

CARACTERISATION DU PARAMETRE PLUIE : DISTRIBUTION DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

Jean Pierre Delhoume

Dans le milieu aride étudié, l'eau d'origine pluviale apparait bien comme le paramètre fondamental qui conditionne l'existence même de ce milieu, de ses formes vivantes et des activités humaines. Il importe donc de caractériser ce facteur de manière aussi précise et détaillée que possible.

Dans la zone d'étude, les pluies naturelles se caractérisent essentiellement par trois facteurs :

- leur rareté.
- leur concentration de juin à septembre, correspondant à une période de forte insolation.
- leur forte variabilité à la fois spatiale et temporelle.

Pour mettre en évidence ces caractéristiques, nous nous placerons à deux niveaux d'étude :

- le niveau ponctuel, c'est-à-dire l'étude de la pluie en un même site.
- le niveau spatial, c'est-à-dire l'étude de la pluie à un moment donné, en plusieurs sites distribués spatialement.

Nous étudierons ici essentiellement la pluviométrie, les données pluviographiques existantes pour la zone étudiée étant trop peu nombreuses.

Stations pluviométriques utilisées

Dans la Réserve de Mapimi, nous avons pour le même site, une station météorologique classique équipée d'un pluviomètre standard, pour lequel nous disposons de 11 années d'observations (1978-1988). Les coordonnées de cette station "Laboratoire du Désert" sont : latitude nord : $26^{\circ}41'$, longitude ouest : $103^{\circ}45'$, altitude : 1160 m.

Cependant, étant donné le nombre relativement peu élevé d'années d'observations dans la Réserve elle-même, il nous est apparu indispensable de positionner les données obtenues dans celle-ci par rapport à une station

pour laquelle nous disposons d'une plus longue période continue d'observations, ce qui permet ainsi de mieux définir les caractéristiques pluviométriques régionales. La station utilisée pour cela est celle de Ceballos, la plus proche de la Réserve, située à 42 km. à l'ouest de celle-ci et pour laquelle nous disposons d'observations de 1956 à 1987. Les coordonnées de cette station sont : latitude nord : 26°36'; longitude ouest : 104°18', altitude : 1188 m.

Pour l'étude de la pluviométrie au niveau spatial, nous disposons depuis 1987 d'un réseau de pluviomètres totalisateurs et standards distribués de manière spatiale sur une surface d'environ 30 km² (Fig. 1). Nous avons positionné les pluviomètres essentiellement en fonction du gradient topographique de la zone, qui varie de 1150 à 1475 m.

Caractérisation de la pluviométrie au niveau ponctuel

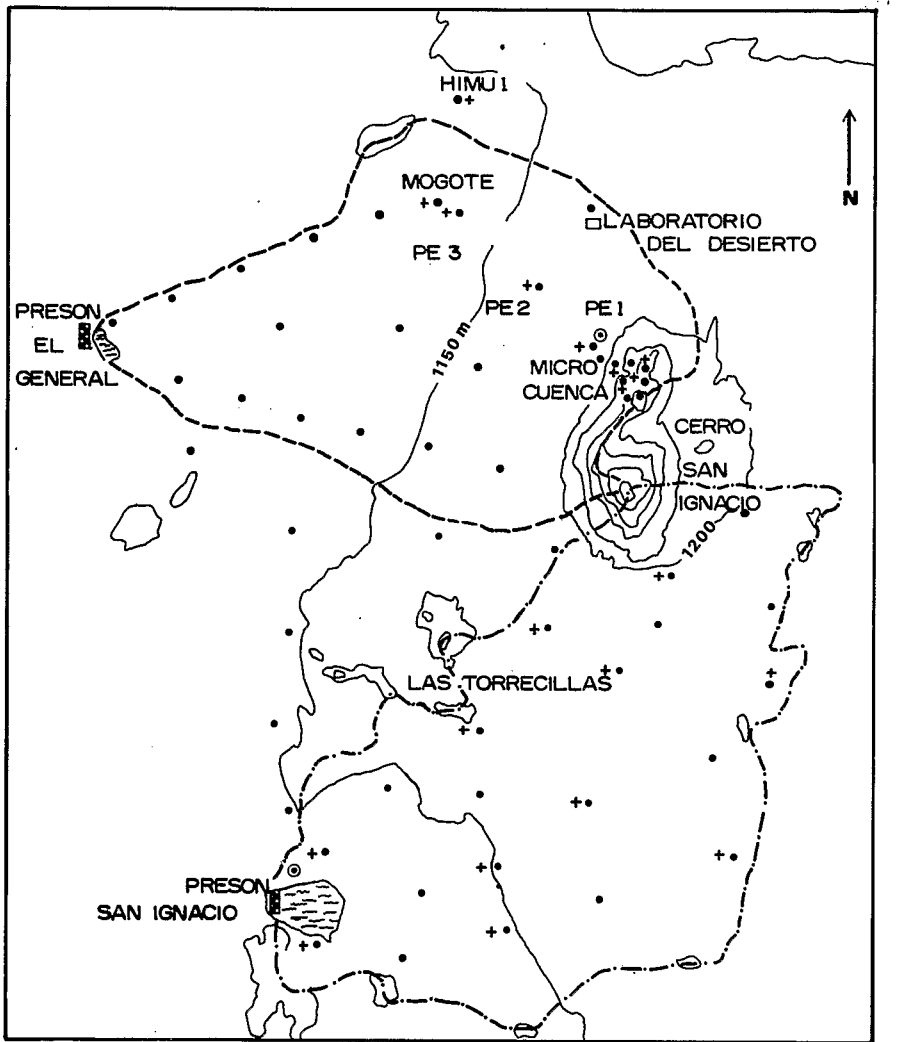
1. *Distribution annuelle de la pluviométrie*

11. *Hauteur de pluie annuelle (Fig. 2, tableaux 1 et 1bis)*

Pour les dix années d'observations complètes dont nous disposons pour la station Laboratoire (1979-1988), la hauteur moyenne interannuelle d'eau précipitée est de 283,8 mm. avec un écart-type de 62,3 mm. et un coefficient de variation de 22,0 %. Les hauteurs d'eau annuelle extrêmes mesurées sont de 198,7 mm en 1988 et 407,7 mm. en 1986.

Pour la station Ceballos, la moyenne interannuelle des précipitations, calculée à partir des années complètes, est de 293,0 mm. (période 1957-1985), avec un écart-type de 122,1 mm. et un coefficient de variation de 41,7%. Les extrêmes mesurés sont de 118,3 mm. en 1982 et 532,0 mm. en 1985.

Malgré la différence notable de durée d'observation entre les deux stations, leur hauteur moyenne annuelle de pluie est très voisine, avec cependant des variations interannuelles plus importantes pour Ceballos. Par contre, au cours d'une même année, la hauteur totale précipitée peut-être très différente entre les deux stations. Ce fut le cas en 1982 (118,3 mm. à Ceballos pour 254,1 mm. au Laboratoire) et en 1984 et 1985 (respectivement 479,7 mm. et 532,0 mm. à Ceballos pour 273,7 mm. et 323,7 mm. au Laboratoire). Pour quatre années, sur les sept d'observations communes entre les deux stations (1979-1985), la pluviométrie annuelle a été plus élevée à Ceballos qu'au Laboratoire.



- LIMITE DU BASSIN VERSANT SAN IGNACIO.
 - LIMITE DU BASSIN VERSANT EL GENERAL.
 - + PLUVIOMETRE SPIEA STANDART.
 - ⊙ PLUVIOGRAPHE R05
 - PLUVIOMETRE TOTALISATEUR.
 - ▤ PASSERELLE AVEC LIMNIGRAPHE.
 - PE PARCELLE D' EROSION.
- 0 0.5 1.0 1.5 km

Fig. 1. Distribution spatiale du réseau pluviométrique en fonction de la topographie (Réserve de la Biosphère de Mapimi).

TABLEAU I
PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE ET ANNUELLE DES STATIONS
LABORATOIRE (1978-1988) ET CEBALLOS (1956-1987)

Mois	Station Laboratoire (1978-1988)				Station Ceballos (1956-1987)			
	n	\bar{x}	σ	cv	n	\bar{x}	σ	cv
Janvier	10	12,1	15,3	126,4	30	11,1	14,5	130,6
Février	10	6,5	7,2	110,8	31	6,2	8,5	137,1
Mars	11	1,9	2,3	121,1	32	2,6	7,0	269,2
Avril	11	17,7	19,4	109,6	31	10,8	20,9	193,3
Mai	11	24,0	16,4	68,3	31	18,6	25,7	138,2
Juin	11	45,2	39,2	86,7	30	36,7	38,1	103,8
Juillet	11	50,4	32,3	64,1	30	44,6	35,5	79,6
Août	11	51,1	38,8	75,9	30	60,7	42,4	69,9
Septembre	11	32,9	27,7	84,2	30	55,1	47,9	86,9
Octobre	11	30,5	27,0	88,5	30	28,8	31,6	109,7
Novembre	11	9,2	12,6	136,9	30	7,4	10,2	137,8
Décembre	11	10,4	12,6	121,2	30	9,2	10,2	110,9
Total annuel des 12 mois	10/11	291,9	-----	-----	30/32	291,8	-----	-----
Année	10	283,8	62,3	22,0	28	293,0	122,1	41,7

\bar{x} = moyenne mensuelle ou annuelle de la pluviométrie (mm)
 σ = écart-type (mm)
 cv = coefficient de variation (%)
 n = nombre d'années d'observations

TABLEAU Ibis
POURCENTAGE DE LA PLUVIOMETRIE MENSUELLE PAR RAPPORT AU TOTAL
ANNUEL POUR LES STATIONS LABORATOIRE ET CEBALLOS

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Laboratoire (1978-1988)	4,1	2,2	0,6	6,1	8,2	15,5	17,3	17,5	11,3	10,4	3,2	3,6
Ceballos (1956-1987)	3,8	2,1	0,9	3,7	6,4	12,6	15,3	20,8	18,9	9,9	2,5	3,1

Il est possible de distinguer différents régimes pluviométriques pour la station de Ceballos (Fig. 2). Tout d'abord, la période 1959 à 1965 se caractérise par sa pluviométrie réduite (moyenne annuelle de cette période : 237,2 mm.), inférieure à la moyenne annuelle 1957-1985 et qui correspond à un période sèche. Puis, de 1966 à 1973, la pluviométrie devient plus élevée (moyenne annuelle de cette période : 352,0 mm.) avec une forte variation d'une année sur l'autre par rapport à la moyenne annuelle 1957-1985. Ensuite survient une nouvelle période sèche de 1974 à 1983 (moyenne annuelle de cette période : 236,4 mm.) à laquelle succède une période humide de 1984 à 1987 (moyenne annuelle de cette période : 460,0 mm.).

12. Nombre annuel de jours de pluie (tableaux 2 et 2bis).

Le nombre annuel moyen de jours de pluie est de 49,2 jours pour la station Laboratoire (écart-type : 11,0 jours et coefficient de variation : 22,4%) et de 42,1 jours pour la station Ceballos (écart-type : 10,5 jours et coefficient de variation : 25,1%).

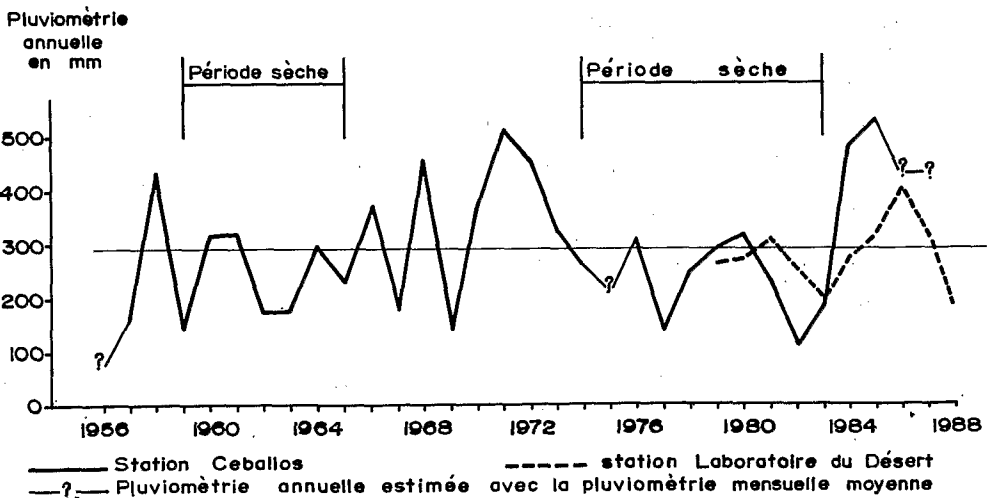


Fig. 2. Variabilité interannuelle de la pluviométrie pour les stations Ceballos et Laboratoire.

TABLEAU 2
STATION LABORATOIRE. DISTRIBUTION MENSUELLE DU NOMBRE DE JOURS
DE PLUIE POUR LA PERIODE 1978 A 1988

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
n	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10
\bar{x}	2,90	1,80	1,00	3,00	4,82	5,09	7,82	8,72	6,72	3,82	1,45	2,36	49,2
σ	2,64	1,03	1,18	2,79	1,72	2,70	3,49	3,07	4,54	2,96	1,29	1,57	11,0
cv	91,0	57,2	118,0	93,0	35,7	53,0	44,6	35,2	67,5	77,5	89,0	66,5	22,4

n = nombre d'échantillons
 \bar{x} = moyenne (jours)
 σ = écart-type (jours)
 cv = coefficient de variation (%)

TABLEAU 2bis
STATION CEBALLOS. DISTRIBUTION MENSUELLE DU NOMBRE DE JOURS DE
PLUIE POUR LA PERIODE 1956 A 1987

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
n	30	31	32	31	31	30	30	30	30	30	30	30	28
\bar{x}	2,20	1,65	0,66	1,45	2,84	4,60	6,53	7,43	6,10	4,17	1,67	2,03	42,1
σ	2,02	1,64	1,08	1,60	2,22	2,88	3,51	3,60	3,42	3,65	1,83	1,79	10,5
cv	91,8	99,4	163,6	110,3	78,2	62,6	53,8	48,5	56,1	87,5	109,6	88,2	25,1

n = nombre d'échantillons
 \bar{x} = moyenne (jours)
 σ = écart-type (jours)
 cv = coefficient de variation (%)

Les nombres annuels minimum et maximum de jours de pluie sont respectivement pour le Laboratoire de 33 jours en 1982 et de 67 jours en 1986 et de 22 jours en 1982 et de 61 jours en 1958 et en 1971 pour Ceballos.

13. Distribution annuelle des classes de hauteur de pluie

Nous avons classé les pluies journalières dans les dix classes de hauteur suivantes, ces pluies journalières correspondant dans la majorité des cas à une averse individuelle :

- classe 1 : pluie inférieure à 1 mm
- classe 2 : pluie de 1 à 4,9 mm
- classe 3 : pluie de 5 à 9,9 mm
- classe 4 : pluie de 10 à 19,9 mm
- classe 5 : pluie de 20 à 29,9 mm
- classe 6 : pluie de 30 à 39,9 mm
- classe 7 : pluie de 40 à 49,9 mm
- classe 8 : pluie de 50 à 59,9 mm
- classe 9 : pluie de 60 à 69,9 mm
- classe 10 : pluie de 70 à 79,9 mm

Pour les deux stations (tableaux 3 et 3bis), la majorité du nombre de pluies est de la classe 2, alors qu'ensuite, ce sont par ordre décroissant les pluies des classes 3, 4 et 1 pour Ceballos et 1,3 et 4 pour le Laboratoire. Le nombre des pluies des classes 5 et au-delà est insignifiant pour les deux stations.

TABLEAU 3
STATION CEBALLOS DISTRIBUTION DES PLUIES PAR CLASSE DE HAUTEUR.
RECAPITULATION 1957-1985

Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Année
\bar{x}	5,00	19,82	8,89	5,04	1,96	0,68	0,32	0,18	0,07	0,21	42,1
N σ	4,11	6,48	3,75	2,59	1,40	1,02	0,55	0,39	0,26	0,42	10,55
cv	82,2	32,7	42,2	51,4	71,4	150,0	171,9	216,7	371,4	200,0	25,1
\bar{x}	2,48	45,07	61,23	69,06	46,61	22,48	14,06	9,34	4,66	18,04	293
N σ	2,09	14,81	25,53	36,93	33,30	34,59	23,97	20,41	17,15	35,48	122,2
cv	84,3	32,9	41,7	53,5	71,4	153,9	170,5	218,5	368,0	196,7	41,7

(nombre d'années complètes d'observations : 28)

TABLEAU 3bis
STATION LABORATOIRE. DISTRIBUTION DES PLUIES PAR CLASSE DE
HAUTEUR. RECAPITULATION 1979-1988

Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Année
\bar{x}	12,60	19,80	7,90	5,90	1,80	0,70	0,30	0,10	0,10	0	49,2
N σ	6,40	4,08	2,88	3,0	1,14	1,06	0,48	0,32	0,32	----	11,0
cv	50,8	20,6	36,5	50,8	63,3	151,4	160,0	320,0	320,0	----	22,4
\bar{x}	5,15	47,95	55,50	83,72	43,00	23,32	13,39	5,02	6,80	0	283,8
N σ	2,57	10,96	21,50	39,66	25,42	35,96	21,65	15,87	21,50	----	62,3
cv	50,0	22,9	38,7	47,4	59,1	154,2	161,7	316,1	316,2	----	22,0

(nombre d'années complètes d'observations : 10)

\bar{x} = moyenne (mm)

σ = écart-type (mm)

cv = coefficient de variation (%)

N = nombre de pluies

H = pluviométrie (mm) correspondant à N

En ce qui concerne la contribution moyenne de chacune des classes au total annuel précipité, ce sont, par ordre décroissant, les classes 4, 3, 5 et 2 qui contribuent le plus à ce total à Ceballos, tandis que pour le Laboratoire, ce sont les classes 4, 3, 2 et 5.

A ce niveau annuel, il est assez remarquable de constater que les deux stations étudiées ont un comportement presque identique, les différences étant masquées par le fait qu'il s'agit de moyennes annuelles. C'est lorsque nous allons étudier la pluviométrie au niveau mensuel ou saisonnier que les différences entre les deux stations vont devenir beaucoup plus marquées.

2. Distribution mensuelle de la pluviométrie

21. Hauteur de pluie mensuelle (Fig. 3, tableau 1)

Pour le Laboratoire, la pluviométrie mensuelle moyenne varie, pour la période 1978-1988, d'un minimum de 1,9 mm en mars à un maximum de 51,1 mm en août. Pour Ceballos, ces minima et maxima correspondent au même mois et sont respectivement de 2,6 mm et 60,7 mm.

Pour les deux stations, ce sont les mêmes mois qui sont, soit les plus secs, soit les plus arrosés. Cependant il existe une différence entre les hauteurs moyennes mensuelles des deux stations, qui s'accroît lorsque la pluviométrie augmente, et en particulier pour le mois de septembre qui reçoit en moyenne 55,1 mm à Ceballos et 32,9 mm au Laboratoire. A noter que la pluviométrie moyenne mensuelle est toujours plus élevée dans cette dernière station, sauf pour les mois d'août et de septembre.

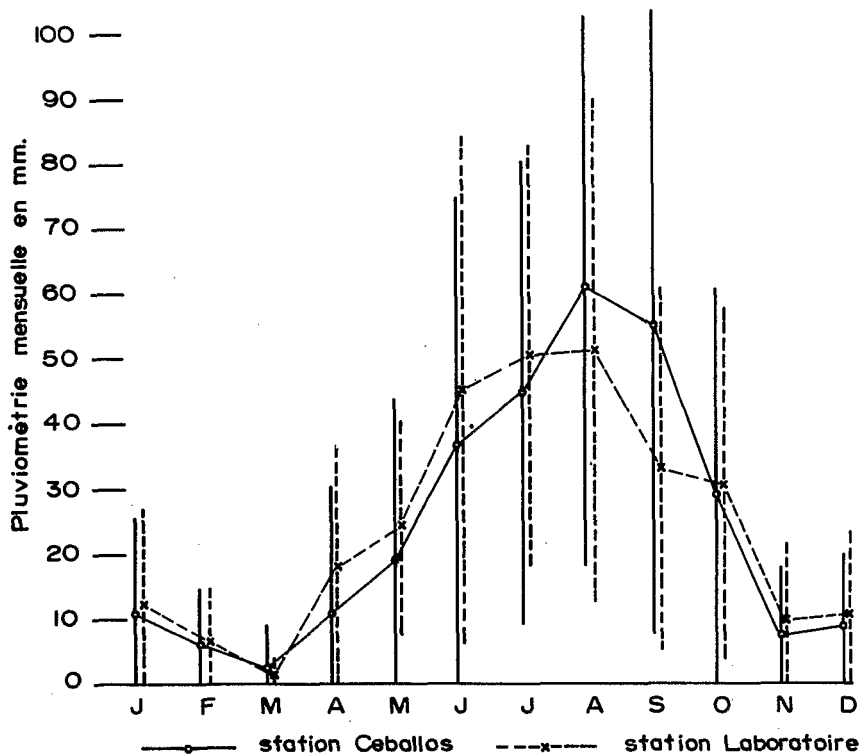


Fig. 3. Variabilité de la pluviométrie mensuelle pour les stations Ceballos (n = 30 ans) et Laboratoire (n = 11 ans) (Moyenne mensuelle et Ecart-type).

Cette similitude de la pluviométrie moyenne mensuelle entre les deux stations masque cependant la grande variabilité qui existe, d'une part, entre la pluviométrie mensuelle du même mois de la même station d'une année sur l'autre, et d'autre part, entre la pluviométrie du même mois entre les deux stations.

Ainsi, pour le Laboratoire, les pluviométries mensuelles extrêmes mesurées sont les suivantes :

	Minimum (mm)	Maximum (mm)
janvier	0,7	35,0
février	0,1	24,5
mars	0,0	6,9
avril	0,0	55,0
mai	0,5	51,5
juin	3,4	129,6
juillet	3,6	99,8
août	10,5	119,9
septembre	1,0	79,9
octobre	0,0	82,1
novembre	0,0	41,0
décembre	0,0	25,5

Pour Ceballos, la variabilité de ces extrêmes est encore plus accentuée :

	Minimum (mm)	Maximum (mm)
janvier	0,0	59,0
février	0,0	35,5
mars	0,0	39,0
avril	0,0	102,0
mai	0,0	117,0
juin	0,0	143,5
juillet	0,4	141,0
août	2,0	174,5
septembre	3,0	177,0
octobre	0,0	146,0
novembre	0,0	42,0
décembre	0,0	40,0

Ainsi, d'une année sur l'autre, la pluviométrie d'un même mois peut varier dans des proportions importantes, mais au cours de la même année, cette pluie mensuelle peut-être aussi très variable entre les deux stations, comme le montre les exemples suivants :

	Laboratoire (mm)	Ceballos (mm)
juin 1982	43,0	5,8
juillet 1982	84,6	29,1
juin 1984	48,6	111,0
juillet 1985	42,3	91,0
août 1985	73,4	24,0
septembre 1985	31,0	177,0
octobre 1985	46,1	87,0
mai 1986	33,8	117,0
avril 1987	32,0	102,0

Une forte proportion de la pluie est concentrée sur quelques mois. Ainsi, au Laboratoire, la pluviométrie moyenne de juin à septembre inclus représente 61,6% du total annuel moyen, et à Ceballos 67,6%.

Mais là aussi, il existe une forte variabilité dans cette répartition de la pluie mensuelle selon les années. Par exemple, la pluviométrie de juin à septembre inclus représente, au Laboratoire, 84,6% en 1979 et seulement 22,3% en 1981, tandis qu'à Ceballos, ce total saisonnier est de 86,3% et 85,8% respectivement en 1970 et 1967, et seulement 34,6% en 1957.

22. Nombre mensuel de jours de pluie

Ce sont les mois de juin, juillet, août et septembre qui présentent en moyenne le plus grand nombre de jours de pluie pour les deux stations, mais ce nombre est légèrement plus élevé au Laboratoire (5,1 à 8,7 jours) qu'à Ceballos (4,6 à 7,4 jours). A noter une différence notable en mai entre les deux stations : 4,8 jours au Laboratoire contre 2,8 jours à Ceballos. Pour les autres mois, le nombre mensuel de jours de pluie est inférieur à 3 jours, le minimum (1 jour) s'observant en mars.

Caractérisation de la pluviométrie au niveau spatial

A cette distribution très variable de la pluie dans le temps, s'ajoute une forte variabilité spatiale de celle-ci, comme le montrent les mesures obtenues depuis trois ans, à partir d'un réseau de 54 pluviomètres totalisateurs et de 20 pluviomètres standard distribués sur une surface de 30 km² (Fig. 1).

Ainsi, sur de courtes distances, 1 à 2 km en général, la pluviométrie varie très rapidement, comme le montrent les isohyètes des pluies des 29 juin (Fig. 4) et 26 juillet 1988 (Fig. 5). Ce mode de répartition de la pluie est dû essentiellement au type de précipitations survenant durant la "saison des pluies" : il s'agit d'orages localisés, plus ou moins violents, de courte durée mais à forte intensité. Pendant cette période de pluies, il survient en moyenne 3 ou 4 événements pluvieux de ce genre qui représentent en général plus de 80% du total de la "saison des pluies". A l'échelle de cette dernière, comme en 1988 par exemple (Fig. 6), on constate que la variabilité spatiale s'est ajoutée au lieu de se compenser, c'est-à-dire que les événements pluvieux se sont focalisés pratiquement sur le même site au lieu de se produire au hasard sur toute la zone. Il en résulte que cette année-là, le nord du secteur étudié a reçu 3 fois plus de précipitations que la partie sud. Il est cependant encore prématuré pour généraliser un tel résultat à l'ensemble du milieu aride, étant donné le nombre insuffisant de mesures concernant cette distribution spatiale de la pluie.

Conclusion

Dans le milieu aride étudié, les caractéristiques propres de la pluie naturelle apparaissent bien comme le paramètre fondamental à prendre en compte dans l'optique d'une exploitation de ce milieu par l'élevage bovin extensif. C'est essentiellement la disponibilité en eau qui va conditionner la réussite d'un tel élevage, en particulier en déterminant les possibilités de production végétale et donc d'approvisionnement en fourrages, ainsi que les possibilités d'abreuvement du bétail.

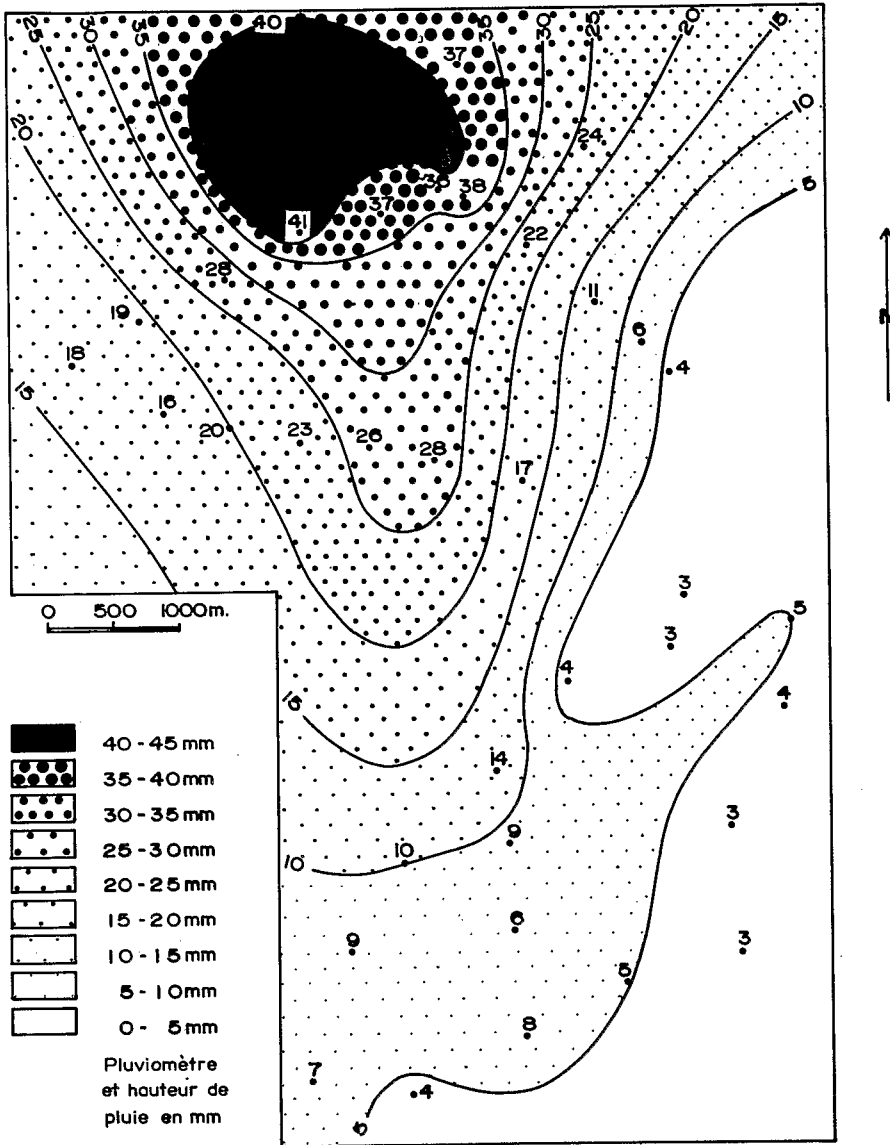


Fig. 4. Bassins versants El General et San Ignacio : Isohyètes de la pluie du 29 juin 1988 (en mm).

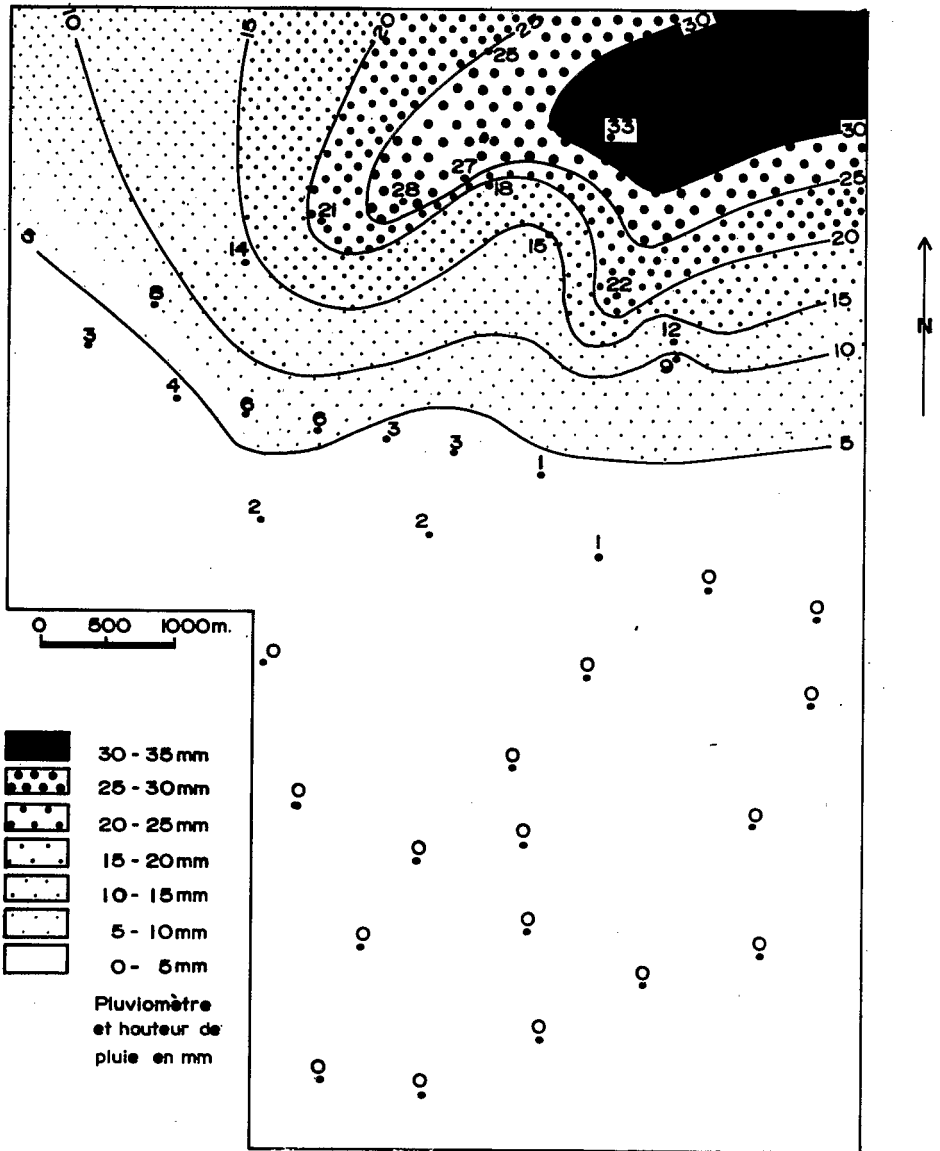


Fig. 5. Bassins versants El General et San Ignacio : Isohyètes de la pluie du 26 juillet 1988 (en mm).

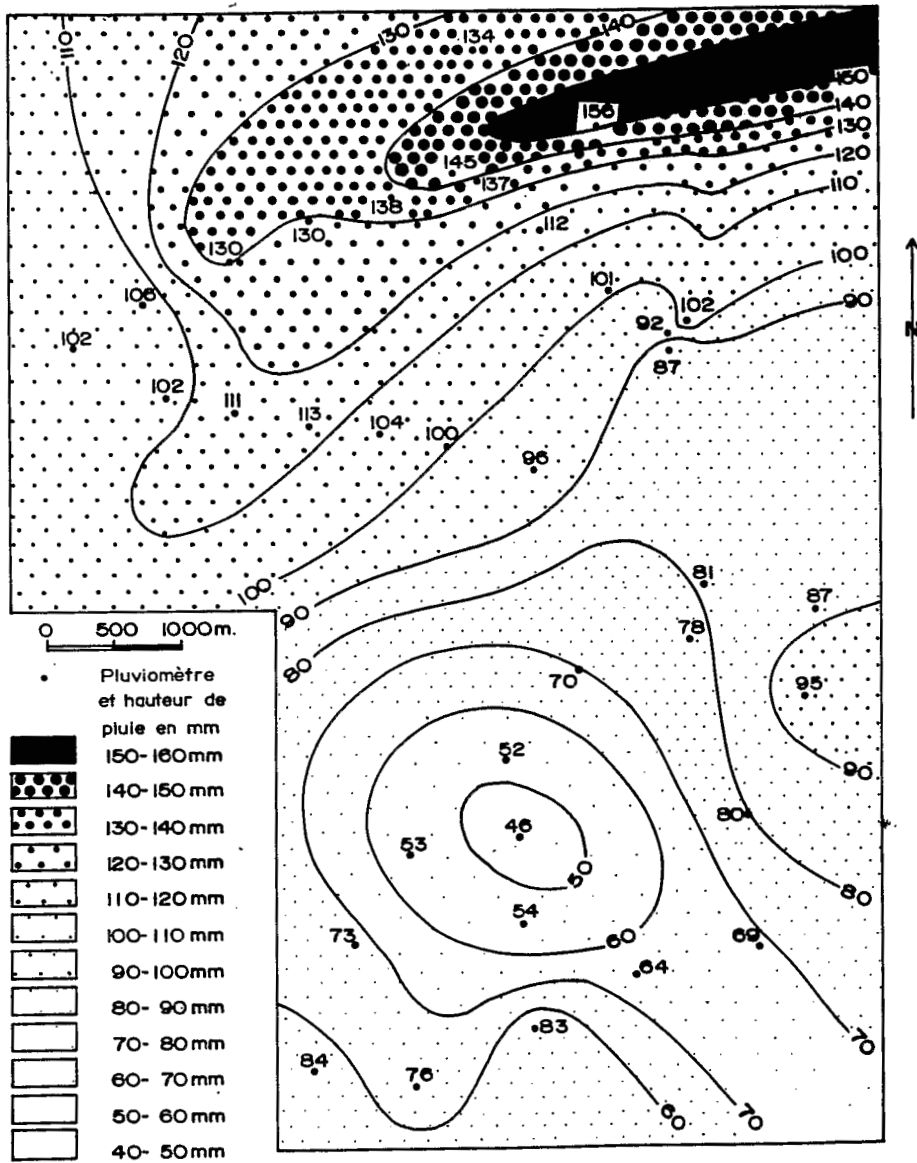


Fig. 6. Bassins versants El General et San Ignacio : Isohyètes de juin à septembre 1988 (en mm).