

Le 11 mai 2005

RAPPORT EPSAT NIGER

2003

Anne Laure BESNIER - Charlotte BAILLEUL

(Avec la collaboration de Abassa Alassane, Abdoulaye Koné, Bodo Seyni, Maud BALME, Abdou ALI)



Introduction.....	<u>4</u>
I. Caractéristiques de la saison des pluies 2003 à l'échelle du Niger.....	<u>5</u>
II. Le réseau de pluviographes.....	<u>6</u>
A. Les stations du réseau et leur installation.....	<u>6</u>
1. Les stations.....	<u>6</u>
2. Installations.....	<u>9</u>
B. Qualité de l'acquisition.....	<u>11</u>
1. Pannes.....	<u>11</u>
2. Comparaison valeurs seuil et valeurs augets.....	<u>12</u>
III. Analyse spatiale de la saison.....	<u>13</u>
A. Analyse des cumuls saisonniers.....	<u>13</u>
1. Description des cumuls saisonniers : répartition spatiale des hauteurs de pluie tombées.....	<u>13</u>
2. Ajustement d'une loi normale sur les cumuls saisonniers.....	<u>15</u>
B. Analyse spatiale des événements.....	<u>16</u>
1. Caractéristiques des événements majeurs.....	<u>16</u>
2. Cumuls issus des événements majeurs.....	<u>18</u>
C. Analyse des gradients locaux.....	<u>19</u>
1. Gradients observés au niveau saisonnier.....	<u>19</u>
2. Gradients observés au niveau événementiel.....	<u>20</u>
3. Exemple : le cas de la station de Niamey.....	<u>21</u>
IV. Analyse temporelle de la saison.....	<u>23</u>
A. Analyse temporelle des cumuls pluviométriques.....	<u>23</u>
1. Introduction : déroulement de la saison 2003.....	<u>23</u>
2. Cumuls mensuels sur le degré carré.....	<u>24</u>
B. Analyse temporelle des événements pluvieux.....	<u>26</u>
1. Liste des événements majeurs : comparaisons inter-stations et interannuelles.....	<u>26</u>
a) Comparaison des hyétogrammes de quelques stations.....	<u>26</u>
b) Comparaison des hyétogrammes moyens de trois années.....	<u>27</u>
2. Caractéristiques temporelles des événements majeurs.....	<u>28</u>
a) Histogramme de la durée de ces événements.....	<u>28</u>
b) Étude d'un événement à petits pas de temps.....	<u>28</u>
C. Début de saison des pluies : comparaison critère climatique, hydrologique et critère agronomique.....	<u>33</u>
1. Définitions et calcul des dates de démarrages selon différents critères.....	<u>33</u>
2. Résultats.....	<u>33</u>
a) Variabilité inter annuelle.....	<u>33</u>
b) Variabilité spatiale : comparaison avec les années précédentes.....	<u>35</u>
Conclusion.....	<u>37</u>
Annexes.....	<u>38</u>
A. Détail des pannes par stations.....	<u>38</u>
B. Jours de fonctionnement et pannes.....	<u>39</u>

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Cumul pluviométrique de la saison 2003 au Niger.	<u>5</u>
Figure 2.1 : Dispositif de mesures durant la saison 2003, sur le degré carré.....	<u>9</u>
Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2003 (15 avril-15octobre) sur le degré carré de Niamey (33 stations).....	<u>13</u>
Figure 3.2: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la période 15 avril – 15 octobre 2003.....	<u>15</u>
Figure 3.8: Répartition du nombre d'évènements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2003.....	<u>18</u>
Figure 3.10 : comparaison des évènements pluvieux pour les deux stations proches de Gamonzon et Kaligourou : hauteurs des évènements majeurs (a) et hauteurs cumulées (b).....	<u>20</u>
Figure 3.12: Comparaison des cumuls mensuels 2003 (mm) des 3 stations de Niamey.	<u>22</u>
Figure 4.1 : (a) Comparaison des cumuls mensuels en 2003 et sur la période 1990-2002,.....	<u>23</u>
(b) Evolution cumulée de la pluviométrie en 2003 (basée sur les cumuls mensuels moyens), comparée à la période 1990-2002.....	<u>23</u>
Figure 4.2 : Isohyètes mensuels (mm) de la saison des pluies 2003 obtenus par krigeage sur le degré carré de Niamey.....	<u>25</u>
Figure 4.3: Chronologies des pluies journalières (1\10 mm) enregistrées sur 6 stations.....	<u>26</u>
Figure 4.4: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1991, 1999 et 2003.	<u>27</u>
Figure 4.5: Histogramme du nombre (a) et du cumul (b) des évènements majeurs par plage de durée des évènements de la saison 2003.	<u>28</u>
Figure 4.6 : Suivi spatial de l'évènement du 29/06/03, au pas de temps 5 minutes.....	<u>31</u>
Figure 4.7 : Transect de suivi de l'évènement du 29/06/03.....	<u>32</u>
Figure 4.8 : Evolution de l'évènement du 29/06/03, sur les 5 stations du transect.....	<u>32</u>
Figure 4.9 : Moyennes des différents critères au cours des 14 dernières années de l'expérience Epsat.....	<u>34</u>
Figure 4.10 : Dates de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant 2 critères (agronomique et climatique).....	<u>34</u>
Figure 4.11 - Dates de démarrage de la saison des pluies sur l'observatoire EPSAT-Niger pour 4 années (1992, 1997, 1998, 1999, 2001,2003), à gauche suivant le critère hydrologique (seuil 2.5 mm), à droite suivant le critère agronomique.....	<u>36</u>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1: Liste des 38 postes du réseau en 2003, classés par ordre alphabétique.	<u>7</u>
Tableau 2.2: Liste des 38 sites du réseau en 2003, classés par numéro.	<u>8</u>
Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls mesurés sur la période de fonctionnement et sur la période 15 avril - 15 octobre, pour les stations du degré carré et du réseau synoptique	<u>10</u>
Tableau 2.4 : Période de fonctionnement des 38 pluviographes installés en 2003	<u>11</u>
Tableau 3.1: Liste des 36 événements majeurs enregistrés en 2003 à partir de 33 stations. ...	<u>17</u>

Introduction

La saison 2003, dont la moyenne des cumuls saisonniers sur l'année sur le degré carré est de 530,0 mm et dont l'écart-type est de 62,5 mm, est dans la moyenne de la période 1950-89 (environ 560 mm).

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

La saison 2003 est tout d'abord étudiée 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. Pour commencer, le réseau de mesure opérationnel en 2003 est présenté ainsi que la qualité des données acquises. On analyse ensuite la saison : analyse spatiale des cumuls (permettant d'étudier la variabilité spatiale des cumuls et la dérive climatologique), analyse spatiale des événements et étude des gradients locaux. Enfin, une analyse temporelle de la saison est réalisée.

Une dernière partie de l'analyse temporelle consiste à étudier la durée de la saison 2003 suivant différents critères (hydrologique, agronomique et climatique).

I. Caractéristique de la saison des pluies 2003 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.

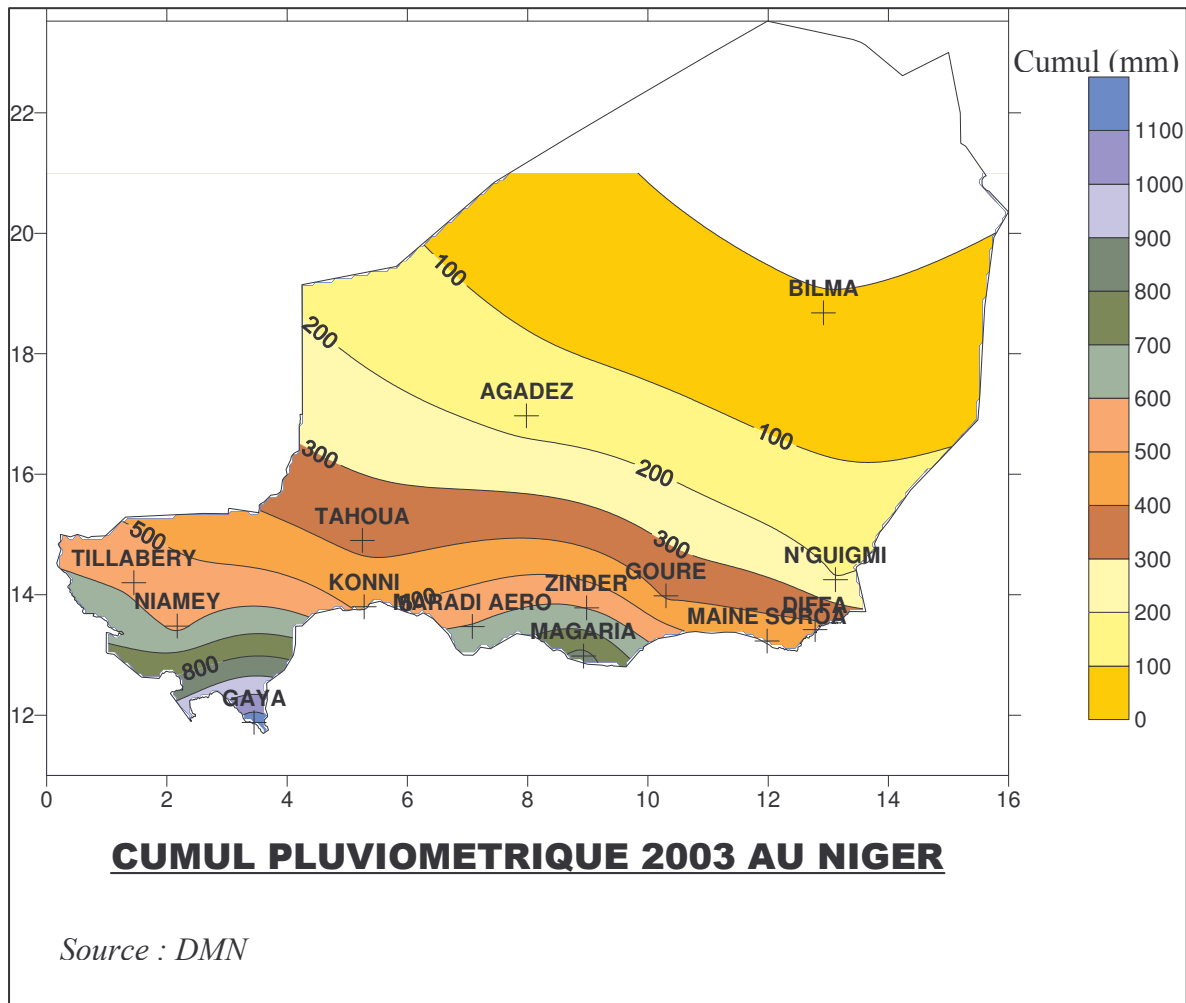


Figure 1.1 : Cumul pluviométrique de la saison 2003 au Niger.

II. Le réseau de pluviographes

A. Les stations du réseau et leur installation

1. Les stations

Cette année, le réseau comporte 33 pluviographes auxquels il faut ajouter, dans le cadre de la collaboration avec la Direction de la Météorologie Nationale, ceux de Tillabéri et Birnin n’Konni, installés en 1999 ainsi que ceux de Tahoua, Maradi et Zinder, installés cette année (cf. **Tableau 2.1: Liste des 38 postes du réseau en 2003, classés par ordre alphabétique** et **Tableau 2.2: Liste des 38 sites du réseau en 2003, classés par numéro**).

Les pluviographes sont à augets basculeurs, munis d’un cône de 400 cm² (Lebel et al., 1991). Ce réseau a une maille de base de 25 km ce qui, au regard des travaux qui ont déjà été effectués, semble suffisant pour obtenir des valeurs moyennes de pluie sur les surfaces de l’ordre du degré carré (**Figure 2.1 : Dispositif de mesures durant la saison 2003 sur le degré carré**).

Stations	Codes identification	Latitude deg min sec	Longitude deg min sec	Altitude	X	Y	N° EPSAT
ALKAMA	1321204300	13°49'19"	02°57'28"	205	103.32	91.39	43
BANIZOUMBOU	1321201100	13°31'58"	02°39'37"	202	71.34	59.25	11
BERIKOIRA	1321202100	13°38'59"	02°28'37"	215	51.49	72.26	21
BERKIAWEL	1321202800	13°32'30"	02°18'31"		33.33	60.23	28
BIRNI N'KONNI	1321232500	13°48'00"	05°15'00"				325
BOLOLADIE	1321208400	13°13'29"	01°52'12"		-14.06	24.98	84
BOUBON GOLF	1321208500	13°36'24"	01°56'09"		-6.93	67.46	85
DAREY	1321201800	13°39'15"	02°42'51"		77.11	73.00	18
DEBEREGATI	1321202500	13°03'40"	02°06'52"	230	12.38	6.78	25
FANDOU BERI	1321200900	13°31'55"	02°33'31"	232	60.36	59.14	9
GAMONZON	1321203400	13°26'56"	03°02'00"		3.6	49.91	34
GARDAMA							
KOUARA	1321205000	13°50'04"	02°16'33"	212	29.78	92.78	50
GOROU GOUSSA	1321208000	13°50'18"	02°02'08"		3.83	93.22	80
GUILAHEL	1321204900	13°17'41"	02°08'45"	274	15.77	32.79	49
HARIKANASSOU	1321204100	13°15'28"	02°50'28"	208	90.99	28.65	41
IH JACHERE	1321210500	13°14'26"	02°13'49"		26.02	26.75	105
KAFINA	1321241300	13°44'01"	02°43'21"		77.89	81.57	413
KALASSI	1321200500	13°31'36"	02°34'40"		62.42	58.56	5
KALIGOROU	1321206100	13°36'58"	03°00'52"		36.27	4.63	61
KARE	1321202900	13°02'30"	02°20'06"		36.27	4.63	29
KOKORBE							
FANDOU	1321207300	13°50'49"	02°37'13"		66.91	94.18	73
KOLLO	1321205400	13°22'27"	02°14'40"	198	26.42	41.61	54
KOURE KOBADÉ	1321202600	13°00'17"	03°03'00"	220	113.71	0.52	26
KOURE SUD	1321205100	13°12'14"	02°36'52"		66.48	22.67	51
KOYRIA	1321208200	13°46'00"	01°42'00"		-32.38	85.25	82
MARADI	1321241600	13°29'59"	07°07'08"				15
MASSIKOUBOU	1321207800	13°49'37"	02°25'00"	250	44.95	91.94	78
NIAMEY							
AEROPORT	1321209400	13°28'47"	02°10'23"		18.71	53.36	94
NIAMEY IRI	1321208300	13°30'00"	02°05'21"		9.63	55.60	83
NIAMEY ORSTOM	1321207000	13°31'52"	02°05'48"	220	10.44	59.07	70
SANDIDEY	1321205700	13°13'11"	03°03'32"		6.37	24.43	57
TAHOUA	1321226900	14°52'47"	05°16'13"				269
TANABERI	1321203200	13°02'30"	02°32'53"		59.34	4.63	32
TILLABERI	1321241400	14°12'16"	01°27'16"				414
TORODI	1321208600	13°07'00"	01°47'06"		-23.27	12.97	86
WANKAMA	1321211600	13°39'00"	02°38'55"		70.02	72.28	116
YILLADE	1321203500	13°01'09"	02°47'22"	237	85.84	2.13	35
ZINDER	1321231500	13°46'31"	08°59'03"				315

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

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

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

Tableau 2.1: Liste des 38 postes du réseau en 2003, classés par ordre alphabétique.

N° EPSAT	Stations	Codes identification	Latitude	Longitude	Altitude	X	Y
			deg min sec	deg min sec			
5	KALASSI *	1321200500	13°31'36"	02°34'40"		62.42	58.56
9	FANDOU BERI	1321200900	13°31'55"	02°33'31"	232	60.36	59.14
11	BANIZOUMBOU	1321201100	13°31'58"	02°39'37"	202	71.34	59.25
15	MARADI	1321241600	13°29'59"	07°07'08"			
18	DAREY	1321201800	13°39'15"	02°42'51"		77.11	73.00
21	BERIKOIRA	1321202100	13°38'59"	02°28'37"	215	51.49	72.26
25	DEBEREGATI	1321202500	13°03'30"	02°07'20"		12.38	6.50
26	KOURE KOBADÉ	1321202600	13°00'17"	03°03'00"	220	113.71	0.52
28	BERKIAWEL	1321202800	13°32'30"	02°18'31"		33.33	60.23
29	KARE	1321202900	13°02'30"	02°20'06"		36.27	4.63
32	TANABERI	1321203200	13°02'30"	02°32'53"		59.34	4.63
34	GAMONZON	1321203400	13°26'56"	03°02'00"		111.49	51.28
35	YILLADE	1321203500	13°01'09"	02°47'22"		85.48	2.13
41	HARIKANASSOU	1321204100	13°15'28"	02°50'28"	208	90.99	28.65
43	ALKAMA	1321204300	13°49'19"	02°57'28"	205	103.32	91.39
49	GUILAHÉL	1321204900	13°17'41"	02°08'45"	274	15.77	32.79
	GARDAMA						
50	KOUARA	1321205000	13°50'04"	02°16'33"	212	29.78	92.78
51	KOURE SUD	1321205100	13°12'14"	02°36'52"		66.48	22.67
54	KOLLO	1321205400	13°22'27"	02°14'40"	198	26.42	41.61
57	SANDIDEY	1321205700	13°13'11"	03°03'32"		114.01	25.06
61	KALIGOROU	1321206100	13°36'58"	03°00'52"		109.40	68.09
70	NIAMEY ORSTOM	1321207000	13°31'52"	02°05'48"	220	10.44	59.07
	KOKORBE						
73	FANDOU	1321207300	13°50'49"	02°37'13"		66.91	94.18
78	MASSIKOUBOU	1321207800	13°49'37"	02°25'00"	250	44.95	91.94
80	GOROU GOUSSA	1321208000	13°50'18"	02°02'08"		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°05'21"		9.63	55.60
84	BOLOLADIE	1321208400	13°13'29"	01°52'12"		-14.06	24.98
85	BOUBON GOLF	1321208500	13°36'24"	01°56'09"		-6.93	67.46
86	TORODI	1321208600	13°07'00"	01°47'06"		-23.27	12.97
	NIAMEY						
94	AÉROPORT	1321209400	13°28'47"	02°10'23"		18.71	53.36
105	IH JACHERÉ	1321210500	13°14'26"	02°13'49"		26.02	26.75
116	WANKAMA	1321211600	13°39'00"	02°38'55"		70.02	72.28
269	TAHOUA	1321226900	14°52'47"	05°16'13"			
315	ZINDER	1321231500	13°46'31"	08°59'03"			
325	BIRNI N'KONNI	1321232500	13°48'00"	05°15'00"			
413	KAFINA	1321241300	13°44'01"	02°43'21"		77.98	81.57
414	TILLABÉRI	1321241400	14°12'16"	01°27'16"			

*

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 du réseau en 2003, classés par numéro.

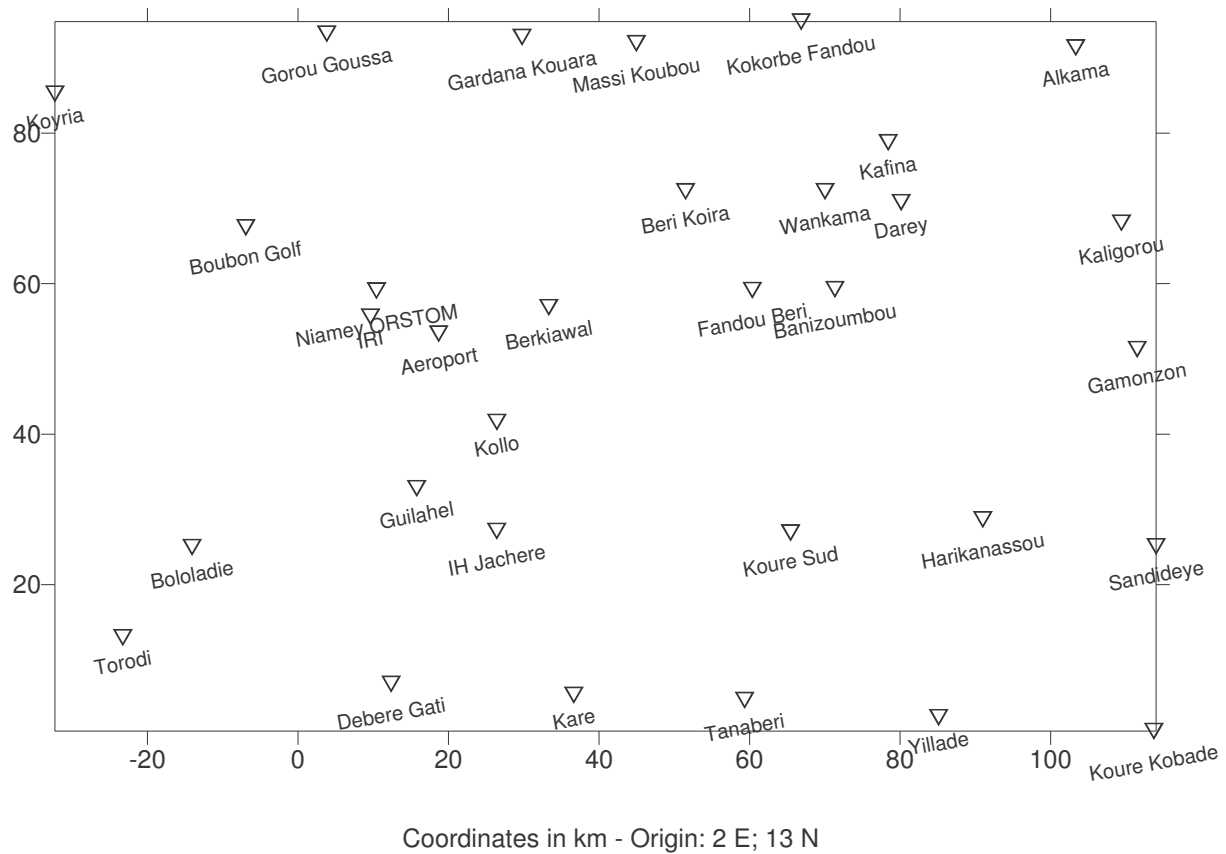


Figure 2.1 : Dispositif de mesures durant la saison 2003, sur le degré carré

2. Installations

Six postes ont fonctionné en permanence entre la fin de la saison des pluies 2002 et le début de la saison des pluies 2003 (les trois stations de Niamey, Banizoumbou, Wankama et Fandou Beri). Les autres ont été démontés, nettoyés, testés et entreposés durant la saison sèche.

Deux centrales Oedipe ont été défaillantes au cours de la saison et ont été remplacées immédiatement à partir du stock.

Le planning d'installation des stations a commencé le 25 mars (Kollo, n°54) et s'est terminé le 12 avril (Zinder) (**Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls mesurés sur la période de fonctionnement et sur la période 15 avril - 15 octobre, pour les stations du degré carré et du réseau synoptique**).

En fin de saison, le démontage des stations s'est effectué entre le 14 octobre et le 20 novembre.

STATIONS	N° EPSAT	date d'installation	date de démontage	cumul seuu période totale	cumul seuu 15/04-15/10 **
ALKAMA	43	04.04.03	30.10.03	481.4	481.4
BANIZOUMBOU	11	permanent	permanent	519.0	518.7
BERIKOIRA	21	03.04.03	27.10.03	512.1	502.8
BERKIAWEL	28	03.04.03	27.10.03	478.1	478.1
BIRNI N'KONNI	325	10.04.03	18.11.03	487.0	487.0
BOLOLADIE	84	27.03.03	06.11.03	600.0	600.0
BOUBON GOLF	85	28.03.03	28.10.03	549.3	549.3
DAREY	18	08.04.03	22.10.03	510.7	510.7
DEBEREGATI	25	26.03.03	05.11.03	562.9	562.9
FANDOU BERI	9	permanent	permanent	390.0	390.0
GAMONZON	34	29.03.03	31.10.03	484.7	462.7
GARDAMA KOUARA	50	07.04.03	24.10.03	518.9	518.9
GOROU GOUSSA	80	07.04.03	24.10.03	526.5	526.5
GUILAHEL	49	26.03.03	05.11.03	535.5	535.5
HARIKANASSOU	41	29.03.03	31.10.03	544.8	544.8
IH JACHERE	105	26.03.03	05.11.03	492.8	492.8
KAFINA	413	04.04.03	30.10.03	486.0	486.0
KALASSI	5	02.04.03	29.10.03	435.2	435.2
KALIGOROU	61	04.04.03	30.10.03	653.7	634.7
KARE	29	26.03.03	14.10.03	632.8	632.8
KOKORBE FANDOU	73	08.04.03	22.10.03	514.6	514.6
KOLLO	54	25.03.03	15.10.03	457.6	455.1
KOURE KOBADÉ	26	01.04.03	03.11.03	488.9	487.9
KOURE SUD	51	31.03.03	03.11.03	601.2	600.2
KOYRIA	82	28.03.03	28.10.03	574.2	564.7
MARADI	15	11.04.03	19.11.03	614.4	614.4
MASSIKOUBOU	78	03.04.03	27.10.03	473.0	473.0
NIAMEY AEROPORT	94	permanent	permanent	543.7	543.7
NIAMEY IRI	83	permanent	permanent	502.1	500.7
NIAMEY ORSTOM	70	permanent	permanent	533.6	533.6
SANDIDEY	57	29.03.03	31.10.03	579.2	568.2
TAHOUA	269	11.04.03	18.11.03	297.3	295.3
TANABERI	32	25.03.03	15.10.03	629.5	629.5
TILLABERI	414	28.03.03	28.10.03	566.4	547.3
TORODI	86	27.03.03	06.11.03	661.2	660.7
WANKAMA	116	permanent	permanent	464.4	462.9
YILLADE	35	31.03.03	03.11.03	550.9	550.9
ZINDER	315	12.04.03	20.11.03	609.9	609.9

** valeurs correspondantes aux dates de relevés des pluviomètres et non à celles des pluies

Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls mesurés sur la période de fonctionnement et sur la période 15 avril - 15 octobre, pour les stations du degré carré et du réseau synoptique .

B. Qualité de l'acquisition

1. Pannes

En 2003, le taux de fonctionnement est modeste, mais reste à un assez bon niveau. Pour les 38 pluviographes, le taux a atteint 95.81 % (357 jours de panne pour 8524 jours d'appareillage) et on n'a pas enregistré de lacune seu. Onze appareils ont connu des avaries (**Tableau 2.4 : Période de fonctionnement en 2003**), essentiellement à cause de panne de batteries (9 stations), mais aussi des centrales Oedipes (2 stations) ainsi que la station de Kollo où il y a eu des détérioration par vandalisme.

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

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 38 pluviographes installés en 2003

2. Comparaison valeurs seuu et valeurs augets

Cette année, l'écart entre le cumul augets et le cumul seuu pour la saison reste faible (l'écart relatif moyen seuu-augets est égal à 2.9 %) mais 10 postes ont un écart supérieur à 3.0 % et l'erreur à Alkama est élevée (18.1 %).

(Tableau 2.5 : Comparaison des valeurs totales de la saison (mm), seuu et augets)

STATIONS	N° EPSAT	Période de comparaison	cumul augets	cumul seuu hors lacune*	DELTA ** %
ALKAMA	43	04.04.03/30.10.03	392.5	479.4	18.1
BANIZOUMBOU	11	05.11.02/29.10.03	376.5	373.5	0.8
BERIKOIRA	21	03.04.03/27.10.03	522.0	512.1	1.9
BERKIAWEL	28	03.04.03/27.10.03	494.0	478.1	3.3
BIRNI N'KONNI	325	10.04.03/18.11.03	294.5	272.5	8.1
BOLOLADIE	84	27.03.03/06.11.03	476.0	479.0	0.6
BOUBON GOLF	85	28.03.03/28.10.03	549.0	549.3	0.1
DAREY	18	08.04.03/22.10.03	520.5	510.7	1.9
DEBEREGATI	25	26.03.03/05.11.03	571.5	562.9	1.5
FANDOU BERI	9	02.04.03/29.10.03	388.5	379.7	2.3
GAMONZON	34	29.03.03/31.10.03	488.0	484.7	0.7
GARDAMA KOUARA	50	07.04.03/24.10.03	523.5	518.9	0.9
GOROU GOUSSA	80	07.04.03/24.10.03	441.5	438.5	0.7
GUILAHÉL	49	26.03.03/05.11.03	535.5	535.5	0.0
HARIKANASSOU	41	29.03.03/31.10.03	539.5	544.8	1.0
IH JACHERÉ	105	26.03.03/05.11.03	504.5	492.8	2.4
KAFINA	413	04.04.03/30.10.03	500.5	486.0	3.0
KALASSI	5	02.04.03/29.10.03	453.5	435.2	4.2
KALIGOROU	61	04.04.03/30.10.03	654.0	653.7	0.0
KARE	29	26.03.03/05.11.03	557.0	632.8	12.0
KOKORBE FANDOU	73	08.04.03/22.10.03	527.5	514.6	2.5
KOLLO	54	25.03.03/07.11.03	367.0	374.1	1.9
KOURE KOBADÉ	26	01.04.03/03.11.03	513.0	488.9	4.9
KOURE SUD	51	31.03.03/03.11.03	557.0	574.2	3.0
KOYRIA	82	28.03.03/28.10.03	580.5	574.2	1.1
MARADI	15	11.04.03/19.11.03	646.0	614.4	5.1
MASSIKOUBOU	78	03.04.03/27.10.03	500.5	473.0	5.8
NIAMEY AÉROPORT	94	27.03.03/29.10.03	529.0	533.6	0.9
NIAMEY IRI	83	29.10.02/29.10.03	516.5	502.1	2.9
NIAMEY ORSTOM	70	27.03.03/06.10.03	537.5	533.6	0.7
SANDIDEY	57	29.03.03/31.10.03	580.0	579.2	0.1
TAHOUA	269	11.04.03/18.11.03	283.0	297.3	4.8
TANABERI	32	25.03.03/07.11.03	637.5	629.5	1.3
TILLABERI	414	28.03.03/28.10.03	543.0	566.4	4.1
TORODI	86	27.03.03/06.11.03	502.0	497.2	1.0
WANKAMA	116	05.11.02/22.10.03	454.5	464.4	2.1
YILLADÉ	35	31.03.03/03.11.03	455.5	451.9	0.8
ZINDER	315	12.04.03/20.11.03	628.0	609.9	3.0
Moyenne					2.9

seuu et augets en mm

* valeur seuu hors lacune = valeur seuu totale (cf. feuille "valeur seuu") - hauteur d'eau recueillie dans la dame-jeanne lors des périodes de lacune

**delta = (augets-seuu)/seuu

Tableau 2.5 : Comparaison des valeurs totales de la saison (mm), seuu et augets.

Les valeurs extrêmes, minimale et maximale, ont été enregistrées à la station de Fandou Beri (390.0 mm) et Torodi (661.0 mm) (**Tableau 2.3**). Ces deux stations sont distantes d'environ 90 km, ce qui donne un gradient de pluie de 3.0 mm.km^{-1} . Cependant, on ne peut bien sûr pas parler là de gradient moyen.

En revanche, si l'on prend une valeur faible à l'Est (station de Alkama : 481.4 mm) et une valeur forte à l'Ouest (Koyria : 574.2mm) , distantes de 140 km, on obtient un gradient Ouest-Est d'environ 0.66 mm.km^{-1} . De même, si on compare une valeur faible au Nord (473.0mm à Massikoubou) et une élevée au Sud (632.8mm à Kare), distantes de 85km, on obtient un gradient Nord-Sud de 1.9 mm.km^{-1} .

A partir du calcul des moyennes des cumuls saisonniers, sur des bandes latitudinales de 20 km de large on cherche à estimer le gradient climatologique sur la zone étudiée.

Il faut noter que dans le but d'homogénéiser la répartition du nombre de stations au sein de chaque bande et de limiter les surabondances locales de données, seule une station fut prise en compte à Niamey (celle du site IRD). Cela permet de moyenniser dans chaque bande à partir de 6 ou 7 stations et de construire un graphique des moyennes des cumuls, calculées à partir des valeurs mesurées sur les bandes latitudinales de 20 kilomètres, par rapport à leurs distances à la limite Sud du degré carré (**Figure 3.6: Moyenne des cumuls calculée à partir des valeurs mesurées sur des bandes latitudinales 20 kilomètres, en 2003**).

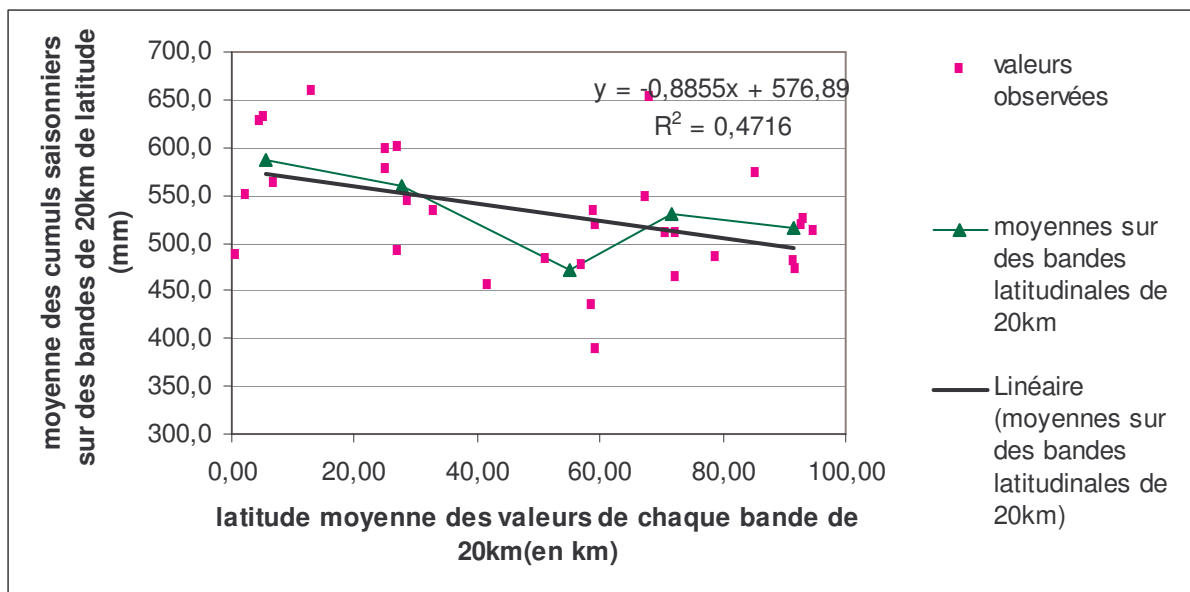


Figure 3.6 : Moyenne des cumuls calculée à partir des valeurs mesurées sur des bandes latitudinales 20 kilomètres, 2003.

On observe une nette décroissance vers le Nord : c'est le gradient climatologique. Une régression linéaire permet d'estimer le gradient climatologique:

$$M(x_i, y_i) = 576.89 - 0.8855 y_i$$

Cette année le gradient Nord-Sud est estimé à 0.89 mm.km^{-1} sur le degré carré.

C'est une valeur proche des valeurs généralement observées à l'échelle du Niger (environ 1 mm.km^{-1} généralement, d'après *Lebel et al., 1992*).

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

Cette année, la loi normale a une moyenne arithmétique de 529.9 mm et un écart-type de 62.5 mm. (Figure 3.2: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la période 15 avril – 15 octobre 2003).

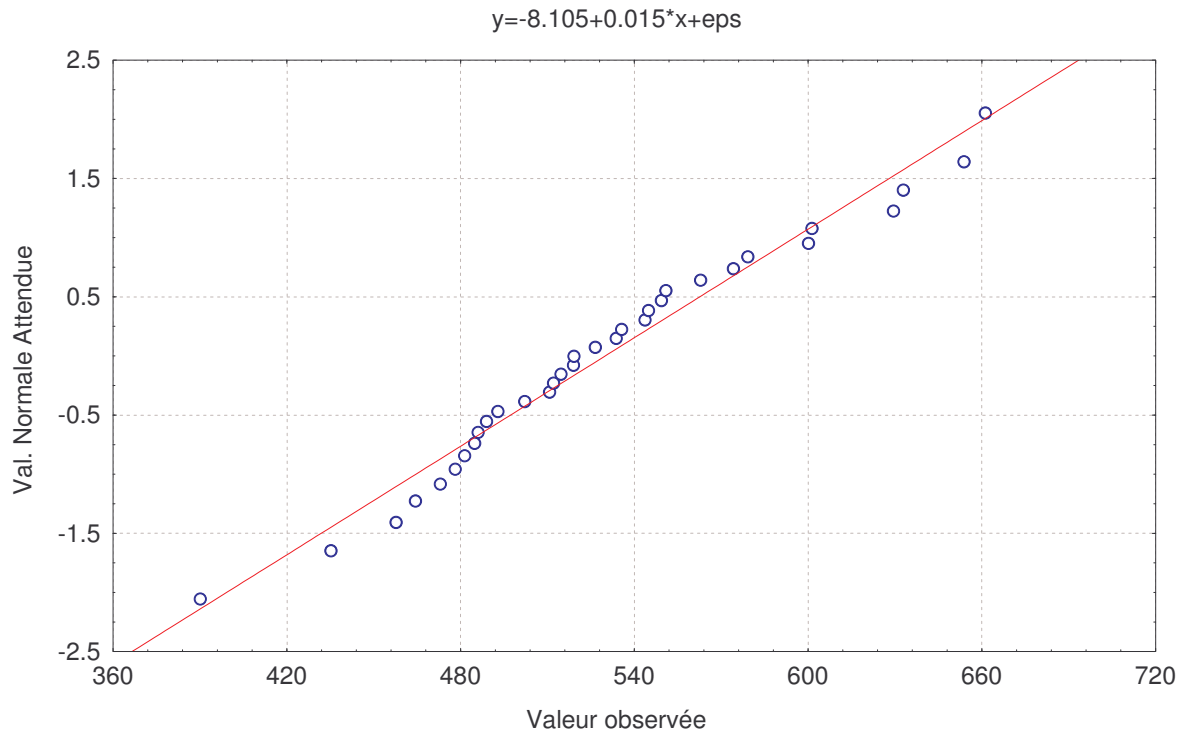


Figure 3.2: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la période 15 avril – 15 octobre 2003

B. Analyse spatiale des évènements

1. Caractéristiques des évènements majeurs

Le nombre d'épisodes majeurs en 2003 est égal à 36 (cf. **Tableau 3.1: Liste des 36 évènements majeurs enregistrés en 2003 à partir de 33 stations**). Par rapport aux années précédentes, le nombre d'épisodes majeurs est parmi les plus faibles (47 en 1991, 50 en 1992, 38 en 1993, 55 en 1994, 32 en 1995, 38 en 1996, 34 en 1997, 44 en 1998, 49 en 1999, 39 en 2000, 36 en 2001, 42 en 2002).

N°	Début	Fin	N	i	j	5	10	15	30	60	T	Durée
1	16/ 5 a 16h10'	16/ 5 a 22h15'	27	86	86	72 413	126 413	174 413	256 82	335 82	430 82	370
2	21/ 5 a 22h40'	22/ 5 a 2h40'	28	5	78	96 5	145 5	177 83	235 83	262 5	290 5	245
3	6/ 6 a 2h25'	6/ 6 a 4h20'	14	25	54	25 32	30 32	30 32	30 32	35 49	35 49	120
4	13/ 6 a 3h10'	13/ 6 a 9h20'	30	26	82	147 21	268 21	358 21	436 21	445 21	470 21	375
5	17/ 6 a 7h 0'	17/ 6 a 10h25'	16	413	28	147 85	260 85	352 50	556 50	695 413	705 413	210
6	19/ 6 a 12h40'	19/ 6 a 16h55'	20	43	82	59 82	97 82	127 82	182 82	195 82	235 82	260
7	22/ 6 a 0h35'	22/ 6 a 4h25'	21	61	54	89 34	133 34	168 34	243 34	403 34	475 34	235
8	23/ 6 a 3h20'	23/ 6 a 8h55'	30	61	70	136 34	234 34	312 34	409 34	448 78	535 34	340
9	26/ 6 a 14h25'	26/ 6 a 16h50'	13	78	70	76 78	117 78	126 78	130 78	151 413	190 413	150
10	27/ 6 a 6h 0'	27/ 6 a 7h55'	22	413	70	59 413	93 413	117 413	145 413	145 413	150 413	120
11	29/ 6 a 5h30'	29/ 6 a 12h20'	31	34	86	151 49	249 49	347 49	526 29	743 29	835 29	415
12	7/ 7 a 20h45'	8/ 7 a 7h15'	31	26	82	81 26	145 25	212 25	357 25	415 25	490 25	635
13	10/ 7 a 3h 5'	10/ 7 a 7h40'	31	43	51	81 32	133 61	180 61	241 61	250 61	310 61	280
14	13/ 7 a 7h50'	13/ 7 a 14h40'	30	34	80	86 105	169 105	232 105	362 105	520 105	610 105	415
15	24/ 7 a 0h25'	24/ 7 a 7h 0'	31	43	35	77 116	150 50	207 50	317 50	421 50	510 50	400
16	29/ 7 a 1h30'	29/ 7 a 5h 5'	22	78	86	84 82	150 50	204 50	290 50	305 50	315 50	220
17	2/ 8 a 9h20'	2/ 8 a 13h40'	25	43	94	76 73	151 73	217 73	367 73	418 73	465 73	265
18	5/ 8 a 5h10'	5/ 8 a 8h20'	13	18	85	73 70	139 70	178 70	247 70	265 70	275 70	195
19	6/ 8 a 4h25'	6/ 8 a 17h45'	33	80	105	105 51	194 51	276 51	476 51	868 51	2255 51	805
20	7/ 8 a 14h50'	7/ 8 a 19h40'	29	57	26	78 73	149 73	181 73	250 73	255 73	340 85	295
21	7/ 8 a 19h55'	7/ 8 a 23h25'	20	86	80	50	87	114	177	215	265	215

						83	86	86	49	49	49	
22	10/ 8 a 22h45'	11/ 8 a 4h50'	32	26	105	107	193	297	447	540	605	370
						83	41	41	41	41	41	
23	15/ 8 a 20h10'	16/ 8 a 0h 0'	27	34	86	56	86	108	150	155	155	235
						413	413	85	85	85	85	
24	17/ 8 a 12h20'	17/ 8 a 17h50'	31	26	85	82	157	205	297	305	320	335
						61	61	61	80	80	80	
25	18/ 8 a 2h45'	18/ 8 a 5h35'	15	26	86	116	181	245	302	310	350	175
						25	25	25	25	25	25	
26	23/ 8 a 7h50'	23/ 8 a 13h30'	31	61	35	67	131	170	275	315	330	345
						61	61	61	61	49	49	
27	27/ 8 a 12h35'	27/ 8 a 17h 5'	29	26	86	75	119	148	172	180	200	275
						26	26	26	25	25	25	
28	29/ 8 a 10h40'	29/ 8 a 13h30'	19	116	82	59	107	140	193	231	235	175
						21	21	21	21	21	21	
29	31/ 8 a 16h30'	31/ 8 a 20h40'	29	26	70	106	199	268	396	455	500	255
						18	18	18	18	116	18	
30	2/ 9 a 17h10'	2/ 9 a 23h25'	30	26	82	91	168	211	380	445	460	380
						28	28	28	28	28	28	
31	5/ 9 a 16h50'	6/ 9 a 0h40'	30	41	25	102	177	225	313	412	480	475
						26	26	26	26	26	49	
32	6/ 9 a 16h35'	7/ 9 a 2h45'	31	80	82	155	261	319	409	547	605	615
						85	85	85	85	85	85	
33	12/ 9 a 15h20'	12/ 9 a 22h 0'	31	54	82	176	326	442	734	845	895	405
						82	82	82	82	82	82	
34	12/ 9 a 22h40'	13/ 9 a 4h10'	32	50	80	65	117	142	193	245	360	335
						18	34	34	5	5	5	
35	19/ 9 a 0h45'	19/ 9 a 5h15'	32	26	86	86	151	196	220	235	260	275
						105	105	105	105	43	105	
36	20/ 9 a 5h15'	20/ 9 a 11h10'	31	35	73	71	96	112	160	175	180	360
						86	86	83	83	83	83	

Maxima

5 mn : 176

30 mn : 734

10 mn : 326

60 mn : 868

15 mn : 442

Totalite : 2255

Tableau 3.1: Liste des 36 événements majeurs enregistrés en 2003 à partir de 33 stations.

Un événement majeur est comptabilisé dès lors que 30% (P) au moins des stations en fonctionnement (N) enregistrent une quantité de pluie supérieure à 1 mm. Les cumuls T sont exprimés en 1/10 mm ainsi que les quantités maximales de pluies enregistrées pendant l'événement en 5, 10, 15, 30, 60 minutes. Les nombres en italique correspondent aux stations où l'on a relevé l'intensité maximale à un pas de temps donné pendant l'événement. i, j correspondent respectivement à la première et à la dernière station touchée. Le temps de passage de l'événement sur le degré carré est donné en minutes. La moyenne pluviométrique krigée par événement, sur le degré carré, est donnée en millimètre.

2. Cumuls issus des événements majeurs.

L'histogramme des cumuls des épisodes majeurs sur le degré carré (**Figure 3.8: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2003**) montre que le nombre des épisodes dont le cumul est inférieur à 10 mm en 2003 représente 50 % des événements. On notera le faible taux d'événements de forte précipitations : seulement 13,9% des événements ont donné plus de 20mm.

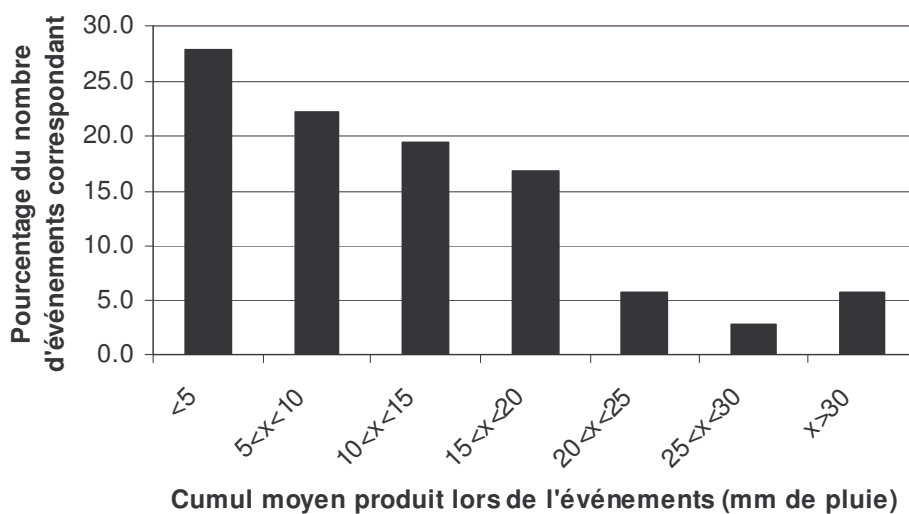


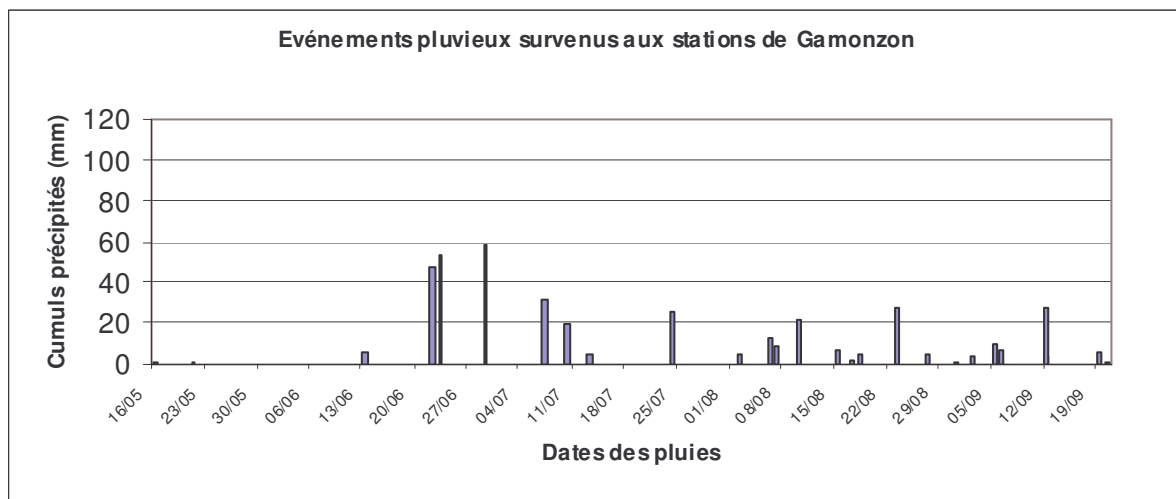
Figure 3.8: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2003

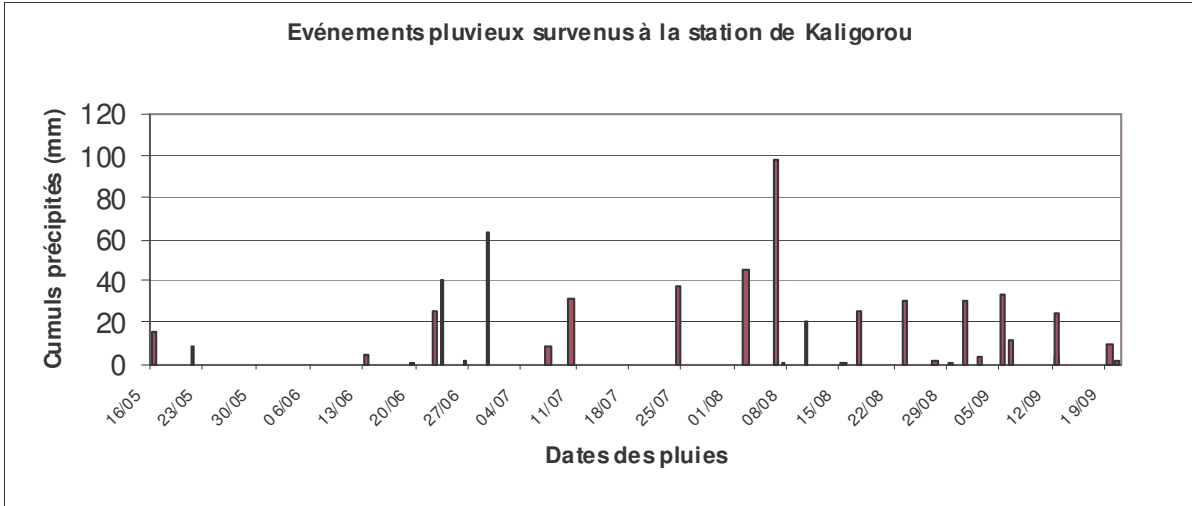
C. Analyse des gradients locaux

1. Gradients observés au niveau saisonnier

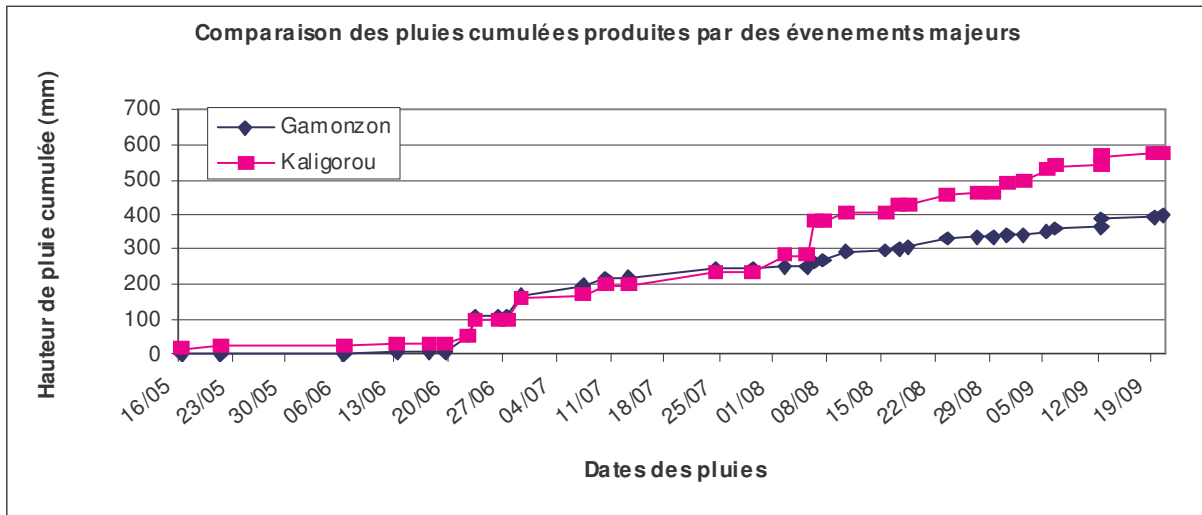
La saison 2003 fut marquée par la présence de forts gradients locaux sur les cumuls saisonniers, notamment au Nord Est de la zone. Ainsi, entre les stations de Fandou Beri (390.0mm) et Banizoumbou (519.0mm), distantes de 10 km environ, le gradient avoisine les 13 mm.km^{-1} . De même entre les stations de Gamonzon (484.7mm) et Kaligorou (653.7mm), distantes d'environ 20km, le gradient est d'environ 8 mm/km.

En ce qui concerne les stations de Fandou Beri et Banizoumbou, lorsque l'on observe la chronologie de la constitution de ces cumuls à partir des événements majeurs (**Figure 3.10 : comparaison des évènements pluvieux pour les deux stations proches de Gamonzon et Kaligorou : hauteurs des évènements majeurs (a) et hauteurs cumulées (b)**), on constate que la divergence apparaît le 6 août, lorsqu'un événement majeur a touché les deux stations, mais a apporté beaucoup plus de pluie à Kaligorou qu'à Gamonzon. A partir de cette date, on observe trois événements qui ont été bien plus bénéfiques pour Kaligorou que Gamonzon, avec au moins 20 mm de pluie supplémentaire à Kaligorou comparé à Gamonzon. Ces quatre événements expliquent à eux seuls 96% de la différence de cumul total saisonnier entre les deux stations. Il serait intéressant de savoir pourquoi ces événements ont été plus pluvieux à Kaligorou qu'à Gamonzon, s'il existe des conditions locales favorables.





(a)



(b)

Figure 3.10 : comparaison des évènements pluvieux pour les deux stations proches de Gamonzon et Kaligourou : hauteurs des évènements majeurs (a) et hauteurs cumulées (b)

2. Gradients observés au niveau évènementiel

L'expérience Epsat Niger a montré que la variabilité inter stations, pour une année, était en grande partie due aux différences d'intensités enregistrées pour un évènement donné (*Lebel et al., 1997*).

D'autre part, on sait également que la maille du réseau actuel n'est pas suffisamment fine pour ne pas lisser les petites cellules convectives (évènements du groupe 3, d'après la classification d'Amani (*Amani & al., 1996*)). Seuls les systèmes de méso échelle sont saisis. En somme, les gradients sont très importants à l'échelle de l'évènement, mais la configuration actuelle du réseau ne permet pas de tous les mettre en évidence.

On peut néanmoins étudier ceux qui sont nés du passage de grands systèmes convectifs. Par exemple, l'évènement numéro 19 montre de forts gradients locaux. Cet évènement pluvieux a eu lieu le 6 août 2003 entre 04h25 et 17h45 et a touché 100% des stations, produisant un cumul pluviométrique sur le degré carré de 1412mm (?????), soit 42 mm en moyenne par

station, avec des cumuls enregistrés aux stations compris entre 225.5mm et 2 mm. (**Figure 3.11 :Cumul de l'évènement numéro 19, du 6 août 2003**). Cet évènement très pluvieux a touché essentiellement la zone est du degré carré et a crée de forte disparité locale dans les hauteurs de pluies tombées. Ainsi, il a plut 98.5 mm à Kaligorou et seulement 13 mm à Gamonzon, stations distantes de 17km, se qui correspond à un gradient de 5mm/km. De même le stations de IHJachère et Koure Sud, distantes de 39 km on enregistré respectivement 15.5mm et 225.5 mm, ce qui correspond aussi à un gradient de 5mm/km.

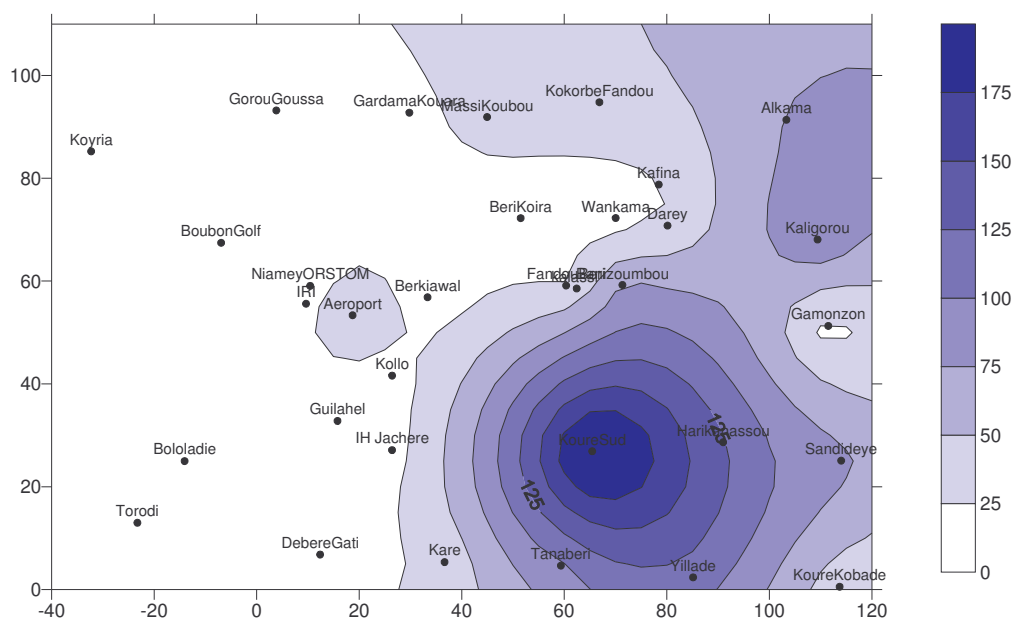


Figure 3.11 : Cumul de l'évènement numéro 19, du 6 août 2003

3. Exemple : le cas de la station de Niamey

Comme chaque année, la comparaison des cumuls mensuels entre les stations de Niamey Aéroport, Niamey IRD et Niamey IRI, distantes d'une dizaine de kilomètres montre des différences importantes (**Figure 3.12: Comparaison des cumuls mensuels 2003 (mm) des 3 stations de Niamey**), avec jusqu'à 49% de différence entre les stations de Niamey Orstom et Niamey Aéroport en septembre. Ces différences de pluviométrie au niveau mensuel découlent de la variabilité de la pluviométrie au niveau événementiel.

Ceci montre bien qu'au Sahel la corrélation station à station, que cela soit au pas saisonnier, mensuel ou événementiel, n'apparaît pas stationnaire.

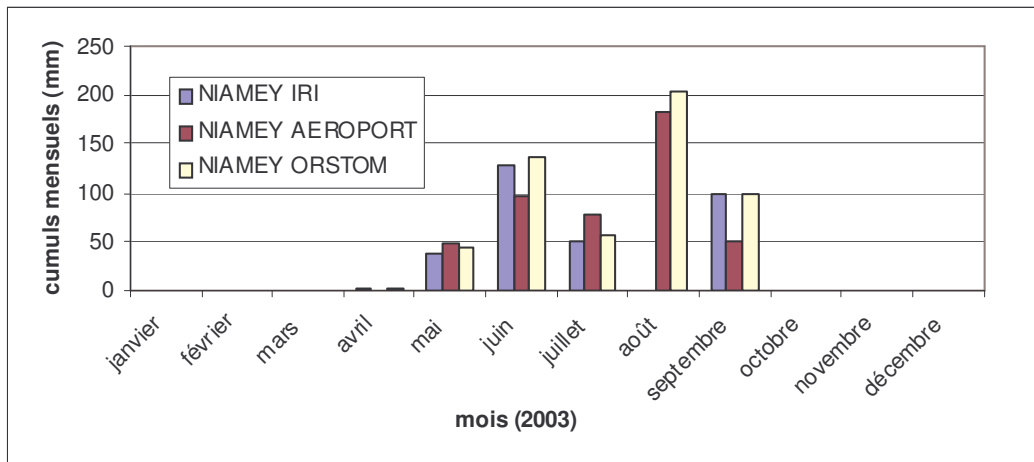


Figure 3.12: Comparaison des cumuls mensuels 2003 (mm) des 3 stations de Niamey.

Il n'y a pas de station systématiquement déficitaire par rapport aux autres. Cela laisse à penser que les différences de pluviométrie ne sont pas liées ici à des conditions locales géographiques plus ou moins favorables, mais à une variabilité spatiale des systèmes convectifs en eux-mêmes.

IV. Analyse temporelle de la saison

A. Analyse temporelle des cumuls pluviométriques

1. Introduction : déroulement de la saison 2003

En 2003, la première pluie a eu lieu le 5 avril, puis il n'a quasiment pas plu du mois d'avril et il a fallu attendre le milieu du mois de mai pour que la saison démarre vraiment, avec le premier événement majeur le 16 mai.

Le mois de juin fut très pluvieux, si l'on compare aux années précédentes (cf. **Figure 4.1 : (a) Comparaison des cumuls mensuels en 2003 et sur la période 1990-2002, (b) Evolution cumulée de la pluviométrie en 2003 (basée sur les cumuls mensuels moyens), comparée à la période 1990-2002**)), ce qui a permis un démarrage tôt de la saison agricole. Cependant, l'avance prise en juin a été perdue en juillet, mois qui fut déficitaire comparée aux années précédentes.

Sur l'ensemble de l'année, la saison 2003 fut donc moyennement pluvieuse comparée aux saisons des pluies étudiées pendant la période d'observations EPSAT (1990-2002). La mauvaise répartition des pluies au niveau mensuels (mois de juin très pluvieux et mois de juillet déficitaire) n'a heureusement pas été préjudiciable pour les cultures, le mois de juillet étant tout de même suffisamment pluvieux pour ne pas assécher les champs de mil.

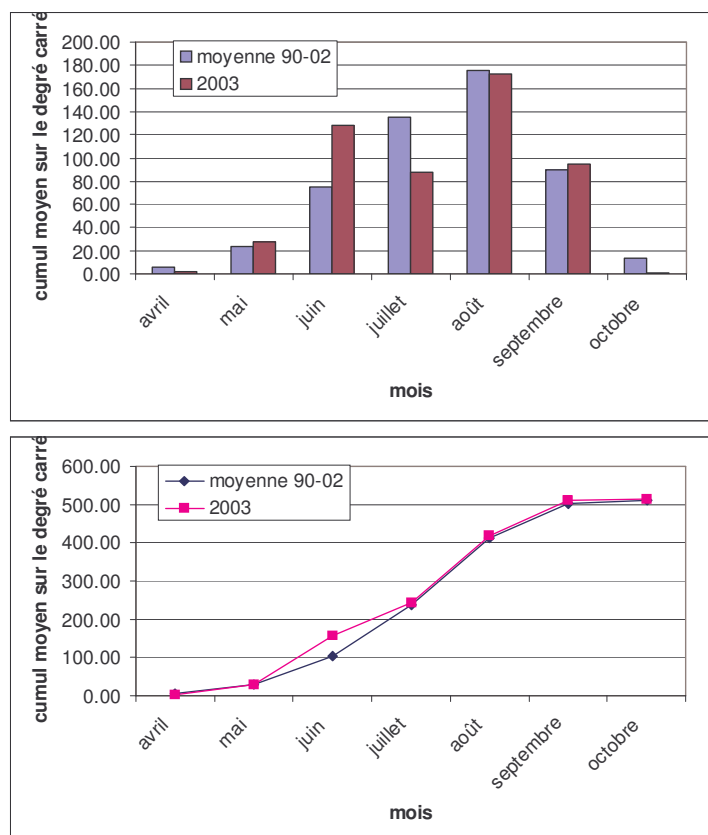


Figure 4.1 : (a) Comparaison des cumuls mensuels en 2003 et sur la période 1990-2002, (b) Evolution cumulée de la pluviométrie en 2003 (basée sur les cumuls mensuels moyens), comparée à la période 1990-2002

2. Cumuls mensuels sur le degré carré

La saison 2003 a débuté par le premier événement majeur du 16 mai (au sens où il est défini dans le **Tableau 3.1: Liste des 36 événements majeurs enregistrés en 2003 à partir de 33 stations**), puis un deuxième a eu lieu le 21 mai. Ces deux événements ont touché 80% des stations mais ils furent de faible intensité. Ce furent les deux seuls événements majeurs du mois de mai. Le mois de mai fut très invariablement réparti sur la zone d'étude, puisque par exemple il est tombé 120mm à Banizoumbou et seulement 4 mm à Sandideye. La moyenne du cumul de mai sur le degré carré est de 27mm.

Le mois de juin fut très pluvieux comparé aux autres années d'observation, avec 9 événements majeurs, dont un événement très pluvieux le 29 juin (64% des stations touchées, avec 47mm en moyenne par station). Le mois de juin apporta 128mm en moyenne soit 24% de la pluviométrie annuelle. La pluviométrie au mois de juin fut assez bien répartie sur la zone d'étude.

Le mois de juillet fut au contraire déficitaire par rapport aux années précédentes, avec seulement 5 événements majeurs. Il apporta 87 mm en moyenne, ce qui ne représente que 17% de la pluviométrie annuelle. Les événements majeurs du mois de juillet ont touché la majorité des stations (4 d'entre eux sont des événements de grande extension), ce qui fait que le mois de juillet fut globalement bien réparti sur le degré carré.

On dénombre en août 13 événements majeurs, soit un peu plus de 1 jour sur trois, ce qui a permis d'avoir une pluviométrie correcte par rapport aux moyennes habituellement enregistrées : 172mm, soit 33% du cumul saisonnier. Le 6 août 2003 eu lieu un événement pluvieux très intense, qui a touché 100% des stations, mais irrégulièrement réparti : la zone Est a été très touchée, avec jusqu'à 225.5mm enregistré à Koure Sud, alors que seulement 2mm furent enregistrés à Bololadie (cf **Figure 3.11 :Cumul de l'évènement numéro 19, du 6 août 2003**). Ceci a engendré une forte disparité spatiale de la pluie enregistrée pendant le mois d'août.

Le cumul pluviométrique du mois de septembre est dans la moyenne des cumuls enregistrés les autres années, avec 94mm de pluie en moyenne sur le degré carré, ce qui représente 18% de la pluviométrie total sur la saison des pluies. Il y eut 7 événements majeurs en septembre, qui ont tous touché plus de 90% des stations. La pluie au mois de septembre fut assez bien répartie sur la zone, la partie nord ouest de la zone étant toute fois légèrement favorisée, ce qui a permis de combler en partie le retard pris en août.

Le dernier événement majeur eu lieu le 20 septembre et dès lors la saison était quasiment terminée : il n'y a eu quasiment pas de pluie enregistrée en octobre.

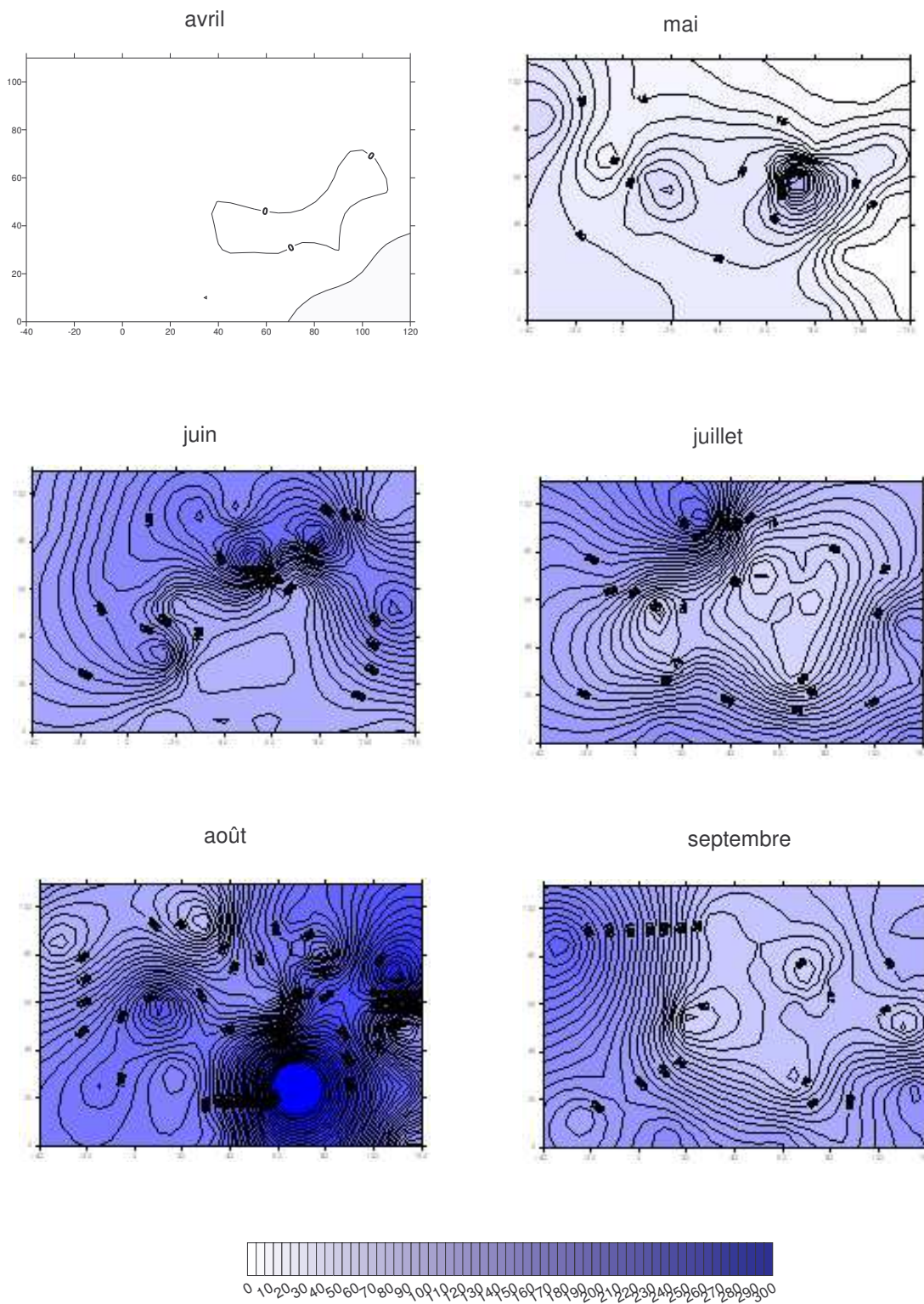


Figure 4.2 : Isohyètes mensuels (mm) de la saison des pluies 2003 obtenus par krigeage sur le degré carré de Niamey

B. Analyse temporelle des évènements pluvieux

1. Liste des évènements majeurs : comparaisons inter-stations et interannuelles

a) Comparaison des hyètogrammes de quelques stations

L'examen des chroniques journalières de quelques stations (**Figure 4.3: Chronologies des pluies journalières (1\10 mm) enregistrées sur 6 stations**) confirme la prédominance du mois d'août pour la plupart des stations et le relative creux du mois de juillet.

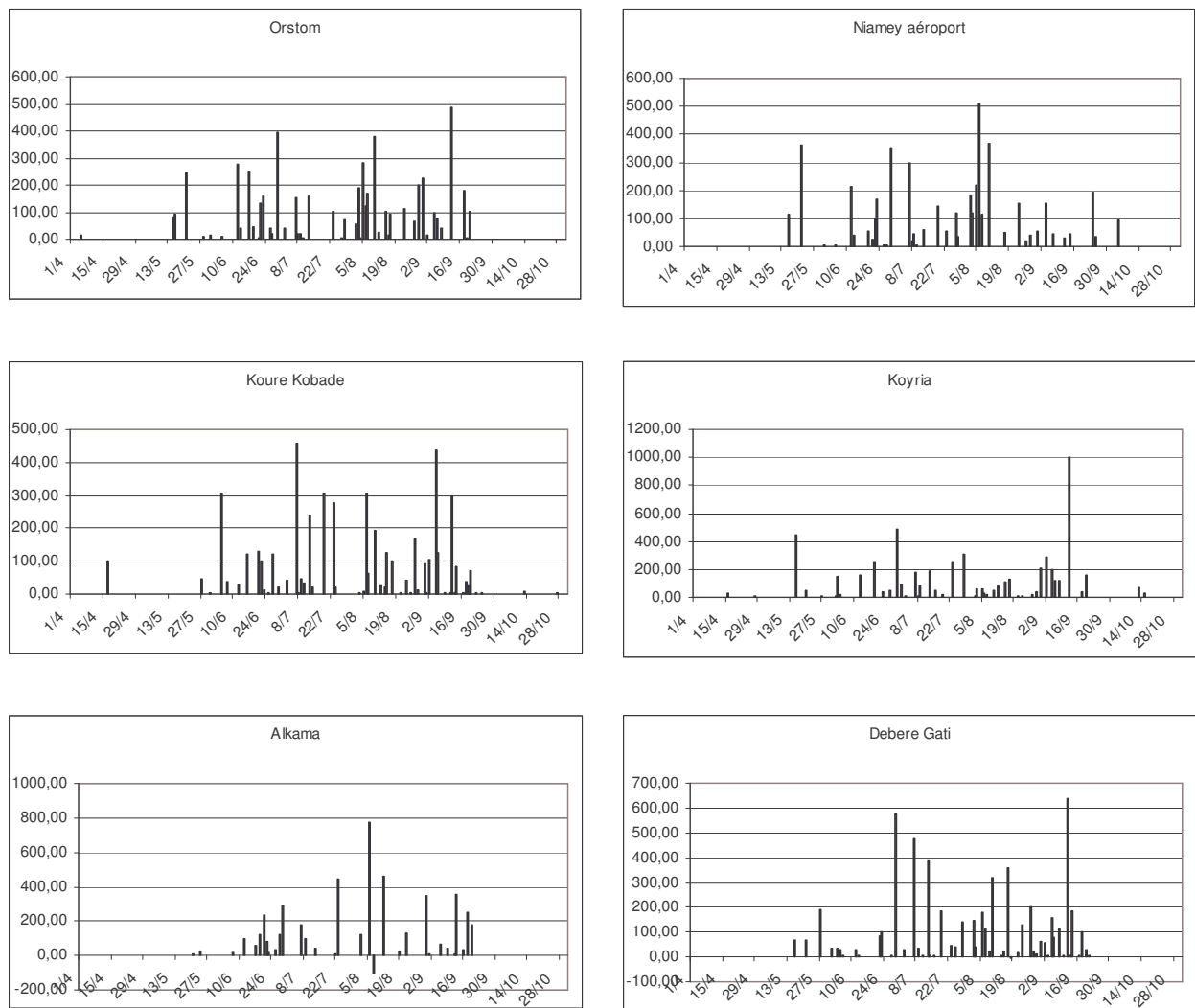


Figure 4.3: Chronologies des pluies journalières (1\10 mm) enregistrées sur 6 stations.

b) Comparaison des hyétogrammes moyens de trois années

La répartition des évènements majeurs au cours de la saison 2003 peut-être comparée à celles des années 1991 et 1999, deux autres saisons moyennes par rapport aux années d'observation EPSAT. Cf. **Figure 4.4: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1993, 1997 et 2003 :**

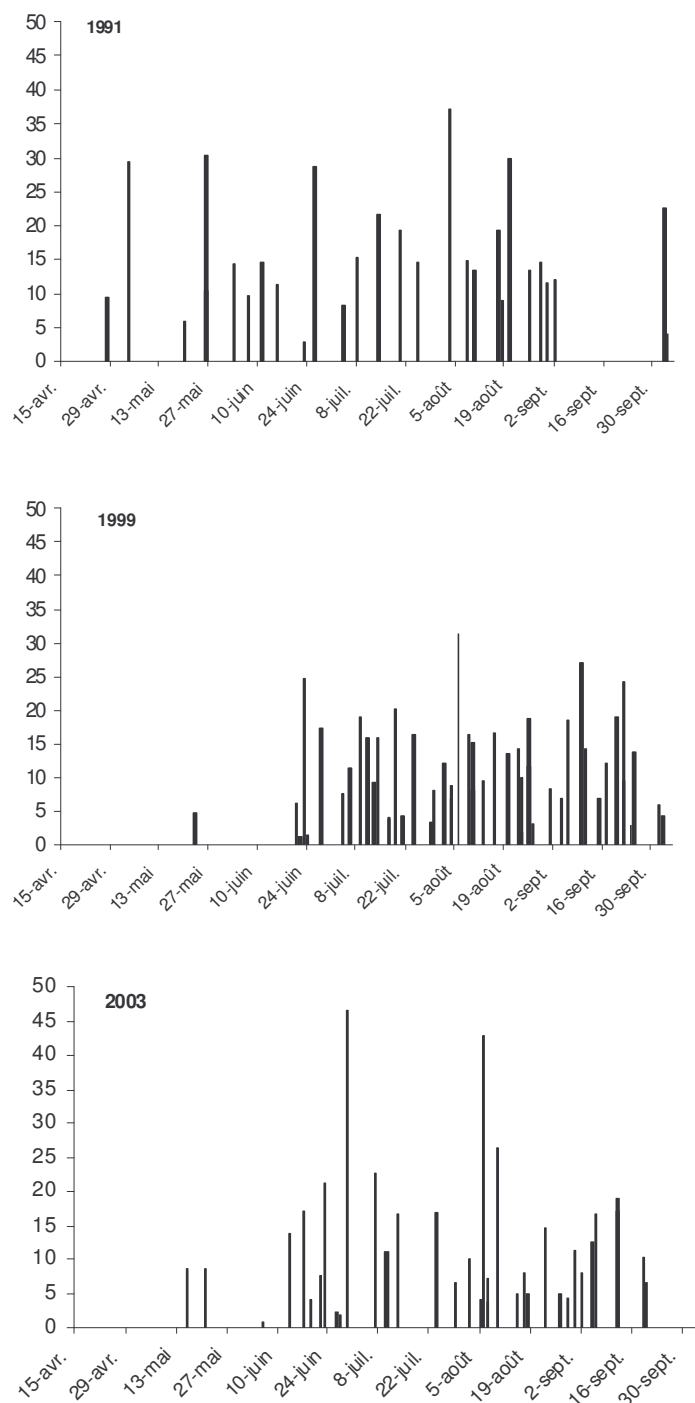


Figure 4.4: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1991, 1999 et 2003.

On remarque que pour ces trois saisons de cumuls saisonniers proches (1991 : 522 mm de pluie, 1999 : 536 mm de pluie, 2003 : 530 mm de pluie), la distribution temporelle des événements majeurs sont différentes.

En 1991, il y a eu peu d'événements, seulement 28, mais 6 événements ont dépassé les 20 mm en moyenne sur le degré carré, tout au long de la saison : 2 en mai, 1 en juin, 2 en août et 1 en octobre. En 1999 au contraire, il y eu de nombreux événements, 49, mais d'assez faibles intensités. En 2003, le nombre d'événements est intermédiaires (36), d'assez faibles intensités. Par contre il y a eu deux événements particulièrement intenses le 29 juin (46.6mm) et le 6 août (42.8mm).

Par ailleurs on peut remarquer que en 1999 et 2003, il y eu un ou deux événements majeurs précoces et isolés en début de saison (5 mm le 23 mai 1999 ; 9 mm les 16 et 21 mai 2003) et il faut attendre la mi juin pour que la saison des pluies commence réellement. Par contre, en 1991, la saison a commencé particulièrement tôt puisque 9 événements ont eu lieu avant le 20 juin.

2. Caractéristiques temporelles des événements majeurs

a) Histogramme de la durée de ces événements

L'histogramme de répartition de la durée des épisodes majeurs (**Figure 4.5: Histogramme du nombre (a) et du cumul (b) des événements majeurs par plage de durée des événements de la saison 2003**) pour la saison 2003 montre que la majorité des événements (75%) des événements durent entre 3 et 7 heures. On note cette année un nombre important (47%) d'événements de durée assez longue, supérieure à 5 heures.

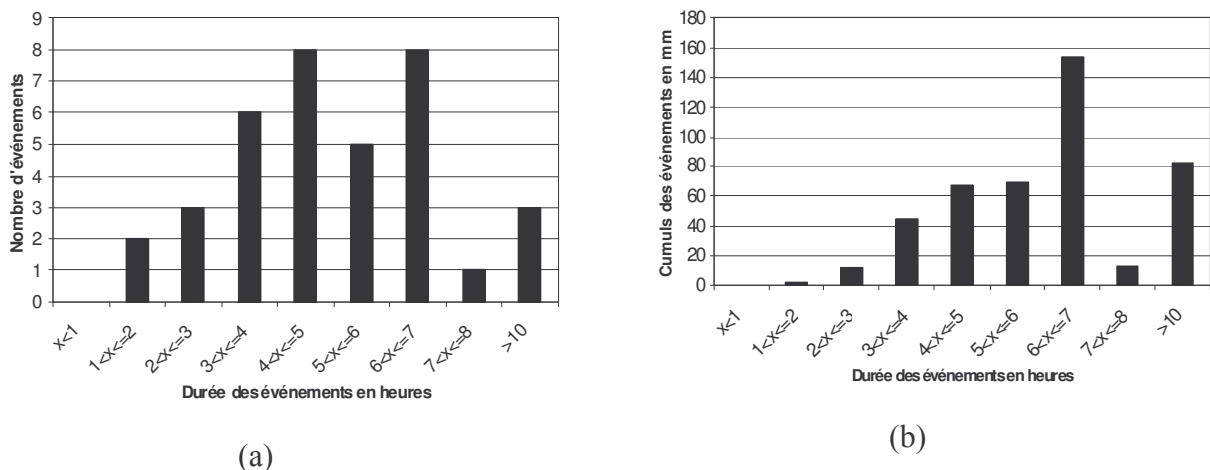


Figure 4.5: Histogramme du nombre (a) et du cumul (b) des événements majeurs par plage de durée des événements de la saison 2003.

b) Étude d'un événement à petits pas de temps

La base de données spatialisées dont on dispose, permet de travailler à un pas de temps minimal de 5 minutes. On peut donc étudier avec une résolution relativement fine, d'une part la propagation des systèmes précipitants sur le degré carré et, d'autre part, la déformation du hétéogramme aux différentes stations touchées.

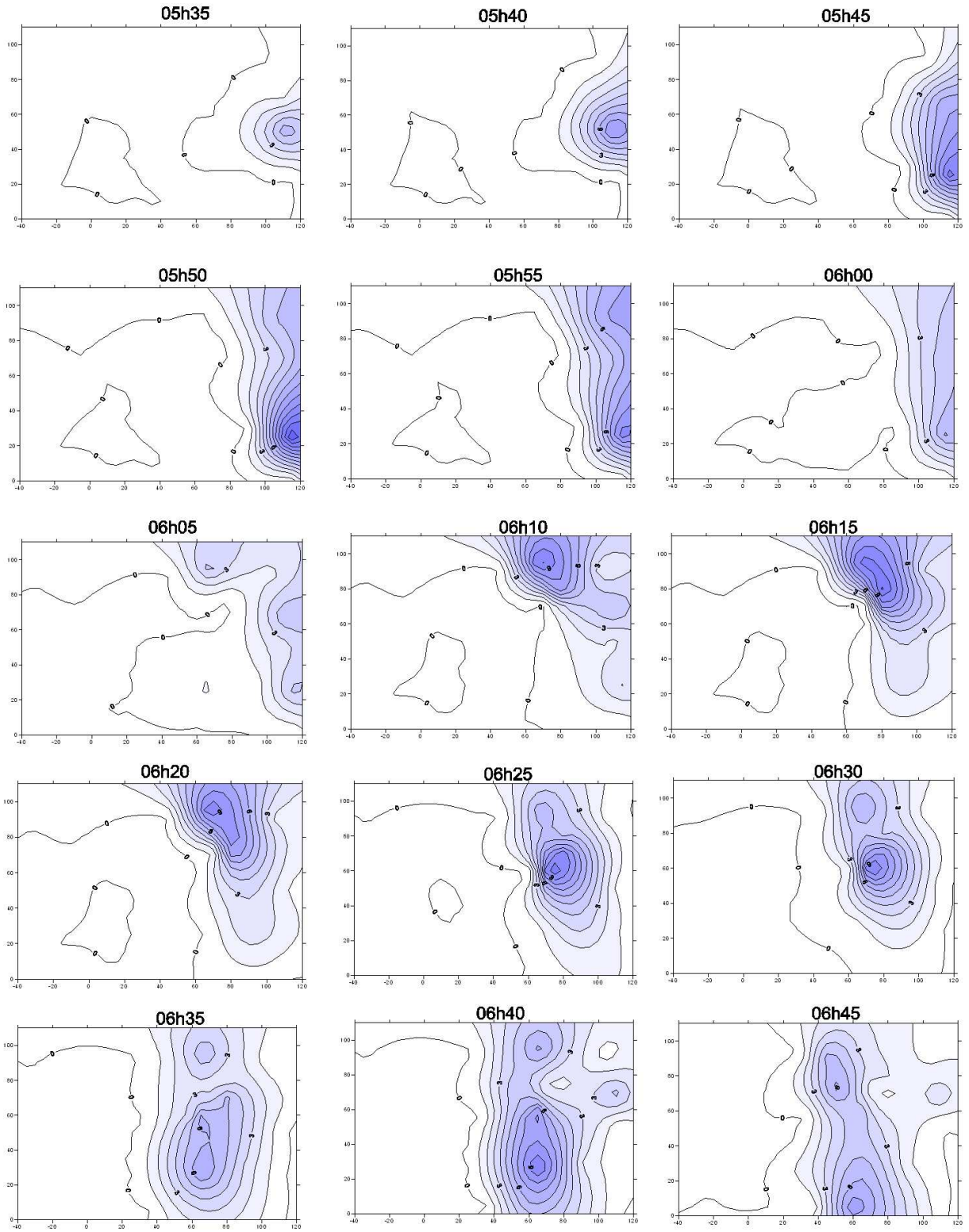
Durant la saison 2003, on a recensé de nombreux systèmes convectifs de mésoéchelle qui sont passés au-dessus du degré carré. Un certain nombre a montré une structure organisée comparable à celle d'une ligne de grain (marquage net d'un front Nord-Sud se déplaçant vers l'Est à la vitesse de déplacement d'environ 40-60 km.h⁻¹).

L'événement choisi est celui du 29 juin 2003. Il présente en effet une structure bien organisée. Il a donné une lame d'eau moyenne de 46,6 mm, et 94% des stations ont été touchées. Les cumuls sur les différentes stations s'échelonnent entre 7 mm et 84 mm (Kare).

Outre la visualisation spatiale de la ligne de grain au pas de temps de 5 minutes, un transect Est-Ouest de 5 stations disposées au centre du degré carré permet de suivre l'évolution du hyétogramme stationnel : Gamonzon, Banizoumbou, Berkiawel, Niamey Orstom, Boubon Golf (**Figure 4.6 : Suivi spatial de l'évènement du 29/06/03, au pas de temps 5 minutes, Figure 4.7 : Transect de suivi de l'évènement du 29/06/03, Figure 4.8 : Evolution de l'évènement du 29/06/03, sur les 5 stations du transect**).

La convection a abordé le réseau EPSAT-Niger dans sa partie Est, en touchant d'abord la station de Gamonzon, à 05h30 du matin. Le front est resté stationnaire durant les 30 premières minutes, temps pendant lequel le front va s'organiser progressivement et ainsi occuper toute la partie Est du degré carré. Le front Nord-Sud traverse ensuite la zone du degré carré d'Est en Ouest. C'est à 08h30 que l'on note la disparition effective du front de la zone du degré carré. Le front a traversé la zone d'étude en 03h00, ce qui correspond à une vitesse moyenne sur l'ensemble de la traversée de 53,3 km.h⁻¹. On peut noter que les cellules convectives (foyers d'activité intense) évoluent à l'intérieur du front. Elles ont une durée de vie de l'ordre de 15 minutes, et une étendue d'environ 10 km de rayon.

Les hyétogrammes au pas de temps 5 minutes sur le transect retracent bien le sens du déplacement du système. La durée de passage du front est à peu près conservée d'une station à l'autre (entre 25 et 35 minutes). Les cumuls totaux sur la durée de l'épisode correspondant au passage du front sur les 5 stations sont respectivement d'Est en Ouest : 57,5mm, 54,0mm, 47,0mm, 38,5mm, 34,5 mm : ce sont des valeurs proches, qui vont en diminuant car l'activité du front se dissipe petit à petit. La forme des hyétogrammes est similaire d'une station à l'autre, avec un pic d'activité au bout de 15 minutes et une partie à fin peu intense mais longue, ce qui correspond à la forme habituelle : front et traîne.



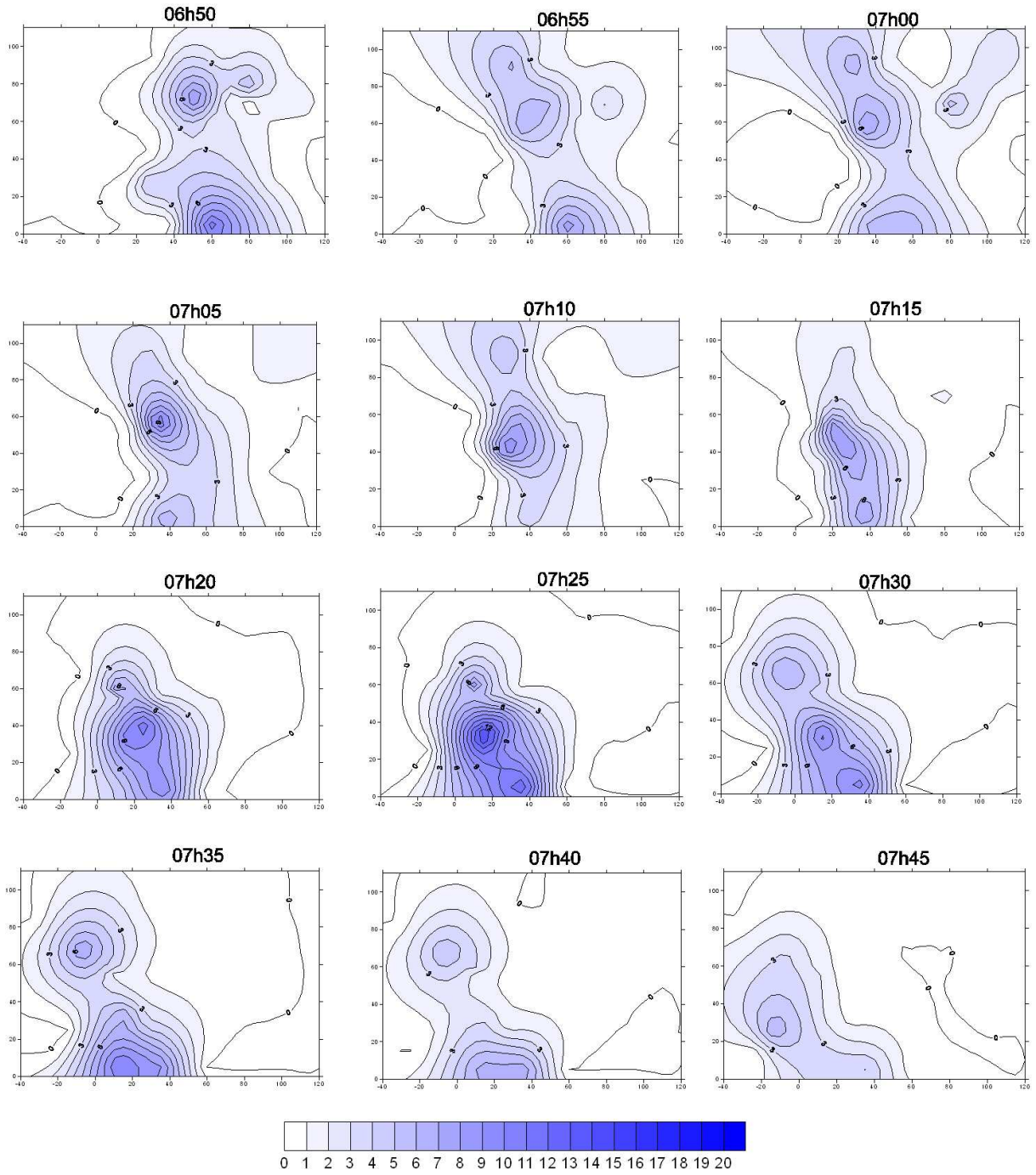


Figure 4.6 : Suivi spatial de l'évènement du 29/06/03, au pas de temps 5 minutes

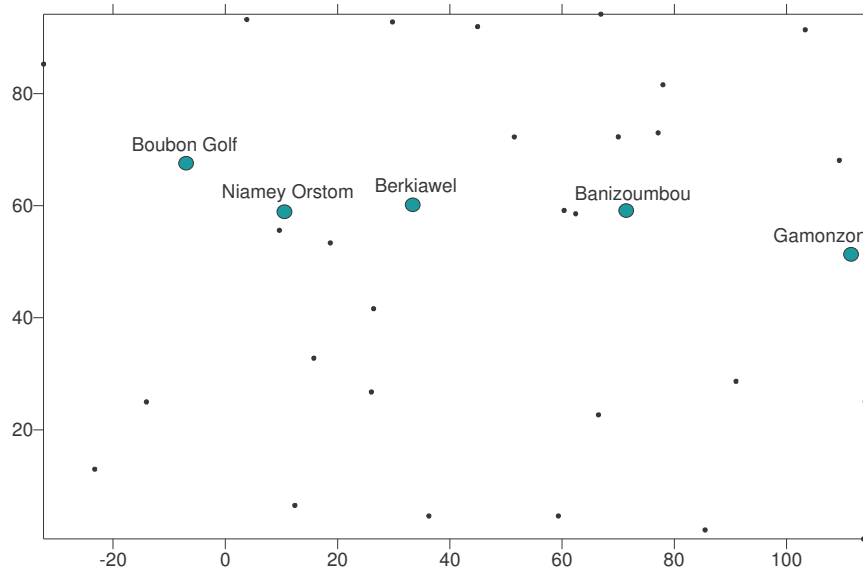


Figure 4.7 : Transect de suivi de l'évènement du 29/06/03

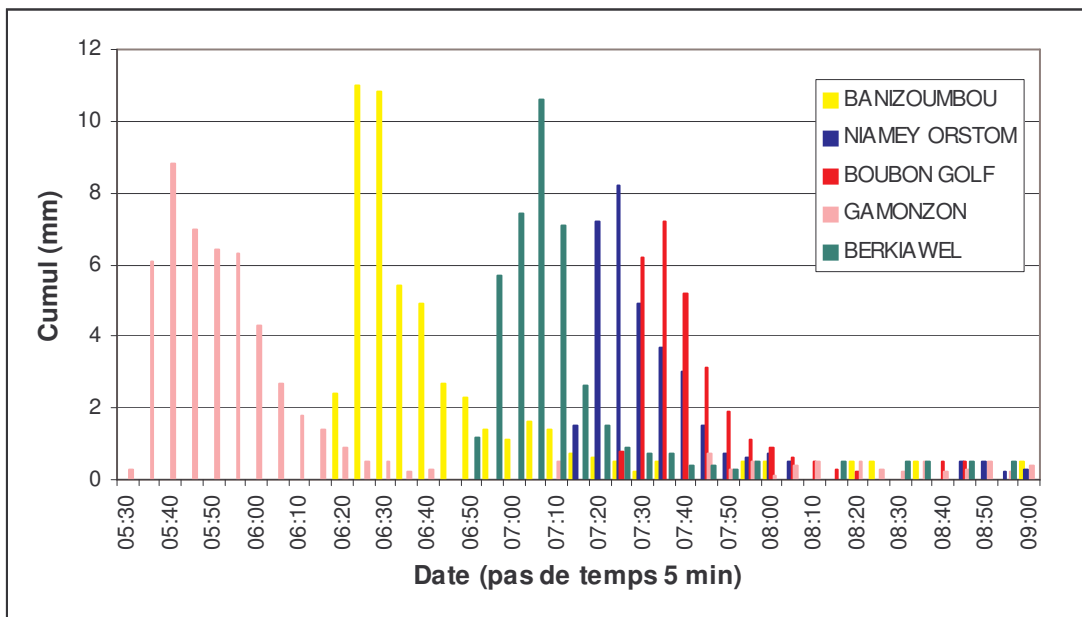


Figure 4.8 : Evolution de l'évènement du 29/06/03, sur les 5 stations du transect

METTRE LES STATIONS EN ORDRE est ouest dans la légende

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.

D'après Maud Balme (2002), « le critère « **climatique** » prend comme dates de démarrage et de fin de la saison des pluies les dates du premier et dernier événement pluvieux EPSAT-Niger, indiquant l'apparition puis la disparition d'une convection organisée ». La date de démarrage de la saison 2003, d'après le critère climatique est le 16 mai.

« Le critère « **agronomique** » donne pour chaque station comme date de démarrage de la saison après le 1^{er} mai, au moins 20 mm de pluie sur 3 jours et pas d'épisode sec excédant 7 jours dans les 30 jours qui suivent (pour éviter les faux départs), et comme date de fin de saison après le 1^{er} septembre, 20 jours consécutifs sans pluie ».

Maud Balme a également défini « le critère « **hydrologique** », « qui fait commencer la saison en chaque station à la première pluie supérieure ou égale à un seuil (0.5 mm, 2.5 mm ou 5 mm) enregistrée, et l'arrête à la dernière pluie supérieure ou égale au seuil. La gamme de seuils explorés correspond au minimum enregistré par les pluviographes (0.5 mm) et à un seuil (5 mm) susceptible de générer un écoulement dans cette région ».

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.

2. Résultats

a) Variabilité inter annuelle

La date de démarrage de la saison 2003 du point de vue agronomique est dans la moyenne de la période 1991-2003, bien que la saison du point de vue hydrologique et climatique soit un peu tardive. Les définitions de la fin de la saison des points de vue climatologique, hydrologique et agronomique donne des résultats très similaires. Du point de vue climatique, hydrologique et agronomique, la saison 2003 s'est terminée assez tôt comparé à la période 1991-2003. En 2003, la durée de la saison du point de vue climatique est de 127 jours, pour une moyenne de 152 jours et un écart type de 19 jours sur la période 1991- 2003. Du point de vue agronomique, la durée de la saison 2003 est de 108 jours pour une moyenne de 105 jours et un écart type de 12 jours sur la période 1991 – 2003. Du point de vue hydrologique, la durée de la saison 2003 est de 136 jours pour une moyenne de 145 jours et un écart-type de 14 jours. (**Figure 4.9 : Moyennes des différents critères au cours des 14 dernières années de l'expérience Epsat et Figure 4.10 : Dates de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant 2 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-oct.	435	102
2002	6-juil.	13-oct.	448	98.1
2003	16-juin	3-oct.	452	108

	critère hydrologique (seuil 2.5mm)			
	debut	fin	cumul	duree
1990	17-mai	22-sept.	399	127
1991	25-avr.	25-sept.	480	152
1992	2-mai	26-sept.	542	146
1993	19-mai	24-sept.	455	128
1994	2-mai	15-oct.	669	166
1995	3-mai	25-sept.	496	144
1996	10-mai	10-oct.	502	153
1997	28-avr.	5-oct.	409	159
1998	1-mai	29-sept.	695	150
1999	30-avr.	4-oct.	562	158
2000	25-mai	29-sept.	429	128
2001	19-mai	25-sept.	465	129
2002	4-mai	11-oct.	551	159
2003	13-mai	26-sept.	513	136

	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

Figure 4.9 : Moyennes des différents critères au cours des 14 dernières années de l'expérience Epsat

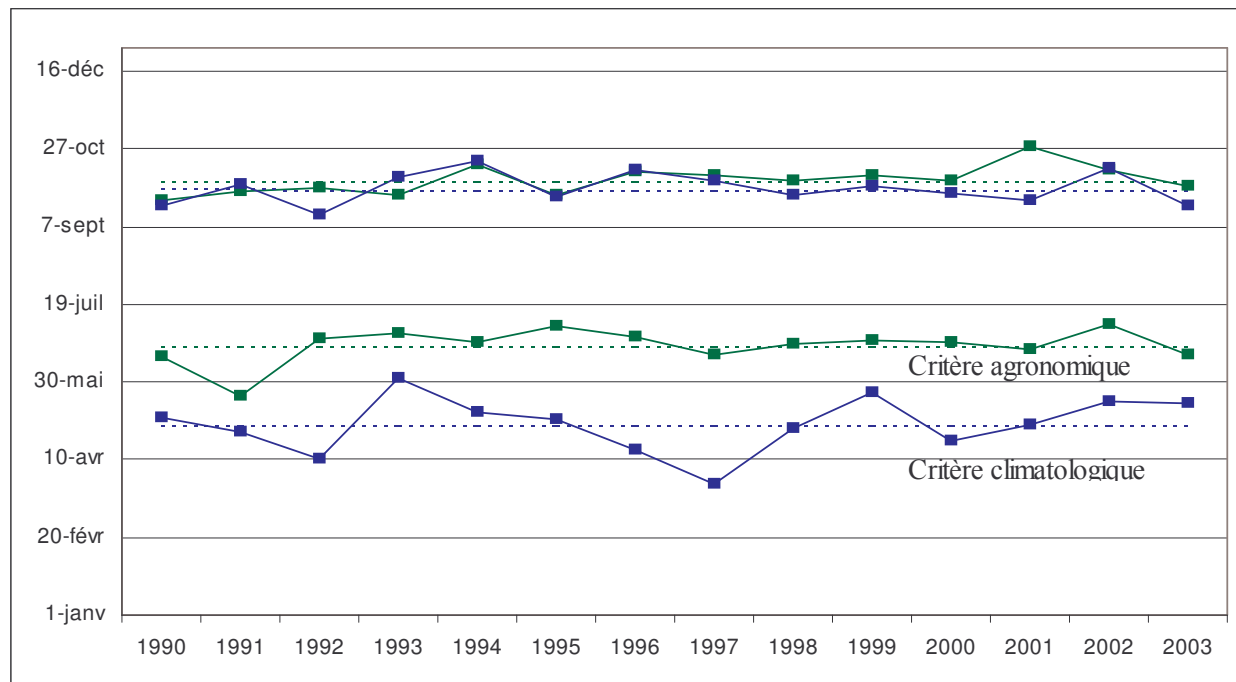
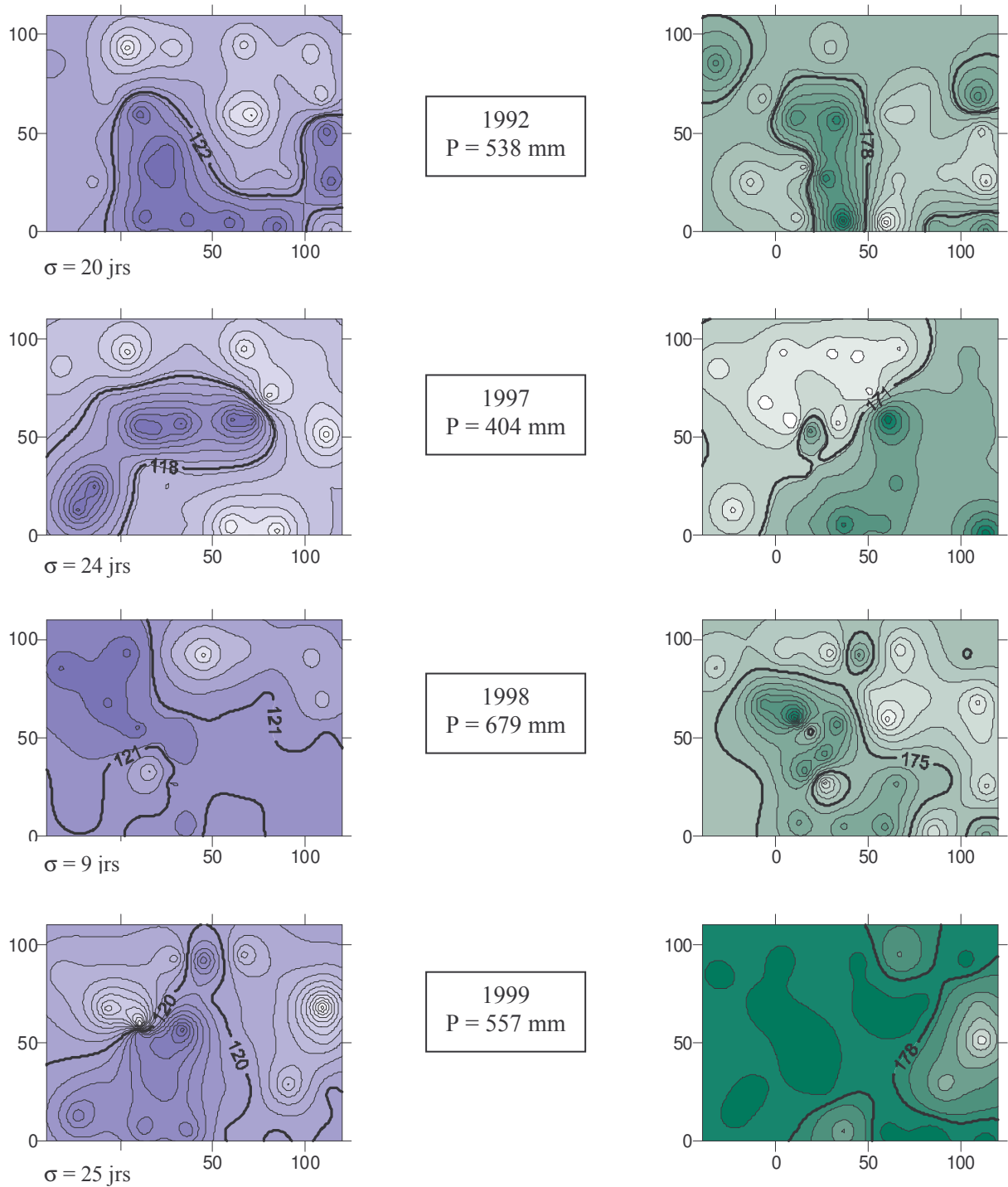


Figure 4.10 : Dates de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant 2 critères (agronomique et climatique)

b) Variabilité spatiale : comparaison avec les années précédentes

Cette année, les répartitions des démarrages de saison suivant les critères hydrologiques et agronomique sont assez différentes, comme ce fut le cas aussi en 1997, 1998, 1999.

Aucun gradient d'ensemble n'est vraiment descéléable. (Figure 4.11 - Dates de démarrage de la saison des pluies sur l'observatoire EPSAT-Niger pour 4 années (1992, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003), à gauche suivant le critère hydrologique (seuil 2.5 mm), à droite suivant le critère agronomique)



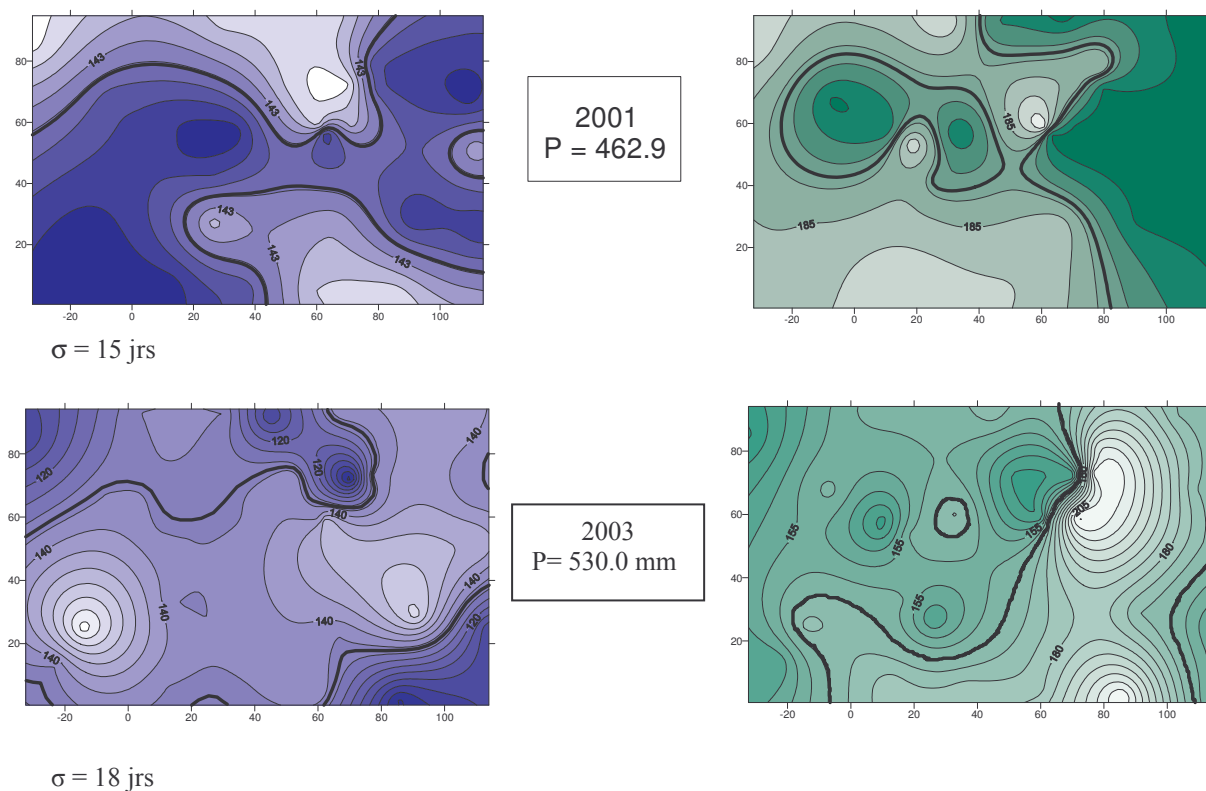


Figure 4.11 - Dates de démarrage de la saison des pluies sur l'observatoire EPSAT-Niger pour 4 années (1992, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003), à gauche suivant le critère hydrologique (seuil 2.5 mm), à droite suivant le critère agronomique.

Plus les teintes sont claires, plus la date de démarrage est tardive. L'isoligne en gras indique la date moyenne de démarrage de l'année considérée (numéro du jour de l'année). Les isolignes sont écartées de 5 jours. Est indiqués aussi l'écart-type spatial (σ) des dates pour chaque année et le cumul pluviométrique annuel (P).

Conclusion

Sur la zone EPSAT-Niger, la saison 2003 fut dans la moyenne des autres saisons étudiées (1968-2003), avec un cumul moyen de 530.0 mm sur le degré carré. La saison des pluies a commencé assez tôt, le premier événement majeur a eu lieu le 16 mai et le mois de juin fut très pluvieux. Cela a permis un démarrage assez précoce de la saison agricole. Par contre le mois de juillet fut déficitaire, avec des périodes sèches prolongées. La saison des pluies s'est terminée relativement tôt, le dernier événement ayant eu lieu le 20 septembre.

Cette année, il y eut 36 événements majeurs ce qui est assez faible comparé aux autres années d'étude. Ces événements furent relativement peu pluvieux (50% d'entre eux ont produits moins de 10 mm), exceptés deux événements très intenses les 29 juin et 6 août (plus de 40 mm de pluie en moyenne sur la zone d'étude). Ces systèmes s'organisent en lignes de grain qui traversent le degré carré d'Est en Ouest.

Comme les autres années, on observe une forte hétérogénéité spatiale de la pluviométrie à tous les pas de temps. Cette année, la répartition du cumul saisonnier est relativement homogène, bien qu'on observe tout de même des gradients sur le cumul saisonnier atteignant 10mm.km^{-1} . Ceci s'explique par la forte variabilité spatiale des événements majeurs, où des gradients locaux de 5mm.km^{-1} à l'échelle de l'événement ont été observés. Par contre, le gradient climatique Nord-Sud observable sur l'Afrique de l'Ouest ne fut pas décelable sur la zone du degré carré.

Annexes

A. *Détail des pannes par stations*

Stations	jours fonctionnement	jours pannes	jours enregistrés	% jours pannes	CAUSES PANNES
ALKAMA	216	0	216	0.00	
BANIZOUMBOU	232	29	203	12.50	batterie H.S.
BERIKOIRA	187	0	187	0.00	
BERKIAWEL	209	0	209	0.00	
BIRNI N'KONNI	195	0	195	0.00	
BOGDJOTTOU	201	0	201	0.00	
BOLOLADIE	201	0	201	0.00	
BOUBON GOLF	203	0	203	0.00	
DAREY	212	0	212	0.00	
DEBEREGATI	224	0	224	0.00	
FANDOU BERI	232	0	232		
GAMONZON	215	0	215	0.00	
GARDAMA KOUARA	199	5	194	2.51	ampoule à mercure
GOROU GOUSSA	199	0	199	0.00	
GUILAHEL	224	0	224	0.00	
HARIKANASSOU	208	0	208	0.00	
IH JACHERE	225	0	225	0.00	
KAFINA	216	10	206	0.00	augets bloqués
KALASSI	209	0	209	0.00	
KALIGOROU	216	0	216	0.00	
KARE	226	0	226	0.00	
KOKORBE FANDOU	210	0	210	0.00	
KOLLO	195	5	190	2.56	
KOURE KOBADÉ	202	0	202	0.00	
KOURE SUD	214	0	214	0.00	
KOYRIA	203	0	203	0.00	
MARADI	199	0	199	0.00	
MASSIKOUBOU	187	0	187	0.00	
NIAMEY					
AEROPORT	205	0	205	0.00	
NIAMEY IRI	205	9	196	4.39	batterie H.S.*
NIAMEY ORSTOM	232	1	231	0.43	batterie H.S.
SANDIDEY	207	0	207	0.00	
TAHOUA	196	0	196	0.00	
TANABERI	195	43	152	22.05	batterie H.S.*
TILLABERI	203	7	196	3.45	augets bloqués
TORODI	201	0	201	0.00	
WANKAMA	232	0	232	0.00	
YILLADE	197	55	142	27.92	batterie H.S.*
ZINDER	193	0	193	0.00	

B. Jours de fonctionnement et pannes

pour les stations permanentes les dates prises en considération sont
le 12/03 premier poste installé
(Kare)
et le 30/10 dernier poste démonté (Alkama)

JOURS DE FONCTIONNEMENT	8125
JOURS DE PANNE	164
JOURS D'ENREGISTREMENT	7981
soit un taux de pannes de :	2.02%

causes des pannes :

Banizoumbou : mauvais
branchement

Fandoubéri : augets bloqués

Gardama Kouara : mauvais contact du fil de l'ampoule à mercure

Kakina : augets bloqués par une mauvaise évacuation de l'eau

Niamey orstom : débranchement accidentel

niamey IRI, Kollo , Tanabéri et Yialladé : stations sans panneau solaire,
la durée des batteries est imprévisible

Tillabéri : augets bloqués suite à un vent de sable