

**CHOIX D'UNE METHODE D'APPROCHE DU BILAN
HYDRIQUE EN PLEIN CHAMP**

R. POSS* et H. SARAGONI**

Communication présentée lors des 11^e journées du G.F.H.N.
(Angers, novembre 1986)

Mots clés : bilan hydrique, humidimétrie neutronique, drainage,
tensiométrie

* Pédologue ORSTOM, B.P. 375, LOME - TOGO

** Agronome IRAT/DRA, B.P. 1163 et 2318, LOME - TOGO

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 24 403

Cote : B

15 MARS 1988

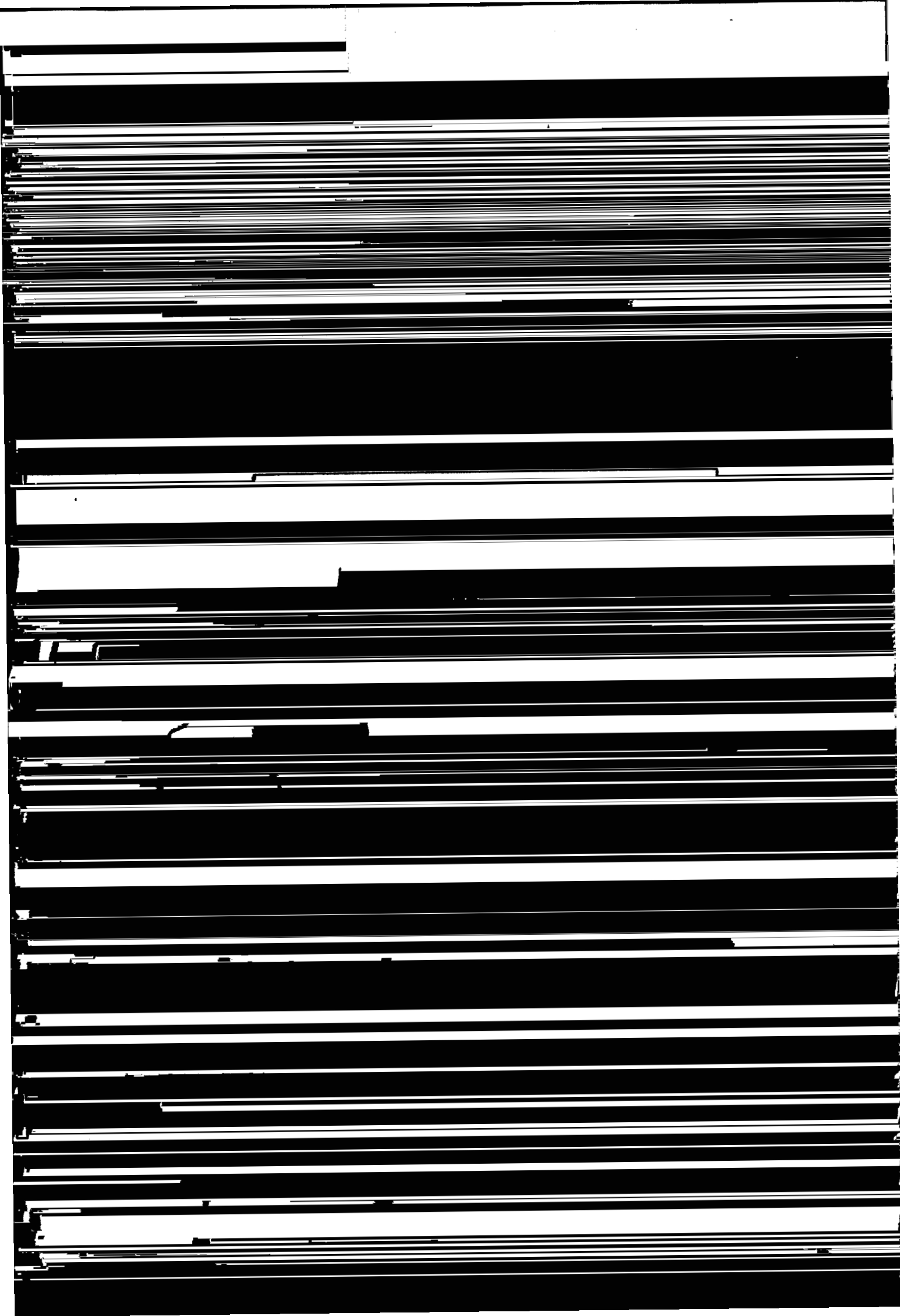
RESUME

Afin de quantifier les pertes par lixiviation et les besoins en eau du maïs au Togo méridional, une étude est conduite depuis 1984 en station agronomique. Dans cette zone à faible pluviométrie (800 à 1 000 mm en deux saisons des pluies) le drainage profond s'effectue en grande partie sous forme d'eau non saturante, ce qui interdit l'usage des lysimètres. Il a donc été nécessaire d'utiliser la méthode tensionneutronique, chaque parcelle étant équipée de quatre tubes de sonde et de quatorze tensiomètres. D'importants problèmes proviennent de l'évaluation du drainage car l'estimation quotidienne de la valeur des coefficients de conductivité de chaque parcelle ne peut être très précise : aux erreurs liées à la détermination des relations $K(\theta)$ ou

INTRODUCTION

Le Togo méridional (figure 1) est la zone la moins arrosée de tout le Golfe de Guinée : la pluviométrie annuelle moyenne ne dépasse pas 1 000 mm. Or les pluies sont réparties sur deux saisons, permettant deux campagnes agricoles : si au cours de la première saison les pluies sont suffisantes (environ 600 mm en quatre mois) pour permettre la croissance du maïs, principale culture vivrière de la région, les 200 à 300 millimètres de la deuxième saison constituent par contre un facteur limitant considérable. A ce problème climatique s'ajoute un important problème agronomique : toute cette région présente de fortes densités de population (jusqu'à 500 ha/km²) et contribue pour une

grande part à l'alimentation de Lomé, la capitale (environ 400 000 habitants). Les sols sont donc fréquemment cultivés



dynamique des éléments minéraux, abordé principalement à l'aide de capteurs de solution du sol, ce qui nécessite de connaître le drainage au niveau des capteurs. Nous ne traiterons ici que de la démarche qui a été retenue pour aborder l'aspect hydrodynamique, en justifiant les choix que nous avons été amené à effectuer. Le volet dynamique des éléments minéraux sera abordé dans un article ultérieur.

I - CHOIX DES SITES

Le Togo méridional est constitué principalement de plateaux à pentes très faibles (de l'ordre de 1 %) portant des sols rouges ferrallitiques profonds très homogènes latéralement appelés localement "terres de Barre" (VIEILLEFON et al., 1965). La répartition toposéquentielle classique des sols tropicaux ne se retrouve que sur les versants conduisant aux rares axes de drainage (DOME, 1985). Le choix d'un site représentatif ne pose donc aucun problème sur les plateaux : l'expérimentation a été conduite sur la station de recherche de Davié, à 35 km au nord de Lomé, en raison de l'infrastructure existante.

Comment choisir les parcelles ? Afin de comprendre la dynamique des éléments minéraux, il était souhaitable d'étudier des parcelles parvenues à un état d'équilibre, donc sur lesquelles la même culture était conduite depuis

ron 60 kg/ha sur la seconde (parcelle K2). Cependant, pour comprendre la dynamique des éléments minéraux, il était nécessaire de pouvoir faire la part des phénomènes d'ordre pédologique (équilibre sol-solution, lixiviation...) de ceux liés à la plante. En effet le maïs intervient considérablement sur la redistribution des éléments minéraux : au Togo méridional, en bonnes conditions d'alimentation minérale, les pailles de maïs contiennent de l'ordre de 50 kg/ha de potassium. C'est pourquoi nous avons étudié simultanément deux parcelles nues sur lesquelles nous avons apporté les mêmes doses d'engrais que sur les parcelles de l'essai factoriel. Nous sommes donc parvenus au dispositif suivant:

	Sans culture de maïs	Avec culture de maïs
Sans fertilisation potassique	Parcelle nue K0	Essai factoriel Parcelle K0
Avec fertilisation potassique	Parcelle nue K2	Essai factoriel Parcelle K2

Ce dispositif ne répond cependant pas tous les usages

l'utilisation des lysimètres, celui du blocage de la circulation de l'eau non saturante est rédhibitoire dans cette étude. En effet l'eau recueillie à la base des lysimètres est par nature même de l'eau saturante. Or l'expérimentation se déroule dans une zone où la pluviométrie est suffisante pour humecter tout le profil, mais insuffisante pour que les circulations en conditions non-saturantes soient négligeables. Nous avons donc utilisé la méthode tensio-neutronique pour évaluer l'évapotranspiration réelle à partir de l'équation de conservation de la masse :

$$ETR = P - \text{variation de stock} - D - R$$

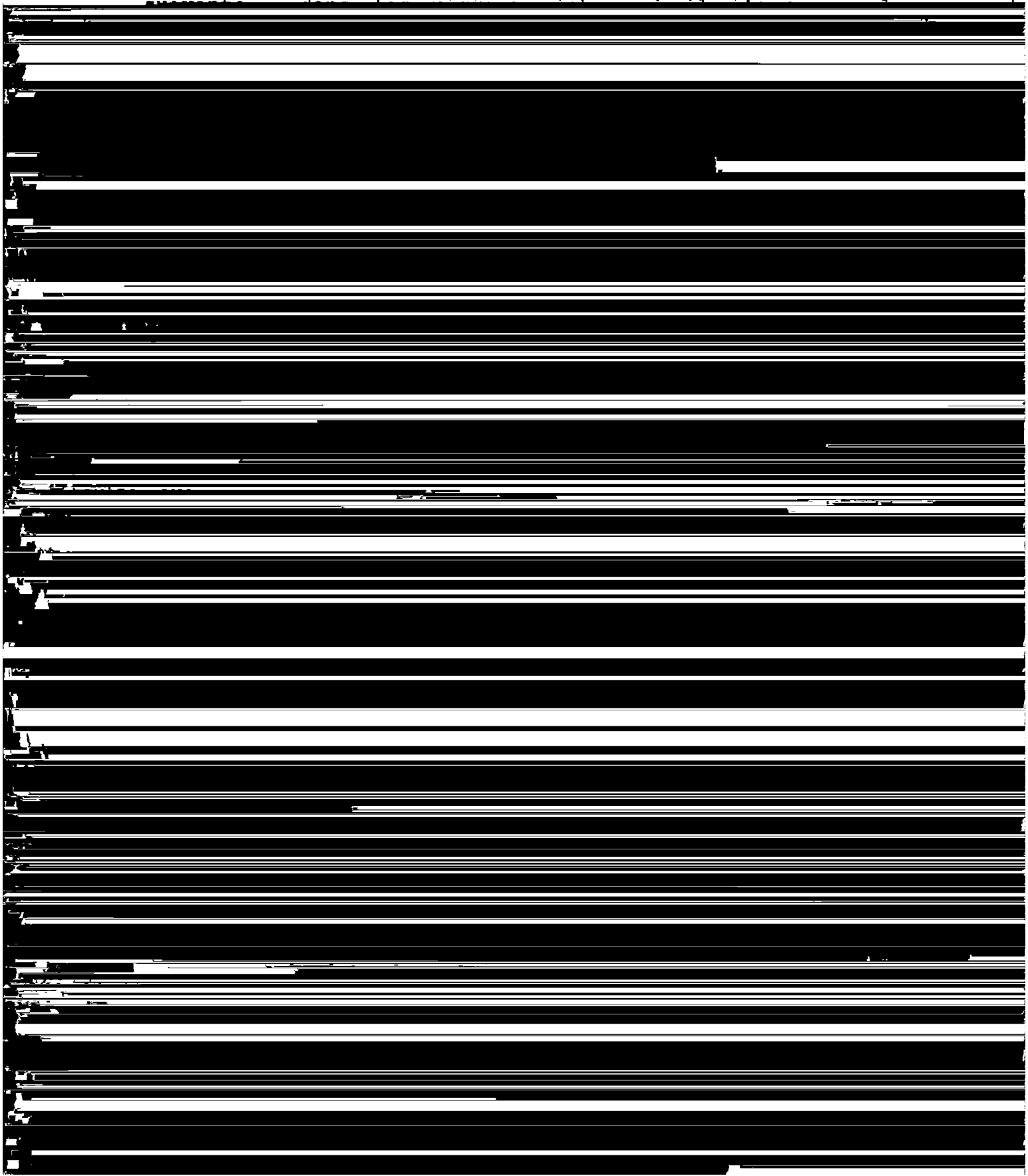
ETR	Evapotranspiration
P	Total pluviométrique
D	Drainage
R	Ruissellement

La pluviométrie a été mesurée à l'aide d'un pluviomètre installé à proximité des parcelles et le ruissellement, extrêmement faible sur ces sols, a été supprimé en entourant les parcelles de tôles. Il restait donc à mesurer la variation de stock et le drainage.

2.1. Mesure de la variation de stock

Un suivi de la dynamique de l'enracinement au cours de deux saisons de culture successives a révélé que les racines du maïs ne dépassaient pas une *profondeur* de 1.5 mètre. Nous avons donc choisi d'évaluer le stock entre la surface du sol et cette profondeur afin d'obtenir une incertitude absolue la plus faible possible, ce qui est fondamental dans notre cas puisque nous cherchons à mettre en évidence des évapotranspirations réelles de quelques millimètres sur un stock total de l'ordre de 400 mm. En effet l'humidité volumique à chaque profondeur est connue avec une incertitude inhérente à la méthode neutronique. Il en résulte une incertitude sur le stock dans la tranche de sol représentée par cette mesure. L'incertitude sur le stock total étant la somme des incertitudes dans chaque tranche de sol, il en résulte que plus la profondeur étudiée est faible, plus l'évapotranspiration peut être connue

avec précision (du moins dans les cas où le drainage est soit nul, soit connu avec une précision constante quelle que soit la profondeur...). En prenant en compte l'imprécision sur la mesure du drainage à l'aide de la loi de Darcy (cf. 2.2) il est possible de proposer la règle pratique



l'imprécision sur les variations de stock (figure 6) rend impossible l'évaluation de l'ETR à l'échelle journalière. Finalement, sauf dans le cas où les relations $K(\theta)$ doivent être utilisées, il ne paraît pas souhaitable d'adopter une fréquence de mesures supérieure à deux fois par semaine. Mais il est préférable cependant d'effectuer les mesures à une fréquence supérieure au pas de temps retenu pour les dépouillements (mesures tous les cinq jours pour une étude décadaire par exemple) en raison des possibilités de lissage que ce protocole permet.

La détermination des *profondeurs de mesure* est un sujet peu abordé dans la littérature, bien qu'il soulève de nombreuses discussions entre les expérimentateurs. Les deux facteurs à prendre en compte sont le rayon de la sphère d'influence et les possibilités d'importants gradients d'humidité. Dans le cas du matériel utilisé (humidimètre SOLO 25 Nardeux à source Am-Be) le constructeur indique un rayon de la sphère d'influence de 20 cm pour une humidité volumique de 35 cm³/100 cm³, mais le volume de sol situé à proximité immédiate de la sonde détermine la plus grande part du taux de comptage. Il en résulte que des mesures

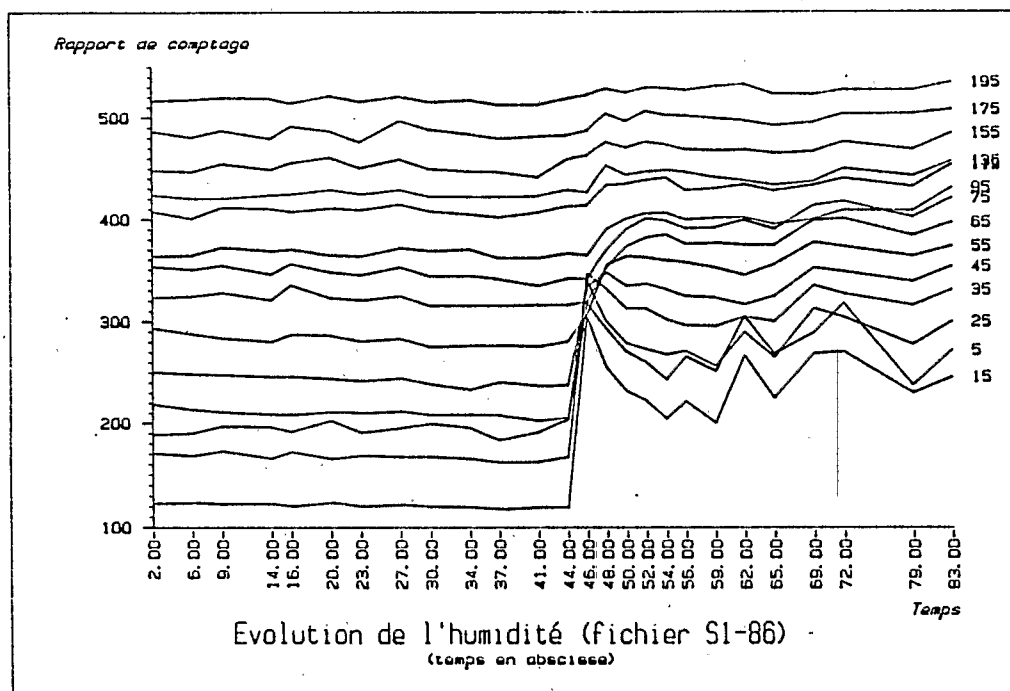


Fig. 2 : Evolution des rapports de comptage en fonction du temps (logiciel BHYSON)

La détermination de la *première profondeur de mesure* est le résultat d'un compromis. En effet, dans un sol, le niveau où les variations d'humidité sont les plus importantes est l'horizon de surface. Celui-ci est donc responsable de la plus grande partie de la variation de stock totale (niveaux 5 et 15 de la figure 2) et il est souhaitable de connaître son humidité avec la meilleure précision possible. Mais lorsque la source est rapprochée de la surface du sol, une quantité importante de neutrons est perdue dans l'atmosphère ou le réflecteur, et cette quantité varie très rapidement avec la profondeur de la source : il en résulte qu'une faible erreur sur le positionnement de la source entraîne d'importantes variations sur le taux de comptage. Nous avons choisi d'effectuer la première mesure à 5 cm de profondeur, la source étant positionnée précisément grâce à une remontée préalable dans l'étui et une

grandeur que celle des niveaux de profondeurs, également pris en compte (jusqu'à 155 cm) pour le calcul du stock. Il faut noter cependant que des mesures à proximité de la surface nécessitent de plus un étalonnage spécifique.

Le problème du *nombre de répétitions par niveau* ne sera pas abordé ici, ayant été développé par ailleurs (POSS, 1984).

2.2. Mesure du drainage

L'adoption de la méthode tensio-neutronique impose l'évaluation des coefficients de conductivité hydraulique de la loi de Darcy généralisée. Cette détermination doit s'effectuer sur chaque parcelle en raison de l'importante variabilité latérale des relations, liée principalement à l'hétérogénéité granulométrique des sols (VACHAUD et al., 1982). Elle a été réalisée à l'aide de la méthode du "bilan naturel" (VACHAUD et al., 1978), en suivant l'évolution des humidités et des charges hydrauliques après une pluie ayant humecté tout le profil. Il n'était pas possible, pour ne pas perturber l'essai agronomique, d'effectuer des apports d'eau sur les parcelles de l'essai factoriel, ce qui interdisait d'utiliser la méthode du "drainage interne" (HILLEL et al., 1972). La méthode du "bilan naturel" requiert une connaissance aussi précise que possible de la profondeur du plan de flux nul, qui peut descendre dans nos sols jusqu'à 60 cm de profondeur. C'est pourquoi nous avons implanté 14 tensiomètres (tensiomètres en céramique à manomètre à mercure, système DTM 5000 NARDEUX): tous les 10 cm entre 5 et 75 cm, tous les 20 cm ensuite. Les profondeurs d'implantation des tensiomètres ont été choisies égales aux profondeurs de mesure de l'humidimètre afin de simplifier les calculs.

L'allure des courbes $K(\theta)$ obtenues est représentée sur la figure 3. En prenant une incertitude sur l'humidité volumique de 0,5 cm³/100 cm³ (ce qui est un minimum) on constate que le coefficient de conductivité hydraulique, donc le drainage, varie de 1 à 10. Ce résultat, qui résulte de la texture argileuse du sol à 1,5 mètre (45 % d'argile),

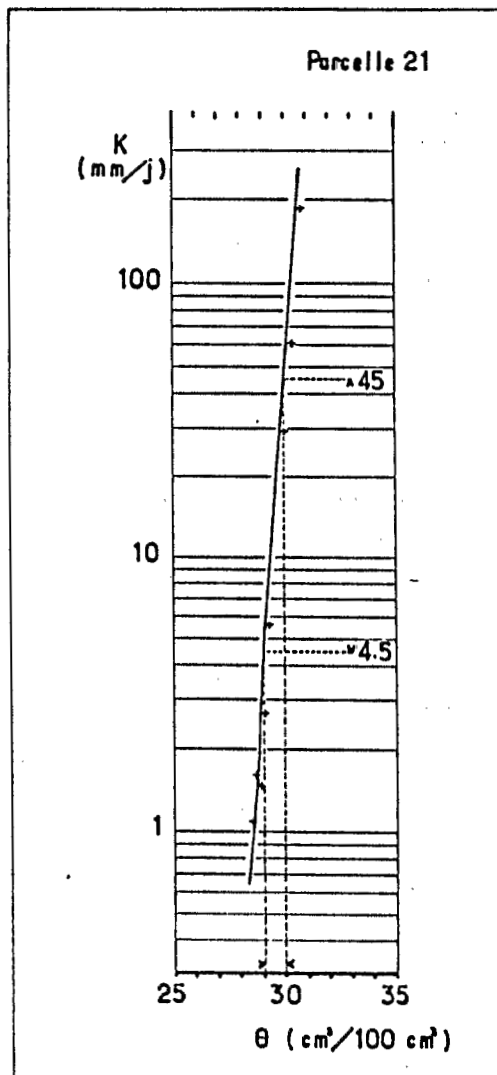


Fig. 3: Relation conductivité hydraulique - humidité volumique

interdit d'utiliser les relations $K(\theta)$ pour estimer le drainage dans le sol. Nous avons alors représenté (figure 4) les courbes $K(H)$, ce qui n'est d'ailleurs qu'un retour aux sources de la théorie (RICHARDS, 1931) ! Les points obtenus s'ajustent sur une loi classique $K = a e^{bH}$, qui fournit une estimation plus précise des coefficients de conductivité

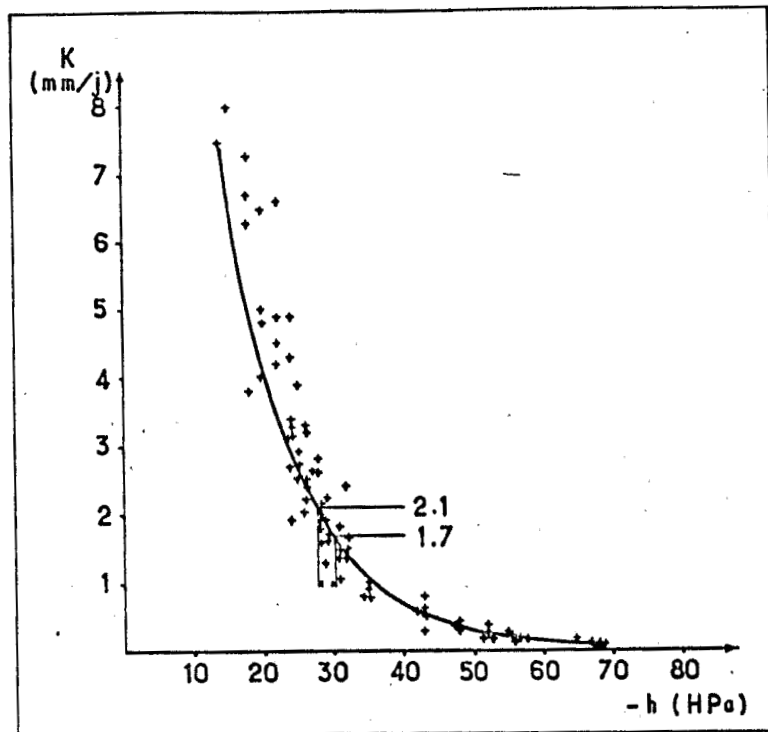


Fig. 4: Relation conductivité hydraulique - Tension de l'eau

L'utilisation de cette relation soulève toutefois des difficultés juste après les épisodes pluvieux. En effet l'utilisation de la relation $K(H)$ pour évaluer le drainage suppose que H varie peu entre deux mesures successives. Or sur les deux

charge varie de 20 à 30 HPa , diminuant le coefficient de conductivité d'un coefficient de l'ordre de 3 : une mesure instantanée quotidienne ne permet dans ce cas

ressuyage. La rapidité du drainage dans le sol étudié est d'ailleurs telle que les phases d'infiltration n'ont été que rarement observées.

Une lecture des charges hydrauliques est donc effectuée tous les matins pour évaluer le drainage dans les parcelles. La valeur à 1,5 mètre permet de déterminer le coefficient de conductivité à l'aide de la relation $K(H)$ et les valeurs obtenues sur les tensiomètres placés de part et

principalement constituée par l'évaporation du sol nu, qui varie considérablement en fonction de son humidité de surface. Les résultats rendent bien compte de l'évolution connue des besoins en eau du maïs au cours du cycle cultural, et en particulier de la demande maximale au moment de la floraison (45ème au 60ème jour).

CONCLUSION

La méthode adoptée, malgré ses imprécisions, fournit des résultats prometteurs qui pourront être utilisés, en particulier pour caler un modèle de simulation de bilan hydrique. Mais ces résultats ont été obtenus dans un sol favorable à ce type d'expérimentation (aucun élément grossier, pas de gradient textural brutal) : dans la plupart des sols tropicaux, cette méthode demeure inutilisable en

HILLEL (D.), KRENTOS (V.D.), STYLIANOU (Y.), 1972.- Procedure and test of an internal drainage methode for measuring soil hydraulic characteristics *in situ*. *Soil. Sci.*, 114 : 395-400.

POSS (R.), 1984.- La précision du comptage neutronique avec l'humidimètre SOLO 25. Définition des protocoles de mesure. *Bull. GFHN*, 16 : 109-122.

POSS (R.), 1987.- BHYSON 1.2. Logiciel intégré pour le traitement des données d'humidimétrie neutronique.

quette.

RICHARDS (L.A.), 1931.- Capillary conduction of liquids in porous mediums - *Physics*, 1 : 318-333.

VACHAUD (G.), DANCETTE (C.), THONY (T.L.), 1978.- Méthodes de caractérisation hydro-dynamique *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. *Ann. Agro.* 29 (1) : 1-36.