

POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
(O R S T O M)

CENTRE D'ADIOPODOUME

BP. V-51 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

LE TRAVAIL DU SOL SOUS CULTURE DE MANIOC EN BASSE
CÔTE D'IVOIRE

PREMIERE PARTIE : LE SOL

B. GÔUE

J.P. RAFFAILLAC

G. NEDELEC

Juin 1986

Document interne

PLAN

I. METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

A. Analyse de laboratoire

B. Mesures *in situ*

1. Humidimétrie neutronique et densimétrie

2. Schéma du protocole expérimental

II. RESULTATS EXPERIMENTAUX

A. Granulométrie - Complexe absorbant - Matière organique totale

B. Humidités caractéristiques (pF 4,2 et pF 2,5)

C. Densités apparentes sèches ρ_s

D. Stocks hydriques

E. Caractéristiques hydrodynamiques (Réserves utiles, capacité de rétention...)

III. DISCUSSIONS

A. Granulométrie - Matière organique - Complexe absorbant

B. Densités apparentes sèches ρ_s

C. Stocks hydriques

BIBLIOGRAPHIE

I. MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE

En fonction de trois traitements de travail du sol :

- traitement T₀ : sol non travaillé,
- traitement T₁ : sol travaillé sur 15 à 20 cm de profondeur,
- traitement T₂ : sol labouré profondément (de 35 à 40 cm),

deux types d'observations ont été faites pour le suivi des propriétés physiques et hydriques du sol sous cultures de manioc : en laboratoire et "*in situ*".

A. Analyses de laboratoire

Il s'agit essentiellement de l'analyse texturale et de l'évaluation des quantités de bases échangeables du complexe adsorbant et des quantités de matière organique.

Trois séries d'échantillons sont prélevés au cours du temps (deux, quatre et six mois après plantation) sur chaque traitement. Sur ces mêmes échantillons, on détermine les humidités caractéristiques aux pF 4.2 et pF 2.5.

B. Mesures "*in situ*"

1. Humidimétrie neutronique et densimétrie

La détermination des paramètres neutroniques des sols (les coefficients α et β des droites d'étalonnage de chaque traitement a été faite sur le terrain par la méthode gammadensimétrique. Le gammadensimètre utilisé - type DR 18 - a permis en même temps de mesurer les densités apparentes sèches des horizons du profil (0-100 cm).

Simultanément, ont été mesurées, par la méthode du cylindre, les densités apparentes sèches des horizons de surface de chaque traitement (0-20 cm).

Ces mesures densimétriques ont été répétées tous les deux mois pendant les six premiers mois du cycle cultural.

L'humidité volumique est mesurée hebdomadairement en 12 points répartis comme suit : 4 points par traitement dont un sur sol nu sert de témoin et les 3 autres en ligne, entre 4 plants, à équidistance.

La sonde utilisée est du type SOLO 20 de 10 mCi, les mesures de surface sont effectuées par gravimétrie.

Pour déterminer quelques paramètres hydrodynamiques (capacité de rétention, réserves utiles) deux essais d'"infiltration-ressuyage" ont été faits à l'aide d'un dispositif MUNTZ pendant la période sèche (Février-mars) sur sols nus (témoins).

2. Schéma du protocole expérimental (fig. 1)

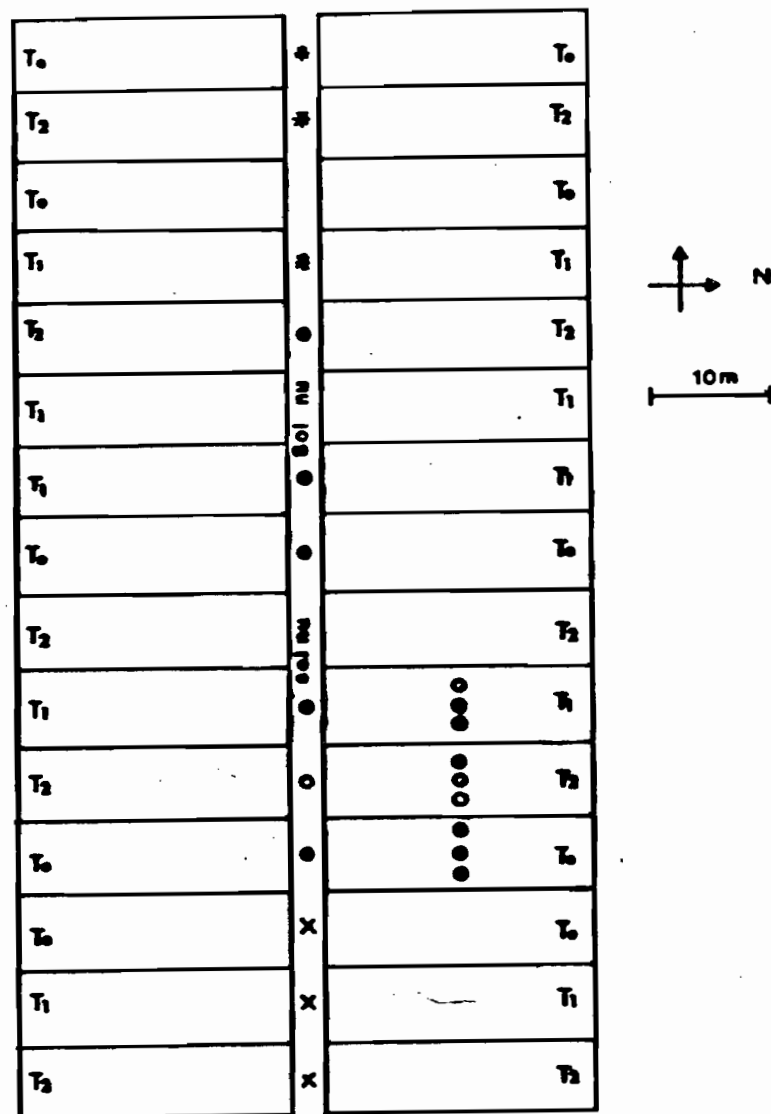


Fig 1: Dispositif expérimental

Superficie : 0.5ha

densité : 2692 plants/ha

o Tube d'accès pour sonde à neutrons (Solo 20 - 10mCi)

x Analyse granulométrique mesure de θ_s - Avril

● " " - Juin

* " " - Août

II. RESULTATS EXPERIMENTAUX

A. Granulométrie - Bases échangeables - Matière organique totale

Les tableaux suivants donnent les résultats de l'analyse texturale ainsi que les quantités de bases échangeables et de matière organique totale.

La granulométrie (Argile, Sable et Limon) est exprimée en % pondéraux.

Les bases échangeables (Ca^{**} , Mg^{**} , K^*) en milliéquivalents pour 100g de sol (méq./100 g).

La matière organique totale (M.O.) en % pondéraux.

1. Traitement To : Echantillonnages A₀ (Avril) - B₀ (Juin) - C₀ (Août)

Horizon	Argile	Limon	Sable	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	M.O.
0 - 15	7.3	4.8	84.9	0.90	0.43	0.09	2.3
15 - 35	13.6	6.5	79.4	0.16	0.07	0.03	1.3
35 - 50	11.9	5.4	81.2	0.31	0.05	0.05	0.8
50 - 70	11.1	6.7	81.2	0.31	0.01	0.02	0.7
70 - 90	14.3	5.7	79.3	0.22	0.01	0.01	0.8
90 -110	26.1	6.0	67.2	0.14	0.01	0.03	0.7

A₀

0 - 15	10.2	6.8	82.2	0.24	0.01	0.04	1.4
15 - 35	13.6	6.7	79.5	0.18	0.11	0.01	0.8
35 - 50	12.1	6.9	81.7	0.38	0.05	0.03	0.9
50 - 70	10.4	6.8	82.8	0.31	0.03	0.02	0.8
70 - 90	10.9	6.4	83.1	0.28	0.01	0.02	0.6
90 -110	11.9	5.3	82.9	0.26	0.01	0.01	0.6

B₀

0 - 15	11.4	6.1	80.2	0.68	0.33	0.06	2.6
15 - 35	9.7	6.1	83.2	0.38	0.07	0.04	1.2
35 - 50	20.1	6.6	72.5	0.16	0.05	0.04	0.9
50 - 70	21.5	8.5	72.3	0.14	0.01	0.06	1.1
70 - 90	21.1	6.2	72.2	0.10	0.01	0.02	0.9
90 -110	20.1	6.4	73.2	0.24	0.01	0.01	0.8

C₀

1. Traitement T1 : Echantillonnages A₁ (Avril) - B₁ (Juin) - C₁ (Août)

Horizon	Argile	Limon	Sable	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	M.O.
0 - 15	6.1	4.6	87.5	0.48	0.01	0.06	1.5
15 - 35	6.5	4.8	88.5	0.22	0.27	0.03	1.0
35 - 50	8.5	4.8	85.9	0.10	0.05	0.02	0.7
50 - 70	12.1	5.1	82.8	0.24	0.07	0.03	0.6
70 - 90	16.5	6.0	76.9	0.18	0.05	0.02	0.6
90 -110	22.8	4.9	72.4	0.22	0.03	0.03	0.8

A₁

0 - 15	7.3	5.4	85.8	0.78	0.33	0.04	2.2
15 - 35	6.8	4.6	86.7	0.66	0.33	0.12	2.2
35 - 50	7.5	7.1	82.7	0.34	0.11	0.08	1.4
50 - 70	11.1	5.8	82.3	0.22	0.05	0.05	1.0
70 - 90	11.4	6.6	81.9	0.18	0.03	0.03	0.9
90 -110	19.1	6.2	73.9	0.20	0.01	0.01	0.8

B₁

0 - 15	10.7	8.2	78.7	0.66	0.51	0.08	3.1
15 - 35	11.9	9.3	78.2	0.20	0.13	0.06	1.6
35 - 50	13.8	8.5	77.2	0.16	0.07	0.03	1.3
50 - 70	15.7	8.2	75.8	0.14	0.05	0.03	1.2
70 - 90	18.5	6.9	74.5	0.14	0.01	0.04	1.0
90 -110	17.6	7.4	74.9	0.14	0.01	0.02	0.9

C₁

3. Traitement T₂ : Echantillonnages A₂ (Avril) - B₂ (Juin) - C₂ (Août)

Horizon	Argile	Limon	Sable	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	M.O.
0 - 15	6.8	5.5	87.7	0.22	0.09	0.02	1.0
15 - 35	7.3	5.0	86.6	0.40	0.24	0.07	1.3
35 - 50	7.3	4.9	87.2	0.10	0.03	0.02	0.6
50 - 70	11.1	5.4	83.2	0.20	0.05	0.03	0.6
70 - 90	19.6	5.2	75.0	0.52	0.03	0.02	0.8
90 -110	23.2	4.9	71.6	0.52	0.03	0.02	0.8

A₂

0 - 15	9.7	8.1	81.1	0.26	0.13	0.05	1.7
15 - 35	8.0	8.0	82.3	0.50	0.35	0.08	2.3
35 - 50	12.1	7.6	79.8	0.14	0.05	0.03	1.2
50 - 70	14.5	6.8	78.4	0.20	0.05	0.03	0.9
70 - 90	17.4	4.7	74.9	0.20	0.03	0.02	0.8
90 -110	20.6	7.1	72.2	0.22	0.01	0.02	0.7

B₂

0 - 15	11.	8.0	80.8	0.10	0.03	0.05	1.6
15 - 35	10.2	5.4	82.6	0.40	0.19	0.05	2.4
35 - 50	14.3	7.7	77.9	0.10	0.05	0.05	1.3
50 - 70	14.0	7.6	78.7	0.10	0.03	0.03	1.0
70 - 90	21.8	6.4	71.0	0.12	0.03	0.03	0.9
90 -110	22.8	6.4	71.1	0.18	0.01	0.02	0.9

C₂

B. Humidités caractéristiques

Les valeurs sont données en % pondéraux (θ_p). Pour avoir les valeurs humidités volumiques (θ_v) il suffit d'appliquer la relation suivante dans laquelle ρ_s est la densité apparente sèche

$$\theta_v = \theta_p \cdot \rho_s$$

L'humidité pondérale ci-dessous a été mesurée sur les échantillons de juin (3 mois après plantation).

ECHANTILLONS	T ₀		T ₁		T ₂	
	pF 4.2	pF 2.5	pF 4.2	pF 2.5	pF 4.2	pF 2.5
0 - 10	4.0	12.8	4.7	14.6	4.9	13.3
10 - 20	4.1	12.0	4.5	13.9	4.7	14.2
20 - 30	4.3	11.2	4.3	12.4	4.4	12.4
30 - 40	4.2	10.9	4.7	11.8	4.4	12.9
40 - 50	4.5	10.7	5.0	11.6	5.9	12.4
50 - 60	3.9	10.6	5.1	12.5	5.5	13.1
60 - 70	4.3	9.8	5.3	11.8	6.0	13.2
70 - 80	4.2	10.0	6.2	14.8	6.4	15.0
80 - 90	4.1	10.6	6.2	13.8	6.5	15.3
90 - 100	4.5	11.5	7.4	15.6	7.5	18.4

Tableau 1 : Humidités caractéristiques (θ_p)

C. Densités apparentes sèches (ρ_s)

1. Par la méthode gammadensimétrique

a) Traitement T₀

Période Horizon	Avril	Juin	Août	$\rho \pm \sigma_s$
0 - 15	1.41	1.39	1.43	1.41 ± 0.02
15 - 35	1.49	1.51	1.50	1.50 ± 0.008
35 - 50	1.44	1.45	1.50	1.46 ± 0.03

b) Traitement T₁

0 - 15	1.36	1.40	1.43	1.40 ± 0.03
15 - 35	1.49	1.50	1.49	1.49 ± 0.005
35 - 50	1.46	1.47	1.50	1.48 ± 0.02

c) Traitement T₂

0 - 15	1.42	1.38	1.40	1.40 0.02
15 - 35	1.41	1.39	1.40	1.40 0.008
35 - 50	1.51	1.46	1.50	1.49 0.02

2. Par la méthode du cylindre(Volume : $V = 250 \text{ cm}^3$; Diamètre : $\varnothing = 6.82 \text{ cm}$; Hauteur : $h = 6.82 \text{ cm}$)a) Traitement T_0

Période Horizon	Avril	Juin	Août	Déc.	$\rho \pm \sigma_s$
0 - 7	1.38	1.36	1.41	1.39	1.39 ± 0.02
7 - 14	1.44	1.39	1.43	1.47	1.43 ± 0.03
14 - 21	1.49	1.43	1.45	1.56	1.48 ± 0.06

b) Traitement T_1

0 - 7	1.39	1.43	1.38	1.40	1.39 ± 0.05
7 - 14	1.38	1.36	1.41	1.50	1.41 ± 0.06
14 - 21	1.38	1.52	1.41	1.54	1.46 ± 0.08

c) Traitement T_2

0 - 7	1.40	1.40	1.37	1.37	1.39 ± 0.02
7 - 14	1.39	1.39	1.38	1.40	1.39 ± 0.02
14 - 21	1.38	1.38	1.40	1.40	1.39 ± 0.01

D. Profils et stocks hydriques

Les droites d'étalonnages des 3 traitements sont les suivantes :

$$\begin{aligned}
 \text{- Traitement } T_0 \quad N_{01} &= 12,48 \theta_v + 37, \text{ de } 0 \text{ à } 40 \text{ cm} \\
 \quad \quad \quad N_{02} &= 12,48 \theta_v + 80, \text{ de } 50 \text{ à } 70 \text{ cm} \\
 \quad \quad \quad N_{03} &= 12,48 \theta_v + 129, \text{ de } 80 \text{ à } 100 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Traitement } T_1 \quad N_{11} &= 12,84 \theta_v + 37, \text{ de } 0 \text{ à } 20 \text{ cm} \\
 \quad \quad \quad N_{12} &= 12,84 \theta_v + 86, \text{ de } 30 \text{ à } 100 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Traitement } T_2 \quad N_{21} &= 12,67 \theta_v + 25, \text{ de } 0 \text{ à } 20 \text{ cm} \\
 \quad \quad \quad N_{22} &= 12,67 \theta_v + 100, \text{ de } 30 \text{ à } 100 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$N_{i,j}$ (impulsions/seconde) est le comptage neutronique, à une cote donnée y , de traitement i permettant de calculer l'humidité volumique θ_v (%) à partir de la droite j .

Les profils hydriques obtenus en chaque point montrent que, pour chaque traitement, il peut être calculé un profil hydrique moyen et un profil-témoin sur sol nu. Les stocks hydriques, S (0- y) en mm d'eau, sont calculés à partir de ces profils moyens. La profondeur d'enracinement maximum vertical utile à l'alimentation hydrique de la plante est estimée à 100 cm (voir profils culturaux). On calcule un stock à 35 cm (profondeur du rotobroyage et labour) :

$$S(0-35) = S(0-15) \text{ gravimétrie} + \theta_v(20) + \theta_v(30)$$

et un stock à 100 cm (enracinement maximum) :

$$\begin{aligned}
 S(0-100) &= S(0-35) + \theta_v(40) + \theta_v(50) + \theta_v(60) + \theta_v(70) + \theta_v(80) + \theta_v(90) + \\
 &\quad \frac{1}{2} \theta_v(100)
 \end{aligned}$$

Les tableaux 2, 3 et 4 et les figures 2a, 2b, 2c représentent l'évolution au cours du temps de ces stocks.

E. Caractéristiques hydrodynamiques

1. Point de flétrissement

A partir des données de laboratoire on détermine pour chaque traitement les valeurs des stocks d'eau au pF 4,2 sur le profil (0-100 cm).

Traitement T₀ : pF 4,2 = 61,2 mm

Traitement T₁ : pF 4,2 = 78,5 mm

Traitement T₂ : pF 4,2 = 82,6 mm

2. Capacité de rétention - Réserves utiles - Réserves facilement utilisables (Profil 0-100 cm)

Les courbes de ressuyage des traitements T₀ et T₁ sont données aux figures 4-a et 4-b.

Pour le traitement T₁, à défaut de valeurs expérimentales on prendra les moyennes en de T₀ et T₂.

A partir des figures 4-a et 4-b et des valeurs de pF 4,2 on obtient par traitement :

T ₀	Capacité de rétention (R)	=	165	mm
	Point de flétrissement (pF 4,2)	=	61,2	
	Réserves utiles (RU)	=	103,8	
	Réserves facilement utilisables (RFU)	=	69,2	
T ₁	Capacité de rétention (R)	=	175	mm
	Point de flétrissement (pF 4,2)	=	78,5	
	Réserves utiles (RU)	=	96,5	
	Réserves facilement utilisables (FU)	=	64,3	
T ₂	Capacité de rétention (R)	=	185	mm
	Point de flétrissement (pF 4,2)	=	82,6	
	Réserves utiles (RU)	=	102,4	
	Réserves facilement utilisables	=	68,3	

Date	T ₀		T ₁		T ₂	
	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t
11 avril 1984	55.3	52.9	58.2	61.1	50.5	53.9
18	64.3	55.8	64.8	67.4	52.4	56.2
25	43.8	42.0	46.4	50.4	36.7	41.5
27	44.0	41.0	45.6	46.3	37.8	39.6
4 mai 1984	47.4	42.9	42.7	51.3	37.3	39.8
11	55.1	50.9	55.8	60.7	49.8	52.5
18	54.3	50.4	54.1	61.7	47.3	51.0
24	50.8	49.0	49.3	54.8	43.4	48.1
1er juin 1984	45.1	43.1	47.1	52.7	43.4	43.8
4	56.4	51.9	58.6	63.5	49.6	52.5
20	57.3	53.7	61.0	64.8	54.1	55.5
27	54.5	48.6	57.6	61.7	50.7	52.2
6 juillet 1984	51.6	43.8	55.0	55.4	47.6	48.0
13	57.9	50.1	60.1	63.4	53.9	55.1
20	51.6	44.6	54.7	55.5	48.5	48.6
27	52.5	47.3	53.6	57.8	48.0	48.5
3 août 1984	50.7	41.9	55.4	49.7	44.9	45.6
17	45.5	37.3	46.2	47.0	42.6	42.8
24	39.0	30.9	38.4	37.9	36.3	36.6
27	35.8	29.6	35.9	35.0	33.4	35.2
14 septembre 1984	41.0	32.5	39.7	48.4	35.8	36.7
5 octobre 1984	55.9	49.8	57.4	60.9	51.4	51.4
15	66.0	53.3	64.9	64.8	56.8	56.9
19	57.0	53.1	59.7	65.2	56.7	57.0
26	48.8	43.5	47.7	55.1	42.8	42.8

Date	T ₀		T ₁		T ₂	
	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t
02 novembre 1984	59.1	49.5	58.5	61.7	52.0	52.3
09	46.3	41.1	47.6	52.5	43.3	45.3
16	45.1	41.0	46.0	47.5	41.3	44.7
19	38.6	34.2	43.5	45.0	36.9	38.0
26	50.3	37.8	49.5	50.8	45.1	45.9
03 décembre 1984	44.4	36.7	44.4	46.0	28.8	32.0
17	37.3	34.0	39.9	40.4	25.1	27.3
07 janvier 1985	40.8	37.1	40.4	48.3	36.6	36.8
04 février 1985	36.7	33.9	36.5	44.4	33.7	33.8
12	32.4	-	33.3	45.3	31.4	31.8
18	27.1	-	32.8	36.7	24.8	26.5
25	27.3	-	22.1	36.9	26.2	30.7
27	67.9	-	66.5	62.7	55.9	59.2
05 Mars 1985	42.7	39.6	48.9	50.7	33.6	40.5
15	52.7	59.6	54.6	62.9	45.4	-
18	55.2	48.0	48.4	54.9	42.9	-
25	41.4	38.6	30.2	35.2	29.1	-
02 avril 1985	46.3	40.6	42.8	37.0	41.3	-
09	31.8	31.9	37.5	33.1	28.1	-
15	26.5	26.7	26.0	29.4	20.9	-

Tableau 2 : Stocks hydriques à 35 cm
S (0-35)

\bar{S} : stocks hydriques moyens (3 points de mesure)

S_t: stocks hydriques témoin (sol nu)

Date \ Traitement	T ₀		T ₁		T ₂	
	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t
11 avril 1984	121.5	124.5	129.5	125.9	109.9	124.9
18	116.5	12.0	123.5	119.5	100.1	119.9
25	105.6	108.9	116.3	115.5	95.5	107.9
27	105.7	106.8	114.7	114.1	95.3	107.3
4 mai 1984	109.5	153.6	117.1	114.3	92.7	104.7
11	120.4	121.1	128.7	131.0	108.1	125.1
18	114.9	116.5	120.8	121.9	102.6	118.6
24	108.4	114.9	117.1	121.9	97.6	114.9
1er juin 1984	112.8	115.8	121.2	128.7	104.5	117.4
4	121.7	121.8	130.6	130.2	102.2	115.8
20	125.5	128.3	135.6	137.6	116.5	126.8
27	119.4	121.2	130.4	131.8	110.7	123.1
6 juillet 1984	117.3	112.6	115.8	120.2	97.2	108.9
13	116.2	116.1	127.6	123.1	105.2	116.4
20	110.9	112.2	118.1	118.6	98.5	111.1
27	119.9	133.4	124.4	125.7	106.4	118.5
3 août 1984	107.9	105.1	116.2	116.0	94.7	107.7
17	95.1	97.0	103.8	101.1	84.3	96.6
24	92.9	90.4	94.0	92.1	74.6	90.4
27	90.4	89.8	90.7	86.6	71.3	86.3
14 septembre 1984	100.2	92.7	98.2	80.1	76.6	90.5
5 octobre 1984	122.2	123.2	129.6	133.6	112.3	116.6
15	123.8	124.0	128.5	126.0	116.5	121.8
19	120.3	126.2	141.0	131.7	124.8	124.8
26	114.9	110.8	117.3	119.3	100.7	118.8

Date	T ₀		T ₁		T ₂	
	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t
02 novembre 1984	121.1	120.6	126.7	125.6	115.5	120.6
09	109.0	108.4	118.6	118.5	97.3	109.7
16	100.8	100.8	114.6	108.1	93.1	109.6
19	91.3	92.3	109.0	109.4	86.8	102.7
26	83.3	83.6	92.2	93.7	68.8	70.2
03 décembre 1984	97.4	100.7	95.3	98.2	73.0	-
17	76.6	87.3	86.6	82.6	53.0	79.6
07 janvier 1985	89.6	90.3	94.6	79.8	78.9	84.7
04 février 1985	95.5	97.1	97.3	95.4	84.3	94.8
12	91.0	-	82.7	88.5	72.7	80.0
18	87.7	-	86.4	85.5	71.3	102.2
25	69.4	-	74.1	81.7	60.7	71.4
27	91.1	-	92.7	82.4	66.6	86.3
05 Mars 1985	101.2	159.6	95.6	89.1	90.4	-
15	99.6	139.6	95.6	89.1	87.2	-
18	95.3	126.5	99.9	91.9	79.8	-
25	87.0	112.6	88.9	77.0	53.5	-
02 avril 1985	86.3	100.9	77.2	68.4	74.8	-
09	72.6	92.3	82.8	64.8	58.7	-
15	70.8	79.9	57.7	63.2	37.7	-

Tableau 3 : Stocks hydriques de 35 à 100 cm
S (35-100)

\bar{S} : stocks hydriques moyens (3 points de mesure)

S_t : stocks hydriques - témoin (sol nu)

Date \ Traitement	T ₀		T ₁		T ₂	
	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t
11 avril 1984	176.8	177.4	187.0	87.0	160.4	178.8
18	180.8	167.8	187.6	186.9	152.5	168.1
25	149.4	150.9	162.7	165.9	132.2	149.4
27	149.7	147.8	160.3	160.4	133.1	146.9
4 mai 1984	160.3	153.6	159.7	165.6	129.9	144.5
11	179.5	172.0	184.6	191.7	155.3	177.6
18	169.1	166.9	174.8	183.6	149.9	169.6
24	159.2	163.9	166.4	176.7	141.0	163.0
1er juin 1984	157.8	158.9	164.6	181.4	147.9	161.2
4	178.1	173.7	189.2	193.7	152.1	168.3
20	184.4	182.0	196.5	202.1	170.4	182.3
27	173.9	169.8	188.0	193.5	161.3	175.3
6 juillet 1984	168.8	156.4	170.8	175.7	144.7	156.9
13	174.1	166.2	187.7	186.4	159.1	171.5
20	162.5	155.8	172.8	174.1	147.0	159.6
27	172.5	180.7	178.1	183.5	154.4	167.0
3 août 1984	158.7	147.0	171.5	165.7	139.6	153.3
17	140.6	134.3	150.0	147.4	126.9	139.4
24	131.9	121.3	132.5	130.0	110.8	127.0
27	126.2	119.5	126.5	116.2	104.8	123.0
14 septembre 1984	142.9	126.9	126.5	128.5	112.4	127.2
5 octobre 1984	178.1	163.0	187.2	194.5	163.7	168.0
15	189.8	177.3	193.4	190.8	173.3	178.7
19	177.3	179.3	180.0	196.9	165.3	181.8
26	163.7	154.3	165.0	174.4	143.5	154.6

Date	T ₀		T ₁		T ₂	
	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t	\bar{S}	S _t
02 novembre 1984	180.2	170.1	185.2	187.4	167.5	172.9
09	155.2	149.5	164.1	171.0	140.6	155.0
16	145.9	141.8	160.6	156.6	134.4	148.3
19	129.9	126.5	152.5	154.4	125.1	140.7
26	133.5	121.4	141.7	144.5	113.9	116.1
03 décembre 1984	141.8	137.4	139.7	144.2	101.8	120.2
17	113.9	121.3	126.5	123.0	78.1	106.9
07 janvier 1985	130.6	127.4	135.0	128.1	112.4	121.5
04 février 1985	132.2	131.0	133.8	139.8	128.0	128.6
12	123.4	-	116.0	123.8	104.1	111.8
18	114.8	-	119.2	122.2	96.1	128.7
25	96.7	-	96.2	118.6	86.9	102.1
27	159.0	-	159.2	145.1	122.5	145.5
05 Mars 1985	143.9	199.2	152.0	141.2	124.0	129.6
15	152.3	199.1	150.2	152.0	132.6	-
18	150.5	174.5	148.3	146.	122.0	-
25	128.4	151.2	119.1	112.2	82.6	-
02 avril 1985	132.6	141.5	120.0	105.4	118.0	-
09	104.4	124.2	120.3	97.9	86.8	-
15	97.3	106.6	73.3	92.6	58.6	-

Tableau 4 : Stocks hydriques à 100 cm
S (0 - 100)

\bar{S} : stocks hydriques moyens (3 points de mesure)

S_t : stocks hydriques - témoin (sol nu)

Fig 2.a: Evolution des stocks d'eau à 100cm et à 35 cm — Sols nus (témoins) - Sols sous cultures

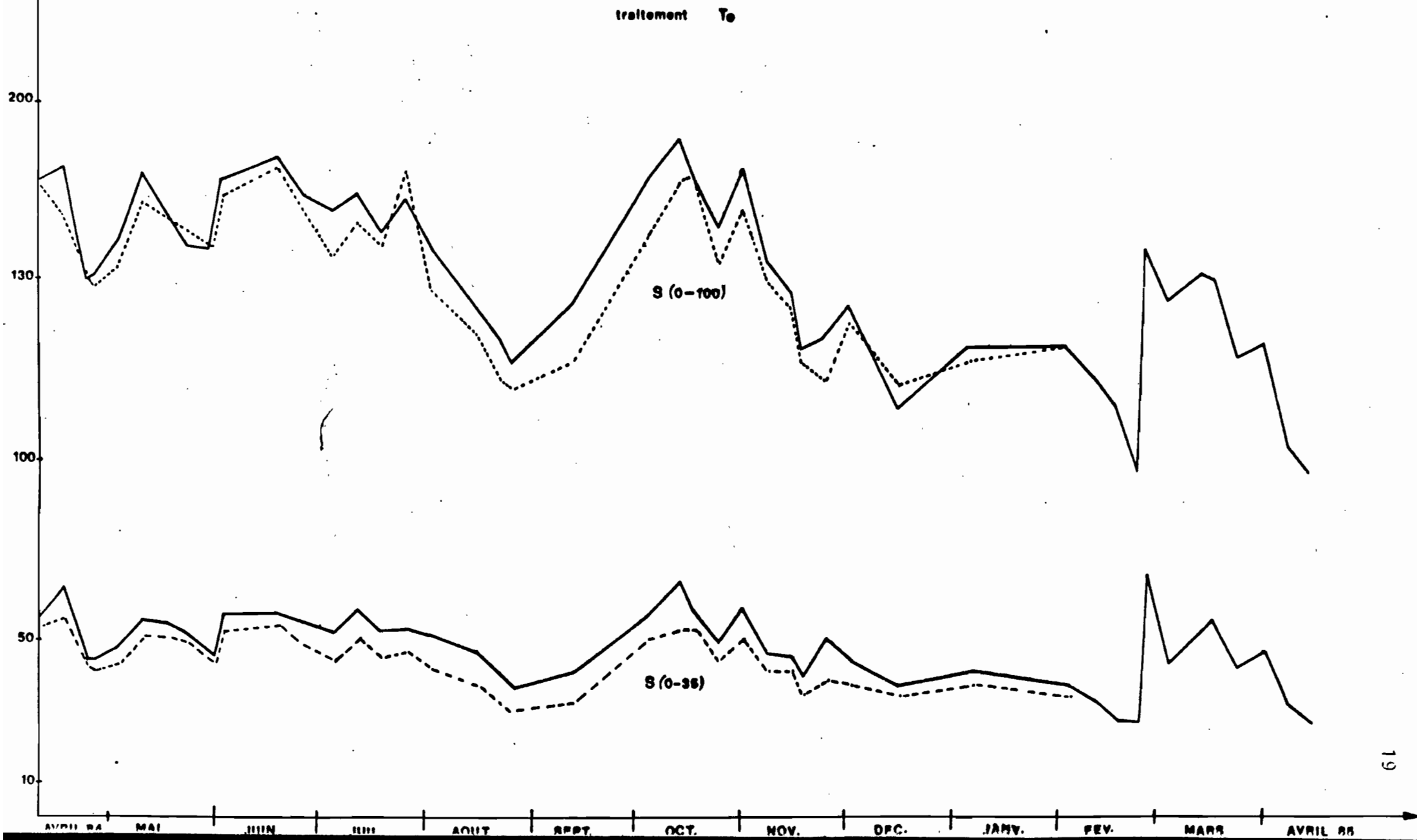


Fig 26: Evolution des stocks d'eau à 100 cm — Soils nus (témoins) - Soils sous cultures
et à 35 cm

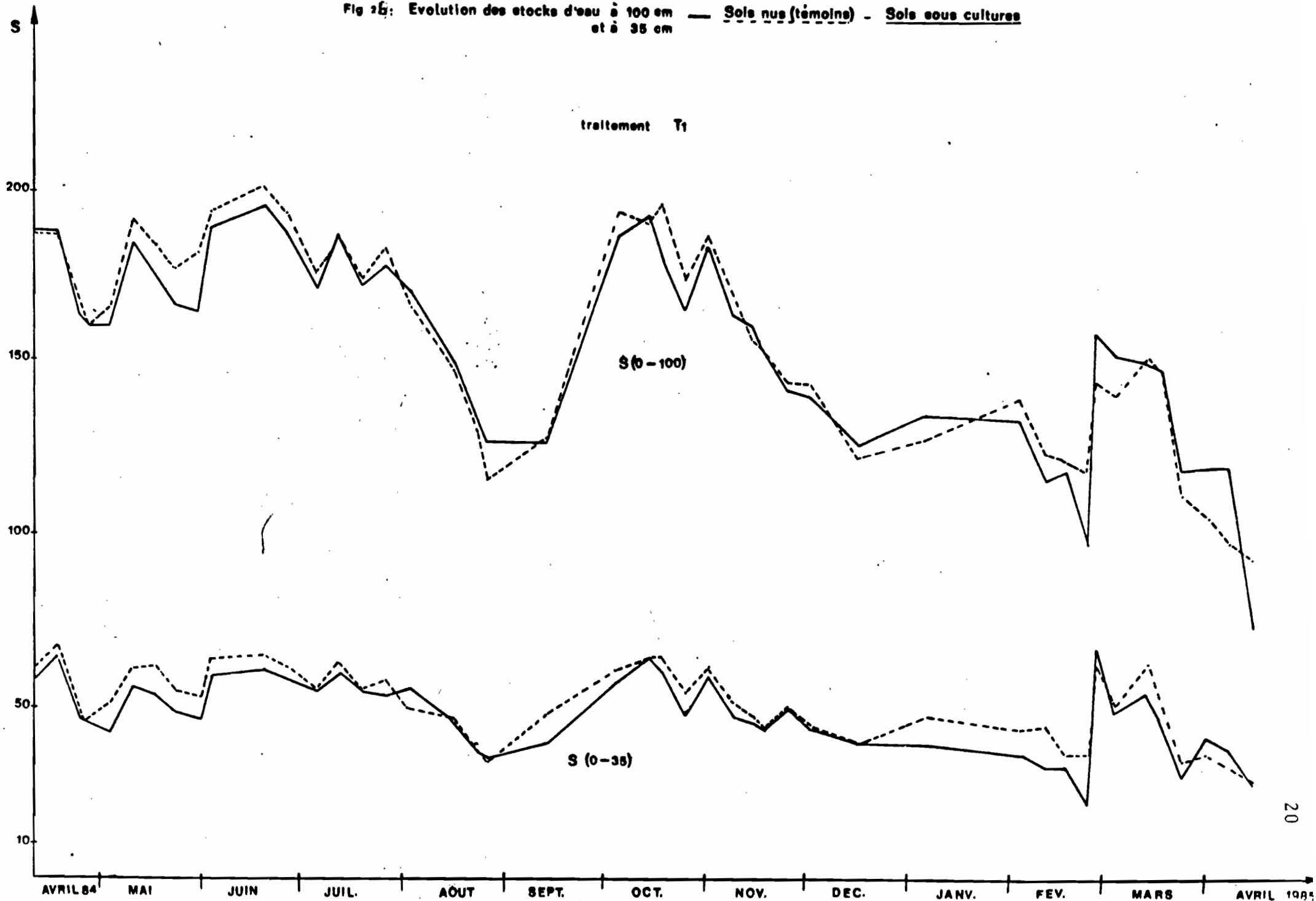
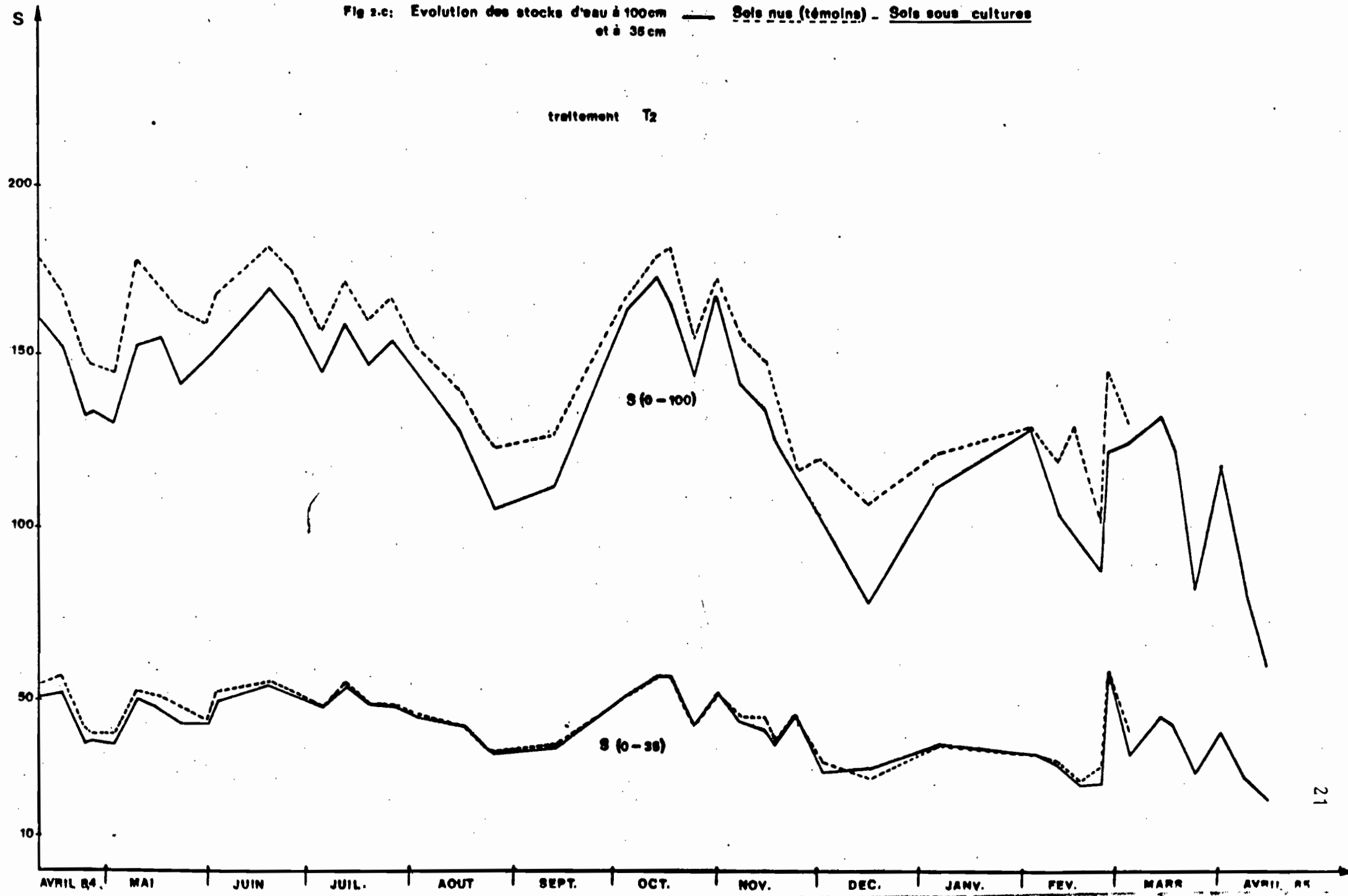


Fig 2.c: Evolution des stocks d'eau à 100cm et à 38 cm — Soils nus (témoins) - Soils sous cultures



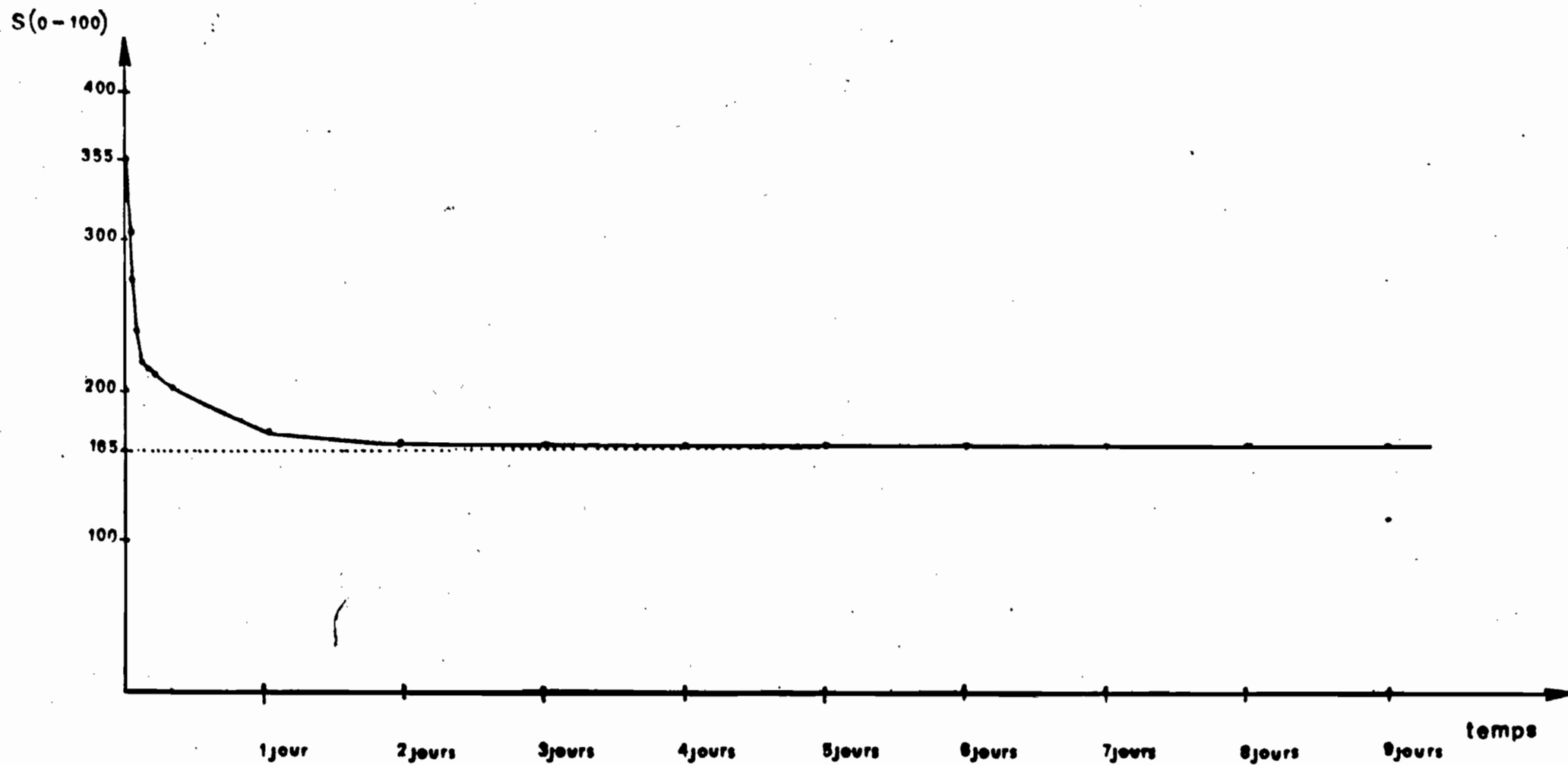


Fig 4.8: Courbe de ressuyage du traitement To

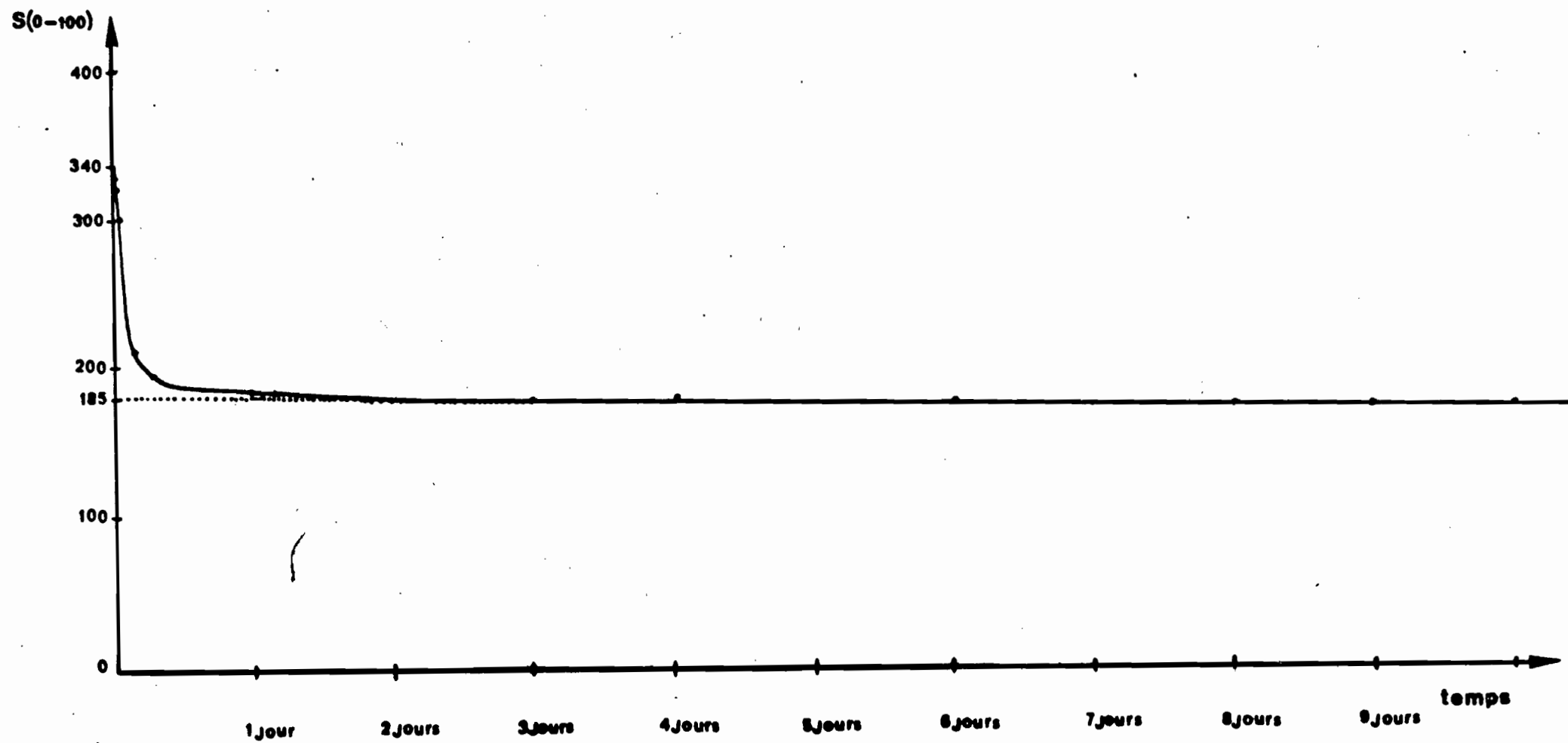


Fig 4.b: Courbe de ressuyage de traitement T_2

III. DISCUSSIONS

A. Texture - Bases échangeables et Matière Organique totale

En comparant les résultats de l'analyse granulométrique, par traitement et au cours du temps, on remarque que la texture n'est pas modifiée par le travail du sol, par contre il y a enrichissement en matière organique { au cours du temps
et en fonction du travail du sol
(tableau 5)

traitement \ Temps	To	T ₁	T ₂
Avril	3.6	2.5	2.3
Juin	-	4.4	4.0
Août	3.8	4.7	4.0

Tableau 5 : Bilan en matière organique totale en %
de l'horizon (0-35 cm)

Dès le mois de juin, la quantité de matière organique augmente en T₁ et T₂ en raison de l'accélération de la chute des feuilles qui fournissent une litière importante.

Après la première saison des pluies, les quantités de matière organique augmentent sous les trois traitements To, T₁ et T₂ : le sol étant saturé en eau, l'activité des microorganismes ralentit et la minéralisation diminue ; sous le sol travaillé (T₁ et T₂) le ralentissement de la minéralisation est plus net : 2.5 % de matière organique en avril contre 4.7 % en août ; le phénomène est moins perceptible en To : 3.6 % contre 3.8 %

Le bilan en bases échangeable est conforme à cette évolution de la matière organique.

Temps \ Essai	T ₀			T ₁			T ₂		
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺
Avril	1.06	0.50	0.12	0.70	0.28	0.09	0.62	0.33	0.09
Juin	-	-	-	1.44	0.66	0.16	0.76	0.48	0.13
Août	1.06	0.40	0.10	0.86	0.64	0.14	0.50	0.22	0.10

Tableau 6 : Bilan en bases échangeables, en m.éq/100g de sol de l'horizon (0-35 cm)

B. Densités apparentes sèches (ρ_s)

Pour tous les traitements, les densités augmentent de la surface (0-35 où) en profondeur : (35-100 cm)

- Dans l'horizon (0-35 cm) ρ_s varie de 1.36 à 1.51 par la méthode gammadensimétrique et de 1.36 à 1.56 par la méthode du cylindre soit une moyenne de 1.44 à 1.46.

- En profondeur la densité moyenne est de 1.50 (de 1.44 à 1.56). Le contrôle au cours du temps montre qu'entre les trois traitements il n'y a pas de différence significative (voir les tableaux II.C) ; les méthodes de mesures sont peut-être inappropriées, et la présence de racines pourrait masquer les différences.

Néanmoins on observe que la densité moyenne de la zone travaillée est 1.40 (tableau 7 ; $\rho_{\gamma c}$: densité mesurée au gammadensimètre ρ_{γ} , au cylindre ρ_c ; le tableau 7 est une synthèse des tableaux II.C. densité apparente ρ_s).

y \ ρ_s	ρ_s (août)	ρ_s (août)	ρ_s (décem.)
(0-15)	1.40	1.38	1.39
(15-35)	1.40	1.40	1.40

Tableau 7 : Densités apparentes sous T₂
5 mois et 9 mois après plantation.

La valeur ρ_{T_2} (0-35) \approx 1.40 explique en partie le bon enracinement de la plante comme le montre les différents profils culturaux.

C. Caractéristiques hydriques

La forte proportion de sable qu'on trouve dans les horizons superficiels (~ 80 %) fait que l'eau n'y est pas retenue très fortement, aussi bien en T₀, T₁ qu'en T₂. Les stocks en eau sous T₂ sont toujours inférieurs à ceux sous T₀ et T₁ quel que soit l'horizon où ces stocks sont mesurés (fig. 5) ; le site de mesures neutroniques de T₂ n'est peut-être pas représentatif du traitement T₂ dans son ensemble. En effet, comme CARDON l'a montré sur les sols d'Adiopodoumé, les erreurs sur les valeurs absolues et ponctuelles de stocks peuvent être importantes ; les causes d'erreurs peuvent être diverses : présence d'anciennes racines, de termitières ou de galeries. Par contre les valeurs de variations de stocks, ΔS , sont beaucoup plus précises (tableau 8, 9, 10).

Date	T ₀		T ₁		T ₂		Pluie P
	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	
11-18.04.1984	+9.0	+2.4	+6.6	+6.3	+1.9	+2.3	42.0
18-25.04.1984	-20.5	-13.3	-17.9	-17.0	-15.7	-14.0	10.5
25-27.04.1984	+0.2	-1.0	-0.8	-4.1	+1.1	-1.9	19.0
27.04/04.05.1984	+3.4	+1.9	-2.9	+5.0	-0.5	+0.2	30.9
04-11.05.1984	+7.7	+8.0	+13.1	+9.4	+12.5	+12.7	76.0
11-18.05.1984	-0.8	-0.5	-1.7	+1.0	-2.5	-1.5	23.0
18-24.05.1984	-3.5	-1.4	-4.8	-6.9	-3.9	-2.9	36.5
24.05/01.06.1984	-5.7	-5.9	-2.2	-2.1	0.0	-4.3	78.0
01-04.06.1984	+11.3	+8.8	+11.5	+10.8	+6.2	+8.7	50.0
04-20.06.1984	+0.9	+1.8	+3.7	+1.4	+4.5	+3.0	221.4
20-27.06.1984	-2.8	-5.1	-3.4	-3.1	-3.4	-3.3	95.4
27.06/06.07.1984	-2.9	-4.8	-2.6	-6.3	-3.1	-4.2	13.9
06-13/07.1984	+6.3	+6.3	+5.1	+8.0	+6.3	+7.1	45.3
13-20.07.1984	-6.3	-5.5	-5.4	-7.9	-5.4	-6.3	29.4
20-27.07.1984	+0.9	+2.7	-1.1	+2.3	-0.5	-0.1	14.2
27.07/03.08.1984	-1.8	-5.4	+1.8	-8.1	-3.1	-2.9	6.8
03-17.08.1984	-5.2	-4.6	-9.2	-2.7	-2.3	-2.8	24.5
17-24.08.1984	-6.5	-6.4	-7.8	-9.1	-6.3	-6.2	2.0
24-27.08.1984	-3.2	-1.3	-2.5	-2.9	-2.9	-1.4	0.0
27.08/14.09.1984	+5.2	+2.9	+3.8	+13.4	+2.4	+1.5	55.6
14.09/05.10.1984	+14.9	+17.3	+17.7	+12.5	+15.6	+14.7	140.7
05-15.10.1984	+10.1	+3.5	+7.5	+3.9	+5.4	+5.5	38.2
15-19.10.1984	-9.0	-0.2	-5.2	+0.4	-8.1	+0.1	112.0
19-26.10.1984	-8.2	-9.6	-12.0	-10.1	-13.9	-14.2	5.2
26.10/02.11.1984	+10.3	+6.0	+10.8	+6.6	+9.2	+9.5	40.6
02-09.11.1984	-12.8	-8.4	-10.9	-9.2	-8.7	-7.0	15.7
09-16.11.1984	-1.2	-0.1	-1.6	-5.0	-2.0	-0.6	9.0
16-19.11.1984	-6.5	-6.8	-2.5	-2.5	-4.4	-6.7	4.5
19-26.11.1984	+11.7	+3.6	+6.0	+5.8	+8.2	+7.9	13.2
26.11/03.12.1984	-5.9	-1.1	-5.1	-4.8	-16.3	-13.9	0.0
03-17.12.1984	-7.1	-2.7	-4.5	-5.6	-3.7	-4.7	18.0
17.12/07.01.1985	+3.5	+3.1	+0.5	+7.9	+11.5	+9.5	37.8
07.01/04.02.1985	-4.1	-3.2	-3.9	-3.9	-2.9	-3.0	68.7
04-12.02.1985	-4.3	-	-3.2	+0.9	-2.3	-2.0	0.0
12-18.02.1985	-5.3	-	-0.5	-8.6	-6.6	-5.3	13.0

Date	T ₀		T ₁		T ₂		Pluie P
	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	
18-25.02.1985	+2.0	-	-10.7	+2.0	+1.4	+4.2	17.0
25-27.02.1985	+40.6	-	+44.4	+25.8	+29.7	+28.5	50.0
27.02/05.03.1985	-25.2	-	-17.6	-12.0	-22.3	-18.7	1.0
05-15.03.1985	+10.0	+20.0	+5.7	+12.2	+11.8	-	62.0
15-18.03.1985	+2.5	-11.6	-6.2	-8.0	-2.5	-	0.0
18-25.03.1985	-13.8	-9.4	-18.2	-19.7	-13.8	-	0.0
25.03/02.04.1985	+4.9	+2.0	+12.6	+1.8	+12.2	-	25.1
02-09.04.1985	-14.5	-8.7	-5.3	-3.9	-13.2	-	2.0
09-15.04.1985	-5.3	-5.2	-11.5	-3.7	-7.2	-	0.0

Tableau 8 : Variations de stocks hydriques à 35 cm
 ΔS (0-35)

Date	T ₀		T ₁		T ₂		Pluie P
	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	
11-18.04.1984	-5.0	-12.5	-6.0	-6.4	-9.8	-5.0	42.0
18-25.04.1984	-10.9	-3.1	-7.2	-4.0	-4.6	-12.0	10.5
25-27.04.1984	+0.1	-2.9	-1.6	-1.4	-0.2	-0.6	19.0
27.04/04.05.1984	+3.8	-46.8	+2.4	+0.2	-2.6	-2.6	30.9
04-11.05.1984	+10.9	-32.5	+11.6	+16.7	+15.4	+20.4	76.0
11-18.05.1984	-5.5	-4.6	-7.9	-9.1	-5.5	-6.5	23.0
18-24.05.1984	-6.5	-1.6	-3.7	0.0	-5.0	-3.7	36.5
24.05/01.06.1984	+4.4	+0.9	+4.1	+6.8	+6.9	+2.5	78.0
01-04.06.1984	+8.9	+6.0	+9.4	+1.5	-2.3	-1.6	50.0
04-20.06.1984	+3.8	+6.5	+5.0	+7.4	+14.3	+11.0	221.4
20-27.06.1984	-6.1	-13.2	-5.2	-5.8	-5.8	-3.7	95.4
27.06/06.07.1984	-2.1	-8.6	-14.6	-11.6	-13.5	-14.2	13.9
06-13/07.1984	-1.1	+3.5	+11.8	+2.9	+8.0	+7.5	45.3
13-20.07.1984	-5.3	-3.9	-9.5	-4.5	-6.7	-5.3	29.4
20-27.07.1984	+9.0	+21.2	+6.3	+7.1	+7.9	+7.4	14.2
27.07/03.08.1984	-12.0	-28.3	-8.2	+9.7	-11.7	-10.8	6.8
03-17.08.1984	-12.8	-8.1	-12.4	+14.9	-10.4	-11.1	24.5
17-24.08.1984	-2.2	-6.0	-9.8	-9.0	-9.7	-6.2	2.0
24-27.08.1984	-2.5	-0.6	-3.3	-5.5	-3.3	-4.1	0.0
27.08/14.09.1984	+9.8	+2.9	+7.5	-6.5	+5.3	+4.2	55.6
14.09/05.10.1984	+22.0	+30.5	+31.4	+53.5	+35.7	+26.1	140.7
05-15.10.1984	+1.6	+0.8	-1.1	-7.6	+4.2	+5.2	38.2
15-19.10.1984	-3.5	+2.2	+12.5	+5.7	+8.3	+3.0	112.0
19-26.10.1984	-5.4	-15.4	-23.7	-12.4	-24.1	-6.0	5.2
26.10/02.11.1984	+6.2	+9.8					40.6
02-09.11.1984	-12.1	-12.2	-8.1	-7.1	-18;2	-10.9	15.7
09-16.11.1984	-8.2	-7.6	-4.0	-10;4	-4.2	-0.1	9.0
16-19.11.1984	-9.5	-8.5	-5.6	+1.3	-6.3	-6.9	4.5
19-26.11.1984	-8.0	-8.7	-16.8	-16.0	-18.0	-32.5	13.2
26.11/03.12.1984	+14.1	+17.1	+3.1	+4.5	+4.2	-	0.0
03-17.12.1984	-20.4	-13.4	-8.7	-15.6	-20.0	-	18.0
17.12/07.01.1985	+13.0	+3.0	+8.0	-2.8	+25.9	+5.1	37.8
07.01/04.02.1985	+5.9	+6.8	+2.7	+15.6	+5.4	+10.1	68.7
04-12.02.1985	-4.5	-	-14.6	-6.9	-11.6	-14.8	0.0
12-18.02.1985	-3.3	-	+3.7	-3.0	-1.4	+22.2	13.0

Date	T ₀		T ₁		T ₂		Pluie P
	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	
18-25.02.1985	-18.3	-	-12.3	-3.8	-10.6	-30.8	17.0
25-27.02.1985	+21.7	-	+18.6	0.7	+5.9	+14.9	50.0
27.02/05.03.1985	+10.1	-	+10.4	+8.1	+23.8	-4.3	1.0
05-15.03.1985	-1.6	-20.0	-7.5	-1.4	-3.2	-	62.0
15-18.03.1985	-4.3	-13.1	+4.3	+2.8	-7.4	-	0.0
18-25.03.1985	-8.3	-13.9	-11.0	-14.9	-26.3	-	0.0
25.03/02.04.1985	-0.7	-11.7	-11.7	-8.6	+21.3	-	25.1
02-09.04.1985	-13.7	-8.6	+5.6	-3.6	-16.1	-	2.0
09-15.04.1985	-14.2	-12.4	-25.1	-1.6	-21.0	-	0.0

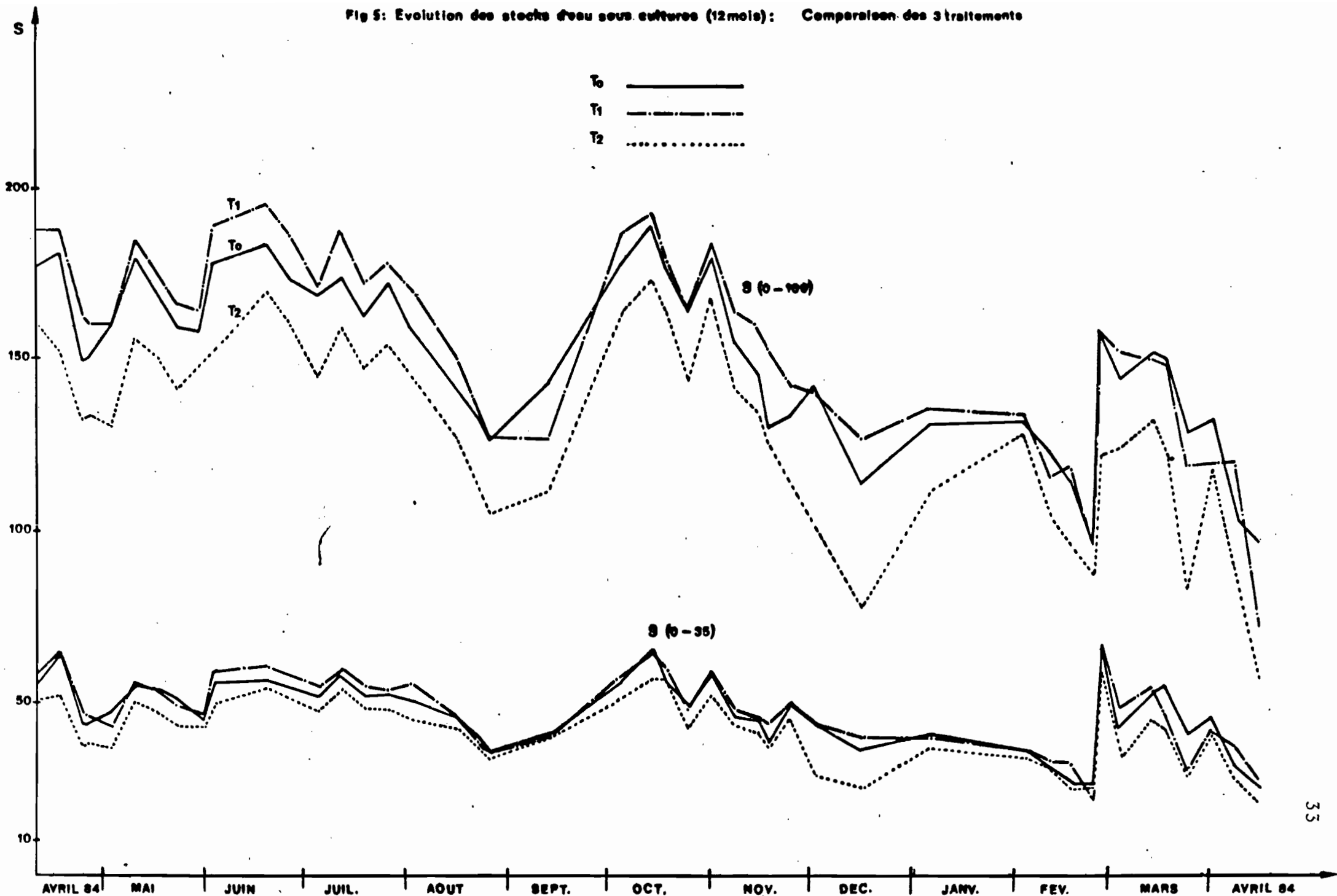
Tableau 9 : Variations de stocks hydriques entre
35 et 100 cm
 ΔS (35-100).

Date	T ₀		T ₁		T ₂		Pluie P
	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	
11-18.04.1984	+4.0	-9.6	-0.1	-0.1	-7.9	-10.7	42.0
18-25.04.1984	-31.4	-16.9	-24.9	-21.0	-20.3	-18.7	10.5
25-27.04.1984	+0.3	-3.1	-2.4	-5.5	+0.9	-2.5	19.0
27.04/04.05.1984	+10.6	+5.8	-.06	+5.2	-3.2	-2.4	30.9
04-11.05.1984	+19.2	+18.4	+24.9	+26.1	+25.4	+33.1	76.0
11-18.05.1984	-10.4	-5.1	-9.8	-8.1	-5;4	-8.0	23.0
18-24.05.1984	-9.9	-3.0	-8.4	-7.0	-8.9	-6.6	36.5
24.05/01.06.1984	-1.4	-5.0	-1.8	-4.7	-6.9	1.8	78.0
01-04.06.1984	+20.3	+14.6	+24.6	+12.0	+4.2	+7.1	50.0
04-20.06.1984	+6.3	+8.3	+7.3	+8.4	+18.3	+14.0	221.4
20-27.06.1984	-10.5	-12.2	-8.5	-8.6	-9.1	-7.0	95.4
27.06/06.07.1984	-5.1	-13.4	-17.2	-17.8	-16.6	-18.4	13.9
06-13/07.1984	+5.3	+9.8	+16.9	+10.7	+14.4	+14.6	45.3
13-20.07.1984	-11.6	-10.4	-14.9	-12.3	-12.1	-11.9	29.4
20-27.07.1984	+10.0	+24.9	+5.3	+9.4	+7.4	+7.4	14.2
27.07/03.08.1984	-13.8	-33.7	-6.6	-17.8	-14.8	-13.7	6.8
03-17.08.1984	-18.1	-12.7	-21.5	-18.3	-12.7	-13.9	24.5
17-24.08.1984	-8.7	-13.0	-17.5	-17.4	-16.1	-12.4	2.0
24-27.08.1984	-5.7	-1.8	-6.0	-13.8	-6.0	-4.0	0.0
27.08/14.09.1984	+16.7	+7.4	0	+12.3	+7.6	+4.2	55.6
14.09/05.10.1984	+35.2	+36.1	+60.7	+66.0	+51.3	+40.8	140.7
05-15.10.1984	+11.7	+14.3	+6.2	-3.7	+9.7	+10.7	38.2
15-19.10.1984	-12.5	+2.0	+13.4	+6.1	-8.0	+3.1	112.0
19-26.10.1984	-13.6	-25.0	-15.0	-22.5	-21.8	-27.2	5.2
26.10/02.11.1984	+16.5	+15.8	+13.0	+24.0	+18.3		40.6
02-09.11.1984	-25.0	-20.5	-21.1	-16.4	-26.7	-17.9	15.7
09-16.11.1984	-9.3	-7.7	-3.5	-14.4	-6.2	-6.7	9.0
16-19.11.1984	-16.0	-15.3	-8.1	-2.2	-9.3	-7.6	4.5
19-26.11.1984	+3.6	-5.1	-10.8	-9.9	-11.2	-24.6	13.2
26.11/03.12.1984	+8.3	+16.0	-2.0	-0.3	-12.1	+4.1	0.0
03-17.12.1984	-27.9	-16.1	-13.2	-21.2	-23.7	-13.3	18.0
17.12/07.01.1985	+16.7	+6.1	+8.5	+5.1	+34.3	+14.6	37.8
07.01/04.02.1985	+1.6	+3.6	-1.2	+11.7	+15.6	+7.1	68.7
04-12.02.1985	-8.8	-	-17.8	-16.0	-23.9	-16.8	0.0
12-18.02.1985	-8.6	-	+3.2	-1.6	-8.0	+16.9	13.0

Date	T ₀		T ₁		T ₂		Pluie P
	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	ΔS	ΔS_t	
18-25.02.1985	-18.1	-	-23.0	-3.6	-9.2	-26.6	17.0
25-27.02.1985	+62.3	-	+63.0	+26.5	+35.6	+43.4	50.0
27.02/05.03.1985	-15.1	-	-7.2	-3.9	+1.5	-15.9	1.0
05-15.03.1985	+8.4	-0.1	-1.8	+10.8	+8.6	-	62.0
15-18.03.1985	-1.8	-24.6	-1.9	-5.2	-10.6	-	0.0
18-25.03.1985	-22.1	-23.3	-29.2	-34.6	-39.4	-	0.0
25.03/02.04.1985	+4.2	-9.7	+0.9	-6.8	+35.4	-	25.1
02-09.04.1985	-28.2	-17.3	+0.3	-7.5	-31.2	-	2.0
09-15.04.1985	-7.1	-17.6	-47.0	-5.3	-28.2	-	0.0

Tableau 10 : Variations de stocks hydrique à 100 cm
 $\Delta S(0-100)$

Fig 5: Evolution des stocks d'eau sous cultures (12 mois): Comparaison des 3 traitements



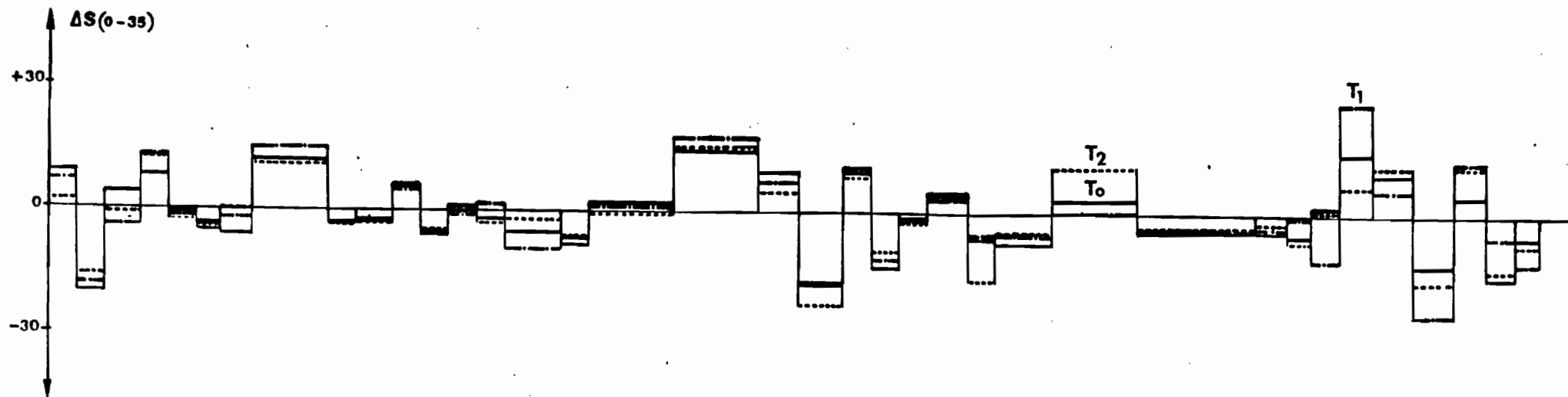
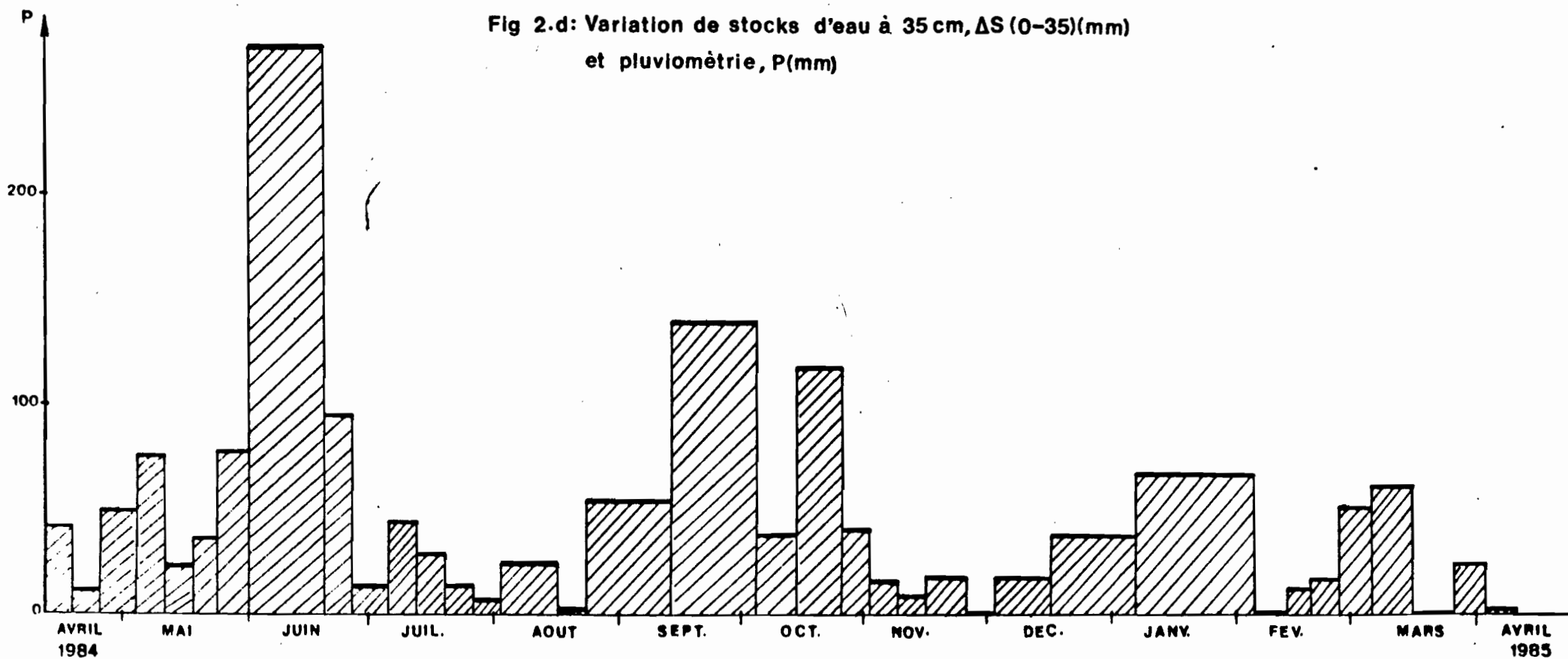


Fig 2.d: Variation de stocks d'eau à 35 cm, $\Delta S(0-35)$ (mm) et pluviométrie, P(mm)



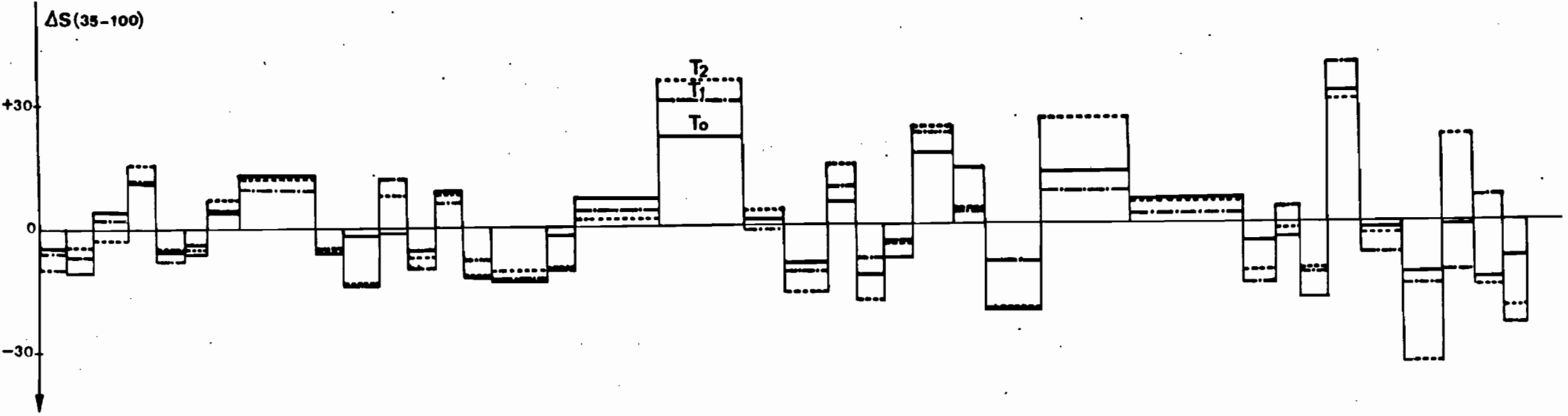
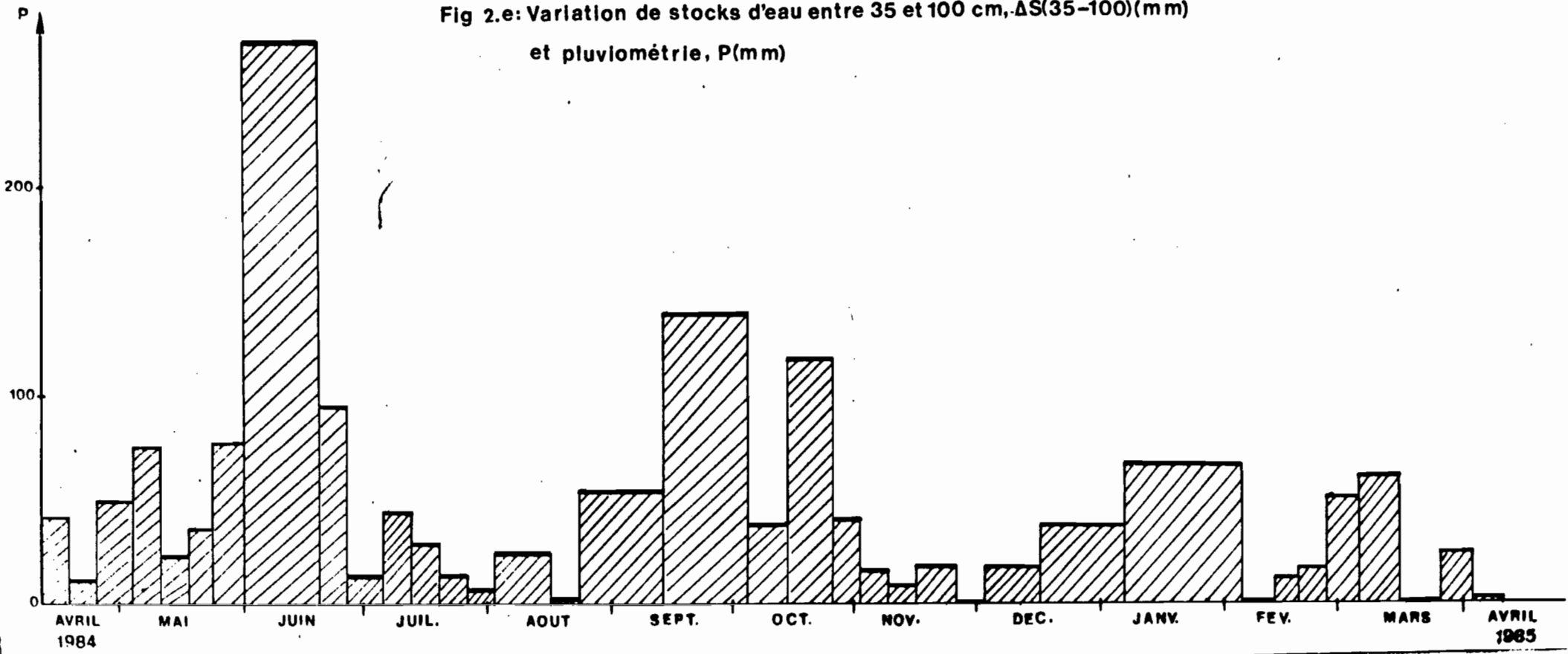


Fig 2.e: Variation de stocks d'eau entre 35 et 100 cm, $\Delta S(35-100)$ (mm) et pluviométrie, P(mm)



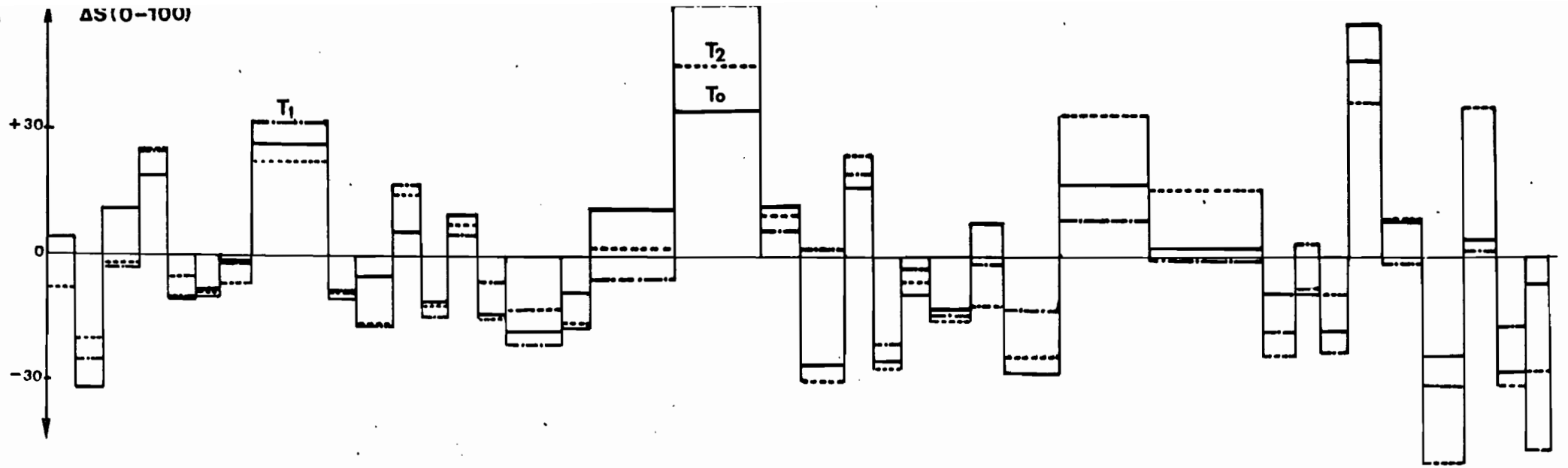
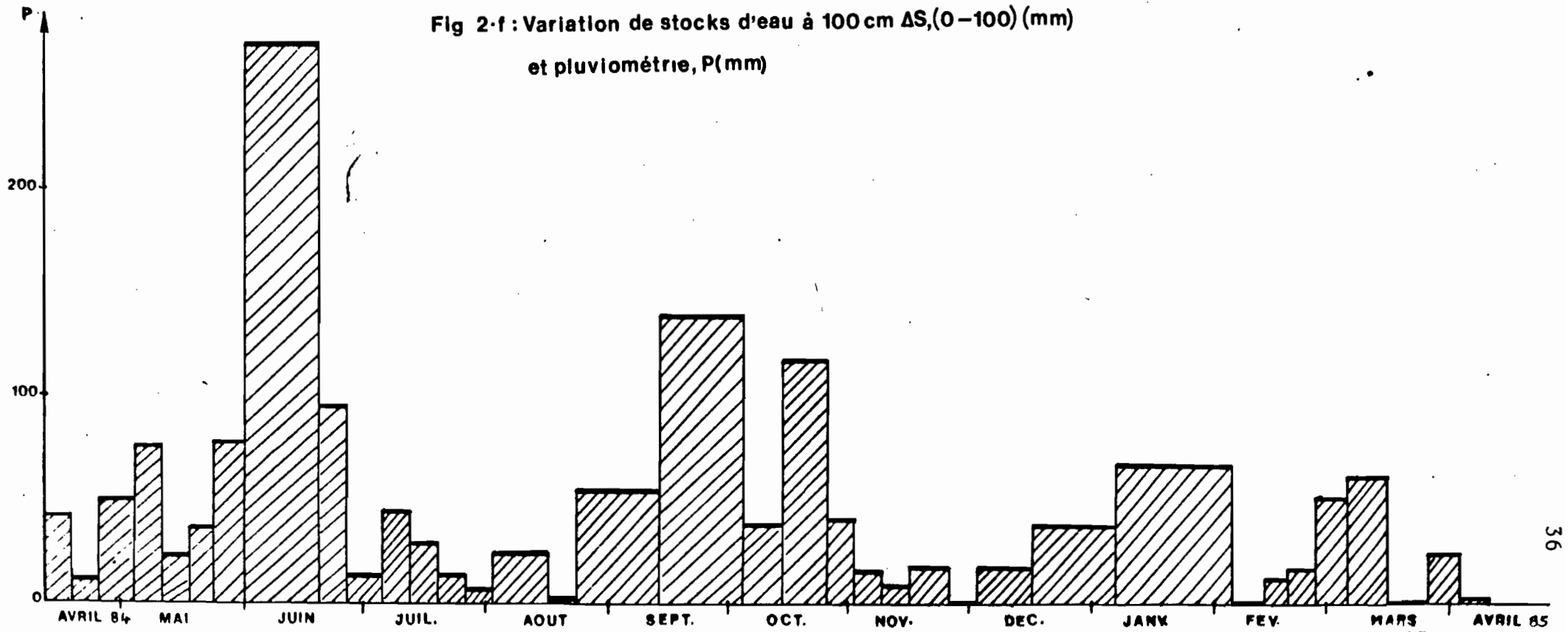


Fig 2-f : Variation de stocks d'eau à 100 cm $\Delta S,(0-100)$ (mm)
et pluviométrie, P(mm)



BIBLIOGRAPHIE

1. D. CARDON
"Analyse des facteurs responsables de la dispersion des mesures neutroniques dans un sol donné et application à la mesure de la variation du stock d'eau du sol".
Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie, Vol. N° 4, 1972.
2. D. HILLEL
"L'eau et le sol : principes et processus physiques".
Vander éditeur.
D. 1974/0109/13.
3. J. MARCESSE
"Bilan Français de cinq années de mise au point de la méthode neutronique de mesure de l'humidité et son application aux problèmes d'alimentation en eau du sol et des plantes".
Compte-rendu de la réunion de Cadarache : "Etude des mouvements de l'eau dans les sols non saturés" - 6 juin 1969
S.P.E.PE/B.E.P.
4. G. VACHAUD, C. DANCETTE, S. SONKO, J.L. THONY
"Méthode de caractérisation hydrodynamique *in situ* d'un sol non saturé.
Application à deux types de sol Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique".
Annales Agronomiques, 29 (1) : 1 - 36 - 1978.
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 N° d'ordre 163 - 1981.
6. P. ZANTE
"Caractérisation et évolution des propriétés hydriques des sols alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal.
Périmètre irrigué de TILÉNE (Région du Fleuve)".
ORSTOM Centre de DAKAR-HANN. mars 1974.