

DETERMINATION *IN SITU* DE LA CAPACITE AU CHAMP D'UN SOL FERRALLITIQUE AU MOYEN DE LA SONDE A NEUTRONS

O. AMADOU ⁽¹⁾ , N.R. YAO ⁽²⁾

1. Laboratoire de Génie Rural
E.N.S.A., O8 B.P. 35 ABIDJAN 08
(Côte d'Ivoire)

2. Laboratoire de Bioclimatologie
ORSTOM, Adiopodoumé
B.P. V-51 ABIDJAN
(Côte d'Ivoire)

Mots clés :

Capacité au champ, drainage, granulométrie, infiltration, lac de Kossou, profil hydrique,
sol ferrallitique, sonde à neutrons.

ORSTOM Fonds Documentaire

19 DEC. 1988

N° : 25,761 ex 1

Cote : B M

RESUME

Des études menées au Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache, France, (MARCESSE, 1967 ; COUCHAT, 1983) ont montré que la sonde à neutrons peut être utilisée pour la détermination *in situ* de la capacité au champ des sols. Cette méthode a été appliquée à un sol ferrallitique au bord du lac de Kossou. Trois tubes installés le long de la toposéquence ont été suivis durant cette étude.

La vitesse d'infiltration est beaucoup plus élevée en surface qu'en profondeur. Les résultats de drainage et ressuyage donnent une juxtaposition de deux cinétiques d'infiltration, l'une exponentielle, l'autre linéaire.

L'extrapolation de la deuxième cinétique (lente) donne, pour les 60 premiers centimètres du sol des capacités au champ de 154 mm, 184 mm et 163 mm respectivement pour les sites T1, T3 et T5. Ces différences sont notamment liées à la porosité des différents sites étudiés.

ABSTRACT

IN SITU ESTIMATION OF A FERRALLITIC SOIL FIELD CAPACITY, USING THE NEUTRON PROBE METHOD

Studies conducted at the center for nuclear studies at Cadarache, France have shown that neutron probe method can be used to estimate *in situ* field capacity of soils. This method was applied to ferrallitic soils on the Kossou lakeside slope. Three access tubes were put along the slope and were monitored during the study.

The infiltration rate was higher in top soil layers than in deeper soil layers. Drainage and redistribution results show a juxtaposition of two infiltration kinetics, the first being exponential and the second linear.

The extrapolation of the second kinetic (slow) gives, for the first 60 centimeters of soil, field capacities of 154 mm, 184 mm and 163 mm for site T1, T3 and T5 respectively. These differences were especially related to the porosity of the different sites studied.

I - INTRODUCTION

La détermination au laboratoire de la capacité de rétention d'un sol se heurte à certaines difficultés ; la structure du sol est généralement détruite au cours de l'expérimentation ; les normes de succion auxquelles doit être soumis l'échantillon sont connues mais restent empiriques. Pour ces raisons, de nombreux chercheurs ont proposé des techniques simples permettant d'effectuer *in situ* en un même endroit, des mesures fréquentes, très rapides et précises de la capacité au champ, (FÉODOROFF, 1965 ; DANCETTE, 1970 ; DANCETTE et MAERTENS, 1974 ; MARCESSE et COUCHAT, 1974 ; VACHAUD et al., 1978 ; PUARD et al., 1980). Nous avons utilisé une de ces méthodes consistant à suivre, avec une sonde à neutrons, la cinétique de la variation de teneur en eau du sol au cours du ressuyage suivant un essai d'infiltration.

II - METHODOLOGIE

A. Localisation du site

La parcelle expérimentale a été mise en valeur en 1985 et 1986 dans la zone de marage du lac de Kossou près de Bouafla, dans le Département de Bouafla à 187 m d'altitude, à 6°59' de latitude Nord et à 5°45' de longitude Ouest (Atlas de Côte d'Ivoire, 1979).

Trois tubes sont installés le long d'une toposéquence ; le premier (T1) au tiers inférieur, le second (T3) au tiers médian à 70 m du premier et le troisième (T5) au tiers supérieur à 70 m du second pour le suivi de l'humidité du sol durant cette étude.

Une étude pédologique faite au niveau de ces trois sites montre que :

- T1 appartient à un sol de type ferrallitique faiblement désaturé, appauvri, remanié à faciès d'hydromorphie et d'induration, et présente un horizon A (0-38 cm) humifère et à texture sableuse en surface, pénétration humifère et à texture sablo-argileuse en profondeur, à sable très fin, et une structure massive ; un horizon B (38-80 cm) à texture sablo-argileuse et à structure nuciforme ;
- T3 appartient à un sol de type ferrallitique faiblement désaturé, appauvri, induré à faciès d'hydromorphie, et présente un horizon A (0-32 cm) humifère à texture limono-sableuse en surface, pénétration humifère à texture limono-sablo-argileuse en profondeur à sable très fin et structure massive ; un horizon B (32-70 cm) à texture sablo-argileuse à sable moyen et structure massive à structure nuciforme.
- T5 appartient à un sol de type ferrallitique faiblement désaturé, remanié, induré, et présente un horizon A (0-14 cm) humifère à texture limono-sablo-argileuse à sable fin, et structure massive et nuciforme ; un horizon AB (14-31 cm) pénétration humifère à texture argilo-sableuse à sable moyen et structure nuciforme ; un horizon B (31-140 cm) à texture argilo-sableuse ou argileuse à sable moyen et structure nuciforme.

B. Caractéristiques physiques des sols

1. Texture

La texture des sols est à dominance de sables fins et grossiers (Tableau 1). Les sables fins sont dominants dans les horizons humifères et à pénétration humifère. Quant aux sables grossiers, ils sont abondants dans les horizons B. Dans la plupart des cas, les fractions argile plus limon représentent presque 30 % du total.

2. Propriétés hydriques

La densité apparente a été mesurée à l'aide d'un gammadensimètre (DR 18) en enlevant une couche de sol de 20 cm après chaque mesure. Cette densité apparente du sol varie de 1,2 en surface à 1,7 en profondeur. Il faut signaler la nette différence de densité entre l'horizon 0-20 cm (1,2 - 1,3) et les horizons sous-jacents (1,6 - 1,7). La porosité totale calculée à partir de la densité est peu développée ($P < 50\%$) sauf dans la couche superficielle (Tableau 1). Cette porosité élevée en surface est due d'une part, au travail du sol et d'autre part, à la présence probable de canaux et alvéoles créés par la faune terricole (HÉNIN, 1976).

Au point de flétrissement permanent, soit à pF 4,2, les horizons de profondeur ont des teneurs en eau pondérales plus élevées que les horizons de surface. Cela tient en grande partie aux taux d'argile légèrement plus forts en profondeur qu'en surface. Cependant, les humidités pondérales mesurées sont nettement inférieures à celles qu'on obtiendrait par l'application de l'équation de VAN WAMBÉKÉ (1974) qui met en relation les humidités au pF 4,2 et les taux d'argile. L'écart entre les humidités aux pF 4,2 et 2,5, notable dans les horizons de surface, diminue très sensiblement dans les horizons de profondeur. Ainsi, le stock d'eau utilisable par les plantes est plus élevé dans les horizons superficiels que dans les horizons profonds.

C. Dispositif expérimental

Le long de la toposéquence du lac de Kossou cinq tubes ont été installés avec un espacement de 35 m entre deux tubes adjacents. La longueur des tubes varie entre 100 à 120 cm selon la profondeur à laquelle apparait la cuirasse sous-jacente.

Les essais ont été conduits sur trois des cinq tubes (T1, T3 et T5). Ces essais ont eu lieu du 28 au 31 janvier 1987, pendant la saison sèche, sur un sol sec et bien drainé. La méthode a consisté à suivre des cinétiques d'infiltration et de ressuyage à l'aide d'un humidimètre à neutrons (Solo 25).

Le tubage de la sonde est situé au centre d'un double anneau de Müntz délimitant deux bassins (1 m² et 4 m²) (VACHAUD et al., 1978). Ces deux bassins ont été ensuite alimentés

avec une lame de 250 mm d'eau. Signalons que notre site d'essai n'était pas protégé contre l'évaporation de surface ; par conséquent, notre méthode sur-estimerait légèrement la capacité au champ. Enfin, 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 mesure de l'humidité pondérale sur des échantillons prélevés au terrain.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

L'essai d'infiltration qui a été conduit seulement sur le site T3 a commencé le 28.01.1987 à 8h 00 mn ; la lame d'eau a disparu 1h 26 mn après. Le ressuyage a été ensuite suivi pendant plus de 70 heures.

Pour les sites T1 et T5, seul le ressuyage a été étudié respectivement le 29.01.1987 à partir de 10h 07 mn, pendant près de 46 heures et le 30.01.1987 à partir de 8h 25 mn pendant 24 heures.

1. Infiltration

La figure 1 présente les profils hydriques obtenus lors de l'infiltration. Les résultats montrent que l'eau a percolé vers l'horizon situé à 20 cm de profondeur avant de s'accumuler en surface comme l'indique l'écart entre le profil hydrique sec et le premier profil hydrique durant l'infiltration (Fig. 1 et 2). Cette situation pourrait s'expliquer d'une part par la faible teneur en eau du sol (20 cm) avant l'essai d'infiltration et d'autre part par une différence de structure du sol au-dessus et en-dessous de 20 cm de profondeur (FÉODOROFF, 1965). En effet, la différence nette de densité apparente et de texture entre le niveau 0-20 cm et les niveaux sous-jacents et la porosité relativement élevée dans la couche superficielle (Tableau 1) peuvent expliquer des vitesses d'infiltration différentes au-dessus et au-dessous de 20 cm de profondeur. Ceci a pour effet direct, l'accumulation préférentielle de l'eau dans l'horizon de surface.

La réduction de la vitesse d'infiltration avec la profondeur est confirmée par la figure 2. Il y a en effet diminution des pentes (2,8 % mn à 10 cm, 1,5 % à 20 cm, 0,7 % à 30 cm, 0,6 % à 50 cm et 0,5 % à 70 cm) durant l'infiltration lorsque l'on s'éloigne de la surface du sol. Le travail du sol sur une profondeur de 20 cm avant la mise en place de l'essai a favorisé une meilleure infiltration dans la couche superficielle (FÉODOROFF 1965).

La figure 2 démontre bien que l'humidité volumique à saturation est l'équivalent de la porosité totale (33 à 37 %) dans les horizons situés en-dessous de 20 cm ; cependant cette équivalence n'est pas vérifiée pour la couche 0-20 cm.

2. Drainage interne (ressuyage)

La figure 3 présente les profils hydriques obtenus lors de l'essai de ressuyage aux sites T1, T3 et T5.

Dans les trois cas, il y a une nette différence entre les profils secs et ceux à saturation surtout dans la couche superficielle (0-20 cm). Ce résultat démontre bien que la porosité du sol est plus élevée en surface qu'en profondeur principalement à cause du travail du sol. Cependant, ces couches superficielles vont se vider plus rapidement du fait de leurs faibles teneurs en argile. Ainsi, 24 heures après le début du ressuyage, la couche superficielle a perdu 28, 55 et 34 % de son eau respectivement aux sites T1, T3 et T5. Par contre, le drainage a été moins rapide dans les horizons situés en-dessous de 30 cm de profondeur. En outre, les différences d'humidité entre les trois sites tiennent surtout à la porosité.

L'analyse du ressuyage (Fig. 4 et 5) permet de mettre en évidence deux cinétiques. La première de forme exponentielle (Fig. 4b et 5b) est liée à l'écoulement rapide par gravité. La représentation graphique sur papier semilog des stocks d'eau enregistrés au début du ressuyage donne une relation linéaire en fonction du temps. Cette première cinétique est donc de forme exponentielle. La seconde cinétique de forme linéaire, plus lente, fait intervenir les forces capillaires (Fig. 4a et 5a). Ces différents résultats confirment partiellement ceux de Marcesse et Couchat (1974) qui rapportaient deux cinétiques de forme exponentielle. La similarité des pentes de droites des trois sites aussi bien pendant la cinétique rapide (Fig. 5b) que pendant la cinétique lente (Fig. 5a) montre que la vitesse de ressuyage sur le profil pédologique 0-60 cm est relativement identique pour les 3 sites. Alors que cette vitesse de drainage est différente (Fig. 4a et 4b) sur le profil pédologique 0-30 cm, il ressort que les trois sites sont sensiblement différents lorsqu'on considère seulement la couche superficielle.

L'extrapolation de la cinétique lente au point de départ donne des capacités au champ d'environ 80, 88 et 81 mm pour l'horizon 0-30 cm ; 74, 96 et 82 mm pour l'horizon 30-60 cm et un total de 154, 184 et 163 mm pour le profil 0-60 cm respectivement pour les sites T1, T3 et T5. Cette capacité de rétention est considérée comme le taux d'humidité volumique du sol à l'origine de la cinétique lente. Au point de vue agronomique, elle est la limite supérieure du volume d'eau pouvant être mis en réserve dans le sol et utilisable par les plantes (MARCESSE, 1967). La disparité des résultats obtenus sur les trois sites tient principalement à la porosité.

CONCLUSIONS

L'essai d'infiltration et de drainage interne effectué sur 3 sites d'un sol ferrallitique, au bord du Lac de Kossou, a mis en évidence les résultats suivants :

D'une part, l'infiltration de l'eau est tout d'abord rapide dans la couche superficielle, en liaison avec sa forte porosité. L'eau s'accumule ainsi dans les 20 premiers centimètres puis est redistribuée plus lentement dans le profil entier.

D'autre part, lors du drainage, on met en évidence deux cinétiques de ressuyage du profil, l'une rapide de forme exponentielle, l'autre lente de forme linéaire. Les vitesses de ressuyage se différencient essentiellement sur les trois sites dans la couche superficielle.

Enfin, la capacité au champ, déterminée par la méthode neutronique, sur ces sites semble liée aux différences de porosité des trois profils étudiés.

BIBLIOGRAPHIE

- ATLAS de Côte d'Ivoire, (1979). *Ministère du Plan, Institut de Géographie Tropicale, Université d'Abidjan, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.*
- 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.
- DANCETTE, C. (1970). Détermination au champ de la capacité de rétention après irrigation dans un sol sableux du Sénégal. *Agro. Trop. XXV : 225-240.*
- DANCETTE, C. et Maertens, C. (1974). Méthode d'estimation de la capacité au champ pour l'eau à partir du pF 3. *Bull. A.F.E.S. , pp. 165-171.*
- FÉODOROFF, A. (1965). Etude expérimentale de l'infiltration de l'eau non saturante : cas d'un sol initialement sec et d'un arrosage sans formation de plan d'eau en surface. *Ann. Agron. 16 : 231-263.*
- HENIN, S. (1976). Cours de Physique du sol : I. Texture-Structure Aération. *Ed. ORSTOM Paris, EDITEST. Bruxelles, 159 p.*
- HILLEL, D. (1974). L'eau et le sol, principe et processus physiques Vander. *éditeur Muntstraat, Louvain, pp 75-85.*
- MARCESSE, J. (1967). Détermination de la capacité de rétention d'un sol au moyen de la sonde à neutron. *I.A.E.A., Symp. Istanbul. pp 138-144.*
- MARCESSE, J. & Ph. COUCHAT, (1974). Etude hydrodynamique des sols à l'aide d'un humidimètre à neutrons automatique. *I.A.E.A., Symp. Vienne, pp 277-280.*
- PUARD, M., COUCHAT & P. MOUTONNET, (1980). Application de la méthode gammaneutronique à une étude d'infiltration d'eau sous rizière. *Agron. Trop. XXXV, n° 1 : 25-27.*
- VACHAUD, G., DANCETTE, C., SONKO, S., THONY, J.L. (1978). Méthode de caractérisation hydrodynamique *in situ* d'un sol non saturé. Application à deux types de sol du Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique. *Annales Agronomiques 29 (1) : 1-76.*
- VAN WAMBEKE, A. (1974). Management properties of ferral sols. *F.A.O. Soils bulletin, n° 23, 129 p.*

TABLEAU 1 - ANALYSES PHYSIQUES DES SITES T1, T3 et T5

TABLE 1 - SOIL PHYSICAL ANALYSIS OF SITES T1, T3 and T5

Profondeur en cm	*GRANULOMETRIE %				pF 4,2 %	pF 2,5 %	Densité	Porosité (calculée) %
	A	L	Sf	Sg				
T1								
0-20	12,8	13,3	63,8	5,2	6,3	16,5	1,3	50,9
20-40	15,3	14,5	52,4	16,1	7,3	15,5	1,6	39,6
40-70	16,2	13,3	49	19,4	7,6	14,6	1,7	35,8
T3								
0-20	14,3	13,5	53,3	15,7	7,4	16,6	1,2	54,7
20-40	16,5	10,4	35,1	34,2	9,1	15,8	1,7	35,8
40-70	17,7	8,2	26,1	45,3	10,3	16,3	1,6	39,6
T5								
0-20	15,7	11,0	45,8	22,3	8,3	18,9	1,3	50,9
20-40	20,8	10,1	26,3	37,0	11,5	17,1	1,7	35,8
40-60	25,3	9,6	24,4	35,1	13,6	18,6	1,7	35,8
60-90	27,7	10,8	17,9	38,8	17,3	23,2	1,7	35,8

* Classification de la société internationale de Science du sol.

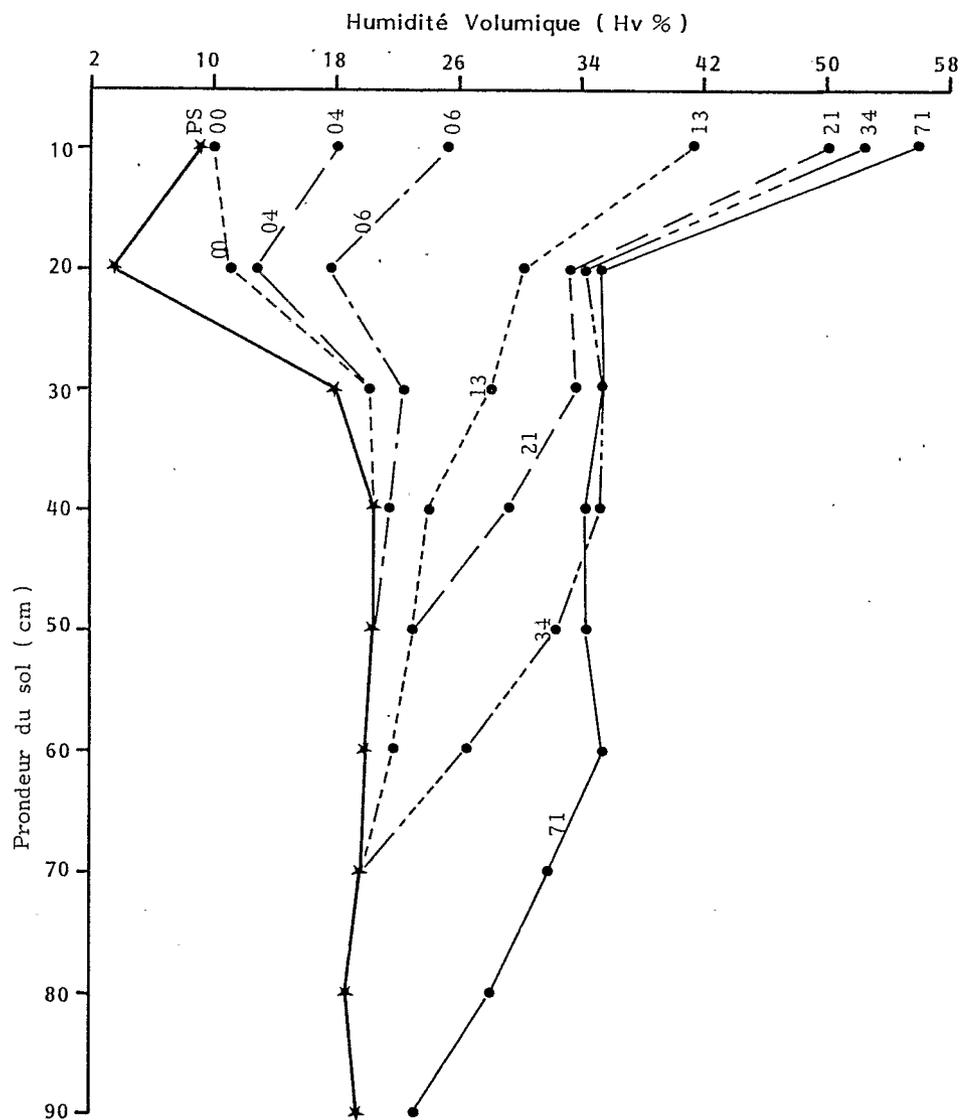


Fig: 1 -Profils hydriques au cours d'un essai d'infiltration sur sol ferrallitique au site T3.

PS = Profil sec ; Les chiffres indiquent le temps (mn) depuis le début.

Fig: 1 -Moisture profiles during an infiltration test on ferrallitic soil at site T3.

PS = Dry profile ; The numbers indicate the time (mn) from the start.

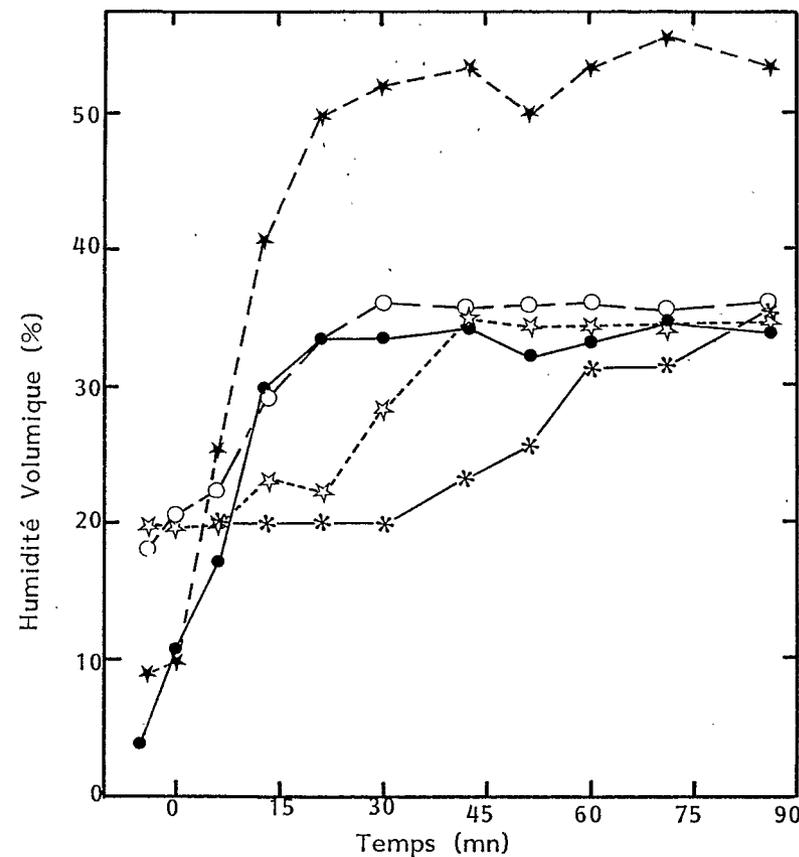


Fig: 2 -Evolution de l'humidité volumique du sol à différentes profondeurs 10 cm (★), 20 cm (●), 30 cm (○), 50 cm (✱) et 70 cm (✱) au cours d'un essai d'infiltration au site T3.

Fig: 2 -Evolution of soil moisture at different depths 10 cm (★), 20 cm (●), 30 cm (○), 50 cm (✱) and 70 cm (✱) during an infiltration test at site T3.

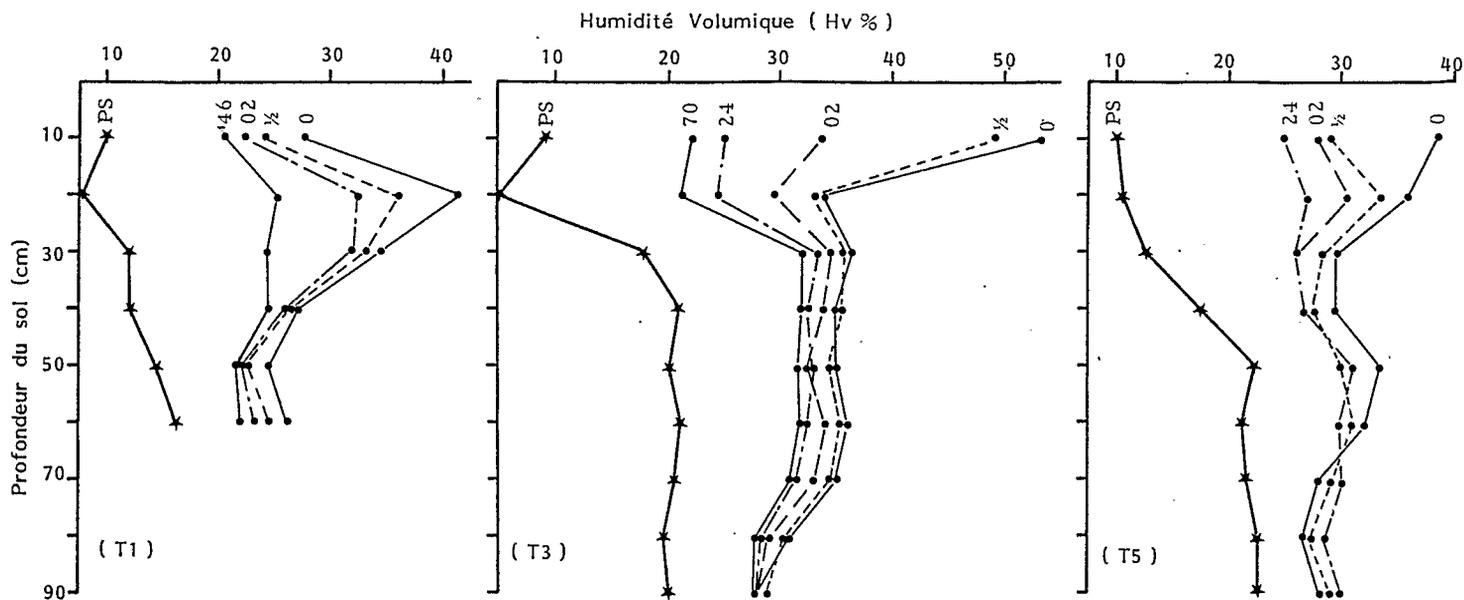


Fig: 3 -Profils hydriques au cours du drainage interne d'un sol ferrallitique aux sites T1, T3 et T5.

PS = Profil sec; Les chiffres indiquent le temps (h) depuis le début du drainage.

Fig: 3 -Moisture profiles during a ferrallitic soil drainage at sites T1, T3 and T5.

PS = Dry profile; The numbers indicate the time (h) from the start of drainage.

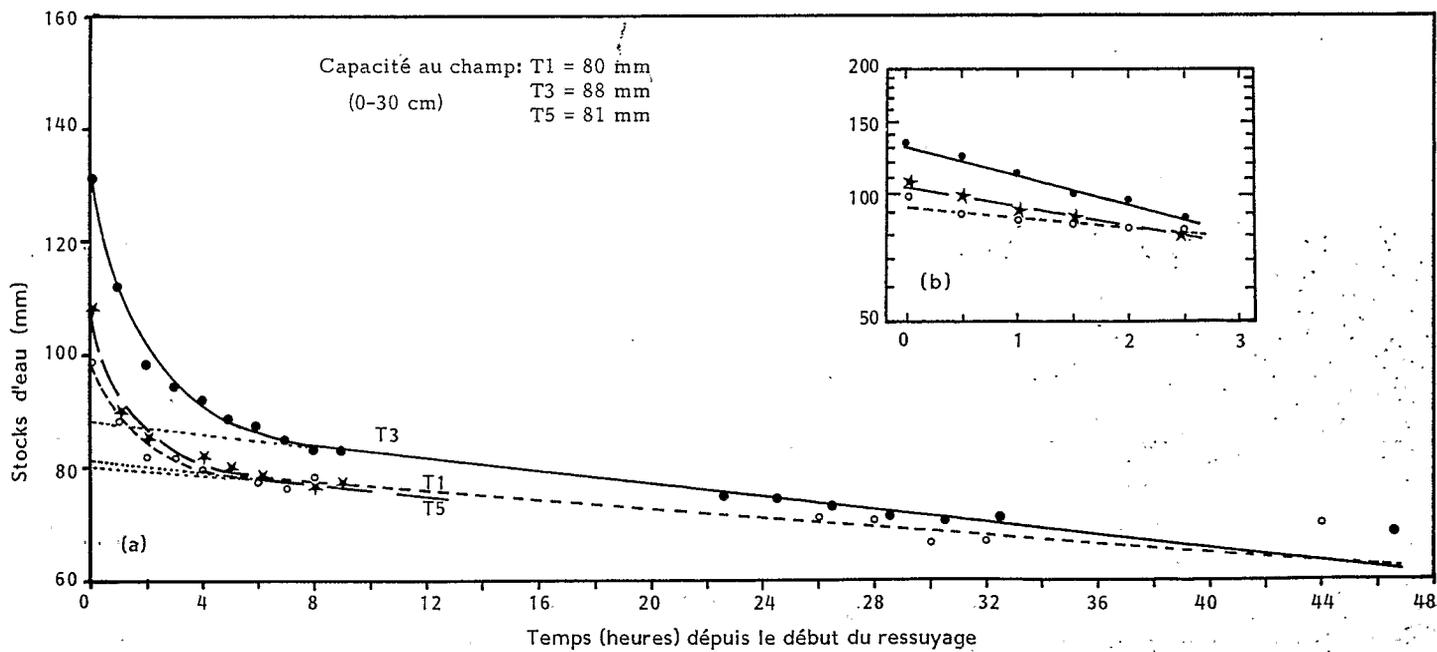


Fig: 4 -Evolution des stocks d'eau dans l'horizon 0-30 cm au cours du drainage interne aux sites T1 (o), T3 (●) et T5 (*).

Fig: 4 -Moisture change in the 0-30 cm soil layer during drainage at sites T1 (o), T3 (●) and T5 (*).

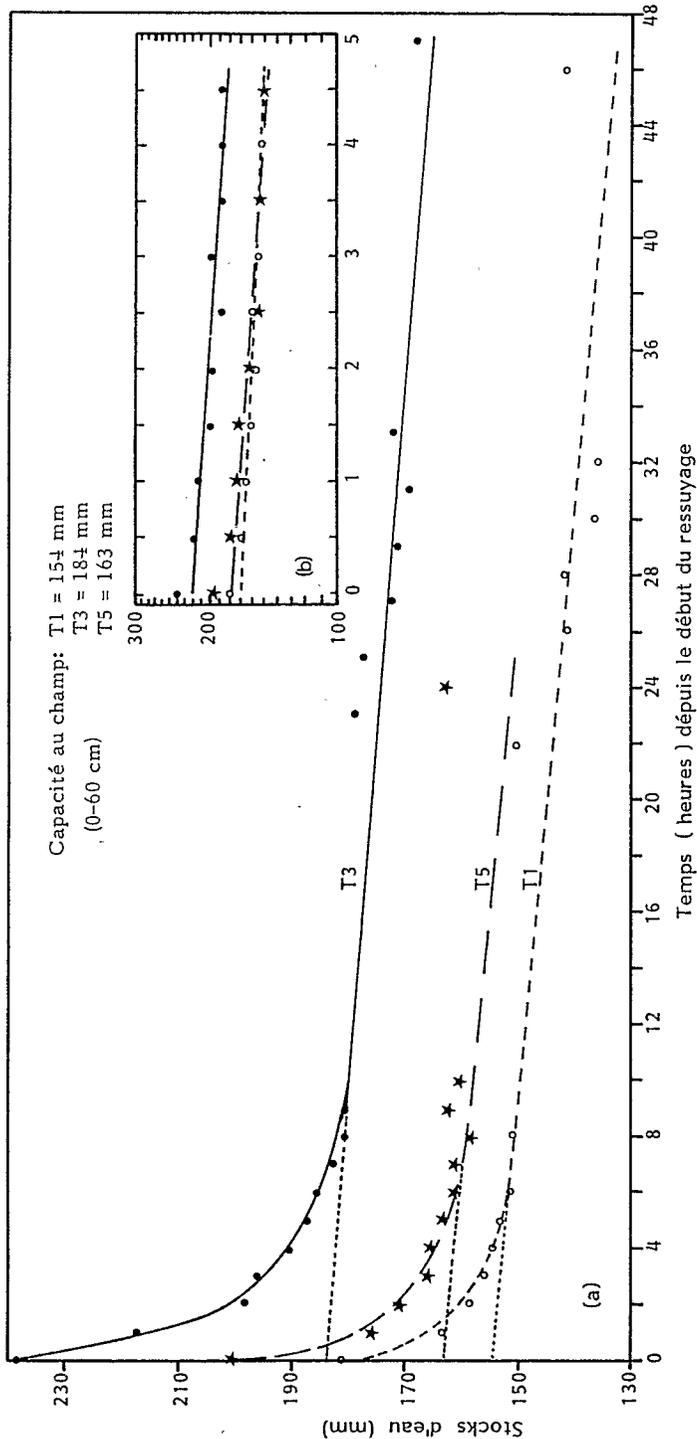


Fig: 5 --Evolution des stocks d'eau dans l'horizon 0-60 cm au cours du drainage interne aux sites T1 (o), T3 (●) et T5 (*).

Fig: 5 --Moisture change in the 0-60 cm soil layer during drainage at sites T1 (o), T3 (●) and T5 (*).