

**HUMIDITE DU SOL LE LONG DE LA  
TOPOSEQUENCE DU LAC DE KOSSOU :  
- PROFILS ET VARIATION DE STOCKS  
HYDRIQUES D'UN SOL FERRALLITIQUE**

**N.R. YAO<sup>(1)</sup>. O. AMADOU<sup>(2)</sup>**

1. Laboratoire de Bioclimatologie  
ORSTOM, Adiopodounmé  
01. BP. V 51 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)
2. Laboratoire de Génie Rural  
E.N.S.A., 08 B.P. 35 ABIDJAN 08  
(Côte d'Ivoire)

*Mots clés :*

Eau disponible, humidité volumique, lac de Kossou, porosité, profils hydriques, sol ferrallitique, sonde à neutrons.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 25.763 ex 1

Cote : B M

19 DEC. 1988

**RÉSUMÉ :**

Dans le but de mieux exploiter nos ressources naturelles, une étude a été menée pour déterminer l'influence de la présence d'un lac sur la disponibilité de l'eau aux cultures le long de sa toposéquence. Deux méthodes, une gravimétrique, l'autre neutronique, ont été utilisées pour la détermination de la teneur en eau du sol et de sa variation dans le temps.

L'analyse des profils hydriques montre que la teneur en eau du sol proche du lac a toujours été supérieure au point de flétrissement permanent. Cette étude a permis de montrer l'importance du lac sur l'humidité du sol en conditions hydriques défavorables. Hors de ces périodes, la disponibilité en eau dépend des caractéristiques intrinsèques de chacun des sites, notamment de la texture et de la structure.

Si la mesure de l'humidité du sol par la méthode neutronique est déconseillée pour les couches superficielles, il faut noter cependant, qu'il existe une relation linéaire entre les stocks de ces couches déterminés par les méthodes neutronique et gravimétrique avec des coefficients de corrélation variant entre 0,80 et 0,96. Nos résultats montrent que la sonde à neutrons ne sous-estime pas systématiquement les teneurs en eau de surface. Ce comportement semble être lié au pourcentage de sable grossier. Si le sol devient de plus en plus humide, alors les mesures neutroniques convergent vers les mesures gravimétriques quel que soit le site.

**ABSTRACT :**

**SOIL WATER CONTENT ALONG THE KOSSOU LAKESIDE SLOPE :  
- WATER PROFILES, AND VARIATION OF A FERRALLITIC SOIL**

In order to better utilize our natural resources, a study was conducted to determine the influence of a lake on the availability of soil water to plants along the lakeside slope. Two methods, one gravimetric and the other neutronic, were used to evaluate the soil water content and its variation with time.

The analysis of soil water profiles shows that soil moisture near the lake was always higher than the permanent wilting point. This study shows the importance of the lake on soil moisture under unfavorable water conditions. Outside these periods, the water availability depends upon the specific characteristics of each of the sites, especially soil texture and structure..

If the measure of soil moisture by the neutron probe method is not recommended for top soil layers, however, a linear relationship exists between soil moisture estimated by the

neutron probe and the gravimetric methods with correlation coefficients ranging from 0,80 to 0,96. Our results show that the neutron probe method does not systematically underestimate soil moisture of top layers. This response seems to be in relation to the fraction of coarse sand. As soil moisture increases, data from the neutron probe method converge toward the gravimetric data regardless the site.

## I - INTRODUCTION

La connaissance de la quantité d'eau contenue dans le sol est indispensable pour la compréhension du comportement chimique, mécanique et hydrologique des sols, et pour l'étude de la croissance des plantes (HILLELL, 1974). Il existe des méthodes destructives et non destructives pour mesurer l'humidité (ou teneur en eau) du sol (HÉNIN, 1977). L'objectif est ici de comparer les valeurs de stocks d'eau obtenus à partir de deux méthodes : la méthode gravimétrique et la méthode neutronique. Ces stocks feront par ailleurs l'objet d'un suivi temporel afin d'examiner le rôle du lac dans l'état hydrique des différents sites de la séquence.

## II - METHODOLOGIE

### A. Localisation du site

La parcelle expérimentale a été mise en valeur en avril 1985 et 1986 avec deux cultures (maïs, riz) dans la zone de marnage du lac de Kossou près de Bouafla, dans le Département de Bouaflé à 187 m d'altitude, à 6°59' de latitude Nord et à 5°45' de longitude Ouest. (ATLAS DE CÔTE D'IVOIRE, 1979). La pluviométrie annuelle est d'environ 1350 mm avec une évaporation potentielle de 1700 mm soit un déficit hydrique annuel de 350 mm. La distribution des pluies au cours de l'année est bimodale avec le premier pic en juin et le deuxième en octobre. Les deux saisons humides vont respectivement de mars à juillet et de septembre à novembre.

### B. Dispositif expérimental

#### 1. Méthode neutronique

Le long de la toposéquence du lac de Kossou cinq tubes ont été installés et sont espacés régulièrement de 35 m. Le premier T1 est situé à l'aval de la toposéquence ; le cinquième T5 est situé en amont (Fig. 1).

La sonde est introduite au fond du tube pour faire la première mesure. Elle est ensuite remontée de 10 en 10 cm jusqu'à 20 cm de la surface. Les mesures ont été faites une fois par semaine durant les 4 mois d'expérimentation. Les résultats sont convertis en humidité volumique à partir de la courbe d'étalonnage de la sonde pour le sol considéré. En effet, une méthode de terrain a été utilisée pour l'étalonnage de la sonde à neutrons, à partir de comptages neutroniques, de mesure de la densité apparente et de mesures de l'humidité pondérale sur des échantillons prélevés au terrain.

#### 2. Méthode gravimétrique

Aux environs de chaque tube, trois prélèvements sont faits entre 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm avec trois répétitions. Les mesures de l'humidité pondérale  $H_p$  sont faites heb-

domadairement avec un total de  $3 \times 3 \times 5 = 45$  échantillons. L'humidité volumique  $H_v$  peut être calculée à l'aide de mesures de densité apparente faites par ailleurs selon la formule :

$$H_v = H_p \times \rho_s \quad (1)$$

Si l'humidité pondérale a été déterminée au laboratoire sur terre fine (fraction inférieure à 2 mm) par tamisage, alors  $H_v = H_{pc} \times r_s$  (2)

Où

$\rho_s$  = densité apparente

$$H_{pc} = (H_{pe} \times fe) + (H_{pr} \times fr) \quad (3)$$

avec

$H_{pr}$  = humidité pondérale de la fraction grossière,

$H_{pe}$  = humidité pondérale de la fraction fine,

$fr$  = fraction grossière (supérieure à 2 mm),

$fe = 1 - fr$  = fraction fine (inférieure à 2 mm).

## III - RESULTATS ET DISCUSSION

### A. Caractéristiques physiques des sols

Les éléments grossiers sont abondants dans la zone d'étude (Fig. 1) ; les cinq sites étudiés présentent une fraction grossière (supérieure à 2 mm) sensiblement égale.

La densité apparente du sol (Tableau 1) croît avec la profondeur et varie très peu selon les sites allant de 1,2 à 1,3 dans les 20 premiers centimètres de sol et de 1,6 à 1,7 dans les 20 centimètres suivants.

La texture des sols est à dominance de sables fins et grossiers ; ils représentent au moins 40% dans chaque horizon.

### B. Humidité du sol

#### 1. Profils hydriques

La figure 2 présente les profils hydriques enregistrés au cours de l'expérimentation au site T4. Les humidités volumiques ( $H_v$ ) entre 0 et 30 cm de profondeur ont été calculées à partir de la méthode gravimétrique. Les humidités volumiques à des profondeurs supérieures à 30 cm ont été calculées à partir de la méthode neutronique. Les humidités volumiques au pF 4,2 (Tableau 2) ont été calculées à l'aide de la formule (3), l'humidité pondérale de la fraction grossière ayant été estimée en moyenne à 6,5% au pF 4,2 selon les travaux de BOA (1983). La figure 2 montre bien l'importance de la correction de l'humidité volumique calculée

à partir de mesures faites au laboratoire sur la fraction fine (< 2 mm, obtenue par tamisage) en tenant compte du pourcentage de la fraction grossière.

D'une manière générale, l'humidité volumique au pF 4,2 est très faible (moins de 12%) dans les horizons de surface et augmente avec la profondeur, cette augmentation étant liée à celle du taux d'argile plus élevé en profondeur. A un instant donné les horizons situés entre 20 et 40 cm de profondeur ont les plus fortes teneurs en eau. Ces horizons semblent constituer un réservoir d'eau qui se vide seulement quand il y a une sécheresse prolongée (c'est le cas du profil hydrique du 91<sup>e</sup> jour après semis).

D'une manière générale, la teneur en eau du sol proche du lac est toujours supérieure au point de flétrissement permanent.

## 2. Evolution des stocks hydriques

L'évolution des stocks hydriques dans les 60 premiers centimètres de sol suit la même allure que l'eau disponible (Fig. 3). On constate d'une manière générale une phase d'humectation en début de cycle cultural suivie d'un assèchement plus ou moins prolongé jusqu'au 40<sup>e</sup> jour après semis.

Ensuite, une humectation rapide du 40 au 60<sup>e</sup> jour due à une série de pluies (100 mm) et enfin un assèchement progressif jusqu'en fin de cycle (Fig. 3). Les stocks hydriques sont passés progressivement d'un maximum de 150 mm à un minimum de 97 mm. On observe des sites à stocks hydriques élevés (T2, T3 et T5) et des sites à stocks hydriques faibles (T1 et T4).

L'analyse de l'eau disponible (Fig. 3) sur une profondeur de 60 cm et calculée à partir des stocks hydriques réels et des stocks hydriques au pF 4,2 montre que le site T4 a constamment une quantité d'eau disponible inférieure à celle des quatre autres sites. Ceci est due d'une part, à l'humidité élevée (10 à 22 %) au pF 4,2 et d'autre part, à une faible capacité de rétention. Le faible remplissage du site T4 entre le 40<sup>e</sup> et 50<sup>e</sup> jour après semis indique que sa capacité de rétention est effectivement très faible.

## 3. Relation entre humidités neutronique et gravimétrique

Si la mesure de l'humidité du sol par la méthode neutronique est déconseillée pour la couche superficielle (de 10 à 20 cm selon l'humidité), il faut noter cependant, qu'il existe une relation linéaire entre les stocks en surface déterminés par les méthodes neutroniques et par dessiccation à l'étuve. La Figure 4, démontre bien l'existence de cette relation linéaire entre les stocks d'eau des 30 premiers centimètres mesurés à l'aide d'une sonde à neutrons (SOLO 25) et de la tarière. Les coefficients de corrélation varient dans tous les cas entre 0,80 et 0,96. Cette bonne corrélation signifierait qu'on pourrait corriger les mesures neutroniques de surface grâce à un étalonnage préalable. Cependant, chaque site doit être étalonné comme démontre l'hétérogénéité spatiale de nos sites qui sont distants seulement de 35 m. Nos résultats montrent que la sonde à neutrons ne sous-estime pas systématiquement les

teneurs en eau de surface. En effet, la Figure 4 démontre que selon le site, la mesure neutronique peut, soit sous-estimer l'humidité du sol par rapport à la mesure gravimétrique (c'est le cas des sites T1, T2 et T3), soit la surestimer (c'est le cas des sites T4 et T5).

Ce comportement de la méthode neutronique pourrait s'expliquer par la variation de la densité du sol d'une part, et de la texture d'autre part. En effet, COUCHAT (1983) a démontré que l'intervention du sol sur la réponse de l'humidimètre est significative en relation notamment avec la densité apparente sèche du sol. Il a aussi indiqué l'influence du pourcentage de sable sur la courbe d'étalonnage. Cependant, l'analyse physique du sol de nos sites d'expérimentation ne révèle aucune relation évidente entre la densité apparente sèche du sol et le comportement particulier observé de l'humidimètre.

Par contre, les résultats de l'analyse granulométrique montrent au contraire que les résultats issus de la méthode neutronique seraient plus ou moins liés au pourcentage de la fraction grossière et surtout au pourcentage de sable grossier. En effet, le pourcentage de sable grossier est de 10,6 ; 15,2 ; 15,7, 23,5 et 26,2 respectivement pour les sites T.1, T.2, T.3, T.4 et T.5. On constate donc que pour les sites T4 et T5 ayant un pourcentage de sable grossier nettement supérieur aux autres sites, la méthode neutronique surestime l'humidité du sol.

La Figure 4 montre aussi que si le sol devient de plus en plus humide, alors les mesures neutroniques convergent vers les mesures gravimétriques quel que soit le site.

## CONCLUSIONS

Cette étude a permis de montrer l'importance du lac sur l'humidité du sol surtout en conditions hydriques défavorables. Hors de cette période, la disponibilité en eau du sol le long de la toposéquence dépend des caractéristiques intrinsèques du site, notamment de sa texture et de sa structure.

Elle a permis aussi de voir l'importance de la texture du sol sur les mesures neutroniques. En conséquence, un étalonnage adéquat de la sonde à neutrons pour chaque site étudié devrait permettre de corriger ce comportement de la méthode neutronique.

## BIBLIOGRAPHIE

- ATLAS de Côte d'Ivoire, 1979. Ministère du Plan, Institut de Géographie Tropicale, Université d'Abidjan, Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer.
- BOA, D. 1983. Caractéristiques hydriques des gravillons ferrugineux dans les sols ferrallitiques. *Laboratoire de Pédologie ORSTOM, Adiopodoumé, pp. 16-33.*
- COUCHAT, Ph, 1983. Les applications de la méthode neutronique dans la recherche agronomique. *Colloque International sur l'emploi des techniques des isotopes et des rayonnements dans les études sur la physique des sols et l'irrigation. Aix-en Provence, France, 18-22 Avril.*
- HILLEL, D., 1974. L'eau et le sol. Principes et processus physiques. Vanders - Editeur Munststrant, Louvain pp. 75-85m.
- HENIN, S., 1977. L'eau et le sol - les propriétés mécaniques. La chaleur et le sol dans le cours de physique du sol II. *Editest, Bruxelles, pp. 13-58.*

Tableau 1 - Densité apparente du sol

Table 1 - Soil bulk density

Profondeur (cm) Sites	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
T1	1,3	1,7	1,6	1,9	-
T2	1,2	1,6	1,7	1,9	-
T3	1,2	1,7	1,6	1,6	1,6
T4	1,2	1,7	1,7	1,8	1,8
T5	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7

TABLEAU 2 - FRACTION GROSSIERE\* (supérieure à 2 mm), HUMIDITE VOLUMIQUE AU pF 4,2\*\*, HUMIDITE VOLUMIQUE AU pF 4,2 CORRIGE EN FONCTION DE LA FRACTION GROSSIERE\*\*\* DANS LES CINQ PROFILS.

TABLE 2 - PERCENTAGE\* OF COARSE FRAGMENTS ; WATER CONTENT AT pF 4,2\*\*, WATER CONTENT AT 4,2 CORRECTED ACCORDING TO THE PERCENTAGE OF COARSE FRAGMENTS IN THE FIVE SOIL PROFILES.

Prof. cm	0-10			10-20			20-30			30-40			40-50			50-60			60-70			70-80			80-90		
Profil																											
T1	•	••	•••																								
	0,6	8,1	8,1	0,6	8,1	8,1	11,2	11,8	11,2	11,2	11,8	11,2	47,3	12,3	9,6	47,3	12,3	9,6	47,3	14,5	10,7	62,7	14,5	9,5	-	-	-
T2	0,9	9,4	9,4	0,9	9,4	9,4	8,2	15,4	14,7	53,6	20,1	12,8	53,6	22,8	14,1	53,6	22,8	14,1	53,6	24,7	14,9	74,7	19,1	9,7	-	-	-
T3	0,1	8,1	8,1	10,5	9	8,7	10,5	15,7	14,7	33,9	16,6	13,2	33,9	16,4	13	33,9	16,4	13	33,9	16,2	12,9	-	-	-	-	-	-
T4	0,2	9,1	9,1	5,8	10,6	10,4	11,5	16,2	15,1	22,1	18,6	15,9	32,6	20,3	15,8	49,5	28,4	17,6	49,5	30,1	18,4	49,5	30,1	18,4	49,5	30,4	18,6
T5	3,4	9,6	9,5	21,2	12,1	10,8	38,9	17,3	13,1	47,3	22,4	14,9	47,3	23,7	15,6	47,3	24,9	16,2	56	30,1	16,9	56	30,1	16,9	56	28,2	16

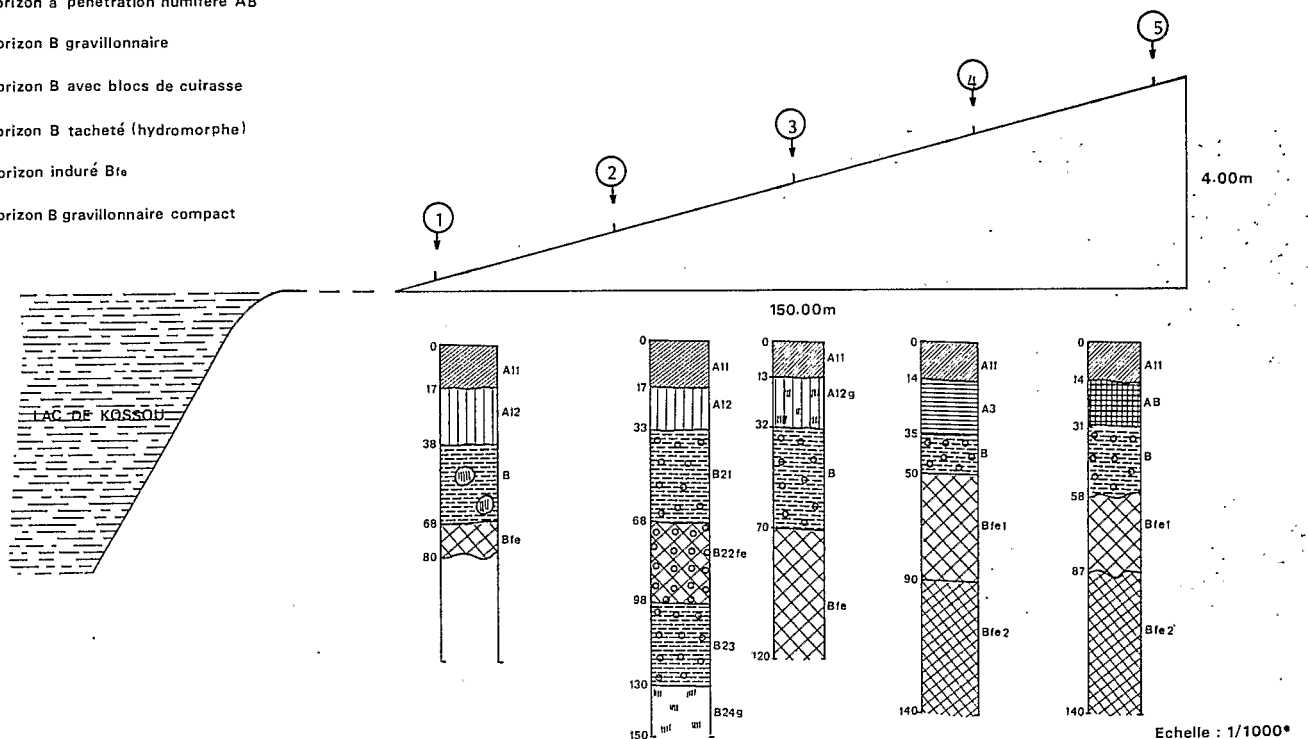
Légende

- Lieu d'implantation du profil
- Horizon A11
- Horizon A12
- Horizon A12g (tacheté)
- Horizon à pénétration humifère A3
- Horizon à pénétration humifère AB
- Horizon B gravillonnaire
- Horizon B avec blocs de cuirasse
- Horizon B tacheté (hydromorphe)
- Horizon induré Bfe
- Horizon B gravillonnaire compact

Fig. 1 : LAC DE KOSSOU

IMPLANTATION ET REPRESENTATION DES PROFILS

Fig. 1 : Kossou Lake: Implantation and representation of the soil profiles



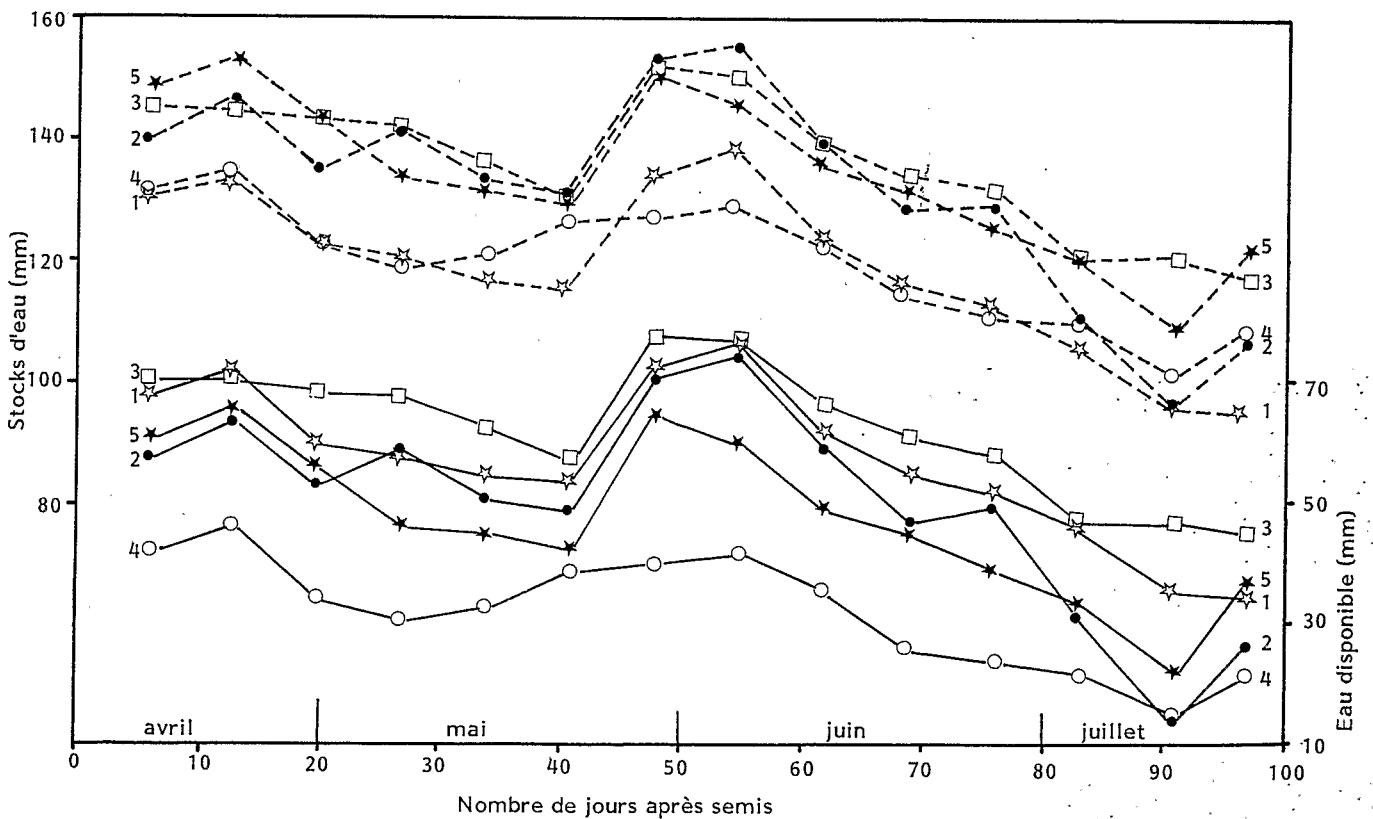
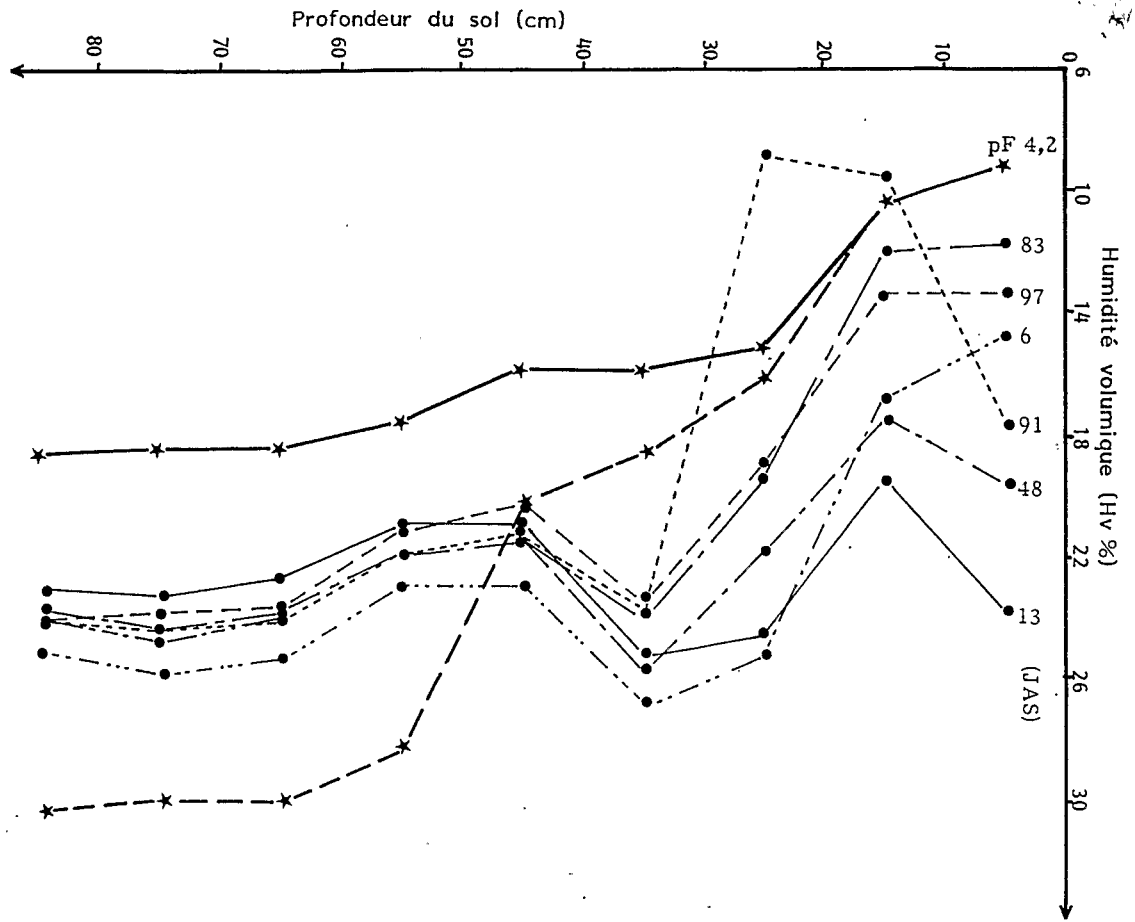


Fig. 3 :-Evolution des stocks hydriques (----) et de l'eau disponible (—) des cinq sites pour les 60 premiers cm de sol en 1986.

Fig. 3 :-Evolution of soil moisture (----) and available water (—) at the five sites for the first 60 cm of soil in 1986.

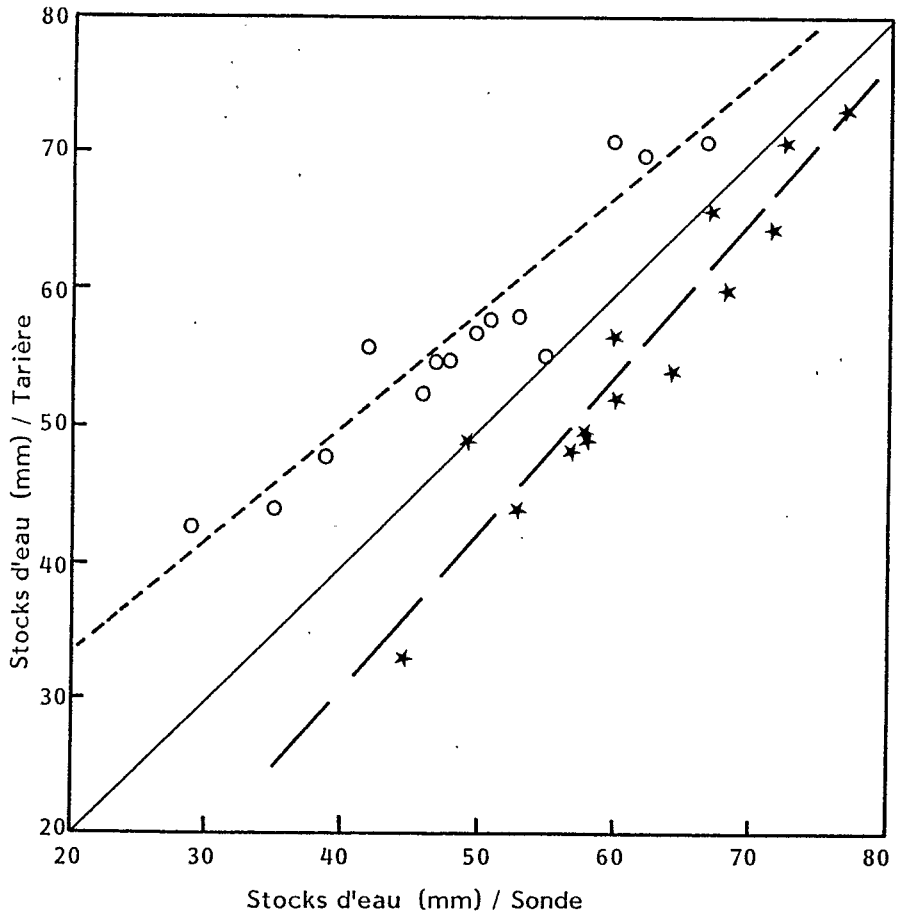


Fig. 4 :-Relation entre les stocks hydriques gravimetric et neutronique des 30 premiers cm des sites T1 ○ et T5 ★

Fig. 4 :-Relationship between gravimetric and neutronic humidities of the first 30 cm of soil at sites T1 ○ and T5 ★