

**INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION  
(ORSTOM)**

Centre d'Adiopodoumé  
B.P. V51 **ABIDJAN** (Côte d'Ivoire)

\_\_\_\_\_  
Laboratoire d'Utilisation des Radioisotopes  
\_\_\_\_\_

**MESURE DE L'HUMIDITE DES SOLS**

**Evaluation de la consommation en eau sous couvert de cocotiers à  
Port-Bouët (IRHO)**

**Etalonnage neutronique des sols**

par

**J.C. BURGAUD**

**N. SILVERA**

**A. FAYE**

Octobre 1986

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 24699 ex 1

Cote : B

50

Date : 880322

11

## I. PRESENTATION - BUT

Cet essai s'inscrit dans le cadre du thème de recherche : relation climat-production. Il s'agit d'étudier les variations d'humidité du sol sous un couvert de cocotiers dans le but de déterminer leur consommation en eau. Cette consommation en eau (évapotranspiration réelle ETR) est ensuite comparée à l'évapotranspiration potentielle ETP, calculée par différentes formules, de façon à trouver la formule la plus proche de la réalité. Cette formule une fois trouvée (et vraisemblablement ajustée) servira de base aux calculs de déficit hydrique.

## II. SITUATION

IRHO Côte d'Ivoire (Station Marc DeLorme. de Port Bouët)

Le dispositif de mesure est implanté sur le Bloc 500 de la plantation, Parcelle 084. Planté en 1971 à densité de 143 pieds/ha (soit 9 m en triangle).

Le sol est un sable ferrallitique désaturé comprenant 5 à 10 % d'argile, 10 à 15 % de sable fin et 70 à 80 % de sable grossier.

(Cf. Plan de situation).

## III. DISPOSITIF DE MESURE

### 1. Utilisation de la sonde à neutrons

L'humidité des sols et leurs caractéristiques hydrodynamiques sont déterminées par la méthode neutronique.

Pour cela un dispositif a été installé en octobre 1986.

### 2. La méthode neutronique

La sonde à neutrons enregistre un taux de comptage proportionnel à la teneur en eau du sol.

Il faut donc établir la relation permettant de passer du taux de comptage (N) à l'humidité volumique (Hv). C'est une droite d'équation

$$N = \alpha HV + \beta$$

Le comptage neutronique N est influencé par la nature du sol, la densité, l'absorption et la diffusion des neutrons. Il est donc nécessaire de procéder à un étalonnage pour chaque type de sol, parfois même pour chaque horizon.

### **Le matériel utilisé**

- Mesure d'humidité

Pour cette étude l'ORSTOM a mis à la disposition de l'IRHO une sonde du type SOLO 20 (Nardeux) pour une durée de six mois.

Lors de l'étalonnage, cette sonde a été utilisée, conjointement avec un humidimètre de type SOLO 40 actuellement en expérimentation au Laboratoire d'Utilisation des Radioisotopes (LRI).

L'humidimètre SOLO 40, de conception récente nous permet d'effectuer des mesures en continu, de manière entièrement automatique.

- Mesure de la densité apparente sèche

La mesure de densité est effectuée à l'aide d'un gammadensimètre du type DR 18.

A cet effet une fosse est creusée, par paliers successifs de 20 en 20 cm. A chaque niveau, un échantillon de terre (5 kg) est prélevé afin de procéder au calcul du coefficient  $\alpha$  de la droite d'étalonnage.

- Densité  $\varphi_s$

Déduite de la relation

$$\varphi_s = \varphi\gamma \times 100 / 100 + 1,1 H_p$$

### **3. Le dispositif (cf. plans joints)**

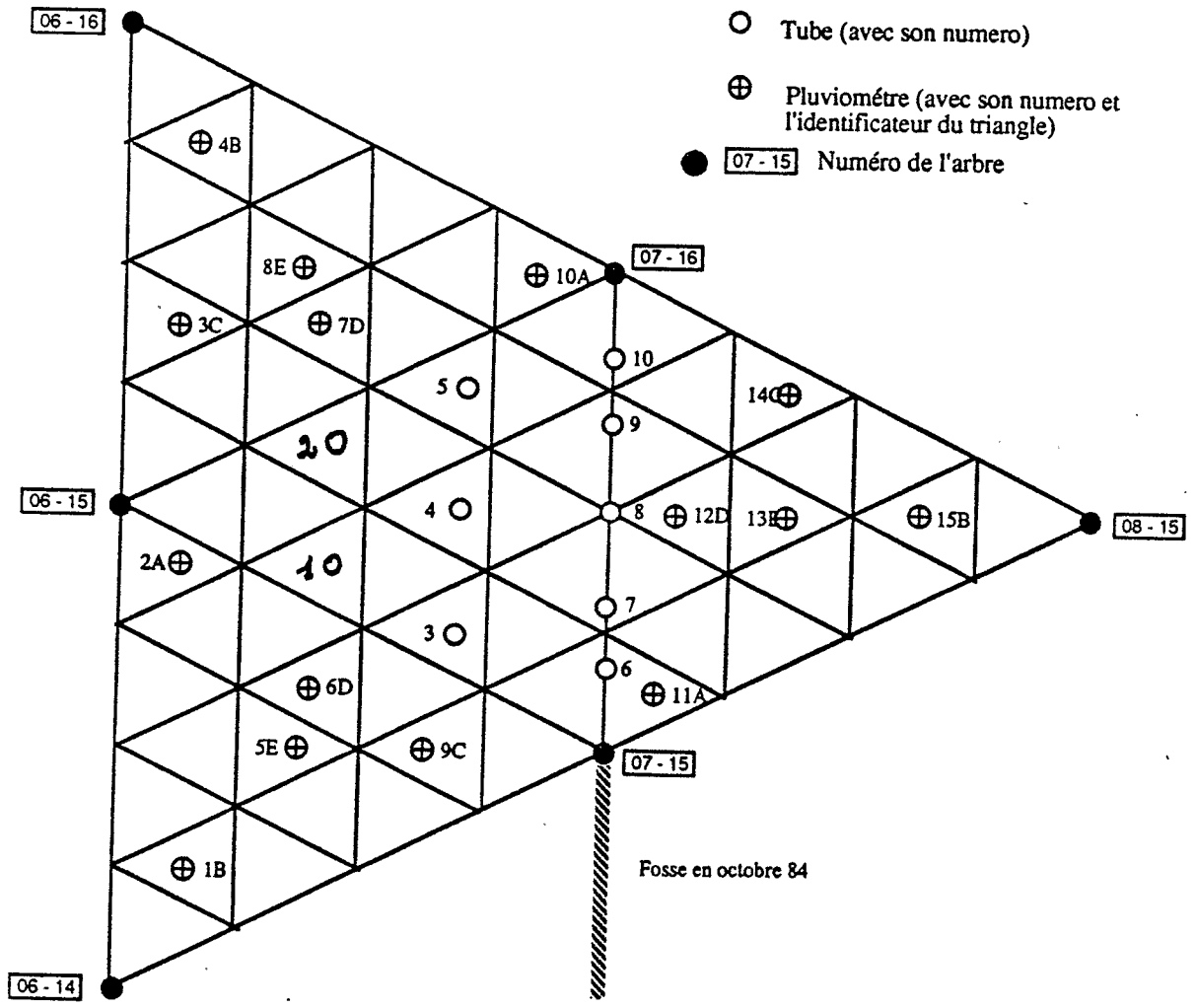
Deux sites de mesure, localisés dans deux parcelles d'hybrides PB 121, comportent chacun 10 tubes de mesure (longueur dans le sol : 370 cm), disposés dans le triangle équilatéral formé par trois cocotiers : 5 tubes sur la ligne, 5 tubes dans l'interligne. Sur les 3 triangles adjacents sont disposés 15 pluviomètres à lecture directe ; la moyenne, pondérée selon la position du pluviomètre par rapport à l'arbre, représente la quantité de pluie tombée sur le triangle de mesure.



# BILANS HYDRIQUES

PB ES 210

PB GC 05  
SITE N° 1



- Tube (avec son numero)
- ⊕ Pluviomètre (avec son numero et l'identificateur du triangle)
- 07-15 Numéro de l'arbre

DISPOSITIF

## IV. ETALONNAGE DE SOLS

### 1. Principe

La méthode d'étalonnage utilisée ici, allie des mesures de terrain et une analyse de laboratoire.

COUCHAT a montré dans sa thèse, que la droite d'étalonnage peut être caractérisée par les constantes neutroniques des sols : absorption et diffusion des neutrons.

Un dispositif simple, mis au point par MOUTONNET à Madagascar et MARINI à Adiopodoumé, nous permet d'estimer le pouvoir absorbant du sol et d'en déduire le coefficient alpha (pente de la droite d'étalonnage).

La mesure sur le terrain du profil neutronique couplée avec une détermination de l'humidité pondérale et de la densité apparente suffit ensuite pour calculer bêta (ordonné à l'origine).

#### 1.1. Mesure du pouvoir absorbant du sol

Le dispositif de mesure se compose de :

- une source de neutrons rapides placée au centre d'un bac,
- un bac d'eau servant à thermaliser les neutrons,
- un ensemble de détection des neutrons thermiques, placé sur une face du bac,
- un container mobile contenant l'échantillon de sol, que l'on place entre la source et le détecteur, dans le flux neutronique.

Le sol placé dans le flux de neutrons thermiques, apporte une perturbation au taux de comptage. Il y a absorption et diffusion des neutrons : capture par des éléments du sol à forte section efficace d'absorption (Cl, Bo, Cd ..).

La mesure de cette variation traduit le pouvoir absorbant du sol :  $\Sigma\alpha$ . MOUTONNET a montré qu'il existe une corrélation entre cette valeur  $\Sigma\alpha$  et le coefficient alpha de la droite d'étalonnage. Une série de sols tests, aux paramètres bien connus, nous sert de référence.

## 1.2. Mesures sur le terrain

Sur chaque tube, on effectue sur toute la profondeur :

- un profil neutronique (une mesure tous les 10 cm). Le taux de comptage (N) est exprimé en impulsions par seconde pour une sonde donnant 1000 i/s dans l'eau ;
- un profil d'humidité pondérale (Hp) : 3 prélèvements à la tarière à proximité immédiate du tube et aux profondeurs correspondant aux mesures de sonde ;
- un profil de densité apparente sèche ( $\rho_s$ ). Mesures faites au gammadensimètre type DR 18, sur une fosse voisine des tubes d'étalonnage.

## 1.3. Calcul du coefficient bêta

L'humidité volumique (Hv %) est déduite de l'humidité pondérale

$$H_v = \rho_s \times H_p$$

Pour chaque niveau de mesure, on dispose des couples de valeurs (N, Is) et (Hv %).

Le coefficient alpha ayant été déterminé, il suffit de calculer bêta pour chaque niveau

$$N = \alpha H_v + \beta$$

$$\beta = N - \alpha H_v$$

On calcule finalement une valeur moyenne de bêta pour chaque horizon.

**RESULTATS DES MESURES DE DENSITE  
AU GAMMADENSIMETRE**

Profondeur	$\phi\gamma$	Hp	$\phi_s = \frac{\phi\gamma \times 100}{100 + 1,1 H_p}$
0-20	1,45	6,93	1,35
20-40	1,52	7,63	1,40
40-60	1,43	7,89	1,32
60-80	1,53	7,02	1,42
80-100	1,54	7,18	1,43
100-120	1,53	7,31	1,42
120-140	1,50	7,37	1,38
140-160	1,48	8,05	1,36
160-180	1,51	8,78	1,38
180-200	1,50	9,61	1,36
200-220	1,51	8,86	1,38
220-240	1,48	7,13	1,37
240-260	1,47	6,82	1,37
260-280	1,47	6,76	1,37
280-300	1,53	6,82	1,42
300-320	1,52	6,93	1,41
320-340	1,56	7,18	1,45
340-360	1,54	7,43	1,42

$\bar{M} \phi_s = 1,39$

**CALCUL DU PARAMETRE  $\beta$  : RESULTATS**

N° TUBES	$\beta$	TUBES	$\beta$
1	83	11	89
2	93	12	93
3	89	13	90
4	87	14	88
5	92	15	87
6	94	16	90
7	99	17	87
8	87	18	85
9	87	19	83
10	87	20	82

$\bar{M} \beta = 90$

## RESULTATS DES MESURES $\alpha$

Horizon	Valeur $\alpha$
0-20	14,00
80-100	13,62
160-180	13,87
240-260	13,83
320-340	13,79 $\bar{M} = 13,78$

### Equation de la droite d'étalonnage

$$N = \alpha H_v + \beta$$

où

N : est le comptage neutronique

$\alpha$  : pente de la droite déterminée par  $\Sigma\alpha$

$H_v$  : Humidité volumique

$\beta$  : ordonnée à l'origine calculée

soit

$$N = 13,78 H_v + 90$$

$$\text{où } H_v = 0,0726 N - 6,53.$$

Compte tenu de l'homogénéité du terrain sur tous les profils une seule équation sera appliquée pour l'ensemble des deux sites de mesure. Seul l'horizon de surface 0-25 cm devra être affiné par des mesures à différentes humidités. L'étalonnage effectué ici a été réalisé avec une faible humidité.

De nouveaux prélèvements devront être effectués en saison humide.

L'IRHO envisage la mise en place d'un dispositif de trois tubes à 3,70 m afin d'étudier à l'aide de la sonde à neutrons la vitesse d'infiltration de l'eau.

Après saturation, une cinétique de ressuyage sera effectuée afin de déterminer la capacité de rétention du sol.



UTILISATION DE LA SOLO 40 (NARDEUX)

Exemple de profil

Date: 8 11 86/18h44m

\*\*\*\*\*

Num. de CODE: 100

\*\*\*\*\*

SOLO 40 BLOC:NEUTRON

\*\*\*\*\*

REFERENCE NEUTRON COMPENSEE

No.de Tube: 0 Ordre: 0 Date: 2 11 86/14h23m

Comptage Reel (c/s) K REFERENCE  
545 1,84 1003

TUBE

No.de Tube: 12 Ordre: 32 Date: 7 11 86/13h30m Zone:2

No	P.cm	Comptage	HV. %	0	10	20	30	40	50	St.mm
1	15	170	14,0			•				21
2	25	192	15,6			*				35
3	35	211	17,0			*				52
4	45	231	18,5			•				70
5	55	243	19,4			*				89
6	65	242	19,4			*				108
7	75	242	19,4			•				128
8	85	231	18,5			•				147
9	95	219	17,6			•				165
10	105	221	17,8			•				182
11	115	223	17,9			•				200
12	125	234	18,8			*				219
13	135	237	19,0			•				238
14	145	242	19,4			•				257
15	155	250	20,0			•				277
16	165	254	20,3			•				297
17	175	257	20,5			•				317
18	185	253	20,2			*				338
19	195	256	20,4			•				358
20	205	249	19,9			•				378
21	215	252	20,1			*				398
22	225	253	20,2			*				418
23	235	245	19,6			•				438
24	245	236	18,9			*				458
25	255	225	18,1			•				476
26	265	223	17,9			•				494
27	275	218	17,6			*				512
28	285	218	17,6			*				530
29	295	221	17,8			*				547
30	305	224	18,0			*				565
31	315	233	18,7			•				584
32	325	241	19,3			•				603
33	335	247	19,7			*				622
34	345	252	20,1			*				642
35	355	261	20,8			•				663

Références

COUCHAT P. (1974). Mesure neutronique de l'humidité des sols.  
Thèse, Toulouse.

MOUTONNET P. (Communication personnelle).

MARINI P. (Communication personnelle).

COUCHAT P., MARCESSE J. (1975). The measurment of thermal neutron constants of the soil. Application to the calibration of neutron moisture gauges and the pedological study of soil.  
Conf. on nuclear cross sections and technology, Washington.

MARCESSE J. (1967). Détermination *in situ* de la capacité de rétention d'un sol au moyen de l'humidimètre à neutrons.  
AIEA Vienne 1967. "Isot. and rad. techniques in soil physics and irrigation studies".