



**EPSAT**  
**NIGER**

Vers une estimation  
 des précipitations  
 par satellite au Sahel

N°INV  
 3148  
 cote  
 N°062716EAU  
 OL  
 TAU

CENTRE DE DOCUMENTATION  
 ORSTOM  
 NIAMEY

**EPSAT-NIGER**  
**ARCOL**

**CAMPAGNE 1993**

Jean Denis TAUPIN, Eric BONEF, Michel GREARD, Thierry LEBEL,  
 Olivier PONSEEL

Octobre 1995

**ORSTOM**



**DMN**

## AVANT-PROPOS

L'année 1993 a été la dernière campagne intensive du suivi des pluies dans le cadre du programme EPSAT-NIGER (Lebel et al., 1991 ; Taupin et al., 1992, 1993a), HAPEX-SAHEL (Goutorbe et al., 1994). Par rapport aux années précédentes on a effectué un redéploiement d'une partie du dispositif pluviographique pour pouvoir mieux appréhender les phénomènes atmosphériques de petites échelles. Pour cela, on a concentré près de 80 appareils sur une zone de 35 km par 25 km, englobant le site central. Ce dispositif dénommé ARCOL (A LA Recherche des Cellules Orageuses des Lignes de grains) a pour objectif la mise en évidence de cellules convectives de l'ordre du km<sup>2</sup> au coeur de la convection. Ces cellules dont la durée de vie serait de l'ordre de moins d'une heure et qui occuperaient une surface de quelques km<sup>2</sup>, détermineraient la discontinuité du système convectif aux échelles supérieures.

Il a été maintenu :

- un réseau de base d'une trentaine d'appareils, dont l'interdistance est de l'ordre de 25 kilomètres,
- une quinzaine d'appareils situés principalement sur le site central pour les besoins des équipes travaillant encore sur le programme HAPEX-SAHEL.
- une soixantaine d'appareils disposés sur la zone étendue du site central, alignés sur 6 transects Nord-Sud, l'interdistance moyenne sur une ligne donnée étant d'environ 1 kilomètre.

En ce qui concerne le suivi des convections par le radar numérisé de Niamey, la campagne s'est déroulée normalement jusqu'au 20 août, date à laquelle la rupture d'une dent de la crémaillère assurant la mobilité du radar autour de son axe a empêché la poursuite de la campagne.

Comme les années précédentes, un annuaire des pluies journalières enregistrées sur les 109 stations peut être disponible auprès du centre ORSTOM de Niamey.

## SOMMAIRE

1. Caractéristiques de la saison des pluies 1993	1	
2. Le réseau de pluviographes	12	
3. Analyses préliminaires des données pluviographiques	28	
4. Conclusions	64	
Références	66	
Annexe 1	Gestion du réseau de pluviographes et inventaire des pannes	A1.1
Annexe 2	Isohyètes des cumuls par épisodes	A3.1
Annexe 3	Tableaux des cumuls journaliers	A2.1
Annexe 4	Cumuls mensuels	A4.1
Annexe 5	Cumuls saisonniers aux postes du réseau du Niger	A5.1
Annexe 6	Liste des variogrammes modélisés	A6-1
Annexe 7	Listes des fichiers créés lors du traitement des données pluviographiques	A7.1
Annexe 8	Acquisitions radar	A8.1

## CARACTERISTIQUES DE LA SAISON DES PLUIES 1993 SUR LA REGION DE NIAMEY

En 1993, la saison des pluies sur la région de Niamey a été marquée d'une part par un début très tardif, les premières pluies ayant été enregistrées fin mai, et d'autre part par une fin précoce, fin septembre si l'on ne tient pas compte de la faible pluie enregistrée sur quelques postes dans la nuit du 8 au 9 octobre. Cette courte saison des pluies a entraîné, par ce fait même, un important déficit pluviométrique.

### 1.1 Distribution spatiale des cumuls saisonniers

Après une année pouvant être considérée comme normale en 1992, la saison 1993 (période de référence choisie 15 avril-15 octobre), avec une moyenne sur le degré carré estimée par krigeage de 463 mm avec un écart-type de krigeage de 70 mm, apparaît comme une année déficitaire. Cette moyenne est inférieure à la moyenne de la période sèche 1968-1989 d'environ 40 mm et inférieure d'environ 100 mm à la moyenne pluviométrique de la période 1950-1989 (station de référence Niamey Aéroport). Comme les années précédentes, la variabilité spatiale est importante. On observe un gradient entre le Sud et le Nord du degré carré, mais si dans la partie Nord les cumuls pluviométriques sont décroissants du Sud au Nord, dans la partie Sud, sur une même bande latitudinale, les gradients peuvent être très importants et inverses (Kollo - 593 mm, IH mil - 455 mm, distance 15 km, gradient  $9,2 \text{ mm.km}^{-1}$ ). Cela se traduit de fait par trois dômes pluviométriques dans la partie Sud, situés sur Kollo, Torodi et Yillade (**figure 1a**). Les valeurs extrêmes ont été enregistrées à la station de Gorou Goussa (n°80) et de Torodi (n° 86) respectivement égales à 314 et 619 mm sur une distance Nord-Sud de 90 km (**tableau 1**). On peut donc constater que le gradient climatologique observé à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, soit  $1 \text{ mm.km}^{-1}$ , est 3,4 fois inférieur à celui trouvé sur le degré carré. A l'échelle du site central (valeur moyenne krigée égale à 466 mm), les valeurs minimale et maximale ont été enregistrées à la station de Darey (n°18) et de Komakoukou (n° 6) respectivement égales à 417 et 571 mm, soit un écart de 154 mm sur une distance de 20 km ( $8 \text{ mm.km}^{-1}$ ) (**figure 1b**). De plus forts gradients ont été enregistrés sur cette zone puisque l'on atteint un gradient de  $14 \text{ mm.km}^{-1}$  entre la station de Komakoukou (571 mm) et celle de Korto (450 mm) distantes de moins de 9 km.

### 1.2 Distribution temporelle

La première pluie spatialement importante enregistrée sur le degré carré a eu lieu le 29 mai, au moins 30 % de stations touchées (**figure 2, tableau 2**), ce qui est déjà relativement tard comparativement aux années précédentes. Le dernier événement spatialement important mais restant faible en quantité (< à 1 % des événements majeurs) s'est passé le 9 octobre, c'est aussi la seule pluie enregistrée ce mois-ci. Pour le mois de septembre, on note encore 5 événements pluvieux étendus spatialement, représentant une moyenne de 49 mm sur le degré carré. En 1993, le nombre d'événements majeurs semble marqué comme en 1990 par le déficit pluviométrique, en effet pour ces deux années le nombre d'événements spatiaux sont les plus faibles (38 en 90 et 93) alors que pour 1991 et 1992 années où la pluviométrie peut être considérée comme normale par rapport à la période post 1968, le nombre d'événements est largement supérieur (48 en 91, 50 en 92). A noter que par comparaison aux autres années, si on ne tient pas compte des 5 lignes du réseau ARCOL (stations 201 à 266), on obtient le même nombre d'événements à des dates identiques, exception faite de l'événement du 31 mai. Il n'apparaît donc pas de biais important dans le calcul des événements spatiaux (au moins 30 % de stations touchées) même avec une sur représentation des postes sur le site central. La répartition des précipitations au cours de la saison présente un léger creux au mois de juillet (seconde décennie) mettant en évidence une



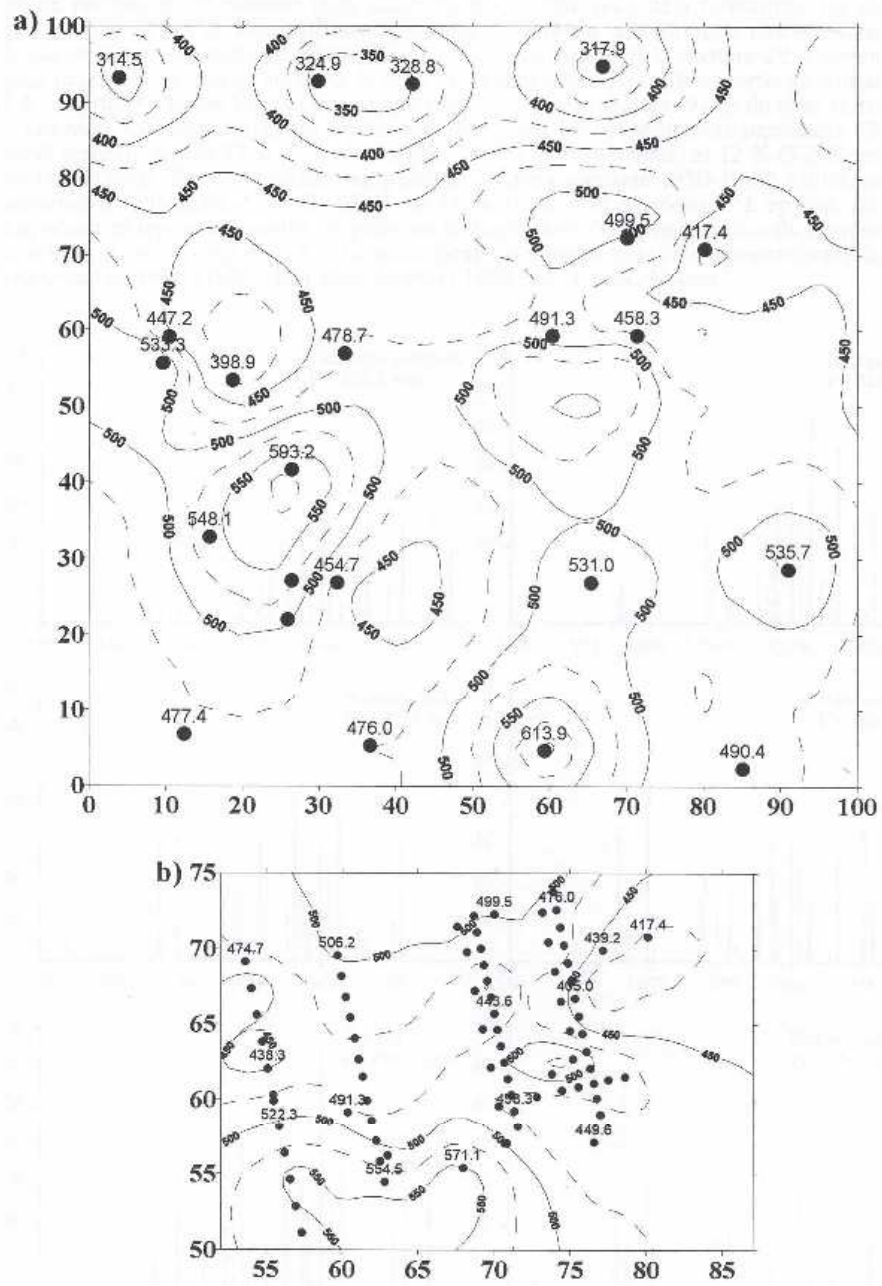


Figure 1: Isohyètes (mm) de la saison des pluies 1993 (15 avril-15 octobre) : a) sur le degré carré.  
b) sur la zone ARCOL.

petite période de sécheresse intra saisonnière que l'on avait déjà remarquée les saisons précédentes. Tant au Nord qu'au Sud du degré carré on ne remarque pas de différence importante dans les dates de début et de fin de saison, par contre le nombre d'événements est plus important au Sud qu'au Nord, le nombre d'événements étant lié en partie au cumul total (cf. chapitre 3). En ne tenant compte que des événements majeurs (91 % du total saisonnier - 423 mm), le cumul enregistré sur les mois de juillet, août et septembre représente 83% du total, respectivement 27 % (12 événements), 44 % (12 événements) et 12 % (5 événements) du cumul total. Par comparaison au poste de Niamey (période 1950-1989) juillet, août et septembre représentent 26 %, 32 % et 15 % du cumul saisonnier. L'épisode le plus important en terme de quantité de pluie sur le degré carré s'est passé le 13 août, représentant une lame d'eau de 37,3 mm. Sur les trois dernières années, c'est l'événement spatial le plus important recensé, (1991 - le 3 août, 36 mm ; 1992 - le 21 août, 43 mm ).

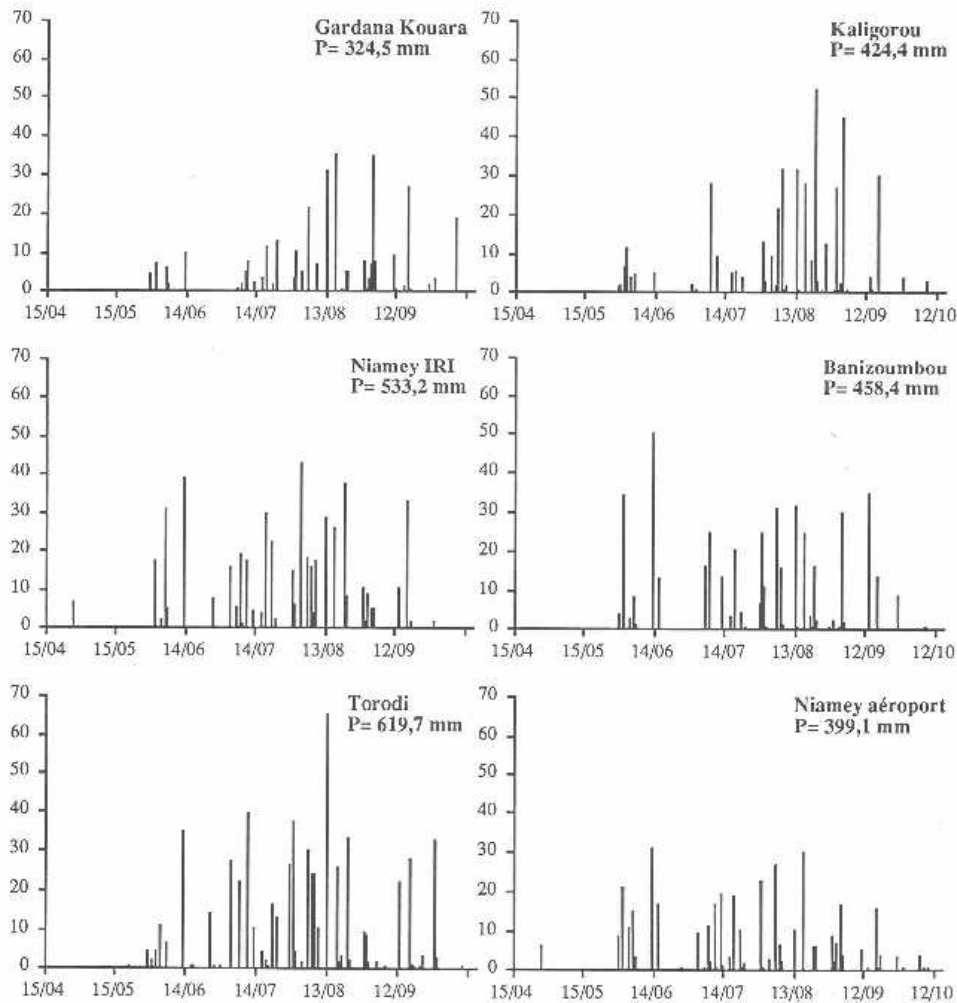


Figure 2: Chronologie des pluies journalières (mm) enregistrées sur 6 stations.

Tableau 1: Cumuls mesurés sur la période de fonctionnement et sur la période 15 avril - 15 octobre.

Station	n°Epsat	date installation	date démontage	cumul seu période totale	cumul seu 15/04-15/10
Alkama	43	9 Février	15 Octobre	502,6	502,6
Banizoumbou	11	permanent	19 Octobre	458,3	458,3
Banizoumbousol	911	permanent	19 Octobre	455,5	455,5
Bazanga Bangou CW	5	18 Février	22 Octobre	461,8	461,8
Beri Koira CW	21	11 Février	20 Octobre	lacune	lacune
Berkiawal	28	11 Février	25 Octobre	478,7	478,7
Botoladie	84	12 Février	21 Octobre	449,0	449,0
Boubon Golf	85	12 Février	25 Octobre	507,9	507,9
Darey CE	18	17 Février	15 Octobre	417,4	417,4
Darey Bangou CE	115	17 Février	15 Octobre	439,2	439,2
Debere Gati	25	3 Février	25 Octobre	477,4	477,4
Fandou Beri CW	9	24 Février	28 Octobre	491,3	491,3
Gamonzon	34	5 Février	18 Octobre	397,8	397,0
Gardana Kouara	50	8 Février	22 Octobre	324,9	324,9
Gorou Goussa	80	8 Février	22 Octobre	314,5	314,5
Guilahel	49	3 Février	21 Octobre	548,1	548,1
Harikanassou	41	5 Février	18 Octobre	535,7	535,7
IH Jacher.hape	105	permanent	29 Octobre	545,5	545,5
IH Mil	106	permanent	29 Octobre	454,7	454,7
IH Plateau	107	permanent	25 Octobre	502,5	502,5
Kaligorou	61	9 Février	15 Octobre	424,4	424,4
Kare	29	3 Février	21 Octobre	476,0	476,0
Kokorbe Fandou	73	11 Février	20 Octobre	317,9	317,9
Kollo	54	permanent	2 Novembre	593,2	593,2
Kollosol	54	permanent	2 Octobre	lacune	lacune
Komakoukou CE	6	16 Février	22 Octobre	571,1	571,1
Korto CE	111	24 Février	22 Octobre	449,6	449,6
Koure Kobade	26	4 Février	19 Octobre	388,1	388,1
Koure Sud	51	4 Février	19 Octobre	533,6	531,0
Koyria	82	12 Février	25 Octobre	348,5	348,5
LA1SA	201	2 Avril	4 Octobre	513,9	513,9
LA1SB	202	1 Avril	4 Octobre	476,0	476,0
LA1SC	203	8 Avril	4 Octobre	495,7	495,7
LA1SD	204	8 Avril	3 Novembre	492,7	492,7
LA1SE	205	8 Avril	3 Novembre	443,8	443,8
LA1SF	206	21 Avril	26 Octobre	413,0	413,0
LA1SG	207	9 Avril	26 Octobre	405,0	405,0
LA1SH	208	7 Avril	22 Octobre	lacune	lacune
LA1SI	209	7 Avril	22 Octobre	450,4	450,4
LA1SL	212	31 Mars	28 Octobre	499,6	499,6
LA2SA	215	1 Avril	28 Octobre	496,4	496,4
LA2SB	216	2 Avril	28 Octobre	496,8	496,8
LA2SC	217	9 Avril	26 Octobre	lacune	lacune
LA2SD	218	21 Avril	27 Octobre	527,1	527,1
LA2SF	220	7 Avril	27 Octobre	547,3	547,3
LA2SH	222	31 Mars	20 Octobre	467,8	467,8
LE1SA	223	12 Mars	1 Novembre	lacune	lacune
LE1SB	224	12 Mars	1 Novembre	495,4	495,4
LE1SC	225	16 Mars	2 Novembre	489,9	489,9
LE1SD	226	17 Mars	2 Novembre	475,8	475,8
LE1SE	227	17 Mars	2 Novembre	451,1	451,1
LE1SF	228	18 Mars	2 Novembre	446,1	446,1
LE1SG	229	30 Mars	2 Novembre	443,6	443,6
LE1SH	230	19 Mars	26 Octobre	459,8	459,8
LE1SI	231	19 Mars	26 Octobre	479,4	479,4



## suite du tableau 1

LEISJ	232	26 Mars	26 Octobre	518,4	518,4
LEISK	233	25 Mars	29 Octobre	525,1	525,1
LEISL	234	22 Avril	29 Octobre	461,8	461,8
LEISN	236	19 Mars	29 Octobre	lacune	lacune
LE2SA	237	16 Mars	1 Novembre	501,5	501,5
LE2SB	238	18 Mars	2 Novembre	449,0	449,0
LE2SC	239	30 Mars	3 Novembre	480,8	480,8
LE2SD	240	26 Mars	3 Novembre	486,7	486,7
LE2SE	241	25 Mars	3 Novembre	464,4	464,4
LE2SF	242	23 Mars	22 Octobre	503,5	503,5
LISA	243	5 Mars	18 Octobre	506,2	506,2
LISB	244	5 Mars	18 Octobre	500,0	500,0
LISC	245	11 Mars	18 Octobre	470,3	470,3
LISD	246	11 Mars	19 Octobre	500,4	500,4
LISE	247	11 Mars	19 Octobre	lacune	lacune
LISF	248	10 Mars	19 Octobre	lacune	lacune
LISH	250	10 Mars	20 Octobre	457,2	457,2
LISI	251	9 Mars	20 Octobre	507,8	507,8
LISJ	252	9 Mars	21 Octobre	487,5	487,5
LISL	254	9 Mars	21 Octobre	554,5	554,5
LOSA	255	4 Mars	25 Octobre	474,7	474,7
LOSB	256	4 Mars	25 Octobre	425,9	425,9
LOSC	257	14 Avril	25 Octobre	455,5	455,5
LOSD	258	3 Mars	27 Octobre	442,9	442,9
LOSE	259	3 Mars	27 Octobre	438,3	438,3
LOSH	262	14 Avril	28 Octobre	522,3	522,3
LOSI	263	15 Avril	28 Octobre	507,9	507,9
LOSJ	264	15 Avril	29 Octobre	572,0	572,0
LOSK	265	20 Avril	29 Octobre	549,3	549,3
LOSL	266	20 Avril	29 Octobre	543,7	543,7
Massi Koubou	78	10 Février	20 Octobre	328,8	328,8
Niamey Aeroport	94	permanent	20 Octobre	398,9	398,9
Niamey IRI	83	permanent	20 Octobre	533,3	533,3
Niamey ORSTOM	70	permanent	20 Octobre	447,2	447,2
Sandideye	57	5 Février	18 Octobre	386,0	386,0
SDC1 Sofia Bangou	93	permanent	15 Octobre	476,0	476,0
SDC2 Jupe	95	permanent	29 Octobre	481,7	481,7
SDC3	96	permanent	29 Octobre	505,2	505,2
SDC4 CE	97	permanent	19 Octobre	490,4	490,4
SD Exutoire CE	101	22 Février	19 Octobre	475,6	475,6
SD Plateau 2 N CE	99	23 Février	28 Octobre	491,9	491,9
SD Plateau S	100	23 Février	28 Octobre	475,4	475,4
SD Rive droite CE	92	16 Février	20 Octobre	522,6	522,6
SD Rive Gauche	98	23 Février	29 Octobre	503,6	503,6
SD Village	102	16 Février	20 Octobre	434,7	434,7
Tanaberi	32	2 Février	2 Novembre	613,9	613,9
Torodi	86	12 Février	25 Octobre	621,5	619,4
Yiladde	35	4 Février	19 Octobre	490,4	490,4
Wankama CE	116	17 Février	28 Octobre	499,5	499,5
Wankama ouest	267	11 Juin	28 Octobre	lacune	lacune
WC Brousse Degradée	121	18 Février	20 Octobre	441,8	441,8
WC Brousse Tigree	120	18 Février	21 Octobre	501,4	501,4
WC Jachere	118	22 Février	27 Octobre	480,9	480,9
WC Mil	119	18 Février	28 Octobre	482,2	482,2



## suite du tableau 2

25	13/8 à 14h25'	13/8 à 22h40'	105	99,0	26	86	124	232	316	453	583	695	500	37,3
							(105)	(243)	(243)	(105)	(243)	(243)		
26	17/8 à 21h40'	18/8 à 3h5'	106	99,1	57	83	109	183	247	350	405	450	330	28,7
							(107)	(107)	(107)	(54)	(107)	(107)		
27	19/8 à 11h35'	19/8 à 13h50'	105	91,4	18	82	121	173	215	220	220	220	140	4,3
							(259)	(259)	(259)	(259)	(259)	(259)		
28	22/8 à 2h25'	22/8 à 10h15'	105	100,0	43	86	115	220	311	541	808	955	475	28,0
							(201)	(201)	(201)	(201)	(201)	(201)		
29	27/8 à 4h5'	27/8 à 7h45'	105	41,0	43	32	39	61	81	129	135	135	225	2,9
							(29)	(29)	(29)	(29)	(29)	(29)		
30	29/8 à 23h50'	30/8 à 8h50'	105	85,7	29	86	117	203	286	425	519	595	545	16,4
							(6)	(6)	(6)	(6)	(51)	(51)		
31	30/8 à 18h30'	30/8 à 23h30'	105	59,0	43	203	51	76	103	188	210	275	305	2,6
							(99)	(18)	(61)	(61)	(61)	(61)		
32	31/8 à 9h10'	31/8 à 13h40'	102	35,3	106	25	107	205	301	404	415	425	275	5,4
							(32)	(32)	(32)	(32)	(32)	(32)		
33	1/9 à 6h20'	1/9 à 9h40'	103	59,2	26	82	51	95	113	125	130	130	205	2,1
							(43)	(43)	(43)	(43)	(43)	(43)		
34	3/9 à 3h0'	3/9 à 8h10'	105	98,1	57	86	143	248	341	559	641	660	315	18,6
							(201)	(201)	(78)	(78)	(237)	(237)		
35	13/9 à 7h45'	13/9 à 12h10'	107	84,1	251	254	139	256	339	477	595	610	270	6,2
							(232)	(232)	(233)	(212)	(93)	(93)		
36	18/9 à 1h25'	18/9 à 7h5'	106	99,1	43	85	81	157	206	303	330	370	345	19,3
							(41)	(41)	(34)	(34)	(34)	(34)		
37	26/9 à 21h35'	26/9 à 22h55'	105	75,2	73	256	105	186	229	308	320	320	85	2,5
							(21)	(21)	(21)	(21)	(21)	(21)		
38	9/10 à 3h50'	9/10 à 6h0'	103	84,5	73	203	44	85	109	195	205	205	135	2,9
							(50)	(50)	(50)	(50)	(50)	(50)		

Maxima Maximorum

sur 5 mm : 143  
sur 10 mm : 256  
sur 15 mm : 341  
sur 30 mm : 591  
sur 60 mm : 808  
totalité : 955

La comparaison des cumuls mensuels (figure 3) entre les 3 stations de Niamey montre une dispersion assez marquée surtout pour le mois le plus pluvieux où il existe un rapport de 1 à 2 entre la station de Niamey IRI et celle de l'aéroport, ceci se traduisant, au niveau du cumul saisonnier, par un total de 33 % supérieur pour Niamey IRI par rapport à celui de Niamey Aéroport. Par comparaison avec la moyenne sur la période 1950-1989 à la station de Niamey Aéroport, les mois de mai septembre et octobre 1993 apparaissent fortement déficitaires pour l'ensemble des 3 stations.

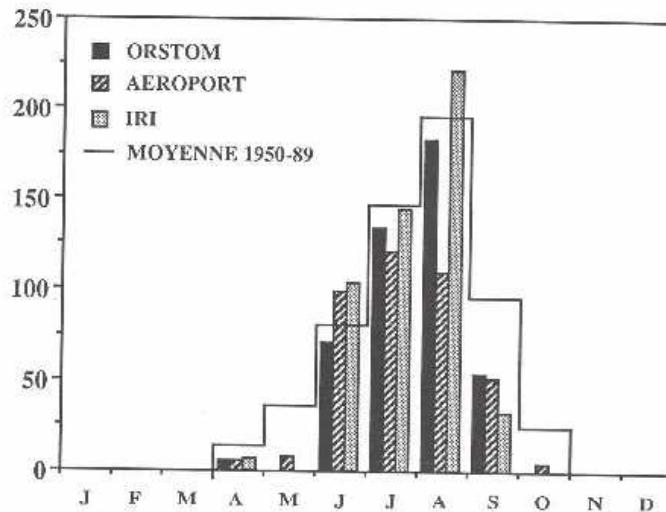


Figure 3: Comparaison des cumuls mensuels 1993 (mm) des 3 stations de Niamey avec les cumuls moyens mensuels sur la période 1950-89.

### 1.3 Situation pluviométrique annuelle à l'échelle du Niger

La comparaison de l'année 1993 avec la moyenne sur la période 1950-89 et la période 1968-89 plus sèche (figure 4) montre un déficit pluviométrique important sur l'ensemble du Niger. Il est peu marqué au niveau d'Agadez où l'isohyète 100 est comparable à celle de la période 68-89, mais dans la partie Sud les isohyètes situées entre 200 et 600 mm sont en net recul même par rapport à la période la plus sèche. Enfin dans l'extrême Sud, zone de Gaya, la pluviométrie est de nouveau normale.

### 1.4 Comparaison avec les autres années de l'expérience EPSAT-NIGER - 1990 à 1992

Les quatre années de mesures du dispositif EPSAT-NIGER présentent, tant dans l'espace que dans le temps, une variabilité importante (figure 5). Sur les quatre années, en comparaison avec la pluviométrie moyenne saisonnière sur la période 1950-89 enregistrée au poste de Niamey (548 mm), on trouve, pour le degré carré, deux années fortement déficitaires 1990 et 1993, deux années pratiquement normales 1991 et 1992. Le gradient Nord-Sud reconnu à l'échelle de l'Afrique Occidentale n'apparaît pas nettement sur aucune des quatre années de mesure. D'une année sur l'autre, la disposition des zones plus ou moins déficitaires ou excédentaires ne répondent apparemment à aucune structure locale particulière. Par contre, le cumul total des quatre années (figure 6) rend beaucoup mieux compte de ce gradient Nord-Sud et des zones qui accusent soit un déficit soit un excédent pluviométrique sur cette période de quatre années.

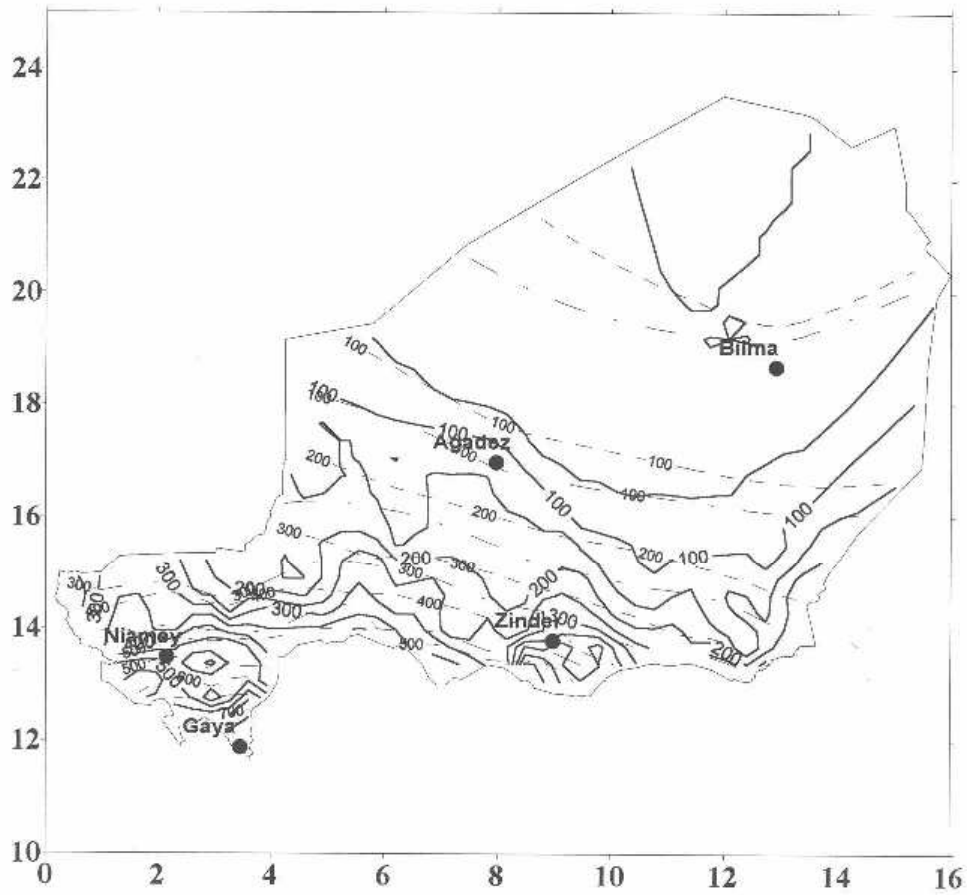


Figure 4: Comparaison des isohyètes de l'année 1993 (ligne pleine) sur le Niger avec les isohyètes inter annuelles sur la période 1950 - 1993 (tiretés réguliers) et sur la période 1968 - 1993 (tireté irrégulier).

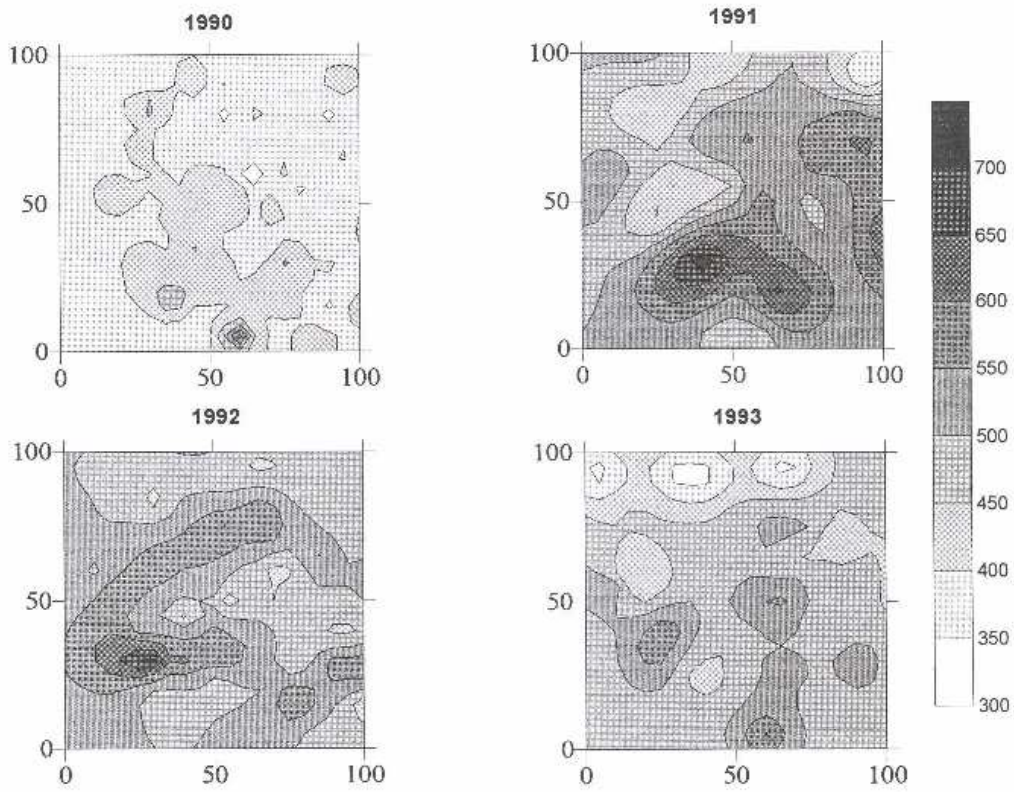


Figure 5: Répartition de la pluviométrie sur le degré carré de Niamey, de 1990 à 1993.

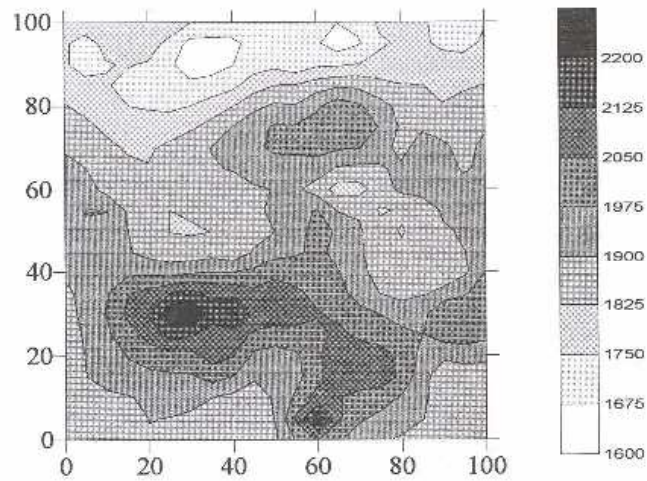


Figure 6: Cumul pluviométrique sur la période 1990-1993 sur le degré carré de Niamey.

Les mêmes conclusions que pour les années précédentes peuvent aussi être tirées :  
Présence d'une hétérogénéité spatiale importante, ce qui implique que la représentativité d'une valeur ponctuelle pour caractériser la pluviosité à l'échelle du degré carré est mauvaise dans la plupart des cas. En fait les études déjà entreprises (Taupin et al., 1993b) ont montré que pour avoir une bonne connaissance de la pluviométrie saisonnière sur une zone donnée, il faut au moins 10 postes disposés de façon régulière sur cette zone.

**Tableau 3: Valeurs pluviométriques caractéristiques enregistrées au cours des campagnes 1990 à 1993 d'EPSAT-NIGER.**

Année	Cumuls saisonniers en mm						Maxima à une station (mm)		
	Moy D.C. ( $\mu$ )	Min (m)	Max (M)	ECT	(M-m)/ $\mu$ (%)	C.V. (%)	Max. 5'	Max. 60'	Max. Evt
1990	419	292	659	62	88	14,8	30	75	102
1991	522	341	725	79	74	15,1	17,5	85	162
1992	513	389	782	68	77	13,3	29	74,5	92
1993	463	314	621	70	66	18,1	15,5	80,8	95,5

## LE RESEAU DE PLUVIOGRAPHES

### 2.1 Le réseau en 1993

Comme les années antérieures, la couverture pluviographique s'étend sur à peu près 16 000 km<sup>2</sup>, limitée en longitude par les méridiens 1°40 E et 3°E et en latitude par les parallèles 13 et 14° N.

Par rapport à la saison 1992, le réseau a le même nombre de pluviographes (109) dont 2 pluviographes au sol (**tableaux 4 et 5**), mais la disposition est différente. Le type de pluviographe est à augets basculeurs, munis de cônes de 400 cm<sup>2</sup> (**Lebel et al., 1991**)

La répartition du réseau a été définie en fonction des objectifs fixés pour 1993 (cf. avant-propos), ce qui s'est traduit par une diminution de la densité de moitié du réseau disposé sur les 16 000 km<sup>2</sup>, et par contre, par une augmentation de la densité de réseau sur le site central élargie (78 postes) ce qui correspond à une densité de 1 poste pour 11 km<sup>2</sup> (**figure 7a,b**):

### 2.2 Installation et surveillance du réseau

14 postes ont fonctionné en permanence entre la fin de la saison des pluies 1992 et le début de la saison des pluies 1993. Les autres ont été démontés, nettoyés, testés et entreposés durant la saison sèche. Un certain nombre de cartes électroniques des armoires "oedipe" se sont avérées hors d'usage à la fin de la campagne (une dizaine).

Le planning d'installation des stations (**tableau 1**) a commencé le 3 février et s'est terminé le 22 avril, à l'exception de la station de Wankama West installée plus tardivement pour les besoins d'une étude locale (11 juin). Les nouvelles stations installées ont été positionnées à l'aide d'un système GPS dont l'erreur reste minimale (entre 18 et 36 m). Les premières pluies étant tardives toute la saison des pluies a pu être enregistrée sur l'ensemble des stations.

La plupart des stations, implantées près des villages, ont été surveillées en permanence par un gardien afin d'éviter les déprédations et vols constatés sur quelques stations non surveillées situées loin des villages. Pour obtenir un suivi de la meilleure qualité possible, compte tenu du personnel disponible et du budget, chaque station a reçu une visite de contrôle tous les 20-25 jours durant toute la saison des pluies. Les cartouches ont été changées environ tous les 30 à 45 jours pour permettre de suivre l'évolution de la saison des pluies en temps le moins décalé possible.

En fin de saison, le démontage des stations s'est effectué entre le 15 octobre et le 02 novembre.

### 2.3 Fonctionnement

Le taux de fonctionnement pour les 109 pluviographes (**tableau 6**) sur l'ensemble de la saison est particulièrement bon, environ 97,3 %. La fréquence très rapprochée des visites d'entretien y a contribué fortement, mais cela implique que la fiabilité du matériel n'est pas assez grande pour pouvoir laisser l'appareillage sans visite durant toute une saison, les conditions climatiques imposées telle que l'importante variation de température pendant la journée, contribuant à fragiliser les cartes "oedipe" et les batteries.



Tableau 4: Liste des 109 postes du réseau en 1993, classés par ordre alphabétique.

Station	Identification	Latitude	Longitude	Altitude	X	Y	EPSAT
Alkama	1321204300	13 49 31	02 57 46	205	103,32	91,39	43
Banizoumbou	1321201100	13 31 97	02 39 62	202	71,34	59,25	11
Banizoumbou sol	1321291100	13 31 97	02 39 62	202	71,34	59,25	911
Bazanga Bangou	1321200500	13 30 33	02 34 99		63,01	56,21	5
Beri koira	1321202100	13 38 99	02 28 61	266	51,49	72,26	21
Berkiawal	1321202800	13 30 68	02 18 51	215	33,33	56,86	28
Bololadie	1321208400	13 13 48	01 52 20		-14,06	24,98	84
Boubon Golf	1321208500	13 36 40	01 56 15		-6,93	67,46	85
Darey	1321201800	13 38 20	02 44 53	250	80,14	70,80	18
Darey Bangou	1321211500	13 37 72	02 42 87		77,16	69,91	115
Debere Gati	1321202500	13 03 66	02 06 86	230	12,38	6,78	25
Fandou Beri	1321200900	13 31 91	02 33 52	232	60,36	59,14	9
Gamonzon	1321203400	13 27 67	03 01 90		111,49	51,28	34
Gardana Kouara	1321205000	13 50 06	02 16 55	212	29,78	92,78	50
Gorou Goussa	1321208000	13 50 30	02 02 13		3,83	93,22	80
Guilahlé	1321204900	13 17 69	02 08 75	274	15,77	32,79	49
Harikanassou	1321204100	13 15 46	02 50 47	208	90,99	28,65	41
IH Jacher.hapex1	1321210500	13 14 63	02 14 65		26,41	27,11	105
IH Mil	1321210600	13 14 48	02 17 94		32,35	26,84	106
IH Plateau	1321210700	13 11 89	02 14 37		25,91	22,04	107
Kaligorou	1321206100	13 36 74	03 00 78	200	109,40	68,09	61
Kare	1321202900	13 02 87	02 20 31	200	36,65	5,32	29
Kokorbe Fandou	1321207300	13 51 16	02 37 18		66,85	94,82	73
Kollo	1321205400	13 22 45	02 14 66	198	26,42	41,61	54
Kollo sol	1321295400	13 22 45	02 14 66	198	26,42	41,61	954
Komakoukou	1321200600	13 29 89	02 37 74	205	67,96	55,40	6
Kortio	1321211100	13 30 82	02 42 51		76,55	57,12	111
Koure Kobade	1321202600	13 00 28	03 03 00	220	113,71	0,52	26
Koure Sud	1321205100	13 14 51	02 36 30	255	65,45	26,89	51
Koyria	1321208200	13 46 00	01 42 00		-32,38	85,25	82
LA1SL	1321221200	13 32 97	02 42 52		76,56	61,10	212
LA1SI	1321220900	13 34 73	02 42 11		75,82	64,38	209
LA1SA	1321220100	13 39 80	02 41 5		73,87	73,78	201
LA1SB	1321220200	13 39 17	02 41 18		74,11	72,6	202
LA1SC	1321220300	13 38 53	02 41 31		74,36	71,43	203
LA1SD	1321220400	13 37 90	02 41 44		74,60	70,25	204
LA1SE	1321220500	13 37 27	02 41 58		74,84	69,08	205
LA1SF	1321220600	13 36 63	02 41 71		75,09	67,90	206
LA1SG	1321220700	13 36 00	02 41 84		75,33	66,73	207
LA1SH	1321220800	13 35 36	02 41 98		75,57	65,55	208
LA2SA	1321221500	13 39 07	02 40 65		73,17	72,41	215
LA2SB	1321221600	13 38 01	02 40 87		73,57	70,46	216
LA2SC	1321221700	13 36 95	02 41 10		73,98	68,50	217
LA2SD	1321221800	13 35 90	02 41 32		74,38	66,54	218
LA2SF	1321222000	13 33 84	02 41 75		75,17	62,72	220
LA2SH	1321222200	13 32 48	02 40 43		72,80	60,20	222
LE1SA	1321222300	13 38 94	02 38 15		68,66	72,18	223
LE1SB	1321222400	13 38 36	02 38 27		68,88	71,10	224
LE1SC	1321222500	13 37 78	02 38 39		69,11	70,02	225
LE1SD	1321222600	13 37 20	02 38 52		69,33	68,94	226
LE1SE	1321222700	13 36 61	02 38 64		69,55	67,87	227
LE1SF	1321222800	13 36 03	02 38 76		69,78	66,79	228
LE1SG	1321222900	13 35 45	02 38 88		70,00	65,71	229
LE1SH	1321223000	13 34 87	02 39 00		70,22	64,64	230
LE1SI	1321223100	13 34 29	02 39 13		70,45	63,56	231
LE1SJ	1321223200	13 33 71	02 39 25		70,67	62,48	232
LE1SK	1321223300	13 33 13	02 39 37		70,89	61,40	233
LE1SL	1321223400	13 32 55	02 39 49		71,12	60,33	234
LE1SN	1321223600	13 31 38	02 39 74		71,56	58,17	236
LE2SA	1321223700	13 37 65	02 37 89		68,20	69,78	237
LE2SB	1321223800	13 36 27	02 38 18		68,73	67,23	238
LE2SC	1321223900	13 34 90	02 38 47		69,26	64,69	239

Tableau 5: Liste des 107 sites du réseau en 1993, classés par numéro.

EPSAT	Station	Identification	Latitude	Longitude	Altitude	X	Y
5	Bazanga Bangou	1321200500	13 30 33	02 34 99		63,01	56,21
6	Komakoukou	1321200600	13 29 89	02 37 74	205	67,96	55,40
9	Fandou Beri	1321200900	13 31 91	02 33 52	232	60,36	59,14
11	Banizoumbou	1321201100	13 31 97	02 39 62	202	71,34	59,25
18	Darey	1321201800	13 38 20	02 44 53	250	80,14	70,80
21	Beri koira	1321202100	13 38 99	02 28 61	266	51,49	72,26
25	Debere Gati	1321202500	13 03 66	02 06 86	230	12,38	6,78
26	Koure Kobade	1321202600	13 00 28	03 03 00	220	113,71	0,52
28	Berkiawal	1321202800	13 30 68	02 18 51	215	33,33	56,86
29	Kare	1321202900	13 02 87	02 20 31	200	36,65	5,32
32	Tanaberi	1321203200	13 02 50	02 32 88		59,34	4,63
34	Gamonzon	1321203400	13 27 67	03 01 90		111,49	51,28
35	Yiladde	1321203500	13 01 27	02 47 16	237	85,12	2,35
41	Harikanassou	1321204100	13 15 46	02 50 47	208	90,99	28,65
43	Alkama	1321204300	13 49 31	02 57 46	205	103,32	91,39
49	Guilahel	1321204900	13 17 69	02 08 75	274	15,77	32,79
50	Gardana Kouara	1321205000	13 50 06	02 16 55	212	29,78	92,78
51	Koure Sud	1321205100	13 14 51	02 36 30	255	65,45	26,89
54	Kollo	1321205400	13 22 45	02 14 66	198	26,42	41,61
57	Sandideye	1321205700	13 13 52	03 03 23	230	114,01	25,06
61	Kaligorou	1321206100	13 36 74	03 00 78	200	109,40	68,09
70	Niamey ORSTOM	1321207000	13 31 87	02 05 80	220	10,44	59,07
73	Kokorbe Fandou	1321207300	13 51 16	02 37 18		66,85	94,82
78	Massi Koubou	1321207800	13 50 10	02 24 46	250	42,14	92,41
80	Gorou Goussa	1321208000	13 50 30	02 02 13		3,83	93,22
82	Koyria	1321208200	13 46 00	01 42 00		-32,38	85,25
83	Niamey IRI	1321208300	13 30 00	02 05 35		9,63	55,60
84	Bololadie	1321208400	13 13 48	01 52 20		-14,06	24,98
85	Boubon Golf	1321208500	13 36 40	01 56 15		-6,93	67,46
86	Torodi	1321208600	13 07 00	01 47 10		-23,27	12,97
92	SD Rive droite	1321209200	13 33 31	02 40 99		73,80	61,73
93	SDC1 Sofia Bangou	1321209300	13 32 44	02 42 64		76,77	60,12
94	Niamey Aeroport	1321209400	13 28 79	02 10 39		18,71	53,36
95	SDC2 Jupe	1321209500	13 32 84	02 41 97		75,56	60,86
96	SDC3	1321209600	13 33 50	02 42 41		76,35	62,09
97	SDC4	1321209700	13 33 09	02 43 05		77,51	61,33
98	SD Rive gauche	1321209800	13 34 10	02 42 25		76,06	63,20
99	SD Plateau 2 Nord	1321209900	13 33 19	02 43 67		78,62	61,51
100	SD Plateau 1 Sud	1321210000	13 31 85	02 42 76		76,99	59,03
101	SD Exutoire	1321210100	13 32 72	02 41 36		74,47	60,64
102	SD Village	1321210200	13 34 85	02 41 66		74,99	64,59
105	IH Jacher, hapex I	1321210500	13 14 63	02 14 65		26,41	27,11
106	IH Mil	1321210600	13 14 48	02 17 94		32,35	26,84
107	IH Plateau	1321210700	13 11 89	02 14 37		25,91	22,04
111	Korto	1321211100	13 30 82	02 42 51		76,55	57,12
115	Darey Bangou	1321211500	13 37 72	02 42 87		77,16	69,91
116	Wankama	1321211600	13 39 00	02 38 91		70,02	72,28
118	WC-jachere	1321211800	13 32 54	02 30 81		55,47	60,31
119	WC-mil	1321211900	13 32 33	02 30 83		55,50	59,92
120	WC-brousse tigre	1321212000	13 30 13	02 34 72		62,52	55,84
121	WC-arbustive deg,	1321212100	13 33 19	02 34 08		61,36	61,51
201	LA1SA	1321220100	13 39 80	02 41 5		73,87	73,78
202	LA1SB	1321220200	13 39 17	02 41 18		74,11	72,60
203	LA1SC	1321220300	13 38 53	02 41 31		74,36	71,43
204	LA1SD	1321220400	13 37 90	02 41 44		74,60	70,25

## suite du tableau 5

205	LA1SE	1321220500	13 37 27	02 41 58	74,84	69,08
206	LA1SF	1321220600	13 36 63	02 41 71	75,09	67,90
207	LA1SG	1321220700	13 36 00	02 41 84	75,33	66,73
208	LA1SH	1321220800	13 35 36	02 41 98	75,57	65,55
209	LA1SI	1321220900	13 34 73	02 42 11	75,82	64,38
212	LA1SL	1321221200	13 32 97	02 42 52	76,56	61,10
215	LA2SA	1321221500	13 39 07	02 40 65	73,17	72,41
216	LA2SB	1321221600	13 38 01	02 40 87	73,57	70,46
217	LA2SC	1321221700	13 36 95	02 41 10	73,98	68,50
218	LA2SD	1321221800	13 35 90	02 41 32	74,38	66,54
220	LA2SF	1321222000	13 33 84	02 41 75	75,17	62,72
222	LA2SH	1321222200	13 32 48	02 40 43	72,80	60,20
223	LE1SA	1321222300	13 38 94	02 38 15	68,66	72,18
224	LE1SB	1321222400	13 38 36	02 38 27	68,88	71,10
225	LE1SC	1321222500	13 37 78	02 38 39	69,11	70,02
226	LE1SD	1321222600	13 37 20	02 38 52	69,33	68,94
227	LE1SE	1321222700	13 36 61	02 38 64	69,55	67,87
228	LE1SF	1321222800	13 36 03	02 38 76	69,78	66,79
229	LE1SG	1321222900	13 35 45	02 38 88	70,00	65,71
230	LE1SH	1321223000	13 34 87	02 39 00	70,22	64,64
231	LE1SI	1321223100	13 34 29	02 39 13	70,45	63,56
232	LE1SJ	1321223200	13 33 71	02 39 25	70,67	62,48
233	LE1SK	1321223300	13 33 13	02 39 37	70,89	61,40
234	LE1SL	1321223400	13 32 55	02 39 49	71,12	60,33
236	LE1SN	1321223600	13 31 38	02 39 74	71,56	58,17
237	LE2SA	1321223700	13 37 65	02 37 89	68,20	69,78
238	LE2SB	1321223800	13 36 27	02 38 18	68,73	67,23
239	LE2SC	1321223900	13 34 90	02 38 47	69,26	64,69
240	LE2SD	1321224000	13 33 52	02 38 76	69,78	62,14
241	LE2SE	1321224100	13 32 15	02 39 04	70,31	59,59
242	LE2SF	1321224200	13 30 78	02 39 33	70,84	57,05
243	LISA	1321224300	13 37 52	02 33 15	59,68	69,55
244	LISB	1321224400	13 36 78	02 33 31	59,96	68,18
245	LISC	1321224500	13 36 4	02 33 47	60,25	66,81
246	LISD	1321224600	13 35 30	02 33 62	60,53	65,44
247	LISE	1321224700	13 34 56	02 33 78	60,82	64,07
248	LISF	1321224800	13 33 82	02 33 93	61,10	62,69
250	LISH	1321225000	13 32 34	02 34 25	61,67	59,95
251	LISI	1321225100	13 31 60	02 34 40	61,95	58,58
252	LISJ	1321225200	13 30 86	02 34 56	62,24	57,21
254	LISL	1321225400	13 29 38	02 34 87	62,80	54,47
255	LOSA	1321225500	13 37 29	02 29 80	53,64	69,12
256	LOSB	1321225600	13 36 34	02 30 00	54,01	67,36
257	LOSC	1321225700	13 35 39	02 30 20	54,37	65,60
258	LOSD	1321225800	13 34 44	02 30 40	54,74	63,84
259	LOSE	1321225900	13 33 49	02 30 60	55,10	62,07
262	LOSH	1321226200	13 31 43	02 31 04	55,90	58,25
263	LOSI	1321226300	13 30 48	02 31 24	56,26	56,49
264	LOSJ	1321226400	13 29 52	02 31 44	56,63	54,73
265	LOSK	1321226500	13 28 57	02 31 64	56,99	52,97
266	LOSL	1321226600	13 27 62	02 31 84	57,36	51,20
267	Wankama West	1321226700	13 38 56	02 87 55	67,58	71,46

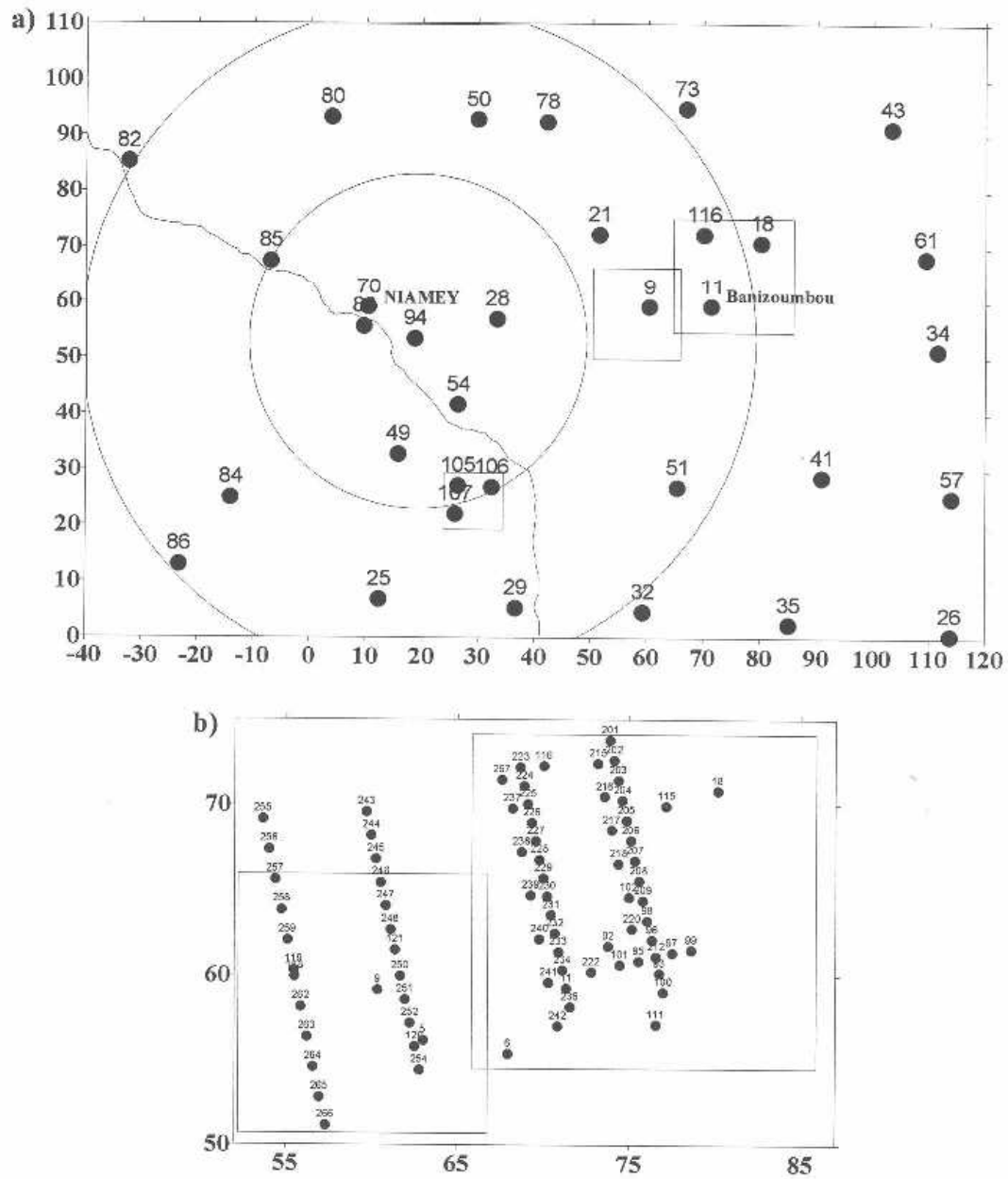


Figure 7: Dispositif de mesures pour la saison 1993 : a) zone complète  
 b) zone ARCOL (les carrés représentent le site central est et ouest et le site ICRISAT).  
 Coordonnées en km - Origine: 2 E; 13 N.

Sur l'ensemble des stations, 72, soit 66 % des stations, ne présentent pas de lacune auget (pour le détail des pannes des stations en lacunes se reporter à l'annexe A-1). Pour les 37 stations qui ont des lacunes, 7 stations seulement capitalisent 60 % des jours de pannes.

#### 2.4 Dérives en temps

Comme les années précédentes, on constate une dérive en temps bien supérieure à celle donnée par le constructeur qui est normalement de 10 secondes par mois (tableau 7). Un contrôle systématique des dérives a eu lieu pendant les visites aux stations et un contrôle des dérives de tous les "oedipes" sur les trois dernières années a été effectué (tableau 8). Les résultats montrent que la dérive est pratiquement linéaire d'une visite à l'autre pour une cartouche donnée et pour une station pluviographique donnée (les changements de dérives au cours de la saison pour une station donnée sont dus essentiellement à un changement de la centrale d'acquisition). Les dérives sont comprises entre -4 et +56 minutes pour 100 jours. La dérive reste supérieure à 30 minutes pour 100 jours pour 8 postes et, 445 cartouches sur 515 montrent une dérive supérieure à 3 minutes pour 100 jours. De même que pour la fiabilité du matériel, les dérives enregistrées en condition de terrain sont très loin des performances affichées par le constructeur.

#### 2.5 Comparaison valeurs seuil et valeurs auget

L'écart seuil-auget pour la saison 1993 est relativement faible, résultat d'une part de l'habillage systématique des postes et de la fréquence des visites permettant un meilleur réglage des augets (tableau 9). L'écart relatif moyen seuil-auget, sur 72 postes où l'on peut faire une comparaison sur toute la saison est de l'ordre de 4 %, 51 postes ont un écart inférieur à 5 %, et l'écart maximum est égal à 11 %. La distribution de ces écarts s'ajuste sur une loi de Gumbel (figure 8).

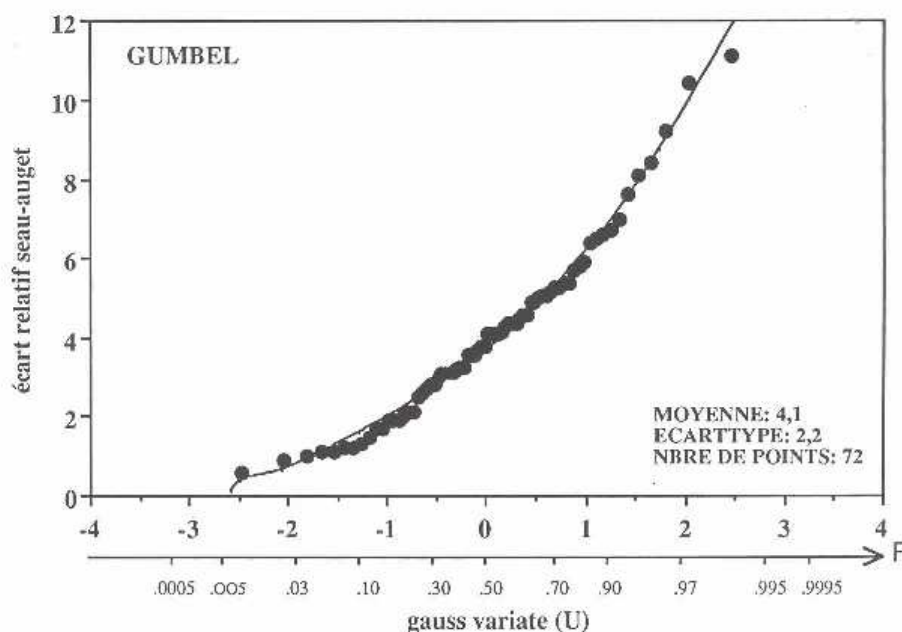


Figure 8: Ajustement d'une loi de Gumbel aux écarts relatifs entre les cumuls saisonniers enregistrés par le seuil d'une part et par les augets d'autre part.



## suite du tableau 6 (I)

LA2SD							
LA2SF							
LA2SH							
LE1SA							
LE1SB							
LE1SC							
LE1SD							
LE1SE							
LE1SF							
LE1SG							
LE1SH							
LE1SI							
LE1SJ							
LE1SK							
LE1SL							
LE1SN							
LE2SA							
LE2SB							
LE2SC							
LE2SD							
LE2SE							
LE2SF							
LISA							
LISB							
LISC							
LISD							
LISE							
LISF							
LISH							
LISI							
LISJ							
LISL							
LOSA							
LOSB							
LOSC							
LOSD							
LOSE							
LOSH							
LOSI							
LOSJ							
LOSK							
LOSL							
Massi Koubou							
Niamey Aeroport							
Niamey ORSTOM							
SDC3							
SDC4							
SD Exutoire	CE						
SDC2 Jupe	CE						
SD Plateau 1 Sud							
SD Plateau 2 Nor	CE						
SD Rive droite	CE						
SD Rive Gauche							
SD Village							
Sandideye							





Tableau 7: Dérives de temps calculées pour chaque cartouche lors du dépouillement, rapportées à 100 jours de fonctionnement.

Station	Cart. 1	Cart. 2	Cart. 3	Cart. 4	Cart. 5	Cart. 6	Cart. 7
Alkama	12	12	12	12			
Banizoumbou	30	29	29	27	30		
Banizoumbou sol	30	29	29	27	30		
Bazanga Bangou	7	10	7	12	12	12	12
Berikoira	0	0	0	0			
Berkiawel	7	7	7	7			
Bototadie	30	30	29	32	30		
Boubon	27	23	26	26	26		
Darey	49	49	48	48	56		
Darey Bangou	12	12	12	9	12		
Debere Gati	lacune	0	0				
Fandou Beri	9	9	9	9	7		
Gamonzon	-1	0	0	1			
Gardama Kouara	lacune	6	6	6	6		
Gorou Goussa	lacune	lacune	7	7			
Guilabel	27	27	26	27	27		
Harikanassou	12	12	12	13			
IH Jachère	7	7	6	9	6		
IH Mil	9	7	9	7			
IH Plateau	7	6	6	7	6		
Kaligorou	29	29	29	29			
Kare	0	-1	0	0			
Kokorbe Fandou	29	29	29	29			
Kollo 1,50m	-1	-1	-1	-1			
Kollo sol	14	14	14	14	14		
Komakoukou	6	6	4	7			
Korto	4	4	3	10			
Koure Kobade	-4	-4	-4	-4	-7		
Koure Sud	10	12	12	12	7		
Koyria	lacune	10	10	10			
La1sa201	27	29	29	26	26		
La1sb202	27	27	24	26			
La1sc203	27	29	26	26			
La1sd204	27	27	26	30			
La1se205	24	24	24	22	26		
La1sf206	26	26	24	29			
La1sg207	30	30	30	30			
La1sh208	24	26	26	24	30		
La1si209	14	14	13	14			
La1sf212	29	29	29	29	30		
La2sa215	27	29	26	32			
La2sb216	10	12	9	13			
La2sc217	12	12	10	14			
La2sd218	30	32	30	29	33		
La2sf220	27	27	27	27	26	30	
La2sh222	27	27	26	27	24	29	
Le1sa223	48	46	48				
Le1sb224	10	10	9	12			
Le1sc225	6	6	4	19			
Le1sd226	lacune	10	10	13			
Le1se227	-1	-1	-3	1			
Le1sf228	7	7	6	10			
Le1sg229	30	30	30	30			
Le1sb230	7	7	6	10			
Le1si231	7	7	6	10			

## suite du tableau 7

Le1sj232	32	32	30	30	32		
Le1sk233	7	7	7	6	9		
Le1sf234	12	lacune	12	13			
Le1sn236	0	0	-1	-1	-1		
Lc2sa237	7	7	7	6	10		
Le2sb238	6	6	4	6			
Lc2sc239	29	29	29	30			
Le2sd240	lacune	30	30	29	32	30	
Le2se241	0	0	0	1			
Lc2sf242	6	6	4	7			
Lisa243	24	24	24	24	24		
Lish244	lacune	10	10	10			
Lisc245	24	24	24	24	24		
Lisd246	23	23	23	23	23	23	
Lise247	lacune	27	27	27	27	26	
Lisf248	27	lacune	24	26	27	26	26
Lish250	lacune	33	33	33	32	32	
Lisi251	26	27	27	27	27	26	
Lisj252	lacune	23	23	23	23	23	
Lisl254	35	35	33	35	33	35	
Losa255	14	12	12	12	12		
Losh256	27	27	27	27	27	27	26
Losc257	49	48	48	48	48	48	48
Losd258	12	12	12	12			
Losc259	24	27	24	24	23		
Losh262	22	24	24	24	24	23	
Losi263	-1	-1	0	-1			
Losj264	6	6	6	6			
Losk265	16	16	16	16	14		
Losl266	10	10	10	10	10		
Massi Koubou	29	30	29	29			
Niamey aéroport	0	0	0	0			
Niamey IRI	4	3	4	4	4		
Niamey ORSTOM	27	27	27	27	27		
Sofia Bangou SD C1	0	0	-1	7			
SD C2 Jupe	4	lacune	6	4	4		
SD C3	10	10	9	12			
SD C4	10	10	9	12			
SD Rive Droite	7	6	6	4			
SD Rive Gauche	12	12	10	9	14		
SD Plateau Nord	12	10	10	10	10		
SD Plateau Sud	10	10	10	9	13		
SD Exutoire	12	12	10	10	17		
SD Village	13	13	lacune	12	12	12	
Sandideye	29	29	27	29			
Tanaberi	0	0	0	0	0		
Torodi	32	32	30	33	32		
Wankama	10	12	12	12			
Wankama Ouest	0	0	1				
WC Jachère	12	12	12	12			
WC Mil	49	49	49	49	49	49	
WC Brousse Tigrée	9	10	10	10	10		
WC Brousse Dégradée	43	43	43	43	43	43	43
Yillade	-1	-1	-1	-1	-4		



## suite du tableau 8

53359	3	30			30	29	29			29	29	27		
53360	lac.	lac.			27	30	29	24		26	27	27	27	27
53361	24	24			28	20	21	35		24	27	24	24	
53362	30	30			1	30	26			30	30	30		
53363	24	24			24	24	21			24	24	24	24	
53364	30	31			31	30	34	26	30	30	32	30	29	
53365	lac.	27	29		27	27	27	26		27	27	27	27	
53366	26	26			lac.	27	33	21		27	23	26	26	
53367	24	24			lac.	24	21			22	24	24	24	24
53368	27	27			33	21	lac.	40		29	29	29	29	
53369	lac.	lac.	lac.	26	23	30	26	27		27	lac.	24	26	27
53370	lac.	lac.			30	30	21			27	27	26		26
53371	27				33	18	24	38		27	27	27	27	26
53372	27				29	23	29	19		lac.	27	27	27	27
53373	27				31	26	24			27	27	26	27	24
53374	27	27			27	31	23			27	29	29	26	
53375	26				23	24				26	26	24		
53376	23				23	23	21			23	23	23	23	23
53377	lac.	24			24	23				lac.	23	23	23	23
53378	43	28			30	30	46			30	30	29	32	
53379	29				27	30	30			29	29	29		
53380	31				lac.	42	17	33		lac.	33	33	33	32
53381	29	29			30	27	27			27	29	26		
53382	23				lac.	lac.	26			24	24	24	22	
53383	31				32	lac.	lac.	30	33	32	32	30	33	
53384	29				137	27	30	26		27	29	26		
53385	lac.	lac.												
53386	31	23	28	30	31	29	26			30	29	29	27	
53387	27				27	27	26			27	27	26	27	
53388	26				24	26	26			24	26	26	24	
53389	30	30			33	31	30	24		30	30	30		
53390	30	30			27	27	20			32	32	30	30	
53391	29	29			30	33	30	26		29	30	29		
53392	-25	31	31		29	27	30			29	29	29	29	
53393	30	27	20		lac.	30	26			30	29	29	27	
53394	34	34			lac.	lac.	34			35	35	33	35	33
53395	26	27			27	27	24			27	27	27	27	27
53396	30	29			30	29	33			29	29	29		
53397	26	27			27	27	26			27	27	24		
53398	36	30			1	30	27	30		lac.	30	30	29	32
53434	14	13	13		13	13	10			13	13	lac.	12	12
53435	10	10	10		lac.	10	8			10	10	9		
53436				11	13	11	8			12	12	12	9	
53437	11	6	11		11	10	10			10	10	9		
53438	11	10	14		11	11	10	8		12	12	10	9	
53439	10	lac.			10	10	7	4		10	10	10	9	
53440	lac.	10	14		lac.	lac.	2	10		12	10	10	10	
53441	10				10	10	8			10	10	10	10	
53442	13	10	11		11	11	11			12	12	10	10	
53470					11	6	11	11		10	10	9		
53481					6	11								
53482					40	44				43	43	43	43	43
53483					10	11				12	12	12		
53484					49	49				49	49	49	49	49
53485					6	7	10			9	10	10	10	
53486										16	16	16	16	
53492						10	57	43	lac.	49	48	48	48	48
53493					49	49	47			49	49	48	48	
53494					47	47	47	46		48	46			
53495					lac.	lac.	4	1	11	10	12	12		
53496										lac.	6	6	6	
53497										4	lac.	6	4	

**Tableau 9: Comparaison des valeurs totales de la saison (mm), seuil et augets.**  
 $\text{delta} = (\text{augets} - \text{seuil})/\text{seuil}$ , en pour cent.

station	n° epsat	période de comparaison		cumul augets	cumul seuil	delta
Alkama	43	9/02	15/10	527,0	502,6	4,9%
Banizoumbou	11	perm	19/10	446,5	458,3	-2,6%
Banizoumbou sol	911	perm	19/10	474,0	455,5	4,1%
Bazanga Bangou	5	18/02	22/10	lacune	461,8	
Bori Koira	21	11/02	20/10	lacune	lacune	
Berkiawal	28	11/02	25/10	512,0	478,7	7,0%
Bololadie	84	12/02	21/10	490,5	449,0	9,2%
Boubon Golf	85	12/02	25/10	523,5	507,9	3,1%
Darey	18	17/02	15/10	422,0	417,4	1,1%
Darey Bangou	115	17/02	15/10	466,5	lacune	
Debere Gati	25	3/02	25/10	lacune	477,4	
Fandou Beri	9	24/02	28/10	509,0	491,3	3,6%
Gamonzon	34	5/02	18/10	414,0	397,8	4,1%
Gardana Kouara	50	8/02	22/10	344,0	324,9	5,9%
Gorou Goussa	80	8/02	22/10	lacune	314,5	
Guilahel	49	3/02	21/10	572,0	548,1	4,4%
Harikanassou	41	5/02	18/10	552,0	535,7	3,0%
IH Jachère.bapex	105	perm	29/10	lacune	545,5	
IH Mil	106	perm	29/10	469,0	454,7	3,1%
IH Plateau	107	perm	25/10	lacune	502,5	
Kaligorou	61	9/02	15/10	435,0	424,4	2,5%
Kare	29	3/02	21/10	489,0	476,0	2,7%
Kokorbe Fandou	73	11/02	20/10	lacune	317,9	
Kollo	54	perm	2/11	613,0	593,2	3,3%
Kollosol	54	perm	2/08	lacune	lacune	
Komakoukou	6	16/02	22/10	592,5	571,1	3,7%
Korto	111	24/02	22/10	lacune	449,6	
Koure Kohade	26	4/02	19/10	406,0	388,1	4,6%
Koure Sud	51	4/02	19/10	554,0	533,6	3,8%
Koyria	82	12/02	25/10	lacune	348,5	
LA1SA	201	2/04	4/10	548,5	513,9	6,7%
LA1SB	202	1/04	4/10	489,5	476,0	2,8%
LA1SC	203	8/04	4/10	lacune	495,7	
LA1SD	204	8/04	3/11	lacune	492,7	
LA1SE	205	8/04	3/11	450,5	443,8	1,5%
LA1SF	206	21/04	26/10	434,0	413,0	5,1%
LA1SG	207	9/04	26/10	421,5	405,0	4,1%
LA1SH	208	7/04	22/10	lacune	lacune	
LA1SI	209	7/04	22/10	459,0	450,4	1,9%
LA1SL	212	31/03	28/10	509,0	499,6	1,9%
LA2SA	215	1/04	28/10	517,0	496,4	4,1%
LA2SB	216	2/04	28/10	538,5	496,8	8,4%
LA2SC	217	9/04	26/10	lacune	lacune	
LA2SD	218	21/04	27/10	lacune	527,1	
LA2SF	220	7/04	27/10	lacune	547,3	
LA2SH	222	31/03	20/10	474,0	467,8	1,3%
LE1SA	223	12/03	1/11	lacune	lacune	
LE1SB	224	12/03	1/11	489,5	495,4	-1,2%
LE1SC	225	16/03	2/11	503,5	489,9	2,8%
LE1SD	226	17/03	2/11	lacune	475,8	
LE1SE	227	17/03	2/11	466,0	451,1	3,3%
LE1SF	228	18/03	2/11	480,0	446,1	7,6%
LE1SG	229	30/03	2/11	467,5	443,6	5,4%
LE1SH	230	19/03	26/10	480,0	459,8	4,4%
LE1SI	231	19/03	26/10	506,5	479,4	5,7%

## suite du tableau 9

LE1SJ	232	26/03	26/10	535,0	518,4	3,2%
LE1SK	233	25/03	29/10	559,0	525,1	6,5%
LE1SL	234	22/04	29/10	lacune	461,8	
LE1SN	236	19/03	29/10	lacune	lacune	
LE2SA	237	16/03	1/11	519,5	501,5	3,6%
LE2SB	238	18/03	2/11	457,5	449,0	1,9%
LE2SC	239	30/03	3/11	505,0	480,8	5,0%
LE2SD	240	26/03	3/11	lacune	486,7	
LE2SE	241	25/03	3/11	491,5	464,4	5,8%
LE2SF	242	23/03	22/10	526,5	503,5	4,6%
LISA	243	5/03	18/10	lacune	506,2	
LISB	244	5/03	18/10	lacune	500,0	
LISC	245	11/03	18/10	522,5	470,3	11,1%
LISD	246	11/03	19/10	516,0	500,4	3,1%
LISE	247	11/03	19/10	lacune	lacune	
LISF	248	10/03	19/10	lacune	lacune	
LISH	250	10/03	20/10	lacune	457,2	
LISI	251	9/03	20/10	lacune	507,8	
LISJ	252	9/03	21/10	lacune	487,5	
LISL	254	9/03	21/10	579,5	554,5	4,5%
LOSA	255	4/03	25/10	505,0	474,7	6,4%
LOSB	256	4/03	25/10	444,0	425,9	4,2%
LOSC	257	14/04	25/10	475,0	455,5	4,3%
LOSD	258	3/03	27/10	466,5	442,9	5,3%
LOSE	259	3/03	27/10	lacune	438,3	
LOSH	262	14/04	28/10	541,0	522,3	3,6%
LOSI	263	15/04	28/10	lacune	507,9	
LOSJ	264	15/04	29/10	562,0	572,0	-1,7%
LOSK	265	20/04	29/10	555,0	549,3	1,0%
LOSL	266	20/04	29/10	572,0	543,7	5,2%
Massi Koubou	78	10/02	20/10	363,0	328,8	10,4%
Niamey Aéroport	94	perm	20/10	420,0	398,9	5,3%
Niamey IRI	83	perm	20/10	544,5	533,3	2,1%
Niamey ORSTOM	70	perm	20/10	471,5	447,2	5,4%
Samadey Village	102	16/02	20/10	443,5	434,7	2,0%
Sandideye	57	5/02	18/10	lacune	386,0	
SD Exutoire	101	22/02	19/10	lacune	475,6	
SD Plateau Nord	99	23/02	28/10	lacune	491,9	
SD Plateau Sud	100	23/02	28/10	507,0	475,4	6,6%
SD Rive droite	92	16/02	20/10	lacune	499,6	
SD Rive Gauche	98	23/02	29/10	519,0	503,6	3,1%
SDC1 Sofia Bangou	93	perm	15/10	481,5	476,0	1,2%
SDC2 Jupe	95	perm	29/10	lacune	481,7	
SDC3	96	perm	29/10	502,0	505,2	-0,6%
SDC4	97	perm	19/10	486,0	490,4	-0,9%
Tanaberi	32	2/02	2/11	627,0	613,9	2,1%
Torodi	86	12/02	25/10	653,5	621,5	5,1%
Wankama	116	17/02	28/10	508,0	499,5	1,7%
Wankama ouest	267	11/06	28/10	516,0	477,2	8,1%
WC Brousse Dégradée	121	18/02	20/10	lacune	441,8	
WC Brousse Tigrée	120	18/02	21/10	520,5	501,4	3,8%
WC Jachère	118	22/02	27/10	486,0	480,9	1,1%
WC Mil	119	18/02	28/10	506,0	482,2	4,9%
Yiladde	35	4/02	19/10	512,0	490,4	4,4%

## ANALYSE PRELIMINAIRE DE LA STRUCTURE DES CHAMPS PLUVIOMETRIQUES

### 3.1 Cumuls saisonniers

Les cumuls saisonniers enregistrés sur le degré carré, sur la période de référence 15 avril-15 octobre, se répartissent selon une loi normale de moyenne 459 mm (figure 9a) quand on ne tient compte que des stations du réseau de base, 32 cumuls disponibles, et de moyenne 477 mm quand on prend en compte toutes les stations, 99 cumuls disponibles (figure 9b).

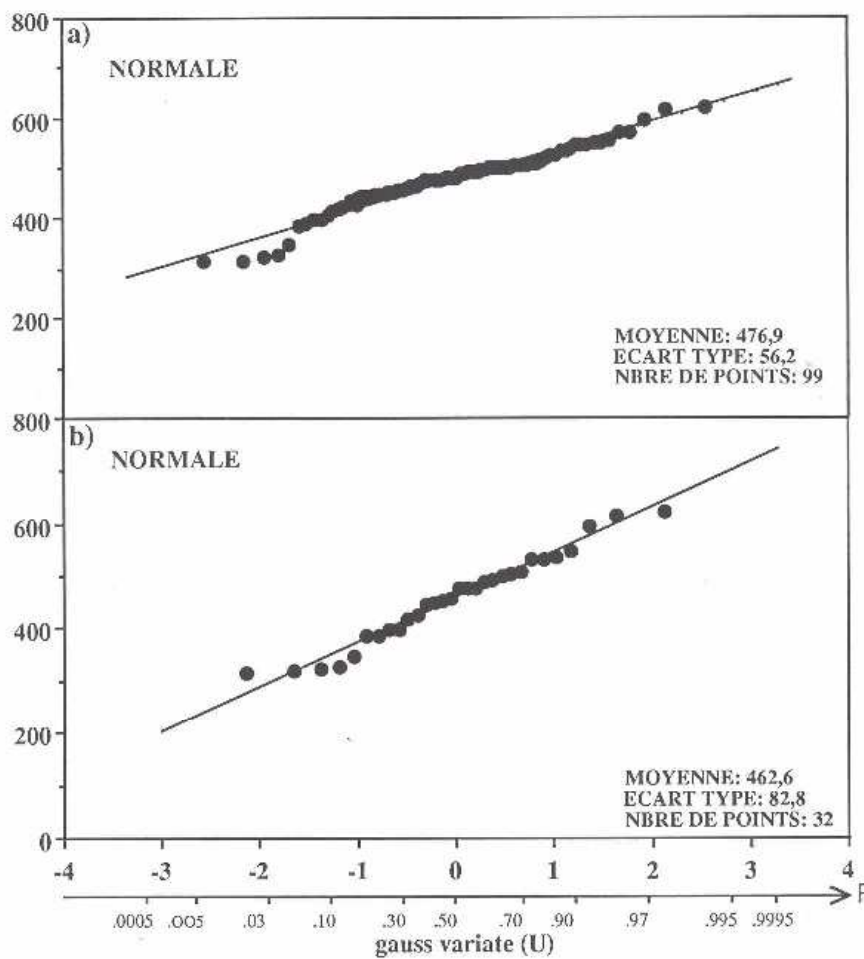


Figure 9: Ajustement d'une loi normale sur la période 15 avril - 15 octobre : a) stations du réseau de base ; b) tous le réseau.

La différence de 15 mm sur les moyennes s'explique par le poids accordé aux stations situées sur le site central étendu, zone où la pluviométrie était plus abondante.

La fonction de structure calculée à partir de l'ensemble des postes montre une rupture de pente vers 20 km (figure 10a). La forme du variogramme reflète en partie l'irrégularité du réseau, et il se décompose en deux parties. La première partie de la courbe apparaît linéaire jusqu'à une distance d'une vingtaine de km et est représentative des interdistances entre les stations du site central étendu. La deuxième partie de la courbe est, par contre, représentative du réseau de base (maille de 25 km). En décomposant le variogramme d'une part en ne tenant compte que des stations du réseau de base (figure 10b), et d'autre part que des stations du site central étendu, on peut ajuster les différents variogrammes (figure 10c).

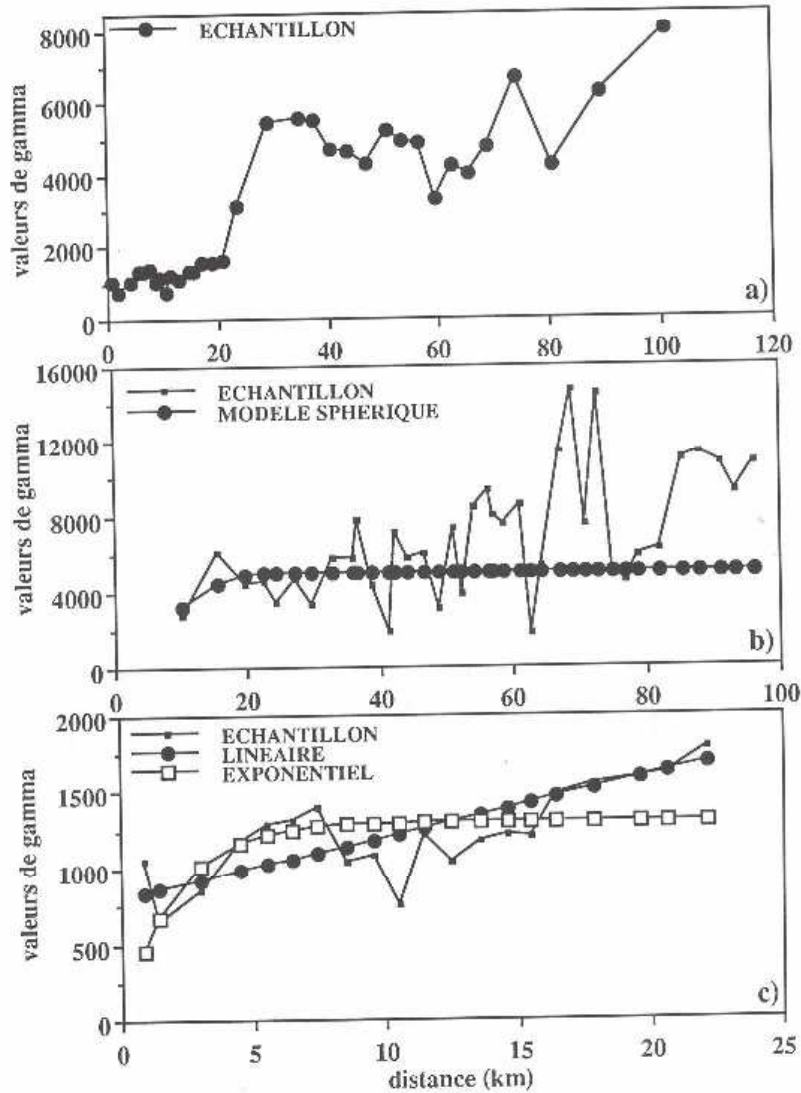


Figure 10: Fonction de structure des cumuls (15 avril-15 octobre), et essai d'ajustement : a) réseau entier ; b) réseau ARCOL ; c) réseau de base.



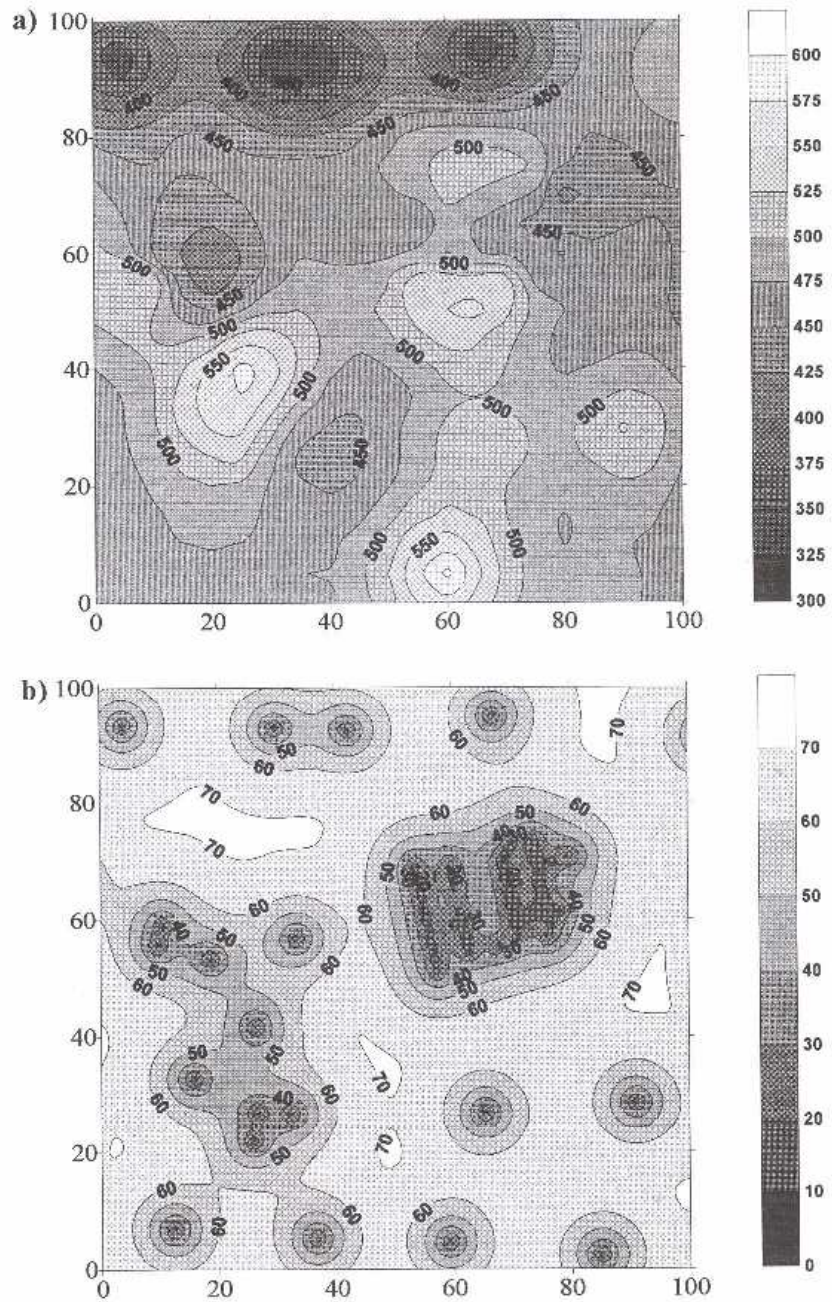


Figure 11: Isohyètes (a) et écart-type d'estimation krigée (b) du cumul de la saison 1993 sur le degré carré.

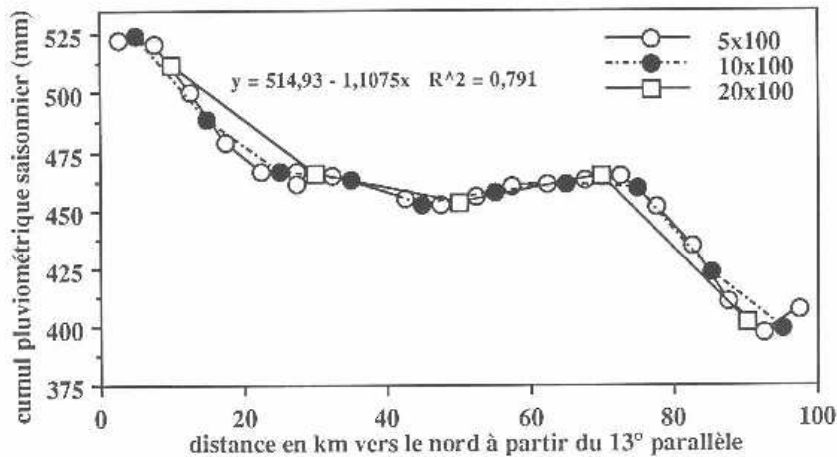
Plusieurs variogrammes théoriques à l'échelle de la saison ont été testés pour les distances inférieures à 22 km à fin de comparaison des valeurs moyennes obtenues sur le site central d'une part (400 km<sup>2</sup>) et sur le site central étendu (875 km<sup>2</sup>) d'autre part. Les résultats montrent que l'on reste dans le même ordre de grandeur quelques soit les ajustements et la valeur de la portée (tableau 10).

**Tableau 10 : Comparaison des moyennes saisonnières sur la zone ARCOL obtenues à partir de différents ajustements de la fonction de structure. Les ajustements sont définis par la pépite, la portée, le palier.**

	linéaire (800, 40)	sphérique (0, 22, 5000)	exponentiel (0, 3, 1200)
site central	473,6	466,1	473,4
site central étendu	481,3	482,8	478,6

Le variogramme ajusté à partir des stations du réseau de base est une fonction sphérique de pépite 0, portée 22 km et de palier 5000 mm<sup>2</sup> qui représente bien la courbe jusqu'à 70 km. Il est à noter que l'on a comme les années précédentes présence d'une fonction de structure emboîtée (structure gigogne) marquée par un nouveau palier vers 70 km représentatif d'une corrélation à cette échelle liée a priori au gradient climatologique que l'on peut observer sur la carte des isohyètes de la saison (figure 11a). La carte des écart-types d'estimation de krigage de la pluie saisonnière (figure 11b) donne des valeurs maximales de 70 mm pour les zones les plus distantes des postes pluviométriques, soit un écart-type maximal de 15 %. Ceci montre que le réseau de base est bien adapté à l'étude du degré carré. La présence de 78 postes sur le site central étendu permet par contre de baisser significativement l'écart-type d'estimation maximal dans cette zone (30-40 mm).

On a essayé d'améliorer le variogramme expérimental en tenant compte de la dérive climatologique. Pour cela on a cherché à modéliser la fonction de structure des résidus à cette dérive climatologique. On a tout d'abord estimé ce gradient à partir du calcul de la moyenne krigée sur des bandes Est-Ouest (figure 12) de différentes largeurs.



**Figure 12: Moyenne des cumuls (15 avril - 15 octobre) calculées par krigage sur des bandes latitudinales de différentes largeurs.**



Ce gradient est relativement bien visualisé dans les parties Sud et Nord du degré carré, par contre entre 30 et 70 km il n'apparaît aucune dérive quelque soit les différentes largeurs de bandes. Pour le calcul des résidus, on choisit quand même une dérive moyenne sur la zone calculée à partir des bandes de 0,2° de large. Cela donne une valeur d'environ 1,11 mm/km, ce qui est du même ordre de grandeur que le gradient enregistré à l'échelle du Niger.

On a calculé, en tout point, un résidu à cette dérive selon la formule :

$$e_i = z_i - M(x_i, y_i)$$

où  $e_i$  est le résidu à la station  $i$ ,  $z_i$  le cumul saisonnier mesuré à cette station et  $M(x_i, y_i)$  est la dérive estimée par la relation obtenue précédemment :

$$M(x_i, y_i) = 515 - 1,11y_i$$

$x_i$  et  $y_i$  sont les coordonnées en km dans le repère d'origine (2°E, 13°N).

Le variogramme des résidus (**figure 13a**) présente un unique palier mettant ainsi en évidence la présence d'une dérive climatologique sur les valeurs brutes. Le modèle d'ajustement peut être représenté par un variogramme de type sphérique qui a la même portée que le variogramme brut, n'apportant donc pas d'amélioration dans l'interpolation spatiale. A partir du variogramme des résidus on peut tracer la carte spatiale des résidus à la dérive (**figure 13b**) qui permet de mettre en évidence les zones déficitaires ou excédentaires compte tenu du gradient climatologique.

Pour vérifier la qualité de la modélisation des champs saisonniers, on a comparé par validation croisée différents modèles d'interpolation du champ saisonnier. La méthode consiste, à partir d'un échantillon comprenant la moitié des valeurs aux stations, de reconstituer un autre échantillon constitué de l'autre moitié des valeurs. Les deux échantillons étant choisis sur la base d'un réseau homogène couvrant toute la zone d'étude. On prend comme critère à minimiser la somme du carré des écarts entre valeurs mesurées et valeurs reconstituées. Les deux sous-échantillons sont ensuite inversés. La procédure s'effectue en comparant plusieurs modèles d'interpolation avec ou sans dérive.

La forme du variogramme à partir de l'ensemble du réseau nous a amené à faire une reconstitution à partir de 3 ensembles de stations :

- les stations du réseau de base (32 cumuls disponibles)
- les stations du réseau ARCOL du site central étendu (71 cumuls disponibles)
- les stations de l'ensemble du réseau (99 cumuls disponibles).

En premier lieu, on s'est intéressé à l'ensemble des stations du réseau de base. On a divisé en deux l'échantillon des 32 totaux saisonniers, dont on disposait, qui couvrent toute la zone d'étude. Les résultats figurant au **tableau 11** montrent que les différents interpolateurs reconstituent de manière plus ou moins identique les valeurs, mis à part l'interpolateur sphérique de portée 22 km qui était à priori le variogramme le mieux ajusté et un des plans constant. En fait pour le krigeage à dérive nul, c'est la reconstitution à partir du variogramme sphérique de portée 70 km qui donne les meilleurs résultats, ceci tendant à montrer qu'à cette échelle d'espace c'est le second palier du variogramme, dont l'existence est lié à la dérive climatologique de grande échelle (70 km), qui reste prépondérant. Par contre, le krigeage des résidus à la dérive climatologique n'apporte pas de résultats significativement meilleurs. Les interpolateurs qui ont l'écart de reconstitution le plus faible sont, comme les années précédentes, les interpolateurs de krigeage à dérive linéaire et la reconstitution à partir du plan moyen que l'on a calculé sur le transect Sud-Nord. Au vu de ces résultats et pour la reconstitution de la pluviométrie à l'échelle régionale, il apparaît que le simple calcul d'une dérive climatologique en tout point permet une aussi bonne, sinon meilleure, reconstitution que celle obtenue à partir des méthodes de krigeage.

**Tableau 11: Comparaison des estimateurs de valeurs ponctuelles par reconstitution des 16 cumuls du réseau de base (15 avril - 15 octobre) d'un échantillon test à l'aide des 16 valeurs restantes (zone du degré carré). Moyenne des valeurs mesurées de l'échantillon test : 439,5 mm; écart-type : 71,6 mm. Moyenne des valeurs de l'échantillon servant à la reconstitution : 485,9 mm; écart-type 86,9 mm.  $Z^*_i$  : valeur estimée, toutes les valeurs sont en mm.**

Estimateur	Moyenne des $(Z_i - Z^*_i)^2$	Ecart-type des $Z^*_i$	Moyenne des $Z^*_i$
<b>Krigeage des observations <math>Z_i</math></b>			
<b>dérive nulle</b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	94,9	22,9	445,2
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 15$	86,7	37,0	445,3
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 70	84,6	55,9	441,7
<b>dérive linéaire</b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	78,6	41,6	455,4
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 15$	77,1	47,0	451,8
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 70	81,3	58,0	443,7
fonction spline de type plaque mince	83,0	58,8	446,2
<b>Krigeage des résidus <math>e_i</math> à la dérive climato.</b>			
<b>dérive : <math>M(x,y) = 766 - 2,07y</math></b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	89,9	7,2	458,2
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 15$	84,7	14,9	460,9
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 70	80,3	25,3	464,3
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 515 - 1,11y</math></b>			
Plan moyen $M(x,y) = 439,5$	98,5	0,0	439,5
Plan moyen $M(x,y) = 485,9$	86,9	0,0	485,9

Pour le second ensemble de stations, on a pris en compte, pour calculer l'écart relatif de reconstitution, seulement les stations du réseau ARCOL. Comme précédemment, on a divisé en deux l'échantillon des 99 totaux saisonniers, dont on disposait. Les résultats obtenus (tableau 12) sont très différents à cette échelle par rapport à l'échelle des 16 000 km<sup>2</sup>. En effet les interpolateurs qui reconstituent le mieux les valeurs sont le krigeage à dérive nulle et à dérive linéaire qui sont du même ordre de grandeur. On remarque de plus que le type de variogramme et sa portée est peu discriminant. Comme précédemment, le krigeage des résidus à la dérive climatologique reconstitue le moins bien. De même la reconstitution à partir du plan moyen ne donne pas de résultats très satisfaisants, on peut relier cela à l'absence notable d'une dérive climatologique entre le 30ème et le 70ème kilomètre du transect Sud-Nord de la zone du degré carré, où la zone Arcol se situe (cf. figure 12). Inversement, la reconstitution à partir de l'interpolation de la moyenne du champ donne des résultats qui se situent parmi les meilleurs.

**Tableau 12: Comparaison des estimateurs de valeurs ponctuelles par reconstitution des 35 cumuls (15 avril - 15 octobre) d'un échantillon test à l'aide des 36 valeurs restantes (zone du site central étendu). Moyenne des valeurs mesurées de l'échantillon test : 484,9 mm; écart-type : 37,7 mm. Moyenne des valeurs de l'échantillon servant à la reconstitution : 482,0 mm ; écart-type 33,1 mm .**  
 $Z^*_i$  : valeur estimée, toutes les valeurs sont en mm.

Estimateur	Moyenne des $(Z_i - Z^*_i)^2$	Ecart-type des $Z^*_i$	Moyenne des $Z^*_i$
<b>Krigeage des observations <math>Z_i</math></b>			
<b>dérive nulle</b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	29,7	32,6	483,3
variog. linéaire : pépité = 800 portée = 40	30,1	16,8	483,8
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 3$	28,5	27,3	483,1
<b>dérive linéaire</b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	29,8	32,5	483,0
variog. linéaire : pépité = 800 portée = 40	31,1	20,2	483,1
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 3$	29,4	29,5	482,5
fonction spline de type plaque mince	32,0	37,7	482,8
<b>Krigeage des résidus <math>e_j</math> à la dérive climato.</b>			
<b>dérive : <math>M(x,y) = 766 - 2,07y</math></b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	49,5	5,8	444,3
variog. linéaire : pépité = 800 portée = 40	49,5	4,8	444,4
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 3$	49,6	5,0	444,4
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 515 - 1,11y</math></b>	49,6	6,0	444,2
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 484,9</math></b>	33,2	0,0	484,9
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 482,0</math></b>	33,1	0,0	482,0

Le troisième groupe de données saisonnières rassemble l'ensemble des stations de la zone d'étude. Le poids plus important accordé aux stations de la zone du site central étendu conduit aux mêmes types de résultats que pour la reconstitution des stations de la zone ARCOL (tableau 13). Les interpolateurs qui reconstituent le mieux les valeurs sont le krigeage à dérive linéaire suivi du krigeage à dérive nulle. Le type de variogramme est par contre ici beaucoup plus discriminant en ce qui concerne le krigeage à dérive nulle. Il apparaît aussi, que pour tout type de dérive, le variogramme sphérique à portée de 70 km se révèle meilleur. Comme précédemment, le krigeage des résidus à la dérive climatologique reconstitue le moins bien les valeurs.

**Tableau 13: Comparaison des estimateurs de valeurs ponctuelles par reconstitution des 49 cumuls (15 avril - 15 octobre) d'un échantillon test à l'aide des 50 valeurs restantes (totalité de la zone d'étude). Moyenne des valeurs mesurées de l'échantillon test : 471,6 mm; écart-type : 53,5 mm. Moyenne des valeurs de l'échantillon servant à la reconstitution : 483,4 mm; écart-type 58,5 mm.  
Z\*<sub>i</sub> : valeur estimée, toutes les valeurs sont en mm.**

Estimateur	Moyenne des $(Z_i - Z^*_i)^2$	Ecart-type des $Z^*_i$	Moyenne des $Z^*_i$
<b>Krigeage des observations <math>Z_i</math></b>			
<b>dérive nulle</b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	53,8	26,0	479,0
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 70	47,6	41,0	476,0
variog. linéaire : pépité = 800 portée = 40	49,1	32,0	473,8
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 3$	49,1	17,9	477,1
<b>dérive linéaire</b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	47,4	29,7	480,4
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 70	46,3	42,1	476,2
variog. linéaire : pépité = 800 portée = 40	48,3	32,9	474,0
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 3$	49,1	22,5	478,2
fonction spline de type plaque mince	48,1	45,9	478,2
<b>Krigeage des résidus <math>e_j</math> à la dérive climato.</b>			
<b>dérive : <math>M(x,y) = 766 - 2,07y</math></b>			
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 22	66,9	9,5	448,8
variog. sphérique : pépité = 0 portée = 70	62,5	17,7	450,1
variog. linéaire : pépité = 800 portée = 40	61,7	18,6	450,3
variog. exponentiel : pépité = 0 $\alpha = 3$	67,5	6,4	448,5
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 515 - 1,11y</math></b>	60,6	59,7	450,6
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 471,6</math></b>	59,7	0,0	471,6
<b>Plan moyen <math>M(x,y) = 483,4</math></b>	58,5	0,0	483,4

### 3.2 Analyse par épisodes

38 épisodes majeurs ont été identifiés en 1993 selon les critères d'extension spatiale et de continuité temporelle déjà définis précédemment (cf tableau 2). Comme on l'a vu précédemment, 1993 est une année déficitaire et il semble, d'après les données issues des années antérieures, que le nombre d'épisodes majeurs soit lié à la quantité pluviométrique de la saison des pluies. Le nombre d'épisodes, dont le recouvrement est supérieur à 80 % des stations, est égal à 24 ce qui correspond à peu près au 2/3 des épisodes majeurs. Ce chiffre apparaît par contre comme une constante de la climatologie sahélienne puisque l'on obtient ce même résultat pour les 3 saisons antérieures quelque soit la qualité de la saison pluvieuse. Quand on ne considère que l'ensemble des stations sans les lignes du dispositif ARCOL (46 stations), ce nombre de 2/3 reste à peu près conservé (55 %).

L'histogramme des cumuls par épisode sur le degré carré (**figure 14**) montre que 86 % des événements (33) ne dépassent pas, en moyenne surfacique, 20 mm dont une majorité ne dépassant pas 10 mm (22). Les épisodes dont la moyenne surfacique est supérieure à 5 mm (26), donc qui ont un recouvrement important, sont essentiellement disposés au coeur de la saison des pluies entre début juillet et fin août (17), comme on pouvait s'y attendre.

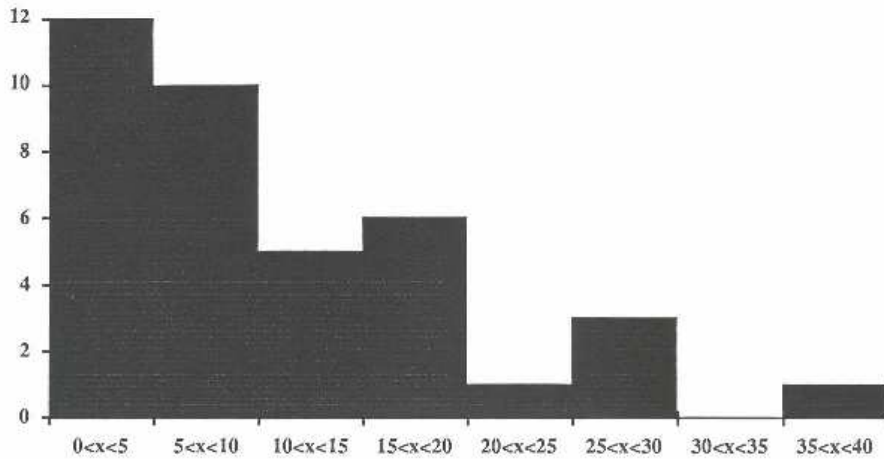


Figure 14: Histogramme du cumul des 38 épisodes spatiaux majeurs de 1993.

L'histogramme de répartition de la durée des épisodes majeurs (**figure 15**) est du même type que pour les années précédentes. Les précipitations de faibles durées jusqu'à 3 heures représentent 24 % des averses et le centre de gravité se situe vers une durée de 4 à 6 heures. Les événements de longue durée (> 9 heures) sont au nombre de 1, du même ordre que pour les autres années (2 en 90, 3 en 91, 1 en 92). Par contre la durée maximale enregistrée qui a été de 9 h 05 (épisode du 29 août) est la plus faible enregistrée sur les quatre années.

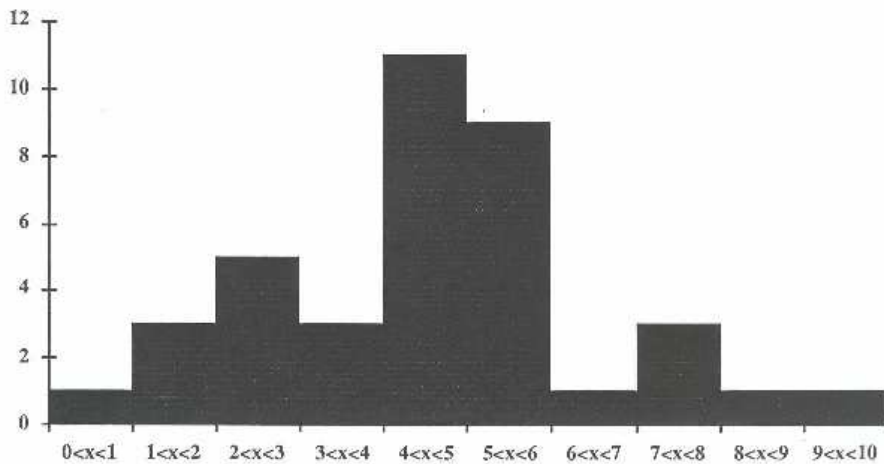


Figure 15: Histogramme de la durée des 38 épisodes spatiaux majeurs de 1993.



Comme les années précédentes, pour la saison 1993, les épisodes de grande extension spatiale (au moins 80 % de stations touchées) représentent la plus grosse partie du cumul annuel (75 % - 348 mm). Ces événements sont au nombre de 24, (70 % des événements spatiaux), leur structure spatiale est bien définie et est représentée par un variogramme climatologique de type exponentiel (pépite 0, portée 10) dont la portée est plus faible que celles obtenues les années précédentes (figure 16). Si l'on ne conserve que le réseau homogène, sans le dispositif ARCOL, on ne constate pas de différence notable dans le variogramme, le nombre d'événements de grande extension passe de 24 à 20 et le cumul de 348 à 329 mm.

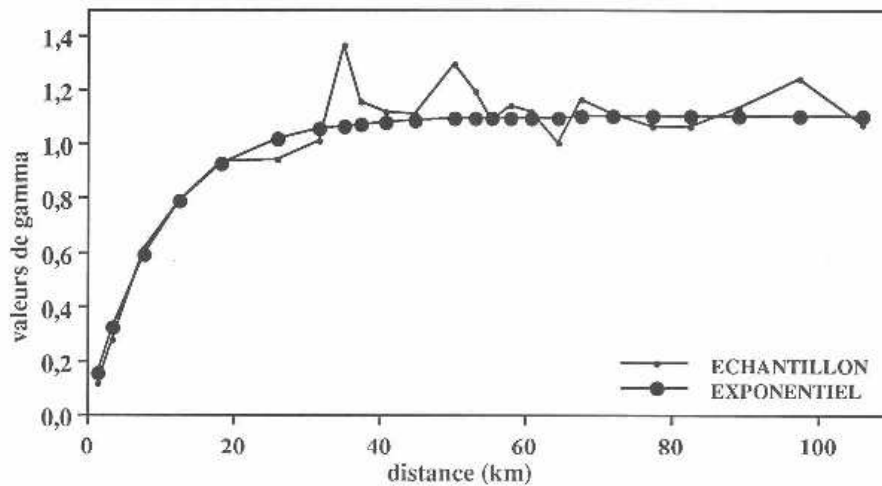


Figure 16: Variogramme climatologique des 24 épisodes de grande extension spatiale (au moins 80 % de stations en fonctionnement touchées) observés en 1993).

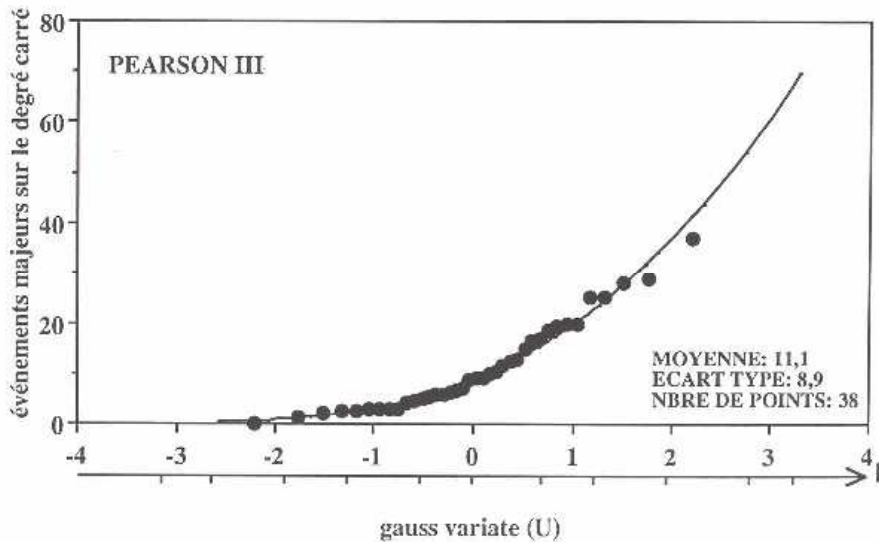


Figure 17: Distribution des cumuls des 38 épisodes spatiaux majeurs de 1993.

Au Sahel, le déplacement des systèmes pluvieux en général se fait dans une direction privilégiée, d'Est en Ouest, ce qui est bien mis en évidence lorsque l'on regarde l'évolution des systèmes convectifs lors de leur traversée sur le degré carré. On constate que pour 18 épisodes, la première station touchée appartient à la bordure Est, dont 16 épisodes touchent les stations les plus à l'Est (43, 61, 34, 57, 26). Dans 13 cas, la première station touchée se situe sur la bordure Sud (8 épisodes) ou Nord (5 épisodes). Enfin 7 épisodes ont été générés à l'intérieur du degré carré.

La distribution fréquentielle des lames d'eau, sur le degré carré, des 38 épisodes majeurs calculées par krigeage (figure 17) s'ajuste bien, comme les années précédentes par une loi de Pearson III à 2 paramètres, dont le paramètre de forme est de 1,85 et le paramètre d'échelle de 6,5 mm.

Par comparaison, on a ajusté les cumuls des épisodes à 2 stations, Torodi (620 mm) la station où le cumul enregistré a été le plus important en 1993 et Gardana Kouara (325 mm), une des stations où le cumul enregistré a été l'un des plus faibles. Les cumuls des épisodes à ces stations s'ajustent aussi par une loi de type Pearson III à 2 paramètres (figure 18a,b et 19a,b). L'ajustement a été fait sur les cumuls non seuillés et les cumuls seuillés à 1 mm. Le seuillage élimine 30 % des événements et cela quelque soit la station à cumul élevé ou non. Pour la station de Torodi le paramètre de forme est égal à 0,52 pour les cumuls non seuillés et 0,79 pour les cumuls seuillés. Le paramètre d'échelle est égal à 16,6 et 17,4 mm respectivement. Pour la stations de Gardana Kouara le paramètre de forme est égal à 0,69 pour les cumuls non seuillés et 1,17 pour les cumuls seuillés. Le paramètre d'échelle est égal à 8,4 et 7,2 mm respectivement. Si le paramètre de forme, pour les 2 stations, est du même ordre de grandeur pour les cumuls seuillés ce n'est plus le cas pour les cumuls non seuillés.

La relation entre cumul saisonnier et nombre d'événements enregistrés selon le critère de temporalité (2 événements sont distincts si il y a un intervalle sans pluie d'au moins 30 mn) est nette si l'on considère les stations à valeurs extrêmes (Gardana Kouara et Torodi) et cela pour tous les seuils (tableau 14). Par contre, pour les stations à cumul pluviométrique intermédiaire, la relation est beaucoup moins nette.

**Tableau 14: Comparaison durant la saison 1993 sur 7 stations, du nombre d'événements selon un seuil pluviométrique et le cumul pluviométrique associé. Les cumuls représentent des valeurs augets. Les stations choisies font partie d'un transect Est-Ouest et d'un transect Sud-Nord du degré carré dont la localisation est reportée sur la figure 26.**

Stations	Boubon Golf	Niamey ORSTOM	Berkiawel	Fandoubcr	Gamonzon	Gardana Kouara	Torodi
Nbre évs sans seuil	56	68	62	53	62	60	77
≥ 1 mm	37	44	45	37	36	40	47
≥ 10 mm	15	16	18	18	14	8	21
≥ 20 mm	9	11	9	11	8	4	14
≥ 30 mm	8	4	4	5	5	3	8
Cumul sans seuil	523,5	471,0	512,0	509,0	414,0	344,0	653,5
≥ 1 mm	514,0	459,0	503,5	501,0	401,0	334,0	638,5
≥ 10 mm	440,0	374,0	409,5	438,5	340,0	196,5	573,5
≥ 20 mm	384,5	304,0	277,0	342,5	252,5	133,0	478,5
≥ 30 mm	264,5	146,5	159,5	194,5	185,0	112,5	324,5

## station de Torodi

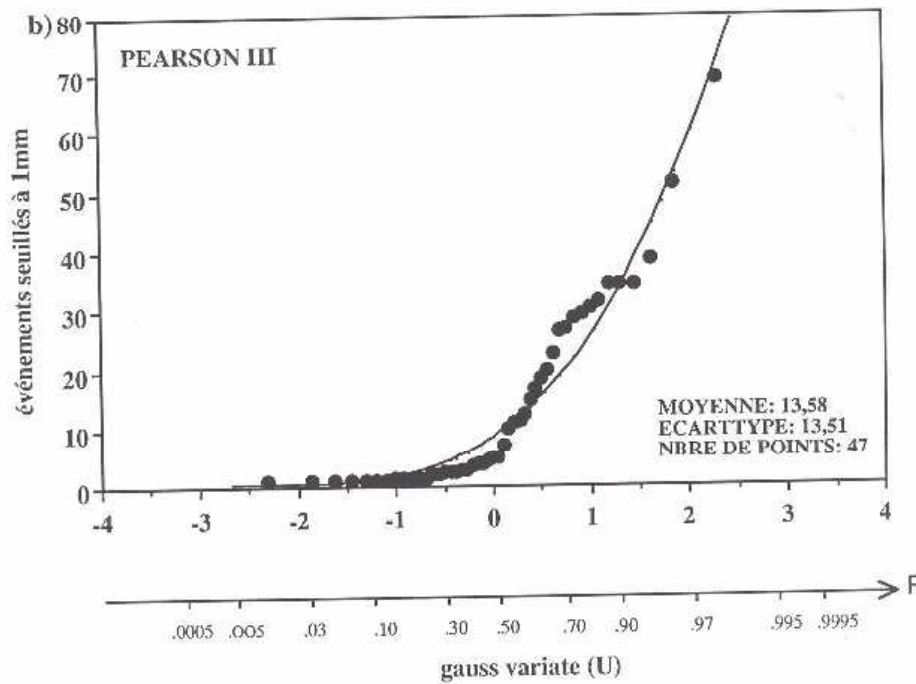
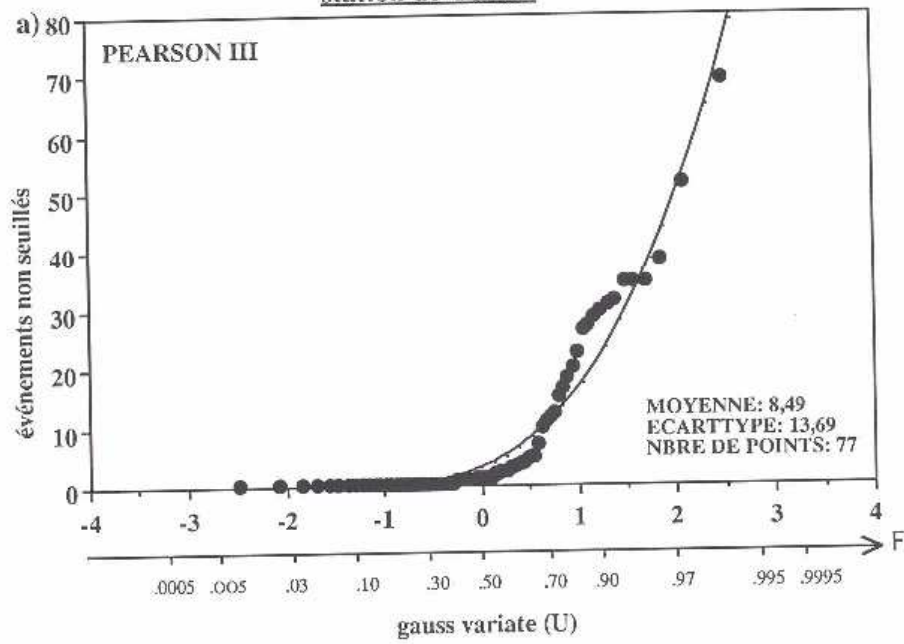


Figure 18: Distribution des cumuls pour la station de Torodi :  
a) événements non seuillés; b) événements seuillés à 1 mm.

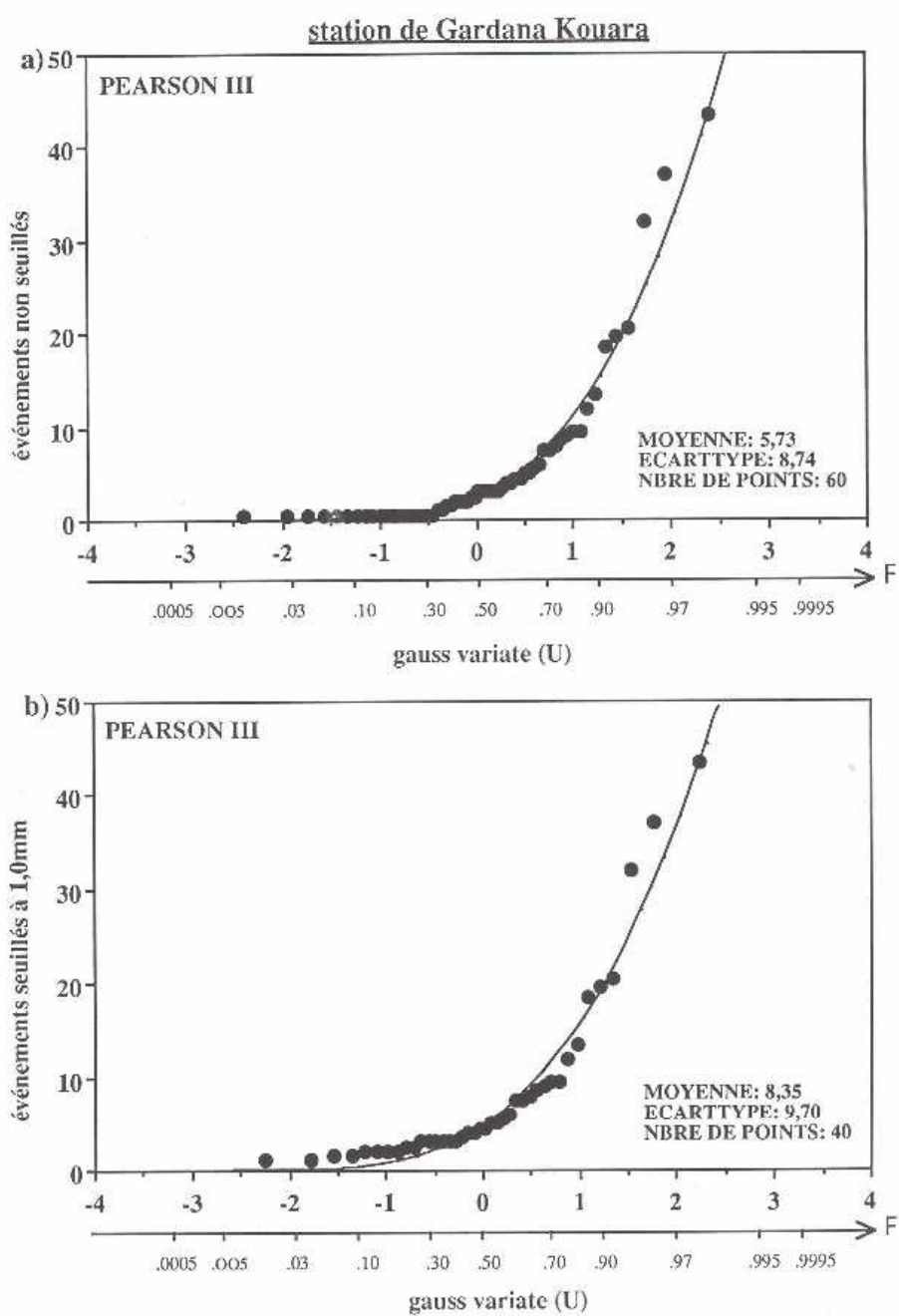


Figure 19: Distribution des cumuls pour la station de Gardana Kouara :  
a) événements non seuillés; b) événements seuillés à 1 mm.

Quand on étend l'étude aux 68 stations, sans lacune auget, réparties sur la zone d'étude, on constate que les coefficients de détermination entre le cumul total et le nombre d'événements n'est pas très bon pour les seuils inférieurs ou égaux à 5 mm ( $r^2 < 0,3$ ). Par contre, pour des seuils supérieurs, 7,5 à 25 mm, la relation s'améliore fortement ( $r^2$  de 0,39 à 0,54), ce qui tend à montrer que le nombre de systèmes qui ont donné plus de 5 mm explique en partie le cumul à la station. (figure 20, tableau 15).

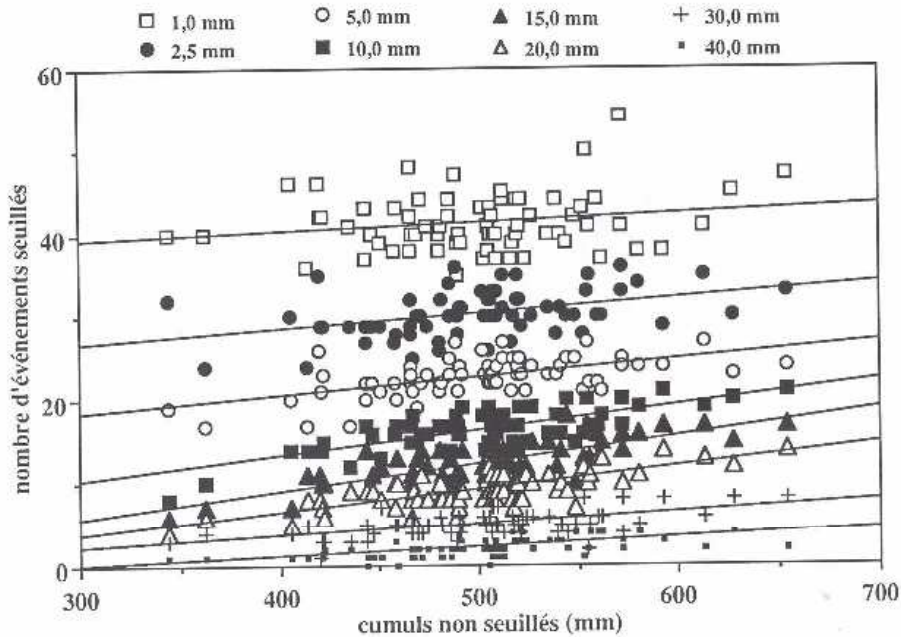


Figure 20: Corrélation entre le cumul à une station et son nombre d'événements en fonction d'un seuil pluviométrique.

Tableau 15: Coefficients de détermination de la relation nombre d'événements selon un seuil pluviométrique donné sur 68 stations en fonction de leur cumul saisonnier non seuillé.

1mm	$y = 36,13 + 0,010x$ $r^2 = 0,03$	2,5mm	$y = 21,09 + 0,018x$ $r^2 = 0,13$	5mm	$y = 11,98 + 0,021x$ $r^2 = 0,29$
7,5mm	$y = 6,79 + 0,025x$ $r^2 = 0,39$	10mm	$y = 1,18 + 0,030x$ $r^2 = 0,52$	17,5mm	$y = -0,243 + 0,028x$ $r^2 = 0,46$
15mm	$y = -4,45 + 0,033x$ $r^2 = 0,55$	20mm	$y = -3,67 + 0,028x$ $r^2 = 0,50$	30mm	$y = -4,53 + 0,027x$ $r^2 = 0,54$
25mm	$y = -5,17 + 0,024x$ $r^2 = 0,53$	40mm	$y = -1,91 + 0,014x$ $r^2 = 0,29$		$y = -3,34 + 0,011x$ $r^2 = 0,31$

La relation entre le cumul total et le cumul seuillé à une station donnée est par contre, comme en 1992, parfaitement bien établie, figure 21, tableau 16 (Taupin et al., 1993a). Ce sont les pluies importantes qui expliquent le cumul saisonnier. En effet, les pluies supérieures à 10 mm expliquent encore 92 % de la variance des cumuls saisonniers sur cet échantillon de 68 stations et représentent en moyenne 75 % du cumul saisonnier, valeur que

l'on retrouve d'une année sur l'autre. Comme en 1992, on constate qu'entre le seuil de 1 mm et 25 mm la pente de la corrélation reste très proche de 1, l'ordonnée décroissant progressivement de -8 à -230. De plus jusqu'à 20 mm le coefficient de détermination reste élevé ( $r^2 > 0,77$ ), on peut donc en conclure, comme en 1992, que sur cet intervalle, la distribution des pluies exprimées en proportion du cumul de la saison est sensiblement identique d'une station sur l'autre.

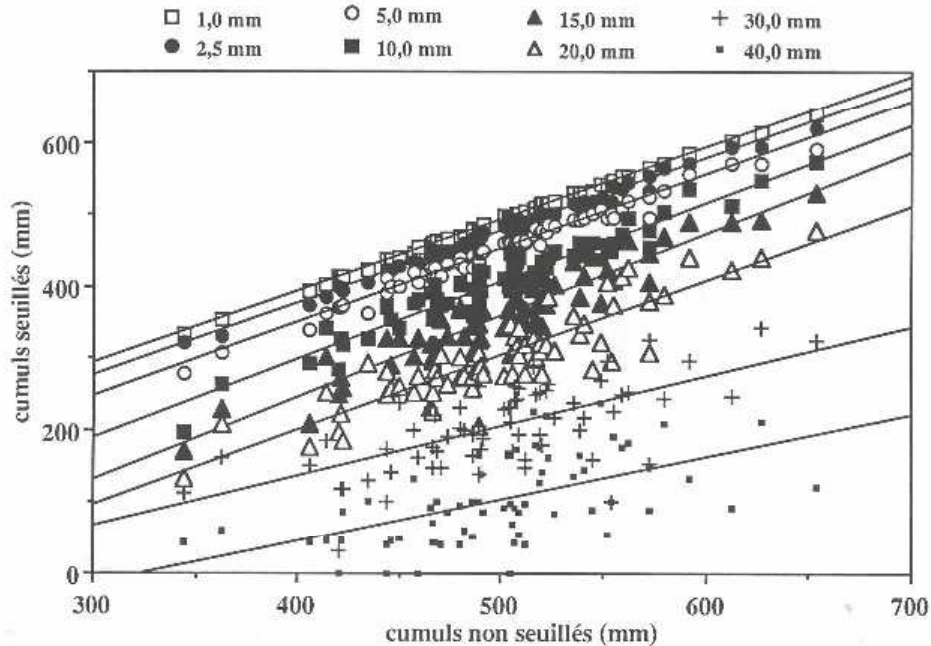


Figure 21: Corrélation entre le cumul seuillé à une station et son cumul total.

Tableau 16: Coefficients de détermination de la relation cumul saisonnier selon un seuil pluviométrique donné sur 34 stations en fonction de leur cumul saisonnier non seuillé.

1mm	$y = -7,65 + 0,997x$ $r^2 = 0,99$	2,5mm	$y = -26,73 + 1,005x$ $r^2 = 0,99$	5mm	$y = -59,27 + 1,020x$ $r^2 = 0,97$
7,5mm	$y = -90,23 + 1,038x$ $r^2 = 0,95$	10mm	$y = -138,42 + 1,090x$ $r^2 = 0,92$	12,5mm	$y = -155,94 + 1,074x$ $r^2 = 0,90$
15mm	$y = -212,51 + 1,034x$ $r^2 = 0,88$	17,5mm	$y = -199,6 + 1,060x$ $r^2 = 0,80$	20mm	$y = -215,51 + 1,034x$ $r^2 = 0,78$
25mm	$y = -230,42 + 0,961x$ $r^2 = 0,67$	30mm	$y = -140,58 + 0,689x$ $r^2 = 0,44$	40mm	$y = -192,53 + 0,590x$ $r^2 = 0,31$

Le même type d'analyse effectué sur le nombre d'événements montre qu'il n'y a pas de relation significative aux seuils supérieurs à 1 mm (figure 22, tableau 17). Les faibles pentes observées à partir du seuil de 2,5 mm impliquent que le nombre d'événements pour un seuil donné est pratiquement identique d'une station à l'autre quelque soit le nombre d'événements total à la station.

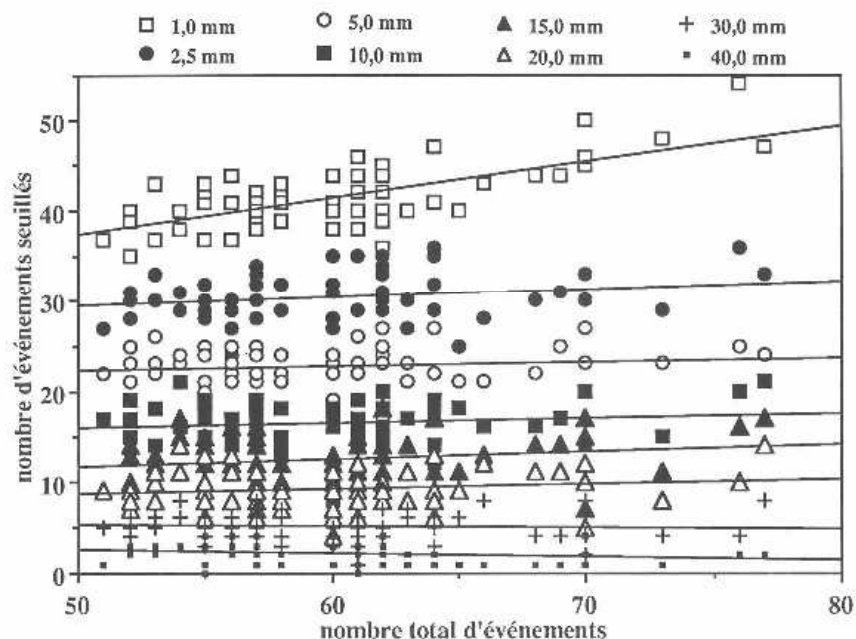


Figure 22: Corrélation entre le nombre d'événements seuillés à une station et son nombre d'événements total.

Tableau 17: Coefficients de détermination de la relation nombre d'événements selon un seuil pluviométrique donné sur 34 stations en fonction du nombre total d'événement sur la saison.

1mm	$y = 17,24 + 0,402x$ $r^2 = 0,45$	2,5mm	$y = 24,70 + 0,093x$ $r^2 = 0,03$	5mm	$y = 19,92 + 0,046x$ $r^2 = 0,01$
7,5mm	$y = 13,74 + 0,088x$ $r^2 = 0,05$	10mm	$y = 13,28 + 0,052x$ $r^2 = 0,02$	12,5mm	$y = 9,59 + 0,075x$ $r^2 = 0,03$
15mm	$y = 7,27 + 0,084x$ $r^2 = 0,04$	17,5mm	$y = 8,29 + 0,039x$ $r^2 = 0,01$	20mm	$y = 5,71 + 0,055x$ $r^2 = 0,03$
25mm	$y = 3,25 + 0,058x$ $r^2 = 0,03$	30mm	$y = 5,90 - 0,014x$ $r^2 = 0,00$	40mm	$y = 5,52 - 0,041x$ $r^2 = 0,05$

Comme étude complémentaire, on s'est intéressé à la répartition des averses, paramètre important en climat sahélien, au cours de la saison des pluies et son évolution pour les stations à cumuls minima (Gardana Kouara) et maxima (Torodi), dans ce cas on fait une comparaison Nord-Sud et l'on met en parallèle des événements qui n'ont pas obligatoirement touché les 2 stations. A l'opposé on peut regarder la répartition de la quantité de pluie au cours de la saison sur des stations peu distantes, dans ce cas les événements sont identiques le plus souvent et la répartition de la pluie de l'événement sur les stations dépend de la répartition spatiale des cellules orageuses au sein de l'événement (Niamey ORSTOM, IRI et Aéroport).

Pour les stations de Gardana Kouara et Torodi, la différence importante du cumul saisonnier est due d'une part à une absence de précipitation durant près d'1 mois au nord du degré carré et d'autre part à une infériorité tant en nombre d'événements qu'en quantité de pluie à la

station de Gardana Kouara. On constate de plus que plusieurs événements ne sont pas synchrones, et donc qu'à la répartition spatiale Nord-Sud pour un événement donné se superpose aussi une répartition temporelle hétérogène (figure 23a,b). La comparaison avec le cumul normé de leur pluie journalière uniforme permet de constater que le début de la saison des pluies est peu productive pour les 2 stations. La station de Torodi refait son retard fin juillet au coeur de la saison des pluies et commence à se stabiliser vers fin août. Pour la station de Gardana Kouara, le retard accumulé depuis fin mai est tel qu'elle ne rattrape et dépasse la pluie journalière uniforme que vers fin août.

Le comportement des 3 stations de Niamey est différent (figure 24a,b). Le début de saison des pluies est très productif, ce qui amène un dépassement dès le début de leur courbe normée respective de pluies journalières uniformes. On retrouve, comme pour Torodi et Gardana Kouara, une période de sécheresse de mi-juin à début juillet qui fait passer sous la courbe de leur pluie normée uniforme la station de IRI et ORSTOM, celle de Niamey Aéroport se situant toujours au-dessus de sa courbe. A partir de fin juillet, les stations de IRI et ORSTOM commencent à recevoir des pluies conséquentes rattrapant ainsi leur courbe de pluie uniforme. Par contre pour celle de l'Aéroport la pente de l'évolution du cumul ne progresse plus à partir du 20 juillet et même si elle reste au-dessus de sa courbe de pluie uniforme (l'apport pluviométrique restant supérieur à l'apport journalier uniforme) l'écart avec les 2 autres stations augmente de façon continue jusqu'à la fin de la saison des pluies.

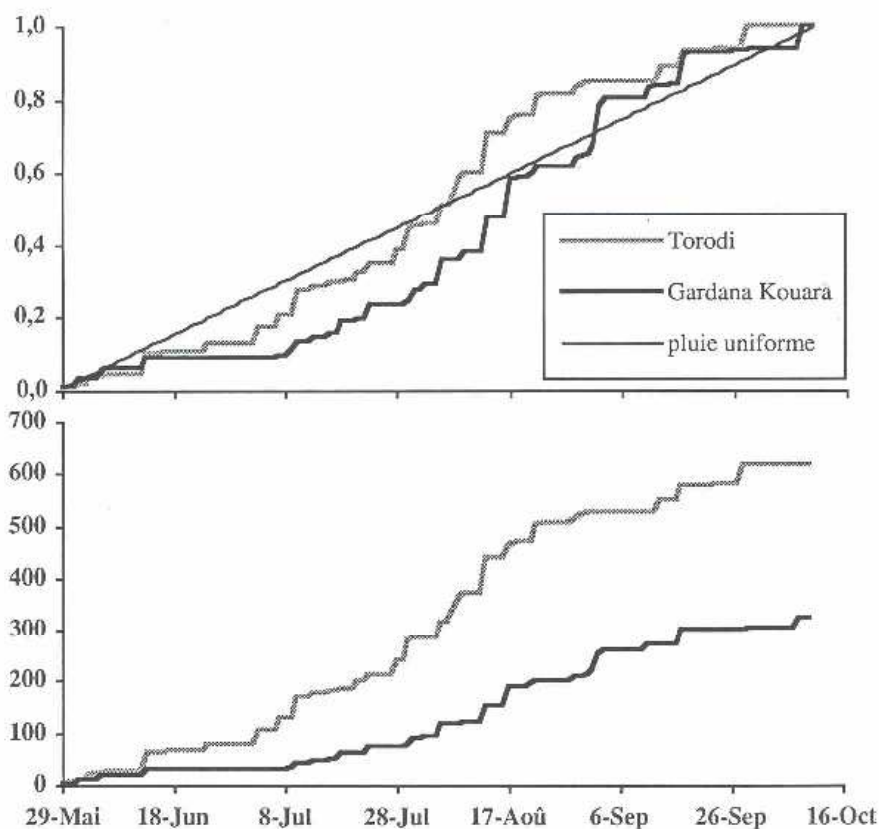


Figure 23: Comparaison de l'évolution du cumul pluviométrique entre Torodi et Gardana Kouara entre le 29 mai et le 15 octobre : a) cumul normé et comparaison avec une pluie théorique uniforme; b) cumul non normé.



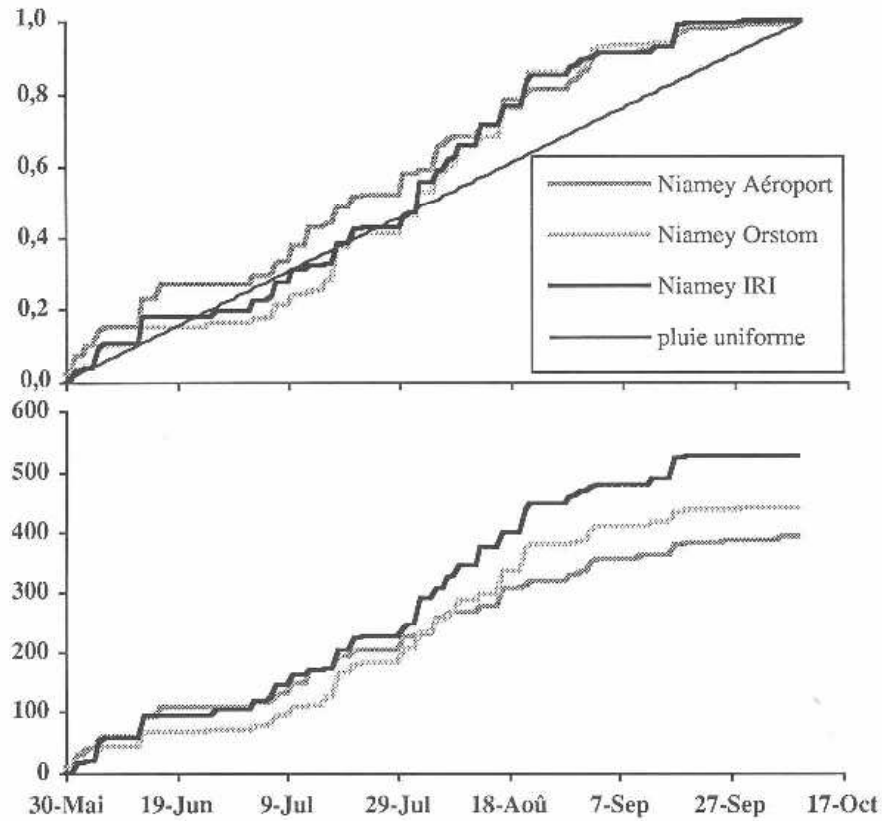


Figure 24: Comparaison de l'évolution du cumul pluviométrique entre les 3 stations de Niamey entre le 30 mai et le 15 octobre: a) cumul normé et comparaison avec une pluie théorique uniforme; b) cumul non normé.

La répartition des fréquences d'intensité des différents événements de la saison, pour une station donnée, permet d'apporter des informations sur la climatologie sahélienne. En effet quand on compare la répartition des fréquences d'intensité pour différentes stations il en ressort une distinction importante entre stations à fort et faible cumul. La courbe de répartition des stations à fort cumul montrent en général de plus fortes intensités, ce que l'on constate entre Torodi et Gardana Kouara et entre les 3 stations de Niamey dont les cumuls sont égaux respectivement à 399 mm (Aéroport), 447 mm (ORSTOM) et 533 mm (IRI) (figure 25a,b). Pour pouvoir tirer des conclusions sur la stabilité de ce paramètre climatologique, il faudrait étendre cette étude aux différentes années, de 1990 à 1992, permettant ainsi de confronter ces résultats pour des qualités de saison des pluies différentes: déficitaire, normale ou excédentaire.

carré et l'évolution des cellules convectives au sein du système, et d'autre part, la déformation du hyétogramme aux différentes stations touchées par l'événement pluvieux.

En 1993, plusieurs systèmes convectifs de méso-échelle ont traversé le degré carré, et parmi ceux-là, on s'est particulièrement intéressé aux événements de type ligne de grain, qui sont des convections régionales parfaitement reconnaissable tant par leur signature au sol que par leur direction de propagation et leur vitesse de déplacement.

La ligne de grain la plus remarquable en 1993 a eu lieu le 17 août. Elle a traversé le degré carré entre 21h40 et 23h50. Durant cette événement la quantité de pluie moyenne sur le degré carré a été égale à 28,7 mm, ce qui représente le second épisode le plus important de cette année après celui du 13 août (37,3 mm). La quantité maximale de pluie est tombée à la station de IH plateau (107) et a atteint 45 mm. Sur les 38 événements cette hauteur maximale enregistrée sur l'événement n'est que la quinzième et les intensités maximales enregistrées ne représentent pas les maximum de la saison. Pendant cette épisode, 99 % des stations du réseau ont été touchées. La convection a abordé le degré carré dans sa partie Sud-Est à la station de Sandideye.

Un transect Est-Ouest (figure 26) de 10 stations coupant le degré carré a été choisi pour suivre l'évolution du hyétogramme.

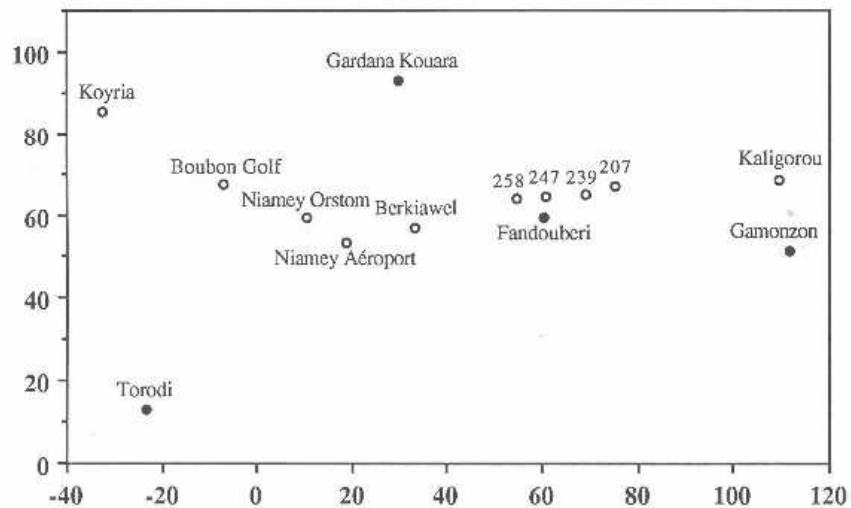


Figure 26: Localisation des stations (o) du transect Est-Ouest utilisés pour suivre l'évolution du hyétogramme de l'événement du 17 août 1993.

Sur la figure 27, qui représente l'évolution spatiale du front de la ligne de grain du 17 août sur le degré carré au pas de temps de 5 minutes, on peut voir que le front est bien formé dès le début et qu'il va se déplacer dans une direction véritablement Est-Ouest. Le calcul de la vitesse du front entre le moment de son apparition dans le degré carré (21h40) et le début de sa disparition (23h15) donne une valeur de  $63 \text{ km.h}^{-1}$ , cette valeur qui est en parfaite concordance avec les vitesses enregistrées sur d'autres lignes de grain, est assez forte montrant ainsi une dynamique importante dans la convection. La vitesse de déplacement de la ligne de grain apparaît de prime abord aussi assez constante. Durant le déplacement de la ligne de grain au-dessus du degré carré, le front reste très groupé et on peut apercevoir à

cette échelle plusieurs noyaux convectifs (2 à 3) au sein du système. Par comparaison avec la visualisation du déplacement du système sur les images radar (heure donnée en temps universel, H.T.U. = H.Niamey -1) (**figure 28**), on peut voir qu'il y a un parfait synchronisme au cours du déplacement de la ligne de grain au-dessus du degré carré. Dans la convection, on discerne parfaitement le front qui apparaît dans les teintes jaune orangé foncées (les plus fortes intensités), et au fur et à mesure que le système se rapproche, le radar visualise aussi la partie stratiforme qui apparaît dans les teintes jaune vert (intensités faibles). A cette échelle, la totalité de la convection va mettre un peu moins de 6 heures pour parcourir toute la zone d'étude.

En complément, grâce au dispositif ARCOL, on a pu faire un zoom de l'épisode, à une échelle plus petite que le degré carré (**figure 29**). L'événement a atteint la zone ARCOL à 22h00 et l'a quitté à 23h10. Le front a parcouru les 35 kms en une trentaine de minutes, on retrouve bien la vitesse de déplacement calculée à l'échelle du degré carré. Le zoom permet de constater que le front n'est en fait pas très lissé et que son avancée se fait par indentation successive. On arrive aussi à détecter des zones très limitées spatialement mais très productives qui pourraient se révéler être les cellules convectives de base. Au vu des images 5, 6 et 7 d'une part et 8,9 et 10 d'autre part, il ne semble pas y avoir de déplacement effectif de ces cellules qui se généreraient et disparaîtraient au même endroit en accord avec certaines théories émises sur le déplacement interne des lignes de grain. D'après ces théories, juste au moment de leur disparition une autre cellule apparaîtrait en avant de la cellule précédente. Leur durée de vie serait donc limitée, dans notre cas elle correspondrait à une quinzaine de minutes. Des études plus systématiques sur tous les systèmes ayant pénétré dans la zone ARCOL permettra de confirmer ces hypothèses.

Au niveau du transect des stations choisies, les hyétogrammes (pas de temps de 5 minutes) montrent nettement le déplacement du front d'Est en Ouest avec la présence plus ou moins marquée d'une traîne (**figure 30**). Les quantités de pluies sur les 10 stations s'échelonnent de 18,5 mm (LA1SG 247) à 33,0 mm (Boubon Golf) avec une moyenne de 25,6 mm, mais la structure du hyétogramme apparaît assez homogène d'une station à l'autre. Les intensités maximales sur les stations du transect présentent des valeurs assez élevées puisqu'elles se situent dans l'intervalle 60-90 mm.h<sup>-1</sup> pour un pas de temps de 5 minutes. Sur les 10 stations, la durée de l'épisode est à peu près la même pour toutes les stations, mis à part la station de Boubon qui présente une traîne plus importante. Les stations les plus à l'Ouest ont, pour cette épisode, en général une quantité de pluie plus importante, et on peut suggérer que la convection a du se renforcer au-dessus du degré carré, comme le suggère la carte des isohyètes de l'événement du 17 août (**annexe A2**).

A côté des études de dynamique, le calcul des cumuls sur de petits pas de temps permet également une analyse fréquentielle. Les maxima absolus de la saison 1993 ont été calculés en compilant les cumuls maximum de chaque épisode pour des pas de temps allant de 5 à 60 minutes à partir du **tableau 2**. Cette synthèse des maxima est reportée dans le **tableau 18**.

On a comparé les périodes de retour observées en 1993, à différents pas de temps, avec celles obtenues pour les années 1990-92 (les périodes de retour ont été calculées à partir de la série de Niamey Aéroport (**Bouvier, 1986**)).

Les périodes de retour maximales enregistrées en 1993 sont systématiquement plus faibles que pour les années 1990 à 1992 et cela jusqu'au pas de 15 minutes. Pour les pas de temps supérieurs, les périodes de retour se situent dans le même ordre de grandeur que les années antérieures. Par comparaison avec 1990 qui est aussi une année déficitaire, les périodes de retour maximales observées sont toutes beaucoup plus importantes, il n'y a donc pas de lien apparent entre les intensités maximales observées et la quantité de pluie moyenne tombée sur le degré carré pendant la saison des pluies.

**Tableau 18: Périodes de retour des maximums enregistrés sur le réseau EPSAT-NIGER en 1993, calculées en prenant la série pluviographique de Niamey Aéroport (1946-1983) comme référence. On a fait figurer entre parenthèse, les valeurs du cumul maximum et la période de retour associée pour les années 1990 à 1992.**

Durée en mn	Quantité en mm	Station	Date-événement	Période de retour série Niamey Aéroport
5	14,3 (30 - 17 - 29)	LA1SA 201	3/09	2,6 (200 - 7 - 166)
10	25,6 (39 - 31 - 38)	LE1SJ 232	13/09	7,2 (150 - 28 - 224)
15	34,1 (? - 41 - 42)	LA1SA 201	3/09	7,6 (? - 33 - 40)
30	59,1 (66 - 52 - 63)	LISL 254	7/07	19,6 (50 - 9 - 30)
60	80,8 (75 - 85 - 74)	Guilabel	22/08	25,2 (20 - 34 - 16)
sur l'averse	95,5 mm en 9h05' (102 - 162 - 92)	Guilabel	22/08	

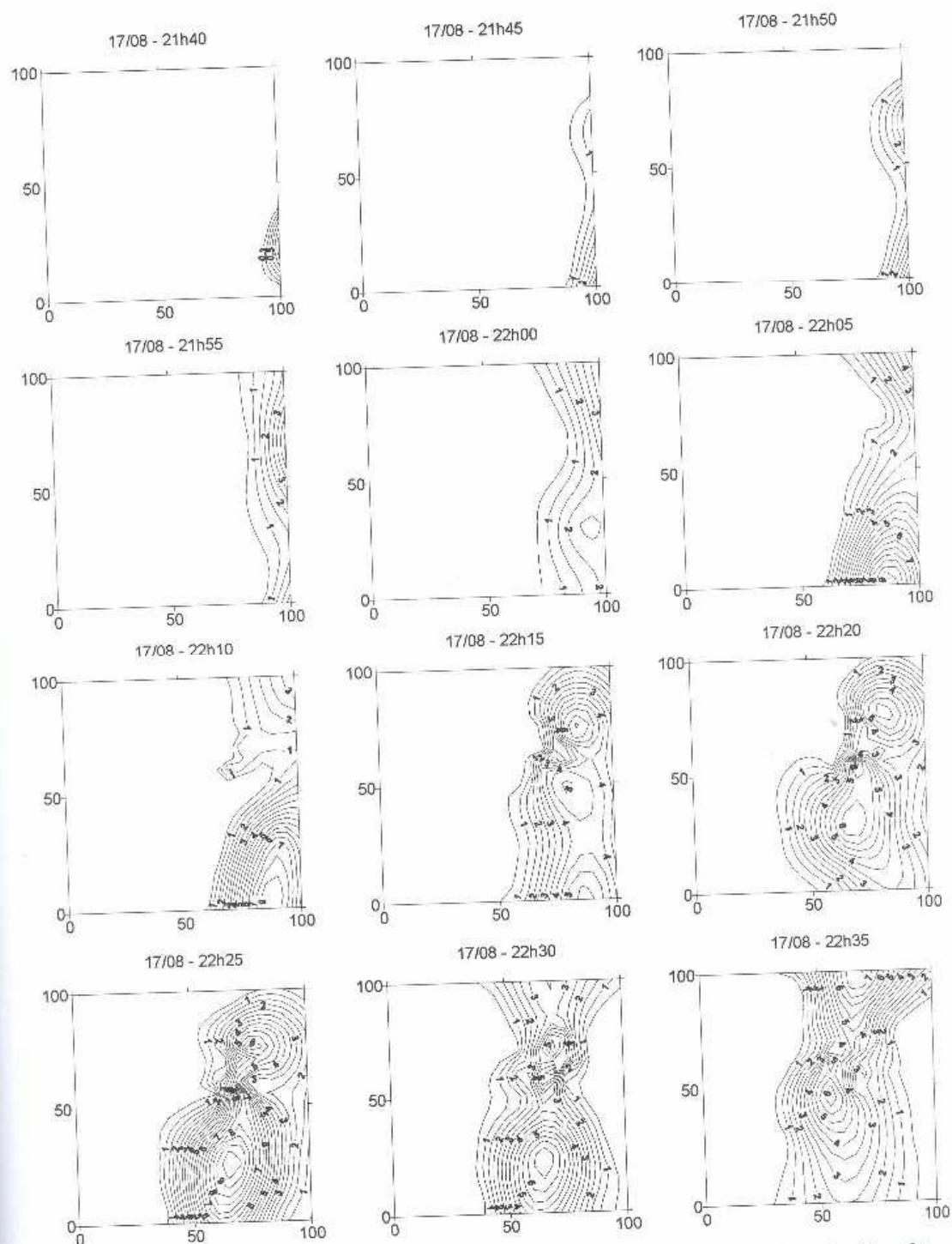
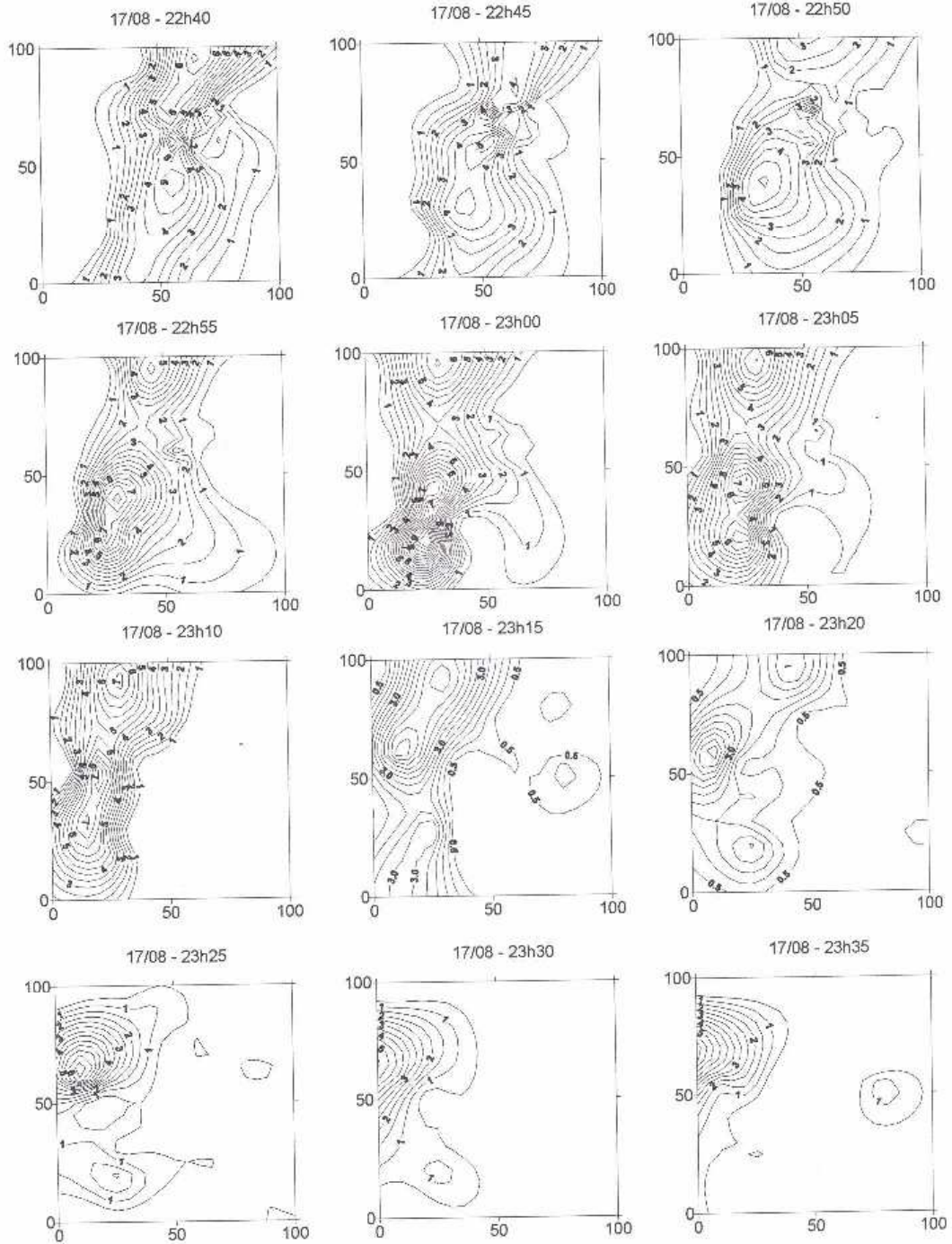


Figure 27: Isohyètes au pas de temps de 5 minutes du système précipitant du 17 août.



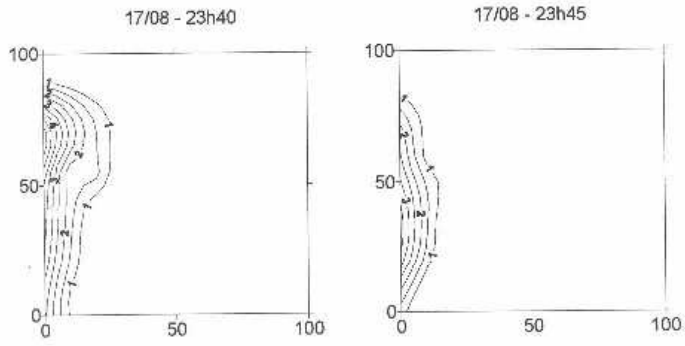
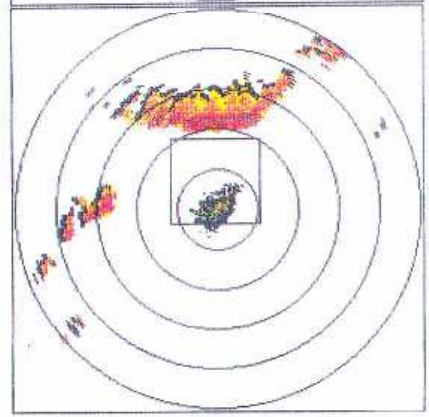
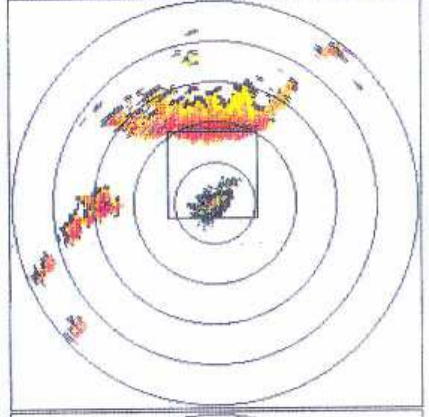


Figure 28 (page suivante): Images radar de la ligne de grain du 17 août. Le carré central représente la zone d'implantation du réseau sol.

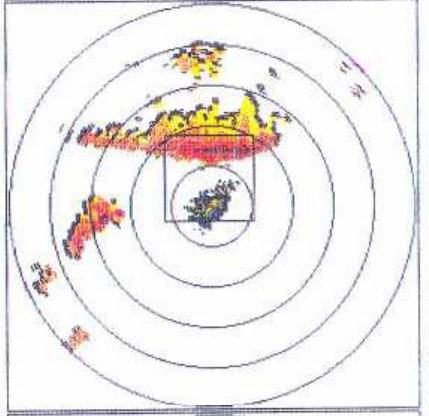
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 20:34:45  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



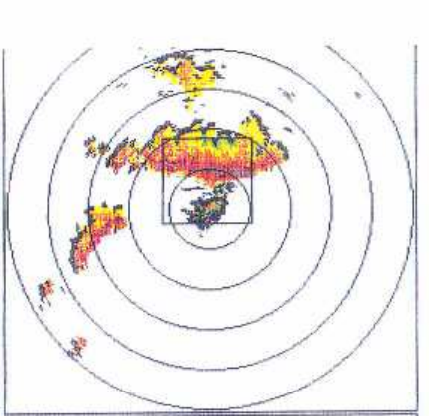
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 20:50:48  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



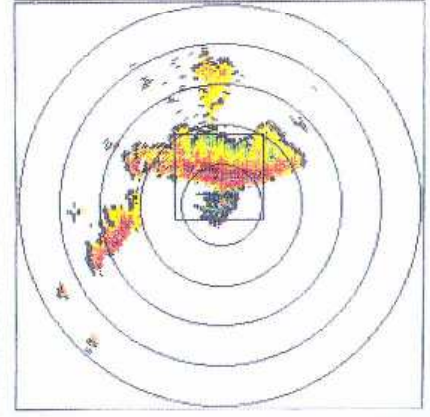
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 21:05:52  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



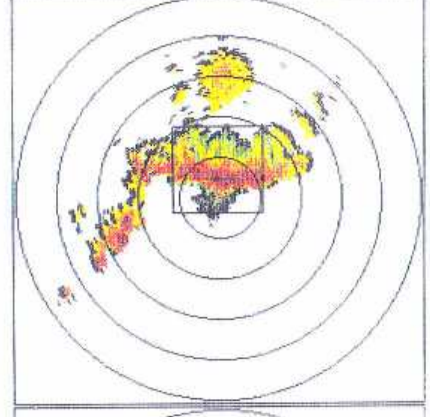
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 21:20:52  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



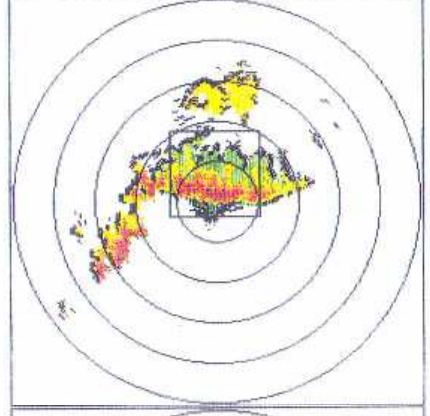
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 21:30:53  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



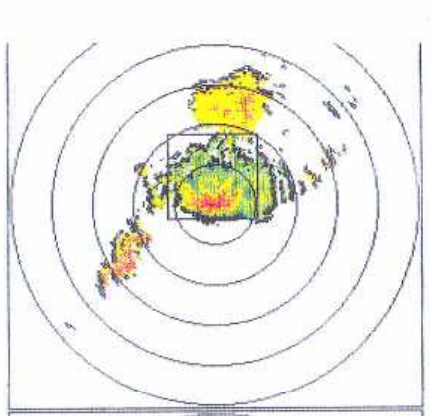
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 21:41:57  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 21:54:02  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km

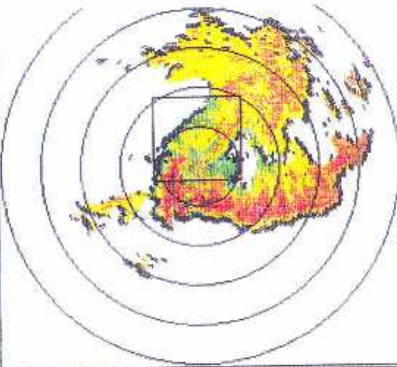


ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 22:10:01  
 SITE..... 0.8  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km

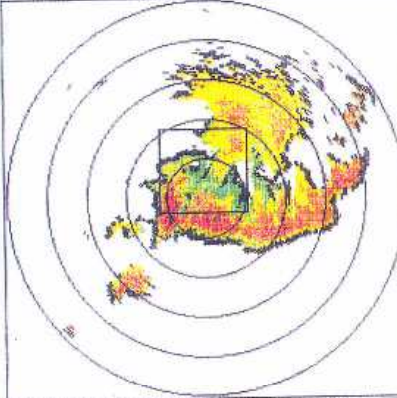




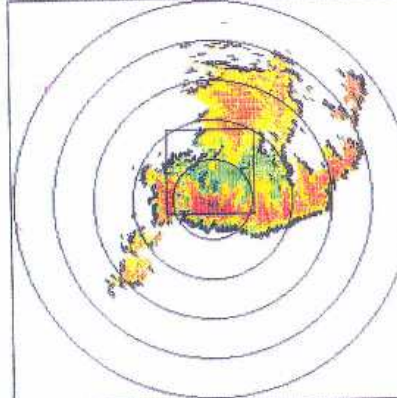
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 23:05:35  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



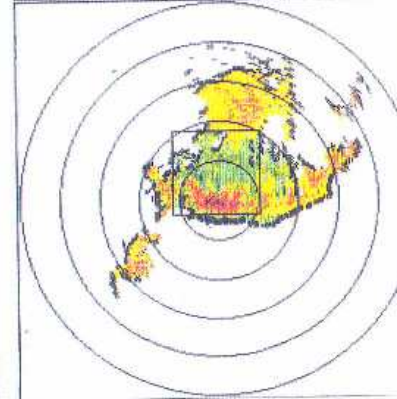
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 22:50:07  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



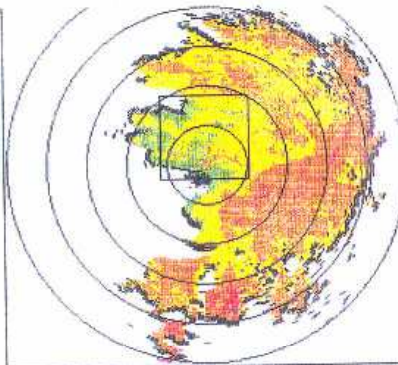
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 22:38:07  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



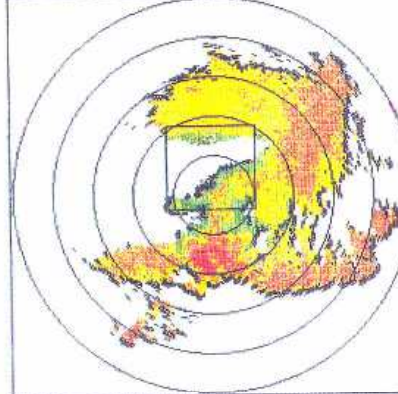
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 22:20:04  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



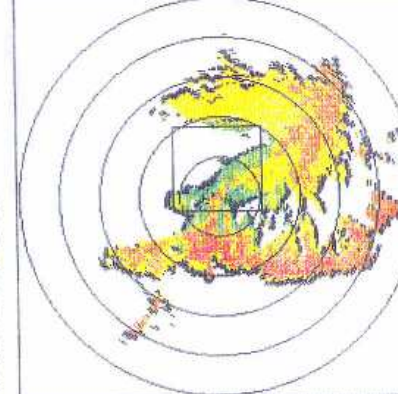
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 18/08/1993 01:05:39  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



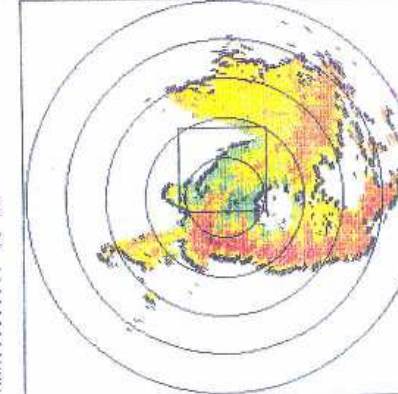
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 23:51:00  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



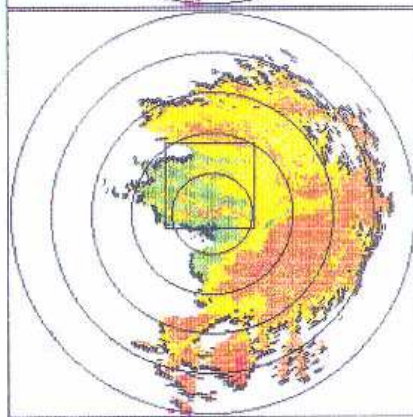
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 23:35:29  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



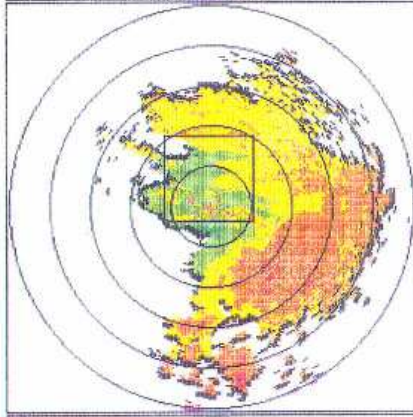
ORSTOM/NIAMEY saison93  
 DATE..... 17/08/1993 23:19:59  
 SITE..... 0.9  
 RESOLUTION... 0500 m  
 MARK..... 50 km



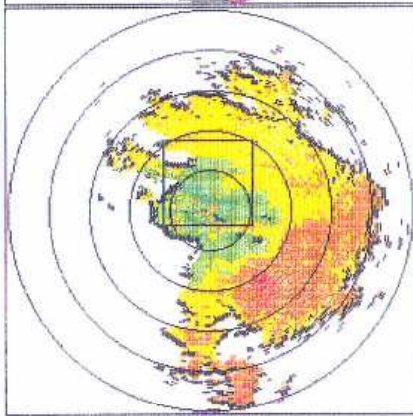
ORSTOM/NIAMEY #1150793  
DATE..... 18/08/1993 01:28:07  
SITE..... 0.9  
RESOLUTION... 0500 m  
MARK..... 50 km



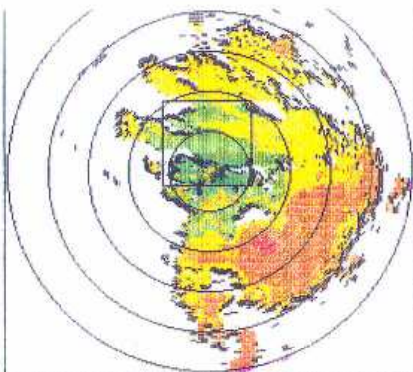
ORSTOM/NIAMEY #1150793  
DATE..... 18/08/1993 01:35:37  
SITE..... 0.9  
RESOLUTION... 0500 m  
MARK..... 50 km



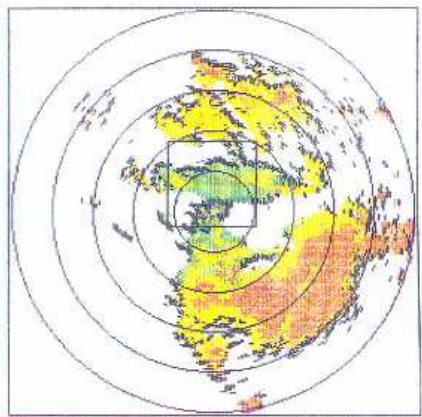
ORSTOM/NIAMEY #1150793  
DATE..... 18/08/1993 01:56:05  
SITE..... 0.9  
RESOLUTION... 0500 m  
MARK..... 50 km



ORSTOM/NIAMEY #1150793  
DATE..... 18/08/1993 02:05:33  
SITE..... 0.9  
RESOLUTION... 0500 m  
MARK..... 50 km



ORSTOM/NIAMEY #1150793  
DATE..... 18/08/1993 02:20:00  
SITE..... 0.9  
RESOLUTION... 0500 m  
MARK..... 50 km



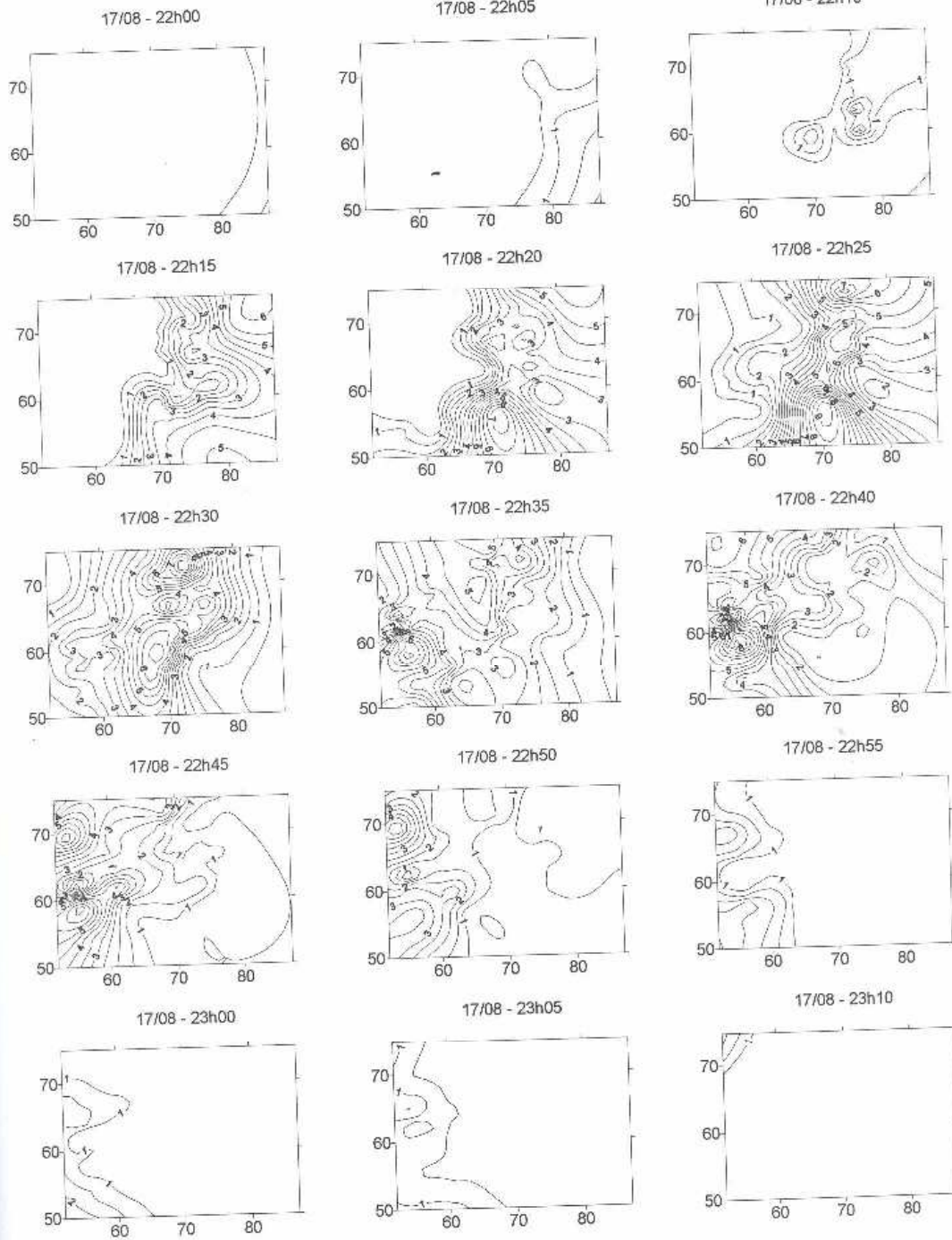


Figure 29: Isohyètes de la convection du 17 août au pas de temps de 5 minutes sur la zone ARCOL.

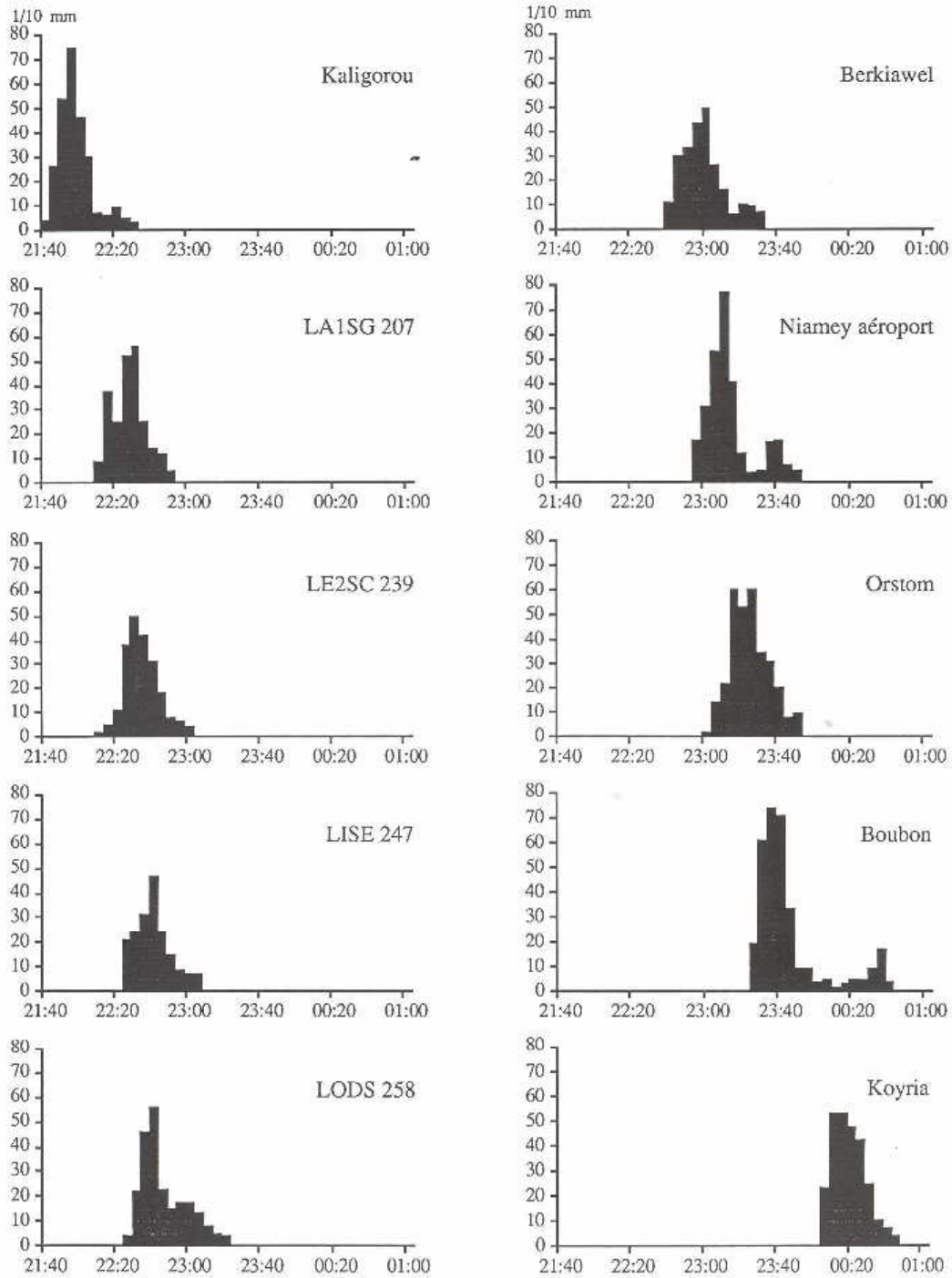


Figure 30: Hyétogrammes de 10 stations selon un transect est-ouest.

### 3.4 Comparaison de la pluie à 1,5 m et au sol pour les années 1990 à 1993

Depuis 1990, en complément du pluviographe installé à 1.50 m du sol, on a installé un pluviographe au sol de type Snowdon sur 2 stations du réseau (Kollo et Banizoumbou), ce dernier étant situé à environ 4 m du pluviographe à 1,5 m.

La présence de stations climatologiques sur ces deux sites a permis, de plus, d'avoir accès aux vitesses de vent à différents pas de temps inférieurs aux épisodes pluvieux (de 10 mn à 60 mn). Pendant l'expérience, les sites qui sont situés dans des champs cultivés en mil ont été entretenus de telle façon que l'on puisse garder une bande sans végétation d'au moins 10 m autour du site. Pour éviter l'accumulation de feuilles ou de papiers, cause de bouchage de l'entonnoir du pluviographe au sol, on l'a entouré par deux bandes grillagées de 10 cm de hauteur disposées à 2 m et 4 m du centre du dispositif. En complément, le temps entre deux visites de contrôle a été réduit au maximum (15 à 21 jours).

Sur une troisième station Niamey ORSTOM on a installé en complément un pluviomètre type Association situé à 0,3 m du sol à fin de comparaison à l'échelle de l'événement avec le pluviographe situé à 1 m du sol.

L'expérimentation a porté sur les années 1990 à 1993, mais les données obtenues en 1990 et 1991 ont été partielles et de moindre qualité car on a été confronté d'une part, à des problèmes d'ensablement et de bouchage du pluviographe important, et d'autre part, à des problèmes de dérive en temps ce qui n'a pas permis de caler les pluviographes au sol et à 1,5 m pendant certaines périodes.

A l'échelle de la saison, l'écart entre les 2 pluviographes d'une même station varie de 0,6 % à 4,6 %. On peut remarquer que la différence entre le pluviographe au sol et à 1,5 m pour un site donné reste très faible (Chevallier et Lapéite, 1986). On aurait pu s'attendre à des différences plus importantes compte tenu du fait que la majeure partie de la pluie est d'origine convective et est donc le siège de très forte turbulence.

A l'échelle de l'événement, les données pluviographiques ont été corrigées en fonction de la valeur seuil obtenue sur la période. On obtient pour les trois postes des relations parfaitement linéaires (figure 31a,b,c) que l'on peut représenter par la relation:

$$R_{\text{sol}} = A * R_{\text{standard}} + B$$

Sur le tableau 19, toutes stations confondues, on peut remarquer que la pente varie entre 0,946 et 1,027 et cela pour les différentes années. Seule la station de Niamey ORSTOM présente systématiquement des valeurs un peu supérieures au pluviomètre situé à 0,3 m par rapport au pluviographe à 1,0 m, mais la différence reste peu significative.

On ne note pas non plus d'écart significatif lié à la hauteur d'eau, en effet, la prise en compte, seulement des pluies supérieures ou égales à 10 mm n'a que peu d'influence sur la pente de la droite par rapport aux pluies inférieures à ce seuil.

A l'aide des données climatologiques de la station de Kollo (Monteny, 1991, 1992), on a essayé d'apprécier l'impact de la vitesse du vent sur les événements où l'on observe les plus grands écarts. Pour éviter les erreurs importantes que l'on peut faire sur les petites valeurs de pluie, l'échantillon choisi concerne les pluies supérieures ou égales à 10 mm et dont l'écart entre le pluviographe au sol et le pluviographe standard est supérieur à 5 % en valeur absolue (tableau 20). Même si on peut noter une tendance à l'augmentation de l'écart avec la vitesse du vent, les corrélations que l'on peut obtenir sont très mauvaises ( $r^2 < 0,3$ ) que cela soit en prenant la vitesse moyenne du vent sur l'événement ou la vitesse maximale. On a aussi croisé ces différents paramètres avec l'intensité maximale obtenue en 5 mn, 10 mn, 15 mn, 30 mn pour chaque événement mais l'on constate là aussi l'indépendance des variables.

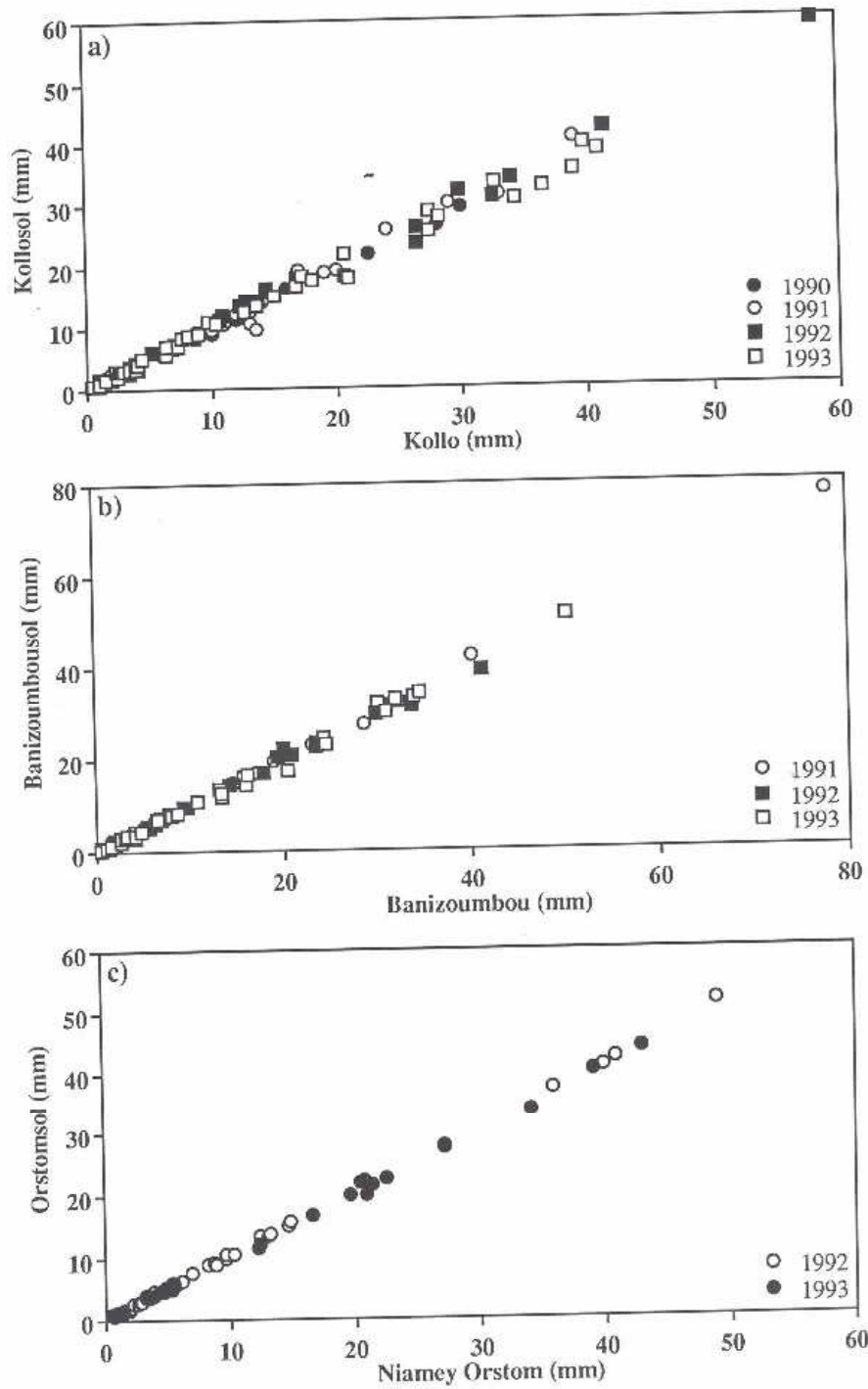


Figure 31: Comparaison pluie à 1,5 m et pluie au sol au pas de temps journalier pour les stations de : a) Kollo; b) banizoumbou; c) Niamey Orstom.

Tableau 19: Comparaison des relations pluviographe à 1,5 m et au sol, obtenues sur les sites de Kollo, Banizoumbou et Niamey entre 1990 et 1993, en fonction de différents seuils pluviométriques.

	Nombre de couples	A	B	r <sup>2</sup>
<b>BANIZOUMBOU</b>				
1991	16	0,996	0,356	0,999
1992	32	0,982	0,198	0,995
1993	33	1,000	-0,186	0,996
1991-1993: total des événements	81	0,997	0,048	0,997
1991-1993: événements < 10 mm	43	1,027	-0,057	0,984
1991-1993: événements ≥ 10 mm	38	0,996	0,039	0,992
<b>KOLLO</b>				
1990	16	0,981	-0,171	0,995
1991	23	1,017	-0,306	0,985
1992	40	1,004	0,119	0,994
1993	40	0,946	0,463	0,992
1990-1993: total des événements	119	0,981	0,132	0,991
1990-1993: événements < 10 mm	56	0,996	0,070	0,976
1990-1993: événements ≥ 10 mm	63	0,979	0,178	0,979
<b>NIAMEY ORSTOM</b>				
1992	44	1,036	0,102	0,999
1993	26	1,008	0,015	0,999
1992-1993: total des événements	70	1,022	0,087	0,999
1992-1993: événements < 10 mm	44	1,030	0,089	0,992
1992-1993: événements ≥ 10 mm	26	1,022	0,106	0,973

La fiabilité des données obtenues en 1992 et 1993 a permis d'étudier l'écart entre les 2 pluviographes, au pas de temps de 5 mn pour la station de Banizoumbou et Kollo (figure 32a,b et tableau 21). Les coefficients de détermination très élevés montrent une faible dispersion des valeurs et on peut noter une tendance vers un écart assez sensible en faveur du pluviographe à 1,5 m. Cela est surtout vrai pour la station de Kollo qui, sur les deux années, confirme cette tendance. Si on élimine les couples inférieurs à 2,5 mm qui représentent les 3/4 des données et qui ont ainsi un poids très important par rapport aux autres données, on s'aperçoit que l'écart entre les données du pluviographe au sol et à 1,5 m s'affaiblit.

En conclusion, on peut dire que contrairement à ce que l'on pouvait attendre dans des conditions de fortes turbulences, les données obtenues mettent en évidence une relative homogénéité des cumuls pluviométriques, que cela soit au niveau saisonnier, au pas de l'événement et en moindre mesure au pas de temps de 5 mn, entre les données issues du pluviographe au sol et celles obtenues sur le pluviographe à 1,5 m. L'expérience s'étant passée en zone de culture, il n'est pas impossible que l'effet de turbulence étant atténué, on arrive à cette uniformité des données. Pour confirmer les résultats obtenus, il est prévu pour la saison 1994, au site de Kollo, de mesurer la vitesse du vent au sol par rapport à celle mesurée par le mat climatologique situé à 2,5 m pour mettre en évidence, éventuellement, une diminution de la turbulence liée à la pousse du mil. En 1994, une étude similaire en zone totalement dénudée sera entreprise pour savoir si le vent joue ou non un rôle majeur

dans l'écart entre les deux pluviographes, et cela même si nos résultats présents ne montrent pas de tendance réelle.

Tableau 20: Comparaison de l'écart entre pluviographe à 1,5 m et au sol en fonction de différents paramètres climatologiques sur le site de Kollo.

Date	durée	hauteur (mm)	ecart sol/1,50 %	Vmax (m.s <sup>-1</sup> )	Vmoy (m.s <sup>-1</sup> )	Int. max. en 5 mn
4/10/91	3:30	17,0	-14,71	5,55	3,5	4,7
13/06/92	0:25	20,7	11,11	11,1	7,2	7,6
30/06/92	2:20	29,8	-8,05	8,33	8,3	6,0
28/07/92	1:00	12,3	-8,13	5,49	3,1	4,5
29/07/92	0:25	16,7	-7,78	2,42	2,1	7,5
31/07/92	4:55	14,3	-14,69	7,68	4,2	1,7
4/08/92	3:15	10,8	-9,26	6,13	3,0	2,3
25/08/92	0:30	12,7	-7,87	3,73	3,8	4,5
30/08/92	0:50	12,7	-11,81	0,98	0,8	5,7
29/05/93	0:35	27,5	6,55	7,22	7,2	6,6
3/07/93	0:35	27,5	-5,45	3,07	3,1	6,3
7/07/93	2:15	40,9	5,62	5,06	4,4	8,9
14/07/93	0:55	20,7	-5,80	5,53	5,2	7,4
30/07/93	2:50	17,2	-6,40	4,24	3,3	4,4
2/08/93	0:25	21,0	13,81	5	5,0	7,0
8/08/93	2:35	36,6	10,11	6,48	3,6	4,9
13/08/93	4:45	34,4	10,47	8,56	4,5	6,7
17/08/93	4:15	39,0	8,97	5,51	3,0	8,8

Tableau 21: Comparaison des relations pluviographe à 1,5 m et au sol au pas de temps de 5 mn, obtenues sur les sites de Kollo et Banizoumbou durant la saison 1992 et 1993, en fonction de différents seuils pluviométriques.

	Nombre de couples	A	B	r <sup>2</sup>
BANIZOUMBOU				
1992	317	0,948	0,380	0,982
1993	274	1,019	0,325	0,983
1992-1993	591	0,991	0,029	0,981
1992-1993 < 2,5 mm	503	0,987	0,025	0,937
1991-1993 ≥ 2,5mm	88	0,976	0,368	0,942
KOLLO				
1992	292	0,936	0,340	0,978
1993	308	0,942	0,318	0,980
1992-1993	600	0,942	0,034	0,982
1992-1993 < 2,5mm	493	0,886	0,076	0,885
1992-1993 ≥ 2,5mm	107	0,958	0,372	0,922



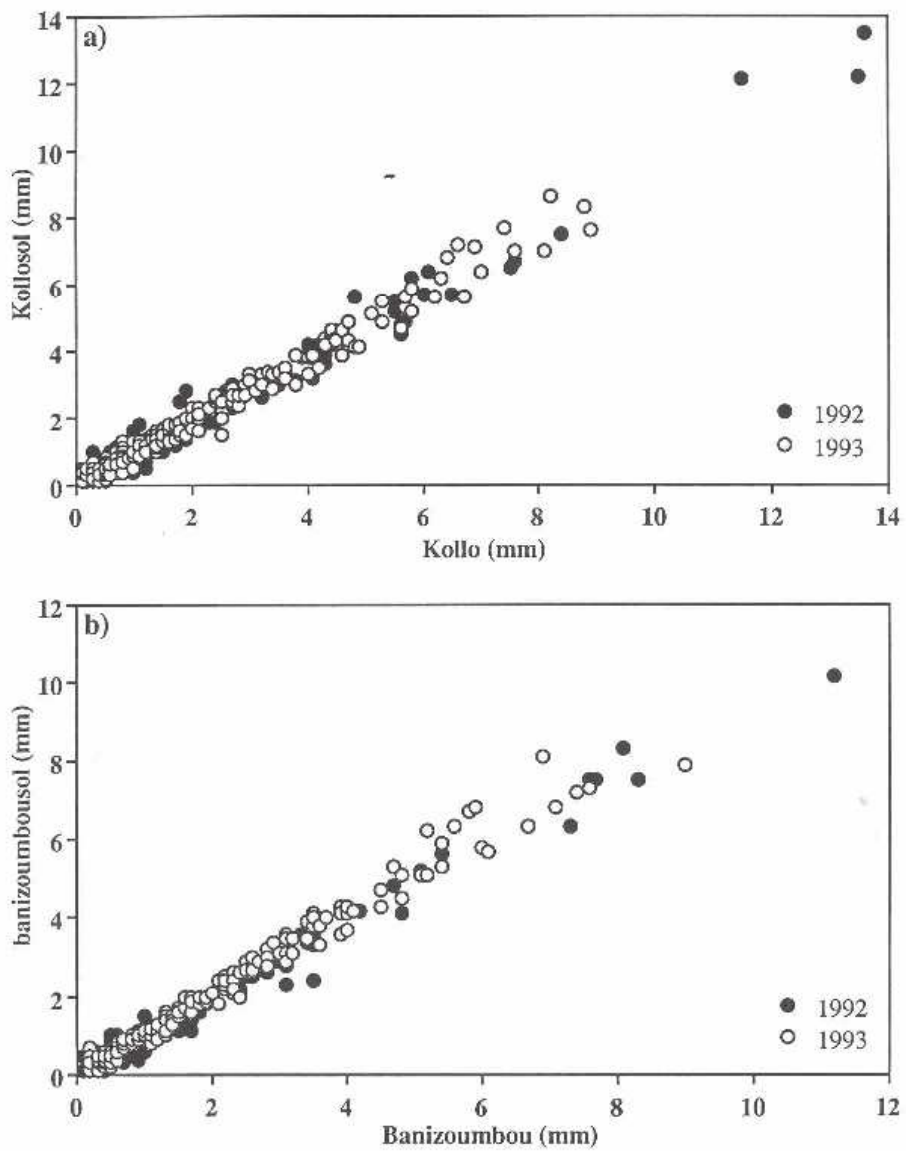


Figure 32: Comparaison pluie à 1,5 m et pluie au sol au pas de temps de 5 minutes pour la saison 1992 et 1993 aux stations de : a) kollo; b) Banizoumbou.

## CONCLUSIONS

Après deux années de pluviométrie normale, la saison 1993 apparaît comme une année déficitaire marquée par un retard important des premières pluies et un arrêt précoce de l'hivernage. Les caractéristiques de la climatologie sahélicienne sont cette année, une fois de plus, mis en évidence: grande hétérogénéité spatiale à tous les pas de temps, inversion importante au niveau local du gradient climatologique de grande échelle et présence d'une petite sécheresse intra saisonnière au début juillet. Depuis 1990, le jeu de données d'EPSAT-NIGER a pu ainsi s'enrichir considérablement de par la grande variabilité des paramètres climatologiques d'une année sur l'autre. On commence maintenant à avoir une palette de valeurs extrêmes tant minimales que maximales à toutes les échelles de temps et d'espace (de 1 km à plus de 100 km), ce qui devrait permettre de valider la ou les modélisations proposées sur la circulation des systèmes convectifs locaux ou de méso-échelle à cette latitude.

En parallèle à l'obtention des données sol, la banque de données radar, après 4 années commence à prendre forme. La qualité des données, depuis une année, s'est aussi considérablement améliorée permettant de commencer des études plus conséquentes sur la calibration données sol-données radar et sur les effets de l'atténuation sur le signal. En parallèle, l'utilisation des données infrarouges voire micro-ondes devrait permettre de croiser les résultats et de proposer à terme des algorithmes de précipitation plus performants que ceux existant actuellement.

La phase de l'expérimentation terrain prenant fin cette année, du moins dans sa phase intensive, un temps plus important sera consacré au traitement des données. Les études préliminaires que l'on a effectuées ont dégagé un certain nombre de voies qui apparaissent prometteuses. Pour les deux années à venir, les investigations auront pour objectif principal la caractérisation et la classification des champs pluvieux à fin de modélisation et cela à toute les échelles de temps et d'espace. D'autres thèmes plus classique seront poursuivis tels que la climatologie des données sol à partir d'indices simples comme les fréquences d'intensité, les seuils pluviométriques, la structure des événements en fonction de leur extension spatiale. Enfin dans le cadre de la validation des estimations satellitaires infrarouge, il est prévu une étude sur l'optimisation des erreurs d'estimation surfacique des pluies à partir du réseau sol. Dans ce cadre, on cherchera à optimiser les erreurs que l'on fait sur les moyennes spatiales à partir de données ponctuelles en fonction de plusieurs paramètres : le type d'interpolateur spatial utilisé, la densité et la disposition régulière ou irrégulière du réseau, la taille de la surface sur laquelle la moyenne est calculée et le type de champ pluviométrique. On espère ainsi mettre au point des abaques permettant de connaître l'erreur d'estimation sur n'importe quelle surface en fonction de la densité du réseau et de la période. Un autre domaine d'application concerne les modèles hydrologiques de petits et moyens bassins versants qui utilisent comme donnée d'entrée la pluviométrie, en améliorant la qualité de l'estimation de la pluie, on augmentera la fiabilité de ces modèles.

Pour la saison des pluies 1994, il est prévu de maintenir un réseau qui tiendra compte des objectifs suivants:

- couvrir le degré carré dans le cadre du suivi pluviométrique à long terme (une trentaine de pluviographes) afin de se positionner dans le futur cadre de TRMM (Tropical rainfall Measurement Mission, Simpson et al., 1988), le site de Niamey pouvant ainsi devenir un site de validation du satellite micro-ondes qui sera lancé fin 1997 ;

- assurer une couverture pluviométrique suffisante pour les équipes ORSTOM travaillant encore sur le site central de Banizoumbou, dans le cadre de l'expérience HAPEX-SAHEL ;
- continuer l'acquisition de données complémentaires concernant la variabilité spatiale de petite échelle et la connaissance des cellules convectives de base, ceci faisant suite au dispositif ARCOL. Il est ainsi prévu le redéploiement de 25 pluviographes sur un site d'environ 1 km<sup>2</sup>.

## REFERENCES

Bouvier, C., 1986: Etude du ruissellement urbain à Niamey, tome 3, Interprétation des données. rapport général de convention ORSTOM/MRH-DRE/CIEH, 106p.

Chevallier, P. et J.M. Lapetite, 1986: Note sur les écarts de mesure observés entre les pluviomètres standards et les pluviomètres au sol en Afrique de l'Ouest. Hydrologie continentale, 1/2, p. 111-119.

Goutorbe J.P., T. Lebel, A. Tinga, P. Bessemoulin, J. Brouwer, H. Dolman, E.T. Engman, J.H.C. Gash, M. Hoepffner, P. Kabat, Y.H. Kerr, B. Monteny, S. Prince, F. Saïd, P. Sellers, J. Wallace, 1994: HAPEX-SAHEL: a large-scale study of land-atmosphere interactions in the semi-arid tropics. *Annales Geophysicae* 12, p 53-64.

Lebel T., F. Cazenave, R. Gathelier, M. Gréard, R. Gualde, J. Kong, T. Valero, 1991: EPSAT-NIGER, Rapport de campagne 1990, ORSTOM-DMN, 65p.

Monteny B.A., 1991: Relevés des observations climatiques en 1991, Banizoumbou et Kollo. Rapport interne.

Monteny B.A., 1992: Relevés des observations climatiques en 1992, Banizoumbou et Kollo. Rapport interne.

Simpson, J., Adler, R.F. and North, G.R. et al., 1988: A proposed Tropical Measuring Mission (TRMM) satellite; *Bull. Am. Met. Soc.* 69, p. 278-295.

Taupin J.D., T. Lebel, F. Cazenave, F. Chiron, R. Gathelier, M. Gréard, R. Gualde, J. Kong, T. Valero, 1992: EPSAT-NIGER, Rapport de campagne 1991, ORSTOM-DMN, 82p.

Taupin J.D., T. Lebel, F. Cazenave, M. Gréard, J. Kong, J. Lecocq, M. Adamson, N. d'Amato, A. Ben Mohamed, 1993a: EPSAT-NIGER, Rapport de campagne 1992, ORSTOM-DMN, 91p.

Taupin J.D., A. Amani and T. Lebel, 1993b: Small scale spatial variability of the annual rainfall in the Sahel in: Bolle H.- J., Feddes, R.A. and Kalma, J. (Editors). *Exchange Processes at the Land Surface for a Range of Space and Time Scales* (Proceedings of the Yokohama Symposium, July 1993). IAHS Publ. N° 212, p. 563-602.

<b>ANNEXE I. GESTION DU RESEAU DE PLUVIOGRAPHIES ET INVENTAIRE DES PANNES</b>
---

Coût de fonctionnement de la campagne 93Chapitre 690

-Petit matériel (réinstallation-installation)	5.000 FF
- Antenne GPS	1.000 FF
- Carburant-Essence-Gasoil-Huile	30.000 FF
- Déplacement personnel local (280 jours de tournées)	20.000 FF
- Photocopie-papetterie-disquette-téléphone	10.000 FF
- Maintenance informatique	20 000 FF
Total	86.000 FF

Chapitre 644

Gardiennage des stations	45.000 FF
--------------------------	-----------

Au cours de la saison 93, les équipes de terrain ont effectué 250 jours de tournées pour les réinstallations, les nouvelles installations, les visites de contrôle et d'entretien, et le démontage des stations, ce qui représente 45.000 km.

- Les réinstallations ont débuté le 02-02-1993 (TANABERI),
- La fin du démontage a eu lieu le 03-11-1993 (LE2SE 241).

Jours de fonctionnement d'une station: du 15 avril au jour de son démontage.

Jours de fonctionnement	20862
Jours de panne	481
Jours d'enregistrement	20381
Soit un taux de panne de	2,3%

Causes des pannes en détail

<u>Pluvio</u>	
entonnoir bouché	54
augets bloqués	39
mauvais contact	41
<u>Alimentation</u>	
batteries	68
<u>Enregistreur</u>	
régulateur	7
œdipe défectueux	92
cartouche défectueuse	118
<u>Indéterminée</u>	
	1
<u>Enregistrement effacé</u>	
	61
<u>Total</u>	481

Causes des pannes	Nombre de jours	% des pannes
Pluvio	134	28
Alimentation	68	14
Enregistreur	217	45
Divers	62	13

Tableau A-1.1: Jours de fonctionnement et causes de pannes.

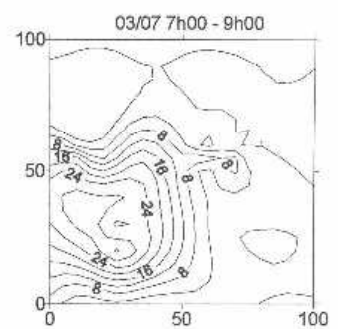
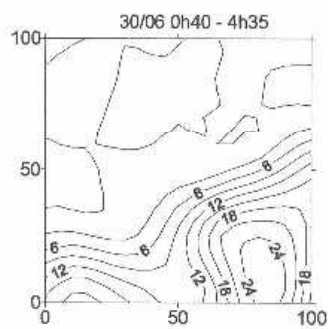
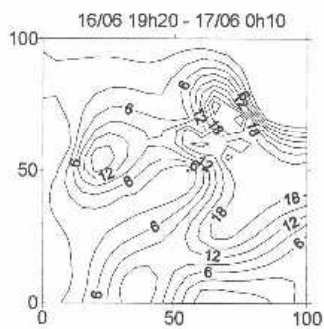
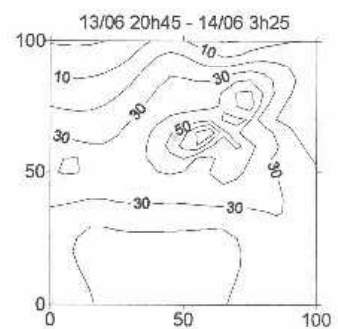
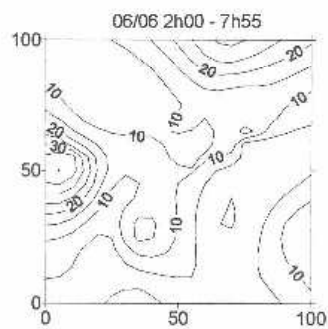
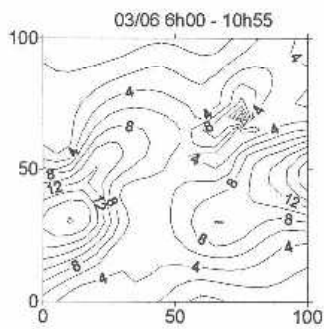
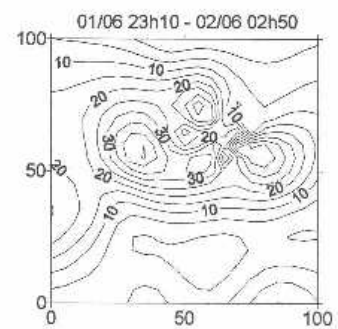
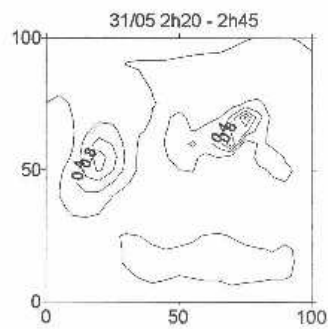
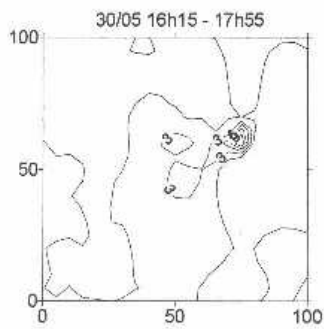
Stations	no Epsat	Jours fonctionnement	Jours pannes	Jours enregistrés	%Jours enregistrés	Causes pannes
Alkama	43	183	8	175	96	alimentation batterie
Berkiawal	28	193	0	193	100	
Bololadie	84	189	0	189	100	
Boubon Golf	85	193	0	193	100	
Debere Gati	25	193	9	184	95	alimentation batterie
Gamonzon	34	186	0	186	100	
Gardana Kouara	50	191	0	191	100	
Gorou Goussa	80	191	45	146	76	cartouche défectueuse
Guilahlé	49	190	0	190	100	
Harikanassou	41	186	0	186	100	
IH Jacher.hape	105	197	5	192	97	fil pluvio mal branché
IH Mil	106	197	0	197	100	
IH Plateau	107	193	5	188	97	fil pluvio mal branché
Kaligorou	61	183	0	183	100	
Kare	29	189	0	189	100	
Kokorbe Fandou	73	188	5	183	97	cartouche défectueuse
Kollo	54	201	0	201	100	
Kollosol	54	201	1	200	100	entonnoir bouché
Koure Kobade	26	187	0	187	100	
Koure Sud	51	188	0	188	100	
Koyria	82	193	57	136	70	cartouche défectueuse
Massi Koubou	78	188	0	188	100	
Niamey Aeroport	94	188	0	188	100	
Niamey IRI	83	188	0	188	100	
Niamey ORSTOM	70	188	0	188	100	
Sandideye	57	186	15	171	92	augets bloqués
Tanaberi	32	200	0	200	100	
Torodi	86	193	0	193	100	
Yiladde	35	187	0	187	100	
Bazanga Bangou CW	5	190	17	173	91	oedipe défectueux
Beri Koira CW	21	188	26	162	86	entonnoir bouché
Darey CE	18	183	0	183	100	
Darey Bangou CE	115	183	0	183	100	
Fandou Beri CW	9	196	0	196	100	
Komakoukou CE	6	190	0	190	100	
Korto CE	111	190	5	185	97	fil pluvio mal branché
SDC4 CE	97	187	0	187	100	
SD Exutoire CE	101	187	10	177	95	augets bloqués
SD Rive droite CE	92	188	3	185	98	entonnoir bouché
SD Plateau 2 N CE	99	196	2	194	99	alimentation batterie
Wankama CE	116	196	0	196	100	
Wankama ouest	267	139	0	139	100	
SD Plateau S	100	196	0	196	100	
SDC1 Sofia Bangou	93	183	0	183	100	
LA1SL	212	196	0	196	100	
SDC3	96	197	0	197	100	
SD Rive Gauche	98	197	0	197	100	
LA1SI	209	190	0	190	100	
LA1SH	208	190	5	185	97	entonnoir bouché
LA1SG	207	194	0	194	100	
LA1SF	206	188	0	188	100	
LA1SE	205	202	0	202	100	
LA1SD	204	202	1	201	100	non déterminée
LA1SC	203	172	6	166	97	cartouche défectueuse
LA1SB	202	172	0	172	100	
LA1SA	201	172	0	172	100	
SDC2 Jupe	95	197	7	190	96	régulateur H.S.
LA2SF	220	195	5	190	97	effacement cartouche
SD Village	102	188	0	188	100	
LA2SD	218	189	14	175	93	bloc augets
LA2SC	217	194	5	189	97	entonnoir bouché

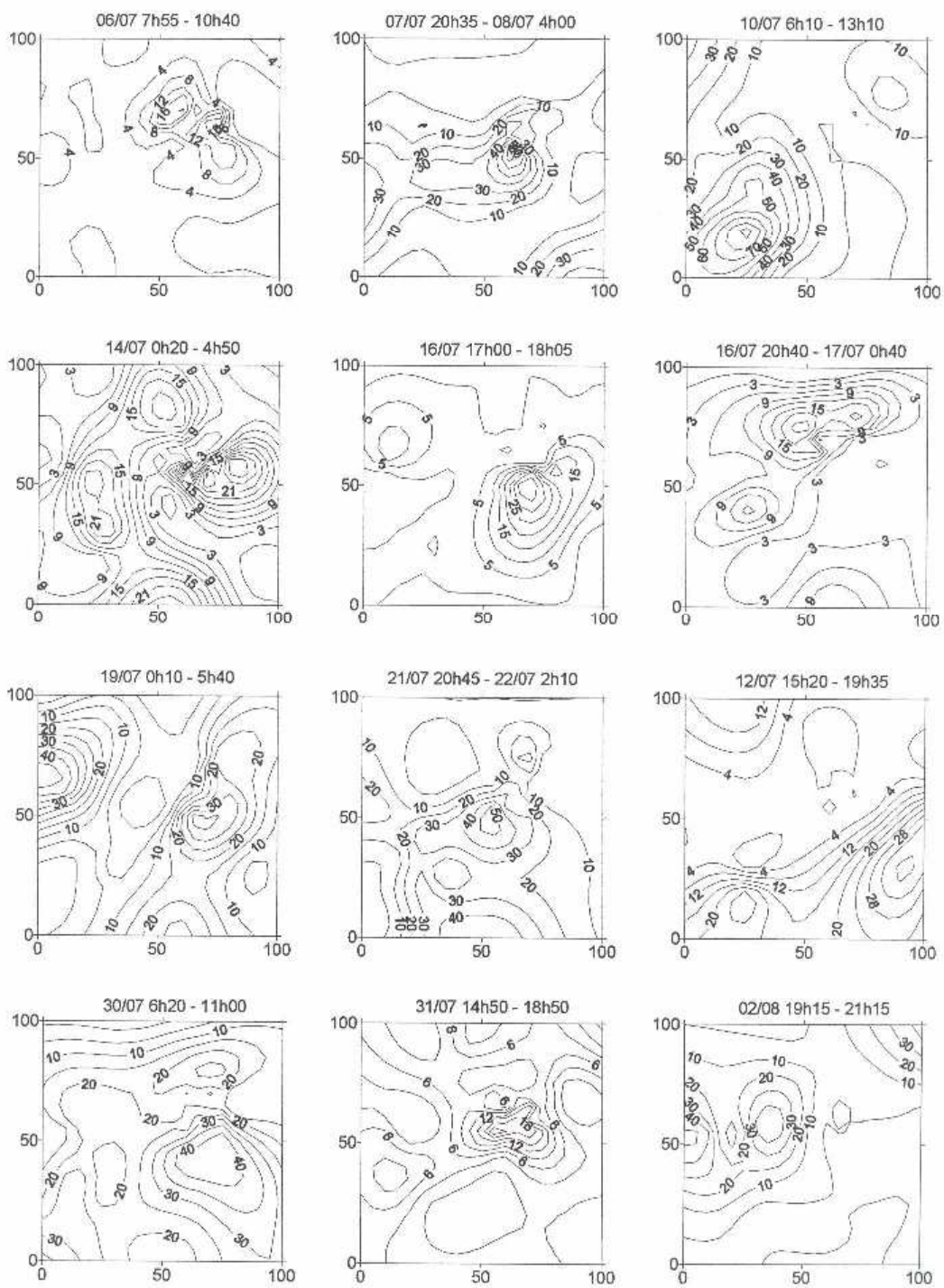
## suite du tableau A-1.1

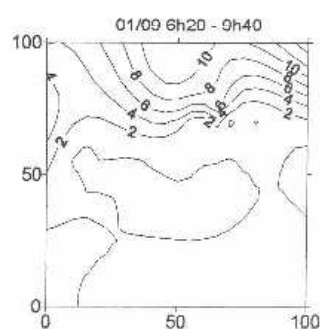
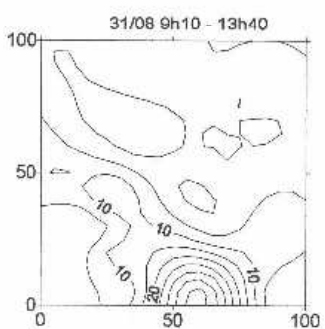
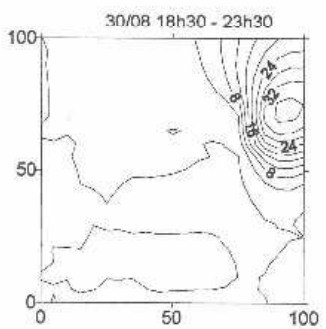
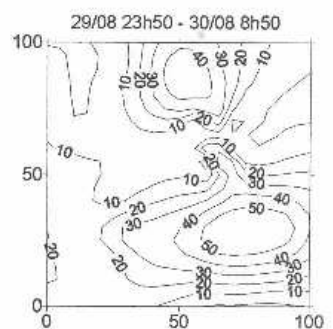
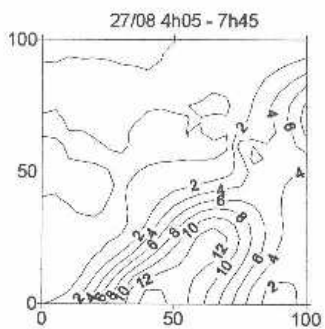
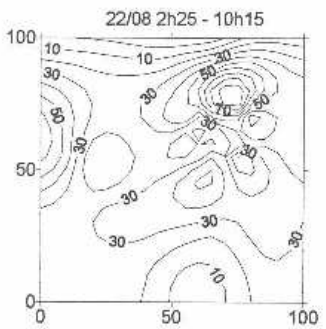
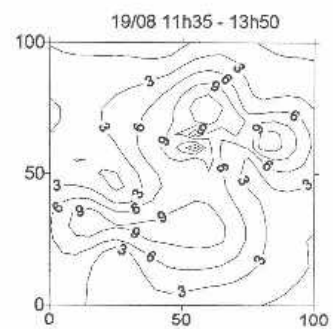
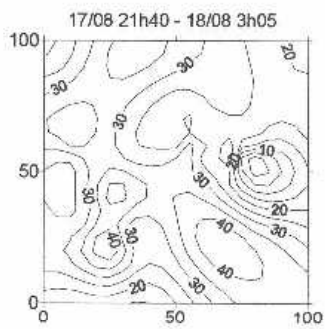
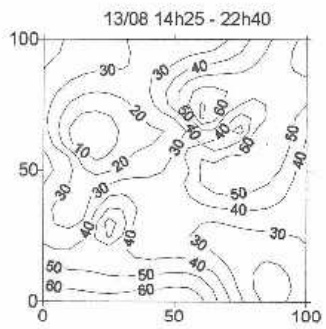
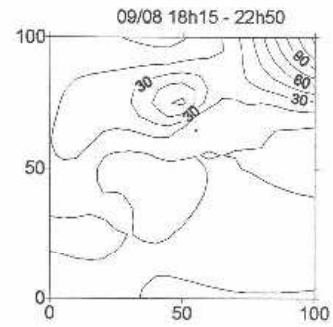
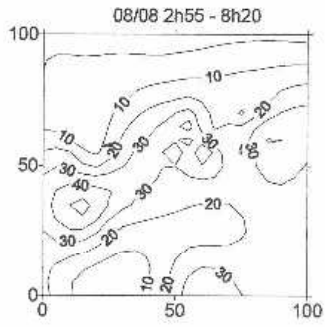
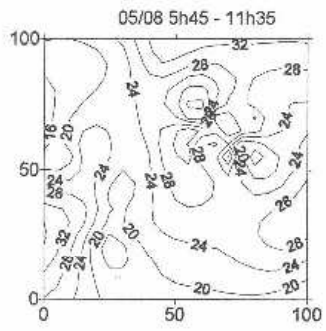
LA2SB	216	196	0	196	100	
LA2SA	215	196	0	196	100	
LA2SH	222	188	0	188	100	
LE1SN	236	197	6	191	97	entonnoir bouché
Banizoumbou	11	187	0	187	100	
Banizoumbousol	911	187	0	187	100	
LE1SL	234	190	40	150	79	effacement cartouche
LE1SK	233	197	0	197	100	
LE1SJ	232	194	0	194	100	
LE1SI	231	194	0	194	100	
LE1SH	230	194	0	194	100	
LE1SG	229	201	0	201	100	
LE1SF	228	201	0	201	100	
LE1SE	227	201	0	201	100	
LE1SD	226	201	53	148	74	oedipe défectueux
LE1SC	225	201	0	201	100	
LE1SB	224	200	0	200	100	
LE1SA	223	200	3	197	99	entonnoir bouché
LE2SF	242	190	0	190	100	
LE2SE	241	202	0	202	100	
LE2SD	240	202	6	196	97	effacement cartouche
LE2SC	239	202	0	202	100	
LE2SB	238	201	0	201	100	
LE2SA	237	200	0	200	100	
L1SL	254	189	0	189	100	
WC Brousse Tigree	120	189	0	189	100	
L1SJ	252	189	5	184	97	cartouche défectueuse
L1SI	251	188	10	178	95	fil pluvio mal branché
L1SH	250	188	5	183	97	effacement cartouche
WC Br. Degradée	121	188	16	172	91	batterie H.S.
L1SF	248	187	33	154	82	batterie H.S.
L1SE	247	187	5	182	97	entonnoir bouché
L1SD	246	187	0	187	100	
L1SC	245	186	0	186	100	
L1SB	244	186	5	181	97	effacement cartouche
L1SA	243	186	14	172	92	fil pluvio mal branché
LOSL	266	192	0	192	100	
LOSK	265	192	0	192	100	
LOSJ	264	197	0	197	100	
LOSI	263	196	2	194	99	faux contacts
LOSH	262	196	0	196	100	
WC Jachere	118	195	0	195	100	
WC Mil	119	196	0	196	100	
LOSE	259	195	22	173	89	oedipe défectueux
LOSD	258	195	0	195	100	
LOSC	257	193	0	193	100	
LOSB	256	193	0	193	100	
LOSA	255	193	0	193	100	

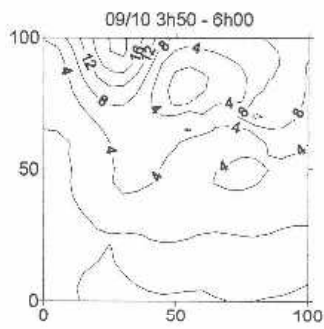
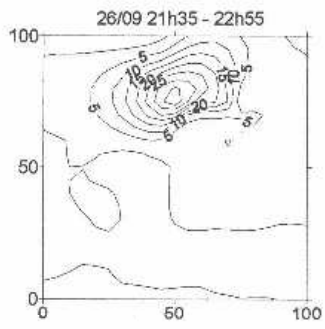
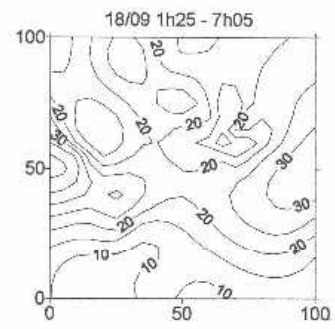
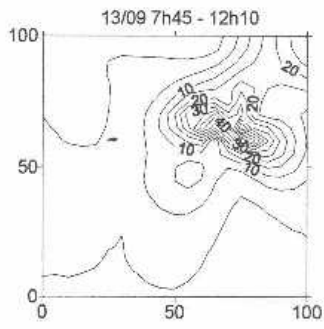
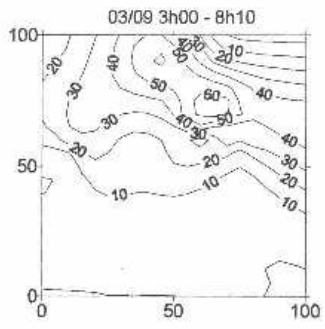


ANNEXE 2.  
ISOHYETES DES 38 EPISODES DE LA SAISON 1993









ANNEXE 3.  
TABLEAUX DE CUMULS JOURNALIERS

Pluies journalières corrigées par les valeurs seuil (de 6 h à 6 h) en 1/10 mm

Station : Banizoumbou en 1993

Jour	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
. 1 .	.	.	.	.	.	340.	.	5.	5.	.	---
. 2 .	.	.	.	.	.	.	.	.	302.	.	---
. 3 .	.	.	.	.	.	30.	.	.	16.	.	---
. 4 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
. 5 .	.	.	.	.	.	80.	.	310.	.	.	---
. 6 .	.	.	.	.	.	11.	159.	.	.	.	---
. 7 .	.	.	.	.	.	.	246.	157.	.	.	---
. 8 .	.	.	.	.	.	.	.	15.	.	5.	---
. 9 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.10 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.11 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.12 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.13 .	.	.	.	.	.	504.	133.	315.	347.	.	---
.14 .	.	.	.	.	.	.	.	5.	.	.	---
.15 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.16 .	.	.	.	.	.	131.	33.	.	.	.	---
.17 .	.	.	.	.	.	.	.	244.	133.	.	---
.18 .	.	.	.	.	.	.	204.	.	.	.	---
.19 .	.	.	.	.	.	.	.	36.	.	.	---
.20 .	.	.	.	.	.	.	.	5.	.	.	---
.21 .	.	.	.	.	.	.	42.	161.	.	.	---
.22 .	.	.	.	.	.	.	.	26.	.	---	---
.23 .	.	.	.	.	.	.	6.	.	.	---	---
.24 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.25 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.26 .	.	.	.	.	.	.	.	.	85.	---	---
.27 .	.	.	.	.	.	.	.	10.	.	---	---
.28 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.29 .	.	^^^^^^	.	.	.	.	65.	26.	.	---	---
.30 .	.	^^^^^^	.	.	41.	.	244.	.	.	---	---
.31 .	.	^^^^^^	.	^^^^^^	.	^^^^^^	107.	.	^^^^^^	---	^^^^^^
.Cum.	.	.	.	.	41.	1096.	1239.	1315.	888.	5.	
.Max.	.	.	.	.	41.	504.	246.	315.	347.	5.	

Total sur la période de fonctionnement = 4584

Pluies journalières corrigées par les valeurs seuil (de 6 h à 6 h) en 1/10 mm

Station : Gardana Kouara      en 1993

Jour	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
. 1 .	---	---	.	.	.	70.	.	.	71.	.	---
. 2 .	---	---	.	.	.	.	.	52.	347.	.	---
. 3 .	---	---	.	.	.	.	.	.	74.	.	---
. 4 .	---	---	.	.	.	.	.	.	.	.	---
. 5 .	---	---	.	.	.	62.	.	214.	.	.	---
. 6 .	---	---	.	.	.	18.	5.	.	.	.	---
. 7 .	---	---	.	.	.	.	17.	.	.	.	---
. 8 .	---	---	.	.	.	.	3.	.	.	189.	---
. 9 .	---	.	.	.	.	.	52.	70.	.	.	---
.10 .	---	.	.	.	.	.	76.	.	.	.	---
.11 .	---	.	.	.	.	.	.	.	90.	.	---
.12 .	---	.	.	.	.	.	.	.	9.	.	---
.13 .	---	.	.	.	.	99.	24.	310.	.	.	---
.14 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.15 .	---	.	.	.	.	.	.	.	14.	.	---
.16 .	---	.	.	.	.	.	33.	.	.	.	---
.17 .	---	.	.	.	.	.	.	352.	270.	.	---
.18 .	---	.	.	.	.	.	114.	.	5.	.	---
.19 .	---	.	.	.	.	.	.	9.	.	.	---
.20 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.21 .	---	.	.	.	.	.	19.	52.	.	.	---
.22 .	---	.	.	.	.	.	.	52.	.	.	---
.23 .	---	.	.	.	.	.	129.	.	.	---	---
.24 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.25 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.26 .	---	.	.	.	.	.	.	.	18.	.	---
.27 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.28 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.29 .	---	^^^^^^	.	.	42.	.	.	76.	32.	.	---
.30 .	---	^^^^^^	.	.	.	.	33.	5.	.	.	---
.31 .	---	^^^^^^	.	^^^^^^	.	^^^^^^	105.	33.	^^^^^^	.	^^^^^^
.Cum.	.	.	.	.	42.	249.	610.	1225.	930.	189.	.
.Max.	.	.	.	.	42.	99.	129.	352.	347.	189.	.

Total sur la periode de fonctionnement = 3245

Pluies journalières corrigées par les valeurs seuil (de 6 h à 6 h) en 1/10 mm

Station : Niamey Aeroport en 1993

Jour	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
. 1 .	.	.	.	.	.	210.	.	.	.	.	---
. 2 .	.	.	.	.	.	.	.	29.	168.	.	---
. 3 .	.	.	.	.	.	108.	91.	.	39.	.	---
. 4 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
. 5 .	.	.	.	.	.	149.	.	268.	.	.	---
. 6 .	.	.	.	.	.	36.	10.	.	.	37.	---
. 7 .	.	.	.	.	.	.	114.	68.	.	.	---
. 8 .	.	.	.	.	.	.	24.	24.	.	9.	---
. 9 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5.	---
.10 .	.	.	.	.	.	.	169.	.	.	.	---
.11 .	.	.	.	.	.	.	5.	.	57.	.	---
.12 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.13 .	.	.	.	.	.	311.	195.	105.	5.	.	---
.14 .	.	.	.	.	.	.	14.	.	.	.	---
.15 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.16 .	.	.	.	.	.	167.	35.	.	.	.	---
.17 .	.	.	.	.	.	.	.	302.	158.	.	---
.18 .	.	.	.	.	.	.	186.	.	5.	.	---
.19 .	.	.	.	.	.	.	.	.	38.	.	---
.20 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.21 .	.	.	.	.	.	.	103.	58.	.	---	---
.22 .	.	.	.	.	.	.	5.	58.	.	---	---
.23 .	.	.	.	.	.	.	20.	.	.	---	---
.24 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.25 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.26 .	.	.	.	.	.	5.	.	.	33.	---	---
.27 .	.	.	.	58.	.	.	.	.	.	---	---
.28 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.29 .	.	^^^^^^	.	.	.	.	.	89.	9.	---	---
.30 .	.	^^^^^^	.	.	85.	.	223.	25.	.	---	---
.31 .	.	^^^^^^	.	^^^^^^	.	^^^^^^	10.	69.	^^^^^^	---	^^^^^^
.Cum.	.	.	.	58.	85.	986.	1204.	1095.	512.	51.	
.Max.	.	.	.	58.	85.	311.	223.	302.	168.	37.	

Total sur la periode de fonctionnement = 3991

Pluies journalières corrigées par les valeurs seuil (de 6 h à 6 h) en 1/10 mm

Station : Niamey Iri

en 1993

Jour	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
. 1 .	.	.	.	.	.	174.	.	.	.	.	---
. 2 .	.	.	.	.	.	.	.	428.	49.	.	---
. 3 .	.	.	.	.	.	24.	157.	.	49.	.	---
. 4 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
. 5 .	.	.	.	.	.	310.	.	182.	.	.	---
. 6 .	.	.	.	.	.	53.	59.	.	.	.	---
. 7 .	.	.	.	.	.	.	191.	157.	.	.	---
. 8 .	.	.	.	.	.	.	15.	39.	.	.	---
. 9 .	.	.	.	.	.	.	.	176.	.	.	---
.10 .	.	.	.	.	.	.	177.	.	.	.	---
.11 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.12 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.13 .	.	.	.	.	.	388.	44.	288.	103.	.	---
.14 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.15 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.16 .	.	.	.	.	.	5.	39.	.	.	.	---
.17 .	.	.	.	.	.	5.	.	259.	329.	.	---
.18 .	.	.	.	.	.	.	300.	.	5.	.	---
.19 .	.	.	.	.	.	.	.	5.	20.	.	---
.20 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.21 .	.	.	.	.	.	.	222.	376.	.	---	---
.22 .	.	.	.	.	.	.	.	83.	.	---	---
.23 .	.	.	.	.	.	.	25.	.	.	---	---
.24 .	.	.	.	.	.	.	.	5.	.	---	---
.25 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.26 .	.	.	.	.	.	78.	.	.	.	---	---
.27 .	.	.	.	.	69.	.	.	.	.	---	---
.28 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.29 .	.	^^^^^^	.	.	.	.	.	103.	20.	---	---
.30 .	.	^^^^^^	.	.	.	.	148.	20.	.	---	---
.31 .	.	^^^^^^	.	^^^^^^	.	^^^^^^	64.	89.	^^^^^^	---	^^^^^^
.Cum.	.	.	.	69.	.	1037.	1441.	2210.	575.	.	.
.Max.	.	.	.	69.	.	388.	300.	428.	329.	.	.

Total sur la periode de fonctionnement = 5332



Pluies journalières corrigées par les valeurs seuil (de 6 h à 6 h) en 1/10 mm

Station : Niamey ORSTOM en 1993

Jour	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
. 1 .	.	.	.	.	.	168.	.	279.	176.	.	---
. 2 .	.	.	.	.	.	20.	43.	.	50.	.	---
. 3 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
. 4 .	.	.	.	.	.	190.	.	215.	.	.	---
. 5 .	.	.	.	.	.	53.	38.	.	4.	.	---
. 6 .	.	.	.	.	.	.	153.	75.	.	.	---
. 7 .	.	.	.	.	.	.	.	42.	.	.	---
. 8 .	.	.	.	.	.	.	.	214.	.	.	---
. 9 .	.	.	.	.	.	.	116.	.	.	.	---
.10 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.11 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.12 .	.	.	.	.	.	246.	40.	124.	49.	.	---
.13 .	.	.	.	.	.	.	5.	.	.	.	---
.14 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.15 .	.	.	.	.	.	.	138.	.	.	.	---
.16 .	.	.	.	.	.	.	.	342.	191.	.	---
.17 .	.	.	.	.	.	.	387.	.	5.	.	---
.18 .	.	.	.	.	.	.	5.	9.	10.	---	---
.19 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.20 .	.	.	.	.	.	.	156.	365.	.	.	---
.21 .	.	.	.	.	.	.	10.	72.	.	.	---
.22 .	.	.	.	.	.	.	14.	.	.	.	---
.23 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.24 .	.	.	.	.	.	35.	.	.	.	.	---
.25 .	.	.	.	.	.	.	.	.	5.	---	---
.26 .	.	.	.	.	55.	.	.	.	.	.	---
.27 .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.28 .	.	.	.	.	.	.	.	24.	47.	---	---
.29 .	.	^^^^^^	.	.	.	.	.	196.	16.	---	---
.30 .	.	^^^^^^	.	^^^^^^	.	5.^^^^^^	33.	52.	^^^^^^	---	^^^^^^
.31 .	.	^^^^^^	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.Cum.	.	.	.	.	55.	5.	712.	1334.	1829.	537.	.
.Max.	.	.	.	.	55.	5.	246.	387.	365.	191.	.

Total sur la periode de fonctionnement = 4472



Pluies journalières corrigées par les valeurs seuil (de 6 h à 6 h) en 1/10 mm

Station : Torodi

En 1993

Jour	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
. 1 .	---	---	.	.	.	47.	.	.	.	.	---
. 2 .	---	---	.	.	.	.	.	19.	.	.	---
. 3 .	---	---	.	.	.	109.	275.	.	20.	.	---
. 4 .	---	---	.	.	.	.	.	.	.	.	---
. 5 .	---	---	.	.	.	.	.	299.	.	.	---
. 6 .	---	---	.	.	.	66.	.	.	.	.	---
. 7 .	---	---	.	.	.	.	219.	239.	5.	.	---
. 8 .	---	---	.	.	.	.	.	242.	.	.	---
. 9 .	---	---	.	.	.	.	.	103.	.	.	---
.10 .	---	---	.	.	.	.	394.	.	.	5.	---
.11 .	---	---	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.12 .	---	---	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.13 .	---	.	.	.	.	349.	102.	650.	219.	.	---
.14 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.15 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.16 .	---	.	.	.	.	5.	44.	.	.	.	---
.17 .	---	.	.	.	.	5.	.	257.	278.	.	---
.18 .	---	.	.	.	.	.	24.	19.	15.	.	---
.19 .	---	.	.	.	.	.	5.	33.	5.	.	---
.20 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	.	---
.21 .	---	.	.	.	5.	.	160.	.	.	.	---
.22 .	---	.	.	.	.	.	.	332.	5.	.	---
.23 .	---	.	.	.	.	.	131.	23.	33.	.	---
.24 .	---	.	.	.	.	140.	.	.	.	.	---
.25 .	---	21.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.26 .	---	.	.	.	.	5.	.	.	.	---	---
.27 .	---	.	.	.	.	.	.	.	.	---	---
.28 .	---	.	.	.	.	.	263.	.	328.	---	---
.29 .	---	^^^^^^	.	.	43.	5.	.	93.	29.	---	---
.30 .	---	^^^^^^	.	.	24.	.	374.	88.	.	---	---
.31 .	---	^^^^^^	.	^^^^^^	.	^^^^^^	44.	20.	^^^^^^	---	^^^^^^
.Cum.	.	21.	.	.	72.	731.	2035.	2417.	937.	5.	
.Max.	.	21.	.	.	43.	349.	394.	650.	328.	5.	

Total sur la période de fonctionnement = 6218

ANNEXE 4.  
CUMULS MENSUELS

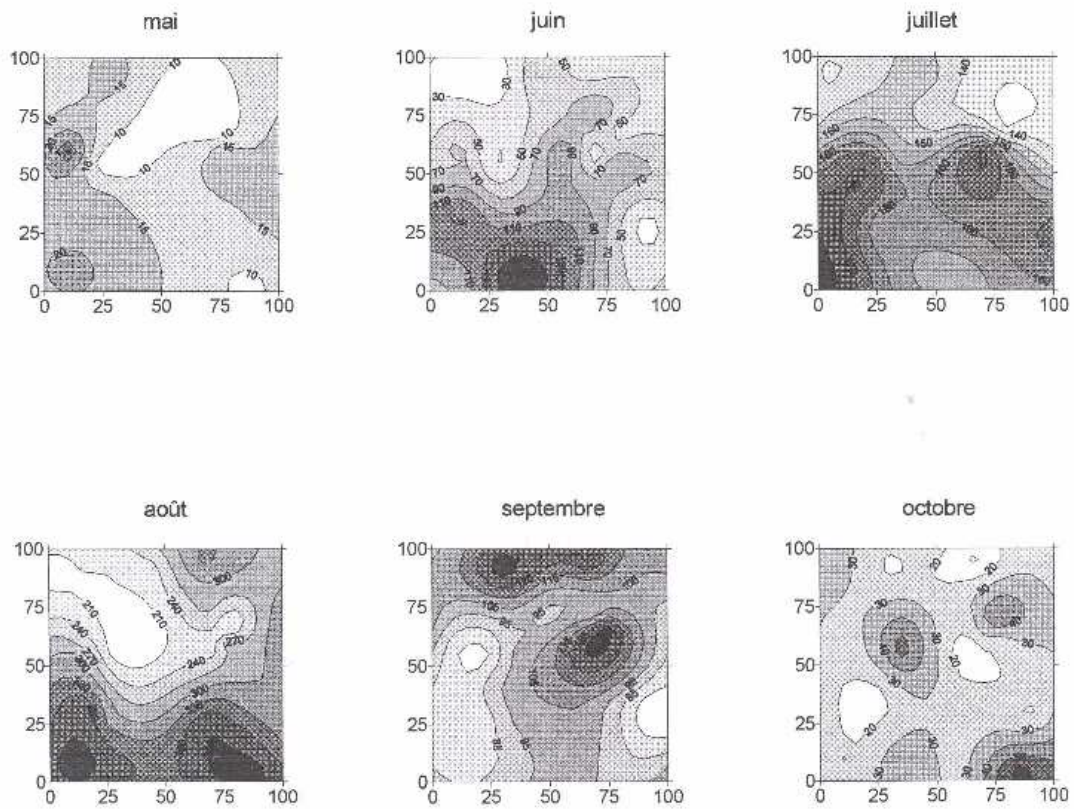
Tableau A-4.1: Cumuls mensuels enregistrés aux 109 stations du réseau EPSAT-NIGER pour les mois d'avril à octobre 1993.

Station	n° epsat	avril	mai	juin	juil.let	août	sept.embre	octobre
Alkama	43	0,0	6,4	27,9	54,9	330,5	80,4	2,5
Banizombou sol	911	0,0	3,4	111,0	116,5	133,6	90,3	0,5
Banizombou	11	0,0	4,1	109,6	123,9	131,5	88,8	0,5
Bazanga Bangou	5	0,0	6,0	90,2	139,5	172,5	53,9	0,5
Beri Koira	21	0,0	0,5			254,9	129,8	1,4
Berkiawal	28	0,0	8,2	113,9	114,9	164,0	70,2	7,9
Bololadie	84	5,9	3,7	82,9	129,0	172,7	55,3	0,0
Boubon Golf	85	0,5	0,0	90,2	113,7	229,5	73,2	0,9
Darey	18	0,0	0,5	54,0	84,3	180,1	86,3	12,2
Darey Bangou	115	0,0	2,2	88,0	86,1	150,8	100,1	12,0
Debere Gati	25	0,0	3,6	82,9			21,3	2,5
Fandou Beri	9	0,0	0,9	109,1	136,0	194,0	50,6	0,7
Gamonzon	34	0,3	0,0	90,1	58,1	169,5	79,5	0,5
Gardana Kouara	50	0,0	4,2	24,9	61,0	122,5	93,0	18,9
Gorou Goussa	80	0,0					58,9	1,8
Guilahel	49	3,3	5,9	92,4	159,9	207,2	78,7	0,9
Harikanassou	41	30,2	0,5	119,1	106,0	228,8	51,1	0,0
IH Jachere.hapex 1	105	0,0	0,5	75,6	175,7	255,0	38,4	0,0
IH Mil	106	0,0	1,2	76,6	155,7	199,3	21,7	0,5
III Plateau	107	5,3	0,0	59,6	228,0	182,9	23,8	3,5
Kaligorou	61	0,0	3,3	33,6	67,3	231,3	86,0	2,9
Kare	29	0,5	16,0	71,7	154,0	171,7	62,4	0,0
Kokorbe Fandou	36	0,0	0,9	34,2	47,6	182,5	47,8	4,7
Kollo	54	0,0	31,4	76,5	235,6	191,7	54,8	3,6
Kollo sol	954	0,0	29,1	79,8		175,5	55,3	3,8
Komakoukou	6	0,0	6,9	84,6	199,3	225,4	52,9	2,1
Korto	111	0,0	7,2	108,1	128,8	129,3	73,6	2,8
Koure Kobade	26	3,1	9,5	63,1	117,3	156,9	38,6	0,0
Koure Sud	51	8,8	25,2	120,2	106,1	230,5	42,4	0,0
Koyria	82	0,0				139,0	83,0	17,5
LA1SA	201	0,0	5,4	87,3	91,8	230,4	94,7	4,2
LA1SB	202	0,0	4,2	80,6	90,5	205,5	89,5	6,2
LA1SC	203	0,0	2,4	92,0	97,3	186,3	109,6	8,2
LA1SD	204	0,0	4,1	95,1	97,5	169,5	117,7	8,9
LA1SE	205	0,0	2,5	101,2	80,7	147,4	104,3	7,8
LA1SF	206	0,0	1,4	76,2	90,7	152,2	87,2	5,4
LA1SG	207	0,0	6,3	83,2	74,1	160,4	78,0	2,8
LA1SH	208	0,0	1,7	80,1	89,4	152,9	68,9	3,0
LA1SI	209	0,0	20,1	99,1	102,3	162,8	64,1	1,4
LA1SL	212	0,0	16,6	89,8	124,5	158,5	109,3	1,0
LA2SA	215	0,0	5,5	82,8	93,5	211,1	96,4	7,2
LA2SB	216	0,0	2,7	99,7	91,0	182,0	114,0	7,4
LA2SC	217	0,0	3,2		66,1	147,0	94,4	5,5
LA2SD	218	0,0	4,4	95,9			104,9	5,0
LA2SF	220	0,0			113,6	202,5	100,2	2,0
LA2SH	222	0,0	8,6	109,3	112,7	144,6	92,0	0,5
LE1SA	223	0,0	0,5		101,5	215,9	113,4	5,6
LE1SB	224	0,0	0,5	79,5	105,9	190,1	113,5	5,9
LE1SC	225	0,0	0,5	87,2	101,1	188,6	107,7	5,1
LE1SD	226	0,0				185,5	117,8	6,3
LE1SE	227	0,0	3,5	90,8	86,5	154,8	110,2	5,4
LE1SF	228	0,0	1,4	95,5	93,0	145,6	107,4	3,6
LE1SG	229	0,0	0,9	89,8	88,8	158,6	103,7	2,2
LE1SH	230	0,0	2,3	102,4	106,0	149,2	96,8	3,1
LE1SI	231	0,0	6,8	110,0	112,3	152,0	95,7	2,1
LE1SJ	232	0,0	9,3	124,8	121,2	155,0	106,5	1,7
LE1SK	233	0,0	8,4	128,2	127,2	156,1	104,3	1,0
LE1SL	234	0,0	4,8			139,0	87,6	0,5

suite du tableau A-4.1

LE1SN	236	0,0			126,5	134,5	82,7	1,4	
LE2SA	237	4,7	0,5	84,5	87,1	201,8	117,5	5,4	
LE2SB	238	0,0	1,4	86,7	88,9	156,3	111,0	4,7	
LE2SC	239	0,0	0,9	107,0	114,5	165,7	89,9	2,9	
LE2SD	240	0,0			111,6	144,1	108,4	0,9	
LE2SE	241	0,0	7,8	113,1	115,4	139,5	88,4	0,5	
LE2SF	242	0,0	5,1	109,4	159,0	165,2	63,1	2,0	
LISA	243	0,0	0,0		93,6	97,1	116,8	4,6	
LISB	244	0,0				89,6	193,9	113,1	5,9
LISC	245	0,0	0,9	103,3	91,7	157,2	112,9	4,4	
LISD	246	0,0	0,5	114,3	104,0	160,3	115,1	6,0	
LISE	247	0,0			103,9	133,7	81,5	3,0	
LISF	248	0,0				128,7	63,9	2,2	
LISH	250	0,0			144,1	155,5	50,3	0,5	
LISI	251	0,0	1,0	96,7	166,0	146,6	96,3	0,4	
LISJ	252	0,0				156,4	183,3	49,5	0,6
LISL	254	0,0	6,4	98,0	206,7	188,5	53,2	2,0	
LOSA	255	0,0	0,0	90,6	71,3	195,0	110,3	7,8	
LOSB	256	0,0	0,0	78,6	81,7	169,5	86,4	10,0	
LOSC	257	0,0	0,0	105,2	84,2	166,2	92,0	8,0	
LOSD	258	0,0	3,7	111,7	75,5	179,9	64,5	7,9	
LOSE	259	0,0	7,8	111,8	92,7	162,3	59,6	3,7	
LOSH	262	0,0	0,5	131,6	133,5	189,7	66,5	0,9	
LOSI	263	0,0	0,0	107,1	158,4	164,3	67,7	10,4	
LOSJ	264	0,0	0,0	96,4	198,6	187,5	88,2	1,2	
LOSK	265	0,0	4,3	92,1	199,2	180,4	72,0	1,3	
LOSL	266	0,0	12,7	94,9	191,2	184,2	58,6	2,0	
Massi Koubou	78	0,0	3,1	40,6	37,2	148,8	95,2	4,1	
Niamey aéroport	94	5,8	8,5	98,6	120,4	109,5	51,2	5,1	
Niamey IRI	83	6,9	0,0	103,7	144,1	221,0	57,5	0,0	
Niamey ORSTOM	70	5,5	0,5	71,2	133,4	182,9	53,7	0,0	
SDC1 Sofia Bangou	93	0,0	11,6	85,3	120,1	149,9	108,9	0,8	
SDC2 Jupe	95	0,0	17,3	97,5	116,2	155,2	94,4	0,9	
SDC3	96	0,0	17,6	94,8	119,4	169,3	103,4	1,0	
SDC4	97	0,0	13,1	95,5	112,8	163,2	104,7	1,0	
SD Exutoire	101	0,0	16,6	95,4	114,0	162,0	86,9	0,5	
SD Plateau 1 Sud	100	0,0	5,6	85,8	127,1	157,8	97,8	1,5	
SD Plateau 2 Nord	99	0,0	6,1	91,9	101,0	188,0	103,4	1,4	
SD Rive Droite	92	0,0	16,0			126,4	182,8	95,9	1,0
SD Rive Gauche	98	0,0	17,9	105,8	106,8	184,0	87,5	1,9	
SD Village	102	0,0	17,0	83,6	103,8	158,6	69,7	1,9	
Sandideye	57	7,9	0,0	81,3	94,8	136,3			
Tanaberi	32	4,2	13,9	69,9	152,0	274,7	99,4	0,0	
Torodi	86	0,0	7,2	73,1	203,5	241,7	93,7	0,5	
Wankama	116	0,0	0,9	82,2	107,2	202,1	101,1	6,0	
Wankama Ouest	267				86,8	213,8	112,3	5,8	
WC Brousse Tigrée	120	0,0	5,6	88,0	172,9	180,3	54,4	0,5	
WC Arbustive Dégradée	121	0,0	0,5	109,5	127,4			0,6	
WC Jachère	118	0,0	4,8	124,5	104,1	180,4	66,1	1,1	
WC Mil	119	0,0	3,3	128,9	108,4	175,6	65,1	1,0	
Yillade	35	1,4	0,5	115,4	175,7	132,4	65,4	0,0	

Figure A-4.1: Cartes d'isohyètes mensuelles obtenues par krigeage des 107 stations (cône de réception 1,5 m au-dessus du sol) du réseau EPSAT-NIGER pour les mois de mai à octobre.



**ANNEXE 5.**  
**CUMULS SAISONNIERS AUX POSTES DU RESEAU DU NIGER**

long.	lat.	mm	station
3.43	14.95	155.8	ABALA PA
6.25	15.47	136.9	ABALAK
7.85	15.62	175.3	ADERBISSINAT
7.98	16.97	140.9	AGADEFZ
7.77	13.50	318.8	AGUIE BRIG
7.33	18.50	11.5	ARLIT
0.85	14.75	288.9	AYOROU PTT
5.37	14.52	369.5	BADEGUICHIRI
8.78	14.27	304.5	BAKIN BIRGI
2.96	13.77	517.6	BALLEYARA
8.88	13.18	550.0	BANDE HAOUSSA
2.50	15.05	231.1	BANIBANGOU PA
0.72	14.57	243.2	BANKILARE
3.57	11.98	686.1	BENGOU
2.87	12.75	383.1	BEYLANDE
12.92	18.68	1.2	BILMA
2.90	13.08	493.3	BIRNI N'GAOURE
10.00	14.18	205.8	BIRNI NKAZOE
5.28	13.80	443.1	BIRNI NKONNI
3.07	14.00	414.2	BONKOUKOU
13.32	14.72	250.2	BOSSO
11.33	13.65	203.5	BOUTTI
6.05	14.42	249.2	BOUZAPTT
12.50	13.30	290.0	CHETIMARI
3.43	14.42	275.7	CHIKAL
6.75	14.68	287.2	DAKORO
9.47	14.17	294.1	DAMAGARAM TAKAY
3.07	13.90	351.0	DAMANA
8.33	13.17	189.6	DAN BARTO
7.25	13.17	354.1	DAN ISSA BRIG
7.32	13.88	180.2	DAN MEIRO
1.25	13.92	384.1	DARGOL
12.78	13.42	269.6	DIFFA
3.53	12.55	628.6	DIOUNDIU AGRI
9.33	12.90	501.2	DOGO
4.00	13.63	356.8	DOGONDOUTCHI
4.35	14.07	347.6	DOGONKIRIA
0.28	14.68	205.6	DOLBEL
3.18	13.02	453.6	DOSSO
9.33	13.07	406.0	DUNGASS
2.85	12.85	433.8	FABIDJI
2.85	12.53	537.9	FALMEYE
3.58	13.52	479.1	FALOUEL
3.32	14.38	192.5	FILINGUE
5.77	14.55	315.5	GARHANGA
3.45	11.88	777.9	GAYA
7.92	13.85	333.8	GAZAOUA
1.62	13.82	357.4	GOTHEYE
9.50	13.33	359.0	GOUCHI
11.17	13.72	222.4	GOUDOMARIA
10.30	13.98	206.3	GOURE
3.88	12.92	484.1	GUECHEME
6.77	13.67	322.2	GUIDAM ROUMDJI
9.83	13.67	429.0	GUIDIGUIR
9.55	13.68	370.5	GUIDIMOUNI
8.38	19.08	32.6	IFEROUANE
5.25	14.47	250.7	ILLELA
6.90	16.78	152.3	IN GALL
12.45	13.48	75.6	KABELAWA
7.82	13.85	286.2	KANEMBAKATCHE
5.75	15.23	300.0	KAO
3.63	12.80	602.2	KARA KARA
1.82	13.67	375.8	KARMA
5.77	14.77	273.6	KEITA
11.73	13.55	251.2	KILAKAM
2.35	13.30	474.2	KOLO
3.95	13.33	438.7	KORE MAIROUA
2.57	13.30	450.8	KOURE
3.23	13.60	522.6	LOGA
5.98	14.12	376.5	MADAOUA
7.15	13.32	366.2	MADAROUNFA
8.93	12.98	452.3	MAGARIA
11.98	13.23	361.5	MAINE SOROA
1.68	12.82	555.2	MAKALONDI AGRI
9.60	13.02	388.7	MALLAOUA
2.03	14.80	345.2	MANGAIZE
7.08	13.47	363.4	MARADI AERO
7.07	13.08	437.7	MARAKA
8.47	13.42	528.0	MATAMAYE
4.00	13.77	365.0	MATANKARI
7.70	13.98	264.8	MAYAHI
1.13	14.40	334.8	MEHANA
9.15	13.72	452.7	MYRRIAH
13.02	15.30	91.3	NGOURTI
13.12	14.25	194.7	NGUIGMI
2.17	13.48	426.5	NIAMEY AERO
2.13	13.50	508.4	NIAMEY VILLE
2.08	14.23	326.4	OUALLAM
3.15	12.17	627.0	OUNA
8.13	14.02	202.0	OURAFANE
3.07	12.40	607.5	SAMBERA
1.60	13.83	443.3	SANSANE HAOUSSA
8.50	13.13	487.6	SASSOUMBROUM
2.35	13.10	504.7	SAY
2.13	14.13	293.7	SIMIRI
7.52	14.70	212.0	SOLI
8.93	17.42	8.2	TABELOT
1.88	13.62	419.5	TAGABATI
5.25	14.90	256.0	TAHOUA
2.17	12.75	511.3	TAMOU
8.82	14.95	184.1	TANOUT
2.40	12.47	603.1	TAPOA
5.70	16.87	149.2	TASSARA
5.80	15.88	165.1	TCHINTABARADEN
4.45	14.82	130.5	TEBARAM
0.82	14.03	284.7	TERA
10.72	15.13	85.1	TESKER
3.40	12.77	471.4	TESSA
7.98	13.75	199.9	TESSAOUA
4.00	13.10	365.2	TIBIRI
7.03	13.58	377.0	TIBIRI MARADI
4.75	15.60	196.6	TILEMSES
1.45	14.20	388.7	TILLABERY
4.78	16.13	155.8	TILLIA PA
1.80	13.12	633.0	TORODI (AGRI)
3.28	14.50	221.8	TOUKOUNOUS
9.28	13.37	328.2	WACHA
8.40	14.35	175.2	YAGAGI
2.98	13.43	355.5	YENI
8.98	13.78	316.8	ZINDER AERO
9.00	13.80	283.7	ZINDER VILLE

ANNEXE 6.  
LISTE DES VARIOGRAMMES MODELISES

1- Variogrammes par evenements

No evenement	Modele	Pepite	Portee	Palier
1	exponentiel	0	3	25
2	spherique	0	5	0,4
3	spherique	0	25	200
4	exponentiel	0	18	23
5	spherique	0	50	40
6	spherique	0	35	300
7	exponentiel	0	40	135
8	spherique	0	100	30
9	spherique	0	80	48
10	exponentiel	0	8	65
11	exponentiel	0	15	250
12	spherique	0	80	320
13	exponentiel	0	7	55
14	exponentiel	0	4	30
15	spherique	0	20	13
16	spherique	0	30	140
17	exponentiel	0	7	160
18	spherique	0	100	60
19	exponentiel	0	15	65
20	exponentiel	0	9	51
21	spherique	0	80	170
22	exponentiel	0	3	48
23	spherique	0	28	170
24	spherique	0	60	250
25	spherique	0	40	180
26	spherique	0	35	55
27	spherique	0	35	25
28	exponentiel	0	7	355
29	spherique	0	35	13
30	spherique	0	20	160
31	spherique	0	60	35
32	spherique	0	90	25
33	spherique	0	80	7
34	exponentiel	0	45	670
35	spherique	50	38	320
36	spherique	0	50	55
37	spherique	0	15	18
38	spherique	0	22	15



**2- Variogrammes decadaires**

No decade	Modele	Pepite	Portee	Palier
climatique	exponentiel_	0	25	1,7
1 21-30/04	spherique	0	80	12
2 21-31/05	spherique	0	25	45
3 01-10/06	spherique	0	35	210
4 11-20/06	spherique	0	75	650
5 21-30/06	spherique	0	55	400
6 01-10/07	spherique	0	70	850
7 11-20/07	spherique	0	13	250
8 21-31/07	spherique	0	22	460
9 01-10/08	spherique	0	40	650
10 11-20/08	spherique	0	37	230
11 21-31/08	spherique	0	30	570
12 01-10/09	exponentiel	0	27	540
13 11-20/09	exponentiel	70	30	300
14 21-30/09	spherique	0	30	85
15 01-10/10	spherique	0	20	13

**3- Variogrammes mensuels**

Mois	Modele	Pepite	Portee	Palier
Mai	spherique	0	15	38
Juin	spherique	0	30	360
Juillet	exponentiel	0	36	3000
Aout	exponentiel	0	28	2200
Septembre	spherique	120	25	480
Octobre	spherique	0	18	13

**ANNEXE 7.**  
**Liste des fichiers créés lors du traitement des**  
**données pluviographiques**

Tableau A-7.1: Liste des fichiers .OE3, images cartouches.

ALKAMA1	OE3	GAMONZO1	OE3	KOLLOSO1	OE3	LA1S2081	OE3	LE1S2271	OE3	LE2S2412	OE3
ALKAMA2	OE3	GAMONZO2	OE3	KOLLOSO2	OE3	LA1S2082	OE3	LE1S2272	OE3	LE2S2413	OE3
ALKAMA3	OE3	GAMONZO3	OE3	KOLLOSO3	OE3	LA1S2083	OE3	LE1S2273	OE3	LE2S2414	OE3
ALKAMA4	OE3	GAMONZO4	OE3	KOLLOSO4	OE3	LA1S2084	OE3	LE1S2274	OE3	LE2S2421	OE3
BANIZOS1	OE3	GARDANA1	OE3	KOLLOSO5	OE3	LA1S2085	OE3	LE1S2281	OE3	LE2S2422	OE3
BANIZOS2	OE3	GARDANA2	OE3	KOMAKOU1	OE3	LA1S2091	OE3	LE1S2282	OE3	LE2S2423	OE3
BANIZOS3	OE3	GARDANA3	OE3	KOMAKOU2	OE3	LA1S2092	OE3	LE1S2283	OE3	LE2S2424	OE3
BANIZOS4	OE3	GARDANA4	OE3	KOMAKOU3	OE3	LA1S2093	OE3	LE1S2284	OE3	LISA2431	OE3
BANIZOS5	OE3	GARDANA5	OE3	KOMAKOU4	OE3	LA1S2094	OE3	LE1S2291	OE3	LISA2432	OE3
BANIZOU1	OE3	GOROUG02	OE3	KORTO1	OE3	LA1S2121	OE3	LE1S2292	OE3	LISA2433	OE3
BANIZOU2	OE3	GOROUG03	OE3	KORTO2	OE3	LA1S2122	OE3	LE1S2293	OE3	LISA2434	OE3
BANIZOU3	OE3	GOROUG04	OE3	KORTO3	OE3	LA1S2123	OE3	LE1S2294	OE3	LISA2435	OE3
BANIZOU4	OE3	GUILAHE1	OE3	KORTO4	OE3	LA1S2124	OE3	LE1S2301	OE3	LISR2441	OE3
BANIZOU5	OE3	GUILAHE2	OE3	KOUREKO1	OE3	LA1S2125	OE3	LE1S2302	OE3	LISB2442	OE3
BAZANGA1	OE3	GUILAHE3	OE3	KOUREKO2	OE3	LA2S2151	OE3	LE1S2303	OE3	LISB2443	OE3
BAZANGA2	OE3	GUILAHE4	OE3	KOUREKO3	OE3	LA2S2152	OE3	LE1S2304	OE3	LISC2451	OE3
BAZANGA3	OE3	GUILAHE5	OE3	KOUREKO4	OE3	LA2S2153	OE3	LE1S2311	OE3	LISC2452	OE3
BAZANGA4	OE3	HARIKAN1	OE3	KOUREKO5	OE3	LA2S2154	OE3	LE1S2312	OE3	LISC2453	OE3
BAZANGA5	OE3	HARIKAN2	OE3	KOURESU1	OE3	LA2S2161	OE3	LE1S2313	OE3	LISC2454	OE3
BAZANGA6	OE3	HARIKAN3	OE3	KOURESU2	OE3	LA2S2162	OE3	LE1S2314	OE3	LISC2455	OE3
BAZANGA7	OE3	HARIKAN4	OE3	KOURESU3	OE3	LA2S2163	OE3	LE1S2321	OE3	LISD2461	OE3
BERIKO1	OE3	IHJACHE1	OE3	KOURESU4	OE3	LA2S2164	OE3	LE1S2322	OE3	LISD2462	OE3
BERIKO2	OE3	IHJACHE2	OE3	KOURESU5	OE3	LA2S2171	OE3	LE1S2323	OE3	LISD2463	OE3
BERIKO3	OE3	IHJACHE3	OE3	KOYRIA1	OE3	LA2S2172	OE3	LE1S2324	OE3	LISD2464	OE3
BERIKO4	OE3	IHJACHE4	OE3	KOYRIA2	OE3	LA2S2173	OE3	LE1S2325	OE3	LISD2465	OE3
BERKIAW1	OE3	IHJACHE5	OE3	KOYRIA3	OE3	LA2S2174	OE3	LE1S2331	OE3	LISD2466	OE3
BERKIAW2	OE3	IHMIL1	OE3	KOYRIA4	OE3	LA2S2181	OE3	LE1S2332	OE3	LISE2472	OE3
BERKIAW3	OE3	IHMIL2	OE3	LA1S2011	OE3	LA2S2182	OE3	LE1S2333	OE3	LISE2473	OE3
BERKIAW4	OE3	IHMIL3	OE3	LA1S2012	OE3	LA2S2183	OE3	LE1S2334	OE3	LISE2474	OE3
BOLOLAD1	OE3	IHMIL4	OE3	LA1S2013	OE3	LA2S2184	OE3	LE1S2335	OE3	LISE2475	OE3
BOLOLAD2	OE3	IHPLATE1	OE3	LA1S2014	OE3	LA2S2185	OE3	LE1S2341	OE3	LISE2476	OE3
BOLOLAD3	OE3	IHPLATE2	OE3	LA1S2015	OE3	LA2S2201	OE3	LE1S2343	OE3	LISF2481	OE3
BOLOLAD4	OE3	IHPLATE3	OE3	LA1S2021	OE3	LA2S2202	OE3	LE1S2344	OE3	LISF2482	OE3
BOLOLAD5	OE3	IHPLATE4	OE3	LA1S2022	OE3	LA2S2203	OE3	LE1S2361	OE3	LISF2483	OE3
BOUBON1	OE3	IHPLATE5	OE3	LA1S2023	OE3	LA2S2204	OE3	LE1S2362	OE3	LISF2484	OE3
BOUBON2	OE3	IRI1	OE3	LA1S2024	OE3	LA2S2205	OE3	LE1S2363	OE3	LISF2485	OE3
BOUBON3	OE3	IRI2	OE3	LA1S2031	OE3	LA2S2206	OE3	LE1S2364	OE3	LISF2486	OE3
BOUBON4	OE3	IRI3	OE3	LA1S2032	OE3	LA2S2221	OE3	LE1S2365	OE3	LISH2502	OE3
BOUBON5	OE3	IRI4	OE3	LA1S2033	OE3	LA2S2222	OE3	LE2S2371	OE3	LISH2503	OE3
DAREY1	OE3	IRI5	OE3	LA1S2034	OE3	LA2S2223	OE3	LE2S2372	OE3	LISH2504	OE3
DAREY2	OE3	KALIGOR1	OE3	LA1S2041	OE3	LA2S2224	OE3	LE2S2373	OE3	LISH2505	OE3
DAREY3	OE3	KALIGOR2	OE3	LA1S2042	OE3	LA2S2225	OE3	LE2S2374	OE3	LISH2506	OE3
DAREY4	OE3	KALIGOR3	OE3	LA1S2043	OE3	LA2S2226	OE3	LE2S2375	OE3	LISI2511	OE3
DAREY5	OE3	KALIGOR4	OE3	LA1S2044	OE3	LE1S2231	OE3	LE2S2381	OE3	LISI2512	OE3
DAREYBA1	OE3	KARE1	OE3	LA1S2051	OE3	LE1S2232	OE3	LE2S2382	OE3	LISI2513	OE3
DAREYBA2	OE3	KARE2	OE3	LA1S2052	OE3	LE1S2233	OE3	LE2S2383	OE3	LISI2514	OE3
DAREYBA3	OE3	KARE3	OE3	LA1S2053	OE3	LE1S2241	OE3	LE2S2384	OE3	LISI2515	OE3
DAREYBA4	OE3	KARE4	OE3	LA1S2054	OE3	LE1S2242	OE3	LE2S2391	OE3	LISI2516	OE3
DAREYBA5	OE3	KOKORBE1	OE3	LA1S2055	OE3	LE1S2243	OE3	LE2S2392	OE3	LISJ2522	OE3
DEBEREG1	OE3	KOKORBE2	OE3	LA1S2061	OE3	LE1S2244	OE3	LE2S2393	OE3	LISJ2523	OE3
DEBEREG2	OE3	KOKORBE3	OE3	LA1S2062	OE3	LE1S2251	OE3	LE2S2394	OE3	LISJ2524	OE3
DEBEREG3	OE3	KOKORBE4	OE3	LA1S2063	OE3	LE1S2252	OE3	LE2S2401	OE3	LISJ2525	OE3
FANDOUB1	OE3	KOKORBE5	OE3	LA1S2064	OE3	LE1S2253	OE3	LE2S2402	OE3	LISJ2526	OE3
FANDOUB2	OE3	KOLLO1	OE3	LA1S2071	OE3	LE1S2254	OE3	LE2S2403	OE3	LISL2541	OE3
FANDOUB3	OE3	KOLLO2	OE3	LA1S2072	OE3	LE1S2262	OE3	LE2S2404	OE3	LISL2542	OE3
FANDOUB4	OE3	KOLLO3	OE3	LA1S2073	OE3	LE1S2263	OE3	LE2S2405	OE3	LISL2543	OE3
FANDOUB5	OE3	KOLLO4	OE3	LA1S2074	OE3	LE1S2264	OE3	LE2S2411	OE3	LISI2544	OE3

## suite du tableau A-7.1

LISL2545	OE3	LOSE2594	OE3	MASSIKO2	OE3	SAMAJU3	OE3	SANDIDE1	OE3	WCBROU3	OE3
LISL2546	OE3	LOSE2595	OE3	MASSIKO3	OE3	SAMAJU4	OE3	SANDIDE2	OE3	WCBROU4	OE3
LOSA2551	OE3	LOSH2621	OE3	MASSIKO4	OE3	SAMAJU5	OE3	SANDIDE3	OE3	WCBROU5	OE3
LOSA2552	OE3	LOSH2622	OE3	NIAMEYA1	OE3	SAMAPL11	OE3	SANDIDE4	OE3	WCDEGRA1	OE3
LOSA2553	OE3	LOSH2623	OE3	NIAMEYA2	OE3	SAMAPL12	OE3	SOFIABA1	OE3	WCDEGRA2	OE3
LOSA2554	OE3	LOSH2624	OE3	NIAMEYA3	OE3	SAMAPL13	OE3	SOFIABA2	OE3	WCDEGRA3	OE3
LOSA2555	OE3	LOSH2625	OE3	NIAMEYA4	OE3	SAMAPL14	OE3	SOFIABA3	OE3	WCDEGRA4	OE3
LOSB2561	OE3	LOSH2626	OE3	ORSTOM1	OE3	SAMAPL15	OE3	SOFIABA4	OE3	WCDEGRA5	OE3
LOSB2562	OE3	LOSI2631	OE3	ORSTOM2	OE3	SAMAPL21	OE3	TANABER1	OE3	WCDEGRA6	OE3
LOSB2563	OE3	LOSI2632	OE3	ORSTOM3	OE3	SAMAPL22	OE3	TANABER2	OE3	WCDEGRA7	OE3
LOSB2565	OE3	LOSI2633	OE3	ORSTOM4	OE3	SAMAPL23	OE3	TANABER3	OE3	WCJACHE1	OE3
LOSB2566	OE3	LOSI2634	OE3	ORSTOM5	OE3	SAMAPL24	OE3	TANABER4	OE3	WCJACHE2	OE3
LOSB2567	OE3	LOSI2641	OE3	SAMADC31	OE3	SAMARD1	OE3	TANABER5	OE3	WCJACHE3	OE3
LOSC2571	OE3	LOSI2642	OE3	SAMADC32	OE3	SAMARD2	OE3	TORODI1	OE3	WCJACHE4	OE3
LOSC2572	OE3	LOSI2643	OE3	SAMADC33	OE3	SAMARD3	OE3	TORODI2	OE3	WCML1	OE3
LOSC2573	OE3	LOSI2644	OE3	SAMADC34	OE3	SAMARD4	OE3	TORODI3	OE3	WCML2	OE3
LOSC2574	OE3	LOSK2651	OE3	SAMADC41	OE3	SAMARG1	OE3	TORODI4	OE3	WCML3	OE3
LOSC2575	OE3	LOSK2652	OE3	SAMADC42	OE3	SAMARG2	OE3	TORODI5	OE3	WCML4	OE3
LOSC2576	OE3	LOSK2653	OE3	SAMADC43	OE3	SAMARG3	OE3	WANKAMA1	OE3	WCML5	OE3
LOSC2577	OE3	LOSK2654	OE3	SAMADC44	OE3	SAMARG4	OE3	WANKAMA2	OE3	WCML6	OE3
LOSD2581	OE3	LOSK2655	OE3	SAMAEXU1	OE3	SAMARG5	OE3	WANKAMA3	OE3	YLLADE1	OE3
LOSD2582	OE3	LOSL2661	OE3	SAMAEXU2	OE3	SAMAVIL1	OE3	WANKAMA4	OE3	YLLADE2	OE3
LOSD2583	OE3	LOSL2662	OE3	SAMAEXU3	OE3	SAMAVIL2	OE3	WANKAWE1	OE3	YLLADE3	OE3
LOSD2584	OE3	LOSL2663	OE3	SAMAEXU4	OE3	SAMAVIL3	OE3	WANKAWE2	OE3	YLLADE4	OE3
LOSE2591	OE3	LOSL2664	OE3	SAMAEXU5	OE3	SAMAVIL4	OE3	WANKAWE3	OE3	YLLADE5	OE3
LOSE2592	OE3	LOSL2665	OE3	SAMAJU1	OE3	SAMAVIL5	OE3	WCBROU1	OE3		
LOSE2593	OE3	MASSIKO1	OE3	SAMAJU2	OE3	SAMAVIL6	OE3	WCBROU2	OE3		

Tableau A-7.2: Liste des fichiers .lab, issus d'une première mise en forme par le logiciel PLUVIOM.

ALKAMA1	LAB	GARDANA4	LAB	KOUREKO1	LAB	LA2S2163	LAB	LE1S2332	LAB	LISF2482	LAB
ALKAMA2	LAB	GARDANA5	LAB	KOUREKO2	LAB	LA2S2164	LAB	LE1S2333	LAB	LISF2483	LAB
ALKAMA3	LAB	GOROUGO2	LAB	KOUREKO3	LAB	LA2S2171	LAB	LE1S2334	LAB	LISF2484	LAB
ALKAMA4	LAB	GOROUGO3	LAB	KOUREKO4	LAB	LA2S2172	LAB	LE1S2335	LAB	LISF2485	LAB
BANIZOS1	LAB	GOROUGO4	LAB	KOUREKO5	LAB	LA2S2173	LAB	LE1S2341	LAB	LISF2486	LAB
BANIZOS2	LAB	GUILAHE1	LAB	KOURESU1	LAB	LA2S2174	LAB	LE1S2343	LAB	LISH2502	LAB
BANIZOS3	LAB	GUILAHE2	LAB	KOURESU2	LAB	LA2S2181	LAB	LE1S2344	LAB	LISH2503	LAB
BANIZOS4	LAB	GUILAHE3	LAB	KOURESU3	LAB	LA2S2182	LAB	LE1S2361	LAB	LISH2504	LAB
BANIZOS5	LAB	GUILAHE4	LAB	KOURESU4	LAB	LA2S2183	LAB	LE1S2362	LAB	LISH2505	LAB
BANIZOU1	LAB	GUILAHE5	LAB	KOURESU5	LAB	LA2S2184	LAB	LE1S2363	LAB	LISH2506	LAB
BANIZOU2	LAB	HARIKAN1	LAB	KOYRIA2	LAB	LA2S2185	LAB	LE1S2364	LAB	LIS2511	LAB
BANIZOU3	LAB	HARIKAN2	LAB	KOYRIA3	LAB	LA2S2201	LAB	LE1S2365	LAB	LIS2512	LAB
BANIZOU4	LAB	HARIKAN3	LAB	KOYRIA4	LAB	LA2S2202	LAB	LE2S2371	LAB	LIS2513	LAB
BANIZOU5	LAB	HARIKAN4	LAB	LA1S2011	LAB	LA2S2203	LAB	LE2S2372	LAB	LIS2514	LAB
BAZANGA1	LAB	IHJACHE1	LAB	LA1S2012	LAB	LA2S2204	LAB	LE2S2373	LAB	LIS2515	LAB
BAZANGA2	LAB	IHJACHE2	LAB	LA1S2013	LAB	LA2S2205	LAB	LE2S2374	LAB	LIS2516	LAB
BAZANGA3	LAB	IHJACHE3	LAB	LA1S2014	LAB	LA2S2206	LAB	LE2S2375	LAB	LIS2522	LAB
BAZANGA4	LAB	IHJACHE4	LAB	LA1S2015	LAB	LA2S2221	LAB	LE2S2381	LAB	LIS2523	LAB
BAZANGA5	LAB	IHJACHE5	LAB	LA1S2021	LAB	LA2S2222	LAB	LE2S2382	LAB	LIS2524	LAB
BAZANGA6	LAB	IHMIL1	LAB	LA1S2022	LAB	LA2S2223	LAB	LE2S2383	LAB	LIS2525	LAB
BAZANGA7	LAB	IHMIL2	LAB	LA1S2023	LAB	LA2S2224	LAB	LE2S2384	LAB	LIS2526	LAB
BERIKO1	LAB	IHMIL3	LAB	LA1S2024	LAB	LA2S2225	LAB	LE2S2391	LAB	LISL2541	LAB
BERIKO2	LAB	IHMIL4	LAB	LA1S2031	LAB	LA2S2226	LAB	LE2S2392	LAB	LISL2542	LAB
BERIKO3	LAB	IHPLATE1	LAB	LA1S2032	LAB	LE1S2231	LAB	LE2S2393	LAB	LISL2543	LAB
BERIKO4	LAB	IHPLATE2	LAB	LA1S2033	LAB	LE1S2232	LAB	LE2S2394	LAB	LISL2544	LAB
BERKIAW1	LAB	IHPLATE3	LAB	LA1S2034	LAB	LE1S2233	LAB	LE2S2401	LAB	LISL2545	LAB
BERKIAW2	LAB	IHPLATE4	LAB	LA1S2041	LAB	LE1S2241	LAB	LE2S2402	LAB	LISL2546	LAB
BERKIAW3	LAB	IHPLATE5	LAB	LA1S2042	LAB	LE1S2242	LAB	LE2S2403	LAB	LOSA2551	LAB
BERKIAW4	LAB	IRI1	LAB	LA1S2043	LAB	LE1S2243	LAB	LE2S2404	LAB	LOSA2552	LAB
BOLOLAD1	LAB	IRI2	LAB	LA1S2044	LAB	LE1S2244	LAB	LE2S2405	LAB	LOSA2553	LAB
BOLOLAD2	LAB	IR3	LAB	LA1S2051	LAB	LE1S2251	LAB	LE2S2411	LAB	LOSA2554	LAB
BOLOLAD3	LAB	IR4	LAB	LA1S2052	LAB	LE1S2252	LAB	LE2S2412	LAB	LOSA2555	LAB
BOLOLAD4	LAB	IR5	LAB	LA1S2053	LAB	LE1S2253	LAB	LE2S2413	LAB	LOSB2561	LAB
BOLOLAD5	LAB	KALIGOR1	LAB	LA1S2054	LAB	LE1S2254	LAB	LE2S2414	LAB	LOSB2562	LAB
BOUBON1	LAB	KALIGOR2	LAB	LA1S2055	LAB	LE1S2262	LAB	LE2S2421	LAB	LOSB2563	LAB
BOUBON2	LAB	KALIGOR3	LAB	LA1S2061	LAB	LE1S2263	LAB	LE2S2422	LAB	LOSB2564	LAB
BOUBON3	LAB	KALIGOR4	LAB	LA1S2062	LAB	LE1S2264	LAB	LE2S2423	LAB	LOSB2565	LAB
BOUBON4	LAB	KARE1	LAB	LA1S2063	LAB	LE1S2271	LAB	LE2S2424	LAB	LOSB2566	LAB
BOUBON5	LAB	KARE2	LAB	LA1S2064	LAB	LE1S2272	LAB	LISA2431	LAB	LOSB2567	LAB
DAREY1	LAB	KARE3	LAB	LA1S2071	LAB	LE1S2273	LAB	LISA2432	LAB	LOSC2571	LAB
DAREY2	LAB	KARE4	LAB	LA1S2072	LAB	LE1S2274	LAB	LISA2433	LAB	LOSC2572	LAB
DAREY3	LAB	KOKORBE1	LAB	LA1S2073	LAB	LE1S2281	LAB	LISA2434	LAB	LOSC2573	LAB
DAREY4	LAB	KOKORBE2	LAB	LA1S2074	LAB	LE1S2282	LAB	LISA2435	LAB	LOSC2574	LAB
DAREY5	LAB	KOKORBE3	LAB	LA1S2081	LAB	LE1S2283	LAB	LISB2441	LAB	LOSC2575	LAB
DAREYBA1	LAB	KOKORBE4	LAB	LA1S2082	LAB	LE1S2284	LAB	LISB2442	LAB	LOSC2576	LAB
DAREYBA2	LAB	KOKORBE5	LAB	LA1S2083	LAB	LE1S2291	LAB	LISB2443	LAB	LOSC2577	LAB
DAREYBA3	LAB	KOLLO1	LAB	LA1S2084	LAB	LE1S2292	LAB	LISC2451	LAB	LOSD2581	LAB
DAREYBA4	LAB	KOLLO2	LAB	LA1S2085	LAB	LE1S2293	LAB	LISC2452	LAB	LOSD2582	LAB
DAREYBA5	LAB	KOLLO3	LAB	LA1S2091	LAB	LE1S2294	LAB	LISC2453	LAB	LOSD2583	LAB
DEBEREG1	LAB	KOLLO4	LAB	LA1S2092	LAB	LE1S2301	LAB	LISC2454	LAB	LOSD2584	LAB
DEBEREG2	LAB	KOLLOSO1	LAB	LA1S2093	LAB	LE1S2302	LAB	LISC2455	LAB	LOSE2591	LAB
DEBEREG3	LAB	KOLLOSO2	LAB	LA1S2094	LAB	LE1S2303	LAB	LISD2461	LAB	LOSE2592	LAB
FANDOUB1	LAB	KOLLOSO3	LAB	LA1S2121	LAB	LE1S2304	LAB	LISD2462	LAB	LOSE2593	LAB
FANDOUB2	LAB	KOLLOSO4	LAB	LA1S2122	LAB	LE1S2311	LAB	LISD2463	LAB	LOSE2594	LAB
FANDOUB3	LAB	KOLLOSO5	LAB	LA1S2123	LAB	LE1S2312	LAB	LISD2464	LAB	LOSE2595	LAB
FANDOUB4	LAB	KOMAKOU1	LAB	LA1S2124	LAB	LE1S2313	LAB	LISD2465	LAB	LOSH2621	LAB
FANDOUB5	LAB	KOMAKOU2	LAB	LA1S2125	LAB	LE1S2314	LAB	LISD2466	LAB	LOSH2622	LAB
GAMONZO1	LAB	KOMAKOU3	LAB	LA2S2151	LAB	LE1S2321	LAB	LISE2472	LAB	LOSH2623	LAB
GAMONZO2	LAB	KOMAKOU4	LAB	LA2S2152	LAB	LE1S2322	LAB	LISE2473	LAB	LOSH2624	LAB
GAMONZO3	LAB	KORTO1	LAB	LA2S2153	LAB	LE1S2323	LAB	LISE2474	LAB	LOSH2625	LAB
GAMONZO4	LAB	KORTO2	LAB	LA2S2154	LAB	LE1S2324	LAB	LISE2475	LAB	LOSH2626	LAB
GARDANA2	LAB	KORTO3	LAB	LA2S2161	LAB	LE1S2325	LAB	LISE2476	LAB	LOSI2631	LAB
GARDANA3	LAB	KORTO4	LAB	LA2S2162	LAB	LE1S2331	LAB	LISF2481	LAB	LOSI2632	LAB

## suite du tableau A-7.2

LOSI2633	LAB	NIAMEYA2	LAB	SAMAJU1	LAB	SAMARG4	LAB	TORODI1	LAB	WCDEGRA5	LAB
LOSI2634	LAB	NIAMEYA3	LAB	SAMAJU2	LAB	SAMARG5	LAB	TORODI2	LAB	WCDEGRA6	LAB
LOSJ2641	LAB	NIAMEYA4	LAB	SAMAJU3	LAB	SAMAVIL1	LAB	TORODI3	LAB	WCDEGRA7	LAB
LOSJ2642	LAB	ORSTOM1	LAB	SAMAJU4	LAB	SAMAVIL2	LAB	TORODI4	LAB	WCJACHE1	LAB
LOSJ2643	LAB	ORSTOM2	LAB	SAMAJU5	LAB	SAMAVIL3	LAB	TORODI5	LAB	WCJACHE2	LAB
LOSJ2644	LAB	ORSTOM3	LAB	SAMAPL11	LAB	SAMAVIL4	LAB	WANKAMA1	LAB	WCJACHE3	LAB
LOSK2651	LAB	ORSTOM4	LAB	SAMAPL12	LAB	SAMAVIL5	LAB	WANKAMA2	LAB	WCJACHE4	LAB
LOSK2652	LAB	ORSTOM5	LAB	SAMAPL13	LAB	SAMAVIL6	LAB	WANKAMA3	LAB	WCMIL1	LAB
LOSK2653	LAB	SAMADC31	LAB	SAMAPL14	LAB	SANDIDE1	LAB	WANKAMA4	LAB	WCMIL2	LAB
LOSK2654	LAB	SAMADC32	LAB	SAMAPL15	LAB	SANDIDE2	LAB	WANKAWE1	LAB	WCMIL3	LAB
LOSK2655	LAB	SAMADC33	LAB	SAMAPL21	LAB	SANDIDE3	LAB	WANKAWE2	LAB	WCMIL4	LAB
LOSL2661	LAB	SAMADC34	LAB	SAMAPL22	LAB	SANDIDE4	LAB	WANKAWE3	LAB	WCMIL5	LAB
LOSL2662	LAB	SAMADC41	LAB	SAMAPL23	LAB	SOFLABA1	LAB	WCBROU1	LAB	WCMIL6	LAB
LOSL2663	LAB	SAMADC42	LAB	SAMAPL24	LAB	SOFLABA2	LAB	WCBROU2	LAB	YILLADE1	LAB
LOSL2664	LAB	SAMADC43	LAB	SAMARD1	LAB	SOFLABA3	LAB	WCBROU3	LAB	YILLADE2	LAB
LOSL2665	LAB	SAMADC44	LAB	SAMARD2	LAB	SOFLABA4	LAB	WCBROU4	LAB	YILLADE3	LAB
MASSIKO1	LAB	SAMAEXU1	LAB	SAMARD3	LAB	TANABER1	LAB	WCBROU5	LAB	YILLADE4	LAB
MASSIKO2	LAB	SAMAEXU2	LAB	SAMARD4	LAB	TANABER2	LAB	WCDEGRA1	LAB	YILLADE5	LAB
MASSIKO3	LAB	SAMAEXU3	LAB	SAMARG1	LAB	TANABER3	LAB	WCDEGRA2	LAB		
MASSIKO4	LAB	SAMAEXU4	LAB	SAMARG2	LAB	TANABER4	LAB	WCDEGRA3	LAB		
NIAMEYA1	LAB	SAMAEXU5	LAB	SAMARG3	LAB	TANABER5	LAB	WCDEGRA4	LAB		

**Tableau A-7.3: Liste des fichiers .txt, créés et gérés par BADINAGE, banque de données pluviographiques.**

ALKAMA	TXT	IHPLATE	TXT	LA1S208	TXT	LE1S233	TXT	LOSA255	TXT	SAMARD	TXT
BANIZOS	TXT	IRI	TXT	LA1S209	TXT	LE1S234	TXT	LOSB256	TXT	SAMARG	TXT
BANIZOU	TXT	KALIGOR	TXT	LA1S212	TXT	LE1S236	TXT	LOSC257	TXT	SAMAVIL	TXT
BAZANGA	TXT	KARE	TXT	LA2S215	TXT	LE2S237	TXT	LOSD258	TXT	SANDIDE	TXT
BERIKOI	TXT	KOKORBE	TXT	LA2S216	TXT	LE2S238	TXT	LOSE259	TXT	SOFLABA	TXT
BERKIAW	TXT	KOLLO	TXT	LA2S217	TXT	LE2S239	TXT	LOSH262	TXT	TANABER	TXT
BOLOLAD	TXT	KOLLOSO	TXT	LA2S218	TXT	LE2S240	TXT	LOSI263	TXT	TORODI	TXT
BOUBON	TXT	KOMAKOU	TXT	LA2S220	TXT	LE2S241	TXT	LOSJ264	TXT	WANKAMA	TXT
DAREY	TXT	KORTO	TXT	LA2S222	TXT	LE2S242	TXT	LOSK265	TXT	WANKAWE	TXT
DAREYBA	TXT	KOUREKO	TXT	LE1S223	TXT	LISA243	TXT	LOSL266	TXT	WCBROU	TXT
DEBEREG	TXT	KOURESU	TXT	LE1S224	TXT	LISB244	TXT	MASSIKO	TXT	WCDEGRA	TXT
FANDOUB	TXT	KOYRIA	TXT	LE1S225	TXT	LISC245	TXT	NIAMEYA	TXT	WCJACHE	TXT
GAMONZO	TXT	LA1S201	TXT	LE1S226	TXT	LISD246	TXT	ORSTOM	TXT	WCMIL	TXT
GARDANA	TXT	LA1S202	TXT	LE1S227	TXT	LISE247	TXT	SAMADC3	TXT	YILLADE	TXT
GOROUGO	TXT	LA1S203	TXT	LE1S228	TXT	LISF248	TXT	SAMADC4	TXT		
GUILAHE	TXT	LA1S204	TXT	LE1S229	TXT	LISH250	TXT	SAMAEXU	TXT		
HARIKAN	TXT	LA1S205	TXT	LE1S230	TXT	LISI251	TXT	SAMAJU	TXT		
IHJACHE	TXT	LA1S206	TXT	LE1S231	TXT	LISJ252	TXT	SAMAPL1	TXT		
IHMIL	TXT	LA1S207	TXT	LE1S232	TXT	LISL254	TXT	SAMAPL2	TXT		

**ANNEXE 8.**  
**RECAPITULATIF DES ACQUISITIONS RADAR**

Date	Personnes de veille	Heure début	Durée	Nbre d'images	Commentaires
06/06/93	Lebel	02:50	02:25	26	Formations orageuses isolées à E-SE
13/06/93	Lebel	19:15	03:30	40	Orage local sur Niamey
29/06/93	Ben Mohamed	22:45	03:50	63	Système à 140 km - 85°
01/07/93	Ben Mohamed	11:18	03:38	17	Cellules - Système en formation à 210 km - 125°
03/07/93	Ben Mohamed	03:14	05:07	21	Système au sud - Cell. conv. dans le degré carré
03/07/93	Ben Mohamed	18:12	04:18	36	Cellules à 25°, 45° et 50°, d=280 et 330 km
06/07/93	Lebel - Le Barbé	08:00	04:14	44	Système sur Niamey
07/07/93	Lebel	20:10	03:40	43	Grosse cellule à 200 km E
10/07/93	Le Barbé	06:50	03:41	57	Cellule en provenance du NE
13/07/93	Ben Mohamed	07:31	02:40	17	Cellule à 220km - 80°
13/07/93	Ben Mohamed	21:29	04:43	81	Système organisé à 220 km (55°) et 140 km (90°)
16/07/93	Lebel - Le Barbé	16:33	05:55	98	Conv. locale de 50 km, Niamey et degré carré
18/07/93	Ben Mohamed	19:37	08:18	98	Système organisé à 170 km
21/07/93	Lebel - Le Barbé	16:13	07:15	81	Ligne secteur 60°-100° à 210 km
23/07/93	Lebel - Taupin	11:56	04:36	44	Ligne à 230 km E
27/07/93	Ben Mohamed	11:23	01:59	14	Système à 135 km - 45°
28/07/93	Ben Mohamed	20:26	03:30	21	Système à 280 km - 70°
30/07/93	Ben Mohamed	05:37	04:22	69	Système déjà sur le degré carré
31/07/93	Lebel - Cazenave	14:27	03:35	64	Mauvaise acquisition
03/08/93	Cazenave	16:55	05:31	84	Petite cellule N-NE à 180 km
05/08/93	Lebel - Cazenave	04:49	03:55	71	Ligne à la limite du degré carré
07/08/93	Cazenave	20:52	08:36	89	Cellule vers degré carré
09/08/93	Taupin	15:57	05:16	97	Cellule vers degré carré
13/08/93	Taupin	14:06	08:08	100	Cellule entre dans degré carré par S
17/08/93	Lebel	20:20	08:10	67	ligne de grain, née sur le Nigéria (50-60 km/h)
19/08/93	Lebel	07:51	07:02	57	Belle bande de 200 km de front (N-S)



34960 St-Jacques St-Herme - Tél. 67 84 27 66

*Centre de Traitement de Documents Scientifiques*