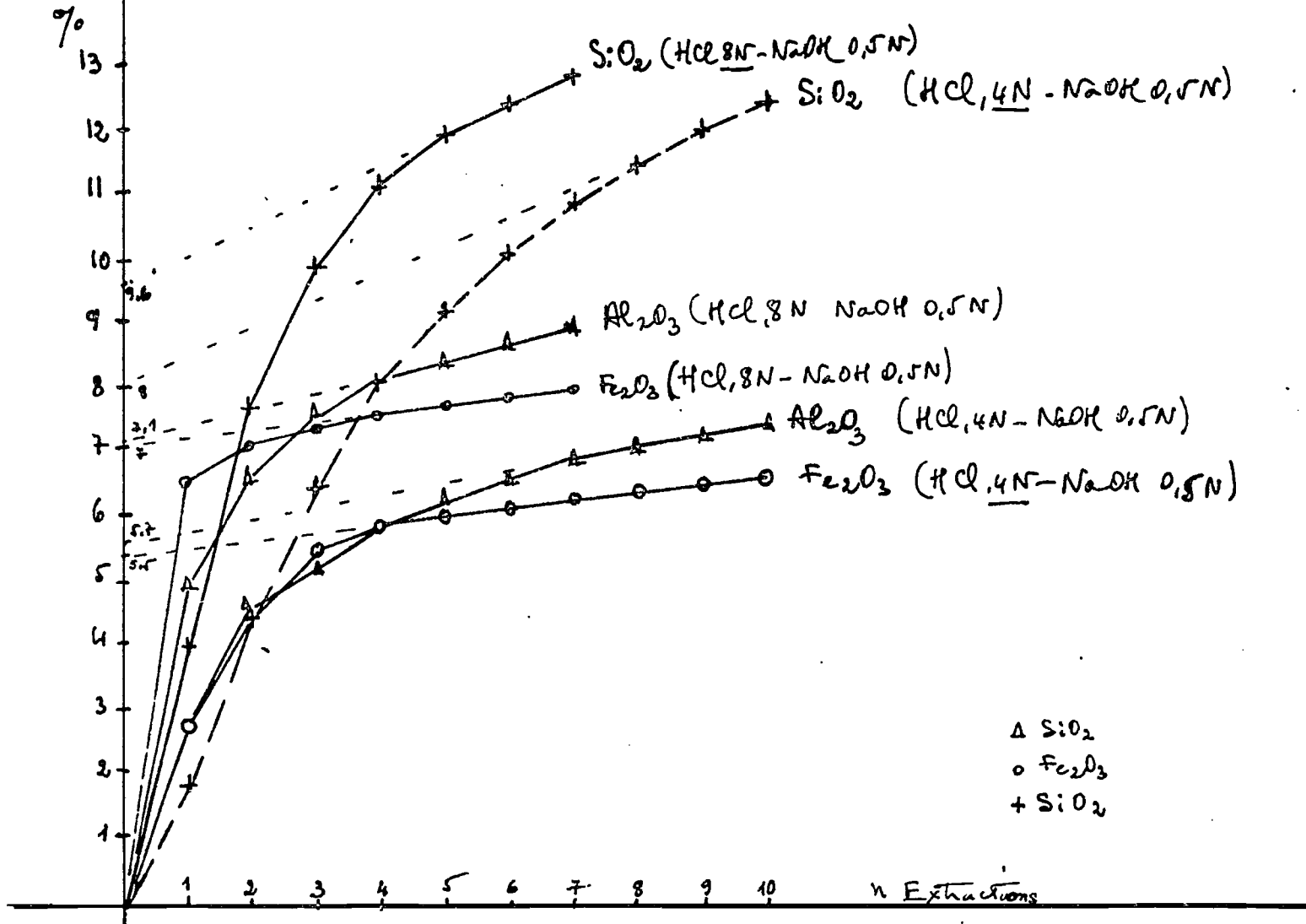
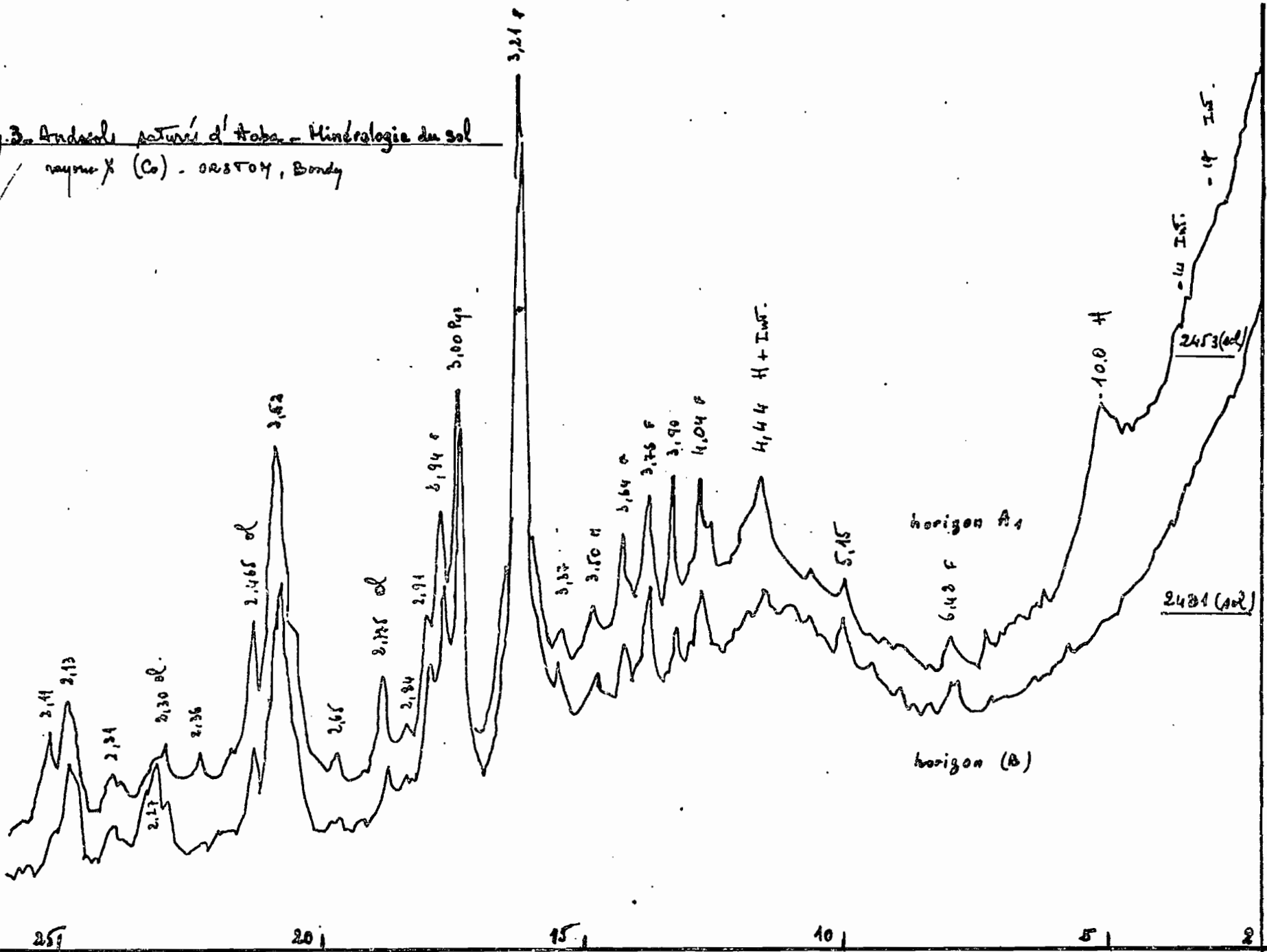


Fig. 3. Analyse par rayons X d'argiles - Minéralogie du sol
 rayon X (Co) - ORSTOM, Bondy



- Après l'extraction des substances amorphes par H Cl (4N), NaOH (0,5N) en 10 extractions, on remarque (figure 4 et 5) la disparition des bandes et mêmes des raies de diffraction X correspondant aux amorphes vrais et aux ébauches argileuses qui leurs sont mêlés.

Le fait que la silice extraite augmente relativement à l'alumine dissoute, après extraction des amorphes vrais, montre que les amorphes ont une composition proche des allophanes à rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 = 2,3$, tandis que les argiles ensuite dissoutes sont un mélange d'halloysite et d'argiles 2 : 1, dont la composition est très siliceuse.

5.2. Fraction < 2 μ

a - Détermination par diffraction X

- La fraction < 2 μ contient des minéraux (fig. 7), mais en faible quantité : 3 à 8% d'après le résidu d'attaque par H Cl 0₄ ; Ce sont essentiellement des plagioclases (raies à 4,04 - 3,76 et 3,21 Å) et parfois un peu de pyroxènes (raie à 3,00 Å)
- La fraction < 2 μ est difficile à identifier par diffraction de rayons X sans enlever les "amorphes" (figure 6)
 - dans le haut des profils (A₁), il est rarement possible d'identifier, des raies d'argiles (n° 2431 H⁺).
 - en profondeur, par contre on note des raies d'argiles : halloysite (raie à 10 Å ---> 7 Å par dessiccation et à 4,42 Å, 3,61 Å) argiles 2 : 1 interstratifiées irrégulières difficiles à déterminer (raies entre 10 et 14 Å et vers 17 - 18 Å).
 - En enlevant les "amorphes" par la méthode SEGALIN, SIEFFERMANN (1969) a pu mieux mettre en évidence des argiles (figure 7) dans la profondeur des profils : Halloysite (n° 2532) ; Vermiculite (n° 2403) ; Montmorillonite (n° 2473).

Il n'est pas nettement observé la présence d'hydroxydes secondaires de Fe ou Al, cristallisés.

b - Observations en microscopie électronique.

- L'examen au microscope électronique montre :

Fig. 4 - Andosol Nature d'Arba, A1
 après extraction d'amorphes par 10 "Ségalen".
 rayons X (Co) - ORSTOM, Bondy

Minéralogie du sol

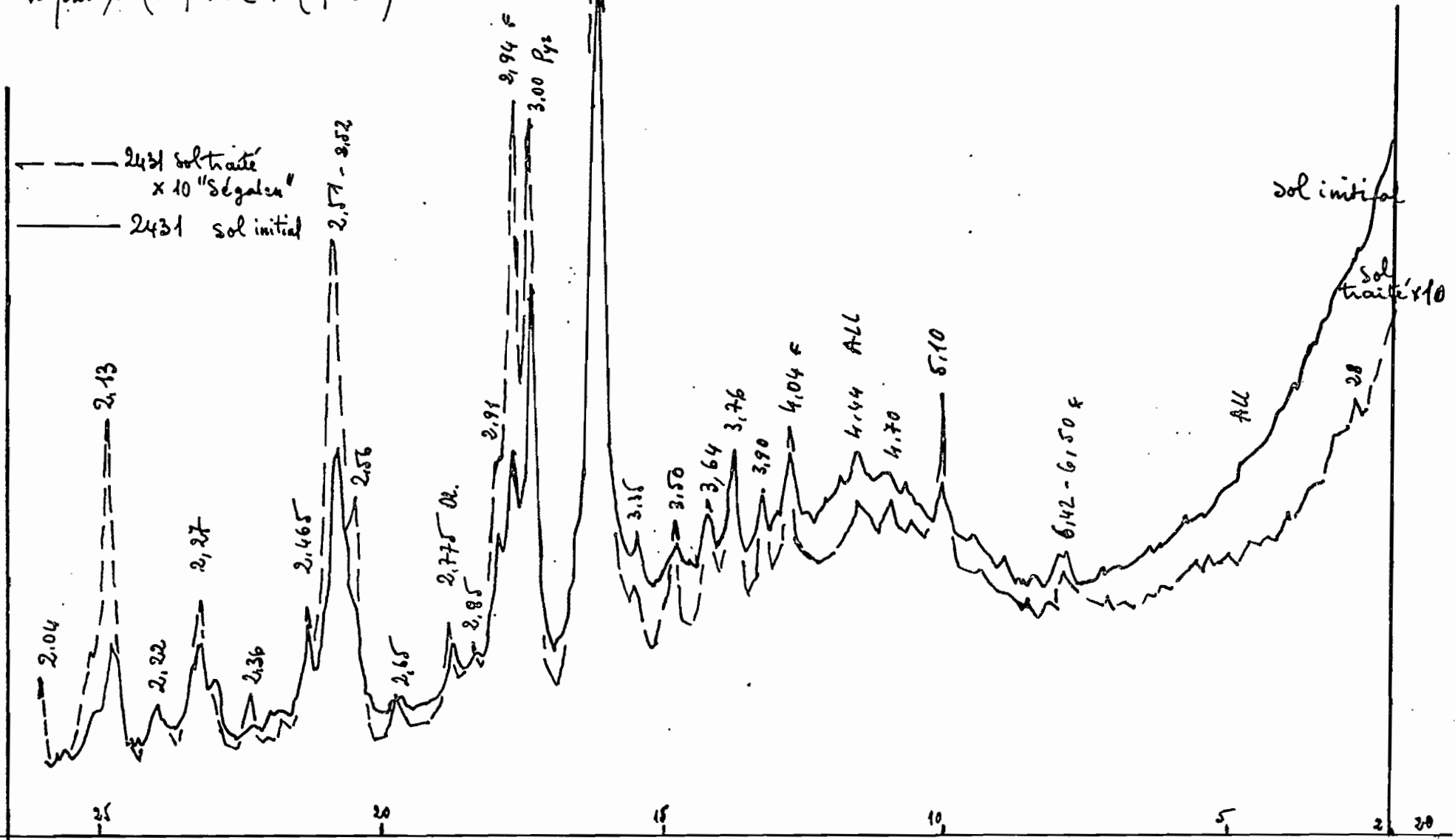


Fig. 5. Andalous saturée d'Acaba, II (B)-C
 après extraction d'amorphes par 10 "Ségalet"

Minéralogie du sol

rayon λ (Co) - ORSTOM, Bondy

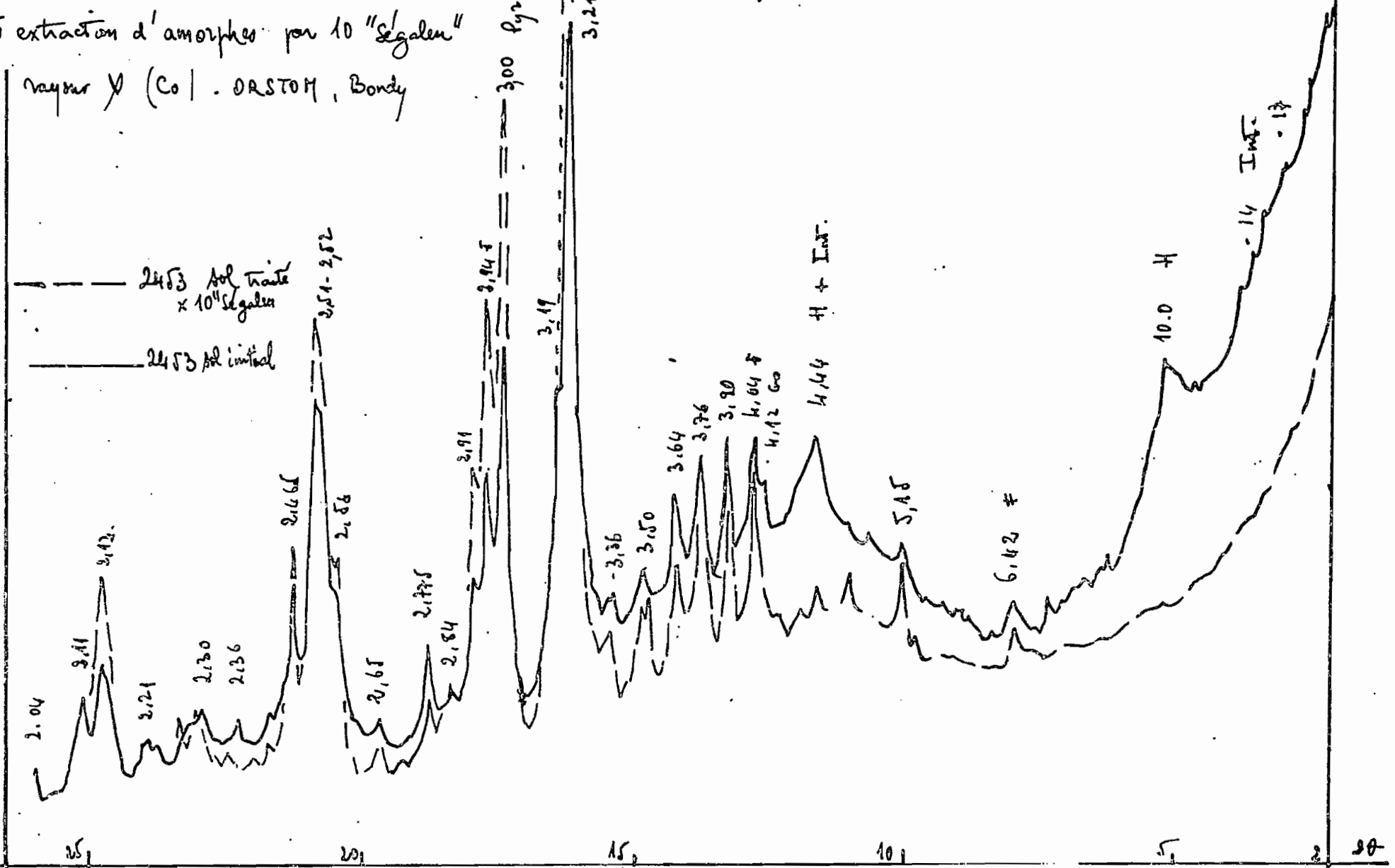


Fig. 6 Andosols naturels d'Arba - évolution de la fraction α en
rayons λ (Cu, K α) - CNRS, Strasbourg

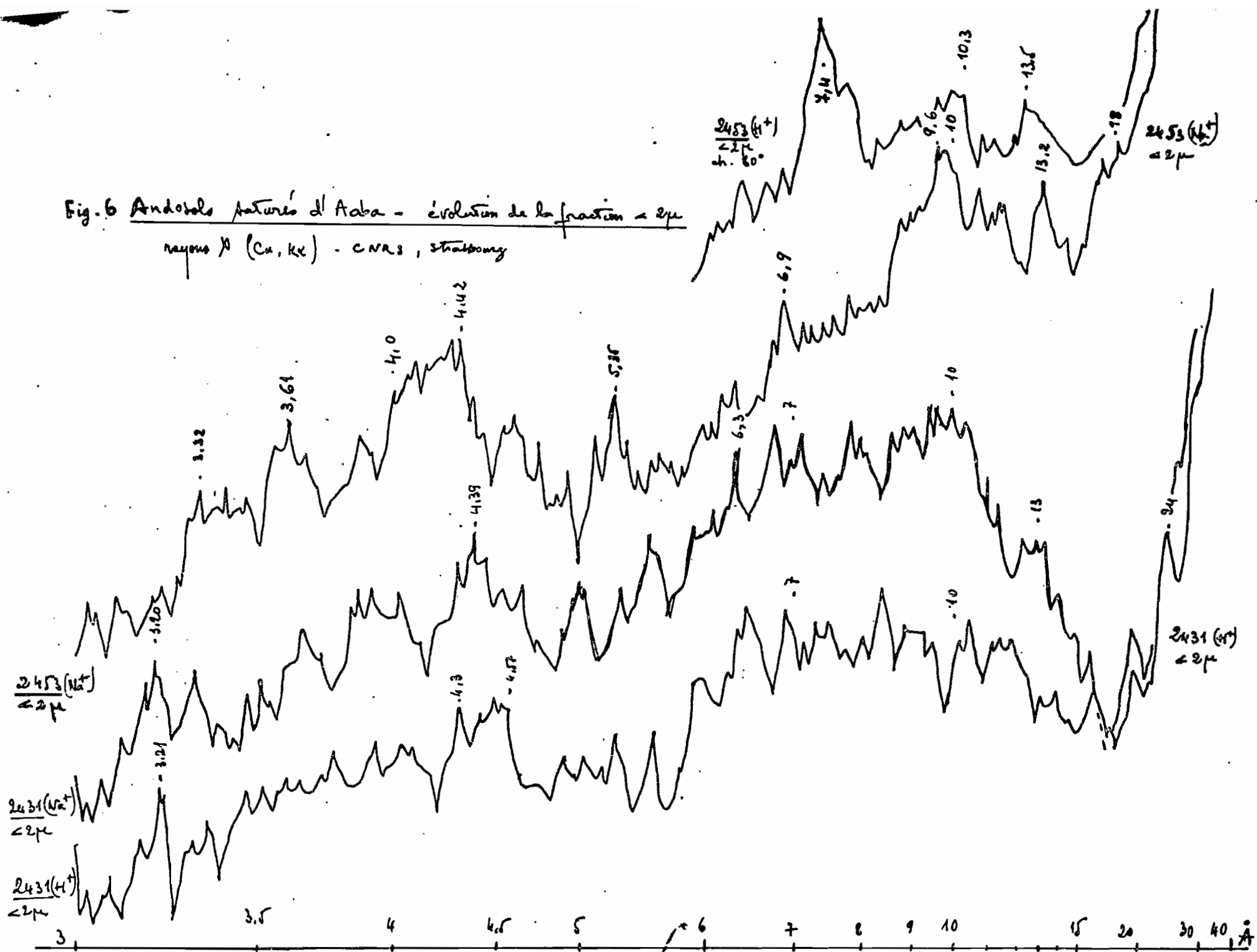
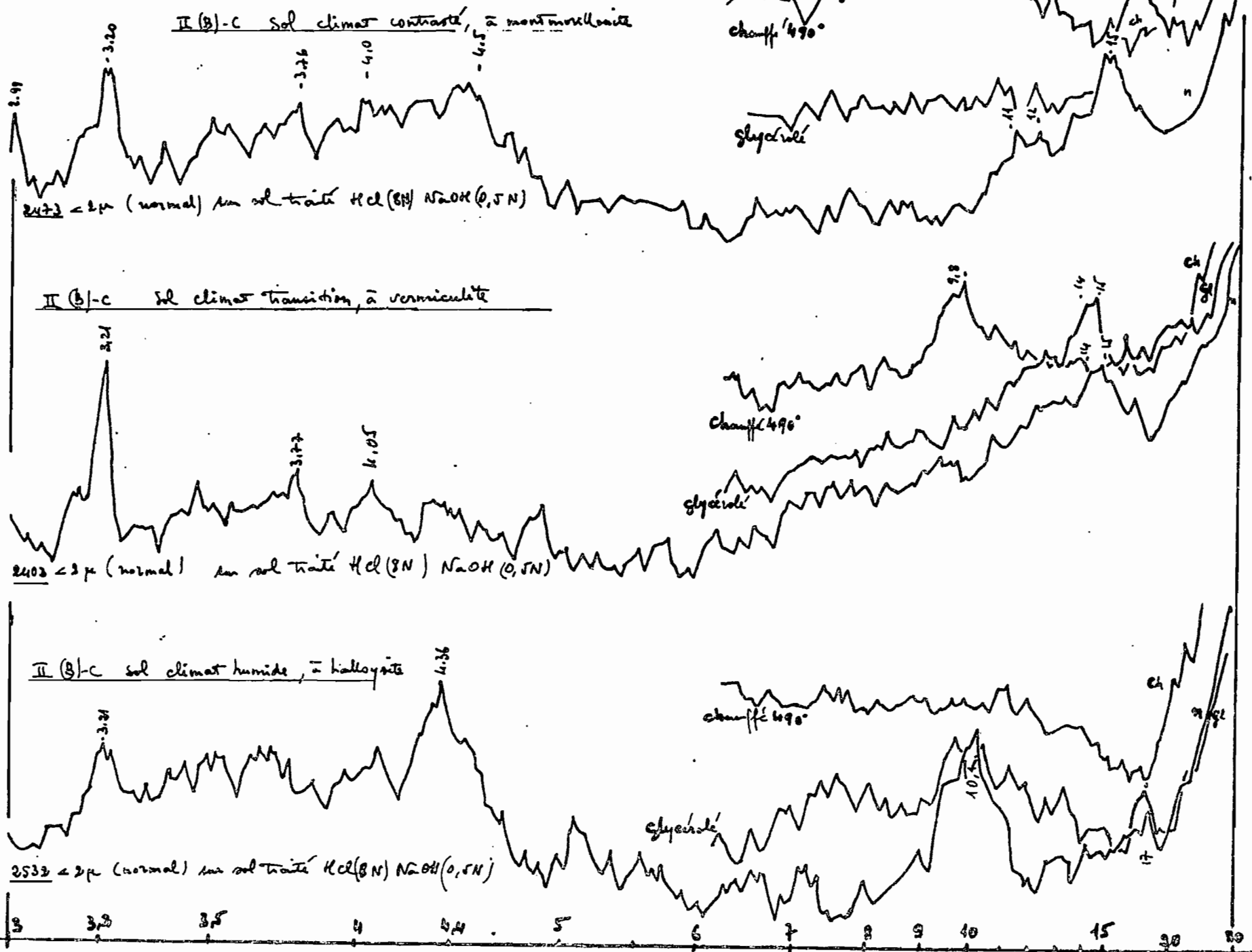


Fig. 7 Evolution $\leq 2\mu$ d'androsols naturels d'Araba de climat humide \rightarrow contrasté
 rognon X (Ca, K) - CNRS, Strasbourg



- surtout des résidus \pm opaques de minéraux et des amas de fines particules \pm filamenteuses, pouvant correspondre à de l'allophane.
- mais aussi de fines membranes \pm chiffonnées ou de lattes pouvant être des ébauches d'argiles 2 : 1.

6 - Evolution des produits d'altération amorphes et cristallogénèse des argiles.

6.1. Evolution en fonction du temps, et de la situation dans le profil :

Quand on examine les diagrammes de diffraction de rayons X (fig. 3 et 6) de sol et de la fraction $< 2 \mu$, en comparant les horizons A₁ et (B) - C on remarque que des argiles apparaissent nettement en profondeur, tandis qu'en surface les produits secondaires demeurent apparemment à l'état amorphe :

Les argiles sont constituées d'un mélange d'halloysite et d'argiles 2 : 1 probablement irrégulièrement interstratifiées.

Ceci rappelle une observation analogue (QUANTIN, 1972) faite au Nord d'Ambrym (figure 10 et 11) : en surface un sol peu évolué sur cendres très fraîches ne contient que des substances secondaires amorphes très siliceuses ; en profondeur au fur et à mesure que s'accroît l'âge des dépôts et des sols apparaissent d'abord des ébauches d'argiles (raie à $4,45 \overset{\circ}{\text{Å}}$), puis nettement vers 3 m, dans un andosol désaturé datant peut être de quelques centaines d'années seulement, un mélange d'halloysite et d'argiles 2 : 1 interstratifiées.

A Aoba (figure 8) la séquence suivante est observée :
en surface = amorphes siliceux ; ébauches d'argiles ?

à 1 m = allophanes siliceuses + halloysite et interstratifiés 2 : 1

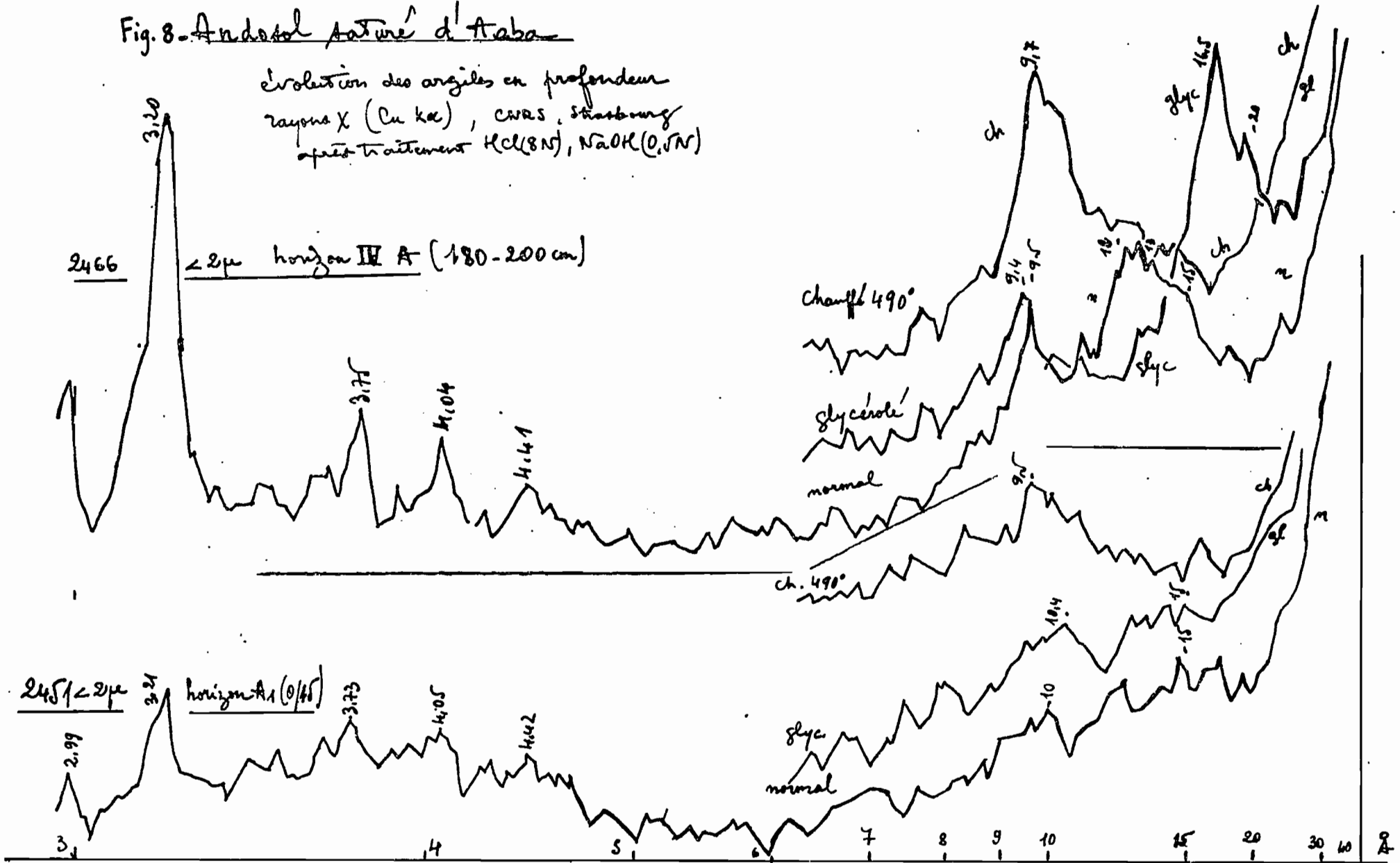
à 2 m = halloysite et montmorillonite sont nettement caractérisées et abondantes, la montmorillonite domine.

Ainsi on peut émettre l'hypothèse que dans les andosols saturés la cristallisation des argiles apparaît assez rapidement, tout au plus en un millénaire ; mais il ne se forme pas nettement d'hydroxydes de fer et d'alumine à l'état cristallisé.

Le fait que la genèse des argiles apparaît mieux en profondeur peut aussi s'expliquer par le fait de la superposition de sols plus jeunes ou

Fig. 8 - Andosol saturé d'Ataba

évolution des argiles en profondeur
 rayons X (Cu Kα), CRAS, Strasbourg
 après traitement HCl(8N), NaOH(0,1N)



peu évolués formés à partir d'apports plus récents de cendres , recouvrant un andosol déjà plus évolué. Les solutions très riches en cations et en silice du premier nourriront ainsi le second qui servirait à la fois de filtre et de support à la cristallo-genèse : en effet en profondeur le sol plus riche en produits secondaires amorphes ralentit la percolation tandis que les allophanes sont susceptibles d'adsorber une partie des ions transportés.

6.2. Evolution de la cristallo-genèse des argiles en fonction de la répartition climatique.

Si l'on compare, en profondeur dans l'horizon (B) -C (figure 7), les argiles formées du climat le plus humide, au Sud d'Aoba, au climat le plus sec et le plus contrasté, on constate que l'halloysite apparaît abondamment dans le premier tandis que la montmorillonite se distingue nettement dans le second. D'autre part, en climat humide l'halloysite n'est évidente qu'en profondeur (n° 2532 et 2453), tandis que en climat contrasté la montmorillonite peut apparaître dès la surface (n° 2471 et 2491), (figure 9) . Dans la région intermédiaire , argile 1 : 1 et 2 : 1 sont en mélange et de la vermiculite semble apparaître plutôt que la montmorillonite (n° 2403, figure 7). Ceci est confirmé par l'accroissement de la valeur du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dans les sols allant de la zone humide à la plus sèche.

Ainsi on pourrait émettre l'hypothèse que dans les régions plus humides les andosols saturés évolueront vers la ferrallitisation avec genèse d'halloysite, tandis que ceux des climats plus contrastés suivront la voie de la fersiallitisation avec genèse de montmorillonite.

Il est remarquable d'autre part que le climat le plus contrasté, à courtes périodes alternées d'hydratation et de dessiccation semble favoriser une évolution plus nette vers la cristallisation des phyllites argileuses ; c'est en effet dans cette zone climatique que les sols contiennent relativement plus de phyllites argileuses visibles au microscope électronique.

Fig. 9 - Andosol naturel d'Alba . Evolution des argiles
 sous climat "contrasté"

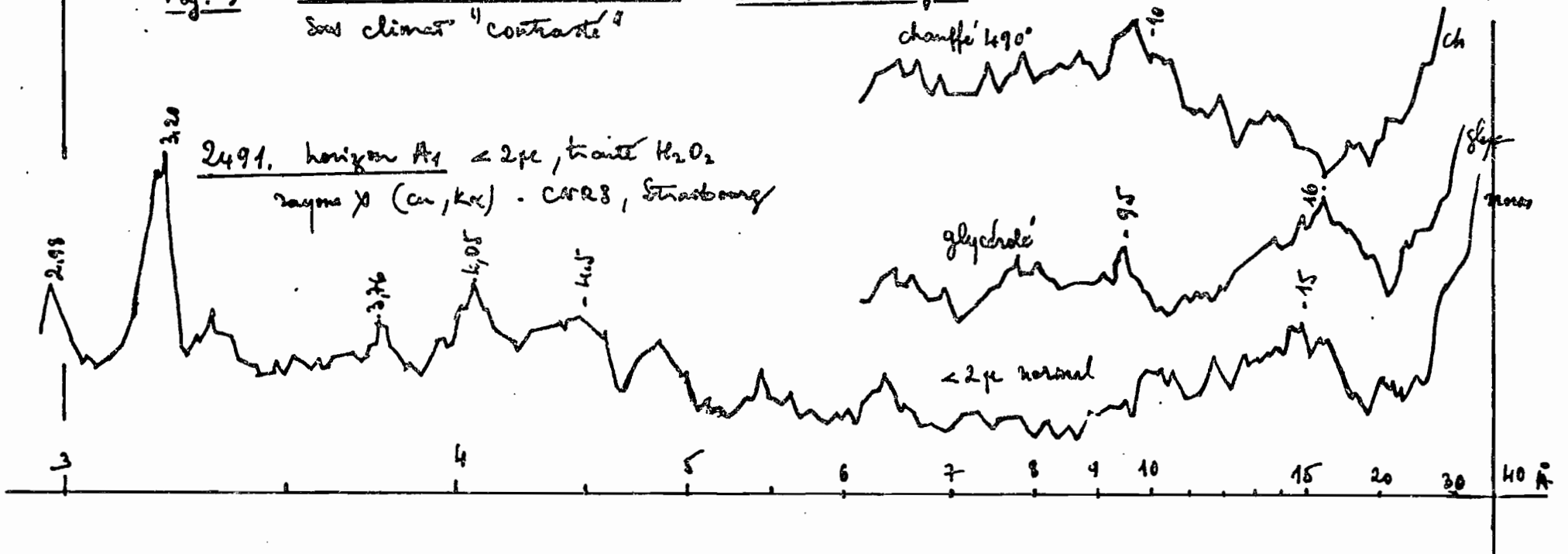
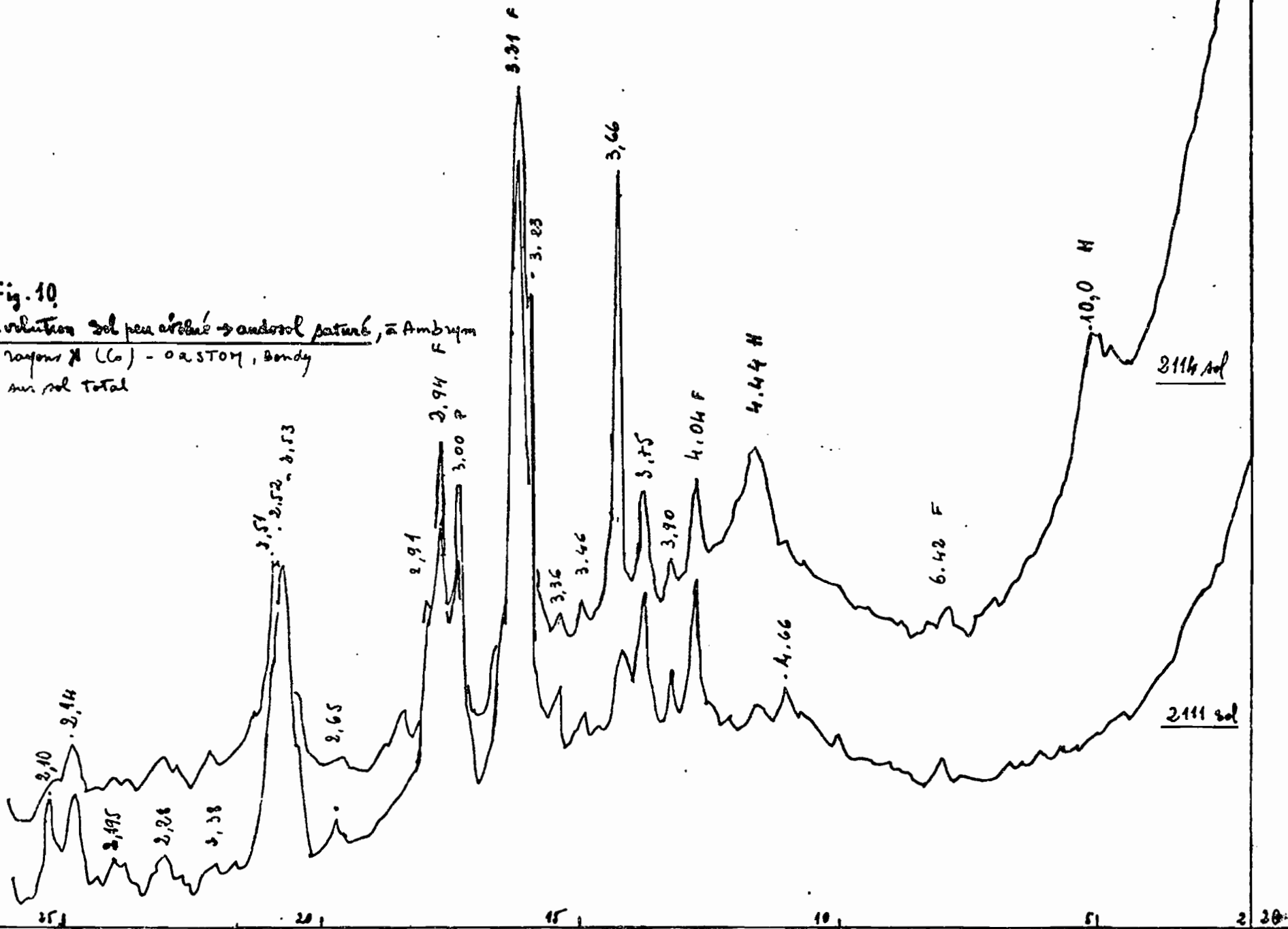


Fig. 10

Evolution del pesa arboral → androsol pataró, a Ambrúyem

varietat (L) - 0 a 20m, Bondy

an. sol total



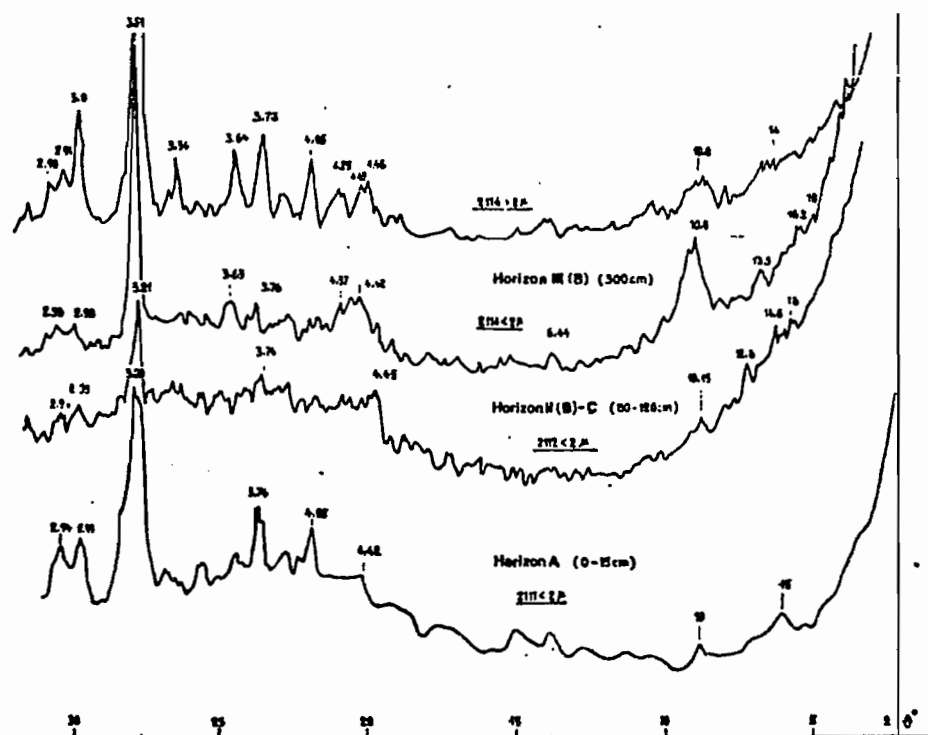


Figure 11 - Evolution de la fraction $< 2 \mu$ d'un Sol Peu Evolué vers un Andosol saturé à Ambrym ; rayons X (Cu, $K\alpha$), C.N.R.S. , Strasbourg.

7 - Fertilité

Les Andosols saturés sont très fertiles. Ils sont riches en tous éléments fertilisants : matière organique , N , P total , Cations échangeables et totaux et oligo-éléments ; mais ils ne sont que moyennement pourvus en P "assimilable" à cause de la fixation du phosphore par les allophanes ; cependant cette fixation paraît beaucoup moins forte dans les andosols saturés riches en silice que dans les andosols désaturés riches en alumine . Les andosols saturés retiennent bien l'eau, mais cependant sont très fortement drainés et de ce fait sont susceptibles ^{de} s'épuiser ^{en} certains éléments (N et S) sous des cultures annuelles trop intensives.

Les andosols saturés sont certainement parmi les sols les plus fertiles connus au monde.

Bibliographie

- 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 , sér. pédol. , X , n°2 : 123-151 et n° 3 (sous-presse).
- SEGALEN (P.) , 1968 - Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. Cah. ORSTOM , sér. pédol. , VI , n° 1 : 105 - 126.
- SIEFFERMANN (G.) , 1969 - Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun . Thèse Univ. Strasbourg ; 235 p. multigr.

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