

O. R. S. T. O. M.  
Centre de Tananarive  
Service Hydrologique

---



DOCUMENTATION

COMPLEMENT A LA NOTE SUR L'UTILISATION  
PRATIQUE DE L'HUMIDIMETRE A NEUTRONS

---

APPROCHE DE CERTAINES CARACTERISTIQUES  
HYDRODYNAMIQUES DES SOLS

---

BASSIN VERSANT REPRESENTATIF DE LA TAFAINA (MADAGASCAR)

---

Par

Pierre POURRUT,

Ingénieur Hydrologue à l'O.R.S.T.O.M.

ORSTOM  
HYDROLOGIE  
DOCUMENTATION

70723

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 33168, ex 1  
Cote : B

OCTOBRE 1968

- S O M M A I R E -

I /- INSTALLATIONS UTILISEES.-

II/- CINETIQUE DE L'INFILTRATION SOUS CHARGE CONSTANTE.-

II<sub>1</sub> - Quantités d'eau infiltrées - Potentialité d'infiltration.

II<sub>2</sub> - Progression du front humide - Vitesses d'infiltration.

III/- CINETIQUE DU RESSUYAGE.-

III<sub>1</sub> - Pertes d'eau par ressuyage.

III<sub>2</sub> - Détermination de la capacité au champ.

IV/ - CONCLUSION.-

Au cours de la saison 1967-68, une étude sur la cinétique de l'infiltration et du ressuyage des sols de bas de pente a été entreprise sur le Bassin Représentatif de la Tafaina.

En règle générale, ces mesures demandent à être faites pendant la période de sécheresse pour que le profil initial soit très proche du profil avoisinant le point de flétrissement et pour que les mesures de ressuyage ne soient pas perturbées par un apport pluviométrique supplémentaire. Dans le cas présent, les travaux ont été effectués du 1er au 8 Octobre 1968, 21 jours après une pluie de 3,4 mm et alors que le total pluviométrique des deux mois précédents était de 9,9 mm .

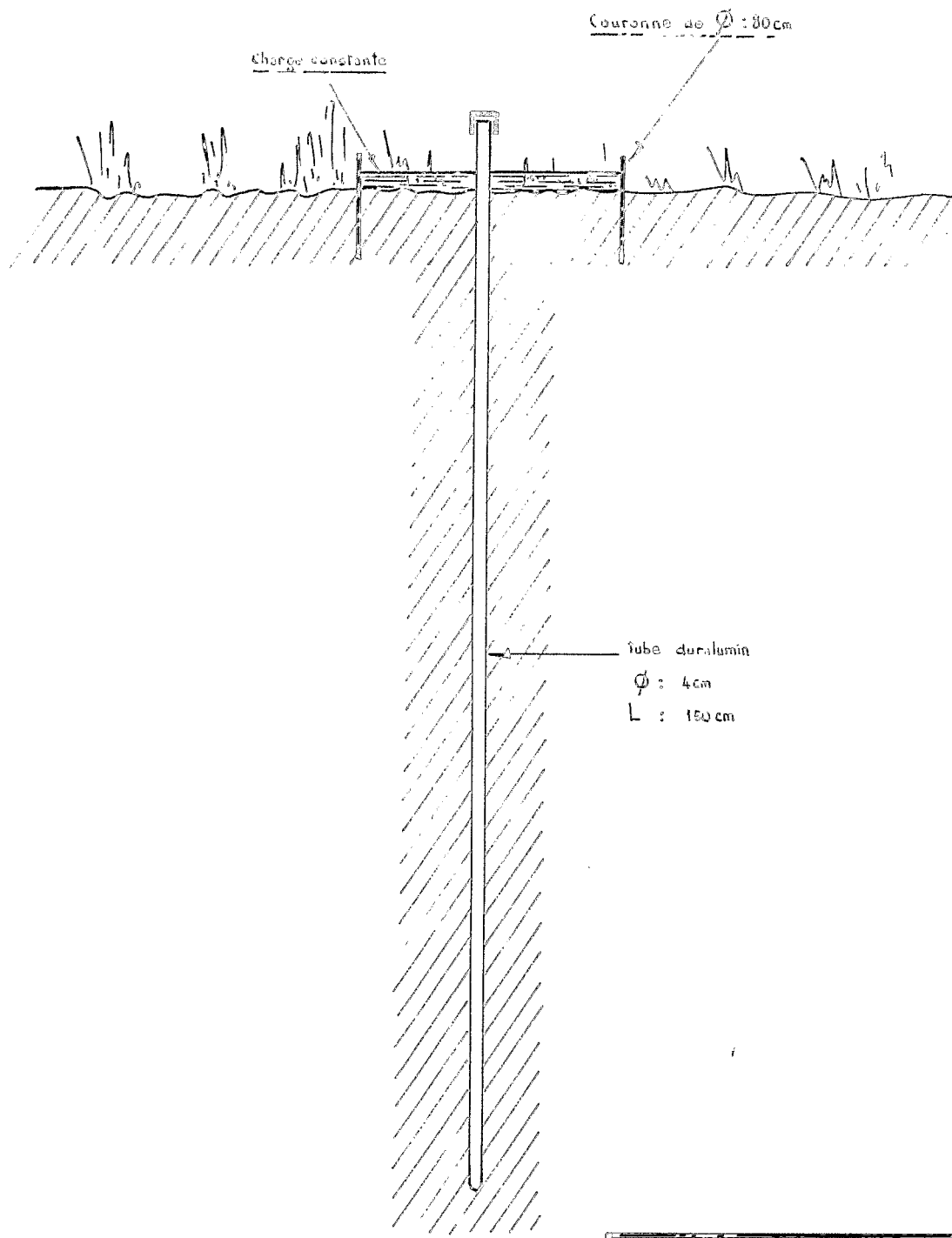
#### I/- INSTALLATIONS UTILISEES.-

Le matériel utilisé et la mise en place du dispositif de mesure sont très simples. Pour chaque sol, dont on veut étudier les caractéristiques il faut installer un tube de 1,5 m à 2 m de profondeur entouré d'une couronne de 0,8 m à 1 m de diamètre (voir graph.1). Une abondante provision d'eau est nécessaire pour maintenir l'eau dans la couronne à un niveau constant pendant les mesures d'infiltration. La charge sera de l'ordre de 5 cm et maintenue, soit à l'aide des dispositifs classiques, soit par un employé consciencieux qui ajoutera de l'eau au fur et à mesure des besoins.

Les tubes de mesure demandent à être mis en place longtemps à l'avance pour éliminer toute infiltration préférentielle le long du tubage. Ainsi, pour la TAFAINA, ils ont été installés une année à l'avance. Deux tubes ont été utilisés:

- tube Nord, de 2 m de profondeur, caractérisant la parcelle N° 2 à forte pente - Sol colluvial très hétérogène avec nombreux galets de quartz.

- tube Sud, de 1,6 m de profondeur, caractérisant la parcelle N° 1 à faible pente - Sol colluvial épais, de granulométrie plus fine et plus homogène que le précédent.



Dispositif utilisé pour les mesures de cinétique de l'infiltration et du ressuyage

Les couronnes employées étaient en polyéthylène et avaient un diamètre de 0,8 m - D'une hauteur totale de 0,6 m, elles étaient enfoncées dans le sol de 0,4 m pour limiter les fuites latérales lors de la mise en eau.

II/- CINETIQUE DE L'INFILTRATION SOUS CHARGE CONSTANTE.-

L'opération consiste à suivre l'évolution d'un profil sec après mise en eau et maintenance d'une charge constante au-dessus des points de mesures (graph.2 et 3). Des profils successifs, on peut tirer des renseignements sur les quantités d'eau infiltrées, la progression du front humide et les vitesses d'infiltration.

II<sub>1</sub> - QUANTITES D'EAU INFILTREES - POTENTIALITE D'INFILTRATION.-

On trouvera en annexes les tableaux donnant les mesures brutes (en impulsions/secondes) faites sur le terrain. De ces mesures, on peut tirer, par différence entre deux profils successifs, la quantité d'eau infiltrée pendant le temps séparant ces deux profils :

$$x = \frac{\sum_2 - \sum_1}{a}$$

x = la quantité d'eau infiltrée en mm

$\sum_2 - \sum_1$  = la différence entre les profil final et initial en impulsions/seconde.

a = est la pente de la courbe d'étalonnage du sol en impulsion/seconde point de Hv

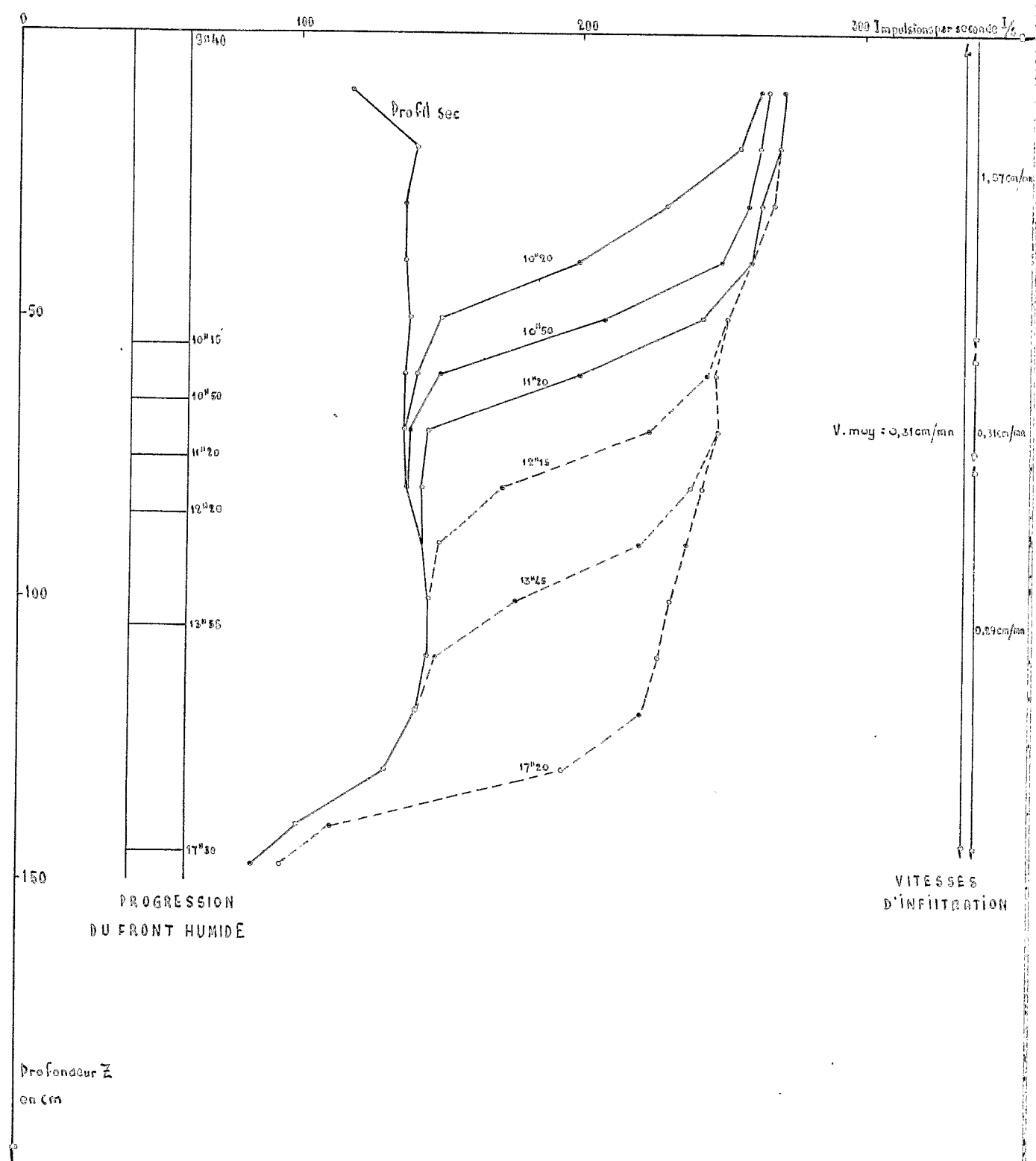
Par exemple pour la TAFAINA : Hv = 22,1 R - 2,65

a = 150 (150 est la mesure étui généré-  
22,1 ralement observé\*)

a = 6,8

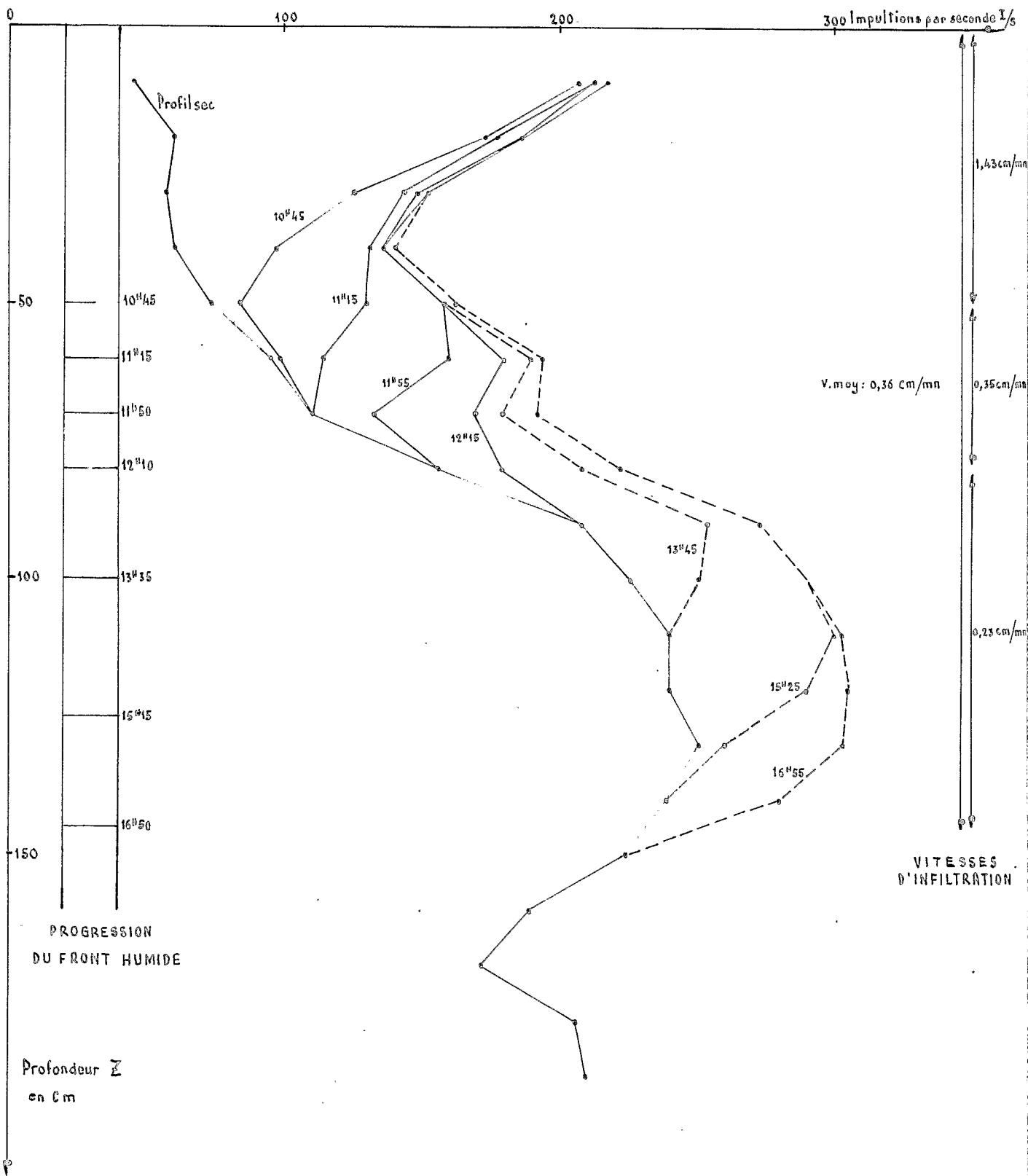
# CINETIQUE DE L'INFILTRATION SOUS CHARGE CONSTANTE

## TUBE SUD-PARCELLE A FAIBLE PENTE



# CINETIQUE DE L'INFILTRATION SOUS CHARGE CONSTANTE

## TUBE NORD-PARCELLE FORTE PENTE



On trouvera ci-après un tableau donnant les résultats des mesures effectuées sur les deux tubages et le gain en mm d'eau entre différents profils.

PROFIL NORD - MISE EN EAU à 10 h,10							PROFIL SUD - MISE EN EAU à 9 h,40						
Heure	Profondeur du Front en cm	$\Sigma$ 1	$\Sigma$ 2	$\Delta$	Gain par-tiel en mm	Gain total en mm	Heure	Profondeur du Front en cm	$\Sigma$ 1	$\Sigma$ 2	$\Delta$	Gain par-tiel en mm	Gain total en mm
	Sec.	295						Sec.	672				
10 <sup>H</sup> ,45	50	295	686	391	57,5	57,5	10 <sup>H</sup> ,20	55	672	1089	417	61,3	61,3
11 <sup>H</sup> ,15	60	390	907	517	18,5	76,0	10 <sup>H</sup> ,50	65	809	1395	586	24,8	86,1
11 <sup>H</sup> ,55	70	500	1133	633	17,0	93,0	11 <sup>H</sup> ,20	75	946	1653	707	17,8	103,9
12 <sup>H</sup> ,15	80	656	1376	720	12,8	105,8	12 <sup>H</sup> ,15	85	1084	1961	877	25,0	128,9
13 <sup>H</sup> ,45	100	1090	1933	843	18,1	123,9	13 <sup>H</sup> ,45	105	1374	2453	1079	29,7	158,6
15 <sup>H</sup> ,25	125	1570	2618	1048	30,2	154,1		115	1520	2764	1244	24,3	182,9
	135	1820	2938	1118	10,3	164,4							



Ces résultats peuvent être traduits en potentialité d'infiltration, c'est-à-dire en quantité d'eau maximale infiltrable en fonction du temps (assimilable à la capacité d'absorption), voir graphique 4. Cette notion peut être intéressante pour l'hydrologue puisque toute intensité pluviométrique supérieure à cette potentialité doit ruisseler.

On trouvera également, au graphique 5, une comparaison entre l'infiltration et la progression du front d'humidité.

## II<sub>2</sub> - PROGRESSION DU FRONT HUMIDE - VITESSES D'INFILTRATION.

Cette progression en fonction du temps est figurée, pour les tubages Nord et Sud, sur le Graphique 6. La visualisation du pluviomètre est excellente sur les graphiques 2 et 3 ainsi que sur la première partie des graphiques 7 et 8, ces derniers indiquant à la fois la profondeur atteinte par le front et la quantité d'eau infiltrée en mm.

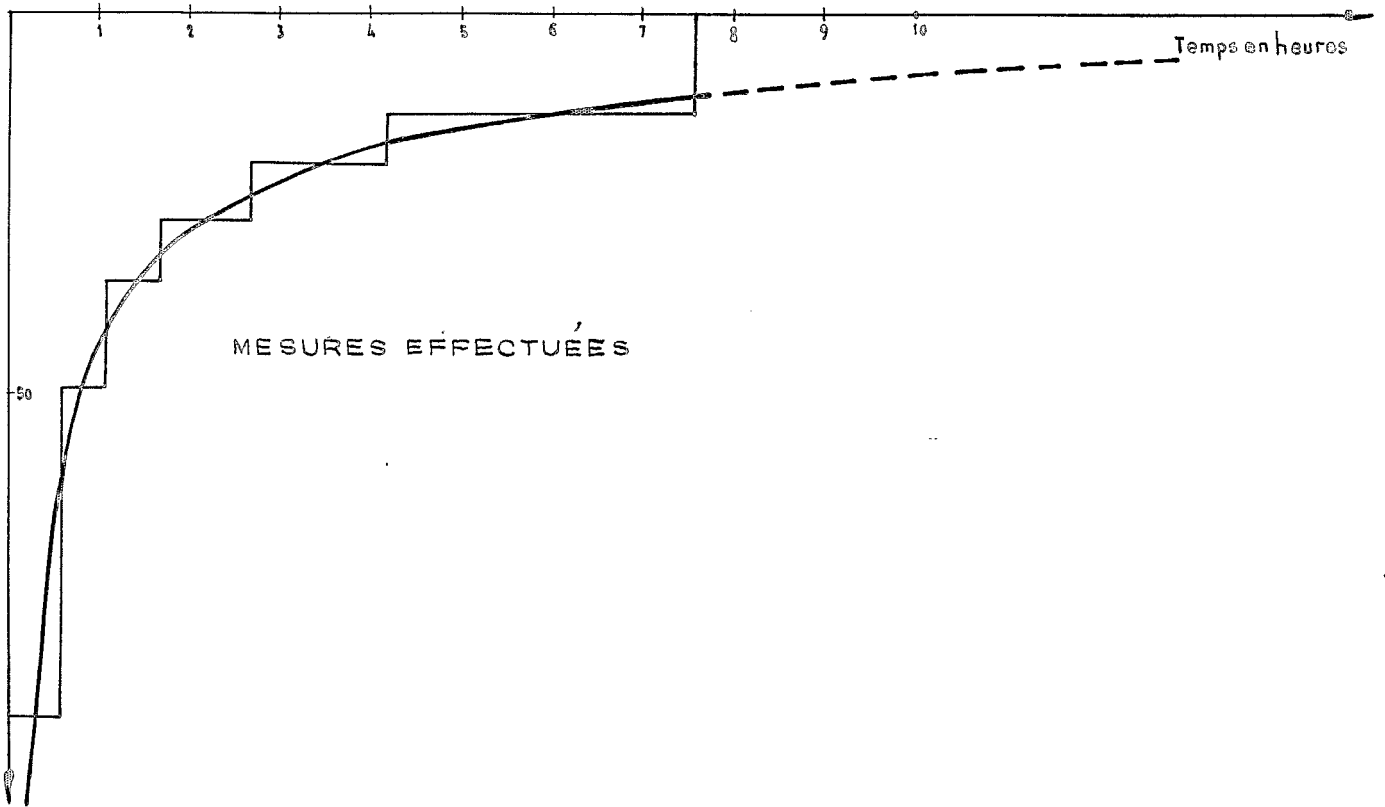
A partir de cela le calcul des vitesses d'infiltration est aisé (voir graph. 9). Ces vitesses sont très voisines pour les différents horizons et les moyennes très comparables, de l'ordre de 20 cm/heure : 21,6 cm/h pour le tube Nord et 18,6 cm/h pour le tube Sud, entre 0 et 150 cm de profondeur.

## III/- CINETIQUE DU RESSUYAGE.

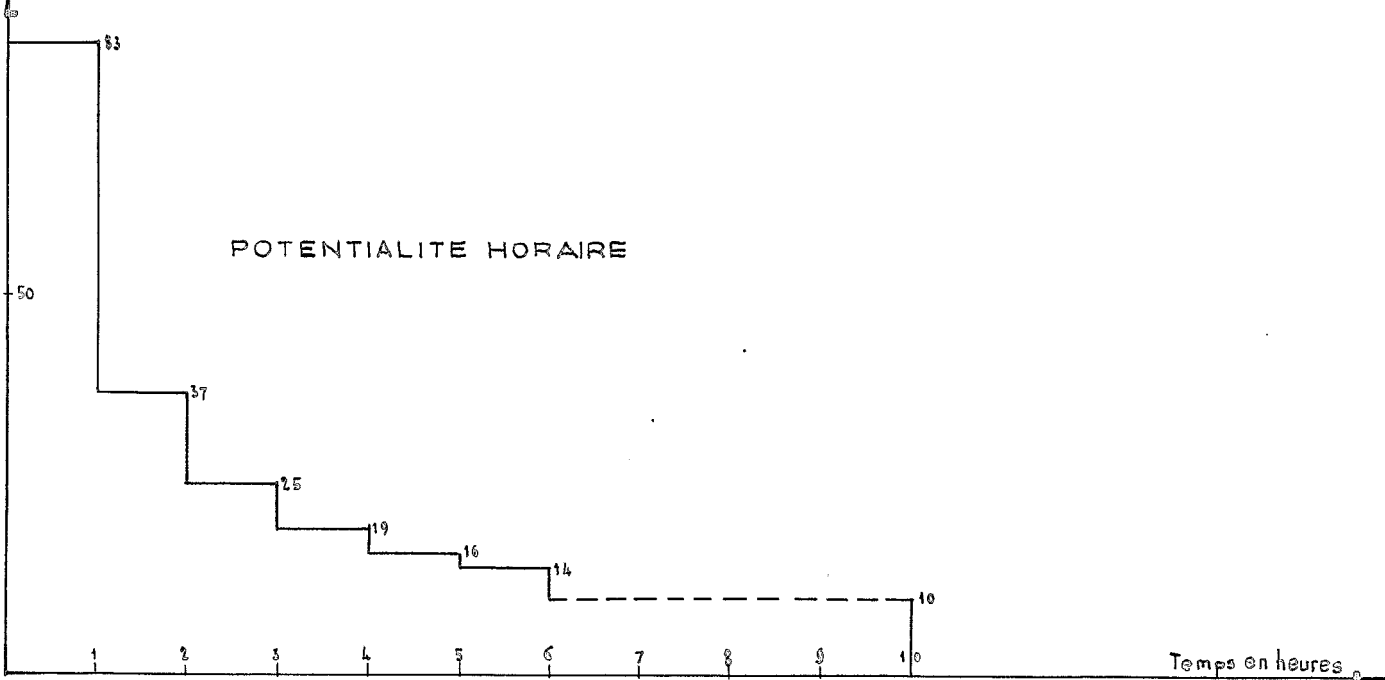
Après les mesures de cinétique d'infiltration, on pose sur la couronne un film plastique, de façon à éviter le maximum de pertes par évapotranspiration. On exécute ensuite des profils qui, dans la mesure du possible, seront espacés comme suit : 12 heures après, 24 heures après, 2 jours après, 4 jours après, 8 jours après et 16 jours après.

# POTENTIALITE D'INFILTRATION SOUS CHARGE CONSTANTE

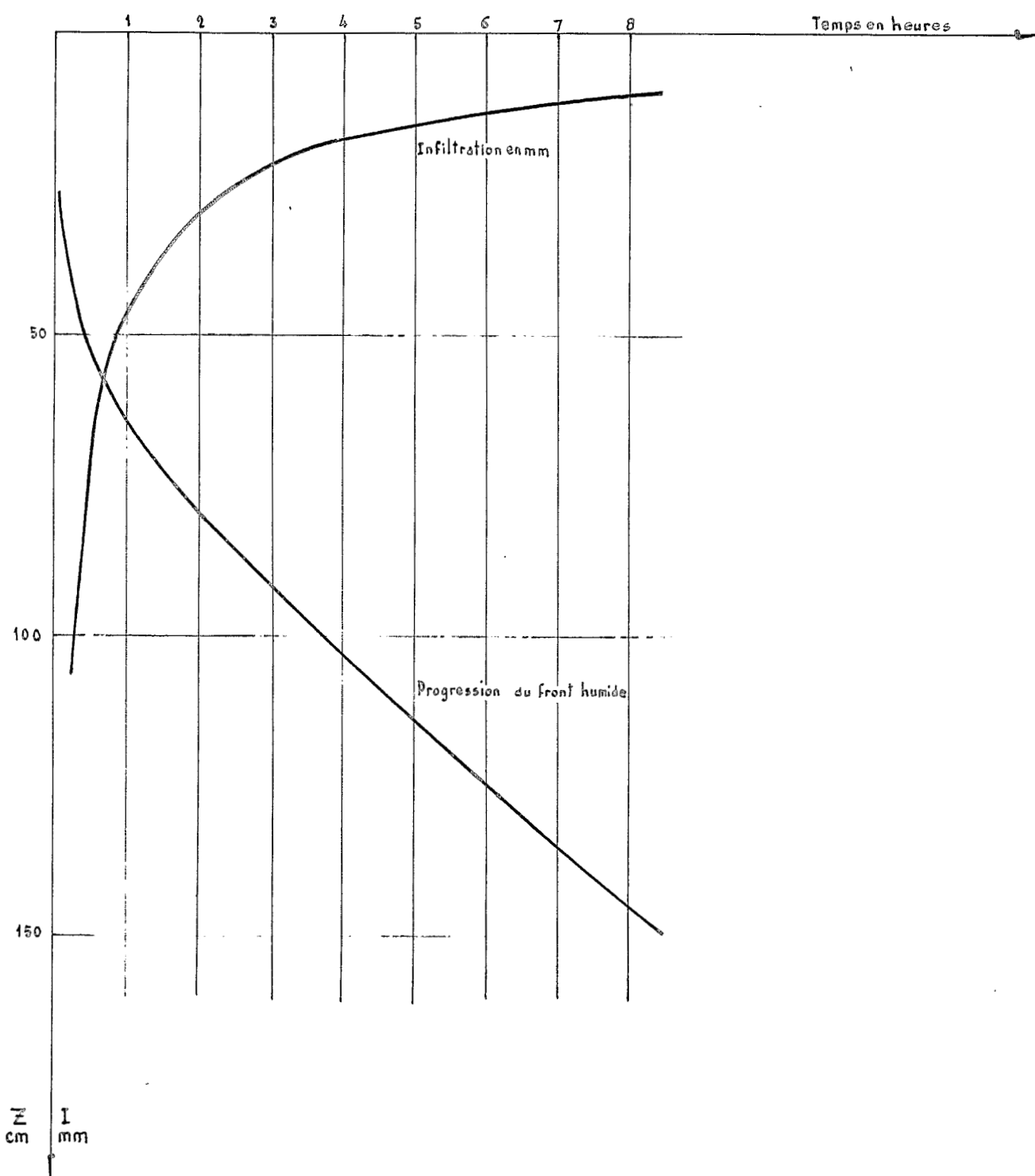
TUBE SUD



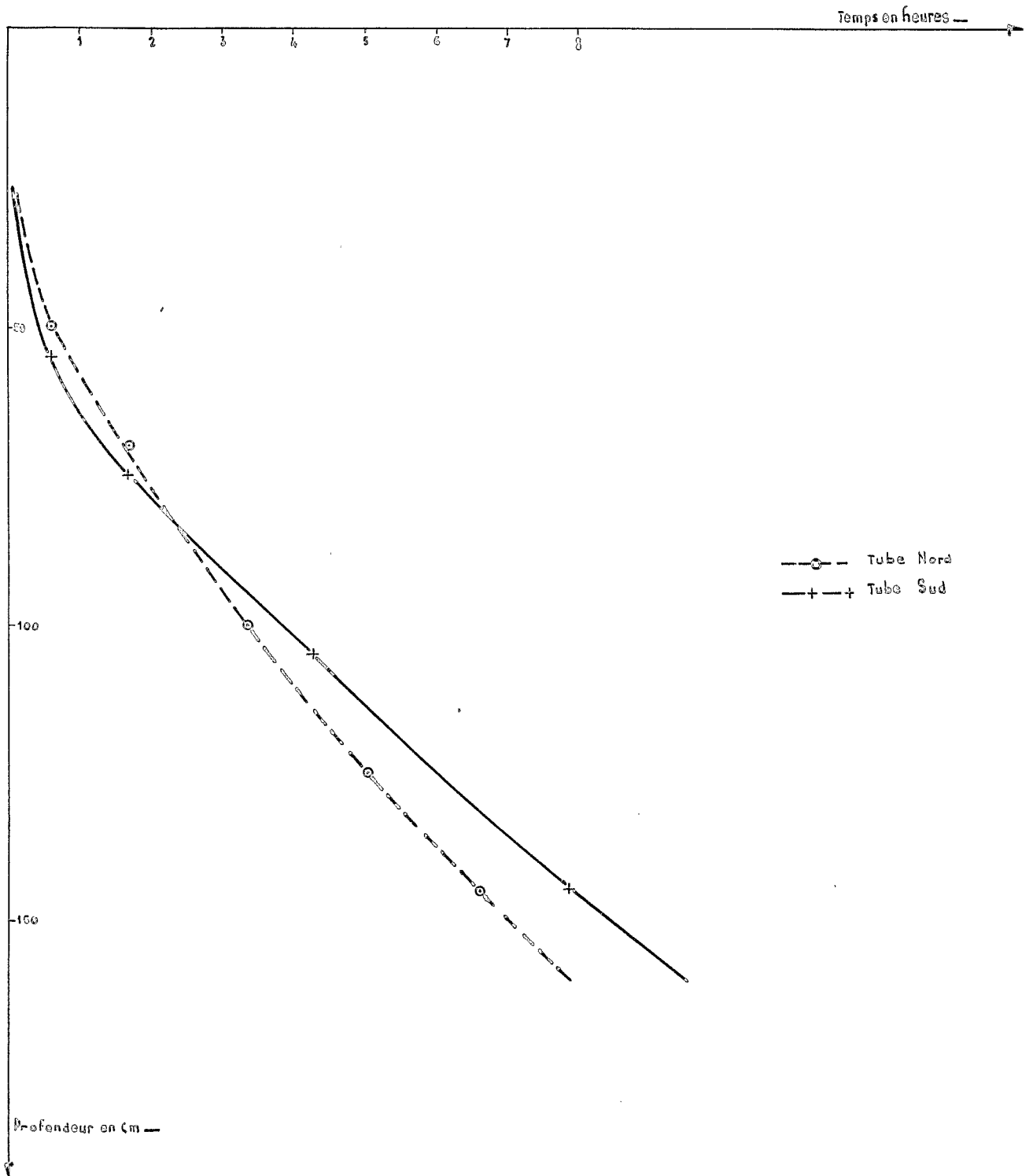
Infiltration en mm/h



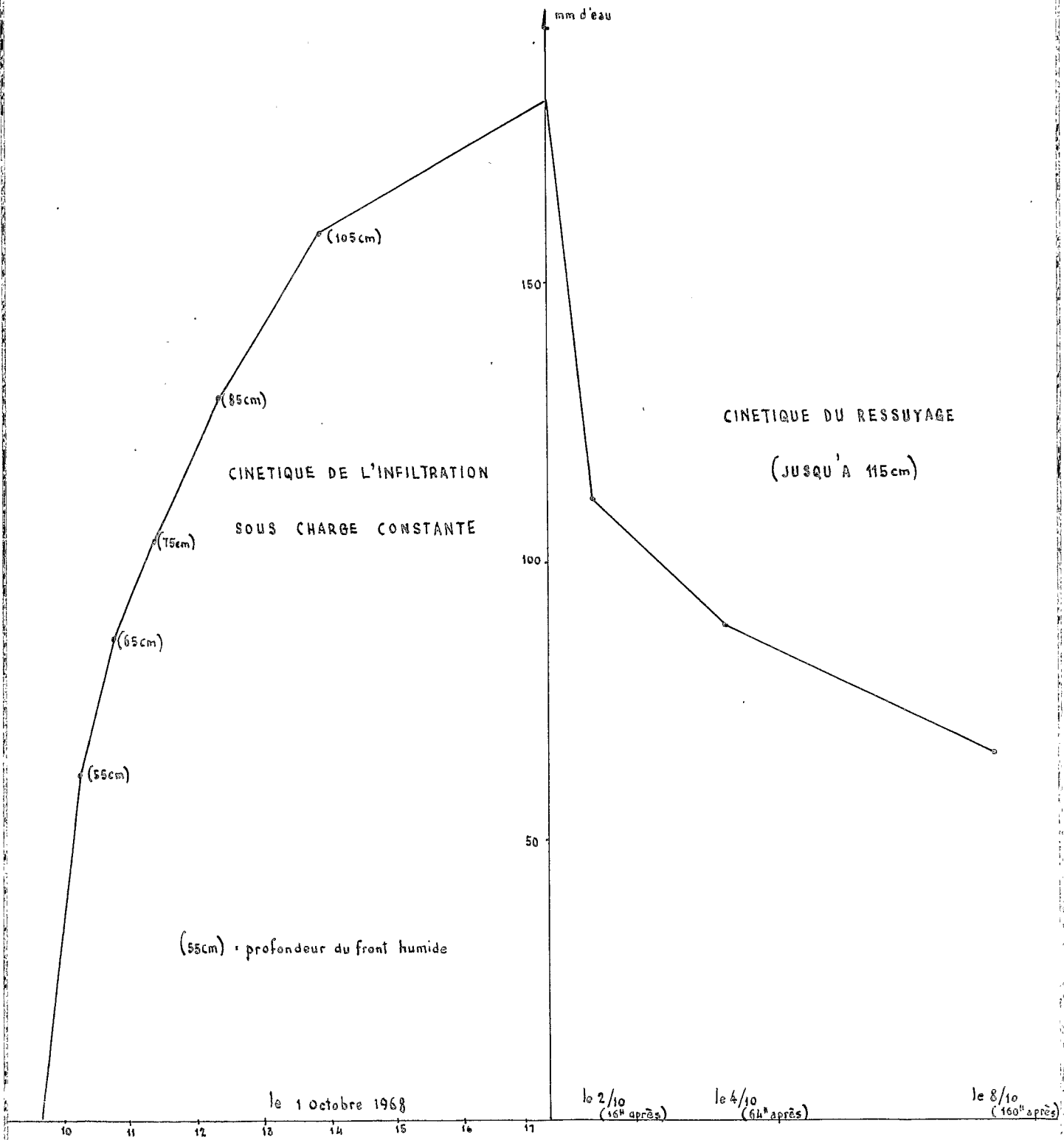
# COMPARAISON ENTRE L'INFILTRATION ET LA PROGRESSION DU FRONT D'HUMIDITE TUBE SUD



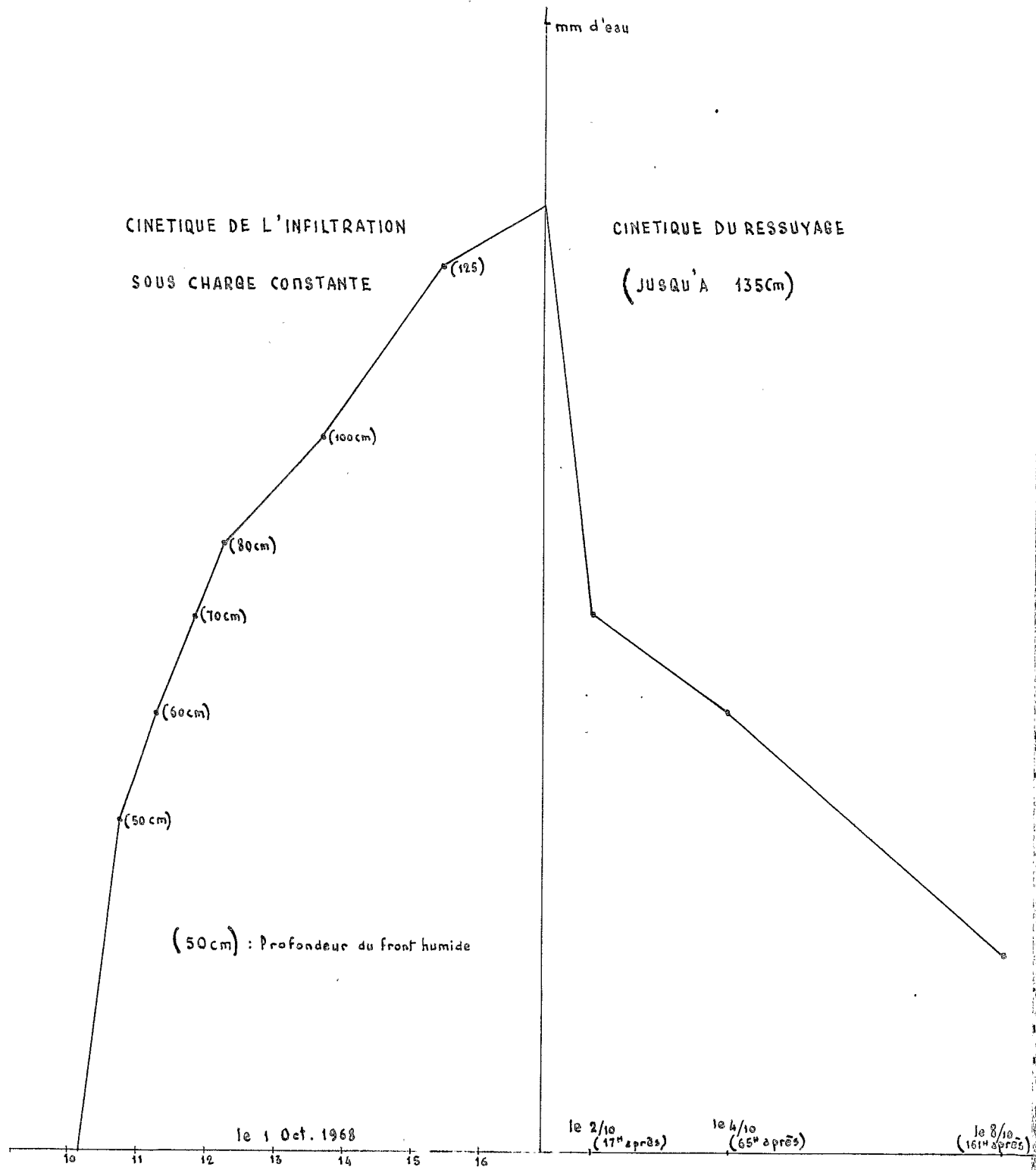
# PROGRESSION DU FRONT D'HUMIDITE



# TUBE SUD - PARCELLE A FAIBLE PENTE



# TUBE NORD - PARCELLE A FORTE PENTE





Ces profils nous permettront de connaître les caractéristiques suivantes:

- perte totale en eau d'un profil en fonction du temps,
- séparation de la cinétique rapide et de la cinétique lente au cours du ressuyage et détermination de la capacité au champ.

La deuxième partie des graphiques 7 et 8 indique la perte d'eau par ressuyage entre les différents profils qui sont représentés sur les graphiques 10 et 11.

### III, - PERTES D'EAU PAR RESSUYAGE.-

La limite d'exploitation des mesures est liée à la saturation des différents horizons. C'est ainsi qu'on estime la saturation atteinte à 130 cm pour le tube Nord et à 110 cm pour le tube Sud. Le dépouillement des données brutes se fait de la même manière que pour la cinétique d'infiltration.

	P E R T E S		
TUBAGE	16 H après	64 H après	160 H après
Tube Nord (130 cm)	482 i/s soit 70,8 mm	596 i/s soit 87,6 mm	886 i/s soit 130,2 mm
Tube Sud (110 cm)	487 i/s soit 71,6 mm	643 i/s soit 94,5 mm	801 i/s soit 117,7 mm

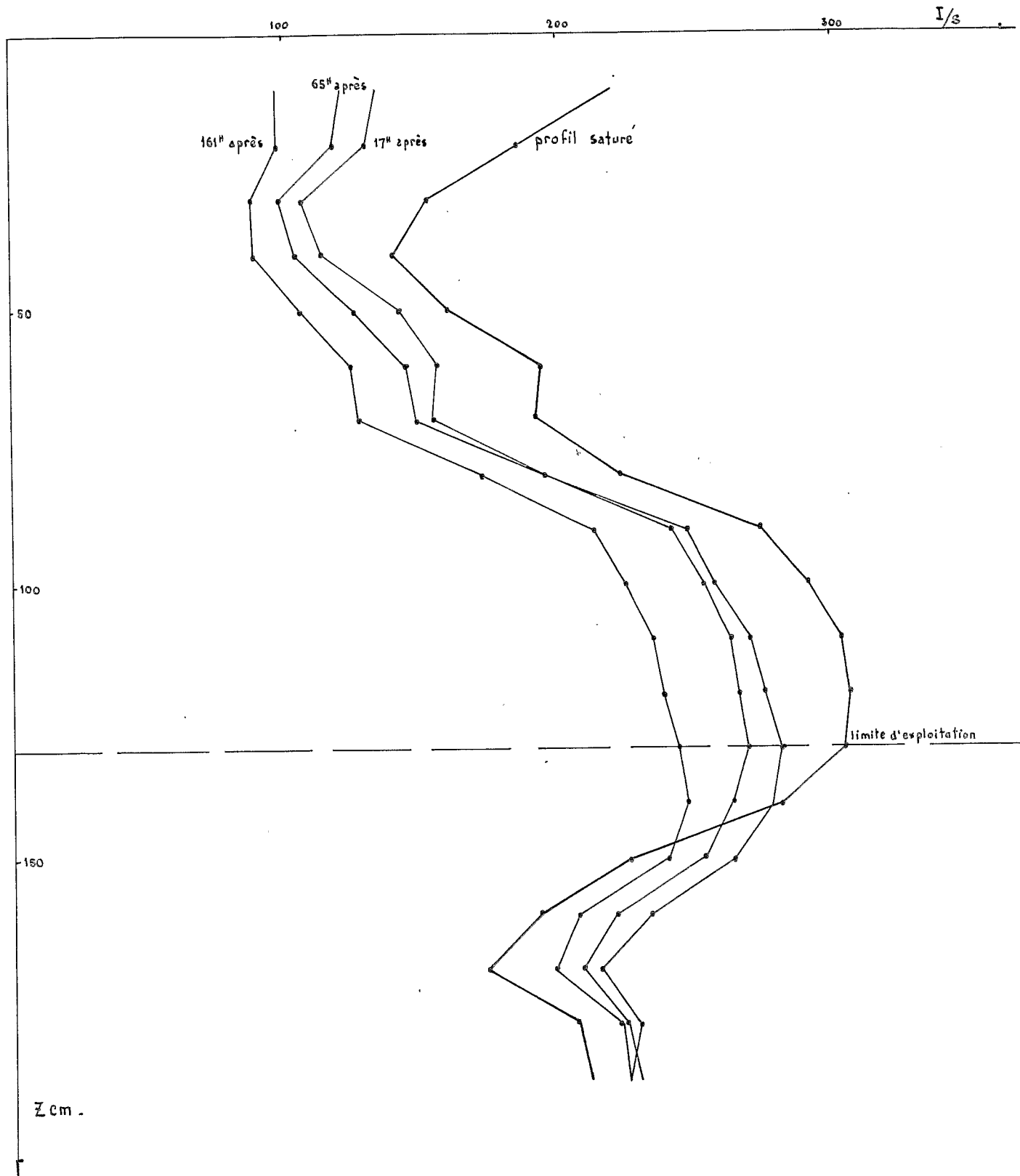
Nous n'avons malheureusement pas pu faire de mesures 16 jours après, une pluie de 38 mm venant perturber le ressuyage. Cependant les résultats obtenus nous paraissent déjà très positifs puisqu'on peut chiffrer les pertes à partir d'un profil saturé à l'origine (voir Graph. 12). Il est également intéressant de noter que,

.../...



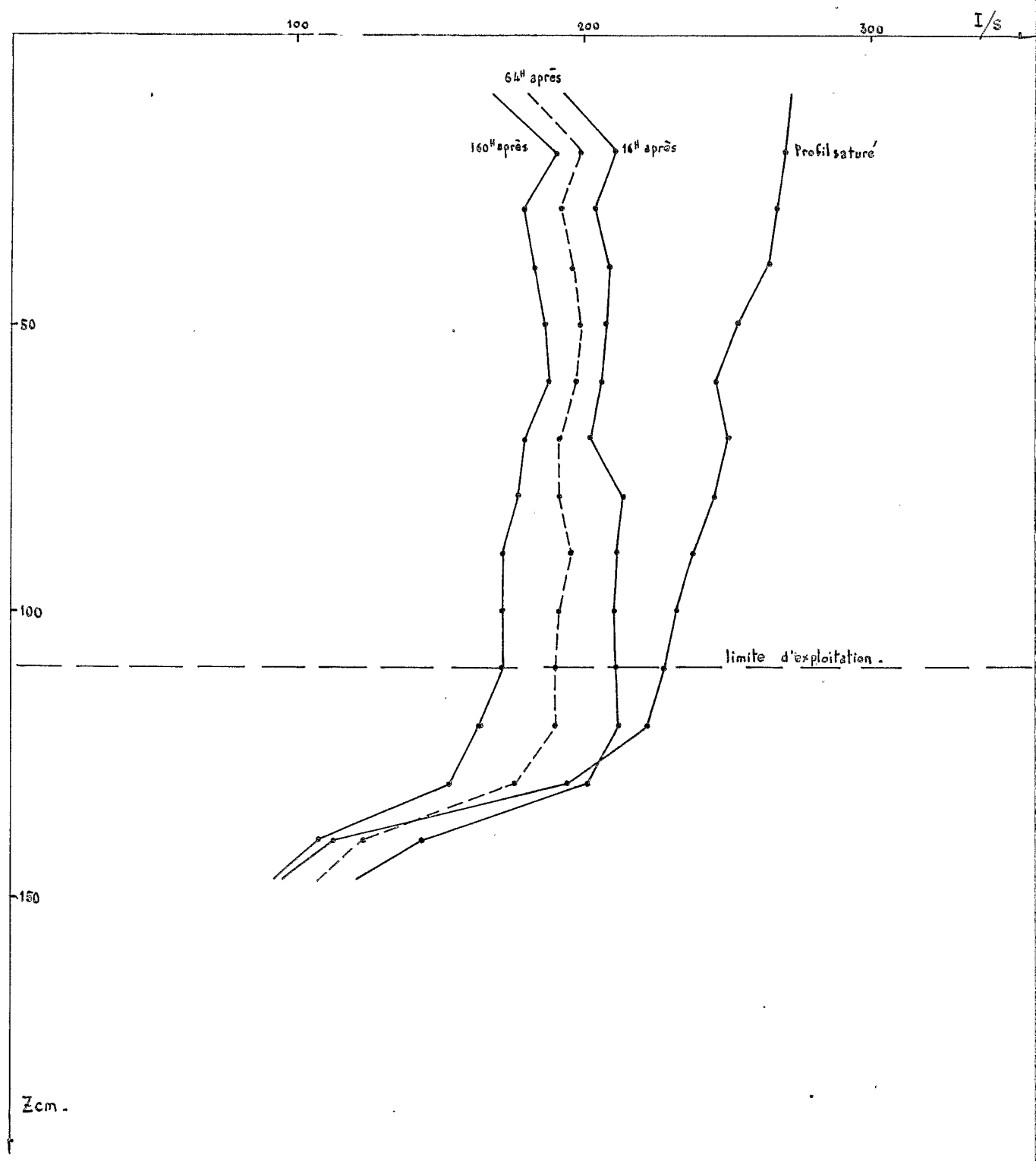
# CINETIQUE DU RESSUYAGE

## TUBE NORD - PARCELLE A FORTE PENTE



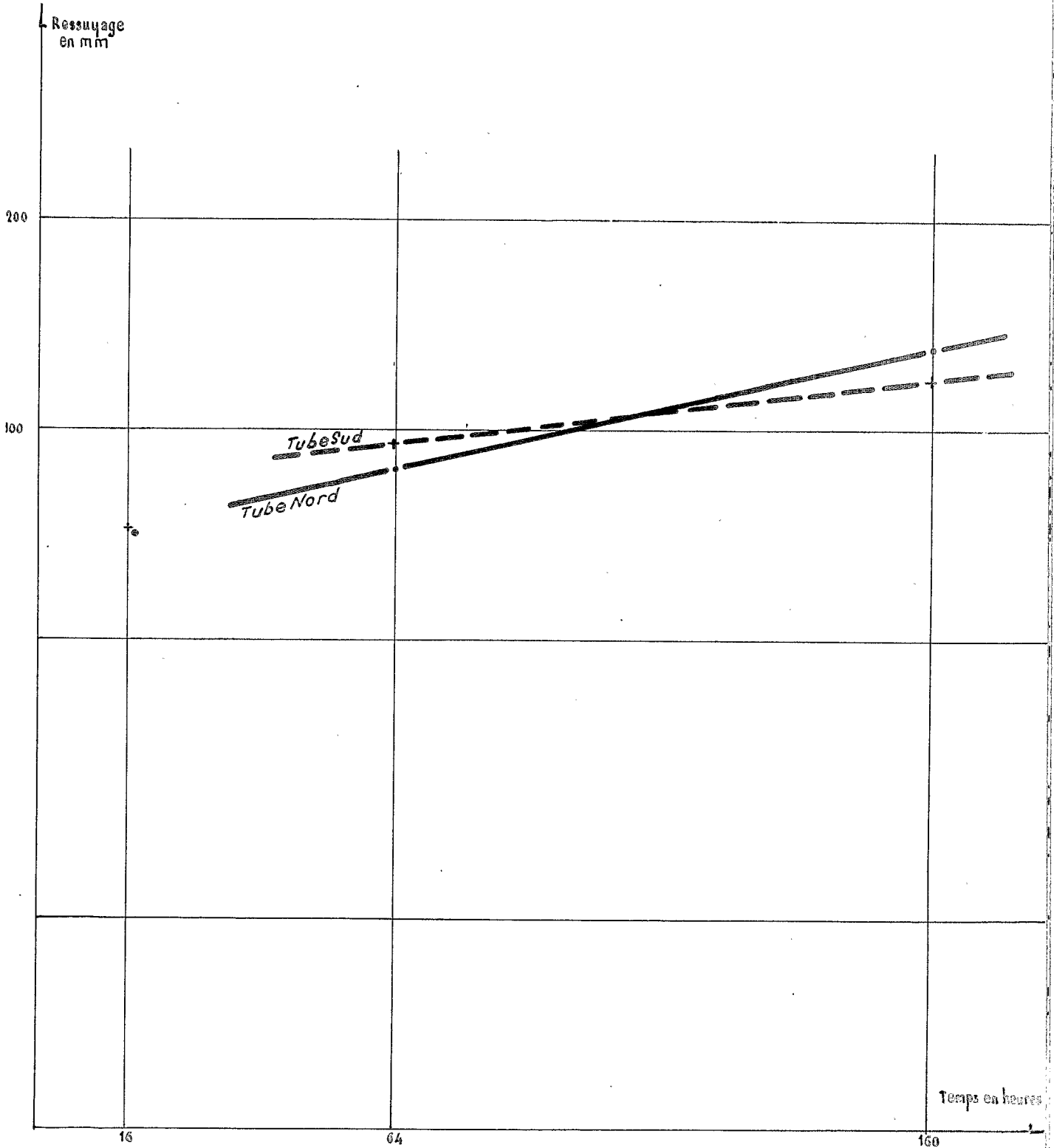
# CINETIQUE DU RESSUYAGE

## TUBE SUD-PARCELLE A FAIBLE PENTE



# B.V TAFAINA

## PERTES PAR RESSUYAGE



contrairement à l'infiltration, le ressuyage s'effectue parallèlement au profil de départ, les pertes en eau étant sensiblement égales en tous les points du profil.

III<sub>2</sub> - DETERMINATION DE LA CAPACITE AU CHAMP.-

Cette détermination peut se faire graphiquement en reportant sur un diagramme sémi-logarithmique les diverses valeurs obtenues pour un point de mesure au cours du ressuyage. C'est ce qui est représenté sur le graphique 13. La capacité de rétention est, au tube Sud et pour tous les points situés entre 0 et 40 cm, atteinte au bout de 18 heures environ et a les valeurs suivantes :

Z cm	i/s	Valeur étui	R	R corrigé	Hv %
10	186	153	1,215	1,337	26,9
20	205	153	1,339		26,9
30	200	153	1,307		26,3
40	205	153	1,339		26,9

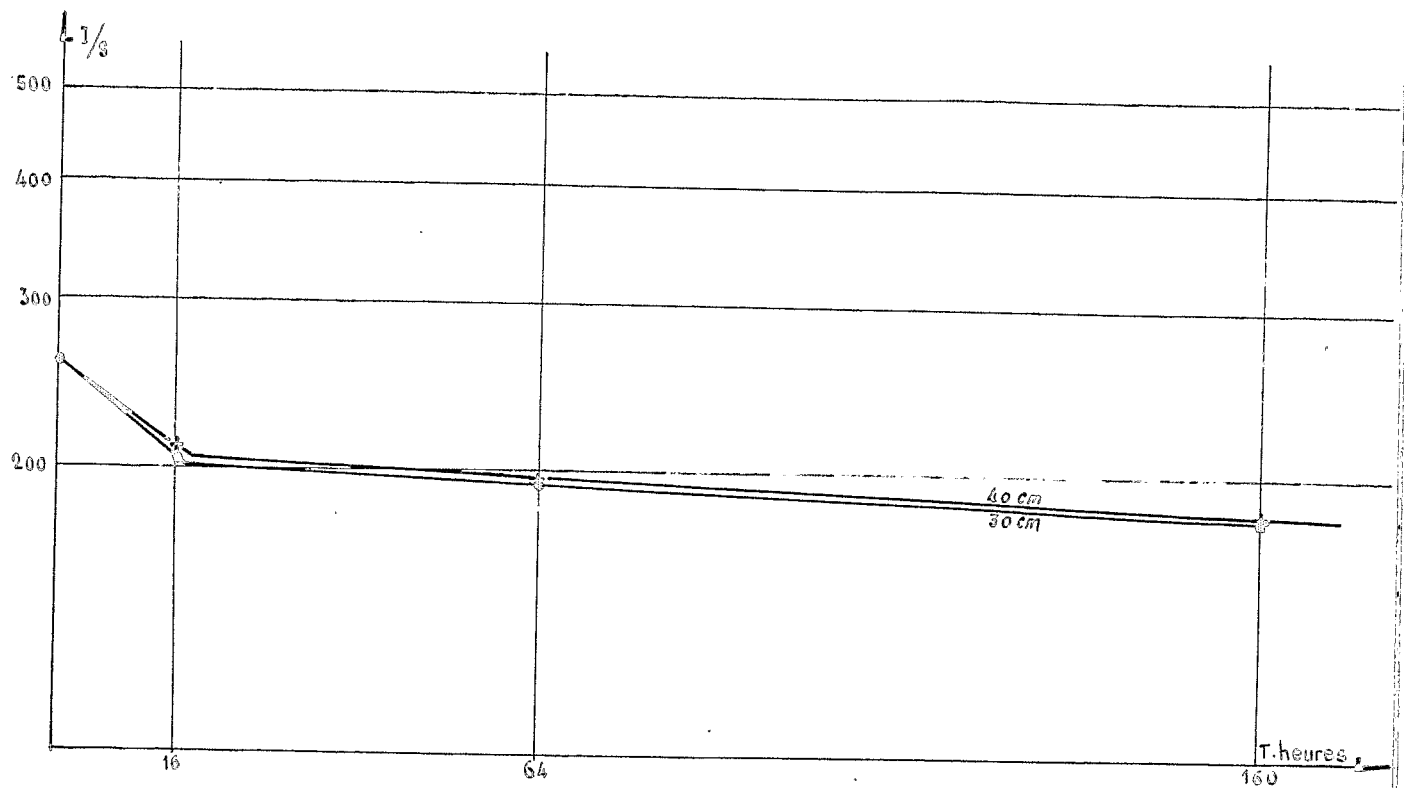
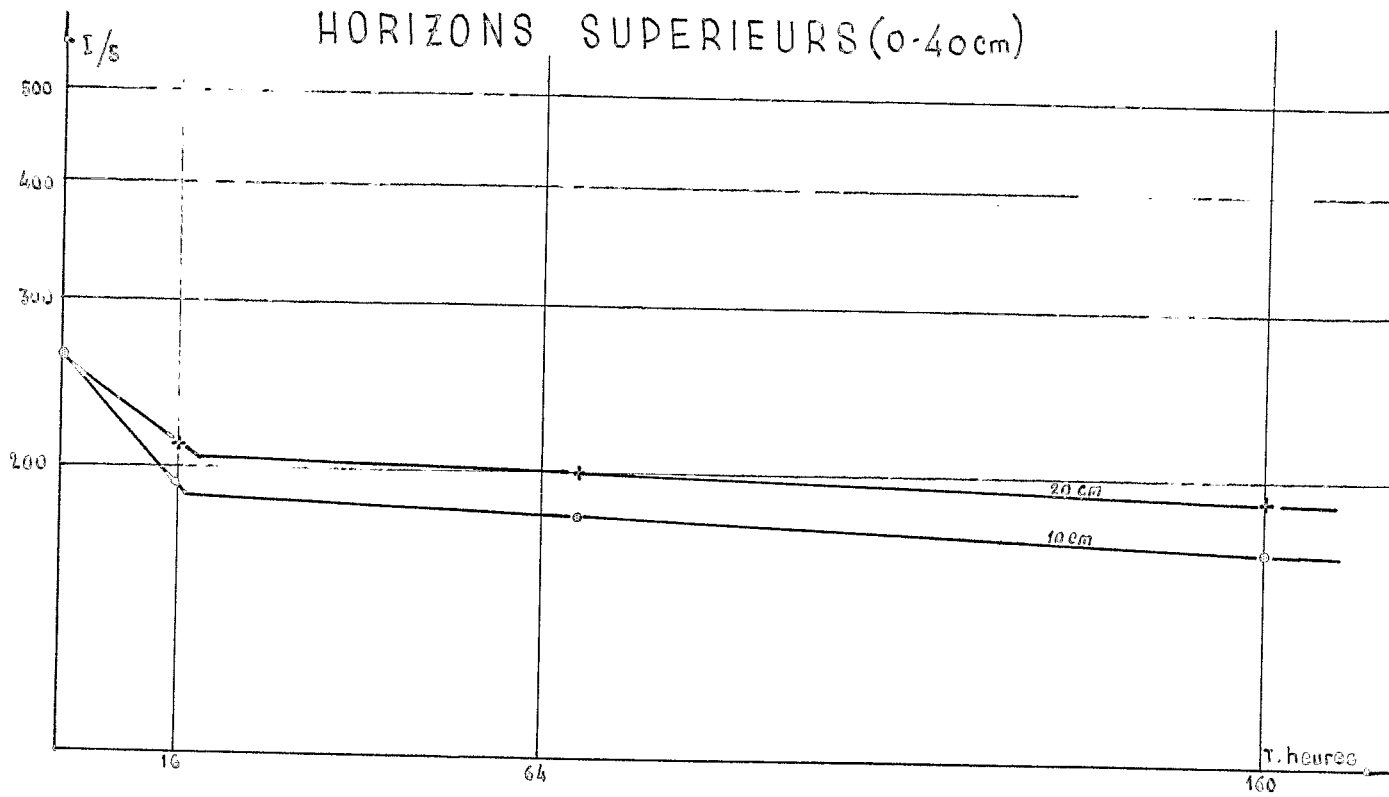
Le calcul a également été fait globalement pour les cinquante premiers centimètres, horizon directement relié à l'évapotranspiration puisque c'est la limite de pénétration des racines des graminées caractéristiques de la végétation du bassin (voir graph.14). La capacité au champ est atteinte pour les deux tubages, au bout de 18 heures mais sa valeur est différente, de l'ordre de 27 % pour la parcelle à faible pente et de l'ordre de 16 % pour la parcelle à forte pente (en supposant une courbe d'échelonnage identique)

IV/- CONCLUSION.-

Nous pensons que cette manipulation simple et rapide est un complément indispensable à une campagne de mesures à l'humidimètre à neutrons. Elle permet de connaître certaines caractéristiques très importantes du sol en place, caractéristiques qui pourraient, dans un avenir plus ou moins proche, permettre une classification hydrologique des sols de surface qui sont un des paramètres principaux du ruissellement.

B.V. TAFAINA TUBE SUD  
 ATTEINTE DE LA CAPACITE AU CHAMP  
 HORIZONS SUPERIEURS (0-40cm)

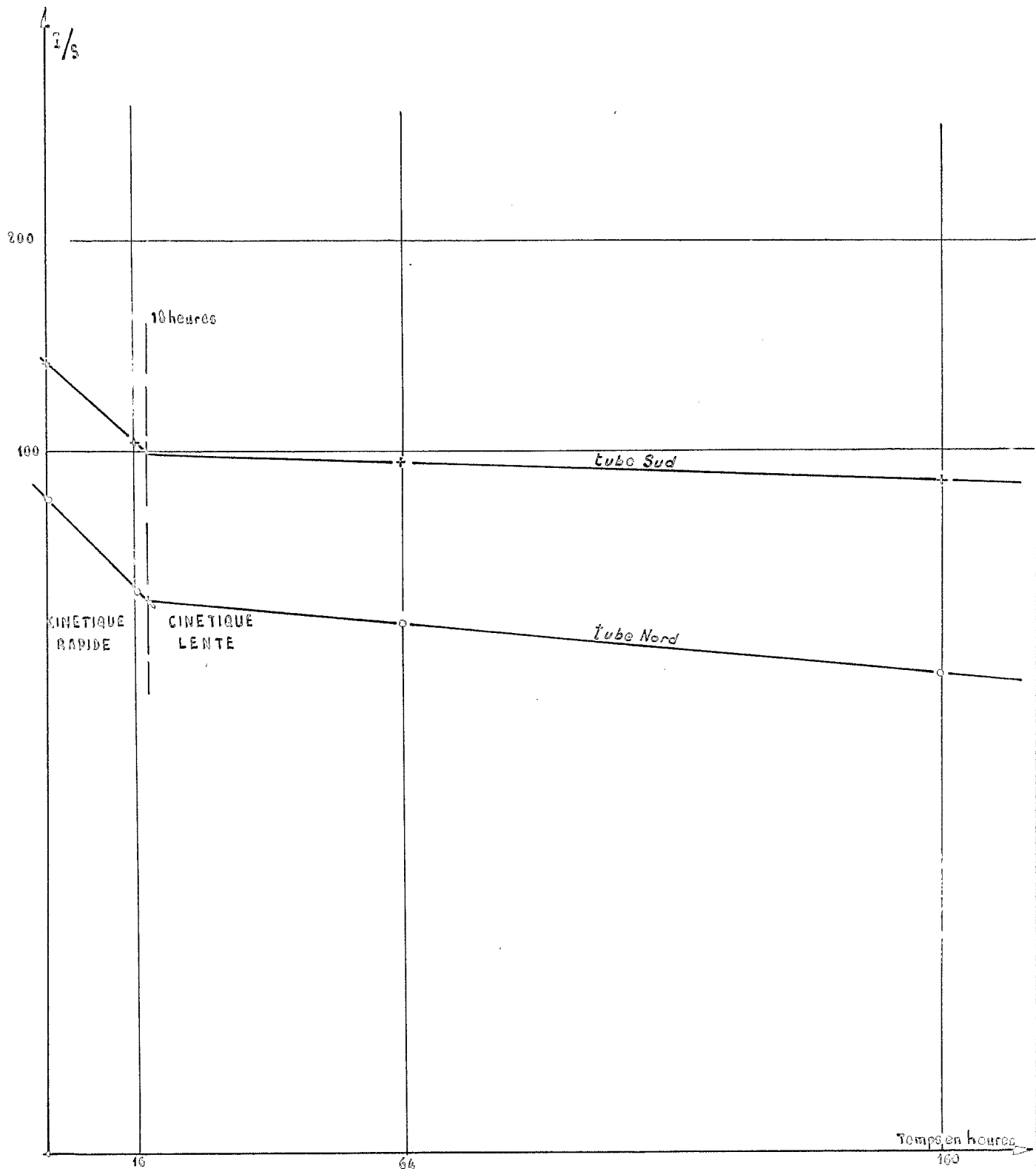
613



# B.V TAFAINA

## ATTEINTE DE LA CAPACITE AU CHAMP APRES SATURATION

50 PREMIERS CENTIMETRES



BASSIN VERSANT DE LA TAFAINA  
 TUBE SUD (parcelle faible pente)

A N N E X E I

MESURES BRUTES

CINETIQUE DE L'INFILTRATION (mise en eau à 9 h,40)								CINETIQUE DU RESSUYAGE !		
Z en cm	le 1/10! 8 h,40! Profil sec	le 1/10! 10 h,05!	le 1/10! 10 h,35!	le 1/10! 11 h,05!	le 1/10! 12 h,00!	le 1/10! 13 h,30!	le 1/10! 17 h,00!	le 2/10! 9 h,30!	le 4/10! 9 h,30!	le 8/10! 9 h,30!
Surface!										
10	118	263	265	271	271	270	272	192	180	168
20	141	256	263	270	269	269	270	211	199	190
30	137	230	259	264	268	267	267	204	192	179
40	137	190	250	260	260	262	264	209	196	182
50	139	150	208	243	252	252	254	208	199	186
60	137	142	150	199	245	247	246	206	197	187
70	137	138	139	146	224	249	250	202	191	179
80	138	137	138	144	172	239	243	213	191	177
90	144	144	144	144	150	221	238	211	195	171
100	146	145	148	148	147	177	232	210	191	172
110	146	146	146	146	147	149	228	211	190	172
120	142	142	142			141	222	212	190	163
130	131	132	132				194	201	176	153
140	100	100	99				112	143	122	107
147	84	85	84				94	120	107	92
	9 h,15!	10 h,35!	11 h,05!	11 h,30!	12 h,30!	14 h,00!	17 h,40!	10 h,10!	10 h,10!	10 h,10!

.../...

TUBE NORD (Parcelle forte pente)

A N N E X E II

MESURES BRUTES

CINETIQUE DE L' INFILTRATION (mise en eau 10 h,10)										CINETIQUE DE RESSUYAGE!		
le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 1/10!	le 2/10!	le 4/10!	le 8/10!
Profil 10 h,36!	11 h,06!	11 h,40!	12 h,05!	13 h,28!	15 h,05!	16 h,45!	10 h,15!	10 h,15!	10 h,00!			
sec												
Sur-												
face!												
10	45	207	213	213	(215)	(218)	220			134	121	97
20	60	173	176	186	(185)	(185)	185			130	118	98
30	57	125	143	148	152	152	152			107	98	88
40	60	97	131	136	137	137	140			114	104	89
50	73	84	130	158	159	159	160			142	125	106
60	95	98	114	160	180	190	194			155	144	124
70	110	110	109	132	169	179	192			154	148	127
80	156	154	152	155	179	208	222			195	195	172
90	208			208	208	254	273	273		246	241	213
100	226			225		251	290	290		256	253	224
110	240					240	300	302		269	262	234
120	240					240	290	305		274	265	237
130	250					251	260	303		280	268	243
140	239					240	240	280		277	262	246
150	224						225	225		263	252	239
160	189						190	192		233	220	206
170	172									214	208	197
180	206									228	224	222
190	210									224	228	224
		10 h,55!	11 h,24!	12 h,05!	12 h,20!	13 h,55!	15 h,40!	17 h,05!		11 h,15!	11 h,15!	11 h,00!