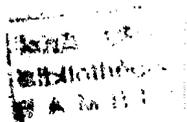


CN0100486
P332
IMB

1979/69

JI/NMB
REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE
IN SITU
D'UN SOL DE LA REGION DE LOUGA

Par

Jacques IMBERNON

V.S.N. affecté à l'IRAT, détaché à l'ISRA

Août 1979

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I. S. R. A.)

INTRODUCTION

L'objet de l'étude est de caractériser un sol représentatif de la région de Louga et du Cayor d'un point hydrique et hydrodynamique. Dans cette région où existe un déficit pluviométrique très important, il s'avère en effet indispensable de mieux gérer les réserves en eau du sol et son utilisation optimale par les cultures.

Une étude pédologique détaillée des sols de Louga avait été accomplie par J. Faure qui a largement décrit les caractères structureux et granulométriques suivant la topographie (relief dunaire). Mais il s'agit à présent de faire suite aux caractérisations hydrodynamiques des sols Dek, Dior, et Beige (Casamance) effectuées par G. HAMON.

CARACTERES GENERAUX DU MILIEU :

La pluviométrie : elle est très variable suivant les années (voir fig. 1) pouvant passer de 156,4 mm (1972) à 865,3 mm (1962). Toutefois la moyenne annuelle reste faible : 418 mm (sur échantillon de 60 années 1918-1977).

La demande évaporative : elle dépend de nombreux paramètres : température, vent, humidité de l'air... sa valeur est constante d'année en année et elle est relativement importante durant la saison humide : 3,5 mm/j.

Les caractères pédologiques généraux : les sols de Louga sont classés dans la catégorie ferrugineux tropicaux peu lessivés de type Dior. Ce sont généralement des sols très sableux de couleur rouge et de cohésion faible qui présentent des horizons d'accumulation ferrugineux. La couche sableuse est épaisse et donne un relief dunaire assez mou.

Les caractéristiques du site de mesure : L'emplacement de l'essai se trouve sur le domaine de la station ISRA de Louga. La teneur en argile et limon fin (A + LF) est homogène sur un profil de 2 m (voir tableau n° 1) et elle est plus faible que pour le sol Dior de Bamboey (voir HAMON rapport 1978).

Le profil pédologique mis à jour jusqu'à 1 m 50 de profondeur nous a permis de noter certaines particularités :

- des cellules d'estivation d'un diamètre de 5 cm et remplies d'un matériau poreux plus clair.
- des fissures verticales distantes de 1 m environ apparaissent à une profondeur de 1,10 m.
- des raies d'accumulation ferrugineuses d'une teneur en fer total de 36,5 % (20 % sur sol Dior à Bamboey)... apparaissent à 72, 85, 95, 112, 120 et 150 cm, et d'une épaisseur variant entre 2 et 5 mm.

Les mesures de densité apparente effectuées dans la fosse pédologique à l'aide d'un densitomètre à membrane sont reportées sur le tableau n° 2 et la fig. n° 2.

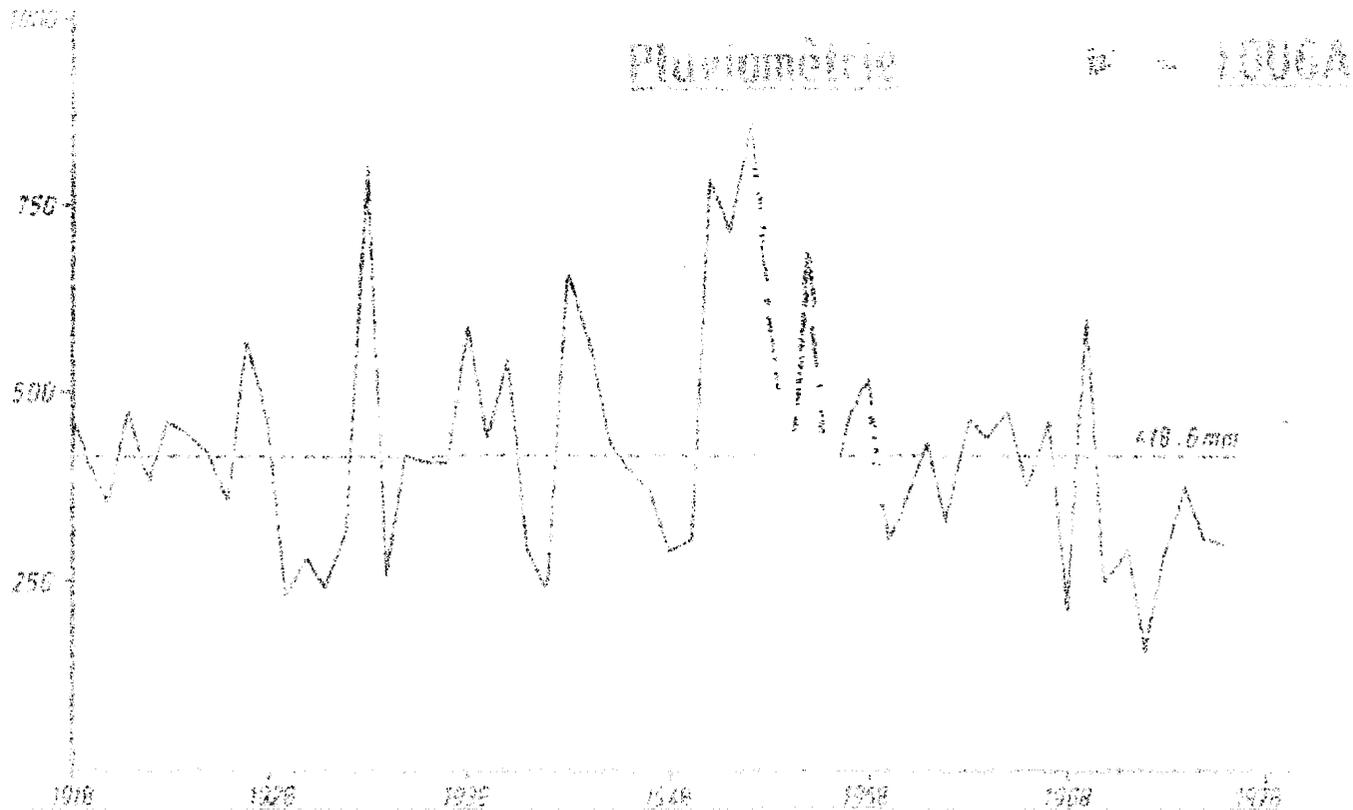


FIG. 1

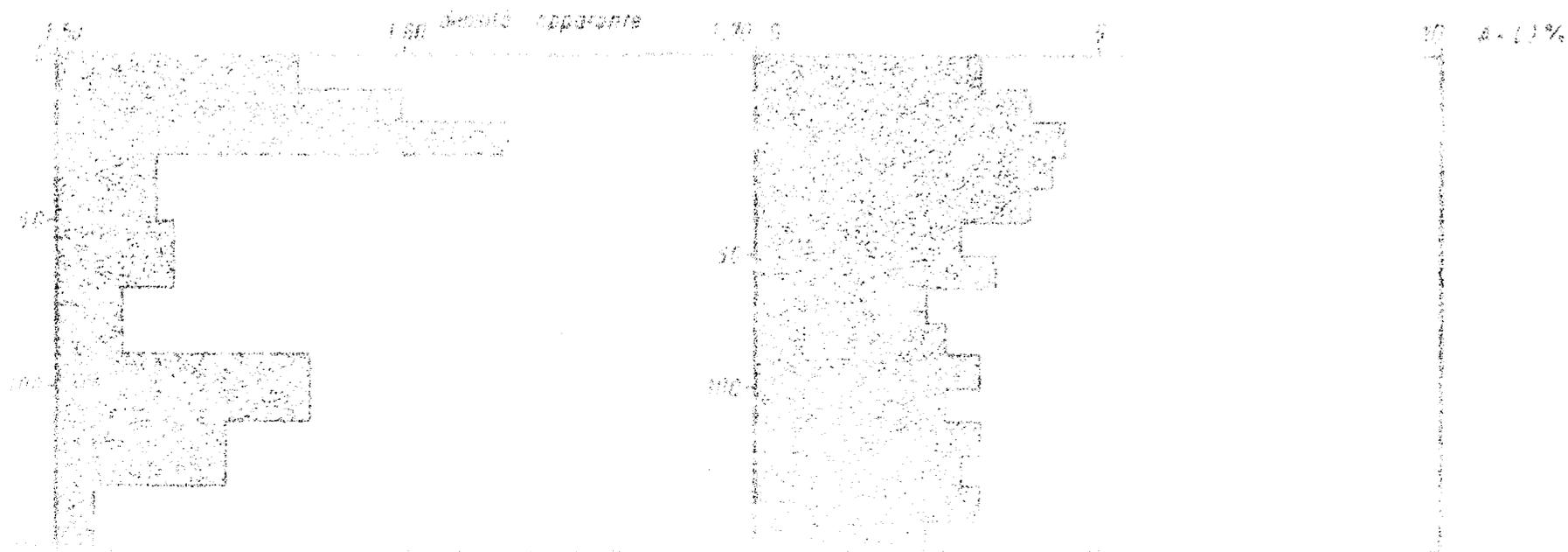


FIG. 2

TABLEAU n° 1 : Profil granulométrique - Fraction argile + limon fin

Profondeur en cm	(A + LF) en %	Profondeur en cm	(A + LF) en %
0-1	3.3	100-110	2.8
10-20	4.0	110-120	3.3
20-30	4.5	120-130	3.0
30-40	4.3	130-140	3.3
40-50	4.0	140-150	2.5
50-60	3.0	150-160	2.5
60-70	3.5	160-170	3.3
70-80	2.5	170-180	3.0
80-90	2.8	180-190	3.3
90-100	3.1	190-200	3.5

TABLEAUX n° 2 : Profil des densités apparentes

Profondeur en cm	0-10	10-20	20-30	30-50	50-70	70-90	90-110	110-130	130-150
Densité	1.57	1.60	1.63	1.53	1.53	1.52	1.57	1.55	1.51

METHODOLOGIE DE L'ESSAI

Nous n'insisterons pas en détails sur l'aspect théorique qui a été déjà largement traité dans les rapports précédents : Vachaud G, Hamon G.

Rappelons que l'essai vise à obtenir :

1°- **La relation entre pression effective de l'eau dans le sol (h en mb) et teneur en eau volumique (Hv en cm³/cm³). On définit ainsi l'énergie interne de pression dans un volume de sol à une certaine humidité, c'est à dire l'énergie que devra fournir une plante pour l'assécher.**

2°- **La relation entre conductivité hydraulique (K en mm/j) et teneur en eau volumique. Elle permet de connaître avec quelle facilité l'eau s'écoulera entre deux tranches de sol, à la suite d'une variation d'humidité provenant d'un apport d'eau (pluie ou irrigation) ou d'une extraction d'eau (consommation par plante).**

L'équation générale des transferts étant :

$$V = K(\theta) * \overline{\text{grad } H} \quad (1) \quad V \text{ est le flux ou débit par unité de surface}$$

nous avons dû effectuer des mesures simultanées d'humidité et de charge hydraulique y

- pendant le ressuyage (sans évaporation de surface) consécutif à la submersion par une lame d'eau, méthode dite du drainage interne

- puis lors de l'évolution an conditions naturelles, c'est à dire sous évaporation.

Mesure de la teneur en eau

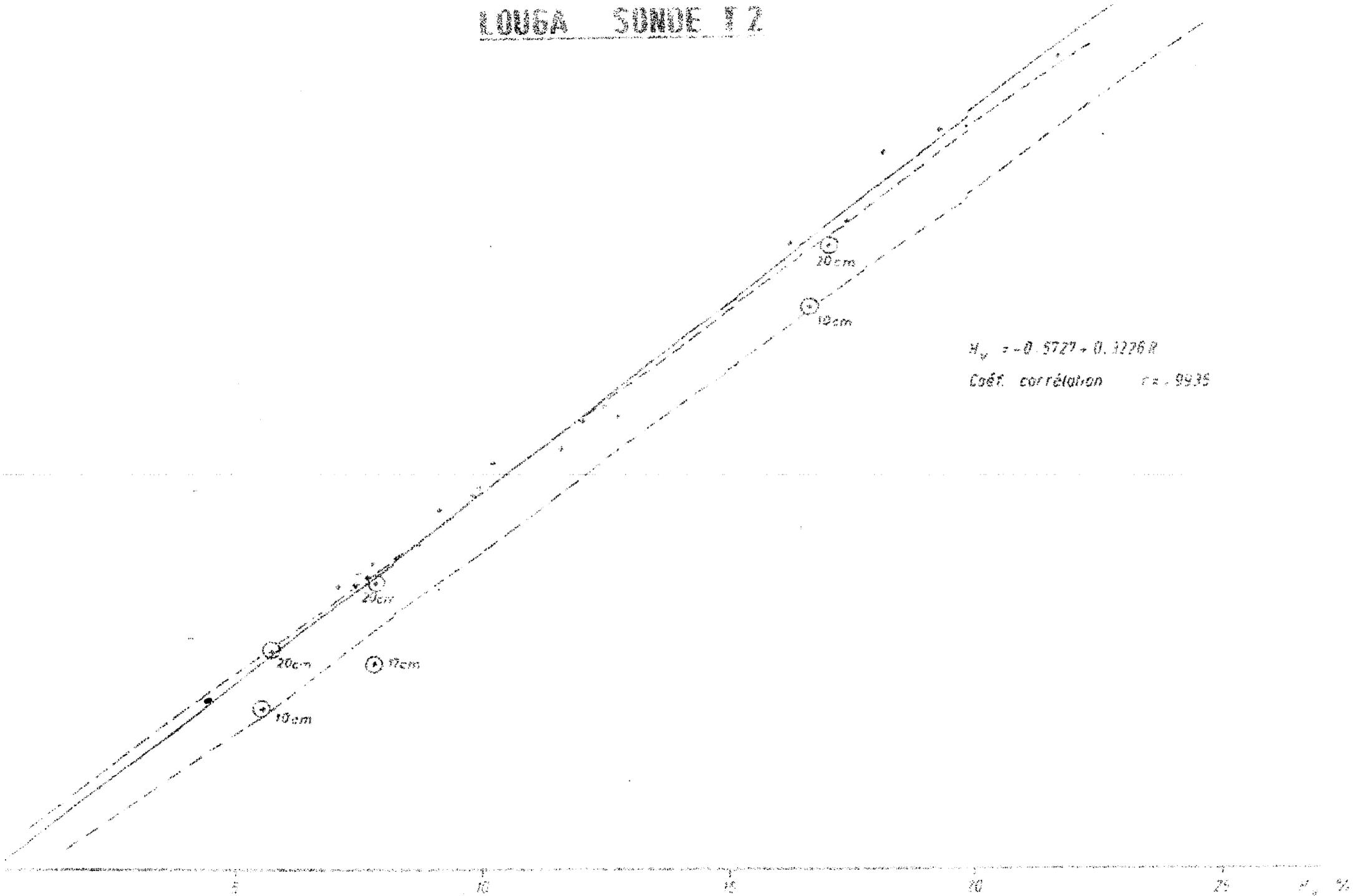
Elle est effectuée avec un humidimètre à neutron de type TROXLER ayant les caractéristiques suivantes :

- . diamètre de l'ensemble source + détecteur : 38 mm
- . source : 100 millicuries (Américium - Beryllium)
- . détecteur : compteur standard BF3
- . centre de sensibilité : 16.4 cm de l'extrémité inférieure du tube.

Nous avons effectué une cinquantaine de mesures dans l'eau d'où résulte un coefficient de variation de 0.4 %. C'est donc un matériel très fiable que nous possédons, ce qui réduit considérablement l'influence de l'erreur expérimentale.

L'étalonnage teneur en eau volumique-comptage du détecteur a été déterminé au champ par méthode gravimétrique. Nous avons dû distinguer 3 droites d'étalonnage (voir fig. n° 3) caractérisant les cotes 10 cm, 20 cm et le profil 30 cm - 210 cm.

LOUGA SONDE T 2



Mesure de la charge hydraulique

cette mesure se fait à l'aide du tensiomètres SOIL MOISTURE. Le système tensiométrique comprend une bougie poreuse permettant d'assurer la continuité de la phase liquide entre un volume à la cote Z et un manomètre à mercure situé à la surface du sol. L'utilisation de plusieurs tensiomètres implantés à différentes cotes permet d'obtenir le profil de charge hydraulique dont la pente (ou gradient) donne en tout point la direction des transferts (ascendant; = évaporation; descendant = drainage).

Description du dispositif expérimental

Nous avons isolé sur notre site un monolithe de sol intact de 3,95 m² de surface au sol et de 1,5 m de profondeur. Cette procédure nous a permis de nous placer dans le cas où l'écoulement est strictement vertical, hypothèse de l'équation (1).

Nous avons installé dans ce monolithe un tube d'accès à la source neutronique ($\varnothing = 40$ mm, profondeur : 228.4 cm) et 10 tensiomètres situés aux cotes 10, 20, 30, 40, 50, 70, 90, 110, 130 et 150 cm. Autour du tube, nous avons placé un anneau de garde d'un diamètre $\varnothing = 42$ cm ainsi qu'un réservoir du type vase de mariotte pour maintenir une lame d'eau constante à l'intérieur de l'anneau.

SUIVI DE L'ESSAI

Essai d'infiltration

La lame d'eau imposée est de 4 cm. L'apport d'eau dans l'anneau est suivi en fonction du temps sur une échelle de volumes fixée sur le vase de mariotte. Nous obtenons ainsi le volume infiltré en fonction du temps, c'est à dire la vitesse d'infiltration. A saturation (gradient hydraulique unitaire) elle correspond à la conductivité à saturation de la tranche de sol considérée.

Lors de cet essai nous mesurons aussi l'évolution des pressions et des humidités afin de suivre l'évolution du front d'humectation.

Suivi du profil hydrique en redistribution interne

Après disparition de la lame d'eau, nous avons couvert la surface du monolithe à l'aide d'un film plastique et d'un mulch pailleux, pour supprimer toute évaporation. Ensuite pour suivre le ressuyage, des mesures ont été effectuées avec une fréquence décroissante.

Suivi du profil hydrique sous évaporation

1 mois après l'essai d'infiltration, la surface du monolithe a été découverte et nous avons suivi l'évolution du profil hydrique sous l'action conjuguée de drainage et de l'évaporation.

RESULTATS ET CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

Essai d'infiltration

L'apport d'eau a commencé le 12 Décembre 1978 à 11H 30 et a cessé à 13H, le front d'humectation ayant atteint à ce moment-là 1,50 m. La lame d'eau a disparu à 13H 08. Le volume infiltré dans l'anneau correspond à une lame de 380 mm et la conductivité à saturation est de l'ordre de 23,6 cm/h (voir fig. n° 4).

Le stock hydrique mesuré à l'issue de l'essai s'est avéré inférieur de 21 % à la lame d'eau apportée. Cette perte de stock dans notre volume de sol peut être attribuée à la diffusion latérale qui a joué au dessous de la cote 150 cm (le stock étant évalué jusqu'à la profondeur 190 cm). Mais il est probable que les cellules d'estivation observées aient joué le rôle de réservoir et que les fissures que nous avons notées à partir de la cote $Z = 110$ cm, aient donné lieu à des écoulements préférentiels.

L'évolution durant l'essai d'infiltration des profils d'humidité et de charge hydraulique a été reportée fig. n° 5a et n° 6. Sur cette dernière nous pouvons remarquer que lorsque le front d'humectation arrive à la cote de mesure, la diminution de charge est brutale mais qu'elle est toujours précédée par une légère dépression due semble-t-il à l'échappement de l'air piégé dans les pores.

Evolution des profils hydriques en drainage interne

Le suivi a duré du 12 Décembre 1978 au 12 Janvier 1979. L'évolution des profils hydriques et des charges hydrauliques est présentée fig. n° 5b et fig. n° 7 et 8. On notera sur le tableau n° 3 qu'après 5 jours de drainage sans évaporation le stock hydrique sur le premier mètre est de 47,4 mm seulement. Le ressuyage est donc particulièrement rapide.

Evolution des profils hydriques en conditions naturelles

A partir d'un profil initial voisin de 7 % d'humidité sur 1 m (stock = 57,6 mm), l'influence du drainage et de l'évaporation se traduit après une période de 90 jours par un stock hydrique disponible de l'ordre de :

- 3,3 mm dans la tranche de sol 0-50 cm
- 18,6 mm dans la tranche de sol 0-100 cm

La lame d'eau évaporée correspond à 10,3 mm et la lame percolée à 28,4 mm.

Caractéristiques hydrodynamiques

On a représenté sur la figure 10 la relation entre la pression de l'eau h et la teneur en eau volumique H_v , pour une évolution en drainage, toutes profondeurs confondues. Sur la fig. 11, nous avons reporté la relation entre conductivité hydraulique K et teneur en eau volumique H_v . La dispersion des points sur la courbe correspond à une diminution de la conductivité suivant la profondeur. Ce phénomène peut s'expliquer par la présence des raies d'accumulation ferrugineuse situées aux cotes : 72, 85, 95, 112, 120 et 150 cm, et ayant une perméabilité nettement plus faible.

Fig. 1

LOGA

Fig. 2

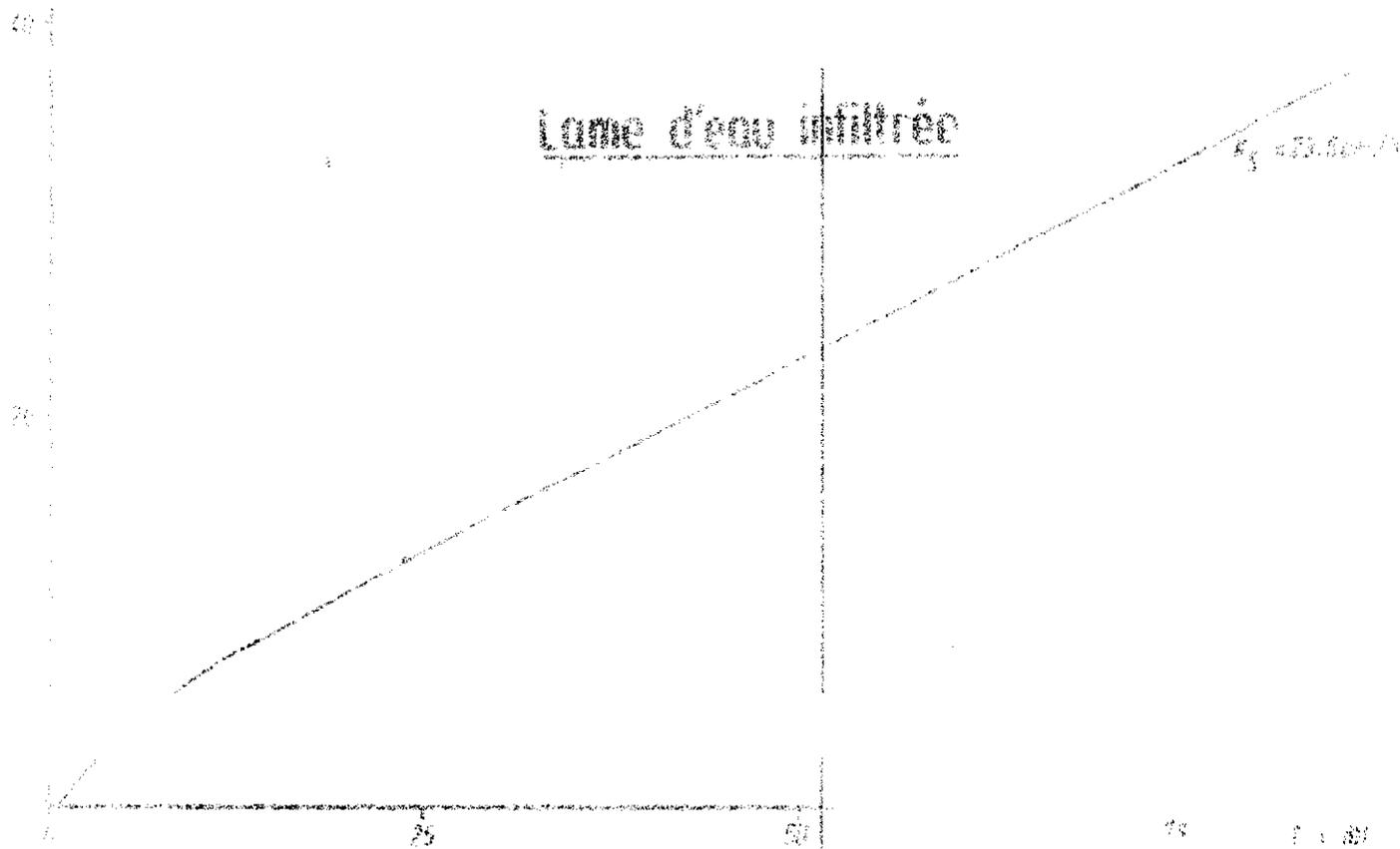
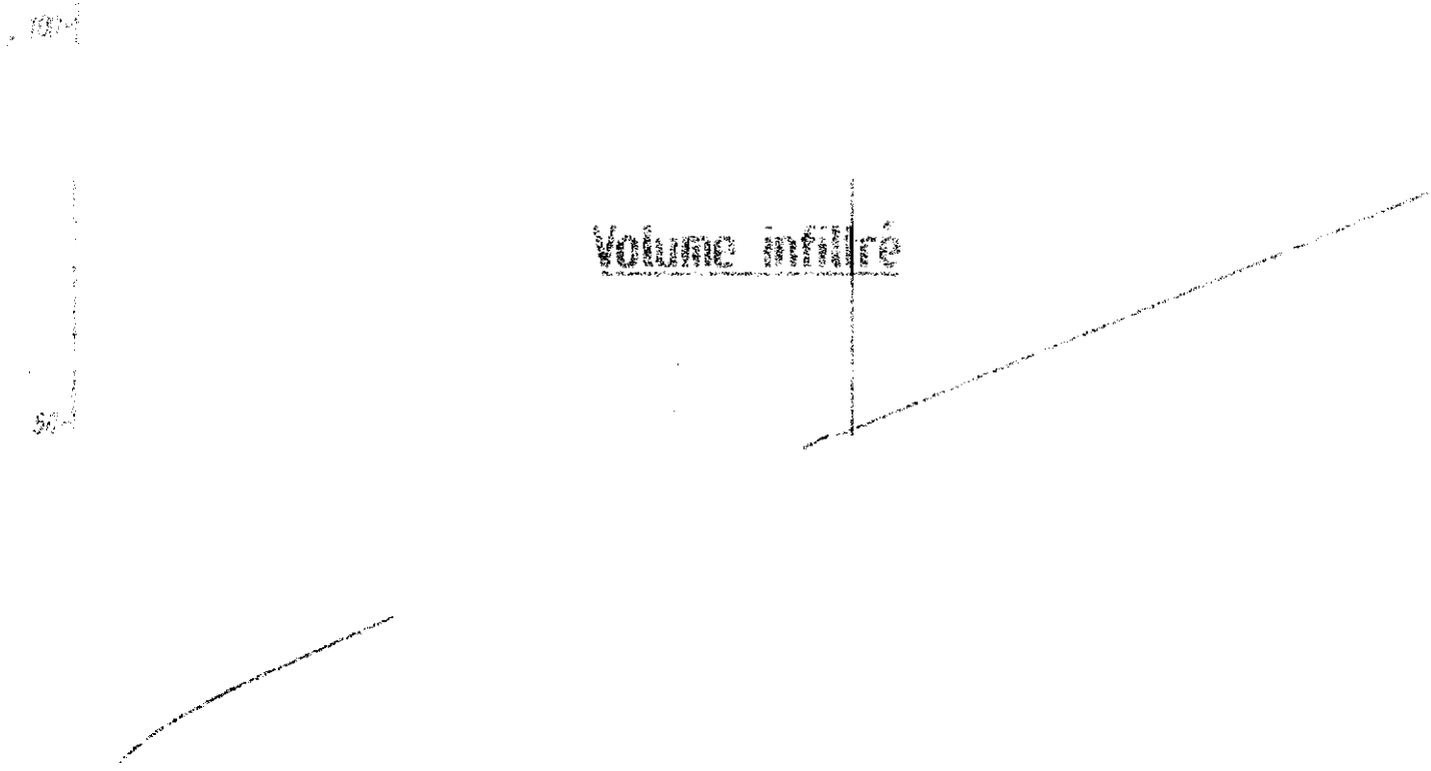
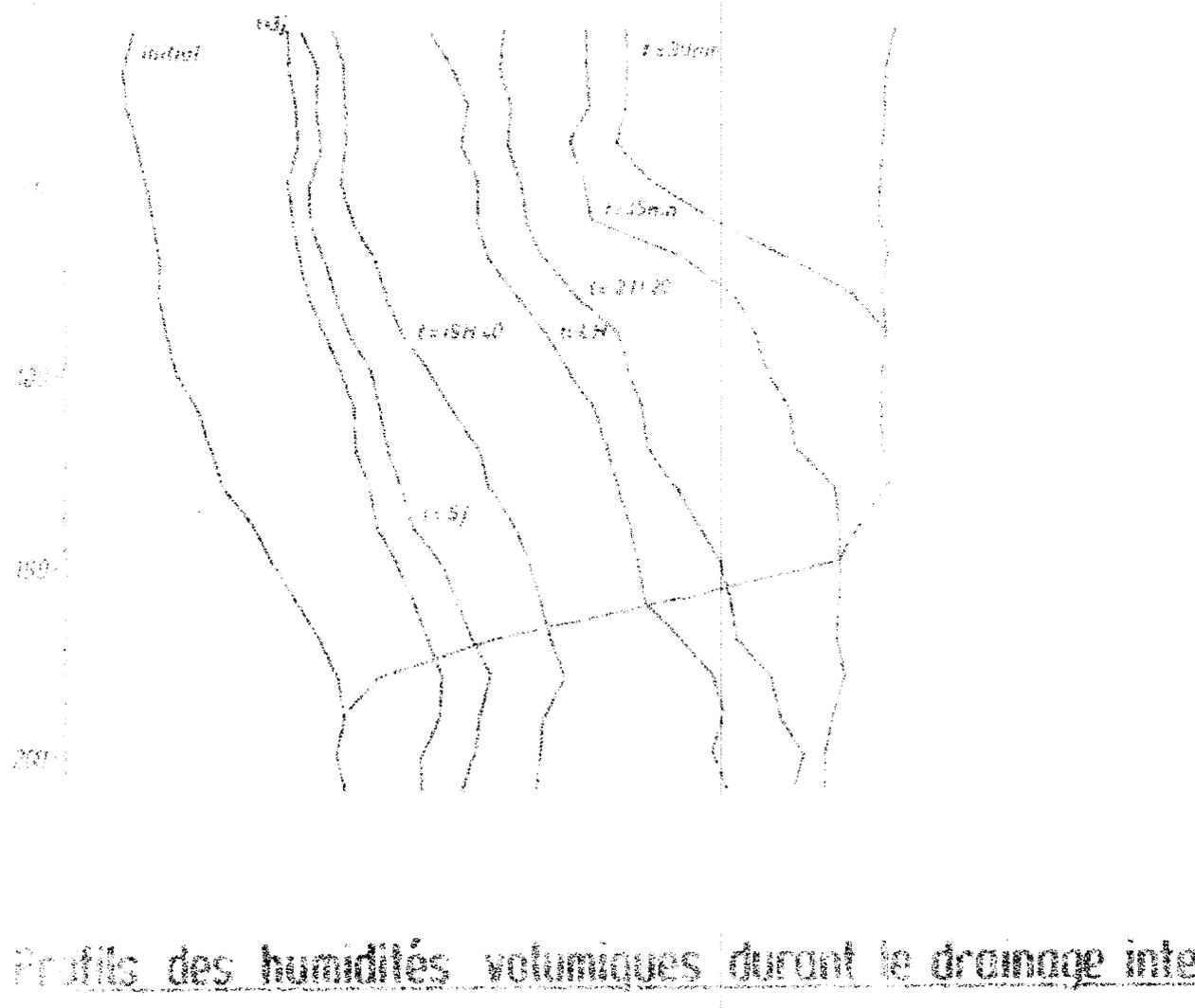
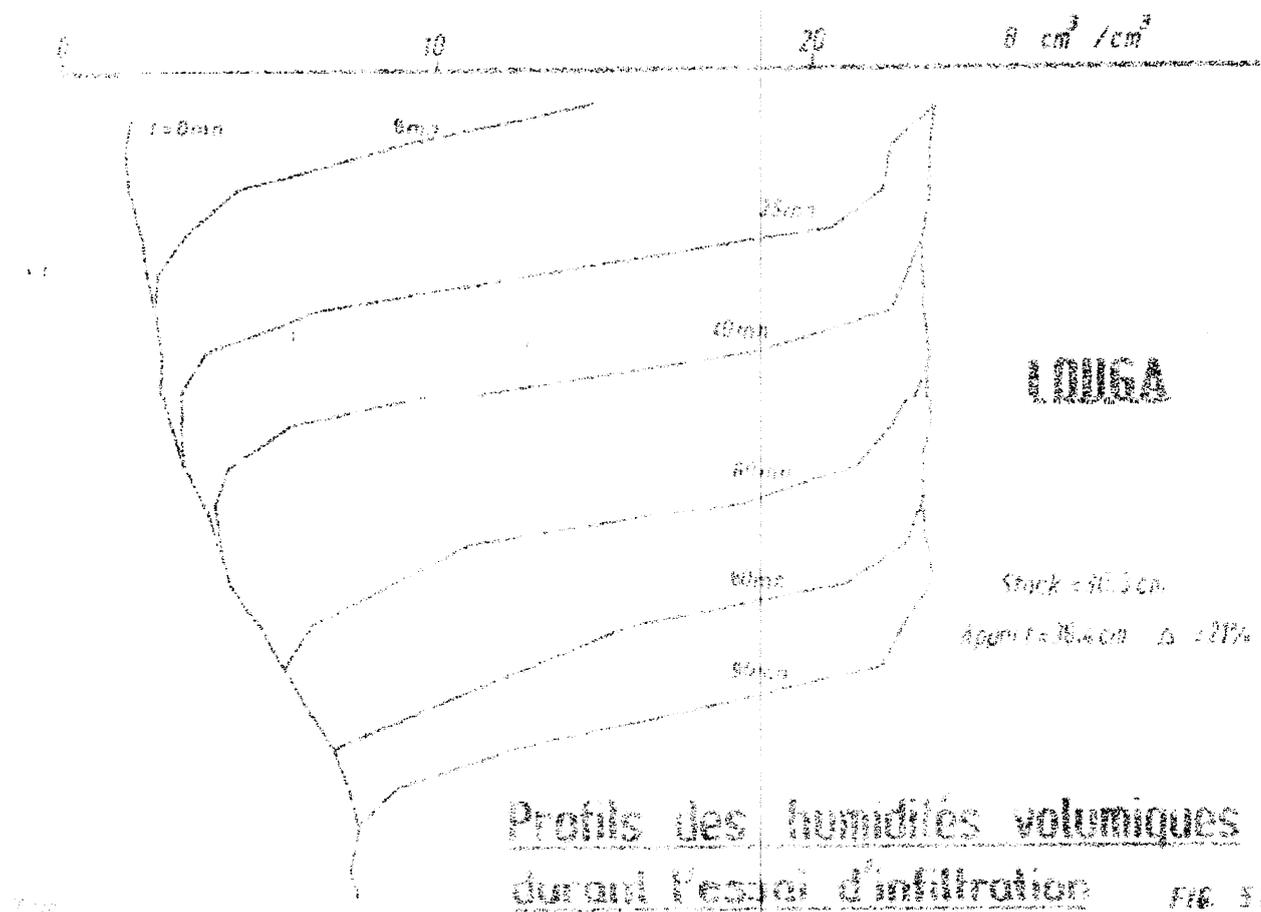
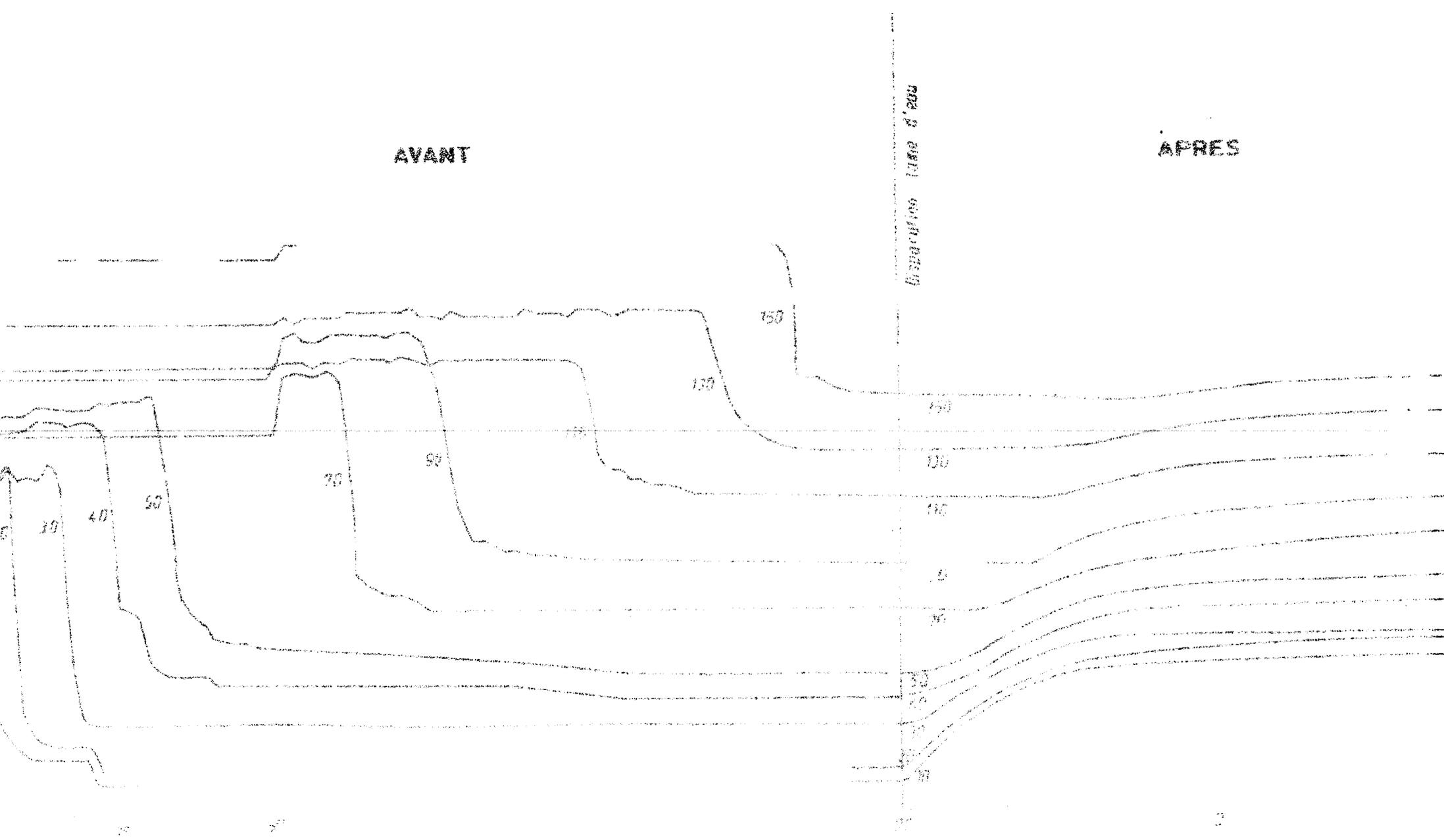


Fig. 3

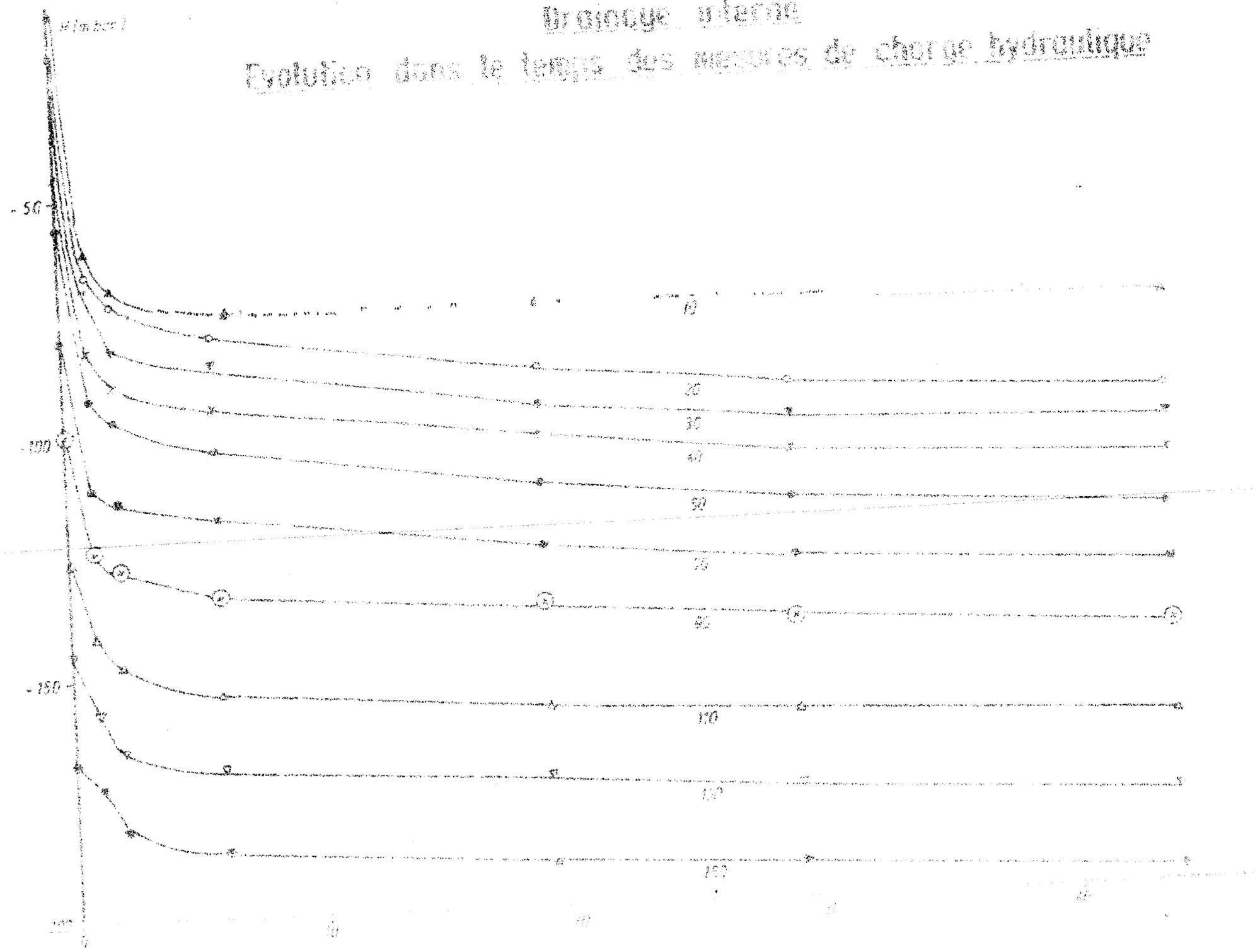


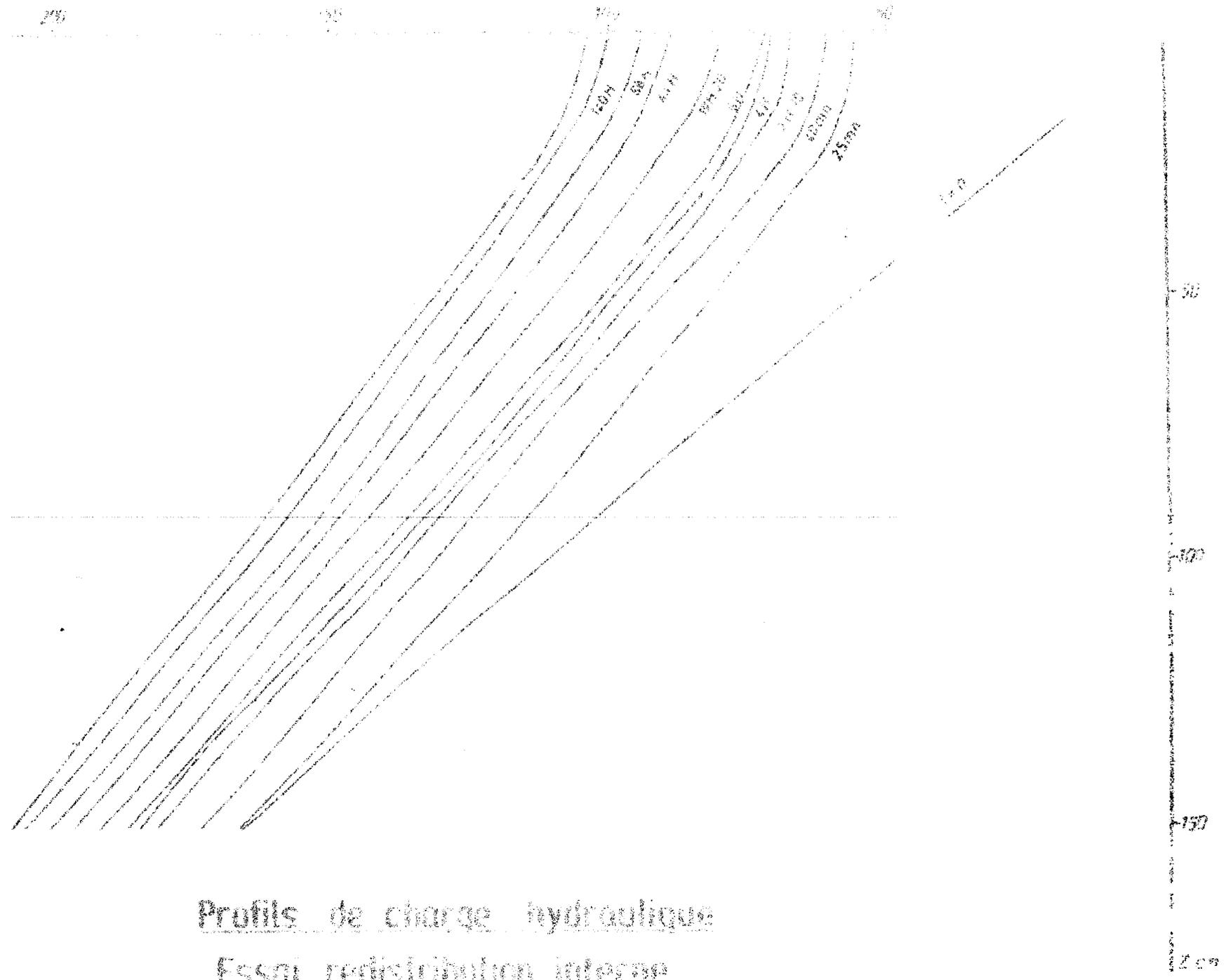




Ordonnée interne

Evolution dans le temps des mesures de charge hydraulique

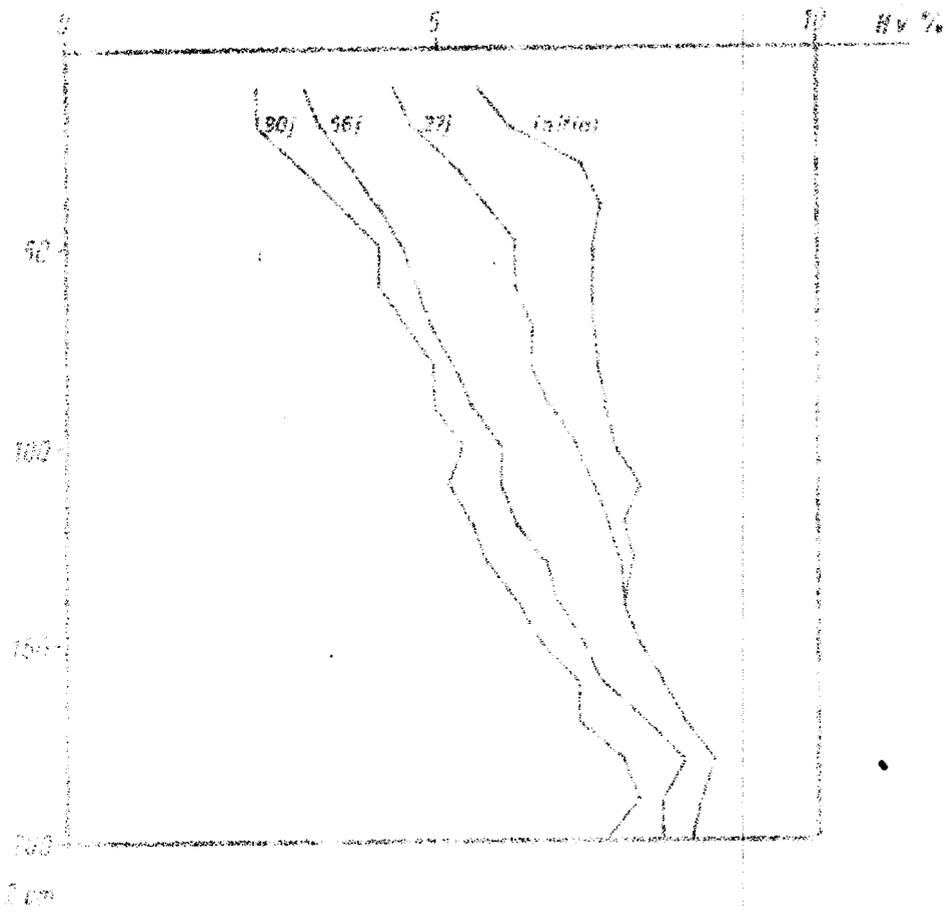




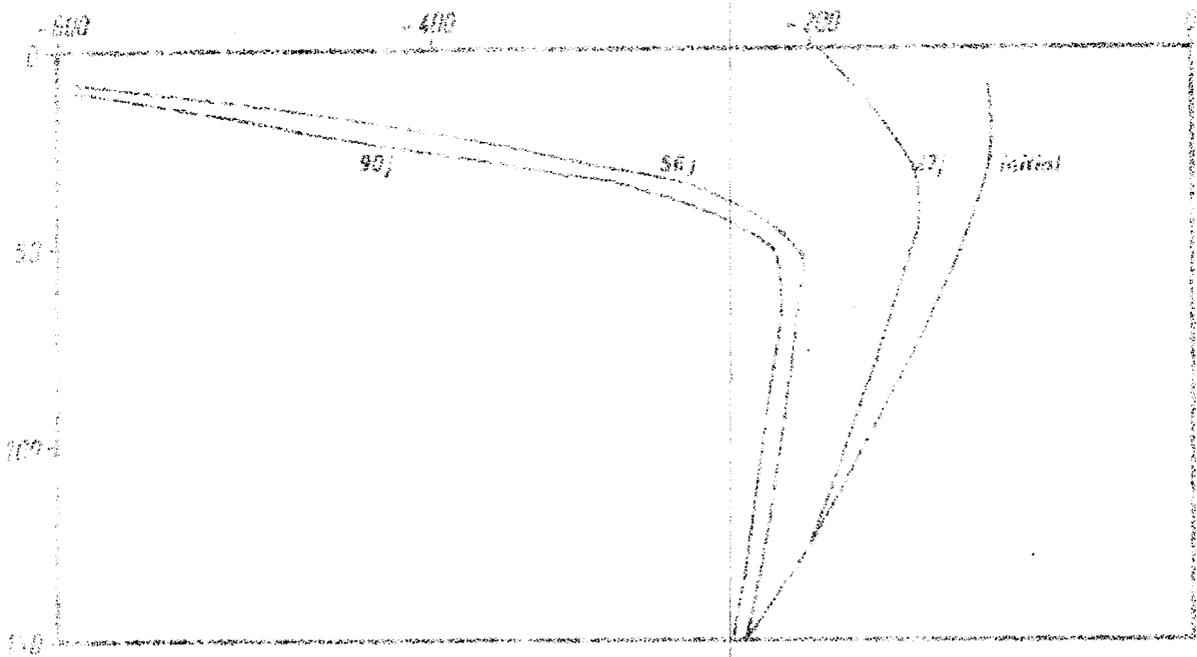
Profils de charge hydraulique
Essai redistribution interne

TABLEAU n° 3

	Initial	45 mm	4 H	1 jour	3 jours	5 jours
Stock hydrique (mm) tranche 0-50 cm	115.8	74.1	56.7	40.4	36.6	33.4
Stock hydrique utile (mm) tranche de 0-50 cm	104.6	62.9	45.5	29.2	25.4	22.2
Stock hydrique (mm) tranche 50-100 cm	115.5	90.7	65.2	46.8	39.9	36.4
Stock hydrique utile (mm) tranche 50-100 cm	104.3	79.5	54.0	35.6	28.7	25.2
Stock hydrique (mm) tranche 100-150 cm	113.4	106.3	78.4	60.6	48.8	44.2
Stock hydrique utile (mm) tranche 100-150 cm	104.2	95.1	67.2	50.4	37.6	33.0



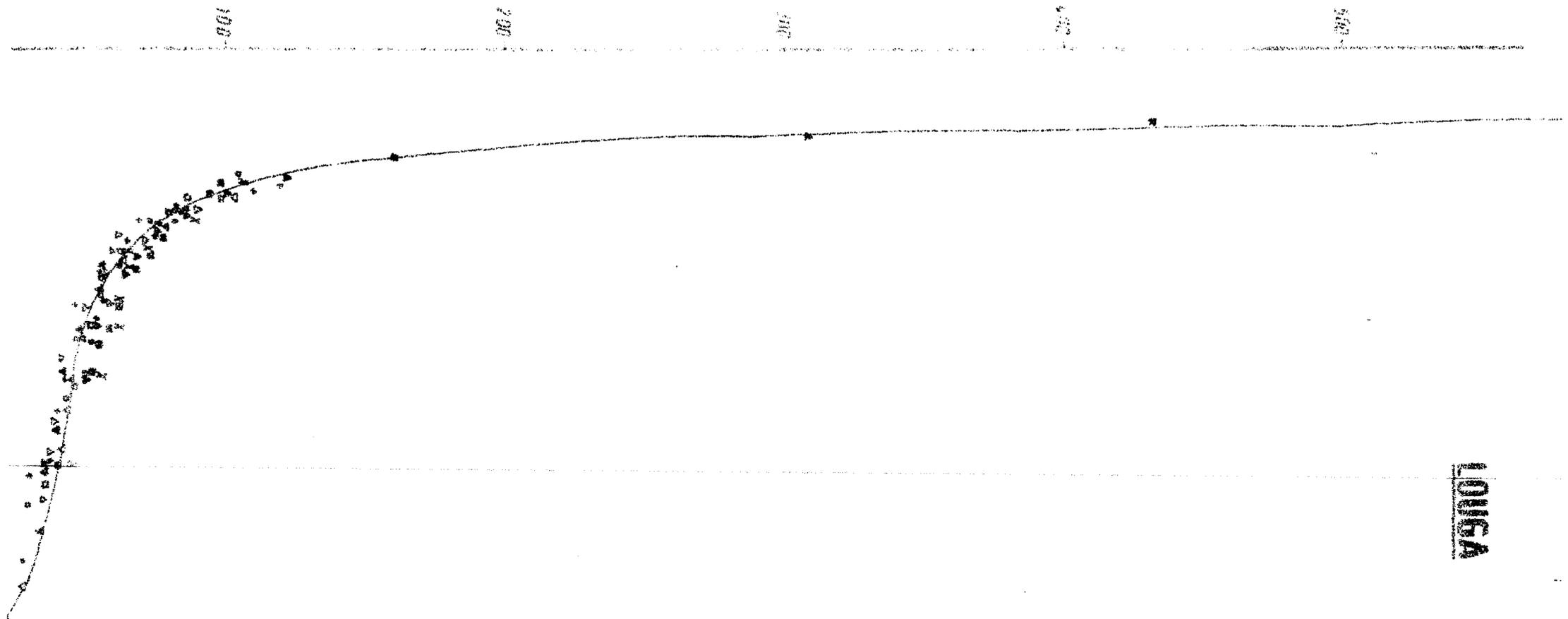
Evolution des profils d'humidité en conditions naturelles



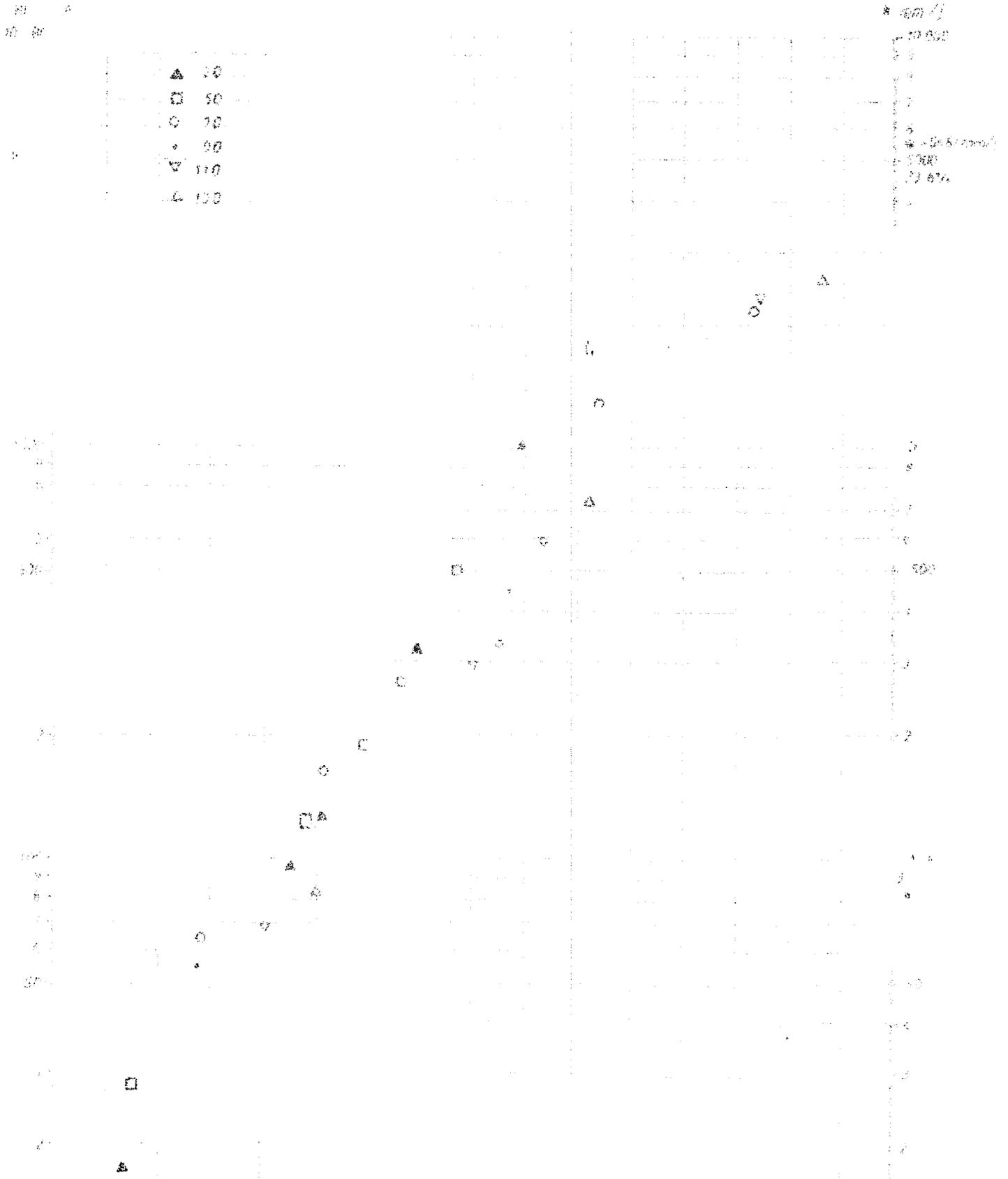
Evolution des profils de charge hydraulique

1016A

- x 10 cm
- 20cm
- ▲ 30 cm
- 40 cm
- ◻ 50 cm
- 70cm
- + 90 cm
- ▽ 110 cm
- △ 130cm
- ◆ 150cm



Conductivité hydraulique



CONCLUSIONS

Outre l'intérêt pratique qu'elle représente pour la quantification de la lame d'eau écoulée à travers une certaine côte, la connaissance des relations $K(Hv)$ et $h(Hv)$ est également importante dans l'estimation :

- de l'évapotranspiration réelle
- des pertes en sels minéraux
- de l'extraction racinaire par tranches de sol.

Ces caractéristiques hydrodynamiques se prêtent donc à de nombreuses applications agronomiques. Toutefois nous pouvons dégager de ces informations un certain nombre d'orientations :

- 1/ Les sols de Louga présentent une cinétique d'infiltration très rapide. Sur la fig. 5b, le profil sur 1m s'assèche en 3 jours de 23 % à 7 % d'humidité, le stock ayant drainé vers les couches inférieures. Le principal inconvénient de ces sols est donc leur aptitude à drainer rapidement vers des zones inaccessibles aux racines mais dans lesquelles le stock d'eau est relativement important.

Nous avons deux moyens de lutte à notre disposition :

a/ mettre à profit l'humidité de la couche 1,5-2 m (11,5 % d'humidité après 3 jours de ressuyage) en développant des espèces végétales à enracinement profond.

b/ retenir l'eau dans la zone racinaire 0-1m en modifiant les propriétés physiques du sol de sorte qu'il y ait diminution de l'infiltration et augmentation du stock hydrique utile. Dans cette optique de nombreuses recherches sont actuellement effectuées sur les amendements mais les solutions proposées (polymères organiques, bentonite...) restent trop coûteuses pour une agriculture extensive.

- 2/ Le caractère très sableux de ces sols se traduit par leur aptitude à libérer l'eau disponible. Si l'on raisonne en terme de pression, une plante doit fournir une énergie 2 fois plus grande en sol DECK qu'en sol DIOR-DIERI pour assécher une tranche de sol de 0,20% à 0,10% d'humidité. Ce qui pourrait se traduire dans des conditions hydriques favorables par un meilleur développement des cultures en sol sableux DIOR-DIERI qu'en sol légèrement argileux DECK. L'irrigation au goutte à goutte qui économise l'eau et limite les pertes en eau et sels minéraux semble, dans ce cas, bien appropriée. Il n'en reste pas moins que cette solution n'est envisageable que dans le cadre d'une agriculture intensive (culture maraîchère par exemple).

L'hydrodynamique des sols de Louga reste donc au facteur limitant dans les conditions écologiques actuelles. Mais il nous paraît fondamental de continuer dans la ligne de cette recherche afin d'obtenir la meilleure gestion possible de l'eau.

B I B L I O G R A P H I E

AUBERT :

Observations sur les sols du Ferlo et de la vallée du Sénégal
Publication ORSTOM - Paris - Diffusion extérieure.

CHARREAU ; 1963

Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal :
Agronomie Tropicalo, Bull. n° 19

FAURE ; 1953

Les sols de la région de Louga - vue d'ensemble sur les types
de sol et leur valeur organique
Annales du CNRA de BAMBEY SENE!GAL Bull. n° 11

HAMON ; 1978

Caractérisation hydrodynamique in situ de 2 sols de culture
de la région Centre-Nord du SENE!GAL
CNRA BAMBEY - ISRA

MEIGNIEN ; 1959

Des sols subarides au Sénégal
Publication ORSTOM du centre de Pédologie de Hann-Dakar

NICOU ; 1975

Caractéristiques principales des sols sableux et sablo-
argileux du Sénégal. Problèmes agronomiques de leur mise
en valeur.
Multigraphie - CNRA BAMBEY - ISRA

VACHAUD, DANLETTE, SONKO, THONY ; 1973

Méthode de caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol non
saturé
Annales agronomiques.