

BILAN HYDRIQUE SOUS MANIOC

B. GOUE ; R.N. YAO ; B. ZELLER

Agronomie - Bioclimatologie

I. OBJECTIF

A l'aide de mesures neutroniques d'humidité du sol et d'observations tensiométriques effectuées simultanément, l'évolution de la réserve en eau des sols a été suivie sous une culture de manioc en vue d'évaluer sa consommation en eau (les variations des stocks d'eau du sol sont le fait de l'évaporation de l'eau à la surface, de la transpiration du couvert végétal et des drainages en profondeur).

Les premiers résultats donnés ci-dessous proviennent d'un site de mesures de 4 ha de manioc, d'une densité de 10.000 plants/ha.

II. METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

A. Rappels de quelques notions et définitions

1. Teneur en eau relative ou humidité :

a) Humidité pondérale (H_p) : c'est la masse d'eau (M_w) contenue dans une certaine masse de sol sec (M_s) :

$$H_p = \frac{M_w}{M_s} .$$

b) Humidité volumique : c'est la masse d'eau (M_w) contenue dans un certain volume de sol humide non perturbé (V_t) :

$H_v = \frac{M_w}{V_t}$. Connaissant la densité apparente du sol à l'état sec (ρ_s), la relation donnant l'humidité volumique s'écrit : $H_v = \rho_s \cdot H_p$

2. Tension de l'eau du sol :

Soit H_i la charge hydraulique totale mesurée avec un tensiomètre situé à une profondeur γ_i , la tension de l'eau au point i est : $h_i = H_i + \gamma_i$.

C'est le potentiel matriciel (ou succion matricielle) résultant des forces de capillarité et d'adsorption dans un sol non saturé.

B. Méthode neutronique et tensiométrique

La méthode neutronique de mesure de l'humidité des sols est basée sur l'interaction entre des neutrons rapides émis par une source artificielle et les noyaux d'hydrogène des sols (principale-

ment les noyaux d'hydrogène de l'eau du sol) ; ces neutrons sont ralentis et peuvent être comptés. Le flux de neutrons ralentis (N impulsions par unité de temps) enregistré par la sonde est relié à l'humidité volumique du sol (H_v) par une courbe d'étalonnage.

En combinant les résultats des mesures neutroniques et ceux des observations tensiométriques, il est possible d'établir un bilan hydrique entre deux instants de mesures t_1 et t_2 .

Des différentes méthodes d'évaluation du bilan hydrique, la méthode retenue est celle du "Bilan Global" ou de la "variation des stocks d'eau". En effet, l'examen des profils hydriques, pour les périodes considérées, fait apparaître un front d'humidité constant à partir de 100 cm de profondeur. D'autre part, sur tout le profil (0-100 cm) l'humidité volumique est inférieure à l'humidité à la capacité au champ ; cette constatation autorise l'hypothèse d'un drainage nul à la cote -100 cm.

1. Méthode du bilan global :

Soit P la quantité de pluie tombée entre les instants de mesure t_1 et t_2 , avec l'hypothèse de pertes nulles en profondeur (voir figures 1 et 2), la consommation de la culture, E.T.R., est égale à la variation du stock d'eau dans la couche de sol 0 - Y_f entre t_1 et t_2 :

$$ETR = P + S_1 - S_2 \quad Y_f$$

ETR : évapotranspiration réelle
(en mm Eau/Jour)

S_1 et S_2 : stocks d'eau en t_1 et t_2
(en mm Eau)

P : pluie (en mm Eau)

Profondeur du front racinaire
(en cm) :

Profondeur du front d'humidité
(en cm) :

H_v : humidité volumique (en %)

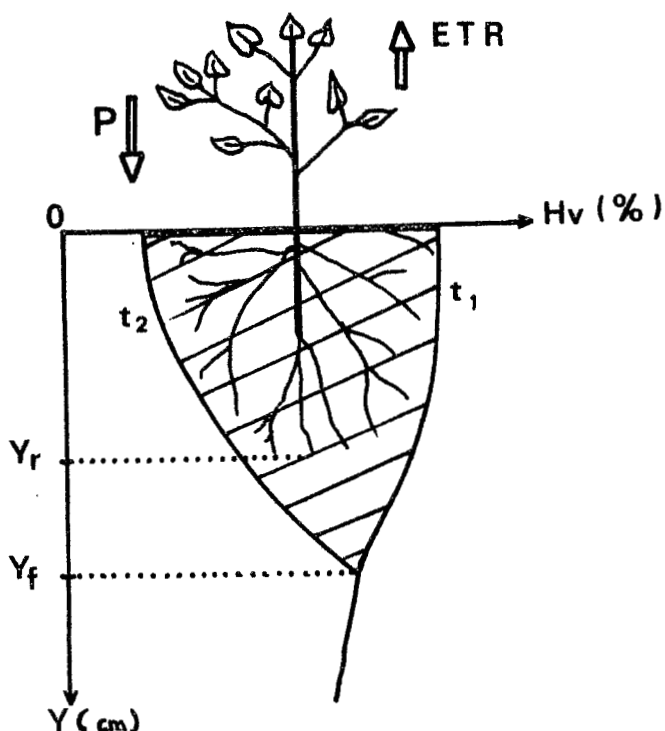


Fig. 1 : Estimation de l'E.T.R. par la méthode du bilan global

2. Étalonnage neutronique des sols :

L'étalonnage consiste à trouver la relation de proportionnalité entre N (impulsions/seconde) et H_V (%) :

$$N = \alpha H_V + \beta$$

α et β sont des coefficients dépendant de la nature du sol, en particulier de son pouvoir d'absorption et de diffusion des neutrons.

La méthode d'étalonnage utilisée est celle qui allie les mesures de terrain (comptage neutronique N, mesure d'humidité pondérale H_p et de densité apparente ρ_s) et celles de laboratoire (α), de telle sorte que $\beta = N - \alpha H_V$.

Sur la parcelle, on obtient 3 droites d'équation :

$$N_1 = 12.66 H_V + 32, \text{ de } 0 \text{ à } 20 \text{ cm}$$

$$N_2 = 12.66 H_V + 91, \text{ de } 20 \text{ à } 80 \text{ cm}$$

$$N_3 = 12.66 H_V + 116, \text{ de } 80 \text{ à } 110 \text{ cm.}$$

3. Dispositif de mesures

- Le site comprend 10 points de mesure de l'humidité volumique ; le suivi est effectué hebdomadairement à l'aide d'une sonde à neutrons de 10 mCi (type SOLO 20) aux différentes profondeurs. Le stock d'eau de 0 à -15 cm est mesuré par la méthode gravimétrique.

- Simultanément, aux mêmes profondeurs, les charges hydrauliques sont mesurées par une batterie de tensiomètres implantés en ligne de part et d'autre d'une tube neutronique.

III. ESTIMATION DE LA CONSOMMATION EN EAU OU EVAPOTRANSPIRATION REELLE (E.T.R.) PAR LA METHODE DU BILAN GLOBAL

L'essai a été mis en place début octobre 1984 ; les résultats présentés sont relatifs aux périodes de janvier et février 1985, soit 3 à 4 mois après plantation.

Pour ces périodes, l'hypothèse de drainage nul est correcte car :

- il n'y a pas de variations de stocks ($\Delta S = 0$) entre les cotes -100 et -135 cm comme les profils hydriques (Fig. 2) le suggère ;

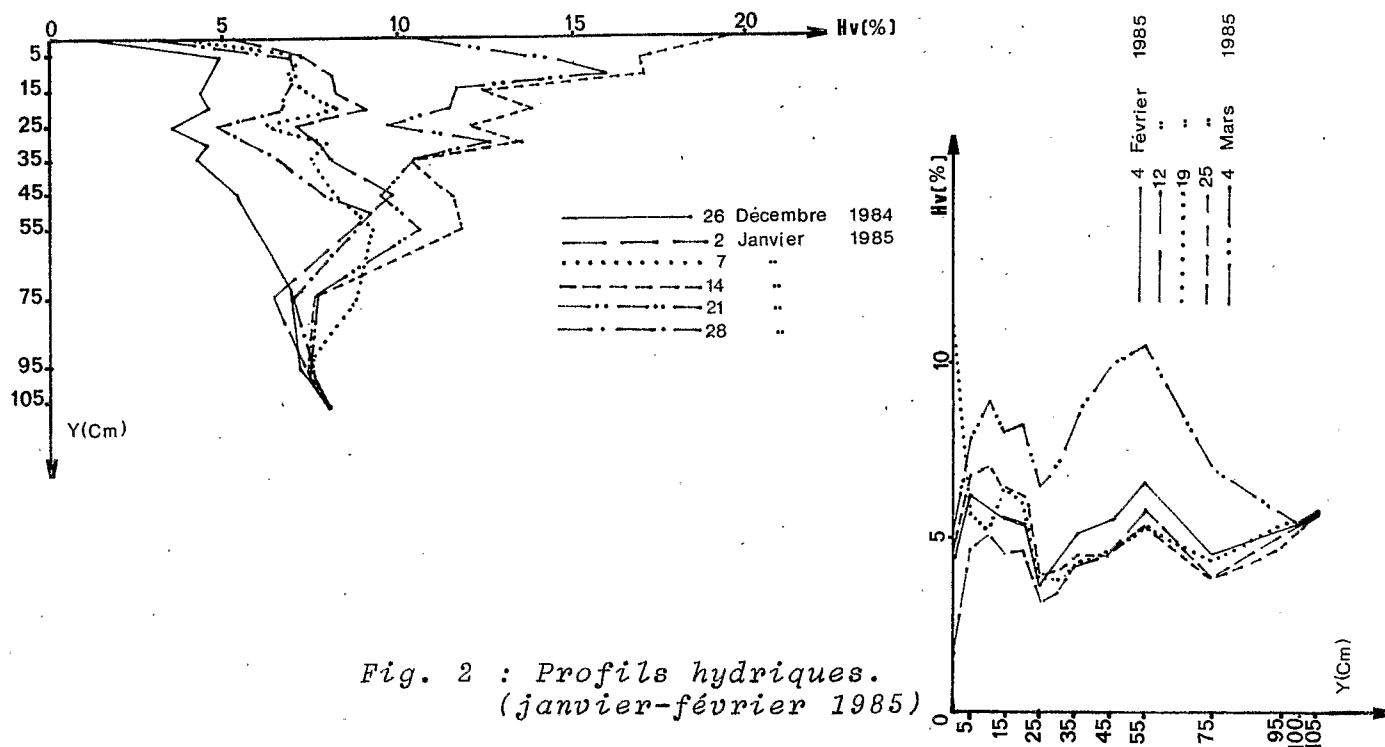


Fig. 2 : Profils hydriques.
(janvier-février 1985)

- le profil tensiométrique (Fig. 3) montre, qu'à ces profondeurs, il y a plutôt apport d'eau par remontée capillaire. L'humidité volumique H_V qui y est mesurée par la sonde proviendrait des horizons inférieurs.

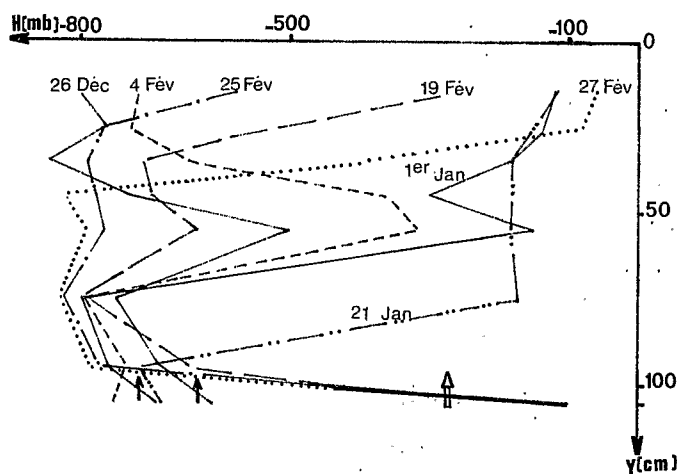


Fig. 3 : Profils tensiométriques.
(janvier - février 1985)

Le tableau 2 récapitule les moyennes de stocks d'eau mesurés sur le profil 0-100 cm, ainsi que la quantité de pluie durant cette période.

Tableau 2 : Stocks d'eau
(Moyennes, S , en mm)

Dates	\bar{S}	σ_S	Pluies
2 Janvier 85	80.4	19.6	0.0
7 Janvier 85	75.1	19.8	58.0
14 Janvier 85	103.6	19.7	0.0
21 Janvier 85	96.7	16.9	4.5
28 Janvier 85	72.1	18.1	6.2
4 Février 85	65.4	27.0	0.0
12 Février 85	56.1	24.6	23.5
19 Février 85	58.0	20.3	6.5
25 Février 85	71.4	22.5	51.5
4 Mars 85	81.6	17.8	

Le tableau 3 donne les valeurs ponctuelles de l'ETR, les moyennes correspondantes (S) et leur écart-type ainsi que l'indice foliaire (I.F.).

Tableau 3 : Consommation en eau : ETR (mm/jour).
Indice Foliaire : I.F.

Point de mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\overline{ETR}	σ_{ETR}
Périodes												
7 Janv. - 14 Janv. (12e semaine) I.F. = 3.0	4.1	4.2	3.9	3.8	4.4	5.1	5.1	3.4	5.1	3.0	4.2	0.7
21 Janv. - 28 Janv. (14e semaine) I.F. = 4.3	4.4	4.7	4.1	4.1	4.2	4.0	3.0	3.9	4.3	4.0	4.1	0.4
28 Janv. - 4 Fév. (15e semaine) I.F. = 3.5	2.6	2.2	2.3	1.7	2.6	1.9	-	3.4	2.4	2.6	2.4	0.5
12 Fév. - 19 Fév. (17e semaine) I.F. = 2.7	2.8	2.7	2.9	4.3	2.8	3.0	-	2.0	2.7	3.1	2.9	0.6
25 Fév. - 4 Mars (19e semaine) I.F. = 2.5	3.1	3.0	3.9	4.9	3.3	4.0	-	3.4	4.4	2.9	3.7	0.7

Du 14 janvier au 12 février, nous avons enregistré un épuisement du stock hydrique du sol (Tableau 2), qui s'est accompagné d'une diminution rapide de l'indice foliaire (IF) qui passe de 4,3 à 8,7. Cette diminution de l'IF, liée d'une part à une sénescence plus rapide des feuilles les plus âgées du manioc, et à une réduction de l'émission de jeunes feuilles (début de stress hydrique) a entraîné une diminution de l'ETR (Tableau 3). L'augmentation sensible de l'ETR (2.9 à 3.7 mm/j) entre le 12 février et le 4 mars malgré une diminution de l'IF (2.7 à 2.5) peut être expliquée par la succession de pluies (Tableau 2) durant cette période entraînant une plus grande évaporation à la surface du sol moins dépendante de l'indice foliaire.

CONCLUSION

La méthode neutronique présente de nombreux avantages par rapport aux autres méthodes de mesure d'humidité des sols :

- mesures rapides, *in situ*, non destructives du milieu,
- mesures répétitives (aux mêmes endroits),
- mesures précises.

Si l'erreur sur la valeur absolue instantanée du stock d'eau peut être importante, les valeurs des variations de stocks au cours du temps sont beaucoup plus précises. La variabilité spatiale de l'ETR mesurée par cette méthode reflète en partie l'hétérogénéité du milieu et de son état hydrique qu'intègre ponctuellement la sonde à neutrons dans une sphère de 20 à 30 cm de rayon ; c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de multiplier les points de mesure, il faut plutôt en choisir judicieusement un certain nombre considérés comme représentatifs du site expérimental.

L'inconvénient majeur de la méthode réside dans le coût élevé de sa mise en oeuvre. D'autre part, la méthode d'étalonnage utilisée peut avoir une influence sur la précision des mesures.

BIBLIOGRAPHIE

1. D. HILLEL.
"L'eau et le sol : principes et processus physiques".
Vander-Editeur. D. 1974/0109/3 pp. 12-16 ; 93-96.
2. J.M. KALMS, J. IMBERNON
"Modalités d'alimentation en eau du riz pluvial : bilan des recherches méthodologiques effectuées à Bouaké en Côte d'Ivoire".
L'Agronomie Tropicale, Juillet-Août-Septembre 1983 -
Volume 38, numéro 3, pp. 198-205.
3. N. KATERJI, F. DAUDET, C. VALANCOGNE
"Contribution des réserves profondes du sol au bilan hydrique des cultures - Détermination et importance".
Agronomie, 1984 4 (8), pp. 779-787.

4. J. MARCESSE

"Bilan français de cinq années de mise au point de la méthode neutronique de mesure de l'humidité et de son application aux problèmes d'alimentation en eau du sol et des plantes".

5. P. VILLEMIN

"Utilisation des méthodes de mesure neutronique et tensiométrique pour la conduite de l'irrigation au goutte à goutte".

Thèse de Docteur-Ingénieur, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1981, N° d'ordre 163, pp. 1-10.