

BDS (Jean-François)

O. R. S. T. O. M.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE
RADIOISOTOPES REALISES A
TOMBOKRO

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 22 266 eed
Cote : B

TABLE DES MATIERES

1. Introduction

2. Etalonnages des sites de mesure d'humidité des sols.

2.1. La méthode utilisée sur le "terrain".

2.1.1. Mesures effectuées par le LRI.

2.1.2. Mesures effectuées par l'IRAT.

2.2. La méthode d'étalonnage "Sigma".

3. Mesures de densité de la parcelle riz - maïs - Coton.

4. Bibliographie.

1. Introduction

Ces travaux ont lieu dans le cadre de la convention réglant la collaboration de l'ORSTOM et de l'IRAT à propos de la Ferme expérimentale de TOMBOKRO.

Le rôle du Laboratoire des radioisotopes est double : il assure la maintenance électronique des appareils nucléaires de l'IRAT. Il collabore aux programmes d'utilisation des humidimètres à neutrons.

Seul le deuxième aspect est abordé ici.

Les travaux effectués ont consisté d'une part, à établir la courbe d'étalonnage des sols de TOMBOKRO où sont faites des mesures neutroniques d'humidité ; d'autre part à faire des mesures de densités des sols au moyen d'un gamma-densimètre.

2. Etalonnages des sites de mesures d'humidité des sols

La partie la plus délicate de l'utilisation de la méthode neutronique, est l'établissement des courbes d'étalonnage qui permettent de passer d'un taux de comptage d'impulsions à l'humidité volumique du sol.

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

avec N = taux de comptage en impulsions par seconde pour une sonde donnant 1000 i/s dans l'eau
et HV = humidité volumique en %.

Dans la zone des humidités agronomiques, c'est une droite.

Cette courbe d'étalonnage est dépendante de la nature du sol (densité pouvoir de ralentissement de diffusion et d'absorption des neutrons).

Elle peut donc varier d'un site de mesure à l'autre et doit être établie pour chaque type de sol.

Deux méthodes d'étalonnage ont été utilisées : la méthode "Terrain" et la méthode "Sigma".

2.1. La méthode "terrain".

Il s'agit d'établir in situ, la relation entre HV et N.

La procédure est la suivante :

- On relève les profils neutroniques des tubes de sondages à étalonner.
- Puis aussitôt on prélève à la tarière des échantillons de terre aux différents niveaux de mesures. Les prélèvements doivent être faits le plus près possible du tube de mesure. Avec six prélèvements par niveau, on peut espérer pouvoir déterminer l'humidité pondérale (Hp) avec une précision acceptable.
- On effectue en même temps un relevé du profil des densités apparentes du sol sur une fosse voisine des tubes (50 cm).

On utilise un gammadensimètre de type DR18. Il donne une densité apparente humide (ρ^h). Après correction, en fonction du taux d'humidité pondérale (Hp), on obtient la densité apparente sèche (ρ^s) à 1 % près.

$$\rho^s = \rho^h \frac{100}{100 + 1,1 \text{ Hp}}$$

- Avec , on passe de Hp % à HV %

$$\text{HV} = \text{Hp} \times \rho^s$$

On a donc, pour chaque niveau de mesure, le comptage neutronique et l'humidité volumique correspondante.

- Il suffit par un calcul de corrélation de déterminer les coefficients α et β de la courbe d'étalonnage

$$N = \alpha \text{HV} + \beta$$

2.1.1. MESURES LRI

2.1.1.1. Etalonnage de la parcelle coton

* Tubes N° 5 et 6.

Résultats

- Tableau N° 1.

Profondeur cm	Hp %	ρS	HV %	N i/s
10	5,00	1,66	8,3	142
20	6,03	1,65	9,95	195
30	5,58	"	9,21	226
40	7,75	1,64	12,71	258
50	11,01	"	17,95	284
60	12,38	1,49	18,46	304
70	13,31	"	19,83	317
80	13,87	1,53	21,23	333
90	14,03	"	21,47	338
100	14,07	1,56	21,96	355
110	14,03	"	21,9	369
120	13,84	"	21,59	357
130	14,27	"	22,26	369

- Figure N° 1.

Elle met en parallèle les profils d'humidité volumiques et neutroniques.

Calcul de corrélation :

Si nous appelons x les valeurs HV et y les valeurs N, l'équation de corrélation s'écrit :

$$y = \bar{y} + b (x - \bar{x})$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2}$$

(n étant le nombre de couples de valeurs)

Tableau N° 2

HV x	N y	xi ²	xiyi
9,95	195	99	1940,2
9,21	225	84,8	2081,5
12,71	258	161,5	3279,2
17,95	284	322,2	5097,8
18,46	304	340,8	5611,8
19,83	317	393,2	6286,1
21,23	333	450,7	7069,6
21,47	338	460,9	7256,9
21,96	335	482,2	7795,8
21,9	369	479,6	8081,1
21,59	357	466,1	7707,6
22,26	369	495,5	8213,9
$\bar{x} = 18,21$	$\bar{y} = 308,7$	$\sum xi^2 = 4236,7$	$\sum xiyi = 70617,6$

Le calcul nous donne pour $n = 12$:

$$y = 12,15x + 87$$

D'où la courbe d'étalonnage suivante :

$N = 12,15x + 87$

Figure N° 2

* Tubes 11-12

Tableau N° 3

Profondeur cm.	Hp %	Ps	Hv %	N i/s
20	4,7	1,56	7,32	136
30	6,9	"	10,78	222
40	8,7	1,54	13,38	258
50	9,3	"	14,37	252
80	9,6	"	14,78	251
90	9,95	"	15,32	260
100	10,2	1,52	16,05	283

. Figure N° 3

Le calcul de corelation donne (n = 7)
la courbe d'étalonnage

$$N = 15,2 \text{ Hv} + 39$$

. Figure N° 4

2.1.1.2. Etalonnage de la parcelle cacao :

* Tube 13E.

Résultats :

. Tableau N° 4

Profondeur cm.	Hp %	Ps	Hv %	N i/s
10	11,4	1,36	15,49	182,5
20	10,94	1,46	15,97	190,5
30	11,3	"	16,5	200
40	12,7	1,47	18,67	217,5
50	13,1	"	19,26	246
60	15,06	1,5	22,59	260,3
70	16,26	"	24,39	281
80	16,84	1,51	25,43	317,5

Figure N° 5

Le calcul de corrélation donne pour $n = 8$, la courbe d'étalonnage :

$N = 12,02 \quad H_v - 1$

Figure N° 6

* Tube 23E

Tableau N° 5

Profondeur cm.	Hp %	Ps	Hv %	N i/s
10	13,14	1,23	16,16	163,5
20	12,45	1,37	17,06	184
30	12,63	1,50	18,94	214
40	13,54	1,57	21,26	246
50	14,1	1,57	22,17	292
60	15,1	1,55	23,42	322
70	16,46	"	25,51	335
80	16,97	"	26,30	338
		1,50		

Figure N° 7

Remarque : Les profils semblent présenter deux parties selon les niveaux (0-40cm, 50-80cm).

Le calcul de corrélation est fait en deux fois avec $n = 4$. On obtient donc deux courbes d'étalonnage.

Niveau 0-40cm

N = 15,36 Hv - 80

Niveau 50-80cm

N = 10,3 Hv + 71

Une courbe d'étalonnage calculée sur tout le profil (n = 8) aurait donnée :

N = 18,1 Hv - 127

. Figure N° 8

2.1.1.3. Etalonnage de la parcelle ananas.

. Tableau N° 6

Répétition des mesures de densité.

Horizons	1972 Ps	Horizons	1973 Ps
+ 8cm (billon)	1,54	0 cm	
-10 cm		-20 cm	1,68
-20 cm		-20 cm	
-40 cm	1,62	-40 cm	1,69
-40 cm		-40 cm	
-60 cm	1,47	-60 cm	1,46
-60 cm			
-80 cm	1,42		
-80 cm			
-100 cm	1,45		

Le niveau 0 correspond à l'interligne. Le billon est donc compté positivement.

. Tableau N° 7

Profondeur cm.	Hp %	Ps	Hv %	N i/s
20	9	1,4	12,6	210
30	8,4	1,5	12,6	212
40	8,1	1,7	13,8	219
50	8,8	"	15	234
60	9,5	"	16,2	253
70	10,5	1,56	16,3	267

Les profondeurs ont pour origine le sommet du billon d'où l'apparente contradiction avec le tableau N° 6.

. Figure N° 9

Le calcul de corrélation donne avec $n = 6$, la courbe d'étalonnage :

$$N = 13 \quad Hv + 45$$

. Figure N° 10

Critique de la méthode d'étalonnage "terrain"

On constate une grande variabilité dans les résultats pour une même parcelle.

Le calcul ne se fait que sur quelques points qui se trouvent groupés en un nuage, (il n'y a pas de valeurs extrêmes d'humidité). L'étalonnage devrait être dédoublé : un en saison sèche, l'autre après les pluies.

Le calcul de la courbe se fait sur toute la profondeur du profil, alors que la réponse de la sonde peut être différente suivant les horizons (voir plus loin les étalonnages "Sigma")

2.1.2. Mesures IRAT

Depuis 1971 de multiples tubes d'accès ont été placés par l'IRAT dans les différentes parcelles.

Un premier étalonnage a eu lieu lors la pose des tubes à l'aide d'une tarière. Un deuxième étalonnage a été effectué lors la sortie des tubes ou durant la période d'exploitation des tubes.

Une analyse statistique a été effectuée pour toutes les données jusqu'à présent acquises.

Les tubes installés dans une même parcelle ont été regroupés.

Des mesures ont été effectuées par tranche de sol de 10 cm. La tranche de sol 0-12 cm a été éliminée. Les résultats de ces calculs de droites d'étalonnage sont présentés dans le tableau N° 8.

On remarquera que les coefficients de corrélation des droites d'étalonnage, sont assez bons pour la majorité des parcelles.

Par contre les pentes des droites sont assez différentes pour les parcelles (9,9 à 17,4).

Une explication de ce phénomène peut être qu'aucune séparation n'a été faite entre les mesures des différents horizons.

x	y	densité apparente	coefficient de corrélation	droite d'étalonnage	nombre tubes	nombres couples x-y	parcelle
Hv	Ni/s	da	rf	$N = xHv + B$			
			0,81	$N = 9,9Hv + 82$	50	329	riz/maïs/coton/irriga- mètre.
			0,87	$N = 11,9Hv + 57$	10	62	café sec
			0,88	$N = 12,7Hv + 12$	6	57	ananas
			0,89	$N = 15,1Hv - 94$	12	39	cacao
			0,70	$N = 16,3Hv - 48$	2	35	Assèchement maïs sur parcelle légumes sèches
			0,94	$N = 17,4Hv - 59$	4	32	cocotier.

Les pentes obtenues seraient donc le résultat d'une droite moyennant des droites partielles appartenant à des horizons différents.

Il est donc à noter que l'étalonnage "terrain" présente de gros inconvénients quand les horizons ne sont pas pris en ^{séparément} considération. La moyenne des pentes de toutes les parcelles étudiées ne diffère pas beaucoup de la moyenne des pentes obtenues par le IRI par la méthode "Sigma" et la méthode "terrain".

Etant donné que les mesures par la méthode "Sigma" ont été effectuées par horizon séparés et que les pentes s'avèrent d'une plus grande stabilité, il a été décidé que pour les calculs de consommation en eau des plantes, les pentes "méthode Sigma" doivent être retenues (voir tableau N° 9, chapitre 2.2.)

Une mesure de laboratoire a été effectuée pour l'estimation du B dans un sol et une tranche de sol donné.

Une buse galvanisée (ϕ 75 cm) a été remplie avec de la terre séchée à 105°C en provenance de la parcelle riz/maïs/coton (15 premiers centimètres du sol).

Grâce à un tube d'accès en aluminium au centre de la buse une mesure du taux de neutrons pour un sol sec a pu être effectué.

Il s'avère que le comptage pour le sol pur demeure en dessous de 10 i/s.

Cette mesure correspond à l'eau de constitution du sol et au phénomène d'absorption et de diffusion des neutrons par les éléments constitutifs du sol.

On ne peut servir à définir l'ordonnée à l'origine de la courbe d'étalonnage (B), puisque la densité du sol a été modifiée.

2.2. La méthode d'étalonnage "Sigma".

C'est une méthode d'étalonnage de laboratoire. Elle utilise les résultats "terrain" pour le calcul de la courbe.

En interposant un échantillon de sol dans un Flux de neutrons thermiques, on s'aperçoit que le taux de comptage est modifié. Il y a diffusion et absorption des neutrons capture par des éléments du sol à forte section efficace d'absorption (Cl, Bo, Cd...)

La mesure de la variation du taux de comptage (valeur Sigma a) traduit donc le pouvoir absorbant du sol vis-à-vis des neutrons.

Moutonnet à Madagascar a montré qu'il existe une corrélation entre la pente d'étalonnage d'un sol (coefficient k) et la valeur Sigma a.

A Adiopodoumé, un montage de laboratoire permet de déterminer la valeur Sigma (Σa) des échantillons de sol. Des sols étalons (de Madagascar) avec coefficients k et Σa bien connus permettent de calculer k pour chaque sol.

A Cadarache, un banc neutronique de mesure nous sert de référence et de contrôle. Un programme de calcul donne tous les coefficients de la courbe d'étalonnage.

Les résultats obtenus au IRI (coefficient k) offrent une bonne concordance avec ceux de Cadarache. Les répétitions sont correctes (voir parcelle Ananas).

. Tableau N° 9

Parcelle	Horizons Profondeur	Coefficient x	
		LRI	x Cadarache
Coton T 5.6 T 11.12	0-20 cm	12,8	12,07
	20-40	12,85	
	80-100	12,29	
	0-20	11,23	
	20-60	11,62	
	60-100	12,66	
Cacao 13E 23E	0-20	12,01	11,28 11,37
	40-60	11,69	
	60-80	11,69	
	0-20	11,69	
	20-50	11,55	
	80-100	11,41	
Ananas		T1	T1'
	0-20	13,58	13,44
	20-50	13,66	13,72
	50-80	13,9	13,66
	80-100	11,75	12,3

La méthode pratiquée au LRI ne donne que le coefficient α .
 Pour connaître B, il faut se servir des couples de valeurs
 (Hv et N) de l'étalonnage "terrain", aux horizons correspondants.

Exemple de calcul T 23E Cacao

Pour l'horizon 80-100 cm, l'étalonnage Sigma donne une pente
 de 11,4.

Au niveau -80 cm, la sonde a donné 338 i/s pour 26,3 % Hv.

$$N = x H_v + B$$

$$B = N - x H_v = 338 - 11,4 \times 26,3$$

$$B = 38$$

L'équation de la courbe d'étalonnage devient

$$\frac{N}{I/s} = 11,4 H_v + 38$$

Dans le tableau N° 9 on trouvera les équations des différentes courbes d'étalonnage.

Tableau N° 10

Parcelle Tubes	Horizons cm	Etalonnage Sigma LRI		Etalonnage Sigma Cadarache		Etalonnage terrain	
		α	B	α	B	α	B
Coton 5.6 11.12	0-40	12,8	+ 102)12,15	+ 88
	80-100	12,3	+ 80	12	+ 44		
	20 cm	11,2	+ 54)15,2	+ 39
	30-50	11,6	+ 95				
	80-90	12,7	+ 65				
	Cacao 13E 23E	0-30	12	- 2)12
40-70		11,7	- 4	11,4	+ 14		
80		11,7	+ 20	11,3	+ 33		
0-40		11,6	- 12			15,4	-80
50-80		11,4	+ 40	11,5	+ 50	10,3	+71
Ananas	30-70	13,6	+ 35			13	+45
	80-90	13,9	+ 71				

On remarque pour la parcelle ananas, la bonne concordance entre les deux étalonnages. Mais l'étalonnage "terrain" n'a été calculé que sur une partie du profil (30-70 cm)

On peut se contenter de prendre un coefficient α moyen pour calculer des différences de stocks d'eau du sol.

Exemple : Ananas

α	mm d'eau pour 100 i/s (pour une tranche de sol de 10 cm).	Erreur apportée en prenant $\bar{\alpha}$
$\alpha = 13,6$	7,3 mm	1%
$\alpha = 13,9$	7,1 mm	
$\bar{\alpha} = 13,75$	7,2 mm	

Par contre pour le calcul de l'humidité volumique réelle, il est préférable de prendre la courbe d'étalonnage du niveau correspondant.

Exemple : Ananas

N i/s	Courbe	Hv	Erreur appor- tée en ne pre- nant pas la bonne courbe
300 i/s	$N = 13,6Hv + 35$	19,6%	15%
300 i/s	$N = 13,9Hv + 71$	16,5%	18%

3. Mesures de densité de la parcelle riz maïs coton :

Sur une parcelle de 100 m x 50 m, le relevé systématique des densités apparentes sèches du sol de l'horizon 30 cm - 50 cm, a été fait. Un quadrillage de maille 10 m détermine les points de mesure (soit 36 points en tout).

L'appareil utilisé est une gamma-densimètre de type DR 18.

Son principe repose sur l'absorption d'un rayonnement gamma émis par une source de césium 137 placée dans le sol. L'absorption est fonction de la densité du matériau traversé. Deux blocs, l'un de marbre, l'autre de calcaire, de densité connue, servent à étalonner l'appareil.

Les mesures ont été faites à 30 cm de profondeur afin d'éliminer l'horizon de surface dont la densité risquait d'être très hétérogène. Cette profondeur se situe en dessous de la semelle de labour.

La mesure porte sur la couche comprise entre 30 cm et 48 cm de profondeur.

Un histogramme de fréquence a été établi.

1. Figure N° 11

La densité sèche apparente moyenne pour la parcelle est :

$$P_s = 1,27$$

avec pour écart type 0,19.