

E M P A G U A

O. R. S. T. O. M.

GUATEMALA

MISSION A.C.T.I.M.

PREMIERES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES
DES BASSINS VERSANTS DU MOTAGUA

PROJET NORD-OCCIDENTAL POUR
ALIMENTATION EN EAU DE GUATEMALA

par

Georges GIRARD
Hydrologue ORSTOM
Directeur de Recherches

PARIS - NOVEMBRE 1975

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
1 - <u>Généralités et Introduction</u> -	1
1.1. Aperçu géographique et climatique sur le bassin du RIO MOTAGUA .	1
1.2. Les informations hydrométriques et pluviométriques disponibles .	3
1.2.1. Origines des informations :	3
1.2.1.1. Hydrométriques	3
1.2.1.2. Pluviométriques et Pluviographiques	4
1.3. Le régime hydrologique.....	6
2 - <u>Etude générale des précipitations</u> -	7
2.1. Homogénéisation des données et isohyètes interannuelles	7
2.2. Isohyètes annuelles particulières	8
2.3. Répartition statistiques des pluies annuelles	8
2.4. Etude des pluies mensuelles	9
2.5. Etude des pluies journalières	10
2.6. Etude des intensités pluviométriques	10
3 - <u>Etude générale du régime hydrologique</u> -	11
3.1. Les étiages et le tarissement	11
3.2. Débit caractéristique d'étiage et D.C.9	12
3.3. Variabilité des écoulements journaliers et mensuels	14
3.4. Etude des lames écoulées annuellement	15
3.5. Etude des années particulières :	17
3.5.1. à forte hydraulicité	17
3.5.2. à faible hydraulicité	17
3.6. Variabilité des lames annuelles moyennes	18
4 - <u>Variantes possibles d'aménagement</u> -	19
4.1. Aménagement au fil de l'eau	19
4.2. Aménagement au fil de l'eau avec renforcement des étiages	19
4.2.1. sous-système CHOAYAN	19
4.2.2. sous-système CHICHICASTELNANGO	20
4.2.3. bassins des étapes I, II et III	20
4.3. Aménagement intégré des bassins	20
5 - <u>Etudes hydrologiques complémentaires</u> -	21
5.1. Valorisation des données anciennes et actuelles	21
5.2. Etudes à réaliser pour la factibilité	22
5.3. Etudes particulières	22
5.4. Simulation de fonctionnement	23
5.5. Travaux hydrologiques recommandés.....	24
6 - <u>CONCLUSIONS</u> -	25

1 - Généralités et Introduction -

Le projet NORD-OCCIDENTAL décrit par M. SOLORZANO dans un schéma préliminaire consiste, pour alimenter par gravité en eau potable la ville de GUATEMALA dès 1984, à capter les débits de 27 affluents du fleuve MOTAGUA soit directement au fil de l'eau pour certains d'entre eux, soit à l'aval d'un ou deux barrages régularisateurs pour 6 à 9 bassins.

Les altitudes des diverses prises d'eau envisagées sont comprises entre les cotes 2000 et 1700 mètres tandis que celles du réseau de distribution s'échelonnent entre 1480 et 1560 mètres.

L'objectif de la mission du point de vue hydrologique était d'évaluer la validité du schéma proposé et de suggérer les études complémentaires nécessaires à la réalisation de la factibilité technico-économique du projet.

Le présent rapport expose, dans les trois premiers chapitres, le point actuel des études hydrologiques régionales sur le RIO MOTAGUA et ses affluents, développe dans le quatrième chapitre les variantes d'aménagements possibles à étudier et propose, dans le cinquième chapitre, un ensemble d'études hydrologiques complémentaires à entreprendre nécessairement pour valoriser les données anciennes d'une part, et d'autre part pour fournir les données nécessaires à la simulation de gestion optimale et économique de l'aménagement à retenir.

1.1. Aperçu géographique et climatique sur le bassin du MOTAGUA.

Entre les parallèles 14°35 et 15°10 Nord et les méridiens 90°30 et 91°15' Ouest, se situe la partie amont du bassin versant du Rio MOTAGUA limité à la station hydrométrique de CONCUA dont la superficie globale est de 2593 km². Les principaux sous-bassins de la rive droite dont on envisage le captage des eaux d'écoulement pour alimenter en eau la ville de Guatemala totalisent environ 720 km² de superficie. L'ensemble de ces bassins est situé entre les altitudes 1700 m et 3320 m, dont 510 km² sont à une altitude supérieure à 2000 m (figure N° 1). La limite sud-ouest du bassin versant du RIO MOTAGUA correspond à la ligne de partage des eaux entre l'Océan Atlantique dans lequel se jette le Rio MONTAGUA et l'Océan Pacifique.

Le relief est très accidenté sur tout le bassin versant. On note cependant sur le bassin du Rio PIXCAYA l'existence d'un plateau relativement grand et profondément entaillé par des vallées profondes.

L'ensemble du bassin versant est constitué de roches d'origine volcanique.

L'anticyclone semi-permanent de l'Atlantique Nord engendre les alizés du Nord-Est, vents dominants, qui chauds et humides, apportent les précipitations sur la terre. Le régime des précipitations est gouverné par le mouvement annuel semi-régulier du front intertropical qui balaye le pays du Nord au Sud, y engendrant une saison pluvieuse intense de 5 à 6 mois.

.../...

Ce régime pluviométrique est du type tropical de transition. L'abondance des précipitations reste liée à l'exposition des bassins aux vents du Nord-Est. L'effet orographique se surimpose à ce schéma général en accentuant les hauteurs de précipitations sur ces versants au vent. Les effets d'écran sont sensibles sous les pentes sud-ouest.

Aux précipitations tropicales classiques dues à la zone inter-tropicale de convergence, s'ajoutent parfois les effets des queues de cyclones originaires de la Mer des CARAIBES caractérisés par de longues chutes de pluie à intensité modérée.

Du 3 au 5 septembre 1969 on note les valeurs journalières de hauteur de pluie en mm.

	3/9	4/9	5/9
SAN MARTIN DE JILOTEPEQUE	26,5	55,1	61,1
SANTA CRUZ BALANYA	45,4	93,7	28,2
GUATEMALA O.N.	16,7	75,8	25,5
GUATEMALA FABRICA DE TUBOS	14,6	66,8	23,1

dues à un récent passage de queue de cyclone . Ces pluies ont engendré les plus fortes crues observées sur de nombreux bassins versants du Rio MOTAGUA.

Quelques données climatologiques mensuelles sont données ci-dessous pour la station de GUATEMALA O.N.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T° MAX MOY	23,7	25,1	26,7	27,6	26,9	24,5	24,4	24,8	24,4	23,4	22,9	23,1	24,8
T° MIN MOY	11,5	11,8	13,2	14,3	15,3	15,5	15,1	15,1	15,2	14,5	12,8	12,0	13,9
U% moy	75	73	73	74	79	85	82	82	86	84	79	77	79
Vent moy km/h	21,9	20,5	18,5	17,3	13,9	12,0	16,0	14,5	11,2	15,7	20,5	21,8	17,2
Vent max	51	47	47	42	36	34	36	33	32	37	46	48	40
Insolation h	245	226	245	209	193	146	184	156	146	171	209	237	2407

Les moyennes mensuelles des précipitations observées aux deux postes de GUATEMALA O.N. et de COMALAPA sont caractéristiques de celles du bassin versant du MOTAGUA.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
GUATEMALA 1928-59	3	2	7	18	134	265	205	183	261	158	21	7	1264
COMALAPA 1960-69	8	8	14	43	128	318	222	220	256	138	48	12	1415

La durée de la saison sèche qui est généralement de l'ordre de 6 mois peut dans certains cas (fin brutale de la saison des pluies précédente et retard dans l'apparition de la nouvelle saison des pluies) atteindre plus de 8 mois. On assiste alors à un abaissement considérable des débits d'étiage des cours d'eau. Ce fut le cas des années 1972 et 1975.

La végétation naturelle sur les bassins versants qui nous intéressent est la forêt dense humide. Sur les zones de plateau ou celles ayant été défrichées on trouve beaucoup de résineux (pin, sapin ...) dont les coupes sont périodiques.

Ayant parcouru et sillonné ces bassins versants nous avons observé que même les pentes très raides étaient soumises à l'agriculture (Maïs - haricot). Tous les plateaux ou zones à faible relief sont systématiquement cultivés. Selon les régions, nous estimons que le pourcentage de cultures peut varier de 20 à 50 % même sur les zones à relief prononcé et atteindre 80 % dans le bassin du PIXCAYA.

Notons également la présence dans la zone aval du bassin (MIXCO VIEJO), de quelques épineux sur les pentes défrichées et arides.

L'érosion superficielle de ces zones cultivées est extrêmement importante comme nous avons pu le constater in-situ. Il est à signaler l'existence sur les bassins Nord-Ouest (sous système CHOAXAN) de nombreux "lavakas" excessivement développés en superficie, signes d'une très importante érosion dans cette région.

1.2. Les informations hydrométriques et pluviométriques disponibles.

1.2.1. Origine des informations

1.2.1.1. Hydrométriques.

L'U.E.N.I.A. assure la majorité des mesures d'étiage sur les sous-bassins versants du RIO MOTAGUA pouvant être captés pour alimenter en eau la ville de GUATEMALA. Le tableau N° 1 indique, pour les 17 sous-bassins jaugés généralement à l'aide de déversoirs triangulaires ou rectangulaires, les années pour lesquelles les étiages sont observés. Chaque période d'observation couvre généralement de 1 à 5 mois. Reconstitués chaque année, ces déversoirs sont emportés par les premières crues importantes du début de la saison des pluies. Pour 8 stations nous disposons de près de 10 années d'observations.

L'I.N.D.E., qui assure la quasi majorité des mesures hydrométriques du réseau Guatémaltèque, contrôle les 12 stations situées sur des bassins contigus au bassin versant du RIO MOTAGUA, dont 4 sur ce dernier. Le tableau N° 2 indique pour ces stations la surface contrôlée et la période d'observation. Notons que des changements d'implantation de certaines d'entre elles font que les superficies des bassins peuvent être variables. (EL TESORO, CONCUA, XAYA ...)

Toutes ces stations, équipées actuellement de limnigraphes enregistreurs, fonctionnent parfaitement malgré les conditions climatiques difficiles : très forte humidité de l'air, transport d'énormes corps flottants en crue, accès scabreux en saison des pluies par suite du relief très accidenté. Notons que certaines de ces stations étaient à l'origine équipées seulement d'échelle de crue, dont celle de CONCUA sur le Rio MOTAGUA avant 1970. Il en résulte par exemple une incertitude sur les débits moyens journaliers calculés.

.../...

Compte tenu de la rapidité de passage des crues et des accès impraticables sous la pluie, l'étalonnage de ces stations en hautes eaux résulte de procédés d'extrapolation indirects (vitesses et surfaces mouillées, formule de Manning) ou directs par graphique.

Malgré les quelques jaugeages réalisés au saumon léger à partir d'une treille, les débits de crue sont généralement très mal connus.

Les débits de moyennes eaux et de basses eaux comportent rarement des erreurs car les stations choisies présentent un contrôle relativement stable.

Toutes les données hydrométriques élaborées : débits moyens journaliers, mensuels, annuels sont régulièrement publiés chaque année ou tous les deux ans dans les huit "Boletines Hidrologicos" de l'I.N.D.E. et du "Comite Coordinador de HIDROLOGIA y METEOROLOGIA".

Le "Proyecto Hidrometeorologico Centro-Americain" et le "PROYECTO XAYA-PIXCAYA" assurent la gestion de deux stations hydrométriques sur le Rio ITZAPA et PIXCAÏA et d'un certain nombre de stations pluviométriques et climatologiques. Nous n'avons pu consulter les données hydrométriques obtenues pour le Rio ITZAPA.

1.2.1.2. Pluviométriques et pluviographiques.

Les mesures pluviométriques aux postes situés sur le bassin versant du RIO MOTAGUA, en amont de la station de CONCUA ou à proximité de ce bassin, sont réalisées sous le contrôle de divers services :

- Observatorio Nacional
- Instituto Nacional de Electrificacion de GUATEMALA
- PROYECTO HIDROMETEOROLOGICO Centre Americain
- PROYECTO XAYA-PIXCAYA
- U.E.N.I.A. (MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA)
- Instituto Geografico Nacional
- et des particuliers.

La première liste ci-dessous des postes pluviométriques du bassin du MOTAGUA provient de l'étude morphométrique du bassin du Rio MOTAGUA. La seconde liste est celle complémentaire à la première reconstituée à partir des données consignées à l'U.E.N.I.A. Le nombre d'années d'observation est indiqué dans la dernière colonne.

Pour les besoins de l'étude les données de l'Observatoire National de GUATEMALA ont été utilisées.

(E indique un enregistreur pluviométrique à déroulement rapide ou mensuel)

Numero identificación	Tipo	Nombre	Propiedad	Numero años
2-3-1 P		CONCUA	OBSERVATORIO NACIONAL (O.N.)	6
3-1-3 P	E	LOS JUTES	XAYA-PIXCAYA (X.P.)	1
3-5-1		PATZICIA	"	
3-5-2 P	E	EL RECUERDO	"	5
3-9-1		SAN JOSE POAQUIL	MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA (UENIA)	3
3-10-1		COMALAPA	" ESCUELA	5

Número identificación	Tipo	Nombre	Propiedad	Número años
3-10-2		COMALAPA		27
3-11-1 P	E	SAN MARTIN JILOTEPEQUE	PROYECTO HIDROMETEOROLOGICO (PHCA)	5
3-11-2		LA MERCED	U.E.N.I.A.	5
3-14-1 P	E	SANTA CRUZ BALANYA	P.H.C.A. (X.P.)	2
3-16-1 P		LA PUERTA ABAJO	O.N.	
6-10-1		EXPERIMENTAL INCAP	O.N.	
6-10-2		EL PILAR	O.N.	15
6-11-1		EL CIPRES	O.N.	
6-13-2 P		SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	U.E.N.I.A. 6-13-1	4
14- 1-1		SANTA CRUZ DEL QUICHE	O.N.	5
14- 5-1		CHINIQUE	U.E.N.I.A.	4
14- 5-2	E	CHINIQUE	P.H.C.A.	2
14- 7-1		CHUACORRAL	INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACION	4
14-17-1		CHICHICASTENANGO	O.N. (I.N.D.E.)	7
14-17-2		CANTON CHICUA	U.E.N.I.A.	
14-17-3		ESCUELA COMUNAL	U.E.N.I.A.	
14-18-1		ZACUALPA	U.E.N.I.A.	3
16- 6-2		MANZANALES	P.H.C.A.	
16-11-1		LA ZUIZA CONTENTA	I.G.N.	
16-16-1		XENACQJ	O.N.	
3- 1-2	E	EXP. AGRI		4
3- 1-4	E	EL TESORO		2
3- 3-1		EL TEJAR	EXP. AGRI	12
3- 4-5		Ag. Ex. Ag		7
3- 5-3		MOLINO LA SIERRA		4
3- 8-1	E	SAN ANDRES ITZAPA	X.P.	4
		COMALAPA	X.P.	2
3-13-1		BELLA VISTA		7
3-13-1		SANTA APOLONIA		1
3-15-3		XAJAJYA		4
3-15-5	E	LA GIRALDA	X.P.	4
14- 9-1		PATZITE	U.E.N.I.A.	5
14-16-1		SAN PEDRO JOCOPILAS	U.E.N.I.A.	1
		SELLE POWER PLANT		12

Sur les 40 stations répertoriées, nous avons consulté les données mensuelles et annuelles pour 31 stations dont 4 seulement furent observées sur plus de 10 années (COMALAPA : 27 années).

Notons que le poste pluviométrique de l'observatoire national de GUATEMALA fournit des données complètes sur 48 années.

10 stations pluviométriques des 31 stations consultées sont équipées de pluviographes enregistreurs qui fonctionnent, sur le principe du siphon, très correctement.

La plus ancienne station a été installée en 1965.

A l'Observatoire National de GUATEMALA les premiers enregistrements pluviographiques datent de 1926.

La quantité d'information pluviométrique disponible (170 stations années) relativement abondante, ne permet toutefois pas de saisir, pour ce bassin versant, la variation spatiale de la pluviométrie étant donné l'inconsistance notoire de ces informations et la dispersion dans le temps de celles-ci.

La carte des isohyètes annuelles ne peut dans ces conditions être présentée. Notons que les précipitations moyennes mesurées sur 8 années varient pour le bassin de 860 mm à 1700 mm. (CHUACORRAL et CHI-CHOY).

La précipitation moyenne annuelle à GUATEMALA OBSERVATOIR^M est de 1246 mm.

La qualité des observations pluviométriques laisse à désirer : mauvais emplacements, appareillage défectueux, mesures douteuses, fautes de transcription sont autant de causes d'anomalies et d'imprécision qui sont apparues fréquemment lors de l'examen sommaire réalisé.

Pour que soit valorisée cette importante information, il est nécessaire de prévoir pendant une période minimale de 10 ans une observation confortable et précise de la pluviosité sur le bassin et de procéder à une analyse critique fine de l'ensemble des données journalières permettant d'écarter les données erronées. Il convient de doubler les postes pluviométriques actuels de totalisateurs de contrôle relevés au moins deux fois par an et dans la mesure du possible tous les mois ou tous les deux mois.

1.3. Le régime hydrologique.

Le régime hydrologique des divers cours d'eau de ce bassin versant est du type tropical de transition avec 6 mois de hautes eaux de juin à octobre et un maximum en septembre en règle générale. Le maximum est lié directement à l'abondance mensuelle des précipitations du mois et de celle du mois précédent ; la saison sèche de basses eaux s'étend de novembre à avril-mai selon l'importance de la précédente saison des pluies et la précocité de la nouvelle saison des pluies.

L'abondance hydrologique caractérisée par le module spécifique atteint, pour le bassin du RIO MOTAGUA à CONCUA, 18,2 l/s/km², soit une lame écoulée de 575 mm.

Nous reviendrons sur la fiabilité de ces données dans l'étude de l'abondance des sous-bassins développée au chapitre 3-4.

Tous les cours d'eau de ce bassin drainent des zones très accidentées et ont un régime d'écoulement torrentiel. Le charriage des graviers, galets de fond de lit est très actif lors des fortes et moyennes crues. Les transports solides en suspension sont aussi très importants.

Les débits spécifiques de pointe de crue, liés directement aux intensités des précipitations atteignent des valeurs excessivement élevées malgré la bonne perméabilité des terrains.

Pour le bassin du RIO MOTAGUA le débit spécifique de pointe de crue a atteint 580 l/s/km². Pour de petits bassins versants de 10 km² ce débit peut atteindre 5 m³/s/km².

Pour des bassins versants exempts de sources importantes, les débits spécifiques d'étiage varient de 1 à 5 l/s/km² selon l'importance de la densité de drainage et la puissance des nappes aquifères profondes.

2 - Etude générale des précipitations -

2.1. Homogénéisation des données et isohyètes interannuelles.

Un important travail d'analyse de consistance des informations pluviométriques rapporté dans la thèse de M. Eduardo Jose CRUZ LOPEZ "Estudio Hidrologico de RIO MOTAGUA hasta la estacion CONCUA" montre que les données des stations d'une durée supérieure à 5 années ne comportent pas de cassures en double masse.

Les données annuelles aux stations longue durée de COMALAPA et de GUATEMALA O.N. traitées en simple masse montrent une homogénéité parfaite pour la station de GUATEMALA et une légère anomalie pour la station de COMALAPA ($\bar{M} = 1588$ de 1934 à 1939 et $M = 1444$ de 1954 à 1974)

Le plan N° 4 de (4) donne le tracé des isohyètes interannuelles pour le bassin de RIO MOTAGUA.

Si sur la partie SUD-Est du bassin le réseau d'isohyètes ne comporte pas de points singuliers, il n'en est pas de même sur les autres parties du bassin. Même si les données sont exactes, certaines valeurs ne peuvent être représentatives de la précipitation sur une grande surface.

La reprise de toutes les données disponibles à l'UENIA, en complétant les valeurs mensuelles manquantes par transposition des données aux postes voisins, nous a permis de présenter les valeurs moyennes brutes (fig. 2). Si l'on note une meilleure représentation dans la partie sud du bassin de la pluviométrie, celle de la partie Nord laisse beaucoup à désirer. Les valeurs de :

- 860 mm en 8 ans à CHUACORRAL
- 1588 mm en 4 ans à CHINIQUE
- 1005 mm en 5 ans à SANTA CRUZ DEL QUICHE

nous semblent incompatibles étant donné le peu de relief auprès de ces deux stations.

Au cours de l'examen sommaire des données pluviométriques annuelles, nous avons noté les remarques suivantes :

A COMAPALA, pour la même année 1973, nous avons les totaux annuels suivants : 1597 mm, 1177 mm et 1837 mm qui proviennent de 2 postes différents dont l'un est peut être équipé de pluviographe ; pour la même année 1974, nous avons 1175, 774 et 1353 mm.

.../...

A l'échelle mensuelle les écarts sont encore plus notables :
204 et 406 mm en JUIN 1973 pour COMALAPA.

233,4 et 116,7 mm à CHINIQUE pour septembre	1972
0,2 et 92,7 mm à CHINIQUE pour mars	1973
115,0 et 272,7 mm à CHINIQUE pour octobre	1973

Il est bien certain que la valorisation de ces données demande une étude particulière de recherche de toute la documentation journalière originale et l'examen particulier de toutes les données à chaque station. Le résultat de cette critique systématique sera d'extraire le maximum d'information cohérente de cette masse d'information parfois inconsistante.

2.2. Isohyètes annuelles particulières.

L'étude des lames écoulées sur les divers bassins traitées au chapitre 3.5. a nécessité la connaissance des précipitations annuelles sur le bassin du MOTAGUA pour les deux années 1972 et 1969, la première étant particulièrement sèche et la seconde particulièrement humide.

Année 1972 - disposant de 22 hauteurs annuelles de précipitation, on note une certaine homogénéité des résultats sauf en quelques points : EL PILAR
CHUACORRAL

Il apparaît nettement que les bassins de celui du GUEXA à celui du QUIEJEL ont dû recevoir une précipitation voisine de 1250 mm (graphique N° 4)

Année 1969 - bien que disposant seulement de 9 hauteurs annuelles, on peut estimer que la précipitation moyenne sur le bassin du RIO MOTAGUA est de l'ordre de 1800 mm. Sur les bassins (GUEXA-QUIEJEL), elle a pu atteindre 2000 mm. (graphique N° 3).

L'intérêt qu'il y a à représenter sur une carte la variabilité des précipitations annuelles est à noter.

L'examen de ces deux années particulières montre que pour ce bassin versant au relief accentué il existe une certaine homogénéité dans la distribution spatiale des précipitations.

La gestion bien contrôlée de l'ensemble des stations actuelles et de celles prévues sur les bassins à capter sur une période minimale de 5 années doit aboutir déjà à une honnête connaissance de la variabilité spatiale des précipitations sur ces bassins et celui du RIO MOTAGUA.

2.3. Répartition statistique des pluies annuelles.

Les séries homogènes des précipitations annuelles à GUATEMALA O.N et COMAPALA ont des distributions quasi normales. Le graphe N° 5 montre l'ajustement des 48 et 21 valeurs annuelles observées à des lois de Gauss.

.../...

Les paramètres sont :

	GUATEMALA	COMALAPA
Moyenne en mm	1246	1458
Ecart type en mm	230	271
Coefficient de variation	0,185	0,185

De ces ajustements on tire les valeurs particulières des précipitations annuelles :

	GUATEMALA	COMALAPA
Centennale humide	1780	2090
Cinquennale humide	1720	2010
Vicennale humide	1620	1900
Décennale humide	1540	1810
Quinquennale humide	1430	1680
Médiane	1242	1460
Quinquennale sèche	1050	1230
Décennale sèche	950	1110
Vicennale sèche	860	1010
Cinquennale sèche	770	900
Centennale sèche	700	830

La période de retour de la hauteur annuelle de pluie à GUATEMALA O.N en 1969 est de l'ordre de 20 ans. Elle est à peine de l'ordre de 10 ans pour celle de COMALAPA.

La période de retour de la hauteur annuelle de pluie à GUATEMALA O.N en 1972 est de 20 ans. Elle est très proche de 50 ans pour celle de COMALAPA.

L'intérêt de ces répartitions statistiques réside en la possibilité de fixer la période de retour d'une année d'observation donnée et d'apprécier la période de retour de l'année hydrologique considérée.

2.4. Etude des pluies mensuelles.

Le graphe N° 6 présente la variation de la hauteur d'eau mensuelle à la station de GUATEMALA pour des fréquences expérimentales données ainsi que les courbes enveloppes maximales et minimales.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Max.	11	27	53	99	361	484	475	383	538	366	94	58
0,1	9	10	28	54	242	383	345	285	395	217	71	26
0,25	5	3	7	26	166	317	239	246	301	183	32	7
0,50	1	0	3	12	129	262	187	195	239	141	21	2
0,75	0	0	0	3	72	208	148	129	166	100	4	0
0,90	0	0	0	2	47	154	104	95	135	46	1	0
Mini	0	0	0	0	42	137	54	74	111	19	0	0

.../...

Un redépouillement rapide, à partir des données présentées dans ce document, nous permet de tirer les courbes suivantes pour GUATEMALA-OBSERVATOIRE (fig. 7).

Ces valeurs sont du même ordre de grandeur pour de longues durées que celles présentées mais sont plus importantes pour les faibles durées.

<u>Durée de retour</u>	Intensité en mm/heure à GUATEMALA CITY					
	<u>Durée</u>					
	5 mm	10 mm	15 mm	30 mm	60 mm	120 mm
10 ans	192	152	125	88	65	37
20 ans	218	176	143	100	74	45
50 ans	262	208	167	123	92	55
100 ans	292	232	188	135	101	63

3 - Etude générale du régime hydrologique -

Etant donné l'intérêt porté sur l'évaluation des étiages des bassins versants à capter, l'étude du régime hydrologique commencera par l'étude des étiages observés et se terminera par l'analyse des modules d'écoulement.

3.1. Les étiages et le tarissement.

Les mesures de hauteur d'eau faites au déversoir de mesure (rectangulaire et triangulaire) lors de chaque saison sèche et sur 17 des bassins à capter fournissent pour des périodes de 1 à 5 mois les débits moyens journaliers.

Les débits caractéristiques d'étiage (10 jours) et "de neuf mois" ont été évalués à partir des données brutes fournies.

L'examen des tarissements ayant montré certaines anomalies, le traçage sur papier semi-logarithmique de la variation des débits observés a été réalisé pour 9 stations (fig. 8 et 9). Nous donnons dans le

RIO	QUALITE	$\frac{Q}{T_0}$	
SIBACA	1	315	Le tableau ci-dessous la durée T_A en jours au bout de laquelle, en tarissement pur, le débit final est le dixième du débit initial.
PACTZE	3	290	
CUCABAJ	3	(400) à 235	
SEPELA	2	430	La qualité 1 indique que toutes les droites de tarissement de chacune des années sont parallèles.
QUIEJEL	1	350	
CHIPACA	2	350	La qualité 3 indique des écarts importants avec néanmoins une pente à tendance marquée.
SACPULUB	3	290	
PALACAMA	2	(370) à 300	Cette durée T_A varie de 290 à 350 pour l'ensemble des bassins, sauf pour les bassins du SEPELA et du GUEXA où T_A atteint 430 j.
TECULCHEYA	1	330	
CACABAL	2	330	
GUEXA	1	440	

Le coefficient de tarissement de la formule $Q_t = Q_0 e^{-t}$ varie pour l'ensemble des bassins de 0,0065 à 0,0079. Il est de 0,0053 pour les bassins du SEPELA et du GUEXA.

3.2. Débit caractéristique décennal d'étiage et DC9 décennal et moyen.

Il était intéressant de connaître le débit caractéristique d'étiage décennal en plus du débit d'étiage moyen annuel présenté dans l'esquisse préliminaire du projet.

Afin de tenir compte, pour certains bassins versants, de la variation de la superficie au droit du déversoir, les débits ont été rapportés à la superficie du bassin à capter par une simple proportion.

Etape	RIO	BV km ²	DCE Décennal en l/s	DC9 décennal en l/s	DC9 moyen
I	NIMAYA'	10,1	8	13	21
	XALTAYA'	34,6	110	140	160
II	QUEMAYA'	13,4	10	15	24
	CANAYA'	16,4	10	30	40
	PALIMA'	18,5	15	34	50
	TECULCHEYA'	29,5	65	95	130
IV	GUEXA'	88,2	360	560	650
V	CHOCOYA'	2,3	80	85	90
	SEPELA'	199	260	350	500
	QUIEJEL	55,1	160	310	430
VI	CHIPACA'	40,8	210	260	330
	PALACAMA'	17,9	40	60	80
	SACPULUB	20,4	46	74	90
VII	TULULCHE'	57,8	90	115	155
	SIBACA'	45,1	110	270	350
	CACABAL	7,5	20	46	65
TOTAL B.V.		719	1,76 m ³ /s	2,74 m ³ /s	3,50

Pour l'ensemble des bassins versants à capter, le débit caractéristique d'étiage (D.C.E.), c'est-à-dire non dépassé 10 jours par an, de période de retour de 10 ans est évalué à 1,76 m³/s.

Le débit caractéristique d'étiage moyen indiqué dans l'esquisse préliminaire du projet NORD-OCCIDENTAL est de 2,50 m³/s.

Le débit caractéristique d'étiage garanti deux années sur trois est estimé à 2,25 m³/s.

Etant donné la faible consistance des données, ces estimations comportent une incertitude notoire si elles sont prises une à une, mais pour l'ensemble des bassins les compensations jouant à plein l'incertitude possible doit être inférieure à 10 %.

Les stations présentant sur une longue période des données homogènes détectées par l'examen des courbes de tarissement (TECULCHEYA-QUIEJE) ont été celles utilisées pour la définition des valeurs décennales.

Année	TECULCHEYA		QUIEJEL	
1969				232
1960	80	98 *		232
1961	109	134 *		252
1962	80	97 *		232
1963	90	110 *		213
1964	60	73 *		158
1965	72	87 *		179
1966				
1967				
1968		73		
1969		83	325	275 *
1970		96	247	210 *
1971			242	205 *
1972		83		
1973				
1974				
1975		63	175	150 *

L'astérisque (*) indique que la valeur mesurée a été corrigée pour tenir compte de la superficie du bassin jaugé.

Rappelons aussi que l'étiage 1973 non mesuré sur ces bassins versants a été extrêmement sévère sur l'ensemble des stations du réseau hydrométrique.

L'étiage de l'année 1975 sera considéré comme caractéristique de celui d'une année décennale sèche ou même d'une période de retour plus grande.

Le débit caractéristique de neuf mois (D.C.9) ou débit dépassé 270 jours par an par le débit naturel (présenté dans le schéma préliminaire) a comme valeur moyenne pour l'ensemble des bassins à capter 3,50 m³/s. Le débit caractéristique de neuf mois de période de retour 10 ans, estimé de la même façon que le D.C.E décennal, avoisinerait 2,74 m³/s.

Il est intéressant de noter que la variabilité annuelle du D.C.9 est nettement plus faible que celle du D.C.E. Hydrologiquement, ce fait résulte de la grande stabilité des écoulements de la nappe profonde et de l'important réservoir souterrain, malgré les réalimentations irrégulières de ceux-ci à partir d'infiltrations extrêmement variables d'une année sur l'autre, tandis que la plus ou moins grande durée de la saison sèche, sans précipitations perturbatrices de la phase tarissement, influence directement la valeur des étiages absolus et D.C.E. en particulier.

Dans le cas où le système permet de soutenir efficacement les débits d'étiage par une retenue, on remarquera sur le plan pratique de captage, tout l'intérêt qu'il y a de prévoir un débit d'équipement voisin du D.C.9 voire même du D.C.6 si la solution est économiquement valable.

.../...

3.3. Variabilité des écoulements journaliers et mensuels.

Seules les stations hydrométriques du réseau National permettent de fournir ces indications pour les années antérieures à AOÛT 1975.

Nous présenterons les données sur les débits mensuels aux stations du SEPÉLA à CHICHE et du PIXCAYA à EL TESORO tirées des annuaires et pour les années hydrologiques 1972-1977, 1973-1974 et 1974-1975 pour SEPÉLA.

SEPÉLA A CHICHE Q en m³/s.

	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	Année
1971-1972								1,06	0,71	0,61	0,63	0,48	
1972-1973	0,48	2,51	1,57	2,97	2,89	2,78	0,91	0,55	0,38	0,28	0,19	0,18	1,31
1973-1974	0,67	2,09	2,21	5,68	4,11	6,70	1,84	0,69	0,48	0,31	0,34	0,26	2,11
1974-1975	0,82	1,94	2,96	2,22	4,22	3,03	1,02	0,56	0,41	0,34	0,27	0,25	1,50

Notons que les débits d'étiage de l'année 1972-1973 sont très nettement sous-estimés par suite d'une erreur de tarage.

L'année 1972-1973 comme nous le montrerons au paragraphe 3.4. est sensiblement représentative d'une année décennale sèche, par contre l'année 1973-1974 est plutôt représentative d'une année moyenne.

Les graphiques (10-11-12) indiquent la variabilité des débits moyens journaliers du SEPÉLA à CHICHE pour les années hydrologiques :

1972 - 1973
1973 - 1974
1974 - 1975

PIXCAYA A EL TESORO Q en m³/s.

	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	Année
1970-1971													
1971-1972													
1972-1973	0,78	1,03	0,93	0,93	0,93	1,08	0,83	0,86	0,82	0,71	0,66	0,74	0,86
1973-1974	0,87	1,15	1,17	2,02	1,86	2,31	1,10	1,03	0,77	0,74	0,86	0,87	1,23

La présence de grands plateaux de cendres volcaniques sur le bassin versant du RIO PIXCAYA à EL TESORO a un effet régularisateur marqué sur les débits.

L'ensemble des bassins à capter, sauf ceux alimentés par des sources, ont un régime hydrologique comparable à celui du RIO SEPÉLA à CHICHE. Il serait encore plus marqué pour les bassins du sous-système CHOAXAN.

Pour tous ces cours d'eau à régime torrentiel, le débit caractéristique de 3 mois est sensiblement égal au module annuel.

.../...

Dans le cas où les débits de certains bassins seront dérivés dans une retenue annuelle ou interannuelle, le dimensionnement du canal de dérivation est lié au débit moyen annuel. Exprimé en pourcentage de ce débit moyen le débit du canal se définit par des considérations économiques. Il serait sensiblement égal à 2,5 fois le débit moyen naturel.

On remarque que le canal évacuerait à débit maximal 2 à 5 jours par an en année décennale sèche et évacuerait à débit maximal 30 à 40 jours par an au cours de la saison des pluies en année moyenne. Le graphique N° 13 donne une image représentative de ces valeurs par utilisation de la courbe des débits classés.

3.4. Etude des lames écoulées annuellement.

On peut tirer du document (4) les valeurs moyennes des lames écoulées sur les bassins versants du :

RIO MOTAGUA à CONCUA'	=	521 mm
RIO SEPELA à CHICHE	=	259 mm
RIO PIXCAYA à EL TESORO	=	353 mm

Etant donné la très grande variabilité spatiale de ces lames écoulées moyennes qui nous surprend et au vu de l'étude des précipitations annuelles, nous avons procédé à un examen approfondi de toute la documentation hydropluviométrique disponible.

Ce même document fait état de très bonne corrélation entre les débits ou les débits spécifiques mensuels des couples de stations ($r \geq 0,97$)

RIO MOTAGUA à CONCUA' et RIO MOTAGUA à ORELLAN (Mai 69 à Avril 74)
RIO MOTAGUA à CONCUA' et RIO SEPELA à CHICHE (Déc 71 à Avril 74)

La station de plus longue durée observée étant celle du RIO MOTAGUA à CONCUA', il est possible d'étendre les données aux autres stations pour cette période longue.

Par ailleurs, la mauvaise corrélation entre les débits spécifiques mensuels du RIO MOTAGUA à CONCUA' et du RIO MIXCAYA à EL TESORO (Mai 1966 - Décembre 1968 et Janvier 1972 - Avril 1974) résulte du fait que la série des débits spécifiques du RIO MOTAGUA à CONCUA' n'est pas homogène.

Le rapport pour ces deux périodes entre les moyennes des débits spécifiques passe de 0,402 à 0,907.

Cette anomalie des débits mensuels pour cette période 1966-1968 se retrouve d'ailleurs quand on compare les lames annuelles écoulées observées sur tous les bassins versants voisins de celui du MOTAGUA, à l'aide du tableau ci-dessous qui présente les lames annuelles en mm.

.../...

Pour une moyenne pluviométrique de 1125 mm en 5 mois, l'écoulement de 955 mm est impossible, la perte d'écoulement ne serait que de 170 mm pour ces 5 mois. On note aussi que pour les mois de Juillet et Août, seule la pluviométrie à l'un des postes est supérieure à l'écoulement moyen du bassin.

Il est donc indispensable de considérer ces années comme anormales et de les revaloriser pour les besoins de l'étude.

La moyenne des lames écoulées pour les 8 années retenues s'élève à 396 mm. Cette valeur est d'ailleurs comparable aux lames écoulées en moyenne pour les autres bassins.

Les corrélations présentées ci-dessus permettent d'évaluer la bonne moyenne sur le RIO SEPELA à 335 mm et celle du RIO PIXCAYA, obtenue à partir seulement de la période Janvier 1972-Avril 1974, à 307 mm.

3.5. Etude des années particulières à forte et faible hydraulicité.

3.5.1. Année à forte hydraulicité.

Nous avons vu précédemment que la pluviométrie de l'année 1969 pouvait caractériser une année comprise entre l'année décennale et l'année vicennale humide.

L'écoulement moyen du RIO MOTAGUA à CONCUA de 793 mm indique que sur les zones les plus arrosées du bassin l'écoulement aurait été cette année très élevé, soit 1000 à 1200 mm.

En effet, compte tenu de la température et de l'humidité, le déficit d'écoulement maximal atteint 930 mm (4) et comme les précipitations dépassent 2200 mm (2369 mm à CHIXOY en 1969), les ordres de grandeur de cet écoulement sont respectés.

3.5.2. Année à faible hydraulicité.

La proportion d'écoulement provenant de la vidange des nappes par rapport à l'écoulement global devient relativement important par suite de la faible valeur des ruissellements.

Cependant dans la partie NORD-OCCIDENTALE du Bassin du RIO MOTAGUA les précipitations sont encore importantes même en année décennale ou vicennale sèche. Elles atteignent 1200 à 1300 mm pour ces années. En 1972 on note des précipitations de 1248 mm. à CHATALAJYA et 1422 mm à CHICHOY. Avec les mêmes valeurs du déficit d'écoulement, les lames écoulées seraient encore comprises entre 300 et 400 mm pour les parties les plus arrosées.

Il est intéressant par ailleurs de procéder à une autre approximation indirecte. L'année 1972-73 ayant été observée sur de nombreux bassins situés à proximité du Rio MOTAGUA nous pouvons, au vu du schéma fig. 14 donnant les lames écoulées, tirer les conclusions suivantes.

.../...

N° STATION	2-3-1	3-1-1 ou 19-02-1	14-17-1	14-10-1	19-13-1	3-62	3-63
RIO et STATION	MOTAGUA à CONCUA	PIXCAYA EL TESORO	SEPELA à CHICHE	CHIXOY à CHISIGUAN	NAHUALATE à SANTA CATARINA	PANIJAB MADRE VIEJO	XAYA LA PRESA
Surface BV km2	2593	146 et 155	208	2245	144,7	165	
Année hydrologique							
1962-1963					480	244	
1963-1964	264	207			389	274	179
1964-1965	311	238			521	326	301
1965-1966	364	286			492	300	205
1966-1967	831	313			533	357	446
1967-1968	631	277			343	337	
1968-1969	567				484	333	
1969-1970	793			699	748		
1970-1971	505			440	492	297	
1971-1972	397	(274)		321	358	217	277
1973-1974	217	186	199	237	232	160	144
1974-1975	322	266	323	406	(550)	263	288
Moyenne observée	605	242	261	430	436	279	216

La comparaison (MOTAGUA à CONCUA - NAHUALATE à SANTA CATARINA) est relativement nette.

L'étude des données hydro-pluviométriques confirme l'existence de cette anomalie pour l'année 1966 (Pluie et lame écoulée en mm).

Mois	Lame écoulée à CONCUA	EL TEJAR	COMALAPA	BELLA VISTA	GUATE MALA O.N	EL PILAR	CHICHOY	LES CHOCOYOS	CHAQUIJYA	RIACHO DE TEJA
JUIN 66	157	302	315	375	271	343	373	369	328	296
JUIL 66	246	233	243	208	178	287	209	203	186	238
AOUT 66	266	164	309	227	247	234	186	220	237	218
SEPT 66	109	177	199	196	120	216	210	184	297	242
OCT 66	177	118	211	145	121	137	200	86	170	137
TOTAL	955	994	1277	1151	937	1178	1178	1062	1218	1131

Sur la partie du bassin du MOTAGUA située entre la station de CONCUA, la station de ORELLANA et la station de PANAJAY sur le Rio Los Plantos, la lame écoulée moyenne est de 78 mm.

Pour obtenir une bonne moyenne sur le MOTAGUA à CONCUA de 217 mm, étant donné que l'on a mesuré 199 mm sur le SEPELA, 186 mm sur le PIXCAYA et estimé à 78 mm la lame écoulée sur la partie aval du bassin, il est nécessaire que la lame écoulée sur les parties NORD OCCIDENTALES arrosées atteigne 250 à 350 mm.

Notons que les bassins contigus à celui du MOTAGUA : CHIXOY, NAHUALATE, PANAJACHEL, ont écoulé respectivement 237 mm, 282 mm et 248 mm au cours de l'année 1972-1973.

Estimer à 300 mm la lame écoulée sur les bassins du projet (bassin de GUEXA au bassin de QUIEJEL) semble être une estimation très raisonnable.

Par ailleurs sur le sous-système CHOAXAN la valeur de lame décennale est également de cet ordre de grandeur.

Nous voulons mettre en garde le lecteur sur l'obtention par déduction de ces valeurs caractéristiques probables à partir d'une information globale. Seules des observations hydropluviométriques sur un nombre d'années relativement faible 6 à 10 ans peuvent permettre la garantie de ces premières estimations.

3.6. Variabilité des lames annuelles moyennes.

Compte tenu de la détermination des lames moyennes sur le RIO SEPELA, le RIO PIXCAYA et le RIO MOTAGUA à CONCUA faites au paragraphe 3-4, et des estimations faites au paragraphe précédent, il est possible d'imaginer les valeurs des lames annuelles sur les bassins qui nous intéressent, bien que l'information pluviométrique trop inconsistante ne puisse nous aider d'une manière sûre.

La même démarche que pour l'étude de la lame moyenne sur le bassin du MOTAGUA et des bassins contigus nous laisse supposer que les bassins de notre étude ont une lame d'écoulement moyen supérieure à 400 mm et pouvant atteindre 500 mm en quelques endroits.

Il convient de rappeler que toutes ces déductions résultent de la confiance que l'on accorde à la station hydrométrique de base, la station du RIO MOTAGUA à CONCUA. Or ce n'est que depuis 1970 que cette station est équipée de limnigraphe enregistreur. De plus nous avons dû rejeter les années 1966 - 1967 - 1968 hydrologiquement erronées.

On ne saurait donc trop insister sur la modeste crédibilité de ces estimations qu'une étude complète menée efficacement peut seule confirmer ou infirmer.

.../...

4 - Variantes possibles d'aménagement -

Dans les chapitres précédents de présentation des données hydrologiques nous avons donné les caractéristiques essentielles sur les débits des étiages et des basses eaux déduites des mesures et les caractéristiques estimées sur les lames écoulées annuellement pour les bassins.

Malgré le peu d'information sur la variabilité des débits journaliers issus de ces divers bassins versants il est possible d'envisager les variantes possibles d'aménagement :

4.1. Aménagement au fil de l'eau de tous les bassins.

Le débit d'étiage moyen pour l'ensemble des bassins atteint 2,50 m³/s.

Le débit d'équipement peut être choisi à une valeur supérieure et être pris comme égal au débit moyen de 9 mois, soit 3,50 m³/s.

Dans ce cas, sur une période de 10 années, le débit dérivé peut être inférieur à 1,76 m³ pendant 10 jours.

Au cours d'une même année, sur les dix années, le débit dérivé peut être inférieur à 2,74 m³/s pendant plus de 90 jours, tandis qu'une année sur deux, le débit dérivé ne peut être inférieur à 3,50 m³/s que pendant 90 jours au plus.

4.2. Aménagement au fil de l'eau avec renforcement des étiages.

4.2.1. du sous-système CHOAXAN :

Un barrage de caractéristiques à déterminer, au site de HACIENDA, permettrait l'emmagasinement des apports en saison de hautes eaux d'une partie des apports provenant des captages des Rios SIBACA et CACABAL et des apports propres au bassin de TULULCHE. Pour un débit d'équipement prévu de 723 l/s, et avec l'hypothèse que l'année hydrologique 1972-1973 observée sur le SEPELA à CHICHE soit aussi l'année décennale sèche représentative de celle des bassins du sous-système CHOAXAN au rapport près des surfaces respectives, la capacité de la retenue devrait être de l'ordre de 6 à 10-10⁶ m³ pour que le débit dérivé garanti soit de 723 l/s en permanence. Avec l'hypothèse vue précédemment d'un meilleur rendement hydrologique de ces bassins, cette valeur est acceptable.

Notons que seules les études hydrologiques futures pourront conduire à un accroissement de la valeur de ce débit garanti, dans le cas bien entendu des possibilités du site aménageable, en envisageant une régularisation interannuelle des apports de ces bassins. Une simulation de gestion de ce groupe de bassins (110 km²) doit fixer par ailleurs le dimensionnement optimum de dérivation du SIBACA et du CACABAL dans la retenue.

.../...

4.2.2. du sous-système CHICHICASTENANGO :

Un barrage, dont les caractéristiques sont à déterminer, permettrait l'emmagasinement des apports en saison de hautes eaux des apports provenant des bassins versants compris entre celui du RIO GUEXA et celui du Rio QUIEJEL. La restitution progressive des eaux stockées assurerait une alimentation constante du grand canal de dérivation sur GUATEMALA.

Le débit total d'équipement de ce sous-système prévu à $4,233 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un bassin total de $421,7 \text{ km}^2$ dont 199 km^2 pour celui du Rio SEPFLA, demande que le barrage sur le Rio SEPFLA fonctionne comme une retenue interannuelle dans le cas où l'on admettrait un égal rendement hydrologique des bassins du Rio SEPFLA et des autres bassins du sous-système.

En effet les apports totaux de l'année 1972-73 ($41,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pour le RIO SEPFLA), soit $87,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pour le sous-système, seraient nettement inférieurs à la demande totale qui est de $133 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

L'étude hydrologique a montré que l'on pouvait espérer obtenir pour la même année un apport de $41,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et de $66,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, soit au total $108,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, c'est-à-dire pratiquement un déficit de $27 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. La capacité de la retenue devrait être alors au minimum de l'ordre de $64 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pour assurer le débit permanent de $4,233 \text{ m}^3/\text{s}$ pour ce sous-système (dont $37 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pour la régularisation annuelle).

4.2.3. Bassins des étapes I, II et III.

L'impossibilité de stockage des eaux en saison des pluies pour renforcer les débits d'étiages nous oblige, pour utiliser au mieux le potentiel en eau de tous ces sous bassins versants, de réaliser une simulation de la gestion des eaux disponibles au fil de l'eau de ces bassins et des eaux emmagasinées dans les retenues.

Rappelons que cette gestion ne peut être abordée qu'à la suite d'une étude hydrologique approfondie.

4.3. Aménagement intégré des bassins.

Les aménagements prévus au paragraphe 4.2. permettent ainsi d'assurer un débit garanti de $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$ en permanence. Il faut noter qu'en année moyenne il n'existe aucun problème d'apport, par contre en année décennale sèche, il semble que les apports soient insuffisants, et faire appel à une retenue interannuelle devient nécessaire.

La régularisation des apports des bassins du RIO SEPFLA et du RIO TULUICHE ne pose aucun problème d'ordre hydraulique, par contre la dérivation dans les retenues des apports provenant des bassins du SIBACA et CACABAL, et des bassins des RIOS GUEXA à QUIEJEL, pose le problème de dimensionnement compatible avec les apports hydrologiques et le coût des ouvrages de dérivation et de captage.

Le débit dérivable dans ces canaux devrait être approximativement au moins égal à 2,5 fois le débit moyen interannuel de manière à capter la presque totalité des écoulements de l'année décennale sèche.

L'ouvrage de captage devrait permettre également le stockage temporaire du volume des petites et moyennes crues de manière à laminer la pointe de crue et à dériver le maximum d'eau dans la retenue de régularisation.

Remarquons que la retenue prévue au site de LAS TUNIAS permet de garantir pour l'usine hydroélectrique un débit de 4,23 m³/s sous une chute brute de 160 m. Un petit barrage de compensation (500.000 m³) situé au site aval servirait de prise d'eau du grand canal collecteur.

5 - Etudes hydrologiques complémentaires -

Les études réalisées à ce jour contribuent efficacement à la justification du projet de préfaisabilité de l'aménagement complet. Pour obtenir d'ici à 1984 les données hydrologiques nécessaires au projet, nous proposons la mise en route immédiate des études complémentaires suivantes :

5.1. Valorisation des données anciennes et actuelles.

Cette étude consiste :

- à faire l'inventaire total de toutes les mesures réalisées à ce jour tant au point de vue pluviométrique que hydrologique par les différents services techniques.

(Recherche des anciennes lectures d'échelle du RIO GUEXA 100 m à l'aval de l'échelle actuelle).

- à réaliser une interprétation aussi exacte que possible de ces mesures (homogénéisation, contrôle, détection des erreurs et des valeurs peu sûres). La révision des données de débits des années 1966 à 1968 à la station de CONCUA sur le Rio MOTAGUA est indispensable.

pluviométrique - comparaison des pluies journalières
- comparaison des pluies mensuelles
- calcul des pluies annuelles sur chaque bassin
et tracé des isohyètes

hydrométrique - tarissement à toutes les stations chaque année
- validité des transformations hauteur-débit

hydropluviométrique - comparaison entre lame écoulée et précipitation
à l'échelle mensuelle et annuelle
- étude des mécanismes de transformation pluie-débit

- à effectuer une simulation du fonctionnement de l'ensemble du système NORD OCCIDENTAL à l'aide de ces premières données homogénéisées et complétées.

.../...

5.2. Etudes à réaliser pour la factibilité et l'avant-projet.

Elles ont pour but de spécifier les écoulements journaliers, de tous les bassins importants du système en année moyenne, en année décennale sèche et décennale humide.

- à chaque station et pour chaque année : nombre d'heures par jour pour lesquelles les débits sont supérieurs à un débit donné (1,5 - 2,0 - 2,5 - 3 fois le module) afin de calculer les débits moyens journaliers dérivables pour différents débits de prise
- estimation des débits maximum de crue probable avec définition de la forme des hydrogrammes types de crue et des coefficients de ruissellement
- étude des étiages sur tous les bassins à capter mais non équipés de station limnigraphique
- étude des intensités pluviographiques
- étude du charriage sur les bassins de TULULCHE-SIBACA.

5.3. Etudes particulières.

Nécessaires à la compréhension hydrologique et hydrogéologique des bassins versants, ces études portent sur :

- étude de l'importance de la nappe dans l'écoulement annuel. La séparation des débits de ruissellement ou de ressuyage des nappes superficielles se fera sur le graphique de variation des débits journaliers afin d'évaluer pour chaque bassin versant et chaque année la lame annuelle de vidange des nappes profondes.

- étude des étiages dans la zone SEPELA-CHOCOYA. En mars et avril, les mesures de débits aux points suivants :

RIO XEPOCOL	intersection UTM	02	-	55
RIO SEPELA	" "	02	-	55½
RIO SEPELA	" "	03½	-	56
RIO XEPOCOL	" "	01	-	53 1/3
RIO QUEBRADA	" "	02	-	53½
RIO SEPELA	" "	04	-	57½

permettront de vérifier si, dans l'état actuel, il existe des pertes d'eau sur le cours d'eau du SEPELA à l'étiage.

- étude climatologique et pluviométrique :

Une station climatologique complète à CHICHICASTELNANGO précisera l'évaporation, l'évapotranspiration, l'insolation, la vitesse des vents.

L'étude des intensités pluviométriques maximales sera complétée (CHIPACA) et les données anciennes valorisées (redépouillement des enregistrements).

Une extension et un auto-contrôle de certaines stations sont souhaitables.

Stations pluviométriques de :

- PALAMA - CHIPACA - CHICHICASTENANGO
- SANYEBA - CHICHE - CHOAXAN
- SANTA CRUZ DEL QUICHE - PANEYA
- SANTA ROSA CHUJUYUB
- SANTIAGO SACATSPEQUEZ

à doubler de totalisateurs

et installation de totalisateurs aux points UTM suivants :

701 - 45 ½
706 - 49 ¼
710 - 51 ¼
710 - 42 1/3
704 - 42

- étude hydropluviométrique :

- liaison lame écoulée en saison sèche en fonction de la précipitation de la saison des pluies corrigée par les pluies de la saison sèche
- liaison lame écoulée en saison des pluies en fonction de la précipitation de la saison des pluies
- liaison pluie-débit de crue de chaque épisode pluvieux.

5.4. Simulation de fonctionnement du système.

La simulation du fonctionnement de l'ensemble du système NORD-OCCIDENTAL implique la connaissance aussi exacte que possible des disponibilités journalières en eau de l'ensemble des bassins des zones 1 à 7 sur plusieurs années.

A partir des données économiques, le dimensionnement optimal des ouvrages de déviation des eaux des bassins vers la retenue, du volume de la retenue et des diverses canalisations de captage sera déterminé à l'aide de cette simulation.

Les règles de gestion de ces retenues découleront de cette simulation.

5.5. Travaux hydrologiques recommandés.

Les régions du bassin sur lesquels l'écoulement semble le plus fort sont d'après les indications pluviométriques et hydrologiques celles désignées par 1 - 2 - 4 - 5 - 6 dans le projet.

.../...

Il convient d'équiper hydrologiquement les bassins

- 1) XALTAYA' 1
- 2) QUISAYA à PANIMACAC *
Regroupement de 5 bassins
- 3) TECULCHEYA'
- 4) GUEXA'
- 5) QUIEJEL
- 6) SACPULUB
- 7) CHIPACA'
- 8) TULULCHE'
- 9) SIBACA

Toutefois, pour le groupe de bassins de la zone III un seul bassin pourrait être équipé, mais les quatre autres bassins seront jaugés en étiage seulement.

Equipement des bassins :

1) toutes les stations hydrométriques reconnues lors de la mission présentent des caractéristiques hydrologiques idéales : section de contrôle stable. Seule la station 1 ne possède pas cet avantage. Des jaugeages de contrôle chaque année seront à réaliser à cette dernière sauf si l'on construit un seuil stable.

Ces stations seront équipées de limnigraphes enregistreurs à rotation mensuelle ou hebdomadaire si les observateurs des échelles actuelles peuvent assurer le changement des feuilles d'enregistrement.

Les échelles de réduction des appareils seront celles au $\frac{1}{5}$, même pour la station de TULULCHE' où les dénivellées entre étiage et crue peuvent atteindre 6 mètres.

Les installations de ces appareils seront réalisées de manière à les protéger au maximum des énormes corps flottants charriés en période de crue et de les placer bien en-dessus du maximum de crue connu en prévoyant une marge de sécurité de 2 mètres. Des enquêtes répétées auprès des riverains peuvent être très utiles.

2) toutes les stations pluviométriques actuelles situées dans les bassins versants ou à proximité seront doublées à peu de distance, 100 m à 500 m, d'un totalisateur relevé plusieurs fois par an et vidé que deux fois par an Juillet et Décembre. Ce totalisateur jouera le rôle de contrôle du poste.

Prévoir l'installation de totalisateurs ou de pluviomètres contrôlés sur les bassins versants étudiés en vue de connaître la précipitation moyenne sur chacun d'eux. Quelques stations supplémentaires dans le bassin aval du MOTAGUA et RIO GRANDE en amont de la station hydrométrique de CONCUA' seraient souhaitables.

.../...

* à l'étiage des jaugeages simultanés aux futures prises d'eau seraient appréciés.

6 - CONCLUSIONS -

La documentation hydrologique actuelle suffisante pour caractériser les ouvrages au fil de l'eau et même les ouvrages de renforcement des étiages, demande à être complétée pour caractériser les ouvrages de régularisation maximale des eaux de tous ces bassins à capter.

Les éléments obtenus nous permettent d'affirmer que les données présentées dans le schéma préliminaire sont tout à fait acceptables moyennant un arrangement des valeurs des débits d'équipement de chacun des bassins (captage direct - captage en vue de régularisation).

Le débit garanti pour alimenter en eau la ville de GUATEMALA est fonction des variantes d'aménagements liées aux conditions naturelles.

Il peut varier de 1,76 m³/s pour un aménagement total au fil de de l'eau à plus de 5,8 m³/s pour un aménagement avec régularisation sur 75 % en superficie des bassins à capter.

Seules des études hydrologiques complémentaires permettront de fournir les éléments nécessaires à la simulation de gestion des eaux en vue de fournir toutes les caractéristiques optimales de l'aménagement compte tenu des possibilités des sites naturels par la création des retenues.

BIBLIOGRAPHIE

Liste récapitulative des documents consultés

-
- (1) - Publication du C.C.H.M. : Comité Coordinador de Hidrologia y Meteorologia
Boletín Hidrológico N° 1 años hidrológicos 1966-1967 et 1967-1968
" " N° 2 " 1968-1969 et 1969-1970
" " N° 3 " 1970-1971 et 1971-1972
" " N° 4 " 1972-1973
" " N° 5 " 1973-1974
Datos Meteorológicos mensuales hasta 1959 inclusive
Datos pluviográficos de LLUVIA DIARIA E INTENSA 1926-1971
 - (2) - Publication de l'I.N.D.E. : Instituto Nacional de Electrificación de GUATEMALA.
Boletín Hidrológico N° 1 años hidrológicos 1962-1963
" " N° 2 " 1963-1964 et 1964-1965
" " N° 3 " 1965-1966
 - (3) - Datos Meteorológicos mensuales hasta 1973.
 - (4) - Estudio Hidrológico de RIO MOTAGUA HASTA LA ESTACION CONCUA'
Universidad de SAN CARLOS DE GUATEMALA - AOUT 1975.
 - (5) - Documents de l'U.E.N.I.A. : UNIDAD EJECUTORO DE NUEVAS INTRODUCCIONES DE AGUA.
 - (6) - Datos Meteorológicos DM-5 de l'U.E.N.I.A.
 - (7) - Datos Hidrológicos de PROYECTO NOR-OCCIDENTAL ZONE I, II, III
 - (8) - Datos Hidrológicos de PROYECTO NOR-OCCIDENTAL ZONE IV, V, VI
 - (9) - Datos Hidrológicos de PROYECTO NOR-OCCIDENTAL ZONE VII
- PROYECTO NOR-OCCIDENTAL ESQUEMA PRELIMINAR SEP. 1975
 - (10) - PROYECTO ATITLAN INFORME DE FACTIBILIDAD NOV. 1971
 - (11) - ATLAS CLIMATOLOGICOS DE GUATEMALA : OBSERVATORIO NACIONAL
 - (12) - Estudio Morfométrico de la CUENCA DEL RIO MOTAGUA I.G.N. FEV. 1973
 - (13) - XAYA-PIXCAYA WATER PROJECT.
-

Tableau N° 1

ETAT DES ETUDES DES ETIAGES SUR LE BASSIN DU RIO MOTAGUA

RIO	Bassin km ²	Nb d'années	Année utilisable - ETIAGE																	
			1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
NIMAYA'	10,1	11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X
XALTAYA'I	34,6	11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X
CANACYA'	16,4	4											X	X	X					X
QUEMAYA'	13,4	5										X	X	X	X					X
PALIMA'	18,5	4											X	X	X					X
TECULCHEYA'	29,5	10			X	X	X	X	X	X			X	X	X					X
AGUA CALIENTE	4,6	4											X	X	X					X
QUEXA'	88,2	9			X		X	X	X	X			X	X	X					X
CHOCOYA'	2,3	4											X	X	X					X
SEPELA'	199,4	13	X	X	X		X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
QUIEJEL	55,1	11		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X					X
CHIPACA'	40,8	11		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X					X
PALACAMA'	17,9	10			X		X	X	X	X	X		X	X	X					X
SACPULUB	20,4	11			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X					X
TULULCHE'	57,8	4											X	X	X					X
SIBACA'	45,1	4											X	X	X					X
CACABAL	7,5	4											X	X	X					X

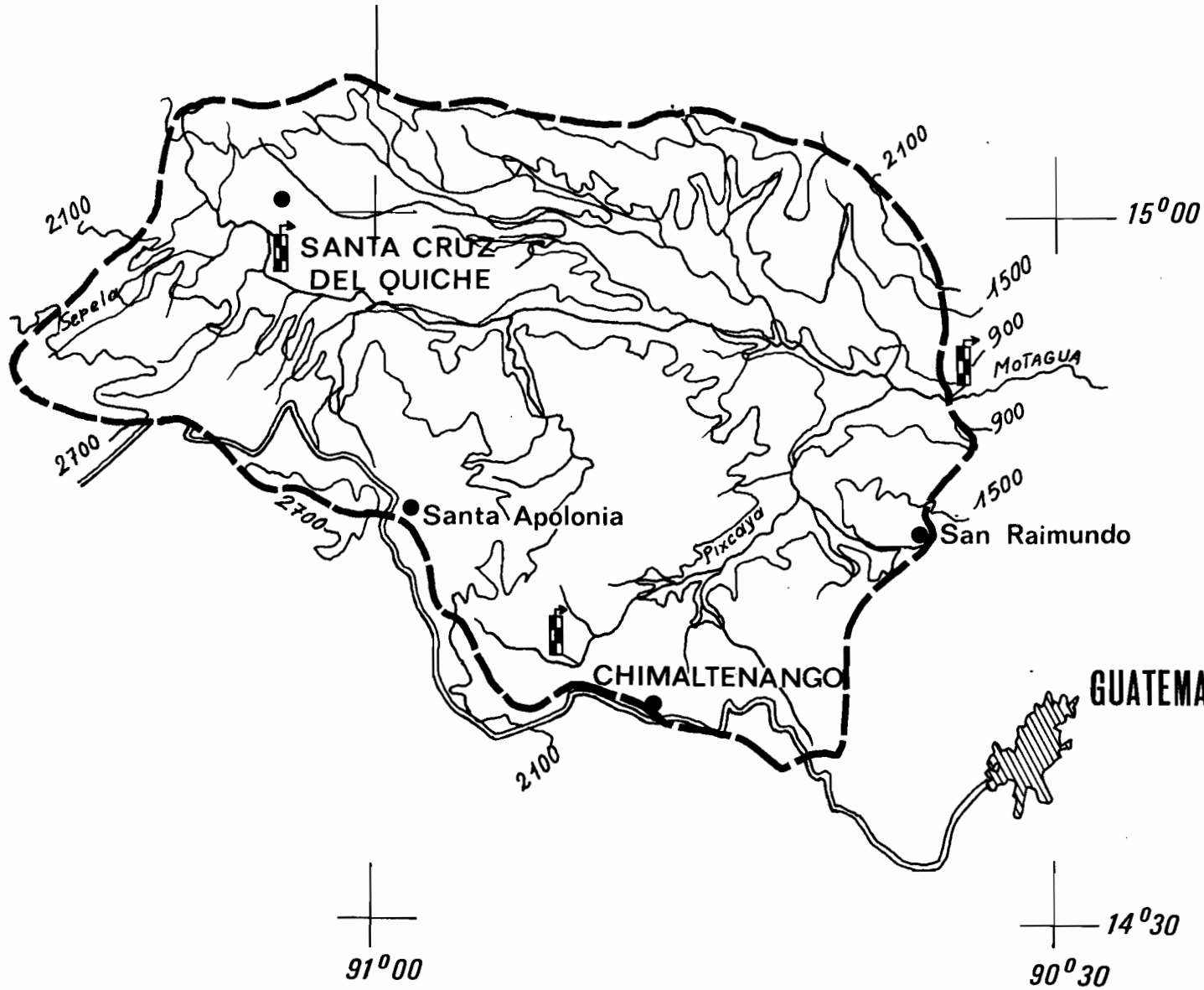
Tableau N° 2

ETAT DES ETUDES DES MODULES DU RIO MOTAGUA

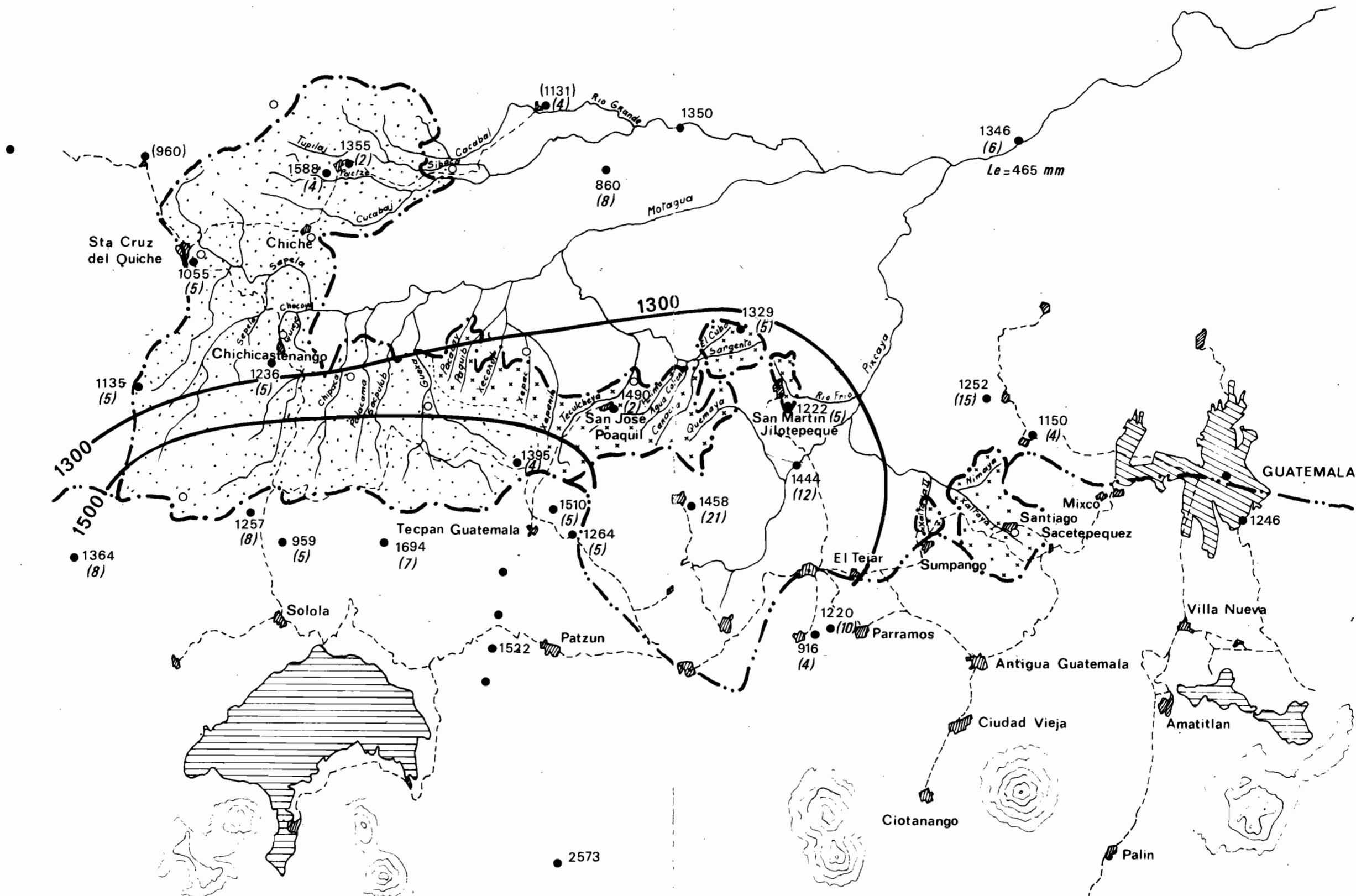
RIO	STATION	BV km2	N° d'identification	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
				1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	
MOTAGUA	CONCUA	2593	2- 3-1		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
PIXCAYA	EL TESORO	146	3- 1-1 et 19-2-1		X	X	X	X	X				X	X	X		
SEPELA	CHICHE	208	14-17-1											X	X	X	
MOTAGUA	ORELLANO	5802	12- 6-1										X	X	X		
XAYA	PRESA	86	3- 6-3		X	X	X	X					X	X	X		
CHIXOY	CHICRUZ	3565	2- 2-1											X	X		
CHIXOY	CHISIGUAN	2245	14-10-1								X	X	X	X	X		
NAHUALATE	SANTA CATARINA	145	19-13-1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
PANAJACHEL	CONCEPTION	38	19- 2-1											X	X		
MADRE VIEJA	PANIBAJ	165	3- 6-2		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		
LAS VACAS	SAN ANTONIO	239	6- 3-1										X	X	X		
LOS PLATANOS	PANAJAX	1503	12- 4-1										X	X	X		

date

des.



Gr_2

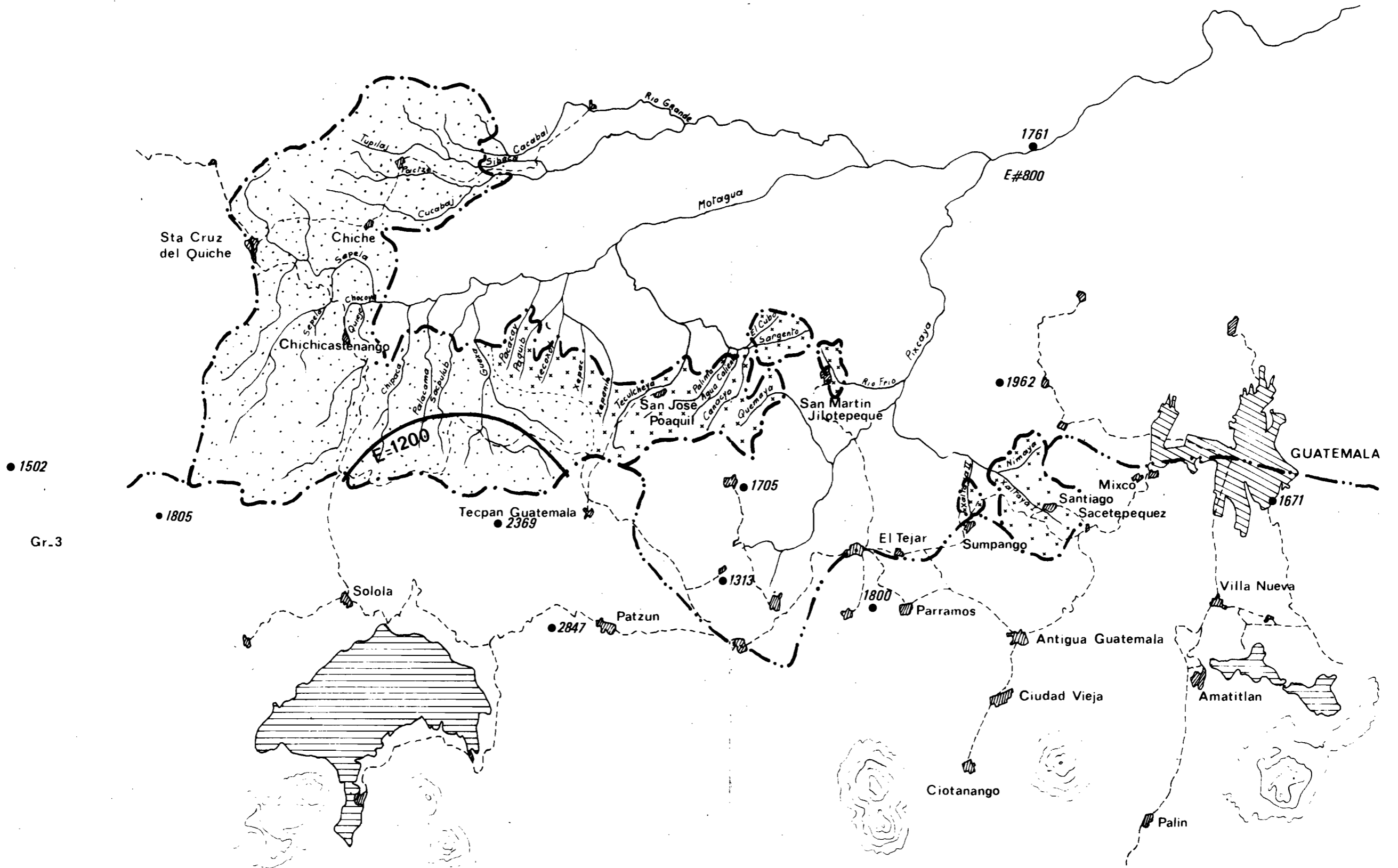


Pluviométrie moyenne annuelle
(en mm)

● Pluviomètre
○ Pluviomètre en projet d'installation à l'UENIA
1588 Moyenne en mm
(4) Nombre d'années d'observations

--- } Limite de bassins versants
--- } Bassins à capter avec régularisation
--- } Bassins à capter au fil de l'eau

E # 700mm



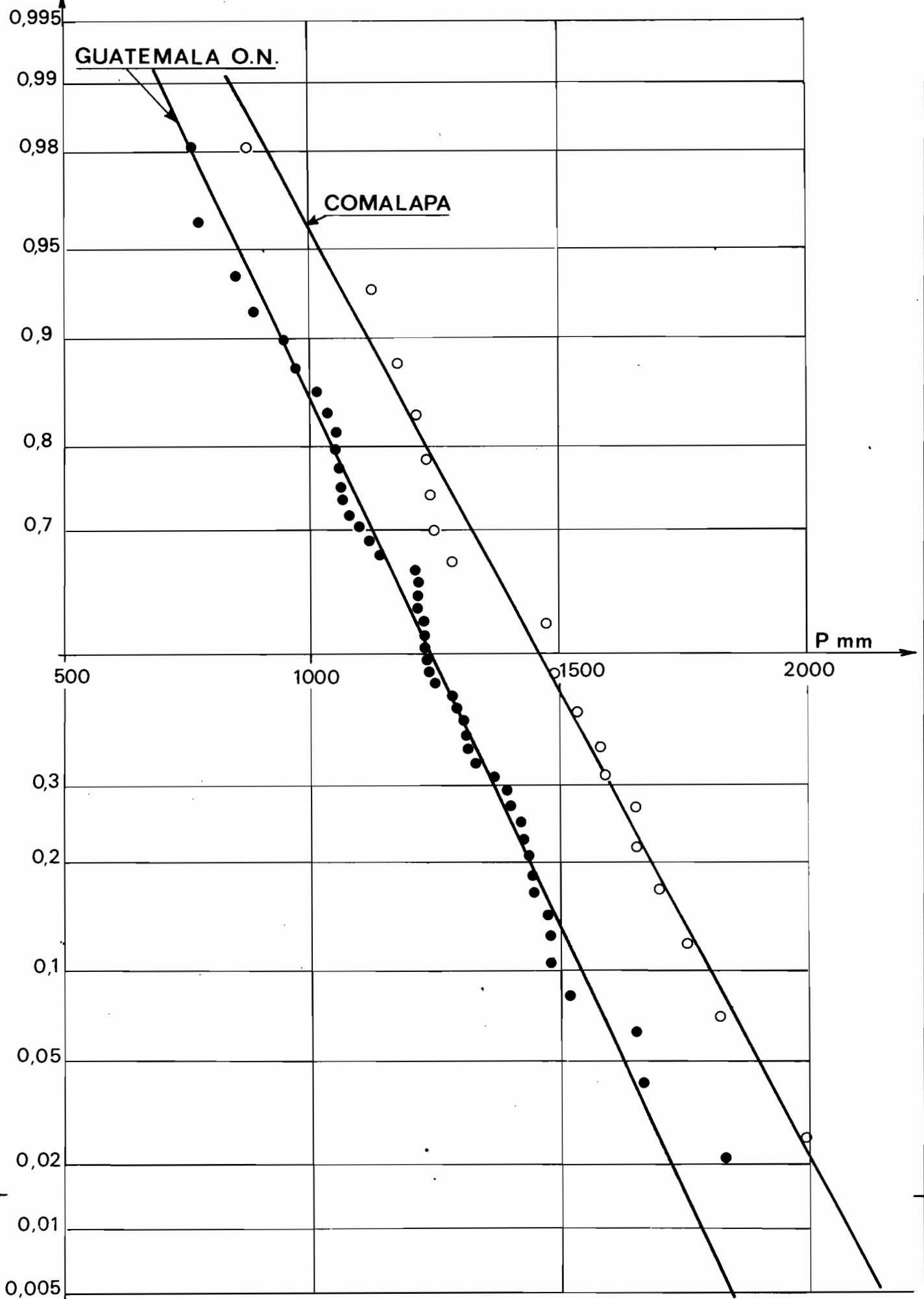
Précipitations annuelles 1969
(en mm)

(E#500 Ecoulement sur la bassin en mm)

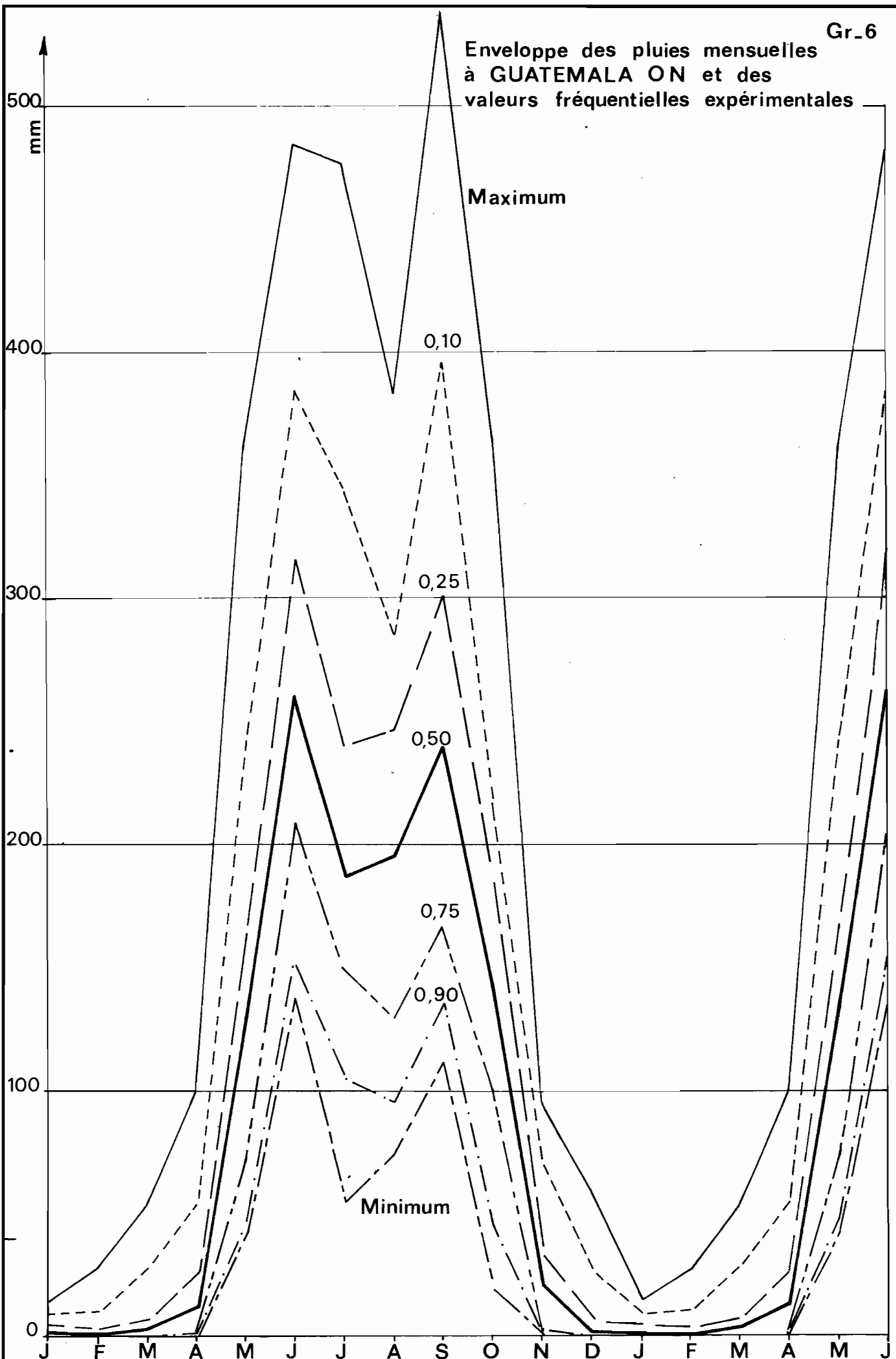
- Pluviomètre
- · — · — } Limite de bassins versants
- Bassins à capter avec régularisation
- Bassins à capter au fil de l'eau

Distribution des pluies annuelles aux stations de :

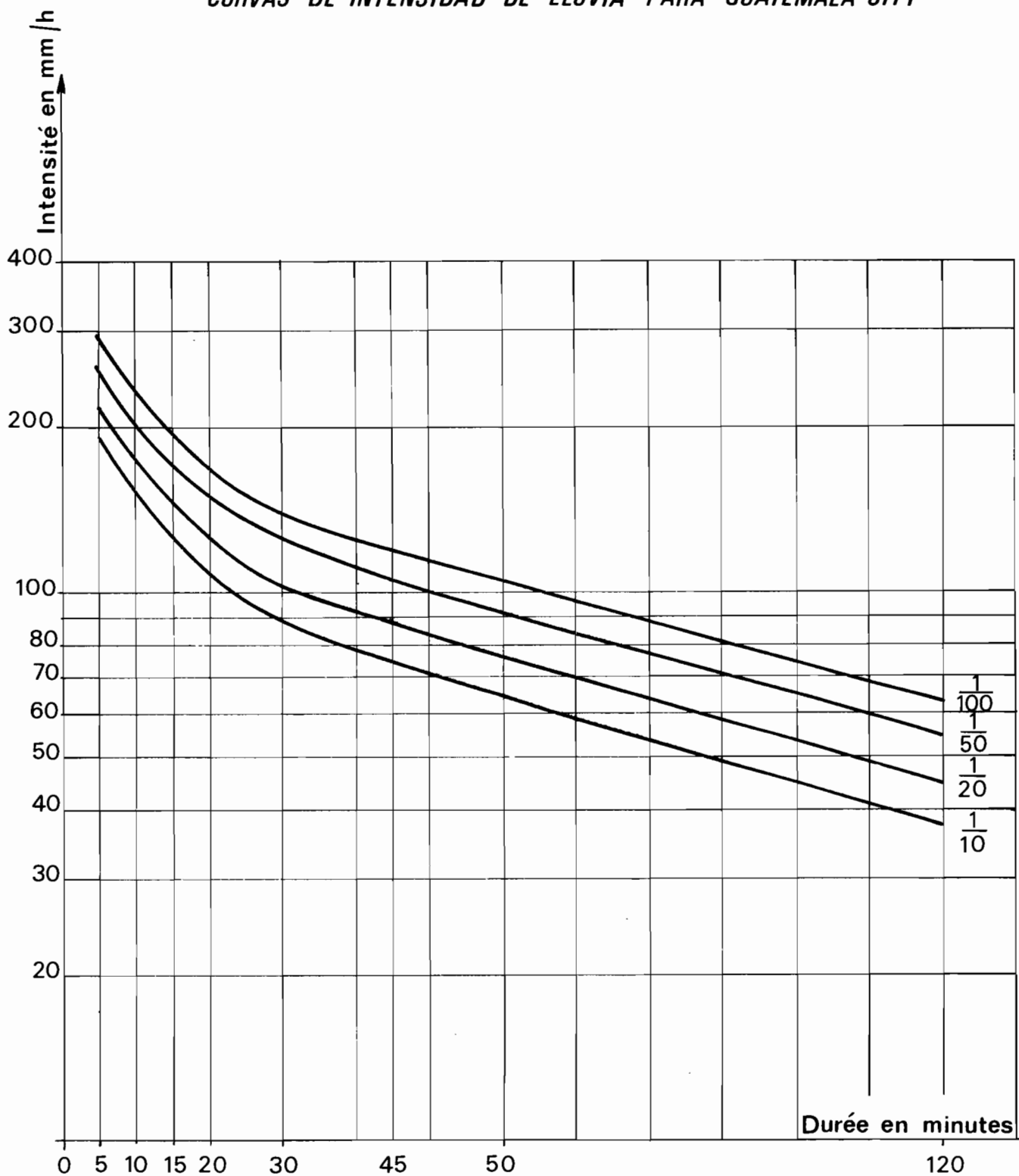
Gr. 5



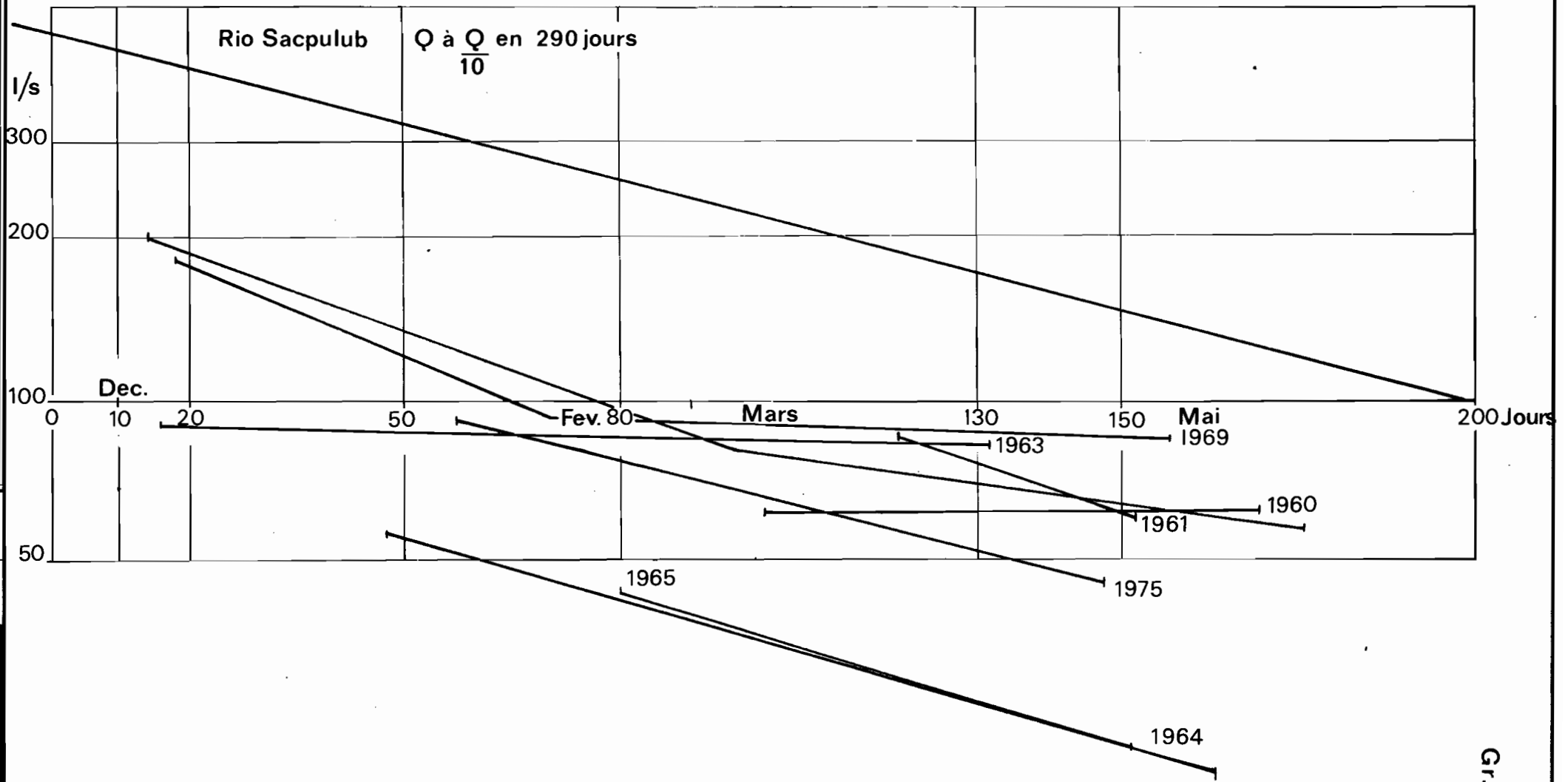
Enveloppe des pluies mensuelles à GUATEMALA ON et des valeurs fréquentielles expérimentales



Courbes des Intensités-Durées pour GUATEMALA-Cité
CURVAS DE INTENSIDAD DE LLUVIA PARA GUATEMALA-CITY

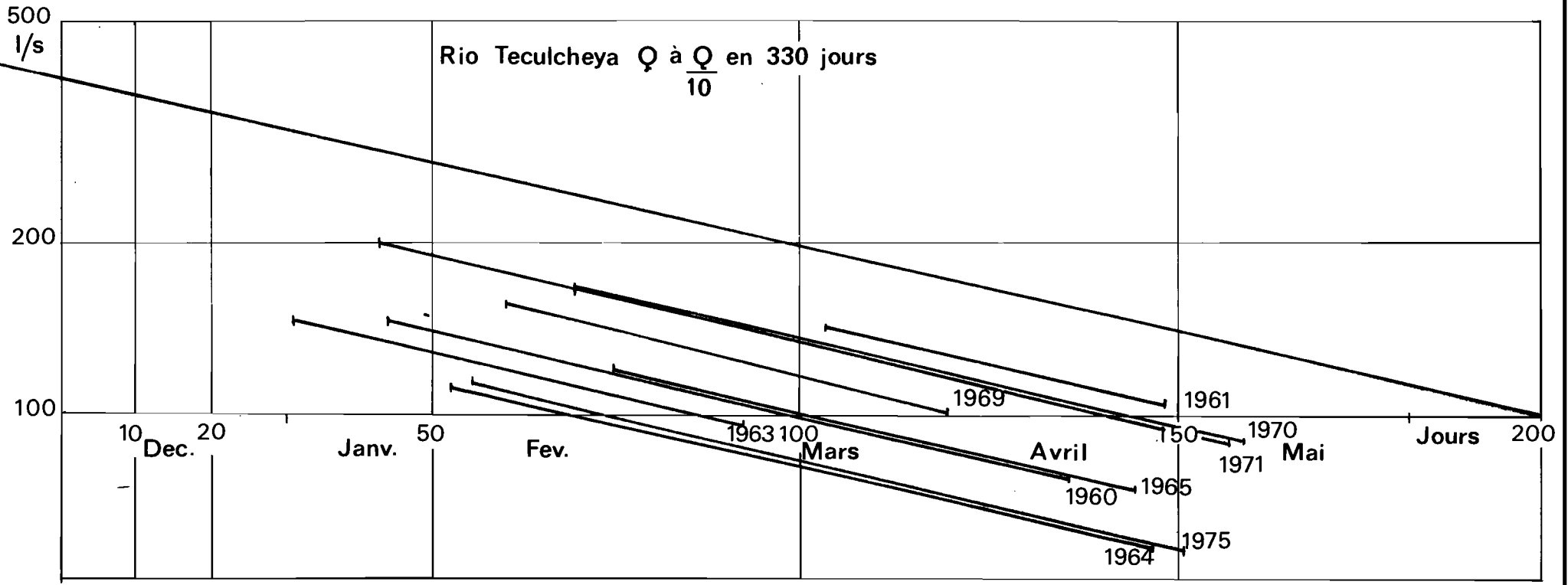


COURBES DE TARISSEMENT



date
des.

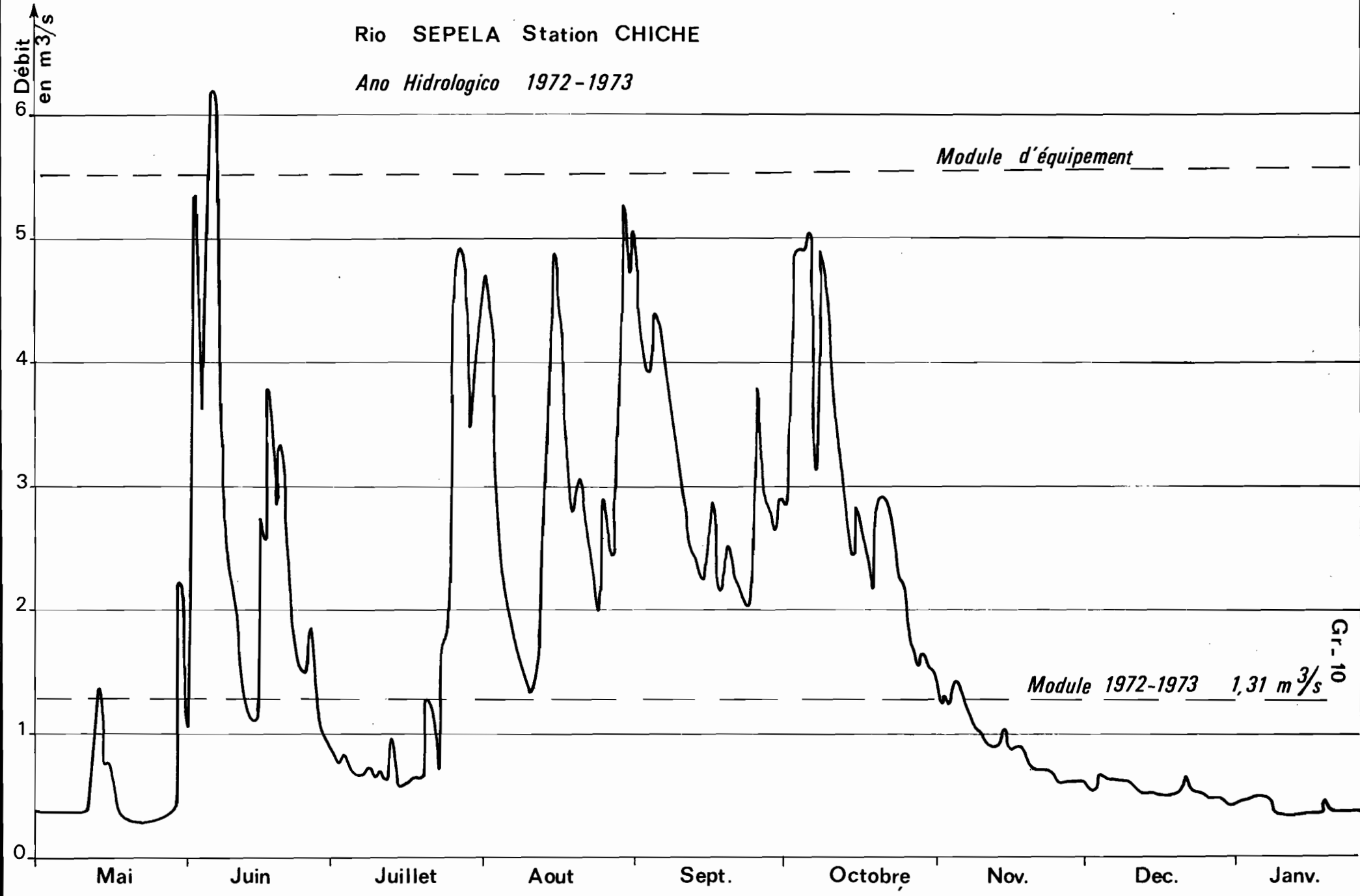
COURBES DE TARISSEMENT



date
des.

O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

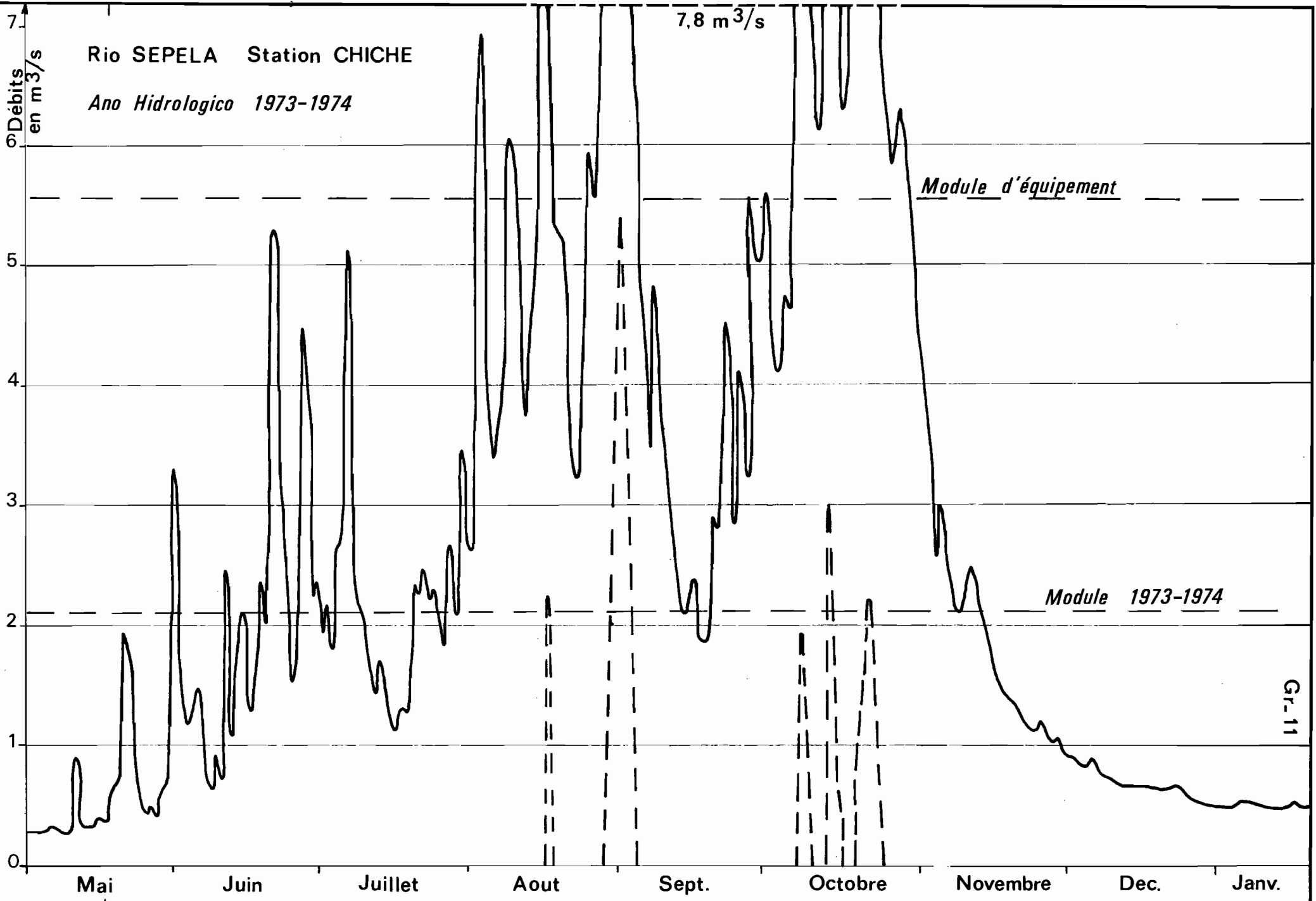
Rio SEPELA Station CHICHE
Ano Hidrologico 1972-1973



Gr-10

O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

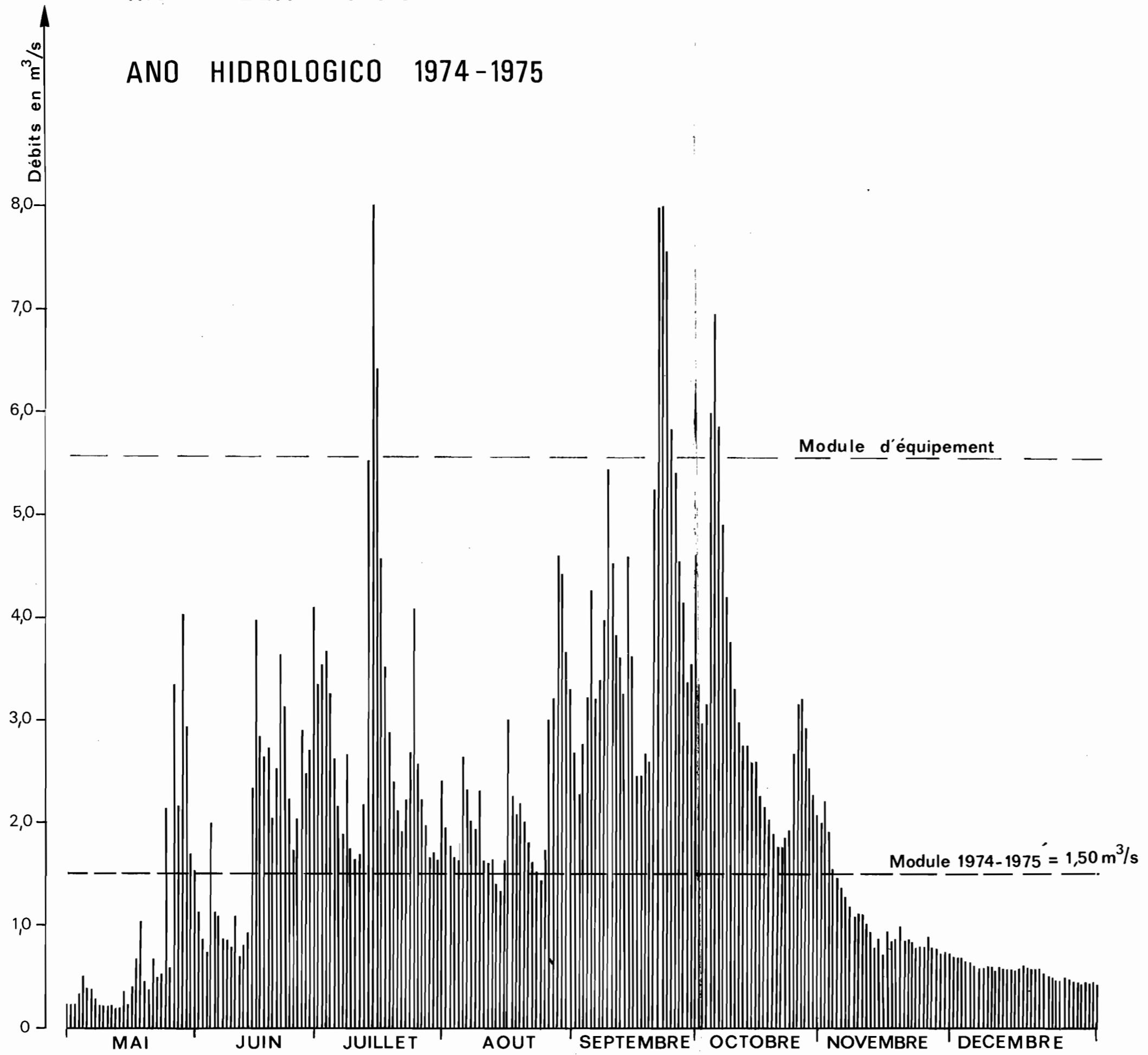
date des.



RIO SEPELA STATION CHICHE

Gr. 12

ANO HIDROLOGICO 1974-1975



Courbes des débits classés du RIO SEPELA à CHICHE

