



MICROFICHE N°

50676

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

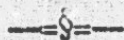
TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 1

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU



PRESENTATION DES RESULTATS DES PREMIERES MESURES
SUR LA CITERNE DE RUISSELLEMENT N° I
PISTE DE LA TRAPSA
(Avril 1969 à Décembre 1970)

Juin 1971

J. CLAUDE : Hydrologues

J.M. FRITSCH: O.R.S.T.O.M.

R. PONTANIER: Pédologue
C.R.S.T.O.M.

E R R A T A
- - - - -

Page 2 : 3em alinéa 4^e ligne lire "fragmentaires" au lieu de "parcellaires"

8em ligne lire " in situ" au lieu de "insitu."

Après page 7 : Légende de la carte

lire "sous-groupe" au lieu de "sous groupement"

" "gangue" au lieu de "guangue"

Description P C T I 1 :

lire "Trame" au lieu de "traine"

Dossier de caractérisation pédologique:

Végétation

lire "Brévifolium" au lieu de "Brevif"

" "Serratuloïdes" au lieu de "Senalutoïdes"

Extension et relation avec les sols voisins :

lire "Gypseux" au lieu de "calcaire"

Fiche analytique

lire "Gypse" au lieu de phosphore acid^e citrique

Page 16 : lire "épisode" au lieu de "épidore"

Page 17 : lire "soit" au lieu de "soir"

REPUBLIQUE TUNISIENNE
—§—
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
—§—

DIRECTION DES RESSOURCES
EN EAU ET EN SOL
—————

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU
—————

SERVICE HYDROLOGIQUE
—————

PRESENTATION DES RESULTATS DES
PREMIERES MESURES SUR LA CITERNE DE RUISSELLEMENT N° I -
PISTE DE LA TRAPSA

(Avril 1969 à Décembre 1970)

—§:§—

par

J. CLAUDE : Hydrologues ORSTOM

J.M FRITSCH :

R. PONTANIER : Pédologue ORSTOM

Avril 1971

S O M M A I R E

- - - - -

I - INTRODUCTION

II - LE MILIEU

1 - Le Climat

- 1-1 - La pluviométrie
- 1-2 - Les Températures
- 1-3 - Humidité évaporation
- 1-4 - Les vents

2 - Le milieu physique

- 2-1 - Morphologie du bassin versant
- 2-2 - Les sols

3 - Résumé

III - LA CITERNE : INSTALLATION ET MESURES

- 1 - Historique des installations
- 2 - Difficultés de fonctionnement

IV - RESULTATS DES MESURES

- 1 - Les pluies
- 2 - Le ruissellement
- 3 - Salinité - Transports solides
- 4 - Commentaires

V - CONCLUSION

I - INTRODUCTION

L'économie de l'eau est un problème fondamental du Sud Tunisien. La rétention et l'utilisation des eaux de ruissellement sont pratiquées depuis très longtemps pour les besoins domestiques en eau potable et pour les cultures en sec par le moyen de petits ouvrages d'hydraulique agricole.

Les citernes de ruissellement constituent un exemple type de ce genre d'ouvrages : un bassin de réception enterré et couvert est construit à l'exutoire d'un très petit thalweg et recueille les eaux ruisselées sur la surface du petit bassin versant ainsi délimité. Il nous a semblé intéressant de pouvoir étudier le fonctionnement de ces citernes qui en principe peuvent fonctionner comme des petites parcelles d'érosion. Il suffisait en effet de pouvoir contrôler les volumes d'eau pénétrant dans la citerne et de mesurer la pluie pour analyser le ruissellement sur une petite surface ; de plus le bac de décantation construit à l'entrée de la citerne devait retenir les matières solides transportées par l'eau et nous donner un ordre de grandeur des phénomènes d'érosion.

Initialement, il était prévu d'équiper trois de ces citernes avec un limnigraphe, un déversoir en cas de débordement, un pluviographe et 3 pluviomètres. Les difficultés rencontrées dont nous reparlerons plus loin, ont fait qu'une citerne a été équipée en Mars 1969 et que les résultats obtenus sont très parcellaires. Ils nous ont cependant permis de nous rendre compte que les premières mesures prévues étaient insuffisantes et qu'il faudrait pratiquement arriver à établir un bilan hydrique complet de ce petit bassin versant ce qui nécessitait :

- des mesures de perméabilité insitu - (Méthodes Porchet et Mantz) ;
- l'établissement de profils hydriques du sol à différentes époques ;
- des mesures d'évaporation et d'évapotranspiration.

Nous avons commencé ces mesures avec des moyens de fortune et notre méthodologie tâtonnante ne nous autorise pas encore à dresser ce bilan hydrique avec une précision acceptable.

Malgré tout nous présentons ici les premières mesures faites sur la citerne N° I - situé au Km 685 de la piste du pipe line de la TRAPSA, en pensant que nous avons là une première estimation du ruissellement sur petite parcelle et en espérant pouvoir continuer ces mesures pour analyser avec plus de précision les phénomènes de ruissellement et d'érosion qui sont très mal connus dans le Sud Tunisien alors qu'ils conditionnent tout aménagement agricole.

I - INTRODUCTION

L'économie de l'eau est un problème fondamental du Sud Tunisien. La rétention et l'utilisation des eaux de ruissellement sont pratiquées depuis très longtemps pour les besoins domestiques en eau potable et pour les cultures en sec par le moyen de petits ouvrages d'hydraulique agricole.

Les citernes de ruissellement constituent un exemple type de ce genre d'ouvrages : un bassin de réception enterré et couvert est construit à l'exutoire d'un très petit thalweg et recueille les eaux ruisselées sur la surface du petit bassin versant ainsi délimité. Il nous a semblé intéressant de pouvoir étudier le fonctionnement de ces citernes qui en principe peuvent fonctionner comme des petites parcelles d'érosion. Il suffisait en effet de pouvoir contrôler les volumes d'eau pénétrant dans la citerne et de mesurer la pluie pour analyser le ruissellement sur une petite surface ; de plus le bac de décantation construit à l'entrée de la citerne devait retenir les matières solides transportées par l'eau et nous donner un ordre de grandeur des phénomènes d'érosion.

Initialement, il était prévu d'équiper trois de ces citernes avec un limnigraphe, un déversoir en cas de débordement, un pluviographe et 3 pluviomètres. Les difficultés rencontrées dont nous reparlerons plus loin, ont fait qu'une citerne a été équipée en Mars 1969 et que les résultats obtenus sont très parcellaires. Ils nous ont cependant permis de nous rendre compte que les premières mesures prévues étaient insuffisantes et qu'il faudrait pratiquement arriver à établir un bilan hydrique complet de ce petit bassin versant ce qui nécessitait :

- des mesures de perméabilité insitu - (Méthodes Porchet et Mantz) ;
- l'établissement de profils hydriques du sol à différentes époques ;
- des mesures d'évaporation et d'évapotranspiration.

Nous avons commencé ces mesures avec des moyens de fortune et notre méthodologie tâtonnante ne nous autorise pas encore à dresser ce bilan hydrique avec une précision acceptable.

Malgré tout nous présentons ici les premières mesures faites sur la citerne N° I - situé au Km 685 de la piste du pipe line de la TRAPSA, en pensant que nous avons là une première estimation du ruissellement sur petite parcelle et en espérant pouvoir continuer ces mesures pour analyser avec plus de précision les phénomènes de ruissellement et d'érosion qui sont très mal connus dans le Sud Tunisien alors qu'ils conditionnent tout aménagement agricole.

II - Le MILIEUII-1 - Le climat

par 9 ° 44' 10" de longitude Est
et
33 ° 39' 20" de latitude Nord,

La citerne est située sur le versant Nord-Ouest de la chaîne des Dahars. Nous n'avons pas de données climatiques précises concernant cette région mais les postes météorologiques du Sud peuvent fournir une fourchette valable des différents facteurs climatiques. D'après les archives partiellement dépouillées du BIRH nous avons tracé une carte provisoire des isohyètes du Sud, que nous avons reporté sur le plan de situation (Gr. II-1). Cette carte recoupe assez bien les données publiées par H.N. le HOUEIROU⁽¹⁾ à qui nous empruntons les renseignements ci-dessous.

Le climat du versant Ouest du Dahar peut-être classé comme saharien supérieur continental, l'influence marine se fait peut sentir (présence d'un écran constitué par le dahar) aussi les valeurs caractéristiques sur le B.V. de la citerne sont certainement intermédiaires entre celles de Matmata et de Kebili à l'exception de la pluviométrie) plutôt que voisines de celles de Gabès qui subit l'influence marine.

II-1-1 - Pluviométrie

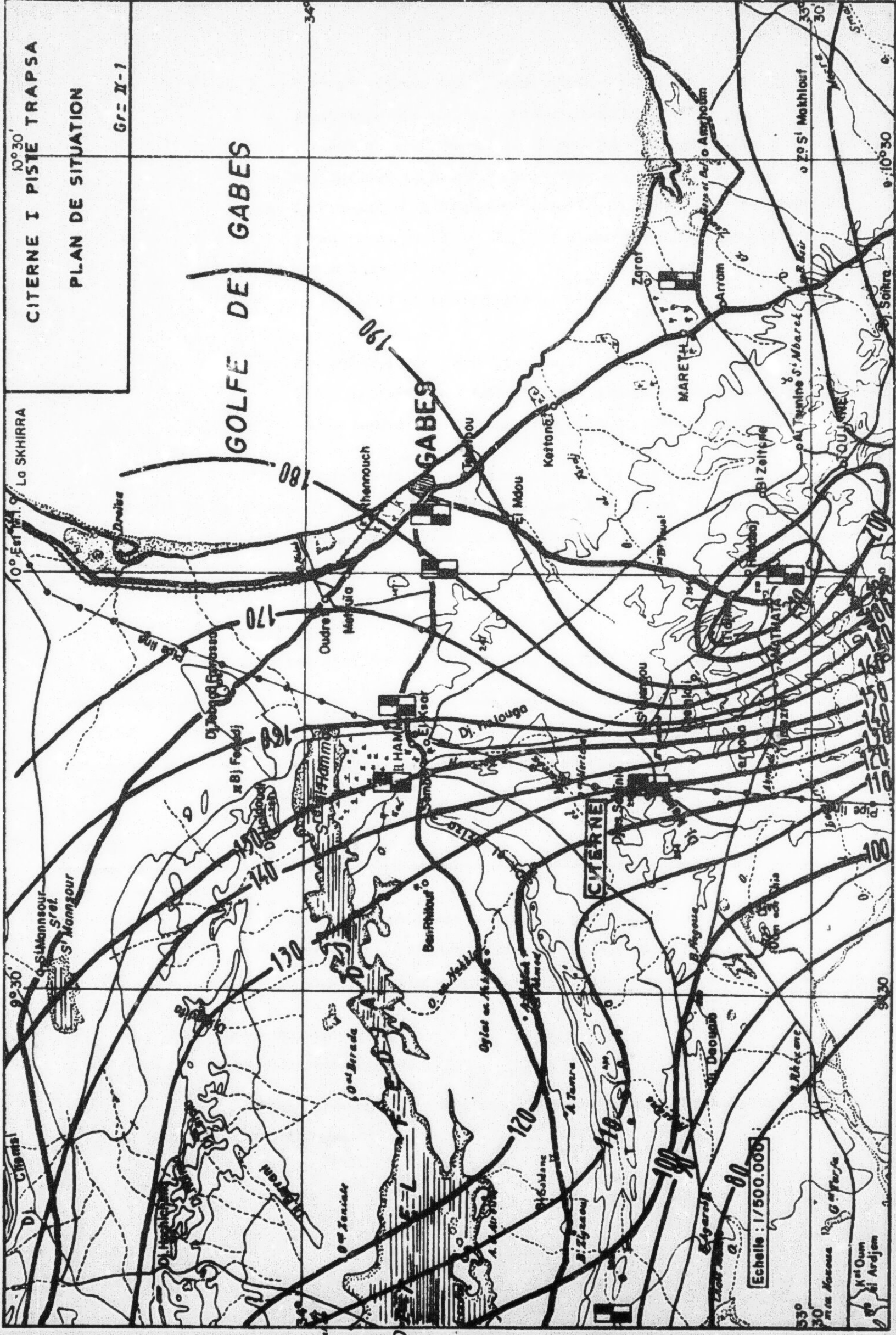
D'après notre carte d'isohyètes la citerne est située au voisinage de l'isohyète 130 mm, encore que la notion de pluviométrie moyenne annuelle ne soit pas très significative sous ce climat comme le montrent les chiffres suivants établis sur la période 1901-1950.

! STATION !	! \bar{P} !	! σ !	! p !	! \underline{P} !	! Δ !	! v !	! np !	! clas. !
								! Bénév. !
! MATMATA !	! 239 !	! 86 !	! 49 !	! 689 !	! 67-411 !	! 0,36 !	! 31 !	! HPEA !
! KEBILI !	! 88 !	! 47 !	! 19 !	! 238 !	! 0-184 !	! 0,53 !	! 29 !	! HPEA !
! GABES !	! 175 !	! 83 !	! 42 !	! 489 !	! 15-341 !	! 0,47 !	! 34 !	! AHEP !

.. / ..

(1) - Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie Méridionale - par H.N le HOUEIROU - 1959.

- Université d'Alger - Institut de Recherches Sahariennes.



CITERNE I PISTE TRAPSA
PLAN DE SITUATION

Gr = IV-1

GOLFE DE GABES

GABES

CITERNE

Echelle : 1/500.000

59° 30' 30" N
10° 30' 30" E

CHO

Dje

où \bar{P} = Hauteur moyenne des précipitations annuelles

σ = écart-type des précipitations annuelles.

p = minimum absolu observé de la précipitation-annuelle

P = maximum absolu observé de la précipitation-annuelle

Δ = intervalle à l'intérieur duquel se situent 95 % des précipitations annuelles ($\bar{P} \pm 2\sigma$) d'après une loi normale qui reste à vérifier.

v = coefficient de variabilité = $\frac{\sigma}{\bar{P}}$

\overline{np} = nombre moyen de jours pluvieux.

Classification de Bénévent des pluies saisonnières dans l'ordre= 1er maximum, 2em maximum, 1er minimum, 2em minimum.

L'irrégularité des régimes pluviométriques est ici évidente. Sur le B.V de la citerne le continentalisme du climat est encore peu marqué aussi les précipitations peuvent avoir lieu aussi fréquemment en automne et au printemps qu'en hiver.

II-1-2 - Températures

Au mêmes stations et pour la même période :

STATION	$\frac{\bar{M} + \bar{m}}{2}$	\bar{M}	\bar{m}	Ma	ma	Jours de gelée	Jours de siroco
MATMATA	18,9	35,2	5,4	48	0	—	—
KEBILI	20,9	42,2	3,1	55	-7	30	30
GABES	19,3	31,9	5,9	50	-3	1	28

\bar{M} = moyenne des maximums du mois le plus chaud (juillet)

\bar{m} = moyenne des minimums du mois le plus froid (janvier)

$\frac{\bar{M} + \bar{m}}{2}$ = moyenne annuelle = demi-somme des moyennes des valeurs précédentes

Ma = maximum absolu.

ma = minimum absolu.

Le fait remarquable est l'amplitude thermique accentuée pour les stations continentales.

II-1-3 - Humidité évaporation

Pour l'humidité relative et l'évaporation Piche, nous ne disposons que de la station de Gabés trop influencée par la mer.

GABES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Humidité relative %	65	63	63	71	71	70	68	68	70	71	65	66	67,5
Evaporation Piche mm	133	132	167	141	186	189	229	229	192	158	132	133	2022

L'évapotranspiration calculée par l'indice de Thornthwaite et le bilan Hydrique qui en découle donnent les valeurs suivantes:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
MATHATA													
Evapo-transpiration	16	20	34	58	94	149	186	176	132	81	40	18	1004
Bilan Hydrique	+22	+12	+6	-50	-88	-141	-184	-167	-113	-62	-1	+9	-757
KEBILI													
Evapo-transpiration	9	16	40	77	128	184	211	201	159	89	33	11	1158
Bilan hydrique	+1	-8	-24	-68	-123	-183	-211	-201	-155	-81	-18	-1	-1070
GABES													
Evapo-transpiration	18	23	44	65	98	132	167	167	129	86	45	22	996
Bilan hydrique	+4	-6	-23	-55	-89	-131	-166	-165	-115	-56	-11	-7	-820

II-1-4 - Les vents

Les vents dominants sont de secteur Est sur la côte et de secteur Sud-Ouest à Nord Ouest à l'intérieur; 70 % des vents ont une vitesse inférieure à 10 m/s. La fréquence du calme varie de 15 à 30 % des observations (H.N. LE HOUEOU).

II-2 - Le milieu physique

II-2-1 - Morphologie du bassin versant

Physiquement, l'impluvium de la citerne se divise nettement en deux sections ; la partie amont à forte pente où affleurent les calcaires est très favorable au ruissellement ; la partie aval sablo-limoneuse présente une pente plus douce ce qui limite le ruissellement. La forme du bassin est assez compacte et le drainage est bien assuré par des ravines latérales et une ravine principale se formant au bas de la partie à fort ruissellement.

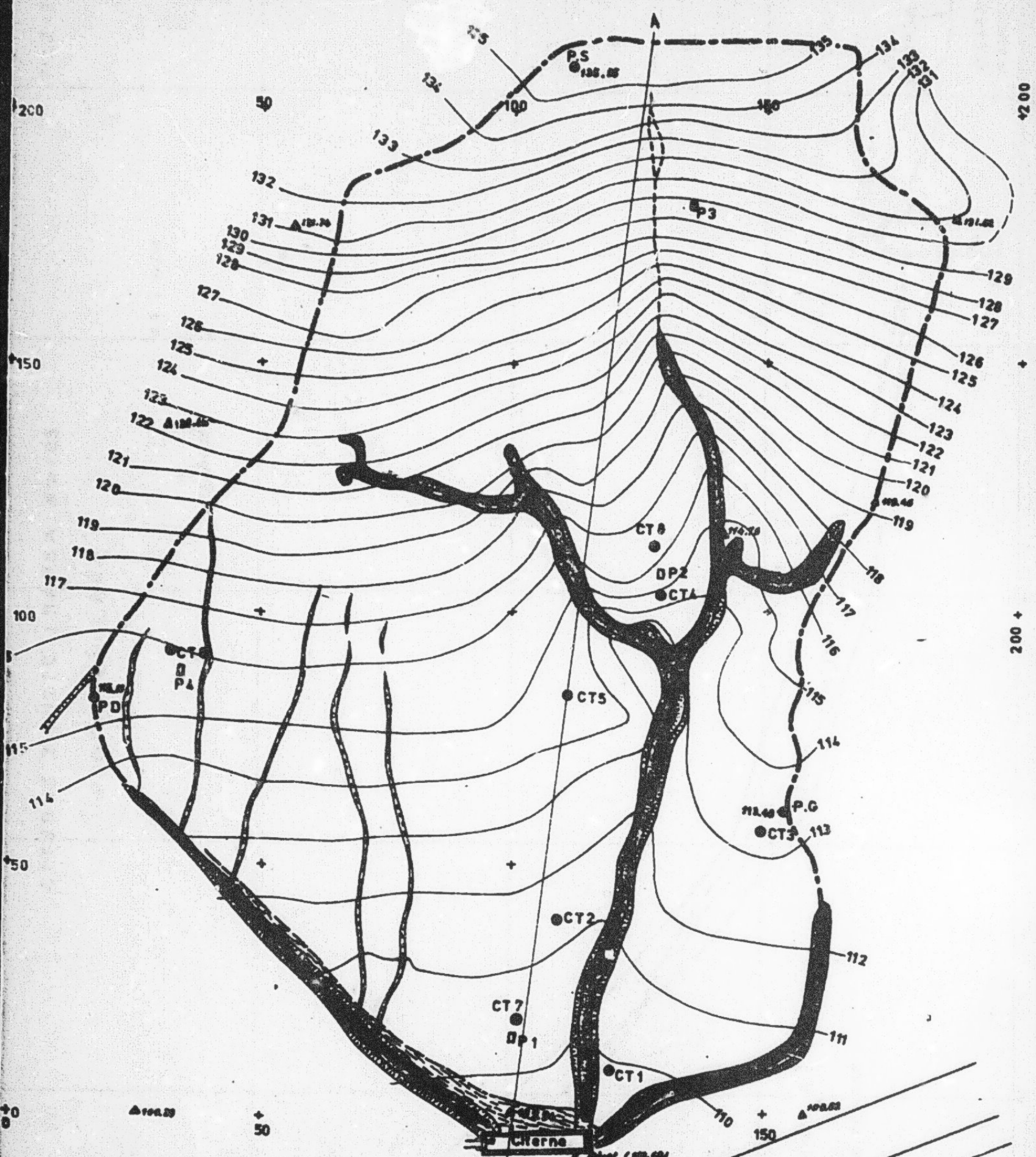
Les caractéristiques morphologiques du bassin versant sont les suivantes:

- Superficie : A = 2,38 ha
 - Coefficient de compacité de Gravellius : K = 1,12
 - Rectangle équivalent : L = 154 m
l = 154 m
 - Dénivelée totale : d = 26,60 m
 - Indice de pente global : $I_g = \frac{\text{Dénivelée de 90 \% du BV}}{L} = 14,6\%$
 - Indice de pente de Roche : $I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sqrt{\sum B_i (a_i - a_{i-1})} = 0,406$
- où B_i est la fraction de l'aire du BV comprise entre les courbes de niveau $(a_i - a_{i-1})$.
- Densité de drainage : $D_d = \frac{\sum L \text{ des ravines}}{S} = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ m/m}^2$

Hypsométrie :

- Les altitudes sont données à partir de la cote fictive du rivet repère : 110 m (cf. Gr. II-2-1 a et b).

Altitudes	Surface en %	Surfaces cumulées en %
> 135 m	1,44	1,44
de 135 m à 132 m	5,43	6,87
de 132 m à 129 m	5,89	12,76
de 129 m à 125 m	9,34	22,10
de 125 m à 121 m	10,31	32,41
de 121 m à 117 m	14,74	47,15
de 117 m à 114 m	19,95	67,10
de 114 m à 109,35 m	32,90	100,00



200
150
100
50
0

200
200 +
200 +

- Pluviomètre
- Profil pédo
- Essai perméabilité



Plote de la TRAPSA vers LA SKHIRRA
PIPE LINE

CITERNE I PISTE TRAPSA Km 686

Bassin Versant

échelle 1/1000

CITERNE I PISTE TRAPSA Km 666
PROFIL EN LONG

Gr=2-2-1-b

ALTITUDE
Mètres

Ah = 1/200

Echelles :

135

135,97m

0 10 20 30 m

L : 1/1000

125

115

— Profil suivant A A

- - - Profil des ravines

113,04m

111,72

Rivet : 110m

Piste
TRAPSA

DISTANCE
mètres

105

50

100

150

200

250

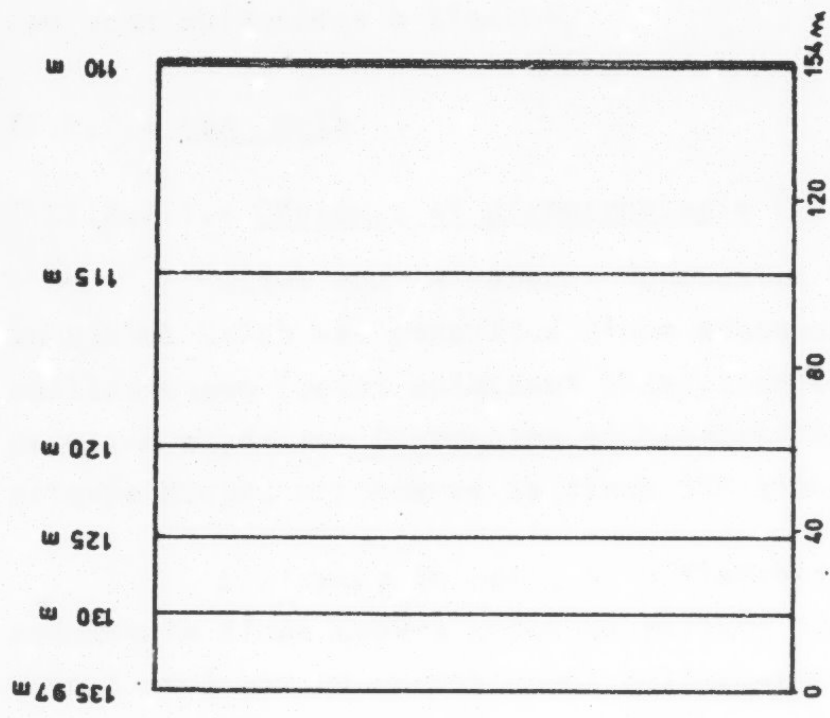


CITERNE I PISTE TRAPSA Km 686

% du Bassin versant

75 50 25 0

COURBE
HYPSONOMETRIQUE



RECTANGLE EQUIVALENT

0

25

50

75

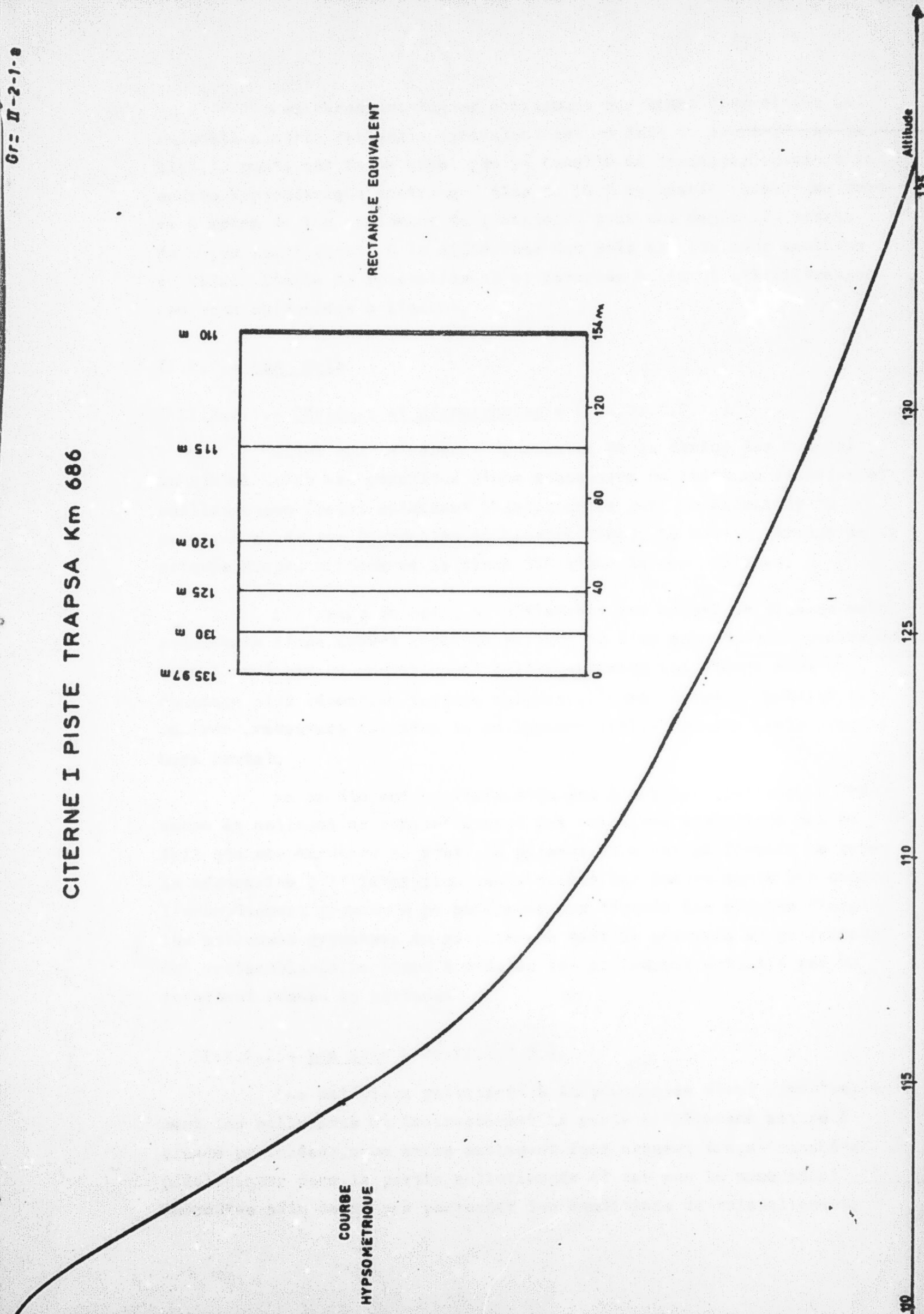
100

115

130

135

Altitude

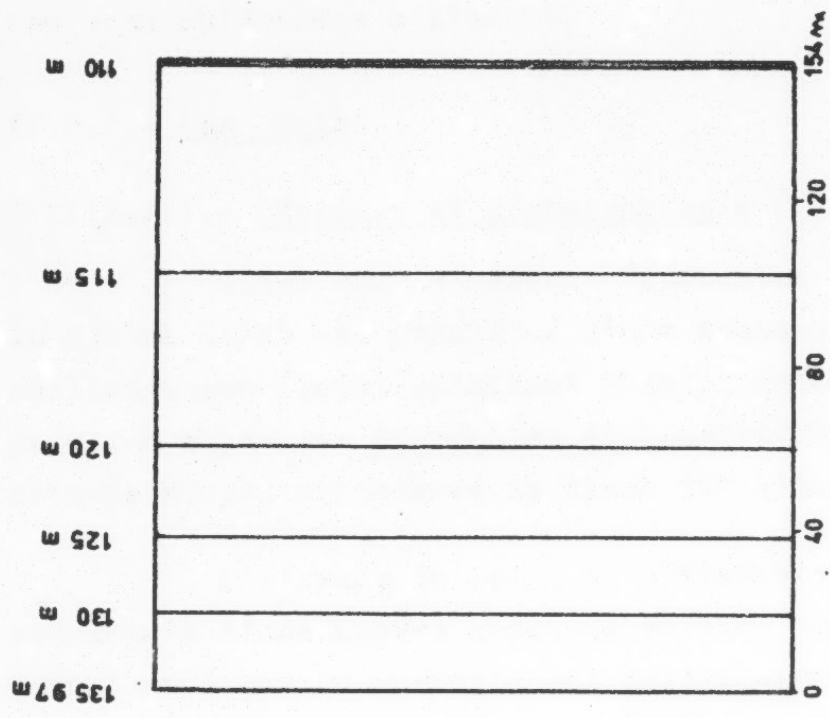


CITERNE I PISTE TRAPSA Km 686

% du Bassin versant



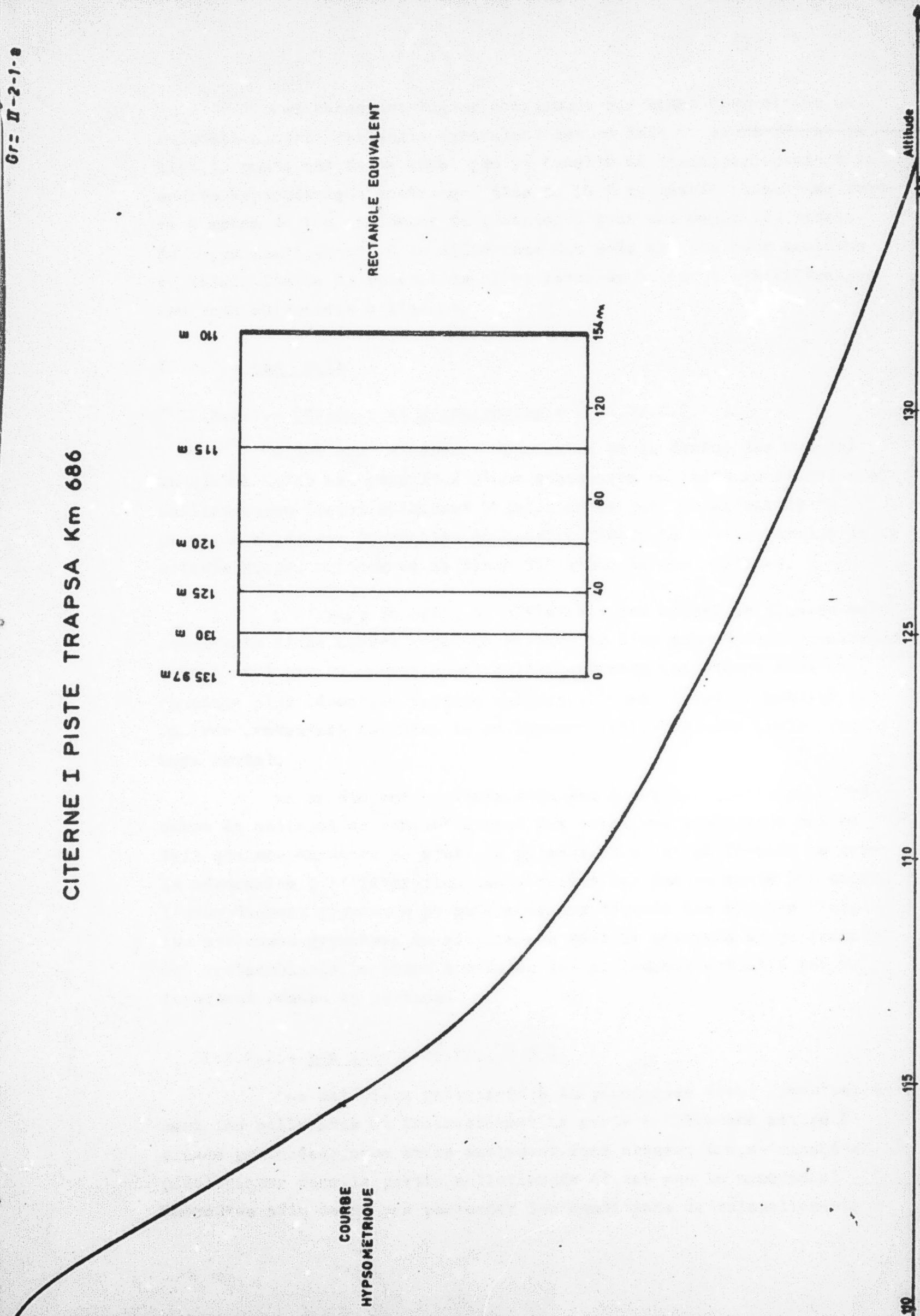
COURBE
HYPOMETRIQUE



RECTANGLE EQUIVALENT



Altitude



Ces caractéristiques confirment une bonne disposition au ruissellement; le rectangle équivalent est en fait un carré (K est faible), la pente est forte ainsi que la densité de drainage. Cependant la courbe hypsométrique montre qu' plus de 50 % du bassin versant se trouve à moins de 11m au-dessus de l'exutoire pour une dénivellée totale de 26,5m ; ceci, ajouté à la différence des sols sur les deux sections du bassin, limite le ruissellement et favorise à l'aval l'infiltration des eaux ruisselées à l'amont.

II.2.2.- Les Sols

II.2.2.1.- Géologie et géomorphologie (cf.Gr.2.2.1.)

Situé sur le versant occidental de la chaîne des Dahars, le Djebel Melab est constitué d'une succession de hauteurs dénudées et caillouteuses (point culminant 354m), formées par les calcaires du Senonien supérieur (Campanien et Maestrichien). Le bassin versant de la citerne Trapsa n°1 couvre le flanc SSE d'une de ces collines.

A l'amont de celui-ci affleurent les calcaires plus ou moins recouverts d'une croûte gypseuse patinée, ou d'un encroûtement, prolongés vers l'aval par un encroûtement calcaire-gypseux qui plonge sous un épandage plus récent, de texture sablo-argileuse bourré de nodules calcaires, recouvert lui-même de colluvions sablo-limoneux (voir croquis hors texte).

La croûte est couverte d'un reg à cailloux patinés. La présence de celle-ci au contact direct des calcaires s'explique mal du fait que ces derniers ne sont pas gypseux, et n'ont pu fournir le gypse nécessaire à l'élaboration de la croûte. Sur les versants par contre l'encroûtement gypseux a pu se former aux dépens des couches d'argiles sableuses gypseuses du miopliocène dont la présence en profondeur est vraisemblable. Le limon à nodules est violemment entaillé par un important réseau de ravines.

II.2.2.2.- Les Sols (Gr.II.2.2.2.).

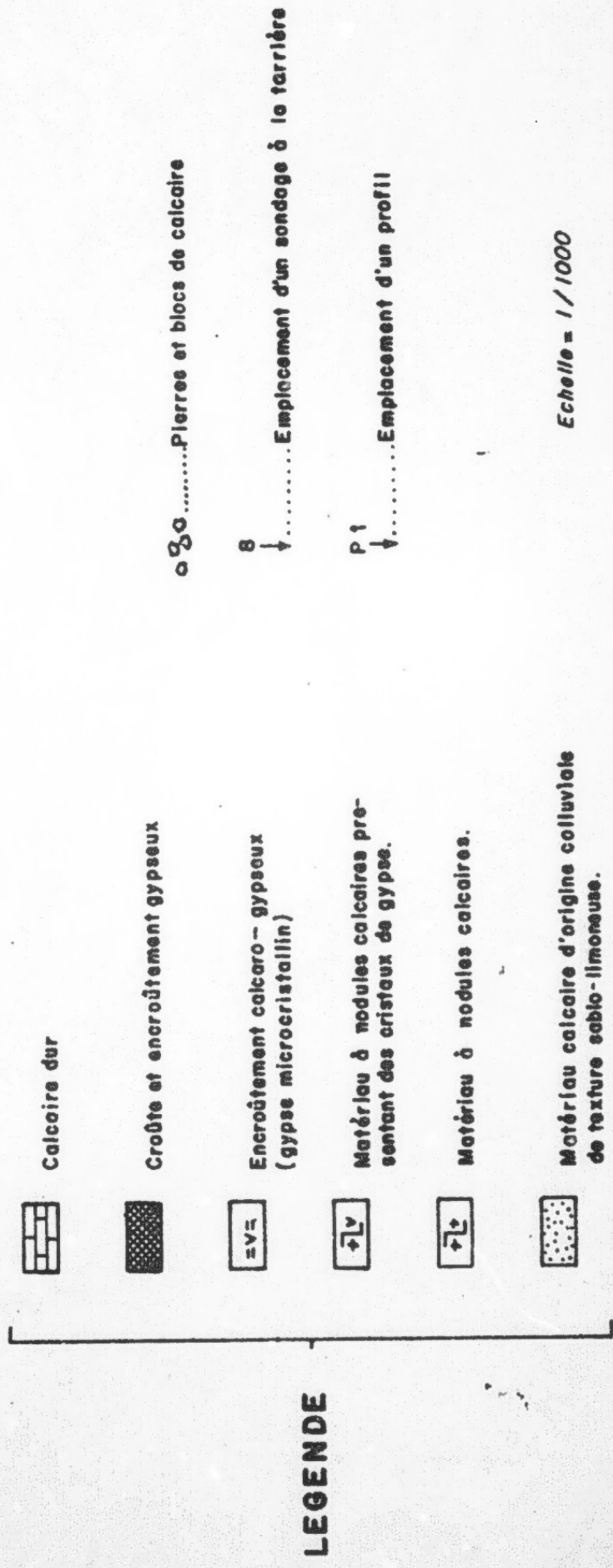
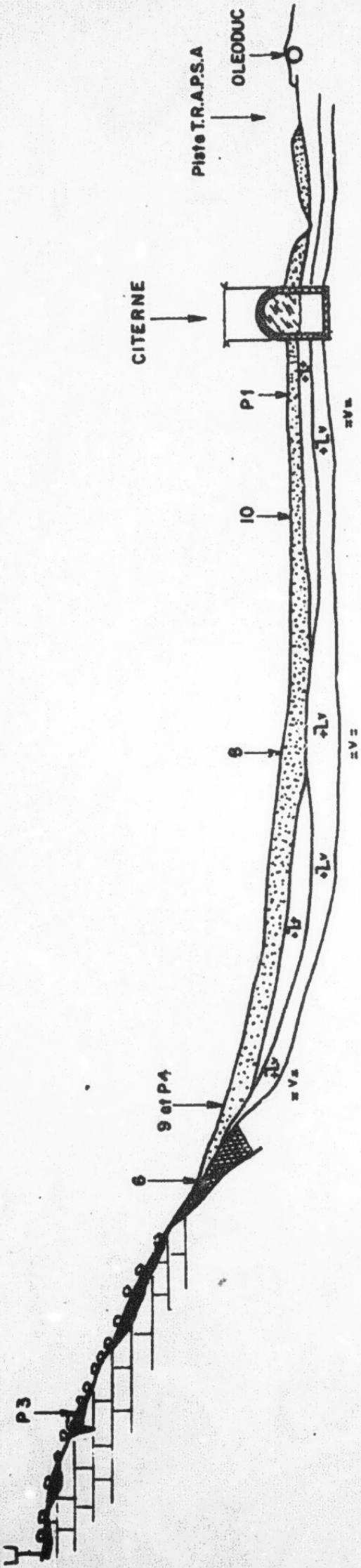
Les matériaux participant à la pédogenèse étant essentiellement les colluvions et indirectement la série miopliocène située à grande profondeur, nous avons seulement fait creuser trois tranchées pédologiques dans la partie colluvionnée et une sur la zone amont encroûtée afin de ne pas perturber les conditions de ruissellement;

COUPE TRES SCHEMATIQUE MONTRANT LA DISPOSITION DES SOLS

S.S.E

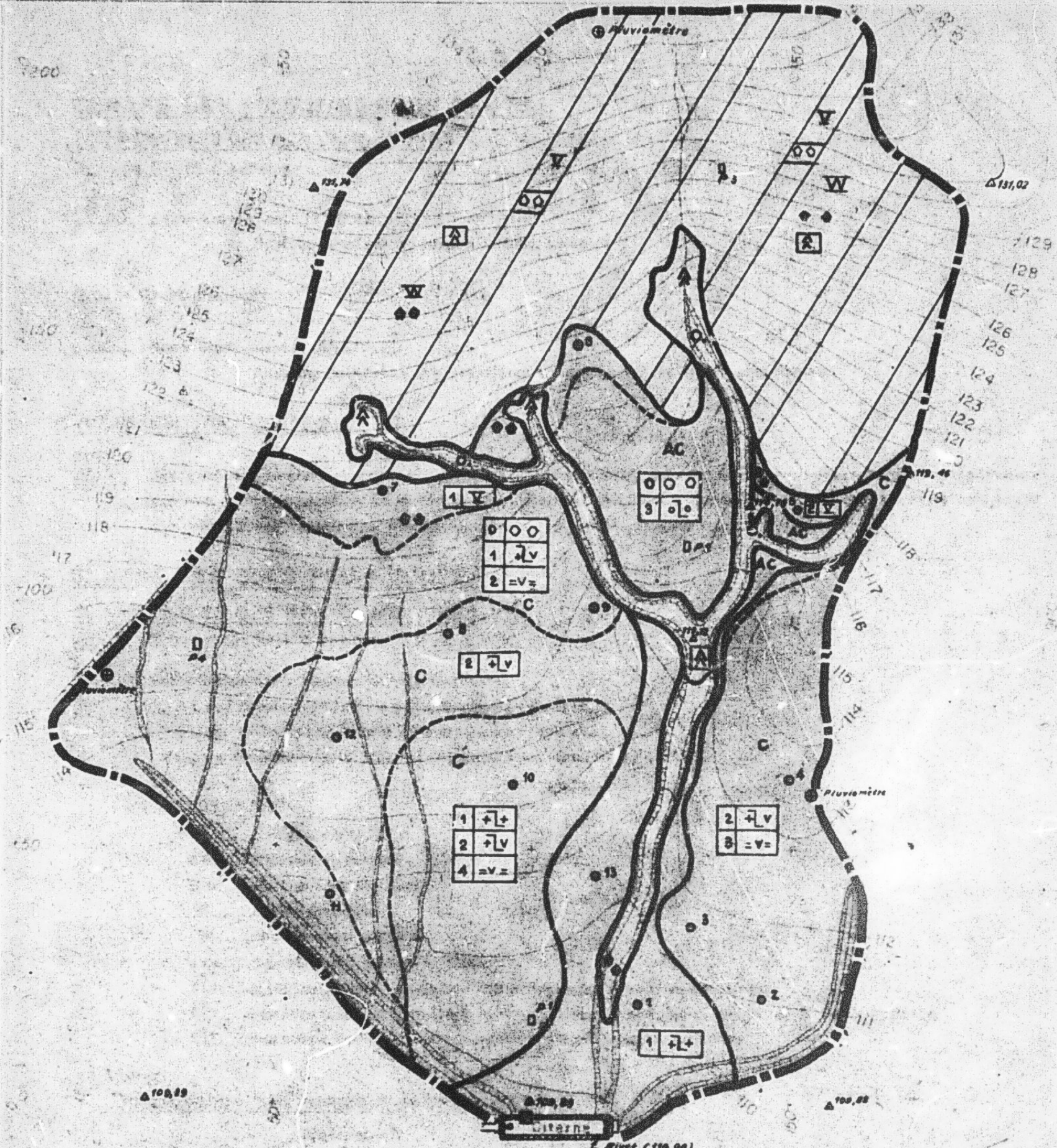
N. 100 W

Pluvio-mètre
(P. 3000)



Echelle = 1 / 1000

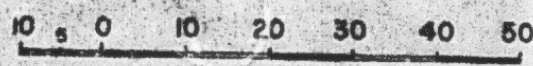
Gr = 2-2-1
Citerne I - T.R.A.P.S.A



Echelle = 1/1000

... de la TRAPSA vers LA SKHARRA

... P E L I N E



Pluviomètre ●

Profil péd. □

Gr = II-2-2-2

LEGENDE

CLASSE DES SOLS MINÉRAUX BRUTS -

SOUS-CLASSES DES NON CLIMATIQUES -

Groupe Bruts d'érosion



... Sous-Groupement LITHOSOLS

Ravines ayant creusé jusqu'à la dalle calcaire

Groupe Bruts d'apport



Sous-Groupement FLUVIATILES

Alluvions caillouteuses et grossières apportées par les différentes ravines

JUXTAPOSITION DE SOLS -



Juxtaposition de sols calcomagnésimorphes à accumulation gypseuse localisée, avec présence d'un encroûtement gypseux se développant sur un matériau grossièrement détritique à gangue calcarogypseuse, et de sols bruts d'érosion (lithosols) sur calcaires recouverts d'une croûte gypseuse très dure et patinée.

CLASSE DES SOLS PEU ÉVOLUÉS -

SOUS-CLASSES DES NON CLIMATIQUES -



Groupe des Sols d'apport

Sous-Groupements Modaux Non Différenciés.

A _ sur Alluvions de texture sablo-limoneuse + cailloux.

C _ sur Colluvions de texture sablo-limoneuse + cailloux.

AC _ sur Matériau alluvio-colluvial de texture sablo-limoneuse + cailloux.

Signes conventionnels -

▲.....calcaire dur

●●.....cailloux en surface

○○.....cailloux en profondeur

▮.....croûte gypseuse

∇.....encroûtement gypseux

±v±.....encroûtement calcaro-gypseux

+L+.....matériau calcaire de texture sablo-argileuse à nodules calcaires

+Lv.....matériau calcaire de texture sablo-argileuse à nodules calcaires et à amas gypseux.

◌L◌.....matériau calcaire de texture sablo-argileuse à amas calcaires.

PROFONDEUR DES HORIZONS PARTICULIERS -

Profondeur	Classe
0-30 cm	0
30-60 cm	1
60-90 cm	2
90-120 cm	3
> 120cm	4

SIGNES PARTICULIERS -

O.....ravine

O².....emplacement des sondages à la tarière

O¹.....profil N° 1

les observations faites sur les trois profils à l'aval ont été complétées par une série de treize sondages effectués à la tarière ($\phi = 8$ cm).

II.2.2.2.1.- Description du profil PCTI-1 (voir fiche descriptive)

De l'observation morphologique et des résultats analytiques des différents horizons il ressort que nous sommes en présence d'un sol peu évolué modal dont le matériau originel est constitué de colluvions calcaires à texture sablo-limoneuses, plaquées directement sur un épannage sablo-argileux à nodules calcaires, d'âge plus ancien (il s'agit vraisemblablement de l'horizon à accumulation calcaire d'un ancien sol steppique tronqué). Vers le fond du profil cette formation à nodules calcaires s'enrichit en gypse (sous forme d'amas et de microcristaux) pour passer ensuite à un encroûtement calcaro-gypseux fortement induré se développant sur un matériau détritique à gangue calcaro-gypseuse.

II.2.2.2.2.- Variations autour de ce profil

Vers le haut du bassin l'horizon à nodules calcaires s'amenuise rapidement pour faire place à un encroûtement gypseux qui, dès que la couverture colluviale disparaît devient une puissante croûte polygonisée et patinée. Sur les bords de la ravine principale et dans la fourche située à l'amont le matériau d'origine mixte (colluvo-alluviale) est plus puissant en raison des apports latéraux.

II.2.2.2.3.- Texture et état de la surface du sol.

a)- Caractéristiques physiques

Les dalles calcaires et les croûtes gypseuses du haut du bassin occupent 34,4 % de sa superficie et sont favorables à un fort ruissellement.

Plus bas les eaux ruissellent sur un horizon de sol sablo-limoneuse d'une épaisseur minimale de 30cm, dont l'aptitude au ruissellement est encore bonne et qui représente 60,9 % du BV; en profondeur avec l'apparition de l'horizon à nodules calcaires, la texture devient sablo-argileuse. Les sols bruts d'érosion mis à nu par le ravinement représentent 4,7 % de la surface du BV.

Structure

En raison de la texture même du sol et de sa faible teneur en matière organique, la structure est généralement polyédrique fine à particulaire. Nous devons cependant insister sur la présence d'une pellicule de battance, due à un " glaçage " par les eaux qui augmente de façon considérable le ruissellement.

DESCRIPTION DU PROFIL

GROUPE SOUS-GROUPE Famille Série		PROFIL P C T I 1
---	--	----------------------------

Croquis du profil	Prélèvements numéro du sac	Profondeur en cm et nomenclature des horizons	Description
		0	
	TN 177	20	Humide . 10 YR ⁷ / ₄ Humide. jaune brunâtre sans tâches moins de 1% de m.o. Effervescence. Eléments carbonatés diffus. cailloux peu abondants calcaires. texture sablo limoneuse, structure polyédrique subanguleuse très fine peu nette. Poreux. Battance en surface. Très friable. Quelques racines fines et moyennes. Activité très faible.
	TN 702	33	Idem mais plus clair car légèrement plus sec. Transition nette et régulière
	TN 220	45	Légèrement humide 10 YR ⁷ / ₄ humide brun très clair avec tâches blanches (10%) moins de 1% m.o. Eléments carbonatés diffus et en amas et nodules. Effervescence. Apparition de qq. amas gypseux en tête d'épingle vers le bas. Texture sablo-argileuse. Structure polyédrique fine à moyenne peu nette peu cohérente. Bonne porosité pas de racines. Activité très faible. Transition graduelle irrégulière.
+]	TN 655	70	
	TN 654	100	Sec à humide 10 YR ⁷ / ₄ humide. Idem précédemment mais apparition d'éléments gypseux en amas et cristaux.
	TN 724	120	
+] v	TN 611	140	Transition régulière et nette
	TN 708	165	Sec à humide 10 YR ⁷ / ₆ humide + amas blancs sales 15% moins de 1% de m.o. Eléments carbonatés diffus et éléments gypseux en amas et traine cristalline. Effervescence. Encroûtement calcaire gypseux compact et induré. Peu poreux. Aucune racine. Légèrement salé. Transition irrégulière distincte.
	TN 743		Sec. 10 YR ⁷ / ₆ sec. moins de 1% de m.o. Eléments carbonatés abondants, diffus. très forte effervescence. Quelques éléments gypseux en cristaux. Horizon d'accumulation du calcaire. Guangué SL très calcaire emballant des cailloux, pierres, blocs etc.. (formation classique des bas de piémont). Poreux. Aucune racine.

Matière organique totale 10⁻²

C/N
N/P
S.A.R

	0-20 0,36	20-33 0,56	33-45 0,31	50-70 0,27	80-100 0,06	100-120 0,06
		17				

FICHE ANALYTIQUE

PROFIL

Granulométrie en 10 ⁻²	Horizon	9										HRZ	
	Groupe	13										GR	
	Sous-groupe	17										SG	
	(Famille)	21										FE	
	(Série)	25										SR	
	(Région)	29										RO	
	Numéro du sac	33										SAC	
	Profondeur minimale en cm	37	0	20	33	50	80	100	120	140	160		PMM
	Profondeur maximale	41	20	33	45	70	100	120	140	160	160		PMA
	Refus	45											RBF
	Carbonate de calcium	49	15,4	15,8	22,6	19,8	13,4	16,6	19,8	17,4	31,7		CDC
	Argile	53		11,0	12,5		13,5						ARG
	Limon fin 2 à 20 μ	57		8,0	10,5		6,0						LMP
	Limon grossier 20 à 50 μ	61		10,0	13,0		12,0						LMG
	Sable fin 50 à 200 μ	65		70,0	64,0		68,0						SBF
Sable grossier	69		1,0	traces		traces						SBG	
	73	1	1	1	1	1	1	1	1	1		CARTE	
Matières organiques en 10 ⁻³	Carbone	13										C	
	Azote	17										N	
	Acides humiques	21										AH	
	Acides humiques bruns	25										AHB	
	Acides humiques gris	29										AHG	
	Acides fulviques	33										AF	
Acidité	pH eau 1/2,5	37	7,80	7,95	7,90	8,1	7,75	7,75	7,65	7,65	7,65	PHE	
	pH chlorure de potassium	41										PHK	
Cations échangeables en mé	Calcium Ca ++	45		0,97								CAE	
	Magnésium Mg ++	49		1,0								MGE	
	Potassium K +	53		0,52								KE	
	Sodium Na +	57		0,51								NAE	
Acide phosphorique en 10 ⁻³	Capacité d'échange	61		3,0								T	
	Phosphore total	65										PT	
	Phosphore assim. Truog	69										PAT	
	73	2	2	2	2	2	2	2	2	2		CARTE	
Éléments totaux (triacide) en 10 ⁻²	Phosphore assim. Olsen	13										PAO	
	Gypse	17	0,44	0,59	traces	0,44	1,33	3,32	1,55	26,5	6,7	PAC	
	Perte au feu	21										PRT	
	Résidu	25										RSD	
	Silice Si O ₂	29										SI	
	Alumine Al ₂ O ₃	33										AL	
	Fer Fe ₂ O ₃	37										FE	
	Titane Ti O ₂	41										TI	
	Manganèse Mn O ₂	45										MN	
	Fer libre Fe ₂ O ₃	49										FEL	
	en mé	Calcium Ca ++	53										CA
		Magnésium Mg ++	57										MG
		Potassium K +	61										K
		Sodium Na +	65										NA
	Structure et caractéristiques hydriques	Porosité en 10 ⁻²	69										PRS
		73	3	3	3	3	3	3	3	3		CARTE	
Sels solubles, extrait pâte saturée en mé	pF 2,5	13		12,5	16,2		13,0					PF2	
	pF 3	17										PF3	
	pF 4,2	21		4,3	4,2		3,8					PF4	
	Instabilité structurale	25										IS	
	Perméabilité	29	3,21	3,34	3,18	2,16	2,93	2,62	2,96	3,24	1,59	PMB	
	Conductivité L en m-mho/cm	33	1,95	2,8					6,4			L	
	Chlorures Cl ⁻	37	8,0	14,5					32,0			CL	
	Sulfates SO ₄ ⁻⁻⁻	41							63,5			SO4	
	Carbonates CO ₃ ⁻⁻⁻	45										CO3	
	Bicarbonates HCO ₃ ⁻	49		2,0					1,9			HCO	
	Calcium Ca ++	53		11,5					24,0			CAS	
	Magnésium Mg ++	57		6,0					17,0			MOS	
	Potassium K +	61										KS	
	Sodium Na +	65		16,7					52,5			NAS	
	Conductivité L 1/10 en m-mho/cm	69	30,8	30,4					33,6			L 10	
	73	4	4	4	4	4	4	4	4	4		CARTE	

- Perméabilité et essais d'infiltration

Des mesures de la perméabilité effectuées au laboratoire sur échantillons remaniés-Test Henin, confirment la variation de texture des différents horizons, qui néanmoins présentent une bonne perméabilité jusqu'à l'encroûtement calcaire-gypseux.

- Horizons supérieurs sablo-limoneux $8,8 < k < 9,25 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- Horizons à nodules calcaires $7,3 < K < 8,15 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

Ces valeurs sont difficilement comparables avec celles des essais d'infiltration effectués in situ en huit points du bassin (CT1 à CT8) et qui ont donné les résultats suivants (gr II-2.2.2.3.).

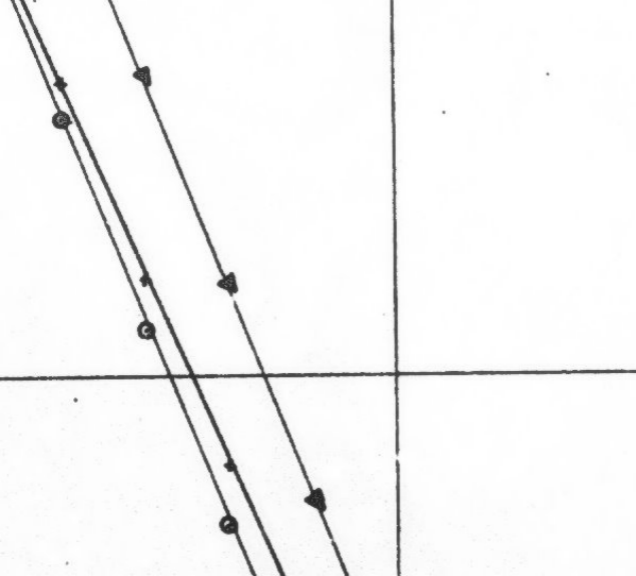
METHODE PORCHET			METHODE MUNTZ	
OT 1	$K = 100-120 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	CT3	$K = 20,1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	
OT 2	$K = 30-40 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	CT7	$K = 19,7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	
CT 4	$K = 150 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	CT8	$K = 21,7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	
OT 5	$K = 38 \times 10^{-6} \text{ m/s}$			
OT 6	$K = 29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$			

Ces valeurs étant données sous toutes réserves, le matériel utilisé, laissant à désirer. Cependant on peut supposer que les valeurs obtenues au Porchet sont plus fortes du fait que les 15 premiers centimètres ne sont pas saturés alors qu'avec la méthode Muntz on observe très vite un colmatage en surface. Notons enfin que la présence de gros blocs calcaires et de dalles polygonées ont empêché de procéder à ces mesures à l'amont du bassin.

- Réserves en eau utile : Une série de mesures (insuffisante cependant pour apprécier l'intervalle de confiance d'une moyenne), effectuée au laboratoire nous a donné les résultats suivants :

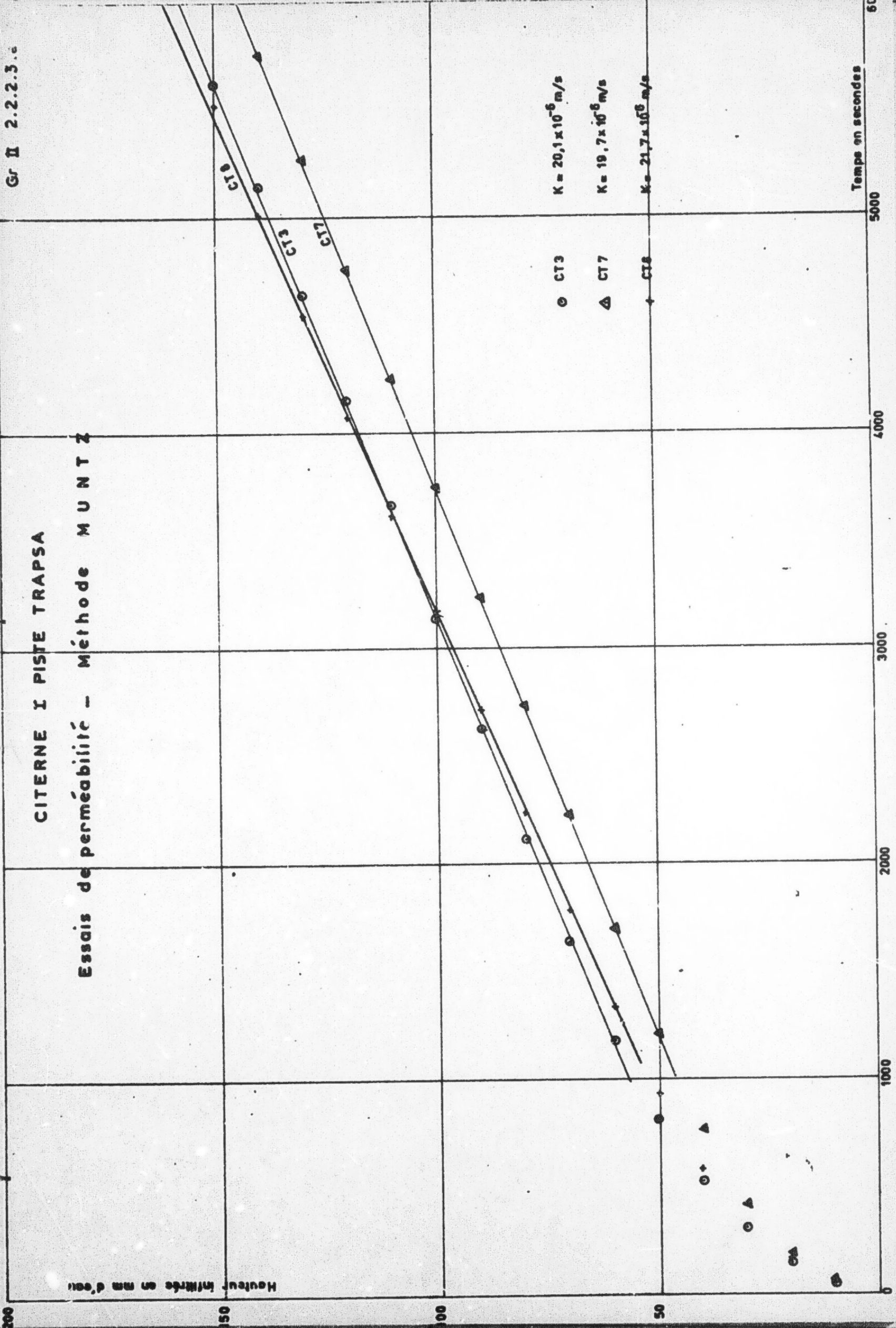
- Horizon supérieur sablo-limoneux $\left\{ \begin{array}{l} 12,5 < H \% \text{ à pF } 2,7 < 16,2 \\ 3,7 < H \% \text{ à pF } 4,2 < 4,3 \end{array} \right.$
- Horizon à nodules calcaires $\left\{ \begin{array}{l} 13, < H \% \text{ à pF } 2,7 < 15,7 \\ 3,2 < H \% \text{ à pF } 4,2 < 3,8 \end{array} \right.$

Ces sols présentent donc de très faibles capacités de rétention.



CITERNE I PISTE TRAPSA
Essais de perméabilité - Méthode MUNTZ

Hauteur initiale en mm d'eau



Temps en secondes

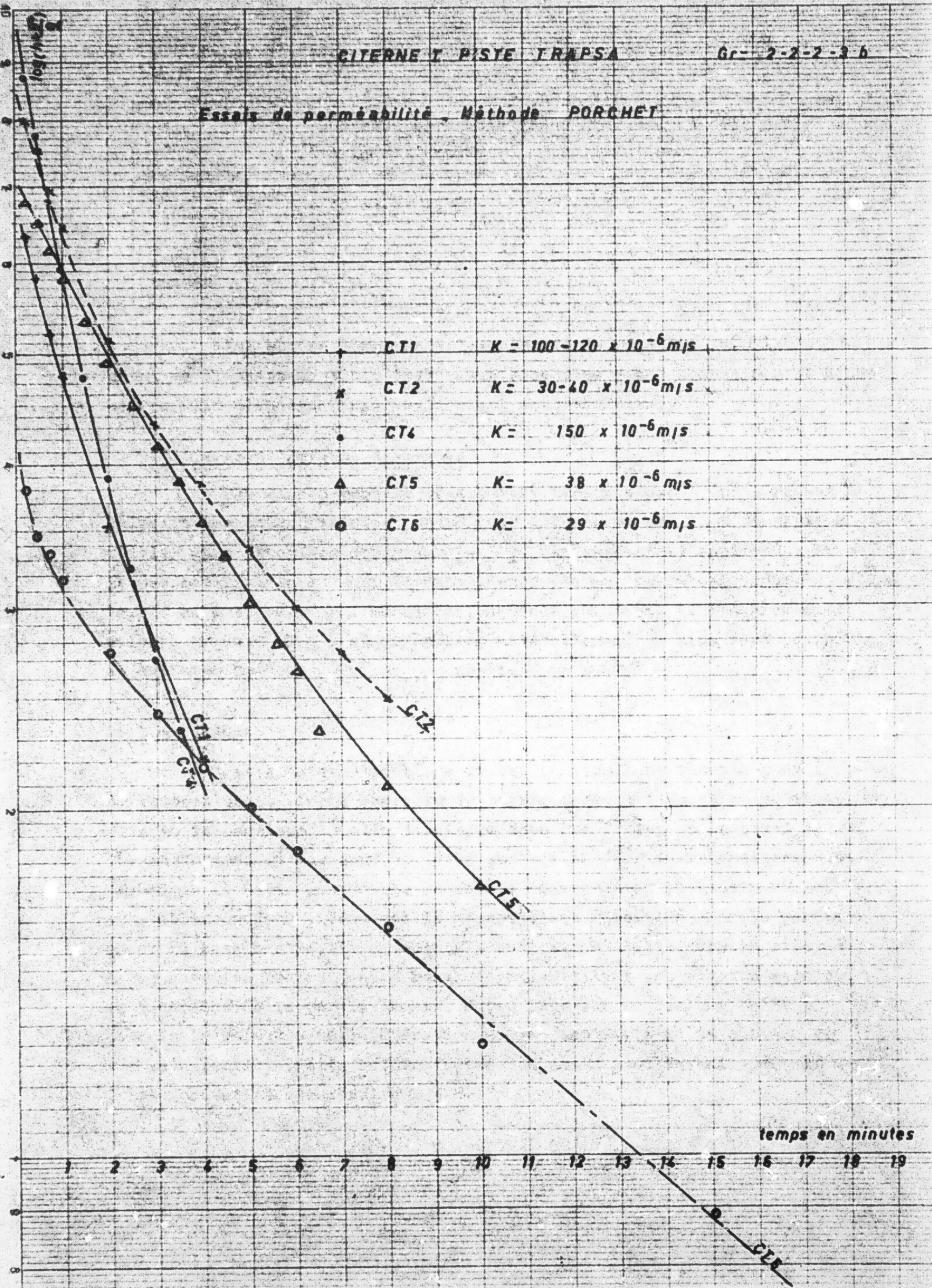
(2-4) F

CITERNE T. PISTE TRAPSA

Gr-2-2-2-3 b

Essais de perméabilité - Méthode PORCHET

- CT1 $K = 100 - 120 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT2 $K = 30 - 40 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT4 $K = 150 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT5 $K = 38 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT6 $K = 29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$



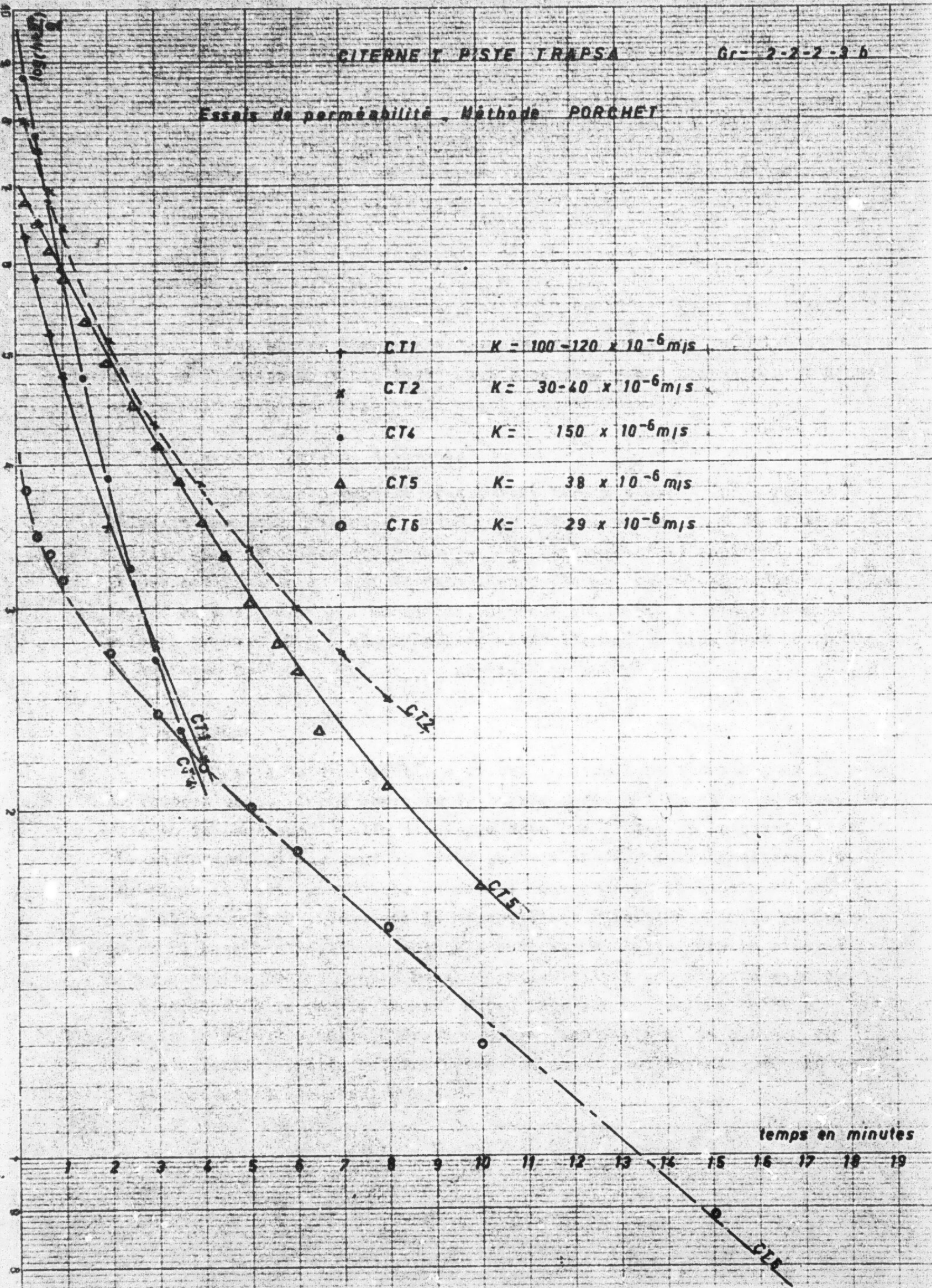
(2-4) F

CITERNE T. PISTE TRAPSA

Gr-2-2-2-3 b

Essais de perméabilité - Méthode PORCHET

- CT1 $K = 100 - 120 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT2 $K = 30 - 40 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT4 $K = 150 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT5 $K = 38 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- CT6 $K = 29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$



- Densité apparente (méthode du cylindre)

	Densité apparente (sans graviers et cailloux)	
	à l'état Humide	à l'état sec
Horizon supérieur SL	1,84 < d < 1,89	1,71 < d < 1,76
Horizon à nodules calcaires	2,06 < d < 2,07	1,88 < d < 1,90

Ici encore comme pour les mesures de capacité au champ et de point de flétrissement, des prélèvements en plus grand nombre seront nécessaires afin d'analyser statistiquement ces résultats.

b)- Caractéristiques chimiques

Pauvres en matière organique (teneur < 0,6 %), mais riches en calcaire ces sols présentent un pH voisin de 8. Si les taux de gypse sont faibles dans l'horizon supérieur (< 1 %), ils augmentent rapidement avec la profondeur, avec un maximum dans l'encroûtement calcaire-gypseux. La salure faible en surface ($C \approx 2$ mmhos/cm) augmente au niveau de l'encroûtement calcaire-gypseux ($C \approx 6$ mmhos/cm) avec naturellement un plus fort pourcentage de sulfates ($\frac{Cl}{SO_4} < 1$ - Cl et SO_4 exprimés en meq).

II.3.- Résumé

Cette citerne semble a priori un excellent terrain pour l'étude du ruissellement (forme compacte du bassin forte à l'amont et aptitude des sols au ruissellement), elle s'intègre dans une région où la quasi totalité des ressources en eau sont obtenues par utilisation du ruissellement pur. Cependant la nette différence entre les deux parties du bassin versant pose un problème majeur : dans quelle mesure l'eau ruisselée sur la partie amont du bassin s'infiltrer telle à l'aval avant d'atteindre la citerne ? Cette question pourrait être résolue en installant une station secondaire en contrebas de la partie amont (à peu près sur la fourche de la ravine principale) mais une telle opération ne se justifiait guère sur une si faible superficie. Cette hétérogénéité du bassin peut devenir gênante dans l'interprétation des résultats.-

- Densité apparente (méthode du cylindre)

	Densité apparente (sans graviers et cailloux)	
	à l'état Humide	à l'état sec
Horizon supérieur SL	1,84 < d < 1,89	1,71 < d < 1,76
Horizon à nodules calcaires	2,06 < d < 2,07	1,88 < d < 1,90

Ici encore comme pour les mesures de capacité au champ et de point de flétrissement, des prélèvements en plus grand nombre seront nécessaires afin d'analyser statistiquement ces résultats.

b)- Caractéristiques chimiques

Pauvres en matière organique (teneur < 0,6 %), mais riches en calcaire ces sols présentent un pH voisin de 8. Si les taux de gypse sont faibles dans l'horizon supérieur (< 1 %), ils augmentent rapidement avec la profondeur, avec un maximum dans l'encroûtement calcaire-gypseux. La salure faible en surface ($C \approx 2$ mmhos/cm) augmente au niveau de l'encroûtement calcaire-gypseux ($C \approx 6$ mmhos/cm) avec naturellement un plus fort pourcentage de sulfates ($\frac{Cl}{SO_4} < 1$ - Cl et SO_4 exprimés en meq).

II.3.- Résumé

Cette citerne semble a priori un excellent terrain pour l'étude du ruissellement (forme compacte du bassin forte à l'amont et aptitude des sols au ruissellement), elle s'intègre dans une région où la quasi totalité des ressources en eau sont obtenues par utilisation du ruissellement pur. Cependant la nette différence entre les deux parties du bassin versant pose un problème majeur : dans quelle mesure l'eau ruisselée sur la partie amont du bassin s'infiltrer telle à l'aval avant d'atteindre la citerne ? Cette question pourrait être résolue en installant une station secondaire en contrebas de la partie amont (à peu près sur la fourche de la ravine principale) mais une telle opération ne se justifiait guère sur une si faible superficie. Cette hétérogénéité du bassin peut devenir gênante dans l'interprétation des résultats.-

III - LA CITERNE - INSTALLATION ET MESURES

Nous décrivons ici comment la citerne fut équipée et les différentes difficultés de fonctionnement rencontrées par la suite.

III-1 Historique des installations

Cette citerne a été construite en 1956 par le HER (Hydraulique et Equipement Rural) elle fait partie du domaine public et qui veut peut y puiser. C'est principalement pour cette raison qu'elle fut équipée en premier, car les citernes privées sont jalousement surveillées par leurs propriétaires qui craignent que l'on y prélève une grande quantité d'eau, soit qu'elle soit polluée et qui s'opposent souvent à tout aménagement.

En 1968, cette citerne qui n'était pas entretenue ne fonctionnait plus; en effet les ouvertures avaient été sous dimensionnées par rapport à la taille du bassin versant et l'eau qui ne pouvait pénétrer dans la citerne s'était taillé un passage à côté formant une petite ravine qui contournait le bac à décantation à gauche et se trouvait à près d'un mètre en contrebas du seuil d'entrée du bac. Un aménagement sommaire dérivait les eaux d'une petite partie du bassin vers l'orifice de déversement qui était presque comblé: la citerne fonctionnait donc partiellement mais à l'envers. Il fallait avant tout la remettre en état de fonctionner.

III-1-1 Aménagement de la citerne

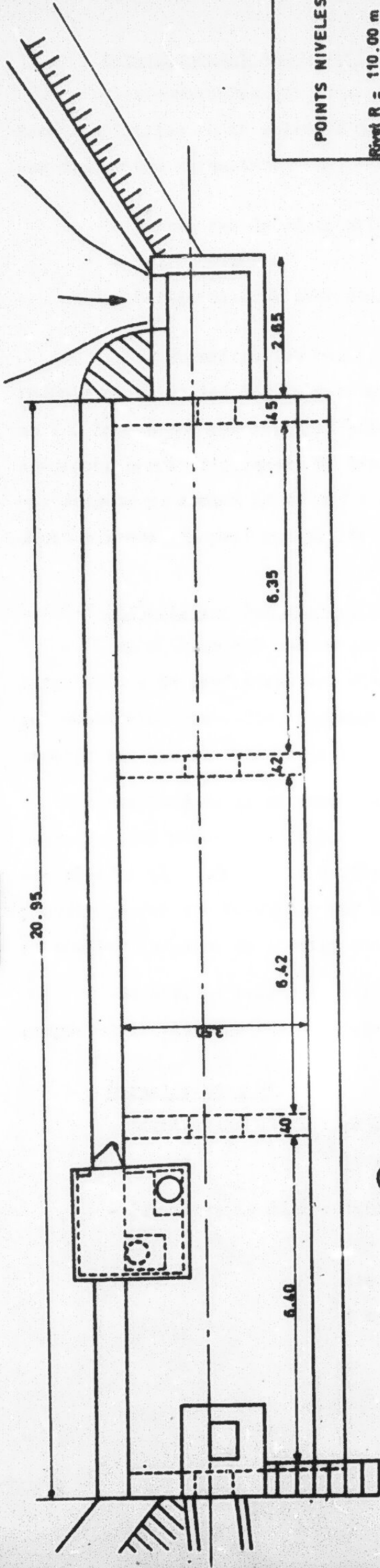
Construction des digues

Le premier travail a été du terrassement et de la maçonnerie. Le petit oued qui contournait le bac à décantation fut barré par un mur maçonné fondé à 1 m de profondeur s'appuyant en RD sur le désableur lui même et en RG sur une petite digue (tabia) en pierres et terre qui donnait une limite précise au bassin versant. L'Oued lui même fut remblayé sur les 20 derniers mètres et dirigé vers le bac à décantation.

En rive droite de la citerne une autre digue, renforcée sur 25 m environ d'un perré maçonné, délimitait le bassin versant. L'aval de l'ouverture de déversement fut déblayé et un petit canal maçonné construit pour diriger les eaux de débordement.

CITERNE I PISTE TRAPSA Km 686

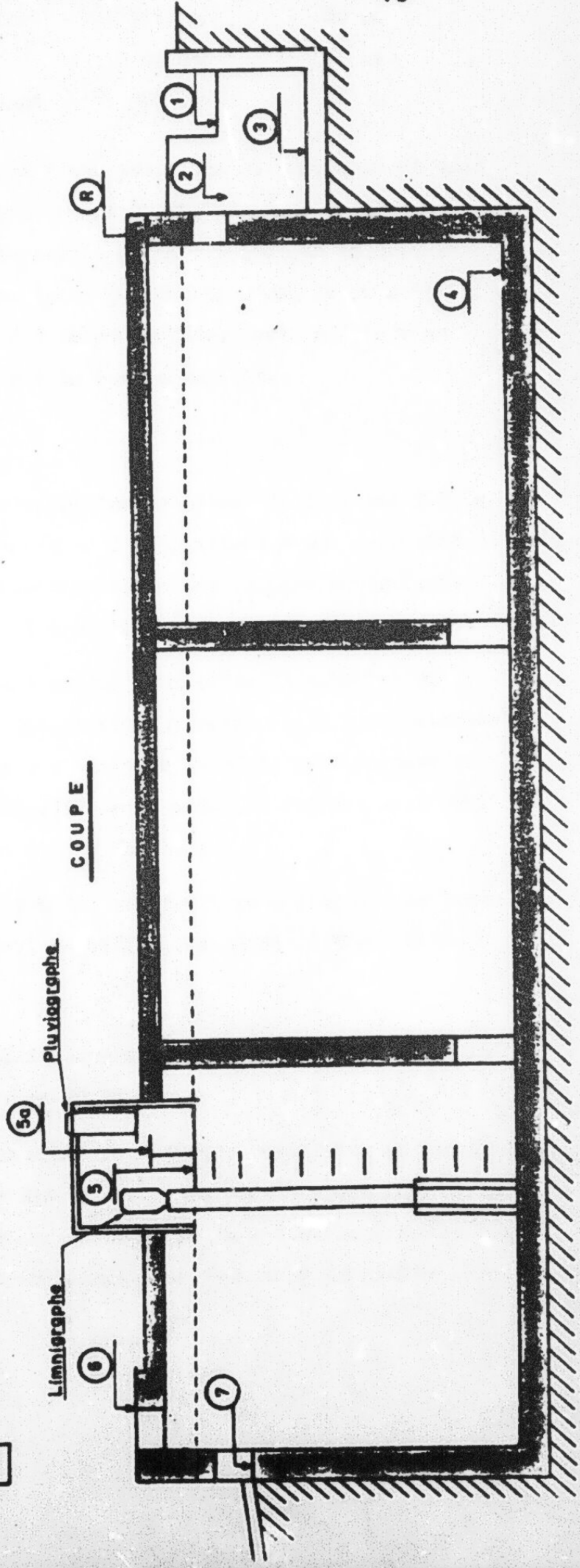
PLAN



POINTS NIVELES

Nivel R	= 110.00 m
1	= 109.35 m
2	= 109.26 m
3	= 107.92 m
4	= 104.85 m
5	= 110.01 m
5a	= 110.83 m
6	= 111.05 m
7	= 109.11 m

COUPE



échelle 1/100

Agrandissement des ouvertures

Les ouvertures qui étaient sous dimensionnées furent agrandies dans les limites où la solidité de la construction n'en souffrait pas, aux dimensions suivantes:

	largeur	Hauteur
- Entrée bac de décantation	115 cm	80 cm
- Entrée citerne	80 cm	80 cm
- Sortie citerne débordement	80 cm	60 cm

Pour connaître les hauteurs d'eau avec plus de précision et pour pouvoir calculer les débits deversés en cas de débordement, un déversoir en V à lame mince fut installé à la sortie de la citerne. En théorie le déversoir permet d'évacuer 250 l/s. (pour une charge d'eau de 50 cm et une largeur au sommet de 80 cm). Notons que ce débit est inférieur au débit maximum qui peut ruisseler sur le bassin versant.

III-1-2 Installation des appareils

La citerne qui mesure une vingtaine de mètres de long sur 3,5 de large et 5 m de profondeur est divisée en 3 compartiments par deux murs qui soutiennent la voûte, la communication entre ces compartiments étant assurée par des ouvertures de 1 x 1 m en bas et au milieu de ces murs.

Le fond de la citerne était enfoui sous 40 cm de sable et de terre (ce qui prouve que le bac à décantation ne remplissait pas pleinement son rôle); il a donc fallu sortir ces quelques 25 m³ de dépôts avant de pouvoir percer une ouverture sur le côté de la voûte du compartiment aval et sceller la gaine du limnigraphe et des échelons.

Un abri en brique de 2 x 2 m fut construit pour protéger le limnigraphe et le pluviographe qui furent installés les 24 et 25 Mars 1969.

Caractéristiques

- Limnigraphe OTT : type R 16 - réduction 1/20 - Avancement 16 mm/h
1 tour en 24 heures.
- Pluviographe SIAP : type Arabia - à augets basculants et bande déroulante - vitesse d'avancement 12,5 mm/h.
Surface de la bague de réception = 1000 cm².
1 basculement pour 0,2 mm de la pluie.

Agrandissement des ouvertures

Les ouvertures qui étaient sous dimensionnées furent agrandies dans les limites où la solidité de la construction n'en souffrait pas, aux dimensions suivantes:

	largeur	Hauteur
- Entrée bac de décantation	115 cm	80 cm
- Entrée citerne	80 cm	80 cm
- Sortie citerne débordement	80 cm	60 cm

Pour connaître les hauteurs d'eau avec plus de précision et pour pouvoir calculer les débits deversés en cas de débordement, un déversoir en V à lame mince fut installé à la sortie de la citerne. En théorie le déversoir permet d'évacuer 250 l/s. (pour une charge d'eau de 50 cm et une largeur au sommet de 80 cm). Notons que ce débit est inférieur au débit maximum qui peut ruisseler sur le bassin versant.

III-1-2 Installation des appareils

La citerne qui mesure une vingtaine de mètres de long sur 3,5 de large et 5 m de profondeur est divisée en 3 compartiments par deux murs qui soutiennent la voûte, la communication entre ces compartiments étant assurée par des ouvertures de 1 x 1 m en bas et au milieu de ces murs.

Le fond de la citerne était enfoui sous 40 cm de sable et de terre (ce qui prouve que le bac à décantation ne remplissait pas pleinement son rôle); il a donc fallu sortir ces quelques 25 m³ de dépôts avant de pouvoir percer une ouverture sur le côté de la voûte du compartiment aval et sceller la gaine du limnigraphe et des échelons.

Un abri en brique de 2 x 2 m fut construit pour protéger le limnigraphe et le pluviographe qui furent installés les 24 et 25 Mars 1969.

Caractéristiques

- Limnigraphe OTT : type R 16 - réduction 1/20 - Avancement 16 mm/h
1 tour en 24 heures.
- Pluviographe SIAP : type Arabia - à augets basculants et bande déroulante - vitesse d'avancement 12,5 mm/h.
Surface de la bague de réception = 1000 cm².
1 basculement pour 0,2 mm de la pluie.

Trois pluviomètres "association" de 400 cm² de surface de réception furent installés le même jour à droite, à gauche et au sommet du bassin. Ils furent volés au mois de juillet et remplacés le 18 juillet 1969 par trois pluviomètres totalisateurs SIAP avec bague de 5pouces de diamètre munis d'une éprouvette spéciale pour la lecture de la pluie en mm.

III-2 Difficultés de fonctionnement

L'accès difficile en temps de pluie et les conditions climatiques assez dures obligent à avoir des appareils robustes ayant une grande autonomie. En principe, les appareils étaient visités une fois par mois et le plus vite possible après une pluie.

- Le limnigraphe:

a fonctionné de façon très satisfaisante dans l'ensemble. Seul détail gênant lorsque le niveau d'eau ne bouge pas, la plume repasse plusieurs jours de suite sur la même horizontale et le papier s'imprègne largement d'encre la hauteur de départ d'un écoulement devenant imprécise. Cet inconvénient est d'ailleurs en partie compensé par le fait que la citerne est fissurée à une certaine hauteur et qu'un faible débit de fuite est enregistré lorsqu'elle est suffisamment pleine.

- Le pluviographe SIAP:

s'est révélé plus fragile et plus délicat. Ses défauts de fonctionnement sont dus essentiellement aux vents de sable et aux variations brusques d'humidité.

Les vents de sable transportant de très fines particules finissent par colmater l'ajutage de la bague de réception ; avec les premières gouttes de pluies ce sable très fin forme un ciment quasi imperméable et l'eau de pluie s'accumule dans l'entonnoir.

Le sable parvient aussi à pénétrer dans le mécanisme de l'appareil et à bloquer le mouvement d'horlogerie, malgré la double protection de l'appareil.

Les variations d'humidité qui se produisent juste avant ou au début d'une pluie ont pour effet de dilater le papier de la bande d'enregistrement et d'affaiblir les perforations bilatérales qui servent à entrainer la bande, celle-ci se met alors de travers se déchire et bloque l'avancement du système.

Les tentatives pour éviter ces incidents n'ont guère été encourageantes (capsules de dessiccateur, porte laissée entrouverte pour maintenir l'humidité ambiante).

Des essais prometteurs sont en cours pour éviter l'accumulation de sable éolien dans le pluviographe à l'aide d'une cuve de carburateur où l'eau se décantera avant de tomber dans les augets.

Ajoutons à cela que pour éviter les vols ou les détériorations, le pluviographe est placé dans l'abri en briques, la bague de réception dépassant de 3 à 4 cms du toit, ce qui provoque sûrement une erreur dans la mesure de la pluie due au rebondissement des gouttes sur le toit ; il en résulte que les intensités n'ont pas été enregistrées lors des écoulements les plus intéressants et que nous ne disposons des deux graphiques (limnigramme+ pluviogramme) que pour quatre crues.

IV - RESULTATS DES MESURES

Nous présenterons dans ce paragraphe les résultats du dépouillement des mesures de pluie et de ruissellement faite depuis le début du fonctionnement de la citerne (25-3-1969) jusqu'en décembre 1970. Nous ferons quelques commentaires sur ces résultats mais leur nombre insuffisant ne nous permet pas encore de les interpréter d'autant plus qu'il manque bien souvent les éléments essentiels à cette interprétation.

IV-1 Les pluies

Après deux années presque complètes de fonctionnement nous relevons sur le bassin versant une vingtaine d'épisodes pluvieux qui se révèlent extrêmement irréguliers tant dans leur nature que dans leurs effets. On remarque cependant que les averses se produisent plus souvent en automne et au printemps plutôt qu'en hiver.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les caractéristiques principales des averses relevées.

Les pluviomètres n'ayant été relevés parfois qu'après plusieurs averses nous avons donné les totaux pour des épisodes pluvieux et les hauteurs partielles ne sont indiquées pour le pluviographe que dans les cas où nous disposons de l'enregistrement. La pluviométrie moyenne est calculée par la méthode de Thiessen ; les aires d'influence des appareils étant de :

13,4 % du BV pour le pluviographe (PVg)

22,2 % du BV pour pluviomètre droite (PD)

33,6 % du BV pour pluviomètre du sommet (PS)

30,8 % du BV pour pluviomètre gauche (PG)

Les valeurs de l'intensité maximum (I max) en mm/h qui sont données dans ce tableau se rapportent à un pas de temps de 5 minutes qui est l'intervalle de temps minimum que nous ayons pu adopter pour le dépouillement.

Les quantités indiquées sont celles des hauteurs d'eau mesurées ; pour le calcul du ruissellement nous avons séparé par la suite les averses ayant donné lieu au ruissellement lorsque cela était possible.

.. / ..

DATE	DURÉE	PVg	PD	PS	PG	Pm Thiessen	Imax mm./h	OBSERVATION
7/4/69	-	8,4	-	-	-	-	-	Pas de ruissellement.
11/4/69	1H35'	6,8	-	-	-	-	24,0	id
14/4/69	3H00	4,4	-	-	-	-	7,2	id
du10/4/69 au15/4/69	-	11,4	10,9	12,0	11,0	11,4	-	id
5/5/69	15'	6,4	5,0	5,0	4,7	5,1	50,4	id
25,26/9/69	-	61,8	61,2	60,2	68,3	63,2	-	Pas d'enregistrement.
3/10/69	1H30'	3,0	-	-	-	-	4,8	Pas de ruissellement.
du29/9/69	-	7,4	8,3	8,2	8,0	8,1	-	
au14/10/69								
21/10/69	3H10'	23,6	-	-	-	-	78,0	Ruissellement
23/10/69	0H30	4,2	-	-	-	-	28,8	Ruissellement
28/10/69	2H10	5,6	-	-	-	-	7,2	Pas de Ruissellement.
du24/10/69 au 5/11/69	-	36,4	39,1	29,3	28,6	32,2	-	Ruissellement
du 5/11/69 au28/11/69	-	3,3	2,6	2,4	2,5	2,6	-	Pas de ruissellement.
29/11/69	1H30	3,5	3,1	2,0	3,2	2,8	14,4	Pas de ruissellement.
23/12/69	-	10,6	8,6	8,2	8,4	8,7	-	Pas de ruissellement.
5-6/1/70	7H00	22,0	19,2	17,2	19,0	18,8	86,4	Deux crues.
3-4/3/70	-	21,0	15,5	14,2	15,9	15,9	-	Pas de ruissellement
11/4/70	-	36,0	35,4	34,1	34,2	34,7	-	Faible Ruissellement.
8/6/70	-	2,0	1,0	Bouché	0,3	(0,7)	-	Pas de ruissellement.
du13/12/70 au20/12/70	-	70,2	69,8	70,7	73,6	71,3	-	Crues complexes.

IV-2 Ruissellement

Comme nous l'avons déjà noté le phénomène du ruissellement ne s'est produit que rarement au cours de ces deux années. En fait, au cours de six épisodes pluvieux d'importance très inégale nous avons pu individualiser 15 crues.

Les limnigrammes nous donnaient des variations du plan d'eau dans la citerne, donc des volumes d'eau ; nous avons obtenu les hydrogrammes indirectement, en calculant le volume d'eau entré dans la citerne toutes les 5 minutes ce qui nous a donné le débit moyen pendant 5 minutes donc un pluviogramme en paliers par lesquels nous avons fait passer la courbe de l'hydrogramme (cf. Gr. IV-2-a-e). Pour une seule crue (n°8) nous avons dû ajouter les débits déversés par débordement en fin de crue.

Cette méthode nous conduit à une certaine imprécision sur la valeur du débit maximum instantané sur l'hydrogramme ce qui est un énorme inconvénient, mais cependant nous avons pu vérifier que les volumes écoulés mesurés en planimétrant l'hydrogramme étaient égaux à moins de 5 % près pour chaque crue aux volumes mesurés dans la citerne.

Nous avons rassemblé dans un tableau récapitulatif toutes les valeurs dont nous disposons pour chaque crue, et pour chaque épisode pluvieux lorsque nous n'avions pas les enregistrements permettant de séparer chaque couple averse-crue.

Dans ce tableau, nous avons les caractéristiques de l'averse:

- PVG , PD , PS , PG = hauteurs de pluies relevées en mm, les chiffres entre parenthèses ont été obtenus en découpant la hauteur totale relevée pour un épisode pluvieux à un pluviomètre proportionnellement à la hauteur de l'averse enregistrée au pluviographe par rapport à la hauteur totale mesurée au pluviographe pour le même épisode.
- \underline{P} moy = pluie moyenne sur le bassin (méthode de Theissen)
- I max = intensité maximale pendant 5' en mm/h
- \underline{P}_a = pluie antérieure à l'averse ayant provoqué la crue,
- ta = temps séparant la pluie antérieure de l'averse en jours

les caractéristiques de la crue:

- vr = volume ruisselé en m³ il s'agit bien entendu du volume total de la crue puisqu'il n'y a que du ruissellement pur sur ce bassin.

- I_r = lame d'eau ruissellée en mm = $\frac{V_r}{s}$
- K_r = coefficient de ruissellement en % - Ce coefficient se rapporte soit à une crue soit globalement à un épisode pluvieux ce n'est donc pas une valeur homogène.
- t_p = temps de réponse du bassin ; nous avons considéré ici le temps séparant la maximum d'intensité du maximum de débit, étant donné l'intervalle de temps de 5' adopté pour les dépouillements, ce temps est assez imprécis.
- T_B = temps de base égal, ici à la durée de l'écoulement ; assez imprécis aussi pour les mêmes raisons aggravées du fait que le début et la fin de l'écoulement sont modifiés par la présence du bac à décantation.
- Q_{max} = débit maximum en l/s lu sur l'hydrogramme
- q_s_{max} = débit spécifique maximum en l/s/ha
- R = paramètre que nous pourrions appeler coefficient de ruissellement instantané et égal à

$$R = \frac{q_s \text{ max } \times 3600}{I \text{ max } \times 100} \text{ en } \%$$

et qui traduit le fait probable qu'une intensité I_{max} tombant pendant une seconde représente un "débit de pluie" =

$$\frac{I \text{ max } \times 10 \ 000}{3600} \text{ l/s/ha}$$

se transformant en un débit spécifique $q_s \text{ max}$ après un temps voisin de t_p .

TABEAU RECUPITULATIF DES CRUES

CITERNE N° I - Piste TRAPSA

S = 23800 m²

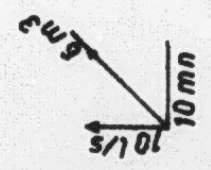
N°	DATE ET HEURE DE LA CRUE	DUREE AVERSE	PVG	PD	PS	PG	P	IMAX	Pa	Ta	Vt	Hr	Kr%	Tp	TB	Qmax I/s	Hsmax l/s/ba	R%
1	25/9/69 16 H00	-	-	-	-	-	-	-	6,8	143	31,8	1,34	-	-	25'	41	17,2	-
2	25/9/69 19H30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,4	1,87	-	-	20'	78	32,8	-
3	25/9/69 21H40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,0	0,38	-	-	16'	19,5	8,2	-
4	25/9/69 23H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93,6	3,94	-	-	25'	180	75,5	-
5	26/9/69 3H25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,4	1,36	-	-	40'	18	7,5	-
6	26/9/69 9H50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,6	1,29	-	-	25'	49	20,6	-
7	26/9/69 11H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,0	2,4	-	-	35'	49	20,6	-
Episode du 25/26/9/69		-	61,8	61,2	60,2	68,3	63,2	-	6,8	143	299,0	12,6	19,8	-	-	180	75,5	-
8	21/10/69 22H30	3H10'	23,6	(25,4)	(19,0)	(18,6)	20,9	78,0	1,4	0,5	140,9	5,82	27,8	25'	25'	275	115	53,5
9	23/10/69 7H45	0H30	4,2	(4,5)	(3,4)	(3,3)	3,7	28,8	23,6	1,3	15,5	0,65	17,6	20'	12'	61	25,6	32,0
10	5/1/70 21H30	1H00	11,6	(10,1)	(9,1)	(10,0)	9,9	86,4	0,4	0,5	83,9	3,52	35,5	20'	20'	194	81,5	34,0
11	6/1/70 0H40	20'	5,8	(5,1)	(4,5)	(5,0)	5,0	55,2	14,6	0,15	50,5	2,12	40,4	16'	17'	119	50	32,6
12	11/4/70 -	-	36,0	35,4	34,1	34,2	34,7	-	15,6	38,2	8,05	0,34	0,98	(Crue non enregistrée)		-	-	-
13	20/12/70 6H20	-	-	-	-	-	-	-	(7,0)	(5,7)	27,0	1,14	-	-	35'	29,5	12,4	-
14	20/12/70 7H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80,4	33,8	-	-	1H05'	98	41,2	-
15	20/12/70 8H30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85,8	3,61	-	-	55'	85	35,8	-
Episode du 13 au 20/12/70		-	70,2	69,8	70,7	73,6	71,3	-	(0,7)	188	222	9,33	13,1	-	-	98	41,2	-

uabils
l/s

CITERNE I PISTE TRAPSA

25 et 26. 9. 1969

Gr = IV-2-a

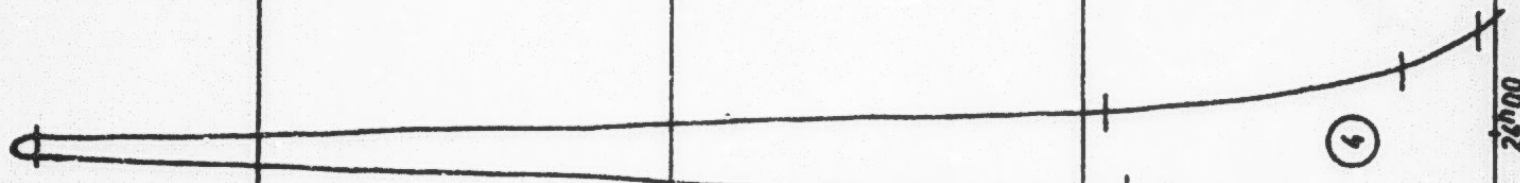
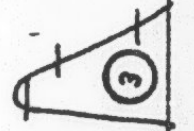
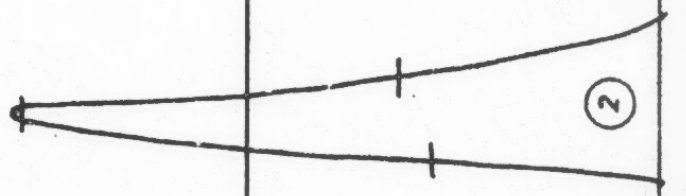
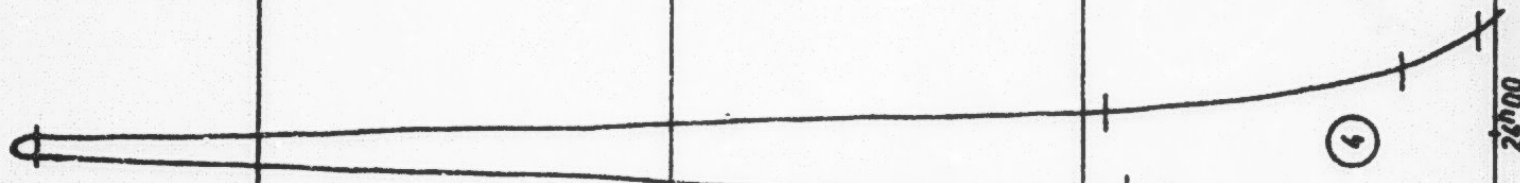


150

100

50

0



16100

19100

21130

24100

TEMPS

2 Débits
l/s

Gr = IV - 2 - b

CITERNE I PISTE TRAPSA

26 - 9 - 1969

10 l/s
5 m/s
10 mm

100

50

3000

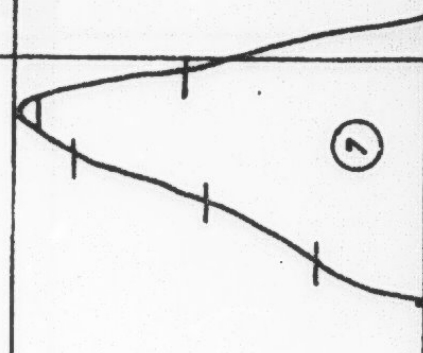
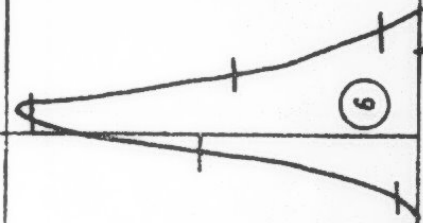
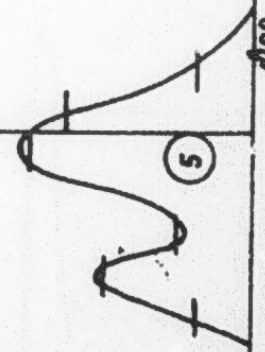
8000

9000

10000

11000

12000



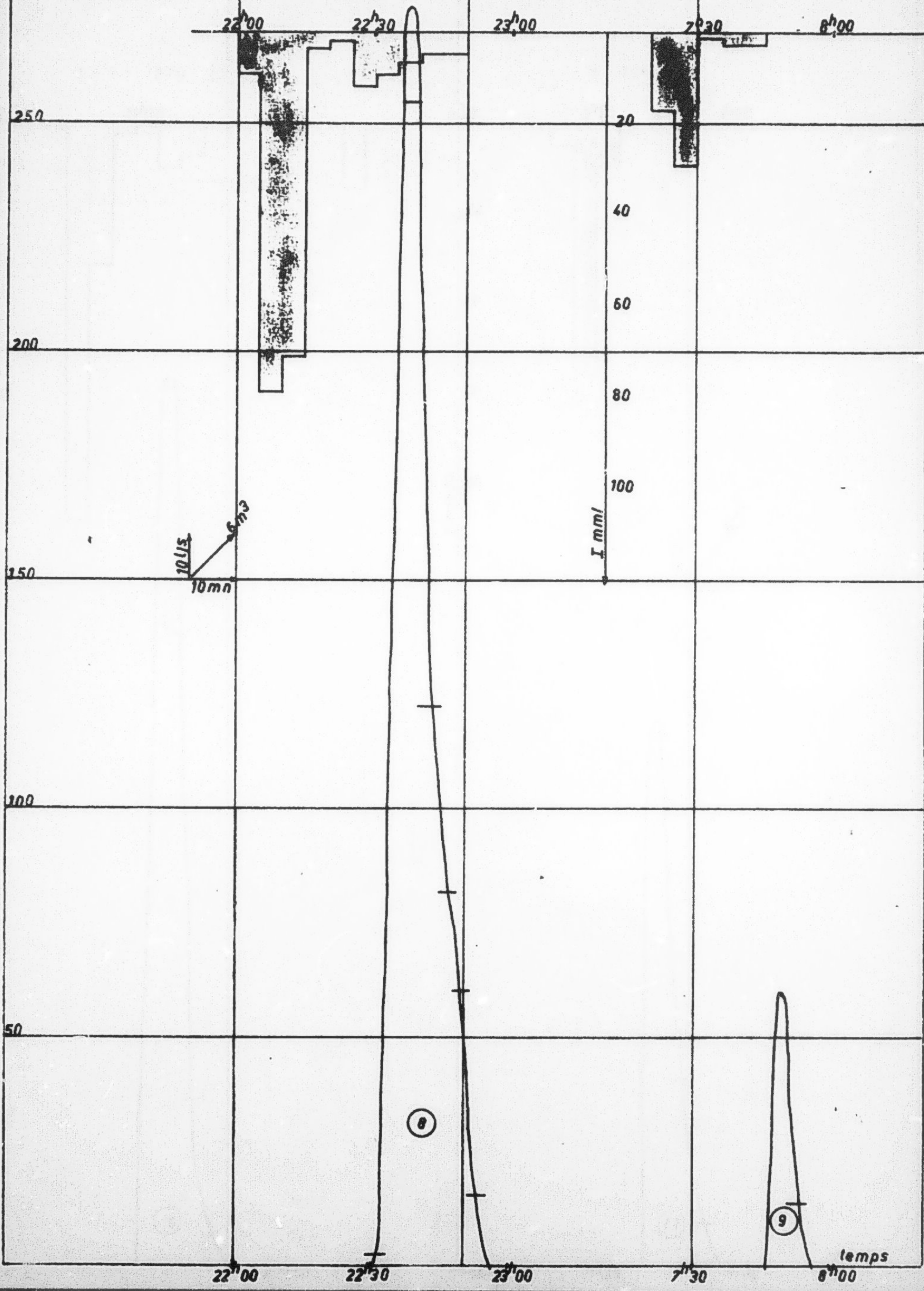
D Débits
l/s

CITERNE I PISTE TRAPSA

Gr = IV-2-c

21-10-1969

23-10-1969



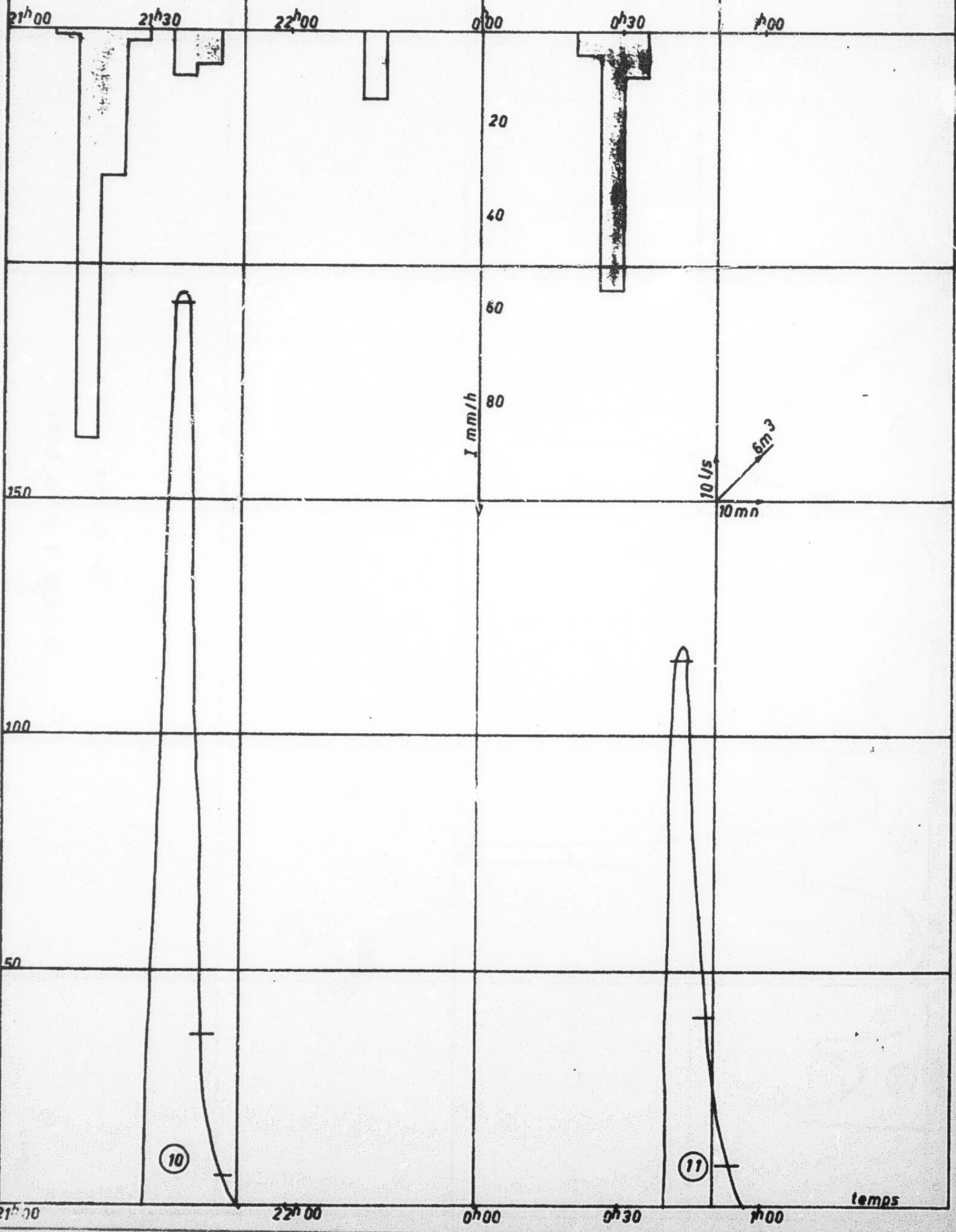
Débits
l/s

Gr = IX - 2 - d

CITERNE I PISTE TRAPSA

5 - 1 - 1970

6 - 1 - 1970



Débits
l/s

Gr = IV-2-e

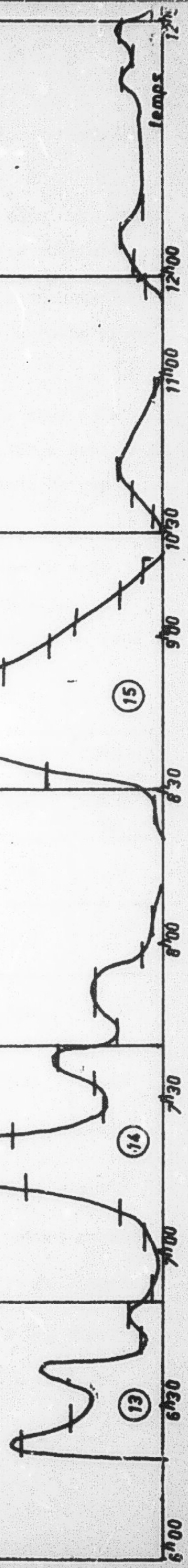
CITERNE I PISTE TRAPSA

20 - 12 - 1970

10 l/s
10 mn
6m3

100

50



IV-3 Salinité-Transport solide

A titre d'information nous avons fait analyser des échantillons d'eau prélevés dans la citerne.

Bien entendu on y trouve un mélange des eaux de plusieurs crues ce qui ne permet pas de conclure sur la salinité d'un volume ruisselé.

Seul le prélèvement N° 2 a été fait dans le bac à décantation après la crue du 11/4/70 ; il représente donc la salinité de cette seule crue.

Comme on peut s'y attendre la salinité est faible mais elle met tout de même en évidence que l'eau ruissellant pendant un temps très court sur des sols gypseux peut dissoudre assez rapidement les sels de ces terrains.

On note aussi qu'entre les crues, la concentration en sels dissous augmente progressivement ceci étant dû à la mise en solution d'une partie des sels entraînés dans les matières en suspension au fond de la citerne, ainsi qu'à l'évaporation.

N°	DATE DE PRELEVEMENT	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	CO ₃ H mg/l	RESIDU SEC mg/l	CONDUCT à 25°C mmhso/ cm
1	29 - 9 - 1969	80	5	7	181	14	24	360	0,48
2	14 - 4 - 1970*	36	1	11	49	35	30	220	0,47
3	28 - 4 - 1970	106	4	14	164	106	12	560	0,80
4	9 - 11 - 1970	104	7	4	131	18	189	500	0,64

- Nous n'avons pas chiffré le transport solide faute d'avoir des prélèvements fait au moment même de l'écoulement. Nous avons mesuré le rehaussement progressif du fond de la citerne avec une sonde à main en un seul point voisin de la gaine du limnigraphe. D'après ces mesures, à supposer que les matières en suspension se soient déposées de façon régulière au fond de la citerne (ce qui est peu probable),

.. / ..

on aurait en 18 cm de dépôts après les premières crues enregistrées en Septembre 1969, ce qui représente un volume de $13,3 \text{ m}^3$ auquel on ajoutera le volume du bac à décantation qui était plein : on estime alors à 19 m^3 le volume des matières transportées pour un volume total ruisselé de 299 m^3 , soit un transport en volume $TV = 6,33 \%$.

Ces dépôts étant déposés au fond de l'eau, la densité moyenne du volume mesuré ne doit pas être élevée ; d'après des mesures de densité faites autrefois au BIRH pour déterminer le taux de matières en suspension, nous pensons que cette densité ne doit pas dépasser 1,3 ce qui donnerait 24,7 tonnes de matières transportées pendant ces crues soit une teneur moyenne $T_p = 82,5 \text{ g/l}$ ce qui ne semble pas être une valeur exceptionnelle compte-tenu de ce que nous savons de certains oueds du centre et du Sud Tunisien.

Par la suite, les dépôts se sont légèrement tassés, et les volumes ruisselés ont été moins importants ; toujours d'après la mesure du rehaussement du fond de la citerne, nous arrivons aux estimations suivantes :

! N° DES !	VOLUME	! POIDS	! V	! TV	! TP
! CRUES !	TRANSPORTE	! TRANSPORT	! RUISSELLE !	!	!
!	m^3	! tonnes	m^3	!	g/l
!	!	!	!	!	!
! 1 à 7 !	19,0	! 24,7	! 299	! 6,33	! 82,5
! 8 et 9 !	8,16	! 10,6	! 156,4	! 5,22	! 4,45
! 10 et 11 !	2,72	! 3,54	! 134,4	! 2,03	! 26,3
! 13 à 14 !	4,08	! 5,3	! 222	! 1,84	! 23,9

Pour le total de la période étudiée le fond se serait rehaussé de 38 cm compte tenu des tassements progressifs, ce qui représenterait 33,5 tonnes pour un volume total ruisselé de $811,8 \text{ m}^3$ soit une teneur moyenne de $41,3 \text{ g/l}$ et un taux d'érosion de $14,1 \text{ t/ha}$.

Ne perdons pas de vue qu'il ne s'agit ici que d'estimations ne donnant qu'un ordre de grandeur.

IV-4 Commentaires

Les quatre couples averse-crues pour lesquels nous avons tous les renseignements nécessaires sont insuffisants pour analyser le ruissellement sur le bassin versant, cependant l'examen du tableau récapitulatif des crues

met en évidence les facteurs conditionnant le ruissellement.

a) Influence du couple Pa, ta

Ces deux valeurs influent le plus sensiblement le coefficient de ruissellement c'est ainsi que l'on note qu'une pluie de 5 mm (crue n° 11) a ruissellé à 40 % sur un sol bien humidifié trois heures auparavant alors qu'une pluie de 34,7 mm (crue n° 12) n'a donné qu'un faible écoulement sur un sol sec en surface. Il conviendrait de trouver un indice d'humidité rendant le mieux compte de l'état du sol au moment où commence une averse. L'établissement de profils hydriques en des points définis du bassin et à intervalles de temps réguliers après chaque averse devrait donner de précieuses indications à ce sujet. De telles mesures ont été commencées, mais elles nécessitent un minimum de matériel et de temps car il n'y a pas sur place d'observateur capable de faire des prélèvements.

b) Influence de l'intensité de la pluie

Il semble que ce soit le second facteur correctif du ruissellement. La mauvaise qualité de nos enregistrements ne nous a pas fourni suffisamment de matière pour analyser chaque averse, mais il serait intéressant par la suite d'établir de courbes d'intensité-durée pour chaque type d'averse, d'étudier les variations du rapport I_{max} / I_{moyen} , et les seuils d'intensité à partir desquels on constate un ruissellement.

Pour cela il faudrait aussi disposer d'enregistrements permettant de dépouiller avec un intervalle de temps très réduit (1 ou 2 mn).

Avec un nombre d'observations plus élevé, nous pensons qu'il sera possible d'analyser le ruissellement par la méthode des régressions multiples à partir de la lame ruissellée et de la pluie moyenne comme facteur principal, avec un indice d'humidité et un facteur dépendant de l'intensité comme facteurs de correction des écarts originaux.

c) Autres facteurs

Il conviendra de tenir compte de l'hétérogénéité du bassin ; par exemple pour la pluie du 3 et 4 Mars 1970 (16 mm), qui n'a donné aucun écoulement à la citerne et dont nous savons qu'elle a duré

une dizaine d'heures (faibles intensités), nous avons pu constater des traces de ruissellement à l'amont du bassin qui se perdaient dans la partie aval où l'eau s'était infiltrée dans la première tranche de sol qui était sèche.

- l'influence de facteurs tels que la forme du hyétogramme (pluie préliminaire, traine) le temps de réponse, la capacité d'infiltration ... pourront être pris utilement en considération à condition que le nombre d'observations soit plus étoffé qu'à l'heure actuelle.

V - C O N C L U S I O N

L'étude du ruissellement sur le bassin versant d'une citerne était basé sur l'idée d'utiliser un équipement déjà existant et fonctionnant convenablement mais de façon empirique. Cela permettait de faire des économies d'installation et de fournir des chiffres directement utilisables pour des petits aménagements d'hydraulique agricole.

Les deux années d'expérience que nous avons sur la première citerne équipée nous permettent de faire certaines critiques que nous énumérerons de façon à dégager les conditions de bon fonctionnement pour toute opération de ce genre.

L'inconvénient majeur de la citerne est qu'elle ne permet pas de mesurer les débits directement, que les écoulements sont enregistrés avec un décalage dans le temps correspondant au remplissage du bac à décantation et que le calcul des débits de débordement est un peu imprécis.

Il conviendrait de construire un seuil étalonnable à l'entrée du bac à décantation (seuil Parshall par exemple) et d'y placer le limnigraphe, (auquel cas la citerne en elle même n'est plus d'aucune utilité). On retrouvera alors les difficultés de fonctionnement habituelles pour un limnigraphe toujours à sec.

Le bac à décantation est toujours trop petit pour retenir toutes les matières en suspension. A défaut de pouvoir faire des prélèvements au moment de l'écoulement, il faudrait être maître du dimensionnement de ce bac et pouvoir le cuber et le vider après chaque crue.

Ce dernier point pose le problème de la facilité d'accès et de la présence d'un observateur permanent. De nombreux incidents de fonctionnement des appareils auraient été évités si quelqu'un avait pu les visiter au début de chaque épisode pluvieux ce qui n'était guère possible à partir de Gabés, la piste de la TRAPSA étant coupée par un certain nombre de petits oueds. Il semble nécessaire pour ne pas manquer les rares averses d'une année d'entretenir sur place un observateur (qui pourrait d'ailleurs surveiller plusieurs citernes voisines) mais dans ces régions il est très difficile de trouver un observateur sachant lire et écrire et acceptant de demeurer isolé aux limites du Sahara.

L'observateur idéal serait le propriétaire de la citerne lui même mais cela suppose qu'il sache lire et écrire, qu'il soit là en permanence et beaucoup de diplomatie.

Ceci permettrait d'être moins gênés par les conditions de fonctionnement des appareils. Il est sûr que l'appareillage idéal n'existe pas néanmoins pour un petit bassin comme celui de la citerne, il serait bon de disposer d'appareils à grande vitesse d'avancement (30 mm/h), à tambour (ou à table déroulante mais avec une bande en circuit fermé pouvant repasser plusieurs fois) et pouvant enregistrer la pluie et les hauteurs d'eau sur le même tambour ou du moins à partir du même mouvement d'horlogerie de façon à pouvoir caler les enregistrements avec précision.

Enfin pour les différentes mesures des paramètres du sol il faut disposer du matériel suffisant (tarières, capsules de prélèvement, infiltromètre de Muntz, étuves, balances, toutes choses qui ne sont pas toujours disponibles lorsqu'on en a besoin ou qui sont difficilement réalisables avec les moyens du bord).

En somme, les résultats obtenus au bout de deux ans ne sont pas encore très encourageants, à cause d'abord du faible nombre d'épisodes pluvieux ayant donné lieu à des ruissellements et des défaillances de l'appareillage à ces moments là. Nous espérons cependant pouvoir compléter les séries d'observations de façon à pouvoir fournir une première idée de l'importance du ruissellement dans le Sud Tunisien avant de pouvoir équiper de façon complète un bassin versant expérimental.

FIN

46

VUES