

4 mai 2006

RAPPORT EPSAT NIGER 2004



Charlotte BAILLEUL

(Avec la collaboration de Abassa Alassane, Abdoulaye Koné, Bodo Seyni)



Introduction	4
I. Caractéristique de la saison des pluies 2004 à l'échelle du Niger	5
II. Le réseau de pluviographes	6
A. Les stations du réseau et leur installation.....	6
1. Les stations	6
2. Installations	9
B. Qualité de l'acquisition	11
1. Pannes	11
2. Comparaison valeurs seuil et valeurs augets	12
III. Analyse spatiale de la saison	14
A. Analyse des cumuls saisonniers	14
1. Description des cumuls saisonniers : répartition spatiale des hauteurs tombées	14
2. Ajustement d'une loi normale sur les cumuls saisonniers	16
B. Analyse spatiale des évènements	17
1. Caractéristiques des évènements majeurs	17
2. Cumuls issus des évènements majeurs.	19
C. Analyse des gradients locaux	20
1. Gradients observés au niveau saisonnier	20
2. Gradients observés au niveau évènementiel	22
IV. Analyse temporelle de la saison	23
A. Analyse temporelle des cumuls pluviométriques.....	23
1. Introduction : déroulement de la saison 2004	23
2. Cumuls mensuels sur le degré carré	24
B. Analyse temporelle des évènements pluvieux	26
1. Comparaisons inter stations.	26
a) Comparaison des hyétogrammes de quelques stations	26
b) Comparaison des hyétogrammes moyens de trois années	27
2. L'évènement n°1 le 29 avril 2004 :	28
3. Caractéristiques temporelles des évènements majeurs	29
C. Début de saison des pluies : comparaison critère climatique, hydrologique et critère agronomique.....	30
1. Définitions et calcul des dates de démarrages selon différents critères.	30
2. Résultats	30
Conclusion	32
Annexes	33
A. Détail des pannes par stations	33
B. Jours de fonctionnement et pannes.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Cumul pluviométrique de la saison 2004 au Niger.	5
Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2004 sur le degré carré de Niamey.....	15
Figure 3.2 : Gradients généraux de la répartition de la pluviométrie sur la zone Epsat, pour la saison 2004.....	15
Figure 3.3: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la saison 2004.....	16
Figure 3.4: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2004.....	19
Figure 3.5 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2004 sur les station Kafina et Wankama – Hauteurs de pluie événementielles (mm).....	21
Figure 3.6 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2004 sur les station Kafina et Wankama – Hauteur de pluie cumulée (mm).....	21
Figure 4.1 : répartition des événements pluvieux pour la saison 2004	23
Figure 4.2 : Evolution des cumuls moyen de pluie sur la zone Epsat pour la saison 2004, et les décennies 1951/1970, et 1971/1990.....	23
Figure 4.3 : Comparaison des cumuls mensuels en 2004 par rapport aux décennies pluvieuse (1951/1970) et sèche (1971/1990).....	24
Figure 4.4 : Comparaison des cumuls mensuels en 2004 et de la période 1990/2003.....	24
Figure 4.5 : Isohyètes mensuels (mm) de la saison des pluies 2004 sur le degré carré de Niamey	25
Figure 4.6: Chronologies des pluies journalières (mm) enregistrées sur 6 stations.....	26
Figure 4.7: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1999, 2003 et 2004.....	27
Figure 4.8 : Isohyètes de l'évènement du 29 avril 2004	29
Figure 4.9: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de durée (en heures) de l'évènement, pour la saison 2004.....	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1: Liste des 38 postes du réseau en 2004, classés par ordre alphabétique.	7
Tableau 2.2: Liste des 38 sites suivis en 2004, classés par numéro EPSAT.....	8
Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés pour la saison 2004, pour les stations EPSAT du degré carré.....	10
Tableau 2.4 : Période de fonctionnement des 33 pluviographes Oedipes installés en 2004....	11
Tableau 2.5 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison.	13
Tableau 3.1: Liste des 39 événements majeurs enregistrés en 2004 à partir de 33 stations. ...	18
Tableau 4.1 : Moyennes des différents critères au cours des 15 dernières années de l'expérience Epsat	31

Introduction

La saison 2004, dont la moyenne des cumuls saisonniers sur l'année sur le degré carré est de 537 mm et dont l'écart type est de 69 mm, présente une pluviométrie inférieure à la moyenne de la période 1951 - 90 (562,3 mm).

Si on sépare ces quatre décennies en deux, à savoir une période entre 1951 et 1970 qui est plus abondante en pluie (avec une moyenne de pluviométrie sur le degré carré de 667,2 mm) et une période comprise entre 1971 et 1990 (où la pluviométrie est de 480 mm), l'année 2004 reste caractérisée par une pluviométrie peu importante même si elle est légèrement supérieure à celles des années très sèches de la décennie 1971-90.

Comme chaque année, la saison pluvieuse a montré de fortes variabilités spatiale et temporelle qui vont être étudiées en détail dans ce rapport.

La saison 2004 est tout d'abord présentée succinctement à l'échelle du Niger. Dans la suite du rapport, seule la zone du degré carré de Niamey (où se trouve le réseau de mesure EPSAT Niger) est étudiée.

Le rapport décrit le réseau de mesure opérationnel en 2004 ainsi que la qualité des données acquises. Ensuite il analyse la saison spatialement, détaillant l'analyse spatiale des cumuls, des événements et des gradients locaux. Enfin, une étude temporelle de la saison est réalisée. L'analyse temporelle des cumuls permet entre autres de caractériser le déroulement de la saison et l'évolution mensuelle des cumuls ; l'analyse temporelle des événements majeurs renseigne sur l'importance de la contribution de ces événements au cumul total.

Une dernière partie de l'analyse temporelle consiste à étudier la durée de la saison 2004 suivant différents critères (hydrologique, agronomique et climatique).

I. Caractéristique de la saison des pluies 2004 à l'échelle du Niger

Sur l'ensemble du territoire nigérien, on retrouve l'important gradient nord/sud de la zone tropicale nord de l'Afrique.

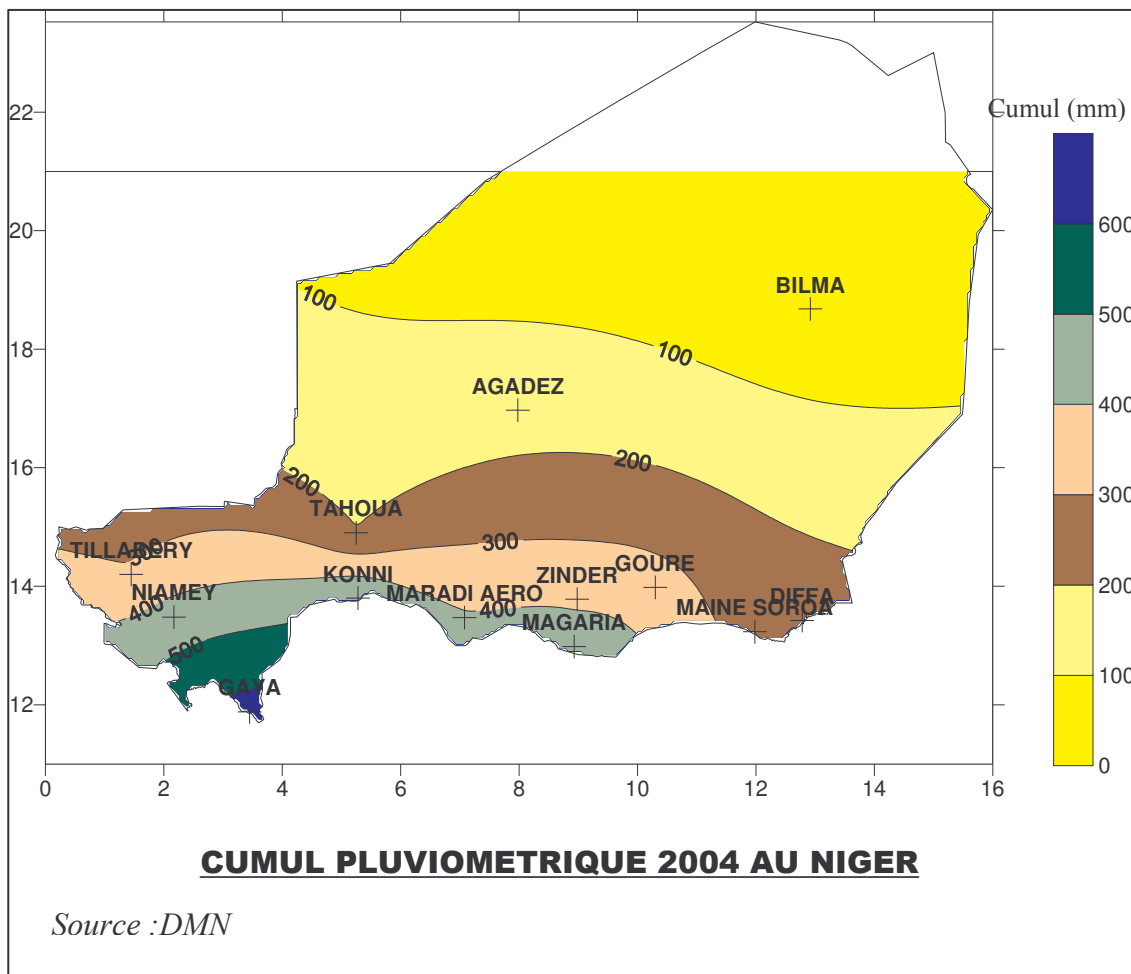


Figure 1.1 : Cumul pluviométrique de la saison 2004 au Niger.

II. Le réseau de pluviographes

A. Les stations du réseau et leur installation

1. Les stations

Le site d'observation est limité en longitude par les méridiens 1°40 E et 3° E et en latitude par les parallèles 13 et 14°10 N ; on continuera à l'appeler « degré carré Niamey ». Cela représente une couverture pluviographique de 16 000 km².

Il a été équipé en début de saison par 32 pluviographes pourvus d'enregistreurs Oedipes et 1 pluviographe pourvu d'enregistreur Hobo à Kollo, cette station ayant subi plusieurs dégradations précédemment dont le vol du panneau solaire (les Hobos fonctionnant sur pile, ils ne nécessitent pas de panneau solaire).

A ce réseau intense sur le degré carré s'ajoute, dans le cadre de la collaboration avec la Direction de la Météorologie Nationale, les postes de Tillabéri (équipé Edipe) et Birnin n'Konni (maintenant équipé Hobo), installés en 1999 ainsi que ceux de Tahoua, Maradi et Zinder, installés en 2003 (aussi équipés Hobo).

INFORMATION A VERIFIER JE CROIS QUE CEST BIEN PLUS VIEUX QUE CELA

(cf. Tableau 2.1: Liste des 38 postes du réseau en 2004, classés par ordre alphabétique et Tableau 2.2 : Liste des 38 sites suivis en 2004, classés par numéro EPSAT.)

Les pluviographes sont à augets basculeurs (0,5 mm de hauteur d'eau), munis d'un cône de 400 cm² (Lebel et al., 1991).

Station	X(km)	Y(km)	Latitude	Longitude	X UTM	Y UTM	Code Identification
Alkama	103,32	91,39	13,82	2,96	495677,0	1527819,7	1321204300
Banizoumbou	71,34	59,25	13,53	2,66	463209,5	1495773,2	1321201100
Beri koirra	51,49	72,26	13,65	2,48	443760,2	1509078,8	1321202100
Barkiawal	33,33	56,86	13,51	2,31	425329,6	1493640,9	1321202800
Bololadie	14,06	24,98	13,22	1,87	377562,9	1461741,0	1321208400
Boubon Golf	6,93	67,46	13,61	1,94	385333,5	1504844,5	1321208500
Darey	80,14	70,80	13,64	2,74	471879,2	1507927,7	1321201800
Debere Gati	12,38	6,78	13,06	2,11	403506,9	1443940,3	1321202500
Fandou Beri	60,36	59,14	13,53	2,56	452388,7	1495790,4	1321200900
Gamonzon	111,49	51,28	13,46	3,03	503247,1	1488006,5	1321203400
Gardana Kouara	29,97	92,85	13,83	2,28	420000,0	1531000,0	1321205000
Gorou Goussa	3,83	93,22	13,84	2,04	396253,2	1530239,1	1321208000
Guilahel	15,77	32,79	13,29	2,15	407930,0	1469363,1	1321204900
Harikanassou	90,99	28,65	13,26	2,84	482667,6	1465894,0	1321204100
IH Jachere	26,41	27,11	13,24	2,24	417662,3	1463801,7	1321210500
Kafina	78,42	78,79	13,71	2,73	466000,0	1515800,0	1321241300
Kalassi	62,42	58,56	13,53	2,58	454600,0	1496100,0	1321200500
Kaligorou	109,40	68,09	13,61	3,01	501081,7	1504595,0	1321206100
Kare	36,65	5,32	13,05	2,34	428441,6	1442758,1	1321202900
Kokorbe Fandou	66,85	94,82	13,85	2,62	458936,8	1531169,8	1321207300
Kollo	25,96	42,26	13,38	2,24	417648,9	1479377,9	Hobo
Konni	346,91	88,96	13,80	5,25	716922,58	1437987,64	Hobo
Koure Kobade	113,71	0,52	13,00	3,05	505422,1	1437136,3	1321202600
Koure Sud	65,45	26,89	13,24	2,61	457748,6	1463709,6	1321205100
Koyria	32,38	85,25	13,77	1,70	359462,7	1522669,2	1321208200
Maradi	541,90	55,57	13,50	7,12	283077,41	1437987,64	Hobo
Massi Koubou	44,95	91,94	13,83	2,42	437318,6	1529001,1	1321207800
Niamey Aeroport	18,71	53,36	13,48	2,17	410167,0	1490369,8	1321209400
Niamey IRI	9,63	55,60	13,50	2,09	401515,9	1492612,5	1321208300
Niamey IRD	10,44	59,07	13,53	2,10	402610,4	1495926,6	1321207000
Sandideye	114,01	25,06	13,23	3,06	506500,4	1462571,6	1321205700
Tahoua	349,04	209,02	14,88	5,27	716020,55	1548638,68	Hobo
Tanaberi	59,34	4,63	13,04	2,55	451208,8	1441602,4	1321203200
Tillaberi	58,75	133,93	14,20	1,46	283979,4	1548638,7	1321241400
Torodi	23,27	12,97	13,12	1,79	368840,5	1450720,5	1321208600
Wankama	70,02	72,28	13,65	2,65	462146,5	1509045,9	1321211600
Yiladde	85,12	2,35	13,02	2,79	477229,1	1439356,8	1321203500
Zinder	732,93	85,62	13,77	8,98	391553,65	1437348,62	Hobo

X, Y coordonnées dans le degré carré (origine du repère 2 E, 13 N) :

$Y = (\text{Latd. } 13) * 111,2$ en km

$X = (\text{Longd. } 2) * (108,3 + 0,5 * Y / 111,2)$ en km *Latd. et Longd. en degré décimaux*

Tableau 2.1: Liste des 38 postes du réseau en 2004, classés par ordre alphabétique.

N° EPSAT	Station	Code Identification	X(km)	Y(km)	Latitude	Longitude	X UTM	Y UTM
5	KALASSI *	1321200500	62,42	58,56	13,53	2,58	454600,0	1496100,0
9	FANDOU BERI	1321200900	60,36	59,14	13,53	2,56	452388,7	1495790,4
11	BANIZOUMBOU	1321201100	71,34	59,25	13,53	2,66	463209,5	1495773,2
15	MARADI	1321241600	541,90	55,57	13,50	7,12	283077,4	1437987,6
18	DAREY	1321201800	80,14	70,80	13,64	2,74	471879,2	1507927,7
21	BERIKOIRA	1321202100	51,49	72,26	13,65	2,48	443760,2	1509078,8
25	DEBEREGATI	1321202500	12,38	6,78	13,06	2,11	403506,9	1443940,3
26	KOURE KOBADÉ	1321202600	113,71	0,52	13,00	3,05	505422,1	1437136,3
28	BERKIAWEL	1321202800	33,33	56,86	13,51	2,31	425329,6	1493640,9
29	KARE	1321202900	36,65	5,32	13,05	2,34	428441,6	1442758,1
32	TANABERI	1321203200	59,34	4,63	13,04	2,55	451208,8	1441602,4
34	GAMONZON	1321203400	111,49	51,28	13,46	3,03	503247,1	1488006,5
35	YILLADE	1321203500	85,12	2,35	13,02	2,79	477229,1	1439356,8
41	HARIKANASSOU	1321204100	90,99	28,65	13,26	2,84	482667,6	1465894,0
43	ALKAMA	1321204300	103,32	91,39	13,82	2,96	495677,0	1527819,7
49	GUILAHEL	1321204900	15,77	32,79	13,29	2,15	407930,0	1469363,1
50	GARDAMA KOUARA	1321205000	29,97	92,85	13,83	2,28	420000,0	1531000,0
51	KOURE SUD	1321205100	65,45	26,89	13,24	2,61	457748,6	1463709,6
54	KOLLO	1321205400	25,96	42,26	13,38	2,24	417648,9	1479377,9
57	SANDIDEY	1321205700	114,01	25,06	13,23	3,06	506500,4	1462571,6
61	KALIGOROU	1321206100	109,40	68,09	13,61	3,01	501081,7	1504595,0
70	NIAMEY ORSTOM	1321207000	10,44	59,07	13,53	2,10	402610,4	1495926,6
73	KOKORBE FANDOU	1321207300	66,85	94,82	13,85	2,62	458936,8	1531169,8
78	MASSIKOUBOU	1321207800	44,95	91,94	13,83	2,42	437318,6	1529001,1
80	GOROU GOUSSA	1321208000	3,83	93,22	13,84	2,04	396253,2	1530239,1
82	KOYRIA	1321208200	32,38	85,25	13,77	1,70	359462,7	1522669,2
83	NIAMEY IRI	1321208300	9,63	55,60	13,50	2,09	401515,9	1492612,5
84	BOLOLADIE	1321208400	14,06	24,98	13,22	1,87	377562,9	1461741,0
85	BOUBON GOLF	1321208500	6,93	67,46	13,61	1,94	385333,5	1504844,5
86	TORODI	1321208600	23,27	12,97	13,12	1,79	368840,5	1450720,5
94	NIAMEY AEROPORT	1321209400	18,71	53,36	13,48	2,17	410167,0	1490369,8
105	IH JACHERÉ	1321210500	26,41	27,11	13,24	2,24	417662,3	1463801,7
116	WANKAMA	1321211600	70,02	72,28	13,65	2,65	462146,5	1509045,9
269	TAHOUA	1321226900	349,04	209,02	14,88	5,27	716020,6	1548638,7
315	ZINDER	1321231500	732,93	85,62	13,77	8,98	391553,7	1437348,6
325	BIRNI N'KONNI	1321232500	346,91	88,96	13,80	5,25	716922,6	1437987,6
413	KAFINA	1321241300	78,42	78,79	13,71	2,73	466000,0	1515800,0
414	TILLABERI	1321241400	58,75	133,93	14,20	1,46	283979,4	1548638,7

*

Kalassi : il s'agit de la station de Bazanga déplacée au village de Kalassi par sécurité

Rq: Le numéro EPSAT de la station de Maradi est le 15 (et non le 416 comme il était indiqué sur certains documents)

Tableau 2.2: Liste des 38 sites suivis en 2004, classés par numéro EPSAT.

2. Installations

Cinq postes ont fonctionné en permanence entre la fin de la saison des pluies 2003 et le début de la saison des pluies 2004 (les trois stations de Niamey, Banizoumbou et Wankama). Les autres ont été démontés, nettoyés, testés et entreposés durant la saison sèche.

An cours de la saison, la station Kollo a été équipée d'un enregistreur type Hobo son panneau solaire ayant été volé.

Le planning d'installation des stations a commencé le 2 mars (Kalassi) et s'est terminé le 6 mai (Yillade) (**Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés pour la saison 2004, pour les stations EPSAT du degré carré.**)

En fin de saison, le démontage des stations s'est effectué entre le 24 septembre et le 27 octobre.

STATIONS	N° EPSAT	Date d'installation	Date de démontage	Période de fonctionnement (jours)	Cumul seuu saison totale (mm)
ALKAMA	43	29/03/2004	22/10/2004	207	389
BANIZOUMBOU	11	Permanent	Permanent	250	533
BERIKOIRA	21	26/03/2004	20/10/2004	208	565
BERKIAWEL	28	26/03/2004	20/10/2004	208	479
BOLOLADIE	84	30/03/2004	25/10/2004	209	571
BOUBON GOLF	85	17/03/2004	21/10/2004	218	493
DAREY	18	05/04/2004	19/10/2004	197	511
DEBEREGATI	25	30/03/2004	25/10/2004	209	479
FANDOU BERI	9	05/03/2004	26/10/2004	235	583
GAMONZON	34	01/04/2004	25/10/2004	207	450
GARDAMA KOUARA	50	07/04/2004	19/10/2004	195	573
GOROU GOUSSA	80	07/04/2004	19/10/2004	195	499
GUILAHÉL	49	31/03/2004	26/10/2004	209	595
HARIKANASSOU	41	01/04/2004	21/10/2004	203	558
IH JACHERÉ	105	31/03/2004	26/10/2004	209	593
KAFINA	413	29/03/2004	19/10/2004	204	546
KALASSI	5	02/03/2004	26/10/2004	238	562
KALIGOROU	61	29/03/2004	22/10/2004	207	405
KARE	29	31/03/2004	26/10/2004	209	617
KOKORBE FANDOU	73	05/04/2004	19/10/2004	197	450
KOLLO	54	16/03/2004	14/10/2004	212	529
KOURE KOBADÉ	26	02/04/2004	20/10/2004	201	541
KOURE SUD	51	02/04/2004	21/10/2004	202	638
KOYRIA	82	17/03/2004	21/10/2004	218	457
MASSIKOUBOU	78	26/03/2004	20/10/2004	208	518
NIAMEY AÉROPORT	94	Permanent	Permanent	250	455
NIAMEY IRI	83	Permanent	Permanent	250	575
NIAMEY ORSTOM	70	Permanent	Permanent	250	661
SANDIDEY	57	01/04/2004	24/09/2004	176	600
TANABÉRI	32	16/03/2004	27/10/2004	225	634
TORODI	86	30/03/2004	25/10/2004	209	600
WANKAMA	116	02/03/2004	26/10/2004	238	465
YILLADÉ	35	06/05/2004	21/10/2004	168	607

Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés pour la saison 2004, pour les stations EPSAT du degré carré.

B. Qualité de l'acquisition

1. Pannes

Le taux de fonctionnement, pour les 33 pluviographes du degré carré, est de 93,7 % (441 jours de panne pour 7021 jours d'appareillage) sans tenir compte du dérèglement des augets. Douze appareils ont connu des avaries ou des dysfonctionnements. (**Tableau 2.4 : Période de fonctionnement des 33 pluviographes Oedipes installés en 2004**).

Stations	Périodes de fonctionnement											
	Jan.	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Nom												
Alkama				----	----	----	----	----	----	----		
Banizoumbou				-	----	----	----	----	----	----		
Beri Koira				----	----	----	----	----	----	----		
Berkiawal				----	----	----	----	----	----	----		
Bololadie				----	----	----	----	----	----	----		
Boubon Golf			--	----	----	----	----	----	----	----		
Darey				----	----	----	----	----	----	----		
Debere Gati				----	----	----	----	----	----	----		
Fandou Beri			----	----	----	----	----	----	----	----		
Gamonzon				----	----	----	----	----	----	----		
Gardama												
Kouara				----	----	----	----	----	----	----		
Gorou Goussa				----	----	----	----	----	----	----		
Guilahel				----	----	----	----	----	----	----		
Harikanassou				----	----	----	----	----	----	----		
IH Jachere				----	----	----	----	----	----	----		
Niamey IRI			----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Kafina				----	----	----	----	----	----	----		
Kalassi			----	----	----	----	----	----	----	----		
Kaligorou				----	----	----	----	----	----	----		
Kare				----	----	----	----	----	----	----		
Kokorbe												
Fandou				----	----	----	----	----	----	----		
Kollo			--	----	----	----	----	----	----	----		
Koure Kobade				----	----	----	----	----	----	----		
Koure Sud				----	----	----	----	----	----	----		
Koyria			--	----	----	----	----	----	----	----		
Massi Koubou				----	----	----	----	----	----	----		
Niamey												
Aéroport			----	----	----	----	-		----	----	----	----
Niamey IRD			----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Sandideye				----	----	----	----	----	----			
Tanaberi			--	----	----	----	----	----	----	----		
Torodi				----	----	----	----	----	----	----		
Wankama			----	----	----	----	----	----	----	----		
Yillade				----	----	----	----	----	----	----		

Un tiret correspond à une période de 5 jours pendant laquelle la cartouche à enregistrer les données augets

Tableau 2-4 : Période de fonctionnement des 33 pluviographes Oedipes installés en 2004

Les causes de pannes sont multiples : la première cause est liée aux problèmes d'enregistrements à cause de mauvais contacts électriques au niveau de la centrale ou de l'ampoule à mercure ou de batteries défailantes (8 stations).

Le taux de fonctionnement reste bon grâce à la fréquence des tournées, et des interventions. La reconstitution des chaînes de données est généralement possible, à partir des valeurs seuu relevées toutes les 2 semaines. Ainsi les cumuls saisonniers et mensuels de la plupart des stations sont disponibles.

2. Comparaison valeurs seuu et valeurs augets

Cette année, l'écart entre le cumul augets et le cumul seuu est régulièrement important. On constate plusieurs écarts relatifs entre le cumul seuu et le cumul auget supérieurs à 10%. Cela est généralement dû au dérèglement par grippage des augets.

Sur l'ensemble de la saison l'écart relatif moyen seuu augets est égal à 11,7 % avec 10 postes ayant un écart supérieur à 10 %. (**Tableau 2.5 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison.**)

STATIONS	N° EPSAT	Date d'installation	Date de démontage	Cumul auget (mm)	* Cumul seuu (mm)	** Delta
ALKAMA	43	29/03/2004	22/10/2004	350	389	9,9%
BANIZOUMBOU	11	Permanent	Permanent	ind	533	ind
BERIKOIRA	21	26/03/2004	20/10/2004	535,5	565	5,2%
BERKIAWEL	28	26/03/2004	20/10/2004	492	479	2,8%
BOLOLADIE	84	30/03/2004	25/10/2004	574	571	0,6%
BOUBON	85	17/03/2004	21/10/2004	509	493	3,3%
DAREY	18	05/04/2004	19/10/2004	ind	511	ind
DEBEREGATI	25	30/03/2004	25/10/2004	486,5	479	1,5%
FANDOU BERI	9	05/03/2004	26/10/2004	557	583	4,4%
GAMONZON	34	01/04/2004	25/10/2004	392,5	450	12,9%
GARDAMA						
KOUARA	50	07/04/2004	19/10/2004	440,5	573	23,2%
GOROU GOUSSA	80	07/04/2004	19/10/2004	ind	499	ind
GUILAHEL	49	31/03/2004	26/10/2004	573,5	595	3,6%
HARIKANASSOU	41	01/04/2004	21/10/2004	511	558	8,5%
IH JACHERE	105	31/03/2004	26/10/2004	571,5	593	3,6%
KAFINA	413	29/03/2004	19/10/2004	571	546	4,6%
KALASSI	5	02/03/2004	26/10/2004	546,5	562	2,7%
KALIGOROU	61	29/03/2004	22/10/2004	481,5	405	19,0%
KARE	29	31/03/2004	26/10/2004	409	617	33,7%
KOKORBE						
FANDOU	73	05/04/2004	19/10/2004	622,5	450	38,5%
KOLLO		16/03/2004	14/10/2004	430	529	18,7%
KOURE KOBADÉ	26	02/04/2004	20/10/2004	415	541	23,3%
KOURE SUD	51	02/04/2004	21/10/2004	526	638	17,6%
KOYRIA	82	17/03/2004	21/10/2004	637	457	ind
MASSIKOUBOU	78	26/03/2004	20/10/2004	441	518	14,8%
NIAMEY						
AEROPORT	94	Permanent	Permanent	538,5	455	18,2%
NIAMEY IRI	83	Permanent	Permanent	ind	575	ind
NIAMEY IRD	70	Permanent	Permanent	644,5	661	2,4%
SANDIDEY	57	01/04/2004	24/09/2004	ind	600	ind
TANABERI	32	16/03/2004	27/10/2004	636	634	0,4%
TORODI	86	30/03/2004	25/10/2004	599,5	600	0,0%
WANKAMA	116	02/03/2004	26/10/2004	437,5	465	6,0%
YILLADE	35	06/05/2004	21/10/2004	550	607	9,3%

* Cumul seuu = valeur seuu totale = hauteur d'eau recueillie dans la dame-jeanne
**Delta = valeur absolue ((seuu-auget)/seuu)

Tableau 2.5 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison.

III. Analyse spatiale de la saison

A. Analyse des cumuls saisonniers

1. Description des cumuls saisonniers : répartition spatiale des hauteurs tombées

La variabilité spatiale des cumuls saisonniers sur la zone est relativement importante. (Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2004 sur le degré carré de Niamey.)

Cette figure a été réalisée selon les modèles de variogramme définis dans l'article « Rainfall estimation in the Sahel – part 1 : Error Fonction » par Abdou Ali et al, à savoir pour l'échelle spatiale méso et sur une échelle temporelle annuelle, un variogramme de type double exponentielle, avec un palier1 à 3000mm², une portée1 à 0.2°, un coefficient d'anisotropie1 à 0.5 et un palier2 à 4000mm², une portée2 à 3.5° et un coefficient, d'anisotropie2 à 0.52. Les deux axes d'anisotropie sont orientés Est/Ouest.

On ajoute un effet pépite de 300 mm².

La valeur la plus forte est 660.5 mm (station IRD) et la valeur la plus faible est 388.5 mm (station Alkama), avec un rapport de 1.7 entre les deux.

La moyenne spatiale est assez faible, 531 mm sur la zone d'étude, plus proche de la moyenne de la décennie sèche (1971/90) : 480mm, que du cumul moyen de la décennie humide (1951/70) : 667 mm.

Sur la carte des isohyètes, on repère plusieurs zones déficitaires (moins de 500 mm) en particulier au nord est de la zone étudiée.

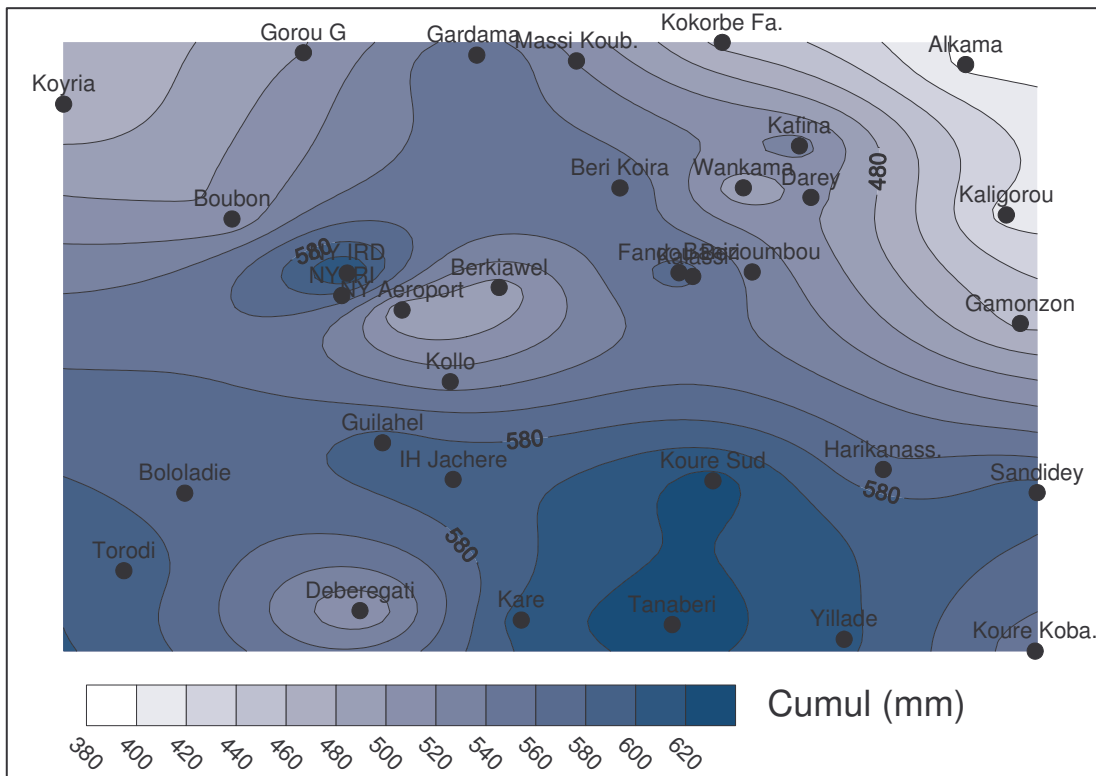


Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2004 sur le degré carré de Niamey.

On peut observer le gradient pluviométrique Sud – Nord, présent sur toute l’Afrique de l’Ouest, bien que peu marqué. Le gradient Est - Ouest est peu marqué aussi. (**Figure 3.2 : Gradients généraux de la répartition de la pluviométrie sur la zone Epsat, pour la saison 2004**)

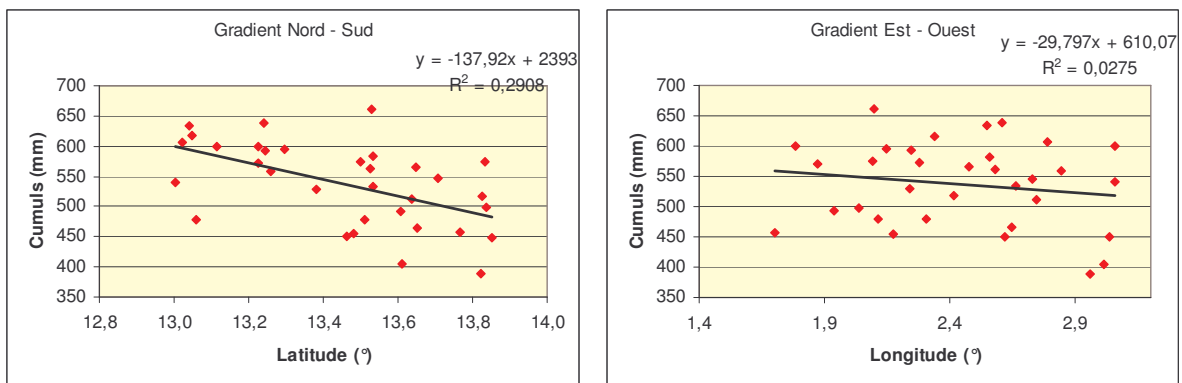


Figure 3.2 : Gradients généraux de la répartition de la pluviométrie sur la zone Epsat, pour la saison 2004.

Si on associe une courbe de tendance linéaire aux cumuls saisonniers, en fonction de la latitude et de la longitude des stations d’observation, une tendance à la décroissance des pluies est marquée vers le Nord et vers l’Est.

Le gradient Sud - Nord, peut être estimé sur la zone Epsat par la régression linéaire :

$$M(y_i) = 2393 - 137,92 y_i$$

Le gradient de 138 mm/°, ou de 1,2 mm.km⁻¹ est assez proche et légèrement inférieur aux valeurs généralement observées à l'échelle du Niger (environ 1,36 mm.km⁻¹ généralement, d'après *Lebel et al., 1992*).

Le gradient Est - Ouest, peut être estimé sur la zone Epsat par la régression linéaire :

$$M(x_i) = 610,07 - 29,80 x_i$$

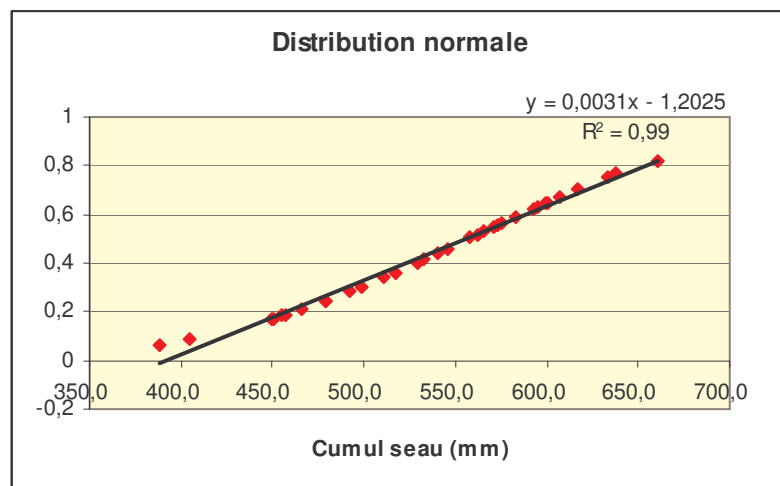
Le gradient de 30 mm/°, ou de 0,3 mm.km⁻¹ est très faible.

Cependant, il faut noter que les coefficients de corrélation des deux régressions sont très faibles. Les phénomènes convectifs locaux ont eu prépondérance sur le gradient climatologique, et le cumul pluviométrique est donc indépendant de la latitude et de la longitude, ou leur relation n'est pas linéaire

2. Ajustement d'une loi normale sur les cumuls saisonniers

Comme pour la plupart des années, exception faite de la saison 1992, les cumuls saisonniers enregistrés sur le degré carré, pour la saison, se répartissent selon une loi normale. Cette année, la loi normale a une moyenne arithmétique de 537,2 mm et un écart type de 68 mm.

Figure 3.3: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la saison 2004.



B. Analyse spatiale des évènements

1. Caractéristiques des évènements majeurs

Définition d'un évènement majeur : pour qu'un évènement soit comptabilisé au niveau d'une station, il faut qu'il soit séparé du précédent par au moins 30 minutes, et représente un cumul pluviométrique de 2,5 mm au moins. Un évènement sera jugé majeur si il couvre au moins 30% des stations.

N°	Début	Fin	N	i	j	5	10	15	30	60	Total	Durée
1	29/ 4 a 7h20'	29/ 4 a 16h10'	31	57	84	138 80	263 80	383 80	703 50	1123 50	1385 50	535
2	15/ 5 a 0h25'	15/ 5 a 2h55'	10	57	29	42 35	54 57	62 57	70 57	70 57	95 35	155
3	19/ 5 a 8h55'	19/ 5 a 16h 0'	32	34	73	151 9	242 5	299 5	353 34	470 85	515 83	430
4	28/ 5 a 23h45'	29/ 5 a 3h 5'	12	57	32	43 -34	76 -25	95 -34	138 -34	150 -34	200 -26	205
5	1/ 6 a 19h25'	1/ 6 a 21h10'	13	116	78	88 -21	163 -21	219 -21	317 -21	330 -21	335 -21	110
6	6/ 6 a 13h35'	6/ 6 a 16h30'	27	34	86	79 -32	112 -32	140 -32	193 -32	255 -32	255 -51	180
7	26/ 6 a 18h20'	26/ 6 a 20h15'	12	413	85	30 -83	57 -83	73 -83	85 -83	90 -83	90 -83	120
8	30/ 6 a 4h45'	30/ 6 a 11h15'	32	61	86	132 -41	225 -41	283 -41	401 413	492 -61	670 -32	395
9	2/ 7 a 21h25'	3/ 7 a 0h50'	26	61	32	82 -26	141 -26	179 -26	241 -26	250 -26	290 -26	210
10	3/ 7 a 4h15'	3/ 7 a 6h10'	19	51	70	31 -82	48 -82	79 -82	118 -82	145 -82	155 -82	120
11	7/ 7 a 2h20'	7/ 7 a 11h10'	33	26	70	168 -49	320 -49	411 -49	619 -49	726 -49	855 -49	535
12	9/ 7 a 11h10'	9/ 7 a 14h10'	16	35	86	97 -51	177 -51	240 -51	406 -51	580 -51	580 -51	185
13	11/ 7 a 0h50'	11/ 7 a 6h15'	32	34	86	66 -43	103 -28	134 -86	224 -86	280 -86	325 -86	330
14	16/ 7 a 23h10'	17/ 7 a 4h30'	31	26	86	168 -21	274 -21	331 -21	442 -21	450 -21	450 -21	325
15	17/ 7 a 10h 0'	17/ 7 a 12h15'	23	34	49	32 -11	54 -11	71 -11	85 -11	90 -11	90 -11	140
16	20/ 7 a 4h55'	20/ 7 a 10h40'	31	26	84	162 -26	321 -26	464 -26	613 -26	655 -26	765 -26	350
17	21/ 7 a 6h10'	21/ 7 a 8h20'	20	61	413	57 -78	76 -78	90 -78	95 -78	95 -78	95 -78	135
18	21/ 7 a 8h25'	21/ 7 a 9h50'	13	73	21	21 -5	25 -5	25 -5	30 -5	30 -11	30 -11	90
19	23/ 7 a 16h40'	23/ 7 a 18h30'	13	32	41	76 -54	145 -54	219 -54	331 -54	345 -54	345 -54	115
20	25/ 7 a 23h40'	26/ 7 a 3h40'	14	43	80	109 -73	202 -73	276 -73	413 -73	445 -73	455 -73	245

21	27/ 7 a 0h50'	27/ 7 a 5h25'	21	43	85	80 413	156 413	197 413	317 -18	400 -18	400 -18	280
22	29/ 7 a 10h 5'	29/ 7 a 12h30'	18	57	83	42 -57	77 -57	94 -57	100 -57	105 -57	105 -57	150
23	2/ 8 a 4h45'	2/ 8 a 9h30'	31	26	86	101 -51	166 -21	231 -21	340 -21	386 -21	435 -51	290
24	5/ 8 a 2h 5'	5/ 8 a 9h15'	31	34	82	85 -82	152 413	206 413	325 413	380 -413	435 -413	435
25	7/ 8 a 22h20'	8/ 8 a 5h55'	31	43	82	115 413	218 413	304 -82	458 -82	525 -413	640 -413	460
26	10/ 8 a 6h 0'	10/ 8 a 9h10'	22	43	86	78 -73	129 -73	158 -43	276 -43	320 -43	345 -43	195
27	11/ 8 a 4h45'	11/ 8 a 7h45'	18	26	25	76 -32	118 -32	152 -86	230 -86	270 -86	270 -86	185
28	18/ 8 a 2h40'	18/ 8 a 10h 0'	27	43	86	55 -50	90 -50	118 -50	199 -9	269 -9	405 -9	445
29	21/ 8 a 1h45'	21/ 8 a 6h40'	29	34	25	77 -5	138 -35	186 -35	244 -51	342 -28	355 -28	300
30	22/ 8 a 15h45'	22/ 8 a 23h40'	30	26	35	107 -25	180 -25	244 -25	350 -25	460 -25	485 -25	480
31	23/ 8 a 16h10'	23/ 8 a 19h 5'	28	105	28	77 -9	137 -18	153 -18	165 -18	195 -49	210 -49	180
32	30/ 8 a 13h25'	30/ 8 a 19h55'	31	26	83	107 -9	208 -9	311 -9	499 -9	540 -9	570 -9	395
33	2/ 9 a 2h50'	2/ 9 a 10h 5'	30	61	86	128 -29	250 -29	350 -29	464 -29	505 -29	520 -29	440
34	4/ 9 a 7h20'	4/ 9 a 9h30'	19	32	82	93 -29	182 -29	237 -29	359 -85	450 -85	455 -85	135
35	6/ 9 a 17h50'	6/ 9 a 23h20'	31	26	29	104 -86	173 -29	230 -29	346 -29	403 -29	485 -29	335
36	8/ 9 a 20h35'	9/ 9 a 2h 0'	31	43	32	131 -49	229 -49	312 -49	359 -49	365 -49	400 -49	330
37	13/ 9 a 9h40'	13/ 9 a 12h25'	24	61	85	77 -70	146 -70	186 -70	235 -70	235 -70	235 -70	170
38	19/ 9 a 19h30'	20/ 9 a 1h45'	31	61	84	84 -86	160 -32	211 -32	303 -32	362 -32	400 -32	380
39	1/10 a 22h15'	1/10 a 23h45'	11	43	84	58 105	108 105	140 105	155 105	170 105	285 105	95

Maxima :

5 mn : 168	30 mn : 703
10 mn : 321	60 mn : 1123
15 mn : 464	Totalite : 1385

Tableau 3.1: Liste des 39 événements majeurs enregistrés en 2004 à partir de 33 stations.

N : nombre de stations touchées par l'événement.

i : numéro Epsat de la première station touchée

j : numéro Epsat de la dernière station touchée

5 – 10 – 15 – 30 – 60 : Cumuls à 5, 10, 15, 30 et 60 minutes.

T : Cumul total.

Durée : durée totale du passage de l'événement en minutes sur l'ensemble du degré carré.

Attention : les cumuls sont en dixièmes de mm.

Le nombre d'épisodes majeurs en 2004 est égal à 39 (cf. **Tableau 3.1: Liste des 39 événements majeurs enregistrés en 2004 à partir de 33 stations**) (sauf entre l'événement 17 et 18, l'écart n'est que de 5 minutes), c'est un peu inférieur à la moyenne du nombre d'événements majeurs sur le degré carré depuis 1991 : 42).

2. Cumuls issus des événements majeurs.

L'histogramme des cumuls des épisodes majeurs sur le degré carré (**Figure 3.4: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2004**) montre la prépondérance des événements peu productifs, 22% sont inférieurs à 5 mm de cumul moyen, et de 43% sont inférieurs à 10 mm. Seuls 8 % des événements ont apporté plus de 25 mm de pluie en moyenne sur la zone étudiée.

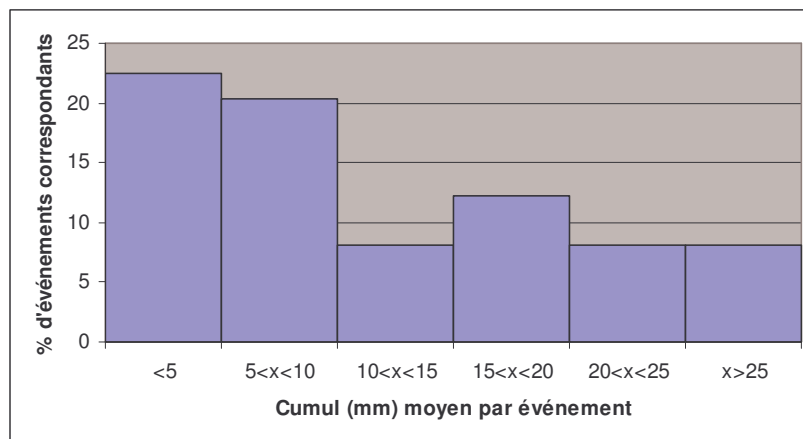


Figure 3.4: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2004

C. Analyse des gradients locaux

1. Gradients observés au niveau saisonnier

Tout comme on a pu le constater très régulièrement au long de l'expérience EPSAT NIGER, la saison 2004 présente de forts gradients locaux sur les cumuls saisonniers. Ainsi entre les stations de IRD (660,5 mm) et Aéroport (455,4 mm) par exemple, le gradient avoisine les 21.4 mm.km^{-1} pour la saison. Il est commun que la région de Niamey soit sujette à de forts gradients.

L'enregistrement de Niamey Aéroport ayant connu des lacunes on ne peut pas comparer les hauteurs de pluie à chaque événement.

On constate aussi des gradients de $6,94 \text{ mm.km}^{-1}$ entre Kafina et Wankama, $5,74 \text{ mm.km}^{-1}$ entre Debere Gati et Kare, ou $4,27 \text{ mm.km}^{-1}$ entre l'IRD et Kollo.

Si on compare les hauteurs de pluies sur les deux stations, (**Figure 3.5 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2004 sur les stations Kafina et Wankama – Hauteurs de pluie événementielles (mm)**) à chaque événement, on constate que les deux stations sont concernées de manière générale par les mêmes événements, mais on remarque que la quantité d'eau précipitée au cours de ces événements peut être très différente.

Au cours de l'événement 26, le 10 août, il a plu 3 mm à Wankama et 17.5 à Kafina, soit 4,8 fois plus.

Ainsi on retrouve ce phénomène que l'expérience Epsat Niger a montré, à savoir que la variabilité inter stations, pour une année, était en grande partie due aux différences d'intensités enregistrées pour un événement donné (*Lebel et al., 1997*).

Sur la **Figure 3.6 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2004 sur les station Kafina et Wankama – Hauteurs de pluie cumulées (mm)**, on peut noter que en tout début de saison les stations subissent le même arrosage, un peu supérieur sur Wankama, puis à partir du 30 juin la tendance s'inverse, et va en s'accroissant, au final Kafina a reçu 15% de plus d'eau sur l'ensemble des événements de la saison.

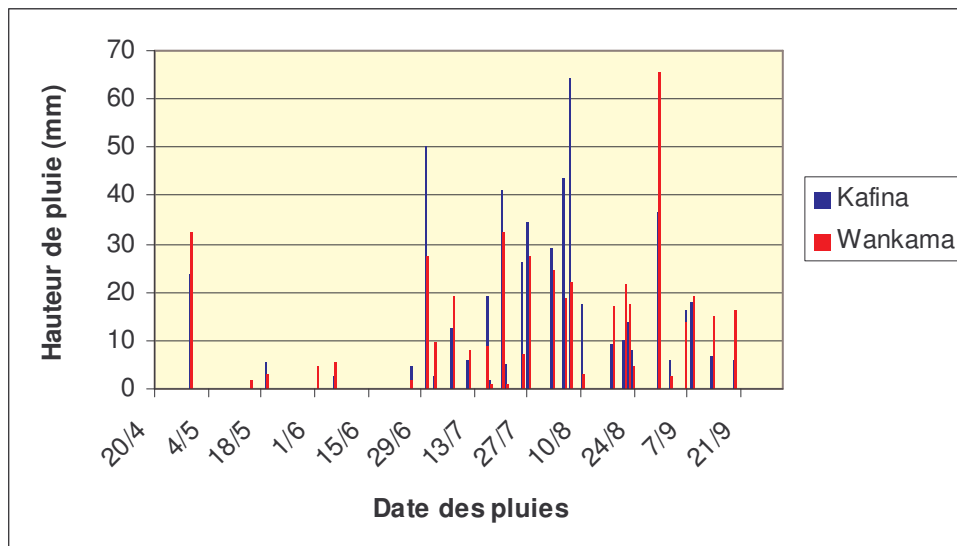


Figure 3.5 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2004 sur les stations Kafina et Wankama – Hauteurs de pluie événementielles (mm).

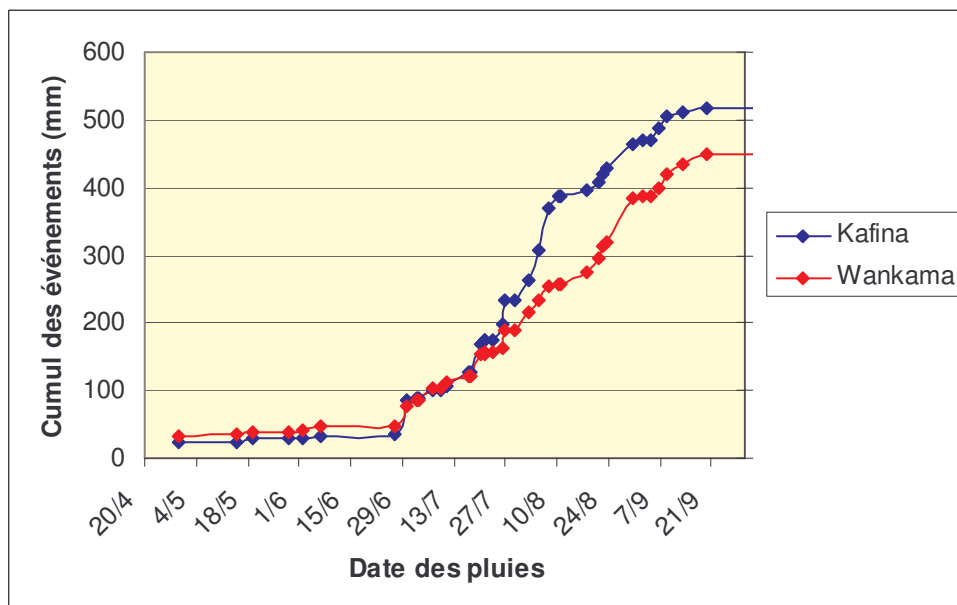


Figure 3.6 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2004 sur les stations Kafina et Wankama – Hauteur de pluie cumulée (mm).

2. Gradients observés au niveau évènementiel

Sur la zone Epsat, et en région sahélienne en général, les systèmes pluvieux sont de type convectif, il n'y a pas de système stratiforme. Ces cellules convectives peuvent être de petite taille spatialement (événements du groupe 3, d'après la classification d'Amani (*Amani & al., 1996*)), elles engendrent des pluies très localisées, créant des gradients notoires de pluviométrie.

Il faut noter que le réseau n'a pas une maille suffisamment fine pour ne pas lisser les événements pluvieux engendrés par de petites cellules convectives (considérant que seul les événements concernant plus de 30% du réseau sont retenus). Mais on peut constater le phénomène sur des systèmes de taille méso.

Par exemple, l'évènement numéro 26 du 10 août 2004 entre 06h00 et 09h10 montre un fort gradient nord/sud et on localise bien une cellule qui a été active sur la région de Guilahel. (**Figure 3.7 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 26, du 10 août 2004**).

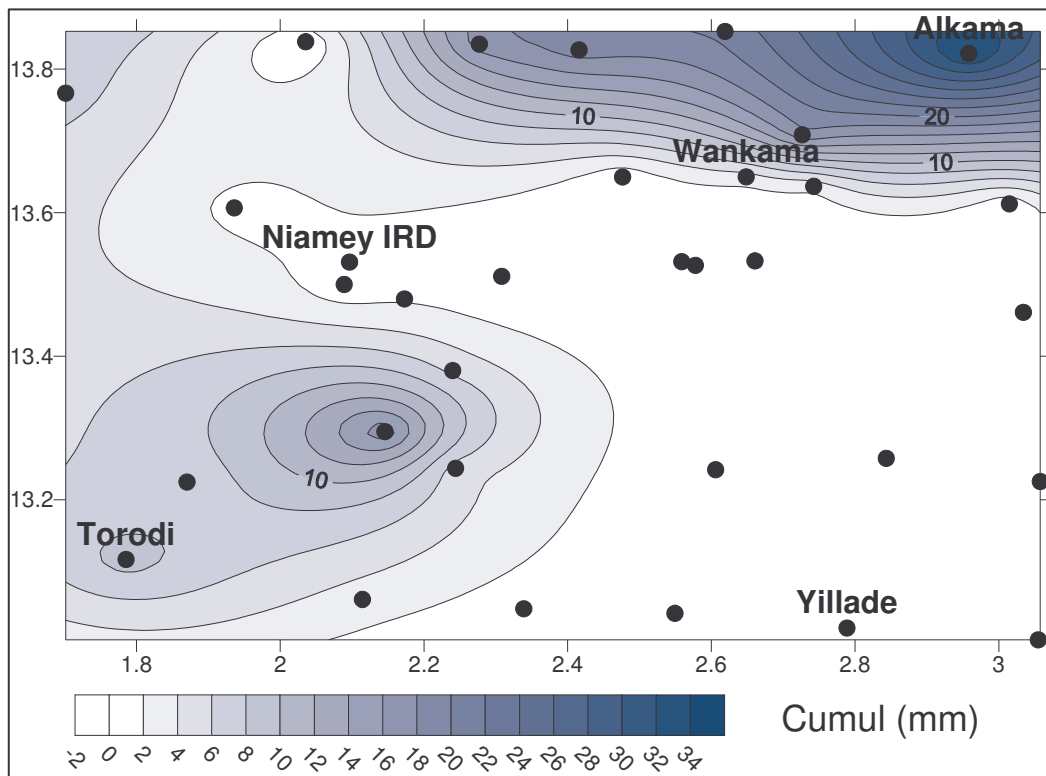


Figure 3.7 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 26, du 10 août 2004

IV. Analyse temporelle de la saison

A. Analyse temporelle des cumuls pluviométriques

1. Introduction : déroulement de la saison 2004

En 2004 la répartition générale des événements en 2004 se fait du 29 avril au 1^{er} octobre, avec une fréquence accrue entre le 30 juin et le 6 septembre.

On constate une alternance d'événements intenses et moins productifs en termes de pluviométrie. (cf **Figure 4.1 : répartition des événements pluvieux pour la saison 2004**).

Un événement notoire le 29 avril est exceptionnel par son importance alors que l'on est en tout début de saison.

On remarque aussi que les premières pluies importantes sont très espacées (20 jours puis 40 jours). La première pluie a été précoce mais finalement la saison a réellement commencé tardivement (le 30 juin).

Sur le cumul saisonnier, 2004 (537 mm) la saison 2004 ne se distingue pas, la moyenne obtenue sur le degré carré depuis 1991 étant de 523 mm.

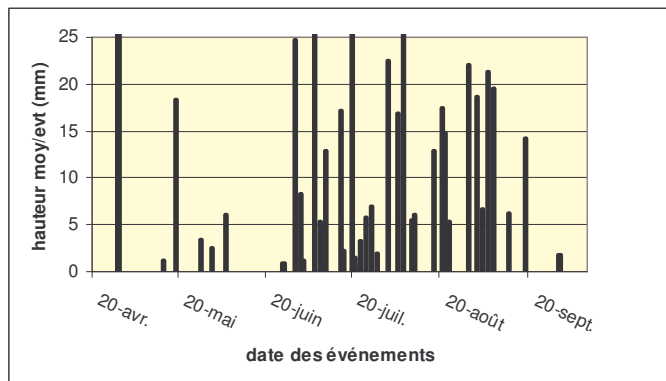


Figure 4.1 : répartition des événements pluvieux pour la saison 2004

Sur la **Figure 4.2 : Evolution des cumuls moyens de pluie sur la zone Epsat pour la saison 2004, et les décennies 1951/1970, et 1971/1990**, on compare l'évolution des cumuls moyens 2004 avec l'évolution des cumuls pour la décennie 1951/1970 (décennie pluvieuse) et la décennie 1971/1990 (décennie sèche), on constate que la saison a été à peine meilleure que la référence sèche.

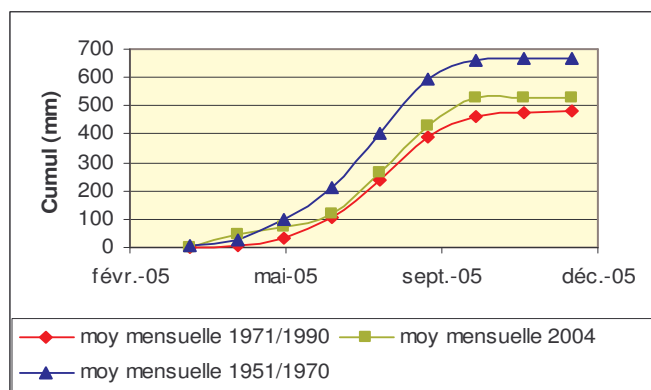


Figure 4.2 : Evolution des cumuls moyens de pluie sur la zone Epsat pour la saison 2004, et les décennies 1951/1970, et 1971/1990.

2. Cumuls mensuels sur le degré carré

La saison 2004 a débuté très tôt (**Figure 4.3 : Comparaison des cumuls mensuels en 2004 par rapport aux décennies pluvieuse (1951/1970) et sèche (1971/1990)**), mais aux mois de mai et juin elle a été très déficitaire. Aux mois de juillet et août la pluviométrie moyenne mensuelle reste faible, proche des valeurs de la décennie sèche.

Au mois de septembre le cumul est assez bon, mais cela ne rattrape pas la qualité très moyenne de la saison en terme de pluviométrie.

Par rapport aux années plus récentes : 1990/2003, (**Figure 4.4 : Comparaison des cumuls mensuels en 2004 et de la période 1990/2003**) la saison 2004 est très excédentaire au mois d'avril et déficitaire au mois de juin.

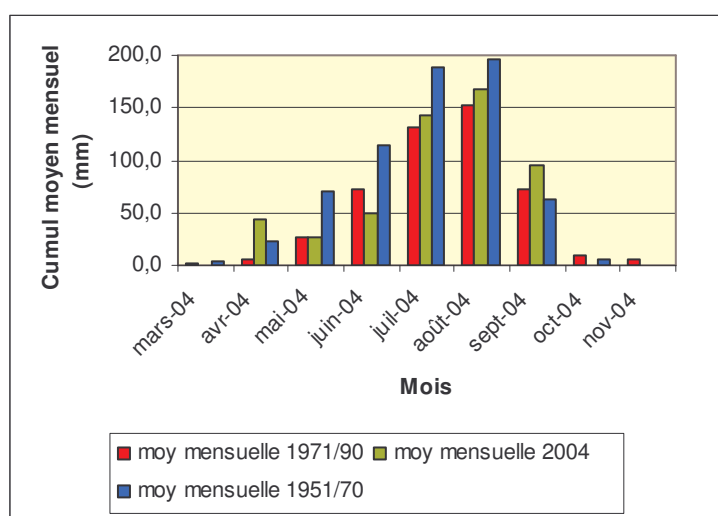


Figure 4.3 : Comparaison des cumuls mensuels en 2004 par rapport aux décennies pluvieuse (1951/1970) et sèche (1971/1990)

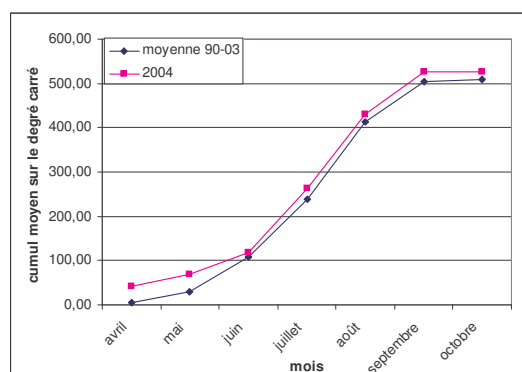
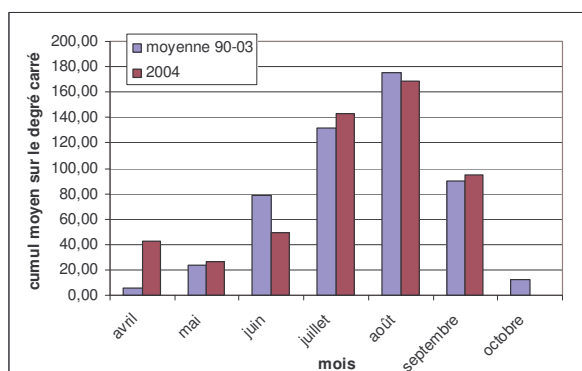


Figure 4.4 : Comparaison des cumuls mensuels en 2004 et de la période 1990/2003

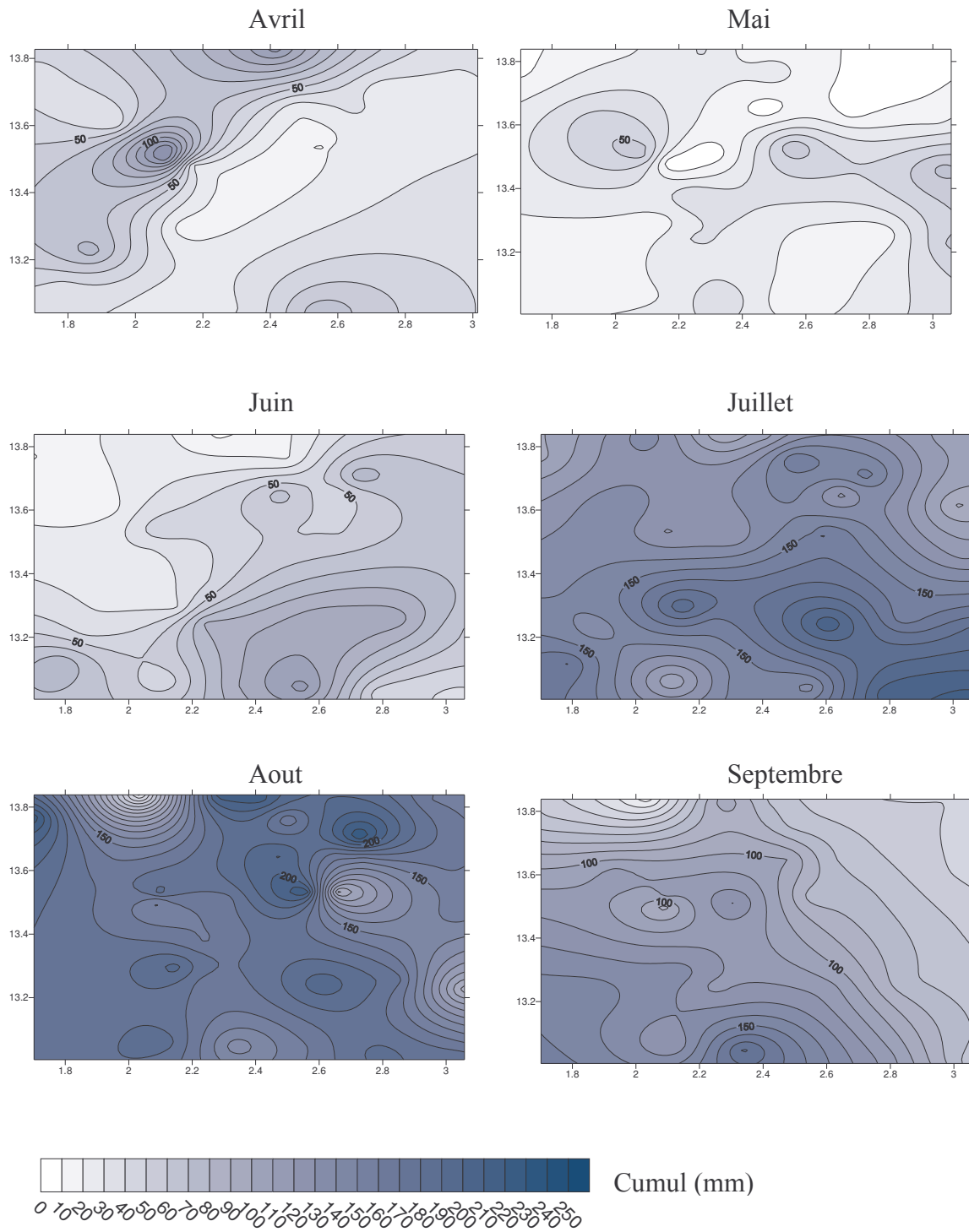


Figure 4.5 : Isohyètes mensuels (mm) de la saison des pluies 2004 sur le degré carré de Niamey

B. Analyse temporelle des évènements pluvieux

1. Comparaisons inter stations.

a) Comparaison des hétérogrammes de quelques stations

A l'examen des chroniques journalières de quelques stations (**Figure 4.6: Chronologies des pluies journalières (mm) enregistrées sur 6 stations**) on constate bien la disparité qu'il peut exister entre les stations en terme d'intensité sur une zone ciblée du Sahel (degré carré Niamey : 10 000 km²).

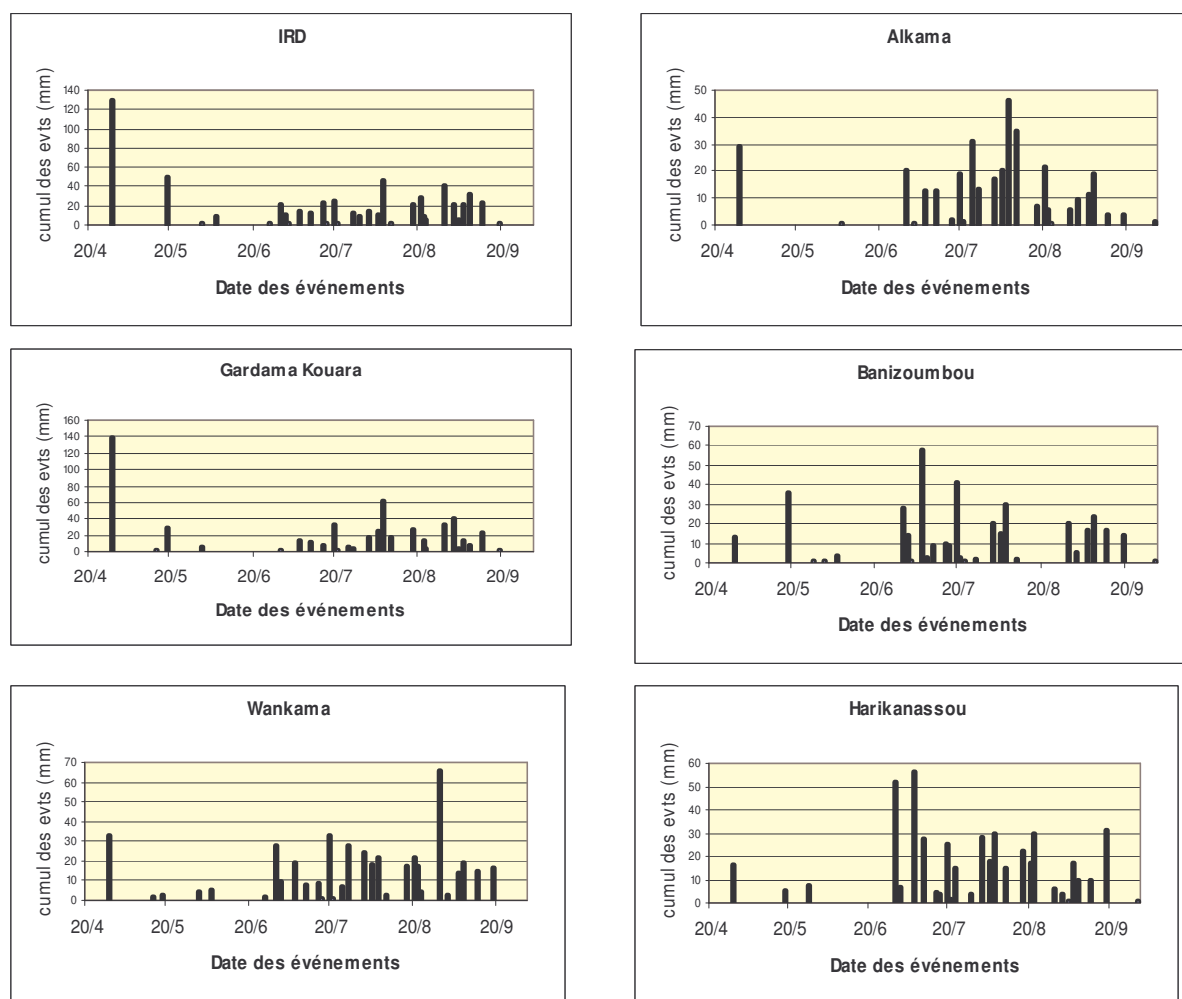


Figure 4.6: Chronologies des pluies journalières (mm) enregistrées sur 6 stations.

On peut noter, comme cela est régulièrement le cas sur la zone d'étude Epsat, une période de latence entre les premières pluies et la véritable installation de la saison pluvieuse.

b) Comparaison des hyétogrammes moyens de trois années

Le cumul événementiel de 2004 (466 mm) est comparable à celui de 2003 (434 mm) et de 1999 (480mm) ; on étudie donc la répartition des évènements majeurs au cours de ces 3 saisons. Cf. **Figure 4.7: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1999, 2003 et 2004.**

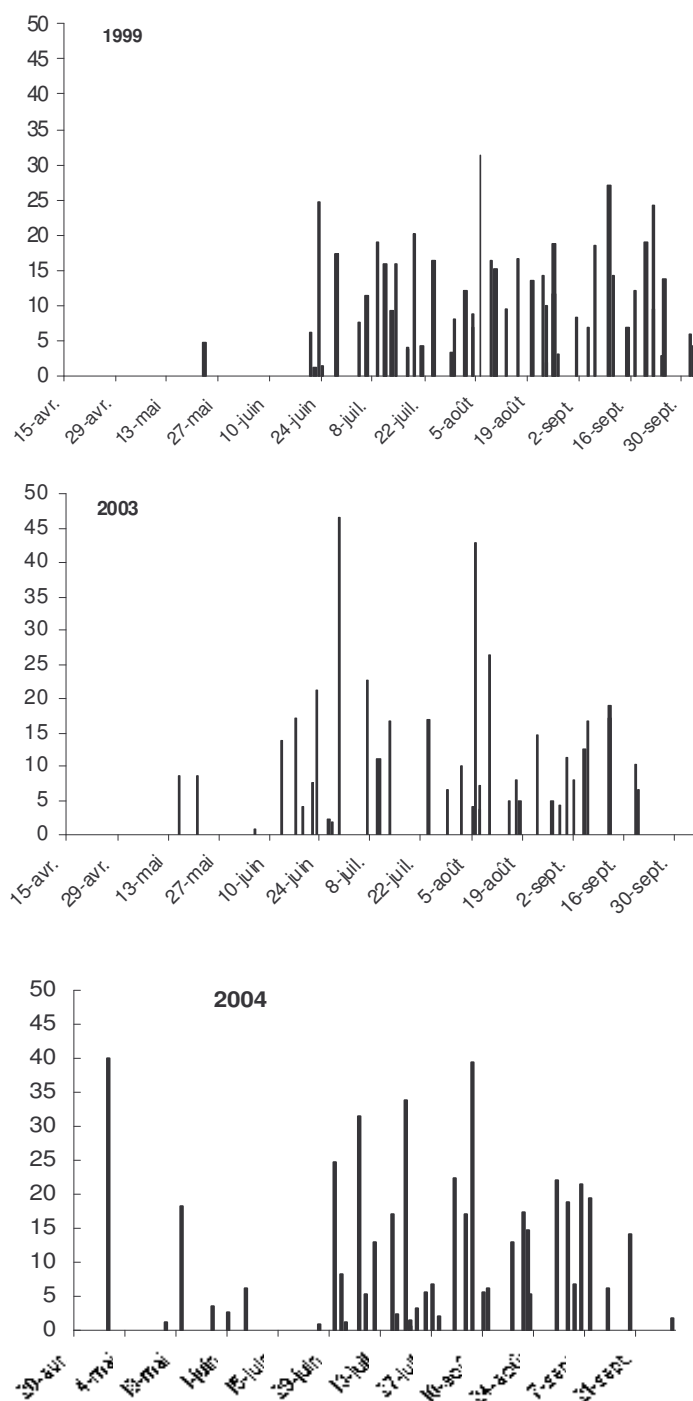


Figure 4.7: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1999, 2003 et 2004.

En 2003 et 2004, le nombre d'événements est semblable (36 en 2003 et 39 en 2004), et la distribution des événements en cours de saison se ressemble, une succession d'événements de moyenne intensité, avec sporadiquement des événements de forte intensité. Mais en 2004 le premier événement a été très précoce.

En 1999 (49 événements), la saison a été plus tardive et plus régulière dans la répartition des hauteurs de pluie pour chaque événement.

Chaque année on retrouve l'interruption des pluies juste après le début de la saison.

2. L'événement n°1 le 29 avril 2004 :

Quelques semaines avant la mise en place de la Mousson 2004 s'est produite une précipitation importante sur l'ensemble du degré carré de Niamey, mais surtout sur sa moitié occidentale. L'évènement a été caractérisé par une importante hauteur d'eau précipitée, puisque l'aire cernée par l'isohyète 100 mm dépasse les 1000 km² et mesure plus de 60 km du nord au sud, la zone ayant reçu plus de 50 mm dépassant 5000 km² (**Figure 4.8 : Isohyètes de l'évènement du 29 avril 2004**). Cet épisode a été remarquable par sa durée : 9 H sur la zone Epsat (il a plu durant plus de 6 heures à Niamey), et des périodes de très fortes intensités : sur la station IRD on a relevé des intensités de 105 mm/h pendant 10 minutes, et une moyenne de 57 mm/h pendant 2 heures, de 10h00 à 12h00.

En plus des deux postes EPSAT ayant enregistré plus de 120 mm (138,5 mm à Gardama Kouara et 129 mm à la station IRD), un pluviomètre à lecture directe situé à Tondibia Gorou, entre Niamey et Gardama Kouara a enregistré 130 mm. Ce qui est exceptionnel pour un évènement hors saison.

Les conséquences en ont été dramatiques dans la ville de Niamey, localement des lames d'eau écoulées ont emporté des personnes et détruit des constructions d'habitats précaires (kori se jetant à l'hôtel Gaweye dans le fleuve Niger).

A Wankama sur le site du bassin expérimental alors en cours d'installation, il n'est tombé que 32,5 mm mais la station hydrométrique, en cours de construction, a été entièrement emportée par la crue.

C. Début de saison des pluies : comparaison critère climatique, hydrologique et critère agronomique

1. Définitions et calcul des dates de démarrages selon différents critères.

Ce passage se réfère à l'article « Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité à des échelles hydrologique et agronomique », de M. Balme et al., 2002.

Le début de la saison des pluies peut être caractérisé différemment en fonction des caractéristiques pluviométriques retenues.

Trois critères sont définis, un spatial : le **critère climatique** qui définit comme début et fin de saison le premier et le dernier événement pluvieux majeur sur la zone ; et deux ponctuels : le **critère hydrologique** qui fait commencer la saison en chaque station à la première pluie supérieure ou égale à un seuil, et l'arrête à la dernière pluie supérieure ou égale à ce seuil, et le **critère agronomique** (Sivakumar, 1998): qui définit comme début de saison, après le 1^{er} mai, une hauteur de pluie de au moins 20 mm sur 3 jours et pas d'épisode sec excédant 7 jours dans les 30 jours qui suivent, et comme fin de saison après le 1^{er} septembre, 20 jours consécutifs sans pluie.

Les critères hydrologique et agronomique sont définis pour chaque station séparément alors que le critère climatique s'applique globalement à toute la zone d'étude. Pour une année donnée, on a donc plusieurs dates de démarrage agronomiques et hydrologiques possibles sur la zone d'étude mais une seule date climatique.

Dans la suite on considérera comme dates de démarrage et de fin de la saison agronomique et hydrologique la moyenne arithmétique sur l'ensemble des stations de la zone d'étude.

Les seuils étudiés pour le critère hydrologique varient de 0.5 mm (hauteur de pluie minimale enregistrée par les pluviographes), à 5 mm (hauteur d'eau susceptible de générer un écoulement sur un sol cuirassé dans la zone étudiée – Peugeot, 1995).

2. Résultats

Même si la saison climatique commence tôt cette année : le 29 avril, la date moyenne de la période 1990-2004 étant le 2 mai, et finit avec la moyenne le 01 octobre, la saison agronomique est elle, réduite.

La date de démarrage de la saison 2004 (28 juin) du point de vue agronomique est tardive par rapport à la moyenne de la période 1991-2004 (22 juin), et la saison agronomique finit tôt, le 24 septembre alors que la moyenne 1990-2004 est le 4 octobre.

Cette saison agronomique n'a duré que 88 jours (pour 104 en moyenne) et a finit tôt, cela n'est pas de bon présage pour la période de soudure à venir.

(cf **Tableau 4.1 : Moyennes des différents critères au cours des 15 dernières années de l'expérience Epsat** et **Figure 4.12 : Dates de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant les deux critères (agronomique et climatique)**).

critère agronomique				
	debut	fin	cumul	duree
1990	15-juin	24-sept.	358	101
1991	21-mai	30-sept.	447	135
1992	27-juin	2-oct.	463	96
1993	30-juin	27-sept.	396	88
1994	24-juin	17-oct.	611	115
1995	5-juil.	27-sept.	410	83
1996	28-juin	12-oct.	441	107
1997	17-juin	10-oct.	364	115
1998	23-juin	7-oct.	606	106
1999	26-juin	10-oct.	536	107
2000	25-juin	6-oct.	396	103
2001	20-juin	29-sept.	435	102
2002	6-juil.	13-oct.	448	98,1
2003	16-juin	3-oct.	452	108
2004	28-juin	24-sept.	430	88

critère hydrologique (seuil 0.5mm)				
	debut	fin	cumul	duree
1990	14-mai	24-sept.	399	133
1991	24-avr.	30-sept.	482	161
1992	25-avr.	2-oct.	543	159
1993	14-mai	28-sept.	457	137
1994	28-avr.	17-oct.	671	172
1995	25-avr.	27-sept.	497	154
1996	28-avr.	12-oct.	504	167
1997	21-avr.	10-oct.	411	171
1998	27-avr.	7-oct.	697	163
1999	14-avr.	10-oct.	564	179
2000	13-mai	6-oct.	432	146
2001	10-mai	29-sept.	467	142
2002	25-avr.	13-oct.	560	172
2003	2-mai	3-oct.	515	153
2004	20-avr.	24-sept.	525	156,875

critère climatique				
	debut	fin	cumul	duree
1990	07-mai	20-sept	393	136
1991	28-avr	04-oct	500	159
1992	10-avr	15-sept	538	158
1993	01-juin	09-oct	460	130
1994	10-mai	19-oct	676	162
1995	06-mai	26-sept	498	143
1996	16-avr	13-oct	499	180
1997	25-mars	06-oct	414	195
1998	30-avr	27-sept	672	150
1999	23-mai	03-oct	559	133
2000	22-avr	28-sept	438	159
2001	02-mai	24-sept	471	145
2002	18-mai	15-oct	471	150
2003	16-mai	20-sept.	528	127
2004	29-avr	01-oct	466	155

critère hydrologique (seuil 5mm)				
	debut	fin	cumul	duree
1990	23-mai	20-sept.	396	120
1991	30-avr.	24-sept.	478	148
1992	10-mai	21-sept.	538	134
1993	23-mai	23-sept.	457	123
1994	9-mai	12-oct.	665	156
1995	15-mai	23-sept.	492	131
1996	15-mai	7-oct.	498	146
1997	10-mai	1-oct.	404	144
1998	7-mai	26-sept.	679	142
1999	13-mai	30-sept.	557	140
2000	3-juin	24-sept.	425	114
2001	26-mai	24-sept.	462	121
2002	14-mai	10-oct.	505	149
2003	17-mai	26-sept.	511	132
2004	27-avr.	15-sept.	507	141

Tableau 4.1 : Moyennes des différents critères au cours des 15 dernières années de l'expérience Epsat

Conclusion

Sur la zone d'étude EPSAT-Niger cette année, la saison pluvieuse a été variablement bonne en fonction des critères retenus.

La saison 2004 présente un cumul moyen de 537 mm, la moyenne depuis 1991 étant de 523 mm, la saison peut donc être qualifiée de bonne de ce point de vue. La saison climatique a commencé tôt (le 29 avril) et finit normalement, le 1^{er} octobre.

Pourtant la saison agronomique, elle, n'a duré que 88 jours, pour une moyenne de 104 jours, ce critère là n'est pas positif.

On a comptabilisé pour cette saison 39 événements majeurs, pour une moyenne depuis 1991 du nombre d'événements majeurs par saison de 42. Ces événements ont présenté des intensités et des durées très différentes, tout au long de la saison.

43% d'entre eux ont produit moins de 10 mm de pluie, tandis que 4 événements (n° 1 le 29 avril, n°11 le 7 juillet, n° 15 le 20 juillet et n° 25 le 7 août) représentent à eux seuls 30% de la hauteur de pluie tombée cette année.

Ces événements pluvieux sont produits par des systèmes convectifs très localisés, caractéristiques de la zone sahélienne, et qui créent une forte hétérogénéité spatiale de la pluviométrie à tous les pas de temps.

Cependant on retrouve à l'échelle de la saison le gradient Nord-Sud propre à cette partie de l'Afrique de l'Ouest, cette année il est de $1,2 \text{ mm.km}^{-1}$. Par contre le gradient Est-Ouest est très faible : $0,3 \text{ mm.km}^{-1}$.

Annexes

A. *Détail des pannes par stations*

OEDIPES :

STATIONS	Période de fonctionnement (jours)	Jours pannes	% Pannes	Causes pannes
ALKAMA	207	0	0,0	
BANIZOUMBOU	250	14	5,6	augets bloqués
BERIKOIRA	208	31	12,5	batterie défailante / mauvais contact
BERKIAWEL	208	0	15,9	
BOLOLADIE	209	0	0,0	
BOUBON GOLF	218	24	11,0	batterie défailante / mauvais contact
DAREY	197	15	15,7	fil ampoule à mercure mal placé fusible grillé
DEBEREGATI	209	0	0,0	
FANDOU BERI	235	0	0,0	
GAMONZON	207	0	0,0	
GARDAMA KOUARA	195	0	0,0	
GOROU GOUSSA	195	49	25,1	batterie défailante / augets bloqués
GUILAHEL	209	0	0,0	
HARIKANASSOU	203	21	10,3	batterie HS
IH JACHERE	209	0	10,5	
KAFINA	204	0	0,0	
KALASSI	238	0	0,0	
KALIGOROU	207	0	0,0	
KARE	209	0	0,0	
KOKORBE FANDOU	197	0	0,0	
KOURE KOBADÉ	201	0	0,0	
KOURE SUD	202	0	0,0	
KOYRIA	218	47	21,6	système augets bloqué
MASSIKOUBOU	208	0	0,0	
NIAMEY AEROPORT	250	35	13,6	cartouche défectueuse
NIAMEY IRI	250	0	0,0	
NIAMEY ORSTOM	250	0	0,0	
SANDIDEY	176	64	36,4	fil à mercure coupé
TANABERI	225	0	0,0	
WANKAMA	238	0	6,7	
YILLADE	168	0	0,0	

La station équipée Hobo n'a pas subi de panne.

B. Jours de fonctionnement et pannes

OEDIPES :

pour les stations permanentes on considère 250 jours de fonctionnement.

JOURS DE FONCTIONNEMENT	6600
JOURS DE PANNE	285
TAUX DE PANNES	4,3%

Causes des pannes	Stations concernées :
Batterie	Beri Koira, Boubon, Gorou Goussa
Centrale	Niamey aeroport
Ampoule à mercure	Sandidey
Augets	Banizoumbou, Gorou Goussa, Koyria