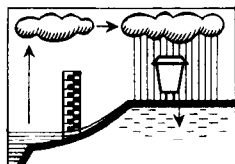


RÉPUBLIQUE DES ILES DU CAP VERT

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT RURAL

Financement : F A C
Convention 12/C/DCT/77/CAV
Projet 79/CD/77/CAV/II

ÉTUDE DES PRÉCIPITATIONS A SÃO NICOLAU



J.C. OLIVRY

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE DAKAR



REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTERE de la COOPERATION

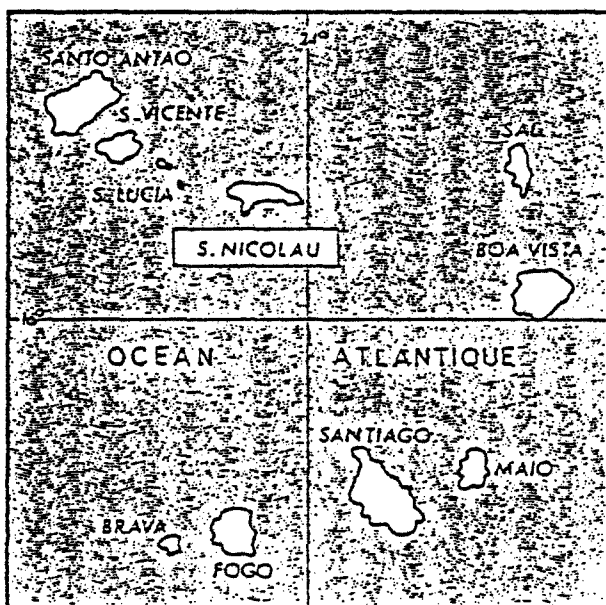
REPUBLIQUE des ILES du CAP VERT
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE MER
CENTRE ORSTOM de DAKAR
Bureau Central Hydrologique BONDY

=====

ETUDE DES PRECIPITATIONS
DE SÃO NICOLAU
(REPUBLIQUE DES ILES DU CAP VERT)

J.C. OLIVRY



1. GENERALITES

A cinq cent kilomètres environ des côtes du SENEGAL, l'Archipel des Iles du CAP-VERT est situé entre 15 et 17° de latitude nord et grosso modo entre 22° 30' et 25° de longitude ouest. Il comprend neuf îles principales habitées et six petites îles désertes partagées en deux groupes :

- au Nord, les Iles au Vent : Ilhas do Barlavento
- au Sud, les Iles sous le Vent : Ilhas do Sotavento.

La position géographique de l'archipel tant en latitude qu'en longitude explique son climat particulièrement sec.

En effet l'archipel se situe dans les limites nord de la remontée du Front Intertropical pendant l'été boréal et par suite de la masse d'air humide génératrice des précipitations. La saison des pluies est donc de brève durée et trop souvent de faible intensité.

Par ailleurs, l'archipel se situe dans la partie orientale de l'Océan Atlantique et, comme pour les CANARIES, les vents dominants secs du Nord-Est (Alizés) qui soufflent une grande partie de l'année font un trajet trop bref au-dessus de l'Océan pour être très chargés en humidité.

En complément de cette esquisse, précisons que l'archipel est soumis pendant 8 mois au courant froid des CANARIES venu du Nord-Est et qui se réchauffe progressivement vers le Sud, et pendant les mois d'été à la remontée la plus septentrionale du contre-courant Nord Equatorial chaud de direction Ouest-Sud-Ouest.

La carte de la figure 1 résume quelques caractéristiques principales de la situation géographique de l'archipel.

L'île de SAO NICOLAU fait partie du groupe d'îles au vent ("Barlavento") de l'Archipel du CAP-VERT. Elle a une superficie de 343 km².

Allongée d'Est en Ouest sur 45 km, cette île, très accidentée, s'élargit à l'Ouest autour du Massif du MONTE GORDO (1 312 m).

.../...

Avec une population d'environ 16 000 habitants et de très faibles ressources en eau, l'île de SAO NICOLAU apparaît comme une des plus vulnérables des îles du CAP-VERT aux effets de la sécheresse. Dans le passé, les famines consécutives aux années sèches ont souvent été plus cruellement ressenties à SAO NICOLAU.

Les paysages sont tranchés suivant les régions de l'île et l'incidence du relief est déterminante. On passe des déserts de pierre, au Sud de l'île, à des versants boisés presque alpêtres au sommet du MONTE GORDO.

Les travaux des hydrologues sur deux bassins versants représentatifs des zones les plus peuplées de l'île (VILA et FAJA) commencés en 1978 devraient préciser les mécanismes hydrologiques et ceux des précipitations. Cependant, sur une courte période d'études, il n'aurait pas été possible de déterminer les caractéristiques des régimes pluviométriques. Ceux-ci nécessitent pour être bien connus une longue période d'observations. Ces observations existent. Elles sont de durée, de densité spatiale et de qualité très variables suivant les îles, mais elles constituent une somme de données qu'il convenait d'exploiter au mieux. En confiant à J. CALLEDE en 1978 la collecte de l'information pluviométrique sur l'ensemble de l'archipel, l'ORSTOM se proposait de réunir l'ensemble des observations effectuées depuis l'origine sur toutes les stations pluviométriques.

C'est à partir de ces données de base que nous proposons ici une étude des précipitations dans l'île de SAO NICOLAU ; cette étude décrit bien entendu les éléments caractéristiques du régime des précipitations mais s'attache aussi, à l'aide de l'outil statistique, à déterminer divers paramètres dont la prédétermination permet de dégager les éléments et les limites d'une bonne gestion des ressources en eau et d'aider à une meilleure compréhension des mécanismes hydrologiques.

Le réseau pluviométrique de SAO NICOLAU a compté jusqu'à 14 stations.

Le tableau ci-après en donne la liste en précisant le numéro de code informatique, le nom du poste pluviométrique, latitude et longitude et altitude.

.../...

Postes pluviométriques situés à SAO NICOLAU antérieurement au 31 décembre 1972					
: 4005 CABECALINHO	: 16°36'	: N 24°20'	: W 670	: M	:
: 4010 CACHACO	: 16°37'	: N 24°20'	: W 725	: M	:
: 4015 CALEIJAO (CAMPO)	: 16°36'	: N 24°18'	: W 250	: M	:
: 4020 CALEIJAO (POSTO)	: 16°36'	: N 24°18'	: W 285	: M	:
: 4025 CARRICAL	: 16°33'	: N 24°05'	: W 15	: M	:
:	:	:	:	:	:
: 4029 ESTANCIA DO BRAZ	: 16°40'	: N 24°20'	: W 25	: M	:
: 4030 HORTELAO	: 16°36'	: N 24°21'	: W	: M	:
: 4035 MORRO ALTO	: 16°37'	: N 24°11'	: W 260	: M	:
: 4036 MORRO BRAZ	: 16°38'	: N 24°12'	: W 50	: M	:
: 4040 PRAIA BRANCA	: 16°38'	: N 24°24'	: W 190	: M	:
:	:	:	:	:	:
: 4045 PREGUICA	: 16°34'	: N 24°17'	: W 52	: M	:
: 4047 RIBEIRA DOS CALHAUS	: 16°38'	: N 24°22'	: W 950	: M	:
: 4050 TARRAFAL	: 16°34'	: N 24°22'	: W 20	: M	:
: 4055 VILA DA RIBEIRA BRAVA	: 16°37'	: N 24°18'	: W 125	: M	:

TABLEAU I

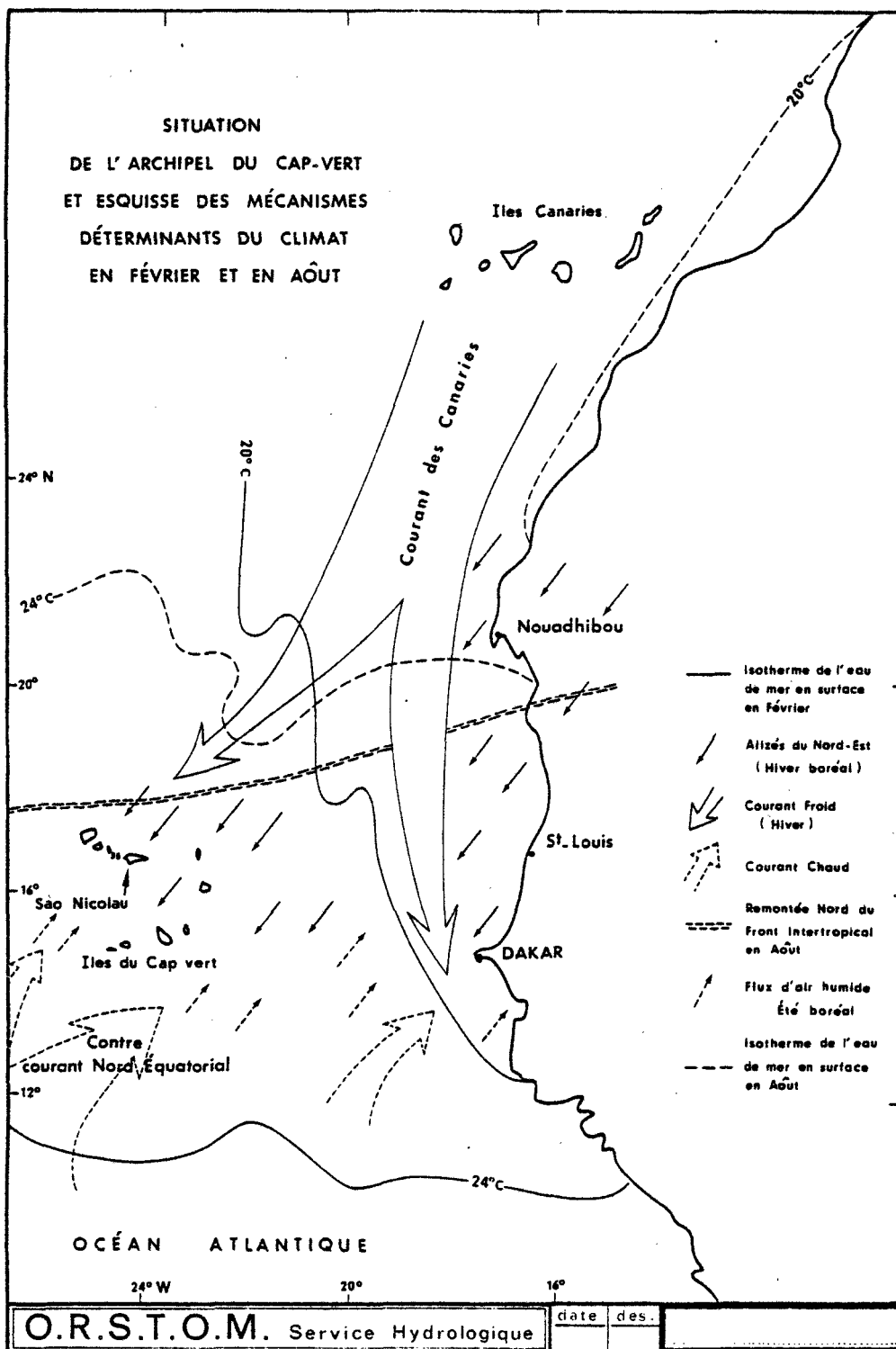


Fig. 1

ILE DE SAINT-NICOLAU

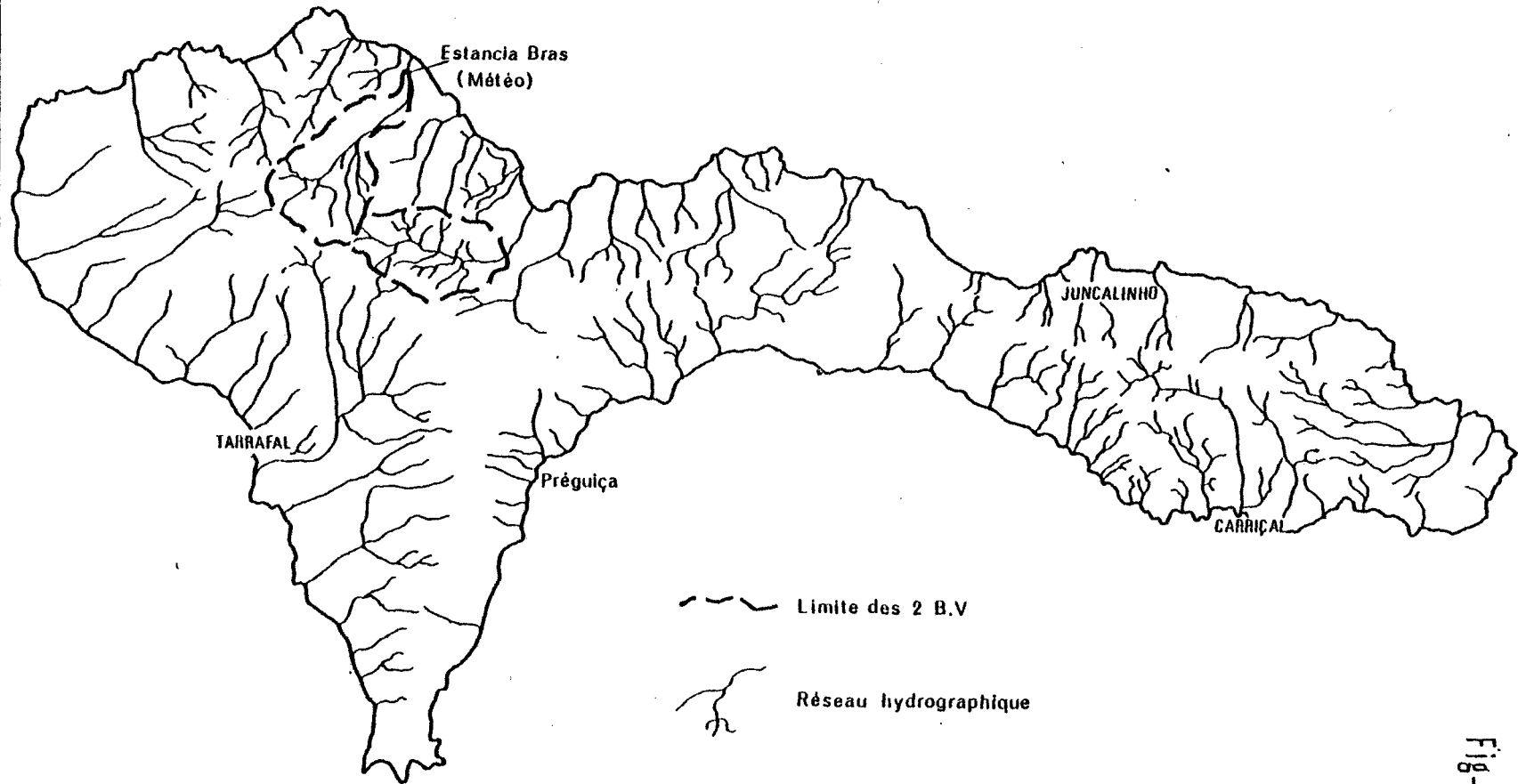


Fig-2

2. HAUTEURS DE PRECIPITATIONS ANNUELLES

2.1 Les données brutes

2.1.1 Examen des données

Les observations recueillies par J. CALLEDE, portant sur quatorze postes de l'Ile de SAO NICOLAU, constituent un échantillon très hétérogène et le plus souvent discontinu :

- un seul poste a été observé plus de trente années,
- cinq postes ont été suivis pendant plus de vingt ans,
- neuf postes ont été suivis pendant plus de dix ans.

Les observations ont été souvent interrompues pendant de longues années et six stations ont été abandonnées à partir de 1950.

Seule la station de VILA de RIBEIRA BRAVA a été observée sans discontinuité de 1944 à 1979, soit pendant 36 ans.

Les relevés sont généralement de bonne qualité et les années incomplètes relativement peu nombreuses (37 années incomplètes sur 224 stations-années, soit 16,5 %) ; encore faut-il souligner que 28 années incomplètes, soit 12,5 %, concernent les années 1974, 1975, 1976 et 1977 pour tous les postes en service dans l'Ile.

Le cas de ces quatre années mérite d'être développé. En 1974, les relevés manquants se rapportent aux mois de juillet et novembre ; en 1975, manquent octobre, novembre, décembre ; en 1976, juin, juillet et octobre ne figurent pas dans les relevés ; en 1977, seul le mois d'août a été retrouvé en archives. Ceci s'observe pour tous les postes alors en service. Il s'agit bien évidemment d'un problème d'archivage des données. Les données manquantes ont été regroupées pour l'Ile et ont pu être égarées ou négligées par le responsable local. La seconde hypothèse supposerait implicitement que les relevés négligés ne concernaient que des mois sans précipitations, ce qui n'est pas totalement exclu compte tenu de la période de fort déficit pluviométrique.

Pour les autres années incomplètes (9), les relevés manquants se rapportent le plus souvent à des mois généralement sans précipitations, sauf pour RIBEIRA dos CALHAUS (août 1950), pour TARRAFAL (octobre 1950), HORTELAO (septembre 1950) et surtout CABECALINHO en 1964 où seul janvier a été relevé.

.../...

Enfin pour les années 1978 et 1979 (campagnes ORSTOM), seuls les résultats s'intégrant au réseau de SAO NICOLAU ont été considérés ici.

Le tableau 2 indique les hauteurs annuelles de précipitations observées aux différents postes de SAO NICOLAU. Les relevés d'années incomplètes ont été mis entre crochets.

Au bas du tableau, on a mentionné le nombre d'années d'observations, la moyenne brute annuelle correspondant à la période d'observations de chaque poste ainsi que l'écart-type correspondant. Soulignons que ces valeurs n'ont, dans l'ensemble, pas grande signification du fait de l'hétérogénéité des périodes d'observations.

Une étude des précipitations à SAO NICOLAU doit rechercher à homogénéiser les séries de données. Cela est heureusement possible grâce à l'outil statistique et à la série continue d'observations recueillies à VILA de RIBEIRA BRAVA.

Tableau 2

HAUTEURS DE PRECIPITATIONS ANNUELLES OBSERVEES
DANS L'ILE DE SAO NICOLAU

Année	A VILA de R. BRAVA	B PREGUIÇA	C R. dos CALHAOS	D TARRAFAL	E MORRO ALTO	F MORRO BRAZ	G PRATA BRANCA
1930							
1931							

1940							
1941		115.4					[413.0]
42		87.0					361.5
43		207.4					533.0
44	[162.6]	95.4					267.0
45	214.5	70.6	730.5	14.9		188.0	275.5
46	138.3	28.0	491.5	46.3		57.0	226.5
47	96.9	45.2	258.3	72.0		65.7	60.8
48	121.5	24.6	284.2	6.0		89.0	104.1
49	238.9	126.8	257.0	105.7		193.3	278.6
1950	726.3	179.2	[826.9]	[210.8]		361.8	712.3
51	248.2	86.6					
52	753.8	150.5					
53	454.6	148.0					
54	246.4	167.7					
55	297.3	190.3					
56	683.7	234.1					
57	411.6	177.7					
58	477.7	173.2					
59	86.4	13.7					
1960	243.9	59.3					
61	410.2				327.5		531.3
62	202.9				156.9		125.3
63	202.8				177.6		149.8
64	261.5				121.4		189.0
65	176.0				0.0		158.0
66	165.0				181.5		225.0
67	217.5						254.0
68	75.0				28.0		103.0
69	149.0				209.0		349.0
1970	108.1				134.0		234.0
71	76.2				153.0		112.5
72	2.0				0.0		0.0
73	107.0				91.5		95.5
74	[12]				[101.0]		[130.5]
75	[338.4]				[181.0]		[242.0]
76	[20.2]	[3.0]			[40.0]		[62.9]
77	[61.2]	[30.0]			[54.0]		[110.6]
78	144.9						
79	126.2						
1980							

n années	36	22	6	6	16	6	27
moyenne brute	235.0	109.7	474.7	76.0	122.3	159.1	233.5
écart-type	190.3	69.8	253.1	75.6	87.0	115.9	165.0

Tableau 2
HAUTEURS DE PRECIPITATIONS ANNUELLES OBSERVEES
DANS L'ILE DE SAO NICOLAU
 (suite et fin)

Année	H HORTELAO	I ESTANCIA BRAS	J GARRIÇAL	K CALEJAO POSTO	L CALEJAO CAMPO	M CACHAÇO	N CABECALINHO
1930						259,0	
31						542,6	
1940							
41							
42							
43							
44							
45	278.9	258.0	46.9			788.5	
46	191.1	86.0	1.2			253.1	
47	184.0	165.5	4.3			394.2	
48	96.0	228.5	23.2			306.0	
49	268.6	275.0	207.5			317.5	
1950	246.4	713.0	7.3			999.1	
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58				320.1	213.3		
59				80.5	37.0		
1960				203.4	154.2		
61			125.7	327.7	255.5	631.1	
62			62.5	186.2	124.9	599.6	435.2
63			42.7	237.2	174.2	589.8	350.0
64			84.0	263.4	221.9	167.4	20.0
65			58.2	229.4		155.1	315.0
66				160.2		327.0	314.0
67				171.7		542.0	285.0
68				40.1		74.0	65.0
69				129.4	76.7	274.0	163.6
1970				131.0	108.7	221.0	160.0
71				85.1	73.5	222.0	154.0
72				8.4	4.9	19.1	10.0
73				77.1	55.9	174.8	113.0
74				3.8	8.2	96.9	30.5
75				260.3	263.0	395.5	162.6
76				14.0	18.5	94.1	39.6
77					31.5	129.1	31.6
78		92.3		169.3		348.5	
79		122.7		142.3		285.4	
1980							
n années	6	8	11	21	16	27	16
moyenne brute	210.8	242.6	60.3	154.3	113.9	341.0	163.6
écart-type	68.6	203.6	61.5	97.8	89.6	233.6	135.6

2.1.2 Contrôle de l'homogénéité des séries par la méthode de comparaison des totaux cumulés annuels

La station de VILA a été choisie comme poste de référence.

La méthode a consisté ici dans une comparaison entre les totaux pluviométriques annuels cumulés de VILA et ceux des autres stations, année par année sur la période commune d'observation.

Cette méthode est appelée improprement "méthode des doubles masses". Elle permet la détection d'hétérogénéité ou d'anomalies et éventuellement de corriger des erreurs systématiques (éprouvette ne correspondant pas au pluviomètre, changement d'implantation du pluviomètre avec effet d'abri, mauvaise qualité des observations, etc...).

Les totaux cumulés des précipitations annuelles de la station à contrôler sont portés en ordonnées ; ceux de VILA sont portés en abscisses. Lorsque les séries sont homogènes, on obtient une droite de régression unique dont la pente est une moyenne des pentes des tronçons successifs de la courbe. Une hétérogénéité est mise en évidence par une cassure nette dans le tracé de l'ajustement de la droite aux points expérimentaux, avec changement de pente de la droite (portion de droite pour une anomalie momentanée, nouvelle demi-droite quand le changement des conditions de mesure des précipitations paraît se poursuivre jusqu'à l'époque actuelle).

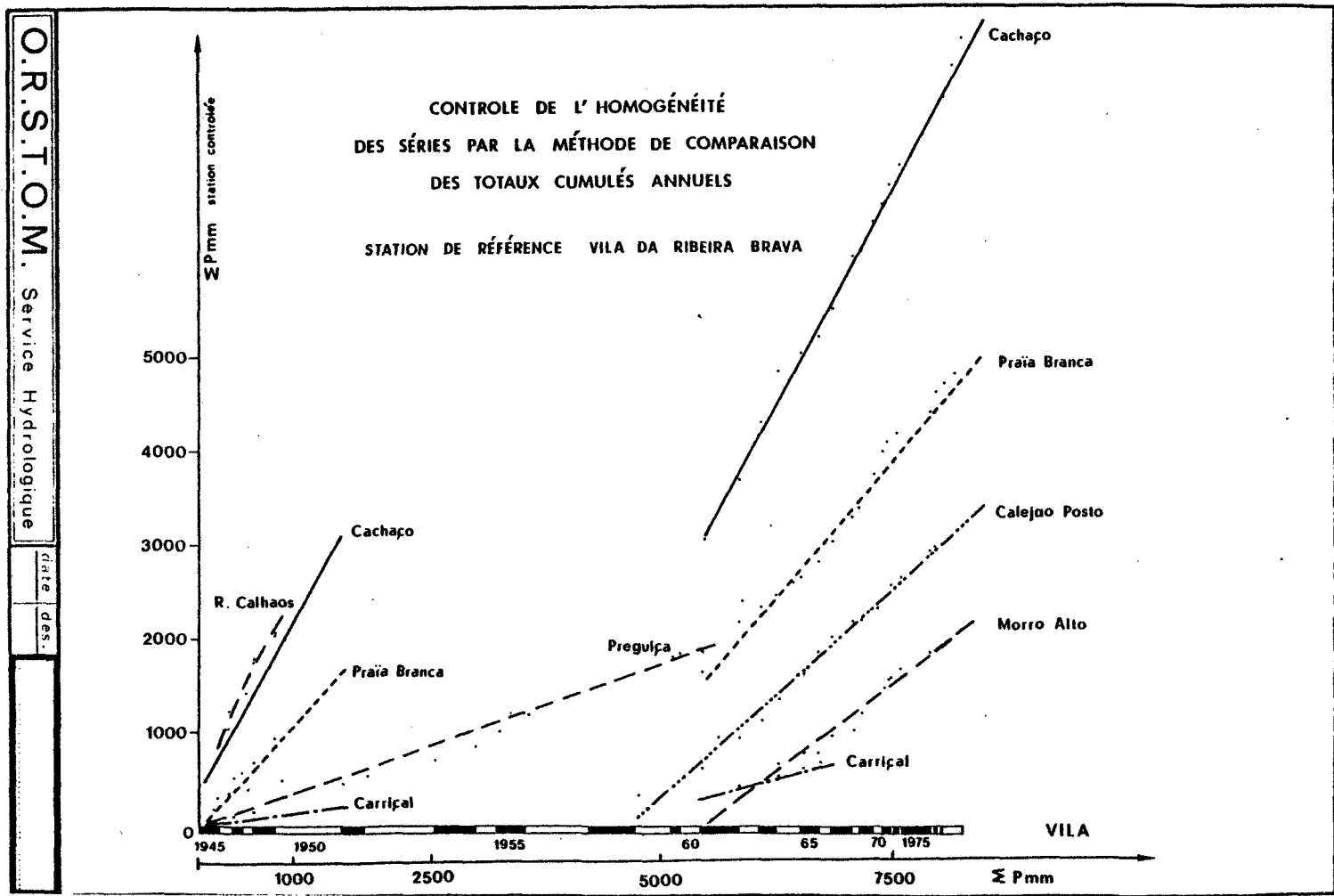
Les implantations actuelles étant bien connues, des vérifications étant faites sur le matériel de mesure, il est alors possible de décider de la période pour laquelle on aurait eu une erreur systématique et de corriger les observations en cause à partir du rapport des pentes. Si les conditions de mesure sont actuellement satisfaisantes, la correction doit s'appliquer sur la période ancienne.

Cette méthode a donc été appliquée aux différentes stations de SAO NICOLAU.

La figure 3 présente une réduction des droites de comparaison ainsi établies. En abscisse nous avons fait figurer les années en regard des hauteurs pluviométriques cumulées de VILA.

.../...

Fig. 3



En dehors de fluctuations locales ou accidentelles on ne relève pas, à l'examen de ces droites, de "cassures" déterminantes.

Il est donc permis de penser qu'on se trouve en présence de séries homogènes et la poursuite de l'étude sera en conséquence basée sur l'exploitation des données brutes existantes.

2.2 Essai de reconstitution de séries chronologiques homogènes des hauteurs de précipitations annuelles

L'extension des chroniques existantes, devant aboutir à des séries homogènes de même taille que l'échantillon de hauteurs annuelles de précipitations à VILA de RIBEIRA BRAVA, suppose qu'il existe une liaison entre les précipitations reçues à VILA et celles qui ont été observées dans le temps aux autres stations de l'île.

Une telle liaison, supposée simple, se traduit par l'ajustement linéaire d'une fonction affine ($y = ax + b$) obtenue par la prise en compte des différents couples de valeurs x , y de la période commune d'observations aux postes considérés.

La détermination des paramètres de la droite d'estimation ou droite de régression est complétée par celle du coefficient de corrélation r qui précise le degré ou l'intensité de la liaison entre les deux variables. Une valeur significative du coefficient de corrélation permet alors d'envisager l'extension de l'échantillon court (à p couples variables x - y) et d'obtenir pour la station y la reconstitution d'un échantillon de taille n (n variables x).

2.2.1 Corrélations sur les séries brutes de données

Les calculs ont abouti aux résultats suivants dans lesquels sont mentionnés l'équation de la droite de régression, le coefficient de détermination r^2 et le coefficient de corrélation linéaire r .

- Régression VILA (A) - PREGUICA (B) sur $p = 19$ ans.

$$P_B = 0,257 P_A + 28,7$$

$$\text{avec } r^2 = 0,661 \text{ et } r = 0,813$$

66 % de la variance est expliquée par la corrélation.

La liaison n'est pas très bonne. Le coefficient de corrélation vrai a 95 % de chances d'être compris entre 0,57 et 0,92.

- Régression VILA (A) - MORRO ALTO (E) sur $p = 16$ ans.

$$P_E = 0,54 P_A + 41,7$$

.../...

avec $r^2 = 0,528$ et $r = 0,727$

47 % de la variance n'est pas expliquée par la corrélation.

La vraie valeur de r a 95 % de chance d'être comprise entre 0,34 et 0,9.

- Régression VILA (A) - PRAIA BRANCA (G) sur $p = 24$ ans.

$$P_G = 0,901 P_A + 47,3$$

avec $r^2 = 0,785$ et $r = 0,886$.

- Régression VILA (A) - CALEJAO POSTO (K) sur $p = 21$ ans.

$$P_K = 0,738 P_A + 27,7$$

avec $r^2 = 0,883$ et $r = 0,94$

Moins de 12 % de la variance est non expliquée par la corrélation.

r a 95 % de chances d'avoir sa valeur vraie comprise entre 0,86 et 0,975.

- Régression VILA (A) - CACHACO (M) sur $p = 25$ ans.

$$P_M = 0,594 P_A + 209$$

avec $r^2 = 0,314$ et $r = 0,561$

Seulement 31 % de la variance est expliquée par la corrélation.

La liaison est très mauvaise.

- Régression VILA (A) - CABECALINHO (N) sur $p = 14$ ans

On a supprimé les années 1964 et 1975 incomplètes.

$$P_N = 1,737 P_A - 19,2$$

$r^2 = 0,855$ et $r = 0,925$

La vraie valeur de r a 95 % de chances d'être comprise entre 0,78 et 0,977.

La liaison est bonne.

2.2.2 Corrélation entre VILA et les autres stations pour les années à relevés complets

La même opération a été répétée en ne considérant que les années sans lacunes d'observations.

VILA (A) - PREGUICA (B) (16 ans)

$$P_B = 0,24 P_A + 34,3 \quad r^2 = 0,602 \quad r = 0,776$$

VILA (A) - MORRO ALTO (E) (12 ans)

$$P_E = 0,642 P_A + 28,1 \quad r^2 = 0,516 \quad r = 0,719$$

.../...

VILA (A) - PRAIA BRANCA (G) (19 ans)

$$P_G = 0,975 P_A + 31 \quad r^2 = 0,816 \quad r = 0,903$$

VILA (A) - CARRICAL (J) (10 ans)

$$P_J = 0,465 P_A - 30,2 \quad r^2 = 0,438 \quad r = 0,662$$

VILA (A) - CALEJAO POSTO (K) (18 ans)

$$P_K = 0,707 P_A + 37,7 \quad r^2 = 0,855 \quad r = 0,925$$

VILA (A) - CALEJAO CAMPO (L) (12 ans)

$$P_L = 0,514 P_A + 25,3 \quad r^2 = 0,811 \quad r = 0,900$$

VILA (A) - CACHACO (M) (18 ans)

$$P_M = 1,276 P_A + 124 \quad r^2 = 0,604 \quad r = 0,777$$

VILA (A) - CABECALINHO (11 ans)

$$P_N = 1,785 P_A - 25,5 \quad r^2 = 0,817 \quad r = 0,904$$

VILA (A) - RIBEIRA dos CALHAOS (C) (6 ans)

$$P_C = 0,773 P_A + 277 \quad r^2 = 0,523 \quad r = 0,723$$

VILA (A) - TARRAFAL (D) (6 ans)

$$P_D = 0,282 P_A + \quad r^2 = 0,778 \quad r = 0,882$$

VILA (A) - MORRO BRAS (F) (6 ans)

$$P_F = 0,463 P_A + 40,6 \quad r^2 = 0,895 \quad r = 0,946$$

VILA (A) - HORTELAO (H) (5 ans)

$$P_H = 0,985 P_A + 44,1 \quad r^2 = 0,666 \quad r = 0,816$$

VILA (A) - ESTANCIA BRAS (I) (7 ans)

$$P_I = 0,901 P_A + 57 \quad r^2 = 0,944 \quad r = 0,972$$

La prise en compte de séries plus courtes où n'apparaissent plus les années à relevés incomplets n'apporte pas d'amélioration dans la qualité de la régression ; la liaison est le plus souvent moins bonne que pour la série complète. Une exception, cependant, pour PRAIA BRANCA où r passe de 0,886 à 0,903, mais le gain est peu significatif.

Pour les séries très courtes de 5, 6 et 7 ans dont les calculs de corrélation ont été donnés ci-dessus en fin d'énumération, il faut être très réservé quant à la confiance que l'on peut accorder aux régressions trouvées même pour MORRO BRAZ où le coefficient de corrélation est bon et ESTANCIA BRAZ où il est très bon.

Les graphiques de la figure 4 illustrent les principales corrélations étudiées ici et permettent d'en nuancer la portée.

.../...

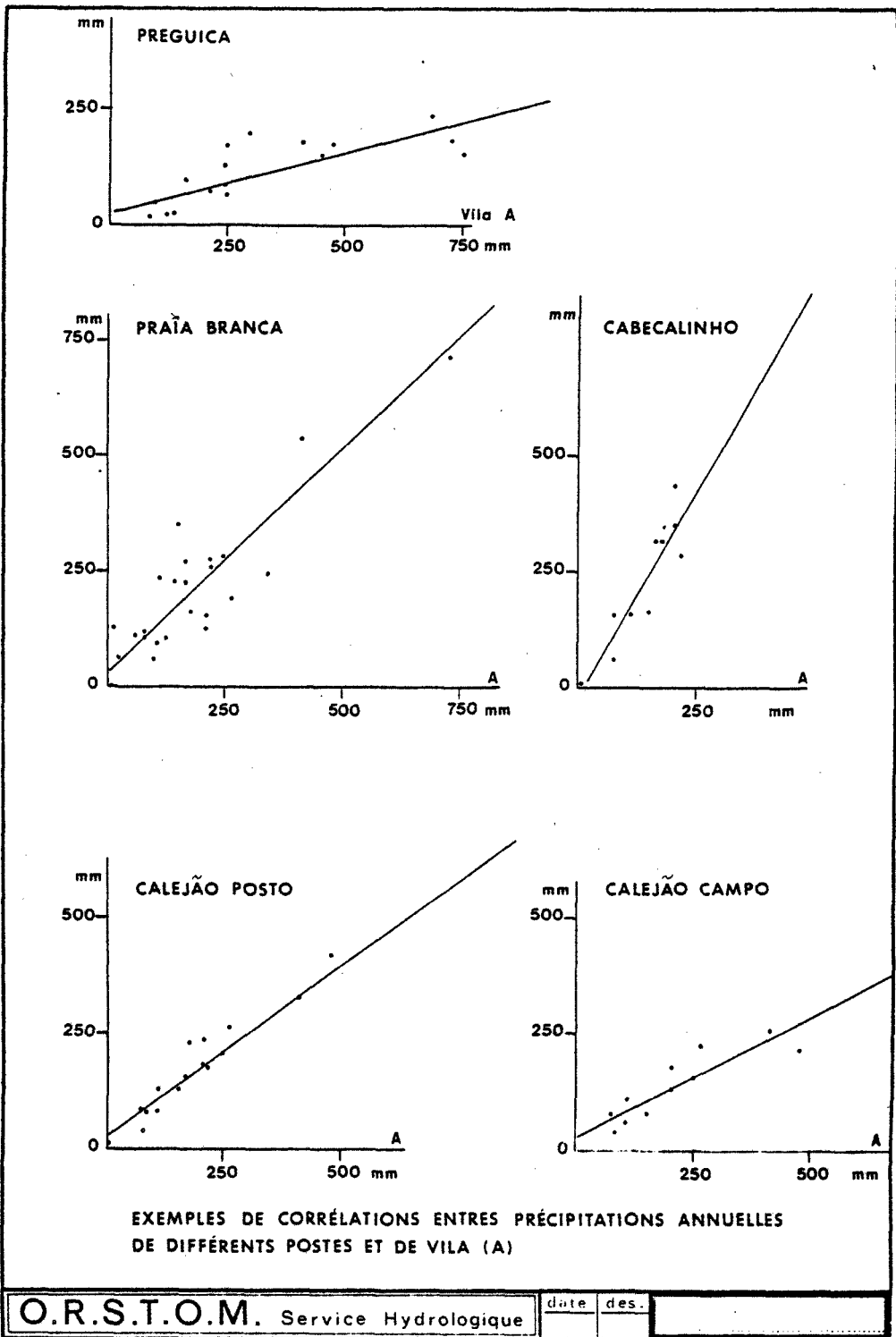


Fig. 4

Si les droites de régression obtenues pour PREGUICA, PRAIA BRANCA, CALEJAO POSTO et CALEJAO CAMPO paraissent significatives, il n'en est pas de même pour la station de CABECALINHO. En effet, les plus fortes précipitations annuelles pour VILA de l'échantillon commun sont de l'ordre de 200 mm ; l'échantillon complet de VILA comprend des valeurs de plus de 700 mm. La reconstitution des valeurs manquantes de CABECALINHO nécessite une très grande extrapolation de la courbe de régression dont la linéarité conduirait à des valeurs maximales improbables de l'ordre de 1 300 mm.

Par ailleurs, le poids des données reconstituées ne doit pas être excessif par rapport à celui des données véritablement observées. Ceci nous a amené à renoncer à une extension des données d'ESTANCIA BRAZ.

En conclusion, la reconstitution de données manquantes a été faite à partir de VILA pour les stations de :

- PREGUICA (la régression n'a pas été utilisée pour les plus faibles valeurs de VILA),
- PRAIA BRANCA,
- CALEJAO POSTO,
- CALEJAO CAMPO.

Les observations de 1941, 1942 et 1943 à PRAIA BRANCA ont été utilisées pour reconstituer ces trois valeurs à VILA et porter la série complète des 5 stations à 39 valeurs annuelles des hauteurs de précipitations (1941-1979). Ces valeurs seront utilisées plus loin dans l'étude fréquentielle. Elles sont indiquées dans le tableau.

2.3 Comparaison des moyennes partielles aux diverses stations

L'étude de corrélation n'a donc abouti qu'à une extension des données limitées à quelques stations mal réparties dans l'Ile de SAO NICOLAU. Une approche de la distribution spatiale des précipitations annuelles suppose que l'on puisse estimer des valeurs moyennes homogènes sur l'ensemble des stations de l'Ile. En comparant les moyennes partielles des différents postes sur différentes périodes, nous avons cherché empiriquement :

- à vérifier que le rapport des moyennes partielles d'une même station pour deux périodes déterminées est voisin des rapports obtenus dans les mêmes conditions pour d'autres stations et en particulier VILA. Ceci constitue le 1er indice d'une évolution dans le temps de la pluviosité comparable à celle de VILA sur l'ensemble de l'Ile ;

.../...

HAUTEURS ANNUELLES DE PRECIPITATIONS SUR 5 STATIONS DE SAO NICOLAU

(valeurs observées et reconstituées sur la période 1941-1979)

Année	A VILA R.B.	B PREGUICA	G PRAIA BRANCA	K CALEJAO POSTO	L CALEJAO CAMPO
1940	(391.8)	115.4	413.0	(316.8)	(226.7)
42	(339)	87.0	361.5	(277.9)	(199.5)
43	(514.9)	207.4	533.0	(407.7)	(290)
44	162.6	95.4	267.0	(147.7)	(108.9)
45	214.5	70.6	275.5	(186)	(135.6)
46	138.3	28.0	226.5	(129.8)	(96.4)
47	96.9	45.2	60.8	(99.2)	(75.2)
48	121.5	24.6	104.1	(117.4)	(87.8)
49	238.9	126.8	278.6	(204)	(148.2)
1950	726.3	179.2	712.3	(563.7)	(398.7)
51	248.2	86.6	(272.9)	(210.9)	(152.9)
52	753.8	150.5	(765.6)	(584)	(412.9)
53	454.6	148.0	(474.0)	(363.2)	(259)
54	246.4	167.7	(271.1)	(209.5)	(152)
55	297.3	190.3	(320.7)	(247.1)	(178.2)
56	683.7	234.1	(697.3)	(532.3)	(376.8)
57	411.6	177.7	(432.1)	(331.5)	(236.9)
58	477.7	173.2	(496.5)	320.1	213.3
59	86.4	13.7	(115.2)	80.5	37.0
1960	243.9	59.3	(268.7)	203.4	154.2
61	410.2	(134.0)	531.3	327.7	255.5
62	202.9	(80.8)	125.3	186.2	124.9
63	202.8	(80.8)	149.8	237.2	174.2
64	261.5	(95.8)	189.0	263.4	221.9
65	176.0	(73.9)	158.0	229.4	(115.8)
66	165.0	(71.0)	225.0	160.2	(110.2)
67	217.5	(84.5)	254.0	171.7	(137.2)
68	75.0	(48.0)	103.0	40.1	(63.9)
69	149.0	(66.9)	349.0	129.4	76.7
1970	108.1	(56.5)	234.0	131.0	108.7
71	76.2	(48.3)	112.5	85.1	73.5
72	2.0	(0)	0	8.4	4.9
73	107.0	(56.2)	95.5	77.1	55.9
74	12	(0)	130.5	3.8	8.2
75	338.4	115.5	242.0	260.3	263.0
76	20.2	3.0	62.9	14.0	18.5
77	61.2	30.0	110.6	(72.9)	31.5
78	144.9	(65.0)	(177.9)	169.3	(99.8)
79	126.2	(60.0)	(161)	142.3	(90.2)
m	248.8	91.1	275.8	211.3	154.2
s	190.1	60.3	187.6	142.4	101.6

- à vérifier que les rapports des moyennes partielles d'une station sur les moyennes partielles de la station de VILA sont voisins pour différentes périodes ce qui recouvre l'étude des régressions qui a été faite et, en particulier, voisins du rapport obtenu pour l'ensemble de la période commune à la station et à VILA.

Si cela est vrai pour un certain nombre de stations, il y a une forte probabilité pour que cela soit vrai aussi pour des stations n'offrant qu'une seule période d'observations souvent très courte. Il sera alors possible d'en déduire une estimation de la moyenne pluviométrique annuelle à partir de la moyenne globale de VILA (obtenue sur 39 ans).

Les calculs montrent :

- 1° que le rapport des moyennes calculées sur les périodes 1945-1950 et 1962-1977 varie de 1,74 à 2, avec 1,88 pour VILA, (4 stations). Sur les périodes 1945-1950 et 1961-1965, il varie de 1 à 1,2 pour 4 stations dont CACHACO et CARRICAL ;
- 2° que les rapports entre les précipitations moyennes calculées pour différentes périodes et celles correspondantes de VILA varient : - de 0,31 à 0,35 pour PREGUICA, de 0,8 à 0,63 et 0,83 pour MORRO ALTO, - de 1,08, 1,17, 0,92 et 1,17 pour PRAIA BRANCA, - de 0,35 à 0,30 et 0,32 pour CARRICAL, - de 0,85 et 0,9 pour CALEJAO POSTO, - de 1,99, 1,88, 1,71 à 2,04 pour CACHACO, de 1,41 à 1,83 et 1,57 pour CABECALINHO. (Les différents rapports sont indiqués dans l'ordre chronologique, la dernière valeur correspondant à l'ensemble de la période commune avec VILA). On voit que ces valeurs sont dans l'ensemble assez voisines pour une même station.

Ceci indique que la liaison "station-VILA" ne varie pas dans le temps de manière significative et confirme la linéarité des régressions étudiées précédemment (1). L'estimation de la moyenne interannuelle (39 ans) pour les stations observées sur la seule période 1945-1950 à partir du rapport correspondant avec VILA RIBEIRA DE CALHAOS : 1,85, TARRAFAL : 0,30, MORRO BRAZ : 0,62, HORTELAO : 1,1 - moyenne pondérée de 1,26 et 0,82, - ESTANCIA BRAZ : 1,12, aboutit à des résultats cohérents.

(1) : A ce sujet, il convient de souligner que cette approche par les moyennes partielles n'apporte pas un complément d'information à l'étude de corrélation, mais seulement une simplification empirique, moins rigoureuse, basée sur le choix du coefficient k de fonctions linéaires $y = kx...$ et on retrouve ici la pente des droites de comparaison de la méthode des doubles masses vue en 2.1.2.

2.4 Estimation de la hauteur interannuelle de précipitations reçues aux différentes stations de SAO NICOLAU (39 ans)

Afin de comparer les résultats des différentes démarches effectuées, nous avons indiqué dans le tableau ci-après les valeurs de la hauteur interannuelle de précipitations obtenues :

- par l'équation de la droite de régression,
- par la moyenne des éventuels échantillons reconstitués,
- par application des coefficients k indiqués à la moyenne de VILA.

On notera la faible divergence des résultats.

La dernière colonne indique la valeur arrondie de la moyenne interannuelle retenue.

Station	$\bar{P} = a \bar{P} \text{ VILA} + b$	$1/39 \sum_1^{39} P_i$	k	$\bar{P} = k \bar{P} \text{ VILA}$	P moyenne valeur arrondie retenue
A VILA de RIBEIRA BRAVA	248.8	248.8	1	248.8	250
B PREGUIÇA	92.6	91.1	0.35	87.1	90
C RIBEIRA dos CALHAOS	469.3	.	1.85	460.3	460
D TARRAFAL	74.0	.	0.30	74.6	75
E MORRO ALTO	176	.	0.80	199.0	200
F MORRO BRAZ	155.8	.	0.62	154.3	155
G PRAIA BRANCA	273.6	275.8	1.10	273.7	275
H HORTELAO	(289.2)	.	1.1	274	275
I ESTANCIA BRAZ	281.2	.	1.12	278.7	280
J CARRIÇAL	85.5	.	0.32	79.6	80
K CALEJAO POSTO	211.3	211.3	0.9	223.9	225
L CALEJAO CAMPO	153.2	154.2	0.66	164.2	165
M CACHAÇO	442	.	2.0	497.6	500
N CABECALINHO	413	.	1.6	398.1	400

2.5 Répartition spatiale des précipitations annuelles moyennes

2.5.1 Carte des isohyètes interannuelles

A partir des valeurs retenues pour hauteurs moyennes des précipitations annuelles des 14 stations de l'île de SAO NICOLAU, une esquisse du dessin des courbes isohyètes (lignes d'égale hauteur de pluie) a été faite.

.../...

Elle est présentée dans la carte Fig. 5 . Cette carte appelle quelques commentaires :

L'hétérogénéité spatiale de la répartition des pluies à SAO NICOLAU constitue un fait d'évidence tant pour les habitants de l'Ile que pour le voyageur frappé par les paysages contrastés.

La partie la plus arrosée de l'Ile est localisée sur la région nord du massif du Monte GORDO (1 312 m) et de ses articulations comprises entre PRAIA BRANCA et VILA de RIBEIRA BRAVA. C'est la région de l'Ile dont le relief est le plus marqué et l'altitude la plus élevée. Les précipitations augmentent avec l'altitude. Ceci a permis d'appuyer le dessin des isohyètes sur celui du relief.

Au-dessus de l'isohyète 500 mm, l'information manque, mais il est plus que probable que les hauteurs du Monte GORDO reçoivent en moyenne plus de 600 mm par an. Les parties méridionales de l'Ile ne reçoivent qu'une pluviométrie très faible, tant sur la façade Sud-Ouest (BARRIL, TARRAFAL) que sur les bordures littorales Sud (PREGUICA, CARRICAL) de la partie orientale de l'Ile.

De BARRIL à CASTILHIANO, la hauteur de précipitation interannuelle est inférieure à 100 mm.

La partie orientale de l'Ile (à l'est d'une ligne VILA-PREGUICA) est peu arrosée, non seulement sur ses côtes sud, comme cela vient d'être dit, mais aussi sur la côte nord. De MORRO BRAS à CASTILHIANO on passe d'une pluviométrie interannuelle de 150 mm seulement à 100 mm.

De MORRO BRAS à VILA, il y a un gain en précipitation, difficile à préciser dans les régions intermédiaires (Mt BIS-SAU : 614 m) faute d'information ; le dessin des isohyètes reste en conséquence très imprécis et peut être un peu optimiste en affectant à ces régions une pluviométrie supérieure à 200 mm.

Les reliefs de la partie orientale de l'Ile sont modestes et "accrochent" mal les perturbations. La station de MORRO ALTO indique toutefois des précipitations plus abondantes que sur le littoral nord et il est probable que la hauteur de précipitation interannuelle est supérieure à 200 mm sur l'ensemble de ces reliefs. Dans le massif de la grande CALDEIRA (706 m) entre JUNCALINHO et CARRICAL, les précipitations interannuelles pourraient même atteindre 250 mm.

Enfin, les versants Sud-Ouest du Monte GORDO bénéficient, en altitude, de précipitations relativement abondantes issues des perturbations du nord ayant débordé la ligne de crêtes. L'isohyète 300 mm se situerait grosso modo à l'altitude 800 mm ; à l'altitude 600 mm il y aurait déjà moins de 200 mm de précipitations interannuelles.

.../...

La dorsale montagneuse du CHAO BENITO qui sépare TARRAFAL de PREGUICA et se termine plein Sud à la PUNTA de VERMELHARIA est par contre très peu arrosée.

Une telle esquisse ne peut évidemment prétendre reproduire l'exacte répartition des précipitations interannuelles sur l'Ile de SAO NICOLAU ; elle en donne cependant une image assez précise dans l'état actuel des observations pour permettre une estimation des apports en eau météorique en année moyenne sur les différentes régions de l'Ile.

2.5.2 Volume des apports des précipitations en année moyenne

La détermination de la hauteur de précipitation annuelle moyenne reçue par l'Ile de SAO NICOLAU a été obtenue par planimétrage des aires comprises entre les différentes courbes isohyètes.

L'Ile (343 km²) reçoit en moyenne 205 mm par an, soit un volume de 70 millions de m³.

Un quart de l'Ile reçoit moins de 110 mm (en moyenne 90 mm) ; un autre quart reçoit plus de 250 mm (en moyenne 340 mm).

2.6 Etude fréquentielle des précipitations annuelles

2.6.1 Généralités

Une telle étude consiste à estimer la période de retour ou la fréquence d'apparition de telles ou telles hauteurs de précipitation annuelle pour chaque station à partir de l'échantillon d'observation par l'ajustement d'une loi statistique de distribution.

L'échantillon dont on dispose est jugé d'autant plus représentatif d'un échantillon de taille infinie qu'il comprend un plus grand nombre d'années d'observation. Une telle statistique n'est pas envisageable pour les stations de moins de 10 années d'observations telles TARRAFAL, CARRICAL, ESTANCIA BRAS, HORTELAO...

Les hauteurs annuelles de précipitation ont été classées et leurs fréquences expérimentales calculées suivant l'expression $F = \frac{r - \frac{1}{2}}{N}$ où r est le rang de la valeur dans le classement et N le nombre total de valeurs de l'échantillon.

Un premier examen des valeurs des précipitations annuelles sur SAO NICOLAU montre une irrégularité interannuelle telle (très forts coefficients de variation) qu'il convenait d'envisager différents types de lois de distribution et tenir compte de l'éventualité de précipitations annuelles nulles.

L'utilisation du calcul automatique a permis de considérer et comparer les ajustements à neuf lois de distribution par la méthode du maximum de vraisemblance, les paramètres d'échelle étant positifs a priori. Les distributions retenues étaient :

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| - Loi de LAPLACE-GAUSS | ou loi normale |
| - Loi de GUMBEL | ou doublement exponentielle |
| - Loi de GALTON | ou Gausso-Logarithmique |
| - Loi de PEARSON III | ou Gamma incomplète en x |
| - Loi de PEARSON V | ou " " en 1/x |
| - Loi de GOODRICH | ou exponentielle généralisée |

.../...

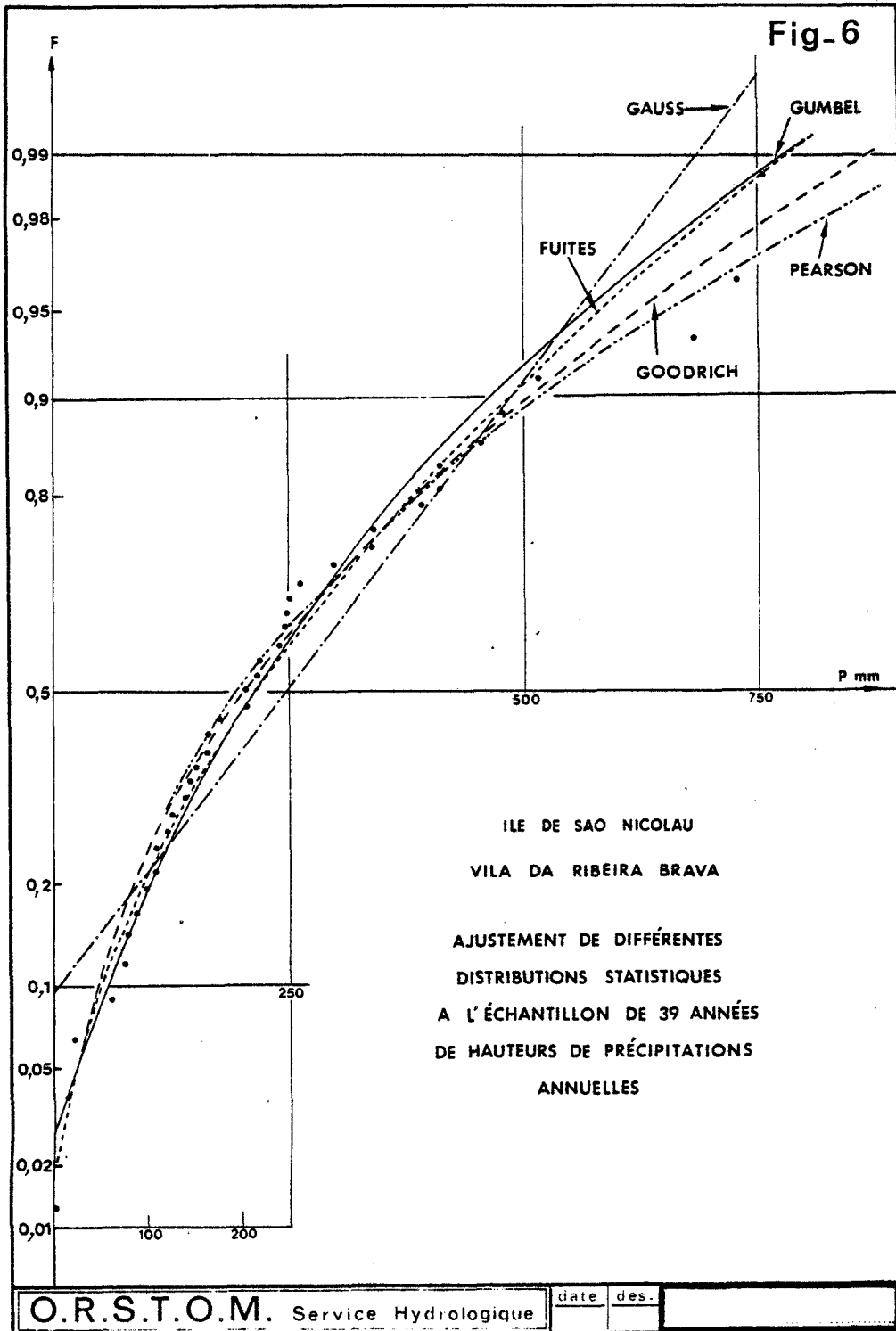
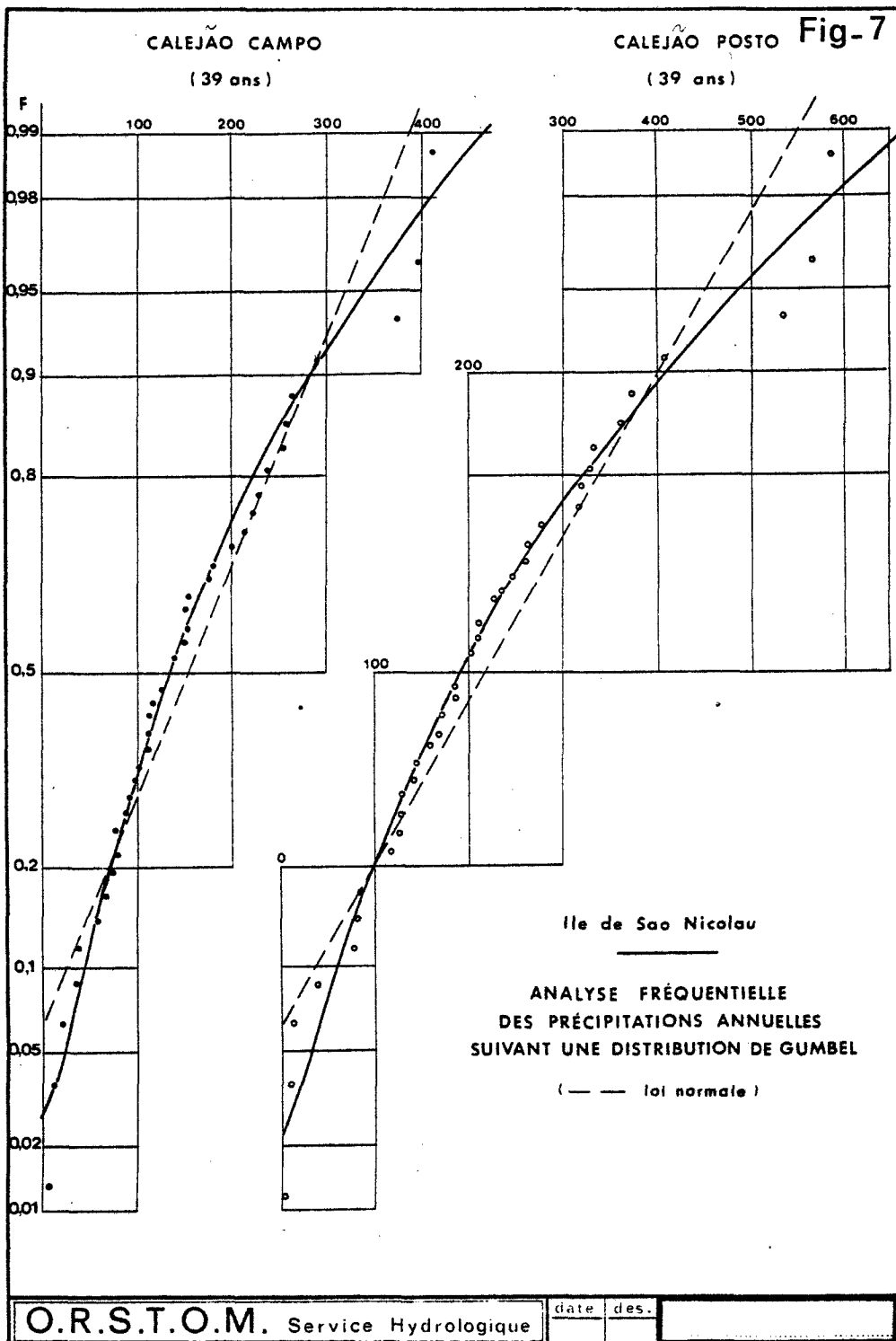
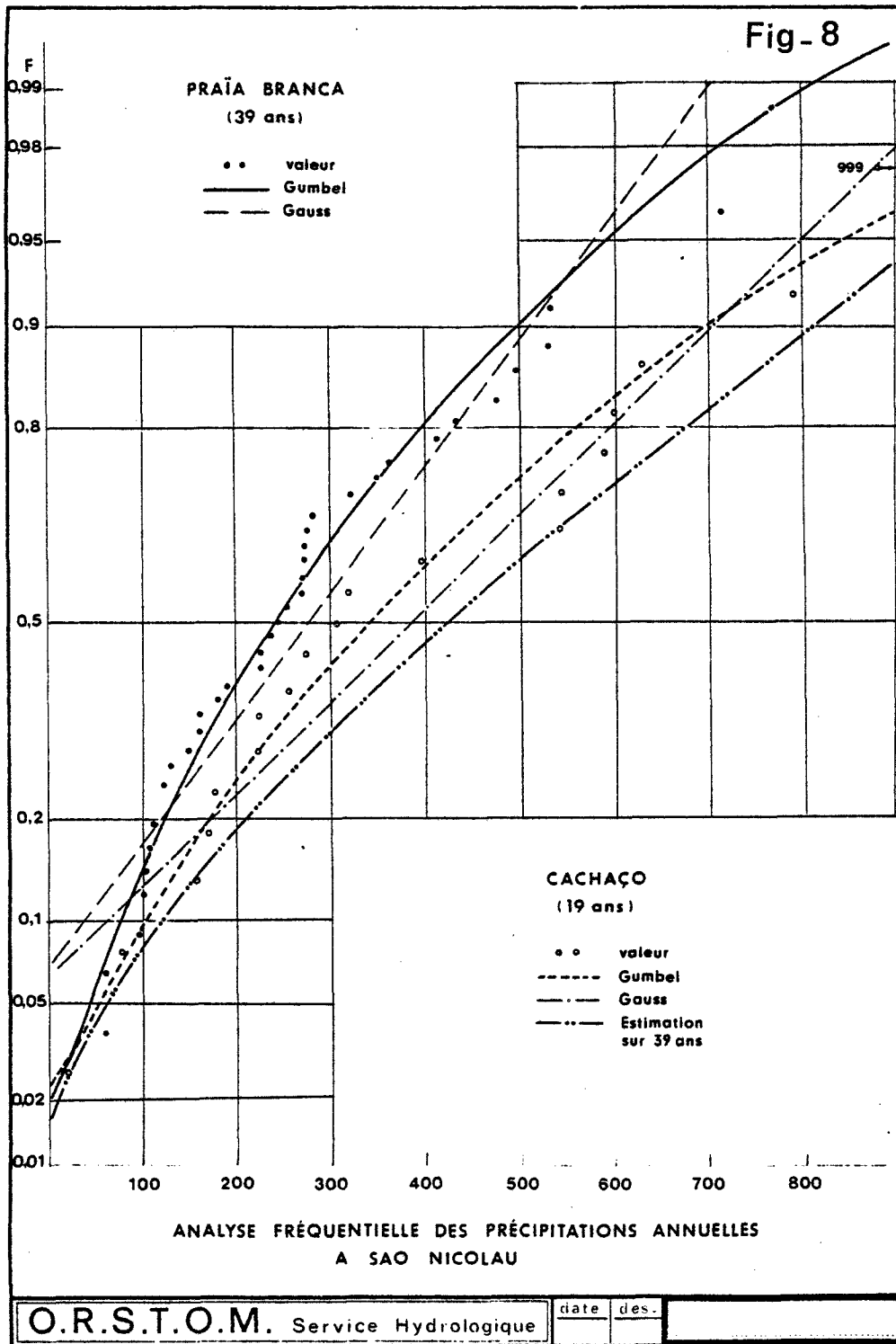
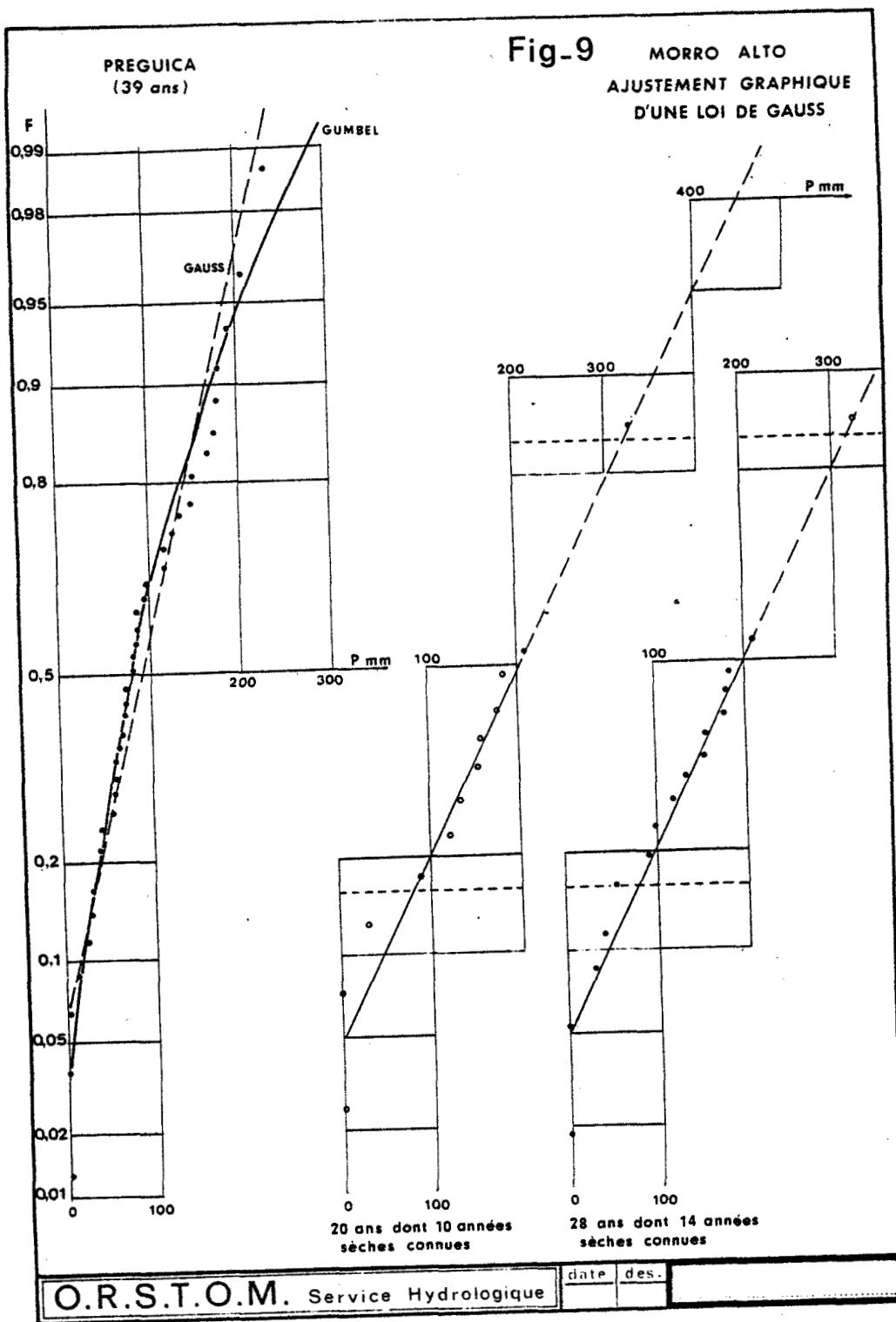


Fig. 6







Station	1	2	3
VILA (39 ans)	FUITES 64,4	GUMBEL 53,7	GOODRICH 47
PRAIA BRANCA (39 ans)	GUMBEL 52,4	FUITES 48,6	GOODRICH 7
PREGUICA (39 ans)	GUMBEL 70,7	FUITES 50,4	GAUSS 12,9
CALEJAO POSTO (39 ans)	GUMBEL 93,1	FUITES 72,3	GOODRICH 12,5
CALEJAO CAMPO (39 ans)	GUMBEL 96,1	FUITES 95,4	GOODRICH 67,4
CACHACO (19 ans)	FUITES 85,4	PEARSON 84,7	GALTON 84,6 et
MORRO ALTO (12 ans)	GAUSS 51,4	GUMBEL 29	GUMBEL 82,6 FUITES 13,6

Pour l'ensemble des stations, une distribution suivant la loi de GUMBEL ou la loi des FUITES paraît devoir être généralement admise. Une loi unique a été choisie pour l'île de SAO NICOLAU, et les résultats qui sont donnés plus loin correspondent à la distribution de GUMBEL.

La fonction de répartition de la loi de GUMBEL, ou doublement exponentielle, s'écrit :

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x - x_0}{s}}}$$

dans laquelle $F(x)$ est la fréquence au non dépassement

e exponentielle

x variable

x_0 paramètre de position ou mode

s paramètre d'échelle.

Le tableau après avoir rappelé la précipitation interannuelle estimée au paragraphe (2.4) donne les caractéristiques de la distribution de GUMBEL :

- moyenne et en dessous coefficient de variation permettant de déterminer E.T ($E.T = C_v \times \bar{x}$),
- paramètre d'échelle s ($s = 0,780 E.T$),
- paramètre de position ou mode x_0 ($x_0 = \bar{x} - 0,577 s$).

Les colonnes suivantes indiquent pour des fréquences ou périodes de retour choisies en années sèches et humides les hauteurs de précipitations annuelles correspondantes.

.../...

RESULTATS DE L'ETUDE FREQUENTIELLE DES PRECIPITATIONS

ANNUELLES SUR 7 STATIONS DE L'ILE DE SAO NICOLAU

Station (N années)	P mm moyen	Loi de GUMBEL			Hauteurs de précipitations (mm) pour fréquences au non dépassement											
		Paramètres			0,01	0,02	0,05	0,10	0,2	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	
		Echelle Position			Périodes de retour											
		Moyenne et C_v	s	P_0	Années sèches					Médiane	Années humides					
			100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans			
VILA (39)	250	243,5 0,704	133,6	166,4	0	0	19,9	55	103	215	367	467	563	687	781	
PRAIA BRANCA (39)	275	271,5 0,640	135,4	193,4	0	8,7	44,8	80,4	129	243	396	498	596	722	816	
PREGUICA (39)	90	91,3 0,687	48,9	63,1	0	0	9,5	22,3	39,8	81	136	173	209	254	288	
GALEJAO POSTO (39)	225	219,2 0,658	112,4	154,3	0	1,0	31,0	60,6	101	195	322	407	488	593	671	
GALEJAO CAMPO (39)	165	152,3 0,663	78,8	106,9	0	0	20,4	41,2	69,4	136	225	284	341	414	469	
(CACHAÇO) (19) Estimation sur 39 ans	500	379,4 0,662	195,8	266,4	0	(0)	51,7	103	173	338	560	707	848	1030	1167	
					0	10	60	120	210	425	680	810	930	1130	1270	
(MORRO ALTO) (12)	200	200 0,60	120	200	0	0	5	45	100	200	300	350	395	440	475	

Remarque :

Pour CACHACO, les résultats indiqués doivent être pris avec réserve compte tenu de la moyenne des 19 années d'observation nettement inférieure à celle qui a été estimée par ailleurs.

La précipitation cinquantennale sèche n'est probablement pas nulle. L'hypernormalité de la loi ne permet pas de proposer une correction simple des valeurs indiquées. On peut estimer qu'une correction de 25 % à 10 % en allant vers les valeurs extrêmes doit aboutir à des résultats assez proches de la réalité.

Pour MORRO ALTO dont l'échantillon de 12 années se situe essentiellement en période sèche, nous avons préféré renoncer à présenter un ajustement suivant GUMBEL, corrigé comme pour CACHACO.

Nous avons admis que la distribution suivait une loi normale et par suite que les valeurs inférieures à la moyenne estimée à 200 mm avaient des fréquences inférieures à 0,5. Sur l'échantillon de 12 ans, 10 valeurs sont inférieures à 200 mm et sont supposées représenter les valeurs "sèches" d'un échantillon de 20 ans. Ces valeurs sont affectées de leurs fréquences "sèches" et on a tracé par ajustement graphique la droite de Henry dont la prolongation donne les valeurs des précipitations pour des fréquences "humides" données. En répétant l'opération sur un échantillon de 16 ans, incluant les années 1974 à 1977 pour lesquelles des réserves ont été faites en 2.1.1, on aboutit aux mêmes résultats.

Nous avons reporté dans les figures 6 à 9 les courbes de la distribution de GUMBEL qui a été retenue avec indication des points expérimentaux ou reconstitués.

A titre d'exemple, nous donnons pour la station de VILA (fig. 6) les autres courbes dont l'ajustement est plus ou moins satisfaisante. On note que les courbes sont très voisines dans leur partie moyenne et divergent seulement pour les valeurs extrêmes. Il convient donc d'être très prudent dans l'utilisation des hauteurs de précipitation de fréquences très rares. La loi de GUMBEL, dite aussi loi des valeurs extrêmes, retenue par souci d'homogénéité pour l'ensemble de l'île de SAO NICOLAU ne montre pas de différences trop marquées avec l'ajustement suivant la loi des FUITES pour lequel on a une meilleure adéquation dans le cas de VILA.

Afin de montrer "l'intensité" de la dissymétrie positive des distributions, les figures indiquent aussi la droite de Henry de la loi normale (GAUSS).

Dans le cas de CACHACO et de MORRO ALTO, les figures 8 et 9 illustrent les remarques qui ont été faites plus haut.

.../...

La distribution spatiale des principaux résultats de l'analyse fréquentielle des précipitations annuelles à SAO NICOLAU s'ordonne régionalement sur le modèle de la carte des isohyètes interannuelles.

Une esquisse cartographique de quelques valeurs caractéristiques est proposée dans la figure 10 :

Nous n'y avons pas présenté la carte des hauteurs de précipitation annuelles médianes ; le rapport médiane/moyenne est compris entre 0,85 et 0,9 (sauf pour MORRO ALTO où il vaut 1 du fait du choix d'une distribution normale) et, à ce coefficient près, on retrouve le dessin des isohyètes interannuelles.

La distribution géographique des précipitations annuelles de fréquences décennales humides et sèches fait l'objet des deux premières esquisses de la figure.

Il convient de préciser que ces cartes ne correspondent pas à la répartition des pluies à SAO NICOLAU en année décennale sèche ou humide.

Le calcul de la précipitation décennale vaut pour une station, et la probabilité d'observer à toutes les stations la même année une précipitation décennale est beaucoup plus faible. En année sèche par exemple on pourra observer pour tel poste une hauteur de pluie de fréquence décennale, pour tel autre une hauteur médiane, ici des précipitations de récurrence vicennale et là des pluies de fréquence quinquennale, et enfin dans une telle station, exceptionnellement, une pluviométrie excédentaire...

L'examen de ces cartes montre grosso modo pour l'ensemble de l'île une pluviométrie décennale humide dix fois plus abondante que la pluviométrie décennale sèche.

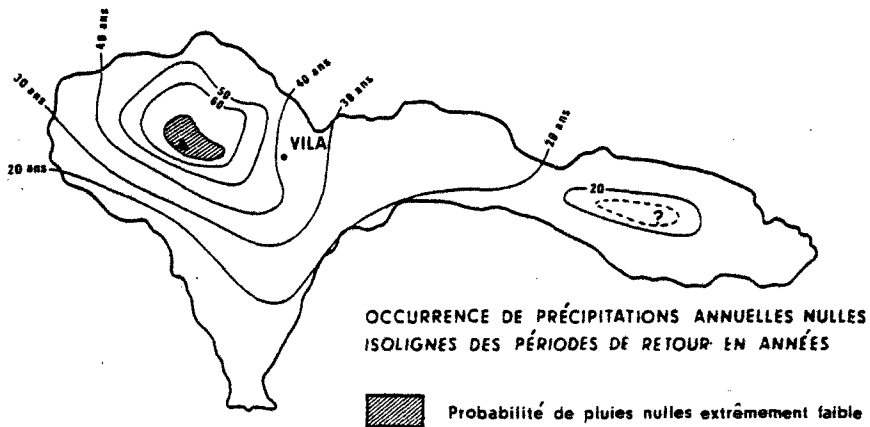
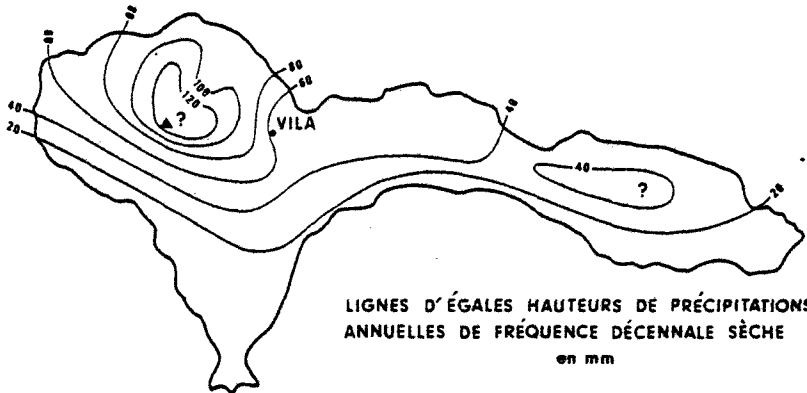
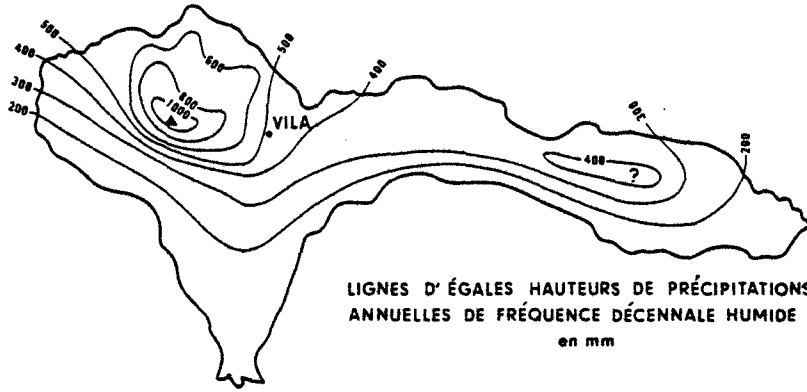
La troisième esquisse cartographique précise l'occurrence d'observer des précipitations nulles dans les différentes régions de l'île suivant les courbes ajustées à la loi de Gumbel. Des courbes d'égales périodes de retour pour $P = 0$ mm ont été tracées. On relèvera des périodes de retour de 20-25 ans pour PREGUICA, MORRO ALTO, de 35 ans pour VILA et de 70 ans pour CACHACO. On retiendra surtout les variations relatives d'une station à l'autre, les périodes de retour pouvant varier sensiblement pour une même station avec d'autres lois de distribution d'adéquation voisine.

La probabilité de ne pas observer de précipitations une fois tous les 20 ans seulement sur la côte Sud-Ouest (TARRAFAL) et Sud (CARRICAL) pourrait être légèrement optimiste. Par contre, il paraît extrêmement peu probable de ne pas observer la moindre petite pluie sur les hauteurs du MONTE GORDO.

.../...

ESQUISSE CARTOGRAPHIQUE DE QUELQUES RÉSULTATS DE
L'ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES
A SAO NICOLAU

Fig.10



2.7 Variations de la pluviosité à SAO NICOLAU

La pluviosité d'une année est définie par le rapport de la hauteur de précipitations de cette année à la hauteur de précipitations interannuelle. Elle sera inférieure à 1 dans le cas de précipitations déficitaires et supérieure à 1 pour des précipitations annuelles excédentaires.

La hauteur de précipitations interannuelle étant un paramètre évolutif dans le temps, fonction des nouvelles observations, nous avons préféré nous limiter ici à l'indication des variations dans le temps de la pluviométrie annuelle.

L'évolution de ces variations a été présentée dans les figures 11 et 12 pour VILA et PRAIA BRANCA (échantillon reconstitué) (cf. tableau 3).

Le calcul des moyennes mobiles sur 5 ans permet une meilleure vision de ces variations en "lissant" les fortes variations d'une année à l'autre.

On observe pour VILA à la suite d'une période déficitaire dans les années 40 une décennie de précipitations abondantes de 1950 à 1960. Depuis 1960, la pluviosité montre une nouvelle période déficitaire qui se prolonge jusqu'à nos jours et dont le minimum pourrait se situer en 1972, 1973. L'actuelle période de sécheresse qui a marqué les quinze dernières années tant au CAP-VERT que sur le continent Africain est plus longue et plus marquée que les périodes de sécheresse antérieures connues en Afrique (autour de 1913, 1940).

Cette persistance de la période de précipitations déficitaires conduit d'ailleurs à réfuter dans l'état actuel des connaissances l'existence d'une périodicité déterminée des cycles secs et humides. Celle-ci a souvent été estimée à 30 ans par différents auteurs mais sur des périodes d'observations trop courtes et souvent trop localisées - quelques stations seulement étaient en service au début du siècle sur le continent africain - et sur des considérations historiques récentes trop qualitatives et souvent subjectives.

.../...

Ces remarques ne signifient évidemment pas qu'il n'y ait pas de variations cycliques mais "leur éventuelle périodicité reste encore à démontrer soit par un complément d'années d'observation (au moins 60 ans), soit qu'un modèle général de l'atmosphère permette un jour par simulation de reproduire de telles variations" (1).

Par ailleurs, il n'y a pas toujours synchronisme dans les cycles déficitaires d'une région à l'autre. Ainsi en comparant l'évolution des précipitations à SAINT LOUIS du SENEGAL, situé à la même latitude que SAO NICOLAU, on n'observe pas systématiquement de variations concomitantes avec l'évolution des précipitations à VILA de RIBEIRA BRAVA.

A la suite de "l'évolution des précipitations à VILA da RIBEIRA BRAVA" - chapitre 2.7 -, on pourrait rajouter :

"A la limite, le seul trait commun évident porterait sur les précipitations relevées depuis 1970 avec en particulier la coïncidence des minimums de 1972. L'évolution des moyennes mobiles (5 ans) des précipitations de St LOUIS montre bien une période humide au début des années 50 comme à SAO NICOLAU, mais, alors qu'à VILA l'actuelle période déficitaire s'amorce dès 1959 - elle dure depuis 20 ans -, on observe à St LOUIS une période humide bien marquée au milieu des années 60. L'évolution de l'hydraulicité du fleuve Sénégal qui intègre les variations spatiales de la pluviosité de l'extrême Ouest Africain correspond à peu près à celle des précipitations de St LOUIS.

L'absence de corrélation entre les valeurs annuelles ou les moyennes mobiles de VILA et de St LOUIS ne permet donc pas de reconstituer l'évolution des précipitations de VILA avant 1940.

Elle ne signifie pas pour autant qu'il n'y ait pas, grosso modo, correspondance dans les périodes de sécheresse.

On pourrait supposer que l'apparition générale de mécanismes induisant des précipitations déficitaires a des conséquences plus marquées, peut-être plus longues et sans doute plus précoces ou plus immédiates dans les îles du CAP-VERT que sur le continent africain (effet d'inertie du continent ?).

Une étude plus détaillée des chroniques de précipitations dans les autres îles et des chroniques historiques permettra sans doute de préciser l'histoire récente des périodes de sécheresse. Les famines qui ont accablé périodiquement le peuple cap-verdien en sont probablement une bonne indication. Celles-ci ont été particulièrement ressenties :

(1) : M. ROCHE "Les incidences climatiques .../... et hydrologiques de la sécheresse" in Techniques et Développement n° 10 1973.

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

date

das

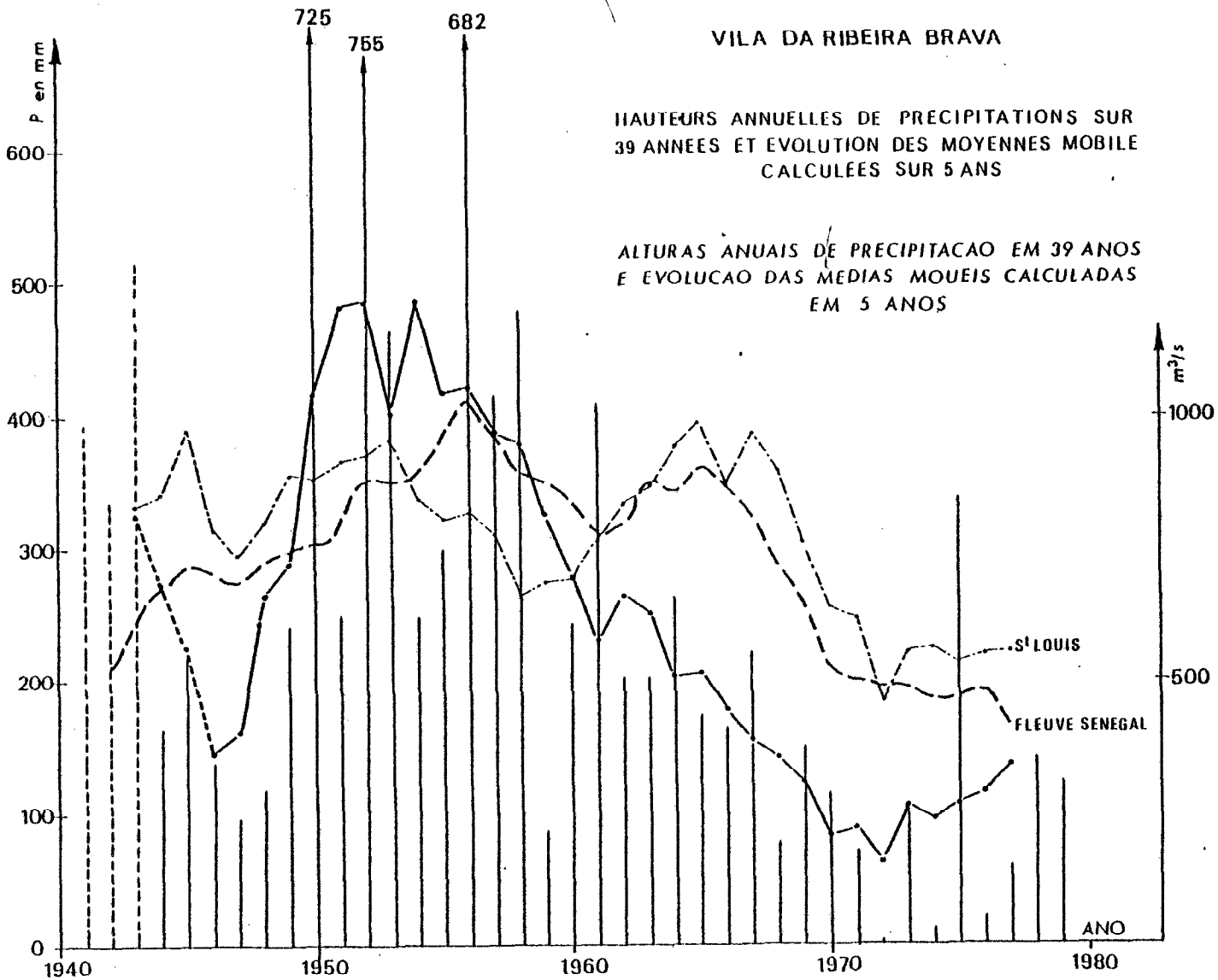


Fig - 11

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

date des.

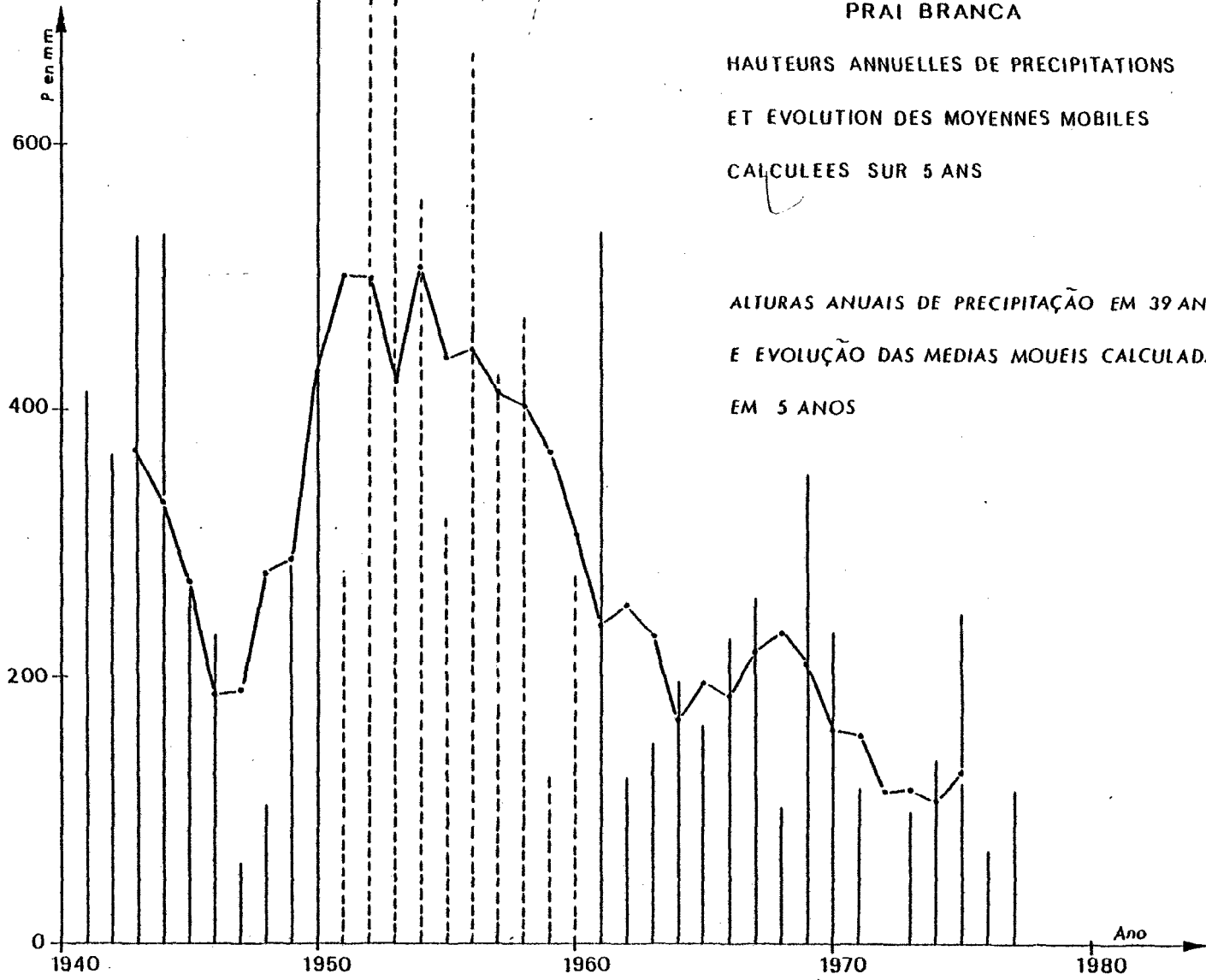


Fig - 12

- en 1748-1750, en 1773-1775, en 1831-1833 ;
- pendant une quinzaine d'années à partir de 1850 et surtout en 1864-1866, de nouveau en 1885, puis en 1903-1904, dans les années 1920 et en 1941-1943.

.../...

ESTIMATION DES PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

TABLEAU 7

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
VILA mm	1,6	5,3	0,3	0,0	0,2	0,1	9,2	55,7	95,1	41,4	30,0	11,3	250
(k = 1) %	0,6	2	0,1	0	0,1	0	3,7	22,3	38,1	16,6	12	4,5	100
PREGUIÇA mm	3,0	3,5	0,1	1,3	0,0	0	1,1	21,8	30,5	14,3	7	7,4	90
(k = 0,78) %	3,1	3,9	0,1	1,4	0	0	1,2	24,3	34,0	16,0	7,8	8,2	100
PRAIA BRANCA mm	3,0	1,6	1,2	0	0	0	8,2	64,2	149,0	36,5	7,3	4,0	275
(k = 1,13) %	1	0,5	0,4	0	0	0	3,0	23,4	54,2	13,3	2,7	1,5	100
MORRO ALTO mm	1,8	1,3	0,2	0	0	0	12,8	63,1	97,3	11,8	11,2	0,5	200
(k = 1,53) %	0,9	0,6	0,1	0	0	0	6,4	31,6	48,6	5,9	5,6	0,3	
CALEJAO POSTO mm	2,3	4,0	0,4	0	0	0	12,3	61,9	97,7	23,7	17,6	5,1	225
(k = 1,42) %	1	1,8	0,2	0	0	0	5,5	27,5	43,4	10,5	7,8	2,3	100
CACHAÇO mm	9,8	4,7	1,0	0	0	0,4	31,4	135	221	64,3	24,1	8,5	500
(k = 1,4) %	1,9	0,9	0,2	0	0	0,1	6,3	27	44,2	12,9	4,8	1,7	100

PRECIPITATIONS MENSUELLES CARACTERISTIQUES
RELEVÉS SUR LA PERIODE D'OBSERVATION DE SAO NICOLAU

TABLEAU 8

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
VILA													
Maximum	27,9	40,6	5	0,5	9,0	2,5	80,6	269,3	474,9	309,9	358	155	753,8
Quartile sup.	1,0	1	0	0	0	0	9	84,1	144	43,1	29	7,6	353,7
Médiane observée	0	0	0	0	0	0	0	36,8	58	12,0	3,0	0	214,5
Quartile inf.	0	0	0	0	0	0	0	15,2	13,5	0	0	0	114,8
PREGUIÇA													
Maximum	43,6	30,5	2,5	38,1	2,5	0	14,7	123,1	138,3	119,3	87,4	55,3	234,1
Quartile sup.	0	2,2	0	0	0	0	0	30,4	71,3	23,3	4,4	16,4	176,5
Médiane obs.	0	0	0	0	0	0	0	22,9	24,2	1,3	0	0	121,1
Quartile inf.	0	0	0	0	0	0	0	7,0	1,9	0	0	0	64,9
PRAIA BRANCA													
Maximum	60	18	21	0	0	0	124	172	403	235,8	79,6	41,0	712,3
Quartile sup.	0	0	0	0	0	0	2	99	185	31,5	1,8	0	278,6
Médiane obs.	0	0	0	0	0	0	0	48	98,3	4,0	0	0	225,7
Quartile inf.	0	0	0	0	0	0	0	15,5	38,5	0	0	0	112,5
MORRO ALTO													
Maximum	18	13	0	0	0	0	68	120,2	188,5	60,6	60,0	0	327,5
Quartile sup.	0	0	0	0	0	0	6,8	66,0	93,8	5,0	0	0	179,6
Médiane obs.	0	0	0	0	0	0	0	37,5	58,0	0	0	0	143,5
Quartile inf.	0	0	0	0	0	0	0	10,0	0	0	0	0	58,8
CALEJAO POSTO													
Maximum	16,9	19,4	2,0	0,2	0	0,4	60,3	161,1	192,4	120,2	79,8	42,3	327,7
Quartile sup.	0	0	0	0	0	0	8,7	73,5	125,3	25,5	13,8	0	233,3
Médiane obs.	0	0	0	0	0	0	2,0	29,9	35,7	3,7	2,2	0	165,9
Quartile inf.	0	0	0	0	0	0	0	14,5	10,6	0	0	0	82,8
CACHAÇO													
Maximum	70,0	23,0	8,8	0	0	6,2	194,0	303,7	675,0	192,0	177,5	76,2	999,1
Quartile sup.	0	0	0	0	0	0	31,0	118,1	221,1	69,0	9,0	1,7	589,8
Médiane obs.	0	0	0	0	0	0	2,0	69,0	95,9	25,0	0	0	306
Quartile inf.	0	0	0	0	0	0	0	32,4	57,8	0	0	0	174,8

- le maximum observé ;
- le quartile supérieur, c'est à dire la valeur égale ou dépassée 1 fois sur 4 (dans 25 % des cas) ;
- la médiane observée, ou la valeur égale ou dépassée dans 50 % des cas ;
- le quartile inférieur, ou valeur égale ou dépassée dans 75 % des cas ;
- le minimum observé n'a pas été reporté car il est nul dans tous les cas sauf pour CACHACC où il est de 3,7 mm et 7,7 mm respectivement en août et septembre.

Les figures 13 et 14 donnent une représentation graphique de ces tableaux.

On observe que les mois susceptibles de recevoir des précipitations sont compris entre juillet et mars. L'occurrence de relever quelques traces de pluie de mars à juin est pratiquement nulle.

La saison des pluies proprement dite est observée de juillet à octobre avec surtout deux mois où les précipitations peuvent être abondantes en août et septembre. Septembre est en moyenne le mois des plus fortes précipitations. On recueille pendant ce mois 54 % des précipitations de l'année moyenne à PRAIA BRANCA, entre 40 et 50 % pour CACHACC, MORRO ALTO et CALEJAO POSTO ; le pourcentage n'est que de 34 % à PREGUICA et 38 % à VILA.

Les précipitations moyennes d'août et septembre représentent à elles seules de 60 à 80 % du total des précipitations interannuelles :

- 58,3 % à PREGUICA,
- 60,4 % à VILA,
- 70,9 % à CALEJAO POSTO,
- 71,2 % à CACHACO,
- 77,6 % à PRAIA BRANCA,
- 80,2 % à MORRO ALTO.

Les différences d'une station à l'autre peuvent tenir à l'imprécision des déterminations qui ont été faites. Il n'est cependant pas impossible d'y voir une incidence de l'orographie favorisant des précipitations relativement plus abondantes en août-septembre à CACHACO, PRAIA BRANCA et même MORRO ALTO.

Les précipitations moyennes de juillet sont le plus souvent nettement inférieures à celles du mois d'octobre. SAO NICOLAU passe sous l'influence de la masse d'air humide dans le courant du mois de juillet (remontée septentrionale du Front Inter Tropical ; F.I.T), mais cela n'implique pas pour autant l'observation immédiate en année normale de précipitations.

.../...

HISTOGRAMMES
DES PRÉCIPITATIONS MOYENNES
MENSUELLES
A SAO NICOLAU

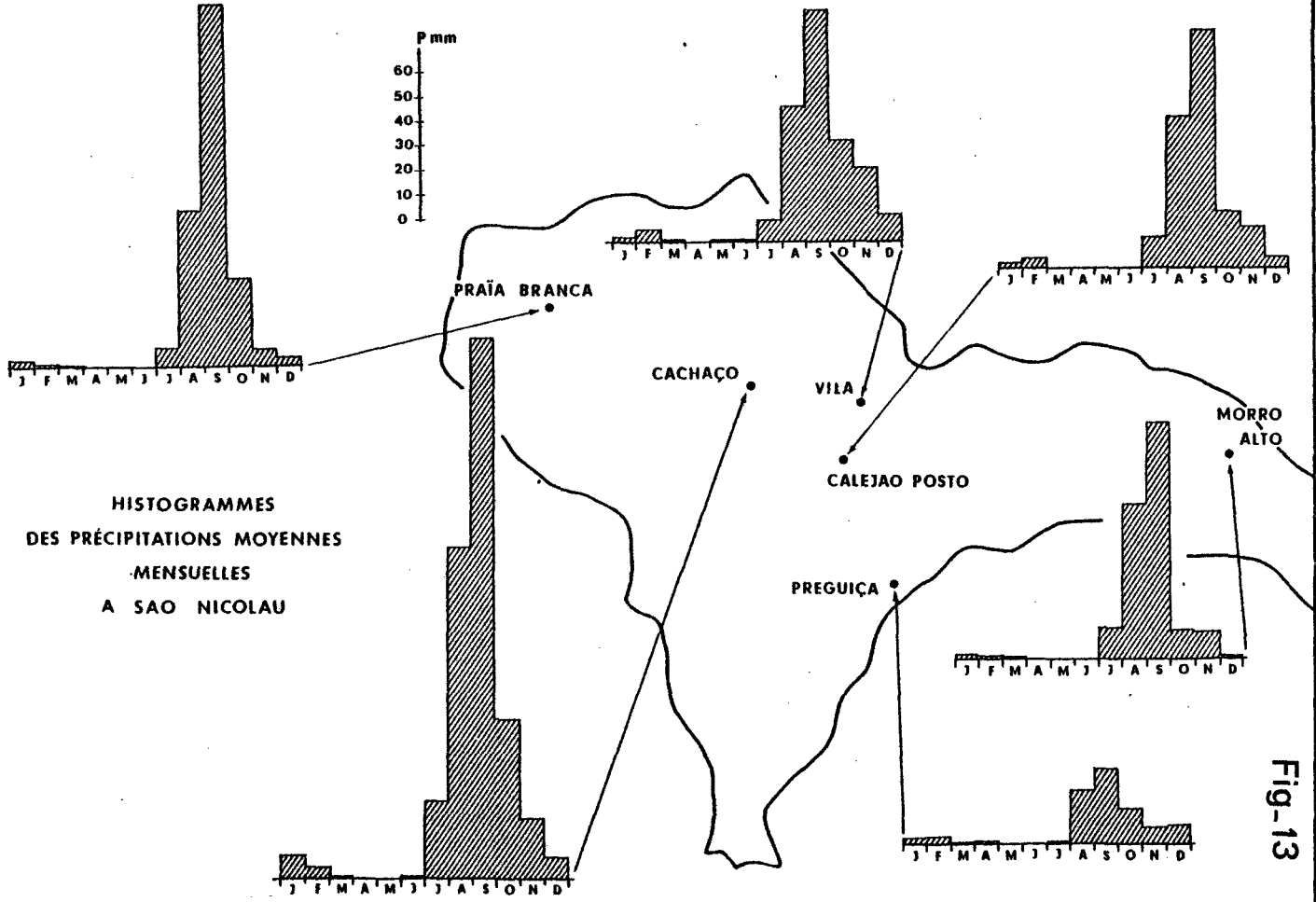
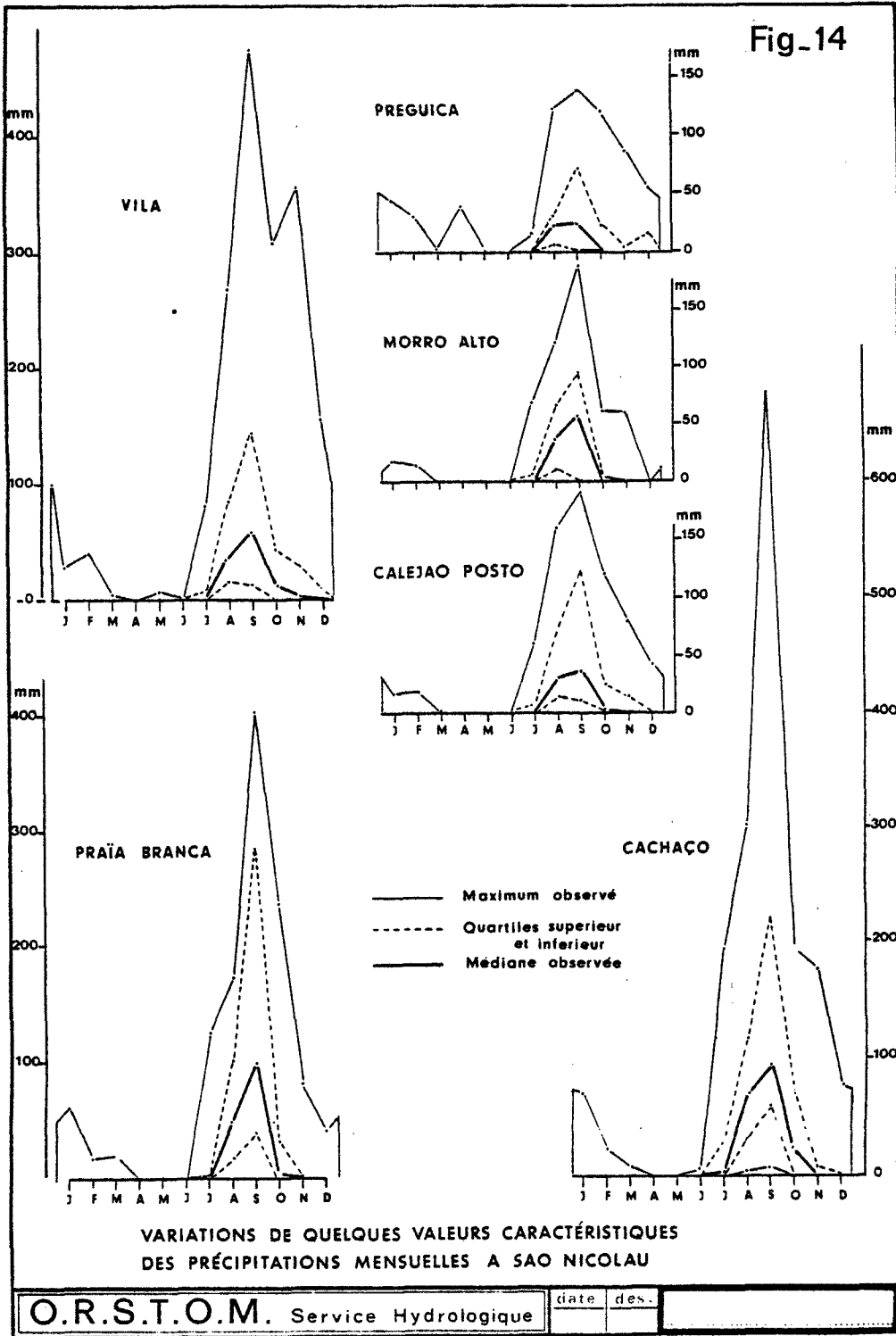


Fig-13



La moitié des observations de juillet (médiane) montre des précipitations nulles ou pratiquement nulles aux différentes stations de SAO NICOLAU alors que juillet marque tout de même le début de la saison des pluies, octobre n'en marque pas réellement la fin.

Un phénomène de traîne inégalement observé d'une année à l'autre se manifeste de novembre à mars. Cette traîne concerne plus du quart des observations (quartile supérieur) pour novembre et souvent décembre ; elle est plus rarement observée en janvier et février. Les précipitations éventuelles de cette période sont, bien entendu, peu abondantes.

Sur le continent africain, aux mêmes latitudes (Saint LOUIS du SENEGAL), des précipitations au cours de cette période ont un caractère beaucoup plus exceptionnel. Peut-être faut-il y voir l'incidence d'eaux océaniques plus chaudes en surface aux îles du CAP-VERT que sur le littoral sénégalais pendant cette période de l'année ? La différence de température est de plus de 3°. Quoiqu'il en soit, le poids de ces précipitations est dérisoire : il représente pour janvier, février moins de 3 % du total annuel (à l'exception de PREGUICA, ce qui est sans grande signification du fait du mode de calcul adopté).

En prenant la définition de "mois sec" proposée par GAUSSEN ($P_{mm} > 2 \text{ t}^\circ\text{C}$), seule la station de CACHACO aurait en moyenne vraiment, trois mois pluvieux, (août, septembre, octobre).

Les stations de VILA et de PRAIA avec de 9 à 10 mois secs feraient la transition avec celles de CALEJAO POSTO et de MORRO ALTO où seuls août et septembre ne sont pas des mois secs.

Enfin pour PREGUICA, même le mois de septembre est un mois sec. Bien entendu l'irrégularité interannuelle des précipitations mensuelles est très grande, ce qui est une caractéristique de la zone climatique de l'île de SAO NICOLAU.

3.2 Le nombre moyen de jours de pluie

Le tableau 9 présente mois par mois les valeurs moyennes du nombre de jours de pluie relevés sur la période d'observation aux différentes stations de l'île.

Le nombre moyen annuel de jours de pluie est donné d'une part par le calcul de la moyenne sur les années complètes (dont le nombre est indiqué entre parenthèses) ; d'autre part par la somme des moyennes mensuelles.

.../...

Les périodes d'observations étant de tailles très différentes, ces résultats ne doivent être considérés qu'à titre indicatif pour les stations de courte durée d'observation. Pour CABECALINHO, les résultats très douteux ont été mis entre parenthèses.

Le nombre moyen annuel de jours de pluie varie de 14 à 17 jours sur les versants nord du MONTE GORDO. On ne note pas davantage de jours de pluie à CACHACO ou à VILA, ce qui n'exclut cependant pas un plus grand nombre de jours de pluie sur les contreforts plus élevés du MONTE GORDO.

A PREGUICA, on n'observe plus en moyenne que 9 jours de pluie par an. Ce nombre tombe à 7 et 5 jours pour CARRICAL et TARRAFAL, valeurs très vraisemblables pour les régions les plus sèches de l'île. La répartition mensuelle donne en moyenne à VILA 1 jour de pluie en juillet, 4 jours en août, près de 5 jours en septembre, moins de 2 jours en octobre et 1 jour en novembre et décembre ; il pleut une fois tous les 3 ans en janvier, une fois tous les 2 ans en février.

Aux autres postes des régions les plus arrosées de l'île, août et septembre reçoivent moins de 6 jours de pluie en moyenne.

NOMBRE DE JOURS DE PLUIE MOYEN

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
VILA	0,34	0,48	0,13	0	0,06	0,03	1,06	3,79	4,51	1,70	1,24	0,39	14,37 (29)
PREGUIÇA	0,35	0,50	0,05	0,10	0,05	0	0,3	2,5	2,8	1,20	0,6	0,95	9,40 (20)
R. CALHAUS	1,4	0,4	0,2	0	0	0	1,4	3,6	2,6	0,6	0,6	0,6	11,4 (5)
TARRAFAL	0,16	0,33	0	0	0	0	0	0,60	2,2	0,4	0,6	0,4	5,0 (5)
MORRO ALTO	0,07	0,07	0	0	0	0	1,0	2,42	2,0	0,28	0,14	0	6,0
MORRO BRAZ	0	0	0	0	0	0	0,5	2,33	4,16	1,0	0,83	0,50	9,33 (6)
PRAIA BRANCA	0,4	0,31	0,31	0	0	0	0,43	3,72	4,63	1,22	0,59	0,40	12,09 (22)
HORTIÃO	0,83	0,16	0,16	0	0	0	0,16	3,0	3,2	0,4	0,5	0,4	9,2 (5)
ESTANÇIA BRAS	0,5	0,16	0,16	0	0	0	0,33	5,33	5,5	1,16	1,16	0,5	14,83 (6)
CARRICAL	0,09	0,19	0	0	0	0	0,7	1,9	2,7	0,5	0,4	0,3	6,8 (10)
CALEJÃO POSTO	0,62	0,43	0,12	0,06	0	0,06	1,5	5,62	5,10	1,29	1,18	0,62	17,18 (16)
CALEJÃO CAMPO	0,31	0,25	0,25	0	0	0	1,08	4,13	3,6	1,0	0,23	0,64	13,18 (11)
CACHAÇO	0,35	0,35	0,04	0,04	0	0,09	1,1	5,05	5,61	1,24	0,71	0,48	14,28 (18)
(CABECALINHO)	0	0,30	0,10	0,20	0	0	0	2,1	2,2	0,8	0,3	0,2	6,2 (10)

TABEAU 9

3.3 Le climat aride de SAO NICOLAU

L'étude des précipitations annuelles a montré une occurrence hélas non négligeable de précipitations nulles sur la majeure partie de l'île ainsi qu'une répétition dans le temps de périodes de sécheresses dramatiques.

La répartition mensuelle des précipitations moyennes a de même montré la rareté des mois non secs : août et septembre ne peuvent être considérés comme mois pluvieux, suivant GAUSSEN, que sur une petite partie de l'île. Enfin le nombre moyen de jours de pluie dans l'année est très faible.

Tous ces éléments font de SAO NICOLAU une île au climat aride, en reprenant les classifications des géographes et climatologues. L'indice d'aridité, défini par de MARTONNE par l'expression $A = \frac{P}{T + 10}$ où P est la hauteur moyenne en °C, est le plus couramment employé dans les études climatologiques. L'information connue sur les températures est des plus réduite(1) ; une température moyenne annuelle de 20° peut être retenue pour les régions de faible altitude.

Pour VILA, l'indice d'aridité est de l'ordre de 8 ; à PREGUICA il est de 3 ; à MORRO ALTO il serait de 5 ; pour PRAIA BRANCA il est de 9. A CACHACO où la température moyenne est plus faible, il est encore de 14. Les zones les plus élevées auraient un indice à peine supérieur à 20.

Cet indice, d'autant plus faible que le climat est aride, permet de préciser le caractère d'aridité des régions de l'île différenciées précédemment.

Ainsi d'après la classification de E. de MARTONNE, les régions orientales de l'île et les régions sud avec $A < 5$ appartiennent à une zone d'hyperaridité.

Les régions de VILA, PRAIA BRANCA, la côte nord (A 10) appartiennent à la zone d'aridité encore désertique.

(1) : Deux stations climatologiques ont été implantées par l'ORSTOM en 1978, à FAJA da CIMA et ESTANCIA BRAS.

.../...

Seules les régions d'altitude du versant nord du MONTE GORDO appartiennent à la zone semi-aride ($10 < A < 20$) ou tropicale sèche.

Un autre indice, l'indice xérothermique Ix défini par GAUSSEN comme le nombre de jours secs, affecté éventuellement d'un coefficient k tenant compte de leur humidité relative, durant la série continue de mois secs, conduit sensiblement aux mêmes conclusions.

Ainsi à PREGUICA, avec $k = 0,9$ Ix est de l'ordre de 320 (valeurs encore supérieures à TARRAFAL et CARRICAL) : le désert absolu. Pour VILA ou PRAIA BRANCA, les mesures d'humidité relative (1) permettant de retenir un k de l'ordre de 230 : région subdésertique. Ix serait encore supérieur à 200 (205 à 210) à CACHACO.

Ce climat aride de SAO NICOLAU est cependant bien différent de celui rencontré en AFRIQUE dans les déserts continentaux tels le SAHARA.

Il se rattache au climat des déserts côtiers tropicaux et subtropicaux où les températures ne sont pas très élevées, de modestes amplitudes journalières et assez régulières dans l'année, où l'humidité relative reste toujours assez importante, et dont l'existence paraît liée à la proximité de courants marins froids venus des hautes latitudes. Ici, il s'agit du courant des CANARIES de même direction que les alizés, responsable par ailleurs des déserts côtiers du sud marocain et des bordures atlantiques du SAHARA.

(1) : Voir note précédente.

4. PRECIPITATIONS JOURNALIERES

Les études ORSTOM sur le ruissellement de deux bassins versants de l'île de SAO NICOLAU (RIBEIRA GRANDE et RIBEIRA BRAVA) commencées en 1978 ont montré des écoulements, consécutifs à de fortes averses, dérisoires ou au contraire exceptionnellement importantes. L'état de saturation des sols et surtout l'abondance de l'averse sont déterminants dans la genèse des crues.

Or si de très fortes averses concourent à l'observation d'une pluviométrie annuelle excédentaire, elles n'impliquent pas pour autant un gain dans les ressources en eau de l'île : l'eau des ribeiras rejoint rapidement la mer ; elle est perdue pour la réalimentation des nappes, pour l'évapotranspiration des cultures ; elle emporte les sols malgré les efforts de l'homme (ouvrages anti-érosifs).

Paradoxalement donc l'observation d'averses exceptionnelles est un facteur limitant de la reconstitution des ressources en eau.

Nous proposons ici une étude statistique de ces averses exceptionnelles en considérant l'échantillon disponible de précipitations journalières (reçues en 24h)⁽¹⁾.

L'intensité des précipitations n'ayant pas fait l'objet de longues observations, nous nous bornerons à donner quelques exemples de hyétogrammes d'averses enregistrées par l'ORSTOM depuis 1978.

Enfin nous terminerons ce chapitre par quelques mots sur les précipitations occultes.

(1) : On s'accorde pour estimer que généralement la précipitation reçue en 24 heures correspond à une seul épisode pluvieux survenu au cours de la journée, lorsqu'on étudie la relation pluie-débit de divers évènements hydropluviométriques.

4.1 ETUDE DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES

Nous avons indiqué dans le tableau 10 les 10 plus fortes précipitations observées en 24 heures à chacune des stations pluviométriques de l'île de SAO NICOLAU depuis l'origine des observations jusqu'en 1977. Bien entendu, ces périodes d'observations étant très variables, il convient de considérer ces résultats sur le plan purement indicatif de l'information disponible.

La plus forte averse observée jusqu'en 1977 a été relevée à ESTANCIA BRAZ le 14 octobre 1950 avec une hauteur de 215 mm.

L'étude fréquentielle des hauteurs de précipitations journalières implique de disposer d'un nombre d'années complètes d'observations suffisant pour autoriser un traitement statistique. L'absence du détail journalier pour certains relevés mensuels ou l'absence de relevée conduit souvent à raccourcir la taille de l'échantillon.

Seules sept stations offrent un nombre d'années complètes d'observations relativement important, sans être, et de loin, optimal. Ce sont :

- VILA de RIBEIRA BRAVA,
- CALEJAO POSTO,
- PRAIA BRANCA,
- MORRO ALTO,
- PREGUICA,
- CACHACO,
- CABECALINHO.

PLUS FORTES PRECIPITATIONS JOURNALIERES OBSERVEES

AUX DIFFERENTES STATIONS DE SAO NICOLAU

(de l'origine des stations à 1977)

TABLEAU 10

	N											
VILA	36	175,3	158,0	137,2	114,3	106,7	102,0	101,6	101,6	86,4	83,8	
PREGUIÇA	22	79,7	63,2	60,0	55,8	50,4	48,8	47,4	42,3	39,4	39,2	
R dos CALEAUS	6	160,0	153,9	140,8	109,4	104	92,8	88	84,8	83,8	76	
TARRAFAL	6	57	45	42	40	30	24,4	12,2	12	10,2	10	
MORRO ALTO	16	152	104	78,7	60	50,6	49,5	48,0	46,0	46,0	45,0	
MORRO BRAZ	6	70,4	52,3	51,0	48,0	39,7	34,4	32,0	31,5	30,1	28,5	
PRAIA BRANCA	27	150	135	130	125	120	109	107	98	96,8	96,5	
HORTELAO	6	91,2	59,2	51,2	51,2	48,2	48	38,4	38,4	36,8	35,2	
ESTANCIA BRAS	6	215	121	98	85	75	56	50	48	45	35	
CARRIÇAL	11	57,6	51,2	49,0	44,0	40,5	38,7	28,6	25,5	22,0	21,6	
CALEJAO POSTO	19	143	85,4	80,0	79,8	71,0	65,8	58,0	53,0	49,5	41,0	
CALEJAO CAMPO	16	151	101	94,3	80,0	54,0	45,0	40	40	37	37	
CACHAÇO	25	188,1	185,6	158,0	140	112,5	110,5	107,5	101	96,3	95	
CABECALINHO	16	126	90,0	80,9	80,0	80,0	62,0	61,0	60,0	54,7	52,0	

N : Nombre d'années.

Pour ces sept stations, le traitement a consisté après classement des averses journalières à rechercher l'ajustement d'une loi de distribution du type PEARSON III ou GOODRICH. Mais la loi PEARSON III ne peut pas s'appliquer à des échantillons trop courts et n'aurait pas donné ici de résultats satisfaisants compte tenu du faible nombre de jours de pluie relevé chaque année à SAO NICOLAU. Seule la loi de GOODRICH a donc permis d'aboutir aux résultats qui vont être analysés ici.

La loi de GOODRICH est une expression de la distribution exponentielle généralisée où les paramètres d'échelle s et de forme d sont positifs.

Elle s'écrit :

$$1 - F_1(x_i) = 1 - e^{-\frac{1}{s}(x_i - x_0)^{1/d}}$$

$F_1(x_i)$: fréquence au dépassement

e : exponentielle

s : paramètre d'échelle (même dimension que la variable x correspondant à l'écart-type de la loi normale)

x_0 : paramètre de position

d : paramètre de forme (positif)

ou, avec un paramètre de position $x_{01}/d = 0$

$$1 - F_1 = 1 - e^{-\left(\frac{x}{s}\right)^d}$$

d'où l'on déduit la hauteur de précipitation journalière correspondant à telle ou telle probabilité d'être atteinte ou dépassée par l'expression :

$$\log x = d \log (\log (1/F_1) / \log e) + \log s$$

$$\log x = d \log (2,302 \log 1/F_1) + \log s.$$

Le calcul de F_1 est obtenu à partir du paramètre de troncage F_0 .

Ce paramètre F_0 permet de calculer le nombre moyen de jours de pluie par an N .

$$N = (1 - F_0) \times 365,25$$

et la fréquence au dépassement d'une précipitation journalière de probabilité 1 fois en r années est donnée par

$$F_1 = \frac{1}{rN}$$

$$\text{probabilité } r \text{ fois par an : } F_1 = \frac{r}{N}$$

.../...

Station	Paramètres de la loi de GOODRICH				Hauteur de précipitations journalière ayant la probabilité d'être égale ou dépassée									$N = \frac{1}{F_1}$
	n années utilisées	d	s	F ₀	5	2	1	une fois tous les						
					fois par an			2	5	10	20	50	100	
VILA de RIBEIRA BRAVA	33	1,362	13,19	0,9583	15,2	34,6	51,6	70,2	97,1	118,8	141,7	173,5	198,6	15,23
(GALEJAO POSTO)	14	2,398	1,68	0,8993	(8,8	21,8	36,3	55,4	88,1	118,8	155,0	212	262)	(36,8)
PRAIA BRANCA	23	1,704	10,55	0,9604	11,7	33,8	56,3	83,4	125,8	162,4	203	262	311	14,46
PREGUICA	22	1,314	9,14	0,9718	6,0	17,5	27,8	39,1	55,4	68,6	82,4	101,5	116,5	10,30
(MORRO ALTO)	14	0,869	25,55	0,9874	(21,8	36,9	51,1	69,0	82,1	94,9	111,4	123,6)	(4,6)
GACHIAÇO	20	1,236	17,39	0,9589	19,6	41,4	59,6	79,0	106,2	127,6	149,8	180	204	15,01
(CADEGALINHO)	13	1,185	25,54	0,9799	(7,6	32,2	53,4	76,0	107,6	132,5	158,1	193,1	220)	(7,34)

TABEAU 11

Ainsi pour VILA : le paramètre F_0 calculé est de 0,9583, ce qui donne pour l'ajustement retenu :

$$N = (1 - 0,9583) \times 365,25 = 15,22 \text{ jours}$$

et F_1 pour l'averse de probabilité annuelle : $\frac{1}{15,22} = 0,0658$

" " " biennale : $\frac{1}{30044} = 0,0329$

l'averse décennale (1 fois en 10 ans) : $\frac{1}{152,2} = 0,00658$

l'averse dépassée dix fois par an : $\frac{10}{15,22} : \frac{1}{1,522} = 0,658$

Les résultats de l'analyse statistique sont donnés dans le tableau. Les premières colonnes indiquent les paramètres de la loi de GOODRICH pour l'ajustement retenu. Les colonnes suivantes se rapportent aux hauteurs de précipitations journalières ayant la probabilité d'être égales ou dépassées 5, 2, 1 fois par an et une fois tous les 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans, les résultats des périodes de retour les plus grands devant être considérés avec la plus grande réserve. La dernière colonne donne N le nombre moyen annuel de jours de pluie calculé.

Une analyse critique rapide basée sur la valeur du paramètre de tronçage F_0 et par suite sur N, le nombre annuel de jours de pluie, met en évidence des anomalies "criantes" pour les trois postes dont la période d'observation est inférieure à 20 ans :

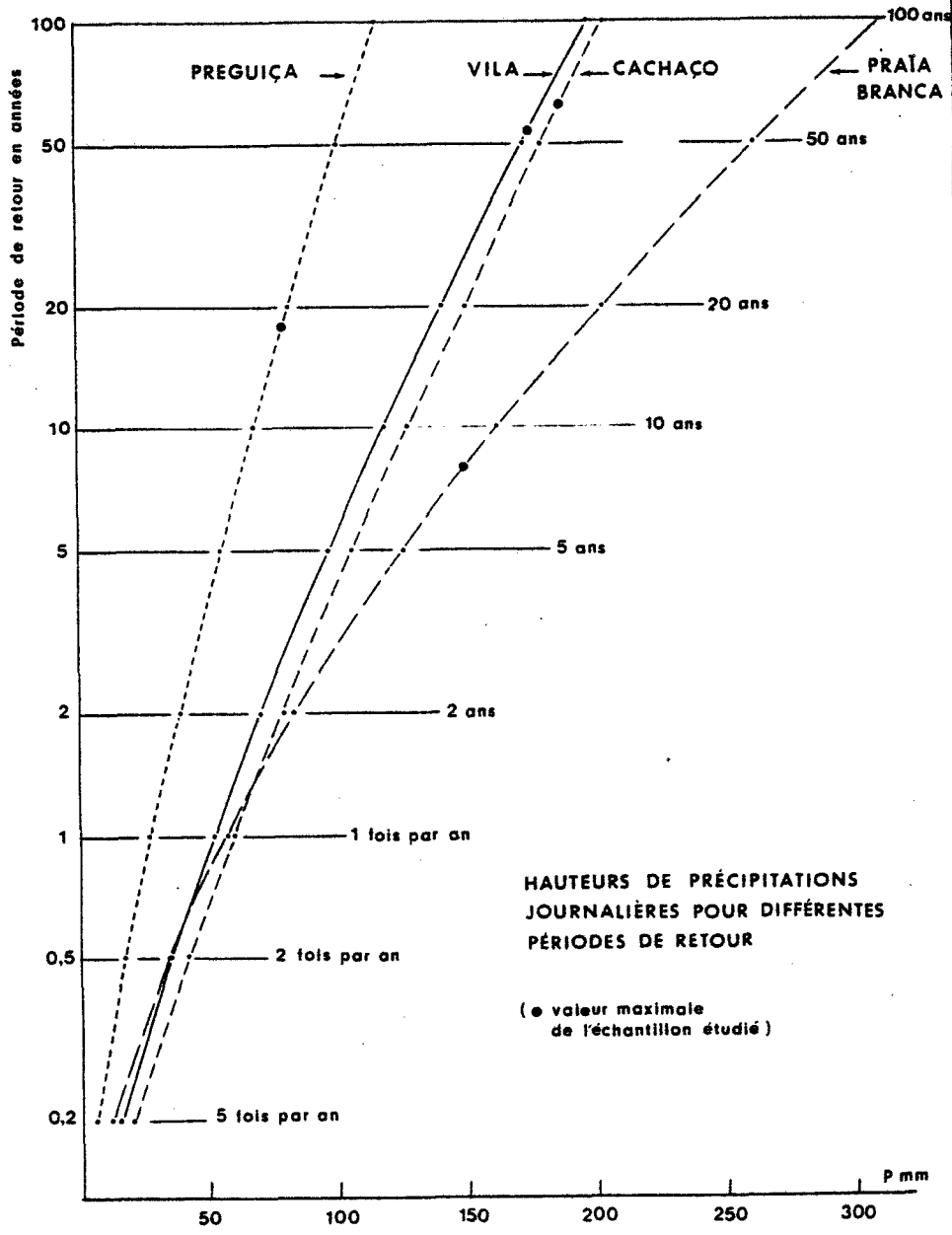
- CALEJAO POSTO : N calculé est largement surestimé ;
- MORRO ALTO ; N est probablement sous-estimé, les observations portant essentiellement sur la période sèche ;
- CABECALINHO : N est sous-estimé en partie pour les mêmes raisons que pour MORRO ALTO. Cette sous-estimation est d'autant plus flagrante que cette station se situe dans une des régions les plus arrosées de l'île. En comparant les relevés de cette station avec ceux de CACHACO, il semble bien que le détail journalier de CABECALINHO comprend des cumuls systématiques de pluies de jours consécutifs.

Ceci explique que les résultats calculés pour ces stations aient été jugés douteux et mis entre parenthèses dans le tableau.

Nous présentons dans la figure 15 les courbes hauteurs de précipitations journalières/périodes de retour des quatre stations finalement retenues : PREGUICA, VILA, CACHACO et PRAIA BRANCA. Les périodes de retour ont été indiquées en coordonnées logarithmiques. La plus forte précipitation de l'échantillon étudié pour chaque station a été portée sur les courbes.

.../...

Fig-15



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

date des:

--	--

Ces courbes appellent quelques commentaires :

La distribution des averses journalières extrêmes de PREGUICA rend bien compte des faibles précipitations reçues par les régions méridionales de l'île. Une hauteur de pluie journalière de 100 mm ne serait atteinte que tous les 50 ans. Il y a tout lieu de penser que la distribution des averses journalières à TARRAFAL (côté Sud-Ouest) et CARRICAL (côté Sud-Est) est du même type avec, probablement, des valeurs encore plus faibles pour des périodes de retour identiques.

Pour VILA son exposition au Nord, mais au débouché de la vallée de RIBEIRA BRAVA, conduit à observer des hauteurs journalières de précipitation assez fortes sans être toutefois comparables à celles de PRAIA BRANCA.

L'obstacle orographique du MONTE GORDO, quelque peu en retrait, n'a qu'une incidence moyenne sur l'abondance des fortes averses. Les averses décennales et vicennales atteignent respectivement 120 et 140 mm.

A CACHACO, station située en altitude au col qui sépare les vallées de RIBEIRA BRAVA et de RIBEIRA GRANDE, les averses journalières sont, pour des récurrences correspondantes, à peine plus abondantes qu'à VILA. On observe souvent en zone intertropicale une baisse en altitude des hauteurs de précipitations exceptionnelles généralement compensée par un plus grand nombre de jours de pluie. Mais à CACHACO, le nombre moyen annuel de jours de pluie est comparable à celui de VILA et on peut s'étonner alors de ce que les averses journalières de faibles récurrences ne soient pas nettement abondantes qu'à VILA (130 et 150 mm pour les averses décennales et vicennales).

A l'examen des pluies journalières des cinq années incomplètes non utilisées dans l'analyse, il est permis de s'interroger sur la représentativité de l'échantillon de 20 années. Sur les 10 plus fortes précipitations observées, six seulement l'ont été sur la période de 20 ans et 4 sur les cinq autres années avec en particulier les averses de 2^e et 3^e rang, de 5^e et 7^e rang.

De plus, si l'on considère les 3 dernières années 1978, 1979, 1980, CACHACO a reçu 150 mm le 27/9/1978, 100 mm le 21/09/1979, 90,7 mm le 28/10/1979 et 203,4 mm le 9/9/80, quatre valeurs qui comptent parmi les 16 plus fortes averses observées à la station dont le maximum maximorum.

Ainsi, ces huit années (5 + 3) supplémentaires ont vu à elles seules la moitié des plus fortes précipitations reçues à CACHACO en 28 ans.

De ce fait, il paraît prudent de majorer les valeurs déterminées par le calcul.

.../...

Par contre, l'ajustement calculé pour PRAIA BRANCA indique de fortes valeurs des hauteurs de précipitations journalières pour les fréquences rares. Il n'est pas certain qu'il y ait eu surestimation des résultats. PRAIA, exposé au Nord se trouve au pied d'un cirque constitué par les contreforts Ouest du MONTE GORDO susceptibles de "piéger" les grosses perturbations génératrices de précipitations abondantes. Le réseau pluviométrique de l'ORSTOM sur les bassins de RIBEIRA BRAVA et RIBEIRA GRANDE implanté en 1978 a permis de recueillir quelques pluies exceptionnelles d'une abondance qu'on retrouve rarement dans les chroniques d'observations antérieures.

Ainsi, le 27 septembre 1978 on a mesuré 293,5 mm à AGUA das PATAS sur le haut-bassin de RIBEIRA BRAVA. Le 9 septembre 1980, 213 mm ont été relevés au MONTE GORDO (rappel 215 mm mesurés à ESTANCIA BRAS le 14 octobre 1950).⁽¹⁾

On peut ainsi évoquer ici quelques événements pluviométriques majeurs dépassant l'échelle de la journée : du 27 au 29 septembre 1978, il est tombé à POMBAS 320,8 mm en 3 jours ; du 20 au 22 septembre 1950, CACHACO a reçu 287,5 mm et 322,5 mm sur 4 jours : RIBEIRA dos CALHAUS recevait sur les mêmes 4 jours 375,7 mm dont 214,9 mm en 2 jours ; citons aussi en 1961, 270 mm mesurés en 2 jours à PRAIA BRANCA.

Ces observations complémentaires, les remarques qui ont été faites précédemment sur l'échantillon de CACHACO amènent à considérer que l'occurrence de très fortes précipitations est plus grande qu'il n'apparaît dans la courbe tracée pour CACHACO. Il paraît raisonnable - et ceci va dans le sens de la prudence - de retenir la courbe de distribution de PRAIA BRANCA pour l'ensemble de la région Nord directement soumise à l'influence orographique du MONTE GORDO :
 PRAIA BRANCA, vallée de RIBEIRA PRATA, RIBEIRA dos CALHAUS, vallée de COVOADA, ESTANCIA BRAS, FAJA, hauteurs du MONTE GORDO, CACHACO, vallée de QUEIMADA, haute vallée de RIBEIRA BRAVA. L'averse journalière de probabilité annuelle y serait de 60 mm. L'averse décennale serait de 160mm ; l'averse vicennale dépasserait 200 mm, et tous les 50 ans (en termes de probabilité) on observerait une pluie de 260 mm.

VILA de RIBEIRA BRAVA se situe en bordure des régions précédentes et marque déjà la transition avec la partie orientale de l'île. Il est probable que la côte nord et l'hubac des reliefs modestes de cette partie de SAO NICOLAU reçoivent des précipitations journalières dont la distribution des valeurs extrêmes doit s'ordonner suivant les courbes intermédiaires entre celles de VILA et de PREGUICA, le poids de l'une ou l'autre distribution étant variable suivant l'exposition ou l'altitude.

(1) : F. REIS CUNHA signale plus de 500 mm reçus en 24 h aux Iles du CAP-VERT.

A l'extrémité orientale de l'île, on retrouve les caractéristiques des précipitations des régions méridionales avec, comme cela a été dit pour CARRICAL et TARRAFAL, des hauteurs de précipitations journalières probablement plus faibles qu'à PREGUICA, à périodes de retour équivalentes.

Il est plus délicat d'estimer la hauteur des averses exceptionnelles reçues par les régions d'altitude des versants sud du MONTE GORDO. La prudence veut cependant que l'on retienne l'éventualité de précipitations journalières de récurrences données plus abondantes qu'à VILA.

Au terme de cette analyse, il faut convenir que seule une étude plus détaillée des précipitations journalières sur la base d'observations nouvelles permettrait de préciser la cartographie de la répartition des averses de fréquence rare. En AFRIQUE, on relie généralement assez bien l'averse exceptionnelle à la hauteur interannuelle de précipitations. A SAO NICOLAU, une telle liaison, si elle est sensible, est gravement perturbée par les effets de l'orographie et de l'exposition.

4.2 Intensité des précipitations

Dans l'état actuel des connaissances sur l'île de SAO NICOLAU, il n'est pas possible de faire une étude des intensités des averses.

Un pluviographe a été installé à FAJA da CIMA en 1978 ; un second appareil a été implanté en 1980 en amont de VILA, entre TALHO et POMBAS.

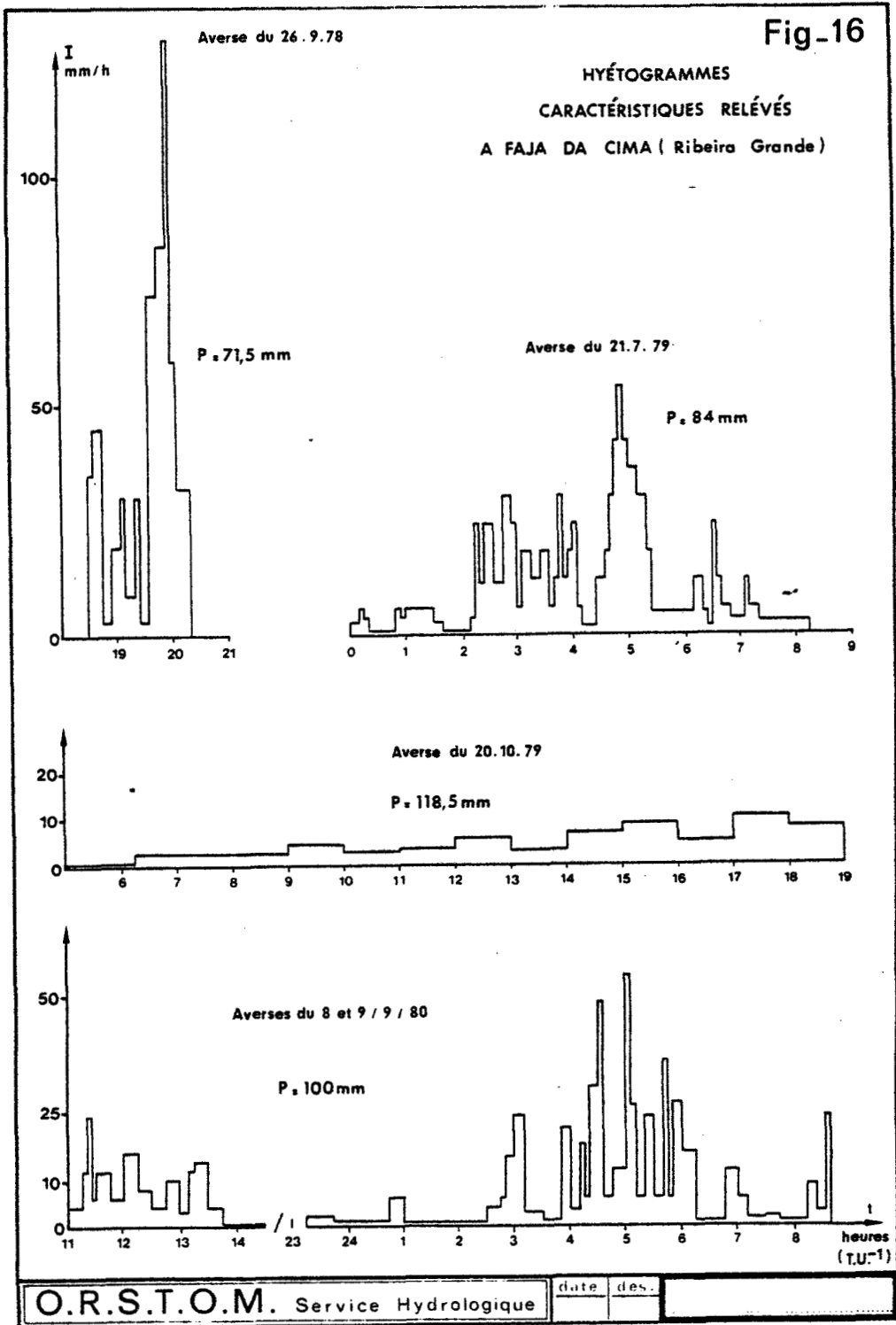
Les quelques enregistrements dont on dispose montrent soit des averses longues de faible intensité du type océanique ou mousson, soit au contraire des averses dont la durée est relativement brève et les intensités fortes.

Comme le montrent les exemples donnés figure 16 l'abondance d'une averse ne dépend pas de tel ou tel type de précipitations et les averses exceptionnelles procèdent probablement des deux.

Les hyétogrammes ne présentent pas la forme généralement observée en AFRIQUE Continentale mais des formes plus irrégulières et souvent des averses intermittentes.

Les "jours fastes" l'île reçoit ainsi plusieurs "grains" espacés...

.../...



4.3 Les précipitations occultes

Certaines parties de l'île présentent une forte nébulosité qui excède largement la durée de la saison des pluies. Ce sont les versants nord des régions montagneuses qui sont affectés par ces brouillards souvent persistants au-dessus de 400 m d'altitude.

Cette nébulosité est à l'origine de précipitations occultes telle la rosée qui, bien que n'apparaissant que sous forme de traces dans les pluviomètres, doivent jouer un rôle non négligeable dans le bilan hydrique des régions d'altitude d'abord par ses apports à la végétation, ensuite en étant consommée par l'évapotranspiration, ce qui retarde d'autant la ponction dans la tranche humide du sol.

Ce phénomène est à rapprocher des brouillards observés dans les déserts côtiers du CHILI septentrional et du PEROU où une maigre végétation peut s'installer (les "lomas") en absence de toute précipitation effective.

La fréquence d'observation de cette masse d'air saturée d'humidité (nuages ou brouillards), la quasi-permanence de vents dominants du Nord-Est assurant le renouvellement de la masse d'air humide garantissent un stock d'eau important en altitude dont les précipitations occultes ne représentent qu'une faible part disponible pour la végétation.

F. REIS CUNHA a proposé un système de captage des gouttelettes d'eau du brouillard par l'intermédiaire de panneaux moustiquaires dont la taille limite bien entendu l'importance de l'apport collecté. Des mesures devraient être entreprises afin de préciser l'intérêt de ce système susceptible de procurer un appoint intéressant aux besoins en eau des habitants des régions d'altitude.

BIBLIOGRAPHIE

- BRUNET-MORET (Y) Etude de quelques lois statistiques utilisées en hydrologie. Cahier ORSTOM, série Hydrologie. Vol VI n°3, 1969.
- BURGEAP Rapport de Mission R 140. pp.261-279 Paris nov. 1974.
- CALLEDE (J) Recueil des données pluviométriques des Iles du CAP-VERT. (à paraître)
- DUBREUIL (P) Initiation à l'analyse hydrologique 216 p. MASSON et Cie. ORSTOM éditeur. Paris 1974.
- ESTIENNE (P)
GODARD (A) Climatologie. 366 p. Armand COLIN, collection U. Paris 1970.
- GALLAIRE (R) Etude de deux petits bassins versants de l'Ile de São Nicolau. Campagne 1978. 33 p. Ronéo ORSTOM DAKAR 1979.
- OLIVRY (JC)
CALVEZ (R)
HOORELBECKE (R) Etude de deux petits bassins versants de l'Ile de São Nicolau. Campagne 1979 et 1980 (à paraître)
- ROCHE (M) Les incidences climatiques et hydrologiques de la sécheresse in Techniques et Développement, n°10 Novembre Décembre 1973
- REIS CUNHA (F) O problema da captação da água do nevoeiro em Cabo-Verde Garcia de Orta, Lisboa. Vol 12 n°4 pp. 719-756 1964.