

RÉPUBLIQUE DU TCHAD

Présidence du Gouvernement

Ministère de l'Agriculture  
et des Eaux et Forêts

Sous-Direction du Génie Rural

ÉTUDE HYDRO-CLIMATOLOGIQUE  
des POLDERS de la Région de Bol

B. BILLON      J. CALLEDE      J. SABATIER

O. R. S. T. O. M.  
CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
SECTION HYDROLOGIE  
*Avenue du Général TILHO*  
FORT-LAMY.

Octobre 1963

7. 63

REPUBLIQUE DU TCHAD  
-----  
Présidence du Gouvernement  
-----  
Ministère de l'Agriculture  
et des Eaux et Forêts  
-----  
Sous-Direction du Génie Rural  
-----

ETUDE HYDRO - CLIMATOLOGIQUE  
des POLDERS de la Région de BOL

=====

B.BILLON J.CALLEDE J.SABATIER

O.R.S.T.O.M  
CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
SERVICE HYDROLOGIE  
Avenue du Général TILHO  
FORT-LAMY



24 JAN. 1964

Octobre 1963

7. 63

5254 ex 1

D8  
BIL

TABLE DE MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>Introduction</u> :	I
<u>Première partie : CLIMATOLOGIE</u>	
<u>Chapitre I</u> : <u>GENERALITES</u>	3
<u>Chapitre II</u> : <u>TEMPERATURE</u>	6
1 <sup>o</sup> ) : Variation de la température journalière	7
2 <sup>o</sup> ) : Températures mensuelles	7
3 <sup>o</sup> ) : Températures annuelles	II
4 <sup>o</sup> ) : Température de l'eau du Lac	II
5 <sup>o</sup> ) : Température du sol	I2
6 <sup>o</sup> ) : Variation de la température à BOL-MATAFO	I3
<u>Chapitre III</u> : <u>HYGROMETRIE</u>	I4
1 <sup>o</sup> ) : Variation journalière de l'humidité relative	I4
2 <sup>o</sup> ) : Variation inter-annuelle de l'hygrométrie	I8
3 <sup>o</sup> ) : Variation mensuelle de l'hygrométrie	I8
4 <sup>o</sup> ) : Variation mensuelle de l'hygrométrie à BOL-MATAFO	I9
<u>Chapitre IV</u> : <u>EVAPORATION</u>	22
1 <sup>o</sup> ) : Variation interannuelle de l'évaporation	22
2 <sup>o</sup> ) : Evaporation mensuelle	24
3 <sup>o</sup> ) : Corrélation entre les évaporations des divers bacs	26
4 <sup>o</sup> ) : Evaporation PICHE	26
5 <sup>o</sup> ) : Evaporation à BOL-MATAFO	26
<u>Chapitre V</u> : <u>LES VENTS</u>	28
1 <sup>o</sup> ) : Généralités	28
2 <sup>o</sup> ) : Fréquence de la direction des vents	29
3 <sup>o</sup> ) : Vitesse du vent	3I
<u>Chapitre VI</u> : <u>INSOLATION</u>	35



## I N T R O D U C T I O N

La culture irriguée, dans les Ouadis, puis dans les polders de BOL, est déjà assez ancienne. Elle est appelée, dans les circonstances actuelles, à un grand développement.

Néanmoins, si les polders sont cultivés depuis longtemps grâce à une expérience séculaire, leur développement et leur mise en valeur rationnelle ne peuvent être fondés que sur une connaissance précise des conditions climatologiques, hydrologiques et pédologiques.

Malgré la présence de la station météorologique de BOL exploitée sur la dune depuis une vingtaine d'année, il convenait d'effectuer des relevés climatologiques à une station implantée dans le polder même.

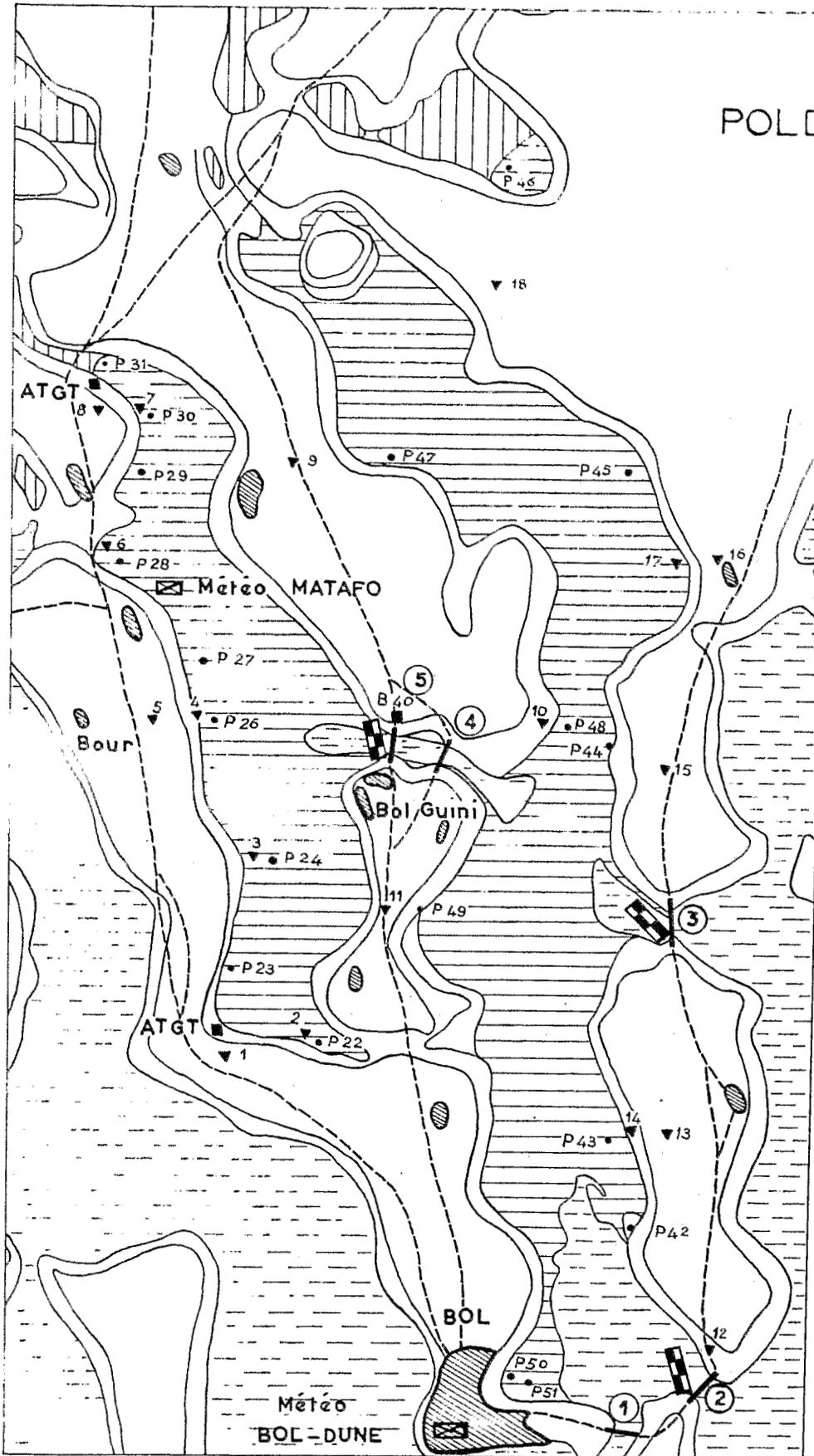
A cet effet, l'Administration de la République du TCHAD, par l'intermédiaire du Sous-Directeur du Génie Rural, a confié à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) par convention n° 9/OCRS, approuvée le 16 Juin 1962, le soin de créer cette nouvelle station et d'assurer son fonctionnement.

En outre l'ORSTOM devait étudier les variations du niveau de la nappe phréatique.

Le présent rapport présente les résultats des études effectuées dans ces deux domaines.

L'évolution de la salinité de la nappe et des sols sera traitée dans un rapport séparé.

# POLDERS DE BOL



- ▼ Pluviomètre
- Borne de nivellement
- Piézomètre
- ▣ Echelle
- ② Barrage

Echelle 1/50.000 env.

CRT 7230

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 6-5-63

DES: L. TRENOU

VISA:

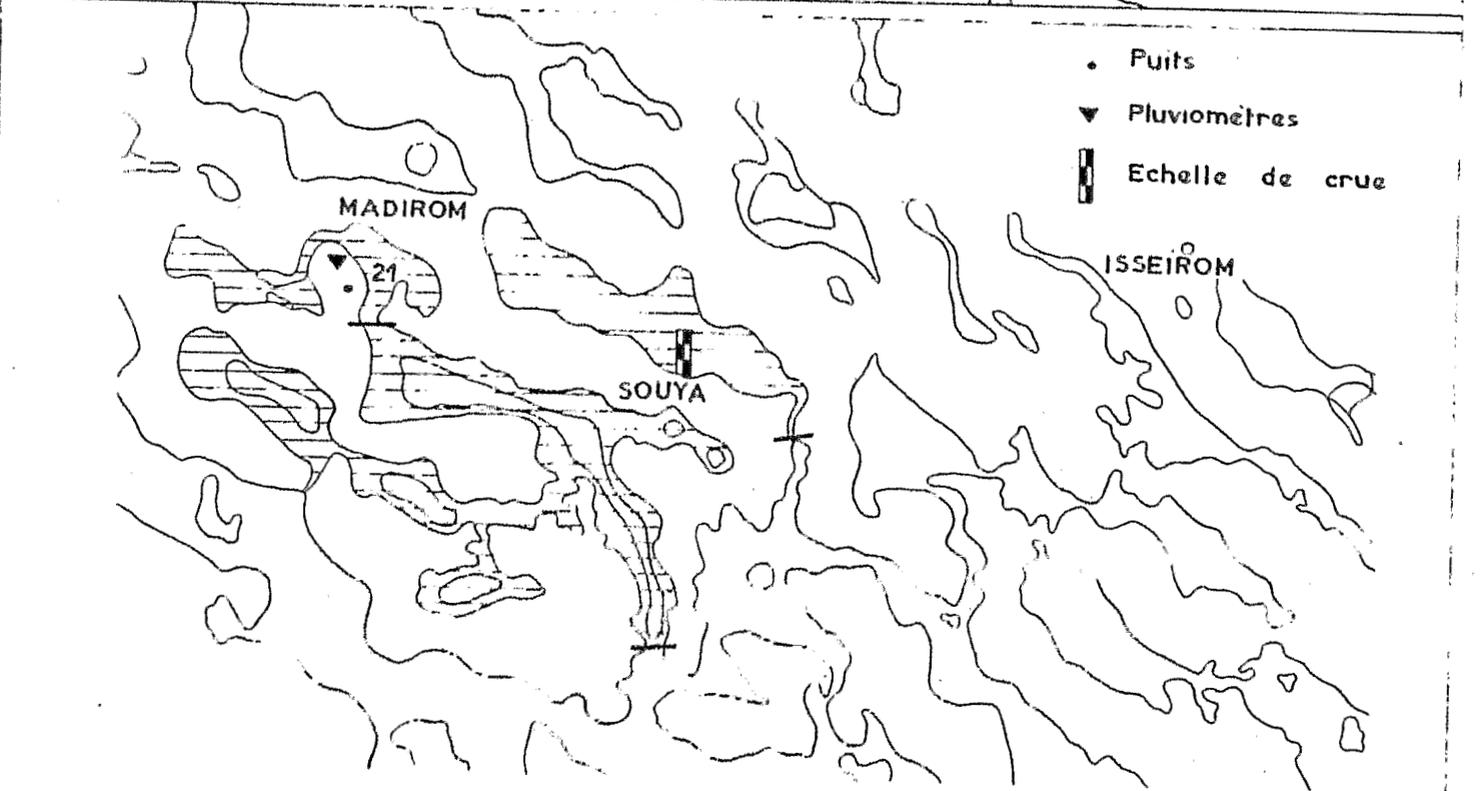
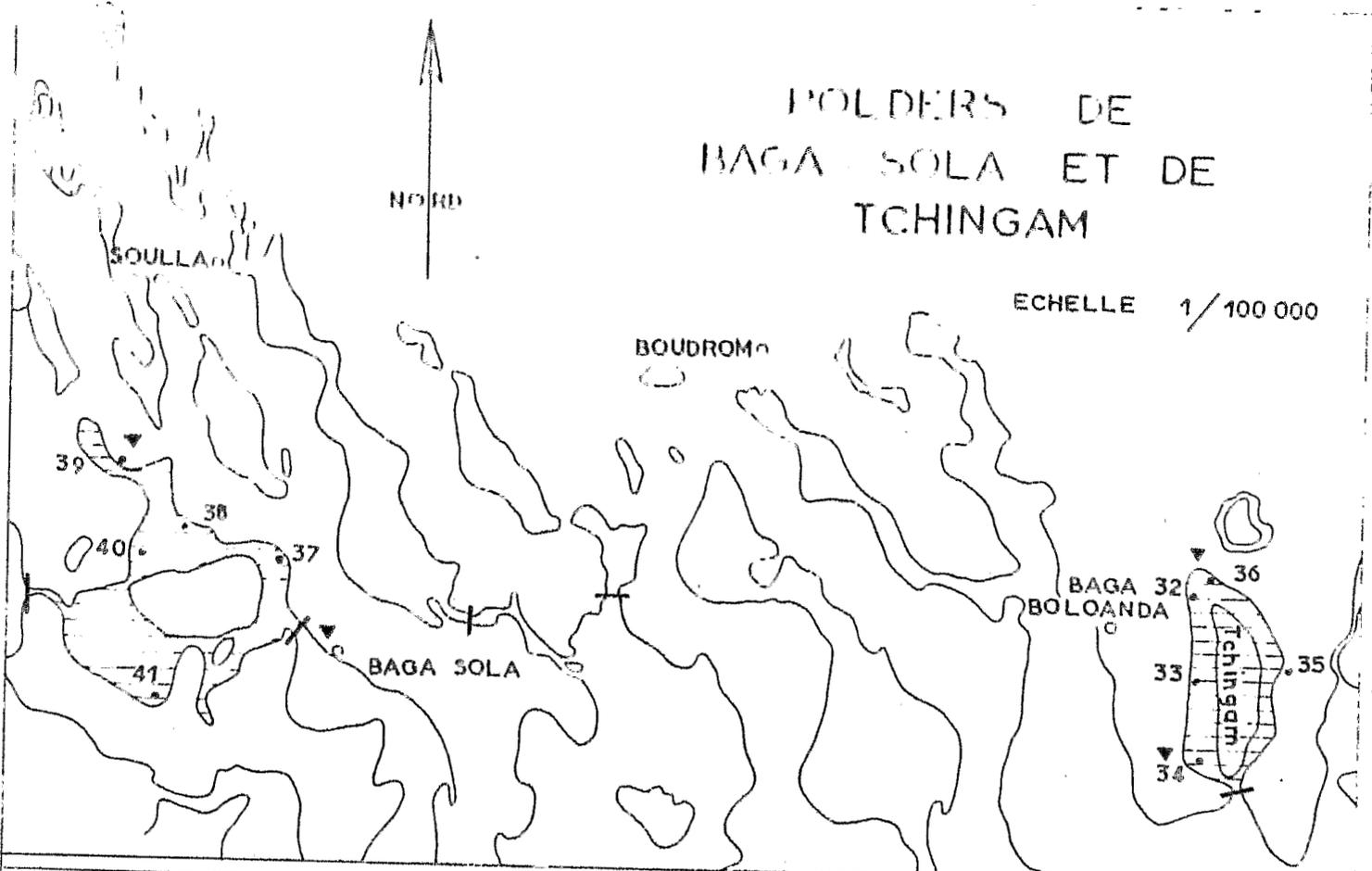
TUBE N°

H

# POLDERS DE BAGA SOLA ET DE TCHINGAM

NORD

ECHELLE 1/100 000



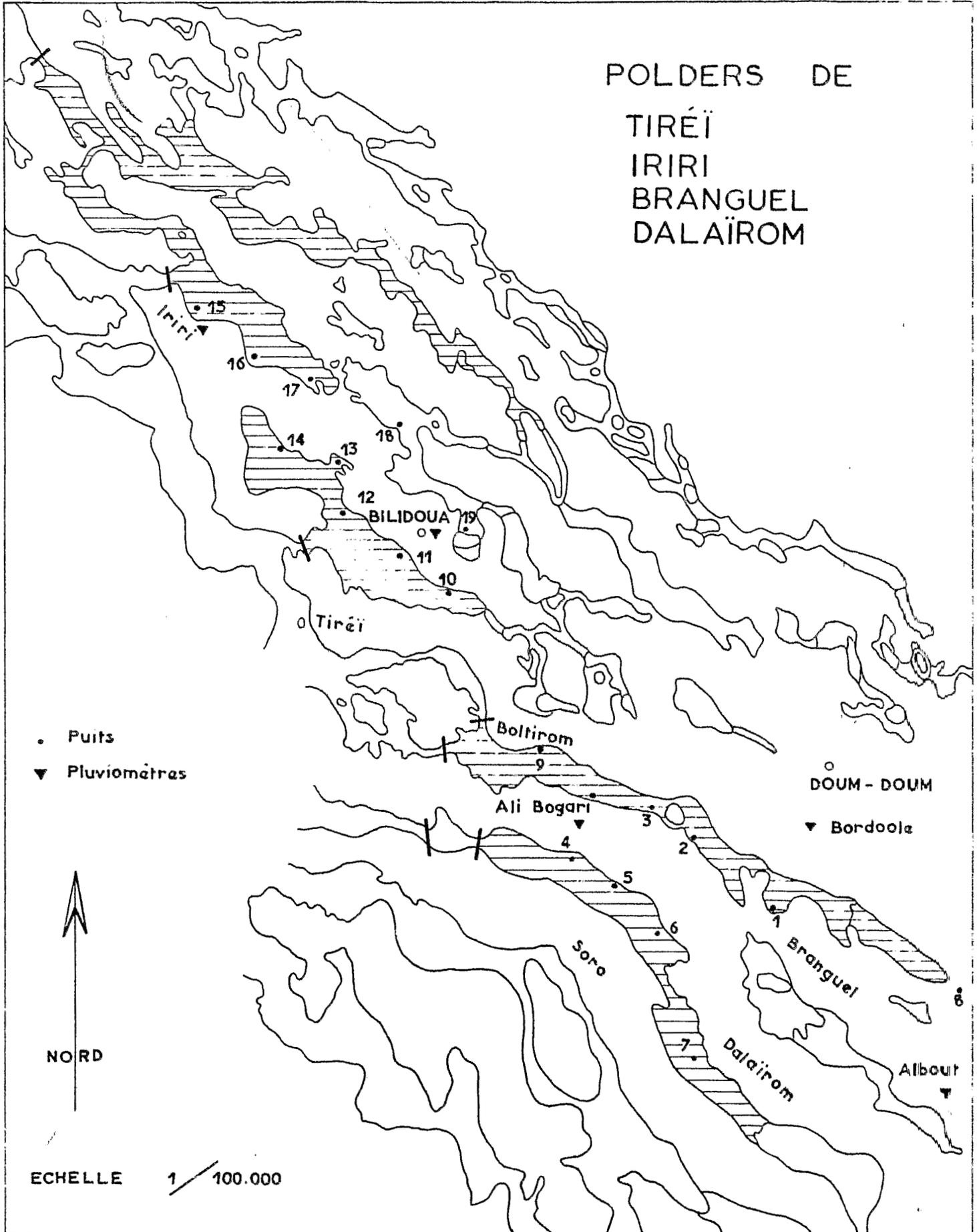
# POLDERS de SOUYA et de MADIROM

CRT 7296

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 12	LE: 6-7-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

# POLDERS DE TIRÉÏ IRIRI BRANGUEL DALAÏROM



**CRT 7295**

**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°	LE: 4-7-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

//) R E M I E R E

//) A R T I E

// L I M A T O L O G I E

---oo0oo---

## C H A P I T R E I

### GENERALITE

Les polders de BOL sont situés en limite septentrionale de la zone sahélienne, dans la classification du Service Hydrologique de l'ORSTOM, ce qui correspond à la zone sahélo-saharienne de la classification AUBREVILLE.

Les variations saisonnières y sont fonction de la position du Front Inter-tropical (FIT).

On distingue ainsi, à BOL, une saison sèche, de Novembre à Mai, et une saison des pluies (hivernage) de Juin à Octobre; les pluies étant presque entièrement concentrées sur les trois mois: Juillet, Août et Septembre.

Les observations météorologiques sont effectuées à BOL même, depuis un certain nombre d'années.

En 1908, la mission TILHO avait effectué des relevés assez complets (pluviométrie, température, pression atmosphérique, hygrométrie, vents, nébulosité), mais ces observations ont été arrêtées après quelques années et il faut attendre 1932 pour retrouver trace d'observations ne portant généralement que sur la pluviométrie et les températures. Ces observations ont été interrompues de 1941 à 1946. Seule la pluviométrie a été observée à nouveau depuis 1946 jusqu'à 1954.

A cette date, la Commission Scientifique du Logone et Tchad a installé une station météorologique complète. Celle-ci appelée BOL-DUNE (car implantée sur le sommet de la dune, à proximité du village de BOL) a été équipée progressivement, de façon à observer:

- la pluviométrie (Pluviomètre Association, puis pluviographe à augets basculeurs, pluviomètre totalisateur)
- les températures (thermomètres à maxima, minima, thermographe)
- l'hygrométrie (psychromètre, hygrographe)
- l'évaporation (bacs COLORADO, bac classe "A", évaporomètre PICHE)
- les vents (anémographe, girouette enregistreuse, anémomètre totalisateur)
- l'insolation (héliographe CAMPBELL).

En 1956, une station auxiliaire est créée par l'ORSTOM sur une île proche (BOL-ILE). Equipée à l'origine d'un bac d'évaporation, elle a été complétée depuis pour la mesure des températures et de l'hygrométrie.

En 1962, la Sous-Direction du Génie Rural a demandé à l'ORSTOM de réaliser une troisième station, qui a été implantée dans le polder de BOL-GUINI près du village de MATAFO (BOL-MATAFO).

Cette station est équipée :

- d'un pluviomètre Association et d'un pluviographe à augets basculeurs
- d'un jeu de thermomètres à maxima et minima
- d'un psychromètre
- de deux bacs d'évaporation (COLORADO et classe "A")
- d'un évaporomètre PICHE
- d'un anémomètre totalisateur.

Ces trois stations possèdent un abri météorologique type "anglais", de dimension standardisée, pour protéger les instruments de mesure.

Enfin pour déterminer avec plus de précision la répartition de la pluviométrie sur les polders, 18 pluviomètres totalisateurs y ont été installés en Juin 1962.

Il convient malheureusement de signaler les difficultés rencontrées par l'ORSTOM, tant pour le recrutement du personnel local qualifié pour le relevé des observations, que pour assurer un fonctionnement continu des enregistreurs. Aussi a-t-il été nécessaire d'éliminer une partie des relevés, quand la valeur des observations ou le fonctionnement des appareils ne permettaient plus d'affirmer l'exactitude des résultats.

Enfin, qu'il nous soit permis de remercier, pour sa collaboration, le Service Météorologique de l'ASECNA, qui nous a prodigué ses conseils et mis sa documentation et la collection de ses relevés à notre disposition.

--ooOoo--

## C H A P I T R E    II

### TEMPERATURES

Les températures de l'air sont relevées de la façon suivante :

a) - Station de BOL-DUNE

De Mai 1932 à Juillet 1933, puis à partir d'Avril 1954, relevé journalier des températures minimales et maximales, mesurées sous abri.

A partir du 14 Septembre 1954, le relevé des variations journalières est complété par un thermomètre enregistreur à rotation hebdomadaire.

b) - Station de BOL-ILE

Les températures maximales et minimales ont été observées sous abri, de Mai 1957 à Septembre 1961. Un thermomètre enregistreur à rotation hebdomadaire fonctionne depuis le 4 Juin 1956.

c) - Station de BOL-MATAFO

Les températures maximales et minimales sont observées, sous abri, depuis le 6 Juillet 1962.

- Température de l'eau du Lac

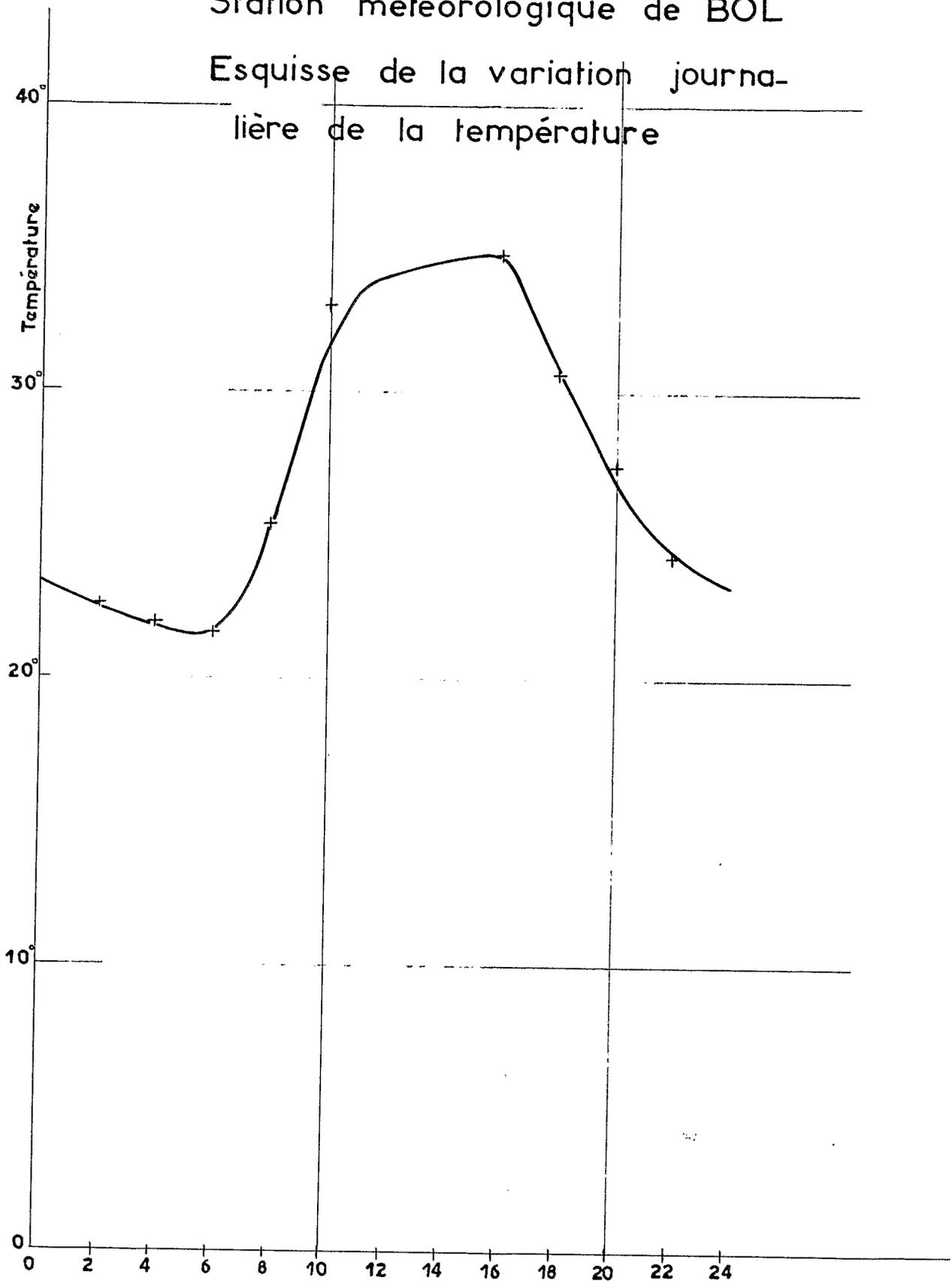
La température de l'eau du Lac a été relevée à 06.00, 12.00 et 18.00, de Janvier 1956 à Décembre 1960 et à 06.00 seulement en 1961.

- Température du Sol

La température du sol a été mesurée en 1956 par trois relevés journaliers à 06.00, 12.00 et 18.00 - Il est difficile d'exploiter la variation journalière de la température du sol (bien plus considérable que celle de l'air) par manque des relevés des températures maximales et minimales.

# Station météorologique de BOL

## Esquisse de la variation journalière de la température



CRT 7258

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 4-6-63

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

## 1<sup>e</sup>) Variation de la température journalière de l'air

La température journalière est surtout fonction de l'ensoleillement.

Après être passée par son minima au lever du soleil (06.00) le sol s'étant refroidi par rayonnement, la température croît jusqu'à 13.00, présente un palier légèrement ascendant de 13.00 à 16.00 où son maximum est atteint lorsque la quantité de chaleur reçue compense juste les pertes par rayonnement. La température décroît ensuite régulièrement jusqu'à 06.00.

D'autres facteurs influent sur la température :

- les précipitations : (la partie de la pluie qui s'évapore au cours de la chute et à la surface du sol donne lieu à une baisse de température. Le rafraichissement est immédiat et atteint facilement 10°).

- les vents, par la température propre de l'air et leur action sur l'humidité de l'air

- la nébulosité

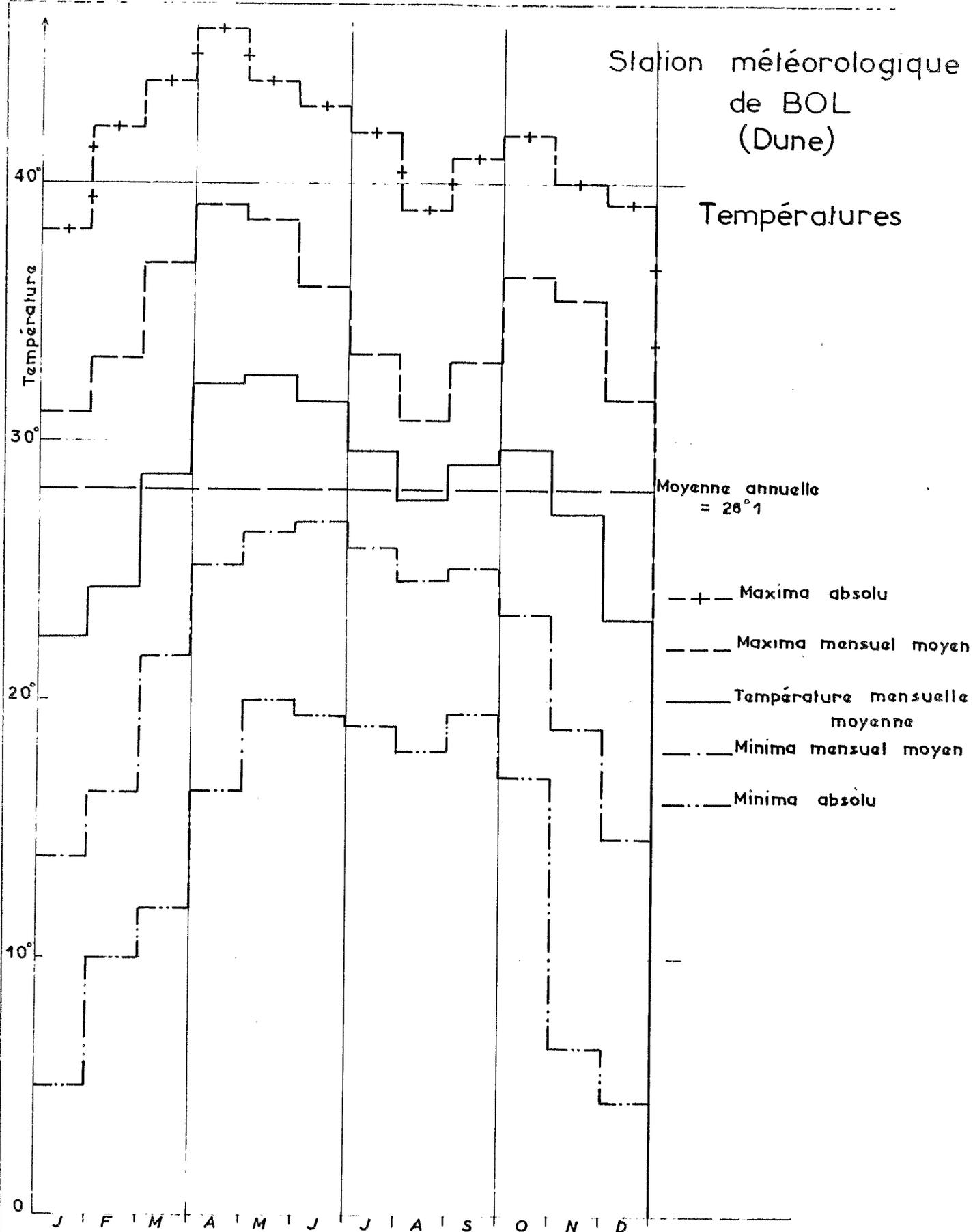
- l'implantation des stations : la station de BOL-DUNE présente des maxima supérieurs à ceux de BOL-ILE de par la présence plus proche du Lac à cette dernière station (rôle modérateur de l'eau dû à l'évaporation durant le jour et à l'humidité, généralement plus importante).

## 2<sup>e</sup>) Températures mensuelles de l'air

La variation des températures mensuelles aux stations de BOL-DUNE et BOL-ILE est donnée par le tableau suivant : (on notera qu'aux stations la durée de la période d'observation est suffisante pour que la moyenne qui en ressort soit déjà assez précise).

Station météorologique  
de BOL  
(Dune)

Températures



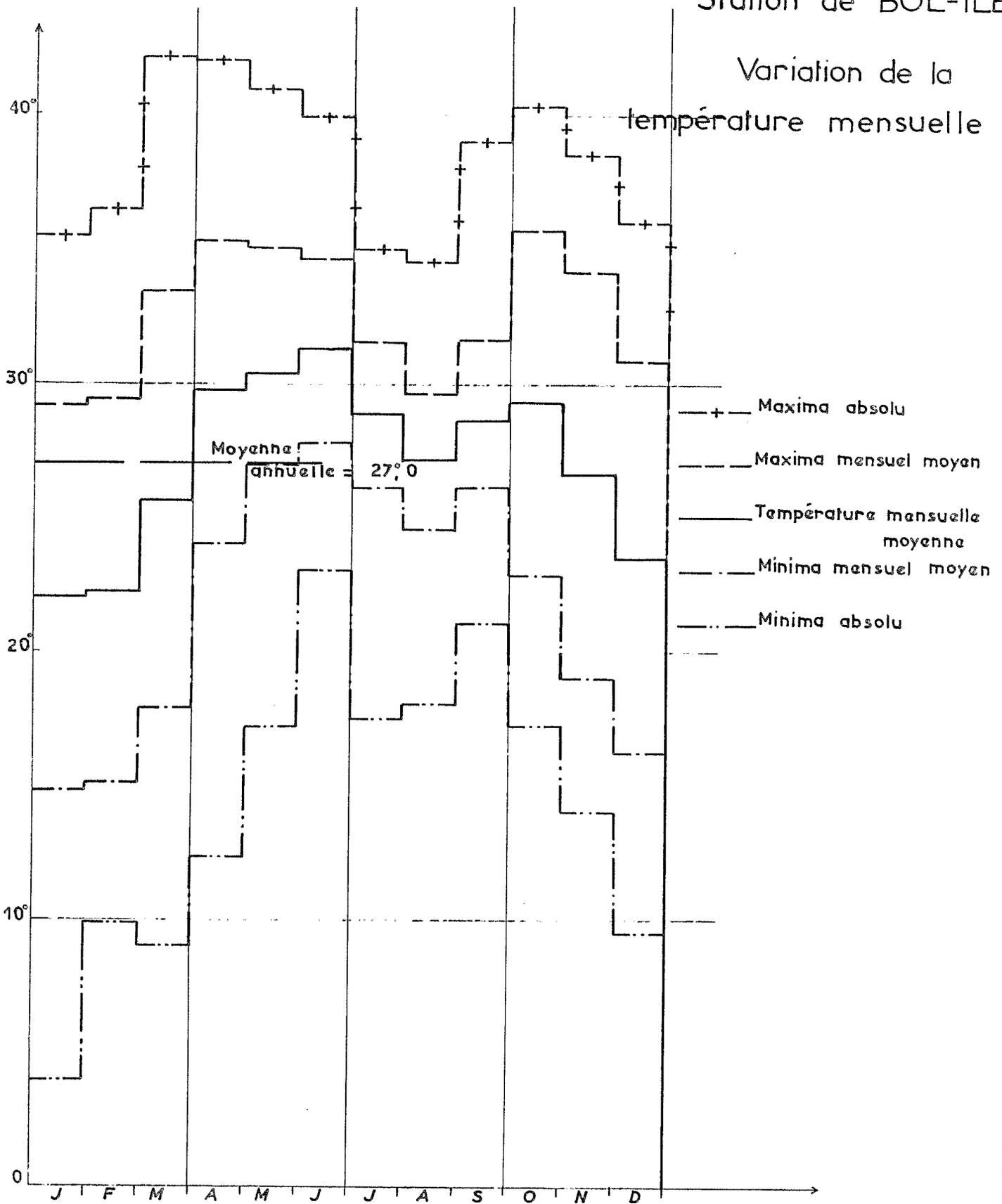
CRT 7255

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 31-3-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

# Station de BOL-ILE

## Variation de la température mensuelle



CRT 7254

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 31-5-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

VARIATION DE LA TEMPERATURE MENSUELLE

Temp. en °	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Temp. moy.	22.4	24.3	28.7	32.2	32.5	31.5	29.6	27.7	29.1	29.7	27.2	23.1	28.1
Ecart type	1.5	1.7	1.5	1.2	0.8	1.3	1.2	0.8	0.9	0.5	2.0	2.0	0.7
Moy. maxi.	31.1	33.2	36.9	39.2	38.6	36.0	33.4	30.8	33.1	36.4	35.5	31.6	34.6
Ecart type	1.3	2.3	1.7	1.0	1.3	1.7	1.4	1.1	1.0	0.8	1.3	1.5	0.3
Moy. mini.	13.9	16.4	21.7	25.2	26.5	26.9	25.9	24.6	25.1	23.3	18.9	14.6	21.8
Ecart type	1.9	1.4	1.9	1.5	1.1	1.5	1.1	1.0	1.2	1.1	3.0	3.8	1.0
Maxi. abso.	38.2	42.2	44.0	46.0	44.0	43.0	42.0	39.0	41.0	41.9	40.0	39.2	
Mini. abso.	5.0	10.0	11.9	16.5	20.0	19.6	19.0	18.0	19.5	17.0	6.5	4.4	
<hr/>													
Temp. moy.	22.0	22.2	25.6	29.7	30.3	31.2	28.8	27.1	28.6	29.3	26.6	23.5	27.0
Ecart type	2.2	1.7	1.4	3.6	2.8	1.0	1.5	1.5	1.5	1.9	1.0	2.0	1.4
Moy. maxi.	29.2	29.4	33.4	35.3	35.0	34.6	31.5	29.6	31.6	35.7	34.1	30.8	32.4
Ecart type	1.9	2.0	1.6	3.1	3.7	0.8	1.6	2.1	2.1	2.0	1.2	1.8	1.5
<hr/>													
Moy. mini.	14.8	15.1	17.9	24.0	26.9	27.8	26.1	24.5	26.1	22.8	19.0	16.2	21.8
Ecart type	2.4	1.6	1.4	4.4	1.0	1.2	1.5	1.8	1.9	2.1	0.9	2.3	1.4
<hr/>													
Maxi. abso.	35.5	36.5	42.1	42.0	40.9	39.9	35.0	34.5	39.0	40.3	38.5	36.0	
Mini. abso.	4.0	9.9	9.0	12.3	17.2	23.2	17.5	18.0	21.0	17.9	14.0	9.5	

Température moyenne =  $\frac{\text{Température maximale} + \text{Température minimale}}{2}$

(définition ONM)

$$\text{Ecart type} = \sqrt{\frac{\sum (T - T_{\text{moy}})^2}{n - 1}}$$

n : nombre d'années d'observation.

On remarque que :

- La température passe un maximum (maximum principal) en Avril-Mai (théoriquement, le maximum devrait avoir lieu lorsque le soleil est au zénith, soit, pour BOL - 13° 30' Lat.N., le 27 Avril)

Température moyenne	=	32° 5
(BOL-DUNE)		
Amplitude journalière	=	14° 0
moyenne		

- La température passe par un minimum en Août, (c'est le mois le plus pluvieux)

Température moyenne	=	27° 7
(BOL-DUNE)		
Amplitude journalière	=	6° 2
moyenne		

- En Octobre se situe un nouveau maximum (le soleil est au zénith le 17 Août)

Température moyenne	=	29° 7
(BOL-DUNE)		
Amplitude journalière	=	13° 1
moyenne		

- qu'un second minimum (minimum principal) s'observe en Décembre-Janvier (c'est le 21 Décembre que le soleil est le plus bas sur l'horizon)

Température moyenne = 22° 4  
(BOL-DUNE)  
Amplitude journalière = 17° 2

L'amplitude moyenne annuelle est, pour la station de BOL-DUNE, de 12° 8.

Comme on peut s'y attendre sous une telle latitude, la minimum principal est en hiver, mais l'effet rafraichissant de la saison des pluies est loin d'être négligeable.

La station de BOL-ILE, tout en suivant une variation de température indentique à celle de BOL-DUNE, annonce, de par sa situation tout au bord du Lac, des températures maximales (et par conséquent, des températures moyennes) inférieures à celles de BOL-DUNE. Par contre les températures minimales sont à peu près comparables.

L'amplitude moyenne annuelle, à BOL-ILE, n'est que de 10°6, soit 2°2 de moins qu'à BOL-DUNE.

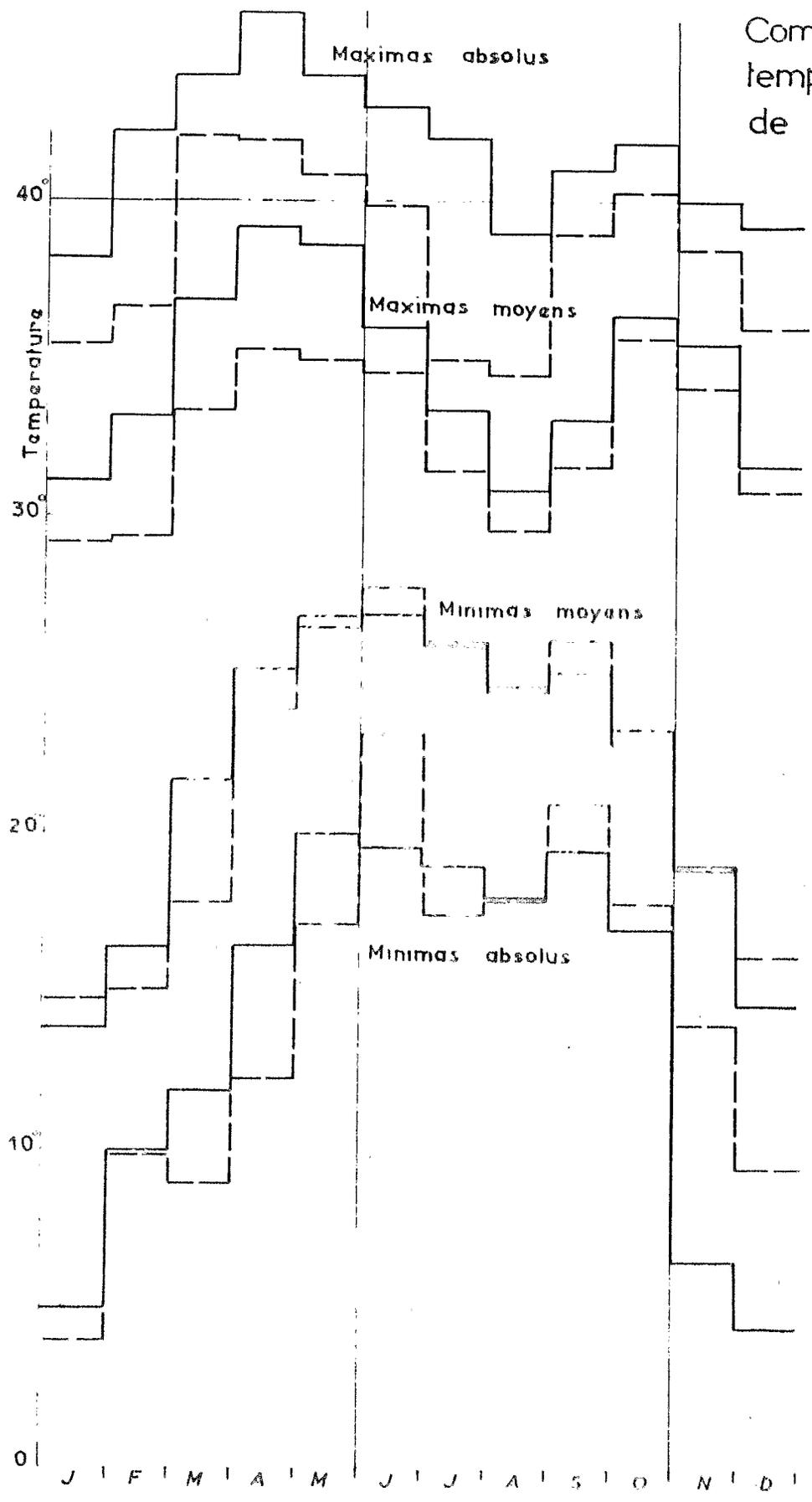
Ces constatations sont bien en accord avec l'effet régularisateur du Lac, régularisation qui joue surtout pour la réduction des températures les plus élevées par l'effet de l'évaporation.

L'amplitude maximale absolue (écart entre les maximums et les minimums absolus) est de :

	<u>BOL-DUNE</u> :	<u>BOL-ILE</u> :
Maximum absolu	46° 0	35° 3
Minimum absolu	4° 4	4° 0
Amplitude maximale	41° 6	29° 3

Remarque : On peut s'étonner de la valeur des minimums absolus. Ceux-ci ont été observés en Novembre, Décembre 1961, et les valeurs contrôlées lors d'une tournée hydrologique qui a été effectuée au cours de cette période, peuvent être garanties.

Comparaison entre les températures mensuelles de Bol-Dune et Bol-Ile



Bol - Dune  
Bol - Ile

CRT 7251

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED 17 LE 31 5 63 DES L TRENOU VISA TUBEL N H

Il convient également de rappeler que, lors de la Mission TILHO en 1907 - 1908, des températures plus basses encore ont été relevées :

- le 29 Décembre 1907 : 3° 7 à BOSSO (NIGER)
- le 22 Janvier 1908 : 1° 4 à BOSSO et à BOL

### 3°) Températures annuelles

Les températures moyennes annuelles, pour la même période d'observations sont relativement constantes.

On observe :

- A BOL-DUNE : Température annuelle moyenne = 28° 1  
Ecart type = 0° 7
- A BOL-ILE : Température annuelle moyenne = 27° 0  
Ecart type = 1° 4

Le micro-climat de BOL-ILE est, bien entendu, la cause des écarts entre les deux stations.

Les variations inter-annuelles sont relativement faibles. Entre l'année la plus chaude et l'année la plus froide, on observe une différence de :

2° 5 à BOL-DUNE  
2° 7 à BOL-ILE

A titre de comparaison, la température moyenne inter-annuelle de MAO est de : 29° 1  
et celle de FORT-LAMY de : 27° 4

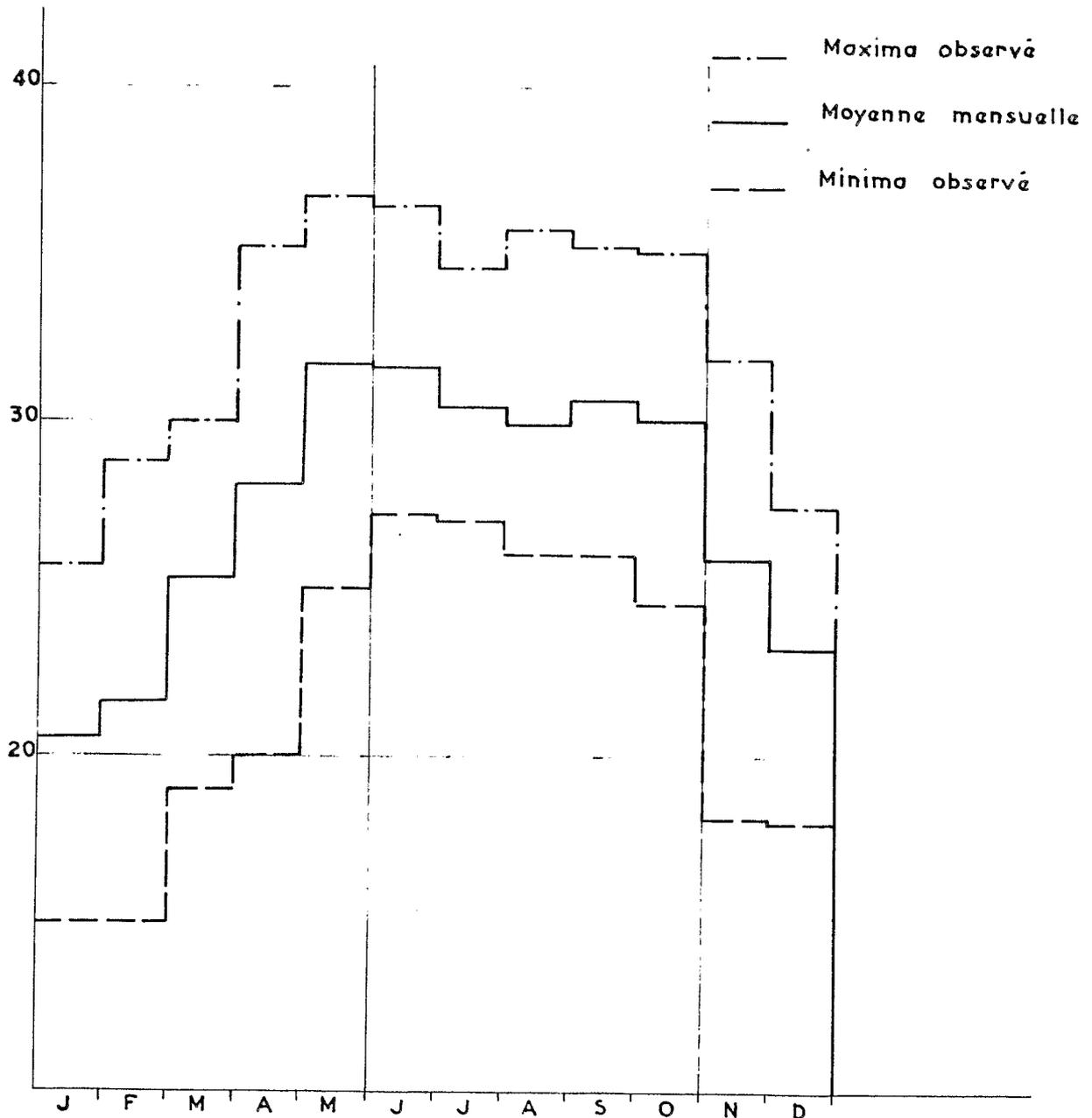
### 4°) Température de l'eau du Lac

De par sa plus grande chaleur spécifique, l'eau du Lac présente des variations de température nettement plus faibles que celles de l'air.

.../...

# Station météorologique de BOL - Ile

## Variation mensuelle de la température du Lac Tchad



CRT 7253

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 31-5-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

La température moyenne interannuelle est, prise en surface :

27° 4 (période 1956-1960)

avec un écart type de	:	1° 0
la température maximale observée est de	:	36° 7
la température minimale	:	15° 0
l'amplitude maximale est	:	21° 7

(Ces valeurs étant données par défaut, en l'absence de mesure effectuées à l'aide de thermomètres à maxima et à minima).

Remarquons que la température interannuelle du Lac se situe entre les températures interannuelles de BOL-DUNE (28° 1) et BOL-ILE (27° 0).

La variation mensuelle de la température du Lac présente un maximum en Mai-Juin (31° 7) et un minimum en Janvier (20° 5). Les températures, lorsque souffle l'harmattan (vent sec, qui favorise l'évaporation, donc le refroidissement du Lac) sont relativement basses.

Le minimum estival se réduit à un palier. Il serait imprudent de pousser à fond l'interprétation des écarts entre moyennes mensuelles à BOL-DUNE, BOL-ILE et la température du Lac. Seules les comparaisons des températures moyennes déduites des diagrammes des enregistreurs pourraient être étudiées à fond.

En ce qui concerne la température journalière, elle doit certainement varier d'une façon identique à celle de l'air. D'après les relevés journaliers, l'amplitude journalière maximale est d'au moins 6°

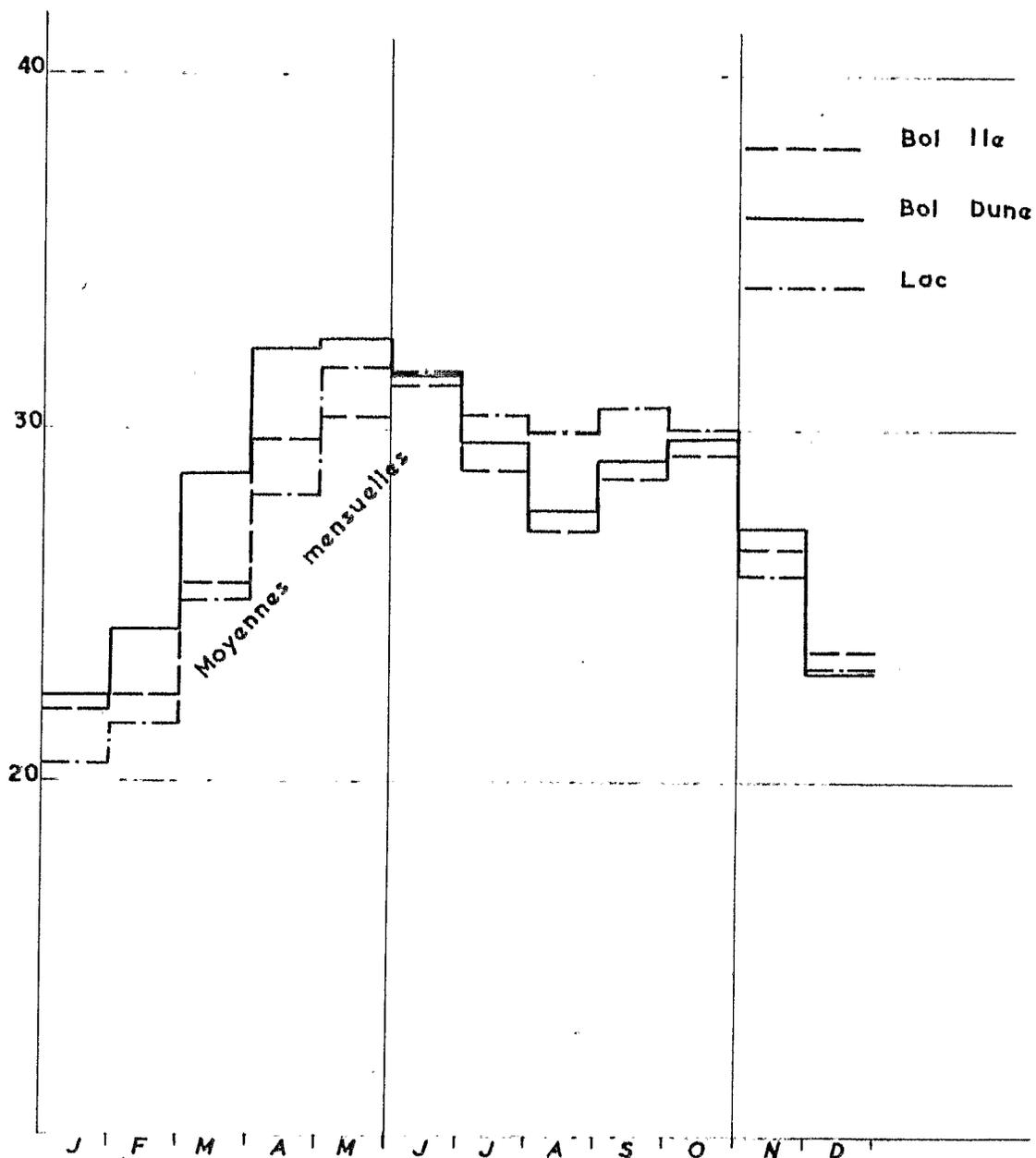
#### 5°) Température du Sol

Le peu de renseignement (une année incomplète et surtout absence de relevés des températures maximales et minimales) ne permettent pas de déterminer avec suffisamment de précision la variation de la température du sol.

.../...

# Station météorologique de BOL

## Comparaison entre les températures moyennes mensuelles



CRT 7252

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 31-5-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

6°) Variation de la température à BOL-MATAFO -

Pratiquement, seule la température moyenne a pu être déterminée de Juillet 1962 à Avril 1963, des difficultés de personnel local ne permettant pas de garantir les températures minimales et maximales (la température moyenne étant alors calculée comme étant la moyenne des températures relevées à 06.00, 12.00 et 18.00).

Année	Mois	Température moyenne mensuelle
1962	Juillet	29° 6
"	Août	27° 2
"	Septembre	28° 1
"	Octobre	
"	Novembre	27° 7
"	Décembre	24° 0
1963	Janvier	21° 0
"	Février	24° 7
"	Mars	26° 2
"	Avril	28° 4

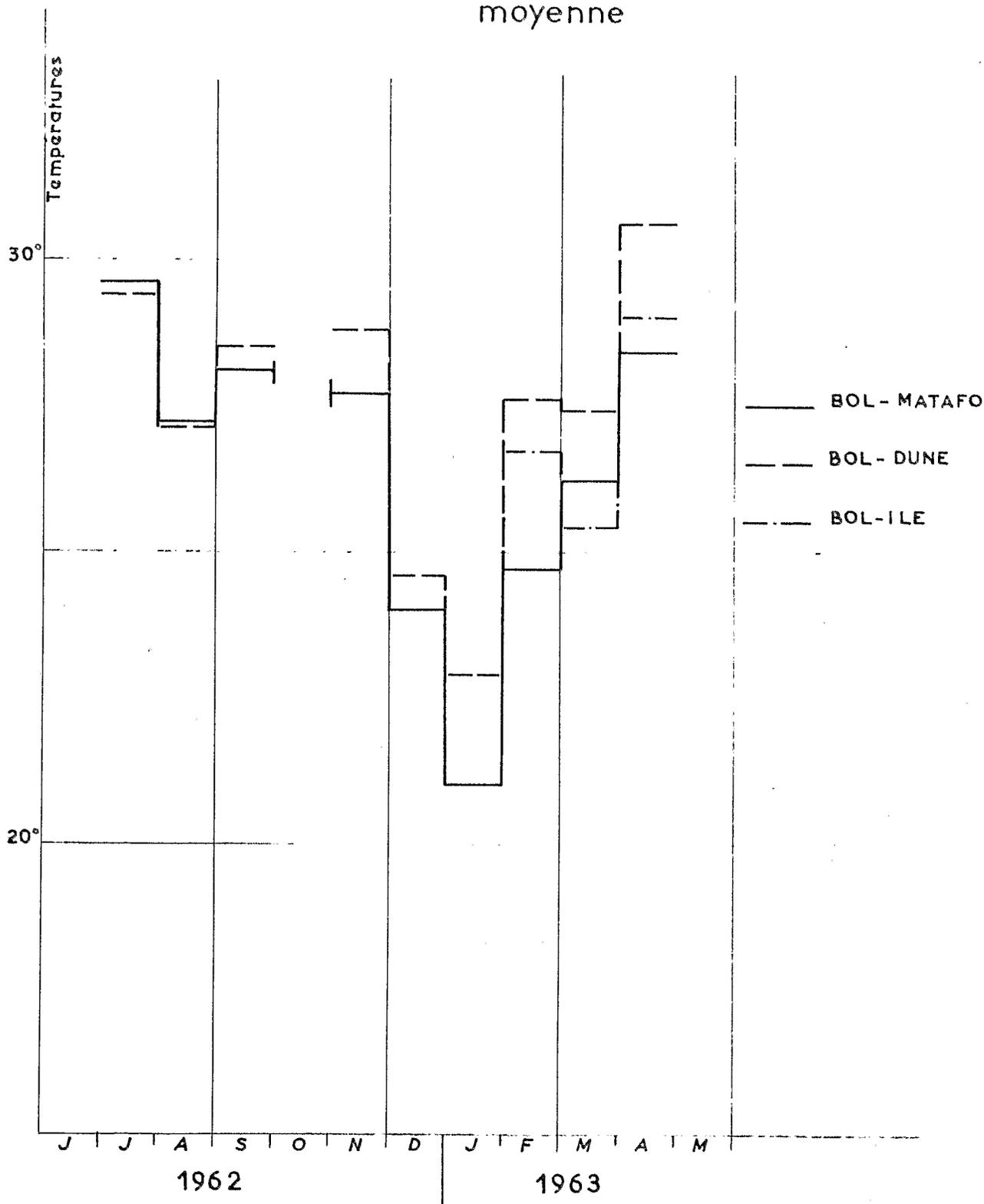
Le graphique ci-après montre les variations des températures moyennes mensuelles à BOL-MATAFO, BOL-DUNE et BOL-ILE, pour la période Juillet 1962 - Avril 1963.

Les températures de BOL-MATAFO tendent à être inférieures d'un à deux degrés aux températures de BOL-DUNE, sauf en saison des pluies, où les différences observées jusqu'ici ne sont pas significatives.

.../...

# Station de BOL-MATAFO

## Température mensuelle moyenne



CRT 7264

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 8-6-63

DES: L. TRENOU

VISA

TUBE N°

H

C H A P I T R E    III

HYGROMETRIE

Les mesures de l'humidité, à la station de BOL-DUNE, ont été conduites de la façon suivante :

- à partir d'Avril 1954 : observation à 06.00, 12.00 et 18.00 d'un psychromètre installé sous abri
- à partir de Mai 1955, installation, en supplément, d'un hygromètre enregistreur à rotation hebdomadaire.

A la station de BOL-ILE, ont été observées :

- à partir de Juin 1956, la variation de l'humidité relative à l'aide d'un hygromètre enregistreur à rotation hebdomadaire
- à partir de Février 1957, en supplément, l'humidité déterminée à 06.00 à l'aide d'un psychromètre installé sous abri.

A la station de BOL-MATAFO, l'hygrométrie est observée, depuis le 6 Juillet 1962, par un psychromètre installé sous abri, à 06.00, 12.00 et 18.00.

I<sup>o</sup>) - Variation journalière de l'humidité relative -

La température, les vents, éventuellement les précipitations, sont des facteurs qui influent sur l'humidité de l'air.

De par sa situation au bord du Lac TCHAD, la station de BOL est également très influencée par le régime des vents issus des différences thermiques entre le Lac et le rivage, (phénomène semblable à la "brise de mer" et à la "brise de terre").

.../...

Suivant la saison, l'humidité varie au cours de la journée d'une façon particulière.

En saison sèche, le Front Inter-Tropical (FIT) est très au Sud (5° Lat. Nord environ). Le vent dominant (harmattan) souffle du secteur Nord-Est.

Au lever du soleil (06.00) l'humidité est à son maximum, mais sous l'action du soleil (augmentation de la température donc diminution de l'humidité relative) et du vent sec, l'humidité diminue assez rapidement jusqu'à 12.00, puis plus lentement de 12.00 à 16.00, où elle atteint son minimum journalier. Ensuite comme la température et le vent diminuent, l'humidité tend à augmenter :

1°) - Si la différence thermique entre le sol et le Lac est trop faible pour que la brise du Lac ne puisse s'établir contre l'harmattan, l'augmentation de l'humidité est uniquement fonction de la diminution de la température : l'humidité relative journalière présentera un seul maximum au lever du jour, quand la température sera minimale.

2°) - Si le sol est suffisamment échauffé pour que la brise du Lac soit plus forte que l'harmattan, celle-ci s'établit secteur Ouest et comme elle est humide, son action s'ajoute à la diminution de la température pour augmenter rapidement l'humidité (branche AB).

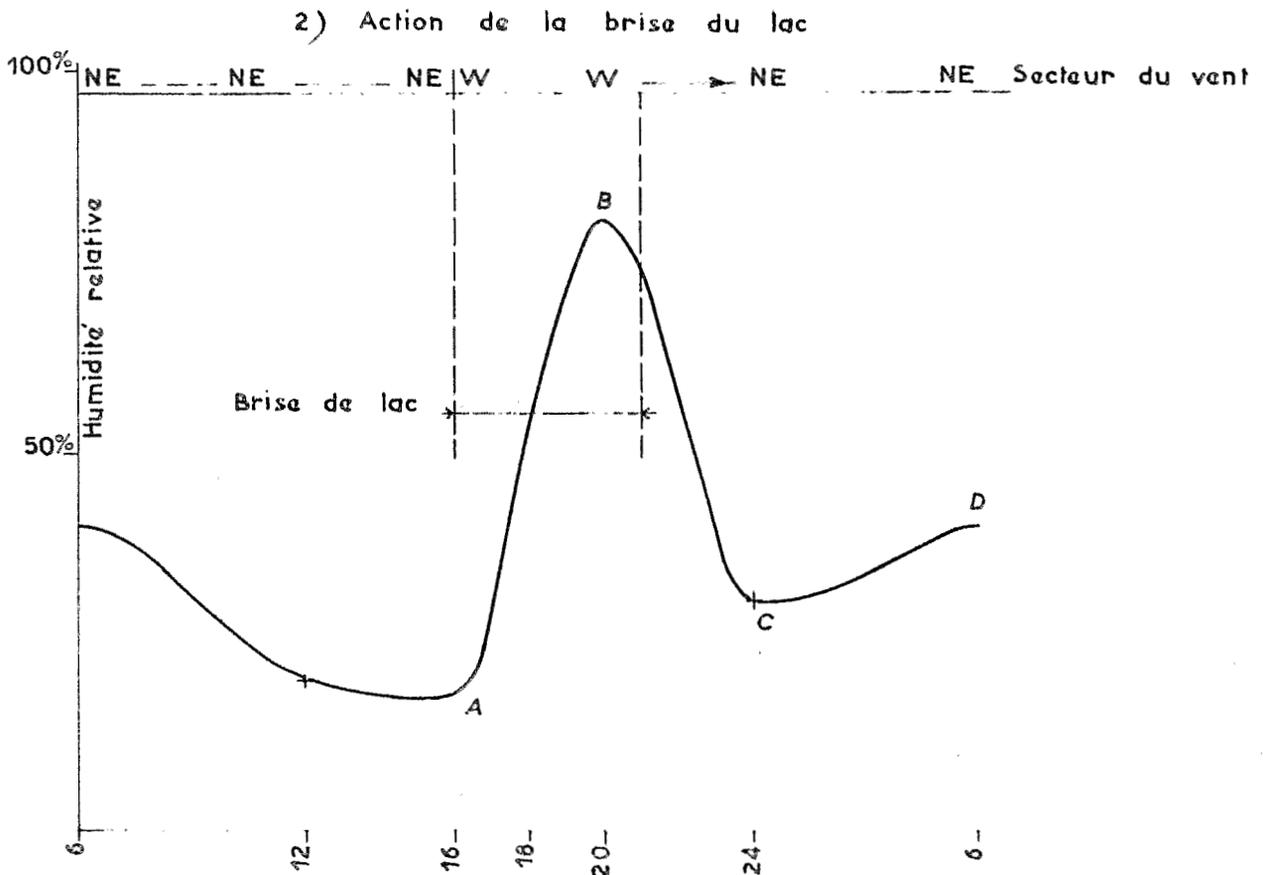
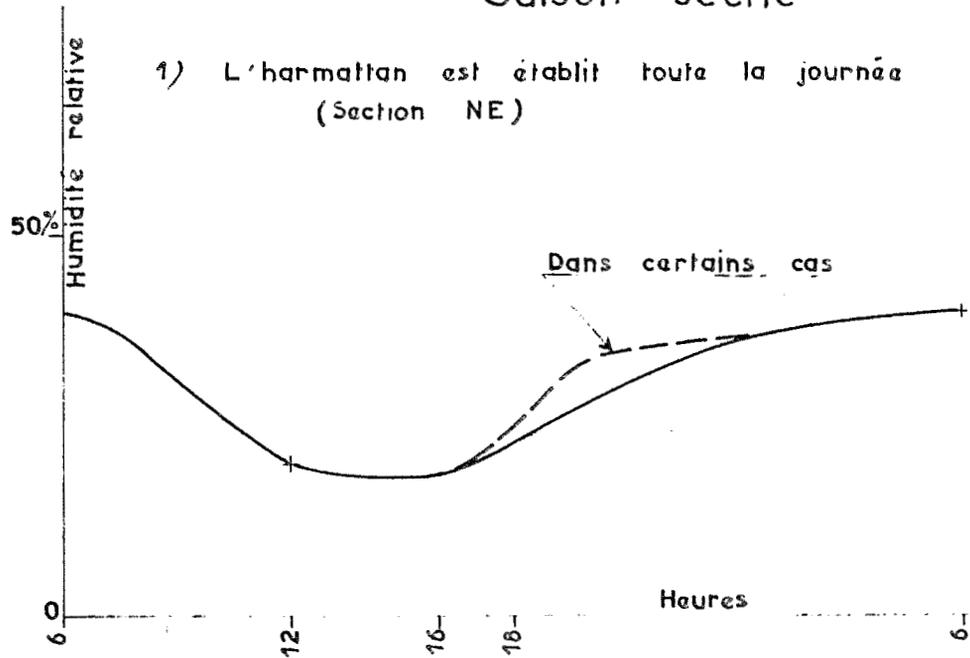
Sous l'action de la brise du Lac, le sol se refroidit et celle-ci faiblit. Sa direction, à cause de l'harmattan, passe progressivement de secteur Ouest à secteur Nord, puis Nord-Est. A ce moment l'harmattan est rétabli. (24.00). Par voie de conséquence, l'humidité, après être passée par un maximum à 20.00, diminue jusqu'à 24.00 (branche BC).

Enfin, l'humidité augmente à nouveau sous l'influence de la diminution de la température et passe par un maximum (en principe bien moins important que celui de 20.00) au lever du jour (branche CD).

# Station météorologique de BOL

## Variation journalière de l'hygrométrie

### Saison sèche



(Les valeurs de l'humidité relative sont très approximative)

En réalité les variations nocturnes sont loin d'être linéaires : par les influences contraires, les vents présentent des variations rapides dans leurs forces (sauts de vent) qui se répercutent sur l'hygrométrie : les hygrogrammes présentent un tracé nocturne généralement assez dentelé.

Enfin, suivant les conditions d'échauffement du sol, donc de force de la brise du Lac, on peut observer entre 16.00 et 24.00 des variations transitoires de l'humidité, intermédiaires entre les deux cas exposés ci-dessus. Il est fréquent d'observer, l'harmattan continuellement établi, une augmentation relativement rapide de l'humidité de 16.00 à 20.00, puis bien plus lente, voire un palier de 20.00 à 06.00. Cela, par le fait que la brise, bien que non établie, a freiné l'harmattan à la tombée du jour.

Au fur et à mesure que l'on s'approche de la fin de la saison sèche, on remarque :

- une diminution du nombre de cas où l'harmattan s'établit toute la journée
- que la brise du Lac s'établit plus tôt, du fait de l'augmentation de la température du sol par rapport aux mois précédents à la même heure. Elle dure d'ailleurs plus longtemps, ce qui a pour cause de décaler le maximum d'humidité de 20.00 à 22.00 et le minimum secondaire de 24.00 à 01.00
- que l'augmentation de l'hygrométrie entre 01.00 et 06.00 est très faible. Cela est dû au fait que la température minimale à 06.00 est plus importante que pour les mois précédents.

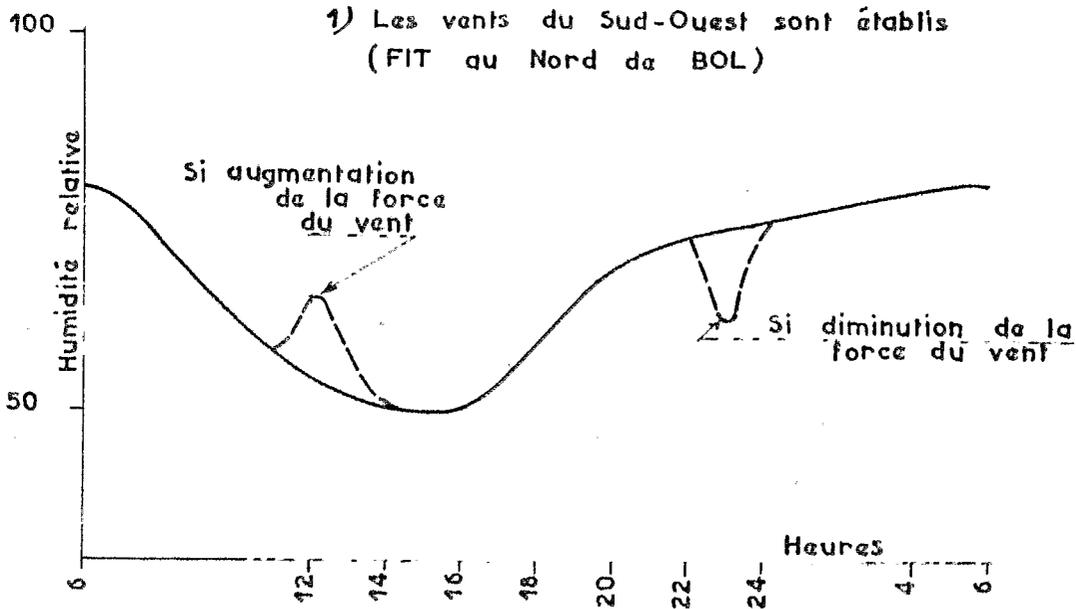
Cette augmentation peut être nulle et même on observe quelquefois, si le vent est assez fort, une lente diminution de l'hygrométrie de 01.00 à 06.00, le facteur vent étant plus important que le facteur température.

Le passage du FIT sur BOL, en Avril, établit, au lieu de l'harmattan, un vent humide de secteur généralement Sud Ouest : par conséquent l'humidité relative augmente et le minimum journalier passe de 20 à 50% environ.

# Station météorologique de BOL

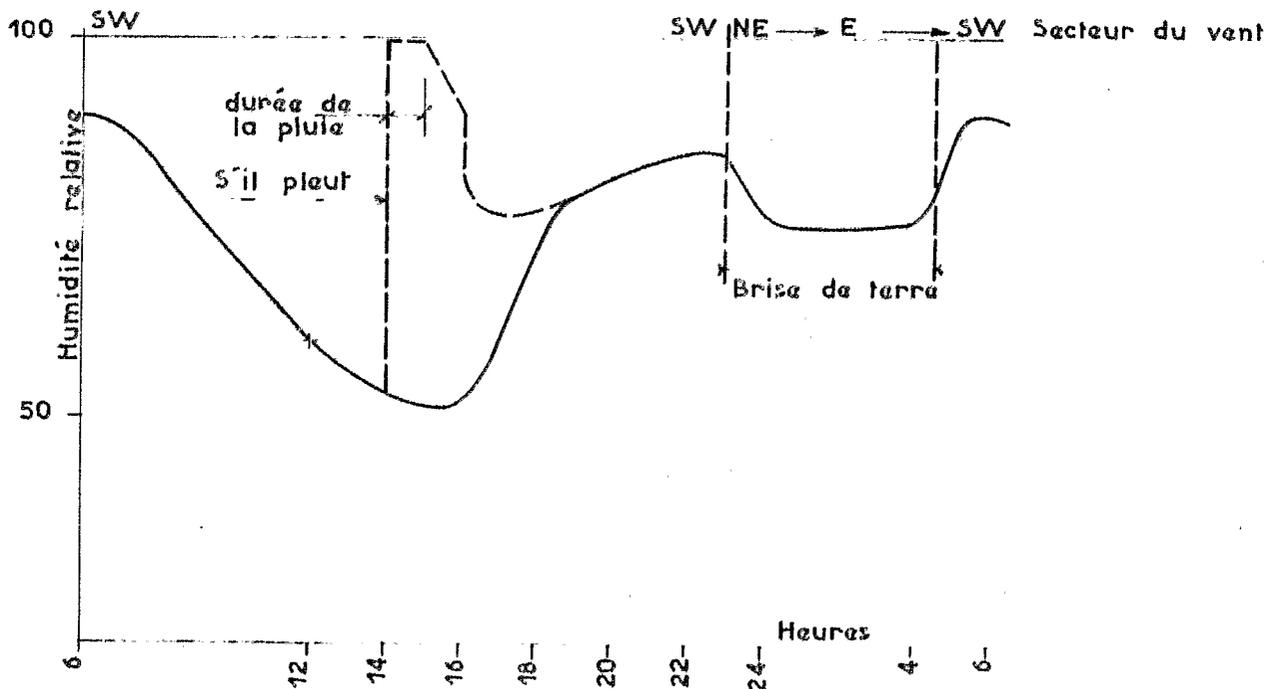
## Variation journalière de l'hygrométrie

### Fin de saison sèche



### Saison des pluies

(il y a établissement de la brise de terre)



CRT 7260

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 5-6-63

DES: L.TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

La variation journalière présente un maximum au lever du soleil (06.00) puis, sous l'influence de la température, l'humidité diminue régulièrement jusqu'à 16h : le vent, qui augmente de force jusqu'à 12.00 - 13.00 contrebalance l'influence de la température. On observe même parfois, sur un coup de vent, une brusque montée de l'humidité.

Après être passée par son minimum, l'humidité remonte jusqu'à 06.00 : le vent a faibli au coucher du soleil mais la température diminue également.

On observe souvent une chute de l'humidité au cours de la nuit, qui peut être due :

- soit à l'arrêt du vent humide (en Mars-Avril)
- soit, de Mai à Octobre, à l'établissement d'une brise de terre, la terre étant la nuit plus froide que le Lac. Vers 23.00, quand la température est suffisamment descendue, souffle un vent de secteur Est - Sud Est, qui relativement sec, fait diminuer l'humidité. Cette chute de l'humidité est d'ailleurs peu importante, étant contrebalancée par la diminution de la température de l'air (qui, elle, augmente l'humidité relative).

Enfin, quand il pleut, on observe une augmentation brutale de l'humidité, qui atteint souvent 100% et cela durant toute la durée de la pluie, puis elle diminue lentement au fur et à mesure que l'eau stagnant sur le sol et sur la végétation s'évapore. Dès la fin de l'évaporation, l'humidité diminue rapidement.

Le passage de la saison humide à la saison sèche est marquée, lorsque le FIT descend au Sud de BOL, par la reprise de l'harmattan et par conséquent par l'abaissement de l'humidité relative. Les mêmes phénomènes de la saison sèche commencent à s'établir (brise du Lac, augmentation de l'humidité de plus en plus nette de 24.00 à 06.00 au fur et à mesure que l'on approche de Décembre).

Remarque

La variation journalière de l'humidité relative aux stations de BOL-DUNE et BOL-ILE est pratiquement identique, à la seule différence que les humidités minimales sont plus importantes à BOL-ILE qu'à BOL-DUNE: à BOL-ILE le plan d'eau est plus proche de la station.

2°) - VARIATIONS INTER-ANNUELLES DE L'HYGROMETRIE -

L'examen des humidités relatives mensuelles moyennes (à 6.00, 12.00 et 18.00) montre une certaine régularité inter-annuelle :

Unité : %

	<u>BOL-DUNE</u> (1954-1962)			<u>BOL-ILE</u> (1956-62)
	6.00	12.00	18.00	6.00
Humidité moyenne inter-annuelle	58,4	38,1	48,2	65,1
Ecart type $e = \sqrt{\frac{\sum (H_{moy} - H)^2}{n - 1}}$	3,1	3,3	3,2	4,3

3°) - VARIATIONS MENSUELLES DE L'HYGROMETRIE -

Par le jeu des saisons (voir ci-dessus) l'humidité relative moyenne mensuelle présente un minimum en Janvier-Février et un maximum en Août.

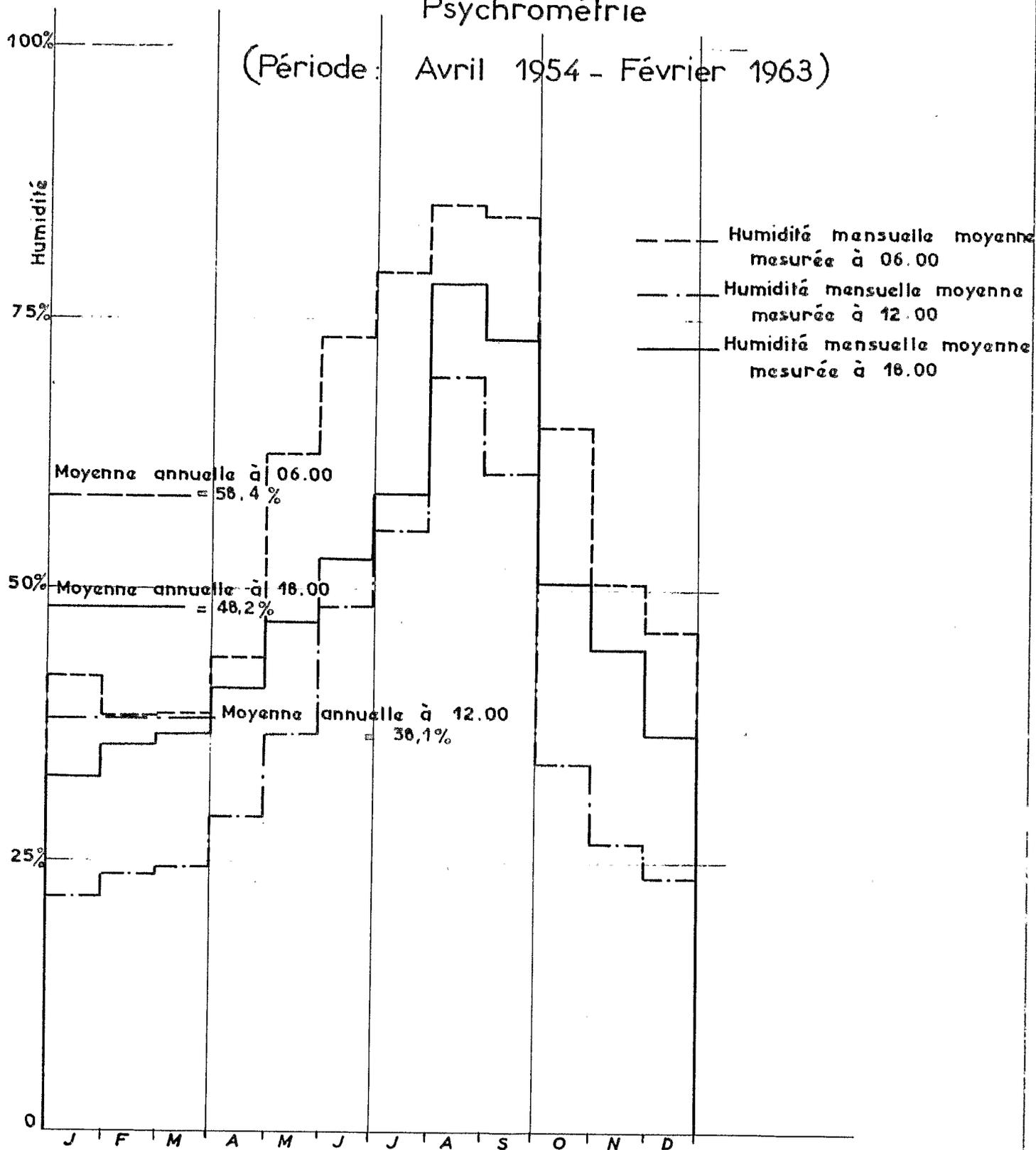
Les variations inter-annuelles de ces moyennes sont relativement plus importantes en Février-Mars et Octobre-Novembre, à cause des variations de régime des vents, dûes aux fluctuations du FIT sur BOL.

.../...

# Station météorologique de BOL-DUNE

## Psychrométrie

(Période: Avril 1954 - Février 1963)



CRT 7257

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 4-6-63

DES: L. TRENOU

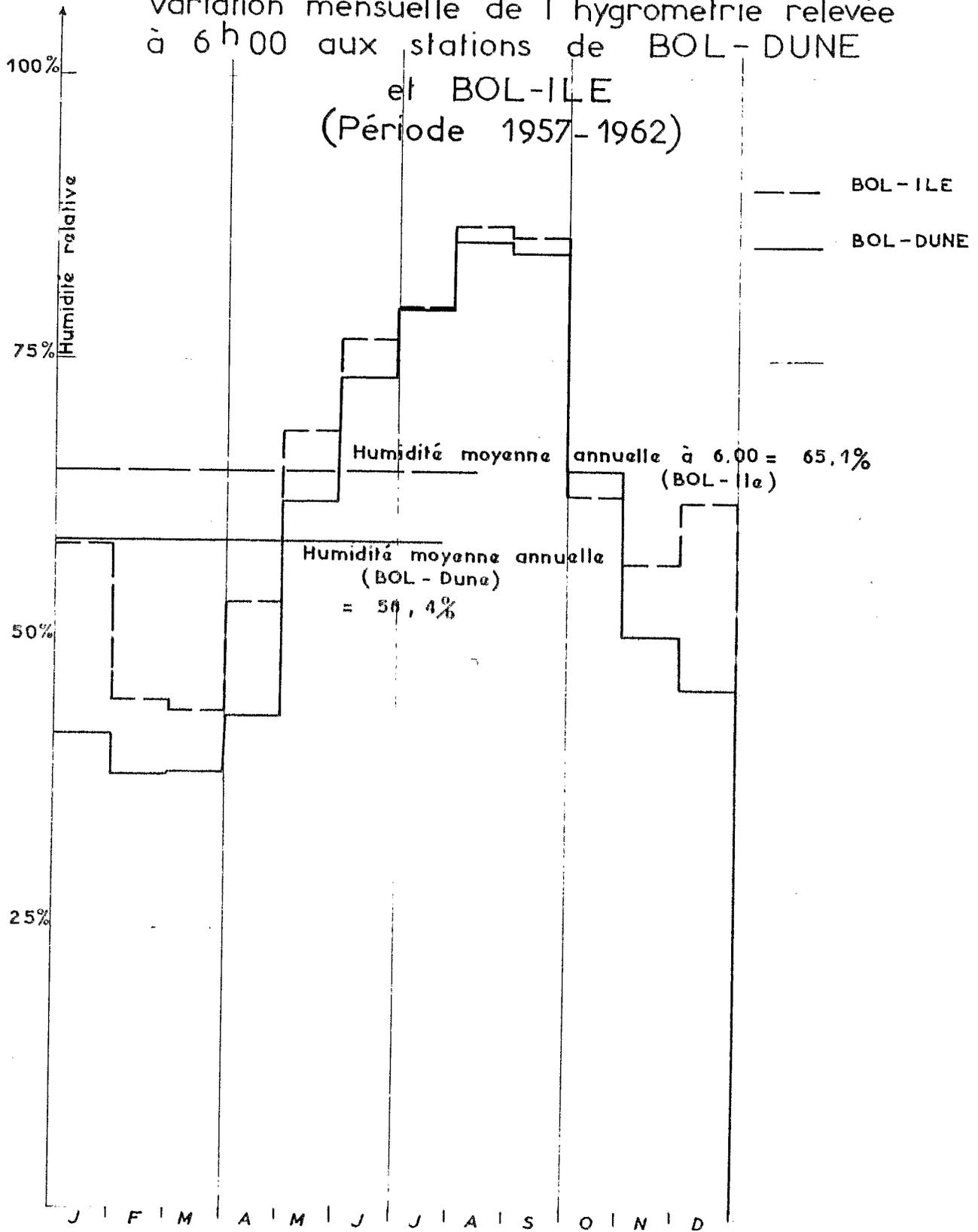
VISA:

TUBE N°

H

# Station météorologique de BOL

Variation mensuelle de l'hygrométrie relevée  
à 6 h 00 aux stations de BOL-DUNE  
et BOL-ILE  
(Période 1957-1962)



CRT 7256

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 1° - 6-63 DES: L. TRENOU VISA: LIBR N° H

Variations mensuelles de l'humidité relative

Unité : %

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>BOL-ILE</u> 1956-62	Moy.	58.5	45.0	44.2	53.7	68.7	76.6	79.5	86.7	85.8	62.9	57.0	62.3
	men.	58.5	45.0	44.2	53.7	68.7	76.6	79.5	86.7	85.8	62.9	57.0	62.3
	Ecart type	6.4	12.5	11.5	4.0	4.0	4.3	2.3	2.2	1.2	8.9	11.7	5.7
(1954 - 1962)	Moy.	42.0	38.4	38.6	43.7	62.5	73.3	79.3	85.5	84.4	65.0	50.6	46.2
	men.	42.0	38.4	38.6	43.7	62.5	73.3	79.3	85.5	84.4	65.0	50.6	46.2
	Ecart type	6.3	7.8	9.1	4.7	6.9	2.1	3.7	2.3	2.2	10.2	12.9	4.9
<u>BOL-DUNE</u>	Moy.	21.8	23.9	24.2	29.1	36.7	48.4	60.5	69.7	60.7	34.0	26.7	23.6
	men.	21.8	23.9	24.2	29.1	36.7	48.4	60.5	69.7	60.7	34.0	26.7	23.6
	Ecart type	8.1	11.3	10.5	2.9	6.1	4.3	3.0	4.0	4.5	6.8	12.1	6.3
18.00	Moy.	32.8	35.6	36.7	40.9	47.0	52.9	63.8	73.2	68.1	50.6	44.6	36.6
	men.	32.8	35.6	36.7	40.9	47.0	52.9	63.8	73.2	68.1	50.6	44.6	36.6
	Ecart type	6.7	12.6	13.5	4.1	3.7	3.9	3.5	2.6	3.9	7.1	11.0	6.5

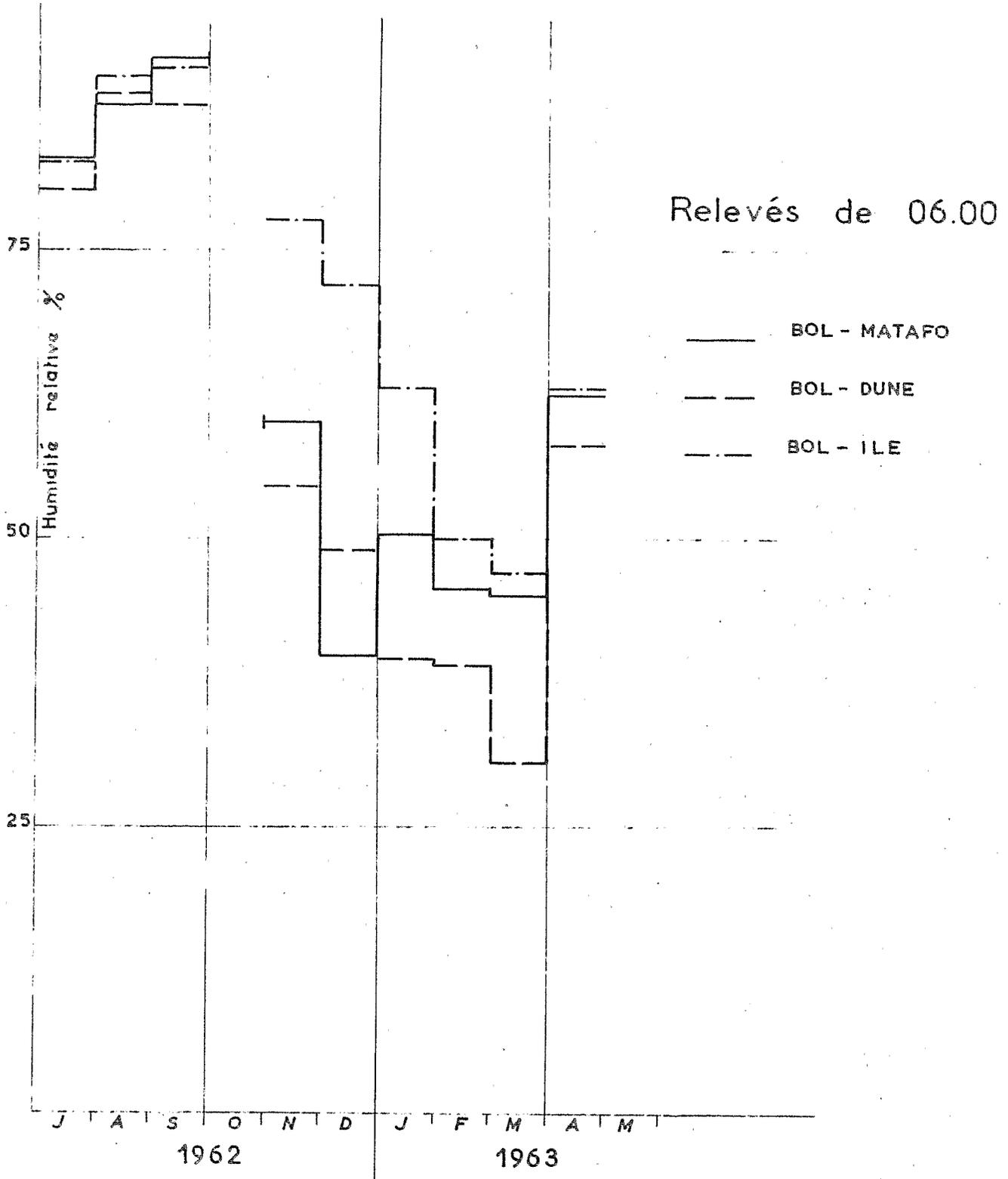
4°) - VARIATION MENSUELLE DE L'HYGROMETRIE à BOL-MATAFO -

Les graphiques ci-après montrent les variations de l'hygrométrie, de Juillet 1962 à Avril 1963 aux stations de BOL-MATAFO, BOL-ILE et BOL-DUNE.

.../...

# Station de BOL-MATAFO

Humidité relative  
mensuelle moyenne



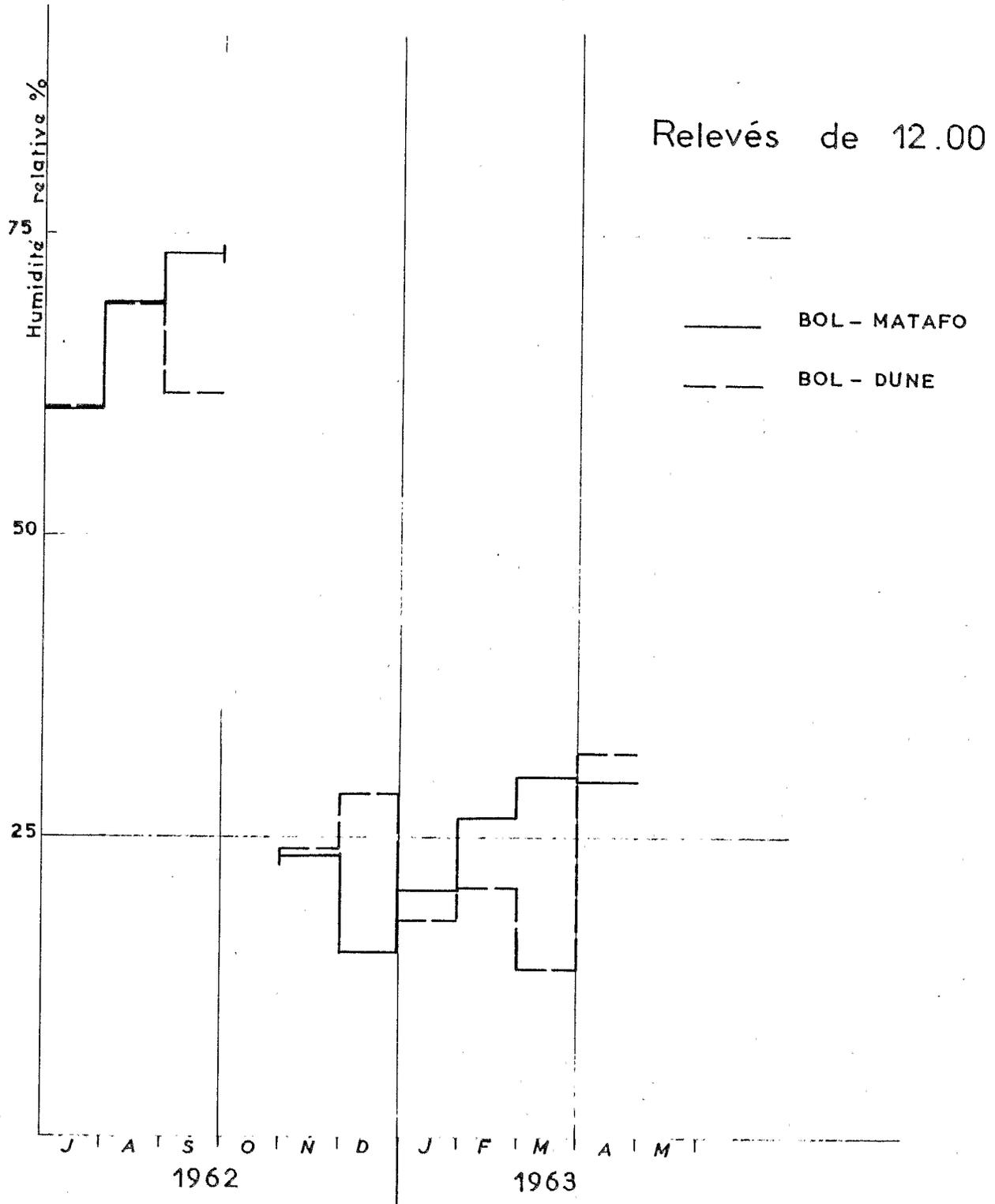
CRT 7263

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 8-6-63 DES: L. TRENOU VISA TUBE N H

# Station de BOL - MATAFO

Humidité relative  
mensuelle moyenne



CRT 7265

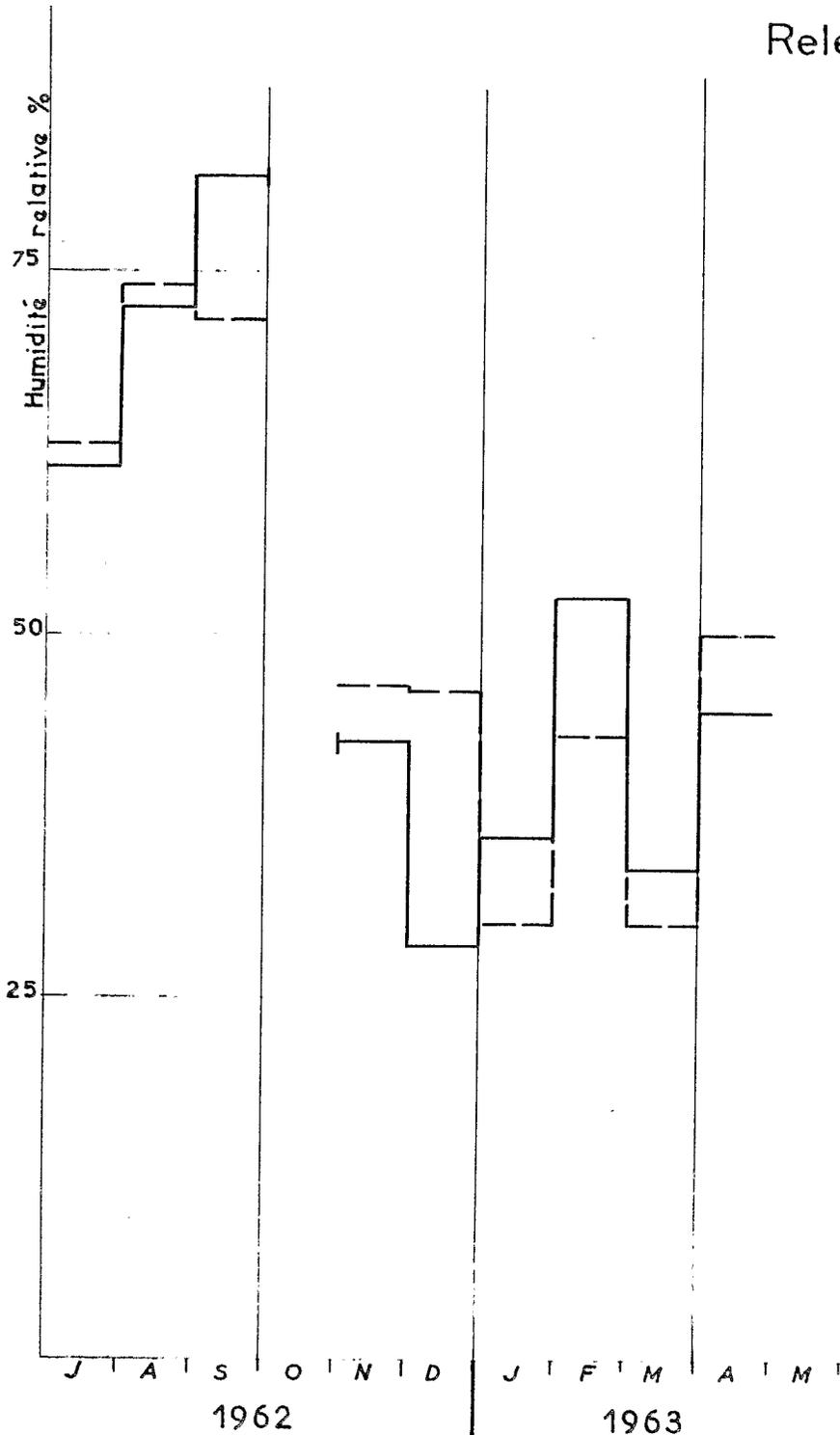
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° | LE: 10-6-63 | DES: L. TRENOU | VISA | TUBE N° | H

# Station de BOL-MATAFO

Humidité relative  
mensuelle moyenne

Relevés de 18.00



CRT 7266

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 10-6-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

Ceux-ci indiquent que l'hygrométrie de BOL-MATAFO diffère sensiblement de celle des deux autres stations. Cela peut s'expliquer par la position de BOL-MATAFO, au milieu du polder de BOL-GUINI et entourée par les cultures.

Le rythme de celles-ci influent sur l'hygrométrie de la station, soit à cause de l'évapo-transpiration des plantes, soit, quand elles sont hautes, à cause de l'écran qu'elles opposent au vent : en Septembre, alors que l'hygrométrie devrait diminuer (les pluies devenant plus rares et la température augmentant), on observe cependant une augmentation à BOL-MATAFO. Celle-ci s'explique par la présence du maïs, haut de 1,50 m à 2 m.

Lorsque le maïs est coupé les terres sont travaillées pour recevoir le blé (Décembre) mais le vent dominant, desséchant, souffle de secteur Nord-Est. Son influence est plus grande à BOL-MATAFO, lorsque le sol n'a pas d'obstacles cultureux, qu'à BOL-DUNE où le village fait un peu écran. L'examen des vitesses moyennes mensuelles du vent le prouve (voir plus loin). Pour cette raison, en Décembre, l'hygrométrie est plus faible à BOL-MATAFO qu'à BOL-DUNE. Le phénomène s'inverse au fur et à mesure de la croissance du blé.

--ooOoo--

.../...

POLDERS DE BOL

Humidité relative moyenne mensuelle :

Année	Mois	06.00	12.00	18.00
1962	<u>Juillet</u>			
	BOL-MATAFO	82.8	60.3	61.2
	BOL-DUNE	80.1	60.5	63.1
"	<u>Août</u>			
	BOL-MATAFO	87.6	69.3	72.6
	BOL-DUNE	88.5	69.1	74.1
"	<u>Septembre</u>			
	BOL-MATAFO	91.6	73.5	81.3
	BOL-DUNE	87.5	61.6	71.7
"	<u>Novembre</u>			
	BOL-MATAFO	60.0	23.2	42.7
	BOL-DUNE	54.4	24.6	46.7
"	<u>Décembre</u>			
	BOL-MATAFO	39.8	15.4	28.6
	BOL-DUNE	49.1	28.4	46.1
1963	<u>Janvier</u>			
	BOL-MATAFO	50.1	20.6	36.0
	BOL-DUNE	39.5	18.0	29.9
"	<u>Février</u>			
	BOL-MATAFO	45.4	26.7	52.5
	BOL-DUNE	39.0	20.7	42.8
"	<u>Mars</u>			
	BOL-MATAFO	44.9	30.1	33.8
	BOL-DUNE	30.4	13.9	29.6
"	<u>Avril</u>			
	BOL-MATAFO	62.3	29.6	44.7
	BOL-DUNE	58.0	32.1	49.2

.../...

## C H A P I T R E    IV

### EVAPORATION

A la station de BOL-DUNE, l'évaporation est mesurée sur :

- un bac Colorado enterré        (depuis Avril 1954)
- un bac Colorado exposé        (depuis Mars 1960)
- un bac Classe "A"                (depuis Juillet 1962)
- un évaporomètre Piche installé sous abri (depuis Avril 1954)

A la station de BOL-ILLE, l'évaporation est mesurée sur :

- un bac Colorado flottant ou non, suivant le niveau du Lac, depuis Mai 1956.

Enfin, à la station de BOL-MATAFO (Polder), depuis Juillet 1962, sont mesurées les évaporations sur bacs Colorado enterré, Classe "A", et évaporomètre Piche.

### I<sup>o</sup>) - VARIATION INTERANNUELLE DE L'EVAPORATION -

L'emplacement et le type des bacs ont une grande influence sur leurs pouvoirs évaporants, aussi les observations obtenues sont très différentes.

Les résultats diffèrent d'une année à l'autre : la moyenne annuelle, sur une aussi faible période (à cause d'interruptions dans les relevés, il n'est pas possible de déterminer l'évaporation annuelle des années 1954 et 1955) ne peut que donner un ordre de grandeur.

	BOL - DUNE		BOL-ILE	BILAN	Evaporomètre:
Année:	Colorado	Colorado	Colorado	Hydrologique	Piche
	enterré	exposé	semi-flottant:		(BOL - DUNE):
:I956 :	3241	⊗	:	2246	:
:I957 :	3618	⊗	:	2642	⊗
:I958 :	3294	:	:	2114	:
:I959 :	3161	:	:	2365	:
:I960 :	3163	:	4899	⊗	:
:I961 :	3180	:	5074	:	:
:I962 :	2599	:	4286	:	:
			I830	:	:
				2139	:
					2937

⊗ Evaporations annuelles extrapolées à partir d'au moins 9 mois sur I2.

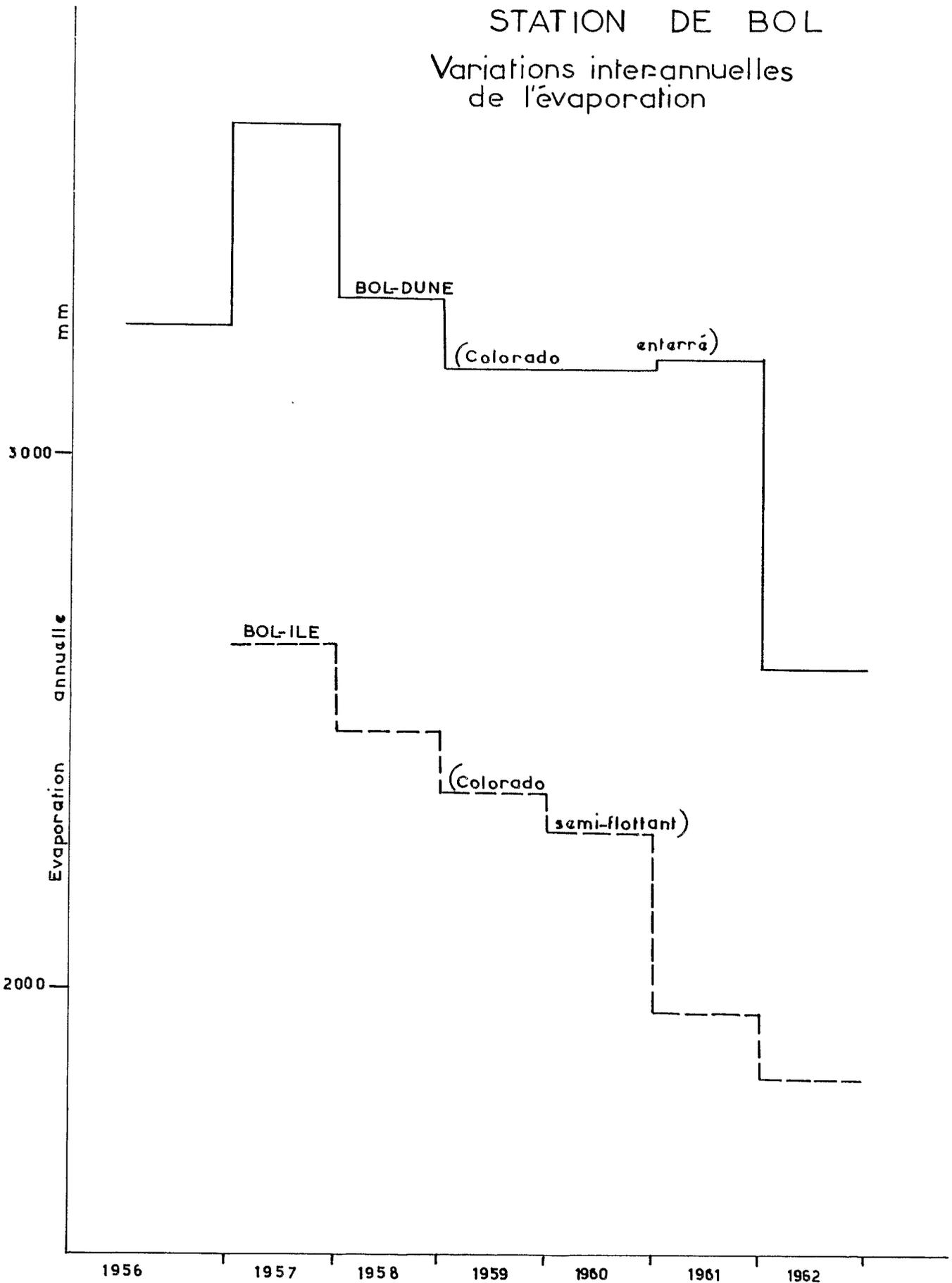
De I957 à I962, l'évaporation, à BOL-DUNE comme à BOL-ILE, n'a cessé de diminuer. Il semblerait cependant que minimums et maximums aient été observés, car les valeurs partielles relevées en I956 et I963 sont respectivement plus faibles et plus fortes que pour les mois correspondants de I957 et I962 :

	I956	I957	I962	I963
BOL-DUNE	(année)		(Janvier à	Mai)
(Colorado)	3241	3618	1164	1362
enterré	:	:	:	:
BOL-ILE	(Mai à	Septembre)	(Janvier à	Mai)
	1041	1114	744	913

Remarquons par contre la régularité du Bilan Hydrologique calculé suivant la méthode de A. BOUCHARDEAU.

# STATION DE BOL

## Variations inter-annuelles de l'évaporation



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7294

ED:	LE: <i>3/2</i>	DES:	VISA:	TUBE N°
-----	----------------	------	-------	---------

Les valeurs moyennes de l'évaporation seraient :

BOL-DUNE : Bac Colorado enterré (1956-1962) : 3180 mm  
Bac Colorado exposé (1960-62) : 4753 mm environ  
Bac Classe "A" : 4400 mm environ,  
par extrapolation des résultats des bacs Colorado (coefficients  
de corrélation déterminés à l'aide des résultats mensuels).

Les moyennes n'étant pas calculées sur la même période, les résultats entre bacs enterrés et exposés ne sont pas comparables, d'autant plus que l'année 1962 est nettement plus faible que les autres. Il faut, dans ces conditions, se baser sur la corrélation existante entre bac exposé, c'est à dire évaluer l'évaporation mesurée sur bac Colorado exposé à 5100 mm par an.

- BOL - ILE : 2322 mm

L'évaporation annuelle de BOL-ILE est calculée pour la période 1957 - 1962, mais les mesures d'évaporation de 1961, nettement discordantes, n'ont pas été prises en considération.

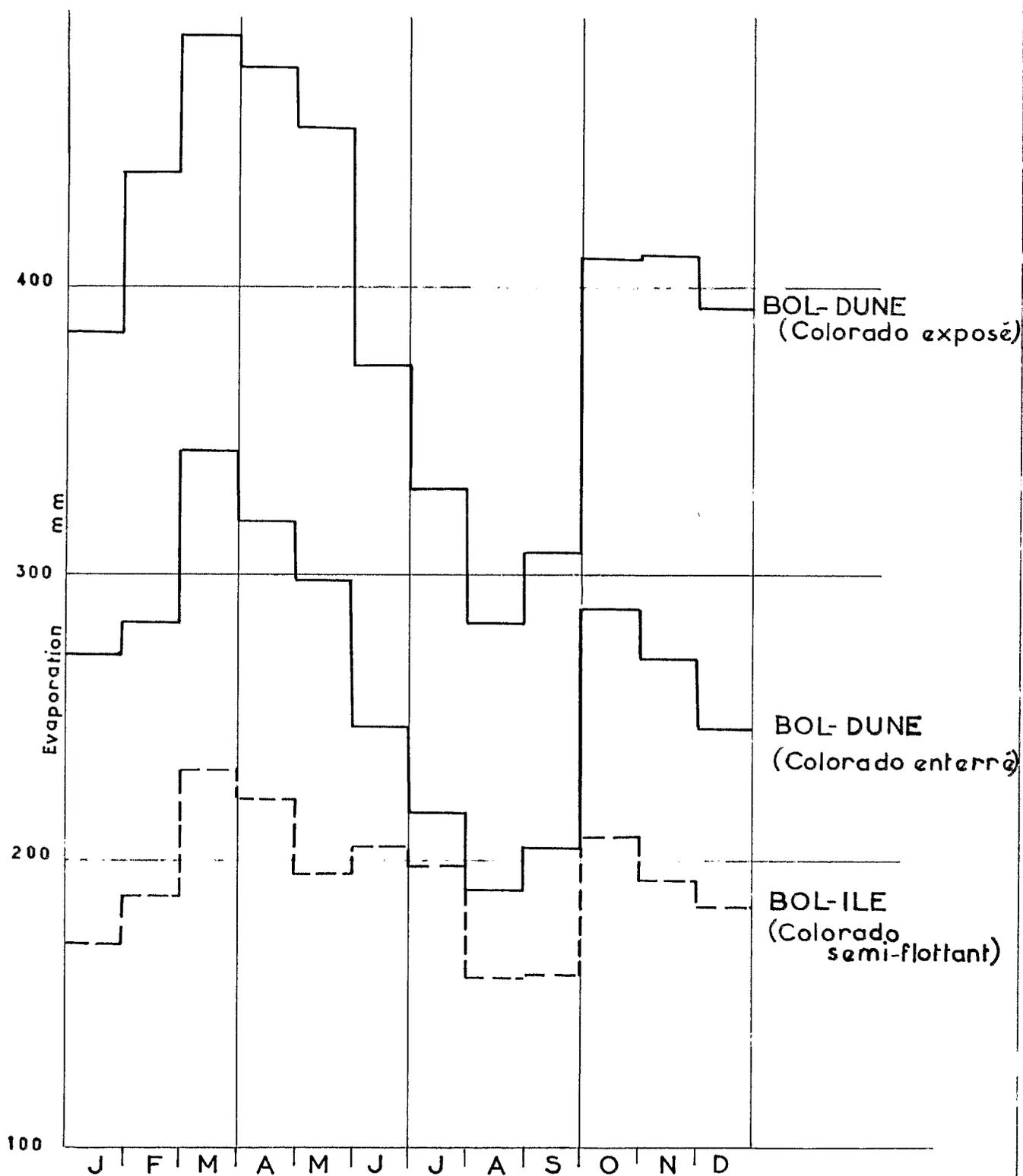
- BILAN HYDROLOGIQUE : 2250 mm

## 2°) - EVAPORATION MENSUELLE -

La variation mensuelle de l'évaporation suit, dans ses grandes lignes, la variation mensuelle de la température de l'air.

.../...

# Station météorologique de BOL



Variations mensuelles de l'Evaporation

CRT 7269

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1<sup>o</sup>

LE: 8-11-63

DES: TIMO-JACKSON VISA:

TUBE N°

H

EVAPORATION MENSUELLE MOYENNE A BOL

Unité : mm

S T A T I O N S		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année	
BOL - DUNE	:Bac Colorado enterré	:272	:283	:343	:319	:298	:247	:217	:190	:205	:288	:271	:247	: 3180	
	: (I956-I962)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
	:Ecart type	: 37	: 36	: 52	: 43	: 39	: 28	: 22	: 37	: 25	: 16	: 17	: 25	: 302	
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
	:Bac Colorado exposé	:384	:440	:488	:477	:456	:373	:330	:283	:308	:410	:411	:393	: 4753	
	: (I960-I963)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
:PICHE(I954-62)	:332	:359	:426	:353	:287	:240	:183	:147	:154	:275	:318	:359	: 3433		
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:		
:Ecart type	: 31	: 35	: 66	: 76	: 42	: 53	: 46	: 38	: 42	: 42	: 45	: 91	: 343		
-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
BOL-ILE	:Bac Colorado semi-flot-	:171	:188	:232	:222	:196	:205	:199	:160	:161	:209	:194	:185	: 2322	
(I957-62)	: -tant	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
:sauf	:Ecart type	: 33	: 40	: 45	: 43	: 24	: 34	: 32	: 28	: 34	: 17	: 21	: 16	: 305	
:I961)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	

3<sup>e</sup>) - CORRELATION ENTRE LES EVAPORATIONS DES DIVERS BACS

La comparaison des évaporations moyennes mensuelles et annuelles mesurées sur les divers bacs pourrait permettre d'établir une corrélation entre eux.

En prenant comme bac de référence le bac Colorado enterré on obtient :

Bac		Bac Colorado enterré	Ecart-type
<u>BOL-DUNE</u>	Colorado exposé	161 %	10 %
	Classe "A"	138 %	11 %
<u>BOL-ILLE</u>	Semi-flottant	73 %	
	Bilan Hydrologique du Lac	71 %	6 %

4<sup>e</sup>) - EVAPORATION PICHE -

Les résultats de l'évaporomètre Piche sont, comme partout ailleurs, notablement différents de l'évaporation mesurée sur bac. Par rapport au bac Colorado enterré, l'évaporation Piche serait bien plus importante en saison sèche et nettement inférieure en saison des pluies, montrant ainsi que l'évaporation Piche est surtout fonction de l'hygrométrie et non de la température. Ceci est conforme à tout ce qui a été observé jusqu'ici dans ces régions d'AFRIQUE.

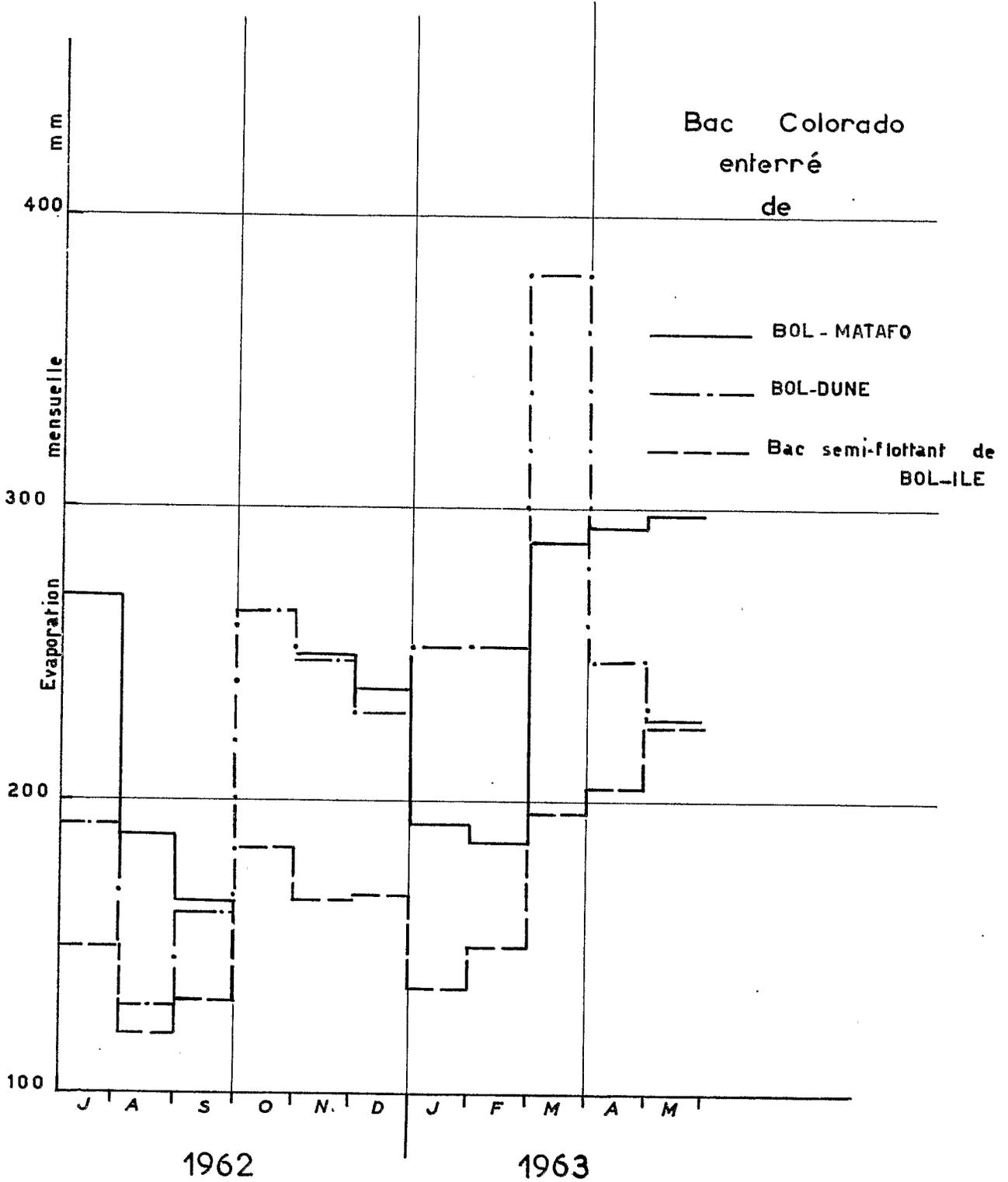
5<sup>e</sup>) - EVAPORATION à BOL-MATAFO -

Les premières observations effectuées sur bac Colorado enterré, à MATAFO, montrent, à prime abord :

- une évaporation annuelle de l'ordre de celle mesurée à BOL-DUNE sur même bac
- une variation mensuelle de la forme de celle de BOL-ILLE.

# Station de BOL-MATAFO

## Evaporation mensuelle



Les résultats de l'évaporation mesurée sur bacs Colorado enterré et Classe "A" sont :

Evaporation mensuelle (en mm)

		BOL - MATAFO			BOL-LUNE	BOL-ILE	BOL-MATA
Année	Mois	Bac Colorado	Bac Classe A	Classe A (Colorado)	(Colorado)	FO	Piche
1962	Juillet	269	340	123 %	192		182
"	Août	189	228	121 %	130	120	98
"	Septembre	166	190	114 %	162	132	65
"	Novembre	250	302	121 %	248	166	306
"	Décembre	239	296	124 %	231	168	476
1963	Janvier	192	228	119 %	253	136	409
"	Février	186	216	116 %	253	150	369
"	Mars	289	344	119 %	380	196	558
"	Avril	294	349	119 %	248	205	595

Les résultats relevés sur les bacs Colorado et Classe "A" sont dans un rapport très convenable. Par contre l'évaporation Piche donne, comme ailleurs, des résultats mensuels sans corrélation possible avec ceux des bacs.

L'extrapolation de ces premiers résultats permettrait d'annoncer une évaporation annuelle, sur bac Colorado enterré, de l'ordre de 3200 mm, à BOL-MATAFO.

## C H A P I T R E V

### LES VENTS

La mesure des vents est effectuée de la façon suivante :

- à BOL (case ORSTOM)

Depuis 1956, enregistrement des vitesses instantanées et des directions à l'aide d'un anémomètre enregistreur et d'une girouette enregistreuse. Ces enregistrements sont malheureusement discontinus. Le moulinet de l'anémographe, placé primitivement à 7 mètres du sol, a été surrelevé, en Mars 1963, à 14 mètres pour tenir compte de la croissance des arbres dans le voisinage.

- à la station de BOL-DUNE :

Depuis Septembre 1962, mesure de la vitesse moyenne du vent à l'aide d'un anémomètre totalisateur placé à un mètre du sol. Antérieurement, les vitesses instantanées du vent étaient mesurées, à l'aide d'un anémomètre à main, à 06.00, 12.00, 18.00. La direction du vent est déterminée à l'aide d'une girouette, depuis 1955, à 06.00, 12.00 et 18.00.

- à la station de BOL-MATAFO (polder) : anémomètre totalisateur depuis Septembre 1962 (un mètre au-dessus du sol).

### I - GENERALITES

Le régime des vents à BOL, est régi par la situation du Front Inter-Tropical (FIT). Quand le FIT est au Sud de BOL (saison sèche), l'air sec d'origine saharienne, l'HARMATTAN, souffle de secteur Nord-Est. Quand le FIT est au Nord de BOL (saison des pluies), souffle alors l'air équatorial, appelé MOUSSON, très humide, de secteur Sud-Ouest.

Par suite de l'influence du Lac TCHAD, il se produit, en plus dans la soirée et au cours de la nuit :

.../...

- en saison sèche : une brisé du Lac, humide de secteur Sud à Ouesst, qui souffle au coucher du soleil, provoquée par le déséquilibre thermique entre le sol et le Lac. Lorsque l'équilibre se rétablit, vers 24.00 la force de la brise diminue et sa résultante avec l'harmattan donne un vent qui tourne progressivement de secteur Ouesst au secteur Nord, puis Nord-Est.

- en saison des pluies : une brise de terre, sèche, qui souffle de secteur Nord-Est ou Est, et qui est provoquée par le phénomène inverse. Ce vent s'établit généralement vers 01.00, pour se terminer vers 04.00.

## 2 - FREQUENCE DE LA DIRECTION DES VENTS -

Le tableau ci-après a été établi à l'aide du relevé des directions du vent à BOL-DUNE; des interruptions dans l'enregistrement de la girouette de BOL (case ORSTOM) ne permettant pas de réaliser une étude statistique (nombre d'années insuffisant).

On remarquera la régularité dans la direction des vents dominants pour chaque saison : l'harmattan souffle secteur N-E, de Novembre à Mars , 16 à 19 jours par mois à 06.00, 13 à 17 jours à 12.00, 9 à 11 jours à 18.00. De même, la mousson souffle, secteur S-O, 9 à 17 jours par mois à 06.00, 12 à 19 jours à 12.00, 13 à 18 jours à 18.00.

Aussi, le polygone des fréquences peut être tracé pour 3 périodes distinctes de l'année :

- saison sèche (Novembre à Mars)
- saison humide (Mai à Septembre)
- période de transition (passage du FIT) : Avril et Octobre.

FREQUENCE DANS LA DIRECTION DES VENTS

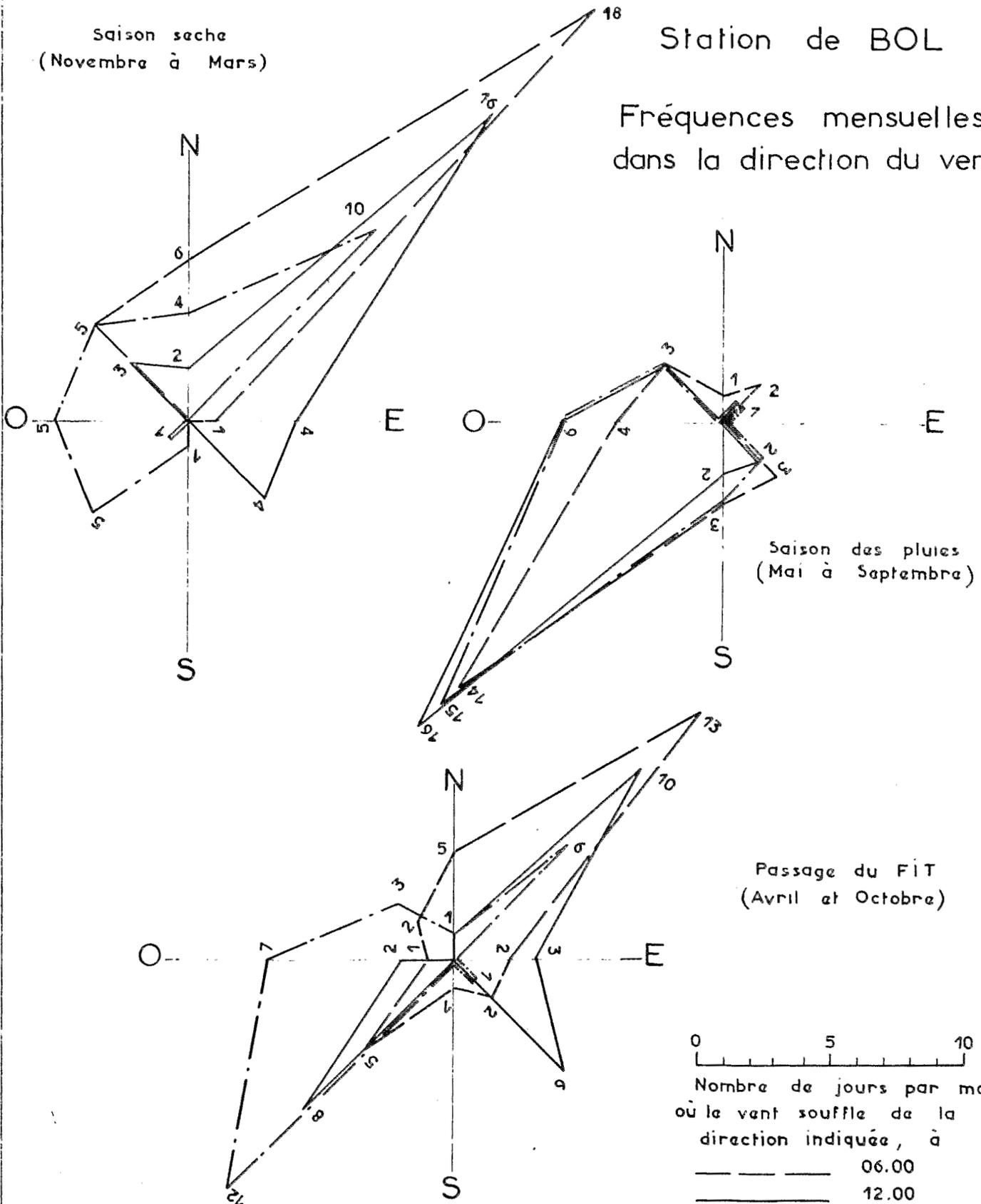
(nombre de jours où le vent souffle d'une direction donnée)  
(1956-1962)

	06.00							12.00							18.00									
	N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	N-O	N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	N-O	N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	NO
J	7	17	0	0	0	0	0	7	2	17	4	2	0	1	1	4	4	10	0	0	0	4	7	6
F	6	17	0	0	0	0	0	5	1	16	3	3	0	0	0	5	3	11	1	0	0	4	3	6
M	7	18	1	1	0	0	0	4	2	17	2	5	0	2	1	2	4	9	0	1	2	5	5	5
A	4	14	2	2	1	5	1	1	1	8	3	8	0	7	2	1	1	6	0	1	0	10	9	3
M	1	8	1	3	1	9	3	5	0	3	2	5	2	12	5	2	0	3	0	1	2	15	7	3
J	1	0	0	2	3	16	5	3	0	0	0	1	2	19	6	2	0	0	0	3	4	16	5	2
J	0	0	0	3	4	17	6	1	0	0	0	1	2	17	7	4	0	0	0	1	2	18	6	4
A	0	1	1	4	3	15	5	2	0	0	0	2	2	17	7	3	0	1	1	2	2	14	7	4
S	2	2	0	4	3	13	3	3	0	1	0	3	4	13	5	4	1	2	0	3	3	13	5	3
O	4	12	2	3	1	5	2	2	1	11	3	5	1	9	1	0	1	6	1	1	1	13	5	3
N	6	19	2	1	0	0	0	2	3	13	5	6	1	1	0	1	4	10	1	1	1	5	6	2
D	6	16	2	0	0	0	0	7	4	16	3	3	0	2	0	3	5	9	0	0	0	7	5	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
An	44	124	11	23	16	80	25	42	14	102	25	44	14	100	35	31	23	67	4	14	17	124	70	46
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Saison sèche  
(Novembre à Mars)

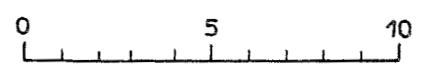
Station de BOL

Fréquences mensuelles  
dans la direction du vent



Saison des pluies  
(Mai à Septembre)

Passage du FIT  
(Avril et Octobre)

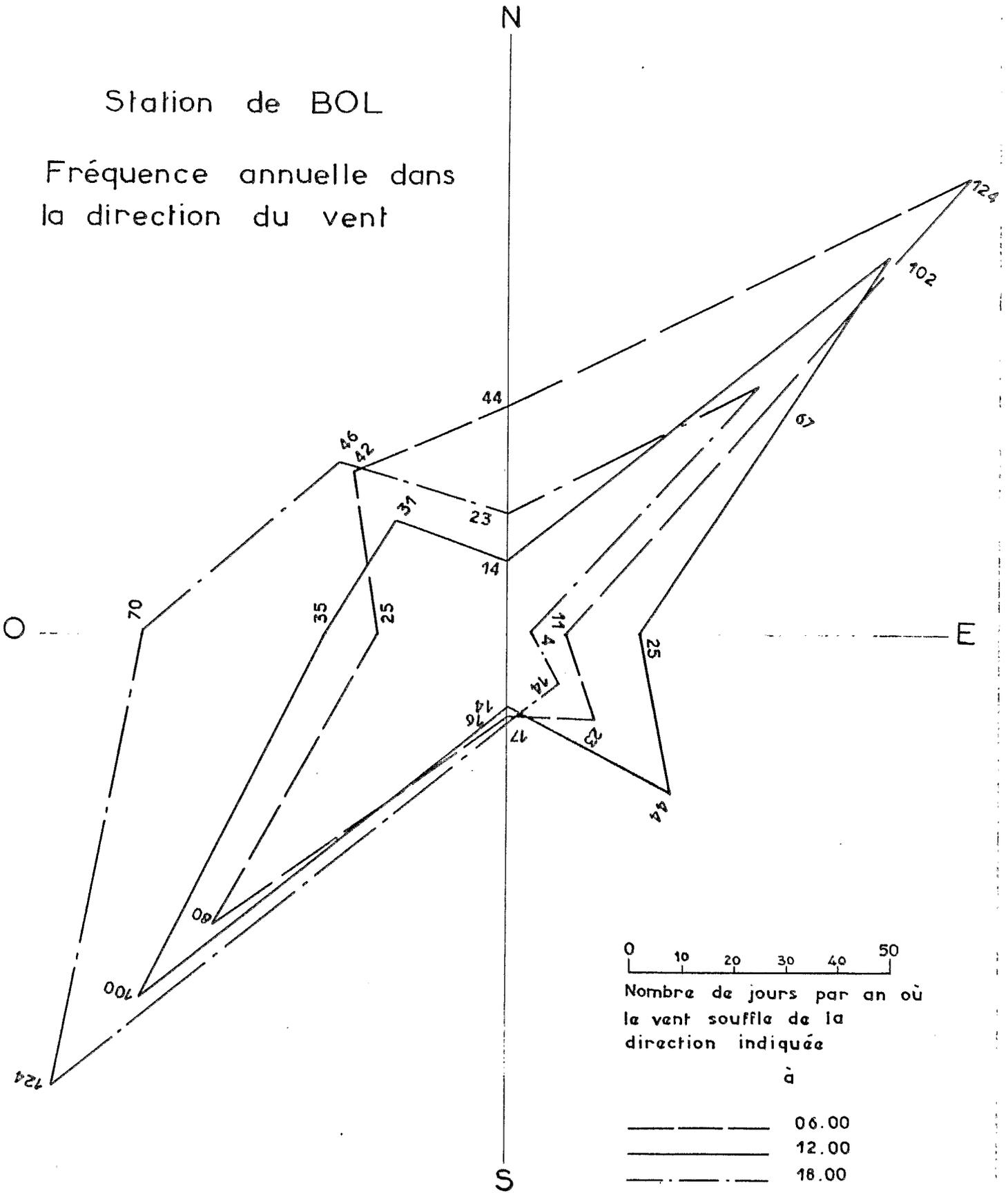


Nombre de jours par mois  
où le vent souffle de la  
direction indiquée, à

— — — — — 06.00  
- - - - - 12.00  
- · - · - 18.00

# Station de BOL

Fréquence annuelle dans  
la direction du vent



CRT 7274

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 12-6-63 DES: L. TRENou VISA: TUBE N° H

Si nous faisons superposer les 3 polygones relatifs aux fréquences des directions relevées à 06.00, 12.00 et 18.00, pour chaque saison, nous remarquons :

- saison sèche : le reversement de la direction à 18.00 un jour sur deux, dû à la brise du Lac, l'harmattan étant toujours rétabli le matin à 06.00.

- saison des pluies : une régularité diurne certaine, l'inversion nocturne n'étant décelable, bien entendu qu'à l'aide des enregistrements de la girouette.

### 3 - VITESSE DU VENT -

a) Vitesse moyenne journalière à un mètre au dessus du sol (11 m environ au dessus du Lac) -

L'anémomètre totalisateur n'étant installé que depuis Septembre 1962, il nous est bien entendu impossible de donner autre chose que les résultats des observations :

Unité : m/s

Mois	Vitesse moyenne du vent à BOL-DUNE			Journalière
	de 06.00 à 12.00	de 12.00 à 18.00	de 18.00 à 06.00	
Sept. 1962	2.17	2.23	1.07	1.64
Oct. "	2.36	2.28	1.13	1.73
Novem. "	1.85	1.67	1.56	1.66
Décem. "	2.54	2.25	1.38	1.89
Janv. 1963	2.56	2.06	1.20	1.76
Fév. "	2.38	2.43	1.23	1.82
Mars "	2.82	2.75	1.52	2.15
Avril "	2.26	1.97	0.86	1.49

b) Vitesse instantanée -

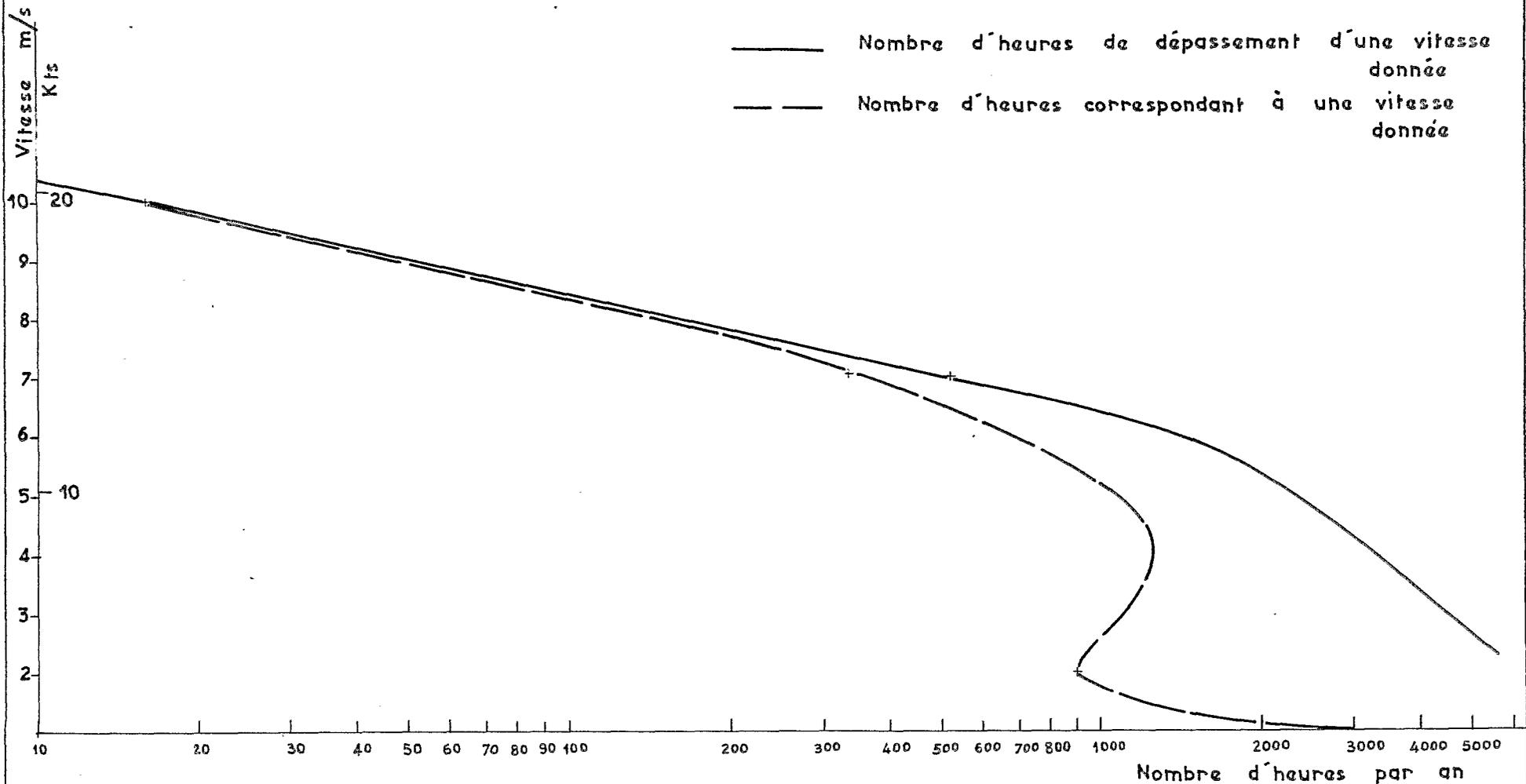
L'examen des enregistrements de l'anémographe de BOL (case ORSTOM) permet de préciser la variation journalière de la vitesse du vent. La couche d'air en altitude ayant une vitesse plus grande que celle au sol, le brassage de celle-ci, provoqué par les courants thermiques dus au rayonnement solaire, va faire augmenter la vitesse du vent au sol.

Aussi, au sol, nous remarquons une augmentation du vent au lever du soleil, un maximum vers 12.00, puis une diminution jusqu'à la tombée du jour. Quand il y a brisé de lac ou de terre, le vent augmente légèrement de force.

Ceci explique d'ailleurs que la vitesse moyenne nocturne soit nettement plus faible que la vitesse diurne (voir ci-dessus)

.../...

Station de BOL  
 Anémographe "case ORSTOM"  
 Courbes intensité - durée  
 Année 1957



CRT 7282

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 15-6-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

En 1957, A. BOUCHARDEAU donnait la répartition des vitesses suivantes :

Nombre d'heures par an, pendant lequel le vent a dépassé une vitesse de :

Année 1957

V m/S	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jour	3526	3162	2488	1608	847	375	126	39	14
Nuit	1923	1389	920	536	242	135	50	4	2
TOTAL	5449	4551	3408	2144	1089	510	176	43	16

c) Vitesse moyenne du vent à BOL-MATAFO

Les mesures de la vitesse moyenne du vent donnent les résultats suivants : (anémomètre totalisateur à 1 mètre du sol)

Unité : m/s

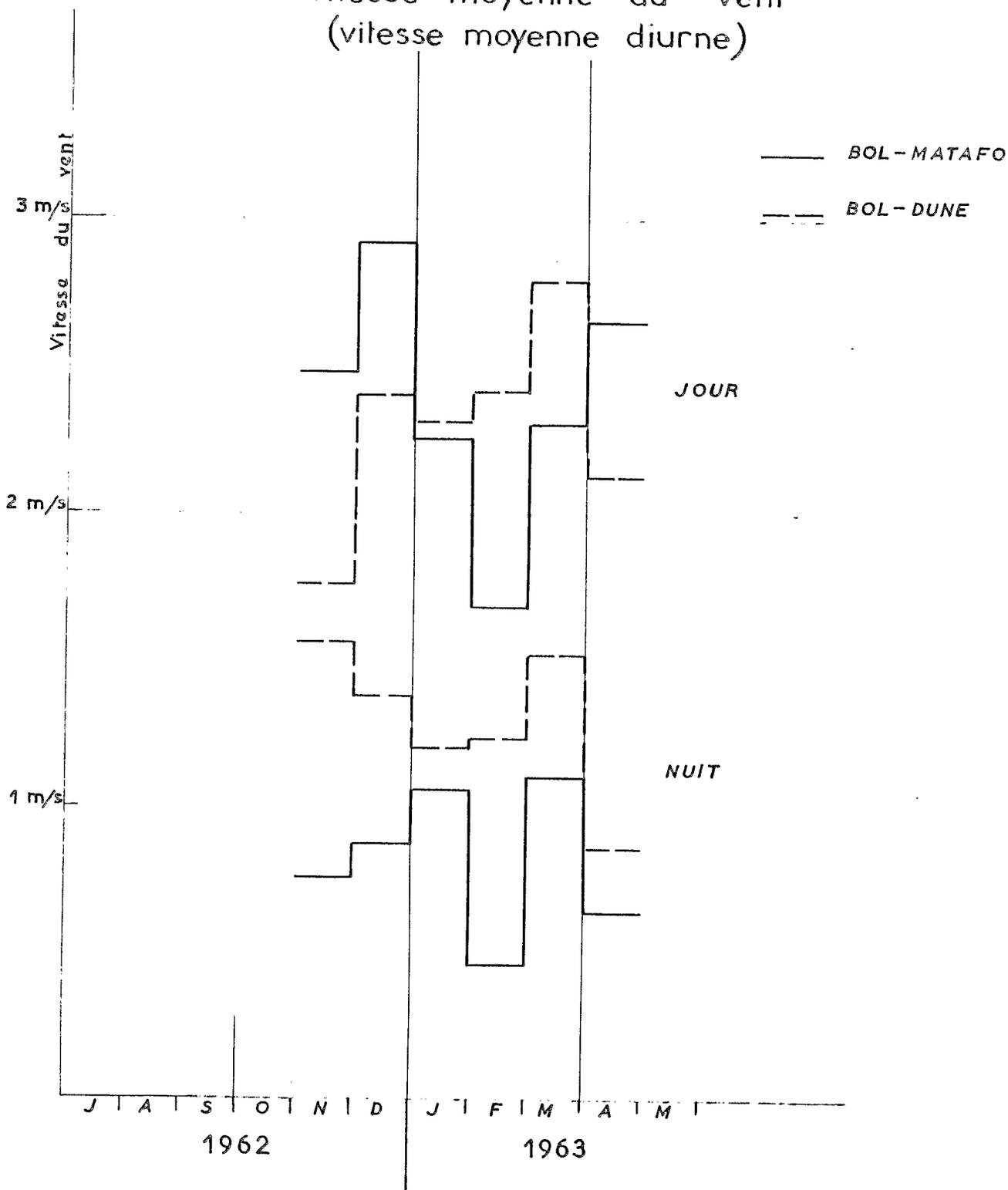
Année	Mois	B O L - M A T A F O				BOL-DUNE
		Matin : 06.00-12.00	Après-midi : 12.00-18.00	Nuit : 18.00-06.00	moyenne sur 24 h	moyenne sur 24 h
1962	Novembre	2.80	2.16	0.76	1.62	1.66
"	Décembre	3.21	2.62	0.88	1.90	1.89
1963	Janvier	2.43	2.06	1.06	1.55	1.76
"	Février	1.85	1.50	0.46	1.07	1.82
"	Mars	2.33	2.26	1.10	1.70	2.15
"	Avril	2.55	2.75	0.64	1.65	1.49

Le graphique ci-après montre les différences entre la vitesse moyenne mesurée de jour (de 06.00 à 18.00) et de nuit (de 18.00 à 06.00) aux deux stations.

.../...

# Station de BOL-MATAFO

Variation mensuelle de la  
vitesse moyenne du vent  
(vitesse moyenne diurne)



CRT 7267

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1<sup>er</sup>

LE: 10-6-63

DES: L. TRENou

VISA:

TUBE N°

H

En Novembre-Décembre 1962, on observe un vent diurne plus intense à BOL-MATAFO qu'à BOL. Comme nous l'avons déjà expliqué plus haut, lors de l'étude de la variation de l'hygrométrie, cela peut se comprendre par la situation des deux stations (rappelons que les moulinets des anémomètres sont à un mètre du sol). A cette époque, les cultures sont très basses à MATAFO et le vent souffle secteur Nord-Est, sans qu'aucun obstacle ne puisse protéger la station alors qu'à BOL-DUNE les maisons du village doivent avoir un rôle certain.

Par contre, au fur et à mesure que le blé pousse, l'effet d'écran devient de plus en plus sensible et la vitesse du vent est plus grande à BOL-DUNE qu'à MATAFO.

De nuit, les vitesses sont bien plus faibles à MATAFO. Le changement dans la direction du vent en est la cause : la brise du Lac est de secteur Sud à Ouest. Alors qu'elle souffle sans obstacle sur BOL-DUNE, il n'en est pas de même à MATAFO où la dune joue un net effet d'écran.

C H A P I T R E      VI

INSOLATION -

En Septembre 1962, un héliographe CAMPBELL a été installé à la station de BOL-DUNE.

Des difficultés survenues, tant dans le réglage de l'appareil que dans son utilisation, font que les observations n'ont pu être exploitées que sur quelques mois :

: Année :	Mois :	Somme mensuelle :	Moyenne mensuelle :	Fraction :
:	:	( H ) :	Journalière :	d'insola-
:	:	:	( 0,1 H ) :	tion :
-----	-----	-----	-----	-----
: 1962 :	Octobre :	299,9 :	103,4 :	0,87 :
: " :	Novembre :	318,7 :	106,2 :	0,92 :
: 1963 :	Mars :	259,7 :	89,5 :	0,75 :
: " :	Avril :	302,9 :	10,1 :	0,81 :
-----	-----	-----	-----	-----

---o●Ooo---

.../...

C H A P I T R E VII

PLUVIOMETRIE -

La pluviométrie des polders de BOL est étudiée de la façon suivante :

- La station de BOL-DUNE possède des relevés journaliers s'étendant sur 29 années complètes (1908 - 1913 à 1919 - 1932 - 1938 à 1940 - 1946 à 1962) et 1 année incomplète (1933). La pluie est mesurée dans un pluviomètre Association et depuis 1956 un pluviographe à augets basculeurs permet de déterminer les intensités des précipitations.

- La station de BOL-MATAFO est équipée, depuis Juillet 1962, d'un pluviomètre Association et d'un pluviographe à augets basculeurs.

- Enfin, 18 pluviomètres totalisateurs, relevés hebdomadairement, ont été repartis sur l'ensemble des polders de BOL-GUINI et BOL-BERIM pour la saison des pluies 1962.

I - PLUVIOMETRIE ANNUELLE -

a) Pluviométrie annuelle à BOL-DUNE.

La pluviométrie annuelle, à BOL-DUNE, a été observée, sur 29 ans, entre 46,1 mm et 699,5 mm.

Pluviométrie annuelle à BOL-DUNE

Année	Hauteur d'eau mm	Année	Hauteur d'eau mm
I908	I93,5	I949	92,8
I9I3	46,I	I950	458,4
I9I4	228,8	I95I	230,3
I9I5	206,9	I952	394,3
I9I6	2I4,2	I953	3I3,5
I9I7	I95,3	I954	699,5
I9I8	I25,7	I955	295,6
I9I9	247,2	I956	376,0
I932	26I,9	I957	3I9,8
I938	288,5	I958	325,0
I939	230,6	I959	520,6
I940	327,I	I960	258,2
I946	28I,7	I96I	504,4
I947	299,4	I962	269,8
I948	252,2		

Le module pluviométrique annuel est :

$$m = 292 \text{ mm}$$

L'écart-type :

$$e = \sqrt{\frac{\sum (x - m)^2}{n - 1}} = 132 \text{ mm}$$

Coefficient de variation :

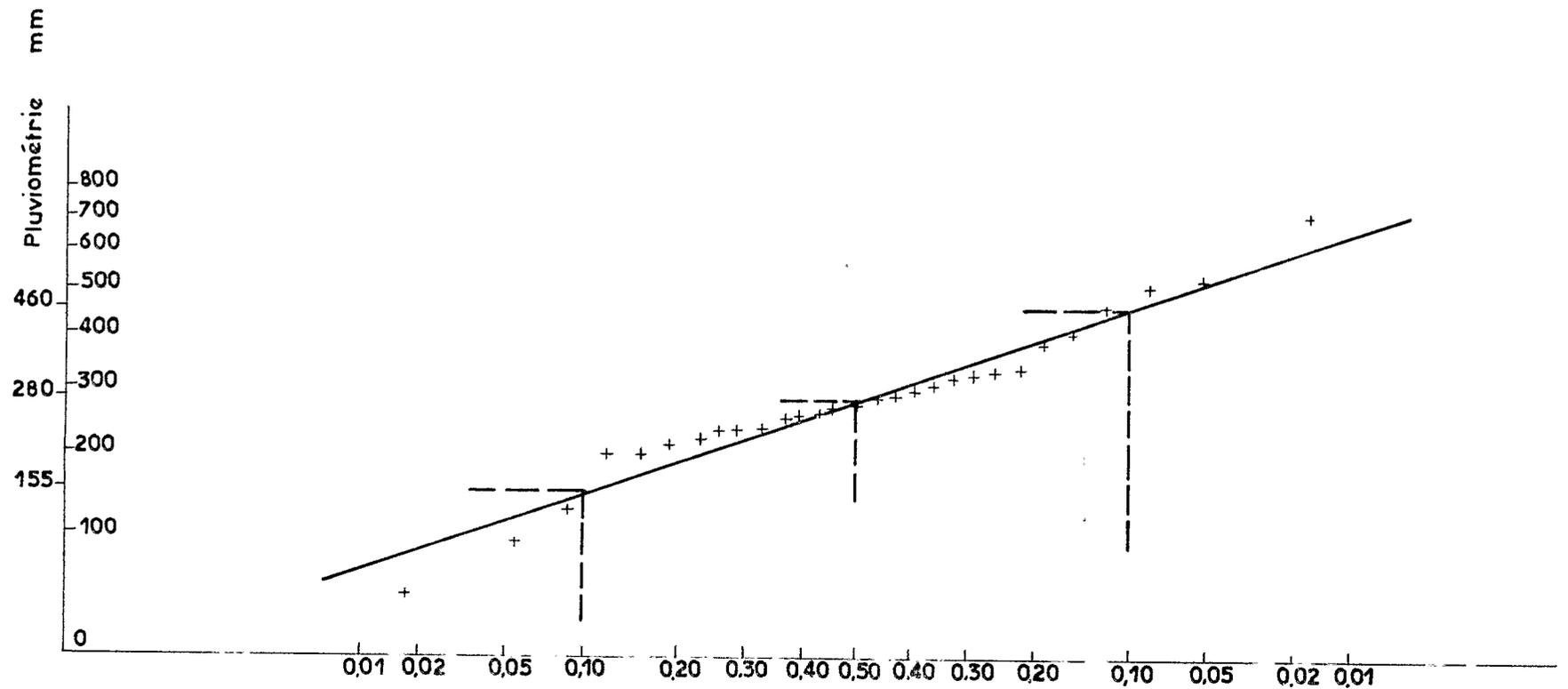
$$\frac{e}{m} = 0,45$$

La répartition de la pluviométrie annuelle ne respecte pas exactement la distribution gaussienne.

# Station de BOL-DUNE

## Distribution des pluviométries annuelles

### Ajustement par la loi de GALTON



**CRT 7283**

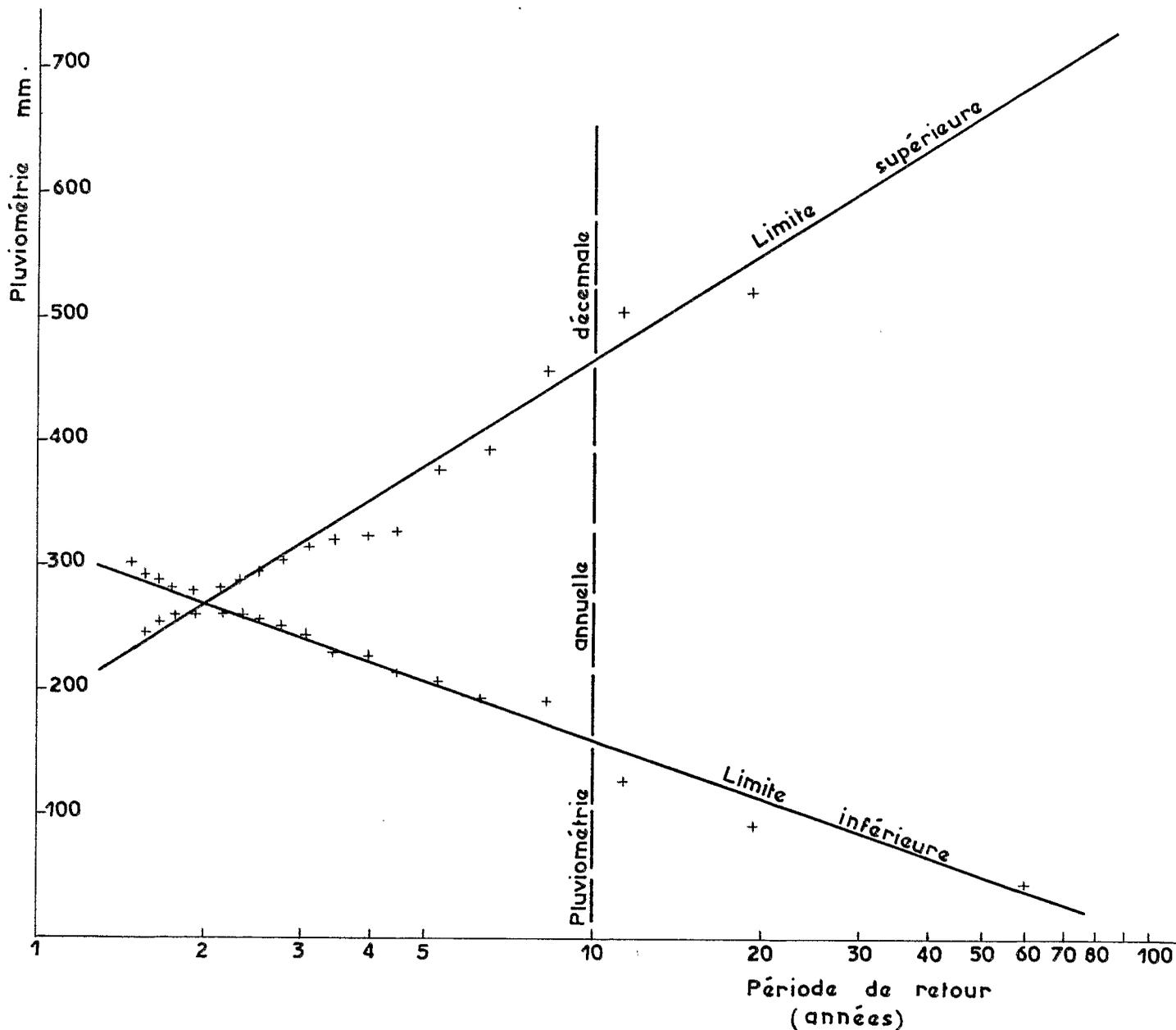
**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°	LE: 17-11-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	--------------	----------------	-------	---------	---

# Station de BOL-DUNE

## Distribution des pluviométries annuelles

Ajustement par la loi  
de FÜLLER-COUTAGNE



CRT 7280

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 14 - 6 - 63	DES: L. TRENOLU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-----------------	-----------------	-------	---------	---

Les écarts étant cependant peu importants, il est intéressant d'essayer l'ajustement par la loi de GALTON.

Etant donné la précision recherchée (détermination de la précipitation décennale) seul un ajustement graphique a été réalisé.

Dans un but de contrôle, un ajustement graphique, suivant la loi exponentielle de FULLER-COUTAGNE a été effectué, pour pallier la dispersion remarquée sur l'ajustement de la loi de GALTON dans les faibles pluviométries.

Les résultats sont les suivants :

Désignation	Loi de GALTON	Loi de FULLER-COUTAGNE
Pluviométrie biennale probable (fréquence 0,50)	mm 280	mm 270
Pluviométrie annuelle décennale (fréquence 0,10) supérieure à	460	465
inférieure à	155	185

Il est bien évident que la pluviométrie annuelle de fréquence centenaire ( $F = 0,01$ ) ne peut être valablement déterminée, à cause du faible nombre d'années d'observation, des interruptions entre les périodes d'observation et de la grandeur des valeurs extrêmes.

b) Pluviométrie annuelle sur les polders de BOL

Grâce aux 18 pluviomètres installés sur les polders de BOL-GUINI et BOL-BERIM, il est possible d'obtenir l'allure de la répartition de la pluviométrie annuelle sur les polders, pour 1962.



Le tracé des isohyètes y montre une forte hétérogénéité. Le maximum observé est de 401 mm (pluviomètre n° 6) alors que le minimum est de 248 mm (pluviomètre n° 2).

La pluviométrie moyenne, obtenue par planimétrage des isohyètes est :

289 mm

Dans ces conditions la dispersion est :

$$\frac{401 \text{ mm} - 248 \text{ mm}}{289 \text{ mm}} = 53 \%$$
, pour une zone d'environ 31 km<sup>2</sup>

Cette dispersion peut paraître importante. Il ne faut pas oublier la manière dont la pluie tombe : quelques tornades n'arrosent bien souvent qu'une fraction de la zone des polders; la hauteur d'eau tombée étant loin d'être égale d'un point à un autre, et l'extention de la tornade assez limitée.

En régime sahélien, il ne peut y avoir un nombre suffisant de tornades, tombant en principe au hasard, pour obtenir une pluviométrie annuelle homogène d'un poste à l'autre.

En 1962, on observe, à BOL-DUNE, 27 jours de pluie, dont 8 seulement pour des pluies journalières supérieures à 10 mm. De plus, il est tombé 120 mm environ en 48 heures (soit près de la moitié de la pluviométrie annuelle) : aussi n'est-il pas étonnant de relever une telle dispersion.

Il est indispensable de continuer les observations pluviométriques sur l'ensemble des polders, afin de déterminer avec plus de précision sa pluviométrie moyenne annuelle et d'établir, s'il le faut, au bout d'un nombre suffisant d'années, les caractéristiques des pluies annuelles de fréquence décennale.

Il paraît probable que les écarts sur la pluviométrie annuelle seront moindres pour l'ensemble des polders de BOL-GUINI et BOL-BERIM (moyenne pondérée de 20 observations) que pour la seule station de BOL-DUNE.

c) Pluviométrie annuelle sur les polders du Lac TCHAD

La carte ci-après représente les isohyètes annuelles sur la bordure Nord et Est du Lac TCHAD, pour 1962.

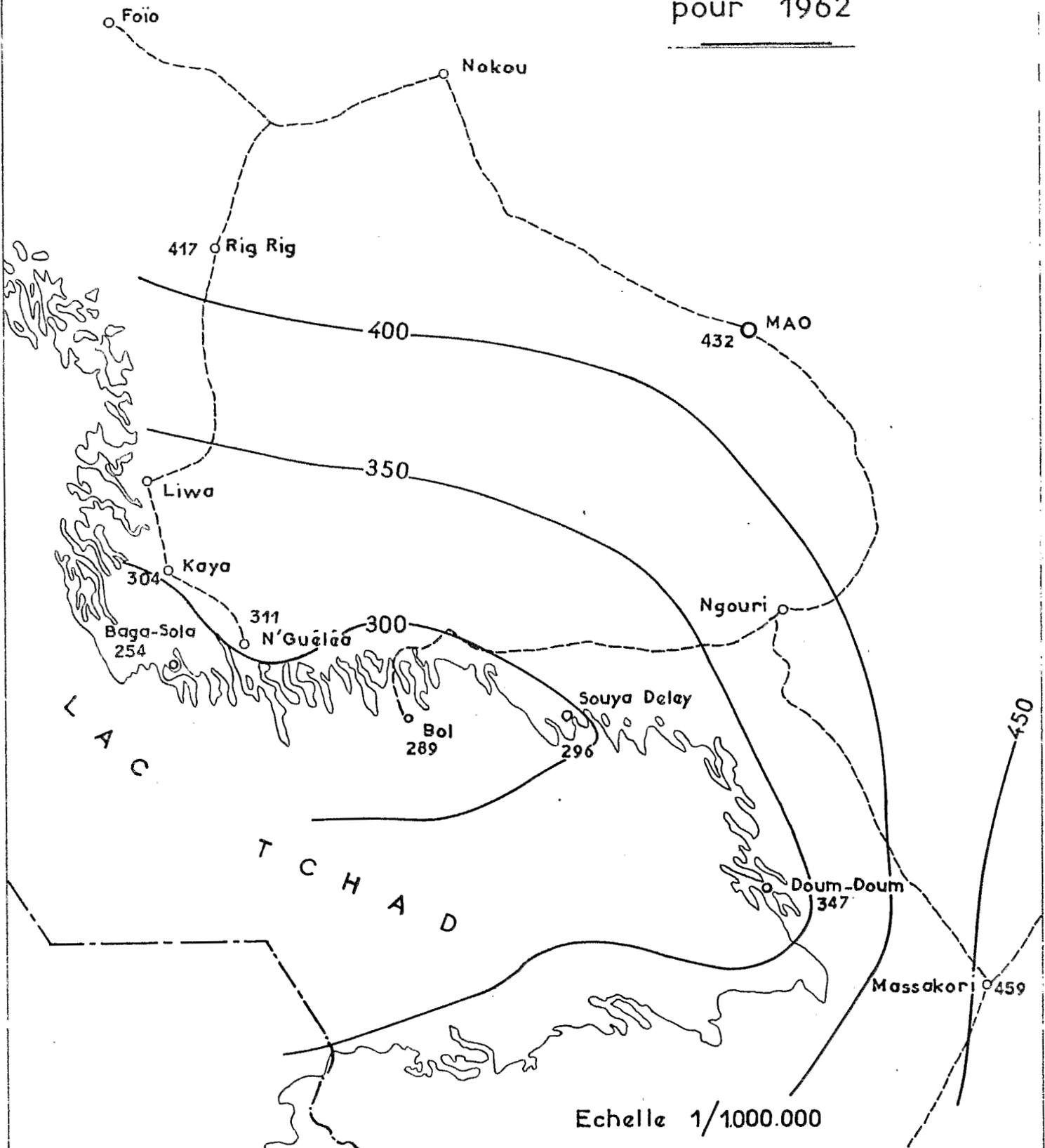
Il est curieux d'observer une pluviométrie annuelle nettement supérieure, en 1962, à MAO qu'à BOL. Cela est dû également à la distribution particulière des tornades, favorisant plus ou moins la quantité d'eau recueillie à chacune des stations. C'est donc dire que le tracé de ces isohyètes doit être considéré comme assez imprécis : il conviendrait d'installer 3 ou 4 pluviomètres sur quelques km<sup>2</sup> et de faire la moyenne des résultats obtenus pour avoir une idée plus précise sur la valeur de la pluviométrie de la station.

Les résultats relevés aux pluviomètres totalisateurs installés sur les polders sont les suivants :

Polder	Pluviomètre	Hauteur de pluie	Pluviométrie annuelle moyenne (1962)
BOL-SOUYA, MADIROM, MAIGA		296	296 mm
BOL-TCHINGAM	Nord	246	266
	Sud	286	
N'GUELEA		311	311
BAGA-SOLA	BAGA-SOLA	253	254
	OUALI	255	
DOUM-DOUM	ALBOUT	390	347
	BORDOOLE	420	
	ALI BOGHARI	270	
	TIREI	350	
	IRIRI	304	

# POLDERS DU LAC TCHAD

Isohyètes annuelles  
pour 1962



Echelle 1/1000.000

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7229

ED: 1°	LE: 124-4-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	--------------	----------------	-------	---------	---

2 - PRECIPITATIONS MENSUELLES

a) Précipitations mensuelles à BOL-DUNE

L'examen des variations des précipitations suivant les différents mois montre :

- un saison sèche absolument sans aucune précipitation, de Novembre à Avril inclus, quelques précipitations en Mai, Juin et Octobre,

- une saison des pluies de Juillet à Septembre, avec un maximum très marqué en Août (il tombe en Août la moitié, environ, de la précipitation annuelle).

L'étude des résultats d'observation de la station de BOL-DUNE donne les résultats suivants :

	Maï	Juin	Juil.	Août	Septem.	Octobre	Année
Module pluviométrique mensuel : m	7,7	7,8	69,8	154,3	46,4	5,8	291,6
Ecart - type : e	11,3	10,5	43,5	101,2	28,7	9,3	132,3
Coefficient de variation moyenne <u>e</u> m	1,5	1,3	0,6	0,7	0,6	1,6	0,5
Précipitation mensuelle maximale	43,1	34,0	190,8	546,7	98,0	57,5	699,5

Le coefficient de variation étant trop élevé pour permettre le calcul pour les autres mois, la fréquence des précipitations mensuelles ne peut être calculée que pour les mois de Juillet, Août et Septembre seulement

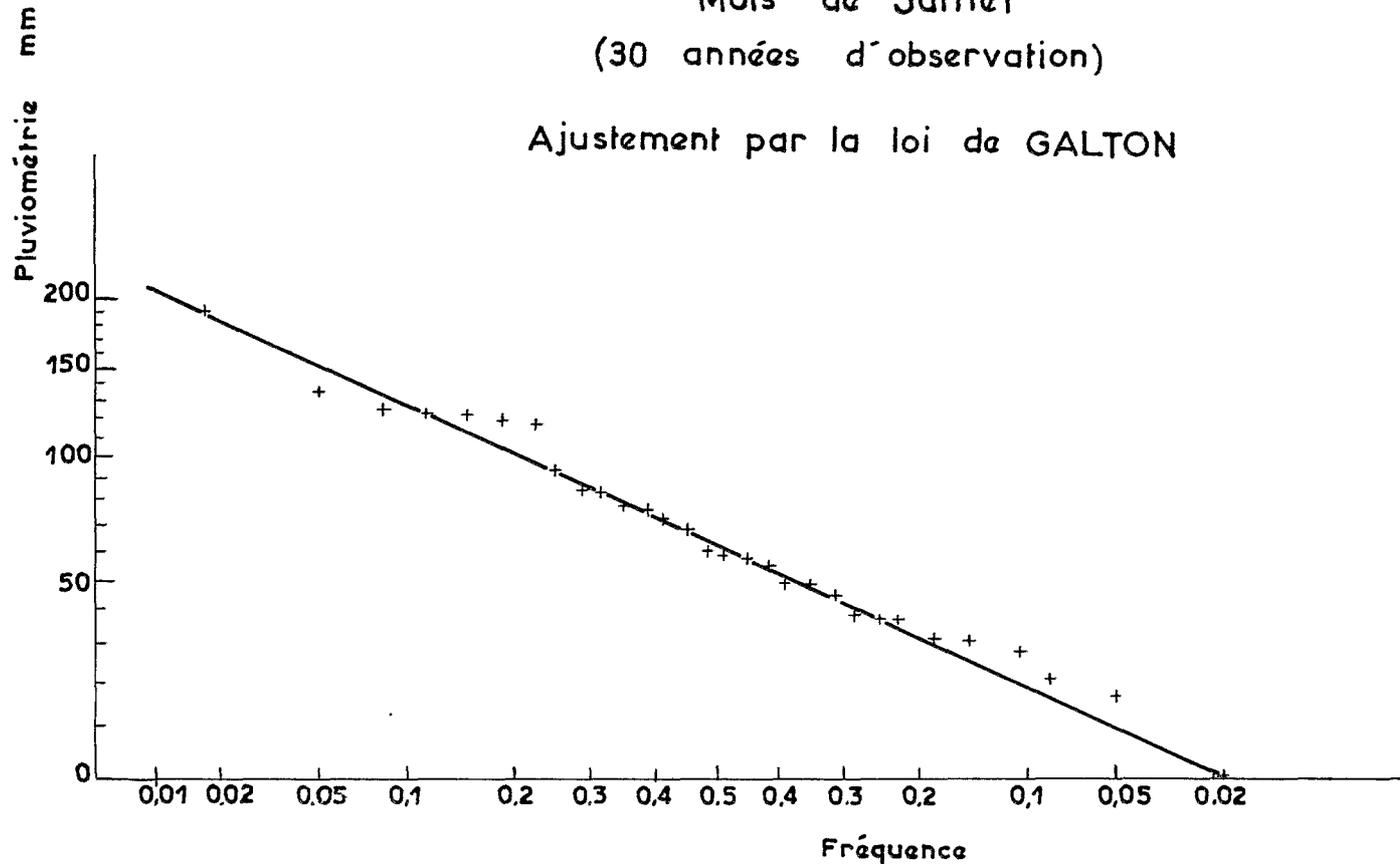
# Station de BOL-DUNE

## Distribution des pluviométries mensuelles

Mois de Juillet

(30 années d'observation)

Ajustement par la loi de GALTON



CRT 7279

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 14-6-63

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

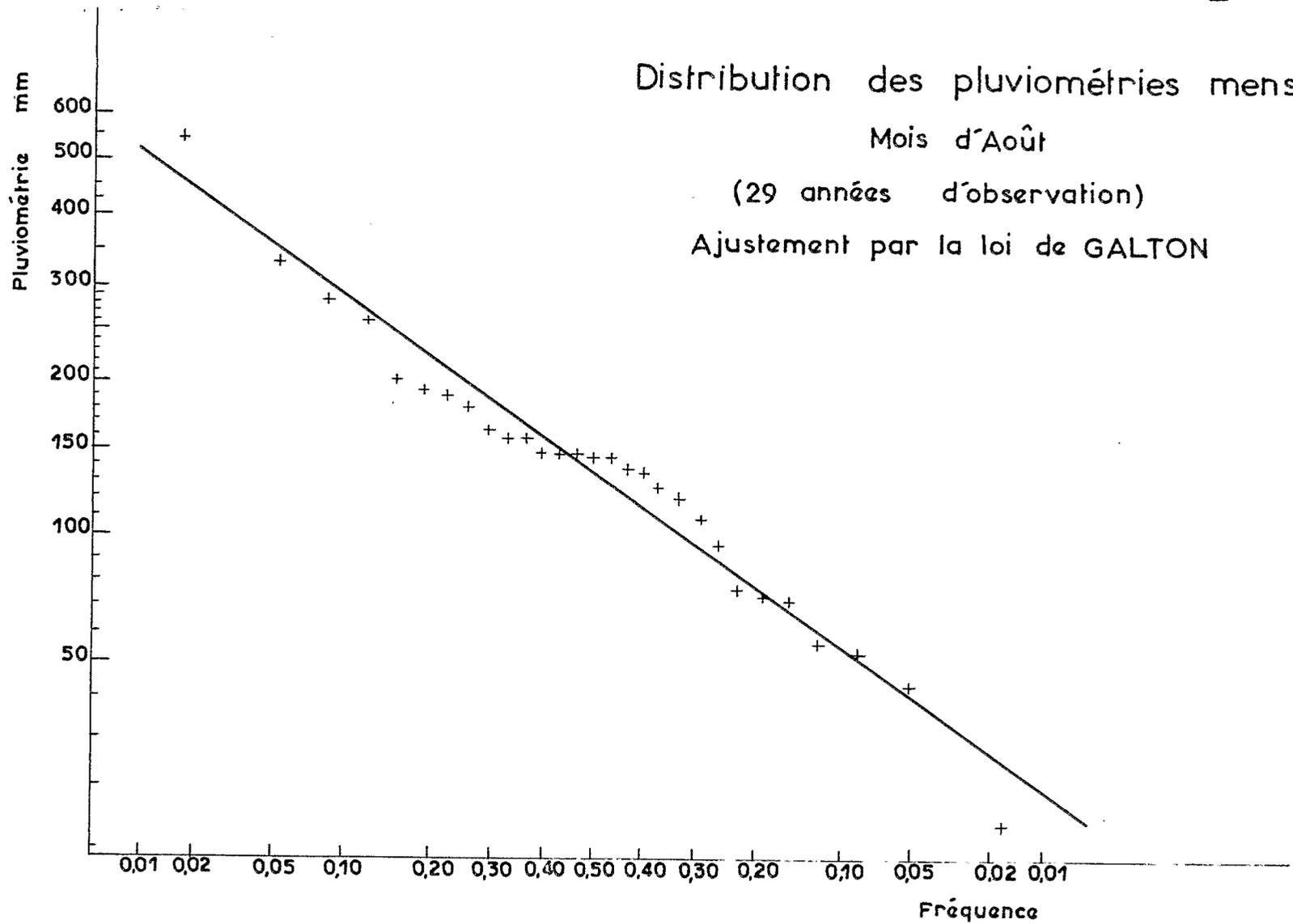
# Station de BOL-DUNE

Distribution des pluviométries mensuelles

Mois d'août

(29 années d'observation)

Ajustement par la loi de GALTON



CRT 7277

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

1°

LE: 13-6-63

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

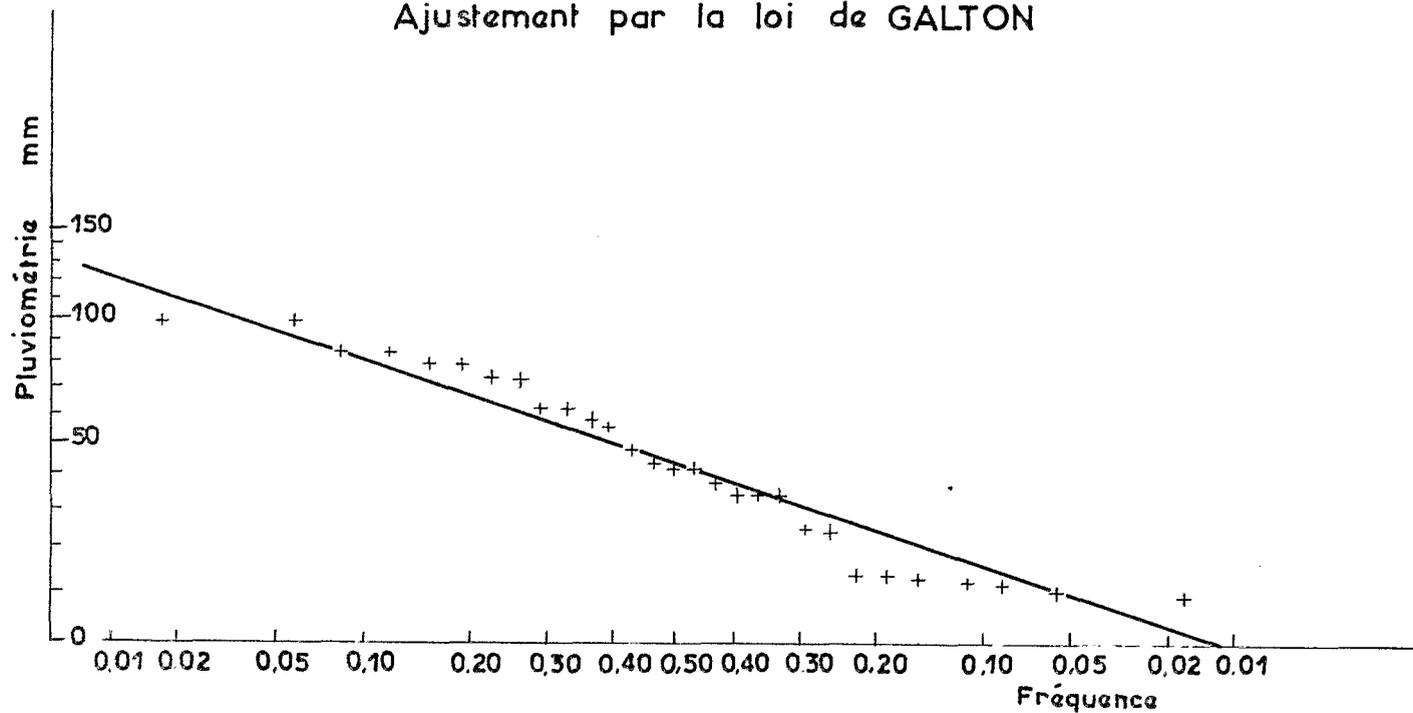
H

# Station de BOL-DUNE

## Distribution des pluviométries mensuelles

Mois de Septembre  
(29 années d'observation)

Ajustement par la loi de GALTON



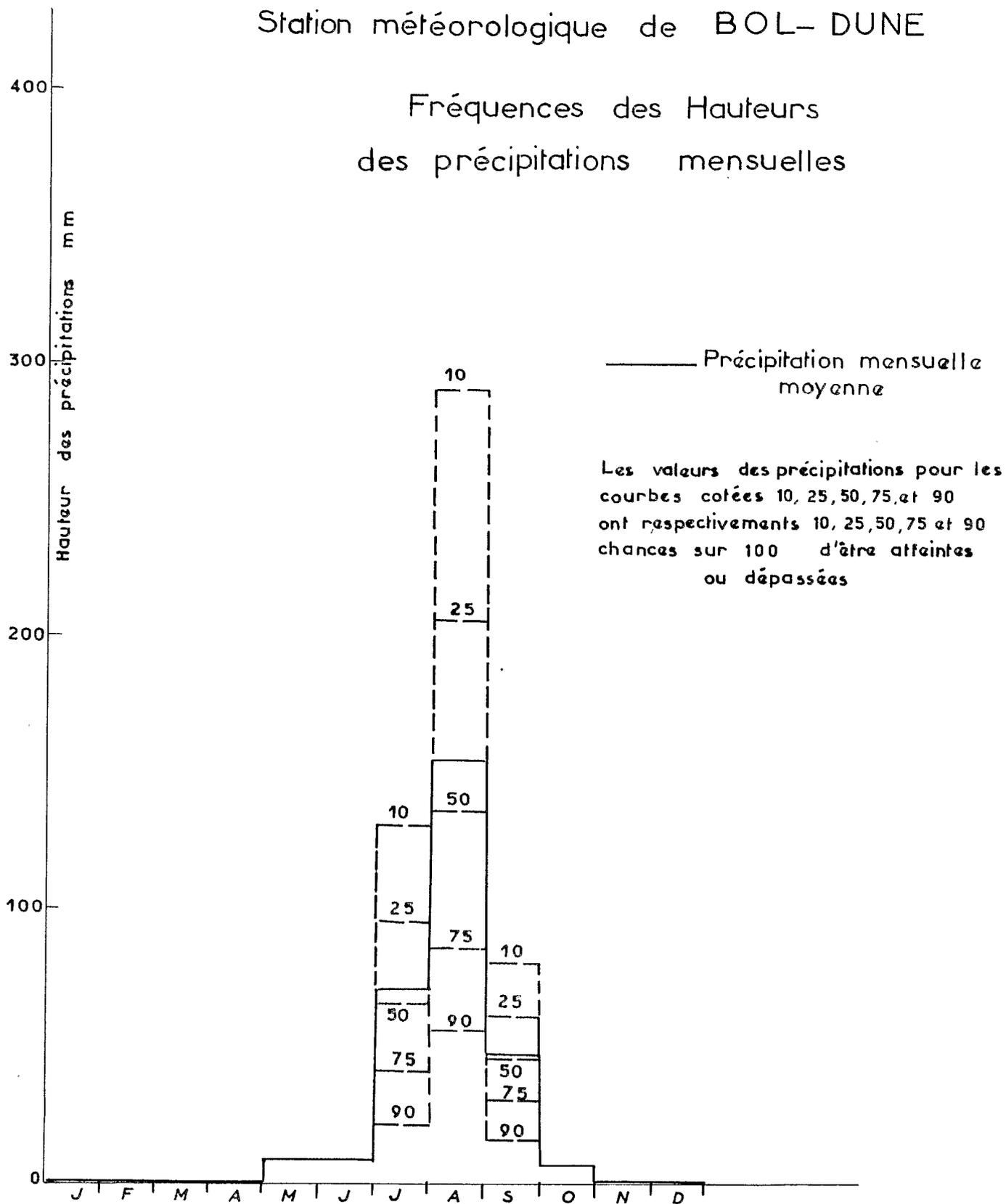
CRT 7278

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 14-6-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

# Station météorologique de BOL-DUNE

## Fréquences des Hauteurs des précipitations mensuelles



CRT 7273

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 9-11-63

DES: TIMO-JAG

VISA:

TUBE N°

L'ajustement a été réalisé graphiquement en utilisant la loi de GALTON. La distribution semble correcte.

Fréquences	0,10	0,25	0,50	0,75	0,90	Moyenne
Mois						
	Hauteur de pluie mensuelle					
	(mm)					
Juillet(30 années)	130	95	65	40	20	70
Août(29 années)	290	205	135	85	55	154
Sept.(29 années)	80	60	45	30	15	46

(les valeurs des précipitations, pour les fréquences 0,10 - 0,25 - 0,50 - 0,75 et 0,90 ont respectivement 10, 25, 50, 75, 90 chance sur 100 d'être atteintes ou dépassées).

b) Pluviométrie mensuelle sur les polders de BOL -

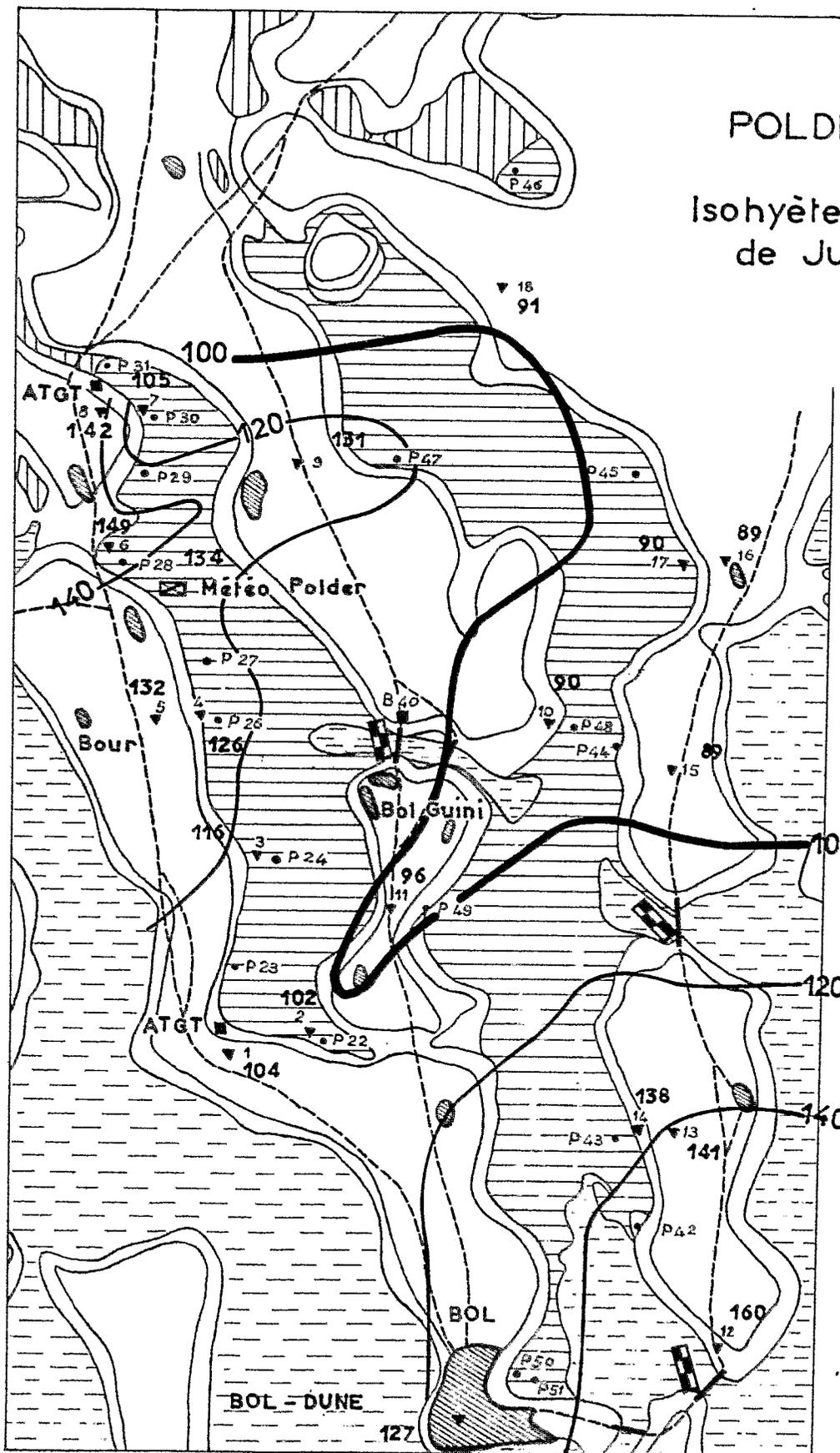
Les cartes d'isohyètes ci-après indiquent, comme pour la pluviométrie annuelle, une dispersion assez importante entre les différents pluviomètres :

Année 1962

Mois	Pluviométrie moyenne	Maximum relevé	Minimum relevé	dispersion
Juillet	113 mm	160 mm	89 mm	63 %
Août	122	184	82	84
Septembre	52	82	18	123
Octobre	2	11	0	-
Année	289	401	248	53

# POLDERS DE BOL

## Isohyètes mensuelles de Juillet 1962



  
**NORD**

Pluviométrie moyenne  
 113 mm

- ▼ Pluviomètre
- Borne de nivellement
- Piézomètre
- ▣ Echelle

Echelle 1/50.000 env.

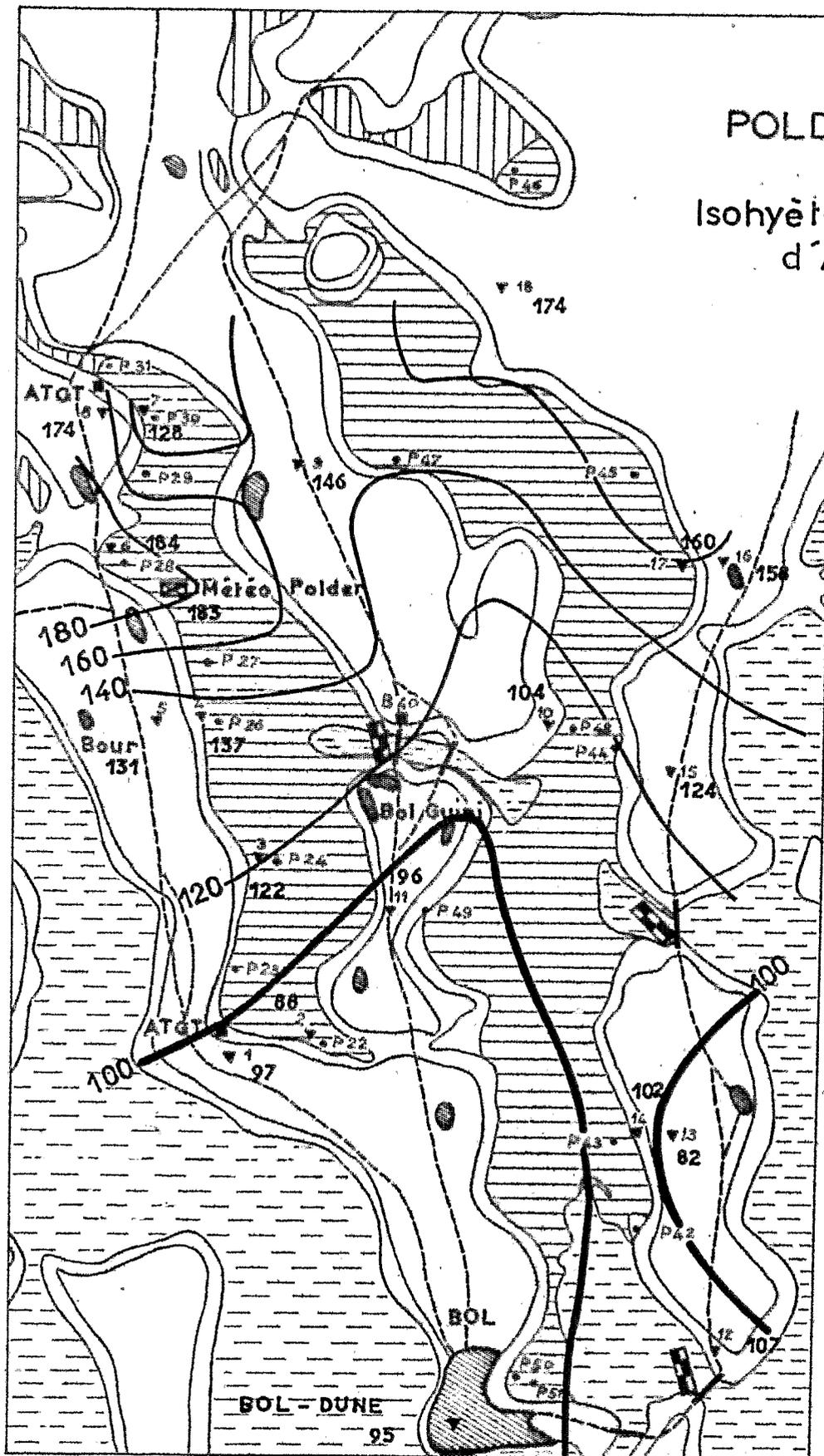
**CRT 7230**

**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°    LE: 6-5-63    DES: L. TRENOU    VISA:    TUBE N°    H

# POLDERS DE BOL

## Isohyètes mensuelles d'Aout 1962



  
**NORD**

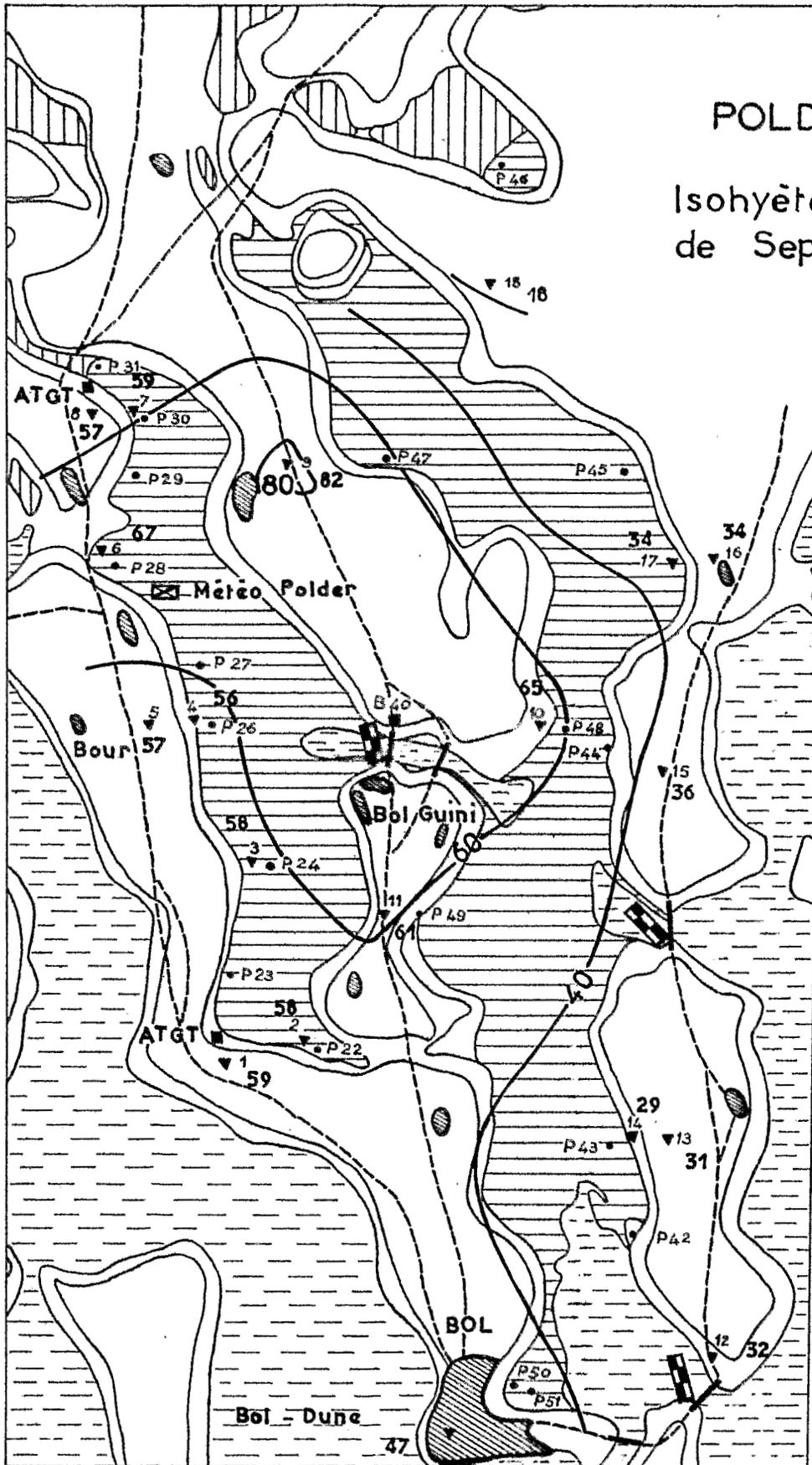
Pluviométrie moyenne  
 122 mm

- ▼ Pluviomètre
- Borne de nivellement
- Piézomètre
- ▣ Echelle

Echelle 1/50.000 env.

# POLDERS DE BOL

Isohyètes mensuelles  
de Septembre 1962



Pluviométrie moyenne  
52 mm

- ▼ Pluviomètre
- Borne de nivellement
- Piézomètre
- ▣ Echelle

Echelle 1/50.000 env.

CRT 7230

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 6-5-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

NOTA : la pluviométrie de Juin a été comprise dans les relevés du mois de Juillet. Elle doit être de l'ordre de quelques millimètres (4 mm à BOL-DUNE).

L'examen des isohyètes montre que la région de MATAFO a été plus arrosée que celle de BOL-BERIM. Il reste à vérifier au cours des prochaines années si cette distribution spatiale se maintient.

c) Nombre de jours de pluie

Utilisant les relevés journaliers de la station de BOL-DUNE, le calcul du nombre de jours de pluie par mois donne en moyenne les résultats suivants :

Mai	:	I
Juin	:	2
Juillet	:	6
Août	:	II
Septembre	:	5
Octobre	:	I
Année	:	26

Aucune pluie de Novembre à Mai (exception : I jour de pluie en Avril 1938).

3 - PLUVIOMETRIE JOURNALIERE -

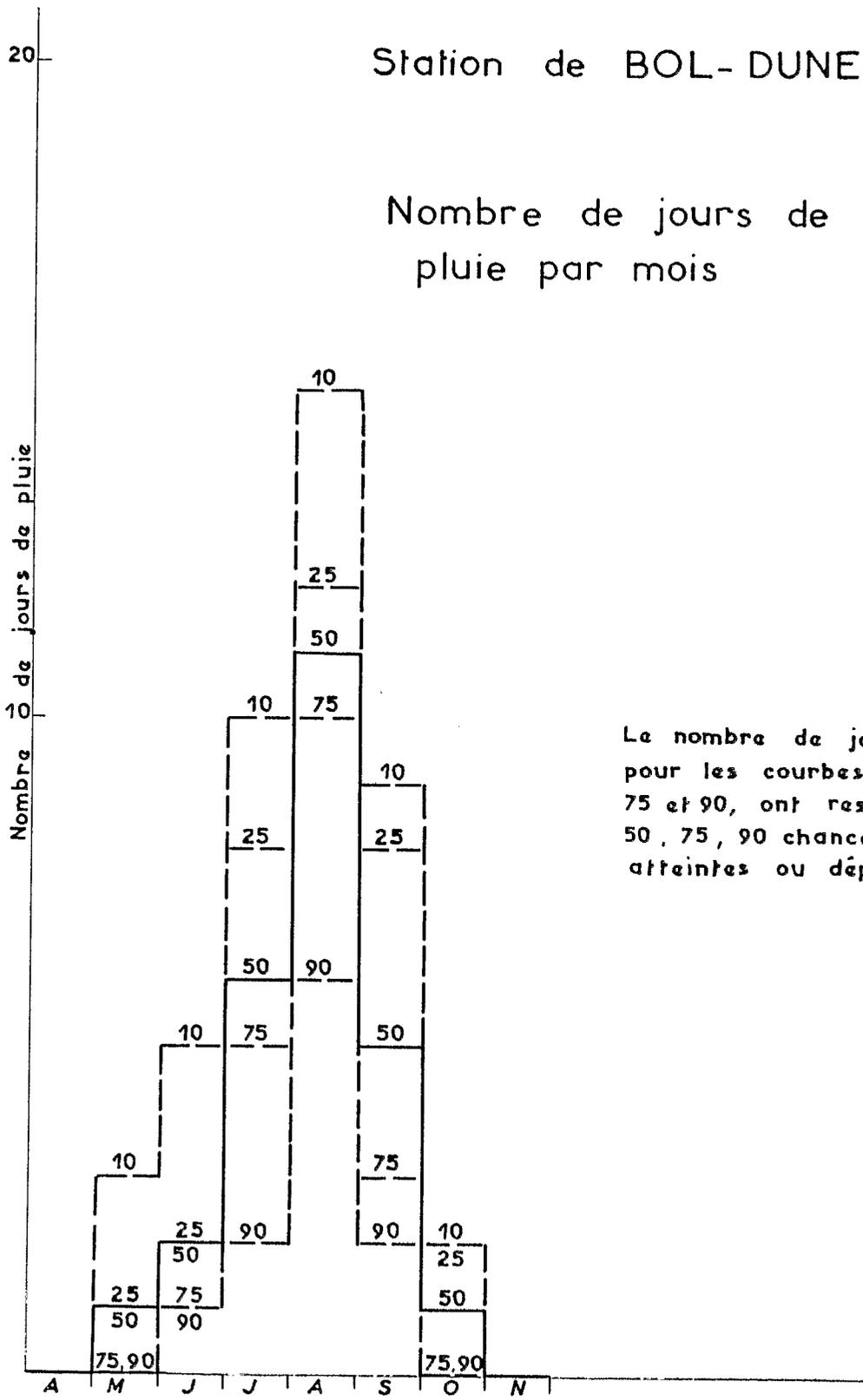
L'étude de la pluviométrie journalière a été réalisée à l'aide des observations de BOL-DUNE et de BOL-MATAFO.

L'examen des pluviogrammes permet de conclure qu'il ne tombe pratiquement qu'une seule pluie par jour et que par conséquent la pluviométrie journalière représente la hauteur d'eau tombée au cours d'une seule averse.

.../...

# Station de BOL-DUNE

## Nombre de jours de pluie par mois



Le nombre de jours de pluie pour les courbes cotées 10, 25, 50, 75 et 90, ont respectivement 10, 25, 50, 75, 90 chances sur 100 d'être atteintes ou dépassées

a) Hauteur d'eau tombée au cours d'une averse

L'ajustement graphique de la répartition fréquentielle des 29 averses les plus importantes observée en 29 ans donne les résultats suivants :

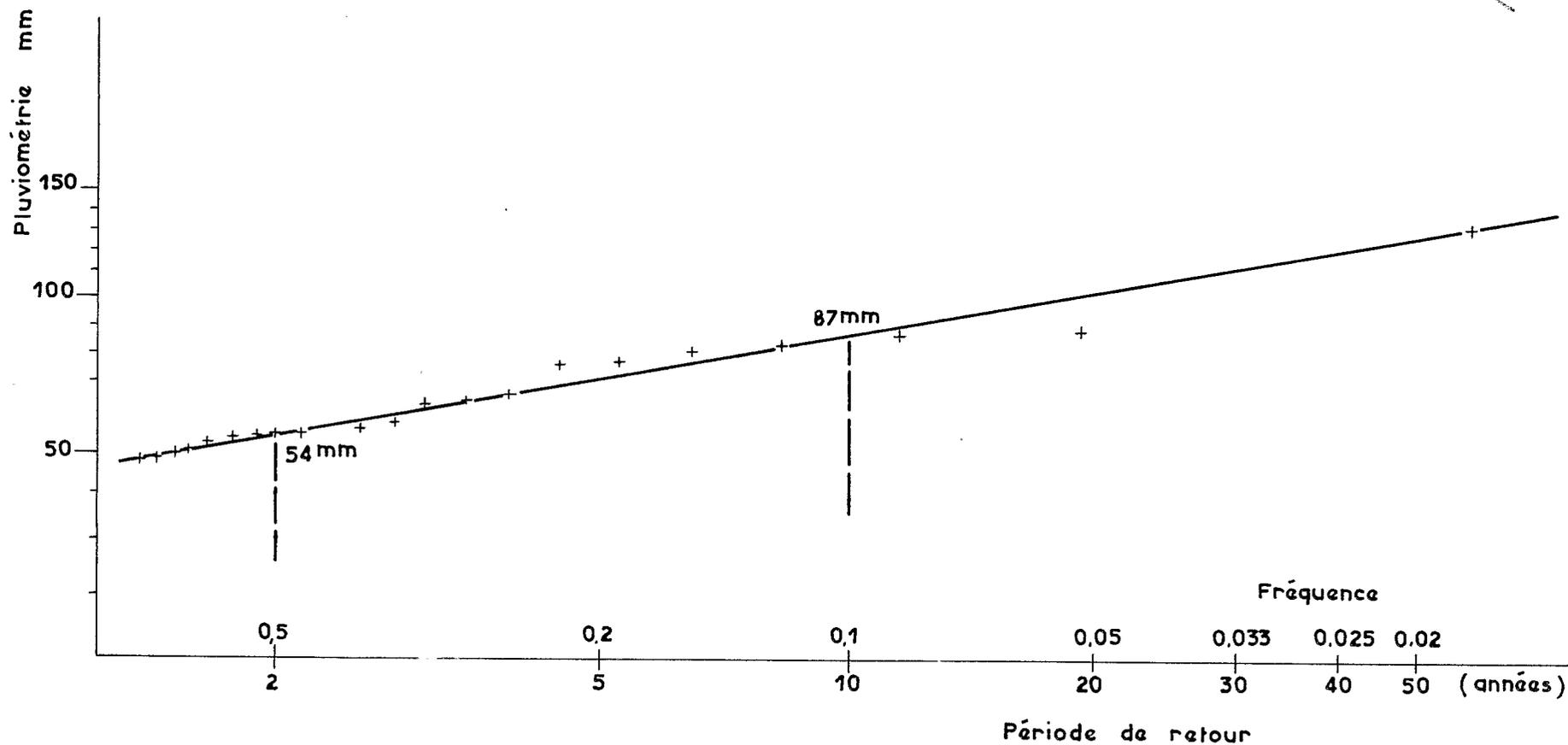
- Averse biennale (fréquence 0,50) = 54 mm
- Averse décennale (fréquence 0,10) = 87 mm

L'averse de 131 mm, observée en 1954 par les ingénieurs hydrologues de l'ORSTOM qui ont garanti l'exactitude de la mesure, correspond à une période de retour de l'ordre de 60 ans. Compte tenu du caractère exceptionnel de cette précipitation, ce résultat semble fort convenable.

:N° :	Pluie :	Date :	N° :	Pluie :	Date :
:	(mm) :	:	:	(mm) :	:
: I :	131,0 :	19.8.54 :	I6 :	54,3 :	22.7.58 :
: 2 :	89,0 :	16.8.54 :	I7 :	54,0 :	3.8.50 :
: 3 :	86,7 :	13.8.59 :	I8 :	52,0 :	19.8.50 :
: 4 :	82,3 :	26.7.62 :	I9 :	51,2 :	11.8.52 :
: 5 :	81,9 :	27.8.52 :	20 :	50,0 :	12.8.49 :
: 6 :	76,6 :	15.8.54 :	21 :	49,0 :	28.7.57 :
: 7 :	76,5 :	27.7.38 :	22 :	48,7 :	27.7.15 :
: 8 :	66,2 :	23.8.52 :	23 :	48,3 :	27.8.40 :
: 9 :	64,0 :	17.8.50 :	24 :	47,0 :	13.8.61 :
: I0 :	63,2 :	12.8.59 :	25 :	45,3 :	5.8.54 :
: II :	58,5 :	2.8.54 :	26 :	45,2 :	23.8.55 :
: I2 :	55,5 :	30.7.54 :	27 :	45,0 :	16.8.56 :
: I3 :	55,0 :	8.10.55 :	28 :	45,0 :	6.7.48 :
: I4 :	54,6 :	18.8.19 :	29 :	44,9 :	19.9.59 :
: I5 :	54,4 :	14.8.54 :	:	:	:
:	:	:	:	:	:

# Station de BOL-DUNE

## Distribution des plus fortes pluies journalières



CRT 7348

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

1°

LE. 13-11-63

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

b) Intensité des averses

Le dépouillement des pluviogrammes (7 années d'observation : 1956 - 1962) a permis d'établir les courbes d'intensité-durée. La période de référence (7 ans) est bien entendu, ~~trop~~ faible pour assurer avec une bonne précision les intensités probables de fréquence décennale.

Les intensités ont été calculées de 5 en 5 minutes. Le maximum observé, pour cette intervalle de temps, est de 210 mm/h. Utilisant les résultats d'observations effectuées à Fort-Lamy, avec un pluviographe JARDY bien réglé, nous pouvons estimer la limite supérieure des intensités, à BOL, aux environs de 300 mm/h, pour un intervalle de temps de quelques minutes.

Comme toutes les tornades tropicales, les averses commencent par une courte période à très forte intensité : pendant 10 à 20 minutes, l'intensité est supérieure à 50 mm/h. Sa diminution est assez rapide : au bout d'une heure, l'intensité est rarement supérieure à 10 mm/h. La pluie continue à tomber, pendant plusieurs heures parfois, avec cette faible intensité ("traîne" de l'averse).

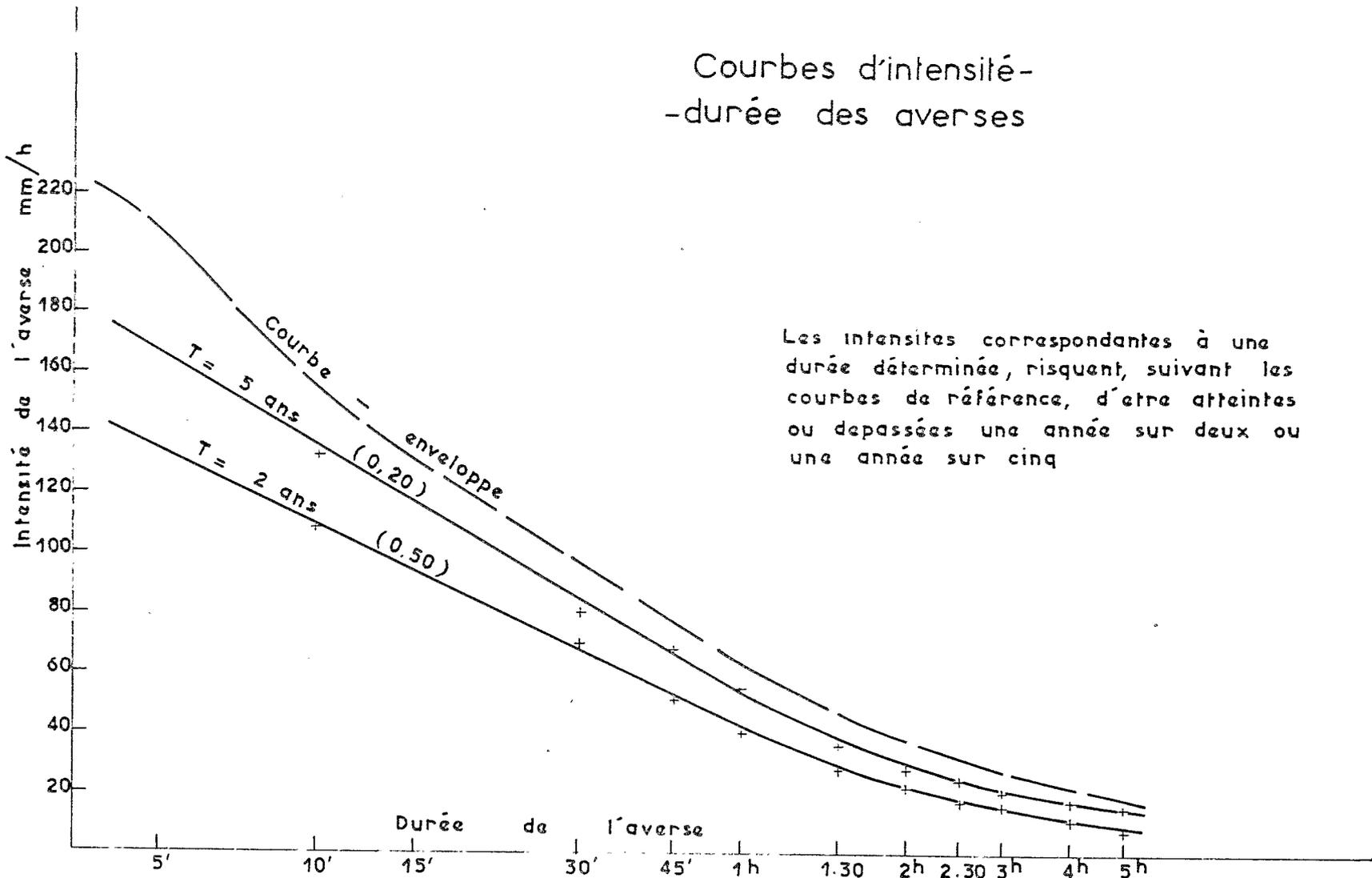
La pré-averse est rarement observée.

--ooOoo--

.../...

# Station de BOL-DUNE

## Courbes d'intensité- -durée des averses



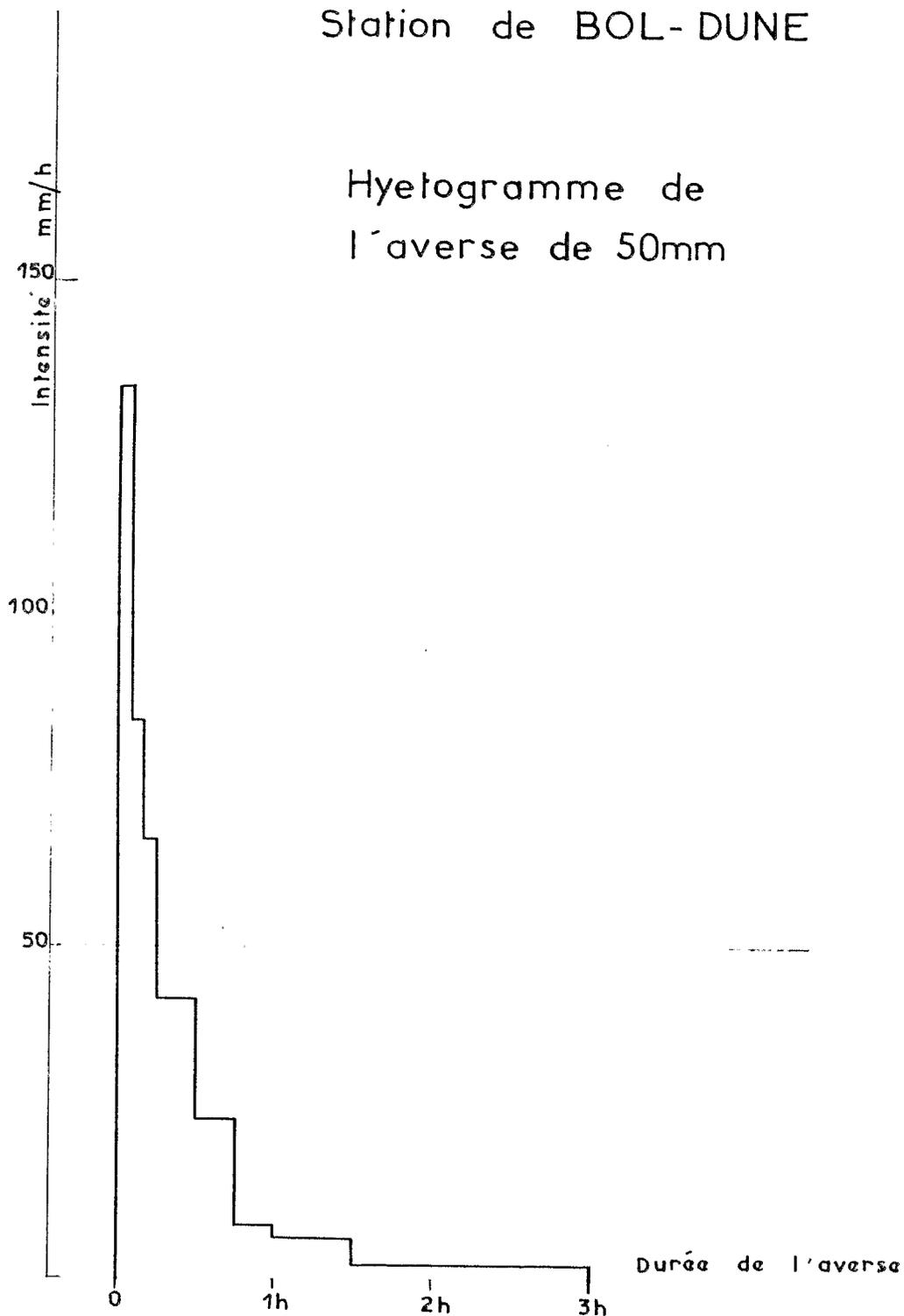
CRT 7281

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 15-6-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

Station de BOL-DUNE

Hyetogramme de  
l'averse de 50mm



CRT 7270

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 11-6-63

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

DEUXIEME PARTIE

-----

VARIATION DU NIVEAU DE LA NAPPE PHREATIQUE

-----

## C H A P I T R E I

### GENERALITES

Les niveaux de la nappe phréatique sont observés depuis 1955.

De 1955 à 1958, les mesures avaient lieu à l'occasion des tournées pédologiques ou hydrologiques. Un tel procédé était bien insuffisant, aussi les relevés furent intensifiés à partir de Mars 1959.

Dès lors, les niveaux de trois puits situés dans le polder de BOL-GUINI (n° 23, 26 et 27) étaient relevés toutes les semaines et tous les jours pour les deux puits situés dans le Jardin Administratif de BOL (n° 50 et 51).

En Juin 1961, deux nouveaux puits furent adjoints aux précédents mais seul le n° 30 a été observé, le second ayant été submergé vers le 15 Juillet.

En Juin 1962, suite à la Convention n° 9/OCRS, les niveaux de cinq puits supplémentaires (n° 22, 24, 28, 29 et "Météo-MATAFO") étaient mesurés sur BOL-GUINI. Sur le polder de BOL-BERIM, les niveaux ont été mesurés à six nouveaux puits (puits n° 42, 44, 45, 46, 47 et 49).

Devant des difficultés rencontrées pour garantir l'immuabilité du repère, fixé sur le bord du puits, servant à effectuer les mesures du niveau de l'eau, les dispositions suivantes ont été prises :

- implantation d'un repère, dit "repère-dune", situé au pied de la dune, à un emplacement tel que sa conservation soit assurée dans les meilleures conditions. Constitué par un fer à T de 2 mètres de long, enfoncé de 1,80 m dans le sol, ce repère permet d'assurer la conservation de l'altitude de référence.

.../...

- mise en place d'un repère, dit "repère-puits" au bord de chaque puits. Il peut consister soit en un fer à T planté en oblique, ou en un coup de peinture sur la margelle des puits tubés, soit en un clou enfoncé dans la margelle en bois.

La différence de niveau entre l'eau et le repère-puits est mesurée au double-mètre.

Périodiquement, à l'aide d'un niveau à lunette, l'altitude du repère-puits est déterminée par rapport au repère-dune. Il n'a été décelé, pour la période Juin 1962 - Mai 1963, que deux variations de l'altitude du repère-puits (puits n° 28 et 35).

La présence de bornes de nivellement a permis le rattachement en altitude des puits de BOL-GUINI au système IGN 56. Pour BOL-BERIM, seuls les puits n° 50 et 51 sont déterminés en altitude IGN 56.

Pour l'étude des variations du niveau de la nappe des autres polders du Lac TCHAD, les puits ont été équipés de façon identique :

PUITS D'OBSERVATION DU NIVEAU DE LA NAPPE

: POLDER :	N° du puits :	Altitude du repère-dune :	Différence de niveau :	Altitude du repère-puit :	OBSERVATIONS :
: <u>BOL-GUINI</u> :	22 :	281,00 :	1,83 :	279,16 :	IGN 56 :
:	23 :	281,00 :	1,80 :	279,20 :	:
:	24 :	282,56 :	4,20 :	278,36 :	:
:	26 :	279,79 :	1,22 :	278,57 :	:
:	27 :	279,79 :	0,95 :	278,84 :	:
:	28 :	280,18 :	1,22 :	278,96 :	De Juin à Décembre 1962 : 1,18 :
:	:	:	:	:	:
:	:Météo MATAFO :	279,78 :	1,07 :	278,71 :	:
:	29 :	281,72 :	3,01 :	278,71 :	:
:	30 :	281,72 :	2,79 :	278,93 :	:

PUITS D'OBSERVATION DU NIVEAU DE LA NAPPE

POルダー	N° du puits	Altitude du repère-dune	Différence de niveau	Altitude du repère-puits	OBSERVATIONS
<u>BOL-BERIM</u>	42		1,72		
	44		4,22		
	45		1,41		
	46		3,37		
	47		2,40		
	49		1,98		
	50	281,60	1,42	280,18	IGN 56
	51	281,60	1,56	280,04	
<u>BRANGUEL</u>	1		0,74		Puits artésien Repère-puits seulement
	3				
	9		1,37		
<u>DALAIROM</u>	5				Repère-puits seulement
	7		2,25		
<u>TIREI</u>	10		1,58		
	14		2,76		
<u>IRIRI</u>	15		2,03		
	17		2,60		
<u>MADIROM</u>	21				Repère-puits et échelle limnimétrique
<u>TCHINGAM</u>	34		2,72		
	35		2,78		2,73 de Juin à Septembre 1962

PUITS D'OBSERVATION DU NIVEAU DE LA NAPPE

	N° du	Altitude	Différence	Altitude	OBSERVA-
POLDER	puits	du re-	du	du re-	TIONS
		père-dune	niveau	père-puits	
<u>BAGA-SOLA</u>	37		2,39		
	41		1,69		

Sur les polders de BOL-GUINI et de BOL-BERIM, afin de mesurer la variation du niveau des nappes libres, au pied des barrages, trois échelles limnimétriques ont été implantées et lues depuis Juin 1962. :

Echelle du barrage n° 2 Zéro échelle (approximatif)  
= 277,5

Echelle du barrage n° 3 Zéro échelle (approximatif)  
= 276,7

Echelle du barrage n° 5 Zéro échelle = 276,44

Les Zéros d'échelles indiqués "approximatifs" ont été déterminés par rapport à l'altitude du LAC; c'est-à-dire à 10 cm près environ.

Une échelle limnimétrique est installée sur le polder de SOUYA.

Puits "pédologie" :

Pour l'étude de la variation de la salinité, des échantillons d'eau sont prélevés dans tous les puits ci-dessus. Leur nombre étant insuffisant, des prélèvements sont effectués, en complément dans d'autres puits. Le niveau y est également mesuré, mais les repères-puits n'y offrent pas la même garantie altimétrique.

Ce sont :

- à BOL-GUINI : les puits n° 25 et 31
- à BOL-BERIM : les puits n° 43 et 48
- à BRANGUEL : les puits n° 2 et 8
- à DALAIROM : les puits n° 4 et 6
- à TIREI : les puits n° 11 et 13
- à IRIRI : les puits n° 16 et 19
- à TCHINGAM : les puits n° 32, 33 et 36
- à BAGA-SOLA : les puits n° 38, 39 et 40

L'Institut International pour la Mise en Valeur des Terres, à WAGENINGEN (HOLLANDE) s'est occupé, début 1963, de l'étude des nappes de BOL-GUINI (Convention FEDOM). A cet effet, 91 piézomètres ont été forés dans le polder et sur la dune. Ayant des profondeurs différentes, ceux-ci ont permis de déceler l'existence de plusieurs nappes superposées. Le relevé des hauteurs piézométriques et l'exploitation des résultats sont effectués par l'Institut International.

C H A P I T R E II

VARIATION DU NIVEAU DE LA NAPPE SUR LES POLDERS DE BOL-GUINI  
ET DE BOL-BERIM

La variation du niveau de la nappe a été déjà étudiée dans les rapports du Centre de Recherches Tchadiennes :

- "Etude pédologique des polders de BOL et BOL-GUINI" (E.GUICHARD, G.BOUTEYRE, B.LEPOUTRE), pour les années 1955 à 1958.
- "Evolution de la salinité dans le polder de BOL-GUINI en 1959 et 1960" (J.PIAS, J.BARBERRY)
- "Evolution de la salinité dans le polder de BOL-GUINI 1961" (J.PIAS, J.BARBERRY).

Les observations de 1962, bien plus nombreuses, et les premiers résultats de l'Institut International permettent de conclure à la complexité du problème.

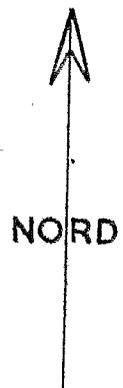
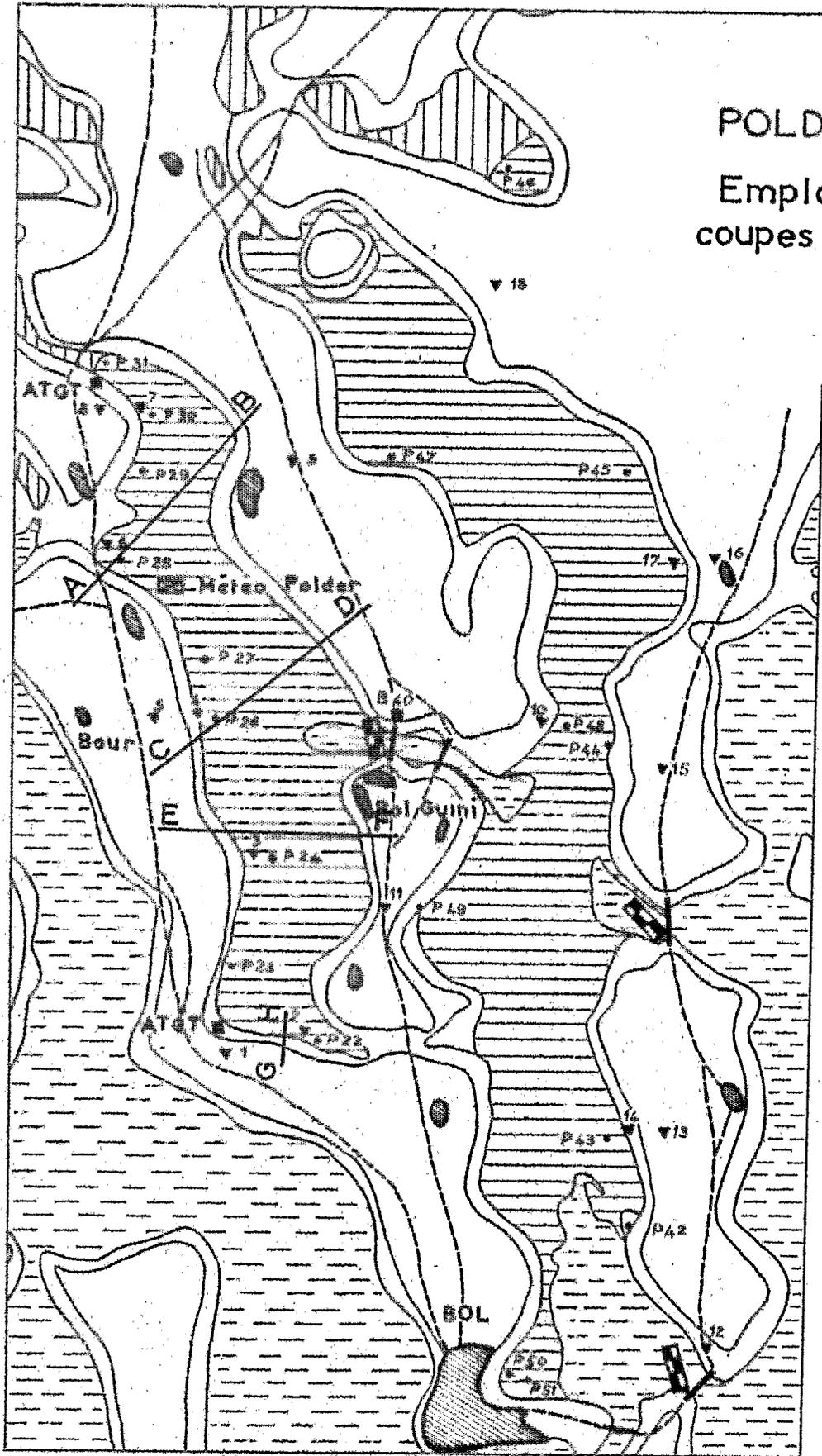
L'origine sédimentaire des sols du polder conduit à la formation d'une succession de couches d'argile et de sable. Aussi existe-t-il plusieurs nappes aquifères superposées. Etant contenues entre deux niveaux imperméables, les nappes peuvent présenter des phénomènes d'artésianisme (Piézomètres T1, T4, P27).

Le risque d'intercommunication entre les nappes n'est pas exclu, en particulier entre la nappe phréatique et celle immédiatement inférieure, la cloison étant par endroit constituée par une couche d'argile de très faible épaisseur. De plus les eaux du Lac TCHAD filtrent, sous une charge de 4 à 5 mètres, à travers la dune et alimentent la ou les nappes. Enfin, du gaz naturel a été recueilli aux piézomètres P25 et P26. Il ne faut donc pas trop s'étonner de résultats discordants, tels que ces mesures relatives au niveau de la nappe phréatique, effectuées sur 4 piézomètres et 1 puits, tous situés dans une zone d'un hectare environ:

.../...

# POLDERS DE BOL

## Emplacement des coupes géologiques



- ▼ Pluviomètre
- Borne de nivellement
- Piézomètre
- ▣ Echelle

Echelle 1/50.000 env.

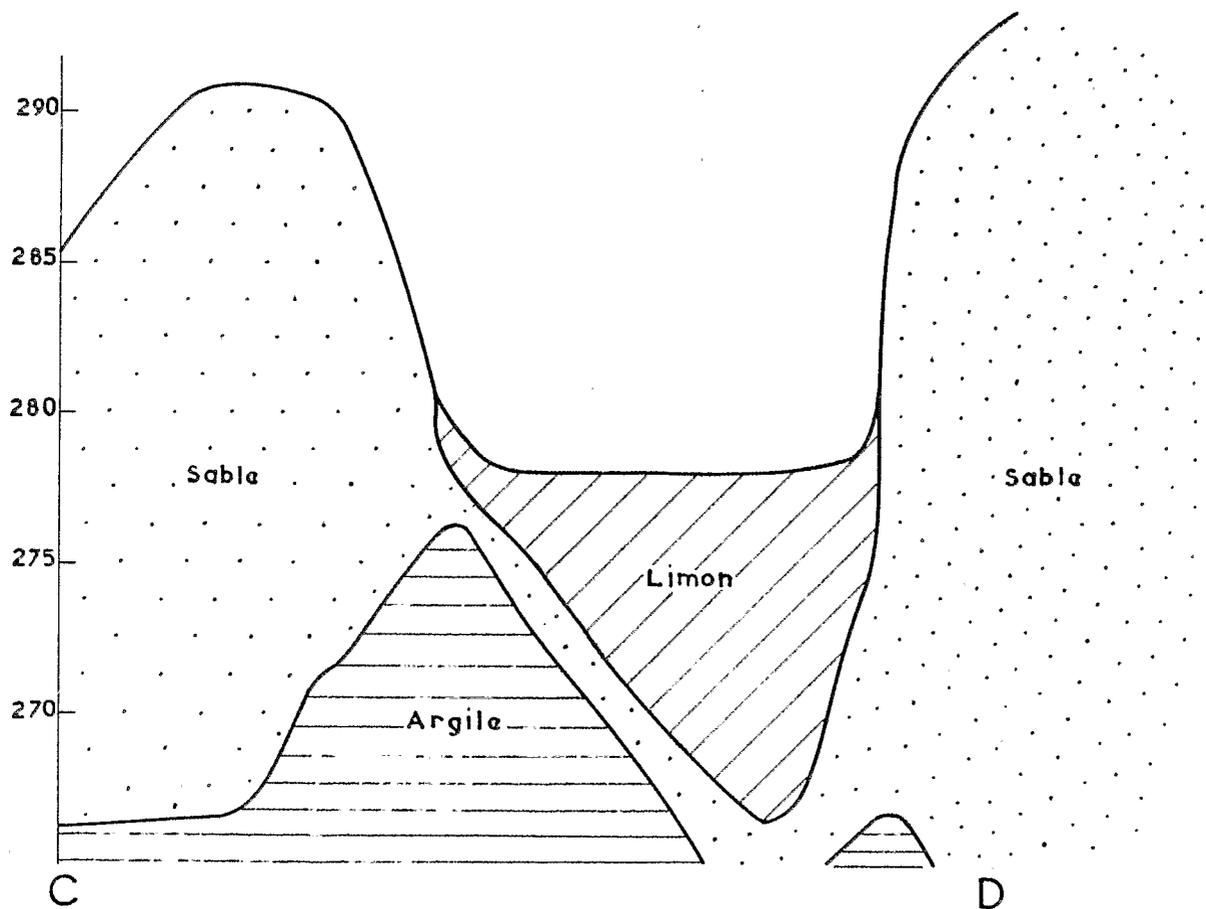
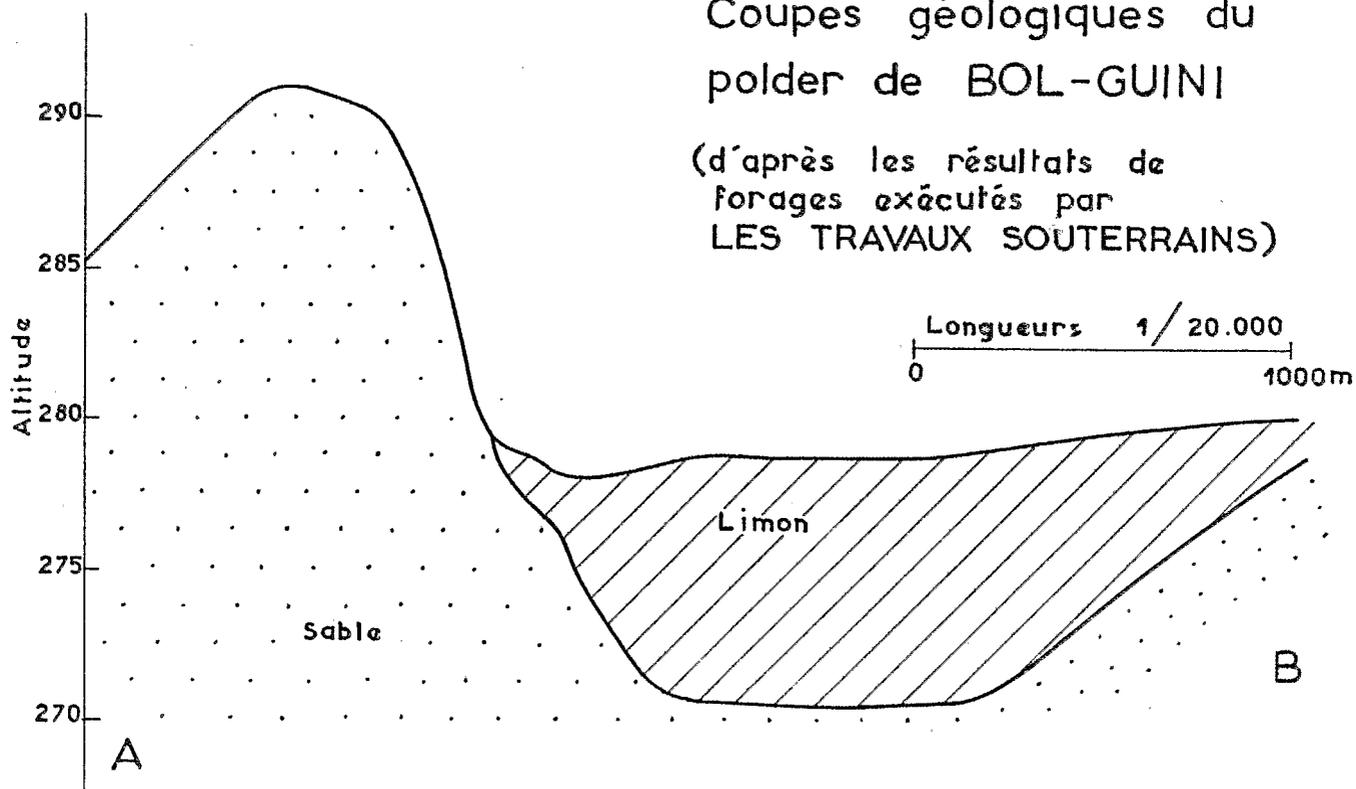
**CRT 7230**

**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°	LE: 6-5-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

# Coupes géologiques du polder de BOL-GUINI

(d'après les résultats de forages exécutés par LES TRAVAUX SOUTERRAINS)



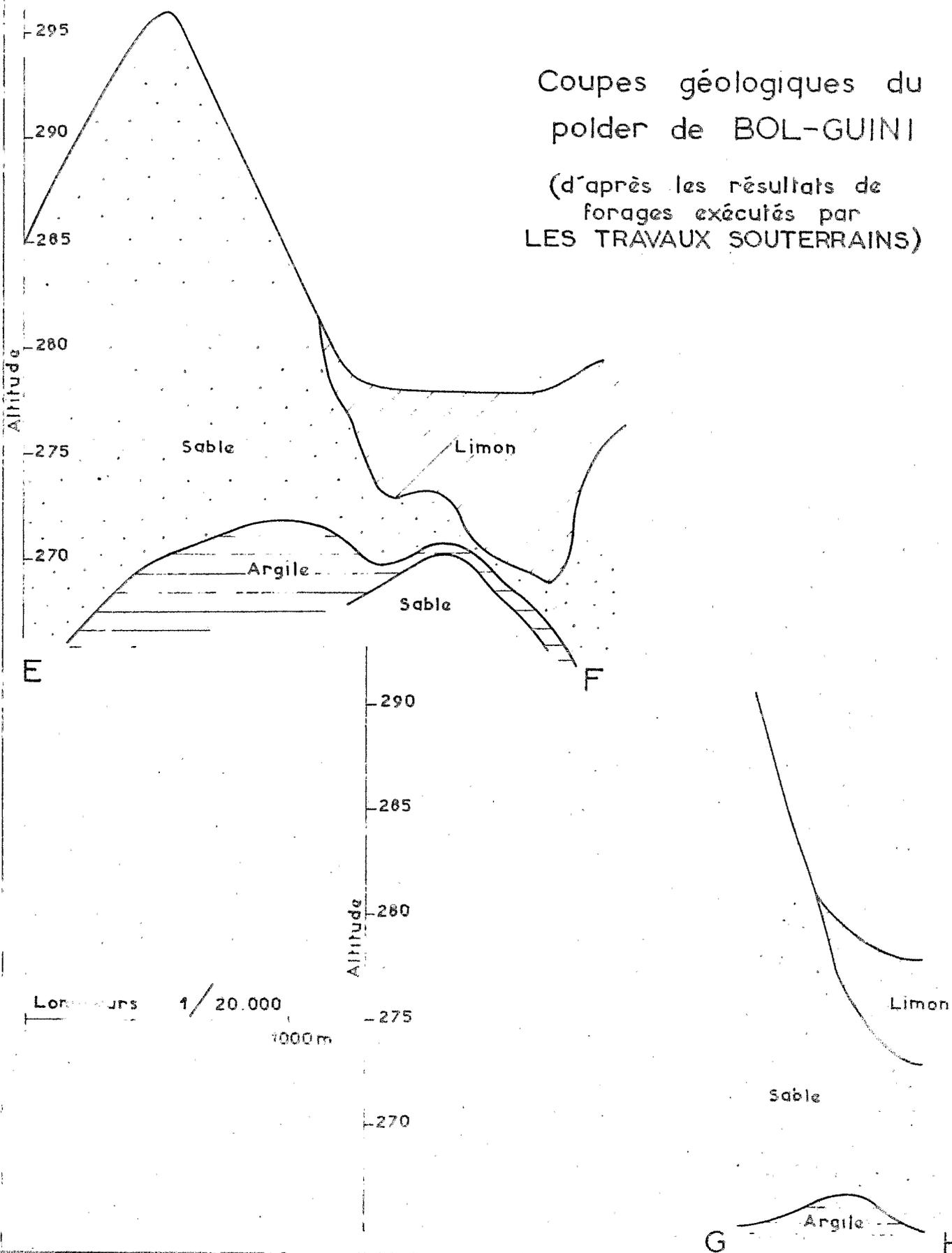
CRT 7288

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 22-6-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

# Coupes géologiques du polder de BOL-GUINI

(d'après les résultats de forages exécutés par LES TRAVAUX SOUTERRAINS)



Longueurs 1/20.000  
1000 m

Altitude  
290  
285  
280  
275  
270

CRT 7289

ED	1°	IF. 24-6-63	DES. L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
----	----	-------------	----------------	-------	---------	---

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TROPICALES

Puits	n° 26	:	277,65	(sol à 278,99)
Piézomètre	T2-3	:	277,86	(sol à 279,66)
	T2-I	:	277,22	(sol à 279,16)
	PI3	:	277,29	(sol à 279,28)
	PI4	:	276,65	(sol à 278,62)

Les différences de niveau sont notables (1,21 m)

Devant la complexité du problème, il n'est possible, vu le peu d'années d'observation, que de formuler des hypothèses.

### 1°) - VARIATIONS MENSUELLES (Juin 1962 - Mai 1963)

Le niveau de la nappe semble apparaître comme étant fonction de la pluviométrie, de l'importance du puisage d'eau d'irrigation, et du niveau du **Lac TCHAD** probablement.

Trois types de variations se dessinent :

#### a) - Dans les parties basses des polders

(niveau du sol : inférieur à 279,00 m - Puits n° 23,24,26,27,28 - Météo MATAFO, 29,30 et probablement 45 et 47).

En Juin 1962, la nappe est très basse (277,55 m environ) De Juillet à Septembre, la nappe monte, en suivant le rythme pluviométrique. Elle est au plus haut vers le 15 Septembre (278,15 m environ).

Sous l'influence des besoins cultureux (évapo-transpiration) et de l'infiltration, la nappe redescend lentement jusqu'au 15 Novembre, le niveau moyen étant à 277,90 m .

Dès lors, la montée des eaux du Lac semble se faire sentir : la nappe reste quasi stationnaire, elle monte même aux puits n° 45 et 47.

.../...

# Polder de BOL-GUINI

## Zone Nord

### Variation du niveau de la nappe

- Puits n° 28
- Puits n° 29
- + Puits n° 30
- Puits "MÉTÉO"

278,00

277,50

277,00

Pluviométrie

cumulée

Influence  
de la  
montée du  
LAC

Arrosages

Pluviométrie  
mm  
200  
100

Juin | Juil | Aout | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai

**CRT 7287**

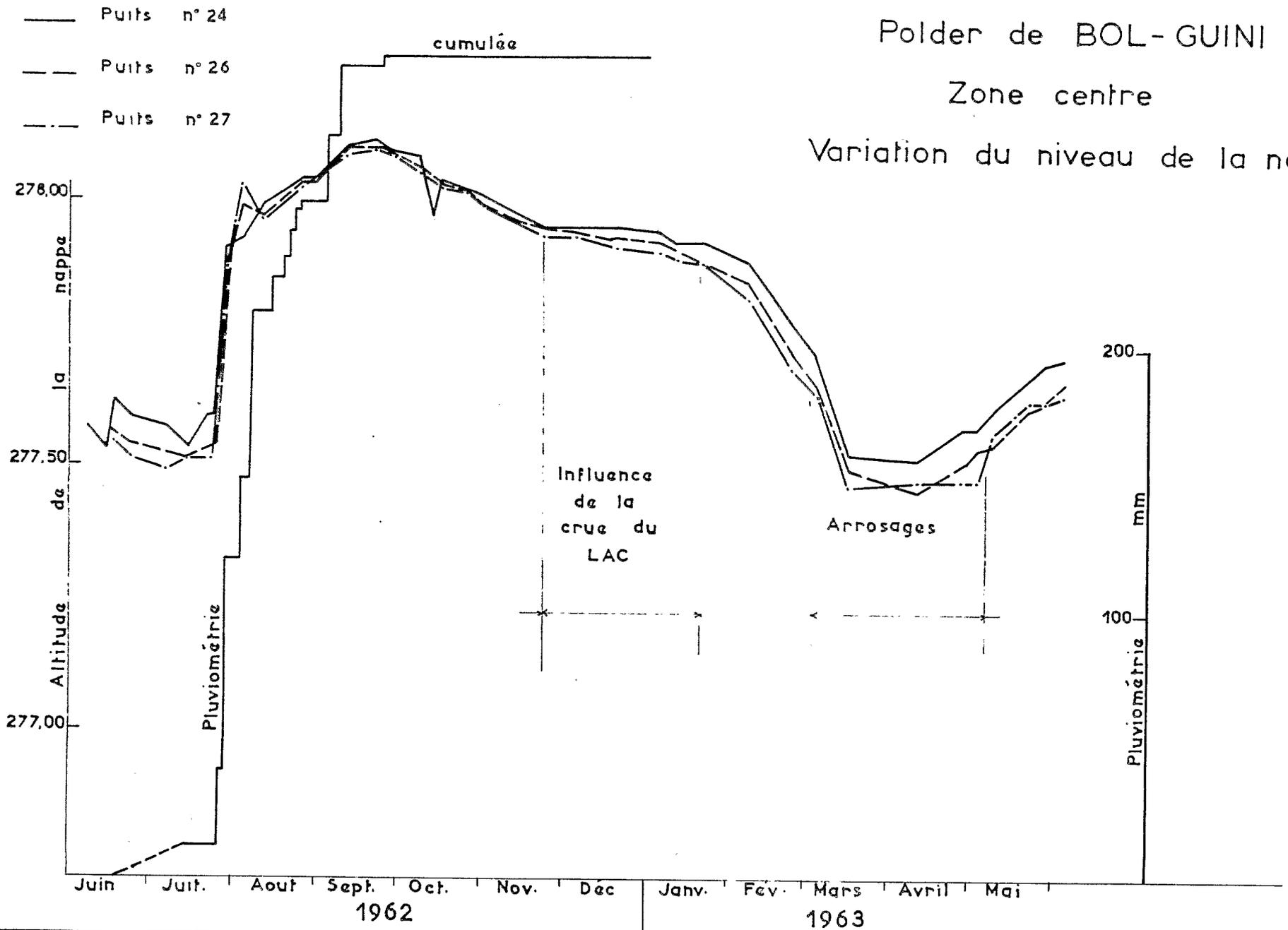
**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°	LE: 20-6-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N	H
--------	-------------	----------------	-------	--------	---

# Polder de BOL-GUINI

## Zone centre

### Variation du niveau de la nappe



CRT 7284

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 17-6-63

DES: L. TRENOU

VISA:

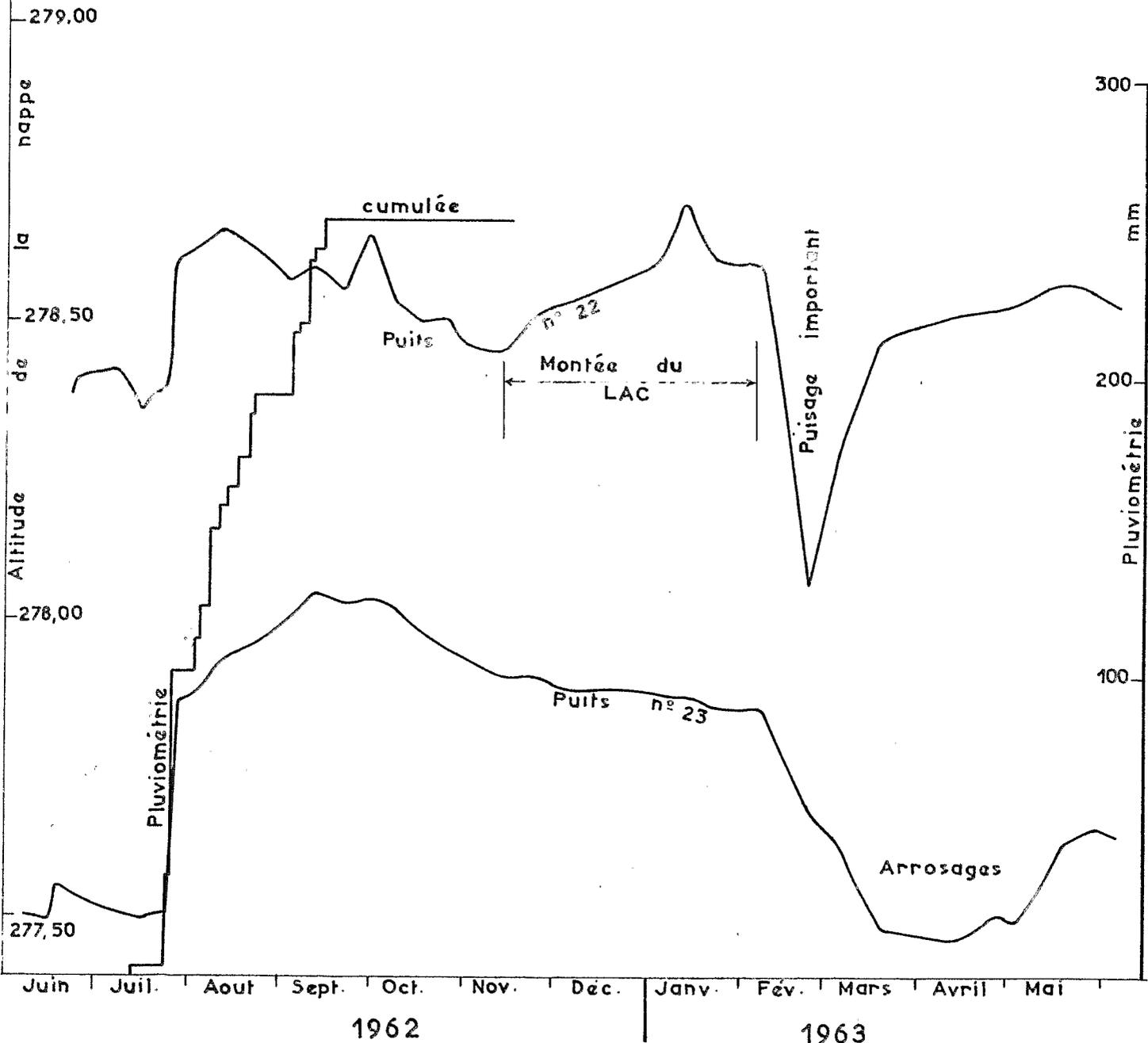
TUBE N°

H

# Polder de BOL-GUINI

## Zone Sud

### Variation du niveau de la nappe



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7290

ED: 1° LE: 25-6-63 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N° H

En Janvier la montée du niveau du Lac s'arrête : la nappe reprend sa descente. Elle deviendra plus rapide quand le niveau du Lac baissera à son tour, à moins que ce ne soit sous l'influence des arrosages.

Les puisages d'eau d'irrigation occasionnent localement, une baisse rapide de la nappe. L'abaissement sera fonction du volume et du débit d'eau prélevées. Puis le niveau tendra à revenir à son état initial, à la fin du puisage.

Cela expliquerait les grands écarts de niveau de Mars à Mai 1963, entre les puits n° 28, 29 et 30, en supposant comme relativement faible la circulation horizontale d'un puits à l'autre. Les observations journalières à 06.00 et 18.00, du niveau du puits situé à la station météorologique de MATAFO permet d'appuyer cette hypothèse : situé au milieu de la zone irriguée, ce puits enregistre des variations de niveau très faibles, de l'ordre de deux ou trois centimètres (aucun pompage n'est effectué à ce puits) alors qu'il est facile d'abaisser la nappe d'une cinquantaine de centimètres, en puisant énergiquement au chadouf.

b) - Dans les parties hautes des polders

(niveau du sol : supérieur à 279 m) - Quelques puits sont situés dans une zone relativement plus haute (puits n° 22, 42, 43, 50 et 51).

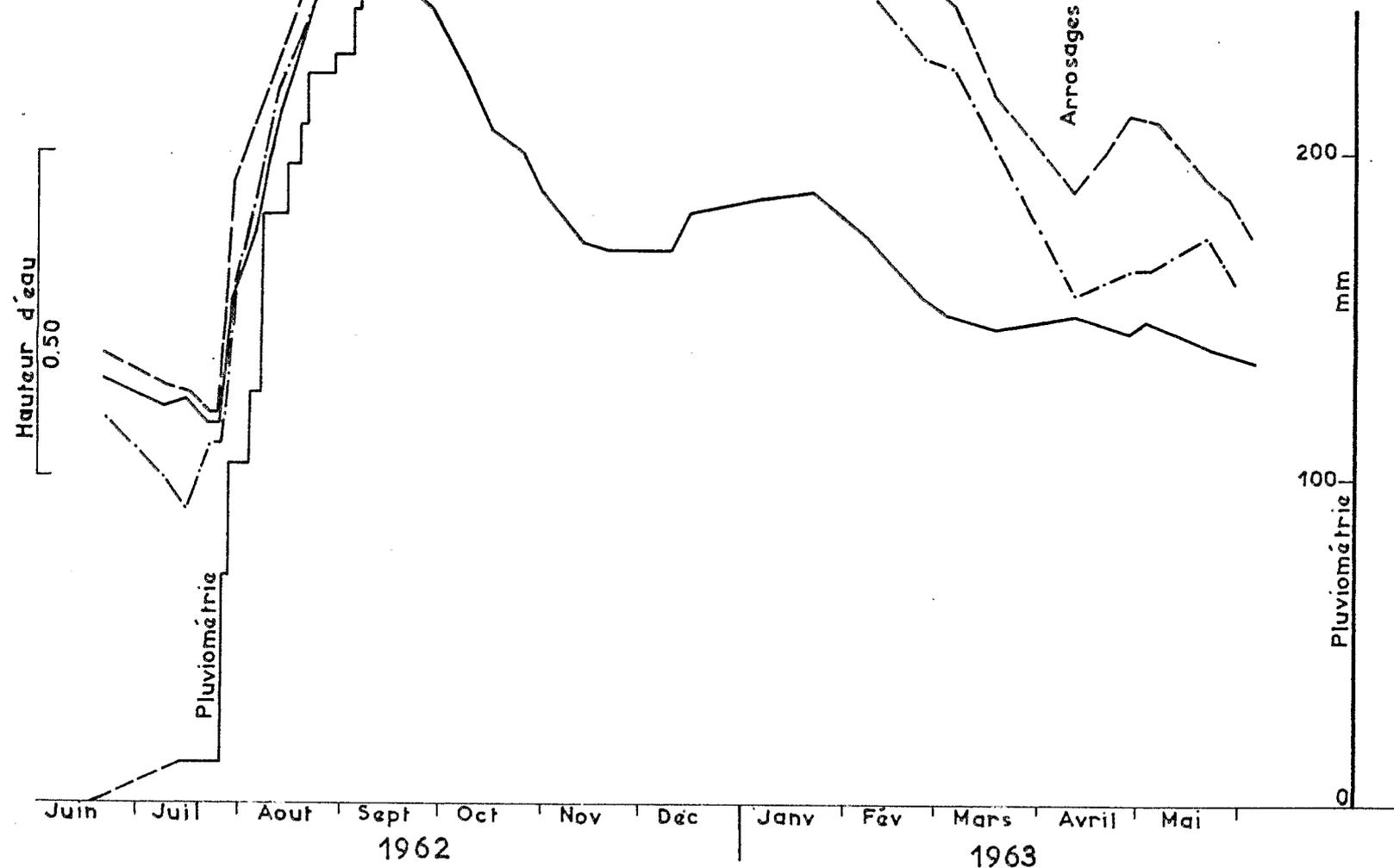
La variation de la nappe y est très différente. La pluviométrie remonte le niveau d'une vingtaine de centimètres seulement (contre soixante pour les puits précédents), pour une très courte période (dix jours environ pour les puits n° 42, 43, 50 et 51). La montée du Lac semble se manifester par une élévation de la nappe d'une dizaine de centimètres, aux puits n° 42 et 44, 40 et 51, de 25 cm au puits n° 22.

Mais le niveau atteint en Janvier - Février reste stationnaire jusqu'en Juin (sauf baisses et remontées dues aux arrosages). Le marnage est bien plus faible qu'aux puits précédents.

- - - Puits n° 45  
 ——— Puits n° 46  
 - . - Puits n° 47

# Polder de BOL-BERIM Zone Nord

## Variations du niveau de la nappe



**CRT 7292**

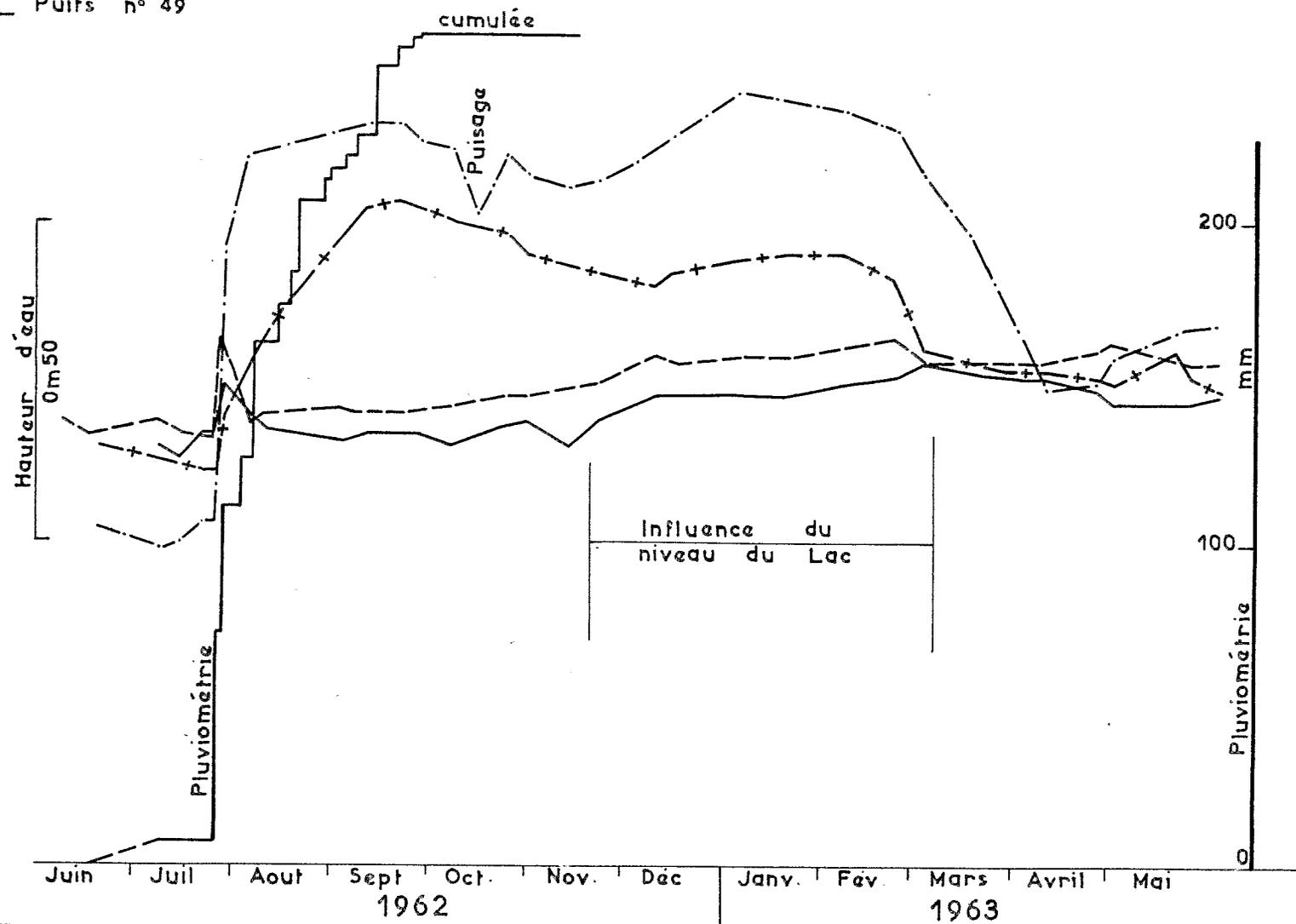
**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°	LE: 26-6-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

# Polder de BOL-BERIM Zone Centre

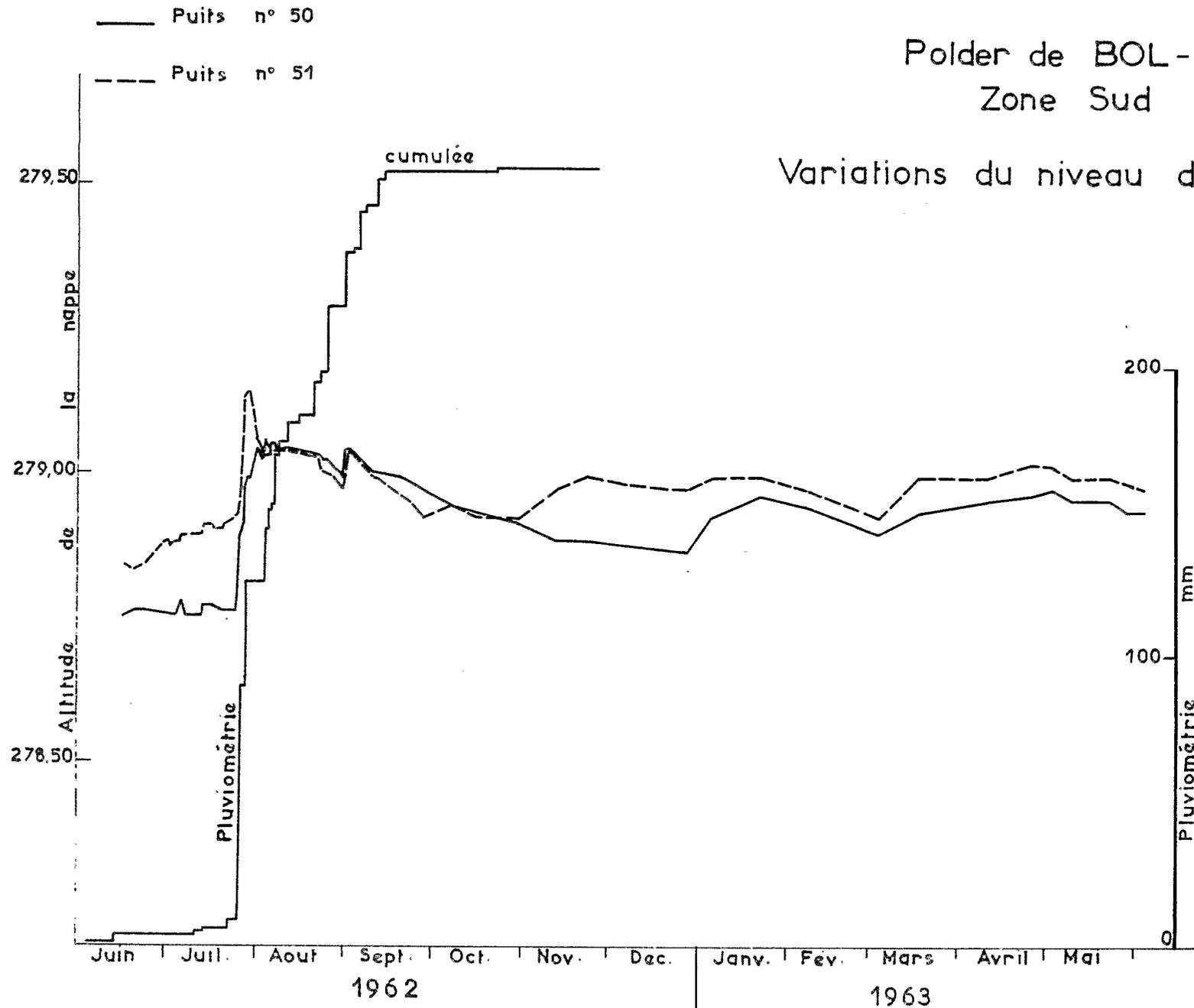
## Variations du niveau de la nappe

- Puits n° 42
- Puits n° 43
- - - Puits n° 44
- . - Puits n° 49



Polder de BOL-BERIM  
Zone Sud

Variations du niveau de la nappe



CRT 7291

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 26-6-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

Le peu d'importance de la surélévation de la nappe, résultante de la saison des pluies, s'explique par l'existence d'un écoulement horizontal dirigé vers le centre du polder. Celui-ci est provoqué par la différence de niveau de la nappe, entre les puits de la partie haute et ceux de la partie basse.

En admettant, comme l'indique les quelques profils relevés, que la nappe phréatique reste à peu près parallèle au sol, il faut considérer, en première approximation et à défaut de relevés plus exacts de la nappe sous la dune, qu'il existe un écoulement horizontal de la nappe, dans sa partie située entre le sommet de la dune et la limite du polder, écoulement dirigé vers les points bas du polder.

c) - Variations intermédiaires -

(puits n° 44, 46 et 49) -

Le puits n° 44 a une montée très lente sous l'action de la pluie. Il accuse nettement la montée du Lac.

Après une montée, en Juillet-Août, identique à celle observée pour les puits situés dans les parties basses des polders, le puits n° 46 dès le 20 Août commence à baisser aussi rapidement qu'il est monté.

Par contre le puits n° 49, après une montée identique, reste quasi-stationnaire jusqu'en Novembre, puis remonte sous l'influence du niveau du Lac : le niveau maximum est atteint début Janvier.

2°) - INFLUENCE DE LA PLUVIOMETRIE SUR L'ELEVATION DE LA NAPPE -

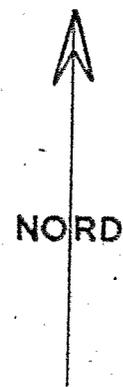
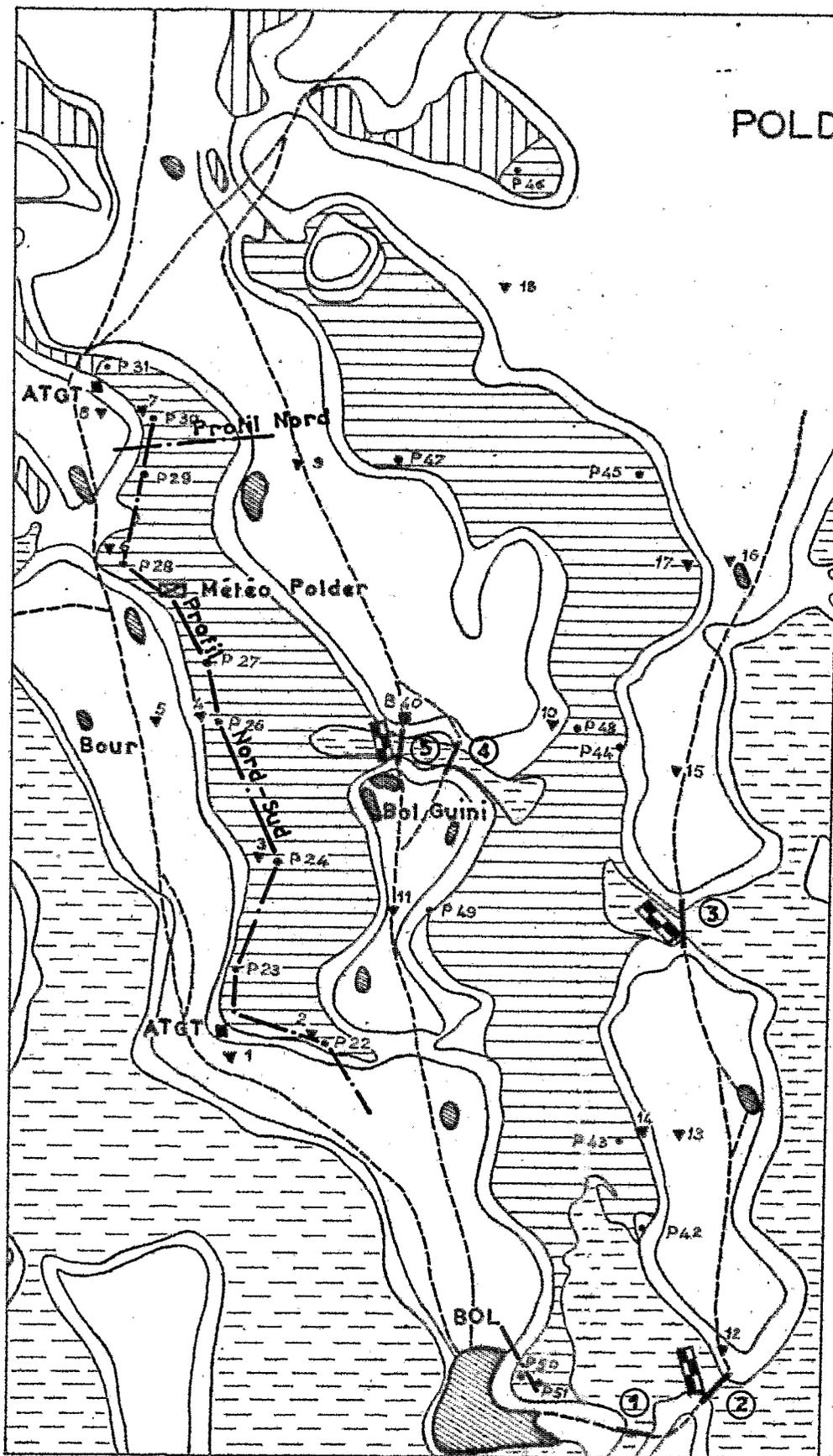
a) - Pluies tombées sur le polder

En l'absence de toute perte, l'élévation de la nappe sous l'influence de la pluie serait de :

$$H = \frac{Q}{P-p}$$

.../...

# POLDERS DE BOL



- ▼ Pluviomètre
- Borne de nivellement
- Piézomètre
- ▣ Echelle
- ③ Barrage

Echelle 1/50.000 env.

**CRT 7230**

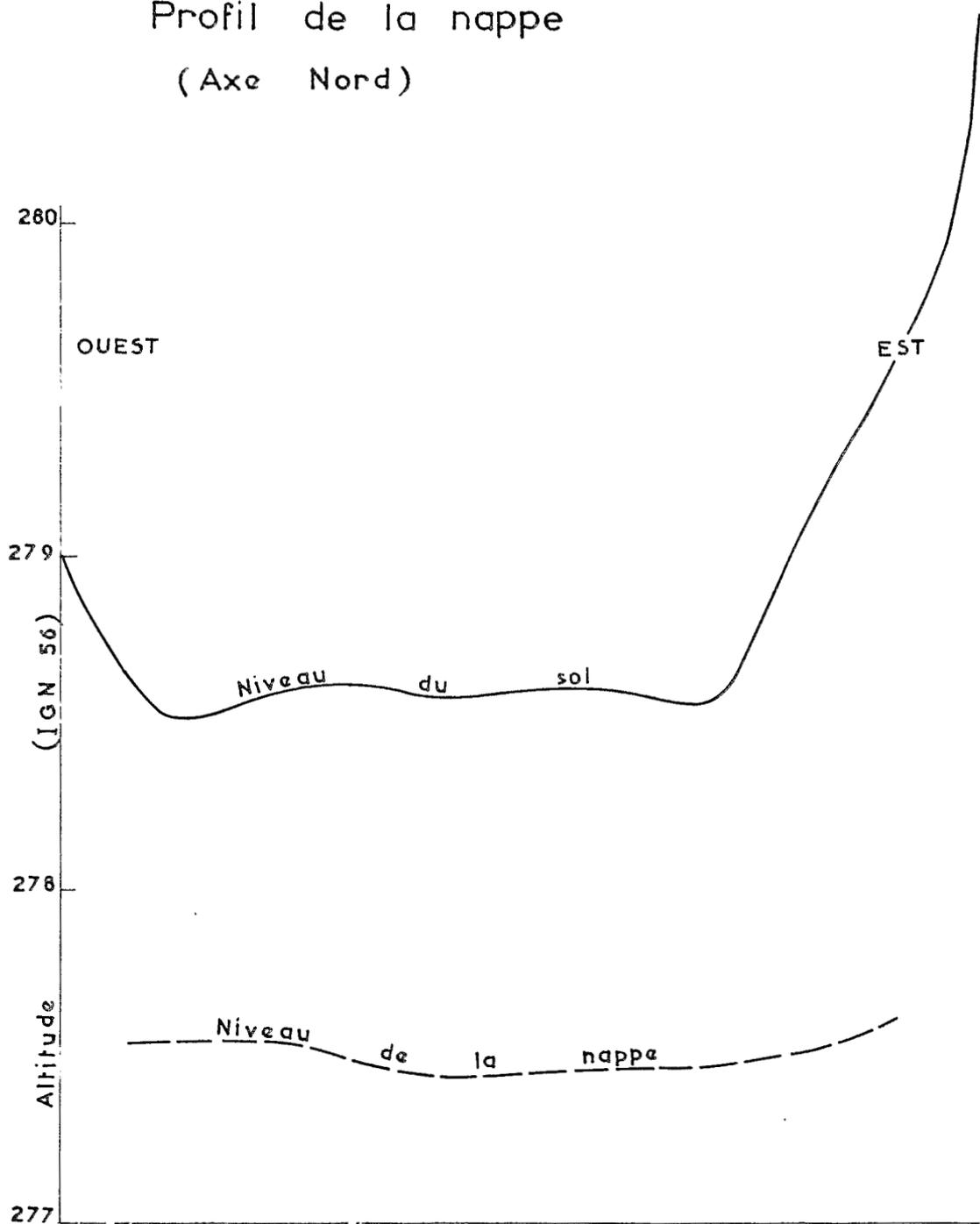
**ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

ED: 1°	LE: 6-S-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

# Polder de BOL-GUINI

## Profil de la nappe

(Axe Nord)



Altitude du sol

Altitude de la nappe  
(20-6-62)

Distances partielles

Distances cumulées

279.00	277.54	278.51	278.62	277.43	278.58	277.45	278.60	277.46	278.56	277.52	279.19	277.60	279.55	280.63
	79	107	96	95	106	86	52	68						
0	79	186	282	377	483	569	621	689						

CRT 7285

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° | LE: 18-6-63 | DES: L. TRENOU | VISA: | TUBE N° | H

# Polder de BOL-GUINI

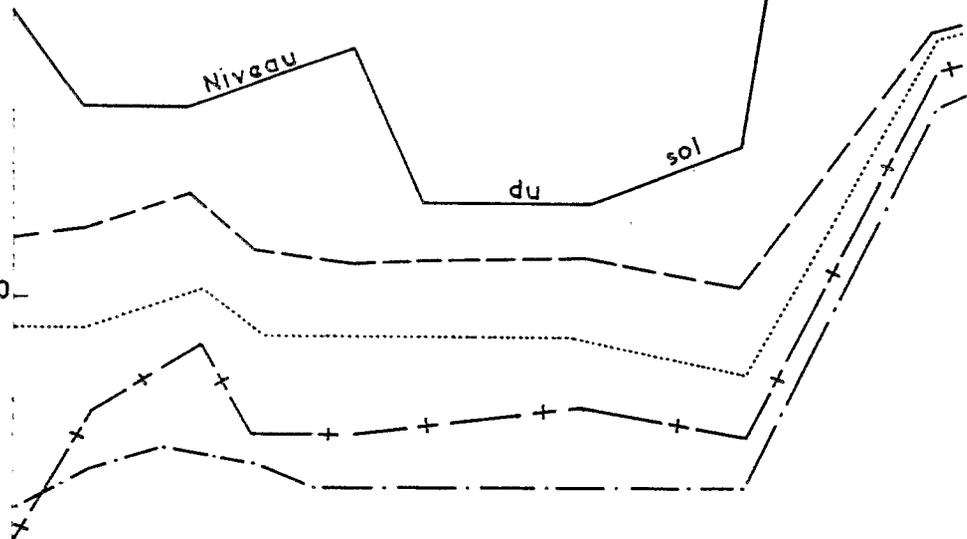
## Profil de la nappe

(Axe Nord-Sud)

279.00

278.00

277.00



Niveaux de la nappe

- Maxima (Septembre 1962)
- .-.- Juin 1962
- ..... Janvier 1963
- + 4 Juin 1963

Altitude du sol	278.75	278.50	278.50	278.70	278.25		278.25	278.40	279.57	279.71	279.40	279.50		
Distances partielles	0.45	0.74	0.42	0.65	0.47	1.19	0.90	0.12	0.93	0.47	0.41	0.36	3.16	
Distances cumulées	0	0.45	1.19	1.61	2.26	2.73	2.92	3.82	3.94	4.87	5.34	5.75	6.11	9.27
N° des Puits	30	29	28 MATAFO	27	26			24	23			22	50.51	

CRT 7286

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED. 1° | LE: 19-6-63 | DES: L. TRENQU | VISA | TUBE N° | H

H = élévation de la nappe (cm)  
Q = pluviométrie (cm)  
P = porosité de la tranche de sol comprise entre la surface et la nappe (en % du volume apparent)  
p = humidité du sol au début de la pluie (humidité ramenée en % du volume apparent)

Suivant les conclusions de J. PIAS (Evolution de la salinité dans le polder de BÔL-GUINI en 1959 et 1960) l'humidité du sol, au début de la saison des pluies, peut être considéré, par défaut, comme égale à l'humidité équivalente (ou capacité de rétention).

L'apport pluviométrique (Q) est loin d'être égal à la quantité mesurée dans les pluviomètres : il faut y déduire les pertes par évaporation presque immédiate, lorsque la pluie arrive au sol.

Le sable s'imbibant sur une profondeur et pour un temps variant avec l'importance de la précipitation, il est difficile de calculer exactement ces pertes. Une limite supérieure pourrait être déterminée en comptant 2 jours d'évaporation d'une nappe d'eau libre, soit, avec les résultats des mesures effectuées à BOLLIE,

$$2 \times 4 \text{ mm} = 8 \text{ mm.}$$

Chaque averse sera diminuée de 8 mm (les pluviométries inférieures à 8 mm n'étant, bien entendu, pas prises en considération).

Les autres facteurs qui influent sur l'élévation de la nappe sont :

- les pertes par évapo-transpiration
- les pertes par infiltration profonde (négligeables)
- les apports ou les pertes par circulation horizontale.

L'exacte détermination de ceux-ci n'est guère possible, mais l'ensemble des pertes et des apports est représenté par la différence entre les hauteurs d'élévation calculées et observées de la nappe.

.../...

POLDER DE BOL-GUINI

PLUVIOMETRIE 1962

: Jours	: Juillet		: Août		: Septembre	
	: <u>BOL-DUNE</u>	: <u>BOL-MATAFO</u>	: <u>BOL-DUNE</u>	: <u>BOL-MATAFO</u>	: <u>BOL-DUNE</u>	: <u>BOL-MATAFO</u>
: I						
: 2						: 0,3
: 3						
: 4			: 17,5	: 34,6	: 19,2	: 0,2
: 5			: 6,4	: 4,8		
: 6			: 3,4	: 0,7		
: 7					: 1,4	: 0,7
: 8						
: 9			: 19,3	: 74,7	: 13,4	
: 10					: 1,7	: 0,3
: 11	: 0,8		: 4,6			
: 12						
: 13	: 1,3	: 10,6			: 9,5	
: 14			: 6,5	: 9,4		
: 15						: 0,2
: 16						
: 17					: 2,2	: 2,3
: 18			: 1,8	: 2,2		
: 19			: 1,5	: 6,0		
: 20						
: 21			: 10,8	: 2,5		
: 22	: 2,7	: 1,6	: 1,9	: 8,4		
: 23				: 18,8		
: 24			: 2,7	: 5,3		
: 25						
: 26	: 82,3	: 43,4	: 18,9			
: 27	: 35,7	: 79,3		: 15,3		
: 28		: 0,8				
: 29						
: 30						
: 31				: 0,3		
: Total	: 122,8	: 134,7	: 95,3	: 183,0	: 47,4	: 4,0

:N° du :	Q :	Q corrigé :	P :	P :	P-p :	H :	H :	Diff. :
: puits:	(cm):	(cm) :	(%) :	(%) :	(%) :	calcul:	observ:	:
:	:	:	:	:	:	(cm) :	(cm) :	:
: 23 :	25 :	18 :	67 :	46 :	21 :	86 :	54 :	32 :
: 24 :	30 :	19 :	65 :	43 :	22 :	86 :	58 :	28 :
: 26 :	30 :	19 :	66 :	44 :	22 :	86 :	59 :	27 :
: 27 :	30 :	19 :	66 :	44 :	22 :	86 :	60 :	26 :
: 28 :	33 :	22 :	69 :	43 :	26 :	85 :	67 :	18 :
:MATAFO:	33 :	22 :	69 :	43 :	26 :	85 :	62 :	23 :
: 29 :	32 :	21 :	59 :	30 :	29 :	72 :	65 :	7 :
: 30 :	32 :	21 :	64 :	40 :	24 :	88 :	72 :	16 :

(Les valeurs de la porosité et de l'humidité équivalente sont tirées des rapports pédologiques de J. PIAS et du rapport SOGETHA "Etude d'un polder expérimental dans la région de BOL").

b) - Apports pluviométriques extérieurs au polder

Ils proviennent de la surface comprise entre le périmètre du fond du polder et la limite de son bassin versant. Le fond du polder est limité à l'altitude 279,00 m.

Le sommet de la dune est un plateau relativement large, (1 km): le bassin versant doit être, en première approximation, limité à la crête bordant le polder.

Les superficies intéressées sont :

:	:Superficie du:	:Superficie du:	:Superficie des:	s
:	:fond du polder	:bassin ver-	: apports	: $\frac{s}{S}$
:	: (S) (ha)	:sant (ha)	: extérieurs(s)	:
:BOL-GUINI :	476 :	718 :	242 :	0,51 :
:BOL-BERIM :	983 :	1473 :	490 :	0,50 :

Le volume infiltré peut être déterminé grâce aux averses des 26 et 27 Juillet 1962, et aux relevés des puits n° 24, 50 et 51. Il est tombé, en 48 heures, 118 mm et la nappe est montée à ces puits de 25 cm. Pour ceux du fond des polders l'élévation de niveau est de 35 cm, pour des caractéristiques hydrodynamiques assez comparables.

On peut admettre que le bilan hydrologique est identique pour l'ensemble des surfaces considérées et que, par conséquent, le volume infiltré par unité de surface est le même dans les deux zones pour une même pluie.

Par conséquent :

- en ne tenant compte que du rapport de superficie, les apports pluviométriques extérieurs représenteraient un supplément équivalent à :  $0,51 \times \text{Pluviométrie}$ , (soit 33 % des volumes pluviométriques globaux alimentant la nappe).

Les apports pluviométriques extérieurs représentent 33 % de l'élévation du niveau de la nappe.

- Si l'on admet, vu l'intensité de l'averse considérée, que l'élévation du niveau de la nappe, dans les parties basses des polders (soit 35 cm) se décompose en :

- 25 cm (élévation de la nappe propre à la pluviométrie, mesurée aux puits n° 24, 50 et 51).

- 10 cm provenant des apports extérieurs, la proportion de ces apports est de : 29 %.

Dans ces conditions, les apports pluviométriques extérieurs représentent environ 30 % des volumes pluviométriques alimentant la nappe pour une forte averse de ce type. Il est possible qu'ils soient en pratique bien inférieurs pour des pluies moins intenses, et qu'en fait la totalité des apports pluviométriques extérieurs soit nettement inférieurs à 30 %.

c) - Relation entre la pluviométrie annuelle et l'élévation du niveau de la nappe (pour les puits des parties basses des polders).

Utilisant les hauteurs d'eau relevées aux puits n° 23, 26 et 27 pour la période 1959 - 1962, on obtient :

Élévation de la nappe en Juillet-Août-Septembre

	:1959 P=520 mm:		:1960 P=258 mm:		:1961 P=504 mm:		:1962 P=270 mm:	
: PUIITS	: H	: $\frac{H}{P}$						
:	: (cm)	:	: (cm)	:	: (cm)	:	: (cm)	:
: 23	: 113	: 2,17	: 55	: 2,13	: 86	: 1,71	: 54	: 2,00
: 26	: 113	: 2,17	: 55	: 2,13	:	:	: 59	: 2,18
: 27	: 98	: 1,87	: 56	: 2,17	: 81	: 1,61	: 60	: 2,22

Le rapport Élévation de la nappe le plus probable doit être de l'ordre de 2.  
pluviométrie annuelle

En 1961, la nappe, sous l'action de la pluviométrie, a monté au dessus du niveau du sol. Il y a eu inondation de la majeure partie du polder. Dès que la nappe phréatique dépasse le niveau du sol, l'augmentation de son niveau est, bien entendu, égale à la pluviométrie. Elle est notablement moindre que dans le sol, pour une même pluie (une pluie de 50 mm correspond, environ à une élévation de la nappe, dans le sol, de l'ordre de 15 cm). De plus l'évaporation, sur cette lame d'eau de faible épaisseur, est importante. Même sous l'effet d'une bonne pluviométrie, l'élévation du niveau restera faible.

Par conséquent :

- les résultats de 1961 ne sont pas à **prendre** en ligne de compte
- le rapport 2 entre pluviométrie et augmentation de niveau n'est à employer que lorsque le niveau maximum de la nappe est inférieur au niveau du sol.

Dans les puits situés dans les parties hautes des polders, il ne peut y avoir de corrélation entre la pluviométrie annuelle et l'élévation de niveau, puisque cette variation de niveau est fonction de l'importance et de l'espacement des averses.

3°) - VARIATIONS INTERANNUELLES DU NIVEAU DE LA NAPPE -

L'observation des niveaux depuis 1955 permet de distinguer deux phases :

a) de 1955 à Juin 1959

Il y a abaissement de la nappe, suite à l'assèchement du polder de BOL-BERIM. La nappe de BOL-GUINI, qui était à 278,30 en Mai 1955, n'est plus qu'à 277,00 en Mai 1959, puis à 276,80 début Juillet 1959 (voir "Etude Pédologique des polders de BOL et de BOL-GUINI").

b) à partir de Juillet 1959 (voir graphique ci-après)

A BOL-GUINI (puits n° 23, 26 et 27) comme à BOL-BERIM (puits n° 50 et 51), le niveau minimal de la nappe remonte. La brutale montée de 1959 à BOL-GUINI mise part (45 cm en 6 mois), l'élévation du niveau semble constante d'un puits à l'autre et de l'ordre de 8 à 9 cm par an.

Par contre le niveau maximal demeure à peu près le même, d'une année à l'autre, pour les 3 puits de BOL-GUINI. L'altitude maximale de la nappe, 278, correspond, lorsque l'eau arrive à cette cote, à l'inondation de plus de la moitié du polder.

Sous l'influence d'une même pluie, la montée correspondante de la nappe est plus faible lorsque son niveau dépasse la surface du sol.

L'inondation étant déjà notable à la cote 277,9, il semble assez vraisemblable, que le niveau maximal de la nappe se stabilise aux environs de la cote 278,1. Ce niveau sera dépassé lorsque la pluviométrie annuelle sera nettement supérieure à la moyenne, comme cela s'est produit en 1961.

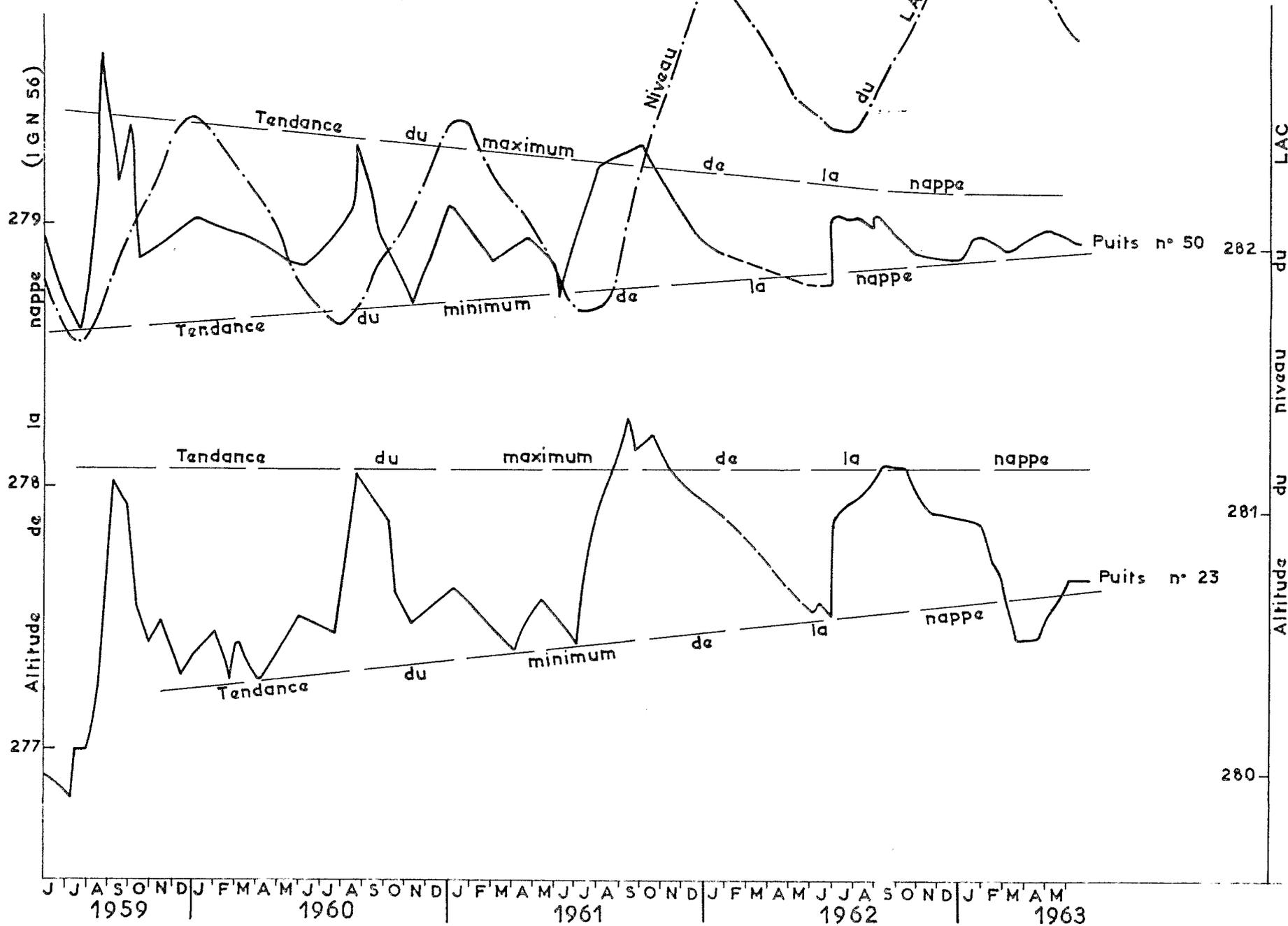
Le niveau maximal, aux puits n° 50 et 51 de BOL-BERIM, tend à baisser mais il semble quand même peu probable que le margage diminue encore beaucoup.

L'augmentation du niveau du Lac est-elle la cause de la remontée du niveau minimal de la nappe ? Si la variation des minimums du Lac, de 1959, 1960 et 1961, indique une élévation bien identique, la brusque montée de 1962 et de 1963, par contre, n'a pas d'influence sur le comportement du niveau minimal de la nappe.

L'augmentation progressivement de la salinité ("Evolution de la salinité dans le polder de BOL-GUINI en 1959, 1960 et 1961" par J.PIAS) et du niveau de la nappe peuvent être également les conséquences d'un mauvais drainage.

# POLDERS DE BOL

## Variations inter-annuelles du niveau de la nappe



4°) - NAPPES LIBRES DES POLDERS AU PIED DES BARRAGES -

Les polders de BOL-GUINI et de BOL-BERIM ne sont pas complètement asséchés et même en saison sèche quelques mares persistent au pied des barrages. De Juin 1962 à Mai 1963, le niveau y a évolué de la façon suivante :

a) nappe libre au pied du barrage n°1

Le niveau reste constant à la cote 279,80 (280,70 le 30-5-58).

b) nappe libre au pied du barrage n°2

Le niveau est resté presque constant à la cote 278,50 (278,70 le 30-5-58 - variation 0,03 au cours de l'année 1962)

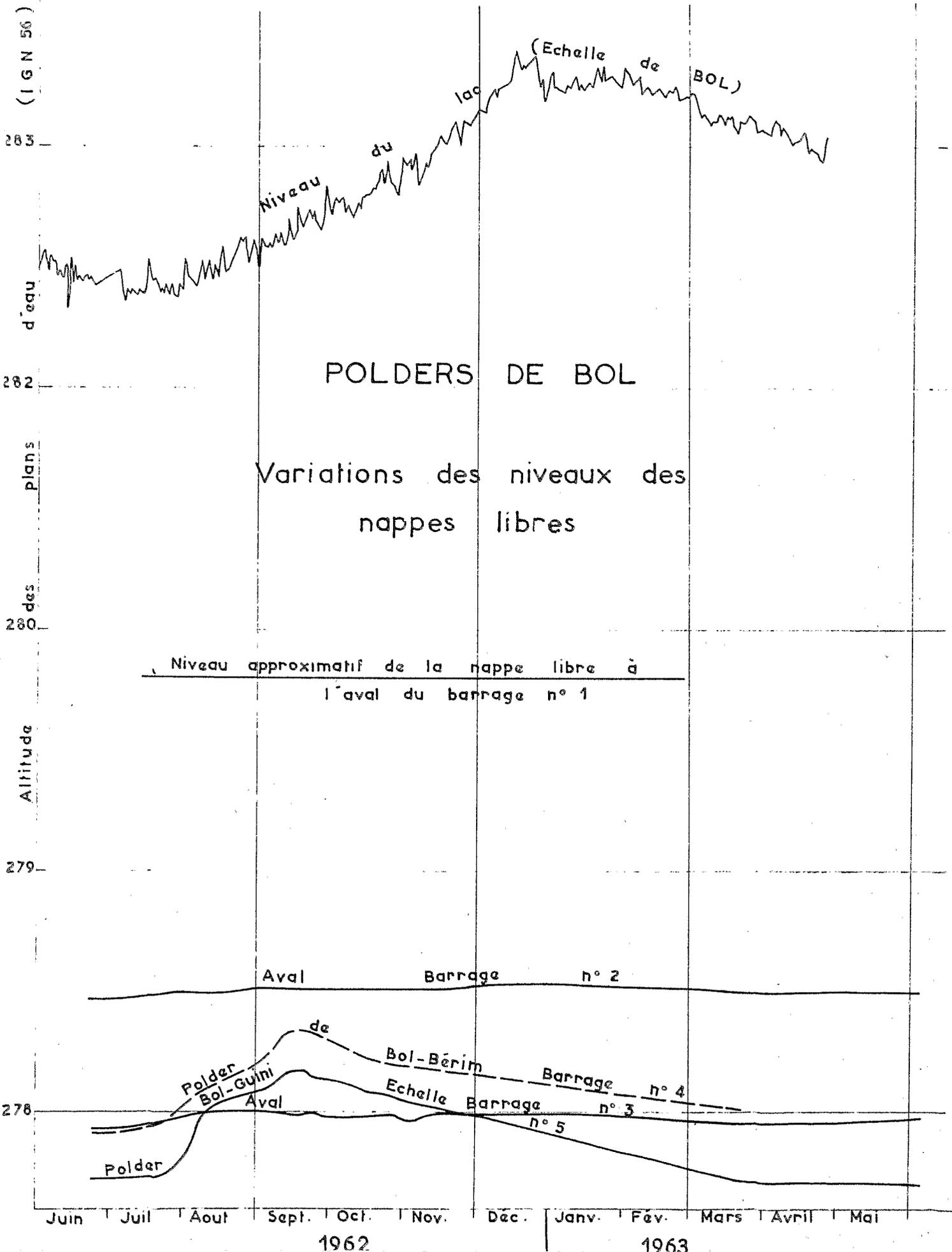
c) nappe libre au pied du barrage n°3

Le niveau est resté a peu près constant à la cote 278,00 (278,40 le 16-5-58 - variation 0,08 au cours de l'année 1962).

Pour ces trois nappes, l'invariabilité du niveau, malgré l'apport pluviométrique, permet de conclure à l'existence d'un écoulement horizontal. L'eau, issue du Lac, filtre à travers le barrage. La mare ainsi formée alimente la nappe du polder dont le niveau est nettement plus bas (le sol est à environ 278,40).

d) nappes libres aux pieds des barrages n° 4 et 5

Isolées au milieu des polders, ces nappes augmentent lentement de niveau lorsqu'il pleut. La baisse de Septembre à Mars est très régulière. Elles doivent être en communication plus ou moins directe avec la nappe phréatique, bien qu'il semblerait que le niveau minimum n'ai pas beaucoup varié depuis 1958 : le 4 Avril 1958, il était à 277,80, pour 277,70 en Avril 1963.



La nappe phréatique était à 277,50 en Avril 1958, pour 277,60 en Avril 1963, mais il y a eu baisse, puis remontée du minimum entre ces deux dates. Il n'est pas possible d'affirmer si les nappes libres ont varié dans cet intervalle.

---ooOoo---

C H A P I T R E    III

VARIATION DU NIVEAU DE LA NAPPE PHREATIQUE SUR LES AUTRES POLDERS  
DU LAC TCHAD

Il n'est pas possible, avec un seul relevé mensuel de niveau, de pouvoir faire autre chose qu'une esquisse de la variation de la nappe pour les polders de BAGA-SOLA, TCHINGAM, MADIROM, BRANGUEL, DALAIROM, TIREI et IRIRI.

I<sup>o</sup> - Polder de SOUYA -

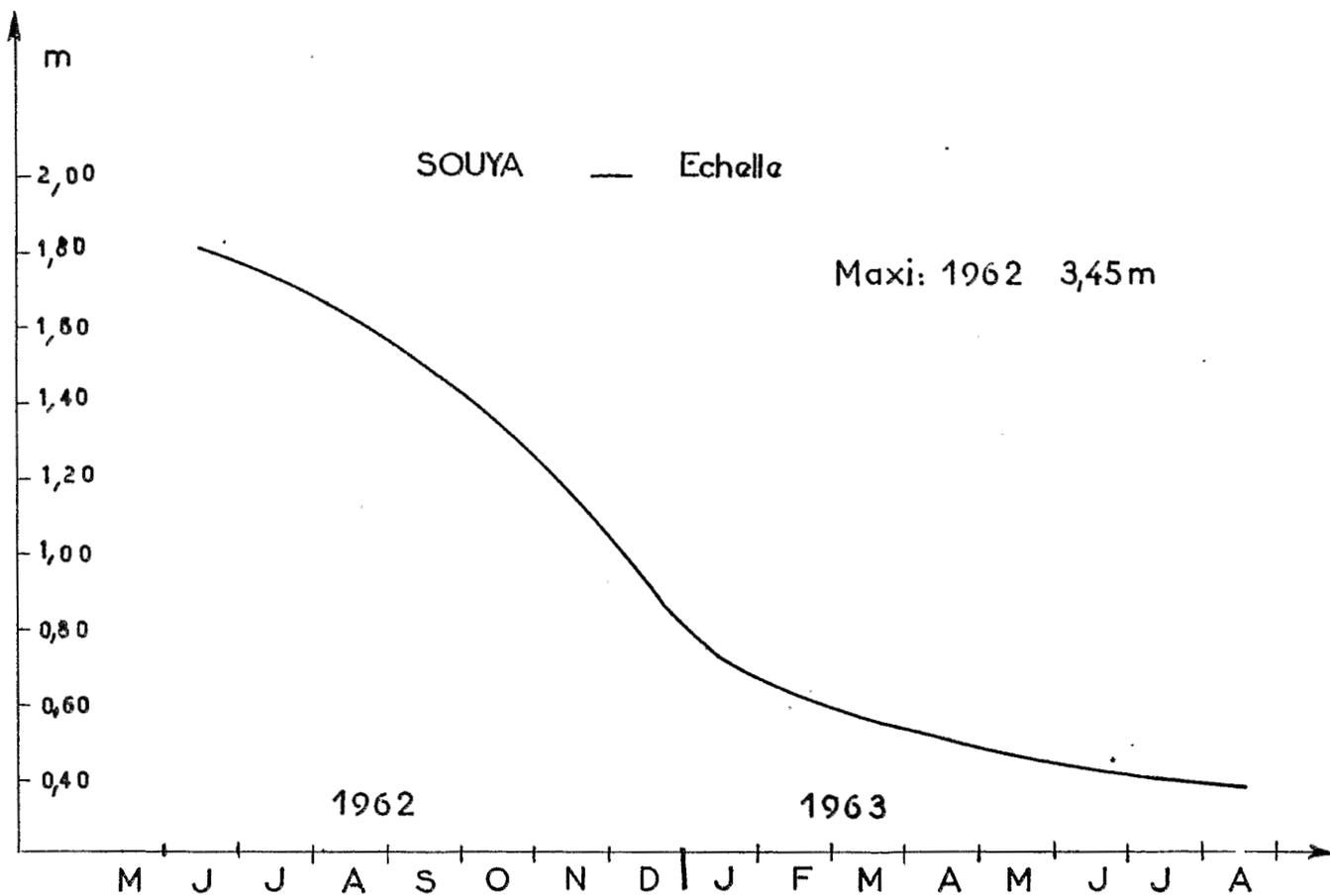
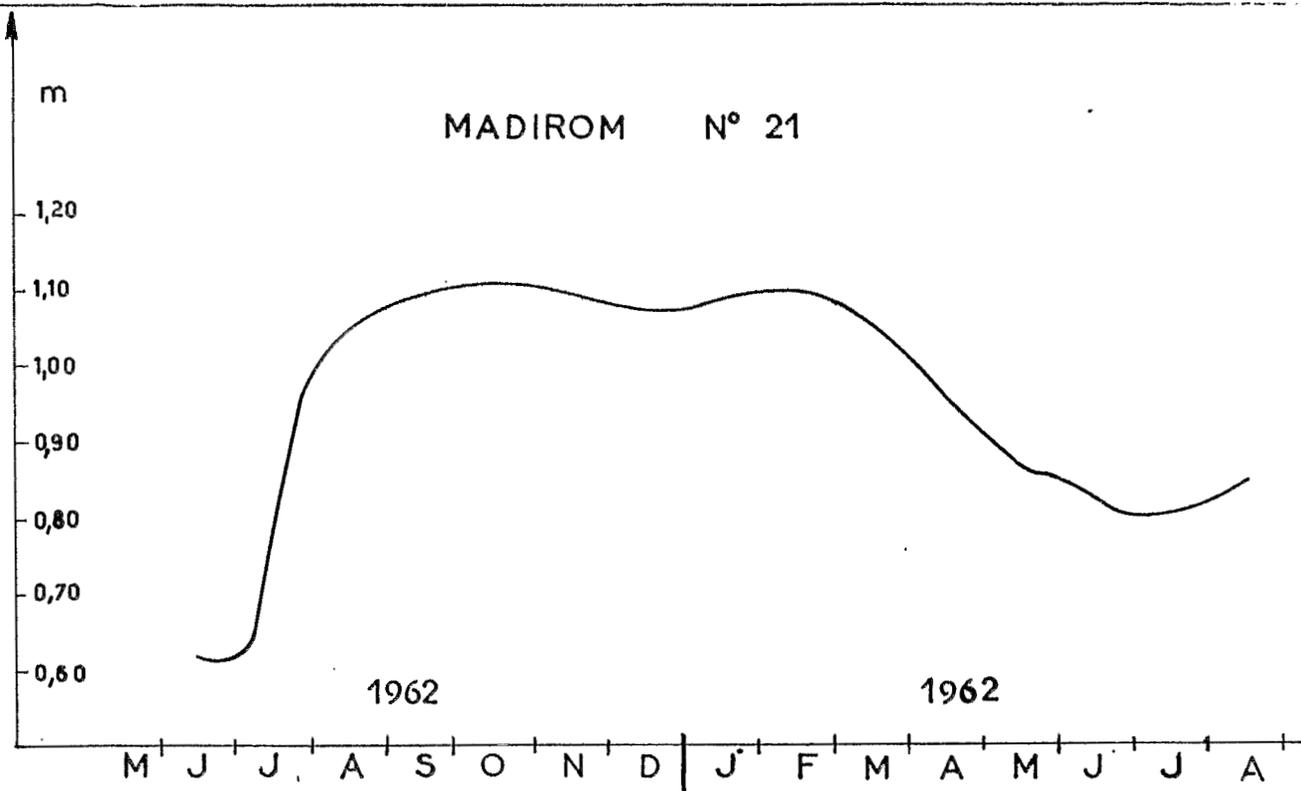
Le polder de SOUYA est situé à 30 km à vol d'oiseau à l'Est de BOL, à 6 km d'ISSEIROM. Le barrage l'isolant du Lac a cédé et en 1961 la cote maximale serait, d'après les indications fournies par les habitants du village, 3,45 m par rapport à l'échelle posée en 1962.

Les relevés effectués en 1962 et 1963 sont les suivants:

Date	15.6.62	5.9.	6.10	2.11	14.2.63	27.5.	11.6.	24.6.	15.8.
H m	1,80	1,56	1,41	1,25	0,62	0,44	0,43	0,42	0,37

Le polder étant maintenant isolé du Lac, il s'assèche. Le graphique page suivante représente les variations de cotes en fonction du temps. La décroissance du niveau d'eau est assez rapide jusqu'au début de 1963 date à partir de laquelle elle est beaucoup plus lente.

Du 15 Juin 1962 au 15 Juin 1963 la baisse du plan d'eau a été de 1,80 - 0,40 = 1,40 m. Compte tenu d'une pluviométrie moyenne de 300 mm (296 mm à MADIROM) la lame d'eau serait de 1,70 m. Or l'évaporation sur une grande nappe d'eau étant de l'ordre de 2,20 - 2,30 il faut donc admettre que les infiltrations représentent une lame d'eau de 0,50 à 0,60 m d'épaisseur pour la période considérée.



CRT 7343

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 5-11-63

DES: Time Jackson

VISA:

TUBE N°

K

Le niveau de la nappe libre dans le polder baisse alors que le niveau moyen du Lac monte, il faut donc s'attendre à des infiltrations plus importantes qui limiteront encore l'abaissement du plan d'eau dans le polder.

2° - Polder de MADIROM

Le polder de MADIROM est situé à quelques km à l'Ouest de SOUYA. Un barrage l'isole du polder de NO, lui-même protégé du Lac par un autre barrage. Le polder de NO étant inondé les eaux arrivent au pied du barrage de MADIROM.

Les relevés effectués en 1962 - 1963 au puits n° 2I (Echelle et Puits) sont les suivants :

Date	15.6.62	5.9.	6.10.	2.II	14.2.63	27.5.	11.6.	24.6.	15.8.
H m	0,62	1,08	1,11	1,10	1,10	0,85	0,84	0,81	0,85

On observe début Juillet une brusque montée du niveau d'eau et une inondation complète du polder. Cette inondation est due non pas au barrage de MADIROM qui aurait cédé mais elle provient de l'amont du polder. Celui-ci est isolé des autres polders par un seuil sableux qui était sur le point d'être submergé le 15 Juin 1962, le niveau d'eau dans les polders amont étant de l'ordre de 0,40 m plus élevé que le niveau d'eau du polder de MADIROM alors partiellement inondé.

Le niveau d'eau amont continuant à s'élever, le seuil a été submergé et le polder de MADIROM rapidement inondé.

Le niveau minimal en 1963 - 0,80 m - est resté très au dessus du niveau minimal de 1962 qui était de 0,60 m. La montée continue du Lac a donc une incidence directe sur le niveau de la nappe alimentée en partie par les infiltrations en provenance du Lac. Notons un second maximum de la nappe en Janvier correspondant au maximum de la crue du Lac.

.../...

3° - Polder de TCHINGAM -

Le polder de TCHINGAM, est situé à une trentaine de km à l'Ouest de BOL. Les variations de la nappe sont suivies dans 3 puits dont deux étaient équipés de façon habituelle : un fer à T de 2 mètres enfoncé dans la dune et servant de repère fixe et un autre fer à T au bord du puits pour la mesure de la profondeur de la nappe.

Les résultats suivants ont été obtenus :

- Puits n° 33

Date	17.8.62	17.9.	19.10	29.11	16.12	12.2.63	29.3.	24.5.	23.6.
H m	0,20	0,13	0,08	0,10	0,11	0,03	0,10	0,09	0,09

- Puits n° 34

Date	18.6.62	17.8.	17.9.	19.10	29.11	16.12	12.2.63	29.3.	24.5.
H m	0,40	0,18	0,06	0,05	0,03	0,03	+0,03	0,02	0,03

Date	7.6.	23.6.	14.8.						
H m	0,05	0,04	+0,11						

- Puits n° 35

Date	18.6.62	17.8.	17.9.	19.10	29.11	16.12	12.2.63	29.3.	24.5.
H m	0,56	0,11	0,05	0,03	0,03	0,03	+0,03	0,04	0,04

Date	7.6.	23.6.	14.8.						
H m	0,05	0,04	+0,11						

Les variations de la nappe sont représentées sur le graphique page suivante. On constate une forte remontée de la nappe au cours de la saison des pluies. Celle-ci atteint 40 à 60 cm pour une pluviométrie moyenne de 270 mm. A partir du mois de Septembre le polder est presque totalement inondé. Les puits 34 et 35 varient de la même façon ce qui est normal puisqu'ils enregistrent les variations de la nappe à surface libre. Ceci nous amène à conclure qu'en Juin 1962 le niveau de la nappe au puits 34, donc près du barrage, était à une quinzaine de centimètres plus haut que le niveau de la nappe au puits 35. Il faut également constater que, bien que le Lac soit revenu en Juin 1963 à une cote guère plus élevée que celle de Juin 1962, la nappe s'est maintenue à un niveau beaucoup plus élevé qu'en Juin 1962.

#### 4° - Polder de BAGA-SOLA

Situé non loin de TCHINGAM ce polder a été inondé complètement en Janvier 1963 à la suite de la crue du Lac. Les relevés de la nappe indiquent comme ailleurs, une remontée sensible en saison des pluies et, à partir de Novembre une nouvelle remontée de niveau importante due à la crue du Lac.

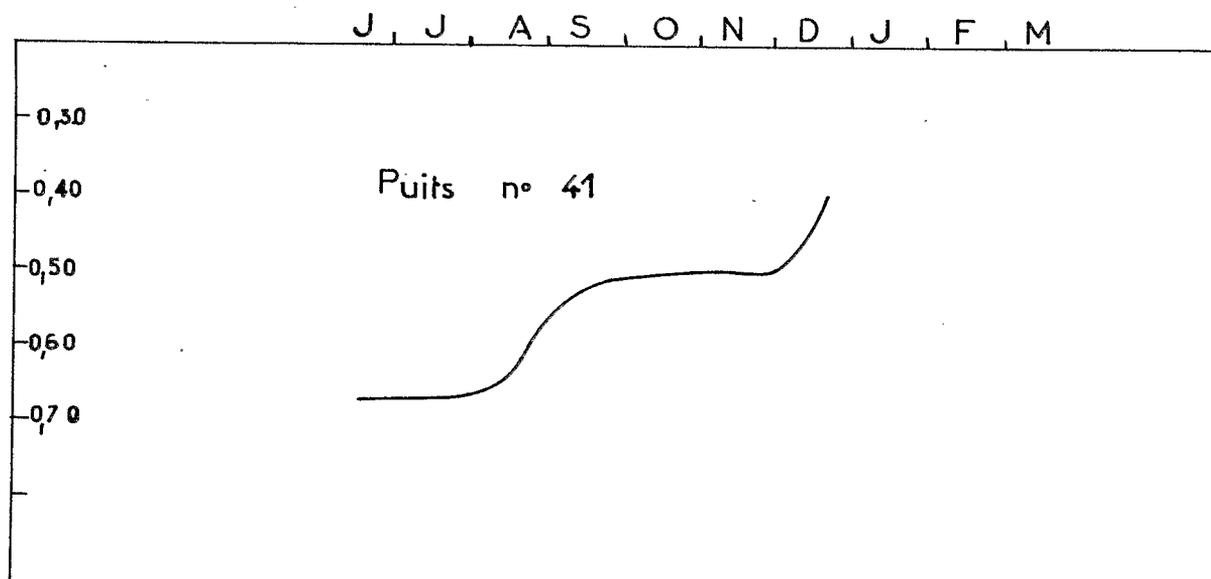
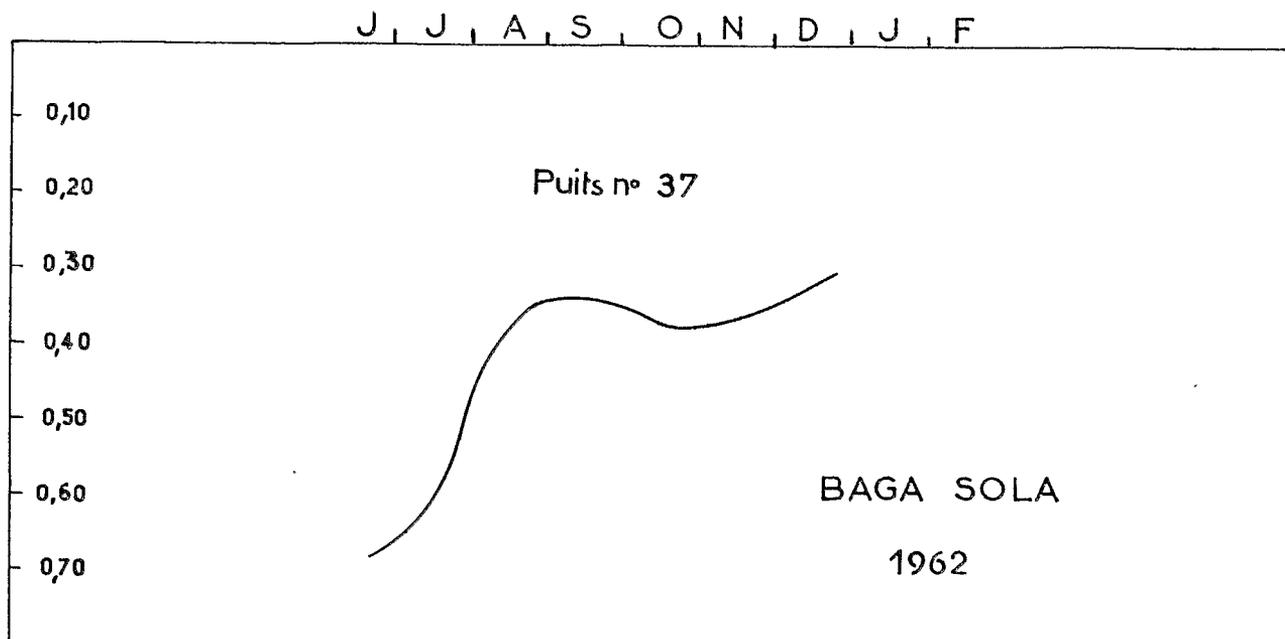
#### 5° - Polder de BRANGUEL, DALAIROM, TIREI, IRIRI

Ces polders sont situés sur la bordure Sud-Est du Lac TCHAD.

Une dizaine de puits ont été suivis sur ces polders. Pendant quelques temps les fluctuations de niveau ont laissé supposer l'existence de nappes normales mais la réalisation de sondages et de nouveaux puits a mis en évidence la présence d'artésianisme.

Un certain nombre de puits ne débitent pas parce qu'ils sont colmatés à leur base, et un autre puits creusé à proximité montre en général que l'artésianisme existe toujours.





CRT 7344

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 5-11-63

DES: *Timo Jackson*

VISA:

TUBE N°

H

CHAPITRE IVDEVERSEMENTS DANS LE BAHR EL GAHZAL

Une échelle a été posée le 13.12.1962 à TAGAGA sur le BAHR EL GAHZAL à quelques km du Lac. Les relevés ont été effectués environ chaque mois :

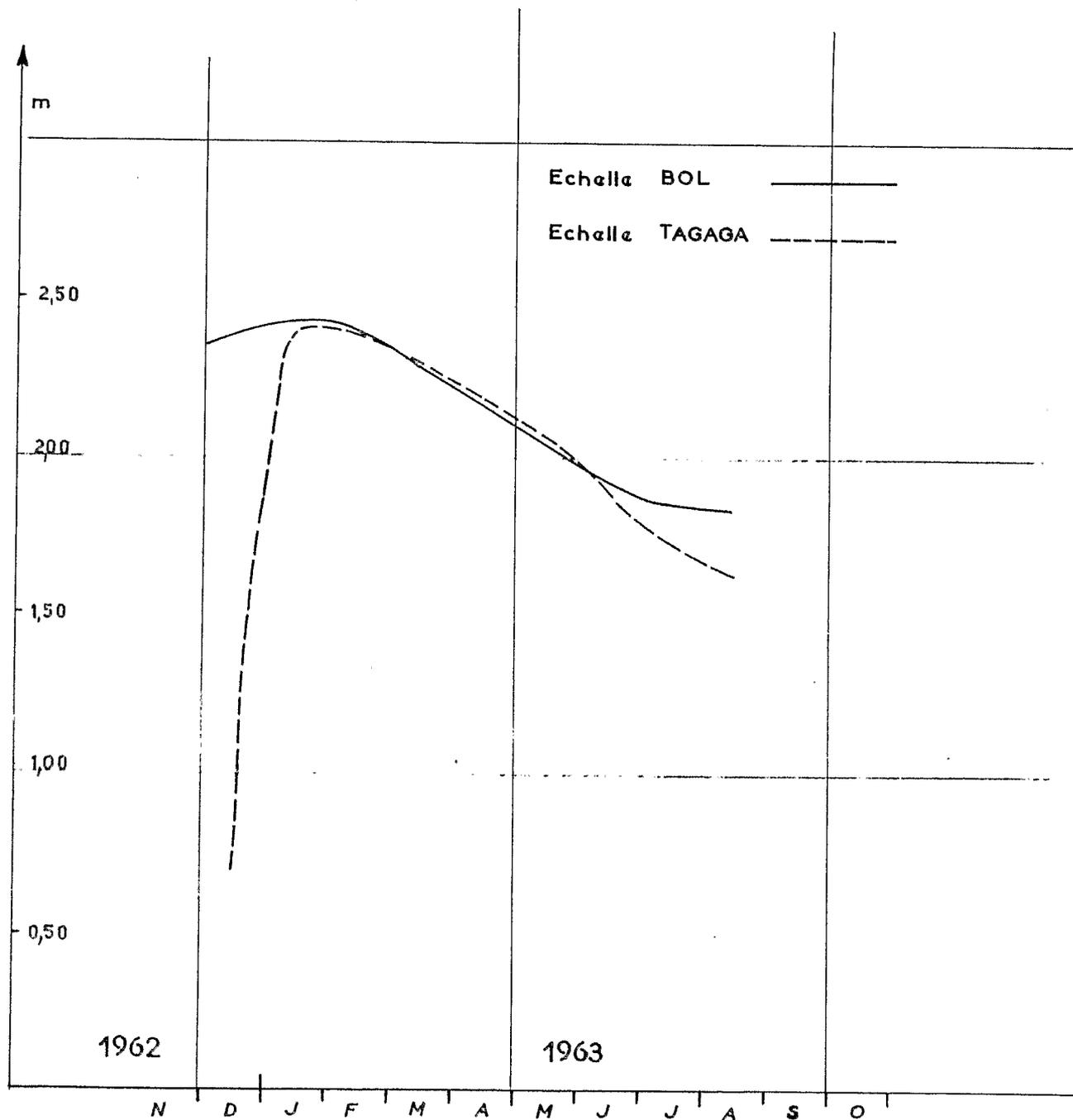
Date	13.12.62	31.1.63	22.3.	25.4.	17.5.	30.6.	16.8.
H m	0,70	2,41	2,23	2,16	2,07	1,80	1,65
H BOL	2,39	2,42	2,24	2,13	2,04	1,88	1,84

Les cotes de BOL sont prises égales à la moyenne des 10 jours entourant la date considérée. En hautes eaux les deux échelles donnent sensiblement les mêmes indications. Le 13.12.62 correspond au remplissage du BAHR EL GAHZAL. Celui-ci était isolé du Lac par un barrage de sable construit par les riverains ce qui explique notamment qu'en Janvier 1962, malgré une cote du Lac plus élevée qu'en 1957 le BAHR EL GAHZAL s'est avancé beaucoup moins loin puisqu'il s'est arrêté à une dizaine de km avant MASSAKORY.

Un peu avant le 13.12.62 ce barrage a probablement dû être submergé et partiellement érodé car le BAHR s'est rempli assez rapidement. Cependant il doit subsister une obstruction importante car bien que le niveau du Lac ait dépassé de 0,30 à 0,40 m le niveau de 1957 l'inondation est restée stationnaire à 8 km de MASSAKORY alors qu'en 1957 le BAHR avait atteint sinon dépassé MASSAKORY.

Volumes écoulés -

Le 13.12.62 pour  $H = 0,70$  m une mesure de débit a donné  $Q = 2,3$  m<sup>3</sup>/s. Le 31.1.63 pour une cote de  $H = 2,41$  m nous n'avons pas pu faire de mesure. Les vitesses semblaient nulles et les flotteurs immergés ne bougeaient pas. Cependant le BAHR EL GAHZAL continuait sa lente progression vers MASSAKORY ce qui suppose à TAGAGA un débit non nul. En admettant que la vitesse minimale décelable soit de 1 mm/s (une vitesse de 1 cm/s est en effet encore facilement décelable par flotteurs immergés) le débit correspondant à une section de 200 m<sup>2</sup> est alors de 0,2 m<sup>3</sup>/s cette valeur correspond à la limite supérieure que pouvait atteindre le débit à ce moment-là. Au cours des tournées effectuées par la suite il n'a pas été possible non plus de mesurer la moindre vitesse.



CRT 7347

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1<sup>o</sup>

LE: 11-11-63

DES: Timo Jackson

VISA:

TUBE N°

H

Dans ces conditions le volume écoulé à TAGAGA entre le 15.12.62 et le 15.6.63 (6 mois) peut être estimé à une valeur inférieure à 5 millions de m<sup>3</sup>. Un volume aussi faible n'a aucune influence sur les niveaux du Lac. Rappelons qu'il faudrait que le BAHR EL GAHZAL évacue 250 millions de m<sup>3</sup> pour faire baisser le niveau du Lac de 1 centimètre seulement.

---ooOoo---