

**TERRITOIRE DE NOUVELLE CALEDONIE
ET DEPENDANCES**

SERVICE DU GENIE RURAL

**ETUDE DE LA LENTILLE D'EAU DOUCE
DE LIFOU**

J.P. BRUNEL

TOME I



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE - MER

Novembre 1975

CENTRE DE NOUMEA - NOUVELLE CALEDONIE

**OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER**

-:-:-

SERVICE DU GENIE RURAL

**ETUDE DE LA LENTILLE D'EAU DOUCE
DE LIFOU**

J.P. BRUNEL

Novembre 1975

SOMMAIRE

I - DONNEES GENERALES SUR L'ILE DE LIFOU

1.1. Géomorphologie	p. 1
1.2. Aperçu géologique	p. 1
1.3. La végétation	p. 3
1.4. Population	p. 3

2 - DONNEES CLIMATOLOGIQUES

2.1. Températures et humidité	p. 4
2.2. Evaporation	p. 5
2.3. Pluviométrie	p. 9

3 - FORME, DIMENSION ET VARIATIONS DE LA NAPPE D'EAU DOUCE DE LIFOU

3.1. Equipement mis en place pour l'étude de la nappe	p. 18
3.2. Nivellement des forages et piézomètres et définitions des zéros	p. 18
3.3. Rappel théorique sur les lentilles d'eau douce	p. 20
3.4. Conditions de formation d'une lentille de GHYBEN-HEEZBERG	p. 22
3.5. Forme et dimensions de la nappe d'eau douce	p. 22
3.6. Variations du niveau de la nappe	p. 25

4 - BILAN DE LA NAPPE ET SES POSSIBILITES

4.1. Mesures de porosité efficace	p. 33
4.2. Essai de bilan hydrologique	p. 33
4.3. Schématisation sur les possibilités de la lentille	p. 36

5 - LES ESSAIS DE POMPAGE

p. 38

6 - ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

6.1. Analyses chimiques	p. 40
6.2. Résistivité des eaux de la nappe	p. 52
6.3. Conclusions	p. 53

CONCLUSIONS

p. 54

BIBLIOGRAPHIE

p. 55

INTRODUCTION

Les îles Loyauté, îles coralliennes, ne comportent aucun réseau hydrographique, aussi rudimentaire soit-il. Les habitants de ces îles n'ont que deux moyens de se procurer de l'eau douce : construire des citernes pour recueillir l'eau de pluie fournie par des impluviums artificiels, ou puiser dans la nappe souterraine.

En 1956 et 1957, des missions hydrogéologiques, menées par Messieurs KOCH du Service des Mines, et GIRARD de l'I.F.O., apportaient la preuve de la présence d'un grand réservoir d'eau douce souterrain dans l'île de LIFOU.

En 1964, M. MONIOD proposait qu'une étude plus approfondie soit effectuée à LIFOU. Enfin, en Janvier 1968 le service du Génie-Rural soumettait à l'ORSTOM un projet pour l'étude hydrogéologique de cette île.

En 1970, une convention de service confiait cette étude à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, dont l'objectif principal devait être l'établissement d'un bilan de la "lentille d'eau douce". Les travaux d'installation du réseau d'appareils débutèrent en Septembre 1970. La direction de cette étude fut assurée successivement par Messieurs PIEYNS et JOUARY de l'ORSTOM et par Monsieur FLATTOT du service du Génie Rural. Sur place, deux observateurs permanents étaient chargés de la maintenance des appareils.

I) DONNEES GENERALES SUR L'ILE DE LIFOU

1.1. Géomorphologie

L'Ile de LIFOU, la plus grande des îles Loyauté (1150 km²), est le type même de l'Atoll corallien soulevé. Elle est constituée par un immense plateau karstifié correspondant au fond de "l'ancien lagon", dont l'altitude moyenne varie de 25 m au Nord à 40 m dans le Sud. Ce plateau est bordé de hautes falaises verticales, dominant par endroit le plateau d'une cinquantaine de mètres. Ces falaises sont les témoins de l'ancienne couronne récifale coupée de nombreuses passes, en particulier dans la partie Ouest de l'île.

L'île est par ailleurs entaillée sur son pourtour, par de nombreuses terrasses, résultats de l'érosion marine au cours de l'émersion de l'Atoll. On rencontre en de nombreux endroits, des grottes et des excavations naturelles, au fond desquelles affleure souvent la nappe, preuves d'un réseau karstique intensément développé.

1.2. Aperçu géologique

1.2.1. Evolution paléogéographique

On sait encore peu de choses sur l'évolution paléogéographique de LIFOU. L'île appartient à la chaîne volcanique des Loyauté dont font également partie OUEVA, MARE, TIGA et d'autres petits atolls. Le début de la surrection de l'île daterait du pleistocène inférieur. Elle serait due à des mouvements tectoniques très lents, auxquels on attribuerait d'ailleurs la formation des terrasses récifales, par arrêt de ce mouvement pendant une période de niveau stable de la mer. A ce lent mouvement de surrection se superposent des mouvements tectoniques et eustatiques plus rapides et plus récents d'âge holocène. On sait enfin que la dernière régression eustatique qui date d'environ 20.000 ans, a porté le niveau moyen de la mer entre 80 et 100 m en dessous du niveau actuel.

1.2.2. Géologie et pédologie

Dans l'état actuel des connaissances géologiques de l'île, on a pu mettre en évidence deux grands types de formations.

a) Les formations calcitiques

Elles sont localisées au Nord-Ouest de l'île, à l'Ouest d'une ligne CHEPENEHE - MUTCHAWENG ; au centre, dans une zone limitée par une ligne WE - DOUEOULOU au Nord et DOSIP - HMELEK au Sud, et d'une manière générale elles occupent tout l'ancien récif barrière, sous la forme d'un calcaire compact, à petits coraux, généralement pauvre en fossiles, quelquefois dolomitisé.

Dans cette zone, on constate la persistance d'éléments aragonitiques et l'absence de calcite très magnésienne. Dans ces zones calcaires, il a été montré que le magnésium part rapidement et qu'il n'y a jamais coexistence dans un même échantillon d'aragonite et de dolomite. Ceci montre l'instabilité de l'aragonite quand les conditions de précipitations de la dolomite sont atteintes.

b) Les formations dolomitiques

Elles occupent 2 zones, l'une au Nord de WE jusqu'à CHEPENEHE et au delà de NATCHAOM, l'autre au Sud de HMELEK. D'une manière générale, les échantillons présentent une grande porosité due à la disparition des éléments figurés.

Des zones de transition s'observent au passage du "récif" au "lagon", avec une dolomitisation partielle et préférentielle des éléments à calcite cryptocristalline. Il faut également signaler, en bordure de mer, la présence de dalles de sable aggloméré dites "grès de plage" ou "beach-rocks". Ce sont des formations subactuelles, constituées par l'agglomération dans un ciment calcitique, de débris de calcaire, de coquillages, de coraux, etc.... Ces dalles peuvent atteindre 1 à 3 m d'épaisseur et s'étendre sur plus de 200 m de large. En ce qui concerne les sols, on observe un peu partout des poches irrégulières d'extension variable de sols bruns à brun-rouge peu calcaires et peu épais. Ces sols aux teneurs très faibles en silice, mais très riches en alumine, sont des "formations bauxitiques meubles", qui se sont constituées principalement à partir de ponces volcaniques flottées, d'origine allochtone. La porosité de ces sols, voisine de 75 % est considérable. (L'indice de drainage calculé, de HENIN et AUBERT y est égal à 964 mm).

Ces sols bauxitiques sont remplacés sur les terrasses coralliennes par des "sols juvéniles andiques carbonatés", élaborés à partir du mélange de ponces et de débris coralliens, et où la silice est abondante.

1.3. La Végétation

Une carte de la végétation de l'île a été établie par Monsieur M. SCHMID, inspecteur général de recherches à l'ORSTOM (carte 2). Cette carte fait apparaître une mosaïque de peuplements végétaux. La forêt y est prédominante et occupe sous différentes formes près de 60 % de la superficie de l'île. Le reste est constitué en majeure partie par un maquis herbacé à Lantanas et Goyaviers. Les zones sous cultures sont peu abondantes. Quelques cocoteraies occupent d'étroites bandes côtières. On verra dans le chapitre consacré à la pluviométrie, le rôle joué par la forêt sur l'interception des précipitations.

1.4. Population

La population de LIFOU comptait au dernier recensement 7.163 habitants, dont 2.775 enfants de moins de 15 ans (chiffres du service de la statistique au 23.04.74). Cette population se répartit par ethnies comme suit :

Mélanésiens : 7.070 habitants, Tahitiens : 3 habitants,
Européens : 90 habitants.

L'Annexe n° I donne la répartition par commune du nombre d'habitants.

Ces chiffres peuvent être utilisés pour déterminer les besoins en eau de chaque commune, et compte-tenu du site d'implantation des forages et des possibilités de la nappe, le rythme d'exploitation de celle-ci.

2 - DONNEES CLIMATOLOGIQUES

L'île de LIFOU est dotée de 3 stations climatologiques du service de la Météorologie. La station de OUANAHAM, située dans la partie Nord de l'île où se trouve situé l'aéroport, est une station complète où sont mesurés les principaux paramètres climatologiques (pluviométrie, vitesse des vents, températures, humidité relative, pression atmosphérique, évaporation sur Piche). Les premiers résultats obtenus à cette station datent de 1959. Les deux autres stations, WE et CHEPENEHE sont des postes auxiliaires où sont mesurées températures, humidités et précipitations. La station de CHEPENEHE a été installée en 1951, celle de WE en 1956.

Afin de compléter ces installations, deux stations complémentaires ont été mises en place par l'ORSTOM pendant la durée de l'étude. La première était située à proximité de WE au Sud de la route WE - HAPETRA, sous couvert forestier. La seconde était située à HMELEK au centre de la partie Sud de l'île, près de la station agricole. Ces deux stations étaient dotées d'un abri météo où sont effectuées les mesures de températures et d'humidité relative, d'un bac d'évaporation et d'un pluviomètre. La station de WE était en outre pourvue d'un dispositif permettant de mesurer l'interception des précipitations par le couvert végétal.

Afin d'arriver à une bonne connaissance de l'alimentation des nappes par les précipitations, un réseau pluviométrique dense a par ailleurs été mis en place en 1970. Ce réseau comportait 11 pluviomètres enregistreurs et 15 pluviomètres totalisateurs. Dans le paragraphe réservé aux précipitations, nous donnons une liste de ces différents pluviomètres avec leurs coordonnées, permettant de les situer sur la carte. Les pluviographes étaient relevés à une cadence hebdomadaire, les totalisateurs à une cadence mensuelle.

2.1. Températures et Humidité

2.1.1. Températures

Nous avons regroupé dans les tableaux de l'ANNEXE II les températures moyennes mensuelles ainsi que les moyennes mensuelles des températures maximales et minimales observées à WE et HMELEK en 1970 - 1971 et 1972. Ces dernières valeurs ont été reportées sur les graphiques n° 3, 4 et 5. Rappelons que les températures mesurées à WE sont des températures sous couvert végétal tandis que les températures de HMELEK sont des températures à découvert.

L'examen de ces graphiques et tableaux appelle les remarques suivantes :

- Les plus fortes températures ont lieu en Janvier - Février et Mars. Puis on assiste à une chute rapide de température, les minima ayant lieu en moyenne en Juillet ou Août. A partir de Septembre, les températures commencent à remonter jusqu'à la fin de l'année.

- Les températures moyennes mensuelles observées à HMELEK, station à découvert sont légèrement supérieures à celles de WE, station sous couvert mais l'écart n'excède généralement pas 1° C. L'effet du couvert végétal est surtout sensible sur les températures maximales qui sont généralement plus élevées de 2° à 3° C à HMELEK. Les températures minimales sont dans l'ensemble plus élevées à WE.

Les écarts moyens journaliers les plus importants ($T_{max} - T_{min}$) observés à la station de HMELEK, se produisent entre Juin et Août pour les années sèches 1970 et 1972 et plutôt vers la fin de l'année en 1971, année particulièrement pluvieuse, où ceux-ci atteignent les valeurs les plus fortes (14°9 en Octobre 1971). Ces écarts observés à WE sous forêt sont inférieurs à ceux de HMELEK, le rapport $\frac{(T_{max} - T_{min})_{WE}}{(T_{max} - T_{min})_{HMELEK}}$ varie entre 0,33 et 0,68 en 1971 mais passe de 0,65 à 1,20 en 1972. Ceci revient à dire qu'en année humide, les écarts entre températures maximales et minimales moyennes mensuelles sont sensiblement du même ordre de grandeur sous forêt ou à découvert, alors qu'en année sèche ces écarts sont deux fois plus importants à découvert.

2.1.2. Humidité relative

On trouvera également sur les tableaux de l'ANNEXE II les humidités relatives en % mesurées à WE et à HMELEK. L'humidité semble varier relativement peu. En effet, que l'on considère WE ou HMELEK, une année sèche ou non, les valeurs restent comprises entre 80 et 90 %. L'humidité minimale peut cependant descendre certains mois à des valeurs proches de 50 % (56 % en Août 1972 à WE, 54 % et 53 % en Novembre et Décembre 1972 à HMELECK).

2.2. Evaporation

Afin d'établir le bilan de la lentille d'eau douce de l'île, et surtout sa capacité de recharge, un des éléments importants à connaître est

l'évaporation, ou plus exactement l'évapotranspiration du sol et de son couvert végétal. Mais c'est également un des termes du bilan, le plus difficile à chiffrer, car les mesures directes de l'évapotranspiration réelle ne sont pas possibles à l'heure actuelle sur des superficies aussi vastes.

L'hydrologue utilise alors la notion d'Evapotranspiration potentielle (ETP). L'ETP calculée à partir de différentes composantes du climat est assimilée à une capacité maximale d'évapotranspiration, c'est donc dans des conditions climatiques données, et pour un milieu naturel donné, une limite supérieure de l'Evapotranspiration réelle.

Dans les paragraphes qui suivent, nous présentons les résultats d'évapotranspiration potentielle calculée par différentes méthodes, et nous tenterons de les rattacher à des mesures directes d'évaporation sur nappe d'eau libre, réalisées pendant les trois ans d'études.

2.2.1. Evaporation sur bac d'eau libre

Les tableaux n° 1, 2 et 3 regroupent les résultats d'évaporation mesurée sur bac "Colorado" enterré de 1 m² de surface aux deux stations de HMELECK et WE au cours des années 1970, 1971 et 1972. Ces résultats figurent schématiquement sur le graphique n° 6.

A HMELECK, l'évaporation journalière varie entre 2mm/jour et 5 mm/jour. A WE elle se situe entre 0,49 et 1,63 mm/jour. Les valeurs maximales de l'évaporation ont lieu généralement en Novembre - Décembre et Janvier à HMELECK. Elles sont plus tardives à WE sous forêt, où elles se produisent en Février - Mars et Avril. Les valeurs minimales de l'évaporation se produisent aux deux stations entre Juin et Août.

L'évaporation sur nappe d'eau libre sous forêt, est quatre fois inférieure en moyenne à l'évaporation à découvert.

L'année 1971 a été une année de pluviométrie supérieure à la normale. On constate que le total évaporé à HMELECK, (1165 mm) en 1971 est inférieur à celui des deux autres années où il est voisin de 1250 mm. Compte-tenu de ces résultats, on peut admettre que la valeur de l'évaporation moyenne sur bac d'eau libre est d'environ 1250 mm/an à LIFOU et qu'elle peut varier suivant les années entre 1100 mm et 1350 mm.

2.2.2. L'Evapotranspiration potentielle calculée à partir des éléments du climat.

Différentes formules expérimentales ont été mises au point qui permettent de calculer l'E.T.P. Ces formules utilisent toutes des paramètres climatiques mesurables (températures, humidité, insolation...). Dans le cas de LIFOU, nous avons utilisé le poste de OUANAHAM (9 années d'observations) pour tenter une approche de l'E.T.P.

Les formules utilisées sont les suivantes :

- (1) Formule de PENMAN
- (2) Formule de PENMAN modifiée par RIOU
- (3) Formule de TURC
- (4) Rayonnement net mensuel transformé en hauteur d'eau évaporée.

Les résultats mensuels figurent sur le tableau n° 4. Si l'on examine ce tableau, on constate que les 4 méthodes donnent des résultats comparables. La valeur annuelle la plus forte (1374 mm) est obtenue par la formule de TURC, la valeur la plus faible (1254 mm), en utilisant le rayonnement net. L'écart entre ces valeurs n'est que de 120 mm soit moins de 10 %. On peut donc considérer qu'en année moyenne la valeur de l'évapotranspiration potentielle à LIFOU est de l'ordre de 1300 mm.

2.2.3. L'évapotranspiration potentielle pendant les trois années d'observations. Comparaison avec les résultats d'évaporation obtenus sur bac à HMELECK.

Le tableau n° 5 rassemble les résultats d'évaporation sur bac à HMELECK et les valeurs d'évaporation calculées par la formule de PENMAN au cours des 3 années d'observations. On constate que les écarts entre les deux séries de résultats mensuels varient tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Pendant les six premiers mois de l'année (mois les plus pluvieux) l'évaporation sur bac est généralement moins élevée que l'évapotranspiration potentielle. Pendant les six autres mois, l'évaporation sur bac est plus élevée ou proche de l'évapotranspiration potentielle.

Les valeurs annuelles de l'évaporation sur bac sont toujours inférieures aux valeurs de l'évapotranspiration calculée. L'écart est de 83 mm pour l'année 1970, 130 mm pour l'année 1971 et 122 pour l'année 1972.

LIFOU

EVAPORATION AUX STATIONS DE WE ET HMELECK ANNEE 1970

	HMELECK (A)		WE (B)		
MOIS	MOYENNE JOURNALIERE	TOTAL MENSUEL	MOYENNE JOURNALIERE	TOTAL MENSUEL	E A E B
JANVIER		134,7			
FEVRIER		119,4			
MARS	3,00	93,0			
AVRIL	2,7	81,0			
MAI	2,1	65,1			
JUIN	2,0	60,0			
JUILLET	2,3	71,3			
AOUT	2,6	80,6	0,50	15,5	0,19
SEPTEMBRE	3,4	102,0	0,98	29,4	0,28
OCTOBRE	4,5	139,8	0,69	21,4	0,15
NOVEMBRE	5,2	156,0	1,00	30,0	0,19
DECEMBRE	5,2	161,2	0,72	22,3	0,13
	TOTAL ANNUEL	(1248)	TOTAL ANNUEL		

LIFOU

EVAPORATION AUX STATIONS DE WE ET HMELECK ANNEE 1971

MOIS	HMELECK (A)		WE (B)		E. A E. B
	MOYENNE JOURNALIERE	TOTAL MENSUEL	MOYENNE JOURNALIERE	TOTAL MENSUEL	
JANVIER	2,93	90,8	1,63	50,5	0,55
FEVRIER	3,94	110,3	1,14	32,0	0,29
MARS	3,80	117,8	1,45	44,9	0,38
AVRIL	2,62	78,6	1,07	32,1	0,41
MAI	2,37	73,5	0,89	27,6	0,37
JUIN	2,09	62,7	1,06	31,8	0,51
JUILLET	2,15	66,7	0,93	28,8	0,43
AOUT	2,90	(90,0)	0,49	15,2	0,16
SEPTEMBRE	(3,16)	(95,0)	(0,73)	(22,0)	
OCTOBRE	3,52	109,2	0,57	17,7	0,16
NOVEMBRE	4,34	130,2	0,66	19,8	0,15
DECEMBRE	4,54	140,7	0,84	26,0	0,18
	TOTAL ANNUEL	(1165) mm	TOTAL ANNUEL	(318) mm	0,24

LIFOU

EVAPORATION AUX STATIONS DE WE ET HMELECK ANNEE 1972

MOIS	HMELECK (A)		WE (B)		E. A E. B
	MOYENNE JOURNALIERE	TOTAL MENSUEL	MOYENNE JOURNALIERE	TOTAL MENSUEL	
JANVIER	3,77	117,0	0,70	21,7	0,18
FEVRIER	3,90	113,2	1,03	29,9	0,26
MARS	3,56	110,3	1,08	33,5	0,30
AVRIL	3,04	91,2	1,00	30,0	0,33
MAI	1,99	61,7	0,68	21,1	0,34
JUIN	2,10	63,0	0,71	21,3	0,34
JUILLET	2,39	74,0	0,59	18,3	0,25
AOUT	2,93	90,8	0,93	28,3	0,31
SEPTEMBRE	3,46	103,8	0,63	18,9	0,18
OCTOBRE	3,84	119,0	0,90	27,9	0,23
NOVEMBRE	4,53	136,0	1,24	37,2	0,27
DECEMBRE	5,74	177,9	1,46	45,2	0,25
	TOTAL ANNUEL	1258 mm	TOTAL ANNUEL	333,3 mm	0,26

TABEAU N° 4**CALCUL DE L'ETP MOYENNE MENSUELLE A WANAHAM PAR DIFFERENTES****FORMULES (sur 9 ans)**

MOIS	ETP (mm) Moyennes mensuelles (1)	ETP (2)	ETP (3)	Rn (4)
JANVIER	157,2	149,9	145,1	146,3
FEVRIER	138,1	130,9	127,9	139,7
MARS	128,4	119,2	120,0	127,4
AVRIL	110,4	104,4	112,1	99,1
MAI	85,2	78,3	92,8	72,3
JUIN	62,0	54,7	74,9	52,5
JUILLET	64,2	58,6	78,4	47,9
AOUT	75,1	70,2	89,8	62,7
SEPTEMBRE	95,0	91,6	106,1	85,8
OCTOBRE	128,4	125,6	133,4	125,8
NOVEMBRE	138,8	134,1	140,0	139,3
DECEMBRE	158,3	153,2	153,9	155,1
Moyenne générale	1341,1	1271,2	1374,4	1253,9

(1) Formule de PENMAN

(2) Formule de PENMAN modifiée RIOU

(3) Formule de TURC

(4) Rayonnement net mensuel transformé en hauteur d'eau évaporée

TABLEAU N° 5

COMPARAISON ENTRE LES VALEURS DE L'ETP CALCULEE PAR LA
FORMULE DE PENMAN A PARTIR DES DONNEES CLIMATIQUES DE WANAHAH
ET L'EVAPORATION MESUREE SUR BAC A LA STATION DE HMELECK

	1970			1971			1972		
	WANAHAH	HMELEK	R	WANAHAH	HMELEK	R	WANAHAH	HMELEK	R
JANVIER	162,5	134,7	0,829	142,1	90,8	0,639	153,2	117,0	0,764
FEVRIER	144,1	119,4	0,829	137,8	110,3	0,800	139,0	113,2	0,814
MARS	133,5	93,0	0,699	126,2	117,8	0,933	128,2	110,3	0,860
AVRIL	108,5	81,0	0,746	105,9	78,6	0,742	105,6	91,2	0,864
MAI	78,8	65,1	0,826	(75,0)	73,5	0,982	90,9	61,7	0,679
JUIN	62,7	60,0	0,957	55,4	62,7	1,132	64,4	63,0	0,978
JUILLET	64,8	71,3	1,100	60,9	66,7	1,095	61,7	74,0	1,200
AOUT	71,9	80,6	1,121	76,2	(90,0)	1,181	74,8	90,8	1,214
SEPTEMBRE	95,8	102,0	1,065	92,7	(95,0)	1,025	105,9	103,8	0,980
OCTOBRE	129,7	139,8	1,078	133,4	109,2	0,818	128,0	119,0	0,930
NOVEMBRE	119,7	156,0	1,303	137,5	130,2	0,947	156,8	136,0	0,867
DECEMBRE	158,9	(161,2)	1,014	152,7	140,7	0,921	171,8	177,9	1,035
TOTAUX	1330,9	1248	0,938	(1295)	1165	0,899	1380,3	1258	0,911

R = Rapport de l'évaporation sur bac à l'ETP calculée par la formule de PENMAN à partir des données climatologiques de WANAHAH.

2.2.4. Approche de l'Evapotranspiration réelle

Nous avons pu définir à l'aide de la notion d'E.T.P. et des mesures directes d'évaporation sur bacs, une limite supérieure moyenne de l'évapotranspiration. Dans ce paragraphe nous tenterons une approche de cette évapotranspiration d'une manière indirecte.

- La réserve hydrique des sols

Les données physico-chimiques que nous possédons sur les sols de LIFOU nous permettent d'estimer leur réserve hydrique. Qu'ils s'agissent des sols bauxitiques ou des sols juvéniles andiques, leur porosité est considérable, 73 à 76 % et leur densité apparente faible, 0,60 à 0,85. Pour un sol d'épaisseur 1,50 m, qui dans bien des cas à LIFOU représente une valeur maximale - (sauf peut-être dans la région de OUANAHAM), et dont la gamme d'humidité utile moyenne est de l'ordre de 0,40, l'estimation de la réserve hydrique peut se faire par la formule de HALLAIRE :

$$Q = \sum_{0}^{\Delta z} \frac{\sigma}{10} (H_0 - H_1) \quad \Delta z$$

dans laquelle σ est la densité apparente, $H_0 - H_1$ la gamme d'humidité utile (capacité au champ - point de flétrissement), Δz l'épaisseur. Le résultat que nous obtenons est le suivant : $Q = 0,7/10 \cdot 40 \cdot 150 = 420 \text{ mm}$. Cette quantité d'eau stockée est donc susceptible d'être reprise par l'évapotranspiration du sol et de son couvert végétal.

- Le Déficit d'écoulement

Une des possibilités d'estimer l'évapotranspiration réelle, dans le cas d'un bassin versant où sont connus tous les autres termes du bilan, est de l'assimiler au déficit d'écoulement sur ce bassin.

Les valeurs de déficit d'écoulement moyens, réellement observés sur la Grande Terre, pour des bassins de la côte Est de pluviométrie comparable, sont de l'ordre de 800 mm.

Le déficit d'écoulement théorique, calculé par la formule de COUTAGNE, $D = P - \lambda P^2$ avec $\lambda = 1/0,8 + 0,14 T$, (P étant la hauteur moyenne annuelle des précipitations en mètre, et T la température moyenne annuelle) a donné des valeurs comprises entre 800 et 960 mm pour les trois années d'étude.

- L'évapotranspiration réelle

L'évapotranspiration réelle peut être estimée en faisant les hypothèses suivantes : sur 60 % de l'île, le couvert forestier évapotranspire à la valeur de l'ETP, les racines pouvant utiliser à tous moments une partie de l'eau retenue dans la masse spongieuse des calcaires. Sur 30 % (prairies, cocotiers et groupements herbacés) nous avons calculé l'évapotranspiration réelle à l'aide de la relation $ETR = \sum_{i=1}^{12} ETRI$ avec $ETRI = ETPi \frac{Si}{S MAX}$.

(ETRI étant l'évapotranspiration réelle d'un mois donné, ETPi l'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de PENMAN, Si, la teneur en eau du sol au début de chaque mois, S MAX, la capacité de rétention maximale de la tranche de sol explorée par la végétation). Enfin sur les 10 % de sol nu, nous avons estimé l'ETR à 800 mm. Le tableau n° 6 indique les résultats annuels obtenus. La moyenne pour les trois années d'étude est 1202 mm.

2.3. Pluviométrie

L'étude pluviométrique de l'île de LIFOU a pu être réalisée d'une part, grâce à l'implantation par l'ORSTOM d'un réseau d'appareils comprenant 11 pluviographes et 15 pluviomètres totalisateurs, suivis pendant trois années consécutives de 1970 à 1972, mais également à partir des données de la Météorologie Nationale des postes de CHEPENEHE et OUANAHAM qui ont une plus longue durée d'observations.

La carte n° 7 indique l'emplacement des différents postes pluviométriques. Dans l'Annexe III sont regroupées leurs coordonnées géographiques.

2.3.1. Données statistiques sur la pluviométrie annuelle aux postes de CHEPENEHE et OUANAHAM.

2.3.1.1. Précipitations annuelles à CHEPENEHE

La pluviométrie est observée à CHEPENEHE depuis 1903, mais un important hiatus de 30 années existe entre 1914 et 1952.

Selon que l'on considère la totalité des années d'observations (26 ans) ou la série des 21 années consécutives (1952-1972), la moyenne interannuelle est 1662 mm dans le premier cas, 1672 mm dans le second ;

TABLEAU N° 6- CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE SUR L'ENSEMBLE DE L'ILEEN mm

ANNEE	ETP . 0,6	ETE/Sol nu . 0,1	ETE . 0,3	ETE sur l'ensemble de l'île
1970	798,6	80,0	315,9	1194
1971	777,0	80,0	336,0	1193
1972	828,0	80,0	310,8	1219
MOYENNES	801,2	80,0	320,9	1202

l'écart type 449 mm dans le premier cas, 405 mm dans l'autre. Nous avons testé l'ajustement statistique de l'échantillon à plusieurs lois, et il semble que ce soit la loi de GALTON (log. Normale), pour laquelle le test d'adéquation soit le meilleur. Le tableau n° 7 donne pour chaque valeur de pluie annuelle classée, la fréquence empirique au dépassement et les fréquences calculées à partir de la loi utilisée. Le tableau n° 8 indique les valeurs de pluies annuelles calculées pour 24 fréquences au dépassement données.

Pour la valeur de la pluie annuelle décennale par exemple, on obtient 1113 mm en année sèche, 2239 mm en année humide. L'ensemble des résultats annuels depuis 1952 n'a fait apparaître aucune suite d'années consécutives déficitaires autre que les dernières années 1972 - 1973 - 1974, encore que ce déficit soit relativement faible si l'on considère les résultats du poste de OUANAHAM.

2.3.1.2. Précipitations annuelles à OUANAHAM

On dispose de 15 années d'observations pour le poste de OUANAHAM, de 1961 à 1974. La moyenne interannuelle est 1642 mm et l'Ecart-type 406mm. Le tableau n° 9 donne de la même façon que pour CHEPENEHE, la fréquence empirique au dépassement, et les fréquences calculées à partir de la loi de GALTON, qui permet ici également le meilleur ajustement. Le tableau n° 10 fournit les valeurs de pluie annuelle calculées pour 24 fréquences au dépassement données. Malgré des échantillons de longueur différente, on se rend compte que les valeurs obtenues à CHEPENEHE et OUANAHAM pour les plus fortes fréquences sont assez comparables. Le tableau ci-après donne les valeurs de pluie issues de la distribution statistique aux deux postes, pour des périodes de retour de 1 an, 10 ans, 20 ans et 50 ans.

Période de retour	Hauteur annuelle à CHEPENEHE en mm	Hauteur annuelle à OUANAHAM en mm
50 ans humide	2640	2552
20 ans humide	2424	2329
10 ans humide	2239	2146
Annuelle	1640	1602
10 ans sec	1113	1188
20 ans sec	976	1089
50 ans sec	827	987

L'examen de ces différents tableaux montre que les années 1967 et 1968 ont vu des précipitations de fréquence assez rare. L'année 1967 avec 2649 mm à CHEPENEHE et 2741 mm à OUANAHAM est une année très pluvieuse avec une période de retour voisine de 50 ans. L'année 1968 avec 781 mm à CHEPENEHE et 917 mm à OUANAHAM est une année sèche avec une période de retour également voisine de 50 ans. Nous verrons dans les paragraphes qui suivent comment se placent les trois années d'étude sur le plan de la pluviosité.

2.3.2. - Observations sur le réseau en 1970, 1971, 1972

Pour chacun des postes du réseau ORSTOM, les moyennes mensuelles et annuelles ont été calculées par la méthode de THIESSEN, et à partir des cartes d'isohyètes. Les résultats figurent dans les tableaux n° 11, 13 et 15.

L'examen des données pluviométriques, a montré que les valeurs mensuelles et annuelles observées aux totalisateurs, étaient généralement plus faibles que celles obtenues aux pluviographes. Il semble que la principale raison en soit leur situation. En effet, ceux-ci se trouvent le plus souvent en bord de mer, et par conséquent beaucoup plus soumis à l'influence du vent.

Pour cette raison, dans les estimations du bilan hydrique de l'île nous n'avons utilisé que les valeurs moyennes calculées à partir des données des enregistreurs. Les résultats obtenus aux totalisateurs figurent cependant dans les tableaux n° 12, 14, et 16.

2.3.2.1. Pluviométrie annuelle

Sur les trois années d'observations, deux sont déficitaires (1970 et 1972) et "encadrent" une année excédentaire 1971. Le tableau suivant donne pour le réseau ORSTOM et pour les postes de CHEPENEHE et OUANAHAM, les valeurs de pluie moyenne annuelle, l'écart Δ par rapport à la moyenne interannuelle du poste de CHEPENEHE et la position de chacune de ces 3 années par rapport à la série de CHEPENEHE.

	P 1970	Δ	Fc	P 1971	Δ	Fc	P 1972	Δ	Fc
RESEAU	1349	- 291		2041	+ 401		1131	- 509	
OUANANAM	1366	- 274	0,7540	2079	+ 439	0,1266	1467	- 1730	0,6485
CHEPENEHE	1367	- 273	0,7397	2080	+ 440	0,1693	(1100)	- 540	(0,90)

(Les fréquences indiquées sont des fréquences calculées (Fc)).

Les résultats apparaissent relativement homogènes au moins en ce qui concerne les années 1970 et 1971. Pour l'année 1972, l'absence de données pour le mois de Juin 1972 au poste de CHEPENEHE, nous a conduit à estimer cette valeur par la moyenne mensuelle interannuelle de ce mois. Le résultat est voisin de celui obtenu sur le réseau. D'une manière générale on constate donc, que la moyenne annuelle des précipitations observées de 1970 à 1972 aux pluviographes du réseau, est très voisine de celle observée au poste de CHEPENEHE. Les pluies qui sont observées annuellement à ce poste, sont donc assez représentatives de celles que reçoit l'île dans son ensemble. Les valeurs de pluviométrie annuelles obtenues pour les années 1971 et 1972 méritent d'être soulignées. Elles possèdent chacune une récurrence de l'ordre de 10 ans, l'une pour une année pluvieuse, l'autre pour une année sèche.

La répartition spatiale annuelle, représentée sur les cartes d'isohyètes n° 8, 9, 10, montre des situations tout à fait comparables pour les deux années sèches (1970 et 1972), avec un maximum au centre de chaque moitié de l'île, une légère dissymétrie Est-Ouest et un décrochement en direction de ZEDEIGNE.

Les isohyètes de l'année 1972 se présentent tout autrement, et font apparaître une importante dissymétrie côte Est - côte Ouest avec un maximum à l'Est, dans la région comprise entre WE et DOSIP. Les petites influences locales disparaissent ici au profit d'une répartition classique, la côte orientée aux vents dominants étant la plus arrosée même en présence dans ce cas, d'un relief quasi inexistant.

TABLÉAU N° 7**CHEPENEGHE****AJUSTEMENT D'UNE LOI DE GALTON A LA PLUVIOMETRIE ANNUELLE**

RANG	ANNEE	VALEUR observée	F observée	F. CALCULEE
				GALTON
1	1967	2649	0,0192	0,0192
2	1910	2571	0,0577	0,0271
3	1961	2153	0,0962	0,1340
4	1962	2108	0,1346	0,1551
5	1971	2080	0,1731	0,1693
6	1969	1974	0,2115	0,2312
7	1963	1960	0,2500	0,2403
8	1909	1871	0,2885	0,3031
9	1959	1829	0,3269	0,3362
10	1958	1807	0,3654	0,3540
11	1952	1756	0,4038	0,3967
12	1956	1741	0,4423	0,4093
13	1954	1714	0,4808	0,4332
14	1965	1663	0,5192	0,4782
15	1964	1570	0,5577	0,5636
16	1955	1457	0,5962	0,6650
17	1912	1456	0,6346	0,6658
18	1960	1452	0,6731	0,6693
19	1970	1367	0,7115	0,7397
20	1953	1350	0,7500	0,7531
21	1911	1276	0,7885	0,8070
22	1957	1265	0,8269	0,8145
23	1966	1239	0,8654	0,8314
24	1951	1200	0,9038	0,8550
25	1913	919	0,9423	0,9640
26	1968	781	0,9808	0,9855

TABLEAU N° 8**CHEPENEBE****VALEURS DE PLUIE ANNUELLE CORRESPONDANT A 24 FREQUENCES****AU DEPASSEMENT DONNEES**

FREQUENCE	VALEURS DE PLUIE ANNUELLE
	GALTON
0,99900	477
0,99500	646
0,99000	732
0,98000	827
0,97000	889
0,96000	937
0,95000	976
0,90000	1113
0,80000	1286
0,70000	1416
0,60000	1530
0,50000	1640
0,40000	1752
0,30000	1876
0,20000	2025
0,10000	2239
0,05000	2424
0,04000	2479
0,03000	2547
0,02000	2640
0,01000	2789
0,00500	2929
0,00200	3104
0,00100	3229

TABLEAU N° 9OUANAHAMAJUSTEMENT D'UNE LOI DE GALTON A LA PLUVIOMETRIE ANNUELLE

RANG	ANNEE	Valeur observée	F observée	F calculée
1	1967	2741	0,0333	0,0088
2	1971	2079	0,1000	0,1266
3	1961	1851	0,1667	0,2645
4	1962	1839	0,2333	0,2737
5	1969	1783	0,3000	0,3208
6	1963	1658	0,3667	0,4407
7	1966	1582	0,4333	0,5218
8	1974	1544	0,5000	0,5630
9	1973	1506	0,5667	0,6050
10	1965	1503	0,6333	0,6092
11	1972	1467	0,7000	0,6485
12	1964	1419	0,7667	0,6996
13	1960	1377	0,8333	0,7432
14	1970	1366	0,9000	0,7540
15	1968	917	0,9667	0,9909

TABLEAU N° 10

OUANAHAH

VALEURS DE PLUIE ANNUELLE CORRESPONDANT A 24 FREQUENCES

AU DEPASSEMENT DONNEES

FREQUENCE	VALEURS DE PLUIE ANNUELLE
0,9990	765
0,9950	869
0,9900	924
0,9800	987
0,9700	1029
0,9600	1062
0,9500	1089
0,9000	1138
0,8000	1318
0,7000	1419
0,6000	1511
0,5000	1602
0,4000	1698
0,3000	1807
0,2000	1942
0,1000	2146
0,0500	2329
0,0400	2385
0,0300	2455
0,0200	2552
0,0100	2712
0,0050	2867
0,0020	3066
0,0010	3213

2.3.2.2. Pluviométrie mensuelle

Si l'on considère les résultats pluviométriques de CREPENNE, on constate que les mois les plus pluvieux sont en moyenne Février et Mars, les mois les plus secs Octobre et Novembre.

Les résultats mensuels obtenus sur les appareils du réseau figurent dans les tableaux n° 11 à 16, dont le graphique n° 11 résume les variations moyennes annuelles.

2.3.2.3. Bilan théorique des apports à la nappe

En considérant pour chaque mois, les valeurs d'évaporation réelle et le total précipité, on peut établir un bilan d'apports à la nappe. C'est ce que nous avons représenté dans les tableaux 17 et 18. Dans le premier de ces tableaux nous avons utilisé l'évaporation mesurée sur bac à MELECE (E), dans le second, il s'agit de l'évapotranspiration réelle calculée. Le bilan dans ce dernier cas est effectué de la façon suivante : pour chaque mois, l'infiltration possible, est donnée par la relation $I_i = P_i - E_{TRi} - (S_{MAX} - S_i)$, (les différents termes de la relation ont été définis au paragraphe 2-2-4, le terme S_{MAX} a été choisi égal à 120 mm pour une tranche de sol de 50 centimètres, S_i a été initialisé pour Janvier 1970 à 120 mm, puis calculé mois par mois jusqu'en Décembre 1972).

Pour les trois années d'observations, les gains en millimètres sont 864 mm pour 1970, 860 pour 1971, 112 pour 1972. L'infiltration ainsi calculée représenterait 10 % des précipitations en année décennale sèche, et un peu plus de 40 % en année décennale humide.

L'observation du tableau 18 fait encore apparaître en année sèche des séquences de mois où l'infiltration est nulle, mais celles-ci n'ont pas nécessairement lieu au même moment de l'année (début 1970 et fin 1972).

Dans le tableau 19, pour 9 années d'observations, de 1964 à 1972 nous avons reporté la hauteur de précipitations annuelles à OUANAHA, les valeurs d'E.T.P. calculées par différentes méthodes. Nous avons également calculé les gains ou déficits théoriques minimaux annuels ($\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$, $\Delta 4$, $\Delta 5$). Ce tableau assez explicite montre que sur les 9 années d'observations, l'E.T.P. n'a été supérieure à la pluviométrie qu'une seule fois (année 1968). Pendant les 8 autres années, la pluviométrie a été excédentaire. Cet excédent varie dans de grandes proportions. Il a été maximal

LIFOU

Pluviométrie 1970

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
P I	77	51,2	36,0	102,2	80,8	114,8	105,2	91,0	45,0	107,0	214,0	80,5	1104,7
P II	(100)	(49,8)	27,2	115,0	90,6	118,7	125,9	72,5	53,5	100,0	355,0	88,0	1296,2
P IV	(108,4)	66,6	57,2	189,8	111,3	111,0	115,7	74,0	46,0	106,0	432,5	76,5	1494,6
P VI	215,6	71,9	36,8	130,6	155,2	79,4	111,9	72,0	46,0	79,5	450,0	22,9	1471,8
P VII	175,6	91,6	(665)	696	139,0	83,3	139,4	71,0	53,0	61,5	387,5	66,5	1404,5
P VIII	(161,0)	77,8	60,2	89,1	126,8	71,2	93,7	88,0	46,5	57,5	294,0	47,1	1212,9
P IX	150,4	91,8	53,5	88,4	110,4	81,8	105,0	68,0	39,5	59,5	330,0	62,5	1240,8
P X	(111,0)	100,0	75,5	151,2	152,0	67,4	128,6	102,5	47,0	64,0	391,0	36,5	1426,8
P XI	(130,4)	102,6	83,2	175,0	152,4	59,8	127,5	119,0	26,5	64,0	289,0	27,0	1356,4
P XII	153,8	118,2	48,1	167,7	145,8	65,4	132,8	91,5	28,5	55,0	600,5	41,0	1647,7
P XIII	138,8	60,6	48,3	120,8	174,2	64,6	101,5	90,0	35,5	57,0	333,5	36,5	1261,3
MOYENNES	131,1	77,3	51,4	122,5	124,3	88,8	116,0	83,0	42,4	78,7	374,4	58,9	1356,2 1349,0

LIFOU

Pluviométrie 1970

TOTALISATEURS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
T 2	52,0	23,0	3,0	1,1	15,0	68,7	59,9	102,0	21,0	71,0	213,0	20,0	660,7
T 3	100,0	25,0	17,0	39,0	95,0	70,5	76,7	57,0	22,0	64,0	291,0	20,0	886,2
T 5	36,0	32,0	10,0	45,0	164,0	74,5	13,3	12,0	19,0	69,0	293,0	20,0	807,8
T 6	10,0	26,0	30,0	132,0	156,0	64,7	85,5	88,0	21,0	73,0	341,0	20,0	1047,2
T 7	21,0	40,0	65,0	71,0	112,0	84,2	92,7	86,0	20,0	85,0	187,0	54,0	925,9
T 8	17,0	44,0	46,0	31,0	90,0	78,4	101,0	79,0	20,0	66,0	316,0	33,0	991,4
T 11	17,0	89,0	26,0	65,0	115,0	55,6	88,3	67,0	20,0	42,0	341,0	20,0	947,9
T 12											405,0	27,0	
T 13											442,0	31,0	
T 14	17,0	20,0	10,0	92,0	154,0	60,0	80,6	106,0	20,0	25,0	220,0	22,0	825,6
T 15	14,0	23,0	22,0	108,0	150,0	53,3	70,2	80,0	20,0	44,0	262,0	19,0	881,5
T 16											131,0	10,0	893,2
T 17	57,0	46,0	10,0	147,0	128,0	30,4	77,1	51,0	10,0	22,0	271,0	10,0	893,2
T 18	16,0	23,0	19,0	109,0	155,0	71,0	102,6	66,0	20,0	17,0	626,0	18,0	1242,6
T 19	17,0	10,0	41,0	130,0	139,0	25,6	77,0	80,0	17,0	15,0	83,0	14,0	659,6

LIFOU

Pluviométrie 1971

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
P I			301,5									71,0	
P II	439,5	212,5	324,5	74,4	147,2	350,0	119,0	35,9	124,0	72,0	187,0	83,0	2165,0
P IV		132,5	489,0	87,5	135,5	356,0						65,5	
P VI			319,5	93,3	208,0	287,5	131,5	20,9	182,0	52,5	232,0	16,0	
P VII	413,5		315,0	80,0	142,5	301,5	124,5	28,9	163,0	47,5	216,5	16,5	
P VIII	277,0											30,0	
P IX				112,0		362,5	120,5	27,6	116,5	18,5	209,5	33,5	
P X	427,0	89,5	305,0	93,0	206,5	343,0	129,5	19,0	199,5	18,5		36,0	
P XI		97,5	254,0						181,5	11,5	267,0	48,5	
P XII			295,5	114,0		337,0	113,5	31,0	141,5	33,0	257,5	42,5	
P XIII	369,0	85,5	278,5	86,5	220,0	385,0	77,0	6,5	163,0	14,5	201,7	24,0	
MOYENNES	385,2	123,5	320,3	92,5	176,6	340,3	116,5	27,2	158,8	33,5	224,4	42,4	2041,2

LIFOU

Pluviométrie 1971

TOTALISATEURS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
T 2	477,0	179,0	559,0			266,5	17,3	23,1	30,8	10,9	301,8	105,7	
T 3	333,0	246,0	306,0	27,0	93,5	432,2	62,0	52,9	101,8	16,6	124,1	96,0	1891,3
T 5	285,0	222,0	227,0	40,0			51,0	112,5	22,9	0,0	383,5	89,8	
T 6	251,0	275,0	290,0	122,0	197,5	367,0	140,0	245,6	92,2	1,2	12,5	207,7	2219,1
T 7	330,0	120,0	360,0	23,0	43,5	300,0	38,0	46,6	122,1	69,5	100,3	170,1	1907,1
T 8	252,0	36,0	425,0	50,0	24,1	398,4	64,0	42,2	102,3	34,9	77,2	131,6	1658,3
T 11	290,0	165,0	172,0	82,0	43,5	416,0	30,0	47,0	93,4		141,6	85,5	
T 12	366,0	110,0	266,0	82,0	157,0	331,0	52,0	72,1	194,9	26,3	253,5	110,1	2020,9
T 13	413,0	141,0	246,0	76,0	200,0	348,0	55,0	100,6	301,9	1,0	96,2	122,0	2101,3
T 14	395,0	95,0	296,0	67,0	135,5	303,0	37,0	45,5	172,8	0,2	105,4	103,9	1843,3
T 15	352,0	47,0	296,0	66,0	175,5	400,0	43,0	37,0	175,3	2,2	0,1	157,2	1769,9
T 16	377,0	70,0	271,0	74,0	183,9	364,0	37,0	20,0	222,1	0,2	56,2	20,2	1739,7
T 17	242,0	90,0	269,0	95,0	257,0	308,0	32,5	27,0	112,6	6,4	7,2	32,6	1472,3
T 18	264,0	64,0	238,0	60,0	325,0	306,0	42,0	21,5	16,5	3,5	41,0	4,5	1394,7
T 19	360,0		255,0	104,0	169,0	331,0	45,0	0,2	60,2	2,1	116,0	64,7	

LIFOU

Pluviométrie 1972

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
P I	(185,5)	146,0	203,0	49,5	128,0	162,5	9,5	44,5	100,0	90,5	19,5	22,0	1160,5
P II	(96,5)	214,5	223,5	43,0	(130,0)	162,5	13,0	44,5	66,0	111,5	25,0	30,0	1034,0
P IV	(141,5)	158,0	281,0	69,5	(130,0)	140,0	13,0	44,5	91,0	114,0	30,0	19,0	1231,5
P VI	(87,5)	174,5	240,5	56,0	137,5	119,0	37,5	32,5	114,0	81,5	11,0	17,5	1109,5
P VII	(68,0)	166,5	243,0	42,0	94,5	139,5	14,5	35,0	93,5	74,0	20,0	20,5	1011,0
P VIII	(122,5)	139,0	294,0	25,5	51,0	136,0	6,0	31,0	81,0	77,0	29,5	15,0	1007,5
P IX	(121,0)	150,5	275,0	15,5	88,5	101,5	7,0	12,0	92,5	78,0	53,0	16,0	1017,5
P X	(168,0)	118,5	176,3	38,5	92,5	216,5	20,5	29,5	107,0	77,0	14,0	20,5	1078,8
P XI	(248,0)	100,5	275,5	63,0	215,0	161,5	17,0	41,0	120,0	70,0	15,5	21,0	1348,0
P XII	(170,5)	95,5	178,5	44,5	199,5	119,3	4,0	26,0	121,0	79,0	22,5	7,0	1067,3
P XIII	(188,0)	154,5	272,0	72,0	204,5	162,5	19,5	28,0	154,0	82,0	8,5	10,5	1356,0
MOYENNES	(147,2)	130,4	243,0	49,0	136,1	143,6	13,2	34,2	102,8	88,8	24,6	17,9	1129,1 1130,8

LIFOU

Pluviométrie 1972

TOTALISATEURS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
T 2		190,9	155,0	50,7	69,0	107,0	0,0	2,0	25,7	15,2	5,3	0,0	
T 3		360,5	165,5	60,0	173,7	151,6	8,2	11,5	18,2	25,7	6,0	7,7	
T 5		386,5	150,0	136,5	215,5	128,7	10,7	10,0	97,6				
T 6				77,0	140,2	126,6	10,7	22,6		24,2	35,4	0,5	
T 7		250,7	177,0	42,1	73,1	87,0	10,0	17,5	35,9	90,4	7,6	9,7	
T 8		235,7	144,5	9,7	77,0	101,1	23,6	16,5	66,0	67,2	0,4	5,5	
T 11		212,4	160,5	118,5	35,7	72,1	11,6	10,4	40,6	(70,0)	4,5	6,5	
T 12	85,5	205,7	160,0		105,2	201,1	10,0	22,0	189,0	107,0	17,6	15,5	
T 13	114,0	207,5	160,0		230,0	204,0	11,0	6,5	110,2	63,0	1,0	15,7	
T 14	130,0	149,7	227,0		114,3	271,7	0,5	1,4	197,5	67,0	5,1	0,4	
T 15	96,0	147,8	175,0		75,3	200,6	0,3	3,3	70,6	46,0	1,4	3,5	
T 16	164,0	194,5	266,0	56,2	147,7	212,7	22,6	13,0	140,6	63,3	0,4	0,2	1299
T 17	133,2	163,6	244,0	69,1	144,0	108,0	4,1	0,6	141,5	56,5	3,4	3,7	1036,9
T 18	57,6	77,4	210,0	4,9	97,0	152,0	11,5	0,0	139,5	53,3	5,6	5,7	817,5
T 19	37,7	64,2	227,0	30,6	12,6	12,4	4,7	0,4	104,0	51,5	0,0	0,4	686,4

LIFOU

Bilan théorique des apports à la nappe en m.m.

A PARTIR DES VALEURS D'EVAPORATION MESUREE SUR BAC

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAUX
1970													
P	131,1	77,3	51,4	122,5	124,3	88,8	116,0	83,0	42,4	78,7	374,4	58,9	1348,8
E	126,4	112,0	93,0	81,0	65,1	60,0	71,3	80,6	102,0	139,8	156,0	161,2	1248,4
P - E	+ 4,7	- 34,7	- 41,6	+ 41,5	+ 59,2	+ 28,8	+44,7	+ 2,4	- 59,6	- 61,1	+ 218,4	-102,3	+ 100,4
1971													
P	385,2	123,5	320,3	92,5	176,6	340,3	116,5	27,2	158,8	33,5	224,4	42,4	2041,2
E	90,0	110,3	117,8	78,6	73,5	62,7	66,7	90,0	95,0	109,2	130,2	140,7	1164,7
P - E	+295,2	+ 13,2	+202,5	+13,9	+103,1	+277,6	+49,8	-62,8	+63,8	-75,7	+94,2	-98,3	+ 876,5
1972													
P	147,2	130,4	243,0	49,0	136,1	143,6	13,2	34,2	102,8	88,8	24,6	17,9	1130,8
E	117,0	113,0	110,3	91,2	61,7	63,0	74,0	80,8	103,8	119,0	136,0	117,9	1257,7
P - E	+30,2	+17,4	+132,7	-42,2	+74,4	+80,6	-60,8	-56,6	-1,0	-30,2	-111,4	-160,0	- 126,9

P: Précipitations moyennes mensuelles

E: Evaporation moyenne mensuelle mesurée sur bac

TABLEAU 18

BILAN DES APPORTS A LA NAPPE

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	TOTAUX
1 9 7 0													
Pi	131,1	77,3	51,4	122,5	124,3	88,8	116,0	83,0	42,4	78,7	374,4	58,9	1348,8
ETRi	152,9	125,0	106,6	83,8	77,5	63,0	64,9	70,7	92,8	113,1	100,3	149,6	1200,2
Ii	0	0	0	0	0	11,3	51,1	12,3	0	0	189,3	0	264,0
1 9 7 1													
Pi	385,2	123,5	320,3	92,5	176,6	340,3	116,5	27,2	158,8	33,5	224,4	42,4	2041,2
ETRi	134,5	130,6	115,7	101,9	71,6	56,4	61,4	75,2	78,6	126,6	96,0	144,0	1192,5
Ii	160,0	0	197,2	0	95,6	283,9	55,1	0	32,0	0	35,9	0	859,7
1 9 7 2													
Pi	147,2	130,4	243,0	49,0	136,1	143,6	13,2	34,2	102,8	88,8	24,6	17,9	1130,8
ETRi	144,5	129,6	119,5	101,7	75,5	64,5	62,1	64,9	86,3	118,5	132,4	118,6	1219,0
Ii	0	0	25,4	0	7,9	79,1	0	0	0	0	0	0	112,4

TABLEAU N° 19

ANNEE	$\bar{P}$ ANNUELLE	ETP (1)	D ₁	ETP (2)	D ₂	En (3)	D ₃	E/BAC (4)	D ₄	ETR	D ₅
1964	1419	1397	22	1343	76	1258,7	160				
1965	1503	1361	142	1306	197	1224,4	279				
1966	1582	1337	245	1270	312	1293,7	288				
1967	2741	1278	1463	1187	1554	1228,1	1513				
1968	917	1339	-422	1259	-342	1306,6	-390				
1969	1783	1341	442	1267	516	1237,0	546				
1970	1366	1331	35	1248	118	1195,5	171	1248	118	1194	172
1971	2079	(1295)	784			1244	835	1165	914	1193	886
1972	1467	1380	87	1331	136	1296,2	171	1258	209	1219	248
MOYENNES	1651	1341	+310	1276	+375	1254	397	1224	427	1202	435

(1) D'après formule de PENMAN

(2) Formule de PENMAN modifiée

(3) A partir de rayonnement net

(4) Mesurée sur bac

(5) A partir de l'ETE calculée

en 1967 où il a atteint plus de 1500 mm. Le gain moyen minimal pendant les 9 années d'observations est de l'ordre de 300 à 400 mm.

Ces observations montrent que la nappe d'eau douce de LIFOU, semble posséder une capacité de recharge et de renouvellement d'eau assez bonne. C'est un élément favorable au maintien de son équilibre.

2.3.3. Interception de la pluie par le couvert végétal

2.3.3.1. Définitions - Dispositif de mesure

Une étude de l'interception des précipitations sous forêt à LIFOU, a été réalisée au cours des années 1970 à 1973. La station d'interception était située près de WE, au Sud de la route WE - HAPETRA (167° 14' 20" E - 20° 55' 10" S - altitude 35 m).

La forêt de LIFOU, de type humide sempervirente, est relativement dense, 1200 pieds à l'hectare (résultat basé sur un petit échantillonnage de surface). Le diamètre des troncs dépasse rarement 30 cm. La hauteur moyenne reste inférieure à 15 m.

L'installation comprenait outre 2 pluviomètres placés à 1,50 m du sol en clairière (PI et PII), un réseau de 16 pluviomètres type Association (P1 à P16) placés également à 1,50 m du sol et répartis sur 64 m² (une aire d'influence de 4 m² étant affectée à chaque appareil). Un dispositif particulier permettait également de recueillir l'eau ruisselant le long des troncs. Cet équipement a permis de décrire le phénomène global spatial de l'influence du couvert végétal sur les précipitations.

Avant de procéder à la présentation des résultats obtenus, il est préférable de rappeler le mécanisme physique du phénomène de l'interception de la pluie.

L'observateur placé sous une forêt constate qu'au début d'une ondée, quelques gouttes d'eau traversent le couvert forestier et atteignent le sol, mais elles sont rares. Dès la première minute, les gouttes deviennent de plus en plus nombreuses et bon nombre d'entre elles proviennent déjà du circuit suivant : impact de l'eau sur le feuillage, stockage et transfert de cette eau sur ce feuillage, enfin chute goutte par goutte des eaux accumulées sur la bordure de la feuille. Ces gouttes peuvent également être, à leur tour, stoppées par du feuillage sous-jacent.

De la sorte, une partie de la pluie au-dessus de la forêt, dite pluie extérieure, arrive au sol sous forme de gouttes, gouttes qui ont un volume généralement plus important que celles formant la pluie "extérieure". Une faible quantité de cette pluie extérieure va ruisseler sur les branches et le tronc des arbres pour atteindre le sol sans chute aérienne. La présence des branches et du feuillage permet ainsi une certaine concentration des eaux "extérieures".

En résumé, la pluie au niveau du sol comprend la quantité d'eau sous forme de gouttes, c'est-à-dire celle qui est captée à l'aide du réseau des pluviomètres, et la quantité d'eau qui ruisselle le long des troncs.

2.3.3.2. Variations journalières

Chaque jour, la hauteur de pluie moyenne au sol sous forêt est calculée comme étant la moyenne arithmétique des valeurs mesurées au réseau. La valeur de la précipitation interceptée brute (ΔP), représente la différence entre la hauteur de pluie mesurée à découvert et cette moyenne; c'est une valeur par excès car on néglige le ruissellement le long des troncs d'arbres. (Celui-ci représente en effet un pourcentage médian de l'ordre de 1% de la pluie extérieure, avec un maximum de 3 %). La variabilité de la précipitation journalière au sol sous forêt est élevée.

2.3.3.3. Variations mensuelles et annuelles

Les tableaux 20 à 23 donnent pour chaque année, par poste et par mois, les valeurs de la pluie mesurée sous forêt, la moyenne, le maximum et le minimum, ainsi que le numéro des postes où ceux-ci ont été observés. Toutes les données de base mensuelles apparaissent homogènes.

La pluie moyenne mensuelle recueillie représente toujours de 68 à 87 % de la pluie extérieure selon l'importance des précipitations.

Toutes les valeurs annuelles sont rassemblées dans le tableau 24. On constate que les coefficients de variations des précipitations annuelles pour les 16 postes au cours des années 1971 et 1972 (0,29 et 0,26) sont relativement élevés. C'est un point très particulier et caractéristique de l'étude de la pluie sous forêt. Il apparaît qu'en moyenne, la pluie recueillie sous forêt représente 74 à 78 % de la pluie mesurée à découvert. Pour obtenir la valeur de la pluie moyenne sous forêt avec une erreur de 10 %,

le système préconisé est l'enregistrement des précipitations à l'aide de 5 capteurs constitués par des bagues de pluviomètres ordinaires disposées à 3 m les unes des autres.

2.3.3.4. L'écoulement le long des troncs

Sur les 7 gros arbres étudiés, on peut dire que pour toute pluie supérieure à 10 mm, le seau collecteur des eaux de ruissellement sur le tronc d'arbre n° 4, déborde, et que pour une pluie supérieure à 70 mm, les 7 seaux débordent.

Il en résulte qu'on peut seulement étudier les cas où les pluies sont inférieures à 10 mm, même, si à la limite, un seul seau a débordé.

L'eau contenue dans chaque seau est mesurée avec une éprouvette de contenance 400 cm³ et graduée en mm de pluie. Le volume écoulé sur les 7 troncs rapporté à l'aire totale de la parcelle (64 m²) représente une lame d'eau qui, représentée en 1/100^e de mm est donnée par la formule $\frac{\sum 1 \text{ mm}}{16}$ (1 mm étant la somme des mesures en mm à l'éprouvette).

La lame d'eau ruisselée sur les troncs rapportée à la surface de la zone, atteint la valeur de 0,36 mm pour une pluie de 13,9 mm. Exprimée en pourcentage de la pluie extérieure, cette lame ne représente au maximum que 3 %.

Sur les 23 cas étudiés au cours de la période mi-Janvier 1972 mi-Novembre 1972, (voir tableau n° 24 bis), le pourcentage médian est de l'ordre de 1 %. Ce pourcentage décroît d'ailleurs pour de faibles précipitations. Il n'est pas possible de donner une valeur de ce pourcentage pour de très grosses averses.

2.3.3.5. Conclusions

Cette étude a montré que la couverture végétale modifie profondément la distribution spatiale des précipitations au sol. Le coefficient de variation de ces pluies atteignant la valeur 0,29 pour 1971 et 0,26 pour 1972. La quantité d'eau interceptée par la végétation, liée à l'importance de la précipitation et à sa durée, représente en moyenne 25 % de la précipitation totale. La hauteur moyenne de pluie interceptée par la

végétation au cours d'une journée, est de l'ordre de 3,5 mm, mais cette valeur ne constitue pas la quantité d'eau maximale accumulable en un instant donné par la végétation. Celle-ci demanderait pour être évaluée, de connaître les intensités pluviométriques.

Cette étude permet également de suggérer un dispositif susceptible de mesurer avec une plus grande précision l'interception, le stockage maximal d'eau par le couvert végétal et la variabilité de la hauteur interceptée selon l'époque de l'année et la durée des précipitations.

TABLEAU N° 20**INTERCEPTION LIFOU ANNEE 1970**

	Octobre	Novembre	Décembre
P I	7,9	154,9	107,6
P II	8,3	157,3	109,8
Poste			
1	5,1	92,1	55,1
2	5,8	133,0	68,7
3	6,6	108,4	59,0
4	9,1	341,9	216,5
5	5,2	115,7	77,5
6	5,8	102,2	60,2
7	4,1	89,0	55,4
8	4,3	113,1	73,1
9	5,5	142,6	87,2
10	5,1	68,6	46,0
11	7,0	114,9	81,8
12	4,5	79,9	37,7
13	4,3	95,3	58,5
14	4,1	100,7	60,6
15	7,0	126,2	88,9
16	5,2	149,4	104,4
TOTAL	88,7	1973,0	1230,6
MOY.	5,5	123,3	76,9
MAX.	9,1	341,9	216,5
N°	4	4	4
MINI.	4,1	68,6	37,7
N°	7-14	10	12
PN	8,1	156,1	108,7
%	68	79	71

TABLEAU N° 21

INTERCEPTION LIFOU ANNEE 1971

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
P I	442,1	108,5	474,8	87,6	58,7	211,6	146,4	(19,6)	179,7	37,9	117,1	134,7
P II	448,8	116,3	477,4	87,8	52,3	208,2	135,8	19,6	181,1	40,1	118,1	133,6
Poste												
1	318,3	96,9		67,1	38,5	128,1	99,4	28,5	130,7	32,3	55,7	98,1
2	430,7	123,8		68,6	84,0	233,2	141,8	23,6	177,9	29,4	116,3	136,0
3	378,4	96,0		58,6	31,8	123,2	83,4	14,5	96,0	32,8	57,4	82,2
4	727,1	173,9		144,5	102,7	337,0	210,3	26,8	211,0	39,4	144,8	152,0
5	324,3	96,6		68,0	44,5	129,5	99,6	12,0	127,8	27,7	103,7	100,7
6	353,9	82,7		73,1	38,0	135,9	95,9	14,5	140,2	37,6	81,8	119,3
7	229,7	62,4		46,0	27,5	85,2	58,1	7,9	91,5	17,7	63,5	76,7
8	298,2	77,8		53,1	32,6	111,9	57,6	9,5	96,1	19,6	65,5	82,1
9	517,4	109,2		102,7	55,9	198,6	144,3	19,5	174,7	28,4	103,9	128,0
10	288,3	72,6		47,9	35,1	121,3	106,2	12,6	115,8	23,4	57,5	76,5
11	397,2	101,4		81,7	37,6	177,7	125,6	21,7	188,3	34,9	78,4	124,4
12	261,3	62,6		51,6	28,7	111,1	83,5	10,5	99,5	36,2	70,5	80,6
13	353,4	78,4		77,4	42,3	164,3	95,4	14,3	119,9	32,4	84,4	111,3
14	326,9	74,4		45,1	26,5	103,3	70,4	11,1	103,6	27,6	71,8	77,3
15	404,3	107,9		58,9	47,9	149,9	114,2	19,2	126,5	43,1	101,6	104,5
16	394,8	127,5		93,1	65,4	205,4	114,3	19,7	126,8	36,4	77,2	124,8
TOTAL	6004,2	1544,1		1137,4	739,0	2513,6	1700,0	265,9	2126,3	498,9	1334,0	1675,0
MOY.	375,2	96,5	102,9*	71,1	46,2	157,1	106,2	16,6	132,9	31,2	83,4	104,7
MAX.	727,1	173,3	208,7*	144,5	102,7	337,0	210,3	28,5	211,0	39,4	144,8	160,7
N°	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	5
MINI.	229,7	62,4	67,2*	45,1	26,5	85,2	58,1	7,9	91,5	17,7	55,7	76,5
N°	7	7	10	14	14	7	7	7	7	7	1	10
PN	445,4	112,4	136,8*	87,7	60,5	209,9	141,1	19,6	180,4	39,9	117,6	134,1
%	84	86	75	81	76	75	75	85	74	78	71	78

* sur 15 jours (19,6) estimé.

TABLEAU N° 22

INTERCEPTION LIFOU ANNEE 1972

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
P I	192,8	(92,0)	213,9	57,5	(71,9)	132,0	20,2	6,5	82,3	70,1	8,1	12,4
PII	195,2	(92,0)	217,9	58,4	(71,6)	133,9	20,7	7,0	74,5	70,4	10,3	13,2
Poste												
1	141,2	59,0	188,6	45,9	56,9	93,5	16,2	7,1	75,8	47,0	7,3	10,3
2	176,1	75,0	234,6	59,9	45,5	84,1	21,7	6,6	61,8	53,1	7,0	8,7
3	138,6	59,0	155,0	31,0	58,4	60,7	12,0	3,8	41,8	46,9	4,4	7,2
4	241,9	166,6	362,5	74,3	82,5	154,4	33,6	7,8	120,7	99,2	133,1	13,3
5	128,4	67,6	162,9	47,7	46,1	93,9	11,4	5,6	71,5	54,4	7,7	8,1
6	129,1	66,5	143,1	40,0	49,3	74,8	14,2	7,8	46,5	44,3	7,3	10,1
7	109,2	42,2	100,4	26,7	29,7	63,9	8,0	3,1	36,9	39,4	5,3	5,9
8	110,1	59,0	123,5	34,5	36,1	107,2	17,3	5,0	88,8	70,2	11,9	12,3
9	188,5	86,5	232,9	51,5	41,5	118,8	17,9	5,5	77,7	57,7	8,9	7,9
10	95,7	40,0	108,4	32,7	33,3	68,7	13,0	5,7	34,1	39,8	8,4	8,0
11	135,7	60,0	187,9	38,1	39,9	66,7	17,7	5,2	43,7	48,7	5,2	7,3
12	112,4	58,8	165,5	41,3	54,2	99,1	14,7	4,0	62,8	54,2	9,6	8,0
13	130,3	65,5	183,5	47,5	52,8	85,8	18,5	4,4	89,0	72,8	10,5	8,6
14	125,8	56,4	231,9	40,3	46,5	71,8	11,2	3,1	48,6	46,2	8,7	8,1
15	171,7	73,3	183,2	48,3	57,2	87,5	22,1	7,8	58,8	61,3	14,0	10,1
16	172,8	84,0	254,0	63,0	53,2	142,6	21,2	6,4	85,4	70,5	5,9	8,0
TOTAL	2307,5	1069,4	3017,9	722,7	783,1	1473,5	270,7	88,9	1043,9	905,7	135,2	141,9
MOY.	144,2	66,8	188,6	45,2	48,9	92,1	16,9	5,6	53,4	56,6	8,4	8,9
MAX.	241,9	116,6	362,5	74,3	82,5	154,4	33,6	7,8	120,7	99,2	13,1	13,3
N°	4	4	4	4	4	4	4	15	4	4	4	4
MINI.	95,7	40,0	100,4	26,7	29,7	63,9	8,0	3,1	34,1	39,4	4,4	5,9
N°	10	10	7	7	7	7	7	14	10	7	3	7
P N	194,0	92,0	215,9	58,0	71,8	133,0	20,4	6,7	78,4	70,2	9,2	12,8
%	74	75	87	78	68	69	83	83	68	81	91	70

(92,0) estimé.

TABLEAU N° 23

INTERCEPTION LIFOU ANNEE 1973

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
P I												
P II												
Poste												
1		21,1	141,2			18,6	176,4	97,9		24,7	151,0	
2		22,0	156,4			14,4	158,2	73,2		10,2	167,5	
3		17,5	125,6			8,7	135,4	57,5		5,5	112,2	
4		36,9	319,9			19,4	325,6	150,7		25,9	269,5	
5		21,6	167,2			17,0	156,4	64,0		15,5	118,7	
6		18,5	153,9			16,2	124,2	51,5		10,8	110,2	
7		17,5	133,5			11,4	100,0	39,6		7,9	109,7	
8		25,1	159,8			14,8	183,5	67,5		12,2	125,5	
9		19,4	123,2			14,0	138,2	52,1		10,4	141,7	
10		15,8	101,6			15,3	112,2	56,0		13,9	100,0	
11		17,4	171,0			11,5	179,7	63,0		5,2	151,1	
12		21,9	159,8			9,0	138,5	57,7		6,2	118,0	
13		22,3	165,5			18,5	177,0	85,0		8,9	177,2	
14		19,4	167,1			12,7	170,4	68,2		12,1	182,8	
15		22,5	144,7			13,6	153,1	74,3		15,9	133,0	
16		24,2	176,5			9,5	144,0	44,8		9,1	107,6	
TOTAL		343,1	2566,9			224,0	2572,8	1103,0		194,4	2275,7	
MOY.		21,4	160,4			14,0	160,8	68,9		12,2	142,2	
MAX.		36,9	319,9			19,4	325,6	150,7		25,9	269,5	
N°		4	4			4	4	4		4	4	
MINI.		15,8	101,6			8,7	100,0	39,6		5,2	100,0	
N°		10	10			3	7	7		11	10	

TABLEAU N° 24

INTERCEPTION LIFOU

PLUIE SOUS FORET LIFOU

	OCT-NOV-DEC 1970	ANNEE 1971	ANNEE 1972	CLASSEMENT - 1971		1970		1972
PI $\bar{P}$	270,4	1543,9**						
P II	272,7	1685,4**	(1026,6)	4 2269,5	4	567,5	4	1319,9
	275,4	1551,7		9 1582,6	16	259,0	16	967,0
				2 1565,3	9	235,9	9	895,3
P MAX	567,5	2269,5*	1319,9	16 1383,5	5	222,1	2	834,1
P MIN	0,19	0,34	0,36	11 1368,9	2	207,5	15	795,3
P MOY	110,4	766,2*	470,7	15 1278,0	11	203,7	13	769,2
	2,76	1,71	1,71	5 1194,4	5	198,4	1	748,8
	205,4	1324,0*	747,5	13 1173,5	8	190,5	5	705,3
	0,54	0,58	0,63	6 1112,9	3	174,0	14	698,6
%	75,3	78,5	(74,0)	1 1093,6	6	168,2	12	684,6
				3 1054,3	14	165,4	8	675,3
				10 957,2	13	158,1	11	656,1
				14 938,5	1	152,3	6	633,0
				8 904,0	7	148,5	3	618,8
Poste								
1	152,3	1093,6	748,8	12 896,1	12	122,1	10	487,8
2	207,5	1565,3	834,1	7 766,2	10	119,7	7	470,7
3	174,0	1054,3	618,8	$\bar{M} = 1221,1$			$\bar{M} =$	
4	567,5	2269,5	1319,9	$\sigma = 356$			$\sigma =$	
5	198,4	1194,4	705,3					
6	168,2	1112,9	633,0					
7	148,5	766,2	470,7					
8	190,5	904,0	675,9					
9	233,3	1582,6	895,3					
10	119,7	957,2	487,8					
11	203,7	1368,9	656,1					
12	112,1	896,1	684,6					
13	158,1	1173,5	769,2	CV = 0,29			CV =	0,26
14	165,4	938,5	698,6					
15	222,1	1278,0	795,3					
16	259,0	1383,4	967,0					

* SUR 15 JOURS EN MARS

** SAUF MARS

TABLEAU 24 bis

ÉCOULEMENT LE LONG DES TRONCS LIFOU POUR LES
PLUIES INFÉRIEURES À 10 MM.

	P = Pluie à découvert	PF = Pluie moyenne sous forêt	≤ 1 mm $\leq$ TRONCS	ECT = Écoulement le long des troncs en mm de pluie	% Précipi- tation	Jours Sans pluie
30.01.72	7,70	6,20	323,4	0,20	> 2,60	1
6.03.72	2,45	1,84	30,1	0,02	0,80	1
7.03.72	2,40	2,16	96,8	0,06	2,50	1
9.03.72	9,50	8,10	346,3	0,22	2,30	2
17.03.72	7,10	6,60	178,5	0,11	1,50	8
18.03.72	3,35	2,85	114,7	0,07	2,10	1
19.03.72	13,90	10,00	> 577,2	0,36	> 2,60	1
20.03.72	5,65	3,10	95,3	0,06	1,00	1
25.03.72	10,50	7,90	63,6	0,04	0,40	2
13.04.72	3,15	3,14	47,5	0,03	1,00	10
16.04.72	6,80	4,40	282,8	0,17	2,50	3
23.04.72	3,05	1,93	71,1	0,04	1,00	7
2.05.72		1,97	177,4	0,11		5
9.05.72	3,20	1,39	14,3	0,01	0,30	7
11.05.72	6,20	3,21	59,5	0,04	0,65	2
25.06.72	4,05	3,48	206,5	0,13	3,20	1
3.07.72	2,05	1,64	32,1	0,02	1,00	1
20.07.72	9,80	8,62	> 415,3	0,26	2,60	17
3.08.72	2,95	1,72	6,5	0,004	0,10	14
5.08.72	1,95	1,71	11,3	0,007	0,30	2
8.08.72	1,05	0,49	0,30	≈ 0	≈ 0	3
22.08.72	0,80					
9.10.72	11,10	9,32	> 410,20	0,256	> 2,40	3
1.11.72	7,15	6,39	251,70	0,16	> 2,20	21
13.11.72	1,50	1,47	35,00	0,02	1,00	13

3 - FORME, DIMENSION ET VARIATIONS DE LA NAPPE D'EAU DOUCE DE LIFOU

3.1. Equipement mis en place pour l'étude de la nappe

Pour les besoins de l'étude de la nappe, 24 forages et 20 piézomètres ont été mis en place. Ces forages et piézomètres ont été distribués sur toute l'île au mieux des possibilités d'accès. Sur les tableaux n° 25 et 26, sont répertoriés les forages et piézomètres avec leur numéro d'identification et leurs coordonnées géographiques. Nous avons également indiqué dans ce tableau les périodes pendant lesquelles des observations sur les niveaux de la nappe ont été opérées. La carte n° 12 donne l'emplacement des différents forages et piézomètres.

Par ailleurs, huit limnigraphes enregistreurs ont été disposés sur plusieurs forages et piézomètres, afin de suivre de façon continue les variations de la nappe. On trouvera leurs emplacements sur ces tableaux. De même les niveaux de quelques trous d'eau ont été suivis : AVION, THIPIXET, HUNAN et BEOLAN. Afin de suivre l'évolution de la marée et son influence sur la nappe, deux marégraphes ont été installés, l'un à WE, l'autre à CHEPENEHE.

3.2. Nivellement des forages et piézomètres et définition des zéros

Le nivellement effectué à LIFOU, est un nivellement de 4e ordre, réalisé pour le compte du Génie Rural par le cabinet RUYER. Il a pour origine les repères du Service Hydrographique de la Marine Nationale, A₁ et A₂, situés à la gendarmerie de WE. Les cotes des forages et piézomètres sont regroupées dans le tableau n° 26 bis.

Le zéro du Service Hydrographique, ou niveau des plus basses mers, est situé 5,198 m sous le repère A₁. Il correspond au zéro de l'échelle du marégraphe, installée par le Service Hydrologique de l'ORSTOM en 1970.

Une étude de la mission hydrographique de la Marine Nationale a permis de définir le niveau moyen de la mer à WE et à CHEPENEHE, à partir de 3 mois d'enregistrements marégraphiques et par corrélation avec les observations de NOUMEA. Celui-ci se situe à 0,89 m au-dessus du zéro du Service Hydrographique à WE, et à 0,80 m à CHEPENEHE.

LIFOU

Forages

Coordonnées géographiques et durée des observations

N°	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES		ENREGISTREUR	DUREE DES OBSERVATIONS
	LATITUDE SUD	LONGITUDE EST		
F 1	167° 13' 20"	20° 55' 40"	X	10/70 - 2/72, 6/72 - 12/72
F 2	167° 10' 20"	20° 45' 60"		9/70 - 8/71
F 3	167° 10' 47"	20° 46' 34"	X	9/70 - 8/71, 1/72 - 3/72, 5/72 - 8/72 - 10,11/72
F 4	167° 12' 19"	20° 46' 20"		9/70 - 6/71
F 5	167° 12' 10"	20° 45' 00"	X	10/70 - 8/71 - 10,11/71, 1/72 - 8/72
F 6	167° 11' 33"	20° 42' 40"		10,11,12/71
F 7	167° 14' 20"	20° 52' 32"	X	4/71 - 6/72, 9/72 - 7/73 10,11/70
F 8	167° 12' 54"	20° 52' 57"		1/71 - 6/71, 12/71
F 9	167° 9' 38"	20° 56' 22"	"	1/71 - 9/71, 6,7/72
F 10	167° 7' 15"	20° 58' 00"		2/71 - 10/71, 7/72
F 11	167° 5' 10"	20° 56' 16"	X	4/71 - 12/71, 1,2/72, 7/7 - 10/72, 12/72
F 12	167° 14' 3"	20° 48' 58"		4,5,6/71, 8/71, 10,11,12/71, 6/72
F 13	167° 13' 56"	20° 44' 40"		8,10,11,12/71, 7/72
F 14	167° 13' 28"	21° 0' 36"		8,10,11,12/71
F 15	167° 7' 48"	20° 45' 57"		9/71
F 16	167° 6' 46"	20° 44' 58"		10,11,12/71
F 17	167° 16' 44"	21° 2' 00"		10/71, 7/72
F 18	167° 22' 1"	21° 5' 29"		10,11,12/71, 6/72 - 10/72
F 19	167° 25' 12"	21° 2' 36"		11,12/71
F 20	167° 16' 28"	21° 2' 41"		12/71
F 24	167° 15' 34"	20° 47' 14"		Néant
F 22	167° 16' "	21° 0' 16"		Néant
F 23	167° 17' 54"	20° 56' 36"		Néant
F 25	167° 24' 34"	21° 3' 00"		Néant

LIFOU Piézomètres

Coordonnées géographiques et durée des observations

N°	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES		ENREGISTREUR	DUREE DES OBSERVATIONS
	LATITUDE SUD	LONGITUDE EST		
P 1	167° 8' 59"	20° 45' 20"		9/70 - 6/71
P 2	167° 14' 21"	20° 50' 4"		12/70 - 12/71
P 3	167° 12' 3"	20° 56' 11"	X	2/71 - 8/73
P 4	167° 5' 5"	20° 55' 50"		3/71 - 8/71, 3/72
P 5	167° 12' 45"	20° 57' 24"		4/71 - 12/71
P 6	167° 14' 31"	21° 2' 00"		4/71 - 12/71, 7/72
P 7	167° 17' 59"	21° 3' 55"		5,6/71, 8/71, 10,11,12/71, 7/72
P 8	167° 19' 10"	21° 1' 22"		5,6,8,10,11,12/71, 7/72
P 9	167° 20' 29"	21° 5' 3"		8,10,11/71
P 10	167° 21' 44"	21° 4' 44"		8/71, 10,11/71
P 11	167° 23' 37"	21° 3' 36"		9/71, 10,11/71
P 12	167° 22' 50"	21° 5' 10"		8/71
P 13	167° 25' 55"	21° 2' 11"		Néant
P 14	167° 23' 00"	21° 0' 52"		Néant
P 15	167° 9' 54"	20° 55' 3"		8/71 - 12/71, 7/72
P 16	167° 9' 29"	20° 57' 7"		9/71 - 12/71, 9/72 - 6/73
P 17	167° 6' 00"	20° 50' 32"		9,10,11,12/71, 7/72
P 18	167° 13' 34"	20° 44' 00"		11,12/70
P 19	165° 9' 17"	20° 46' 57"		10,11,12/71, 8/72
P 20	165° 9' 32"	20° 46' 45"		Néant
P 91	167° 9' 30"	20° 56' 22"		
P 92	167° 0' 38"	20° 56' 22"		

TABLERAU N° 26 bis

LIFOU - NIVELLEMENT DES PIEZOMETRES ET FORAGES
COTES AU-DESSUS DU 0 S.H.

	Dalle	Sommet du tube			
P 12	53,654	53,954	F 5	24,516	24,819
F 18	45,981	46,351	P 15	28,566	28,864
P 7	37,373	37,670	F 13	26,299	26,421
F 17	32,397	32,734	P 17	36,615	36,868
P 10	43,386	43,683	P 14	9,249	9,566
P 9	40,667	40,952	P 8	44,265	44,499
F 8	28,026	28,318	P 18	24,319	24,646
P 2	32,506	32,842	F 9	29,329	29,495
F 7	29,318	29,598	P 16	31,131	31,431
F 2	22,931	23,241	F 19	34,401	34,463
F 4	25,138	25,444	P 13	8,656	8,959
F 3	22,862	23,172	F 1		32,41
P 6	37,898	37,998	F 11		33,33
P 11	44,008	44,300	F 20	36,128	
P 5	39,298	39,623			
F 14	32,061	32,370			
F 6	30,943	31,129			
F 15	36,213	36,514			
F 10	30,783	31,077			
P 3	37,615	37,914			
F 16	33,223	33,596			
(P 4)	-	(33,178)			
P 1	27,581	27,834			
P 19	-	20,416			

Le dépouillement des enregistrements de marées à WE apporte des précisions sur ces niveaux moyens. Les moyennes mensuelles obtenues sont : 1,17 m pour 1970, 1,12 m pour 1971, 1,11 m pour 1972, soit un niveau moyen annuel de 1,13 m, établi sur trois ans. Ce niveau moyen se situe donc 0,24 m au-dessus du zéro précédemment défini.

- Remarque importante

Le nivellement des piézomètres et forages a été effectué à partir des repères A₁ et A₂ de la gendarmerie de WE. Les cotes indiquées dans le tableau n° 26 bis sont donc exprimées par rapport au zéro du S.H. Ce zéro est donc fictif, il correspond à un niveau théorique des plus basses mers. Il est évident qu'il ne constitue pas un niveau de base pour la nappe. Le niveau de base de la lentille est le niveau moyen de la mer à un instant donné. Celui s'établit à + 1,13 m au-dessus du zéro du S.H. pour la période considérée (1970 - 1972).

Dans ce qui suit, toutes les cotes et épaisseurs de nappe sont exprimées par rapport au zéro du S.H., de façon à conserver un zéro unique. Cependant, chaque fois que nous avons utilisé une valeur dans un calcul, celle-ci a été corrigée et ramenée au niveau moyen que nous avons défini, par simple soustraction de la quantité 1,13 m à la hauteur exprimée au-dessus du zéro.

3.3 Rappel théorique sur les lentilles d'eau douce

Depuis les premiers travaux de GHYBEN en 1888 et HERZBERG en 1901, il est classiquement admis que lorsqu'une nappe d'eau repose au bord de la mer sur une nappe d'eau salée, elle prend la forme d'une demi-lentille dont le bord se raccorde avec le mer. Cette nappe devient lenticulaire si elle se trouve dans une île.

Différentes théories, méthodes ou modèles ont été diversement utilisés pour définir la localisation de l'interface eau douce - eau salée. Nous rappelons brièvement ici les principales.

En supposant un régime permanent et l'absence de zone de transition, l'interface de deux fluides non miscibles de densités différentes, circulant dans un milieu poreux, peut se définir à l'aide de la loi de DARCY et de la théorie des potentiels. Pour chacun des milieux indicés 1 et 2, la loi de DARCY peut s'exprimer de la façon suivante :

$$\frac{1}{\gamma_1} \frac{\partial \Phi_1}{\partial l} = - \frac{V_1}{K_1} ; \frac{1}{\gamma_2} \frac{\partial \Phi_2}{\partial l} = - \frac{V_2}{K_2}$$

γ_1 : poids spécifique du fluide 1

γ_2 : poids spécifique du fluide 2

Φ_1 : potentiel en un point du milieu contenant le fluide 1

Φ_2 : potentiel en un point du milieu contenant le fluide 2

V_1 : vitesse apparente du fluide 1

V_2 : vitesse apparente du fluide 2

K_1 : perméabilité du milieu contenant le fluide 1

K_2 : perméabilité du milieu contenant le fluide 2

l : abscisse curviligne mesurée sur l'interface.

D'autre part, d'après la théorie des potentiels,

$\Phi_1 = \gamma_1 Z_1 + P_1$ et $\Phi_2 = \gamma_2 Z_2 + P_2$, Z_1 et Z_2 étant les cotes par rapport à un plan de référence d'un point pris respectivement dans les milieux 1 et 2. P_1 et P_2 sont les pressions en ces points. Pour un point situé sur l'interface on peut alors écrire :

$$Z = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\gamma_2 - \gamma_1} \quad (1)$$

En différenciant l'équation (1) par rapport à l , (abscisse curviligne mesurée sur l'interface), en remplaçant les $\frac{\partial \Phi_i}{\partial l}$ par leurs valeurs et γ par la densité d on obtient l'équation (2) ^{d1}

$$\frac{\partial Z}{\partial l} = \frac{1}{d_2 - d_1} \left(\frac{d_1 V_1}{K_1} - \frac{d_2 V_2}{K_2} \right) \quad (2)$$

Si la pente de l'interface est faible : $\frac{\partial z}{\partial l} = \frac{dz}{dx}$

(x étant l'abscisse rectiligne mesurée sur un axe horizontal). Si on admet que l'eau salée n'est pas en mouvement ($V_2 = 0$) on obtient alors :

$$\frac{dz}{dx} = \frac{d_1}{d_2 - d_1} \frac{V_1}{K_1}, \text{ ou } \frac{V_1}{K_1} = - \frac{dh}{dx},$$

$$\text{d'où : } dz = - \frac{d_1}{d_2 - d_1} dh,$$

$$\text{et en intégrant } z = - \frac{d_1}{d_2 - d_1} h + c$$

Pour $h = 0$, $z = 0$ (h et z étant mesurées à partir du niveau de la mer) :

$$z = - \frac{d_1}{d_2 - d_1} h$$

C'est l'équation à laquelle aboutissent également GHYBEN et HERZBERG à partir de considérations hydrostatiques.

LUSCZYNSKI propose la relation suivante :

$$\rho_a = \frac{1}{z_d - z_i} \int_{z_i}^{z_d} \rho(z) dz, \text{ dans laquelle } \rho_a \text{ est une valeur moyenne}$$

pondérée de la masse volumique, entre l'interface eau douce - eau de transition, et le point i, z_d étant la cote de l'interface eau douce - eau de transition.

- Remarques

Le contact entre la nappe d'eau douce et la nappe salée, n'est pas une limite franche, mais une zone de transition dans laquelle il faudrait définir une interface théorique, comme correspondant à la salure limite acceptable. Etant données les dimensions de la lentille, le fonçage des puits n'atteint pas cette zone sauf peut être dans les régions côtières. Seuls des prélèvements pour analyses chimiques, permettraient de définir avec précision l'épaisseur de cette zone de transition, et son évolution au cours de l'exploitation de la nappe. Il a été en effet démontré, que cette zone se dilate, lorsqu'elle se met en mouvement vers une nouvelle position correspondant au régime d'exploitation, avec des "digitisations" vers les points de captage.

3.4. Conditions de formation d'une lentille de GHYBEN - HERZBERG

D'après WENTWORTH (1947), et TOLMAN, cinq conditions doivent être réalisées pour que puisse se former une lentille d'eau douce.

- a) une alimentation suffisante de la nappe.
- b) une perméabilité adéquate de la roche - réservoir.
- c) de faibles variations des niveaux de la mer et de la nappe.
- d) la présence d'un "cap-rock", ou formation côtière particulière, jouant le rôle d'écran protecteur, réduisant l'amplitude des marées, et freinant aussi bien la pénétration d'eau de mer, que l'écoulement de l'eau douce.
- e) la présence d'un pendage dans les couches, dirigé vers le centre de la lentille.

D'une manière générale, les trois premières conditions, indispensables, sont assez bien réalisées à LIFOU. La présence de formations sableuses ou gréseuses (grès de plage) pourra avoir une influence sur le comportement de la lentille. Leur extension latérale, contribuera au rapprochement vers la côte des formations à eau douce.

3.5. Forme et dimensions de la nappe d'eau douce

Les résultats que nous possédons ne nous permettant pas l'utilisation de théories plus élaborées, le calcul de la profondeur de l'interface eau douce - eau salée sera effectué par la formule de GHYBEN - HERZBERG.

3.5.1. Épaisseur de la nappe

3.5.1.1. Au-dessus du 0 S.H.

Le tableau n° 26 bis regroupe les cotes des piézomètres et forages au-dessus du 0 S.H. Sur les cartes en courbes isopièzes n° 13 - 14 - 15 - 16 sont reportées des valeurs ponctuelles d'épaisseurs de la nappe au-dessus de ce zéro, calculées à partir de cotes prises le même jour.

La nappe d'eau douce de LIFOU se présente sous la forme de "3 lentilles". La plus importante est située dans la partie Sud-Est de l'île, son épaisseur est maximale dans la région du P5 et du P7 avec 4,10 à 4,25 m. (Une légère baisse de niveau est observée dans la région de KEDEIGNE, mais celle-ci est trop faible pour pouvoir parler d'une "lentille supplémentaire"). Nous n'avons pas de renseignement sur l'épaisseur

de la nappe dans la région de HNAI, dans le centre de cette partie de l'île, mais il est probable que c'est dans cette région qu'on doit observer l'extension verticale maximale.

On remarquera dans la région au Sud - Sud-Est de HMELECK un resserrement des courbes isopièzes, indice d'un fort gradient hydraulique.

Dans la partie Nord de l'île, on observe la présence de 2 lentilles, l'une dont l'épaisseur maximale au-dessus du 0 (de l'ordre de 3,25 m) apparaît au forage F 13, l'autre dont l'épaisseur maximale (2,70 à 2,80) apparaît au forage F 16 au Nord de HUNETE. Les valeurs moyennes observées au P1 et au F2, sont de l'ordre de 1,80 à 2,00 m, et mettent donc en évidence, un abaissement du niveau entre les deux régions précédentes.

Entre les deux parties N et S de l'île, s'étend une zone resserrée, comprise entre WE et OUANAHAM, et dans laquelle la nappe présente un "bombement" de faible amplitude. Dans l'Annexe V sont regroupés les niveaux de la nappe par rapport au zéro S.H.

3.5.1.1. Au-dessous du 0 S.H.

Les forages et piézomètres installés sur l'île, n'atteignent au maximum qu'une dizaine de mètres sous le 0 S.H. Exception faite de quelques uns d'entre eux, situés en bord de mer, aucun ne permet de localiser la profondeur de l'interface par des profils chimiques. Le calcul de l'épaisseur d'eau douce sous le niveau zéro peut se faire à l'aide d'une des relations mentionnées plus haut. Les cartes en courbes isopièzes permettent d'évaluer la pente superficielle de la nappe. Les pentes les plus fortes sont observées au Sud et Sud-Est de HMELECK (0,0005 à 0,0006). Il est probable que l'on doit également trouver des valeurs du même ordre au Nord de cette zone.

Sur la bordure Nord-Ouest de la lentille du Sud on trouve des pentes allant de 0,0003 vers HAPETRA à 0,00015 dans la région de WEDOUMEL. Au Nord, nous avons identifié deux bombements de la lentille, respectivement centrés sur les forages n° 16 et 13. Les pentes superficielles y sont de l'ordre de 0,00085 à 0,00025.

L'application de la relation de GHYBEN - HERZBERG ,

$$z = \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \quad H \text{ avec } \frac{\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \# 37$$

(cette valeur moyenne a été obtenue à l'île de MARE, à partir de sondages électriques effectués par la C.G.G. A partir des mesures de densités d'eau, effectuées au picnomètre sur des échantillons d'eau de LIFOU, dont la minéralisation était comprise entre 0,2 et 1,0 g/l, on obtient dans tous les cas pour ce rapport, une valeur proche de 36), donne les résultats consignés sur la carte n° 17.

Sur cette carte sont regroupées les épaisseurs moyennes théoriques de la lentille d'eau douce (par rapport au niveau moyen de la mer) calculées à l'aide de la relation précédente. La puissance maximale se situe apparemment dans la région de HMELECK (130 m), mais ce chiffre n'a été obtenu qu'à partir de quelques valeurs ponctuelles. Autour de ce "sommet" on a calculé des valeurs de l'ordre de 110 m. On observe une grande dissymétrie dans les épaisseurs, le long d'une ligne joignant la Baie de SANDAL à la Baie de WANDA. Au F 18 situé à 4 km de la côte Est, l'épaisseur sous le 0 serait encore de 116 m, alors que cette épaisseur ne s'observe qu'à partir du P 5 sur la côte Ouest, à 11 km de la mer.

Les prospections géophysiques effectuées à LIFOU n'ont pas encore permis de déterminer avec précision la profondeur du substratum volcanique. Cependant il est très probable qu'en certains endroits, celui-ci soit sub-affleurant, ou du moins, à une profondeur relativement faible. Nous avons constaté par ailleurs, une certaine analogie de forme, entre les courbes isopièzes, et les courbes isoanomales de BOUGUER. L'état actuel du traitement de ces données géophysiques, ne permet pas encore leur interprétation en valeurs de profondeurs de socle. Cependant, dans l'hypothèse de l'existence de pointements volcaniques, dont l'altitude serait comprise entre 200 m et la surface du sol, il nous faut envisager une modification de la forme de la lentille, à la fois au-dessus du 0, et en dessous. Cette modification pourrait avoir soit une origine hydraulique ; la présence à une profondeur de 50 à 100 m, d'un matériel jouant le rôle d'un seuil imperméable, vis à vis des formations coralliennes sus-jacentes, provoquerait une remontée de la surface piézométrique ; soit une origine diagénétique que nous expliquons. A l'origine, les récifs édifient une couronne autour de pointements volcaniques émergés. Par le jeu des mouvements eustatiques quaternaires, dont nous avons mentionné l'existence dans les généralités, on peut reconstituer deux phases : la première, transgressive, verrait la construction de l'édifice corallien, d'abord autour de la partie émergée

du relief (couronne récifale), puis en une masse cylindrique de plus en plus compacte au fur et à mesure de l'immersion. Pendant la deuxième phase, régressive, les formations coralliennes émergeant lentement, alimenteraient une sédimentation détritique au fond du "lagon". En répétant ce schéma, autour de chaque petit pointement local, intégré dans le système général de l'île, et fonctionnant selon le même mécanisme, on aboutit à la juxtaposition de formations d'origine et de nature différentes, présentant des caractéristiques physiques différentes (granulométrie, porosité, perméabilité...).

Enfin on peut envisager les deux causes jouant simultanément.

Bien entendu, il demeure possible que la profondeur du socle soit telle, qu'elle n'ait pas d'influence sur la forme de la lentille, que les variations latérales de faciès n'introduisent pas de modification, et que les épaisseurs observées au-dessus du zéro, et calculées au-dessous soient le seul fait des caractères géomorphologiques de l'île. Actuellement rien ne nous permet de trancher la question.

3.6. Variations du niveau de la nappe

3.6.1. Variations du niveau de la nappe avec les précipitations

3.6.1.1. A l'échelle journalière

Pour nous affranchir des fluctuations journalières de la marée, nous avons considéré les résultats obtenus sur les enregistreurs où celles-ci n'apparaissent pratiquement plus.

Les plus fortes précipitations journalières observées pendant la durée de l'étude furent celles des 27 et 28 Novembre 1970, supérieures à 200 millimètres, et le plus souvent proches de 300. On observe à cette même date (entre le 26 et le 29) une remontée du niveau de la nappe de 1,5 centimètres au forage n° 5. Cependant la fin du mois de Novembre est marquée par une suite de marées relativement importantes, provoquant une surélévation du niveau moyen de la mer de 8 cms. Quoiqu'il en soit, l'effet conjugué des marées importantes et des précipitations abondantes de ces trois jours n'ont eu quasiment aucun effet sur le niveau de la nappe à cet endroit. Nous ne disposons pas de données sur les forages du Sud de l'île, ceux-ci, n'étaient pas encore équipés d'enregistreurs. Le 11 Février 1972 eurent lieu également des précipitations importantes,

comprises entre 100 et 200 mm. A cette date correspond une période de faibles variations du niveau moyen de la mer. Aucune variation de cote n'est observée sur la nappe à un quelconque forage.

D'une façon générale il n'est pas possible de mettre en évidence une influence des précipitations à l'échelle journalière.

3.6.1.2. A l'échelle saisonnière

Pour tenter de dégager l'influence des précipitations à l'échelle saisonnière sur les niveaux de la nappe, nous avons choisi 4 forages équipés d'enregistreurs, et pour lesquels nous avons des résultats sur la quasi totalité de la période d'étude. Nous avons considéré d'une part, le niveau moyen mensuel de la nappe, d'autre part, les précipitations moyennes mensuelles, et enfin le niveau moyen mensuel de la mer (Gr. n°18).

Les traits essentiels qui se dégagent de cette comparaison, sont les faibles variations du niveau moyen mensuel de la surface piézométrique. En effet celles-ci n'excèdent pas 0,41 m pour le F 5, 0,24 m pour le F 3, 0,24 pour le P 3, 0,03 m pour le P 16, et ceci entre les mois d'Octobre 1970 et Juillet 1973. Les variations maximales entre deux cotes journalières extrêmes observées pendant cette même période sont 0,41 m pour le F 5, 0,30 m pour le F 3, 0,24 m pour le P 3, 0,07 m pour le P 16. D'une manière générale, elles sont inférieures à 0,50 m et le plus souvent de l'ordre de 20 cms. Il s'avère donc particulièrement délicat dans ces conditions d'extraire le rôle des précipitations dans les variations du niveau de la nappe. Ces variations de niveau sont en effet apparentes, et résultent des effets conjugués de la composante saisonnière de la marée, et des facteurs climatiques, évaporation et précipitations. Pour mettre en évidence la part des précipitations dans les mouvements de la nappe, il faut s'affranchir des fluctuations saisonnières de la marée, mais pour faire apparaître l'influence de celles-ci sur les différents points de la nappe il faut annuler l'effet des précipitations. On se trouve donc devant un problème pratiquement insoluble avec les données que nous possédons.

Pour quelques forages, nous avons cependant pu isoler la composante saisonnière de la marée, correspondant à la période considérée. Nous avons choisi cette période, telle que le bilan des apports à la nappe

pendant le mois la précédant, soit théoriquement nul. Le tableau ci-dessous résume les observations effectuées entre le 25 Avril et le 7 Juin 1971. En effet au cours de cette période, on a observé une baisse régulière du niveau dans tous les forages, mais également un abaissement du niveau moyen de la mer. Les précipitations moyennes, recueillies au cours du mois d'Avril, sont de 100 mm ; celles du mois de Juin, 175 mm. Il est donc probable que ces quantités n'ont pas participer de façon importante à la recharge de la nappe, compte tenu de l'évapotranspiration moyenne. Nous avons donc admis que cette variation, observée sur le niveau de la nappe, était le fait de la composante saisonnière de la marée.

Forage	Variation observée (cms) dans le forage	Variation du niveau moyen de la mer	Coefficient de réduction
F 11	- 12,0	- 20,0	1,66
F 3	- 8,0	- 20,0	2,50
F 5	- 6,0	- 20,0	3,33
F 4	- 4,0	- 20,0	5,0
F 9	- 8,0	- 20,0	2,5
F 7	- 7,0	- 20,0	2,86

Il apparait en outre un amortissement de cette composante saisonnière, en fonction de la distance à la côte, mais probablement aussi en fonction de la nature des terrains. (L'amortissement est le même en effet pour le F 9 et le F 3, situés respectivement à 5,0 et 2,0 kms de la côte).

Si l'on considère maintenant la période du 7 Juin au 7 Juillet 1971, on constate que dans les 3 forages suivants : F 11, F 3, F 5, le niveau de la nappe est respectivement monté de 8,5, 8,0, 6,0 cms, alors que le niveau moyen de la mer ne s'est élevé que de 5,0 cms pendant le même temps. La hauteur moyenne des précipitations recueillies pendant le mois de Juin est 350 mm. Dans le tableau suivant, nous avons calculé la variation du niveau de la nappe, que nous pensons réellement due aux précipitations, en soustrayant la composante saisonnière de la marée affectée pour chacun des 3 forages du coefficient de réduction calculé précédemment.

Forage	Δ Apparent	Δ Mer	K réduction	Δ Marée/ Nappe	Δ précipitation
F 11	+ 8,5	+ 5,0	1,66	+ 2,9	+ 5,6
F 3	+ 8,0	+ 5,0	2,50	+ 2,0	+ 6,0
F 5	+ 6,0	+ 5,0	3,33	+ 1,5	+ 4,5

Un calcul identique effectué pour la période du 25 Octobre au 19 Novembre 1970 a montré un abaissement "réel" du niveau de la nappe de - 3,0 cms aux forages F 3 et F 5 alors que la variation apparente observée était de + 5,0 cms. La moyenne des précipitations d'Octobre étaient 75,0 mm.

Nous avons tenté d'extrapoler ce calcul, au pas de temps mensuel à l'ensemble des forages et piézomètres. Mais, d'une part l'ordre de grandeur de ces variations est le même que celui des erreurs de mesures, et d'autre part il est possible que l'amortissement de la composante saisonnière de la marée, est également fonction du type de marée ; le réajustement systématique du niveau de la nappe dans ces conditions, conduirait à des résultats sans signification.

Le fait que l'ordre de grandeur des variations du niveau de la nappe ne puisse permettre leur interprétation est déjà un résultat en lui-même ; en ce sens qu'il met en évidence la stabilité de la lentille dans son état actuel. En effet des variations de plus ou moins 15 centimètres, soit 30 cms en amplitude absolue, réparties sur une période de 2 à 3 ans mettent en jeu, en supposant une porosité moyenne de 30 % (qui est certainement sous estimée), une lame d'eau équivalente de l'ordre de 100 mm.

3.6.2. Variations du niveau de la nappe avec la marée

3.6.2.1. A l'échelle journalière

Les fluctuations journalières du niveau de la mer dues au phénomène de marée, ont bien entendu une répercussion sur les niveaux de la nappe. Cette influence s'amortit très sensiblement de la côte vers le

centre de l'île. Le graphique n° 19 et le tableau suivant montrent les amplitudes maximales observées dans les forages et piézomètres en fonction de leur distance à la côte.

Piézomètre ou forage	d (km)	Δ MAX (cms)
P 3	7,0	0
P 20	0,2	17,0
P 16	6,2	0,5
F 11	1,4	10,0
F 5	5,5	1,0
F 9	5,2	1,5
BEOLAN	0,7	15,0

D'autre part, tous les enregistrements sur lesquels apparaît une influence nettement marquée de la marée, présentent la même forme caractéristique en sinusoïde "tronquée".

- Relations - marées - nappe dans la zone côtière

Nous reproduisons sur le graphique n° 20, la fraction d'un enregistrement obtenu au piézomètre n° 20 à CHEPENEHE. Si on l'observe en même temps que celui des marées correspondantes, il apparaît nettement une "anomalie" dans la forme des enregistrements des variations de niveau de la nappe. Celles-ci ne sont pas représentées, comme on pourrait s'y attendre, par une sinusoïde régulière dont l'amplitude serait amortie, mais par une sorte de "sinusoïde tronquée". Sur ce piézomètre, situé à 200 m de la mer, on observe le 28 Avril 1972 par exemple, que le niveau de la nappe semble s'élever au moment précis où débute la marée montante. Cette montée du niveau de la nappe s'interrompt brusquement au bout de 2 à 3 heures, pour donner naissance à un palier horizontal, qui se maintient jusqu'au début de la marée basse suivante. Le niveau se met alors à descendre dans le piézomètre, au moment où débute la marée basse ; on observe ensuite le même phénomène d'apparition d'un palier, 2 à 3 heures après, mais celui-ci se maintient jusqu'à la marée basse suivante. La "petite marée haute intermédiaire" n'apparaît pas. Cette situation n'est d'ailleurs pas constante, et semble subir une certaine évolution périodique.

En effet, sur une période suffisamment longue, la "dénivellation" due à la seconde marée basse de la journée, diminue progressivement et s'annule. On observe alors un palier horizontal de 15 heures. La "petite marée haute" réapparaît ensuite avec la marée basse correspondante, les 4 niveaux journaliers de la marée sont ainsi marqués, mais "tronqués". Cette évolution est périodique et dépend essentiellement des amplitudes relatives de chaque marée consécutive, de l'importance de leur inégalité et probablement du niveau moyen de la mer à l'époque considérée.

- Amortissement et déphasage

A l'amortissement des ondes de marée dû à l'éloignement de la côte, s'ajoute un amortissement qui est fonction des amplitudes de la marée elles-mêmes. Sur les graphiques n° 21 - 22 et 23 nous avons pu établir des relations moyennes, entre les amplitudes de la marée, et celles observées sur la nappe en différents points proches de la côte. Pour le forage n° 11 par exemple (graph n° 21), cette relation est $h_x = 0,095$ ($h_o - 40$), h_x étant l'amplitude observée sur le forage, h_o l'amplitude correspondante de la marée, prise entre deux marées consécutives.

La droite met en évidence que toutes les amplitudes de marée inférieures à 40 cms n'apparaissent pas dans le forage. Des relations identiques ont été établies pour le P N° 20 et le trou AVION (graph. n° 22 et 23). Le graphique n° 24 montre les relations entre les coefficients d'amortissement et les amplitudes de la marée, les points étant choisis sur les droites précédentes.

- Déphasage

Au piézomètre n° 20 pour lequel nous avons décrit la forme des enregistrements, il semble que les mouvements de la nappe et de la marée soient en phase. Cependant, lorsqu'on observe les choses sur une période assez longue, certains mouvements de la nappe ne semblent pas "compatibles" avec ceux des marées qui se produisent au même moment, mais font apparaître l'influence de marées précédentes. Au trou AVION et au trou THIPIXETR, le déphasage qui est sensiblement le même pour les hautes et basses mers est en moyenne de l'ordre de 2 h 30.

L'utilisation des relations classiques utilisant le déphasage et l'amortissement pour l'estimation de la transmissivité :

$$h_x = h_o e^{-x\sqrt{\pi S/to} T}, \text{ soit :}$$

$$T = \frac{x^2 \pi S}{to (\lg \frac{h_x}{h_o})^2} \quad 0,189$$

x : distance au forage à la cote

s : porosité efficace

h_x : demi amplitude des oscillations dans le piézomètre.

h_o : demi amplitude de la marée correspondante, n'a fourni aucun résultat satisfaisant. En effet si on utilise les valeurs de T obtenues à partir des essais de pompages, soit pour le F 11 par exemple, $T = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, la valeur du coefficient d'ennagasinement S calculée par la formule ci-dessus est $8 \cdot 10^{-4}$ (0,8 ‰). Cette valeur nous paraît réellement très faible.

Remarque pratique

Etant donnée la forme des enregistrements dans les forages et piézomètres côtiers, faisant apparaître des paliers de stabilisation de la nappe, une prévision de ces paliers en fonction des heures de pleines et basses mers et en fonction des coefficients de marée, (la durée de ces paliers de la nappe pouvant atteindre jusqu'à 15 heures selon le type de marée), permettrait d'effectuer une prévision des heures et des durées de pompage, étant entendu que ceux-ci devraient s'effectuer au moment de ces paliers plutôt que pendant les mouvements de réajustement de niveau de la nappe.

3.6.2.2. A l'échelle saisonnière

1 - Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle saisonnière

Le graphique n° 25 et le tableau qui suit indiquent les valeurs moyennes mensuelles du niveau de la mer de Janvier 1970 à Décembre 1972. Entre ces deux dates on constate un abaissement général du niveau marin, celui-ci passe en effet de 117 cm en 1970 à 112 cm en 1971 et 111 cm en 1972.

Niveaux moyens mensuels et annuels de la mer à WE

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyen- ne An- nuelle
1970		124,5	123,0	118,9	117,4	118,9	114,2	112,8	109,9	109,9	116,5	125,2	117,4
1971		113,5	112,5	120,5	113	109,5	108,5	104,5	111,5	114,5	115	113	112,4
1972	119,3	115,6	111,0	108,0	109,0	(108)		(105)	110	110,6			110,7

D'une façon générale, les variations du niveau moyen de la nappe suivent assez bien celles de la mer.

Le graphique n° 18 présenté précédemment, résume les variations des niveaux moyens mensuels de la nappe observés sur quelques piézomètres, les variations de la marée et celle de la pluviométrie moyenne mensuelle, entre Septembre 1970 et Avril - Mai 1973.

4 - LE BILAN DE LA NAPPE ET SES POSSIBILITES

4.1. Mesures de porosité efficace

Des mesures de porosité efficace ont été réalisées sur des échantillons provenant de front de taille de carrières de "catcha", prélevés à plusieurs mètres sous la surface du sol.

Nous avons utilisé pour cela, la méthode dite d'imprégnation au pétrole.

Les résultats sont les suivants :

WE	:	58,4 39,4	48,9 %	
HAPETRA	:	18,8 %		$\bar{m} = 33 \%$
NATCHAOM	:	29,5 %		
EMELECK	:	35,5 %		

D'autres mesures effectuées sur des échantillons de LIFOU, mais de localité inconnue ont fourni des valeurs de l'ordre de 45 %. Ces données bien que très sommaires revêtent une certaine importance dans la mesure où seules elles nous permettent l'interprétation en volume des variations de niveau de la nappe.

Nous retiendrons comme ordre de grandeur de la porosité moyenne : 35 %.

Dans les estimations qui suivent et pour tenir compte également de l'importance des zones fissurées, nous avons admis comme valeur moyenne maximale : 50 %.

4.2. Essai de bilan hydrologique

Il serait illusoire ici de vouloir tenter une approche du bilan hydrologique de l'île à une échelle inférieure à l'année.

De façon à utiliser au maximum les données sur les variations de la nappe, nous avons découpé l'année hydrologique d'Octobre à Septembre, ce qui ne change aucunement la valeur de la pluviométrie moyenne interannuelle.

En l'absence totale de ruissellement et d'écoulement superficiels, l'équation générale du bilan peut se poser comme suit :

$$I = \Delta H + \frac{Q}{S}, \quad I \text{ représente l'infiltration annuelle calculée précédemment par la relation } I = \sum_{i=1}^{i=12} P_i - ETL_i - (S_{MAX} - S_i),$$

ΔH est la variation observée du stock d'eau de la nappe, $\frac{Q}{S}$ désigne la lame annuelle des sorties en mer, (terme qui nous est totalement inconnu).

Les observations effectuées sur la nappe entre Octobre 1970 et Octobre 1971 font apparaître une élévation maximale du niveau statique de la lentille d'une trentaine de centimètres, soit en moyenne 15 à 20 centimètres si l'on considère les variations observées sur chaque forage, et si l'on tient compte du réajustement du niveau moyen de la mer entre ces deux époques. Entre Octobre 1971 et Octobre 1972, le niveau moyen de la nappe s'est abaissé d'une dizaine de centimètres. En admettant une porosité maximale de 50 %, ceci se traduit dans le premier cas par un gain de 75 à 100 millimètres, dans le second, par un déficit de 50 millimètres.

Les infiltrations annuelles calculées pour les années 1970-1971 et 1971-1972 sont respectivement 1000 millimètres et 150 millimètres. La première constatation que l'on peut faire est donc la faible réaction de la nappe vis à vis de son alimentation. On remarquera toutefois que cette alimentation même en année décennale humide ne représente que 3 à 4 % de la réserve d'eau de la lentille (en admettant une épaisseur moyenne de 80 m et une porosité moyenne de 35 %).

Deux hypothèses peuvent être faites qui permettraient d'expliquer la faiblesse des réactions de la lentille et d'effectuer grossièrement un bilan. Il nous faut cependant admettre tout d'abord qu'à l'année moyenne, caractérisée par des valeurs moyennes de pluviométrie (1650 mm) et d'évaporation (1200) correspond un état d'équilibre de la lentille, tel que son niveau au début de l'année soit identique à celui de la fin de cette même année. On peut alors écrire le bilan sous la forme :

$$\bar{I}_e = \Delta H + \frac{\bar{Q}}{S}.$$

Dans cette relation, ΔH , variation du stock d'eau de la lentille est nulle, toute l'infiltration sert à alimenter le volume des sorties d'eau

douce en mer : $\frac{\bar{Q}}{S}$. Cette infiltration efficace moyenne serait donc de l'ordre de 450 mm à 500 mm. (Le débit moyen interannuel de l'écoulement souterrain c'est à dire les pertes en mer serait ainsi de l'ordre de 16 à 18 m³/s soit encore un débit spécifique moyen interannuel de 15 l/s/km²).

Nous allons essayer maintenant de chiffrer grossièrement la manière dont se fait la répartition de l'excédent ou du déficit d'infiltration, entre les variations du niveau statique de la nappe et les sorties en mer. Le schéma qui suit (tableau n° 27) résume en ordre de grandeur exprimé en millimètres d'eau les valeurs calculées pour chacune des années 1970-1971 et 1971-1972.

TABEAU N° 27

ANNEE	1970-1971	1971-1972
$\bar{P}$	2250	1300
I	1000	150
$\bar{I}_e$	500	500
$I - \bar{I}_e$	500	- 350
ΔH	100	- 50
$\Delta \frac{Q}{S}$	400	- 300
$\frac{Q}{S}$	900	200

Ce schéma tendrait à montrer que l'excédent ou le déficit d'infiltration affecterait pour 80 % les variations des sorties en mer.

Cependant étant donné que la variation du niveau supérieur de la lentille ne représente que 7 % de la charge totale moyenne, les variations de Q/S d'une année à l'autre devraient être du même ordre de grandeur, à l'accroissement près de la surface de suintement en bordure de mer. Ceci

revient à dire qu'une partie importante de l'infiltration, doit se trouver emmagasinée dans la masse des 20 mètres de calcaires situés au-dessus de la lentille. Pour l'année 1970-1971 par exemple, l'estimation grossière du bilan serait la suivante :

$$P = 2250 \text{ mm}, \quad I = 1000 \text{ mm}, \quad \bar{I}_e = 500 \text{ mm}, \quad \Delta H = 100 \text{ mm}, \\ \Delta Q/S = 200 \text{ mm}, \quad Q/S = 700 \text{ mm}, \quad \Delta E = 200 \text{ mm}$$

ΔE désignant la variation de la lame d'eau stockée dans la masse des calcaires situés au-dessus de la lentille, et ne rejoignant la nappe qu'au bout d'un temps très long. Le rôle "tampon" de cette masse calcaire est d'ailleurs bien mis en évidence par la non réaction de la partie superficielle de la nappe pour des séquences pluviométriques intenses et courtes.

Bien entendu les chiffres mentionnés ci-dessus n'ont qu'une valeur d'exemple, le nombre d'années d'observations est trop insuffisant pour effectuer toutes les déterminations.

4.3 Schématisation sur les possibilités de la lentille

Si on suppose que la surface de la lentille d'eau douce a une forme elliptique d'équation (fig. 1) :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{z^2} = 1 \quad \text{ou} \quad y = \frac{z}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$$

La vitesse d'écoulement (Darcy) est proportionnelle à la pente de la ligne d'eau :

$$\frac{dy}{dx} \quad \text{ou} \quad V = k \frac{dy}{dx} = k \frac{z}{a} \frac{-2x}{2\sqrt{a^2 - x^2}}$$

Le débit de la nappe en une section L est proportionnelle à V et à yL :

$$Q = V \times yL = k \frac{z}{a} \frac{xL}{\sqrt{a^2 - x^2}} \cdot \frac{z}{a} \sqrt{a^2 - x^2} = k \frac{z^2}{a^2} xL$$

Donc le débit de la nappe serait lié à z^2 c'est-à-dire au carré de la hauteur du toit. Comme le débit de la nappe est égal à l'alimentation A on aurait $A = Kz^2$ ou $z = k_1 \sqrt{A}$ à la position d'équilibre si A est constant.

Si on utilise une partie U de l'alimentation A on aura $U = A - B$ et une nouvelle position d'équilibre à long terme $zu = k1 \sqrt{B}$.

Le rabattement $r = z - zu$ en fonction de U se déduit des relations $z^2 - zu^2 = (z - zu)(z + zu) = (2z - r) \times r = -r^2 + 2zr$ et $z^2 - zu^2 = k1^2 (A - B) = k1^2 U$

r solution de l'équation $r^2 - 2zr + k1^2 U = 0$, a comme valeur $r = z \sqrt{z^2 - k1^2 U}$.

Si on utilise toute l'alimentation A, le rabattement vaut z et la lentille disparaît.

En supposant que toute l'île soit soumise en permanence à l'ETP PEHMAN la nouvelle lame d'eau efficace d'alimentation Ie_2 de la lentille serait alors : $Ie_2 = Ie_1 - (ETP - ETR) = 500 - (1350 - 1150) = 300 \text{ mm}$. L'utilisation serait de 200 mm ou $\frac{2}{5} A$:

$$rU = z - \sqrt{z^2 - \frac{2}{5} z^2} = z \left(1 - \sqrt{\frac{3}{5}}\right) = 0,23 z$$

Or z vaut environ 4,00 m d'où $r = 0,92 \text{ m}$.

Imaginons que les infiltrations efficaces Ie_1 soient constantes dans le temps et égale à 500 mm et qu'à partir de l'année J_0 , par suite d'une utilisation constante de $U = 200 \text{ mm}$, les infiltrations Ie_2 deviennent égales à 300 mm. Nous cherchons à estimer l'ordre de grandeur du temps nécessaire pour obtenir le nouvel état d'équilibre de la lentille.

La lame d'eau libérable de la lentille s'estime à :

$$\alpha . r . \beta . p \text{ soit } 0,7 \times 0,92 \times 36 \times 0,35 = 8,1 \text{ m}$$

α = coefficient de répartition de surface

r = rabattement au centre

β = coefficient d'épaisseur de la lentille

p = porosité efficace.

Cette lame de 8100 mm va se libérer en un temps excessivement long.

Au bout de 41 années la baisse au centre de la lentille ne serait peut être que de 0,60 m seulement et au bout d'un temps très long 100 à 200 ans on tendrait vers le nouvel état d'équilibre avec un rabattement total de 0,92 m (fig. 2). (41 années étant le temps de déformation de cette lentille si elle libérait en permanence un débit $Q/S = 500 \text{ mm}$, l'alimentation n'étant plus que de 300 mm).

Cette schématisation montre qu'en rendant maximale l'évapotranspiration sur l'île, on n'assisterait qu'à un abaissement de 1 m environ au centre de la lentille.

Fig. 1

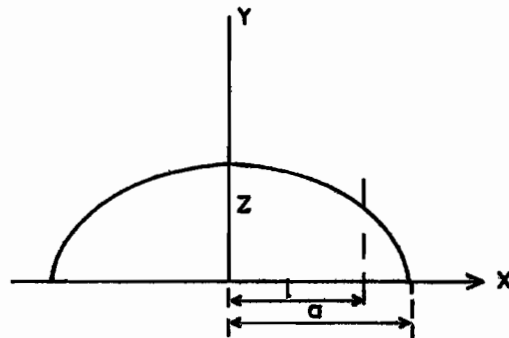
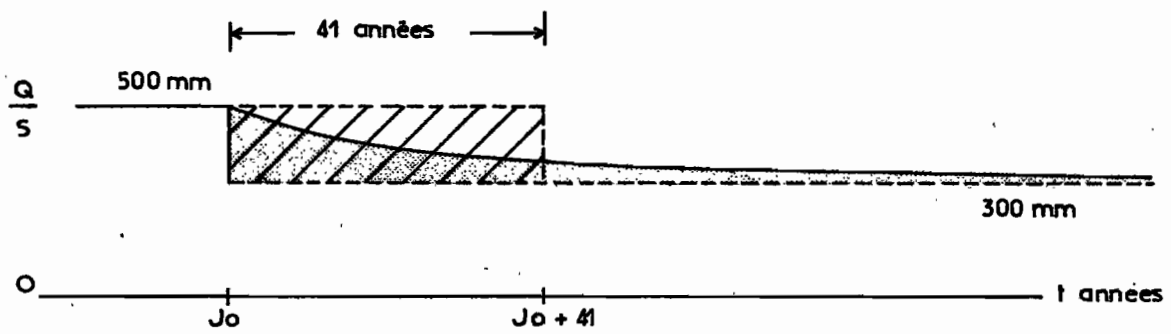


Fig. 2



5 - LES ESSAIS DE POMPAGE

Tous les résultats que l'on peut fournir sur les essais de pompage figurent dans le tableau n° 28. Pour chaque forage sont indiqués les différents débits de pompage, les temps de pompage correspondants, les rabattements maxima obtenus et enfin chaque fois que cela est possible, l'ordre de grandeur des transmissivités calculées et le débit critique du puits. La carte n° 26 fait apparaître de bonnes transmissivités au centre des deux moitiés Nord et Sud de l'île, de l'ordre de 10^{-2} m²/s, coïncidant avec les zones d'extension verticale maximale de la lentille.

Un résultat remarquable est celui obtenu au forage n° 17 à HIELECK où le rabattement maximum a été 0,62 m pour un débit de 41,4 m³/h maintenu 92 h. De bonnes possibilités apparaissent également au forage F 1 (voir graphique n° 27) où les rabattements sont très faibles, une dizaine de centimètres pour des débits allant de 3,7 à 24,8 m³/h. Le débit critique de ce puits est probablement supérieur à 25 m³/h. Au forage n° 22 à HNAI, où la nappe fut exploitée pendant une dizaine d'heures à 6 et 9 m³/h, les rabattements n'ont pas excédé 20 centimètres. Le débit critique des puits semble en moyenne de l'ordre de 10 à 15 m³/h. Les graphiques 27 à 30 illustrent pour un certain nombre de forages les courbes caractéristiques des puits.

Certaines "anomalies" dans les droites rabattement - logarithme du temps ont cependant été observées sur quelques forages. A KEDEIGNE, au forage n° 14, apparaît un brusque rabattement de 0,70 m en une demi-heure après deux heures de pompage à 11,8 m³/h. Des essais complémentaires permettraient de déterminer s'il s'agit là d'un effet de colmatage du puits ou de la présence à une certaine distance du forage d'une zone à faible perméabilité. A HAPETEA, les essais de pompage de longue durée effectués en 1973, au F 9, F 9 bis, donnent des droites rabattement - log t en "dents de scie" avec des variations brusques de 0,50 à 1,50 du rabattement. Au forage n° 21 à OUANAHAHAM la droite rabattement - log t présente deux cassures, la première après 90 minutes de pompage, la seconde après 1 heure, elle est suivie 15 minutes plus tard d'un palier horizontal jusqu'au temps t = 3 heures, fin de l'essai. Au F 17, la présence d'un palier après 4 heures de pompage traduit probablement la présence d'une ligne d'alimentation à potentiel constant (voir graphique 33). Sur les graphiques 31 à 37 sont représentées les droites rabattement - logarithme du temps, obtenues pour

quelques essais de débits effectués sur des forages répartis sur l'ensemble de l'île.

Afin d'éviter la remontée dans les puits de l'eau salée sous-jacente, il faut que le rabattement obtenu lors d'un pompage soit inférieur à une valeur limite définie par la relation du GHYBEN-HEERZBEEG :

$$\Delta \leq \left[\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} \right] H (1 - \alpha)$$

Δ : rabattement

ρ_s : densité de l'eau salée

ρ_d : densité de l'eau douce

H : épaisseur supposée de la nappe

α : degré de pénétration du puits considéré, dans la partie douce de la nappe (h/H , h étant la profondeur du puits ou forage).

Le tableau n° 29, donne pour différentes épaisseurs supposées de la nappe, comprises entre 10,0 mètres et 150 mètres, les valeurs du rabattement maximum à ne pas dépasser si l'on veut éviter la contamination. Nous avons pris $h = 10,0$ m comme profondeur moyenne de pénétration des puits dans la nappe $\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{1,028 - 1,000}{1,000} = 0,028$

En fonction des résultats de ce tableau, nous avons reporté dans le tableau n° 28 les valeurs limites de rabattement à ne pas dépasser pour chacun des forages mentionnés ; ces valeurs sont regroupées dans la colonne Δc .

Ces valeurs sont bien entendu théoriques, et ne tiennent pas compte en particulier de la nature de l'aquifère. Dans tous les cas où cela est possible, il est préférable de se référer aux analyses chimiques des prélèvements effectués pendant les pompages.

TABLEAU N° 28

N° FORAGE	REGION	DATE	DEBIT (m3/h)	t	Δ MAX m	T (m2/s)	Qc (m3/h)	Δc (m)	OBSERVATIONS
F.6	NATCHAOM	4.07.72	11,0 14,2 14,9	3 h 1 h 30 4 h	0,70 1,00 1,13	7,0 à 8,0 10 ⁻³	13,0	1,30	
F.10	HAPETRA- DOUEOULOU	3.08.72	10,7	6 h	1,01			0,78	
F.16	HUNETE	22.06.72	1,8 5,3 8,0 13,6	2 h 15				1,45	
<u>F.1</u>	<u>HNAMAN</u>	21.02.72 17.05.72	3,7 16,6 22,4 24,8 19,5	3 h 40 50' 40' 30' 45'	0,0 0,05 0,08 0,09 0,07		25,0	1,57	
F.22	ENAI	27.11.72	6,0 9,0	10 h 9 h	0,13 0,19				
F.21	WANAHAM	30.06.72	5,7 11,3 17,6 20,0 27,0	1 h 1 h 15' 13' 3 h 2 h 40'	0,03 0,07 0,13 0,18 1,44	9,3 10 ⁻³	20,0		
F.15	SILLOAM							0,11	
F.3	CHEPENEHE							0,70	

TABLEAU N° 28 (suite)

N° FORAGE	REGION	DATE	DEBIT (m3/h)	t	△ MAX (m)	T (m2/s)	Qc (m3/h)	△ c (m)	OBSERVATIONS
F 9	HAPETRA	20-23/10/71	2,3	2 h 15'	0,32	$1,6 \cdot 10^{-2}$	12,0	1,21	
			1,5	2 h 15'	0,24				
			9,5	4 h	0,96				
			11,4	1 h 09'	1,21				
			12,8	1 h	1,42				
			13,3	1 h	1,57				
F 9	HAPETRA	5.06.73	24,4	41 h 00	1,87				
		15.06.73	25,0	43 h 00	1,35				
F 9 bis	HAPETRA	18.06.73	10,3	12 h	0,73	$1,6 \text{ à } 1,2 \cdot 10^{-2}$			
			13,3	25 h	0,69				
			2,0	1 h	0,09				
			3,5	2 h 30	0,22				
<u>F 17</u>	<u>HMELEK</u>	02-06/07/73	41,4	92 h	0,62	$1,1 \cdot 10^{-1}$	12,0	3,36	
F 20	HMELEK	17.07.72	11,8	4 h	0,09				
		21.07.72	1,72	1 h	0,10				
			2,53	1 h	0,19				
			9,85		1,03				
			11,1		1,19				
			12,7		1,44				
F 23	TRAPOUT	30.01.73	10,0	9 h	1,36	$4,0 \text{ à } 6,0 \cdot 10^{-3}$			
		31.01.73	8,0	3 h 30	1,36				
F 24	NATHALO	12.01.73	7,9	12 h	0,45	$1,2 \text{ à } 1,4 \cdot 10^{-2}$		1,12	
			12,2	14 h	0,85				
			15,3	14 h	1,37				
			22,4	22 h	2,20				
			28,2	26 h	2,43				
			33,1	15 h	2,66				

TABLEAU N° 28 (suite)

N° FORAGE	REGION	DATE	DEBIT (m ³ /h)	t	Δ MAX (m)	T (m ² /s)	Qc (m ³ /h)	Δ C (m)	OBSERVATIONS
F 13	Wiwatoul	09.02.72	1,2	1 h	0,10	2,9 à 4,3 10 ⁻³	≥15,0	2,80	
			2,5	1 h	0,20				
		15.02.72	2,6	4 h 30	0,24				
		6.06.72	4,6	2 h 30	0,43				
			10,6	4 h 30	1,40				
		07.06.72	13,1	4 h 20	1,66				
		08.06.72	15,0	7 h	2,04				
F 14	Kedeigne	17.02.72	3,7	4 h	0,20		16,0	2,80	
			11,8	3 h	0,25				
			15,0	1 h	0,35				
			18,0	20'	0,62				
			21,8	40'	0,95				
F 25	Mejibe	9.12.72	9,2	9 h	0,94	7,1 10 ⁻⁴			
F 12	Anang	27.11.72	6,3	1 h 30	0,30	1,9 à 2,9 10 ⁻²	> 15,0	1,48	
			10,3	1 h 40	0,52				
			15,0	6 h	0,71				
F 13	Wanaham	27.11.72	5,0	3 h	1,17	7,2 10 ⁻³ à		1,96	
			9,2	4 h	2,46	1,1 10 ⁻²			
F 7	Waimene	6.08.72	2,5	8 h	2,19	5,2 10 ⁻⁴		0,84	
F 11	Doueculou	23.02.72	2,6			1,7 10 ⁻²		0,78	
		25.05.72	15,6						
			24,6	4 h 15	0,045				
F 4	Koumo	20.06.72	4,8	4 h	0,83	5,0 10 ⁻³	>7,0	1,12	
			5,7	3 h 25	1,41				
			8,6	4 h 15	1,57				
F 5	Dropeng	10.08.72	7,2	1 h 40	0,50	2,0 à 3,0 10 ⁻²	≥15,0	1,68	
			10,4	3 h 15	0,82				
			14,8	4 h	1,34				

TABLEAU N° 29

RABATTEMENTS MAXIMAUX AUTORISES EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA NAPPE

H	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
α	1,0	0,5	0,33	0,25	0,20	0,166	0,143	0,125	0,111	0,100	0,091	0,083	0,077	0,071	0,0667	0,0625
Δ	0,028	0,14	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,52	2,80	3,08	3,36	3,64	3,92	4,20

H = épaisseur supposée de la nappe en mètres

α = degré de pénétration du puits dans la nappe

Δ = rabattement limite en mètres

6 - ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

6.1. Analyses chimiques

Les diverses analyses chimiques effectuées ne concernent que les éléments majeurs et les indications de potabilité ne sont données que par rapport à ces éléments.

Nous rappelons ici que les normes françaises relatives à la potabilité chimique des eaux de distribution admettent pour concentration limite de la minéralisation total 2,0 g/l. Les normes souhaitables étant un TH inférieur à 30 (6,0 mé Ca + Mg), 250 mg/l pour les chlorures, 125 mg/l pour le magnésium.

Dans certains cas nous avons utilisé le rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ comme critère de contamination de l'eau. Les valeurs de rapports caractéristiques communément admises sont les suivantes :

$\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$	caractéristiques
0,5	normale
1,8	légèrement contaminée
2,8	modérément contaminée
6,6	assez contaminée
15,5	fortement contaminée
200,0	eau de mer.

Dans la plupart des cas nous avons reporté le résultat des analyses sur diagrammes de SCHOELLER afin de permettre à l'utilisateur une comparaison rapide des analyses entre elles. Dans les tableaux de résultats d'analyses, TAC désigne le titre alcalin en mé/l, TH, le titre hydrotimétrique total en mé/l ; Σ^+ désigne la minéralisation globale en mg/l. Ho indique la profondeur par rapport au 0 S.H. à laquelle a été effectué le prélèvement. Hs, indique cette même profondeur par rapport au toit de la nappe lorsque son niveau est connu au moment du prélèvement. La concentration des éléments dosés est exprimée en mé/l (colonne de gauche) et en mg/l (colonne de droite).

Une campagne de mesures systématiques de résistivité à différentes profondeurs a été effectuée au cours de l'année 1971 sur de nombreux forages et piézomètres. Les résultats exprimés en résistivité à la température ambiante T°, ont été convertis en conductivité à 20°C, puis en valeurs de minéralisation globale. Le détail des différentes transformations utilisées est expliqué dans la 2ème partie de ce chapitre.

DOUEOULOU F 11

L'évolution des caractéristiques principales avec la profondeur
figure dans les tableaux qui suivent

Les eaux de ce forage pourtant situé à proximité de la cote sont chimiquement potables et généralement de bonne qualité. Au point H, le plus profond, les teneurs en Na^+ et Cl^- bien que 5 fois plus élevées qu'au point A sont encore dans des limites très acceptables. On constate cependant une augmentation sensible des teneurs en chlore et sodium au-dessous de 36 m c'est à dire à partir d'une hauteur d'environ 5,0 m.

LIFOU
Douéoulou F 11

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série

SECTION HYDROLOGIE

Date MARS 1971

ANALYSE D'EAUX

[illegible]

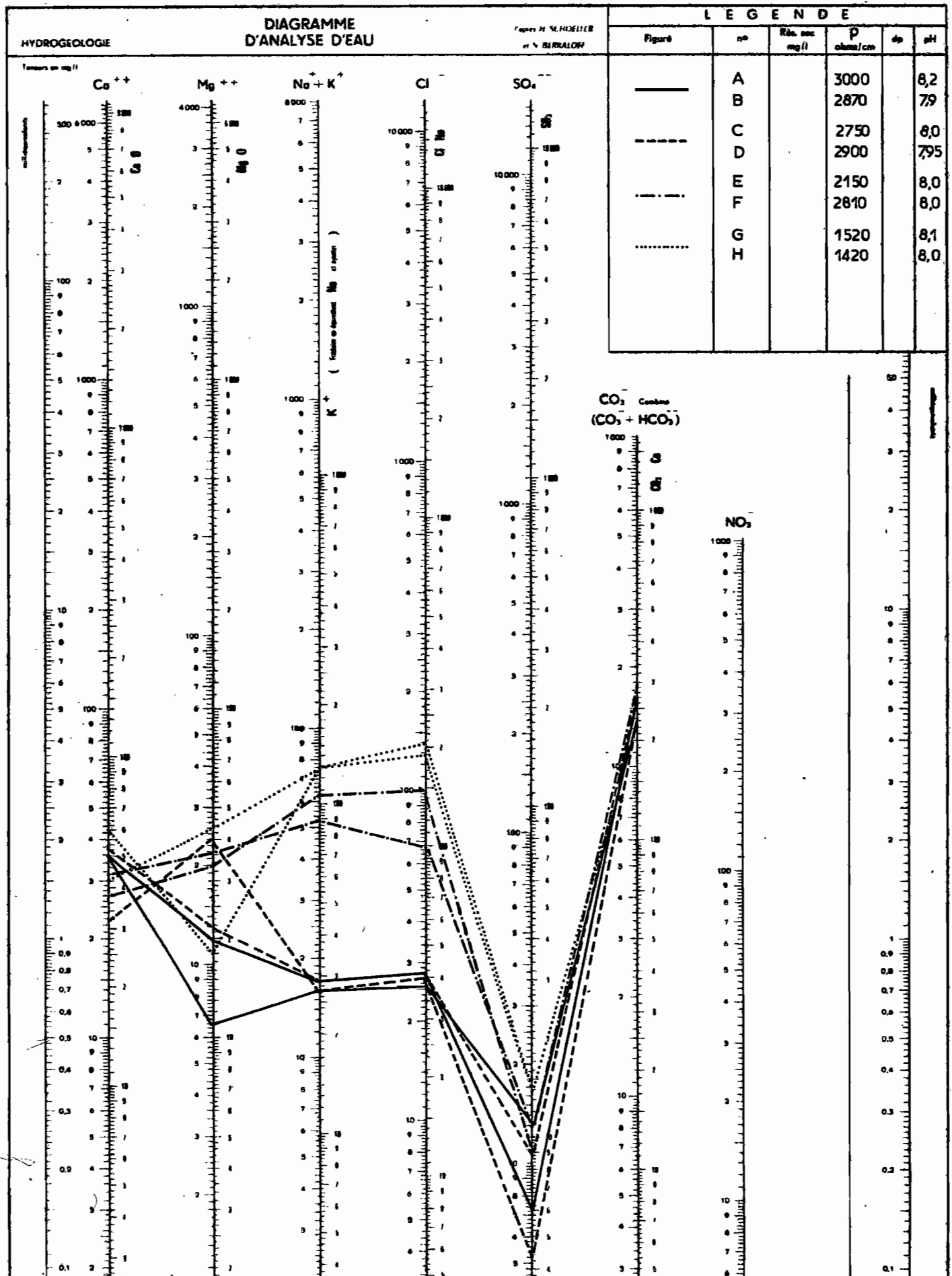
Douéoulou F 11

Série

Date MARS 1971

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	F	G	H			
pH	8,0	8,1	8,0			
ρ_{Ω} cm2/cm 21°C	1810	1520	1420			
T° C						
TA mé/l						
TAC mé/l	3,02	2,28	2,34			
TH tot.mé/l	2,98	3,09	3,66			
r SO ₄ Cl	0,08	0,095	0,087			
r Mg -Ca	1,22	0,40	1,40			
Σ^{+} mg/l	405,7	416,4	434,6			
Ho m	- 5,7	- 6,2	- 7,7			
Hs m	- 7,6	- 8,1	- 9,6			
mé/l OH ⁻ mg/l						
CO ₃ ⁻⁻⁻						
HCO ₃ ⁻	3,02	184,2	2,28	139,1	2,34	142,7
Cl ⁻	2,88	100,1	3,68	128,5	4,02	140,6
SO ₄ ⁻⁻	0,23	11,0	0,35	16,6	0,35	16,9
Mg ++	1,64	19,8	0,89	10,8	2,14	25,9
Ca ++	1,34	26,8	2,20	44,0	1,52	30,4
Na +	2,60	59,8	3,20	73,6	3,20	73,6
K +	0,07	2,73	0,08	2,96	0,09	3,47
Sio2 mg/l		1,20		0,80		1,05
Fe mg/l						
Al mg/l						



OUANAHAHAM F 4

Deux séries d'analyses effectuées en 1971 et 1972 nous permettent de définir les caractéristiques chimiques principales de la nappe à cet endroit.

Les prélèvements ont été effectués à 25 m ; 27 m ; 29 m ; 30,5 m ; 31 m ; cotes qui ramenées au 0 S.H. donnent respectivement + 0,44 m ; - 1,56 m ; - 3,56 m ; - 5,06 m ; - 5,56 m. Sachant que la hauteur moyenne de la nappe au-dessus de ce zéro, est à cet endroit de l'ordre de + 2,60 m ; le point d'échantillonnage le plus profond correspond à une tranche d'eau d'environ 8,0 m. Les résultats des analyses de 1971 sont homogènes et font apparaître une eau de bonne qualité légèrement chargée en magnésium ; le titre hydrotimétrique reste inférieur à 5 né/l, la concentration en Cl^- ne varie pratiquement pas avec la profondeur jusqu'au prélèvement le plus profond et celle-ci reste de l'ordre de 40 à 60 mg/l.

Les résultats des analyses des 20 et 21 Juin 1972 sont particulièrement intéressants puisque les prélèvements semblent avoir été effectués l'un avant un pompage, l'autre après. On constate d'après le graphique que celui-ci n'a pratiquement rien modifié. On observe par contre une inversion des teneurs en Ca^{++} et Mg^{++} et le TH passe de 5,49 à 4,28.

Les pompages effectués étaient successivement de 4,8 m³/h pendant 4 h avec un rabattement maximum de 0,83 m ; 5,7 m³/h pendant 3 h 25 avec un rabattement maximum de 1,41 m ; enfin 8,6 m³/h pendant 4 h 15 avec un rabattement de 1,57 m. Le débit critique n'avait pas été atteint.

Si l'on compare d'autre part, les résultats des analyses avant pompage avec ceux du début de l'année 1971, on peut constater que les teneurs en Na^+ et Cl^- sont inférieures d'environ 20 mg/l en Juin 1972, et que celles obtenues après pompage sont encore très légèrement inférieures à celles de 1971. Ceci tend à montrer deux choses : la faible influence des pompages mentionnés sur la composition chimique de la nappe à cet endroit, et la stabilité de sa minéralisation.

Le rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ reste dans tous les cas inférieur à 0,5 et traduit l'absence de contamination saline.

LIFOU
Ouanaham F 4

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série 1

SECTION HYDROLOGIE

Date MARS 1971

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	1.1		1.2		1.3			
pH	8,0		8,1		8,1			
ρ Ω cm ² /cm 21°C	2260		2200		2140			
T° C								
TA mé/l								
TAC mé/l	3,50		3,30		3,64			
TH tot.mé/l	3,72		3,78		3,98			
r $\frac{SO_4}{Cl}$	0,308		0,150		0,09			
r $\frac{Mg}{Ca}$	1,28		1,26		1,12			
Σ $^{+}$ mg/l	369,6		350,8		379,0			
Ho "	+ 0,44		- 1,56		- 3,56			
Hs m	- 2,16		- 4,16		- 6,16			
mé/l OH ⁻ mg/l								
CO ₃ ⁻⁻								
HCO ₃ ⁻	3,50	213,5	3,30	201,3	3,64	222,0		
Cl ⁻	1,36	47,6	1,40	49,0	1,48	51,8		
SO ₄ ⁻⁻	0,42	20,4	0,21	10,1	0,14	6,75		
Mg ++	2,09	25,3	2,11	25,5	2,30	27,8		
Ca ++	1,63	32,6	1,67	33,4	1,63	33,6		
Na +	1,20	27,6	1,28	29,4	1,50	34,5		
K +	0,04	1,56	0,03	1,32	0,04	1,48		
SiO ₂ mg/l		1,10		0,80		0,95		
Fe mg/l								
Al mg/l								

LIFOU
Ouanaham F4

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série².....

SECTION HYDROLOGIE

Date **MAY 1971**

ANALYSE D'EAUX

[illegible]

LIFOU Ouanaham F 4

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

SECTION HYDROLOGIE

Série 3

Date JUIN 1971

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	3.1	3.2	3.3	3.4	
pH	8,0	7,8	7,9	8,0	
ρ Ω cm ² /cm 21°C	2450	2400	2300	2000	
T° C					
TA mé/l					
TAC mé/l	3,60	3,76	3,92	4,30	
TH tot.mé/l	4,96	4,00	4,30	4,84	
rs SO ₄ Cl	0,096	0,096	0,089	0,099	
r Mg -Ca	2,02	1,43	1,50	3,83	
Σ + mg/l	372,9	376,2	389,5	439,9	
Ho m	+ 0,44	- 1,56	- 3,56	- 5,56	
Ha m	- 2,16	- 4,16	- 6,16	- 8,16	
me/l OH ⁻ mg/l					
CO ₃ ⁻					
HCO ₃ ⁻	3,60 219,6	3,76 229,4	3,92 239,1	4,30 262,3	
Cl ⁻	1,35 47,9	1,45 51,5	1,45 51,5	1,75 62,1	
SO ₄ ⁻	0,13 6,53	0,13 6,53	0,15 7,37	0,12 6,20	
Mg ++	3,32 40,4	2,40 29,6	2,58 31,4	3,84 46,7	
Ca ++	1,64 32,8	1,68 33,6	1,72 34,4	1,00 20,0	
Na +	1,00 23,0	1,00 23,0	1,00 23,0	1,75 40,2	
K +	0,07 2,73	0,07 2,73	0,07 2,73	0,06 2,34	
SiO ₂ mg/l					
Fe mg/l					
Al mg/l					

LIFOU
Ouanaham F 4

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

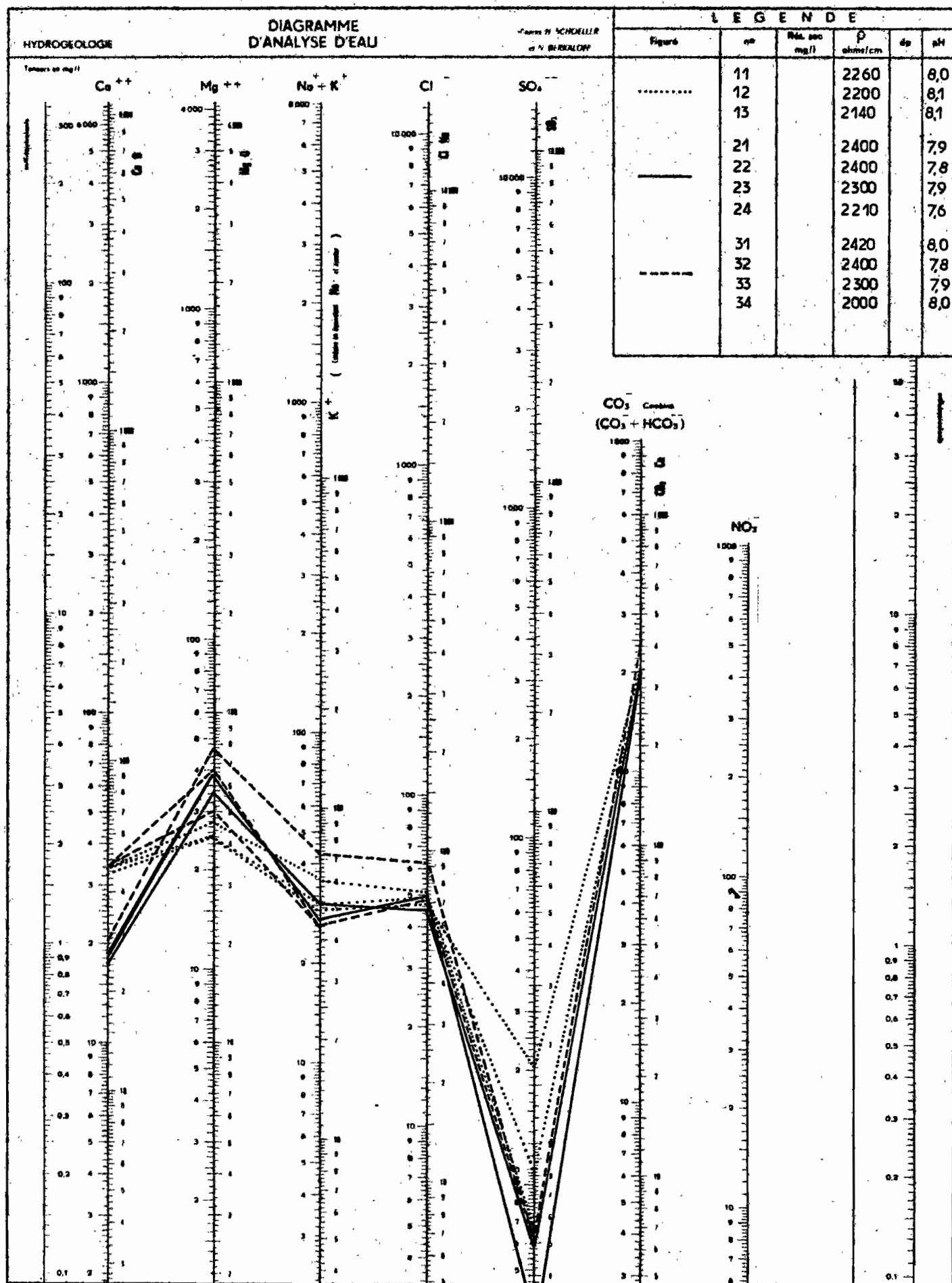
Série 4

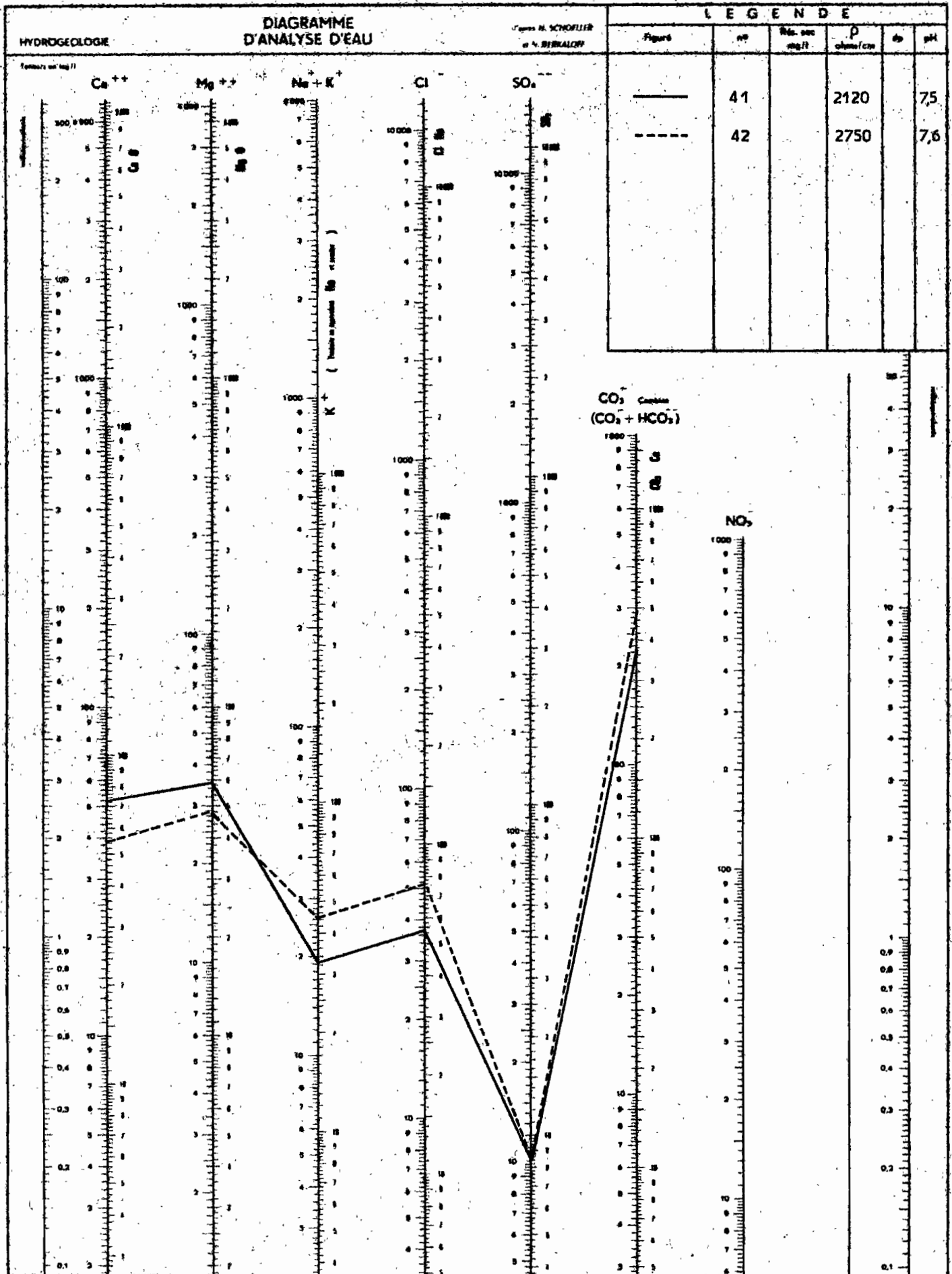
SECTION HYDROLOGIE

Date 20-21/06/72

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	4.1	4.2			
pH	7,6	7,5			
ρ Ω cm ² /cm 21°C	2750	2120			
T° C					
TA mé/l					
TAC mé/l	3,84	4,92			
TH tot.mé/l	4,28	5,49			
r SO ₄ Cl	0,145	0,201			
r Mg -Ca	1,22	1,11			
Σ $\pm$ mg/l	389,0	453,1			
Ilo m					
Hs m					
mé/l OH ⁻ mg/l					
CO ₃ ⁻⁻					
HCO ₃ ⁻	3,84	234,2	4,92	300,1	
Cl ⁻	1,44	51,1	1,04	36,9	
SO ₄ ⁻⁻	0,21	10,1	0,21	10,0	
Mg ++	2,35	28,6	2,89	35,2	
Ca ++	1,93	38,5	2,60	52,0	
Na +	1,11	25,5	0,77	17,7	
K +	0,02	0,95	0,03	1,2	
SiO ₂ mg/l					
Fe mg/l					
Al mg/l					





F 13 - F 21

Le résultat des analyses d'eau de ces deux forages sont quasiment identiques et font apparaître une eau de très bonne qualité : TH inférieur à 4,0, concentration en Cl^- inférieure à 0,05 g/l sur un échantillon d'eau pris à 3,80 m sous la surface de la nappe.

DROPENG F 5

Les deux séries d'analyses proviennent d'échantillons d'eau prélevés le 10 et le 11 Août 1972, avant et après un essai de pompage dont le débit maximum, 14,8 m³/h, soutenu pendant 4 heures, qui provoqua un rabattement de 1,34 m, est inférieur au débit critique.

Les variations dans la composition chimique de ces deux échantillons sont négligeables. L'eau est de bonne qualité : TH = 4,49 à 4,88 mé. La concentration en Na^+ et Cl^- varie de 38,3 à 39,6 mg/l - Cl^- restant constant et égal à 26,6 mg/l.

LIFOU

Ouanaham F 13 - F 21

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série 1 - 2 - 3

SECTION HYDROLOGIE

Date JUIN - JUILLET 1972

ANALYSE D'EAUX

[illegible]

HYDROGEOLOGIE

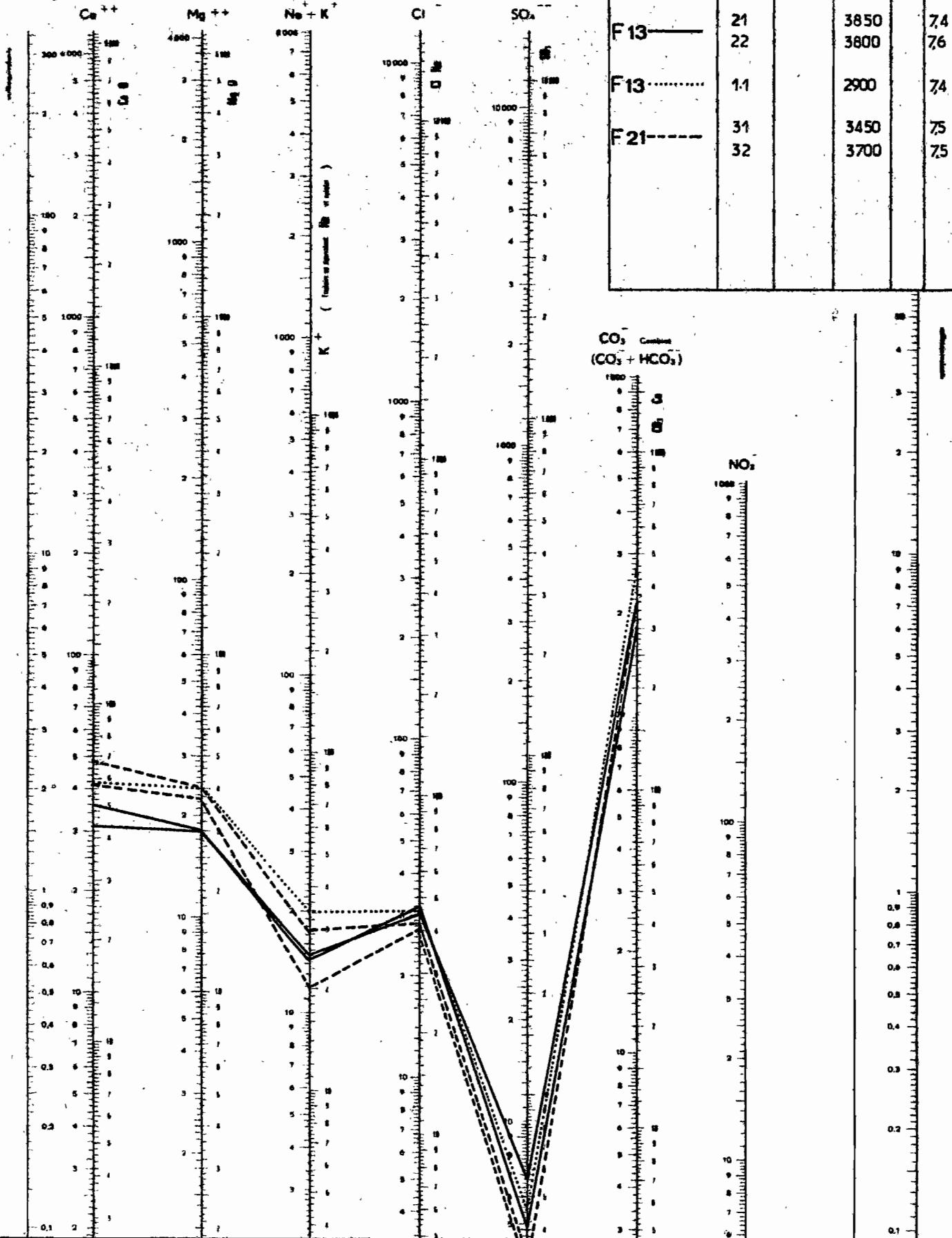
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

 d'après H. SCHÖLLER
et V. BERKALEFF

L E G E N D E

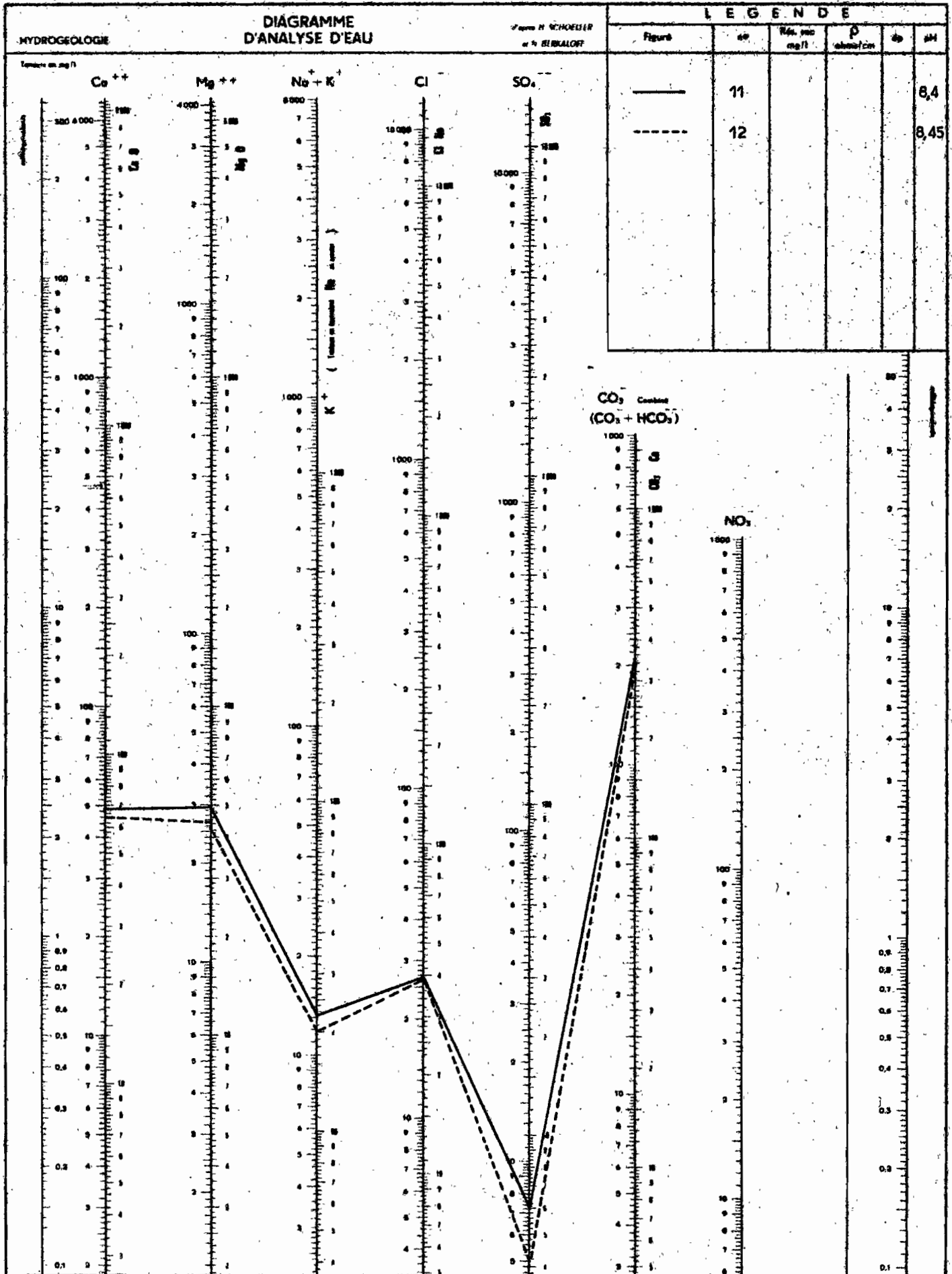
Figure	no	Rés. sec mg/l	ρ ohm/cm	dp	pH
F 13	21		3850		7.4
	22		3800		7.6
F 13	1.1		2900		7.4
F 21	31		3450		7.5
	32		3700		7.5

Teneur en mg/l



Date 10-11/08/1972

Al mg/l



F 15 - SILOAM

Deux séries d'analyses ont été effectuées sur les eaux de ce forage le 9 Août 1972. Ces eaux présentent une minéralisation relativement importante. En particulier la concentration en Cl^- atteint des valeurs comprises entre 200 et 300 mg/l qui tout en restant dans des limites de potabilité en fait une eau de qualité très moyenne. Son titre hydrotimétrique est également élevé : 6,17 à 6,70, mais demeure cependant dans les limites d'une eau de bonne qualité.

On remarquera ici une certaine importance de la teneur en sulfate, 20 à 30 mg/l que l'on retrouvera d'ailleurs dans la plupart des trous d'eau, liée à la teneur en chlorures, et traduisant la possibilité d'une éventuelle contamination plus importante à partir de l'eau de mer en cas de pompages. Ceci est d'ailleurs confirmé par la valeur des rapports $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ qui dans le cas de l'échantillon 1.5 est égale à 1,44, prouvant une légère contamination.

F 16 - HUNETE

Le résultat des deux analyses faites sur des prélèvements d'eau le 22 Juin 1972 ne montre rien de particulier si ce n'est une minéralisation assez importante qui est surtout le fait des carbonates. La potabilité reste bonne.

P 1 - CHEPENEHE - MUTCHAWENG

Deux analyses ont été effectuées début 1971 sur les eaux de ce forage, à 3 mois d'intervalle. Les résultats qui figurent sur le graphique qui suit font apparaître une évolution des teneurs en Ca^{++} et Mg^{++} avec inversion du rapport $\frac{\text{r Mg}}{\text{Ca}}$ qui passe de 0,68 à 7,33. Le titre hydrotimétrique passe de 4,1 à 6,0 mais la teneur en Cl^- reste constante et dans des limites tout à fait acceptables. Le rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ est très inférieur à 0,5.

LIFOU
Siloam F 15

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série1.....

SECTION HYDROLOGIE

Date9/08/72.....

ANALYSE D'EAUX

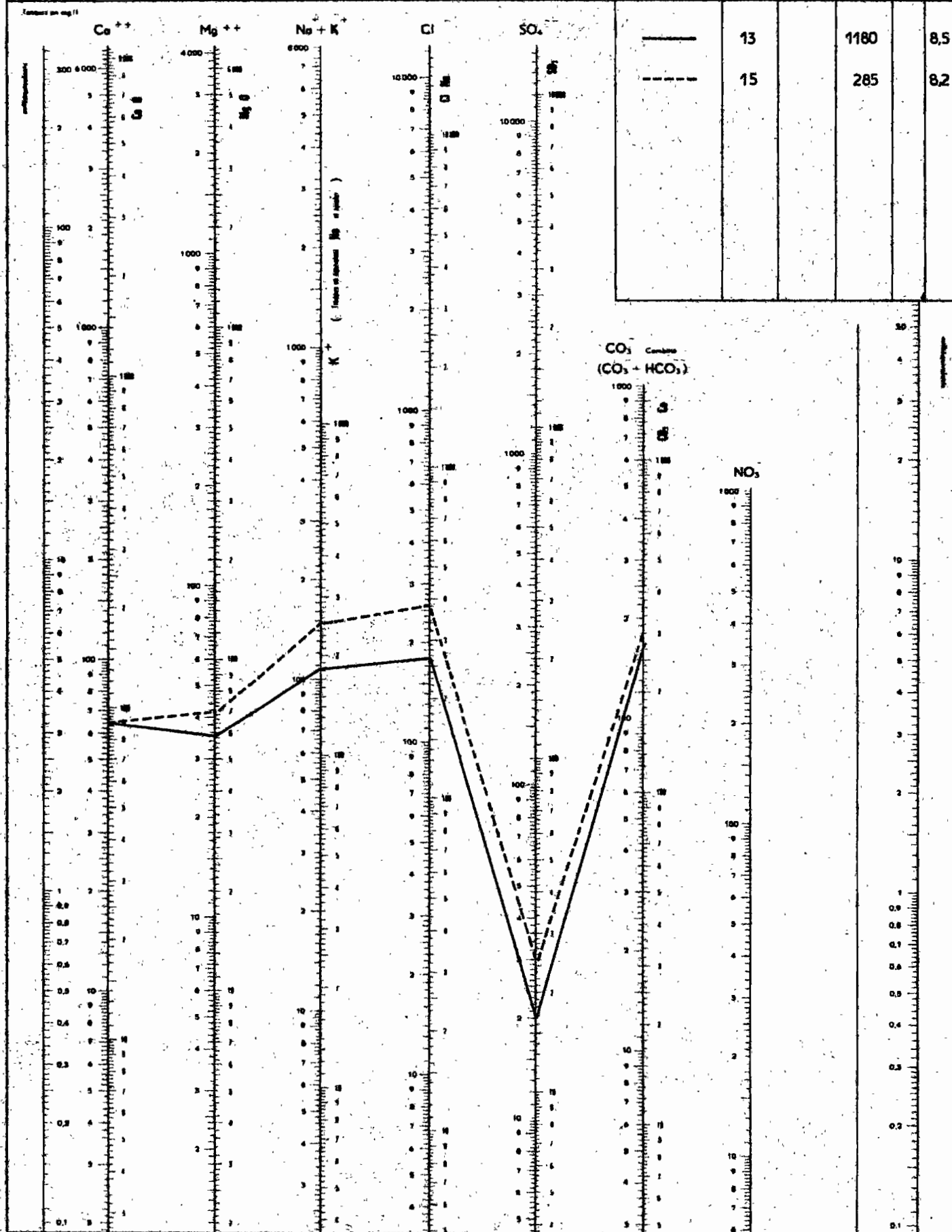
[illegible]

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Après H. SCHÖLLER
et A. BERKHOFF

LEGEND

L E G E N D E					
Figure	no	Rés. sec mg/l	p ohms/cm	dp	pH
	13		1180		8,5
	15		285		8,2



LIFOU
Hunete F 16

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série 1 - 2

SECTION HYDROLOGIE

Date 22/06/72

ANALYSE D'EAUX

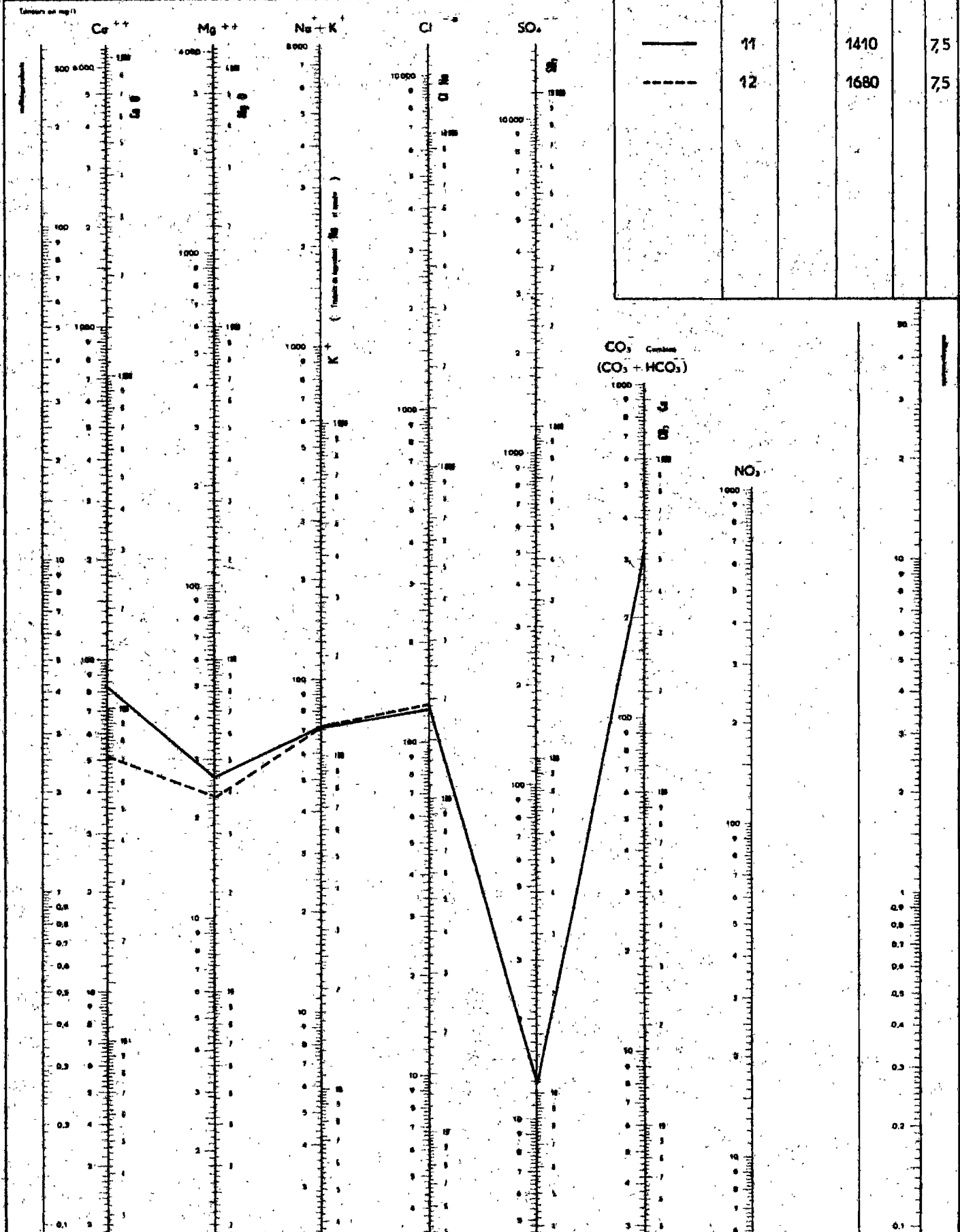
[illegible]

HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAURapport H. SCHMELTER
M. N. BERKALOFF

L E G E N D E

Figure	no	Res. sec. mg/l	p ohms/cm	dp	pH
—	11		1410		7,5
- - -	12		1680		7,5



LIFOU
Chépénéhé - Mutchaweng P 1

Date **MAI 1971**

ANALYSE D'EAUX

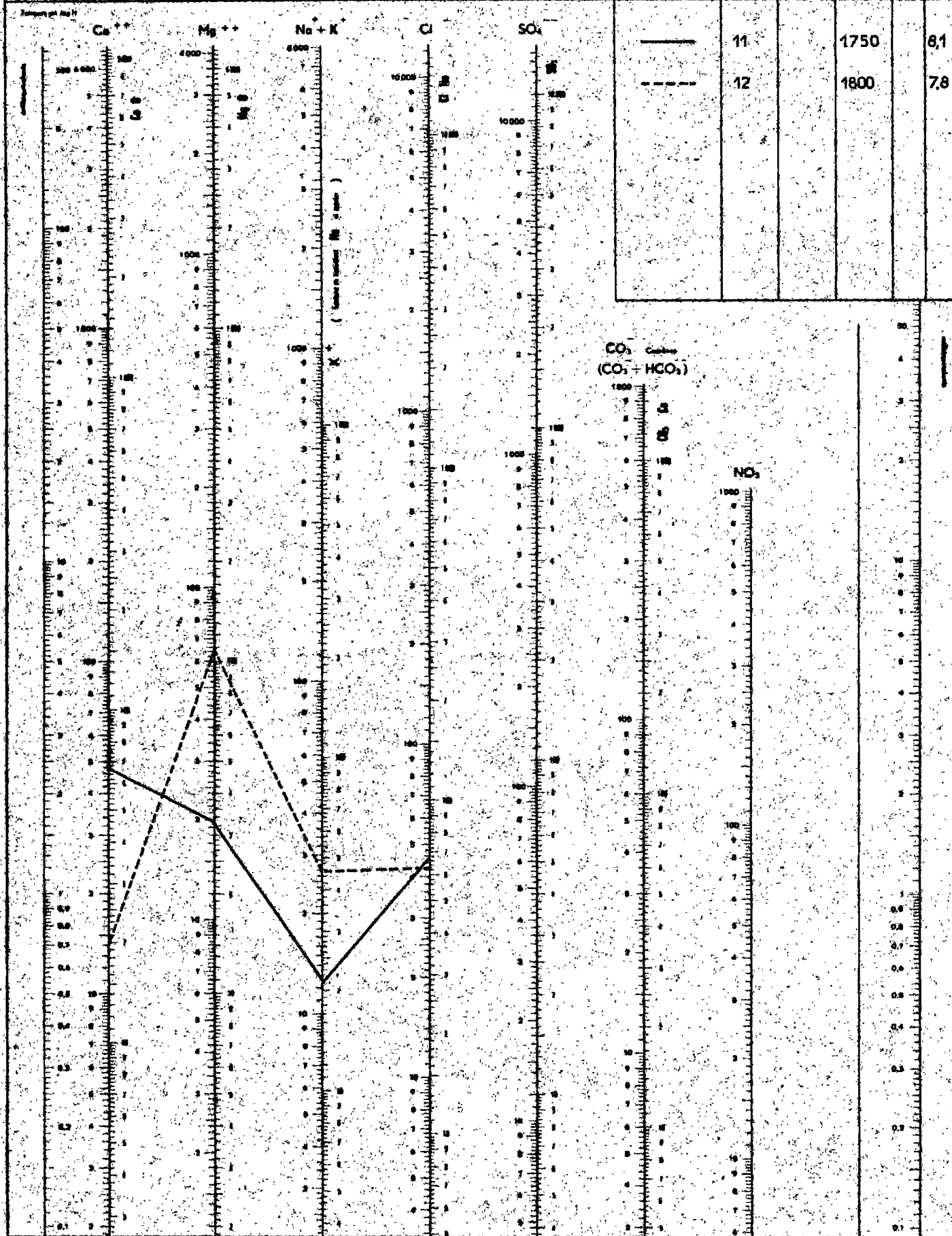
[illegible]

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

4-000000-22 DEPT. OF JUSTICE
U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

LEG E N D E

L E G E N D E					
Figure	no	Res. acc. mg/l	p ohm/cm	no	pH
—————	11		1750		8.1
-----	12		1800		7.8



F 2 - REGION DE CHEPENEHE

Deux séries d'analyses ont été réalisées au début de l'année 1971. Ces prélèvements ont été effectués à 23, 25 et 27 m soit respectivement + 0,24 m, - 1,76 m, - 3,76 m par rapport au 0 S.H. ou encore à - 1,85 m, - 3,85 m, - 5,85 m sous la surface.

La première remarque à formuler est l'importance des teneurs en Cl^- comprises entre 150 et 250 mg/l, c'est à dire à la limite des normes souhaitables en ce qui concerne cette dernière valeur. L'évolution de cette concentration sur 3 à 4 m d'épaisseur d'eau, sans être très importante n'est pas négligeable.

Les teneurs en Ca^{++} et Mg^{++} sont également élevées et voisines de 6,0 mé/l.

L'eau de ce forage ainsi considérée conserve une potabilité assez moyenne. Mais les résultats traduisent une très légère contamination saline qui pourrait éventuellement prendre de l'importance en cas de pompage. A 2,0 m de profondeur, le rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$ est voisin de 1,0 et indique la présence d'une eau légèrement contaminée.

NANG - F 12 - P 2

Les eaux de ces deux forages, pourtant situés à proximité l'un de l'autre ne présentent pas la même composition chimique. (Les analyses effectuées sur des eaux du P 2 ne peuvent être comparées qu'à la série n° 1 du F 12, les prélèvements ayant été faits à peu près à la même époque. Les analyses n° 27 et 28 du F 12 ont été réalisées sur des prélèvements effectués les 17 et 18 Juin 1972).

Les eaux du forage n° 12 sont moins minéralisées, la différence portant sur 300 mg/l. Cette minéralisation n'est d'ailleurs pas constante puisqu'en Juin 1972 toutes les concentrations sont supérieures à celle de 1971 à la même époque.

Les teneurs en chlorures sont faibles, l'eau est de bonne qualité.

LIFOU Chépénéhé F 2

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

SECTION HYDROLOGIE

ANALYSE D'EAUX

Série 1

Date MARS 1971

Echantillon	1.1		1.2		1.3			
pH	7,6		7,6		7,6			
ρ cm2/cm 21°C	1240		1080		910			
T° C								
TA mé/l								
TAC mé/l	4,42		4,56		4,54			
TH tot.mé/l	5,41		5,42		5,92			
r SO ₄ Cl								
r Mg -Ca	6,72		1,94		2,02			
Σ ⁺ mg/l	595,5		683,0		794,2			
Ho m	+ 0,24		- 1,76		- 3,76			
Hs m	- 1,85		- 3,85		- 5,85			
mé/l OH ⁻ mg/l								
CO ₃ ⁻⁻								
HCO ₃ ⁻	4,42	269,6	4,56	278,2	4,54	276,9		
Cl ⁻	4,64	161,9	5,96	208,1	7,84	273,4		
SO ₄ ⁻⁻								
Mg ++	4,71	57,0	3,58	43,3	3,96	47,9		
Ca ++	0,70	14,0	1,84	36,8	1,96	39,2		
Na +	3,80	87,4	4,80	110,4	6,40	147,2		
K +	0,105	4,09	0,121	4,72	0,161	6,3		
SiO ₂ mg/l		1,45		1,55		3,55		
Fe mg/l								
Al mg/l								

LIFOU Chépénéhé F 2

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

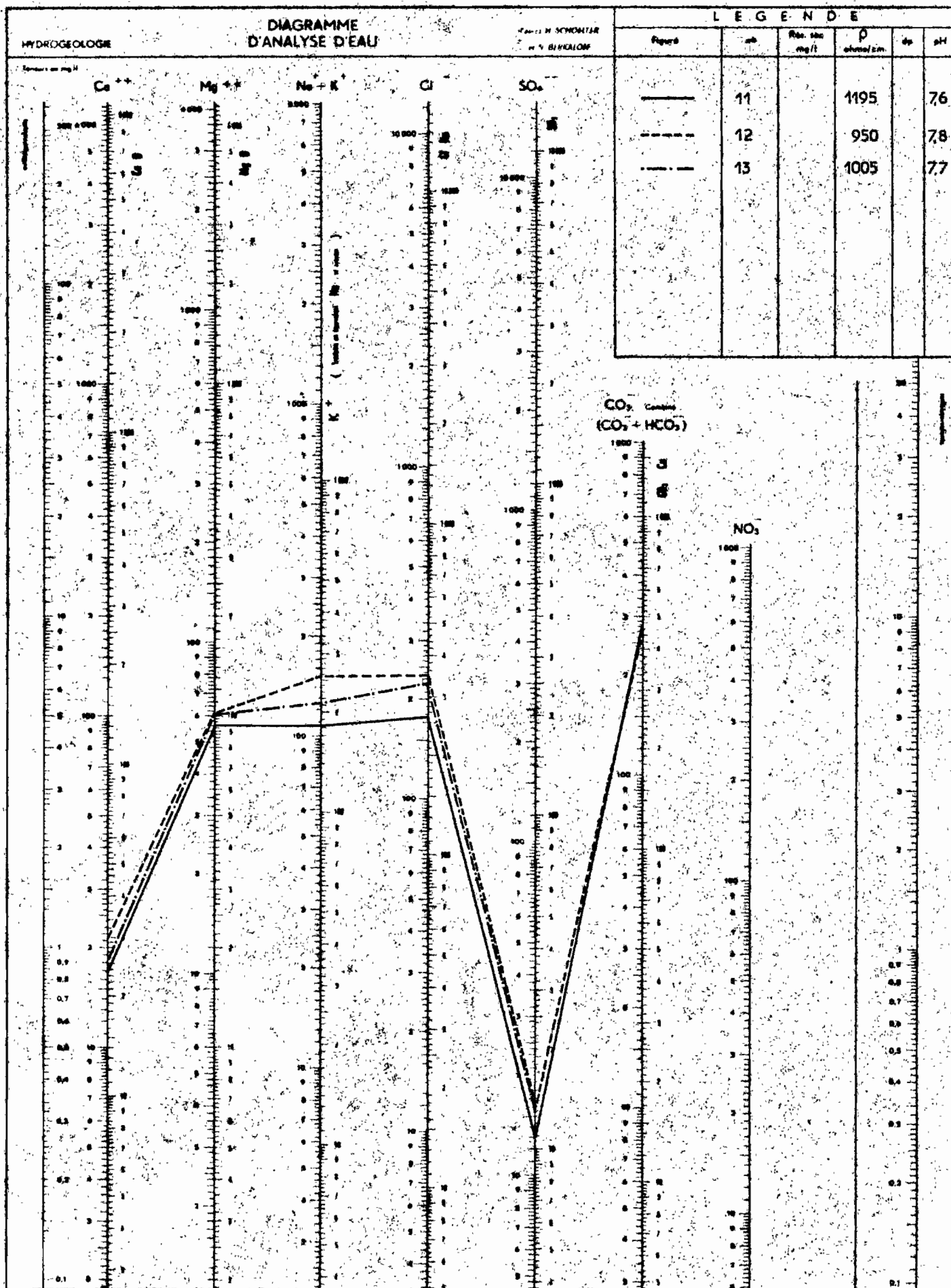
Série2.....

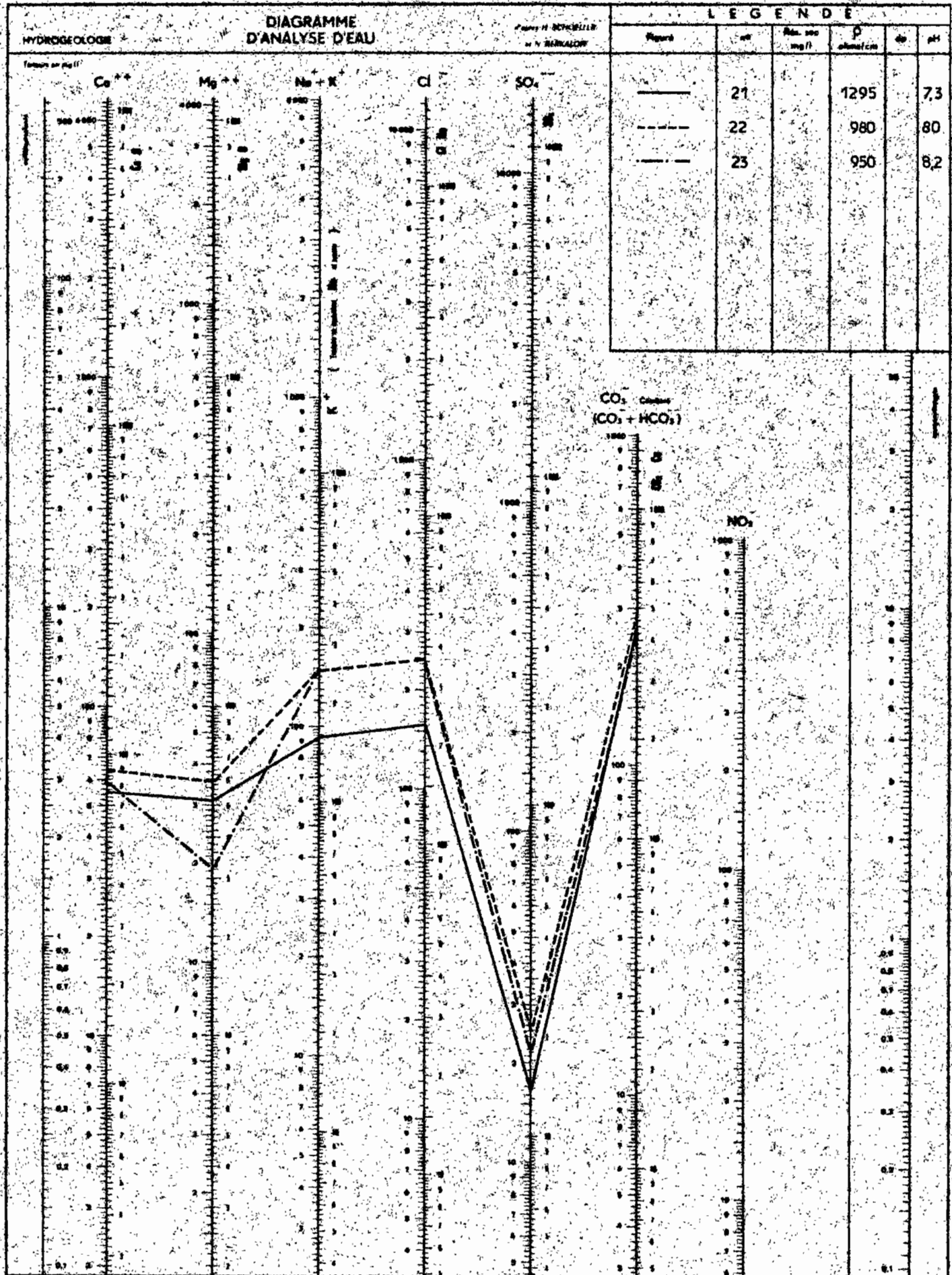
SECTION HYDROLOGIE

DateMAI 1971.....

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	2.1	2.2	2.3			
pH	7,6	7,8	7,7			
ρ Ω cm2/cm 21°C	1195	950	1005			
T° C						
TA mé/l						
TAC mé/l	4,50	4,68	4,68			
TH tot.mé/l	5,44	6,04	5,87			
r $\frac{SO_4}{Cl}$	0,053	0,051	0,049			
r $\frac{Mg}{-Ca}$	5,63	4,70	5,52			
Σ + -mg/l	640,7	769,9	738,8			
H ₂ O B	- 0,24	- 1,76	- 3,76			
H ₂ S m	- 1,85	- 3,85	- 5,85			
mé/l OH ⁻ mg/l						
CO ₃ ⁻⁻						
HCO ₃ ⁻	4,50	274,5	4,68	285,5	4,68	285,5
Cl ⁻	4,88	173,2	6,60	234,3	6,32	224,4
SO ₄ ⁻⁻	0,26	12,9	0,34	16,7	0,31	15,4
Mg ++	4,62	56,2	4,98	60,6	4,97	60,4
Ca ++	0,82	16,40	1,06	21,2	0,90	18,0
Na +	4,25	97,7	6,05	139,1	5,40	124,2
K +	0,25	9,8	0,32	12,5	0,23	10,94
SiO ₂ mg/l						
Fe mg/l						
Al mg/l						





LIFOU
Nang F 12

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

SECTION HYDROLOGIE

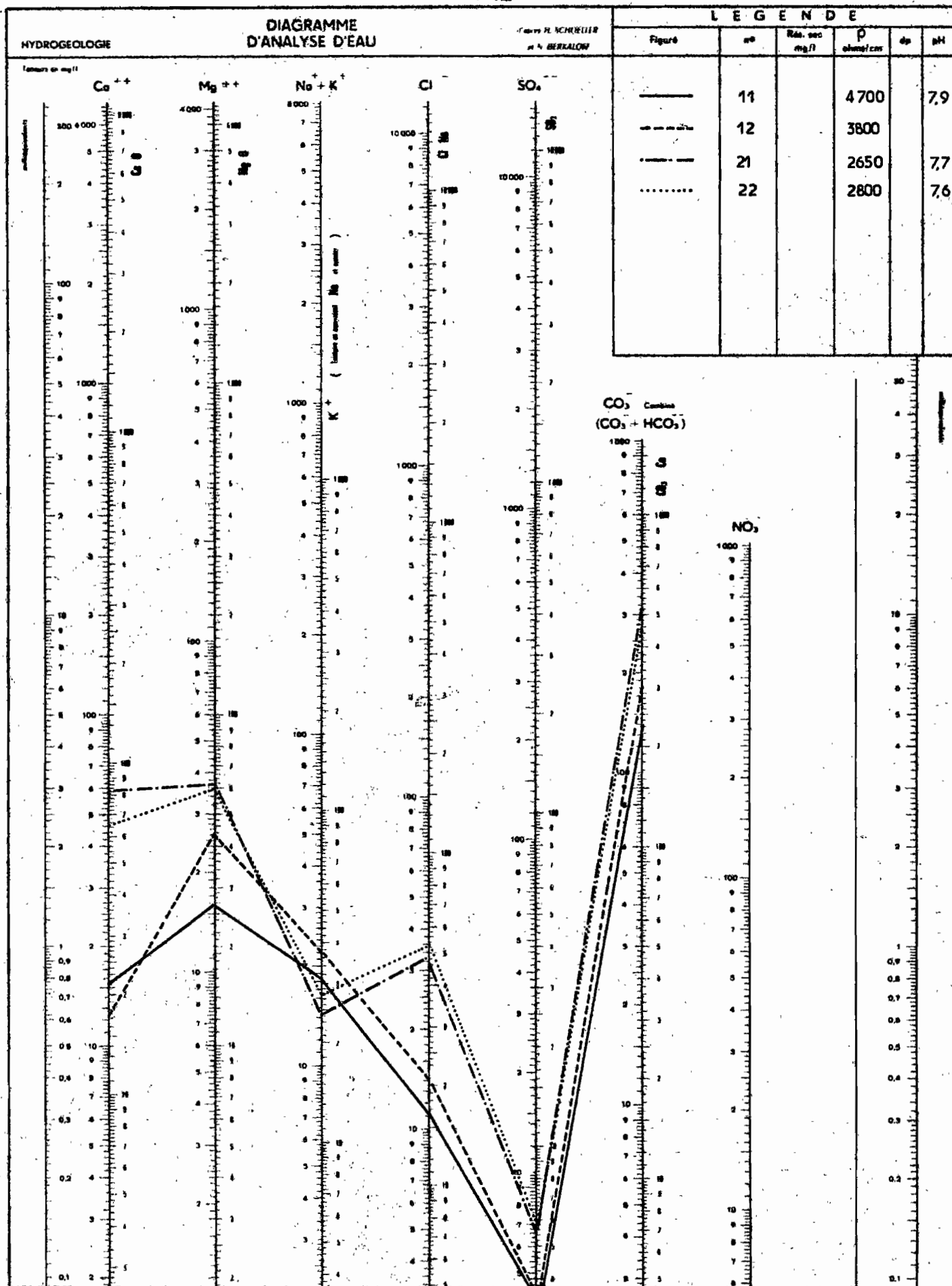
Série 1 - 2

Date 1) MAI 1971

JUIN 1972

ANALYSE D'EAUX

[illegible]



LIFOU
Nang P 2

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

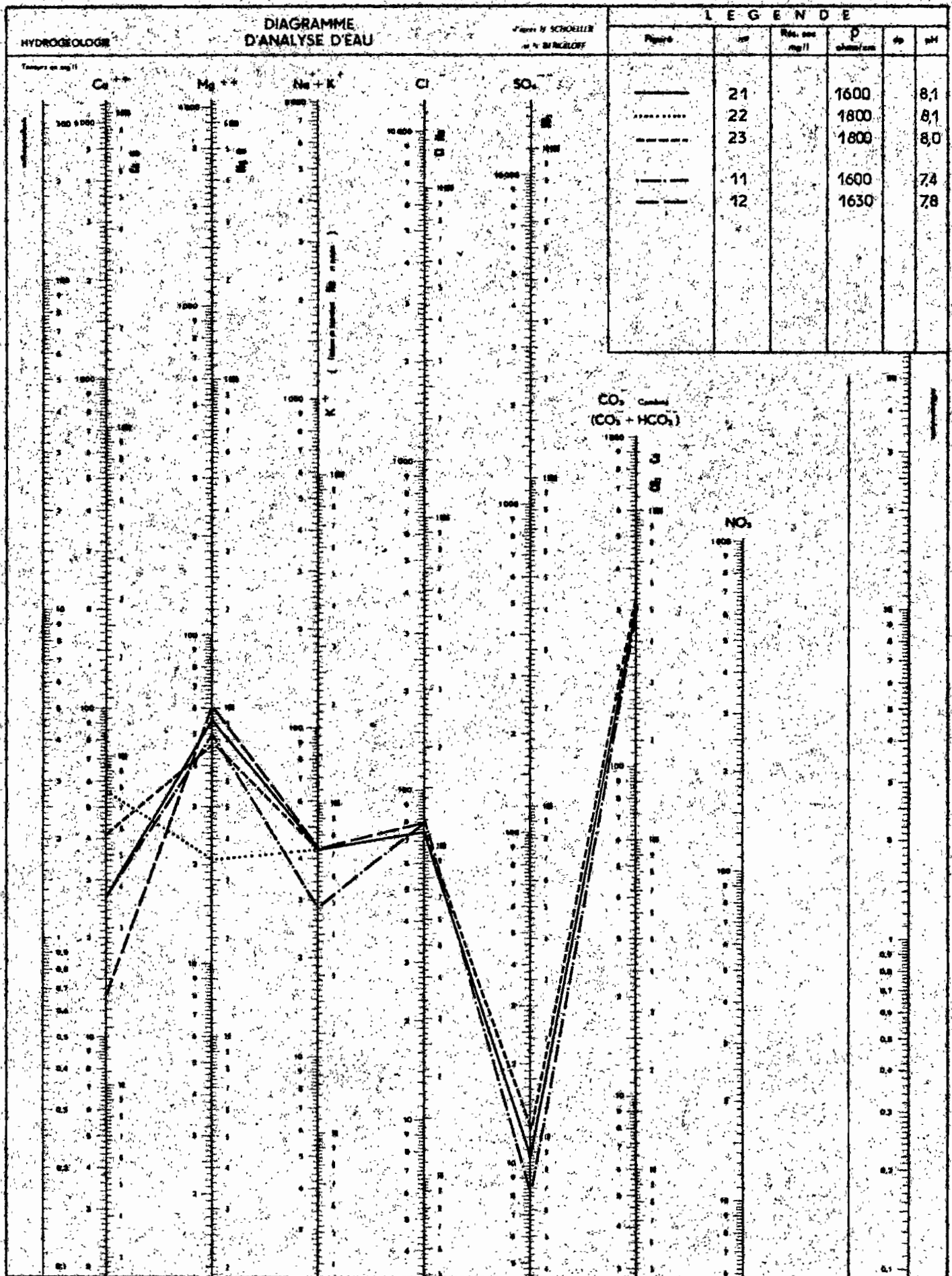
Série 1 - 2

SECTION HYDROLOGIE

Date 1 - MAY 1971
2 - JUIN 1971

ANALYSE D'EAUX

[illegible]



WAIMENE - F 7

Deux analyses ont été effectuées sur les eaux de ce forage, l'une le 4 Août 1972, l'autre le 6, après un essai de pompage dont les caractéristiques étaient : 2,5 m³/h pendant 8 h, avec un rabattement maximum de 2,19 m. Les résultats figurant sur le graphique suivant et font apparaître une variation négligeable dans la composition chimique de l'eau, qui reste dans ces conditions une eau de bonne qualité.

DOUEOULOU - HAPETRA F 10

Dans les analyses d'eau effectuées sur ce forage, on remarquera que les teneurs en chlorures sont assez constantes, voisines de 100 mg/l qu'il s'agisse des analyses de 1971 ou de celles de 1972 ; de celles effectuées sur échantillon avant pompage ou après (les caractéristiques du pompage étaient les suivantes : Q = 10,7 m³/h, t = 6 h, $\Delta = 1,01$ m). L'eau dans tous les cas reste d'une assez bonne qualité légèrement chargée en Na⁺ et Mg⁺.

HAPETRA - WE : F 9 bis, P 3, F 1

Il n'y a rien à signaler sur les eaux de ces forages qui sont de bonne qualité, en particulier celles du forage F 1 dont la minéralisation globale est de l'ordre de 300 mg/l, les teneurs en Cl⁻ sont faibles, 20 mg/l.

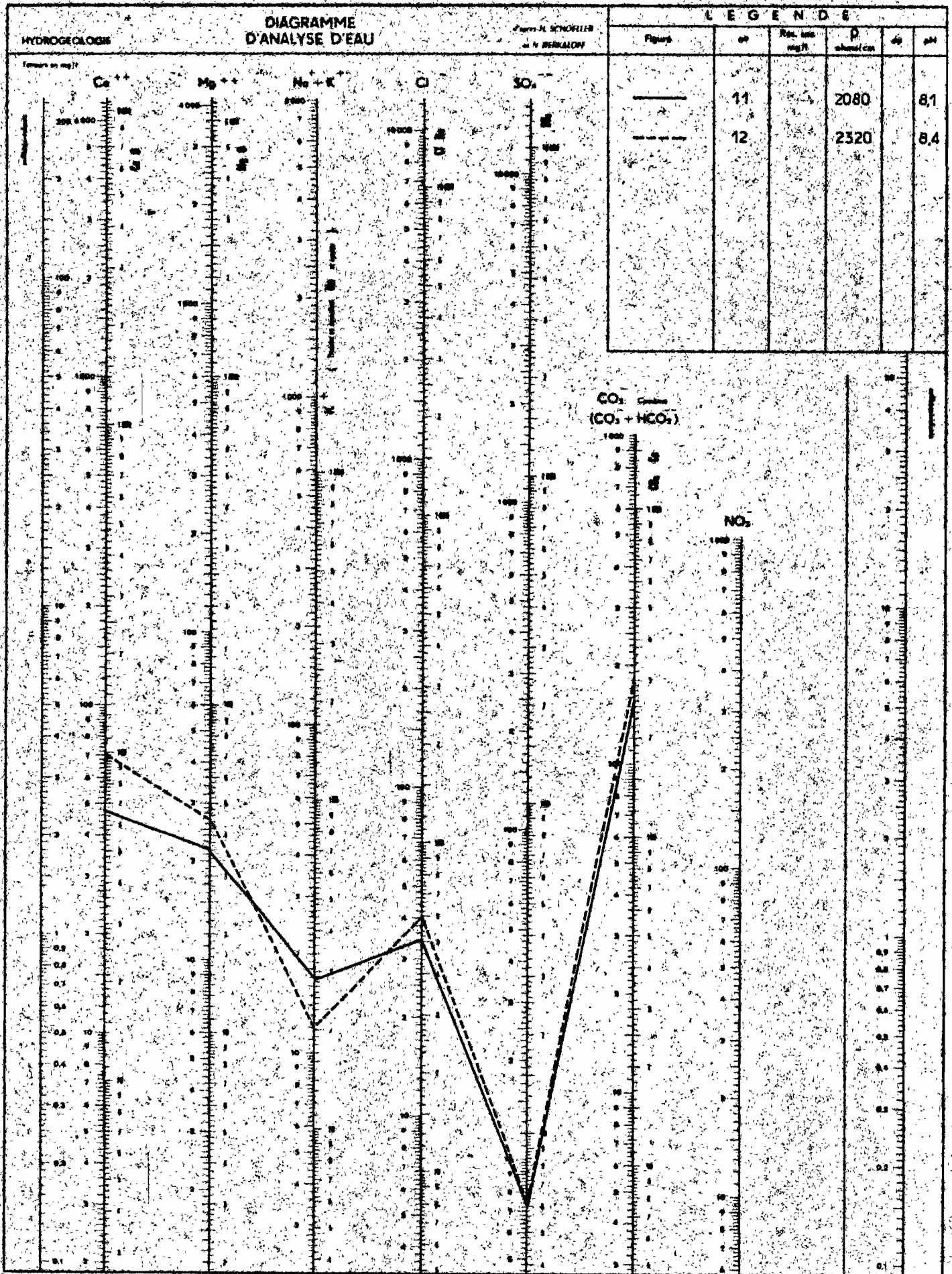
KEDEIGNE F 14

Trois analyses différentes effectuées sur des prélèvements de Juin 1972, ont donné des résultats quasiment identiques. Les eaux de ce forage présentent une bonne potabilité.

Waimene F7

Date 4-6/08/72

[illegible]



LIFOU Hapétra F 10

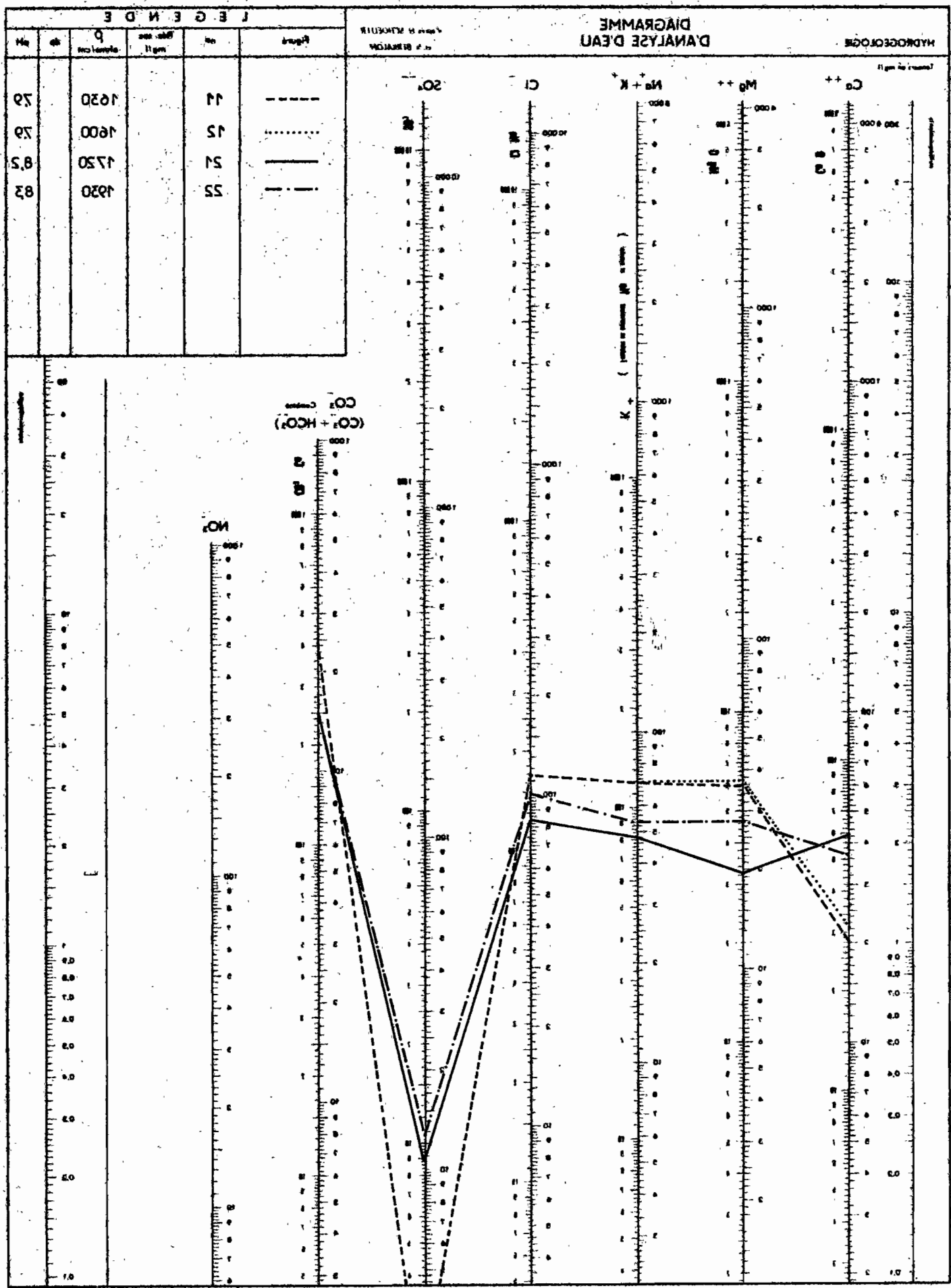
CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

SECTION HYDROLOGIE

ANALYSE D'EAUX

Série 1 - 2
Date 1) MARS 1971
..... 2) AOÛT 1972

Echantillon	1.1		1.2		2.1		2.2	
pH	7,9		7,9		8,2		8,3	
$\rho \Omega$ cm ² /cm 21°C	1630		1600		1720		1930	
T° C								
TA mé/l					2,42		2,52	
TAC mé/l	3,50		4,02					
TH tot.mé/l	3,96		4,14					
r SO ₄ Cl					0,087		0,091	
r Mg -Ca	2,96		2,76		1,24		0,75	
Σ + -mg/l	457		493		379,2		359,6	
Ho m	0		- 2,0					
Hs m	- 2,0		- 4,0					
mg/l OH ⁻ mg/l								
CO ₃ ⁼⁼					2,42	147,6	2,52	153,7
HCO ₃ ⁻	3,50	213,5	4,02	245,2				
Cl ⁻	3,30	115,0	3,28	114,3	2,85	101	2,40	85,2
SO ₄ ⁼⁼					0,25	12,1	0,22	10,5
Mg ++	2,96	35,8	3,04	36,8	2,30	28,0	1,60	19,5
Ca ++	1,00	20,0	1,10	22,0	1,86	37,2	2,13	42,5
Na +	2,90	66,7	2,90	66,7	2,17	50,0	2,01	46,2
K +	0,111	4,33	0,111	4,33	0,08	3,0	0,05	2,0
SiO ₂ mg/l		2,20		3,50				
Fe mg/l								
Al mg/l								



LIFOU Hapétra - Wé F9bis - F1

CENTRE OBTOM DE NOUMEA

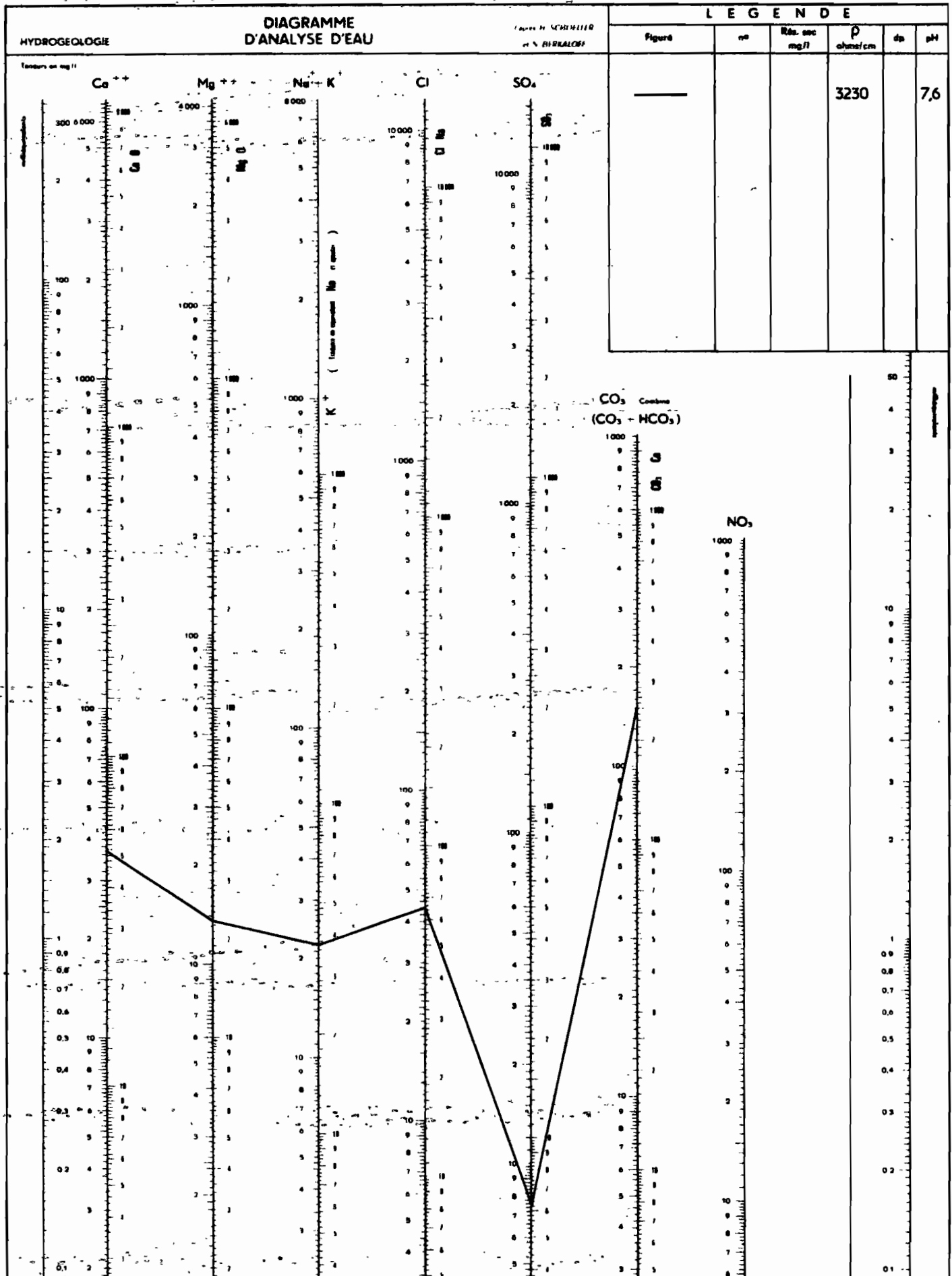
Série

SECTION HYDROLOGIE

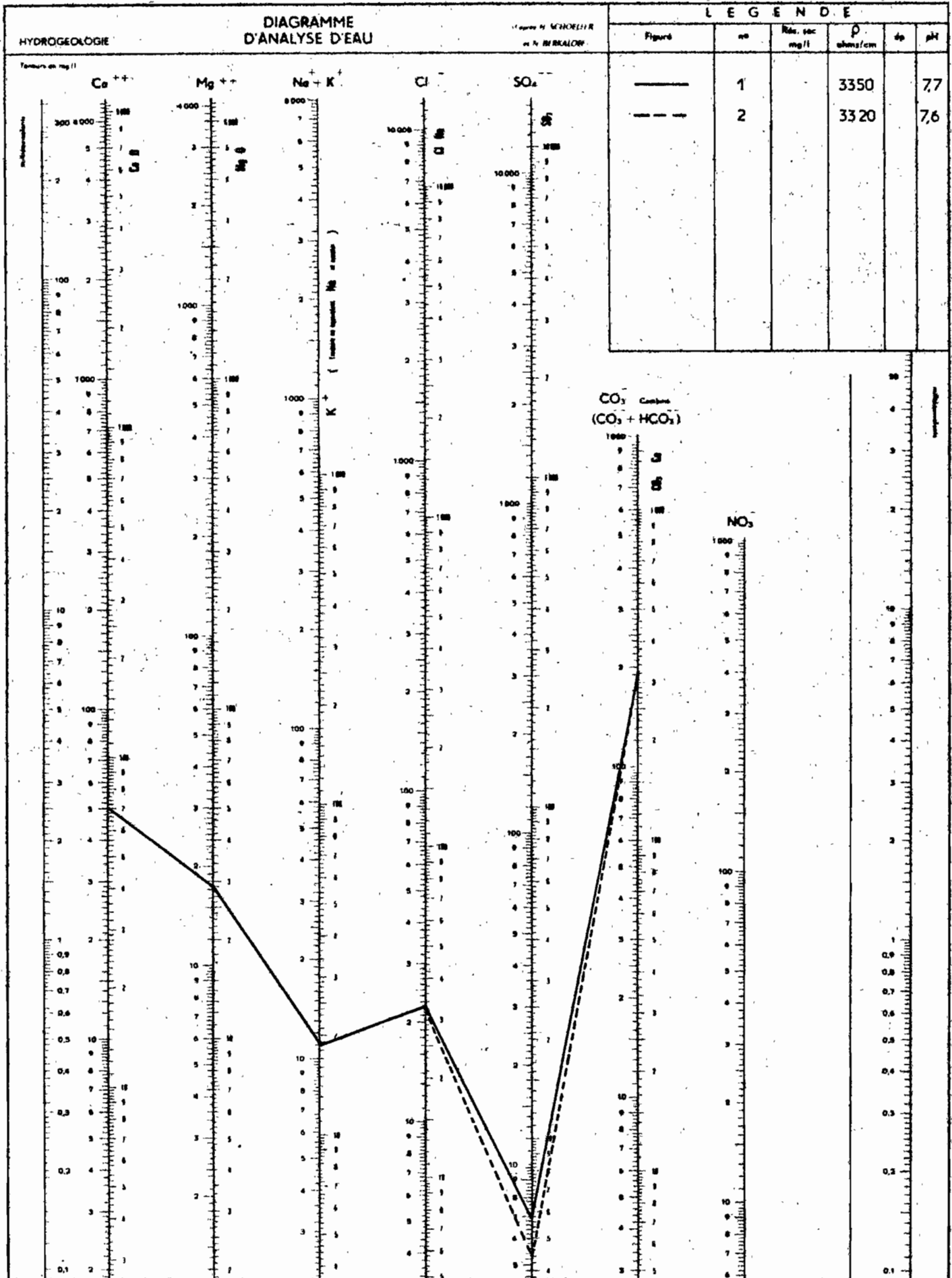
Date MAI 1972

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	F ₉ bis		F ₁ - 1		F ₁ - 2	
pH	7,6		7,7		7,6	
ρ Ω cm ² /cm 21°C	3230		3350		3320	
T° C						
TA mé/l						
TAC mé/l	2,48		3,24		3,20	
TH tot. mé/l	2,98		3,88		3,86	
r SO ₄ Cl	0,13		0,23		0,17	
r Mg -Ca	0,59		0,58		0,57	
Σ ⁺ mg/l	276,4		303,3		300,8	
Ho						
Hs						
mg/l OH ⁻ mg/l						
CO ₃ ⁻⁻						
HCO ₃ ⁻	2,48	151,3	3,24	197,6	3,20	195,2
Cl ⁻	1,24	44,0	0,60	21,3	0,64	22,7
SO ₄ ⁻⁻	0,16	7,65	0,14	6,85	0,11	5,35
Mg ++	1,11	13,5	1,43	17,4	1,41	17,2
Ca ++	1,87	37,4	2,45	49,0	2,45	49,0
Na +	0,95	21,8	0,47	10,8	0,48	11,0
K +	0,02	0,8	0,01	0,4	0,01	0,4
SiO ₂ mg/l						
Fe mg/l						
Al mg/l						



F1



LIFOU

Wé - Hapétra P3

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

SECTION HYDROLOGIE

ANALYSE D'EAUX

Série 1 - 2
 Date 1) MAI 1971
 2) JUIN 1971

Echantillon	1.1		1.2				2.1		2.2	
pH	7,8		7,7				7,9		7,9	
ρ Ω cm2/cm 21°C	3250		3200				3600		3100	
T° C										
TA mé/l										
TAC mé/l	2,82		3,16				2,40			
TH tot.mé/l	2,96		2,90				2,41		3,12	
r SO ₄ Cl	0,050		0,046				0,092		0,092	
r Mg -Ca	0,83		3,83				0,31		1,05	
Σ ⁺ -mg/l	261,5		269,6				230		272,5	
Ho n	+ 1,40		- 0,10				+ 0,90		0,10	
Hs m	- 1,90		- 3,40				- 2,40		- 3,40	
mé/l OH ⁻ mg/l										
CO ₃ ⁻⁻⁻										
HCO ₃ ⁻	2,82	172	3,16	192,8			2,40	146,4	3,0	183,0
Cl ⁻	0,60	21,3	0,64	22,7			0,65	23,1	0,65	23,1
SO ₄ ⁻⁻⁻	0,03	1,86	0,03	1,67			0,06	3,22	0,06	3,22
Mg ++	1,34	16,3	2,30	28,0			0,57	6,9	1,60	19,4
Ca ++	1,62	32,4	0,60	12,0			1,84	36,8	1,52	30,4
Na +	0,70	16,1	0,46	10,6			0,54	12,4	0,44	10,6
K +	0,04	1,56	0,05	1,95			0,04	1,56	0,07	2,7
SiO ₂ mg/l										
Fe mg/l										
Al mg/l										

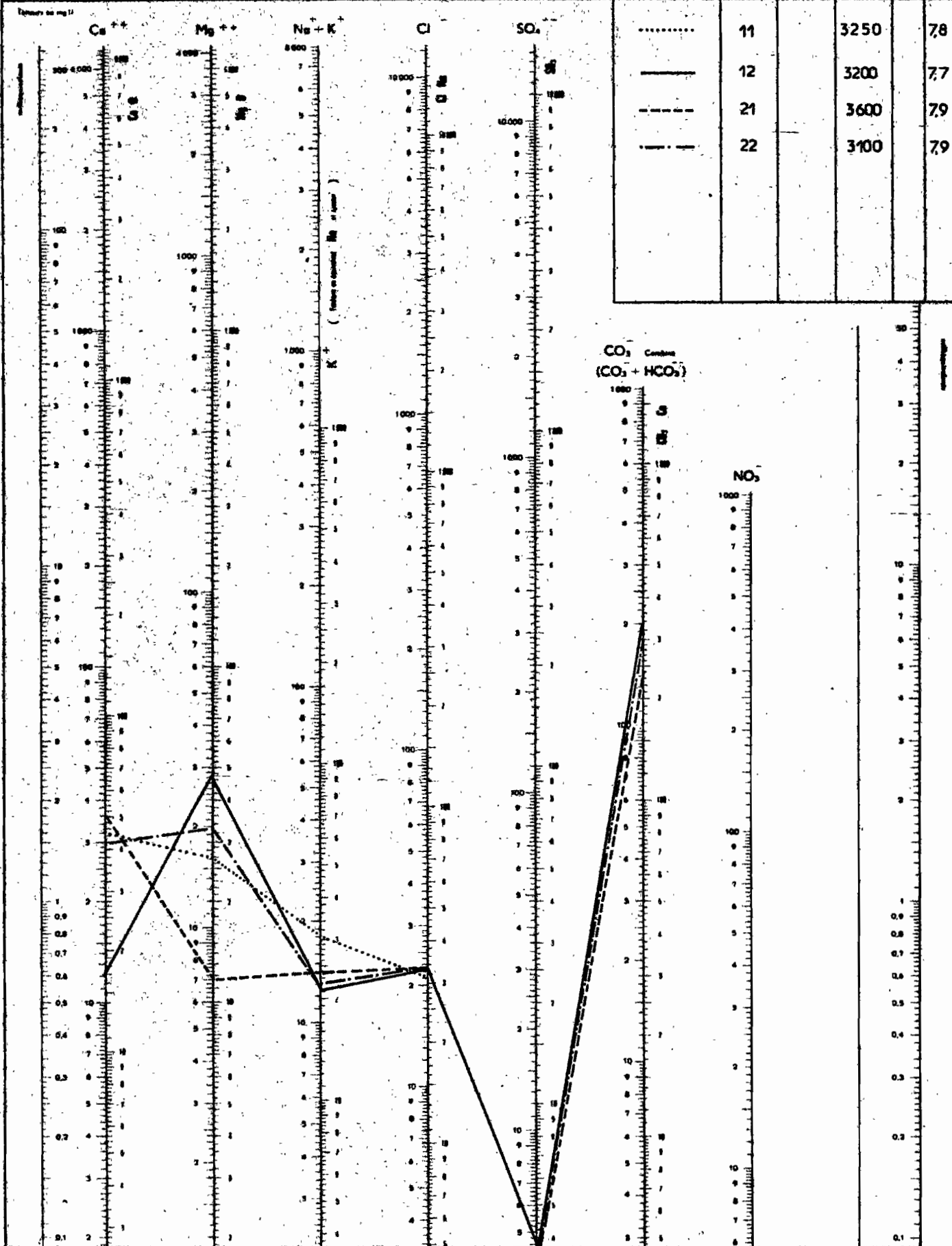
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

HYDROGEOLOGIE

Par M. SCHÖLLER
et M. BÉRALDIN

LEGENDE

Figure	no	Rés. sec mg/l	P atm/cm	de	pH
.....	11		3250		7,8
—	12		3200		7,7
- - -	21		3600		7,9
- . -	22		3100		7,9



LIFOU Kédéigne F 14

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

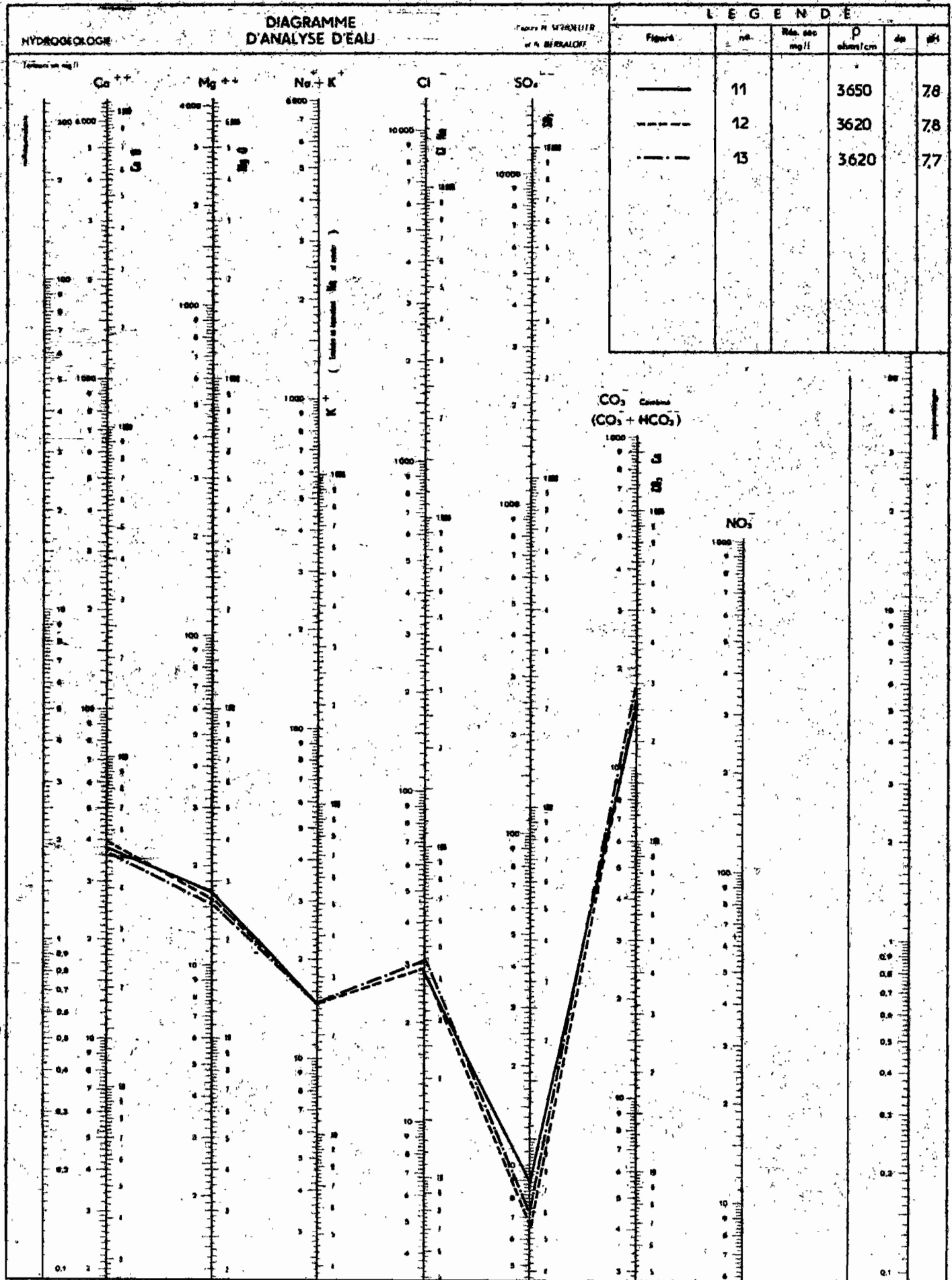
SECTION HYDROLOGIE

ANALYSE D'EAUX

Série1.....

DateMAI 1972.....

Echantillon	1.1	1.2	1.3							
pH	7,8	7,8	7,7							
ρ Ω cm ² /cm 21°C	3650	3620	3620							
T° C										
TA mé/l										
TAC mé/l	2,64	2,60	2,76							
TH tot.mé/l	3,30	3,32	3,14							
r SO ₄ Cl	0,17	0,24	0,17							
r Mg -Ca	0,67	0,70	0,68							
Σ ⁺ -mg/l	267,7	266,3	274,5							
Ho m										
Hs m										
mé/l OH ⁻ mg/l										
CO ₃ ⁻⁻⁻										
HCO ₃ ⁻	2,64	161	2,60	158,6	2,76	168,4				
Cl ⁻	0,84	29,8	0,80	28,4	0,88	31,2				
SO ₄ ⁻⁻⁻	0,14	6,65	0,19	8,9	0,15	7,3				
Mg ++	1,32	16,0	1,37	16,7	1,27	15,5				
Ca ++	1,98	39,6	1,95	39,0	1,87	37,4				
Na +	0,62	14,2	0,62	14,2	0,62	14,2				
K +	0,02	0,5	0,02	0,5	0,02	0,5				
SiO ₂ mg/l										
Fe mg/l										
Al mg/l										



KEDEIGNE - P 6

Nous ne possédons pas sur ce forage d'analyse correspondant à des prélèvements effectués à la même époque que sur le forage précédent. Les prélèvements effectués sur le P 6 datent du début de l'année 1971. Cependant étant données les variations annuelles relativement peu importantes observées sur les autres forages, les analyses sont malgré tout comparables. L'intérêt de la comparaison réside dans le fait que ces deux forages intéressent la même région, et sont situés à 3 km de distance. Or la composition chimique des eaux qui y sont prélevées sont très différentes. Les eaux du P 6 sont assez fortement minéralisées 1,5 g/l (la minéralisation globale au F 14 était 0,025 g/l). Cette minéralisation est surtout le fait des carbonates et bicarbonates de sodium. On observe également une teneur en sulfate très supérieure à celle que l'on observe sur la majorité des eaux des autres forages. Enfin le pH qui dans tous les cas est voisin de la neutralité (7,4 à 8,2) ou très légèrement alcalin atteint ici la valeur franchement basique de 9,4 en raison de l'excès d'ions Na^+ et K^+ . Enfin des renseignements complémentaires indiquent que l'eau avait un aspect trouble.

On ne peut pas parler ici d'éventuelle contamination par l'eau de mer. D'une part le forage est relativement éloigné de la mer et d'autre part les teneurs en chlore ne sont pas en rapport avec celles de Na^{++} pour confirmer une telle hypothèse. L'origine de cette particularité doit être recherchée dans un niveau géologique particulier. Nous ne conseillons pas l'utilisation de cette eau de potabilité médiocre à des fins domestiques. Le rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ (0,23) confirme d'ailleurs l'absence de contamination par l'eau de mer.

Une dernière hypothèse enfin n'est pas à exclure qui est celle d'une éventuelle pollution chimique à partir de substances étrangères qu'aurait contenues le flacon collecteur.

Kédéigne P6

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

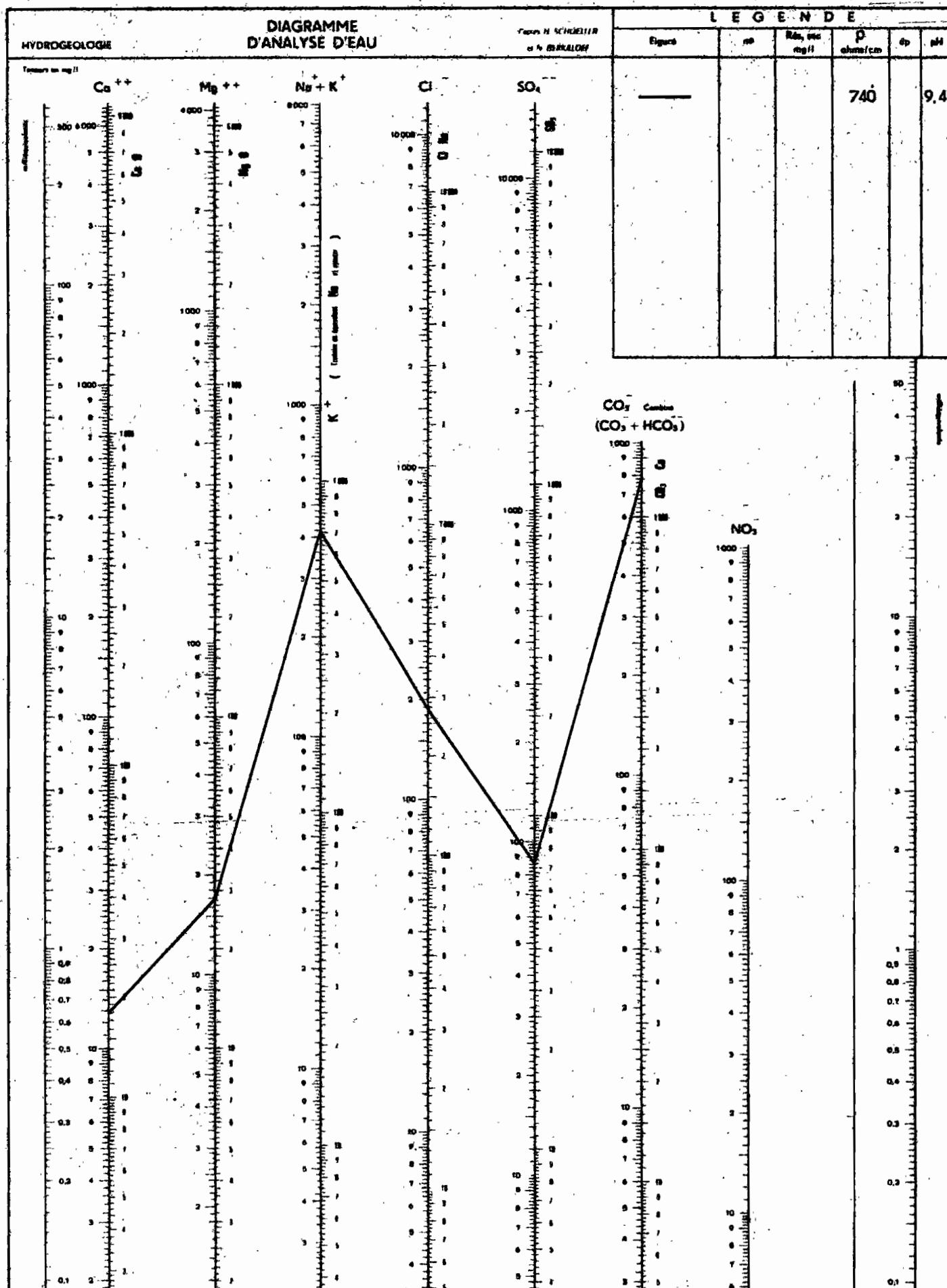
Série

SECTION HYDROLOGIE

Date MAI 1971

ANALYSE D'EAUX

[illegible]



NATCHAOM - F 6

Deux séries d'analyses ont été effectuées en Juin et Juillet 1972 sur des prélèvements issus de ce forage. L'eau est de bonne qualité. Le titre hydrotimétrique est compris entre 3,71 et 4,60, la teneur en chlorures n'excède pas 40 mg/l sauf pour le prélèvement n° 1.1. effectué à - 7,50 m sous la surface piézométrique où celle-ci atteint 89 mg/l.

HMELECK - F 17 - F 20

Deux séries d'analyses ont été réalisées sur les eaux de ces deux forages en Juillet 1972. Pour chacun de ces forages, un prélèvement a été effectué avant pompage et après.

Pour le F 17, le pompage du 17/07/72 avait les caractéristiques suivantes : $Q = 11,8 \text{ m}^3/\text{h}$, $t = 4 \text{ h}$, $\Delta = 0,09 \text{ m}$. Pour le F 20, le pompage du 21/07/72 à débit maximum avait les caractéristiques suivantes : $Q = 12,7 \text{ m}^3/\text{h}$, $t = 1 \text{ h}$, $\Delta = 1,44 \text{ m}$.

Dans un cas comme dans l'autre, on constate que les pompages n'ont eut aucune influence sur la composition chimique de la nappe à cet endroit.

Nous ne manquerons pas de remarquer à cette occasion, outre l'excellente qualité chimique des eaux de cette région, les grandes possibilités apparentes du forage n° 17.

LIFOU Natchaom F6

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série 1 - 2

SECTION HYDROLOGIE

Date 1... 14/06/72

ANALYSE D'EAUX

2 4-5/07/72

Echantillon	11		12				21		22	
pH	7,7		7,7				7,8		7,7	
ρ Ω cm2/cm 21°C	2020		2700				3200		2800	
T° C										
TA mé/l										
TAC mé/l	5,44		5,00				4,2		4,4	
TH tot.mé/l	3,71		4,09				4,36		4,60	
r SO ₄ Cl	0,064		0,154				0,119		0,136	
r Mg -Ca	0,56		1,39				1,12		0,97	
Σ + -mg/l	535		433,5				371,9		393,3	
Ho m	- 4,9		- 2,9							
Hs m	- 7,50		- 5,50							
mé/l OH ⁻ mg/l										
CO ₃ ⁻⁻⁻										
HCO ₃ ⁻	5,44	331,8	5,00	305			4,2	256,2	4,4	268,4
Cl ⁻	2,50	88,8	1,10	39,1			0,84	29,8	0,88	31,2
SO ₄ ⁻⁻⁻	0,16	7,8	0,17	8,25			0,10	4,9	0,12	5,55
Mg ++	1,34	16,4	2,38	29,0			2,30	28	2,27	27,6
Ca ++	2,37	47,4	1,71	34,1			2,06	41,1	2,33	46,6
Na +	1,79	41,2	0,77	17,7			0,52	11,9	0,61	14,0
K +	0,04	1,6	0,01	0,4			0	0	0	0
SiO ₂ mg/l										
Fe mg/l										
Al mg/l										

Hméléck F 17 - F 20

Date F 17 17/07/72
F 20 21/07/72

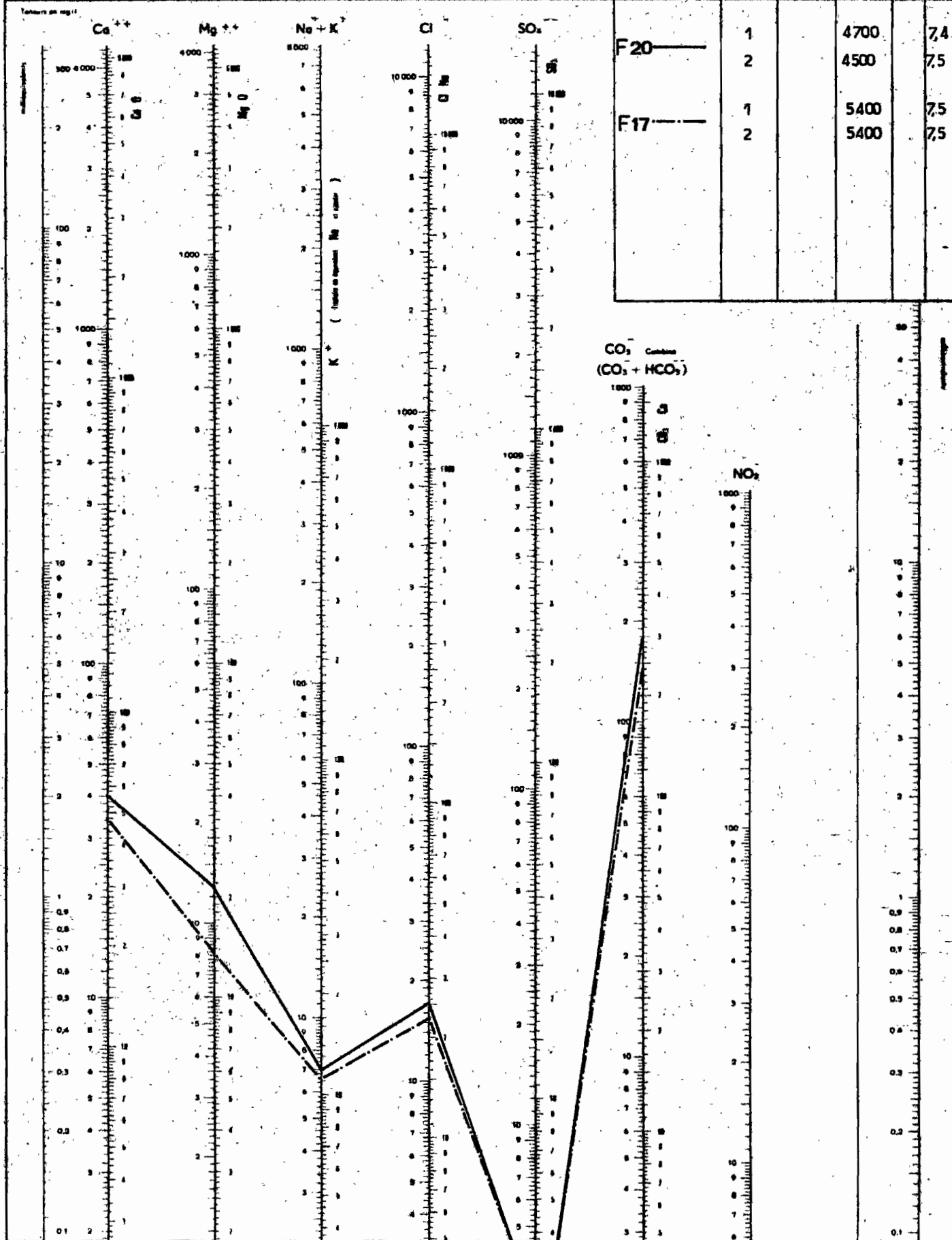
[illegible]

HYDROGÉOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUD'après H. STUMMELER
et N. BERKALOFF

L E G E N D E

Figure	no	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dp	pH
F20	1		4700		7,4
	2		4500		7,5
F17	1		5400		7,5
	2		5400		7,5



WIVATOUL F 18

Les trois séries d'analyses correspondent à des prélèvements effectués les 6, 7 et 8 Juillet 1972. Des essais de pompage eurent lieu les 7 et 8 Juillet dont les caractéristiques sont respectivement $Q = 13,1 \text{ m}^3/\text{h}$, $t = 4 \text{ h } 20$, $\Delta = 1,66$ - $Q = 15,0 \text{ m}^3/\text{h}$, $t = 7 \text{ h}$, $\Delta = 2,04 \text{ m}$. Le graphique correspondant fait apparaître qu'aucun de ces pompages n'a affecté la qualité chimique des eaux de ce forage, dont la potabilité est excellente : TH de l'ordre de 4,0 à 4,5, teneurs en chlorures inférieures à 20 mg/l.

LUENGONI F 19

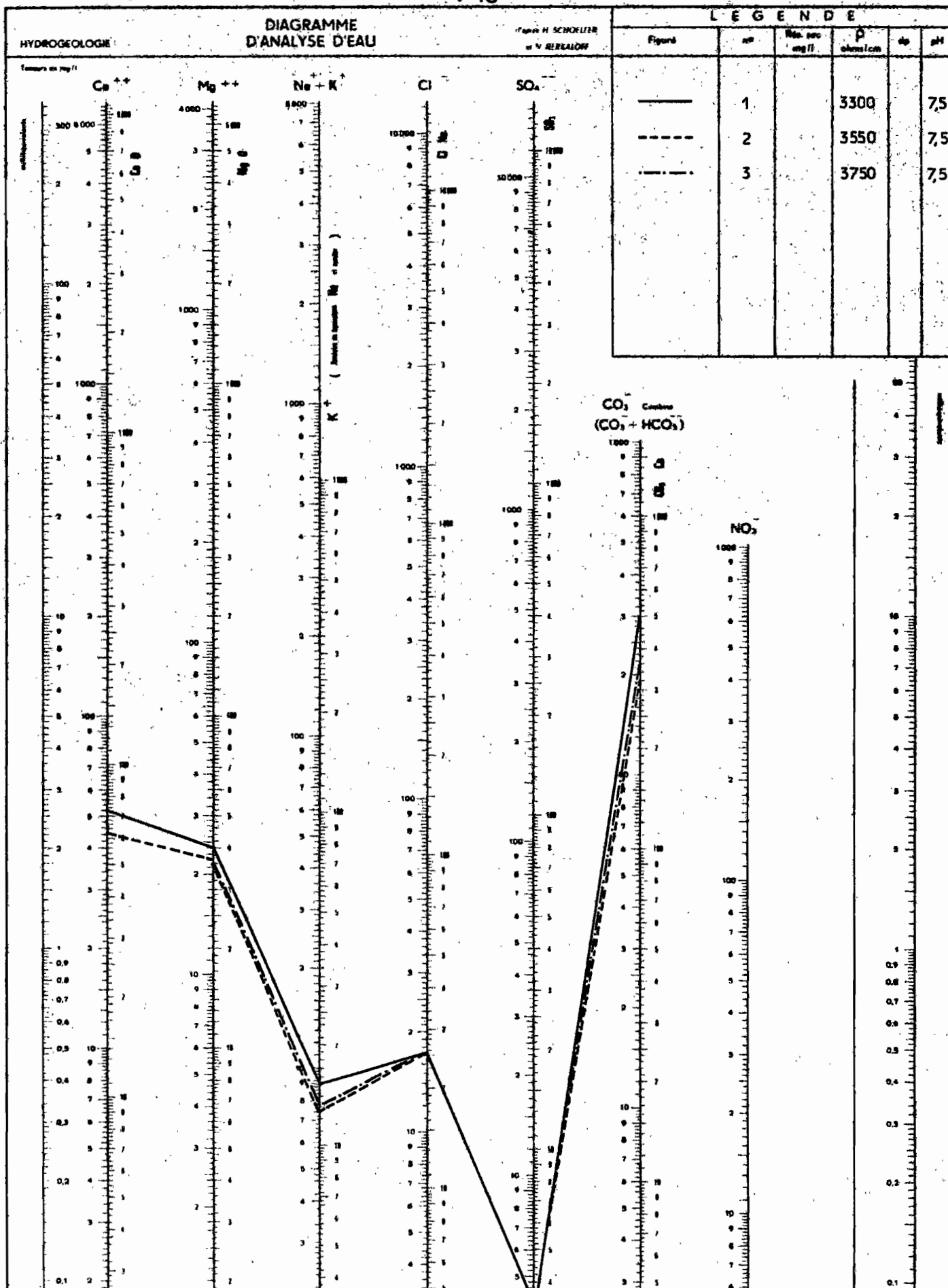
Les deux analyses ont été réalisées sur des prélèvements effectués en Juin 1972. La minéralisation globale des eaux de ce forage est élevée (c'est même une des plus élevées, observée sur la nappe) et supérieure à 2,0 g/l donc au delà déjà des normes de potabilité admises. Le TH est compris entre 12 et 14 et la teneur en chlorures atteint 1,0 g/l - ($\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} = 3,85$).

On observe également des concentrations élevées en sulfates (80 à 200 mg/l). Cette eau nous semble à la limite d'utilisation comme eau de distribution, d'autant plus qu'il est probable que tout pompage ne fera qu'accroître la contamination saline, étant donné la proximité de la côte.

Wiwatoul F 18

Date 1 6.06.72
2 7.06.72
3 8.06.72

[illegible]



LIFOU
Luengoni F 19

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

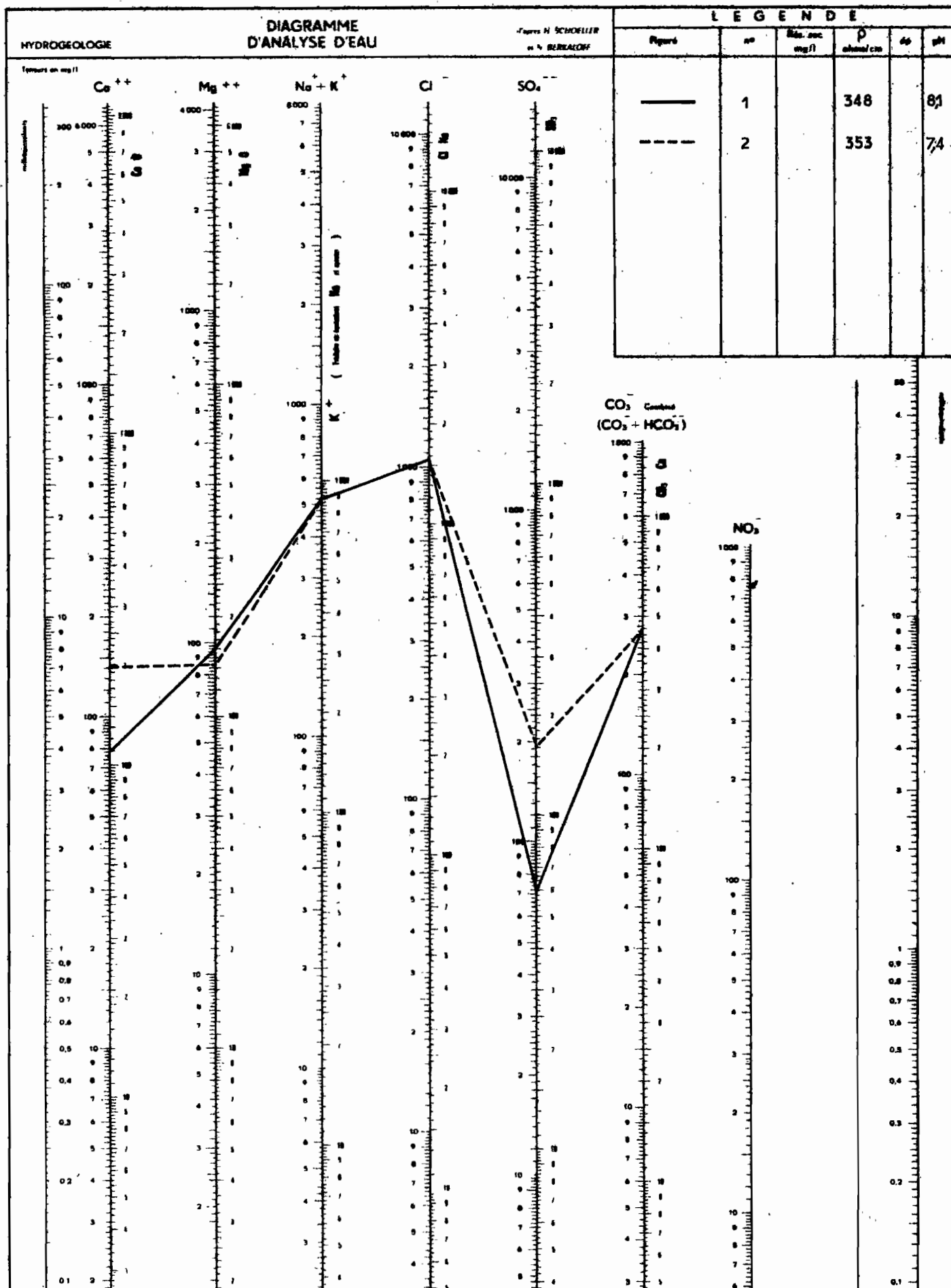
Série

SECTION HYDROLOGIE

Date **JUIN 1972**

ANALYSE D'EAUX

[illegible]



P 7 - P 8 - P 10 -

P 7 : Les résultats de 2 séries d'analyses effectuées début 1971 sont regroupés sur le graphique suivant. Les prélèvements à 36, 38, 40 et 42 m correspondent à des profondeurs moyennes de - 2,50 m ; - 4,50 m ; - 6,50 m ; - 8,50 m ; sous la surface ; les analyses 1 à 4, 5 à 6 correspondent respectivement à une même date de prélèvement.

Sur la série 1 à 4, l'évolution des teneurs avec la profondeur, ne fait apparaître aucune augmentation de la concentration en chlorures. Les seules modifications sensibles intéressent le rapport $r \frac{Mg}{Ca}$.

Les séries 5 et 6 correspondent à des échantillons pris à 2,50 et 4,0 m sous la surface, un mois plus tard. La minéralisation est moins importante, en particulier les teneurs en Cl^- et Na^+ . Dans un cas comme dans l'autre potabilité est bonne.

Les analyses effectuées dans les trois piézomètres suivants sont à comparer avec la série 5 - 6 du P 7.

P 8 : Il apparaît ici une concentration en chlorures 2 à 3 fois plus importante que dans le piézomètre précédent. La concentration en Na^+ est quant à elle multipliée par 10. La potabilité est moyenne.

P 10 : Les trois analyses correspondent à des échantillons d'eau prélevés à 42, 44, 46 m soit 1,7 m ; 3,7 m ; 5,7 m ; sous le 0 S.H. ou encore 2,4 m ; 4,4 m ; 6,4 m ; sous la surface. Les résultats montrent ici aussi que la profondeur du prélèvement n'a pas d'incidence sur la concentration des chlorures. Celle-ci est d'ailleurs la plus élevée qu'on observe dans les eaux de cette région et du même ordre que celle mesurée dans le P 8. Par contre la concentration en Na^+ et K^+ est beaucoup moins importante. L'eau est potable.

LIFOU
P 7

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série

SECTION HYDROLOGIE

Date MAY 1971

ANALYSE D'EAUX

[illegible]

LIFOU
P 7

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

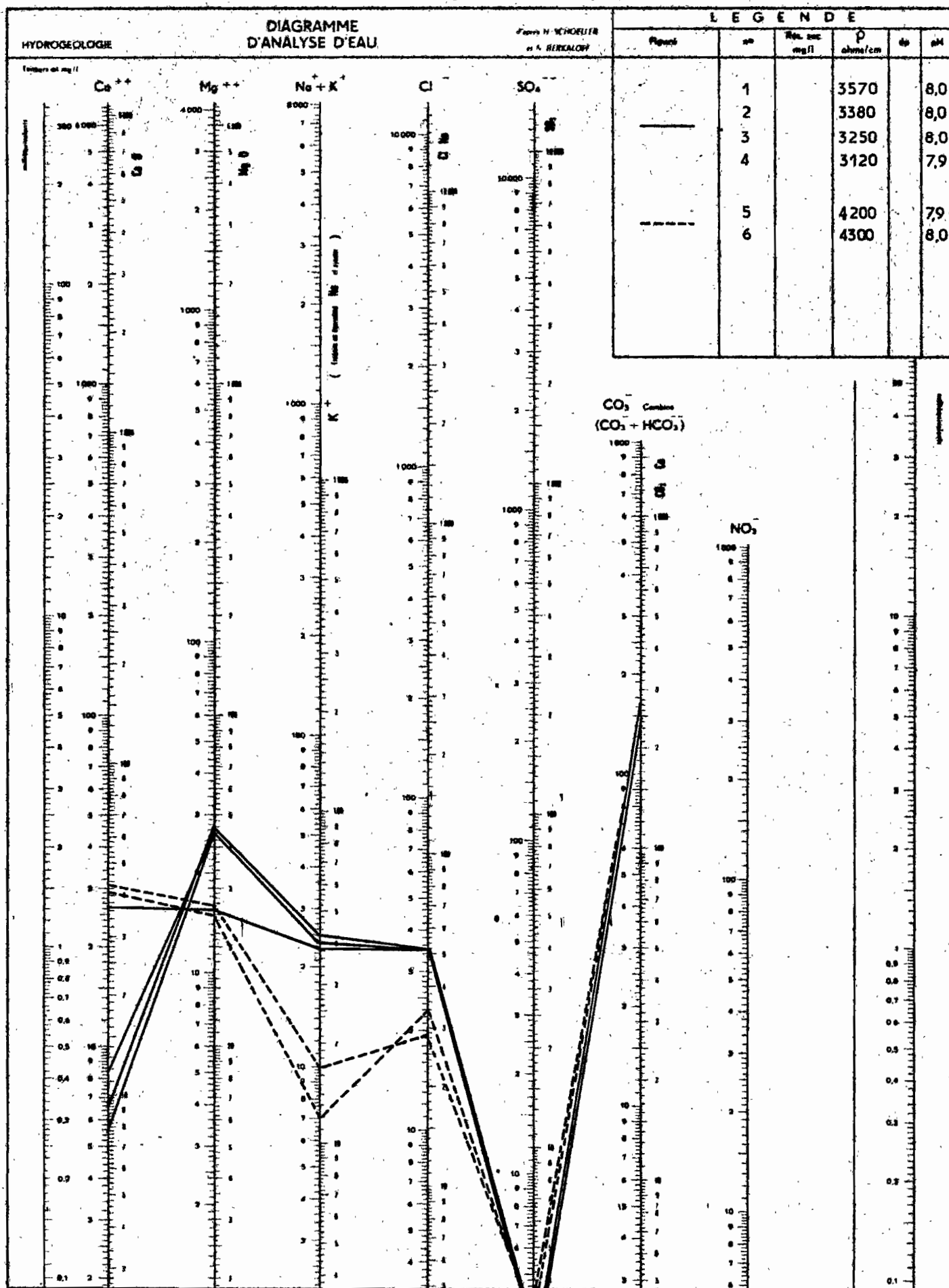
Série

SECTION HYDROLOGIE

Date: JUIN 1971

ANALYSE D'EAUX

[illegible]



LIFOU

Wiwatoul P8 - P 10

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

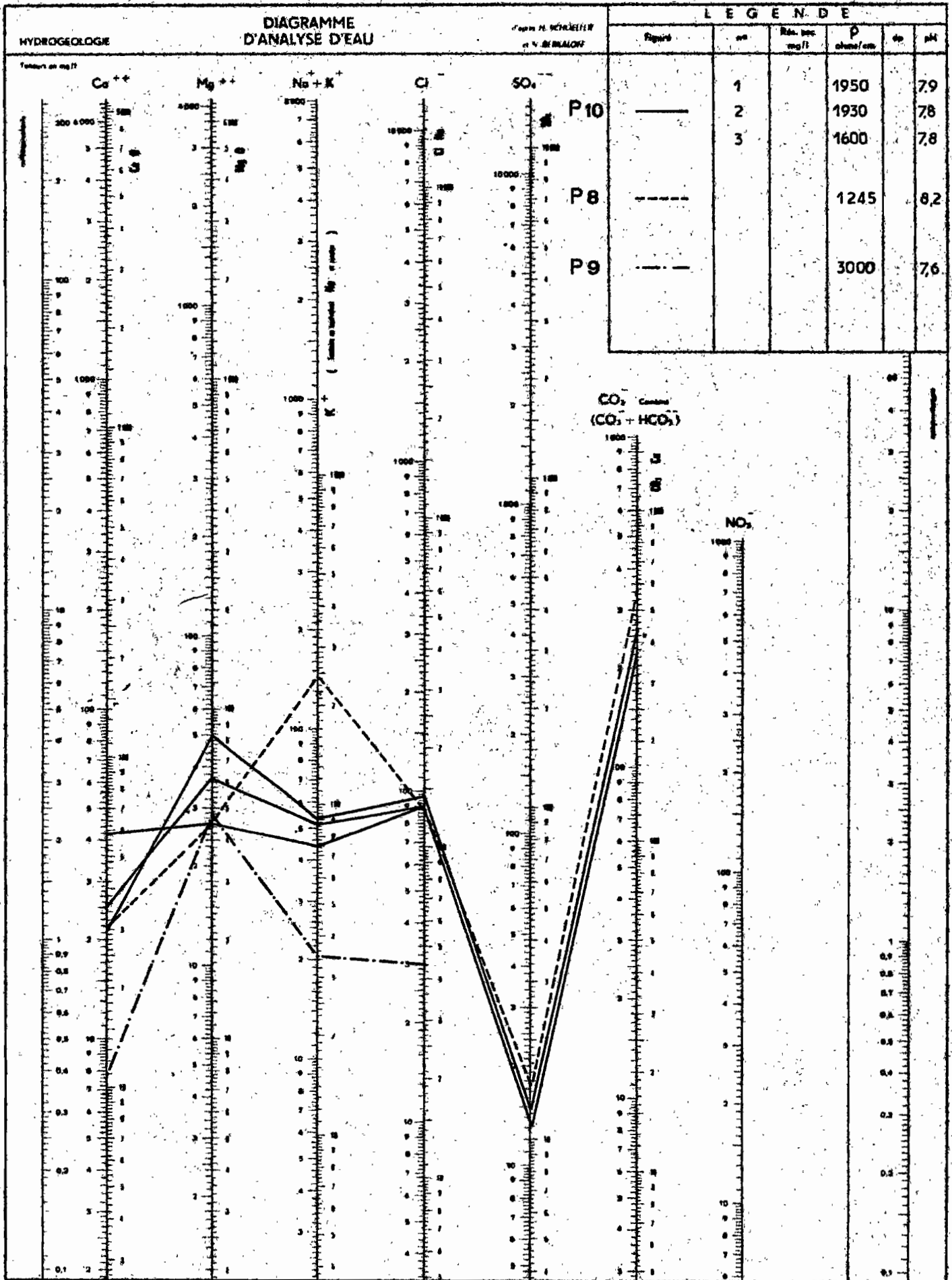
Série

SECTION HYDROLOGIE

Date ..JUN..1971.....

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	P ₈		P ₁₀ - 1		P ₁₀ - 2		P ₁₀ - 3	
pH	8,2		7,9		7,8		7,8	
ρ Ω cm ² /cm 21°C	1245		1950		1930		1600	
T° C								
TA mg/l								
TAC mg/l	5,60		3,68		4,08		4,48	
TH tot. mg/l	3,30		4,28		4,28		5,07	
r SO ₄ Cl	0,141		0,11		0,101		0,105	
r Mg Ca	2,05		1,06		2,45		3,87	
Σ + - mg/l	645		440		464		507	
Ho m	+ 2,0		+ 1,70		- 0,30		- 2,30	
Hs m	- 2,1		- 2,25		- 4,25		- 6,25	
mg/l OH ⁻ mg/l								
CO ₃ ⁼⁼								
HCO ₃ ⁻	5,60	341,6	3,68	224,5	4,08	249,0	4,48	273
Cl ⁻	2,55	90,5	2,35	90,5	2,55	90,5	2,75	97,6
SO ₄ ⁼⁼	0 36	17,7	0,26	12,8	0,26	12,8	0,29	13,9
Mg ++	2,22	27,0	2,20	26,75	3,04	36,9	4,03	49,0
Ca ++	1,08	21,6	2,08	41,6	1,24	24,8	1,04	20,8
Na +	6,20	142,6	1,80	41,4	2,08	47,8	2,16	49,7
K +	0,11	4,29	0,07	2,73	0,07	2,73	0,07	2,73
SiO ₂ mg/l								
Fe mg/l								
Al mg/l								



HAVILA

Les trois analyses effectuées sur des prélèvements des 25 et 26 Juillet 1972 ne montrent aucune variation significative de la minéralisation. Les résultats sont regroupés sous un seul figuré sur le graphique correspondant. La minéralisation globale calculée sur les éléments dosés est relativement élevée : 0,71 à 0,72 g/l. Le titre hydrotimétrique est voisin de 6. La concentration en chlorures est à la limite des normes souhaitables avec 240 mg/l. La composition de cette eau de qualité très moyenne serait à surveiller lors d'éventuels pompages. Le rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ est en effet proche de 1,0 et traduit une légère contamination.

LUECILLA

12 prélèvements ont été effectués sur les eaux de ce réservoir, régulièrement répartis toutes les heures entre 5 h et 16 h le 18 Décembre 1969. Ces eaux sont assez fortement minéralisées : 1,1 à 1,2 g/l, sans dépasser cependant la valeur maximale admise pour la minéralisation globale qui est, rappelons-le, 2,0 g/l selon les normes françaises. Cette minéralisation est ici essentiellement le fait des chlorures, et elle traduit une légère contamination saline ($\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ = 2,13 à 2,03). On observe cependant aucune variation de la composition chimique avec la marée, du moins en surface et en l'absence de pompage. Dans le tableau correspondant sont reportées les valeurs extrêmes observées, mais il n'est pas possible d'établir de relation entre les teneurs observées et les heures de marées. Les teneurs varient d'une façon quelconque entre les deux valeurs extrêmes.

TROU AVION

Les mêmes séries de prélèvements ont été réalisées en même temps au "trou AVION". La minéralisation globale y est moins élevée qu'à LUECILLA 0,71 à 0,74 g/l, et la concentration en chlorures inférieure de moitié. Le TH, voisin de 6,0 est à l'intérieur des limites admises.

Les mêmes remarques peuvent être faites quant à la variation de la composition avec la marée. L'eau est donc de potabilité médiocre, mais une exploitation de ce réservoir serait préférable à celui de LUECILLA. Une analyse réalisée en Novembre 1956, soit 13 ans avant, donne quasiment les mêmes caractéristiques chimiques à cette eau.

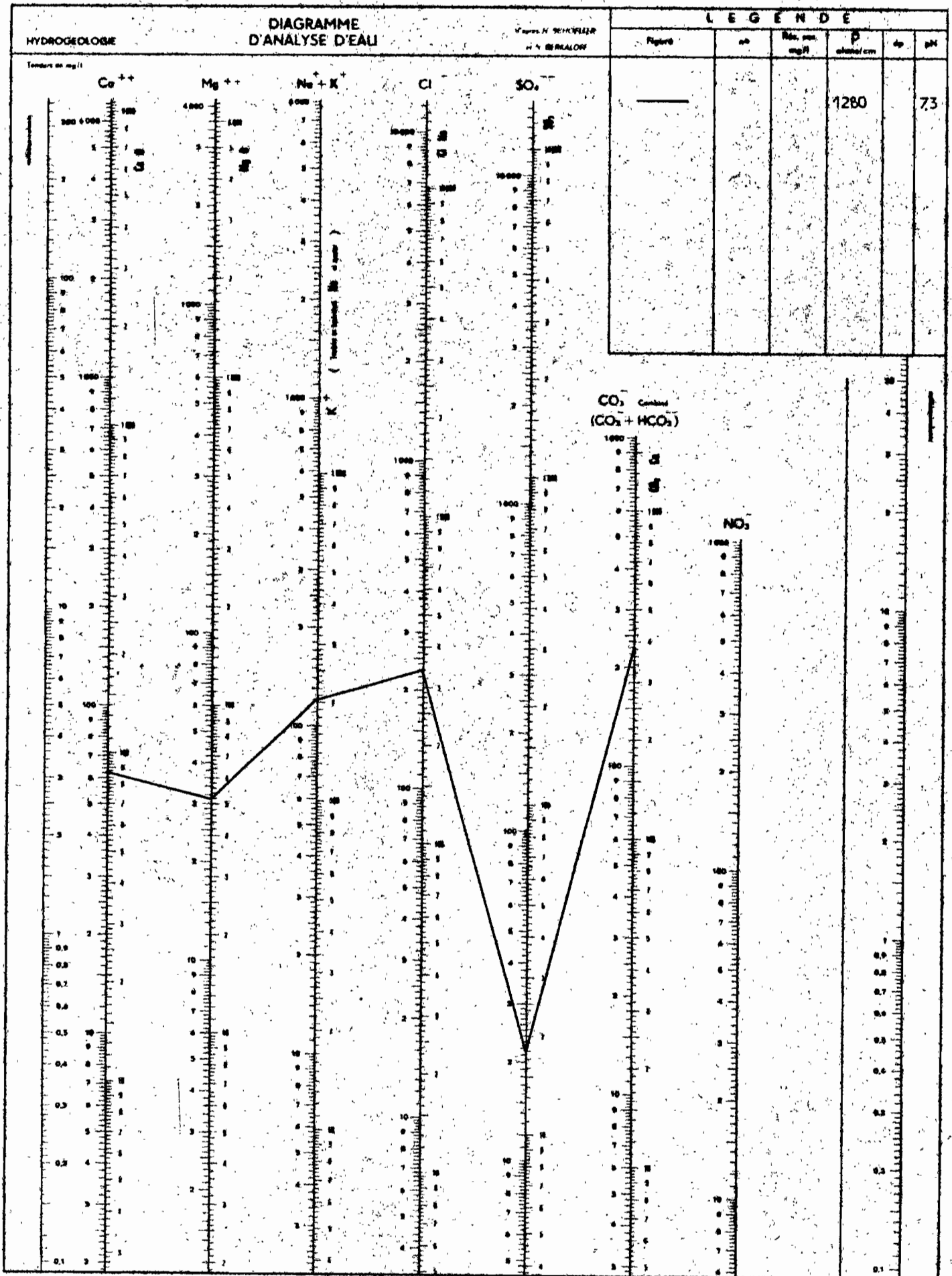
Havila C.F.P.R.

Date 25-26, 07, 1972.....

Date 25-26, 07, 1972.....

Echantillon	1		2		3			
pH	7,3		7,4		7,2			
ρ_{Ω} cm ² /cm 21°C	1280		1260		1360			
T° C								
TA mé/l								
TAC mé/l	3,92		3,88		3,72			
TH tot.mé/l	5,68		5,68		5,83			
r SO ₄ Cl	0,069		0,068		0,071			
r Mg -Ca	0,83		0,83		0,82			
$\Sigma^{+}_{-mg/l}$	710		717		713			
H _o qv								
H _s m								
mé/l OH ⁻ mg/l								
CO ₃ ⁻⁻								
HCO ₃ ⁻	3,92	239	3,88	237	3,72	226,9		
Cl ⁻	6,52	231,5	6,76	240	6,72	238,6		
SO ₄ ⁻⁻	0,45	21,4	0,46	22,2	0,48	22,4		
Mg ++	2,58	31,4	2,58	31,4	2,63	32,0		
Ca ++	3,10	62,0	3,10	62,0	3,20	64,0		
Na +	5,13	118,0	5,13	118,0	5,30	122,0		
K +	0,16	6,4	0,17	6,6	0,17	6,5		
SiO ₂ mg/l								
Fe mg/l								
Al mg/l								

HAVILA



LIFOU

Luécilla - avion

CENTRE ORSTOM DE NOUMEA

Série

SECTION HYDROLOGIE

Date ...18...12...1969...

ANALYSE D'EAUX

Echantillon	LUECILLA		AVION		
pH	8,30-8,80		8,30-8,70		
ρ Ω cm ² /cm 21°C	580-635		980-1000		
T° C					
TA mé/l					
TAC mé/l	3,64-4,28		3,76-4,08		
TH tot. mé/l	7,19-7,92		5,63-5,90		
r SO ₄ Cl	0,055-0,080		0,055-0,074		
r Mg -Ca	1,04-1,93		0,73-0,93		
Σ + -mg/l	1115-1190		715-738		
H ₀ m					
H _s m					
mg/l OH ⁻ mg/l					
CO ₃ ⁼⁼					
HCO ₃ ⁻	222/ 261		229/ 248		
Cl ⁻	474/ 530		233/ 258		
SO ₄ ⁼⁼	36/52		15/24		
Mg ++	45/60		30/34		
Ca ++	51/67		59/68		
Na +	233/ 257		114/ 125		
K +	10/12		4,8/5,8		
SiO ₂ mg/l					
Fe mg/l					
Al mg/l					

HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUL'ÉCHÉLLE DE CONCENTRATIONS
EST EN MILLIGRAMMES PAR LITRE

L E G E N D E

Figure

no

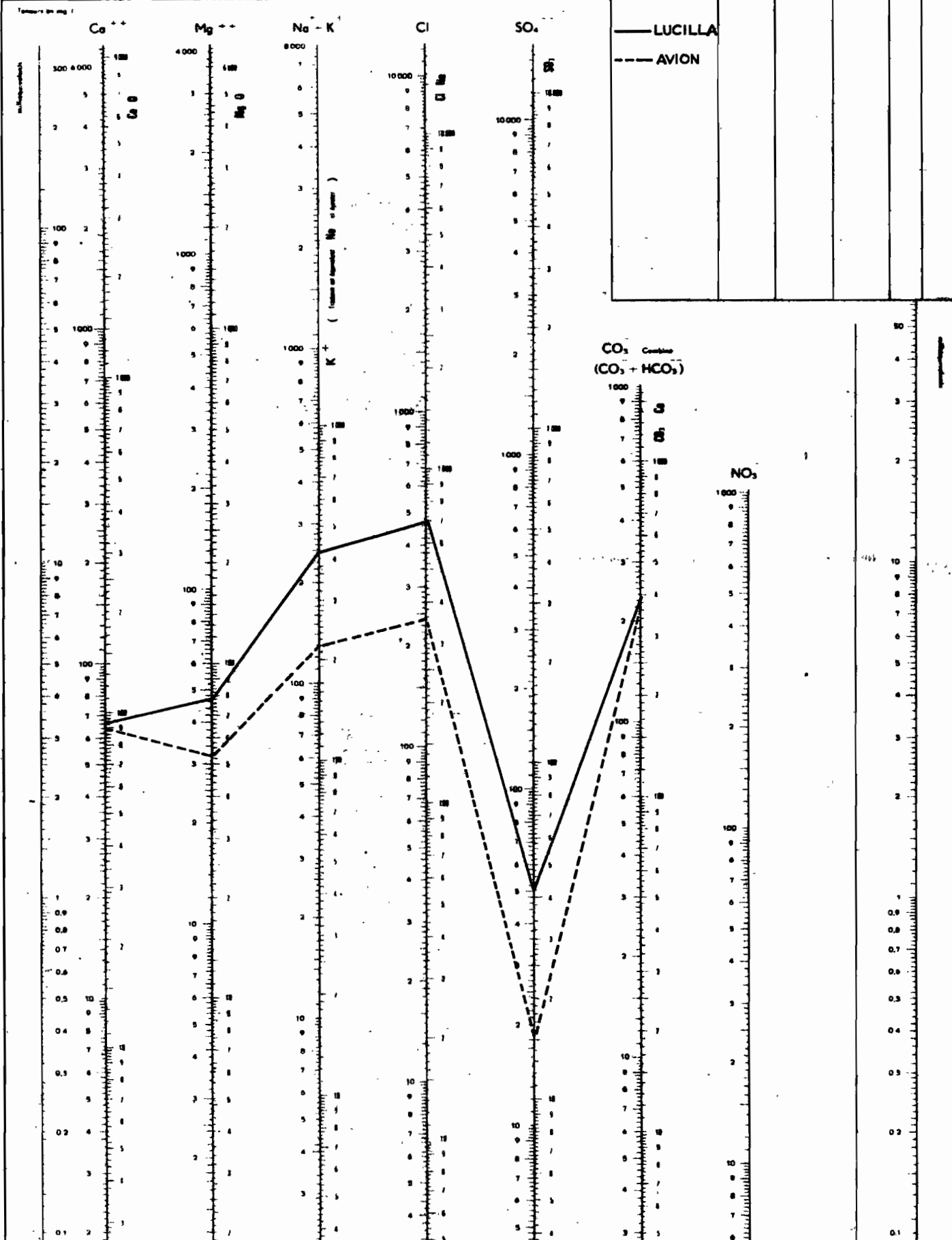
Rég. sec
mg/lp
ohms/cm

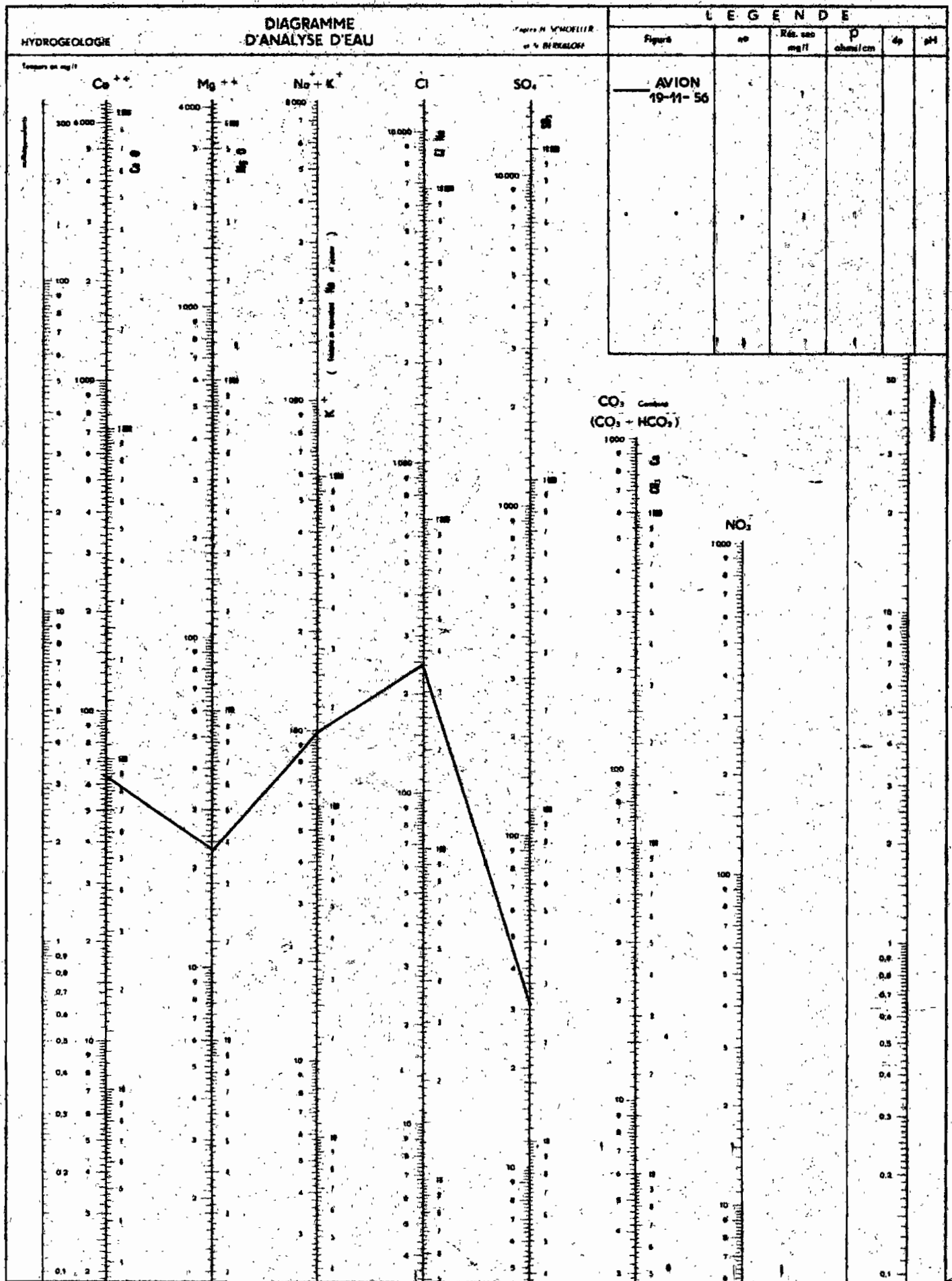
dp

pH

— LUCILLA

--- AVION





6.2. Résistivité des eaux de la nappe

Une campagne systématique de mesures mensuelles de résistivité des eaux de la nappe à différentes profondeurs, a été entreprise entre Octobre 1970 et Octobre 1971. Les résultats figurent dans l'Annexe IV (tableaux 1 à 20). De façon à exploiter au mieux ces renseignements, nous avons effectué diverses transformations permettant de calculer la minéralisation globale correspondante.

Si R_T désigne la résistivité à la température ambiante T , C_T la conductivité à la même température, on a $C_T = \frac{1}{R_T}$. Pour homogénéiser les résultats, nous avons rapporté les valeurs de C à $T^\circ C$ à C à $20^\circ C$. Ce sont ces valeurs exprimées en $\mu mhos.cm^{-1}$ qui figurent dans les colonnes 5 et 11 des tableaux. Pour passer de C à 20° à la minéralisation globale, on a utilisé la relation suivante :

$$\Sigma = R C_{20} \text{ avec } \begin{aligned} R &= 0,9477 \text{ si } 50 < C_{20} < 166 \\ R &= 0,7695 \text{ si } 166 < C_{20} < 333 \\ R &= 0,7160 \text{ si } 333 < C_{20} < 833 \\ R &= 0,7530 \text{ si } 833 < C_{20} < 10\,000 \end{aligned}$$

où Σ désigne la minéralisation globale.

L'observation des différentes valeurs contenues dans les tableaux appelle quelques remarques. Il semble en particulier que l'on puisse mettre en évidence une certaine évolution des teneurs globales, allant vers une diminution, entre les mois d'Octobre 1970 et Juin, Juillet ou Août 1971 selon le cas. Ceci est particulièrement visible en certains points de la nappe. Au forage F 2 par exemple, on peut constater une déminéralisation progressive avec le temps et la profondeur (voir tableau n° IV - 2). Ces mêmes remarques peuvent être formulées pour les forages F 3 et F 13, mais les écarts y sont cependant moins importants. Cette décroissance peut parfois présenter de brusques variations comme au F 7, où l'on observe subitement au mois d'Août une diminution très sensible de la minéralisation. Enfin sur certains forages, les variations de minéralisation sont moins régulières, au F 12 les concentrations augmentent d'Avril à Août, puis décroissent jusqu'en Décembre.

D'une manière générale, l'influence des précipitations abondantes de l'année 1970 - 1971 se fait bien sentir.

6.3. Conclusions

Dans l'état actuel de son exploitation, la nappe d'eau douce de LIFOU ne semble pas présenter d'indice de contamination saline, et les eaux sont en général de bonne qualité à l'exception de quelques forages côtiers et des "trous d'eau" de la région de WE. La carte n° 38 montre la répartition des teneurs moyennes en chlorures dans les eaux de surface de la nappe.

CONCLUSIONS

Les résultats que nous avons obtenus, permettent de confirmer que la nappe d'eau douce de LIFOU affecte la forme d'une lentille dont les bords se raccordent à la mer. Plusieurs bombements sont observés, en rapport soit avec des variations locales des caractéristiques physiques de l'aquifère, soit avec la forme de l'île, soit avec la présence hypothétique du substratum volcanique à faible profondeur. L'épaisseur maximale de la nappe serait de 130 mètres environ, au centre de la moitié Sud de l'île, valeur obtenue en utilisant la relation de GEYBEN-HEENZBERG.

Il ne semble pas que la lentille réagisse aux précipitations journalières, et ses variations de niveau avec les précipitations saisonnières sont faibles. Ceci nous amène à penser que la nappe est en état d'équilibre dynamique dans les conditions actuelles de son exploitation.

L'influence des fluctuations journalières de la marée n'est vraiment sensible que dans la zone côtière. L'observation des mouvements résultants (apparition de palier de stabilisation) de la nappe dans cette zone, devrait permettre d'orienter le protocole des pompages, en fonction des caractéristiques de la marée. Ces perturbations ne se font d'ailleurs pratiquement plus sentir à une distance de 5 à 7 kilomètres des côtes.

En année moyenne ($P = 1650 \text{ mm}$), l'infiltration d'une hauteur d'eau de 500 mm semble nécessaire au maintien de l'équilibre dynamique, de la lentille. Cependant l'étude des possibilités de la lentille montre qu'en réduisant son alimentation à 300 mm il faudrait un temps très long (100 à 200 ans) pour obtenir un nouvel état d'équilibre avec un rabattement de 1,0 m au centre de la lentille.

Les possibilités hydrauliques paraissent relativement bonnes. Des transmissivités de l'ordre de $1.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ apparaissent au centre des deux moitiés Nord et Sud de l'île. Le débit critique des puits est en moyenne compris entre 15 et 20 m^3/h à deux ou trois exceptions près.

Enfin, aucune analyse effectuée à LIFOU n'a révélé d'eau chimiquement impotable (d'après les normes françaises de potabilité des eaux de consommation). Les eaux sont en général de bonne qualité, parfois un peu dures. Seuls quelques forages côtiers ou trous d'eau naturels, présentent des indices certains de contamination saline. Celle-ci bien entendu ne manquerait pas de s'accroître en cas d'exploitation. Etant donné l'irréversibilité du phénomène, nous pensons qu'il est nécessaire que soit organisé un réseau de contrôle de qualité des eaux, du moins dans les zones côtières et dans les premiers temps d'exploitation de la nappe.

BIBLIOGRAPHIE

1 - BIBLIOGRAPHIE REGIONALE

- BOURROUILH (F.) 1972 - Diagenèse récifale : calcitisation et dolomitisation, leur répartition horizontale dans un atoll soulevé. Ile de LIFOU. Territoire de la Nouvelle-Calédonie. In cahiers ORSTOM, série géologie, vol IV, n° 2.
- DUBOIS (J.), LAUNAY (J.), RECY (J.) 1973 - Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie et aux Iles Loyauté, et l'interprétation de certains d'entre eux dans l'optique de la tectonique des plaques. In cahiers ORSTOM, série géologie, Vol V, n° 1.
- GIRARD (G.) 1957 - Rapport d'étude sommaire sur la nappe d'eau à LIFOU. In dactylographie I.F.O.
- GIRARD (G.) 1974 - Etude de l'interception par la forêt aux îles Loyauté (Ile LIFOU) - Rapport préliminaire. In multigraphie ORSTOM, service hydrologique, PARIS.
- KOCH (P.) - 1958 - Hydrogéologie des Iles Loyauté. In bulletin géologique de la Nouvelle-Calédonie n° 1.
- LE JAN (F.) 1964 - Etude des roches prélevées dans l'île de LIFOU, archipel des îles Loyauté, Territoire de la Nouvelle-Calédonie, (T.O.M.). In D.E.S. de Sciences naturelles - Université de Paris.
- MONIOD (F.), MLATAC (N.) 1968 - Régimes hydrologiques de la Nouvelle-Calédonie. In multigraphie ORSTOM, service hydrologique, PARIS.
- METEOROLOGIE NATIONALE - 1970 - 1971 - 1972 - 1973 - Résumé annuel du temps. In multigraphie, service de la Météorologie nationale - NOUMEA -
- TERCINIER (G.) 1971 - Contribution à la connaissance des phénomènes de bauxitisation et d'allitisation. Les sols des karsts d'atolls surélevés du S.O. Pacifique. In cahiers ORSTOM, série Pédologie, vol IX, n° 3.

2 - BIBLIOGRAPHIE GENERALE

- BOSSY (G.) - 1970 - Intrusion d'eau salée dans une nappe d'eau douce. Vérification des lois théoriques. In Bull. BRGM, section III. n° 2.
- CASTANY (G.) 1967 - Traité pratique des eaux souterraines, Dunod.
- CHU WANG (F.) 1970 - Approximate theory of skinning well formulation in the Indus plain of West Pakistan.
In Journ. of Geophys. research 70 - 20.
- DEGALLIER (R.) 1966 - Calcul pratique d'une installation d'écrémage d'une nappe d'eau douce flottant sur une nappe salée.
Dactylographie C.I.E.H. - PARIS -
- DE WIEST (R.J.M.) 1970 - Traduction par DEBUISSON (J.).
- DREYFUS (A.), MONITION (L.) - Invasion marine dans les aquifères côtiers.
Bull. B.R.G.M. sect III, n° 2.
- DREYFUS (A.), VAILLEUX (Y.) - 1970 - Localisation de l'interface. Comparaison des lois de GHYBEN-HERZBERG, HUBBERT et LUSCZYNSKI.
In Bull. B.R.G.M. sect III, n° 2.
- HALLAIRE (M.) 1961 - Irrigation et utilisation des réserves naturelles.
In Ann. Agr. Vol 12, n° 1.
- MOULLARD (L.), MIJATOVIC (B.), KAREH (R.), MASSAAD (B.) 1965 - Exploitation d'une nappe karstique captive à exutoires sous-marins. Problèmes posés et solution adoptée. Côte Libanaise.
In, AIHS, Colloque de DUBROVNIK.
- MOUSSIE (B.), MOUSSIE (Cl.) 1967 - Nappe libre d'eau douce en équilibre dynamique sur l'eau salée dans le cas d'une presqu'île. Etude de l'Alimentation et de l'exploitation.
In A.I.H.S., Symposium d'HAIFA.
- REMENIERAS (G.) 1965 - L'hydrologie de l'ingénieur - Eyrolles, PARIS.
- SCHMORAK (S.) 1967 - Salt water encroachment in the costal plain of Israel. In A.I.H.S. Symposium d'HAIFA.
- SCHOELLER (H.) 1967 - Les eaux souterraines - MASSON.

**TERRITOIRE DE NOUVELLE CALEDONIE
ET DEPENDANCES**

SERVICE DU GENIE RURAL

**ETUDE DE LA LENTILLE D'EAU DOUCE
DE LIFOU**

J.P. BRUNEL

Cartes graphiques et annexes

TOME 2

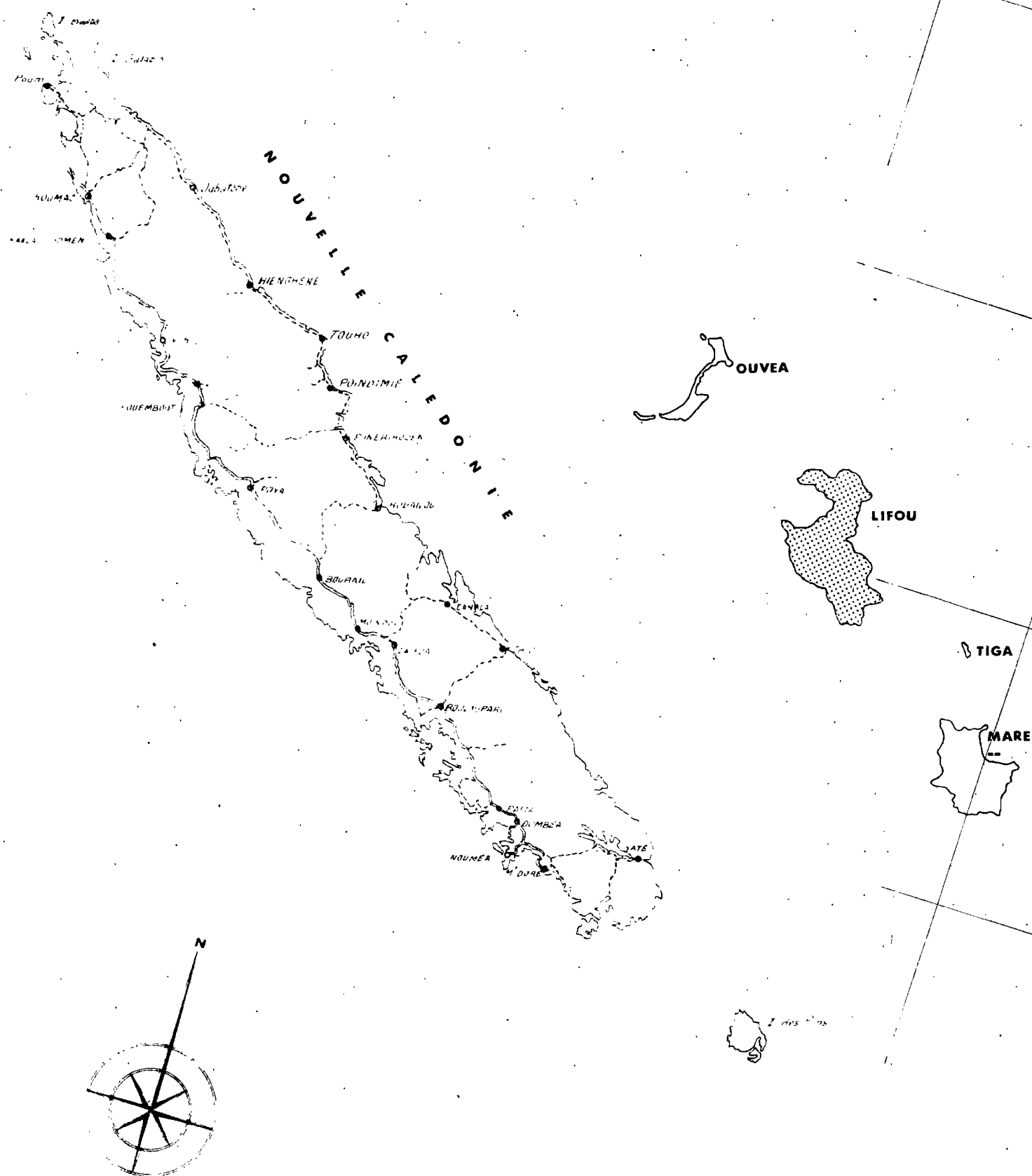


OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE - MER

Novembre 1973

CENTRE DE NOUMEA - NOUVELLE CALEDONIE

CARTE DE SITUATION



ECHELLE 1/2.000.000

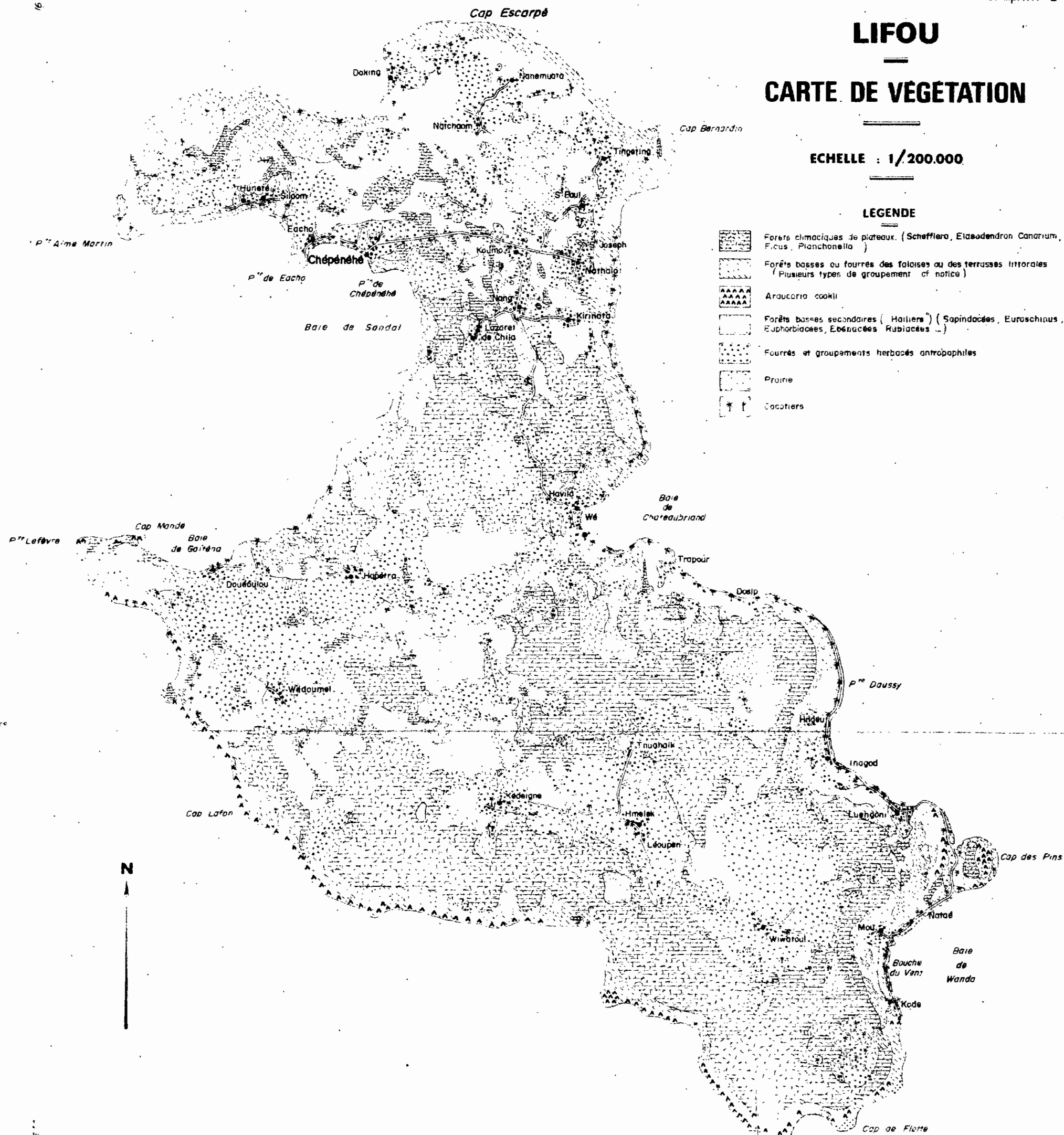
LIFOU

CARTE DE VÉGÉTATION

ECHELLE : 1/200.000

LEGENDE

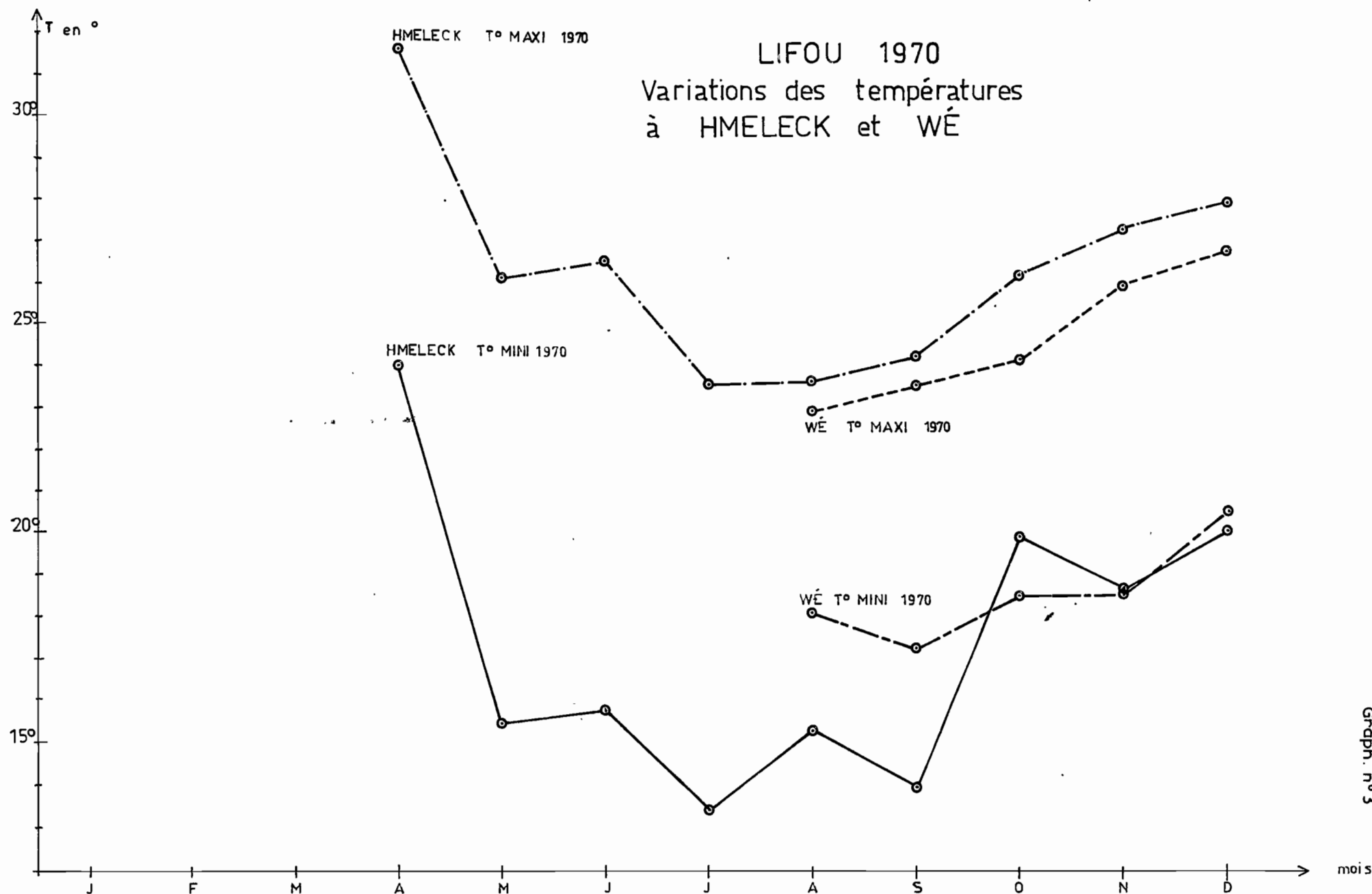
-  Forêts climatiques de plateaux. (Schefflera, Elaeodendron Canarium, Ficus, Planchonella)
-  Forêts basses ou fourrés des falaises ou des terrasses littorales (Plusieurs types de groupement cf notice)
-  Araucaria cookii
-  Forêts basses secondaires (Holliers) (Sapindacées, Euphorbiacées, Ebanacées, Rubiacées...)
-  Fourrés et groupements herbacés anthropophiles
-  Prairie
-  Cocotiers



O R S T O M

DATE MARS 73

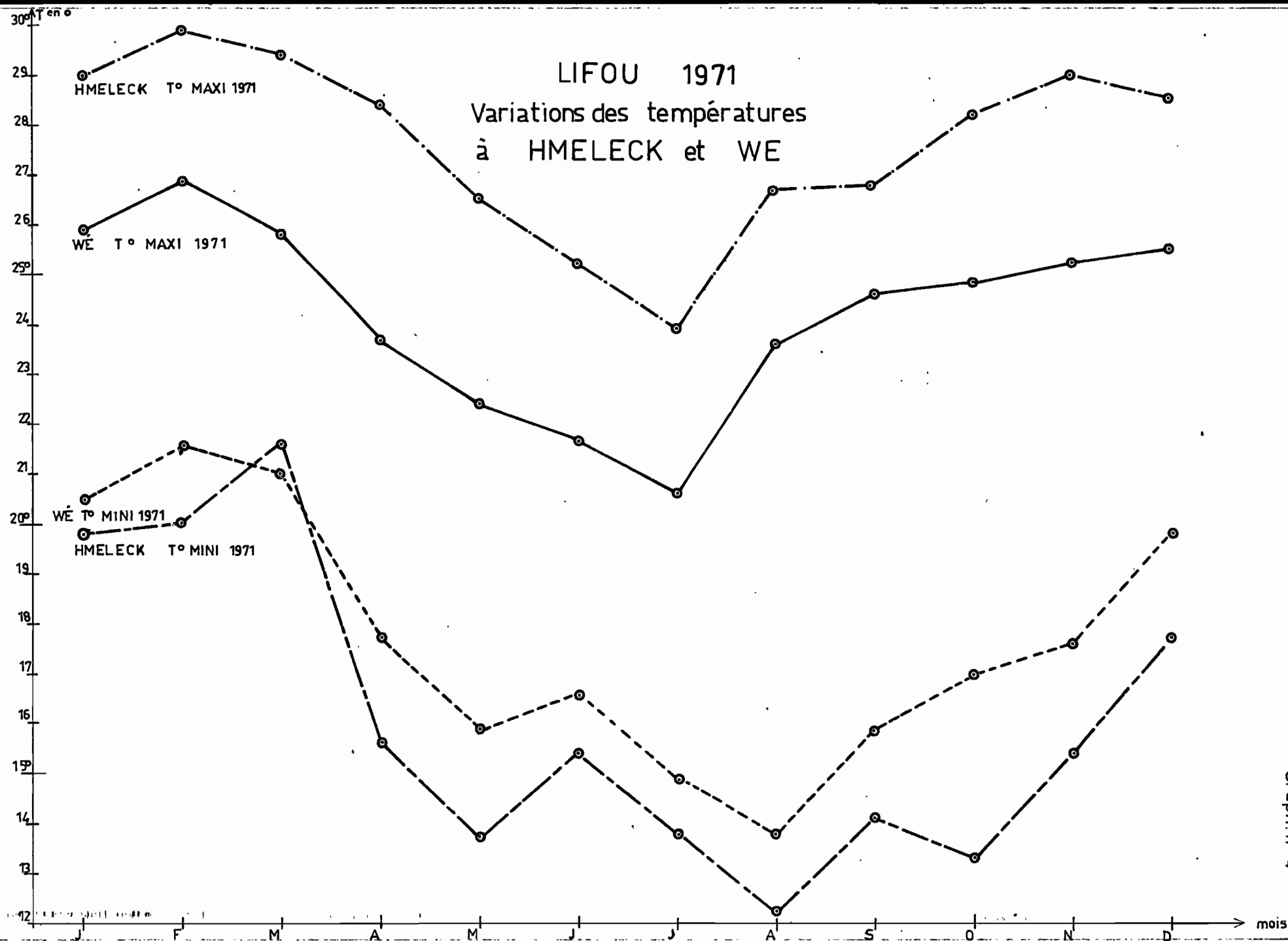
DÉSSINÉ PAR JPM

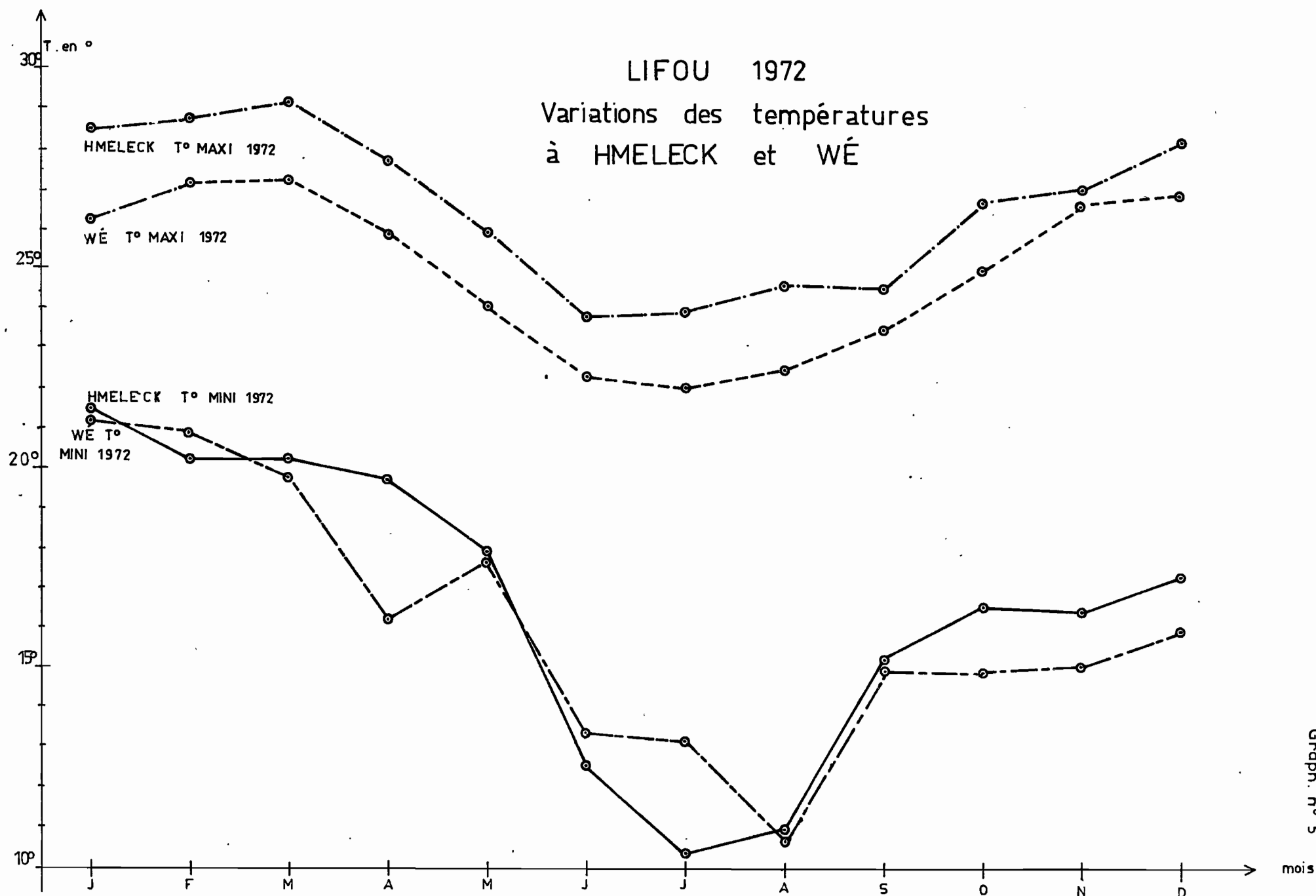


O R S T O M

DATE MARS 73

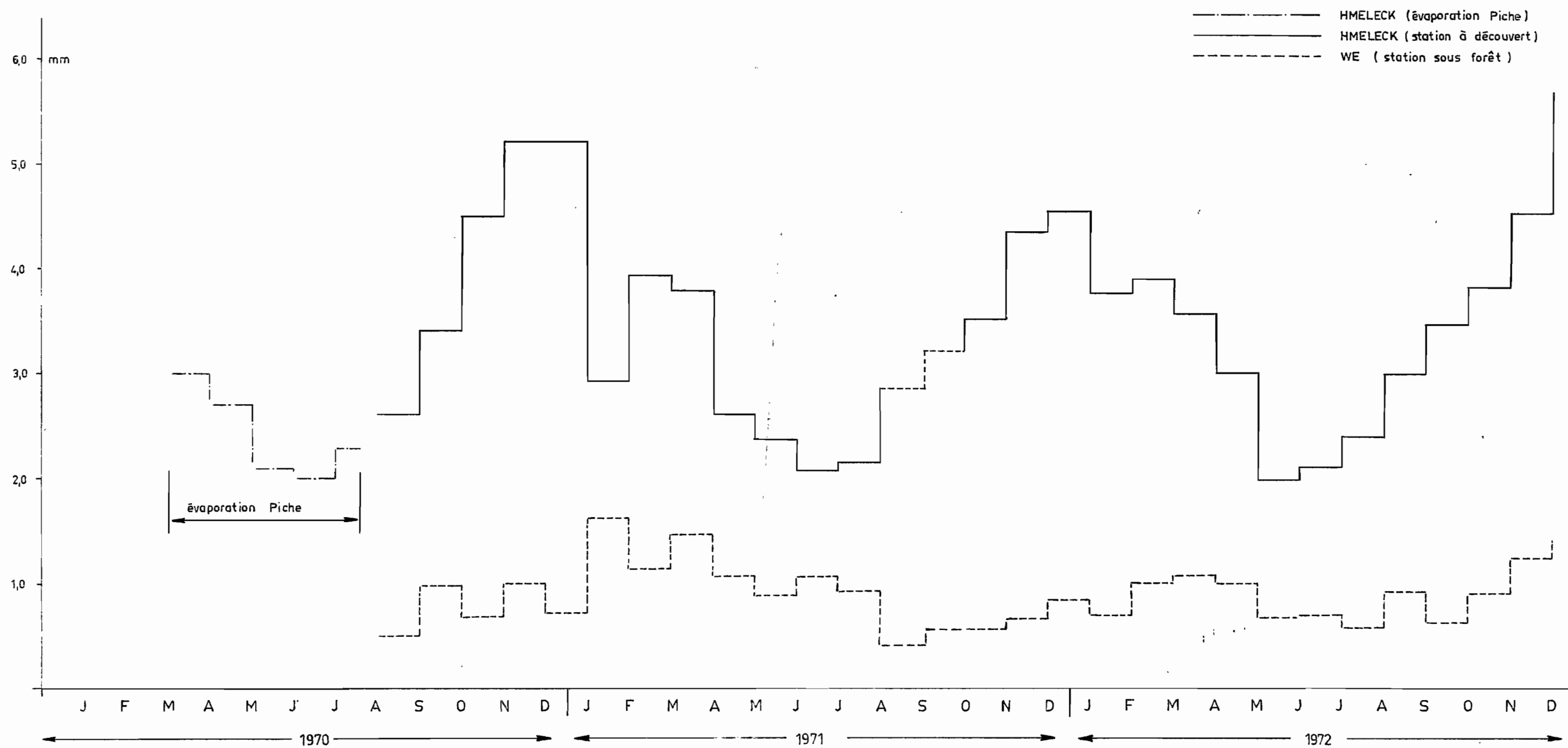
DÉSSINÉ PAR J.P.M





LIFOU

Evaporation en 1970 - 1971 - 1972



ILE DE LIFOU

RESEAU PLUVIOMETRIQUE



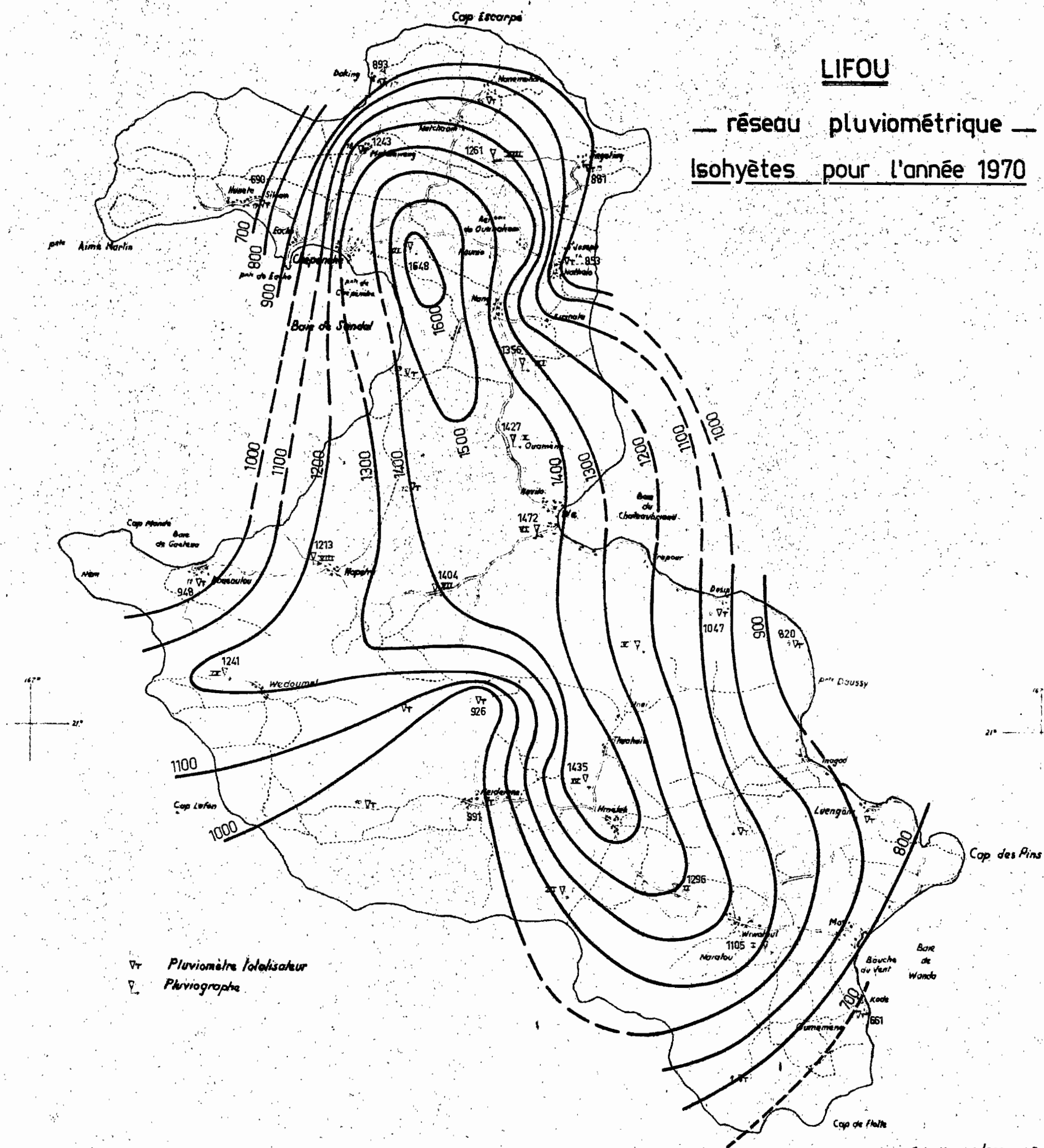
TV PLUVIOMETRE TOTALISATEUR

I PLUVIOMETRE

échelle 1/200 000 ème

LIFOU

— réseau pluviométrique —
Isohyètes pour l'année 1970

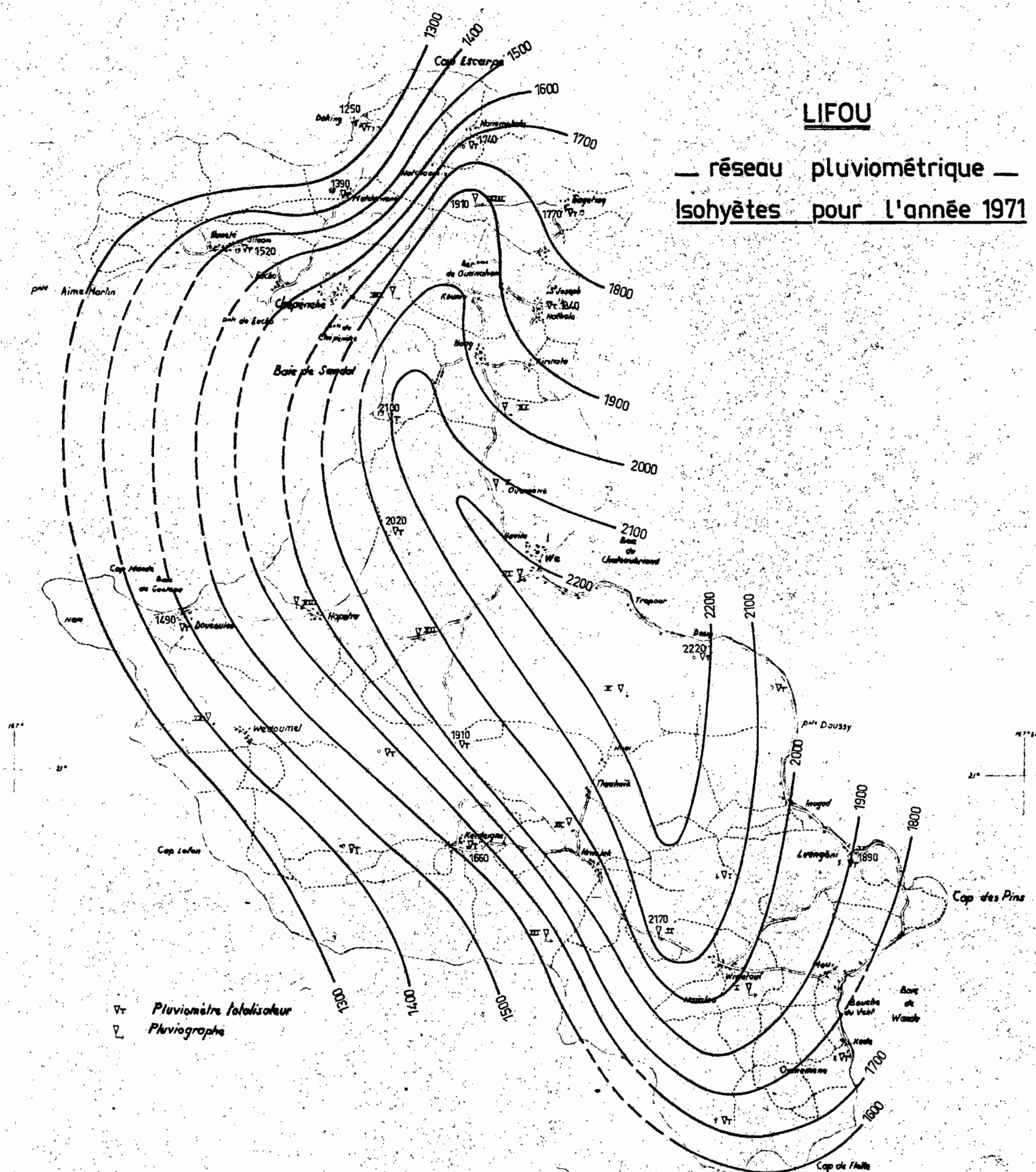


Vr Pluviomètre totalisateur
V Pluviographe

échelle 1/200 000 ème

LIFOU

— réseau pluviométrique —
Isohyètes pour l'année 1971

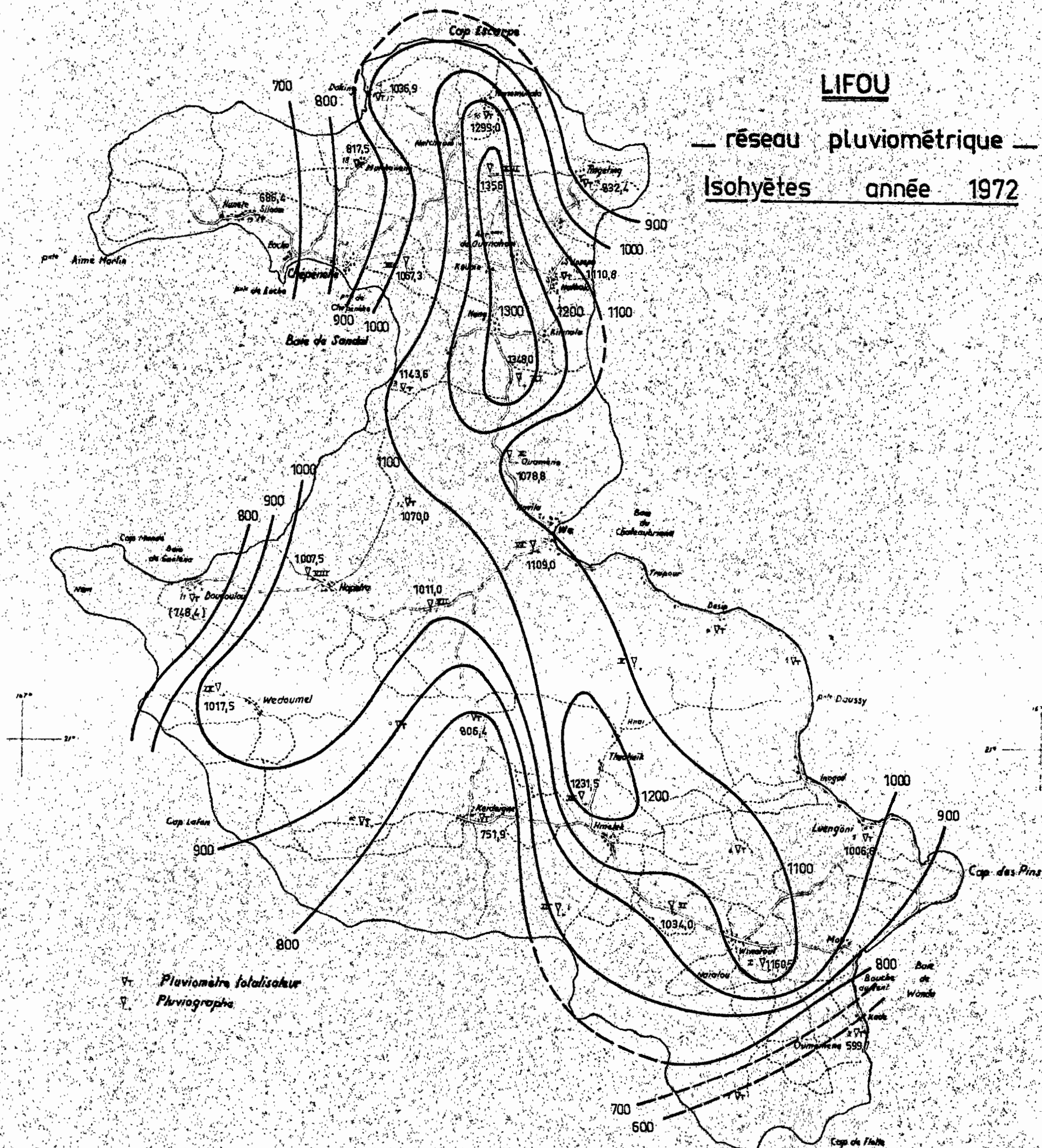


△ Pluviomètre totalisateur
□ Pluviographe

échelle 1/200 000 ème

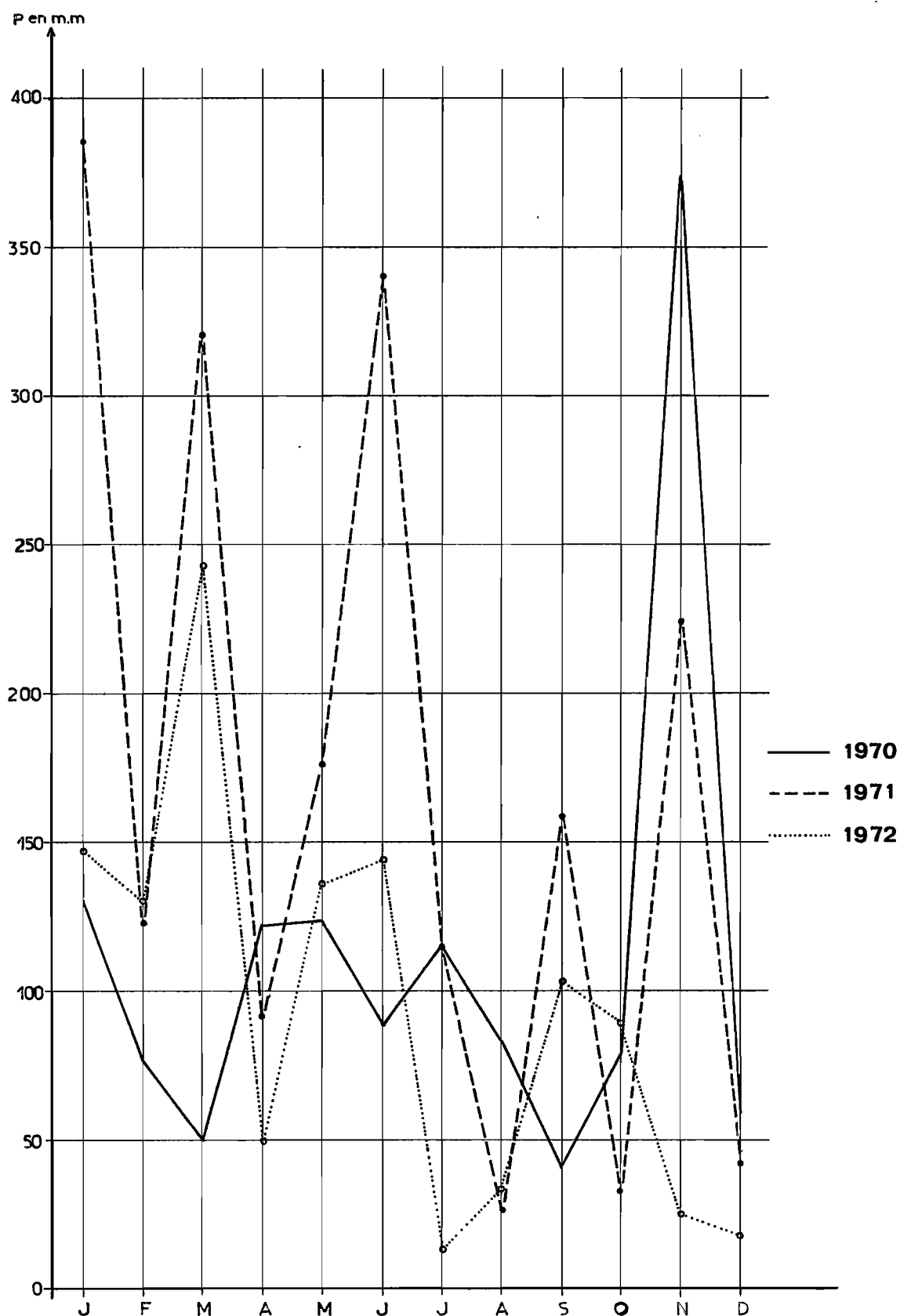
LIFOU

— réseau pluviométrique —
Isohyètes année 1972



LIFOU

Variations de la pluviométrie moyenne mensuelle



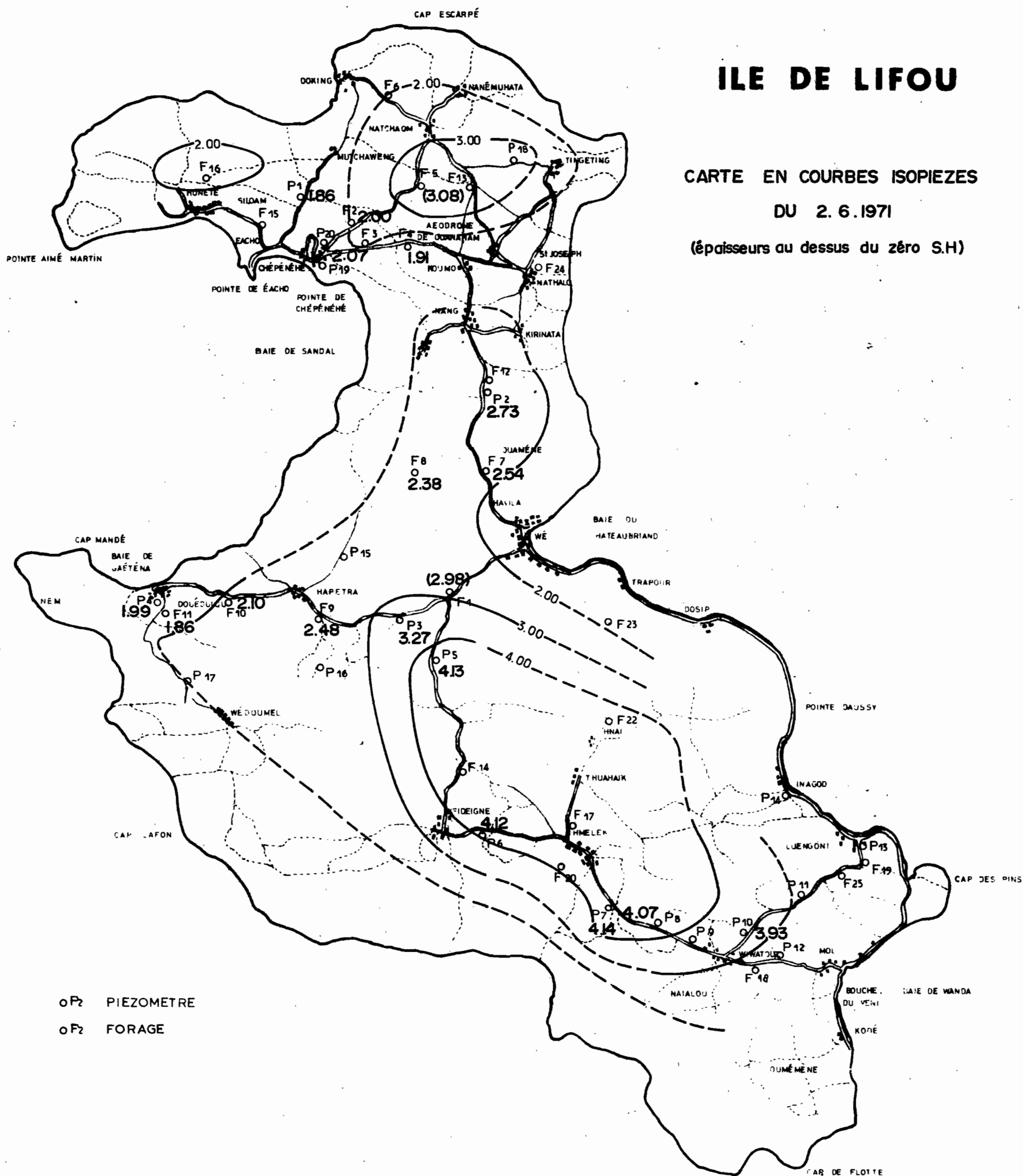
EMPLACEMENT DES PIEZOMETRES ET FORAGES



ILE DE LIFOU

CARTE EN COURBES ISOPIEZES
DU 2.6.1971

(épaisseurs au dessus du zéro S.H)



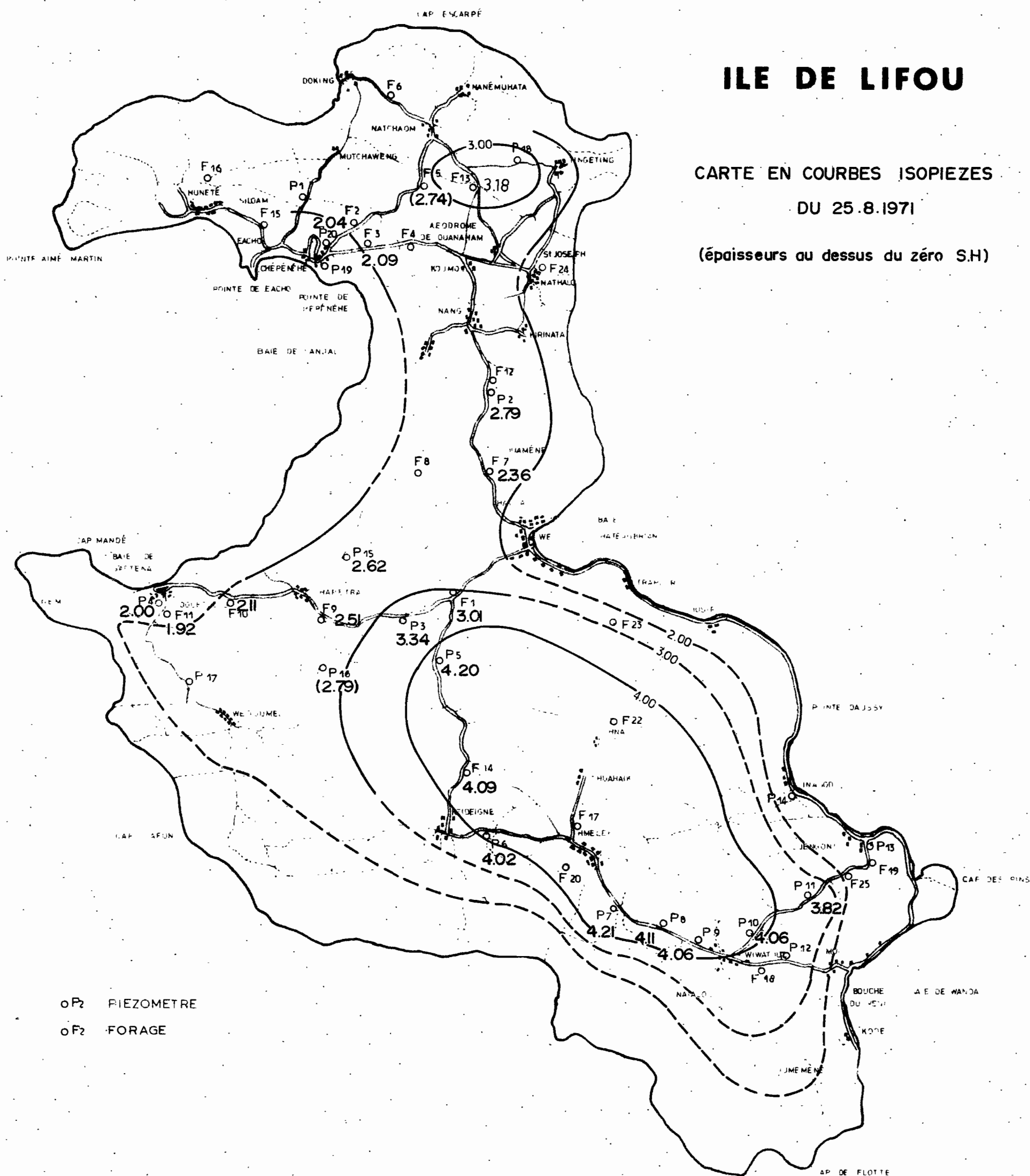
oP2 PIEZOMETRE
oF2 FORAGE

échelle 1/200 000 cm

ILE DE LIFOU

CARTE EN COURBES ISOPIEZES
DU 25.8.1971

(épaisseurs au dessus du zéro S.H.)



o P2 PIEZOMETRE
o F2 FORAGE

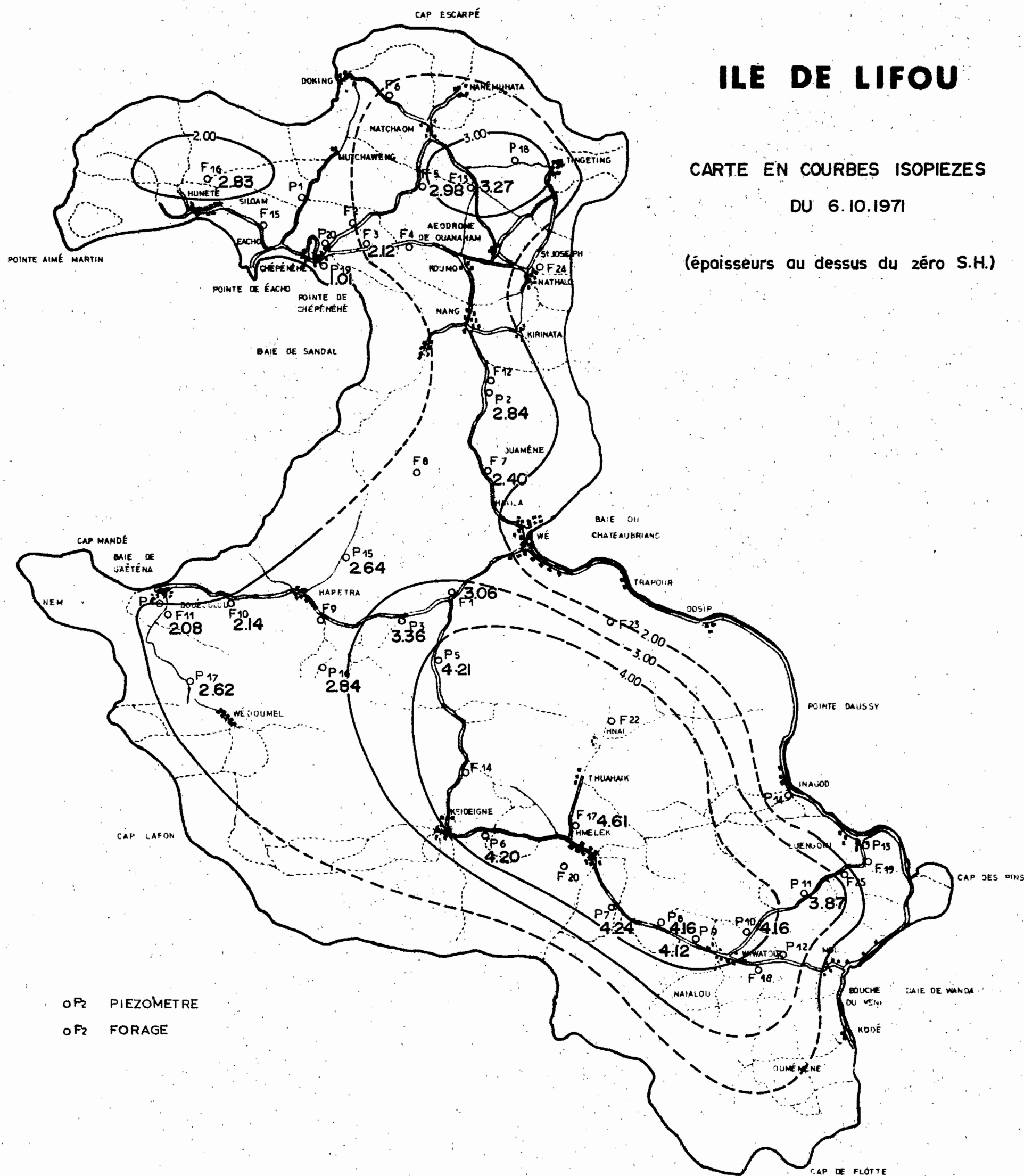
échelle 1:200 000

ILE DE LIFOU

CARTE EN COURBES ISOPIEZES

DU 6.10.1971

(épaisseurs au dessus du zéro S.H.)



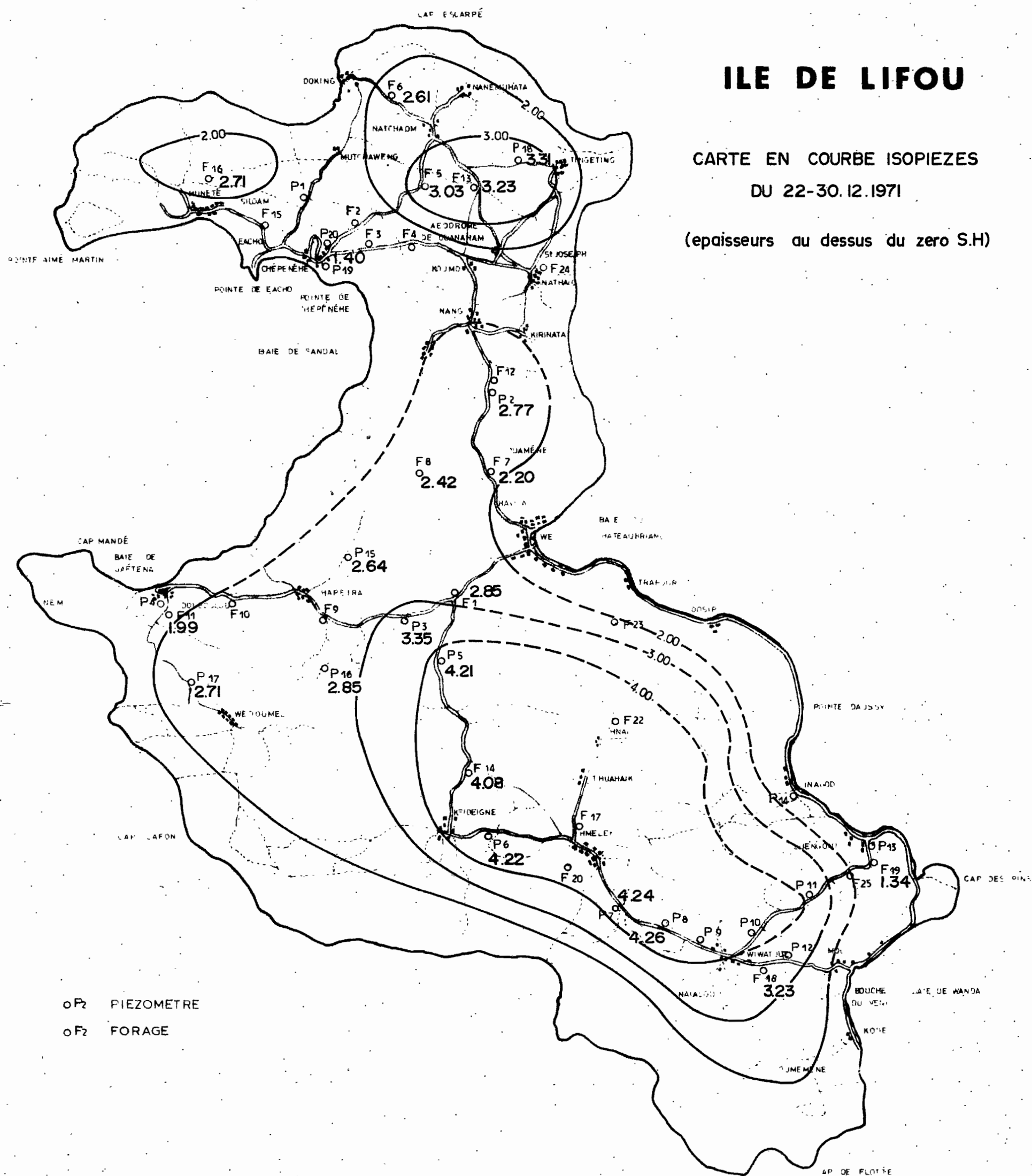
o P₂ PIEZOMETRE
o F₂ FORAGE

échelle 1:200 000

ILE DE LIFOU

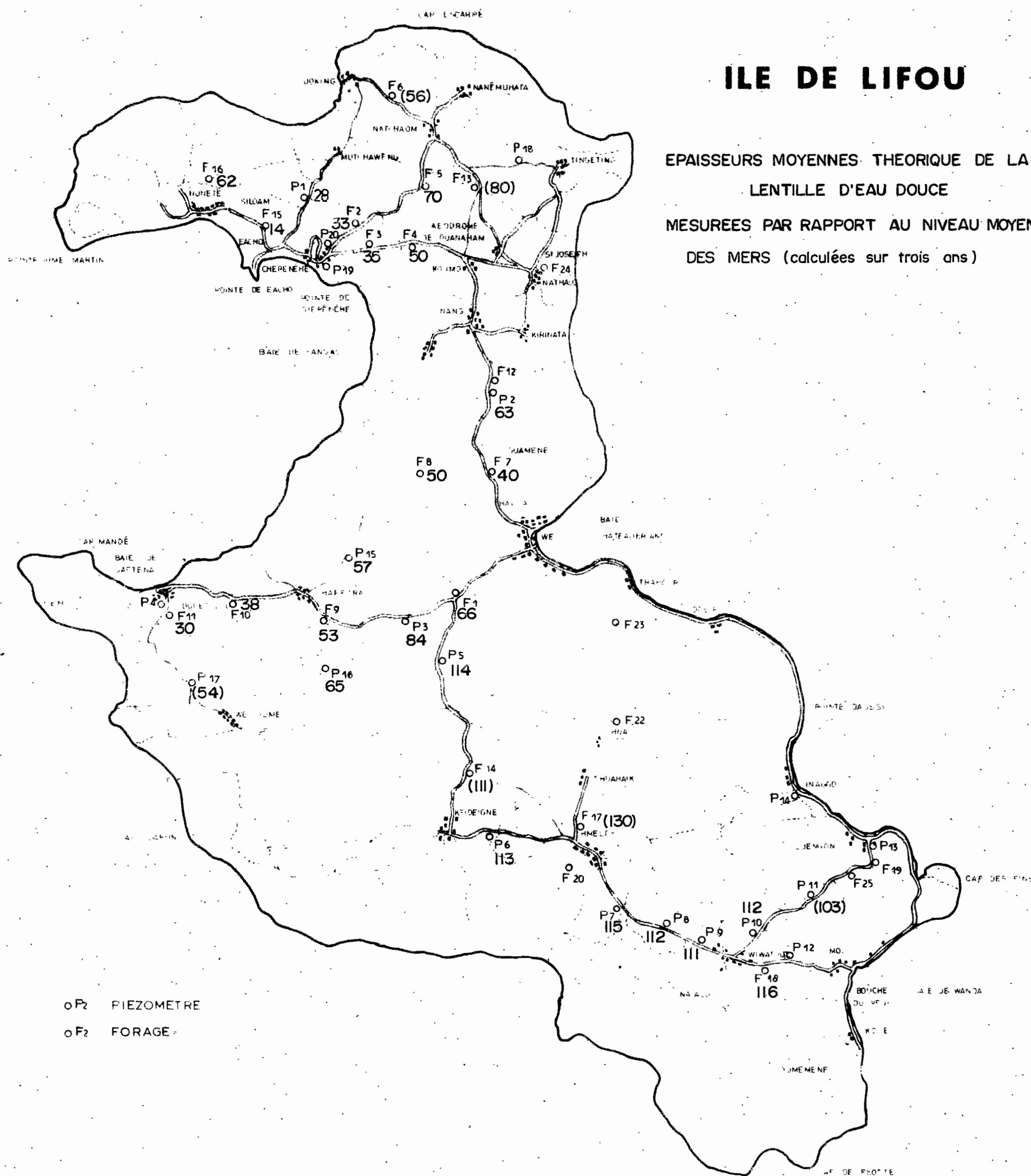
CARTE EN COURBE ISOPIEZES
DU 22-30.12.1971

(épaisseurs au dessus du zero S.H)



ILE DE LIFOU

EPAISSEURS MOYENNES THEORIQUE DE LA
LENTILLE D'EAU DOUCE
MESUREES PAR RAPPORT AU NIVEAU MOYEN
DES MERS (calculées sur trois ans)

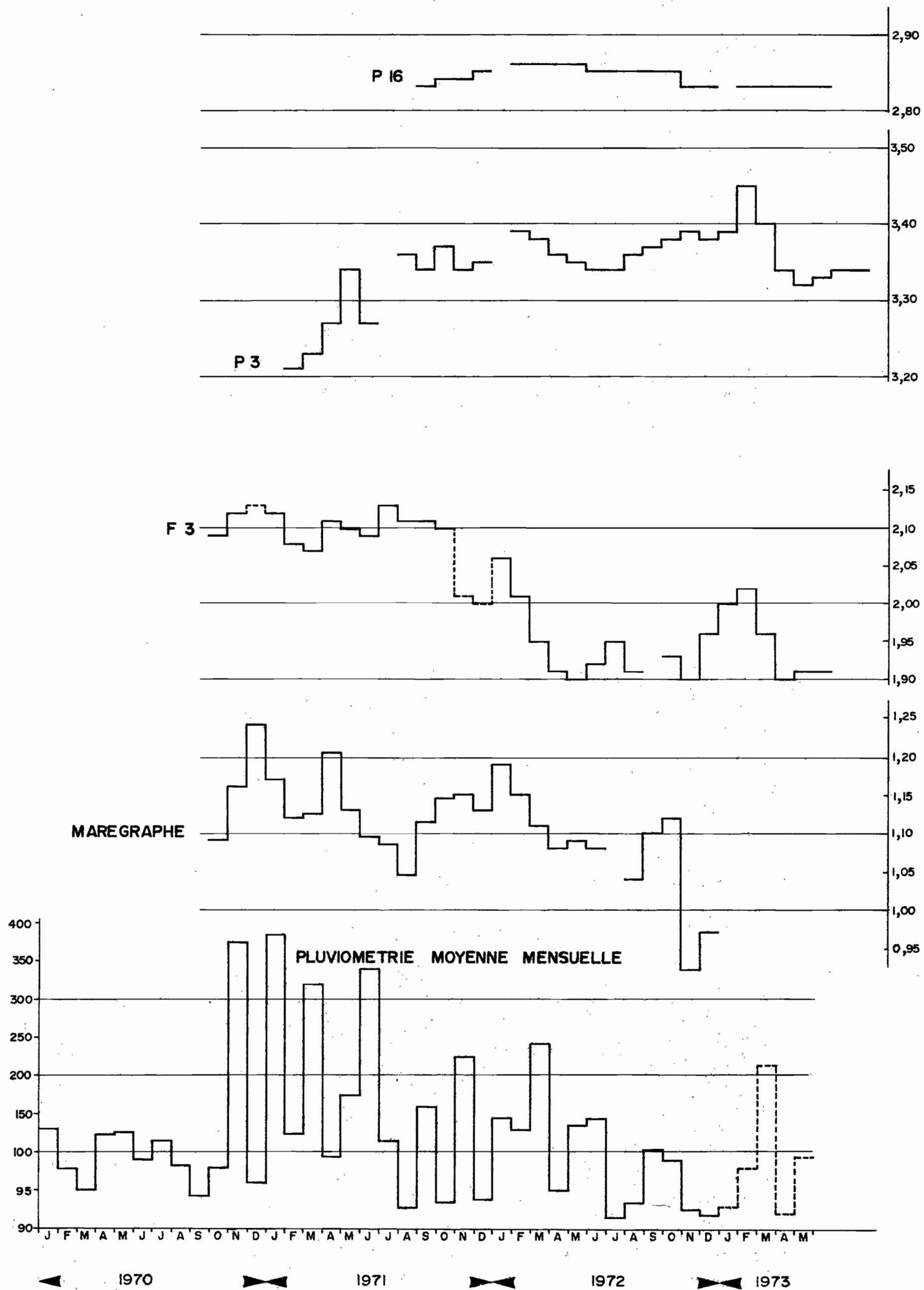


o P2 PIEZOMETRE
o F2 FORAGE

echelle 1:200 000

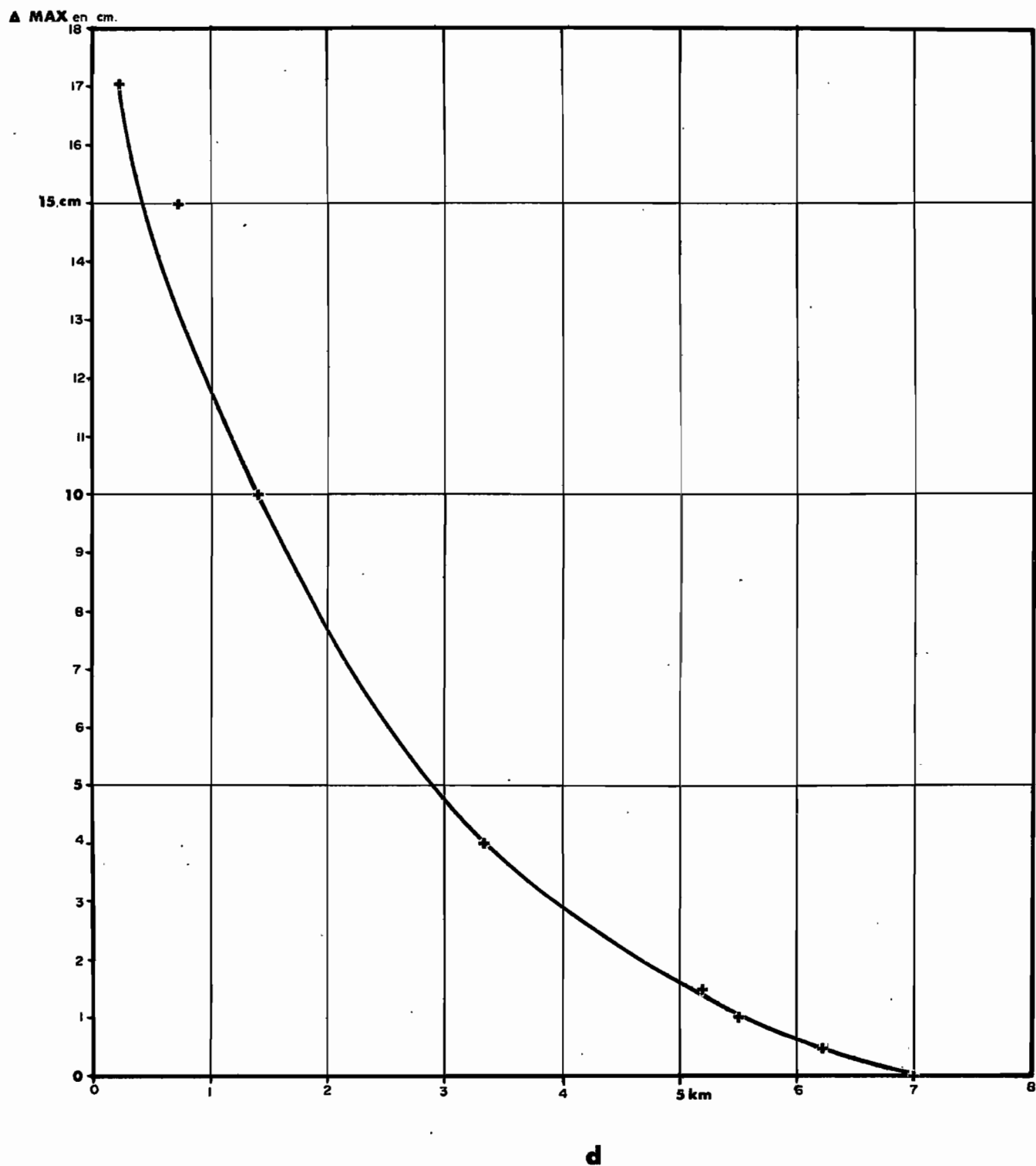
NIVEAUX MOYENS MENSUELS DE LA NAPPE

OBSERVES SUR QUELQUES PIEZOGRAPHES



AMORTISSEMENT DE LA MARÉE AVEC LA DISTANCE A LA CÔTE
POUR LES FORAGES ET PIÉZOMÈTRES

==



Echelle de temps 1 intervalle = 1 heure (8 jours)

Echelle réductrice:

Echelle réductrice 1/20 = 1 intervalle

Echelle réductrice 1/15 = 1 intervalle

Echelle réductrice 1/10 = 1 intervalle

Echelle réductrice 1/5 = 1 intervalle

4cm de variation d'eau

3cm de variation d'eau

2cm de variation d'eau

1cm de variation d'eau

Date de mise en place.

Date de l'enlèvement.

1

1m 20
1m 10
1m
0m 90
0m 80
0m 70
0m 60
0m 50

2

27m
26m 95
26m 90
26m 85

**EXTRAITS D'ENREGISTREMENTS OBTENUS AU MARÉGRAPHE DE CHÉPENEHE (1)
ET AU PIÉZOGRAPHE P n°20 (2) ENTRE LE 28 AVRIL ET LE 4 MAI 1972**

=====

28

Mardi 29

Mercredi 30

Jeudi 1

Vendredi 2

Samedi 3

Dimanche 4

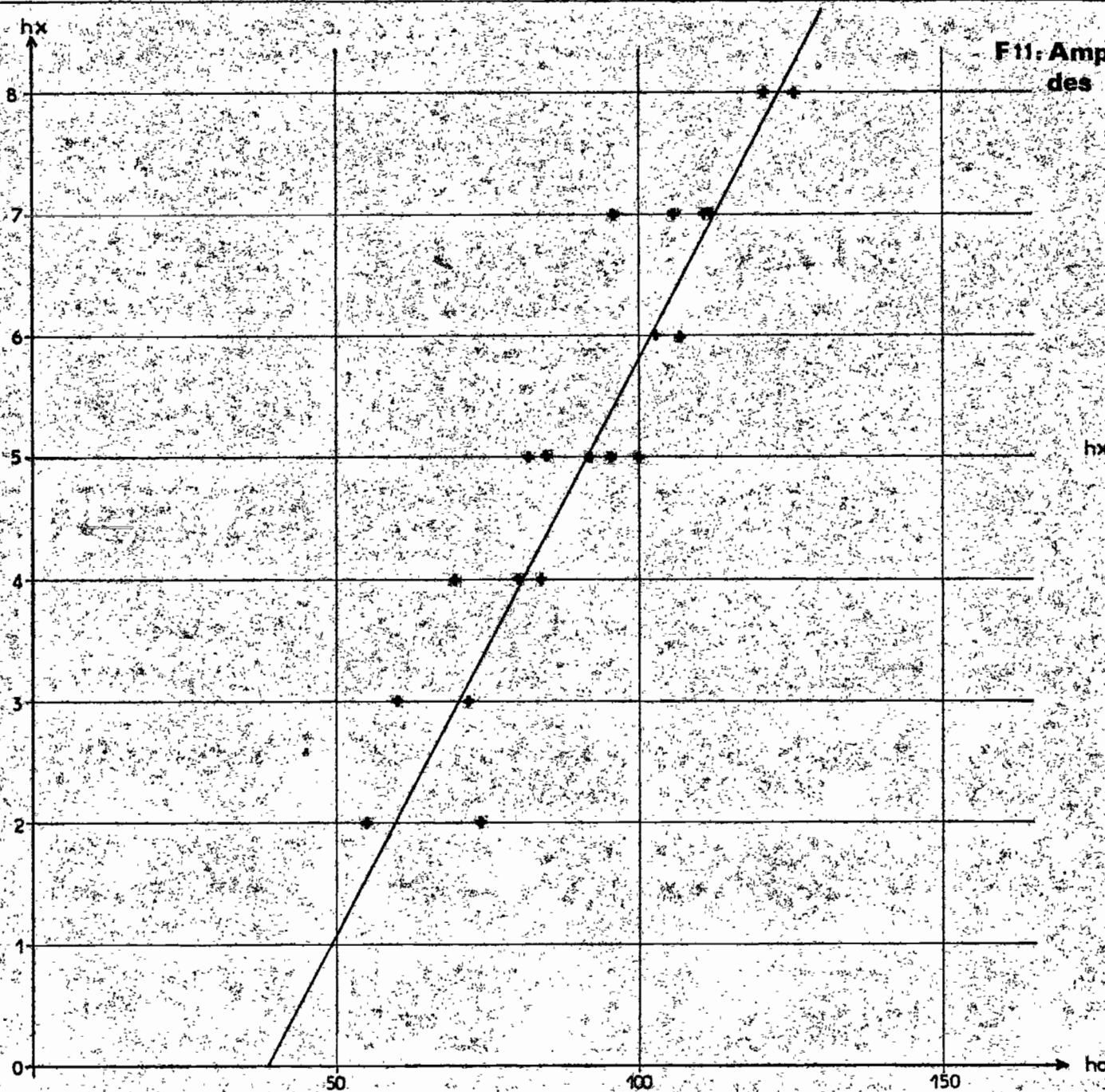
Lundi 5

O R S T O M

DATE

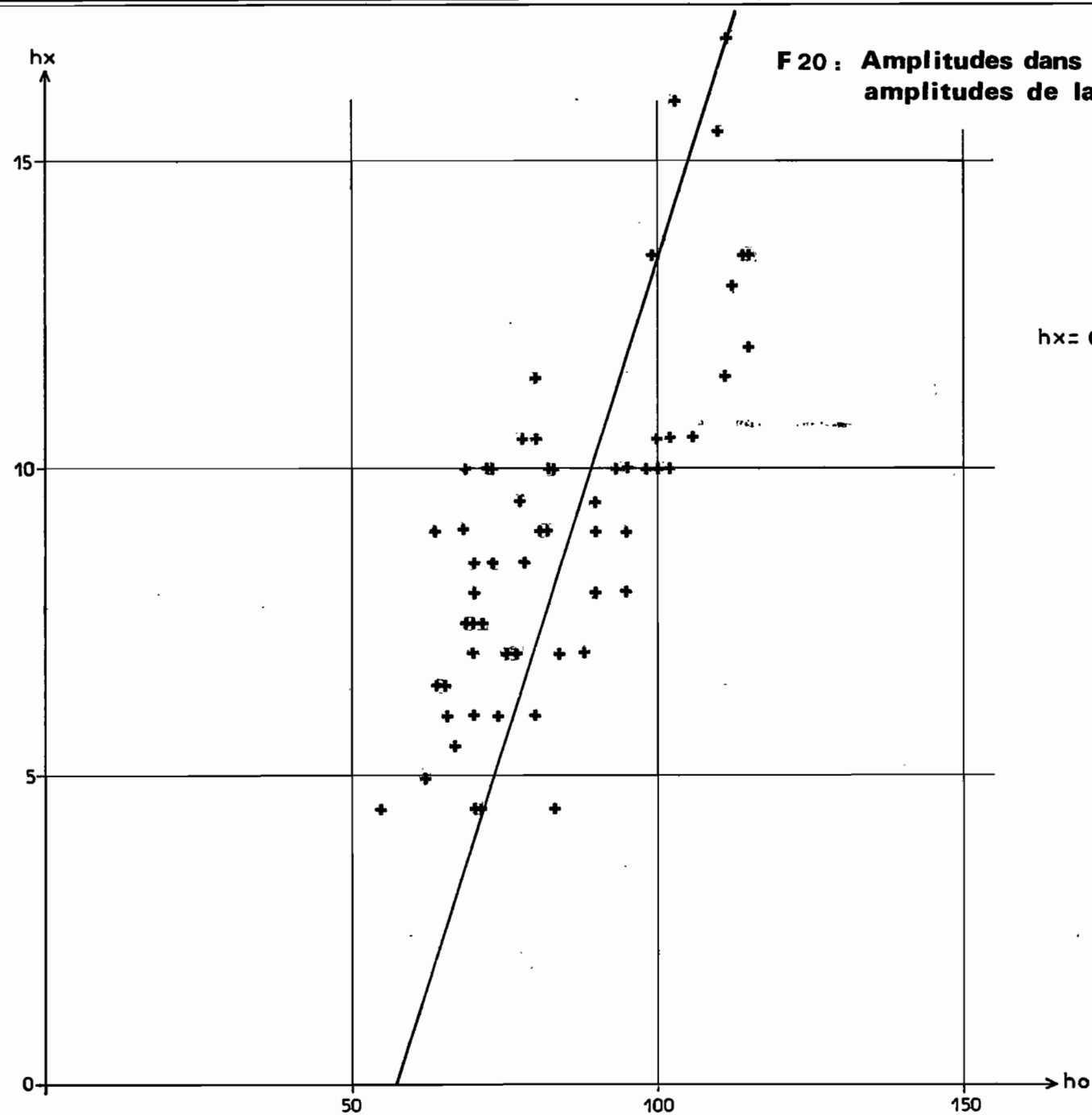
1975

DÉSSINÉ PAR J.P.M.



F11: Amplitudes dans le forage en fonction
des amplitudes de la marée

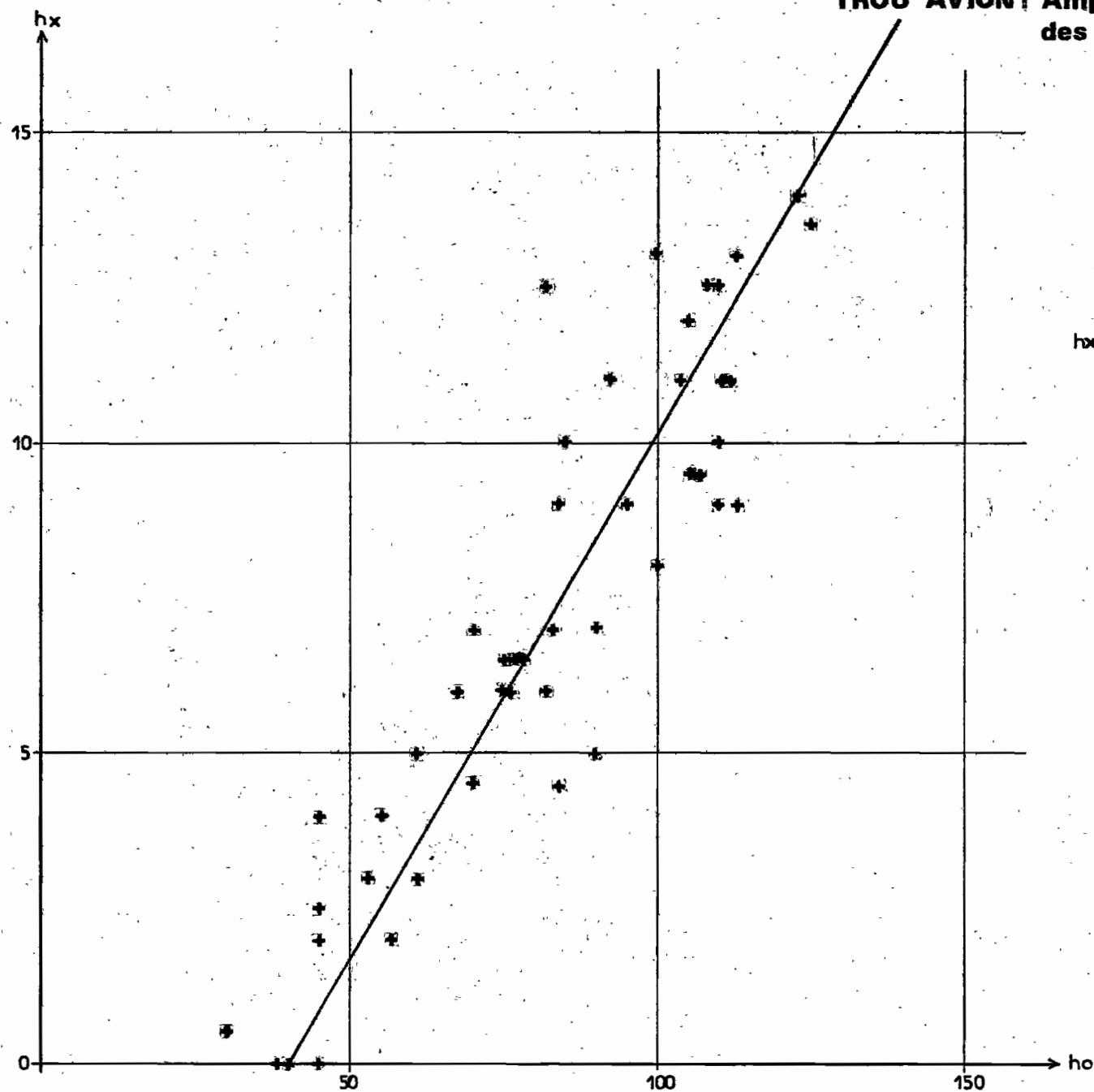
$$h_x = 0.095 (h_o - 40)$$



O R S T O M

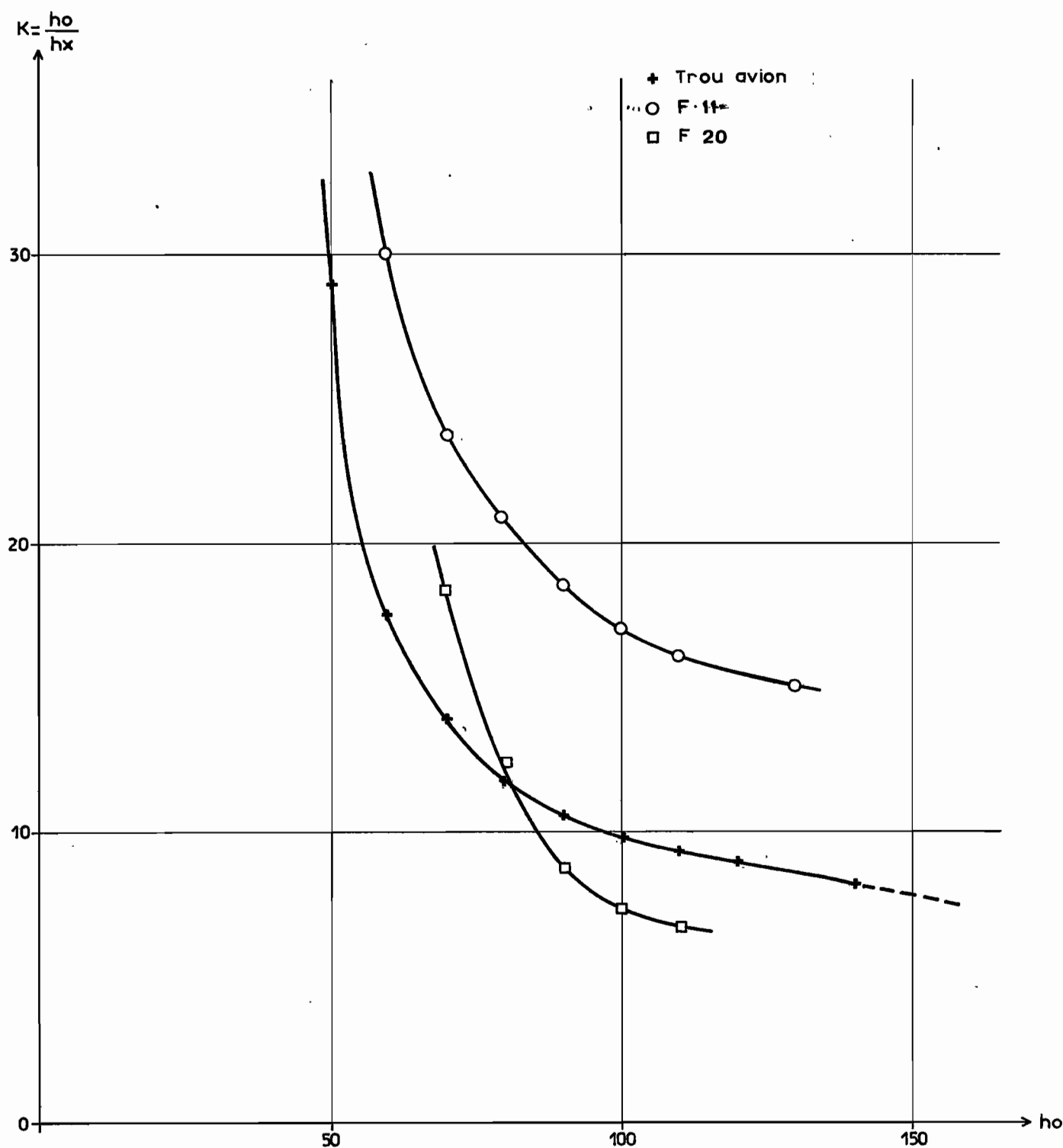
DATE OCTOBRE 1975

DÉSSINÉ PAR J.P.M.

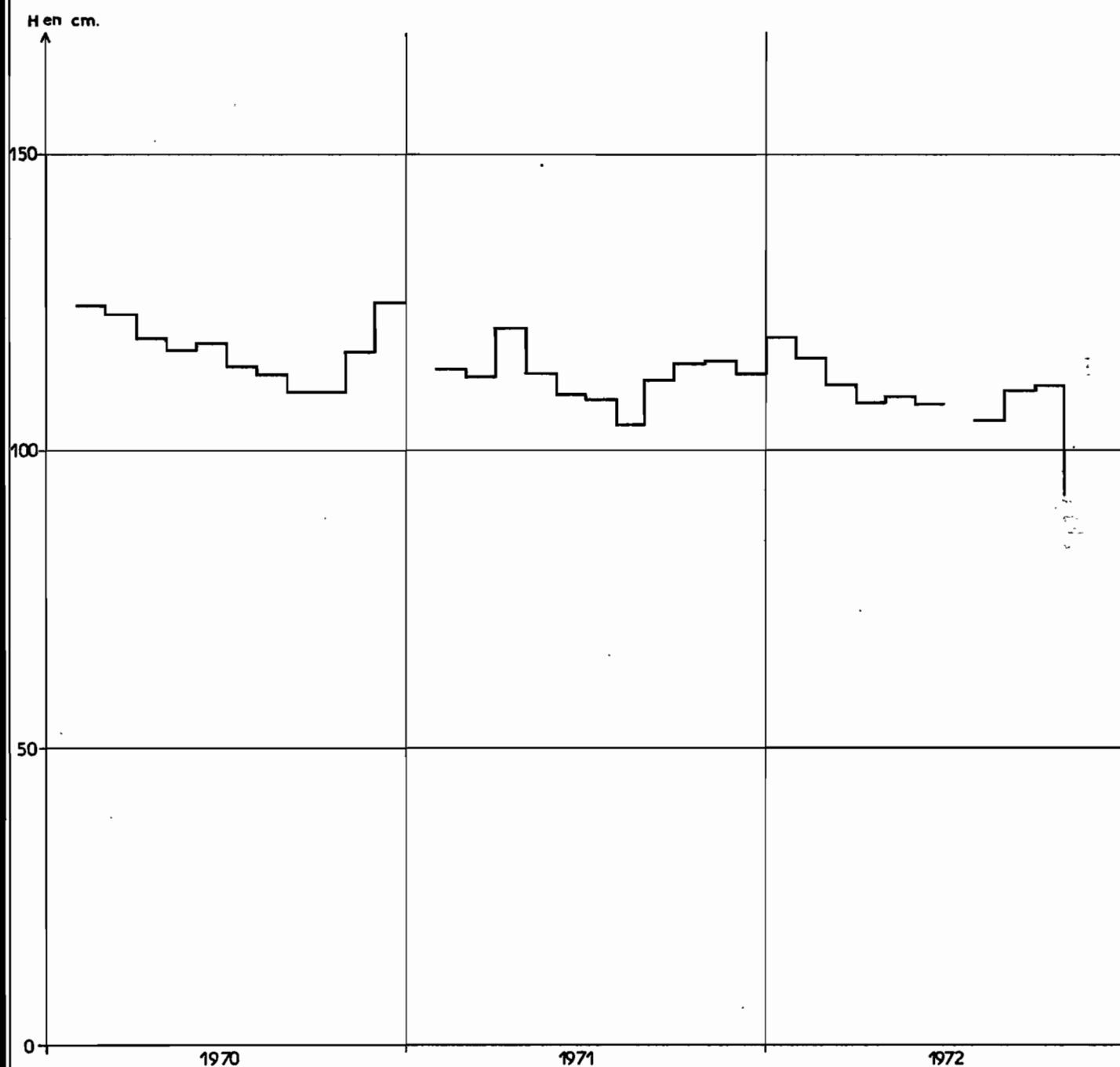
TROU AVION : Amplitudes dans le forage en fonction des amplitudes de la marée

LIFOU

Coefficients d'amortissement K en fonction des amplitudes de la marée



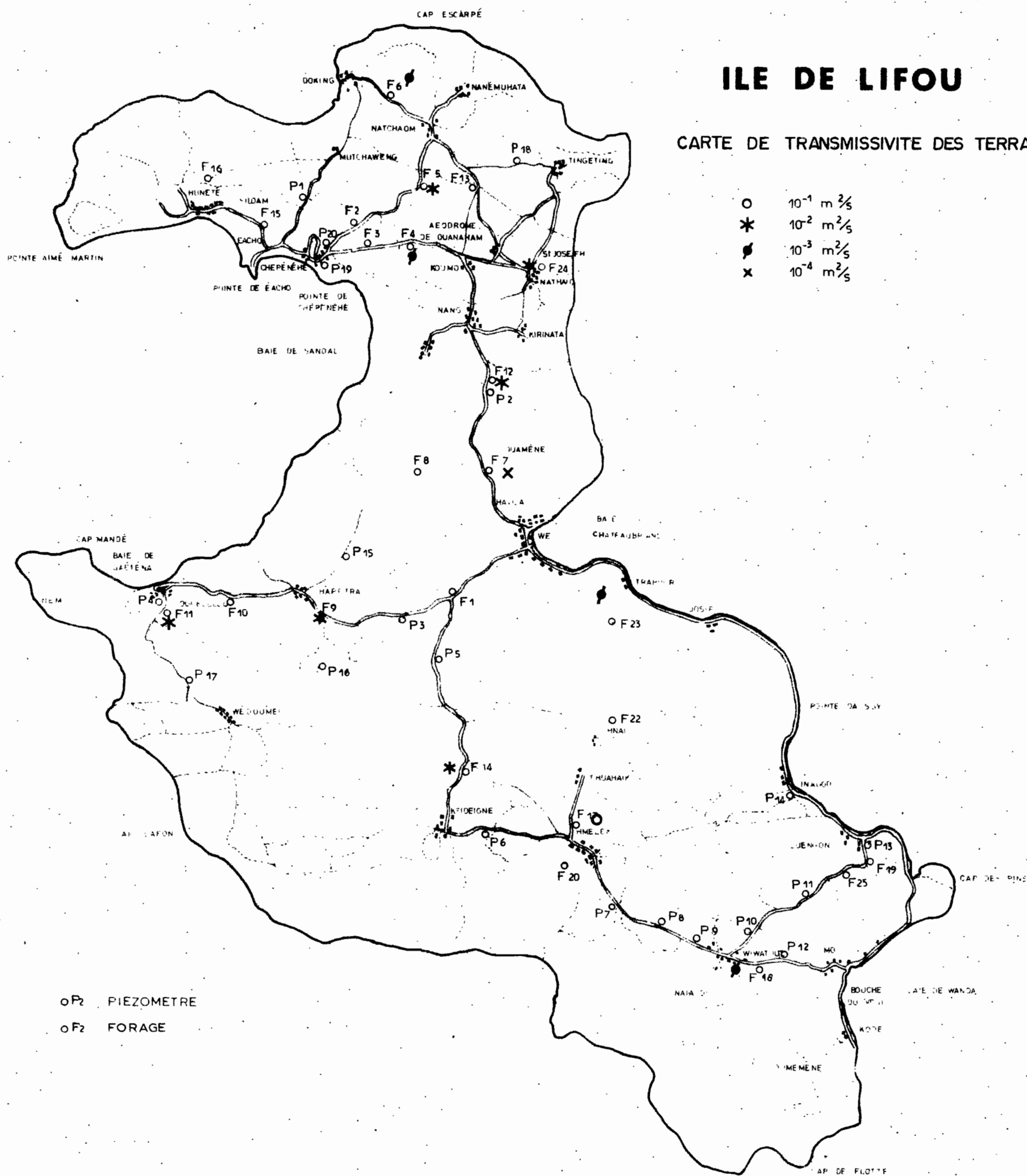
LIFOU

NIVEAUX MOYENS MENSUELS DE LA MER A WE
Par rapport au zéro hydrographique

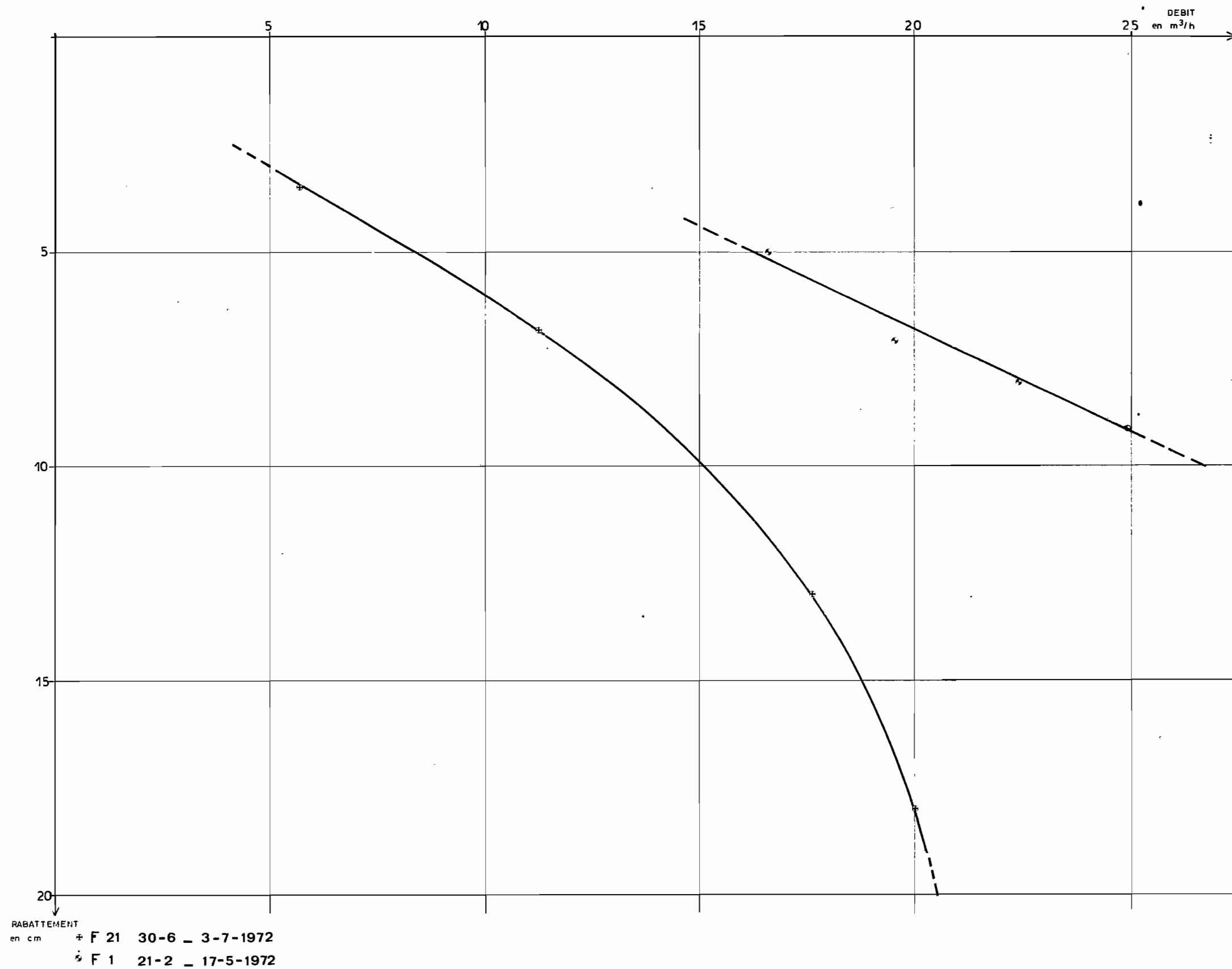
ILE DE LIFOU

CARTE DE TRANSMISSIVITE DES TERRAINS

- $10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$
- * $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
- $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- x $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$



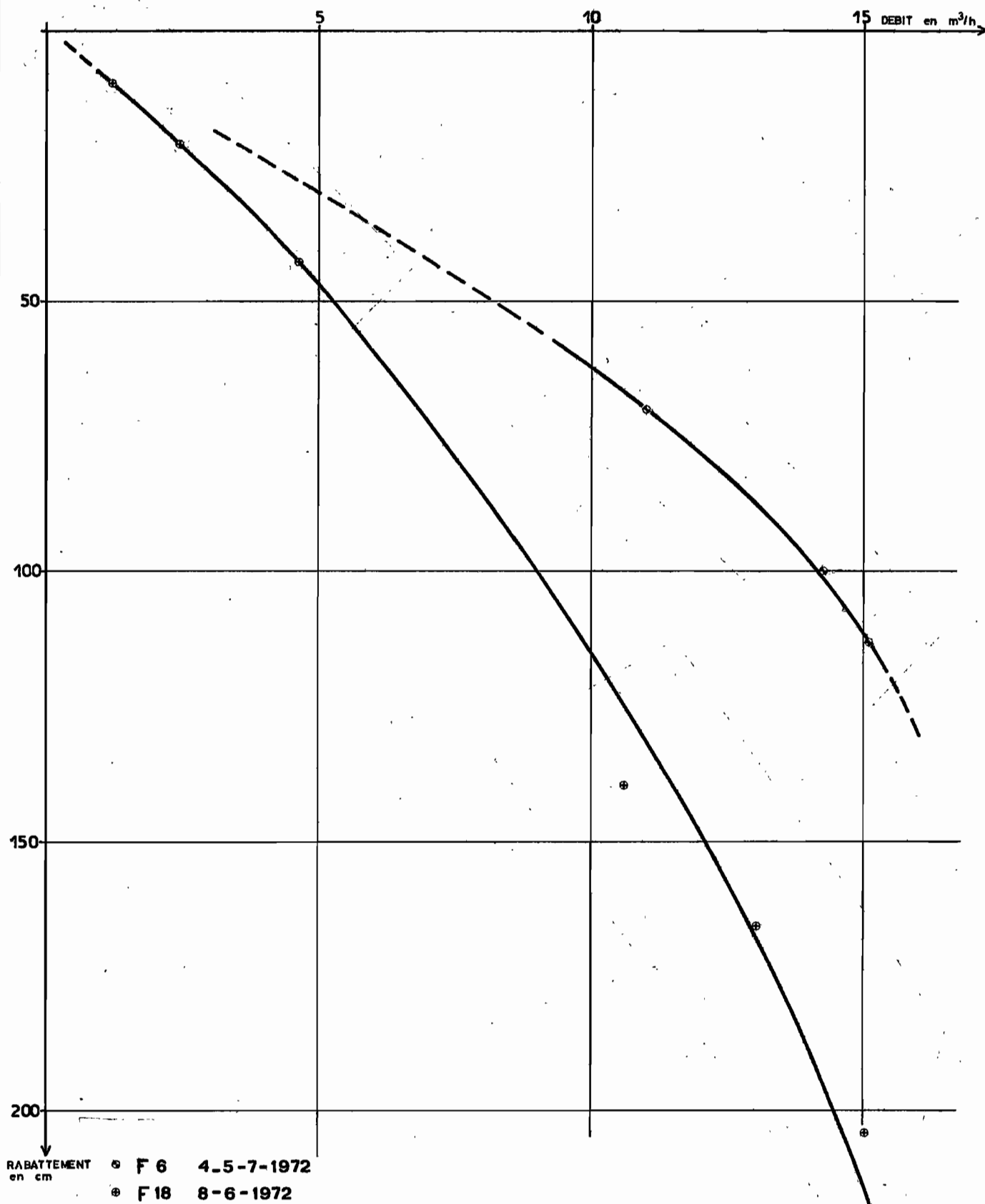
LIFOU
ESSAIS DE DEBITS
Courbes caractéristiques des puits



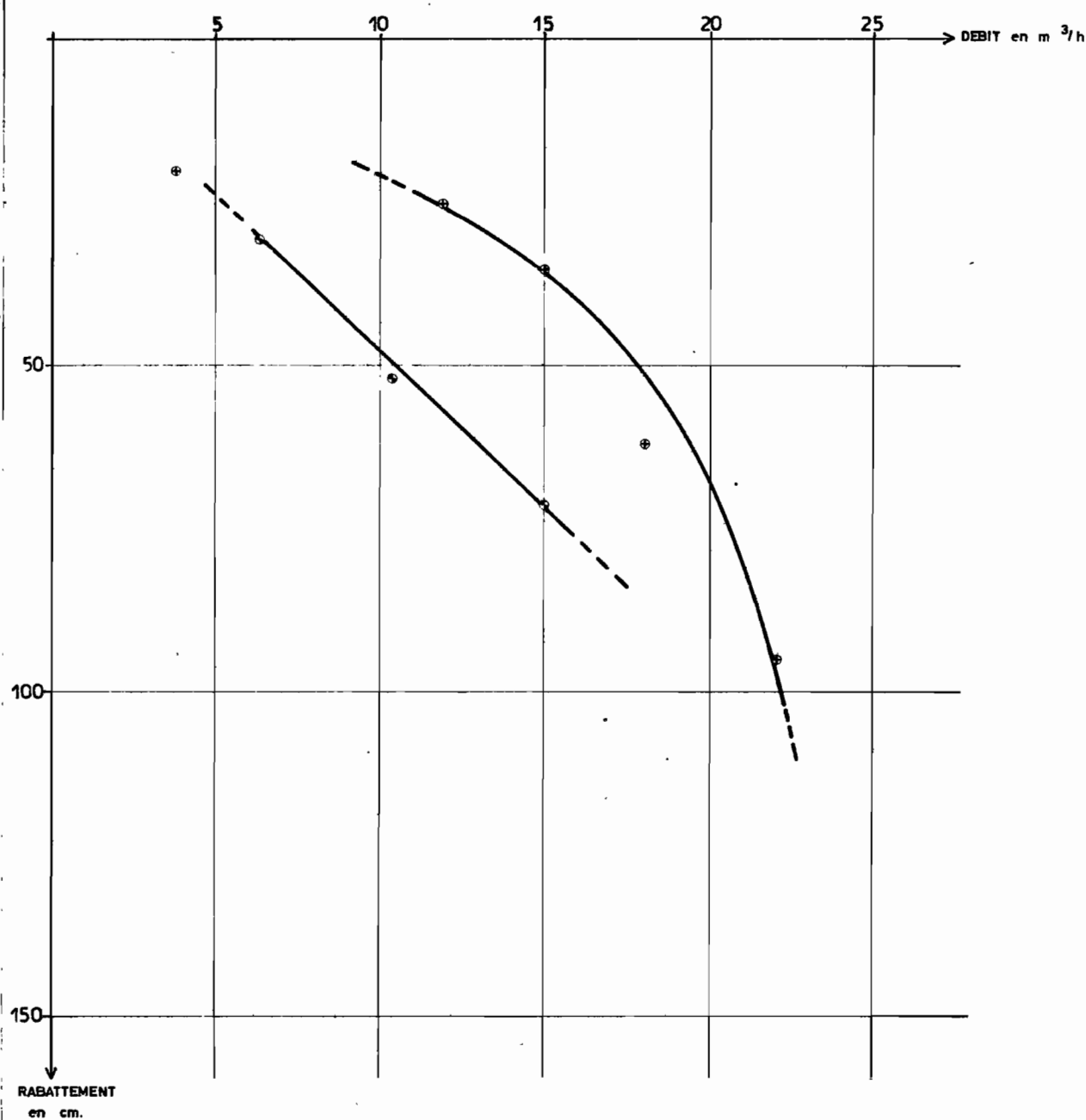
LIFOU

ESSAIS DE DEBITS

Courbes caractéristiques des puits

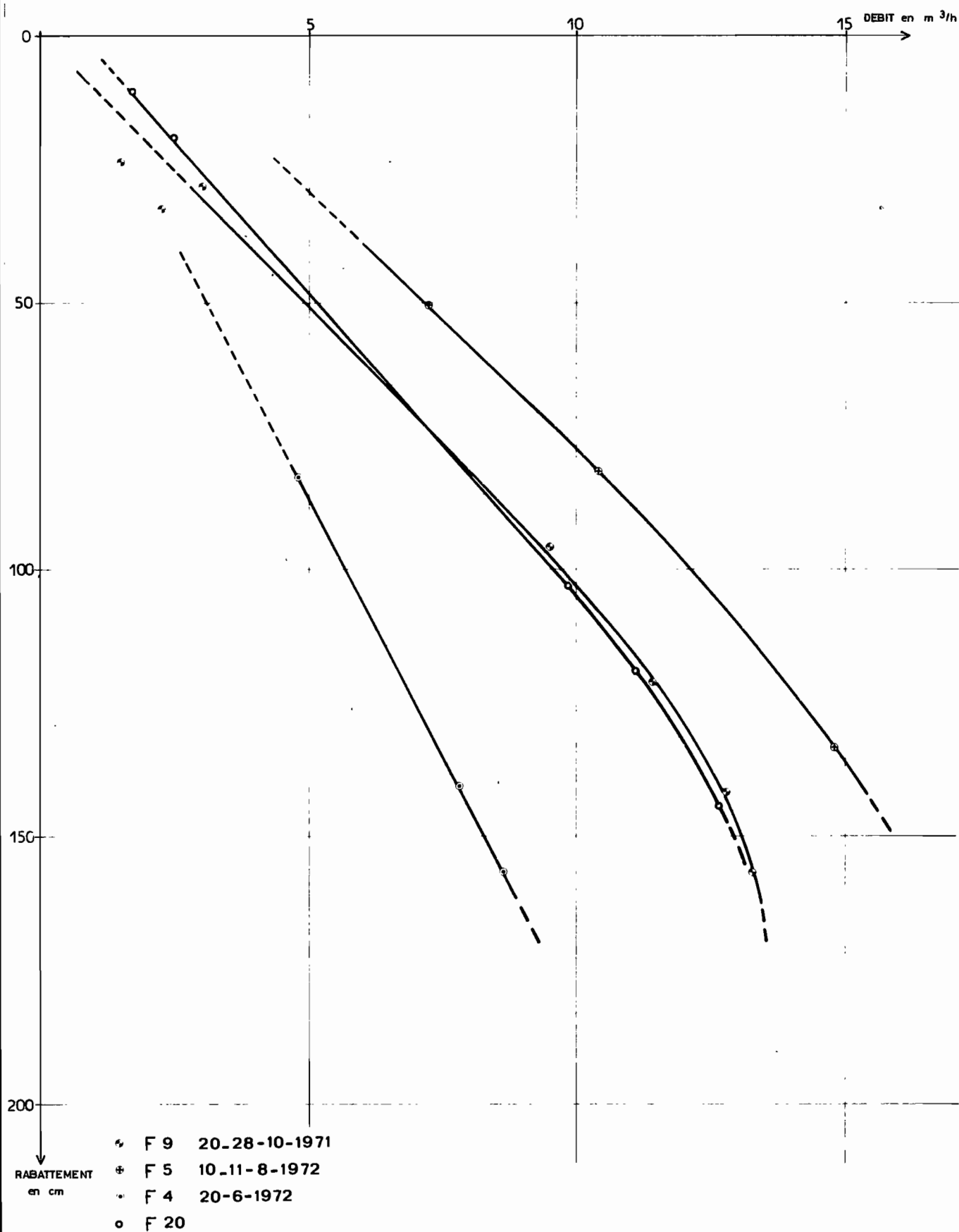
RABATTEMENT
en cm* F 6 4-5-7-1972
* F 18 8-6-1972

LIFOU
ESSAIS DE DEBITS
Courbes caractéristiques des puits



• F 12 26-4-1972
• F 14 31-5 - 1-2-6-1972

LIFOU
ESSAIS DE DEBITS
Courbes caractéristiques des puits



DROITES RABATTEMENT. LOGARITHME DU TEMPS

FORAGE N° 6 NATCHAOM

200

150

100

50

10

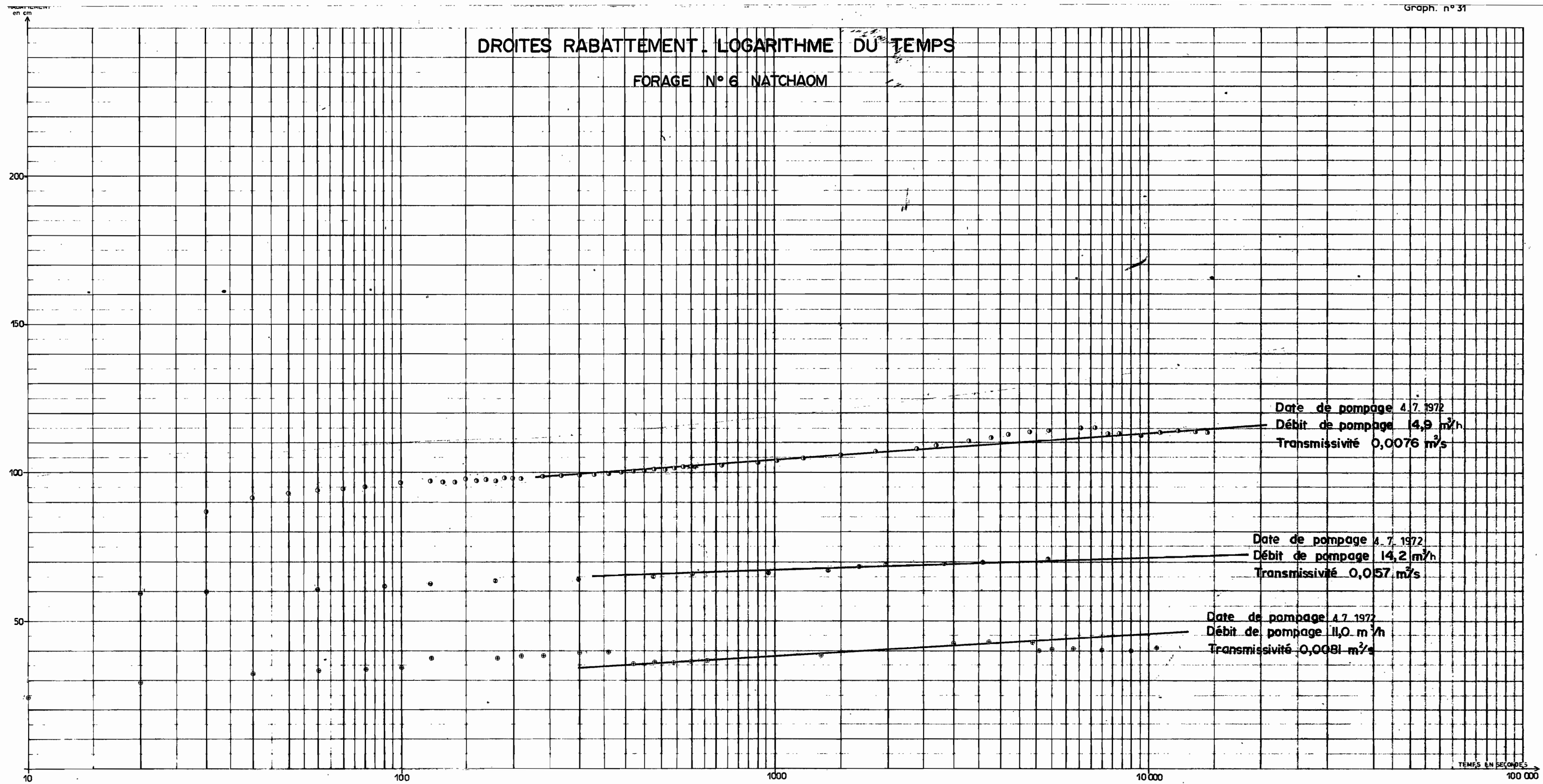
TEMPS EN SECONDES

100 000

Date de pompage 4.7.1972
Débit de pompage 14,9 m³/h
Transmissivité 0,0076 m²/s

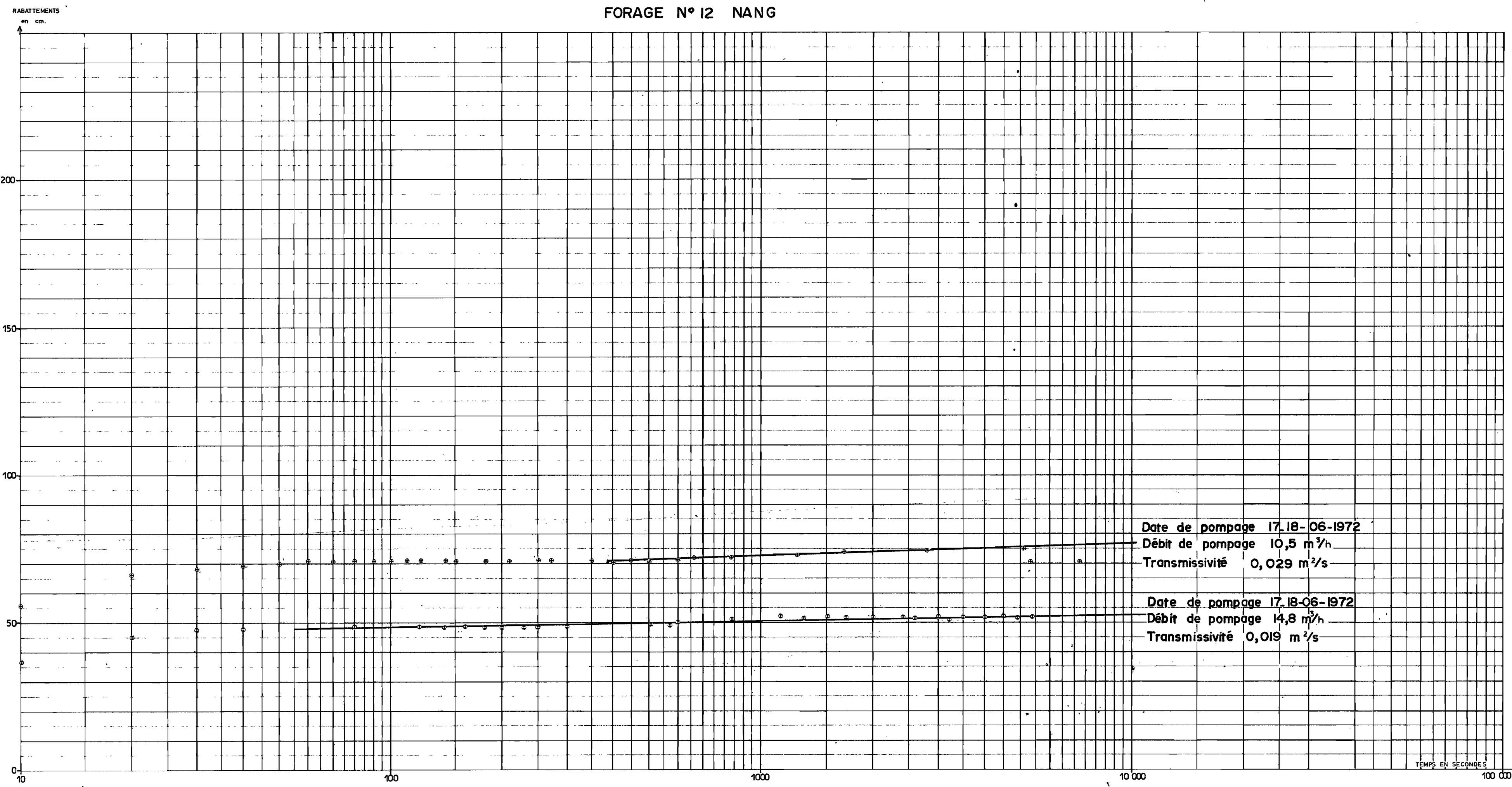
Date de pompage 4.7.1972
Débit de pompage 14,2 m³/h
Transmissivité 0,057 m²/s

Date de pompage 4.7.1972
Débit de pompage 11,0 m³/h
Transmissivité 0,0081 m²/s



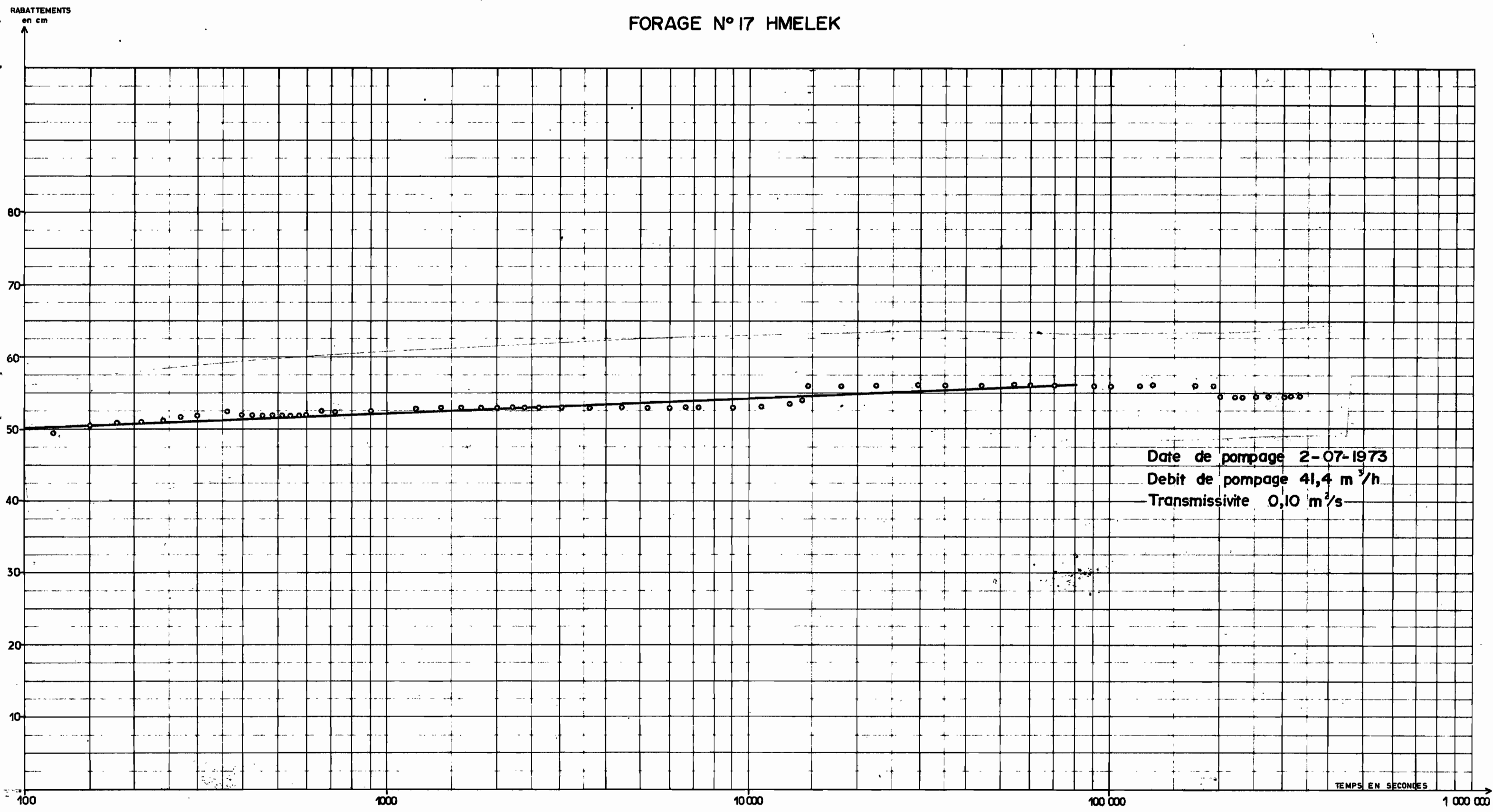
DROITES RABATTEMENT - LOGARITHME DU TEMPS

FORAGE N° 12 NANG



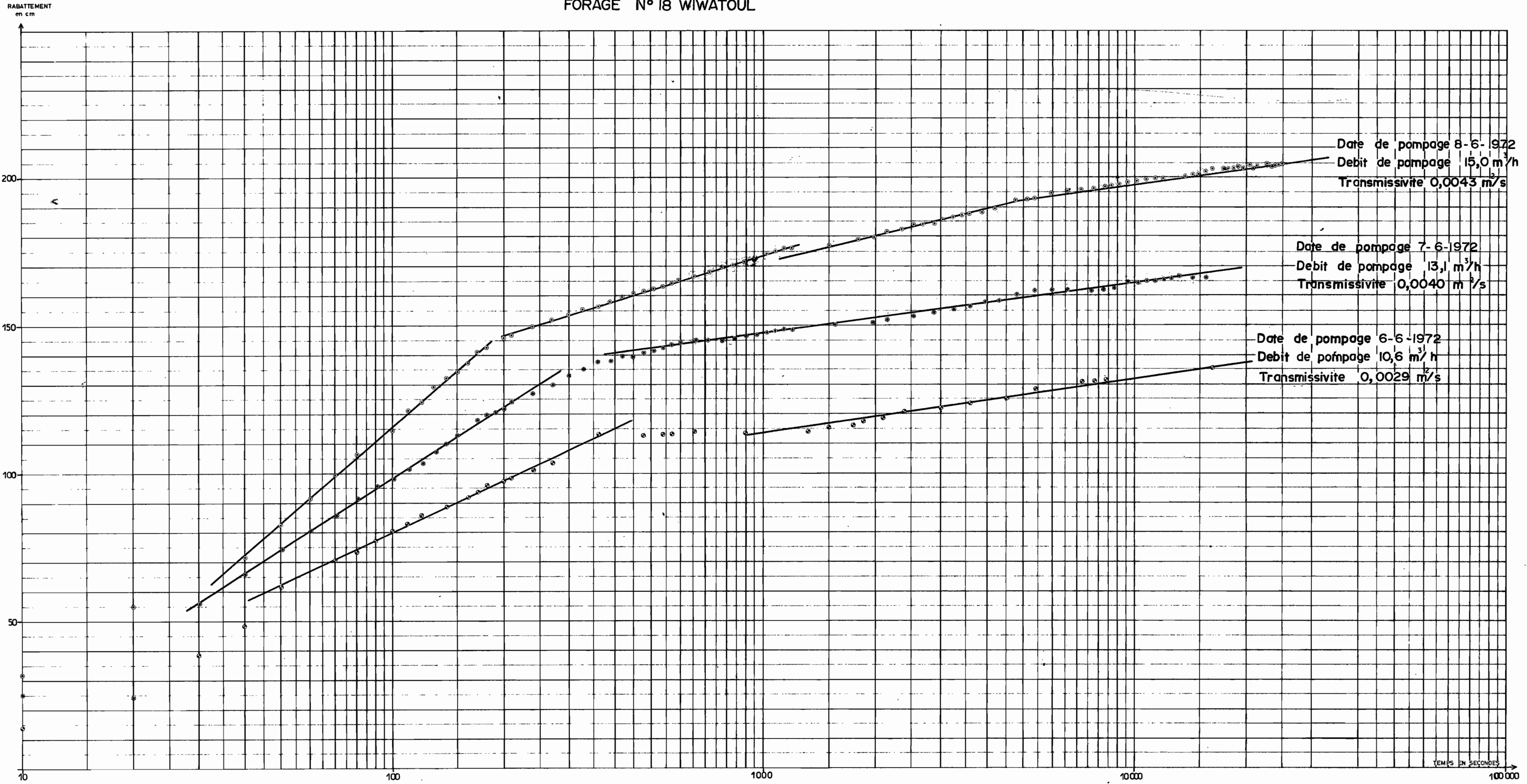
DROITE RABATTEMENT LOGARITHME DU TEMPS

FORAGE N° 17 HMELEK

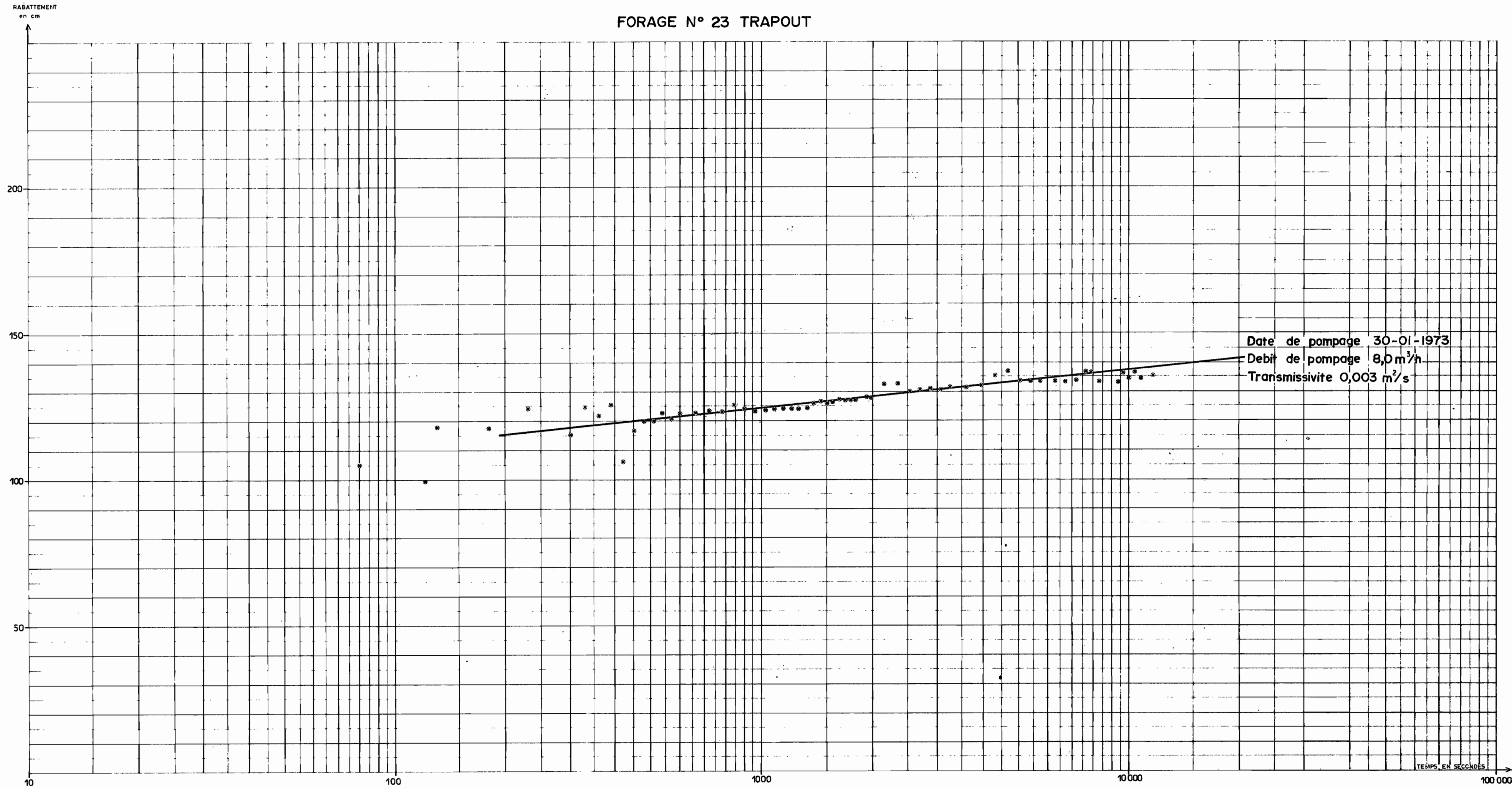


Date de pompage 2-07-1973
Debit de pompage 41,4 m³/h
Transmissivité 0,10 m²/s

DROITES RABATTEMENT - LOGARITHME DU TEMPS
FORAGE N° 18 WIWATOUL

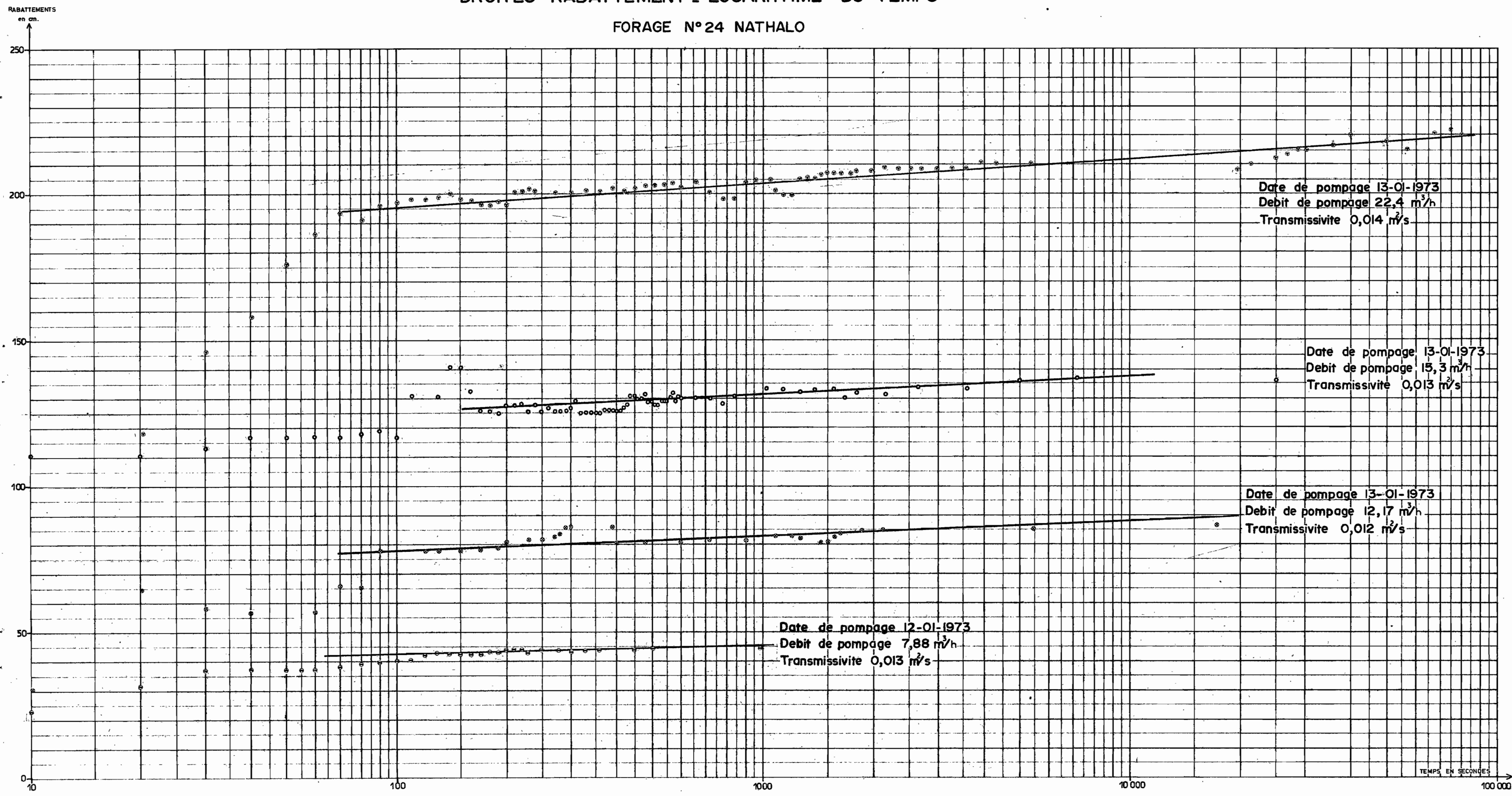


DROITE RABATTEMENT - LOGARITHME DU TEMPS
FORAGE N° 23 TRAPOUT



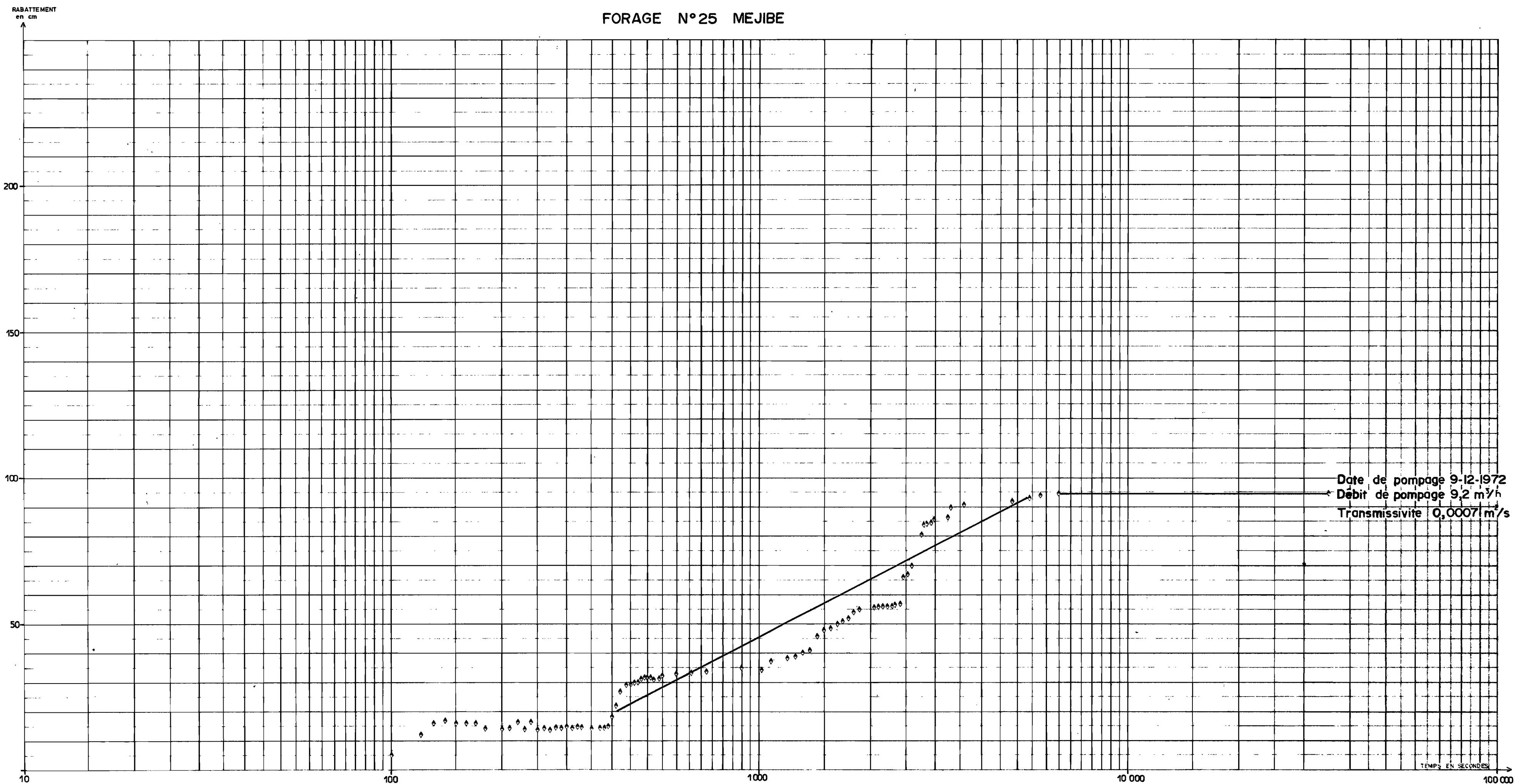
DROITES RABATTEMENT - LOGARITHME DU TEMPS

FORAGE N° 24 NATHALO



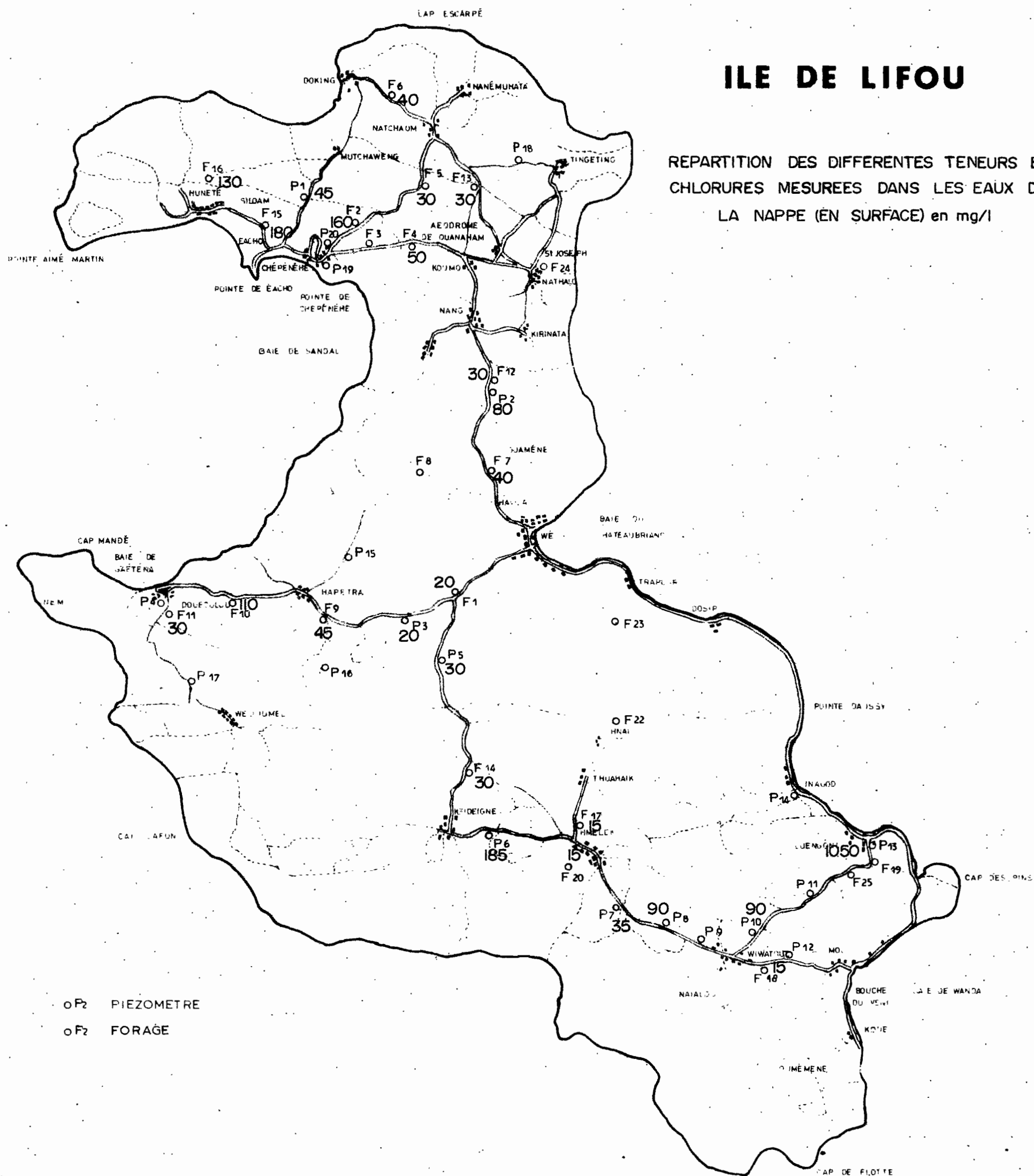
DROITE RABATTEMENT . LOGARITHME DU TEMPS

FORAGE N°25 MEJIBE



ILE DE LIFOU

REPARTITION DES DIFFERENTES TENEURS EN
CHLORURES MESUREES DANS LES EAUX DE
LA NAPPE (EN SURFACE) en mg/l



LIFOU :

ANNEXE I

REPARTITION DE LA POPULATION PAR COMMUNES

	Mélanésiens	Tahitiens	Européens	Enfants de - 15 ans
WE	47			11
WANAHAM	53		4	26
CEEPENEHE	370		8	138
DOCKING	232			76
EACHO	44			15
ENAPALU	180			77
EUNETE	105			32
KIRINATA	141			79
KUMO	167			61
LUECILLA	222		4	80
MUTCHAWENG	107			41
HANEMUDETTRA	168			73
NIANG	169			57
NATCHAOM	153			56
NATHALO	249			84
TINGELING	189			60
ST PAUL	36			5
SILAM	187			65
DOUEOULOU	452		3	190
HAPETRA	217	2	6	79
OUANONO	324	1	37	131
WADUMEL	228			91
DOSIP	220			102
HMELECK	313			115
HNADRO	66			20
HNAEU	156			60
HNASSE	189		27	104
INAGOD	155			66
KEDEIGNE	246			94
LUENGONI	255			115
MOU	400			154
THUAHAIK	106			48
TIGA	138			62
TRAPOUT	202			69
WASSAGNE	97			43
WIWATOUL	295		1	131
XODE	192			65
<u>TOTAUX....</u>	<u>7.070</u>	<u>3</u>	<u>90</u>	<u>2.775</u>
TOTAL GENERAL				
<u>7.163</u>				

A N N E X E I I

RESULTATS DES MESURES DE TEMPERATURE ET D'HUMIDITE

STATION MÉTEO - VE - LIFOU

année 1970

MOYENNE JOURNALIERE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
T° max.								23°0	23°6	24°2	26°0	26°8
T° min.								18°1	17°2	18°5	18°6	20°5
max. - min.								4°9	6°4	5°7	7°4	6°3
T° moy.								20°5	20°3	21°2	22°0	23°0
U								84,7	82,0	78,7	81,0	81,0
U max.								92,6	92,2	90,2	92,0	92,0
U min.								71,8	65,8	63,5	63,0	64,0

Fin Juillet - Montage de la Station.

STATION MÉTEO - WE - LIFOU

année 1971

MOYENNE JOURNALIERE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
T° max.	25°9	26°9	25°8	23°7	22°4	21°7	20°6	23°6	24°6	24°7	25°2	25°5
T° min.	20°5	21°6	21°0	17°7	15°9	16°6	14°9	13°8	15°9	17°0	17°6	19°8
max. - min.	5°3	5°4	4°8	6°1	6°4	4°9	5°6	4°8	8°7	7°7	7°6	5°7
T° moy.	22°9	24°1	23°1	20°4	18°6	19°0	17°8	(18°7)	(20°2)	20°5	21°3	22°5
U	82,0	85,9	87,4	85,3	87,0	87,4	83,1			82,4	83,2	81,5
U max.	91,9	92,7	92,2	92,3	92,6	92,1	91,8			92,1	91,5	91,2
U min.	71,5	72,2	76,4	68,7	74,6	79,4	68,3			63,5	63,2	67,2

STATION MÉTÉO - WE - LIFOU

année 1972

MOYENNE JOURNALIERE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
T° max.	26°.2	27°.3	27°.4	25°.9	24°.0	22°.3	22°.0	22°.4	23°.5	24°.9	26°.5	26°.9
T° min.	21°.2	20°.9	19°.6	16°.2	17°.6	13°.2	13°.0	10°.7	14°.9	14°.7	(15°.0)	15°.9
max. - min.	5°.0	6°.1	7°.8	9°.6	6°.4	8°.7	8°.9	11°.9	(8°.0)	10°.1	(11°.5)	11°.0
T° moy.	(23°7)	(24°1)	(23°5)	(21°0)	(20°8)	(17°8)	(17°5)	(16°6)	(19°2)	(19°8)	(20°8)	(21°4)
U	85	83	88	85	84	85	85	78				
U max.	91	92	92	92	92	93	94	93				
U min.	76	69	79	71	69	66	64	56				

STATION MÉTÉO - HMELECK - LIFOU

année 1970

MOYENNE JOURNALIERE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
T° max.			fin Mars - Montage de la station	31°6	26°1	26°5	23°7	23°8	24°3	26°2	27°3	27°9
T° min.				24°0	15°4	15°7	13°5	15°2	14°0	19°9	18°8	20°0
max. - min.				7°6	10°7	10°8	10°2	8°5	10°3	6°3	8°5	7°9
T° moy.				(27°8)	(20°8)	(21°1)	(18°6)	19°2	19°2	Thermographe dérégulé		
U							Fin Juillet : Montage de la Station	86,9	88,8	83,7	86,0	87
U max								97,1	97,7	95,6	97,0	97,0
U min.								69,1	66,4	65,6	65,0	68,0

STATION MÉTÉO HMELECK - LIFOU

année 1971

MOYENNE JOURNALIERE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
T° max	29°0	29°9	29°4	28°4	26°5	25°2	23°9	(26°7)	26°8	28°2	29°0	28°5
T° min	19°8	20°0	21°6	15°6	13°7	15°4	13°8	(12°2)	14°1	13°3	15°4	17°7
max - min	9°2	9°9	7°8	12°8	12°8	10°1	10°1	(14°5)	12°7	14°9	13°6	10°8
T° moy	(24°4)	(24°9)	(25°5)	(22°0)	(20°0)	(20°3)	(18°8)	(19°4)	(20°4)	(20°75)	(22°2)	(23°1)
U	90		92	88	88	90				86	88	85
U max	96		98	98	97	97				90	97	97
U min	74		78	67	68	77				62	60	65

STATION MÉTÉO - HMELECK - LIFOU

année 1972

[illegible]

ANNEZE IIILIFOU (Iles LOYAUTE)

Date	Coordonnées géographiques		Altitude m	Type	Date de mise en service
	Latitude Sud	Longitude Est			
EL 1	21°05'30"	167°22'10"		E	1/70
EL 2	21°04'30"	167°19'10"		E	2/70
EL 3				E	
EL 4	21°02'00"	167°16'40"		E	1/70
EL 5				E	
EL 6	20°54'30"	167°15'00"		E	1/70
EL 7	20°56'10"	167°12'30"		E	1/70
EL 8	20°55'10"	167°13'00"		E	1/70
EL 9	20°58'20"	167°05'50"		E	1/70
EL 10	20°52'20"	167°14'10"		E	1/70
EL 11	20°49'30"	167°14'20"		E	1/70
EL 12	20°46'40"	167°10'30"		E	1/70
EL 13	20°44'50"	167°14'00"		E	1/70
TL 1				T	
TL 2	21°06'50"	167°25'00"		T	1/70
TL 3	21°02'10"	167°24'50"		T	1/70
TL 4				T	1/70
TL 5	20°58'40"	167°23'10"		T	1/70
TL 6	20°56'20"	167°20'50"		T	1/70
TL 7	20°59'00"	167°13'30"		T	1/70
TL 8	21°02'10"	167°13'10"		T	1/70
TL 9				T	1/70
TL 10				T	1/70
TL 11	20°55'40"	167°05'10"		T	1/70
TL 12				T	1/70
TL 13	20°50'14"	167°11'10"		T	1/70
TL 14	20°47'20"	167°15'20"		T	1/70
TL 15	20°44'20"	167°16'10"		T	1/70
TL 16	20°42'20"	167°13'30"		T	1/70
TL 17	20°41'50"	167°10'10"		T	1/70
TL 18	20°44'00"	167°09'50"		T	1/70
TL 19	20°45'30"	167°05'40"		T	1/70

A N N E X E IV

MINERALISATION GLOBALE DES EAUX DE LA NAPPE CALCULEE
A PARTIR DES RESULTATS DE MESURE DE RESISTIVITE IN
SITU DANS DIFFERENTS FORAGES ET PIEZOMETRES

FORAGE	DATE	P (m)	Hs (m)	C 20 (μmhos cm ⁻¹)	Σ(mg/l)	FORAGE	DATE	P (m)	Hs (m)	C 20 (μmhos cm ⁻¹)	Σ(mg/l)
F 1	4.10.70	30,0		320	246			34,0	4,65	290	223
0 n (32,41m)		31,0		312	240			36,0	6,65	270	208
		32,0		310	238						
		33,0		309	238		6.10.71	30,0	0,65	288	221
		34,0		323	248			32,0	2,65	291	224
		35,0		318	244			34,0	4,65	293	225
		36,0		259	199			36,0	6,65	273	210
		37,0		259	199						
	3.3.71	30,44	0,74	311	239						
		32,44	2,74	316	243						
		34,44	4,74	318	244						
		36,44	6,74	296	228						
		38,44	8,74	296	228						
		40,44	10,74	296	228						
	6.4.71	29,50		312	240						
		31,5		309	238						
		33,5		309	238						
		35,5		311	239						
		36,5		282	217						
	11.5.71	30,0	0,60	315	242						
		32,0	2,60	307	236						
		34,0	4,60	310	238						
		36,0	6,60	301	231						
	15.6.71	30,0	0,60	299	230						
		32,0	2,60	300	230						
		34,0	4,60	300	230						
		36,0	6,60	288	221						
	28.9.71	30,0	0,65	293	225						
		32,0	2,65	290	223						

[illegible]

FORAGE #	DATE	P (m)	Hs (m)	C 20 (Amhos cm ⁻¹)	Σ (mg/l)	FORAGE	DATE	P(m)	Hs (m)	C 20 (Amhos cm ⁻¹)	Σ (mg/l)
F 4	25.8.71	23,0	0,40	336	240	F 5	8.10.70	22,07		500	358
		25,0	2,40	349	250	0 a 24,82m		23,25	1,18	493	353
		27,0	4,40	360	258			24,25	2,18	488	349
		29,0	6,40	368	263			25,25	3,18	488	349
		31,0	8,40	404	289			26,25	4,18	496	355
								27,25	5,18	564	404
								28,25	6,18	587	420
								29,25	7,18	597	427
								30,25	8,18	604	432
								30,75	8,68	606	434
							4.3.71	22,05	0,30	399	287
								24,05	2,30	389	278
								26,05	4,30	389	278
								28,05	6,30	500	358
								30,05	8,30	587	420
							8.4.71	22,0	0,33	391	280
								24,0	2,33	394	282
								26,0	4,33	394	282
								28,0	6,33	489	350
								30,0	8,33	580	415
							13.5.71	22,0	0,32	380	272
								24,0	2,32	382	274
								26,0	4,32	382	274
								28,0	6,32	452	324
								30,0	8,32	532	381
							17.6.71	22,0	0,25	370	265
								24,0	2,25	379	271
								26,0	4,25	383	274
								28,0	6,25	429	307
								30,0	8,25	516	369

[illegible]

FORAGE	DATE	P (m)	Hs (m)	C 20 (mg/mhos cm ⁻¹)	Σ(mg/l)	FORAGE	DATE	P (m)	Hs (m)	C 20 (mg/mhos cm ⁻¹)	Σ(mg/l)
P 2	3.3.71	30,45	0,37	622	445	P 3	3.3.71	35,32	0,64	179	138
0 32,84m		32,45	2,37	619	443	0 37,91m		37,32	2,64	224	172
		34,45	4,37	634	454			38,32	3,64	225	173
		36,45	6,37	703	503			39,32	4,64	225	173
	7.4.71	30,0	0,20	556	398		7.4.71	34,50	0,14	261	201
		32,0	2,20	566	405			36,0	1,64	255	196
		34,0	4,20	572	410			37,50	2,14	272	209
		36,0	6,20	578	414			39,0	3,64	249	192
	11.5.71	30,0	0,17	518	371		12.5.71	35,0	0,65	238	183
		32,0	2,17	542	388			37,0	2,65	247	190
		34,0	4,17	554	397			39,0	4,65	256	197
		36,0	6,17	558	400						
							15.6.71	35,0	0,62	240	185
	18.6.71	30,0	0,16	363	260			37,0	2,62	246	189
		32,0	2,16	536	384			38,0	3,62	258	199
		34,0	4,16	546	391						
		36,0	6,16	486	348		24.8.71	35,0	0,70	234	180
								36,0	1,70	230	177
	25.8.71	30,5	0,72	490	351			37,0	2,70	251	193
		32,5	2,72	525	376			38,0	3,70	264	205
		34,5	4,72	600	387						
		35,5	5,72	544	390		6.10.71	35,0	0,64	225	173
								36,0	1,64	227	175
	8.10.71	30,0	0,48	398	285			37,0	2,64	243	187
		32,0	2,48	505	362			38,0	3,64	258	199
		34,0	4,48	521	375						
		36,0	6,48				24.11.71	35,0	0,63	223	172
								36,0	1,63	216	166
	25.11.71	31,0	0,65	372	266						
		33,0	2,65	466	334		29.11.71	35,0	0,72	211	162
		35,0	4,65	484	347			37,0	2,72	220	169
		36,0	5,65	486	348			38,0	3,72	237	182

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

A N N E X E V

EPAISSEURS DE LA NAPPE AU-DESSUS DU ZERO S.M.

LIFOU

épaisseur de la nappe au dessus du 0 S.H. (en cm.)

ANNEXE " 1

DATE	F1	F2	F3	F4	F5	F7	F8	F9	F10	F11	F13	F16	F14	F18	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P15	P16	F17	P	P
0.12.1970	257	207	216	254	276		252								174															
18	250	202		256	278		252								175	274														
24	250	202	207	258	278		235								176	271														
30	261	212	212	264	282		242								182	276														
0.01.1971	264		213		284																									
13			211		282			252																						
14		200	211	266	282	241	242								181	279														
27		210	210	264	279	242	243	252								278														
28			210		279																									
01.02.1971					279												321													
03	262	211	210	265	279	240	242	253							181	274	321													
10			208		277																									
11		208	208	262	277	238	241	253	211	206						276	321													
25			208	261	276	240	240	253	214	208					179	277	322													
02.03.1971			209		276			250									323													
05			208		276	238	238		208								323	210												
04	(270)	202	208	262	276					202																				
10			206	259	276	233	235	250	205	202					176	274	322	208												
11		203	206		276																									
18			204		276			250	209	199							322	210												
24		203	202	260	276	234	238	252	210	198					179	275	325	206												
28			207		276																									
06.04.1971	(293)		207		278			254	210	193						277	327	202												
07		207	207	259	278	233																								
08			207		278			253							184															
10			213		278	233																								
20			213		278			255		194								202												
23			213		278			255		196									417											
25		218	213		278	233	242	256	220	197								189												
28			214	259	278			256		196									414											
30			213		278			256																						
03.05.1971			212		277	233		256		195								189												
10	(301)		211		275					193						279		179		416										
11					275	233		255											417	417	422									
12					275				210	192								334	216											
13		207	210	258	275										182															
14					275	232				191																				
17			200		275	231		252											201							409				
24			208					251		190																				
25			208			250																								
01.06.1971			206			228		248		186					186			199												
02		200	206	254			238		210							273	327		413	412	414	407								
07			207			227		248		186								190												
09			207	255			237		211	191						273			413	410	413	405	302							
13			209			227		248		189																				
(263)			209															397	217											
16			209		274														408	408	413	408	303							

LIFOU

épaisseur de la nappe au dessus du 0 S.H. (en cm.)

ANNEXE V - 2

DATE	F1	F2	F3	F4	F5	F7	F8	F9	F10	F11	F13	F16	F14	F18	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P15	P16	F17	P	P
17.06.1971		200	208																											
18			209													276														
21			211		271	226		248		191								221												
29			211		271	227				189								215												
05.07.1971			211		271	228		250		191								215												
12			214		277	230		251		194								214												
19			213		275	229		253										209												
24	(301)		213		275			253										207												
02.08.1971			212		275			254										201												
03			212		275	229		254		195																				
04			212		275				211								337		421	412	424	416	(302)	390			262			
16			210		275	231																								
25			209		275							400					334		420	402	421	411	406	400	(382)					
25		204	209		275	230										279														
26	(301)		209		274			251		192																				
01.09.1971			209		274	230		251		190																	279	261		
08			211		272	232				195																				
10			211					251																						
15			211						208	188							334		400								263	281	263	
17			211			233		252		192																				
20			211							194																				
28			211																											
30	(303)		211					253		(195)																				
01.10.1971			212			234																								
06	(284)		216		263					(206)	327	284	404			284	336	217	421	420	424			412	416	(387)	264	284	262	
12			212		263																									
15					263	236																								
16					263				214	194																				
19					263								411				338		423	425	425		416	420	417	419			277	
21					264					197																				
22					264	237					325	286				286														
26	(285)				263	236																								
29					262																									
05.11.1971					266	238																								
13						239																								
17																														
20			(217)			230																								
24													405				334		410	421	421		415	416			262	284	267	
25			(214)		(261)	236					323	276				279														
03.12.1971	(284)					236																								
06																														
10																														
11						236				202																				
18						238				201																				
23										200																				
24						238				201																				
27																														
29						238				100			408				335		421	422	424	426					264	284	262	

épaisseur de la nappe au dessus du 0 S.H. (en cm.)

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 7	F 8	F 9	F 10	F 11	F 13	F 16	F 14	F 18	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 15	P 16	F 17	P	P
30.10.1971										108																				
18.01.1972						230				195																				
9										195																				
10	(286)		204		268					196																				
13	(286)		203		268					197																				
14			203		268	240				195																				
21	(201)		210		275	245																								
12.02.1972			201		265	210				200																				
13	(284)		201		265																									
17			201		264					200							330													
18			201		263	240																					086			
22			100		263																									
23			100			251											330										086			
02.03.1972			198																								086			
03			108			238																								
09			197		261	237																					086			
16			105		261												330													
17			105		261	234																								
18			195																								086			
24			195			233											337										086			
31			193														333										086			
03.04.1972			192			233																								
12			191		255	232																								
15			191																											
26			190														336										086			
27			190		255	231											336										086			
28			190		255	231</																								

LIFOU

épaisseur de la nappe au dessus du 0 S.H.(en cm.)

ANNEXE V - 1

	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 7	F 8	F 9	F 10	F 11	F 13	F 16	F 14	F 18	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 15	P 16	F 17	P	P
DATE																														
02.07.1972	306		197																								286			
03										183				418																
05					250				241				402							405	411	407								
07			196							182								334									285			
10					257					180																				
12	305		193											423																
13					256					180								334									285			
14																														
18					256					180				423																
20			193		256					180								334									285			
21					256					181																				
25										181				423																
27			193		256					181								335									285			
03.08.1972										186								335									285			
09										186				426																
09					250					185																				
10	305				259					186								335									285			
11			191			(320)																								
18			191			(310)				187								336									285			
21			190			(319)				185				426																
20			190							188				427																
11.09.1972	309																													
12														426																
14																		337									285			
15						(312)				188																				
16										186				425																
21																		337									285			
22						(310)																								
26														425																
29						(318)								426																
03.10.1972																														
06						(317)				191								337									286			
19	311													427				338									286			
15			193			(316)				189																				
20	310		191			(318)				187				425				338									283			
21																														
26										191				420				339									285			
27			194			(316)				189																				
09.12.1972						(318)												339									287			
10	300		190			(319)																					285			
16			191			(320)																								
23			190			(321)																					285			
10.12.1972	308					(320)				198																				
20	308		193			(267)(320)				191																	281			
30	313					(260)(310)																					283			