

CONTROLE DE LA QUALITE ET DE L'HOMOGENEITE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES
PAR LA METHODE DU VECTEUR DES INDICES ANNUELS DE PRECIPITATION

YANN L'HOTE
Laboratoire d'Hydrologie - ORSTOM - MONTPELLIER

Texte complété en septembre 1986, d'un article présenté en langue anglaise, lors de : ETH*/IAHS/WMO Workshop on the Correction of Precipitation Measurements - ZURICH 1-3 April 1985. Publié dans Zürcher Geographische Schriften (comptes rendus géographiques zurichois) n° 23 - 1986 - ZURICH, 288 pages.*

RESUME :

Dans cet article, on met en évidence les phases les plus importantes de la méthode du vecteur des indices annuels de précipitation (HIEZ, 1977 puis BRUNET-MORET, 1979). Cette méthode ressemble à la classique méthode des doubles cumuls (double mass analysis), cependant, ici, les cumuls annuels ne sont pas comparés un à un aux autres stations, mais à un seul indice moyen calculé à partir de toutes les observations annuelles disponibles à toutes les stations d'une région homogène. La série des indices annuels est appelée "vecteur régional".

On fournit les résultats synthétiques relatifs à sept études, effectuées ces six dernières années, sur des zones plus ou moins vastes effect des climats variés : méditerranéen, tropical et intertropical africain, insulaire à régime cyclonique.

Puis nous présentons quelques avantages de la méthode accessibles grâce au calcul automatique, en particulier l'extension de la moyenne interannuelle sur une période unique et l'estimation des données annuelles manquantes.

Enfin, nous montrons sur un exemple (bassin du Lac Tchad) que le vecteur des indices annuels est un bon instrument synthétique de représentation des variations en périodes sèches et humides. Les vecteurs obtenus sous différents climats pourront permettre des comparaisons fructueuses.

*ETH : Eidgenössische Technische Hochschule - Geographisches Institut - Winterthurerstrasse 190 - CH - 8057 - ZURICH.

I - NECESSITE D'UN CONTROLE - HOMOGENEISATIONS DU 1er ET 2ème DEGRE :

Avant tout travail statistique, même simple (calcul de la moyenne) sur une longue chronique de relevés pluviométriques, obtenus souvent avec des pluviomètres manuels, il convient de repérer pour éventuellement corriger ou supprimer :

- a) les erreurs grossières faites lors de l'observation (perte d'eau, absence de l'observateur, incompétence, etc...) ou à la recopie des données (oubli, mauvaise interprétation, etc...),
- b) les erreurs systématiques dues par exemple au déplacement du site d'observation au cours du temps, ou à des défauts d'appareillage (éprouvette et diamètre du seau ne correspondant pas), etc...

Pour ne pas avoir effectué ces vérifications, on risque de travailler sur une série non homogène, comportant des éléments de plusieurs populations statistiques, et les conclusions seront erronées.

Sur une même zone climatique, on montre que les totaux annuels sont pseudo-proportionnels, et on vérifie classiquement l'homogénéité des séries en les comparant entre elles par la méthode des totaux annuels cumulés (KINCEY et MERRIAM, 1938 ; KOHLER, 1949, in V.T. CHOW - 1964).

Lorsque l'étude est entreprise à une vaste échelle (pluviométrie d'un Etat complet, grands bassins fluviaux ...), on considère l'homogénéisation comme définitive et on réalise alors plusieurs activités successives dont nous donnons ci-dessous les définitions, acceptées par les francophones :

- homogénéisation du 1er ordre (first degree homogenization) :
Vérification que la série correspond bien à une seule population mère. On admet en général que les compléments, les corrections et les suppressions résultant de ce travail, et celles détectées par d'autres comparaisons interpostes, font partie de l'homogénéisation du 1er ordre.
- homogénéisation du 2ème ordre (second degree homogenization) :
Grâce à différents procédés de calcul, détermination sur une même période commune (la plus longue possible) des caractéristiques statistiques de chaque station, en particulier : moyenne interannuelle, écart-type, estimation de données manquantes, etc...

II - LA METHODE DU VECTEUR DES INDICES ANNUELS DE PRECIPITATION :

Lorsqu'elle est appliquée à une région assez vaste comprenant de nombreuses stations, la méthode des totaux annuels cumulés devient rapidement fastidieuse, même avec les possibilités du calcul automatique.

Pour pallier cet inconvénient, il a été proposé de comparer chaque station avec une seule série chronologique d'indices pluviométriques (dite VECTEUR REGIONAL) créée avec l'ensemble des observations aux stations (HIEZ, 1977).

Nous présentons ici succinctement les points essentiels d'une méthode voisine programmée par BRUNET-MORET (1979) :

L'indice z_i d'une année i est calculé avec les observations aux n stations (n pouvant varier d'une année à l'autre) :

$$z_i = \sum_{a=1}^{a=n} (P_{ai}/\bar{P}_a) / n$$

où P_{ai} est la pluie de l'année i à la station a

et \bar{P}_a l'espérance mathématique de la population-mère des pluies annuelles au poste a .

Le tableau 1 (page TROIS du listing) donne les valeurs des indices z_i (1.0481, 0.7774 ...), pour les années successives (1964, 65, 66, 67...), indices calculés avec 5, 6, 7, 5 stations.

On notera que la moyenne des z_i est 1. Pour les années à précipitations proches de la moyenne, z_i est proche de 1 (ex. 1964, 1977 ...). Les années très pluvieuses ont des z_i forts (ex. 1970 ...), et les années sèches des z_i faibles (ex. 1971, 1980 ...).

Le tableau 2 (page CINQ du listing) donne les écarts à z_i , pour chaque station a , et année i :

$$E_{ai} = (P_{ai}/\bar{P}_a) - z_i$$

Les 118 écarts (ici) forment une série normale, de moyenne 0 et d'écart-type $\sqrt{MT2}$ (encadré). Ce tableau permet de repérer :

- des totaux pluviométriques exagérément forts ou faibles, dépassant par exemple 2.5 (3.0 ...) fois l'écart-type, soit théoriquement 1 % (0.1 % .) des observations. C'est le cas par exemple de l'année 1966, station 1020.
- des suites d'années exagérément fortes ou faibles, indices d'erreurs systématiques possibles. Par exemple années 1975 à 1981, station 1640 et années 1980-1981, station 1050.

Deux pages successives du listing reproduites ici permettent d'analyser les courbes de double cumul entre le vecteur et chacune des stations, courbes tracées soit à la main (figure 1), soit par traceur automatique. Pour effectuer le tracé manuel et l'analyse, on dispose :

- des pages SEPT du listing (tableau 3) qui fournissent le cumul du vecteur (première ligne) et les cumuls des pluies à chaque station - divisés par 1000, les valeurs négatives étant les années manquantes estimées grossièrement par $P_{ai} = z_i \times \bar{P}_a$.

VECTEUR Z APRES 3 ITERATIONS				E-ECARTS A Z			PAGE	TROIS	1
NBRE STATIONS	ANNEE	VECTEUR	CUMUL O.OO	MOYENNE	MOMENT 2				
5	1964	1.0481	0.05	0.0000	0.000754			1964	
6	1965	0.7774	-0.17	0.0000	0.005633			1965	
7	1966	1.4021	0.23	-0.0469	0.025969			1966	
5	1967	0.8826	0.11	0.0000	0.008305			1967	
7	1968	0.8681	-0.02	0.0000	0.003229			1968	
7	1969	1.0629	0.04	0.0000	0.002280			1969	
7	1970	1.5967	0.64	0.0000	0.002430			1970	
7	1971	0.6159	0.25	0.0000	0.003138			1971	
7	1972	1.0672	0.32	0.0000	0.002691			1972	
7	1973	0.7619	0.08	0.0000	0.005208			1973	
7	1974	1.0205	0.10	0.0000	0.002789			1974	
7	1975	0.7653	-0.13	0.0000	0.003760			1975	
7	1976	0.8346	-0.30	0.0000	0.003482			1976	
7	1977	1.0000	-0.30	-0.0275	0.010487			1977	
7	1978	0.9127	-0.38	-0.0252	0.007130			1978	
6	1979	1.3994	0.02	-0.0457	0.022095			1979	
6	1980	0.6818	-0.30	0.0000	0.005326			1980	
6	1981	1.3028	-0.00	0.0000	0.025647			1981	

POUR LES Z DU VECTEUR NBRE D ANNEES 18 MOYENNE 1.
 VARIANCE 0.0698038 COEF ASY 0.706 COEF VAR 0.2642
 PROB AU DEPT TEST HOMOGENEITE 0.793 STRICT COEF AUTOCORRELATION -0.501

Tableau 1 - Sortie d'imprimante page TROIS

MATRICE DES 118 E-ECARTS A Z:PRECIPITATION/MOYENNE-VECTEUR														PAGE	CINQ	1
*1720*1020*1040*1640*1050*1740*1750*																
1964	****	-.05	0.02	****	0.01	0.01	0.01	****	****	****	****	****	****	****	1964	
1965	****	-.02	-.11	0.14	0.02	-.05	0.02	****	****	****	****	****	****	****	1965	
1966	0.03	-.39	0.12	0.00	-.04	-.10	0.05	****	****	****	****	****	****	****	1966	
1967	-.06	-.13	****	0.10	-.01	****	0.10	****	****	****	****	****	****	****	1967	
1968	-.09	-.05	-.03	0.08	0.02	0.07	0.01	****	****	****	****	****	****	****	1968	
1969	0.03	-.07	-.00	0.07	-.02	0.04	-.05	****	****	****	****	****	****	****	1969	
1970	-.04	0.10	-.01	0.02	0.00	-.08	-.00	****	****	****	****	****	****	****	1970	
1971	-.08	0.04	0.01	0.10	-.03	0.01	-.06	****	****	****	****	****	****	****	1971	
1972	-.03	-.04	0.00	0.11	-.00	0.03	-.07	****	****	****	****	****	****	****	1972	
1973	-.06	0.05	-.08	0.00	0.14	0.02	-.07	****	****	****	****	****	****	****	1973	
1974	-.04	-.08	-.05	0.06	0.05	0.04	0.02	****	****	****	****	****	****	****	1974	
1975	-.05	0.02	-.04	-.09	0.11	0.05	-.00	****	****	****	****	****	****	****	1975	
1976	0.00	-.04	-.03	-.10	0.09	0.03	0.05	****	****	****	****	****	****	****	1976	
1977	-.06	0.10	-.04	-.23	0.05	-.03	0.02	****	****	****	****	****	****	****	1977	
1978	0.02	-.01	-.03	-.21	0.04	0.02	-.00	****	****	****	****	****	****	****	1978	
1979	0.06	0.06	0.01	-.35	-.03	-.02	****	****	****	****	****	****	****	****	1979	
1980	0.11	0.01	0.06	-.07	-.11	-.00	****	****	****	****	****	****	****	****	1980	
1981	0.17	0.11	0.09	-.25	-.20	0.09	****	****	****	****	****	****	****	****	1981	

*1720*1020*1040*1640*1050*1740*1750*

MOMENTS DES E MT1 -.823650-02 MT2 0.767500-02 MT3 -.114600-02 MT4 0.450510-03

$$\sigma = \sqrt{MT2} = 0,888$$

Tableau 2 - Sortie d'imprimante page CINQ

CUMULS VECTEUR ET STATIONS											PAGE	SEPT	
VECT	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972			
1720	-0.00	-1.30	-2.26	4.03	5.04	6.01	7.37	9.30	9.96	11.25	NO 1720	REP	1
1020	0.00	1.33	2.34	3.70	4.71	5.80	7.13	9.40	10.28	11.66	NO 1020	REP	2
1040	0.00	1.43	2.33	4.38	-5.57	6.69	8.12	10.25	11.08	12.52	NO 1040	REP	3
1640	-0.00	-1.43	2.68	4.60	5.95	7.24	8.78	11.00	11.98	13.58	NO 1640	REP	4
1050	0.00	1.34	2.35	4.08	5.19	6.31	7.63	9.66	10.40	11.75	NO 1050	REP	5
1740	0.00	1.33	2.25	3.89	-5.00	6.19	7.58	9.50	10.28	11.66	NO 1740	REP	6
1750	0.00	1.38	2.41	4.29	5.56	6.70	8.01	10.08	10.80	12.10	NO 1750	REP	7
VECT	0.00	1.05	1.83	3.23	4.11	4.98	6.04	7.64	8.25	9.32	VECTEUR		

CUMULS VECTEUR ET STATIONS											PAGE	SEPT	
VECT	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981				
1720	12.12	13.33	14.21	15.25	16.41	17.57	19.38	20.38	22.18	*****	NO 1720	REP	1
1020	12.75	14.01	15.06	16.13	17.60	18.80	20.75	21.89	23.87	*****	NO 1020	REP	2
1040	13.44	14.74	15.72	16.79	18.08	19.26	21.16	22.15	24.02	*****	NO 1040	REP	3
1640	14.63	16.10	17.03	18.03	19.08	20.03	21.46	22.30	23.74	*****	NO 1640	REP	4
1050	12.89	14.24	15.35	16.52	17.86	19.07	20.80	21.52	22.92	*****	NO 1050	REP	5
1740	12.64	13.99	15.01	16.10	17.32	18.50	20.24	21.09	22.84	*****	NO 1740	REP	6
1750	12.99	14.35	15.33	16.48	17.81	18.98	20.80	21.68	23.37	*****	NO 1750	REP	7
VECT	10.08	11.10	11.87	12.70	13.70	14.62	16.02	16.70	18.00	*****	VECTEUR		

Tableau 3 - Sortie d'imprimante page SEPT

RAILS DES DOUBLES CUMULS ENTRE VECTEUR ET STATIONS										19 POINTS	PAGE	HUIT	1
1720	LA GUADELOUPE	FERME MAY						16 ANNEES OBSERVEES	NO 1720 REP	1			
TGTE	INF ANNEES	1966;1981	PENTE	1228.4	DISTANCE	0.39	UNITE VECT	ESP	0.20				
TGTE	SUP ANNEES	1975;1977	PENTE	1199.2	DISTANCE	0.51	UNITE VECT	//XM	0.47				
1020	LA GUADELOUPE	GARDEL USINE STE MARIE						18 ANNEES OBSERVEES	NO 1020 REP	2			
TGTE	INF ANNEES	1963;1981	PENTE	1309.7	DISTANCE	0.60	UNITE VECT	ESP	0.38				
TGTE	SUP ANNEES	1969;1976	PENTE	1350.3	DISTANCE	0.76	UNITE VECT	//XM	0.72				
1040	LA GUADELOUPE	LABARTHE						17 ANNEES OBSERVEES	NO 1040 REP	3			
TGTE	INF ANNEES	1972;1981	PENTE	1325.0	DISTANCE	0.20	UNITE VECT	ESP	0.15				
TGTE	SUP ANNEES	1965;1978	PENTE	1323.6	DISTANCE	0.21	UNITE VECT	//XM	0.30				
1640	LA GUADELOUPE	MARLY						17 ANNEES OBSERVEES	NO 1640 REP	4			
TGTE	INF ANNEES	1972;1981	PENTE	1411.0	DISTANCE	1.48	UNITE VECT	ESP	0.49				
TGTE	SUP ANNEES	1963;1981	PENTE	1319.1	DISTANCE	1.10	UNITE VECT	//XM	1.30				
1050	LA GUADELOUPE	MONPLAISIR						18 ANNEES OBSERVEES	NO 1050 REP	5			
TGTE	INF ANNEES	1963;1978	PENTE	1304.5	DISTANCE	0.43	UNITE VECT	ESP	0.27				
TGTE	SUP ANNEES	1972;1981	PENTE	1287.2	DISTANCE	0.39	UNITE VECT	//XM	0.48				
1740	LA GUADELOUPE	POMBIRAY						17 ANNEES OBSERVEES	NO 1740 REP	6			
TGTE	INF ANNEES	1964;1981	PENTE	1268.7	DISTANCE	0.17	UNITE VECT	ESP	0.16				
TGTE	SUP ANNEES	1967;1971	PENTE	1273.3	DISTANCE	0.18	UNITE VECT	//XM	0.26				
1750	LA GUADELOUPE	RENEVILLE						15 ANNEES OBSERVEES	NO 1750 REP	7			
TGTE	INF ANNEES	1968;1981	PENTE	1280.5	DISTANCE	0.25	UNITE VECT	ESP	0.16				
TGTE	SUP ANNEES	1963;1973	PENTE	1288.7	DISTANCE	0.22	UNITE VECT	//XM	0.25				

Tableau 4 - Sortie d'imprimante page HUIT

- de la page HUIT (tableau 4) qui donne entre autre par station les millésimes des points sur lesquels s'appuient les rails englobant toutes les valeurs, y compris les années non observées mais reconstituées. On donne en outre la distance des deux droites parallèles les plus proches de pente 1/moyenne étendue, entre lesquelles se trouvent les seuls points observés, distance écrite après // XM, ainsi que l'espérance mathématique optimum ESP de // XM, compte-tenu du nombre d'années observées et du coefficient de corrélation de la station avec Z.

Muni de ces outils, ou plutôt de ces indices, on peut confirmer ou infirmer les anomalies repérées puis les corriger par approches successives ; dans le cas présent on a confirmé :

- des erreurs d'appareillage aux stations 1640 et 1050. Ces erreurs ont été constatées sur le terrain en mars 1981 ;
- des erreurs de recopie pour l'année 1966 à la station 1020.

N.B. Il est nécessaire de dire qu'il ne faut pas vouloir corriger à tout prix ce qui semble déranger. En effet, en fin de travail, il doit rester par exemple 5 % de valeurs extérieures (mais proches) de 2 écarts-types, soit 6 stations-années sur le tableau 2 (où 2 écarts-types = 0.18, avant corrections).

III - APPLICATIONS SOUS CLIMATS INTERTROPICAUX ET MEDITERRANEENS :

Le tableau 5 donne les caractéristiques quantitatives de sept études faites sur des régions de tailles très variées.

On voit que le nombre de régions homogènes qui ont été identifiées ne dépend pas de la superficie de la zone étudiée, mais plutôt :

- de la densité des postes d'observation,
- de la variabilité (saisonnnière et interannuelle), de préférence à l'abondance annuelle. Ainsi, en Basse-Terre de Guadeloupe (Ile montagneuse), on a pu rassembler dans une même région des pluviomètres dont les totaux annuels varient entre 1 000 et 10 000 mm, mais situés d'un même côté des lignes de crête-au vent ou sous le vent. (CHAPERON et al. 1985).

D'autre part, G. HIEZ, G. JACCON et L. RANCAN (1983) ont appliqué la méthode dans le Nordeste, puis à l'ensemble du territoire du Brésil, sur un réseau de mailles hexagonales de 12 500 km² qui peuvent être groupées ou divisées à volonté.

Tableau 5 - Caractéristiques quantitatives de sept études

	Superficie étudiée (km ²)	Nombre d'années (fin d'étude)	Nombre de stations retenues	Nombre de régions
Bassin du LAC TCHAD (aménagement)	1 000 000	31	101	16
République du BENIN (monographie)	112 600	60	57	6
République du TOGO (atlas)	56 000	49	72	9
Centre de la TUNISIE (monographie)	9 700	55	83	6
LAC ALAOTRA-MADAGASCAR (modèle)	7 000	35	30	2
Iles de GUADELOUPE (monographie)	1 520	50	105	5
Ile de TAHITI (monographie)	1 000	15	78	10

Tableau 6 - Caractéristiques statistiques de quatre études

ETUDE	NOMBRE DE STATIONS				OBSERVATIONS
	en début d'étude	supprimées pour fautes nombreuses	avec erreurs d'appareil	avec correc. de périodes hétérogènes	
BENIN	69	12	25	27	60 ans
ALAOTRA	45	15	11	9	35 ans
GUADELOUPE	131	26	21	71	50 ans
TAHITI	80	2	1	0	15 ans, pluvio. totalisateurs

Concernant les performances de la méthode, le tableau 6 établi pour quatre études récentes, montre que celle-ci permet des corrections assez nombreuses lorsqu'il y a nécessité, en particulier si l'étude porte sur une longue période.

IV - AVANTAGES COMPLEMENTAIRES DE LA METHODE :

La méthode du vecteur, et surtout le programme mis en oeuvre permettent d'effectuer les opérations suivantes :

- a) prendre en compte toutes les stations, y compris celles de courte durée (5, 6 ans) et celles dont la période n'est pas continue (lacunes sur plusieurs années).
- b) obtenir immédiatement une valeur étendue de la moyenne, sur la période du vecteur régional.
- c) éventuellement améliorer cette extension sur une période plus longue, en tenant compte de tous les vecteurs de l'étude (Vecteur des Vecteurs).
- d) effectuer, si nécessaire, le complément des totaux annuels manquants, et ceci en ne créant pas de biais dans la série reconstituée (conservation de l'écart-type de la chronique observée) :

Le tableau 7 donne les résultats de reconstitution des données non observées, en ajoutant à z_i une valeur EP (epsilon) obtenue après tirage au hasard d'une probabilité (comprise entre 0.02 et 0.98) dans une loi de Gauss de moyenne zéro et de variance MT^2 (variance des écarts à Z, page CINQ). La méthode de tirage au hasard est celle fournie par le constructeur IBM, valable pour les ordinateurs type 360 (BRUNET-MORET, 1969).

Ces valeurs reconstituées peuvent être utilisées :

- dans le cadre d'une modélisation hydrologique,
 - pour améliorer l'étude statistique des pluies annuelles d'une station, de courte durée en particulier.
- e) enfin, le vecteur des indices annuels est un bon instrument synthétique pour représenter la persistance d'années sèches ou humides, au cours de la période étudiée.

Comme exemple, nous prendrons l'étude du Bassin du Lac Tchad (BRUNET-MORET et al. 1979), qui couvre une superficie d'environ 1 000 000 de km^2 , et pour laquelle nous donnons -figure 2- la pluviométrie annuelle sur 31 ans (1946-1976), et le découpage en 16 régions d'homogénéisation.

La figure 3 représente pour deux régions septentrionales n° 1 et 5, et pour la région sud n° 9, la variation dans le temps du cumul des différences des z_i à leur moyenne 1.0 (cf. tableau 1, colonne 4) :

CALCULS INTERMEDIAIRES RECONSTITUTIONS DES ANNEES

KRU=PKORA TIREE AU HASARD ENTRE 0.02 & 0.98
 EP =ECART A ZI CORRESPONDANT A PRO
 PLU BESSIF = PNOY *ZI (C.A.D SANS TIRAGE AU HASARD)
 PLU RECO = PNOY *(ZI + EP)

IX = premiere valeur pour tirer au hasard = 8539387

ANN.STATIO= 1925	25	PNOY STA 1209.Z=1.1442	PRO=0.61334	EP=0.027	PLU BESSIF= 1383.	PLU RECO= 1415.
ANN.STATIO= 1925	34	PNOY STA 1262.Z=1.1442	PRO=0.64425	EP=0.034	PLU BESSIF= 1444.	PLU RECO= 1487.
ANN.STATIO= 1925	73	PNOY STA 1121.Z=1.1442	PRO=0.34543	EP=-.037	PLU BESSIF= 1283.	PLU RECO= 1241.
ANN.STATIO= 1925	79	PNOY STA 1249.Z=1.1442	PRO=0.27436	EP=-.055	PLU BESSIF= 1430.	PLU RECO= 1360.
ANN.STATIO= 1925	133	PNOY STA 1092.Z=1.1442	PRO=0.53729	EP=0.009	PLU BESSIF= 1249.	PLU RECO= 1259.
ANN.STATIO= 1926	25	PNOY STA 1209.Z=0.9337	PRO=0.75449	EP=0.064	PLU BESSIF= 1129.	PLU RECO= 1206.
ANN.STATIO= 1926	34	PNOY STA 1262.Z=0.9337	PRO=0.69130	EP=0.046	PLU BESSIF= 1178.	PLU RECO= 1237.
ANN.STATIO= 1926	73	PNOY STA 1121.Z=0.9337	PRO=0.35739	EP=-.034	PLU BESSIF= 1047.	PLU RECO= 1069.
ANN.STATIO= 1926	79	PNOY STA 1249.Z=0.9337	PRO=0.92260	EP=0.131	PLU BESSIF= 1167.	PLU RECO= 1331.
ANN.STATIO= 1926	133	PNOY STA 1092.Z=0.9337	PRO=0.31910	EP=-.043	PLU BESSIF= 1019.	PLU RECO= 972.
ANN.STATIO= 1927	25	PNOY STA 1209.Z=1.0890	PRO=0.61121	EP=0.026	PLU BESSIF= 1316.	PLU RECO= 1348.
ANN.STATIO= 1927	34	PNOY STA 1262.Z=1.0890	PRO=0.79532	EP=0.076	PLU BESSIF= 1374.	PLU RECO= 1470.
ANN.STATIO= 1927	73	PNOY STA 1121.Z=1.0890	PRO=0.27105	EP=-.056	PLU BESSIF= 1221.	PLU RECO= 1158.
ANN.STATIO= 1927	79	PNOY STA 1249.Z=1.0890	PRO=0.46846	EP=-.007	PLU BESSIF= 1361.	PLU RECO= 1352.
ANN.STATIO= 1927	133	PNOY STA 1092.Z=1.0890	PRO=0.37129	EP=-.030	PLU BESSIF= 1189.	PLU RECO= 1156.
ANN.STATIO= 1928	25	PNOY STA 1209.Z=1.1676	PRO=0.72803	EP=0.056	PLU BESSIF= 1411.	PLU RECO= 1479.
ANN.STATIO= 1928	34	PNOY STA 1262.Z=1.1676	PRO=0.26371	EP=-.058	PLU BESSIF= 1473.	PLU RECO= 1400.
ANN.STATIO= 1928	73	PNOY STA 1121.Z=1.1676	PRO=0.02998	EP=-.174	PLU BESSIF= 1309.	PLU RECO= 1114.
ANN.STATIO= 1928	79	PNOY STA 1249.Z=1.1676	PRO=0.80652	EP=0.080	PLU BESSIF= 1459.	PLU RECO= 1559.
ANN.STATIO= 1928	133	PNOY STA 1092.Z=1.1676	PRO=0.56931	EP=0.016	PLU BESSIF= 1275.	PLU RECO= 1292.
ANN.STATIO= 1929	25	PNOY STA 1209.Z=1.0422	PRO=0.15719	EP=-.093	PLU BESSIF= 1260.	PLU RECO= 1148.
ANN.STATIO= 1929	34	PNOY STA 1262.Z=1.0422	PRO=0.81931	EP=0.084	PLU BESSIF= 1315.	PLU RECO= 1422.
ANN.STATIO= 1929	73	PNOY STA 1121.Z=1.0422	PRO=0.50116	EP=0.000	PLU BESSIF= 1168.	PLU RECO= 1169.
ANN.STATIO= 1929	79	PNOY STA 1249.Z=1.0422	PRO=0.63322	EP=0.031	PLU BESSIF= 1302.	PLU RECO= 1342.
ANN.STATIO= 1929	133	PNOY STA 1092.Z=1.0422	PRO=0.28684	EP=-.051	PLU BESSIF= 1138.	PLU RECO= 1082.
ANN.STATIO= 1930	25	PNOY STA 1209.Z=0.9844	PRO=0.03408	EP=-.169	PLU BESSIF= 1190.	PLU RECO= 986.
ANN.STATIO= 1930	34	PNOY STA 1262.Z=0.9844	PRO=0.66496	EP=0.025	PLU BESSIF= 1242.	PLU RECO= 1273.
ANN.STATIO= 1930	73	PNOY STA 1121.Z=0.9844	PRO=0.32302	EP=-.042	PLU BESSIF= 1104.	PLU RECO= 1056.
ANN.STATIO= 1930	79	PNOY STA 1249.Z=0.9844	PRO=0.49351	EP=-.002	PLU BESSIF= 1230.	PLU RECO= 1228.
ANN.STATIO= 1930	133	PNOY STA 1092.Z=0.9844	PRO=0.05386	EP=-.149	PLU BESSIF= 1075.	PLU RECO= 913.
ANN.STATIO= 1931	25	PNOY STA 1209.Z=1.2518	PRO=0.88158	EP=0.109	PLU BESSIF= 1513.	PLU RECO= 1645.
ANN.STATIO= 1931	34	PNOY STA 1262.Z=1.2518	PRO=0.80474	EP=0.079	PLU BESSIF= 1580.	PLU RECO= 1680.
ANN.STATIO= 1931	73	PNOY STA 1121.Z=1.2518	PRO=0.09423	EP=0.115	PLU BESSIF= 1403.	PLU RECO= 1533.
ANN.STATIO= 1931	79	PNOY STA 1249.Z=1.2518	PRO=0.12273	EP=-.107	PLU BESSIF= 1564.	PLU RECO= 1430.
ANN.STATIO= 1931	133	PNOY STA 1092.Z=1.2518	PRO=0.68829	EP=0.045	PLU BESSIF= 1367.	PLU RECO= 1416.
ANN.STATIO= 1932	25	PNOY STA 1209.Z=0.9045	PRO=0.02518	EP=-.181	PLU BESSIF= 1093.	PLU RECO= 875.
ANN.STATIO= 1932	34	PNOY STA 1262.Z=0.9045	PRO=0.95642	EP=0.158	PLU BESSIF= 1141.	PLU RECO= 1341.
ANN.STATIO= 1932	73	PNOY STA 1121.Z=0.9045	PRO=0.51192	EP=0.003	PLU BESSIF= 1014.	PLU RECO= 1017.
ANN.STATIO= 1932	133	PNOY STA 1092.Z=0.9045	PRO=0.46376	EP=-.008	PLU BESSIF= 987.	PLU RECO= 978.
ANN.STATIO= 1933	25	PNOY STA 1209.Z=1.0313	PRO=0.17530	EP=-.086	PLU BESSIF= 1247.	PLU RECO= 1142.
ANN.STATIO= 1933	34	PNOY STA 1262.Z=1.0313	PRO=0.87798	EP=0.108	PLU BESSIF= 1361.	PLU RECO= 1437.
ANN.STATIO= 1933	73	PNOY STA 1121.Z=1.0313	PRO=0.69017	EP=0.046	PLU BESSIF= 1156.	PLU RECO= 1207.
ANN.STATIO= 1933	133	PNOY STA 1092.Z=1.0313	PRO=0.23925	EP=-.065	PLU BESSIF= 1126.	PLU RECO= 1055.
ANN.STATIO= 1934	25	PNOY STA 1209.Z=1.1274	PRO=0.22395	EP=-.070	PLU BESSIF= 1363.	PLU RECO= 1278.
ANN.STATIO= 1934	34	PNOY STA 1262.Z=1.1274	PRO=0.19042	EP=-.081	PLU BESSIF= 1423.	PLU RECO= 1320.
ANN.STATIO= 1934	73	PNOY STA 1121.Z=1.1274	PRO=0.12702	EP=-.105	PLU BESSIF= 1264.	PLU RECO= 1146.
ANN.STATIO= 1934	133	PNOY STA 1092.Z=1.1274	PRO=0.04834	EP=-.153	PLU BESSIF= 1231.	PLU RECO= 1063.
ANN.STATIO= 1935	25	PNOY STA 1209.Z=1.3005	PRO=0.14882	EP=-.097	PLU BESSIF= 1572.	PLU RECO= 1459.
ANN.STATIO= 1935	34	PNOY STA 1262.Z=1.3005	PRO=0.44586	EP=-.013	PLU BESSIF= 1641.	PLU RECO= 1625.
ANN.STATIO= 1935	55	PNOY STA 1336.Z=1.3005	PRO=0.35379	EP=-.035	PLU BESSIF= 1737.	PLU RECO= 1691.
ANN.STATIO= 1935	73	PNOY STA 1121.Z=1.3005	PRO=0.10999	EP=-.113	PLU BESSIF= 1458.	PLU RECO= 1331.

Tableau 7 - Calculs intermédiaires de reconstitution des années manquantes

$$C_i = \sum_{i=1}^{i=n} (z_i - 1)$$

où i est le numéro d'ordre de la série des z_i
 et n le nombre d'années du vecteur.

Pour la zone 5, par exemple, on interprète comme suit les variations de C_i

- une succession d'années relativement humides de 1949 à 1959, pendant lesquelles C_i reste croissant.
- une série d'années sensiblement moyennes de 1960 à 1967 (C_i constant dans son ensemble).
- une séquence d'années sèches de 1968 à 1976 (C_i décroît).

Les petites différences observées entre les deux régions 1 et 5 (années 1951, puis de 1962 à 1967, etc.), mais surtout la forte atténuation des amplitudes des séquences sèches et humides sur la région 9 (plus arrosée en moyenne) sont bien mises en évidence par ce graphique.

Avec de tels outils synthétiques, on peut espérer pouvoir comparer entre elles, les tendances climatiques sur des régions assez vastes, à l'échelle du continent par exemple.

V - CONCLUSION :

Malgré les avantages intéressants mis en évidence ci-dessus, il ne faut pas cacher qu'à l'instar de la méthode des totaux cumulés, la mise en oeuvre des vecteurs est un travail fastidieux et long ; chacune des sept études citées ci-dessus a demandé de 3 à 8 mois de travail d'ingénieur, toute préparation des données terminée.

Le défaut de la quasi-totalité des données que nous traitons, est le manque d'historique circonstancié des stations (déplacement du poste, changement d'appareillage, avec date, etc ...).

Toutefois, avec des observations "pas trop mauvaises", la méthode du vecteur permet, tout d'abord de déceler, puis de corriger avec prudence :

- les erreurs grossières et les erreurs d'appareillage nettes,
- les changements d'environnement ou d'emplacements confirmés par l'historique de préférence. En l'absence de confirmation, on ne retiendra qu'un nombre réduit de ces corrections pour une station : au maximum 2 à 3 périodes sur une trentaine d'années, pour fixer les idées.

VI - BIBLIOGRAPHIE :

- BRUNET-MORET (Y.), 1969. Etude de quelques lois statistiques utilisées en hydrologie.
Cah. ORSTOM, sér. hydro., vol. VI n° 3.
- BRUNET-MORET (Y.), 1979. Homogénéisation des précipitations.
Cah. ORSTOM, sér. hydro., vol. XVI n° 3-4,
pp. 147-170.
- BRUNET-MORET (Y.), COLOMBANI (J.), VUILLAUME (G.), 1979.
Etude des potentialités du bassin conventionnel du
Lac Tchad, ORSTOM Paris.
- CHAPERON (P.), L'HOTE (Y.), VUILLAUME (G.), 1985.
Les ressources en eau de surface de la Guadeloupe.
Monographie hydrologique de l'ORSTOM n° 7.
2 tomes, 847 pages - Paris.
- CHOW (V.T.), 1964. Handbook of applied hydrology. Mc Graw Hill Book
Company. New York, San Francisco, Toronto, London.
- HIEZ (G.L.G.), 1977. L'homogénéité des données pluviométriques.
Cah. ORSTOM, sér. hydro., vol. XIV, n° 2,
pp. 129-172.
- HIEZ (G.L.G.), RANCAN (L.), 1983.
Aplicacao do método do vetor regional no Brasil.
4ème Symposium brésilien des ressources hydriques,
Nov. 1983, Blumenau (Brésil).

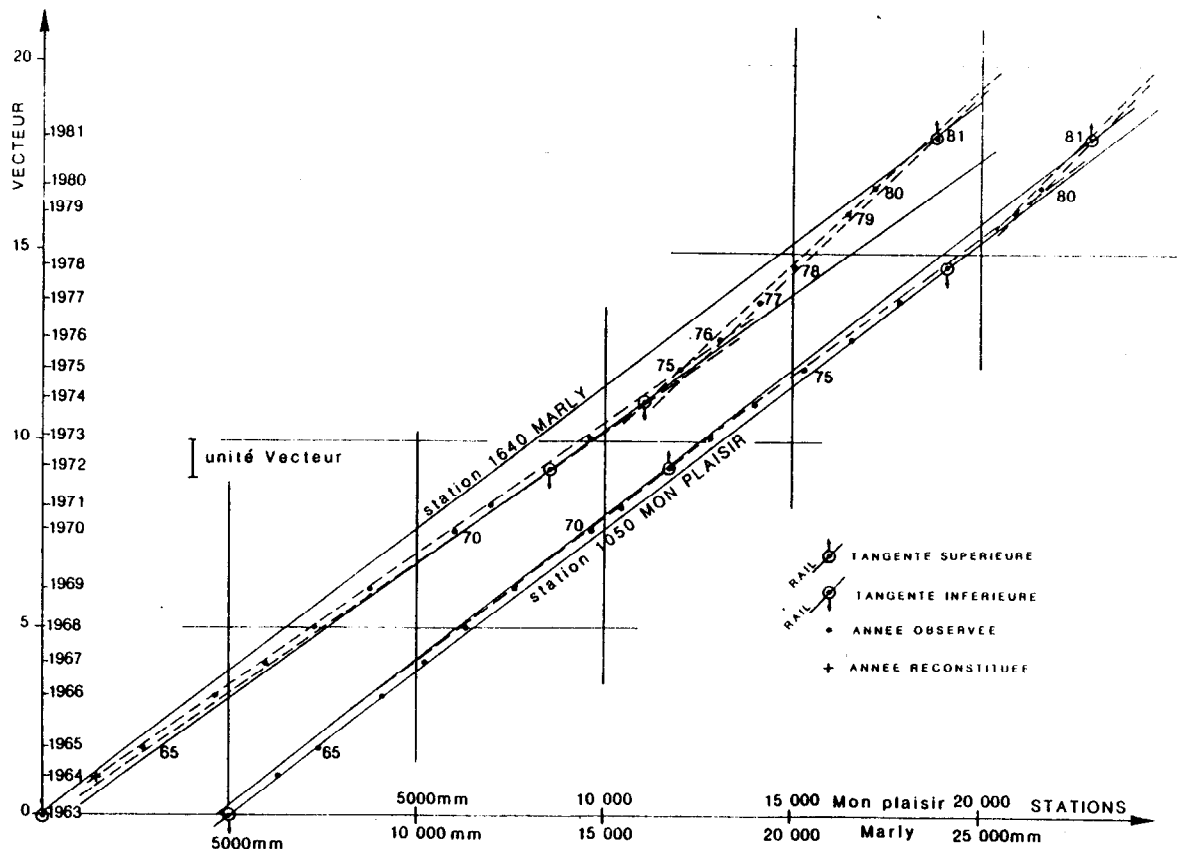


Fig-1- DOUBLE CUMUL ENTRE VECTEUR ET STATIONS

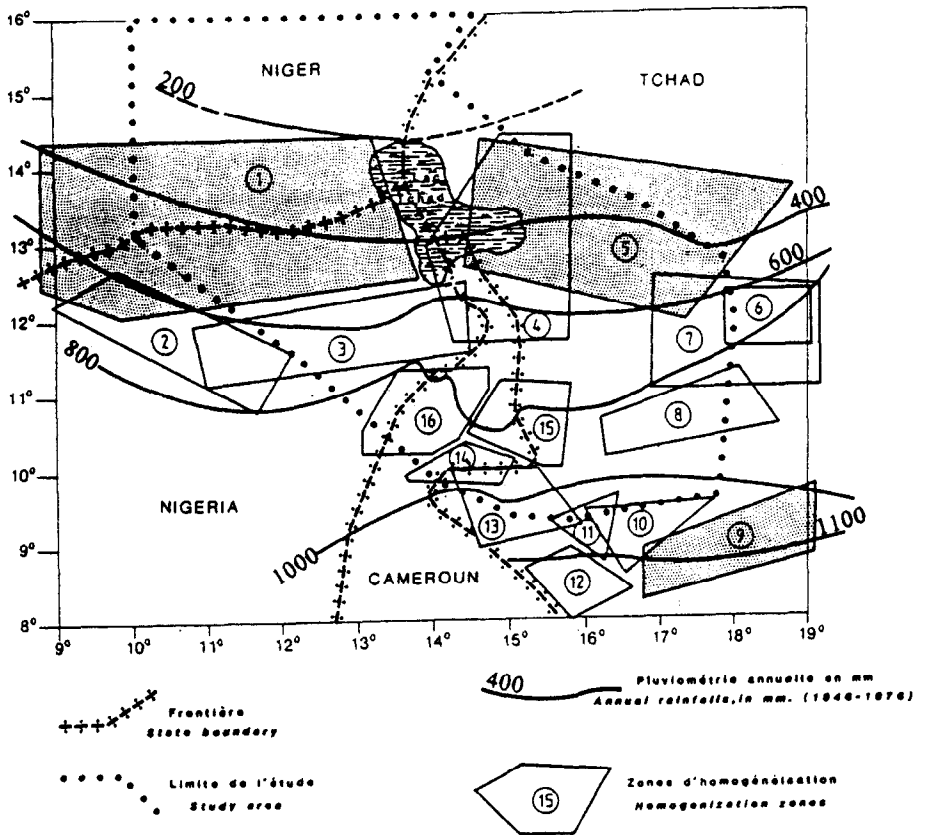


Fig-2 ETUDE DU BASSIN CONVENTIONNEL DU LAC TCHAD
 STUDY OF THE CONVENTIONAL CHAD LAKE BASIN

BV CONVENTIONNEL DU LAC TCHAD
 CONVENTIONAL CHAD LAKE BASIN

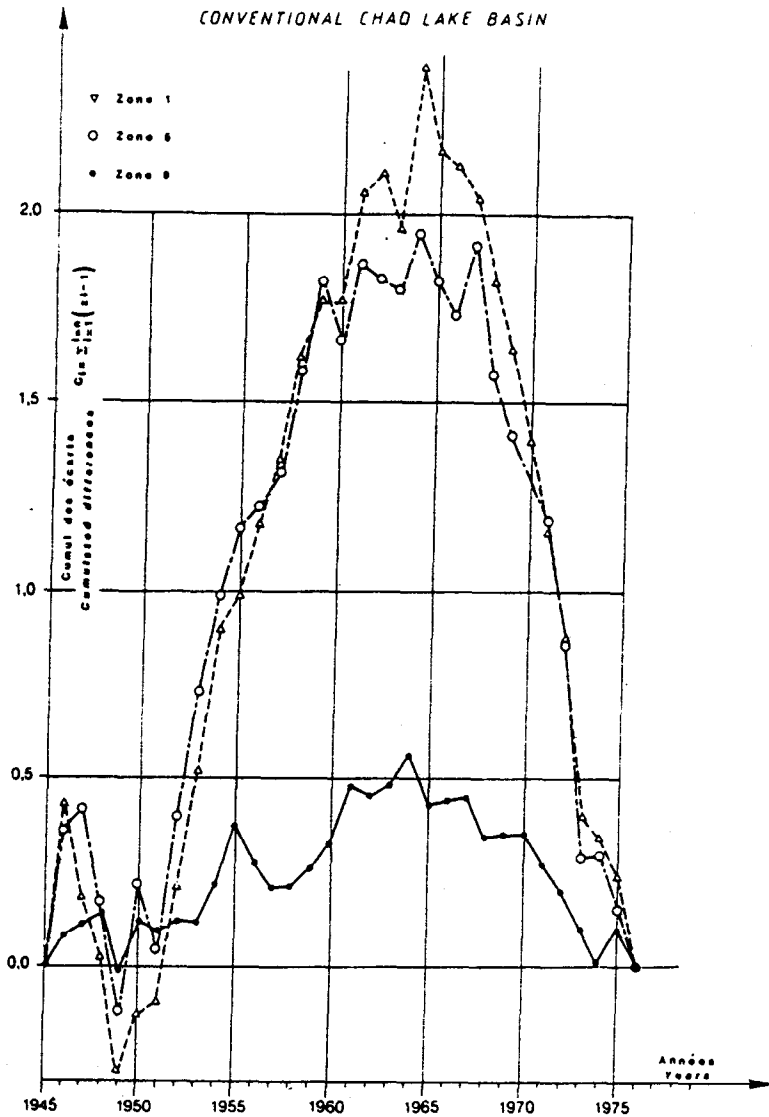


Fig-3 VARIATION DU CUMUL DES ECARTS DU VECTEUR A SA MOYENNE (1.000)
 VARIATION OF THE CUMULATED DIFFERENCES BETWEEN VECTOR AND ITS MEAN (1.000)