

3 mai 2006

RAPPORT EPSAT NIGER 2005

Charlotte BAILLEUL

(Avec la collaboration de Abassa Alassane, Abdoulaye Koné, Bodo Seyni, Hamissou Alassane, Boubé Amadou, Balkissa Alzouma)



Introduction	5
I. Caractéristiques de la saison des pluies 2005 à l'échelle du Niger.....	6
II. Le réseau de pluviographes	8
A. Les stations du réseau et leur installation.....	8
1. Les stations.....	8
2. Installations	12
B. Qualité de l'acquisition	16
1. Pannes.....	16
2. Comparaison valeurs seuil et valeurs augets	17
III. Analyse spatiale de la saison.....	20
A. Analyse des cumuls saisonniers	20
1. Description des cumuls saisonniers : répartition spatiale des hauteurs tombées	20
2. Ajustement d'une loi normale sur les cumuls saisonniers	22
3. Structure spatiale des cumuls : caractéristiques du variogramme des cumuls saisonniers	23
B. Analyse spatiale des évènements	27
1. Caractéristiques des évènements majeurs	27
2. Cumuls issus des évènements majeurs.....	31
C. Analyse des gradients locaux	32
1. Gradients observés au niveau saisonnier.....	32
2. Gradients observés au niveau évènementiel.....	34
3. Exemple : le cas de Niamey	36
IV. Analyse temporelle de la saison.....	37
A. Analyse temporelle des cumuls pluviométriques.....	37
1. Introduction : déroulement de la saison 2005	37
2. Cumuls mensuels sur le degré carré.....	38
B. Analyse temporelle des évènements pluvieux	40
1. Comparaisons inter stations.	40
a) Comparaison des hyétogrammes de quelques stations	40
b) Comparaison des hyétogrammes moyens de trois années	41
2. Caractéristiques temporelles des évènements majeurs.....	42
a) Histogramme de la durée de ces évènements.....	42
b) Étude d'un évènement à petits pas de temps.....	43
C. Début de saison des pluies : comparaison critère climatique, hydrologique et critère agronomique.....	47
1. Définitions et calcul des dates de démarrages selon différents critères.	47
2. Résultats	47
a) Variabilité inter annuelle.....	47
b) Variabilité spatiale : comparaison avec les années précédentes	49
Conclusion.....	52
Annexes	53
A. Détail des pannes par stations	53
B. Jours de fonctionnement et pannes.....	55

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Cumul pluviométrique de la saison 2005, au 30 septembre dans la partie agricole du Niger.....	6
Figure 1.2 : Comparaison du cumul pluviométrique de la saison 2005, au 30 septembre dans la partie agricole du Niger.....	7
Figure 2.1 : Appareillage en place durant la saison 2005, sur le degré carré.....	12
Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2005 (16 avril - 20 octobre) sur le degré carré de Niamey (34 stations).....	21
Figure 3.2 : Gradients généraux de la répartition de la pluviométrie sur la zone Epsat, pour la saison 2005.....	21
Figure 3.3: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la période 15 avril – 15 octobre 2005.....	22
Figure 3.4: Fonction de structure des cumuls (15 avril - 26 octobre 2005), et essai d'ajustement d'un modèle.....	23
Figure 3.5 : Isohyètes du cumul saisonnier krigé suivant le modèle linéaire, pépite de 1310 mm ² , pente 18 400 mm ²	24
Figure 3.6 : Carte des ECT lorsque le krigeage est réalisé selon le variogramme linéaire.....	25
Figure 3.7 : Carte des ECT lorsque le krigeage est réalisé selon le variogramme exponentiel.....	25
Figure 3.8 : Carte des l'écart types sur les cumuls moyens annuels depuis 1990, suivant le modèle exponentiel défini dans l'article cité précédemment.	26
Figure 3.9: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2005.....	31
Figure 3.10 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – Hauteurs de pluie événementielles (mm).	33
Figure 3.11 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – Hauteur de pluie cumulée (mm).	33
Figure 3.15: Comparaison des cumuls mensuels 2005 (mm) des 3 stations de Niamey.	36
Figure 4.1 : répartition des événements pluvieux pour la saison 2005.....	37
Figure 4.2 : Evolution des cumuls moyen de pluie sur la zone Epsat pour la saison 2005, et les décennies 1951/1970, et 1971/1990.	37
Figure 4.3 : Comparaison des cumuls mensuels en 2005 par rapport aux décennies pluvieuse (1951/1970) et sèche (1971/1990).....	38
Figure 4.4 : Comparaison des cumuls mensuels en 2005 et de la période 1990/2004.....	38
Figure 4.5 : Isohyètes mensuels (mm) de la saison des pluies 2005 sur le degré carré de Niamey.....	39
Figure 4.6: Chronologies des pluies journalières (mm) enregistrées sur 6 stations.....	40
Figure 4.7: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1999, 2003 et 2005.	41
Figure 4.8: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de durée (en heures) de l'évènement, pour la saison 2005.....	42
Figure 4.9 : Répartition spatiale des intensités maximales de pluie durant l'évènement 41 de la saison 2005, le 1 ^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes.....	44
Figure 4.10 : Répartition spatiale des cumuls de pluie durant l'évènement 41 de la saison 2005, le 1 ^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes.....	45
Figure 4.11 : Evolution des hauteurs de pluies sur les stations, pour l'évènement 41 de la saison 2005, le 1 ^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes.....	46

Figure 4.12 : Dates de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant les deux critères (agronomique et climatique)	49
Figure 4.13 : Dates de démarrage de la saison des pluies sur l'observatoire EPSAT Niger pour 8 années (1992, 1997, 1998, 1999, 2001,2003, 2004, 2005), à gauche suivant le critère hydrologique (seuil 2.5 mm), à droite suivant le critère agronomique. ..	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1: Liste des 56 postes du réseau en 2005, classés par ordre alphabétique.	10
Tableau 2.2: Liste des 38 sites suivis en 2005 et originaires du réseau EPSAT, classés par numéro.	11
Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés pour la saison 2005, pour les stations EPSAT du degré carré et du réseau synoptique.	14
Tableau 2.4: Planning d'installation des stations et cumuls mesurés sur la période de fonctionnement pour les stations ajoutées au réseau EPSAT antérieur.	15
Tableau 2.5 : Période de fonctionnement des 33 pluviographes Oedipes installés en 2005....	16
Tableau 2.6 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison pour les Oedipes.....	18
Tableau 2.7 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison pour les Hobos.....	19
Tableau 3.1: Liste des 49 événements majeurs enregistrés en 2005 à partir de 34 stations. ...	29
Tableau 3.2: Comparaison pour les années 1991 à 2005 de l'importance des évènements majeurs et de grande extension.	30
Tableau 4.1 : Moyennes des différents critères au cours des 16 dernières années de l'expérience Epsat	48

Introduction

La saison 2005, dont la moyenne des cumuls saisonniers sur l'année sur le degré carré est de 549,0 mm et dont l'écart type est de 114,4 mm, correspond à peu près 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 2005 reste caractérisée par une pluviométrie peu importante même si elle est supérieure à celles des années précédentes : 2004 (537 mm), 2003 (530 mm), 2002 (540mm), 2001 (460 mm), 2000 (442 mm).

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 2005 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.

Pour commencer, le rapport décrit le réseau de mesure opérationnel en 2005, et commente la qualité des données acquises. Ensuite il analyse la saison spatialement, détaillant l'analyse des cumuls (permettant d'étudier la variabilité spatiale des cumuls et la dérive climatologique), l'analyse spatiale des événements et l'étude des gradients locaux. Enfin, une analyse 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, sur la durée des événements et conduit à une étude d'un événement avec petit pas de temps. Une dernière partie de l'analyse temporelle consiste à étudier la durée de la saison 2005 suivant différents critères (hydrologique, agronomique et climatique).

I. Caractéristiques de la saison des pluies 2005 à l'échelle du Niger

A l'échelle nationale, on retrouve l'important gradient nord/sud de la zone tropicale nord de l'Afrique.

A l'échelle de la bande sahélienne coupant le territoire nigérien, on constate que le cumul des pluies pour la saison 2005 a été de manière générale supérieure à 200 mm (il faut remarquer qu'un événement notoire s'est produit le 15 octobre, et n'a pas été pris en compte dans les cartes suivantes).

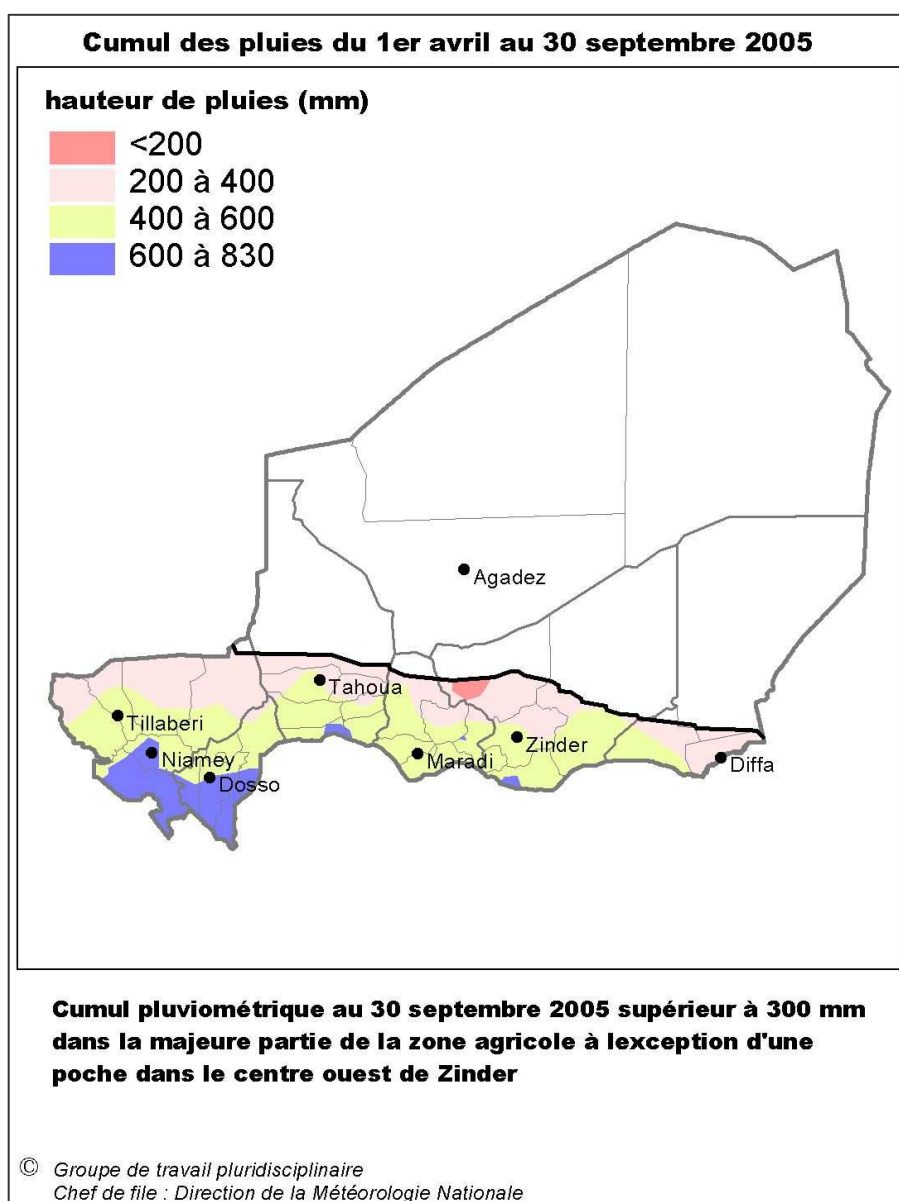


Figure 1.1 : Cumul pluviométrique de la saison 2005, au 30 septembre dans la partie agricole du Niger.

Par rapport aux cumuls de pluie établis pour la période 1971 – 2000, la saison 2005 est généralement excédentaire, même si des zones de fort déficit restent marquées au Nord de Ouallam et Filingué, et à l’Ouest de Téra (région de Tillabéri), à l’ouest de Keita et Tanout (région de Tahoua), et Belbeji (région de Zinder).

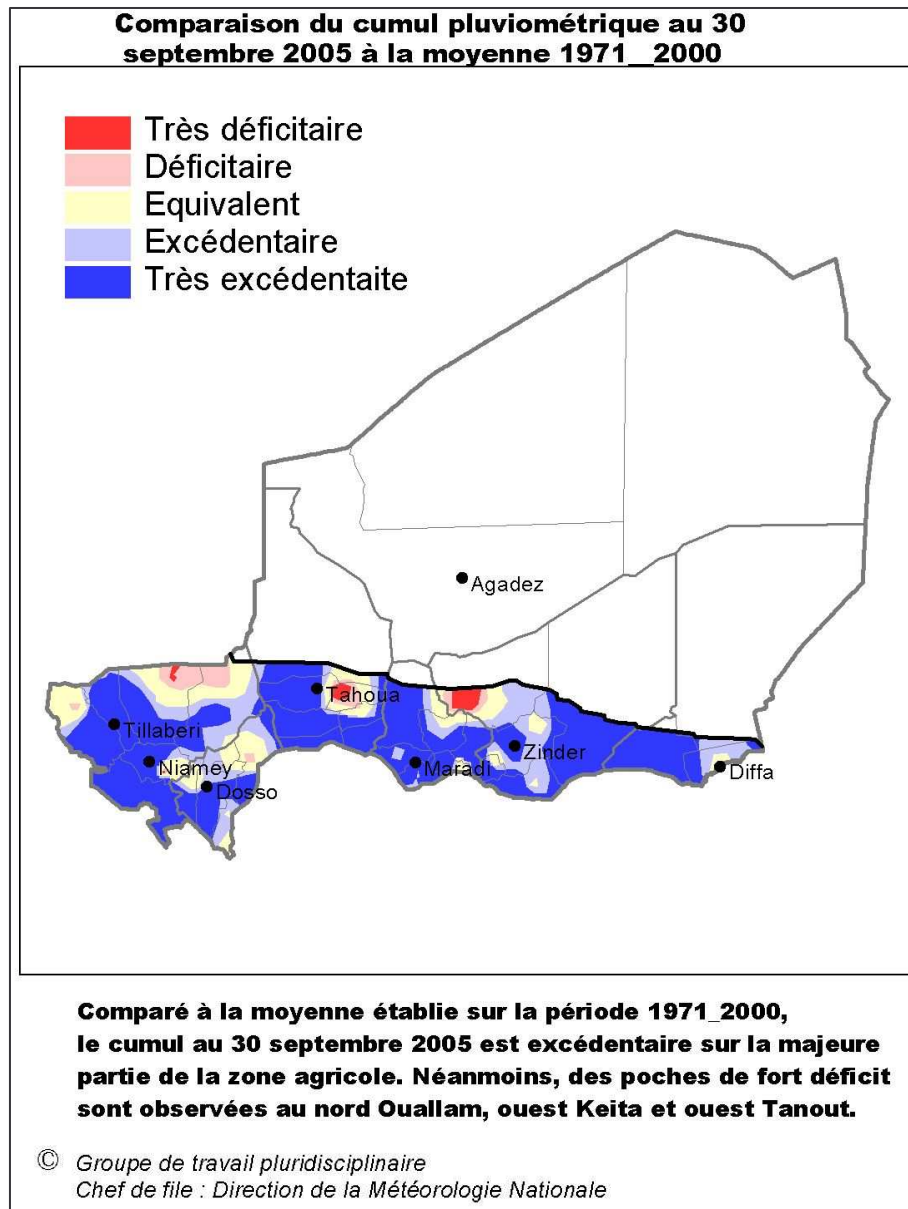


Figure 1.2 : Comparaison du cumul pluviométrique de la saison 2005, au 30 septembre dans la partie agricole du Niger.

II. Le réseau de pluviographes

A. Les stations du réseau et leur installation

1. Les stations

Cette année 2005, le programme de recherche AMMA est entré dans sa phase renforcée d'observation (EOP), venant compléter les dispositifs mis en place depuis 1994 pour le suivi à long terme (LOP) de l'expérimentation EPSAT Niger, elle même faisant suite au programme Hapex Sahel commencé en 1990.

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'un enregistreur Hobo, puis en cours de saison le réseau sur le degré carré a été renforcé par 18 pluviographes Hobo.

A ce réseau intense sur le degré carré s'ajoutent, 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).

(cf. Tableau 2.1: Liste des 56 postes du réseau en 2005, classés par ordre alphabétique et Tableau 2.2 : Liste des 38 sites suivis en 2005 et originaires du réseau EPSAT, classés par numéro.)

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

La maille du réseau est variable, avec une intensité d'appareillage plus importante sur le super site aux environs de Wankama et Banizoumbou.

(cf Figure 2.1 : Appareillage en place durant la saison 2005, sur le degré carré.)

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
Atologa	90,63	122,32	14,10	2,84	483000,0	1559000,0	Hobo
Banizoumbou	71,34	59,25	13,53	2,66	463209,5	1495773,2	1321201100
Beri koira	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
Dey tegui	33,53	73,39	13,66	2,31	424847,0	1513013,0	Hobo
Dingazi	59,42	131,22	14,18	2,55	451632,0	1567739,0	Hobo
Djoure	78,80	86,74	13,78	2,73	471386,0	1523510,0	Hobo
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
Gogueize	56,18	68,94	13,62	2,52	448236,0	1505704,0	Hobo
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
Kiran fandou Beri	54,03	84,51	13,76	2,50	445859,0	1521028,0	Hobo
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
Kolo Diogono	64,81	78,95	13,71	2,60	457000,0	1516000,0	Hobo
Kolo Loga	62,65	86,74	13,78	2,58	454500,0	1523000,0	Hobo
Kone Beri	11,02	83,01	13,75	2,10	402884,0	1519858,0	Hobo
Konni	346,91	88,96	13,80	5,25	716922,58	1437987,64	Hobo
Koure Kobadié	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
Maourey Kouara Zeno	70,66	65,98	13,59	2,65	462611,0	1502774,0	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
Samadey	75,57	64,50	13,58	2,70	468000,0	1501600,0	Hobo
Sandideye	114,01	25,06	13,23	3,06	506500,4	1462571,6	1321205700
Simiri	14,67	126,90	14,14	2,14	406692,0	1563502,0	Hobo
Sofia Bangou	76,65	60,05	13,54	2,71	468704,0	1496967,0	Hobo
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

Station	X(km)	Y(km)	Latitude	Longitude	X UTM	Y UTM	Code Identification
Tilola Kaina	48,42	107,46	13,97	2,45	440384,0	1544064,0	Hobo
Tondibiagorou	10,45	69,52	13,63	2,10	402264,0	1506441,0	Hobo
Tondi Kiboro Case	75,78	60,96	13,55	2,70	467745,0	1497777,0	Hobo
Tondi Kiboro Limni	75,18	60,95	13,55	2,70	467151,0	1497775,0	Hobo
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	391553,7	1437348,6	Hobo

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 56 postes du réseau en 2005, 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 2005 et originaires du réseau EPSAT, classés par numéro.

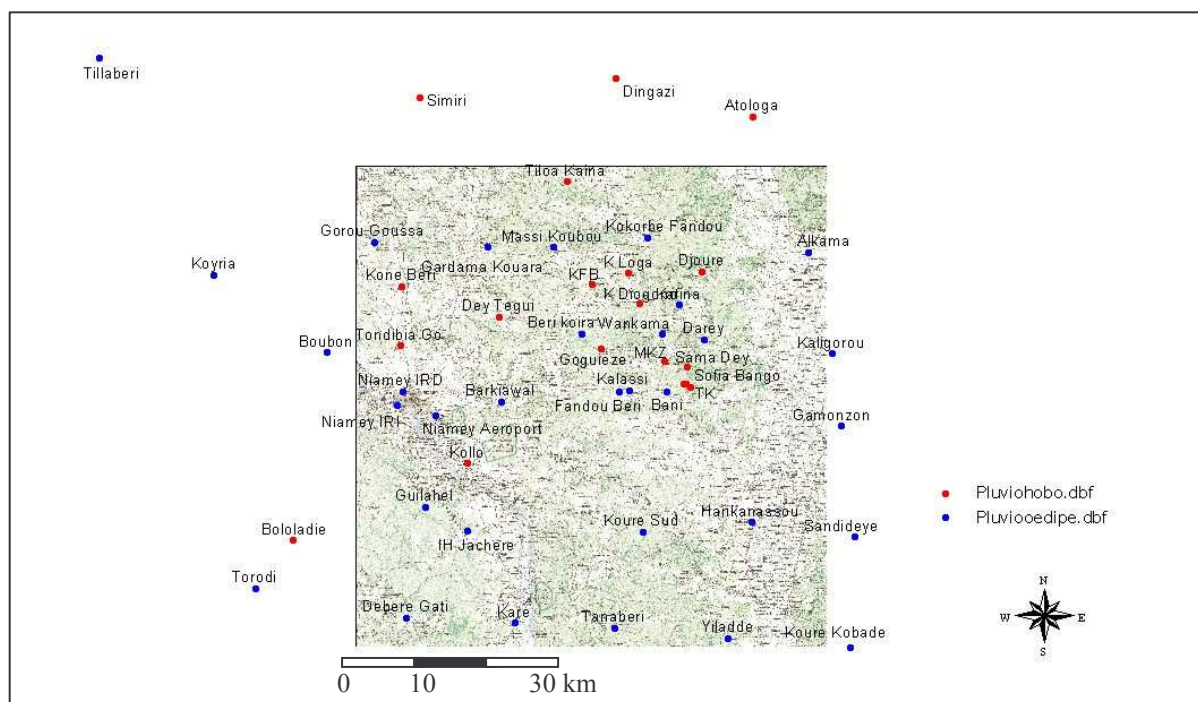


Figure 2.1 : Appareillage en place durant la saison 2005, sur le degré carré.

2. Installations

Cinq postes ont fonctionné en permanence entre la fin de la saison des pluies 2004 et le début de la saison des pluies 2005 (les trois stations de Niamey, Banizoumbou et Wankama). Les autres ont été démontés, nettoyés, testés et entreposés durant la saison sèche.

Cette année, une centrale "Oedipe" a été défaillante au cours de la saison (Bololadié – le 28 août) le stock de centrales Oedipe étant épuisé sur Niamey, elle a été remplacée immédiatement par un enregistreur Hobo.

Le planning d'installation des stations a commencé le 14 mars (Deberegati et Kafina) et s'est terminé le 15 avril (Gardama Kouara) (**Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés pour la saison 2005, pour les stations EPSAT du degré carré et du réseau synoptique.**)

Au cours de la saison le réseau a été renforcé par 18 pluviographes équipés d'enregistreurs Hobo (le matériel n'ayant pas été livré avant le début de la saison). (**Tableau 2.4 : Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés sur la période de fonctionnement pour les stations ajoutées au réseau EPSAT antérieur.**)

Les stations implantées près des villages ont été surveillées en permanence par un gardien, réduisant ainsi les risques de déprédations et de vols.

Un enregistreur a été placé sur le plateau au sud ouest de Wankama, éloigné des habitations il n'avait pas de gardiens, par deux fois l'enregistreur a été volé, et la dame Jeanne vidée.

L'équipe a ensuite cessé de suivre cet appareil, un enregistreur fictif a été placé, qui n'a pas été volé. Cette station appelée Wankama Plateau n'a pas du tout été traitée

Pour obtenir un suivi des pluies aussi précis que possible, compte tenu du personnel disponible et du budget, chaque station du degré carré de Niamey a reçu une visite de contrôle en moyenne deux fois par mois durant toute la saison des pluies. Les cartouches Oedipe ont

été changées environ tous les 45 jours et les Hobos relevés à chaque tournée pour permettre de suivre l'évolution de la saison des pluies en temps le moins décalé possible.

En fin de saison, le démontage des stations s'est effectué entre le 26 octobre et le 18 novembre.

STATIONS	N° EPSAT	Date d'installation	Date de démontage	Période de fonctionnement (jours)	Cumul seuu saison totale (mm)
ALKAMA	43	17/03/2005	17/11/2005	245	509
BANIZOUMBOU	11	Permanent	Permanent	Permanent	416
BERIKOIRA	21	24/03/2005	01/11/2005	222	608
BERKIAWEL	28	24/03/2005	18/11/2005	239	565
BOLOLADIE	84	23/03/2005	28/10/2005	218	556
BOUBON	85	29/03/2005	09/11/2005	219	725
DAREY	18	22/03/2005	26/10/2005	225	389
DEBEREGATI	25	14/03/2005	26/10/2005	218	651
FANDOU BERI	9	17/03/2005	17/11/2005	226	498
GAMONZON	34	25/03/2005	27/10/2005	245	449
GARDAMA KOUARA	50	15/04/2005	27/10/2005	216	433
GOROU GOUSSA	80	21/03/2005	26/10/2005	195	503
GUILAHEL	49	16/03/2005	16/11/2005	219	738
HARIKANASSO U	41	21/03/2005	26/10/2005	245	490
IH JACHERE	105	29/03/2005	09/11/2005	219	591
KAFINA	413	14/03/2005	08/11/2005	225	367
KALASSI	5	17/03/2005	17/11/2005	239	448
KALIGOROU	61	21/03/2005	26/10/2005	245	391
KARE	29	05/04/2005	10/11/2005	219	655
KONNI	325	22/03/2005	26/10/2005	219	615
KOKORBE FANDOU	73	29/03/2005	09/11/2005	225	511
KOLLO	54	15/03/2005	16/11/2005	246	775
KOURE KOBADÉ	26	18/03/2005	17/11/2005	244	613
KOURE SUD	51	15/03/2005	16/11/2005	246	531
KOYRIA	82	23/03/2005	28/10/2005	219	586
MARADI	15	06/04/2005	08/11/2005	216	347
MASSIKOUBOU	78	24/03/2005	09/11/2005	230	491
NIAMEY AEROPORT	94	Permanent	Permanent	Permanent	719
NIAMEY IRI	83	Permanent	Permanent	Permanent	772
NIAMEY IRD	70	Permanent	Permanent	Permanent	631
SANDIDEY	57	16/03/2005	17/11/2005	246	575
TAHOUA	269	08/04/2005	08/11/2005	214	531
TANABERI	32	15/03/2005	16/11/2005	246	687
TILLABERI	414	23/03/2005	28/10/2005	219	637
TORODI	86	22/03/2005	26/10/2005	218	644
WANKAMA	116	Permanent	Permanent	Permanent	403
YILLADE	35	15/03/2005	16/11/2005	246	620
ZINDER	315	06/04/2005	09/11/2005	217	585

Tableau 2.3: Planning d'installation des stations et cumuls seuu mesurés pour la saison 2005, pour les stations EPSAT du degré carré et du réseau synoptique.

STATIONS	Date d'installation	Date de démontage	Période de fonctionnement (jours)	Cumul seuu période de fonctionnement (mm)
ATOLOGA	17/05/2005	17/11/2005	184	338
DEY TEGUI	06/08/2005	09/11/2005	95	84
DINGAZI	17/05/2005	28/10/2005	164	466
DJOURE	07/08/2005	09/11/2005	94	138
GOGUIEZE	06/08/2005	10/11/2005	96	234
KIRAN FANDOU BERI	06/08/2005	19/10/2005	74	207
KOLO DIOGONO	04/08/2005	01/11/2005	89	179
KOLO LOGA	04/08/2005	01/11/2005	89	191
KONE BERI	25/03/2005	27/10/2005	216	521
MAOUREY KOUARA ZENO	29/04/2005	09/11/2005	194	422
SAMADEY	04/08/2005	21/09/2005	48	173
SIMIRI	15/04/2005	27/10/2005	195	429
SOFIA MARE	25/04/2005	08/11/2005	197	422
TILOA KAINA	17/05/2005	27/10/2005	163	396
TONDIBIAGOR OU	25/03/2005	27/10/2005	216	603
TONDI KIBORO CASE	27/04/2005	18/10/2005	174	393
TONDI KIBORO LIMNI	27/04/2005	08/11/2005	195	458
WANKAMA PLATEAU	25/04/2005	01/11/2005	190	415

Tableau 2.4: Planning d'installation des stations et cumuls mesurés sur la période de fonctionnement pour les stations ajoutées au réseau EPSAT antérieur.

B. Qualité de l'acquisition

1. Pannes

En ce qui concerne les centrales Oedipes, le taux de fonctionnement est modeste, du fait du vieillissement du parc, mais reste à un assez bon niveau. Pour les 33 pluviographes Oedipes du degré carré, le taux de fonctionnement est de 98.4 % (249 jours de panne ou mauvais fonctionnement pour 7686 jours d'appareillage) mais tombe à 94 % (457 jours de panne ou mauvais fonctionnement pour 7686 jours d'appareillage) si on tient compte du dérèglement des augets et pas seulement de leur blocage. Seize appareils ont connu des avaries ou des dysfonctionnements (dérèglement des augets compris). **(Tableau 2.5 : Période de fonctionnement des 33 pluviographes Oedipes installés en 2005).**

Stations	Périodes de fonctionnement											
Nom	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				---	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Guilahel			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Harikanassou			--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	
IH Jachere			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Niamey IRI			--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Kafina				-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-	
Kalassi			---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-	
Kaligorou			--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	
Kare			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Kokorbe Fandou				-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-	
Koure Kobade			--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	
Koure Sud			---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	
Koyria			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Massi Koubou			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-	
Niamey Aeroport			--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Niamey IRD			---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Sandideye			--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	
Tanaberi			---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	
Tillaberi			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Torodi			-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
Wankama			---	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-	
Yillade			---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	

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

Tableau 2-5 : Période de fonctionnement des 33 pluviographes Oedipes installés en 2005

Les causes de pannes sont multiples : la première cause est le blocage, ou dérèglement des augets qui se grippent (7 stations). On constate aussi régulièrement des faux contacts ou même de la casse au niveau des ampoules à mercure (5 stations), et des dysfonctionnements au niveau des centrales elles mêmes (6 stations). Ceci s'explique notamment par le vieillissement du parc et le manque de matériel de remplacement.

Les pannes pour cause de batteries ont été largement diminuées par l'achat en début de saison de 3 nouvelles batteries, et une attention importante portée à leur bon chargement et fonctionnement.

Sur l'ensemble des stations, seul 52 % des postes ne présentent aucune lacune.

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 seuil relevées toutes les 2 semaines. Ainsi les cumuls saisonniers et mensuels de la plupart des stations sont disponibles.

Ces valeurs seuil sont très importantes, il faudra pour la saison prochaine changer les bouchons et les tuyaux qui assurent l'étanchéité de la dame Jeanne dans laquelle l'eau est récupérée.

Pour les Hobos, le taux de fonctionnement est de 93 % (189 jours de panne ou dérèglement pour 2712 jours d'appareillage). Dix appareils sur dix neuf ont connu des avaries ou des dysfonctionnements. C'est la première année que des Hobos sont installés en grand nombre sur le réseau, et leur utilisation a nécessité plusieurs tâtonnements avant la mise en place d'une routine d'extraction des données. C'est ce qui explique le nombre de lacunes importantes, mais qui devrait nettement diminuer la saison prochaine.

En dehors des erreurs de manipulation (5 stations), on retrouve comme pour les appareils équipés d'Œdipe les problèmes de dérèglement et grippage des augets (7 stations). Par contre les problèmes liés aux batteries sont supprimés.

On peut noter que la station Dey Tegui n'a pas du tout fonctionné correctement de toute la durée de son installation (95 jours), enregistrant toujours le double de ce qui était réellement tombé dans le seuil.

2. Comparaison valeurs seuil et valeurs augets

Cette année, l'écart entre le cumul augets et le cumul seuil est régulièrement important. On constate des écarts relatifs entre le cumul seuil et le cumul auget supérieurs à 10% pour des périodes séparées par deux tournées (15 jours environ).

Cela est dû au dérèglement par grippage des augets et la mauvaise étanchéité du système de dame-Jeanne, les bouchons et tuyaux étant vieux et poreux.

Sur l'ensemble de la saison l'écart relatif moyen seuil augets est égal à 4,9 % avec 6 postes ayant un écart supérieur à 10 % pour les Œdipes (l'erreur à Tillabéri est élevée (18.6 %)). **(Tableau 2.6 : Comparaison des valeurs seuil et augets de la saison pour les Œdipes)**

Pour les Hobos l'écart relatif moyen seuil augets est égal à 5.4 % avec 2 postes ayant un écart supérieur à 10 % pour les Œdipes (l'erreur à Kollo est élevée : 18 %). **(Tableau 2.7 : Comparaison des valeurs seuil et augets de la saison pour les Hobos)**

Les résultats sur le poste de Dey Tegui ne sont pas utilisables, comme le poste n'a été relevé que deux fois cette saison, son fonctionnement sera à suivre de près la saison prochaine. Le poste de Wankama Plateau a été abandonné car le Hobo a été volé par deux fois, ainsi qu'une fois au moins la dame Jeanne vidée.

STATIONS	N° EPSAT	Date d'installation	Date de démontage	Cumul auget (mm)	* Cumul seuu (mm)	** Delta
ALKAMA	43	17/03/2005	17/11/2005	486	479	1,5%
BANIZOUMBOU	11	Permanent	Permanent	411,5	416	1,2%
BERIKOIRA	21	24/03/2005	01/11/2005	552,5	500	10,6%
BERKIAWEL	28	24/03/2005	18/11/2005	467,5	492	5,1%
BOLOLADIE	84	23/03/2005	28/10/2005	411	406	1,3%
BOUBON	85	29/03/2005	09/11/2005	655	582	12,5%
DAREY	18	22/03/2005	26/10/2005	384,5	389	1,3%
DEBEREGATI	25	14/03/2005	26/10/2005	642	651	1,4%
FANDOU BERI	9	17/03/2005	17/11/2005	441,5	433	2,0%
GAMONZON	34	25/03/2005	27/10/2005	446	449	0,7%
GARDAMA						
KOUARA	50	15/04/2005	27/10/2005	424	433	2,0%
GOROU GOUSSA	80	21/03/2005	26/10/2005	496	503	1,3%
GUILAHEL	49	16/03/2005	16/11/2005	677	738	8,2%
HARIKANASSOU	41	21/03/2005	26/10/2005	490,5	490	0,2%
IH JACHERE	105	29/03/2005	09/11/2005	478	497	3,8%
KAFINA	413	14/03/2005	08/11/2005	357	367	2,6%
KALASSI	5	17/03/2005	17/11/2005	436	448	2,7%
KALIGOROU	61	21/03/2005	26/10/2005	388	391	0,7%
KARE	29	05/04/2005	10/11/2005	661	655	0,9%
KOKORBE						
FANDOU	73	29/03/2005	09/11/2005	521	511	2,1%
KOURE KOBADÉ	26	18/03/2005	17/11/2005	629	613	2,7%
KOURE SUD	51	15/03/2005	16/11/2005	529	531	0,4%
KOYRIA	82	23/03/2005	28/10/2005	654	586	11,5%
MASSIKOUBOU	78	24/03/2005	09/11/2005	503,5	491	2,6%
NIAMEY						
AEROPORT	94	Permanent	Permanent	641	719	10,8%
NIAMEY IRI	83	Permanent	Permanent	692,5	772	10,3%
NIAMEY IRD	70	Permanent	Permanent	593,5	631	5,9%
SANDIDEY	57	16/03/2005	17/11/2005	602	575	4,7%
TANABERI	32	15/03/2005	16/11/2005	553	572	3,3%
TILLABERI	414	23/03/2005	28/10/2005	518,5	637	18,6%
TORODI	86	22/03/2005	26/10/2005	656,5	644	1,9%
WANKAMA	116	Permanent	Permanent	375	342	9,7%
YILLADÉ	35	15/03/2005	16/11/2005	597,5	620	3,7%

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

Tableau 2.6 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison pour les Oedipes

STATIONS	Date d'installation	Date de démontage	Cumul auget (mm)	* Cumul seuu hors lacune (mm)	** Delta
ATOLOGA	17/05/2005	17/11/2005	344,5	338	2,1%
BOLOLADIE	01/09/2005	26/10/2005	96,5	95	1,8%
DEY TEGUI	06/08/2005	09/11/2005	165,5	84	97,7%
DINGAZI	17/05/2005	28/10/2005	461,5	466	1,0%
DJOURE	07/08/2005	09/11/2005	148,5	138	8,0%
GOGUIEZE	06/08/2005	10/11/2005	229,5	234	2,1%
KIRAN FANDOU					
BERI	06/08/2005	01/11/2005	134,2	140	4,1%
KOLLO	15/03/2005	16/11/2005	635,5	775	18,0%
KOLO DIOGONO	04/08/2005	01/11/2005	187,5	179	4,9%
KOLO LOGA	04/08/2005	01/11/2005	199,5	191	4,7%
KONE BERI	11/05/2005	27/10/2005	529,2	521	1,6%
MAOUREY					
KOUARA ZENO	29/04/2005	09/11/2005	435	422	3,2%
SAMADEY	04/08/2005	17/11/2005	197	188	5,0%
SIMIRI	15/04/2005	27/10/2005	402	439	8,4%
SOFIA MARE	25/04/2005	08/11/2005	433	422	2,6%
TILOA KAINA	17/05/2005	27/10/2005	418,5	396	5,7%
TONDIBIAGOROU	25/03/2005	27/10/2005	550	603	8,7%
TONDI KIBORO					
CASE	27/05/2005	17/11/2005	345,5	393	12,0%
TONDI KIBORO					
LIMNI	27/04/2005	08/11/2005	474,5	458	3,5%
WANKAMA					
PLATEAU	25/04/2005	01/11/2005		415	

* 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 = valeur absolue ((seuu auget)/seuu)

Tableau 2.7 : Comparaison des valeurs seuu et augets de la saison pour les Hobos

III. Analyse spatiale de la saison

A. Analyse des cumuls saisonniers

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

Cette année la variabilité spatiale des cumuls saisonniers sur la zone est importante. (**Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2005 (16 avril - 20 octobre) sur le degré carré de Niamey (34 stations)**).

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 palier 1 à 3000 mm², une portée 1 à 0.2°, un coefficient d'anisotropie 1 à 0.5 et un palier 2 à 4000mm², une portée2 à 3.5° et un coefficient, d'anisotropie 2 à 0.52. Les deux axes d'anisotropie sont orientés Est/Ouest.

Comme en 1997 et 1998, la valeur la plus forte (775.0 mm à Kollo) représente plus du double de la valeur la plus faible (366.5 mm à Kafina), avec un rapport de 2.11.

La moyenne spatiale est de 610 mm sur la zone d'étude, comprise entre le cumul moyen de la décennie (1951/70) : 667 mm et le cumul moyen de la décennie sèche (1971/90) : 480mm.

Les valeurs de pluviométrie maximales sont assez hautes comparées aux autres années. Mais tandis que sur Niamey on est au dessus de la pluviométrie moyenne de la décennie de référence : 1951 / 1970, au contraire la station Kafina est en deçà du cumul moyen de décennie sèche.

Sur la carte des isohyètes, on repère rapidement une zone très déficitaire (moins de 500 mm) à l'est de Wankama, ainsi qu'une autre au nord de la latitude 13°8.

De manière générale le Sud et l'Ouest de la zone sont plus arrosés, avec un maximum sur la rive droite du fleuve, au niveau de Niamey.

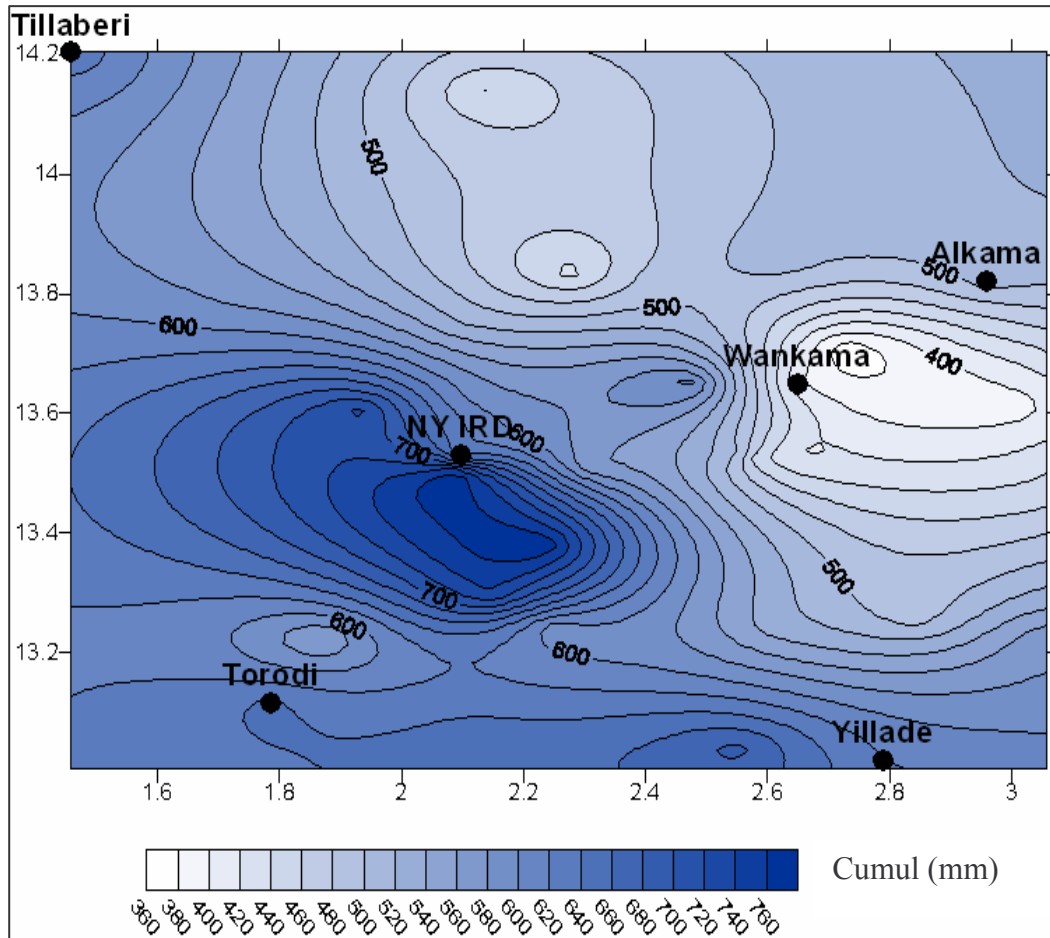


Figure 3.1 : Isohyètes (mm) de la saison des pluies 2005 (16 avril 20 octobre) sur le degré carré de Niamey (34 stations)).

Visuellement, on observe que cette année, le gradient pluviométrique Sud - Nord présent sur toute l'Afrique de l'Ouest, à grande échelle, est présent sur la zone d'étude du degré carré bien que pas très marqué, et il est associé à un gradient Est - Ouest peu marqué aussi. (**Figure 3.2 : Gradients généraux de la répartition de la pluviométrie sur la zone Epsat, pour la saison 2005**)

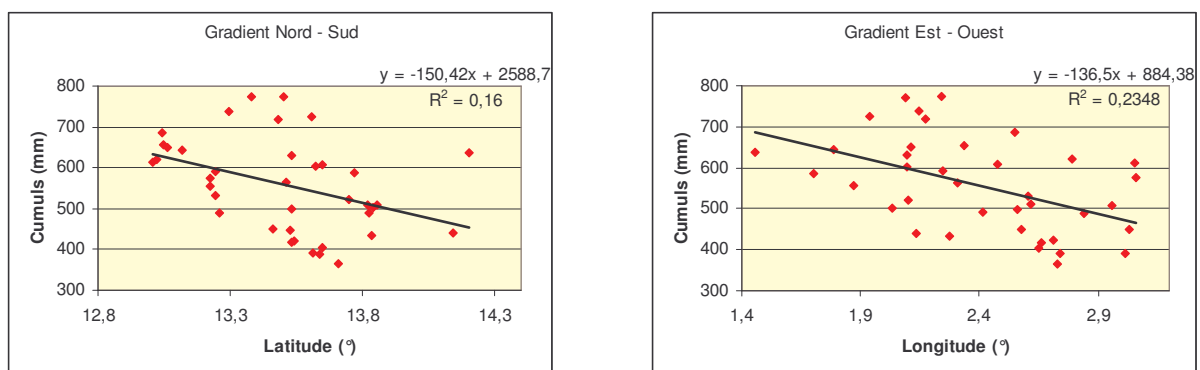


Figure 3.2 : Gradients généraux de la répartition de la pluviométrie sur la zone Epsat, pour la saison 2005.

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 :

$$M(y_i) = 884,38 - 136,5y_i$$

Le gradient de 136,5 mm/°, ou de 1,23 mm.km⁻¹ est assez proche et supérieur 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 :

$$M(x_i) = 2588,7 - 150,42x_i$$

Le gradient de 150,42 mm/°, ou de 1,36 mm.km⁻¹ est plus important.

Mais les coefficients de corrélation des deux régressions sont faibles, les phénomènes convectifs locaux ont eu prépondérance sur le gradient climatologique, et cette année, le cumul pluviométrique est donc plutôt indépendant de la latitude et de la longitude, ou leur relation n'est pas linéaire.

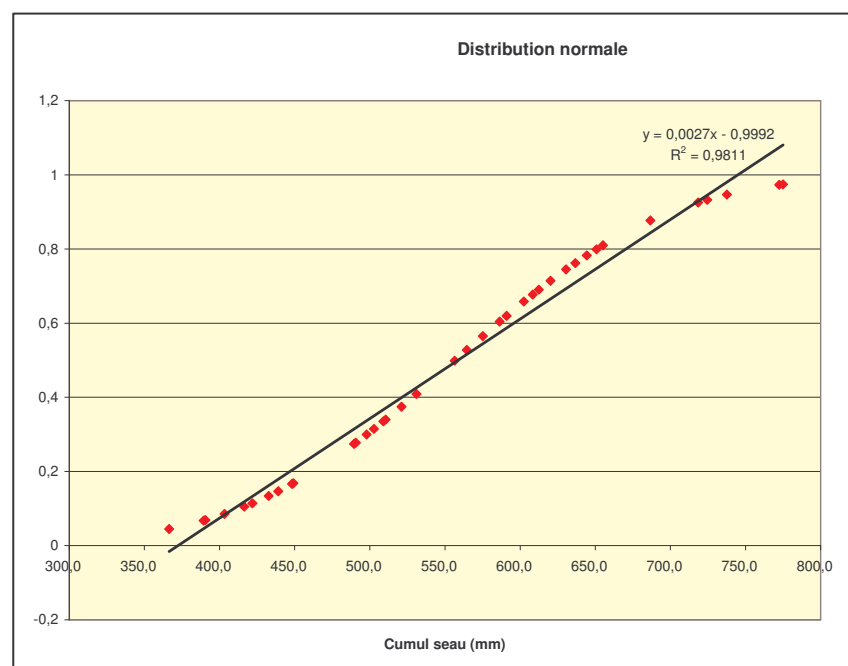
Si on krige les données selon le variogramme exponentiel défini par Abdou Ali, sur l'ensemble de la zone degré carré de Niamey on trouve un gradient moyen Sud - Nord de 0,27 mm.km⁻¹, et un gradient moyen Est-Ouest de 0,34 mm.km⁻¹.

Le gradient entre la station la plus arrosée (Kollo : 775,0 mm) et la station la moins arrosée (Kafina : 366,5 mm), séparées à vol d'oiseau de 95 km, est de 4,27 mm.km⁻¹.

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, cette année du 15 avril au 26 octobre, se répartissent selon une loi normale. Cette année, la loi normale a une moyenne arithmétique de 556,8 mm et un écart type de 112,1 mm.

Figure 3.3: Ajustement d'une loi normale sur les cumuls de la période 15 avril – 15 octobre 2005



3. Structure spatiale des cumuls : caractéristiques du variogramme des cumuls saisonniers

Le variogramme estimé à partir de la répartition des cumuls saisonniers de cette année est de type linéaire. (**Figure 3.4: Fonction de structure des cumuls (15 avril - 26 octobre 2005), et essai d'ajustement d'un modèle**)

Ce variogramme peut être modélisé par un modèle à deux composantes : un effet de pépité de 1310 mm^2 et une fonction linéaire de pente $18\,400 \text{ mm}^2$.

Ce variogramme est très différent de celui utilisé pour réaliser la carte des isohyètes précédemment, et basé sur l'article : « Rainfall estimation in the Sahel – part 1 :Error Fonction » par Abdou Ali et al, cela s'explique par une distribution très variable des pluies à l'échelle de la saison, et aussi que le travail de Abdou Ali a été réalisé à partir des résidus, c'est à dire en soustrayant l'effet gradient, ce qui n'est pas le cas avec ce variogramme. Pourtant la carte d'isohyètes réalisée avec ce variogramme linéaire n'est pas éloignée de la carte des isohyètes réalisée avec le variogramme théorique, ceci grâce au maillage serré du réseau Epsat.

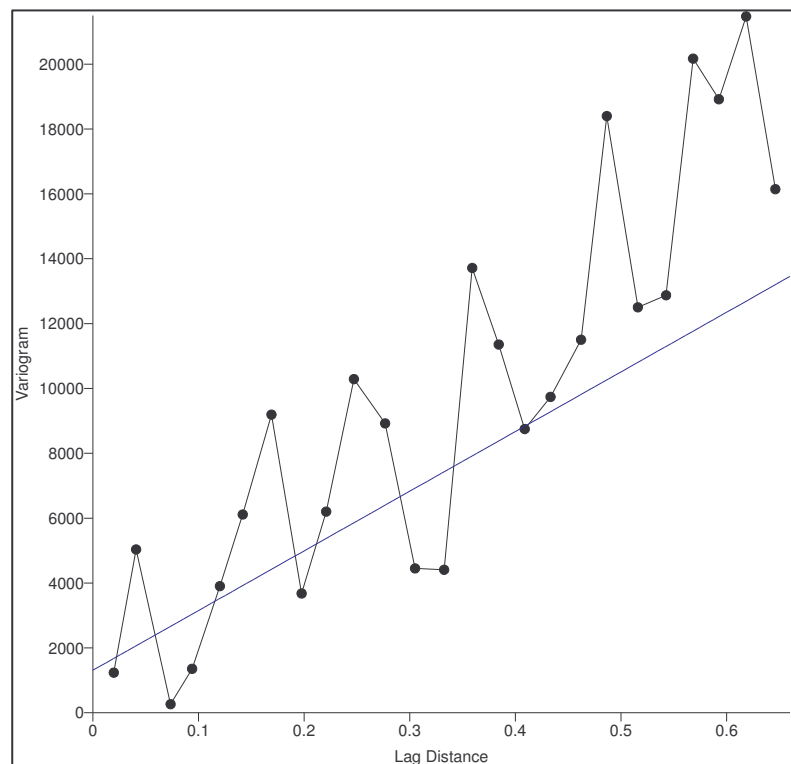


Figure 3.4: Fonction de structure des cumuls (15 avril - 26 octobre 2005), et essai d'ajustement d'un modèle

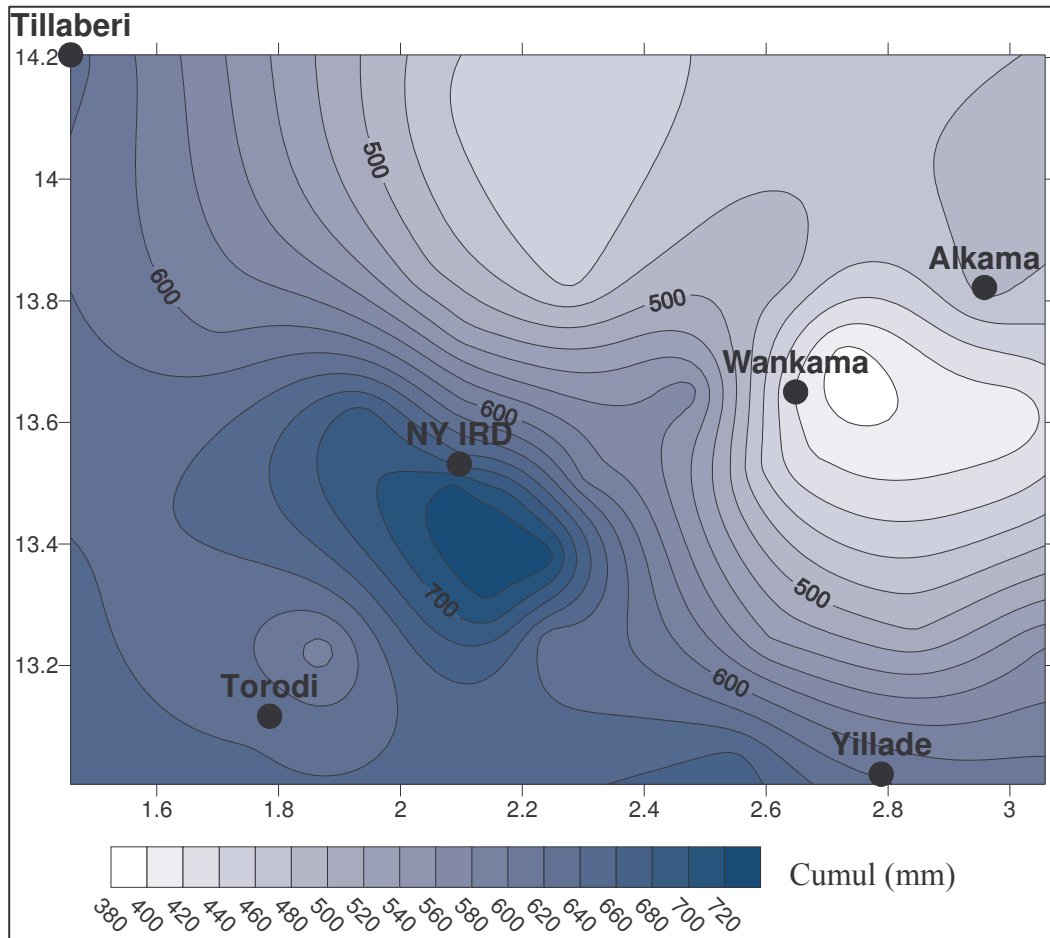


Figure 3.5 : Isohyètes du cumul saisonnier krigé suivant le modèle linéaire, pépite de 1310 mm², pente 18 400 mm².

Si on compare les cartes ECT (Figure 3.6 : Carte des ECT lorsque le krigeage est réalisé selon le variogramme linéaire et Figure 3.7 : Carte des ECT lorsque le krigeage est réalisé selon le variogramme exponentiel) issues de ces deux types de variogrammes, on constate que les écarts sont limités avec le modèle exponentiel. Et ce d'autant plus que le variogramme linéaire ne présente pas de palier (et donc une portée infinie). On gardera comme représentation la carte issue du krigeage par le variogramme défini dans l'article cité précédemment.

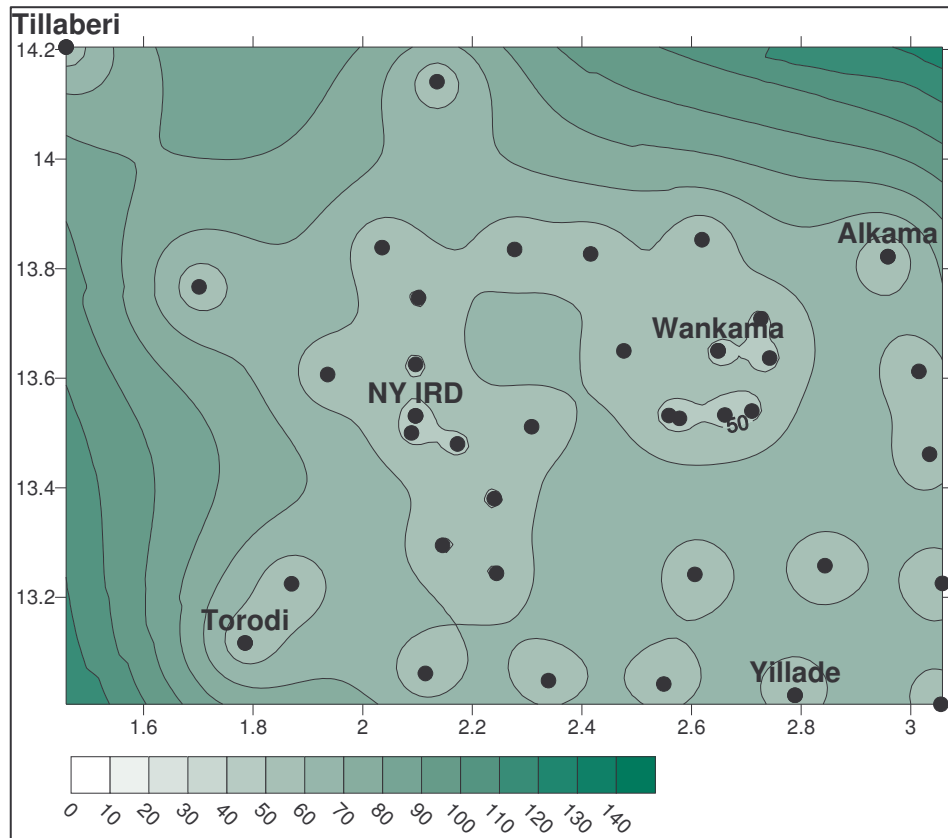


Figure 3.6 : Carte des ECT lorsque le krigeage est réalisé selon le variogramme linéaire.

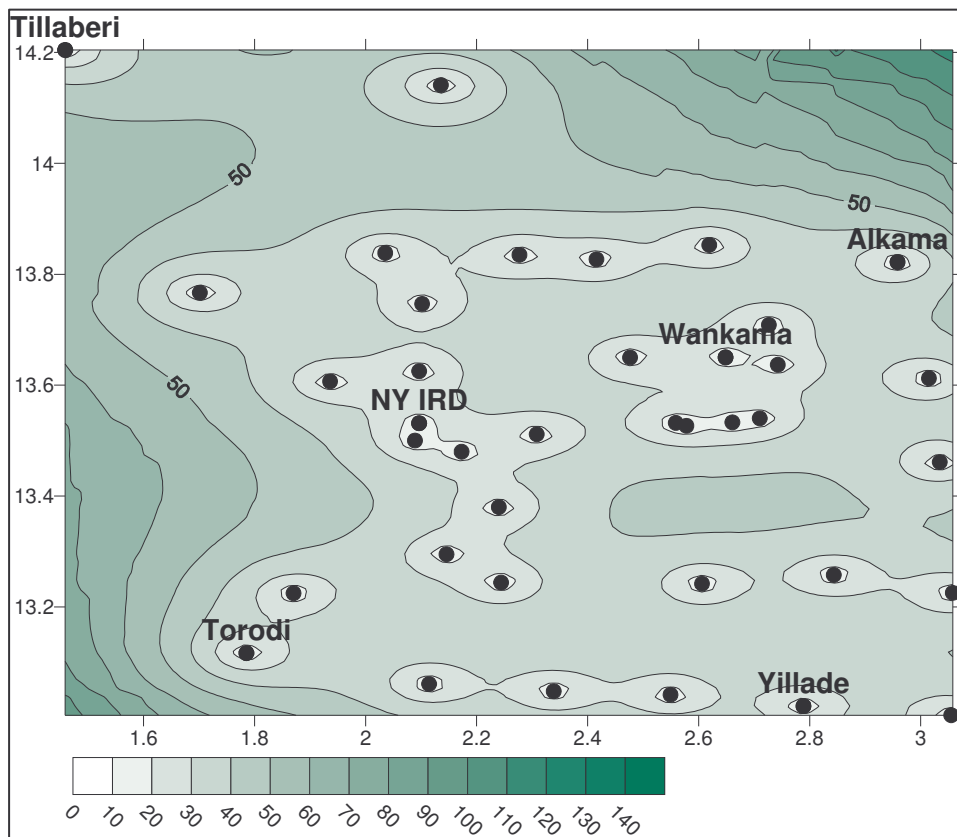


Figure 3.7 : Carte des ECT lorsque le krigeage est réalisé selon le variogramme exponentiel.

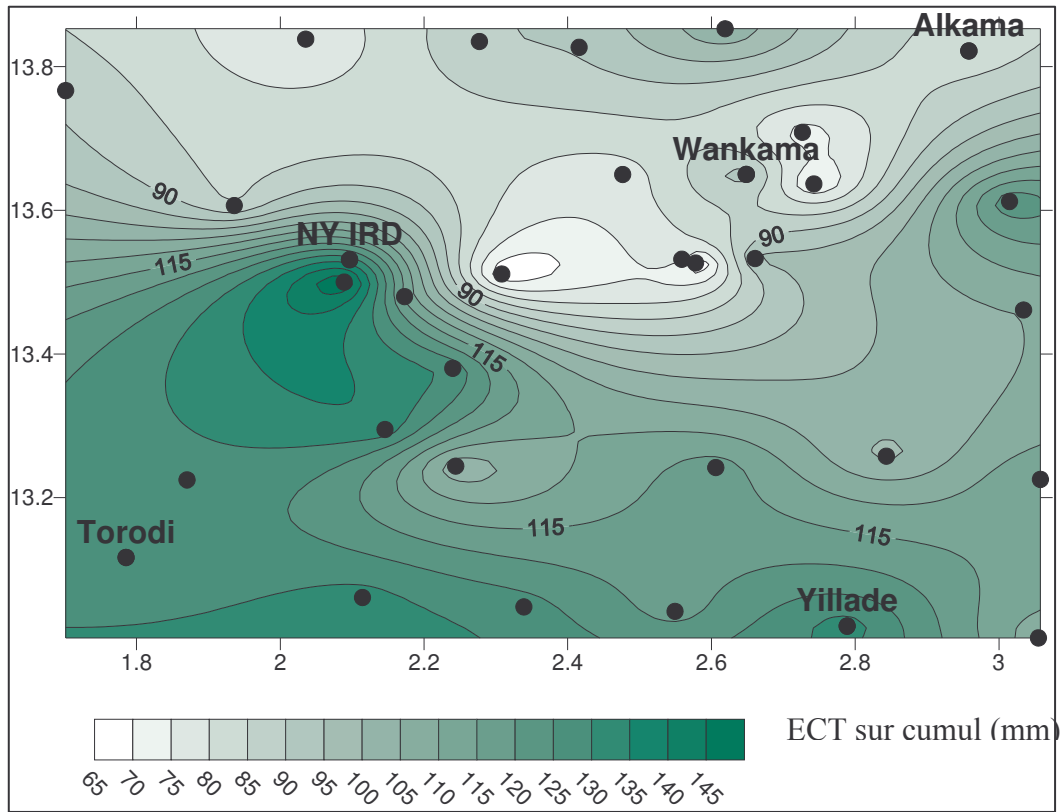


Figure 3.8 :Carte des écarts types sur les cumuls moyens annuels depuis 1990, suivant le modèle exponentiel défini dans l'article cité précédemment.

...

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.

Le nombre d'épisodes majeurs en 2005 est égal à 49, selon les critères d'extension spatiale et de continuité temporelle définis précédemment (cf. **Tableau 3.1: Liste des 49 évènements majeurs enregistrés en 2005 à partir de 34 stations**).

Par rapport aux années précédentes, le nombre d'épisodes majeurs est important (la moyenne du nombre d'évènements majeurs sur le degré carré est de 42 depuis 1991).

N°	Début	Fin	N	i	j	5	10	15	30	60	Total	Durée
1	2/ 5 a 22h30'	3/ 5 a 2h45'	14	50	43	44 43	84 43	112 43	190 43	295 43	366 43	260
2	5/ 5 a 5h45'	5/ 5 a 8h50'	19	73	86	34 86	42 414	59 414	93 414	111 414	129 414	190
3	9/ 5 a 5h 0'	9/ 5 a 7h10'	13	61	11	96 61	127 61	182 61	331 61	380 61	385 61	135
4	30/ 5 a 12h25'	30/ 5 a 18h20'	33	26	86	131 54	213 54	294 54	451 25	598 25	642 25	360
5	4/ 6 a 1h40'	4/ 6 a 7h40'	34	54	82	81 49	145 49	186 80	271 80	295 80	489 49	365
6	7/ 6 a 14h25'	7/ 6 a 17h55'	21	26	86	160 54	294 54	391 54	745 54	852 54	852 54	215
7	10/ 6 a 22h55'	11/ 6 a 5h15'	33	43	86	118 43	209 43	263 43	337 43	462 94	629 94	385
8	17/ 6 a 17h35'	17/ 6 a 19h20'	11	85	83	175 83	323 83	464 83	710 83	913 83	914 83	110
9	23/ 6 a 0h15'	23/ 6 a 2h55'	16	43	94	44 41	55 41	63 41	65 41	65 41	65 41	165
10	26/ 6 a 15h55'	26/ 6 a 21h 0'	33	26	86	101 51	154 51	203 51	289 26	331 26	361 26	310
11	26/ 6 a 22h20'	27/ 6 a 1h50'	32	43	26	37 51	63 51	70 51	101 26	153 26	215 26	215
12	29/ 6 a 3h40'	29/ 6 a 5h35'	12	41	86	68 41	82 41	89 41	115 51	115 51	115 51	120
13	29/ 6 a 21h 5'	30/ 6 a 0h20'	12	80	82	68 85	133 57	175 57	264 57	270 57	270 57	200
14	30/ 6 a 8h55'	30/ 6 a 12h20'	11	85	82	48 85	56 85	63 85	87 85	136 85	208 85	210
15	2/ 7 a 4h 5'	2/ 7 a 9h15'	33	34	82	76 34	123 34	168 34	255 83	391 83	465 83	315
16	2/ 7 a 22h25'	3/ 7 a 4h20'	27	49	86	152 11	252 86	334 86	483 86	569 25	639 25	360
17	5/ 7 a 2h35'	5/ 7 a 4h45'	17	57	51	101	184	227	258	258	258	135

						25	25	25	25	25	25	
18	8/ 7 a 8h30'	8/ 7 a 14h50'	34	57	86	85 9	151 9	208 9	331 9	471 9	610 9	385
19	9/ 7 a 21h20'	10/ 7 a 4h 0'	34	43	414	85 80	160 32	237 32	415 32	516 32	550 32	405
20	14/ 7 a 0h10'	14/ 7 a 6h 0'	34	61	414	102 414	200 414	275 414	504 414	886 414	1013 414	355
21	15/ 7 a 5h 0'	15/ 7 a 7h35'	20	61	73	28 28	50 18	57 18	60 18	60 18	70 18	160
22	17/ 7 a 8h 0'	17/ 7 a 16h25'	32	26	413	79 57	152 57	224 57	365 57	447 57	549 57	510
23	18/ 7 a 22h25'	19/ 7 a 3h25'	32	34	414	98 43	175 43	211 43	261 43	268 43	268 43	305
24	20/ 7 a 19h35'	20/ 7 a 21h40'	22	57	85	161 84	267 84	330 84	450 84	492 84	492 84	130
25	30/ 7 a 19h40'	31/ 7 a 2h 0'	33	26	414	110 34	213 34	297 34	407 34	408 34	408 34	385
26	31/ 7 a 3h20'	31/ 7 a 8h 5'	33	413	25	71 35	119 35	168 35	301 35	521 35	616 35	290
27	4/ 8 a 20h25'	4/ 8 a 23h40'	23	73	86	160 105	281 105	390 105	593 84	673 84	673 84	200
28	6/ 8 a 13h50'	6/ 8 a 19h45'	30	26	85	85 41	139 41	180 41	233 41	253 41	311 80	360
29	8/ 8 a 18h35'	8/ 8 a 22h40'	33	5	54	123 41	220 41	270 41	445 82	497 82	615 82	250
30	10/ 8 a 4h20'	10/ 8 a 6h40'	18	61	49	15 61	20 61	20 61	24 21	36 21	40 61	145
31	10/ 8 a 17h55'	10/ 8 a 19h35'	12	54	94	76 82	142 82	188 82	254 82	295 82	295 82	105
32	12/ 8 a 2h 5'	12/ 8 a 8h40'	33	43	86	150 414	269 414	386 414	512 414	537 414	587 414	400
33	15/ 8 a 2h45'	15/ 8 a 9h35'	32	34	49	108 116	182 116	248 26	328 26	364 26	416 21	415
34	16/ 8 a 1h55'	16/ 8 a 7h30'	27	43	86	116 9	193 73	251 73	365 54	413 54	481 54	340
35	16/ 8 a 16h50'	16/ 8 a 19h 5'	20	61	29	32 61	63 61	86 61	125 61	125 61	125 61	140
36	17/ 8 a 1h40'	17/ 8 a 13h25'	32	35	29	79 414	139 414	189 414	294 414	391 32	660 32	710
37	17/ 8 a 14h30'	17/ 8 a 17h25'	12	11	78	76 21	128 21	157 21	190 21	214 21	220 21	180
38	26/ 8 a 16h10'	26/ 8 a 19h10'	18	94	105	87 83	147 83	158 83	178 86	324 86	332 86	185
39	28/ 8 a 22h40'	29/ 8 a 0h55'	21	29	25	150 85	257 85	335 85	445 85	446 85	446 85	140
40	29/ 8 a 1h40'	29/ 8 a 5h 5'	25	414	82	96 414	150 414	179 414	224 414	235 414	333 414	210
41	1/ 9 a 14h 5'	1/ 9 a 19h30'	33	26	82	95 83	139 85	169 85	278 85	506 85	506 85	330
42	6/ 9 a 6h10'	6/ 9 a 12h 0'	34	78	85	89 51	141 51	211 51	264 51	337 51	422 83	355
43	8/ 9 a 5h25'	8/ 9 a 7h35'	20	18	54	80 85	138 85	190 85	249 85	252 85	252 85	135

44	13/ 9 a 15h40'	13/ 9 a 17h50'	11	105	82	59 82	116 82	164 82	191 82	238 82	435 82	135
45	20/ 9 a 6h40'	20/ 9 a 10h40'	26	57	49	118 94	233 21	307 21	400 94	436 94	441 94	245
46	25/ 9 a 3h55'	25/ 9 a 7h20'	16	26	105	64 32	103 28	130 32	205 32	305 32	325 32	210
47	26/ 9 a 17h35'	26/ 9 a 20h55'	27	21	86	97 105	176 105	242 105	312 105	348 105	348 105	205
48	2/10 a 10h15'	2/10 a 13h 5'	13	26	51	78 32	116 32	141 32	168 105	176 29	176 29	175
49	3/10 a 23h 0'	4/10 a 3h55'	30	26	84	71 86	116 86	152 86	187 86	240 85	265 85	300

Maxima :

5 mn : 175	30 mn : 745
10 mn : 323	60 mn : 913
15 mn : 464	Totalite : 1013

Tableau 3.1: Liste des 49 événements majeurs enregistrés en 2005 à partir de 34 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 tableau 3.1 :Liste des 49 événements majeurs enregistrés en 2005 à partir de 34 stations, résume les différentes caractéristiques des événements majeurs pour les années 1991 à 2005. La relation entre le nombre d'événements majeurs et le cumul saisonnier donne un coefficient de corrélation r^2 de 0,46, la qualité de cette relation n'est pas excellente.

On définit aussi un type d'événement, dit de grande extension, lorsque l'événement pluvieux étudié couvre 80% des stations pluviographiques du réseau.

En travaillant sur ces événements de grande extension, les deux variables nombre d'événements majeurs et cumul saisonnier semblent plutôt indépendantes, avec un coefficient de corrélation r^2 de 0,26.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Nb Évts majeurs	47	50	38	55	32	38	34	44	49	39	36	42	36	39	49
Nb Évts grde ext	30	27	27	30	21	26	14	22	25	17	16	19	24	20	21
Moyenne cumuls saisonniers	522	513	463	663	495	503	418	659	563	443	463	524	530	537	557
Moyenne cumuls Évts majeurs	519	504	424	538	454	446	366	593	480	383	358	471	434	466	463
Moyenne cumuls Évts grde ext	415	428	318	382	381	357	238	427	331	245	211	377	369	397	299
% cumul evt maj / cum saison	99	98	92	81	92	89	88	90	85	87	77	90	82	87	83
% cumul evt grde ext / cum saison	80	84	69	58	77	71	57	65	59	55	46	72	70	74	54
% cumul evt grde ext / cum evt maj	80	85	75	71	84	80	65	72	69	64	59	80	85	85	65
% nb evt grde ext / nb evt maj	64	54	70	55	66	68	41	50	51	44	44	45	67	51	43

Tableau 3.2: Comparaison pour les années 1991 à 2005 de l'importance des évènements majeurs et de grande extension.

Comparaison entre 1991 et 2005 du nombre d'événements majeurs et de grande extension, du cumul saisonnier, du cumul obtenu lors des évènements majeurs (au moins 30 % de stations touchées), du cumul obtenu lors des évènements de grande extension (au moins 80 % de stations touchées), du pourcentage du cumul obtenu lors des évènements majeurs par rapport au cumul total, du pourcentage du cumul obtenu lors des évènements de grande extension (80% des stations touchées) par rapport au cumul obtenu lors des évènements majeurs, et du pourcentage du nombre d'évènements ayant touchés plus de 80 % des stations par rapport au nombre total d'évènements.

Sur les quinze années d'étude, on peut, par contre, constater que la participation des événements majeurs au cumul total de la saison varie d'une année sur l'autre entre 77% et 99%, avec une moyenne de 88%. Cela montre la contribution importante de ce type d'événement au cumul saisonnier, même si leur nombre n'est pas révélateur de la qualité de la saison.

Les événements de grande extension eux ne représentent en moyenne que 66% du cumul saisonnier, avec un minimum de 46% en 2001. Ce constat est un indicateur de l'importance des évènements locaux à faible dispersion spatiale sur la zone étudiée.

2. Cumuls issus des événements majeurs.

L'histogramme des cumuls des épisodes majeurs sur le degré carré (**Figure 3.9: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2005**) montre une forte prépondérance des événements peu productifs, 33% sont inférieurs à 5 mm de cumul moyen, et plus de 55% sont inférieurs à 10 mm. Seuls 10% des événements ont apporté plus de 20 mm de pluie en moyenne sur la zone étudiée, et on n'en compte aucun au dessus de 25 mm.

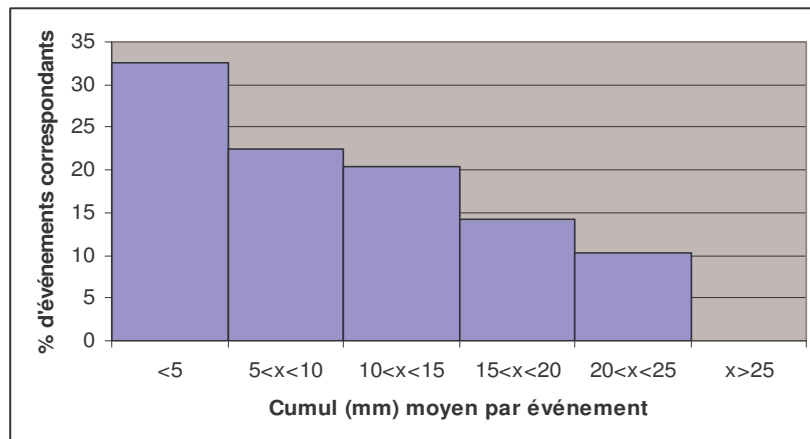


Figure 3.9: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de cumul moyen produit pendant un événement, pour la saison 2005

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 2005 présente de forts gradients locaux sur les cumuls saisonniers. Ainsi entre les stations de Guilahel (737,6mm) et IH Jachere (591,0mm), distantes de 11,6 km, le gradient avoisine les 13 mm.km⁻¹. De même entre les stations de Beri Koira (608,4mm) et Kafina (366,5mm), distantes de 28 km, le gradient avoisine les 9 mm.km⁻¹ ou encore les stations de Boubon (724,5mm) et Tondibiagorou (602,5mm), distantes de 17,2 km, pour lesquelles le gradient est supérieur à 7 mm.km⁻¹. Les stations citées précédemment ne sont pas localisées spécialement sur une zone précise du degré carré, ces variations de pluviométrie importantes sur de faibles distances ne sont pas liées à une latitude ou une longitude particulière.

Mais le gradient le plus spectaculaire se trouve sur Niamey, avec entre les stations IRD (630,6 mm) et IRI (772,4 mm), un gradient de 35 mm.km⁻¹.

Si on compare les hauteurs de pluies sur les deux stations (**Figure 3.10 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – 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, pouvant dépasser un rapport de 1 à 2-.

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 3.10 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – Hauteurs de pluie événementielles (mm)**, on peut noter qu'au cours de la saison, et particulièrement au début, la station IRI est bien d'avantage arrosée que celle de l'IRD.

Au 17 juin, le cumul événementiel à la station IRI est de 183,4 mm, tandis qu'à Niamey on n'enregistre que 101 mm..

La station Descroix située entre l'IRD et l'IRI affiche à cette date 121 mm de cumul seuu.

Sur la **Figure 3.11 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – Hauteur de pluie cumulée (mm)**, on voit bien la comparaison du cumul des deux stations qui évolue en forme de cône, la tendance à des précipitations plus importantes sur la station IRI est valable sur toute la saison.

Ce cas est bien en adéquation avec un phénomène mis en évidence (Taylor et Lebel, 1997) sur la zone EPSAT : en cours de saison, et particulièrement en début de mousson, la pluie a tendance à tomber préférentiellement sur les zones précédemment plus arrosées.

L'albédo, la rugosité au sol et l'ETP influencent probablement ce phénomène.

Dans le cas étudié précédemment il est intéressant de considérer que de manière générale sur la saison 2005, en région de Niamey, la pluviométrie a été plus importante en rive droite qu'en rive gauche du fleuve.

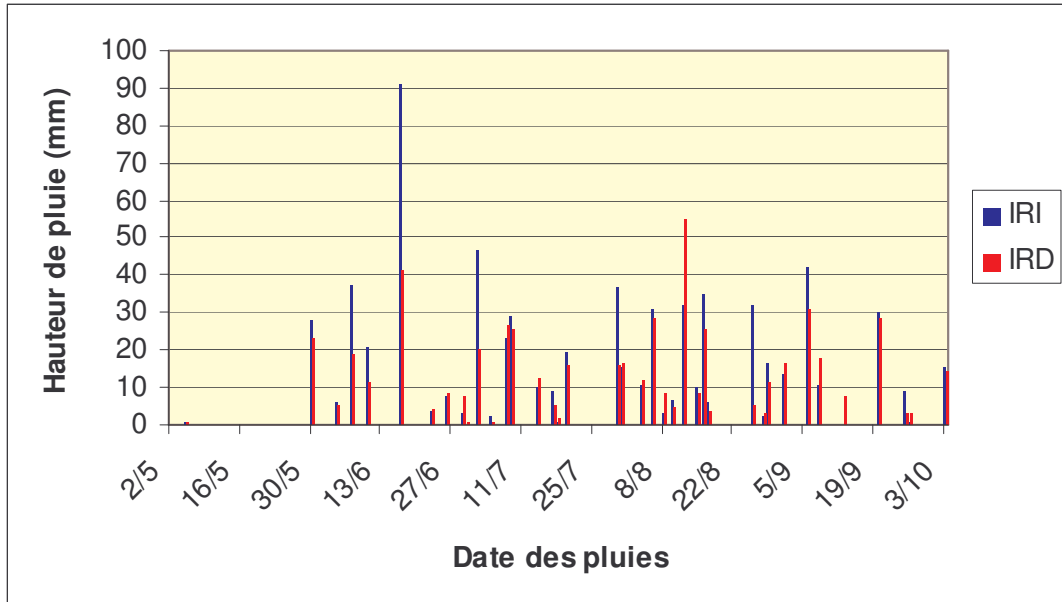


Figure 3.10 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – Hauteurs de pluie événementielles (mm).

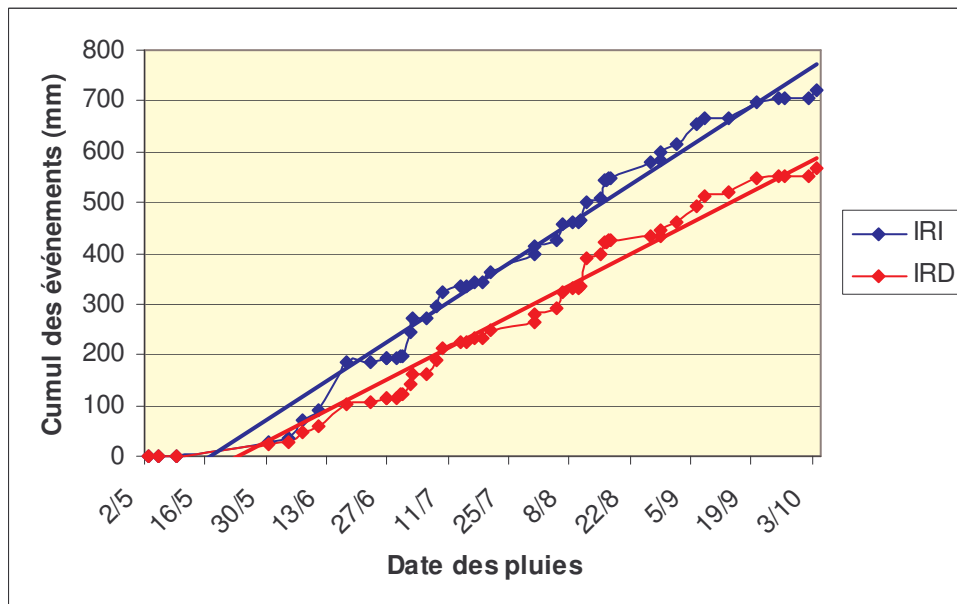


Figure 3.11 : Comparaison des événements pluvieux pour la saison 2005 sur les station IRD et IRI à Niamey – Hauteur de pluie cumulée (mm).

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 (en considérant que seuls les événements concernant plus de 30% du réseau sont retenus). Si on compare le cumul saisonnier et le cumul évènementiel pour chaque station, on constate qu'un différentiel (ou Δ) delta pouvant aller jusqu'à 30% sépare les deux données, et que ce différentiel (ou Δ) delta est en moyenne de 16%.

Mais on peut constater le phénomène sur des systèmes de taille méso.

Par exemple, l'évènement numéro 22 du 17 juillet 2005 entre 08h00 et 16h25 montre un fort gradient général nord/sud et est/ouest. (**Figure 3.12 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 22, du 17 juillet 2005**).

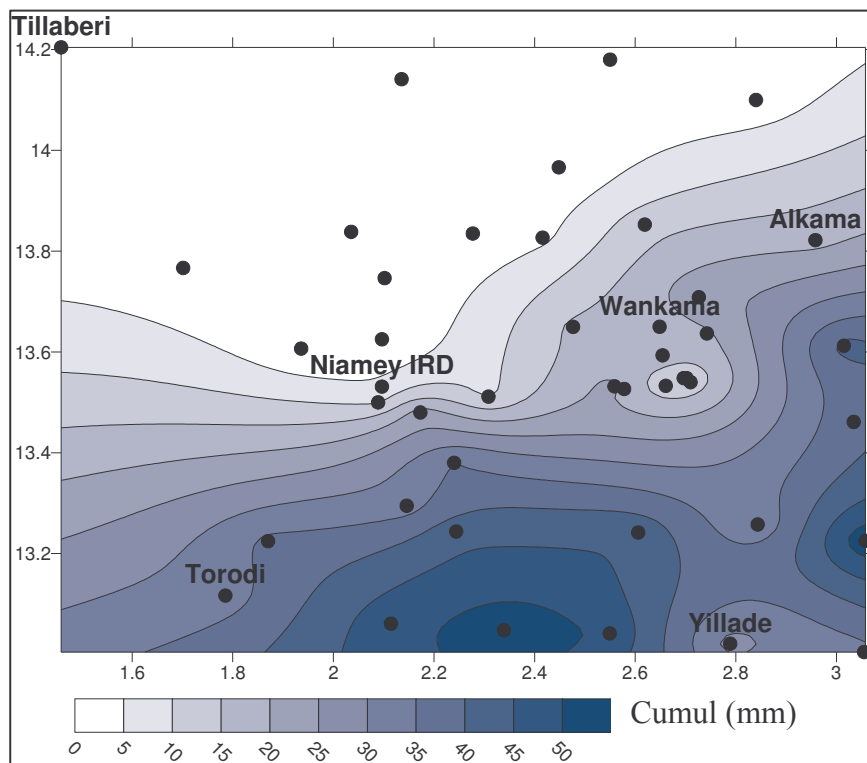
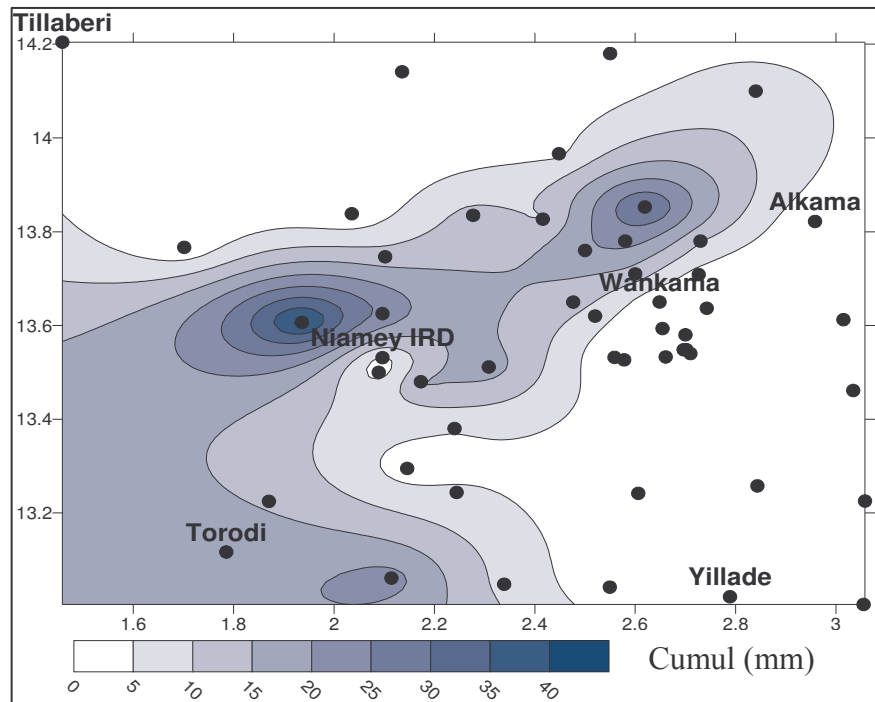


Figure 3.12 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 22, du 17 juillet 2005.

L'évènement 39 du 28 août 2005 de 22h40 à 00h55 permet de bien visualiser ce système de convection localisé. La cellule à l'ouest de Niamey a provoqué un gradient notoire entre Boubon et Niamey de $1,4 \text{ mm.km}^{-1}$. (**Figure 3.13 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 39, du 28 août 2005**).

Figure 3.13 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 39, du 28 août 2005.



Grâce aux nouveaux appareils posés en cours de saison autour du super site Wankama-Banizoumbou, on peut aussi faire un zoom sur cette région, pour l'évènement 37 de la saison, le 17 août 2005, entre 14h30 et 17h25 (**Figure 3.14 : Cumuls pluviométriques de l'évènement numéro 37, du 17 août 2005.**)

Le gradient entre Wankama et Goguiézé est supérieur à 2 mm.km^{-1} , et entre Maourey Kouara Zeno (MKZ) et Sama Dey on trouve un gradient de plus de 4 mm.km^{-1} .

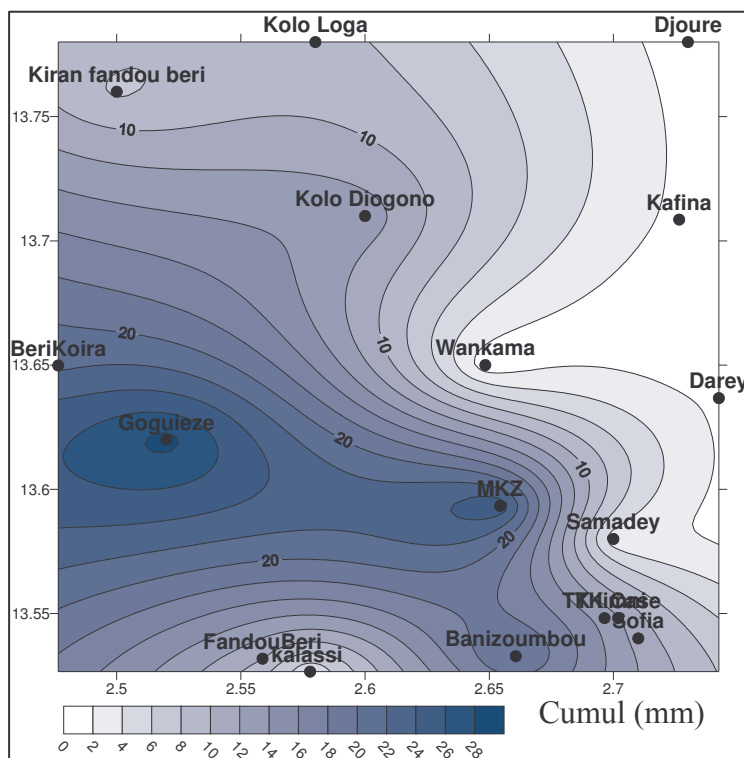


Figure 3.14 : Cumul de l'évènement numéro 37, du 17 août 2005, sur la zone du super site Wankama-Banizoumbou.

3. Exemple : le cas 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 3.15: Comparaison des cumuls mensuels 2005 (mm) des 3 stations de Niamey**). Ces différences de pluviométrie au niveau mensuel découlent de la variabilité de la pluviométrie au niveau événementiel.

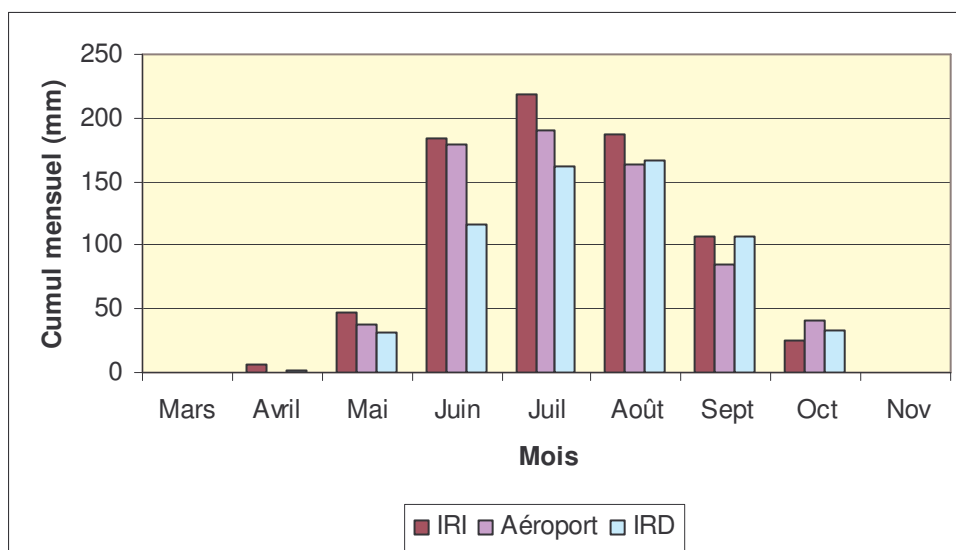


Figure 3.15: Comparaison des cumuls mensuels 2005 (mm) des 3 stations de Niamey.

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 ou géomorphologiques, 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 2005

En 2005 la répartition générale des événements suit l'évolution classique en forme de cloche, du début à la fin de la saison. (cf **Figure 4.1 : répartition des événements pluvieux pour la saison 2005**), excepté de forts événements fin mai début juin.

On remarque aussi que la première série de petites pluies qui a eu lieu début mai, a été suivie d'une interruption des précipitations de 3 semaines, puis la saison a complètement démarré le 30 mai.

On peut noter que les 13 et 14 octobre 2 événements n'ont pas été comptabilisés comme majeurs, mais ont prolongé la saison, notamment pour la station IRD Niamey.

Sur le cumul saisonnier, 2005 (557 mm) a été une année meilleure que la moyenne obtenue sur le degré carré depuis 1991 (523 mm).

Sur la **Figure 4.2 : Evolution des cumuls moyen de pluie sur la zone Epsat pour la saison 2005, et les décennies 1951/1970, et 1971/1990**, on compare l'évolution des cumuls moyens 2005 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 meilleure que la référence la plus sèche, mais qu'elle est bien inférieure à la référence 1951/1970.

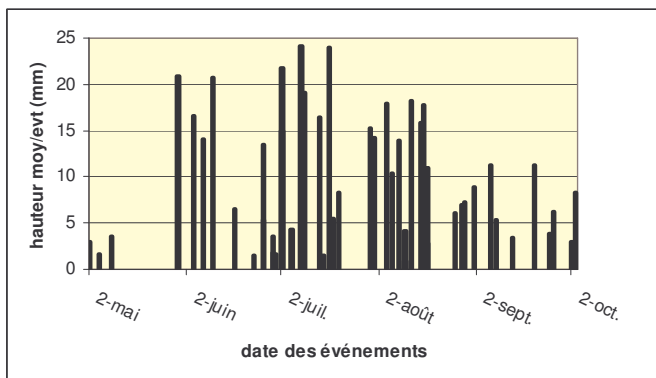


Figure 4.1 : répartition des événements pluvieux pour la saison 2005

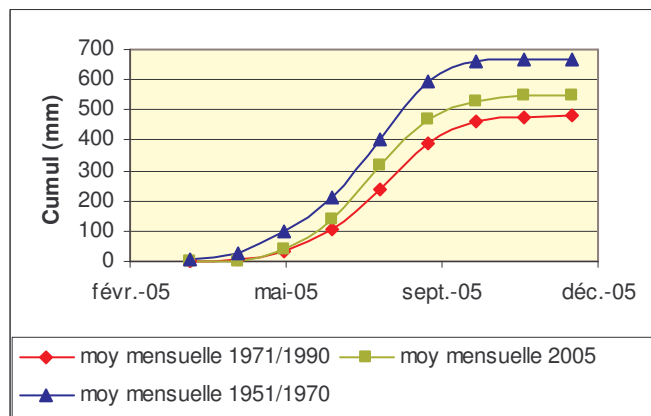


Figure 4.2 : Evolution des cumuls moyen de pluie sur la zone Epsat pour la saison 2005, et les décennies 1951/1970, et 1971/1990.

2. Cumuls mensuels sur le degré carré

La saison 2005 a débuté assez tard par rapport aux moyennes (**Figure 4.3 : Comparaison des cumuls mensuels en 2005 par rapport aux décennies pluvieuse (1951/1970) et sèche (1971/1990)**), puis elle peut être qualifiée de bonne saison jusqu'en juillet, en août et septembre elle est plutôt déficitaire, au même niveau que le cumul mensuel de la décennie sèche 1971/1990.

Sur l'ensemble de l'année, la saison 2005 semble coupée en deux, avec une première moitié qui présente une bonne pluviométrie, et une seconde plutôt déficitaire, et décalée dans le temps avec une première et dernière pluie tardive.

Le mois de juillet a été le plus bénéfique, avec un apport en eau représentant 32% de la saison, alors que le mois d'août ne représente que 28%, et sachant que la répartition générale des événements pluvieux veut que le mois d'août soit classiquement plus productif en pluie.

Par rapport aux années plus récentes : 1990/2004, (**Figure 4.4 : Comparaison des cumuls mensuels en 2005 et de la période 1990/2004**) la saison 2005 est bonne mais c'est essentiellement grâce à une forte pluviométrie en son début. On retrouve le décalage dans le temps, la saison a été tardive.

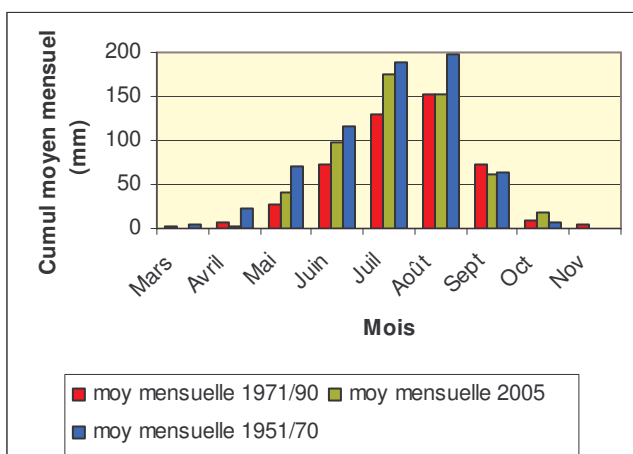


Figure 4.3 : Comparaison des cumuls mensuels en 2005 par rapport aux décennies pluvieuse (1951/1970) et sèche (1971/1990)

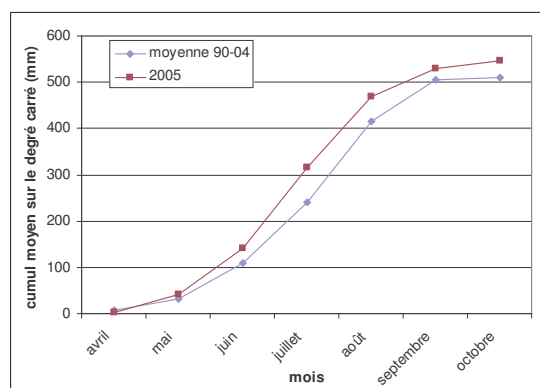
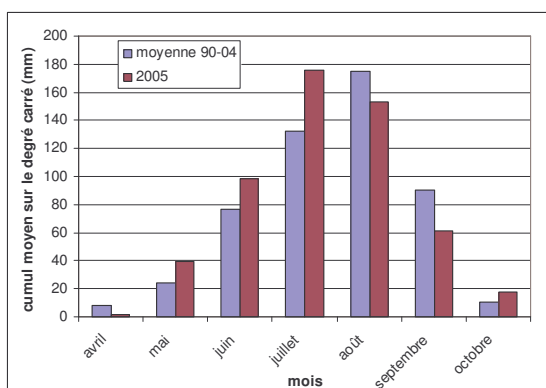
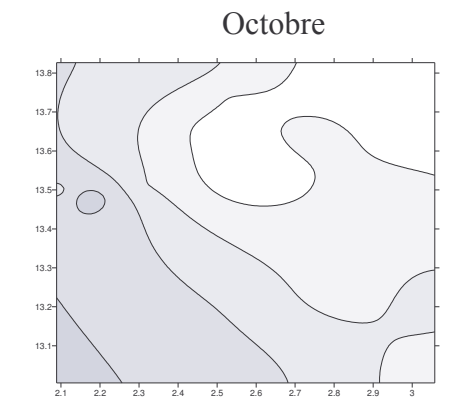
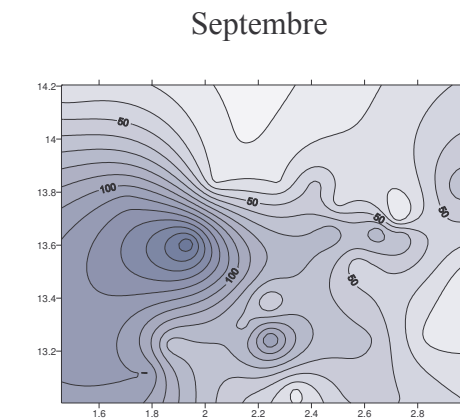
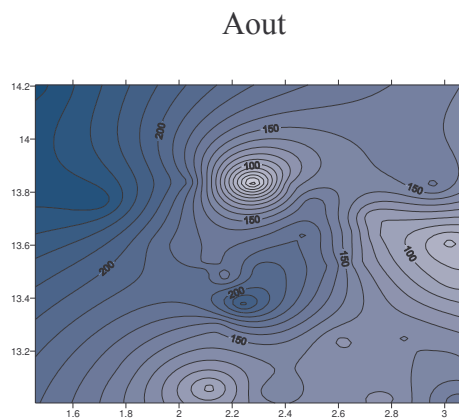
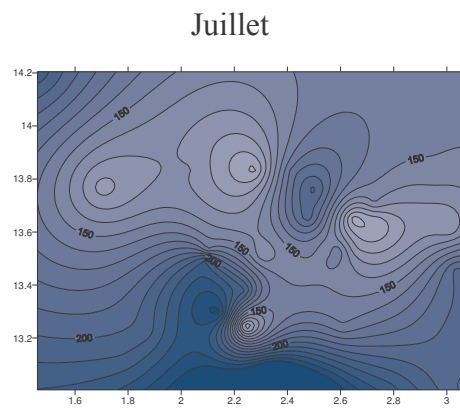
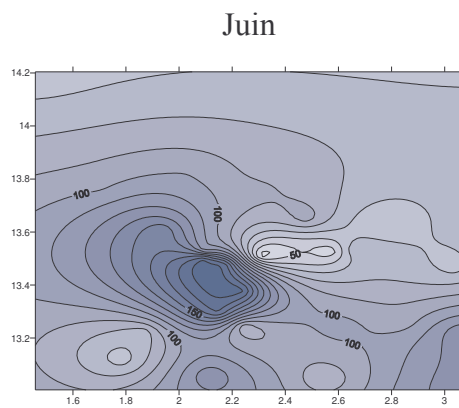
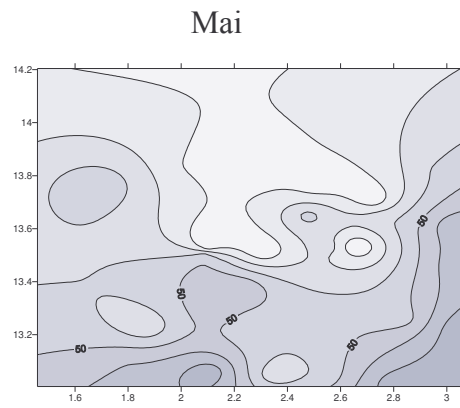
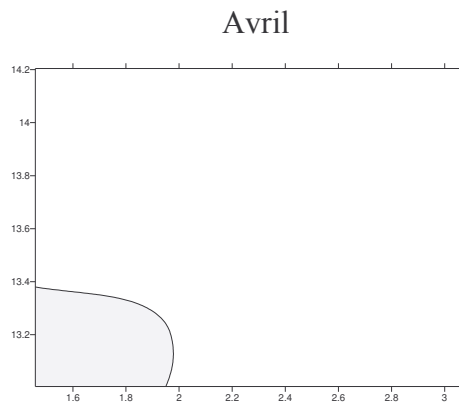
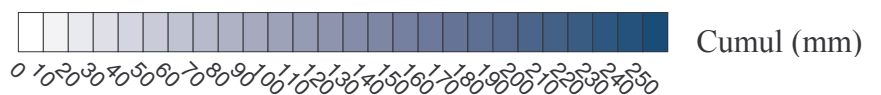


Figure 4.4 : Comparaison des cumuls mensuels en 2005 et de la période 1990/2004



**Figure 4.5 : Isohyètes mensuelles (mm)
de la saison des pluies 2005 sur le degré
carré de Niamey**



B. Analyse temporelle des événements 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), mais la répartition au cours de la saison de ces événements garde une cohérence.

On peut noter, comme cela est régulièrement le cas sur la zone d'étude Epsat, que les premiers événements pluvieux sont suivis d'une interruption (cette année de 3 semaines) de la pluie, avant la véritable installation de la saison pluvieuse.

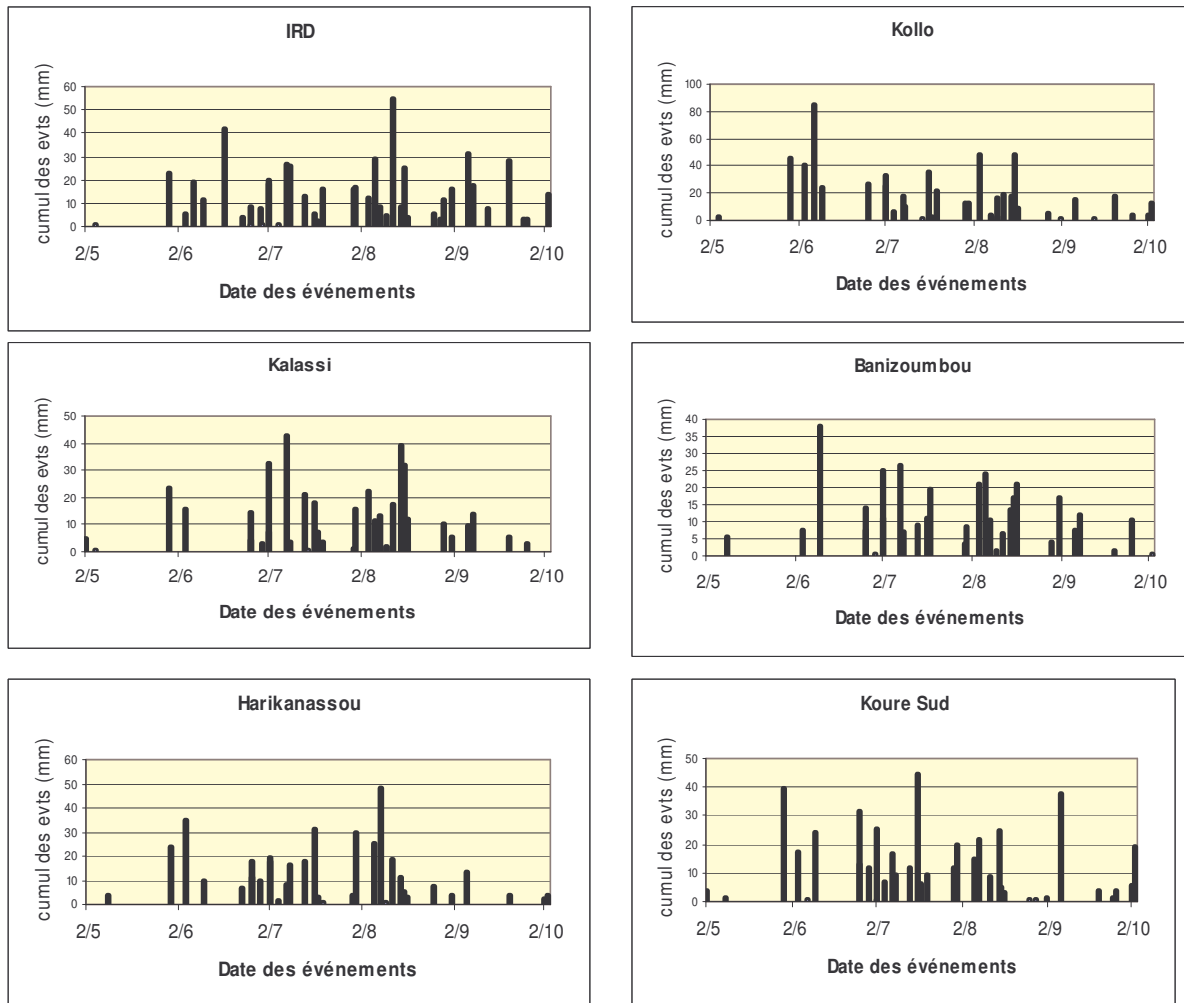


Figure 4.6: Chronologies des pluies journalières (mm) enregistrées sur 6 stations.

b) Comparaison des hyétogrammes moyens de trois années

Le cumul événementiel de 2005 (463 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 2005.**

Attention de part la définition d'un évènement majeur, le cumul événementiel est forcément moindre au cumul saisonnier total.

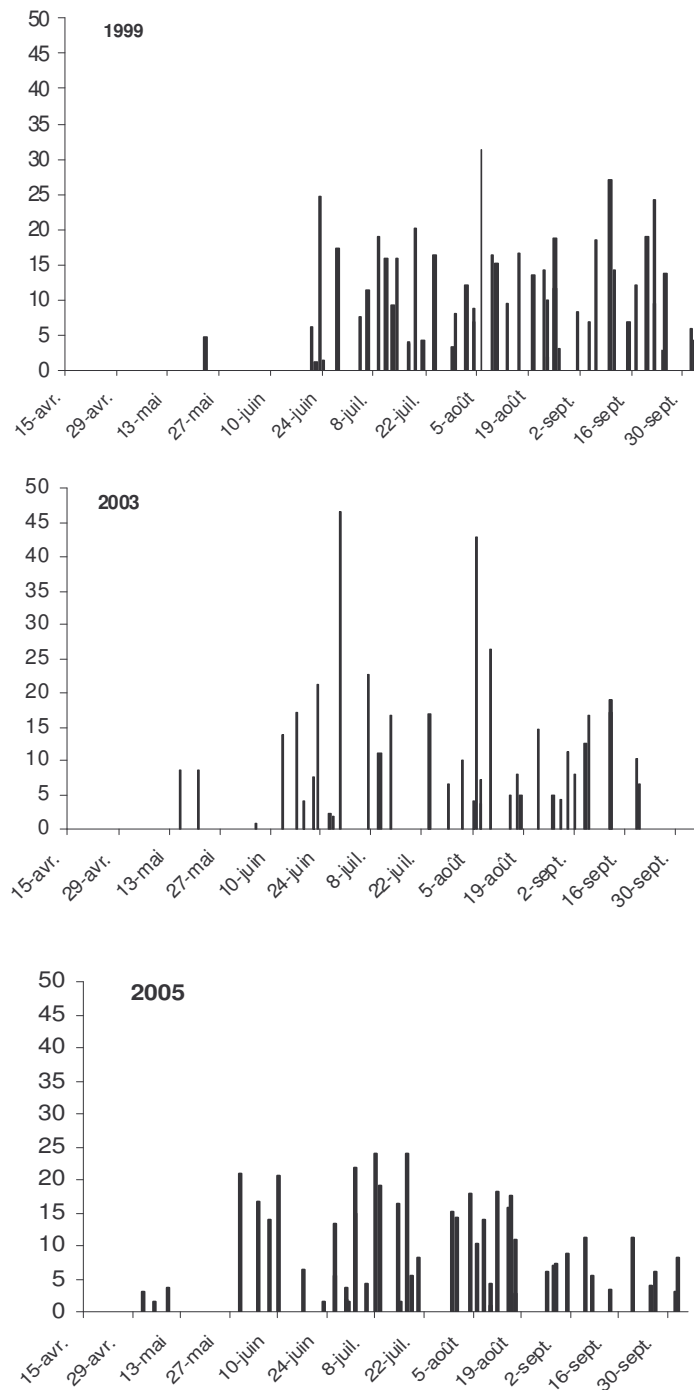


Figure 4.7: Chronologie et cumul moyen des évènements majeurs (mm) enregistrés sur le degré carré en 1999, 2003 et 2005.

La distribution temporelle des événements majeurs au cours de ces 3 années est différente.

En 2003 et 2005, le nombre d'événements est relativement différents (36 en 2003 et 49 en 2005), en 2003 les intensités des événements étaient plus faibles et ces événements étaient plus espacés. Par contre il y a eu deux événements particulièrement intenses le 29 juin (46.6mm) et le 6 août (42.8mm).

En 2005 le cumul moyen des événements majeurs est assez stable au cours de la saison, par rapport à 1999 (qui présente le même nombre d'événements (49)). En 2005 la saison a commencé bien plus tôt qu'en 2003, et 1999, et elle finit tard aussi.

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

2. Caractéristiques temporelles des événements majeurs

a) Histogramme de la durée de ces événements

L'historgramme de répartition de la durée des épisodes majeurs (**Figure 4.8: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de durée (en heures) de l'évènement, pour la saison 2005**), montre une prépondérance des pluies d'une durée de 1 à 6 heures.

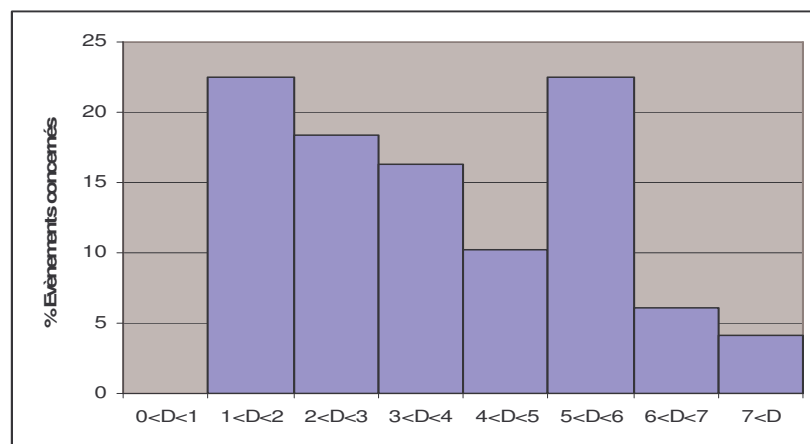


Figure 4.8: Répartition du nombre d'événements majeurs par classe de durée (en heures) de l'évènement, pour la saison 2005

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

Cette année à la fin du mois d'août, un système nuageux de méso-échelle a été très bien repéré au radar : du Bénin il est remonté sur le Niger, puis s'est séparé en deux, une partie dense est redescendue sur le Burkina Faso, tandis qu'une autre partie se divisait plutôt en plusieurs petits systèmes et remontait vers le Mali.

Afin d'étudier son impact en terme de pluviométrie on a analysé les événements qui correspondaient à cette période sur un petit pas de temps.

Les images radar étant réalisées à un pas de temps de 15 minutes, l'évènement 41 de la saison le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 a été étudié à ce pas de temps, afin d'en émettre une cartographie de la répartition spatiale de la pluie à ce moment.

L'analyse des hauteurs de pluie instantanées et cumulées est rendu dans les **figures 4.9 : Répartition spatiale des intensités maximales de pluie durant l'évènement 41 de la saison 2005, le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes**, et la **figure 4.10 : Répartition spatiale des cumuls de pluie durant l'évènement 41 de la saison 2005, le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes**.

On constate que bien que le système nuageux soit de taille importante, au sol la pluviométrie suit le développement de petites cellules convectives, très localisées.

Sur la **Figure 4.11 : Evolution des hauteurs de pluies sur les stations, pour l'évènement 41 de la saison 2005, le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes**, il apparaît que les stations essuient des pluies de durées et d'intensité très variables (entre Koyria et Kaligorou, la durée de la pluie passe de 10 minutes à 1 heure 30 minutes). On constate souvent un front important suivi d'une traîne plus ou moins longue.

Sur Niamey, rien qu'entre l'IRI et l'aéroport l'intensité du front est quadruplée, tandis que la durée reste dans les mêmes ordres de grandeurs (20 minutes).

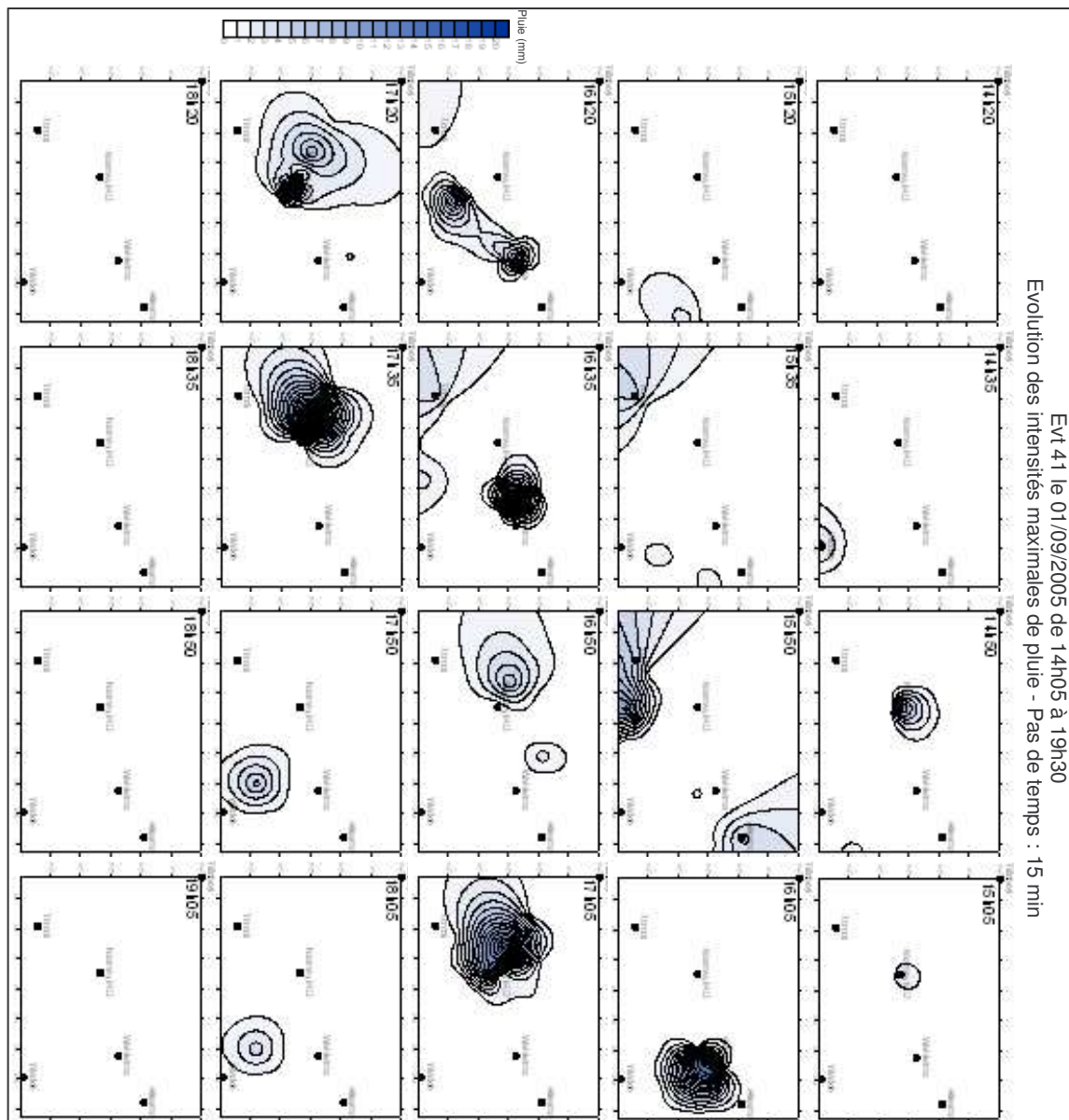


Figure 4.9 : Répartition spatiale des intensités maximales de pluie durant l'événement 41 de la saison 2005, le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes.

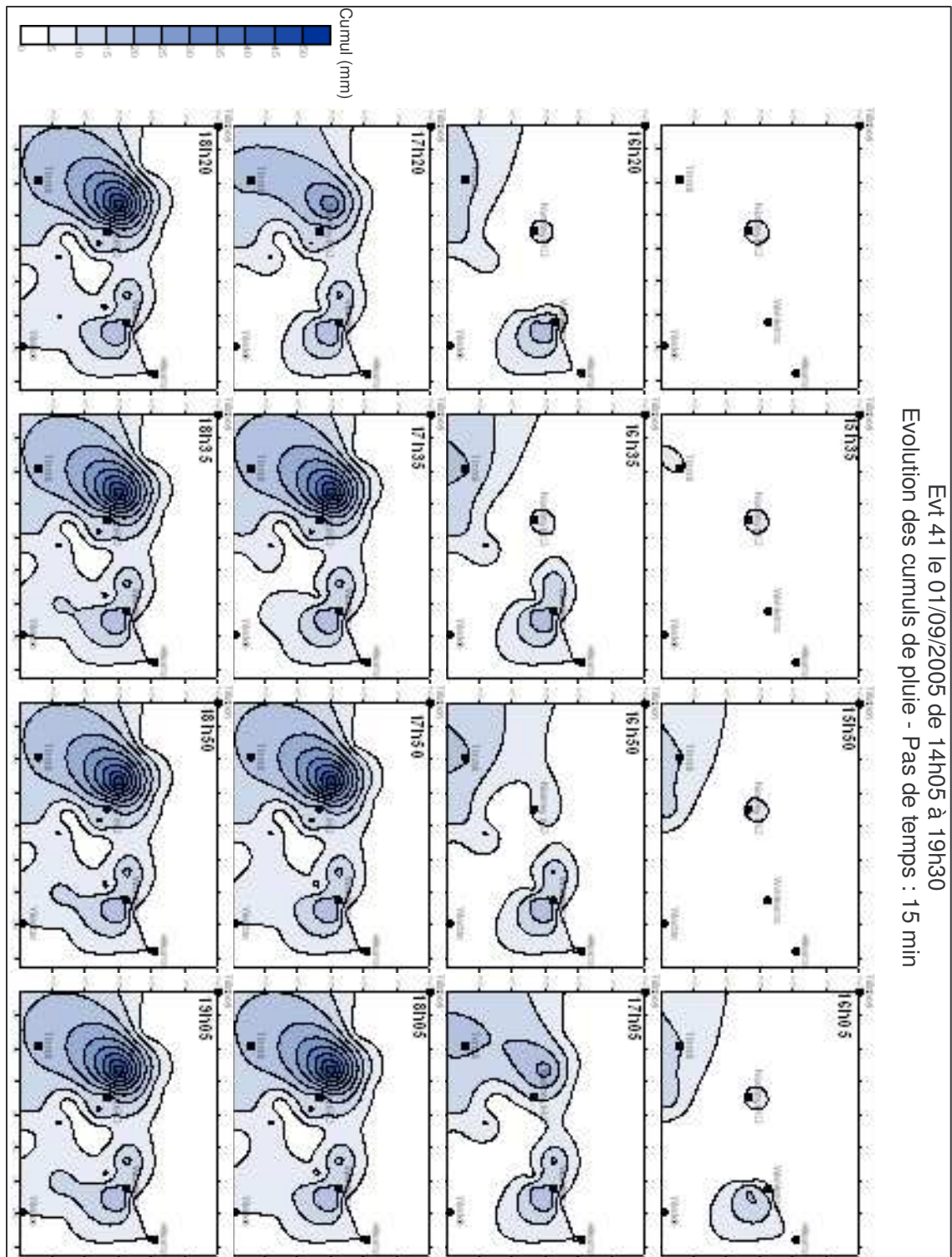


Figure 4.10 : Répartition spatiale des cumuls de pluie durant l'événement 41 de la saison 2005, le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes.

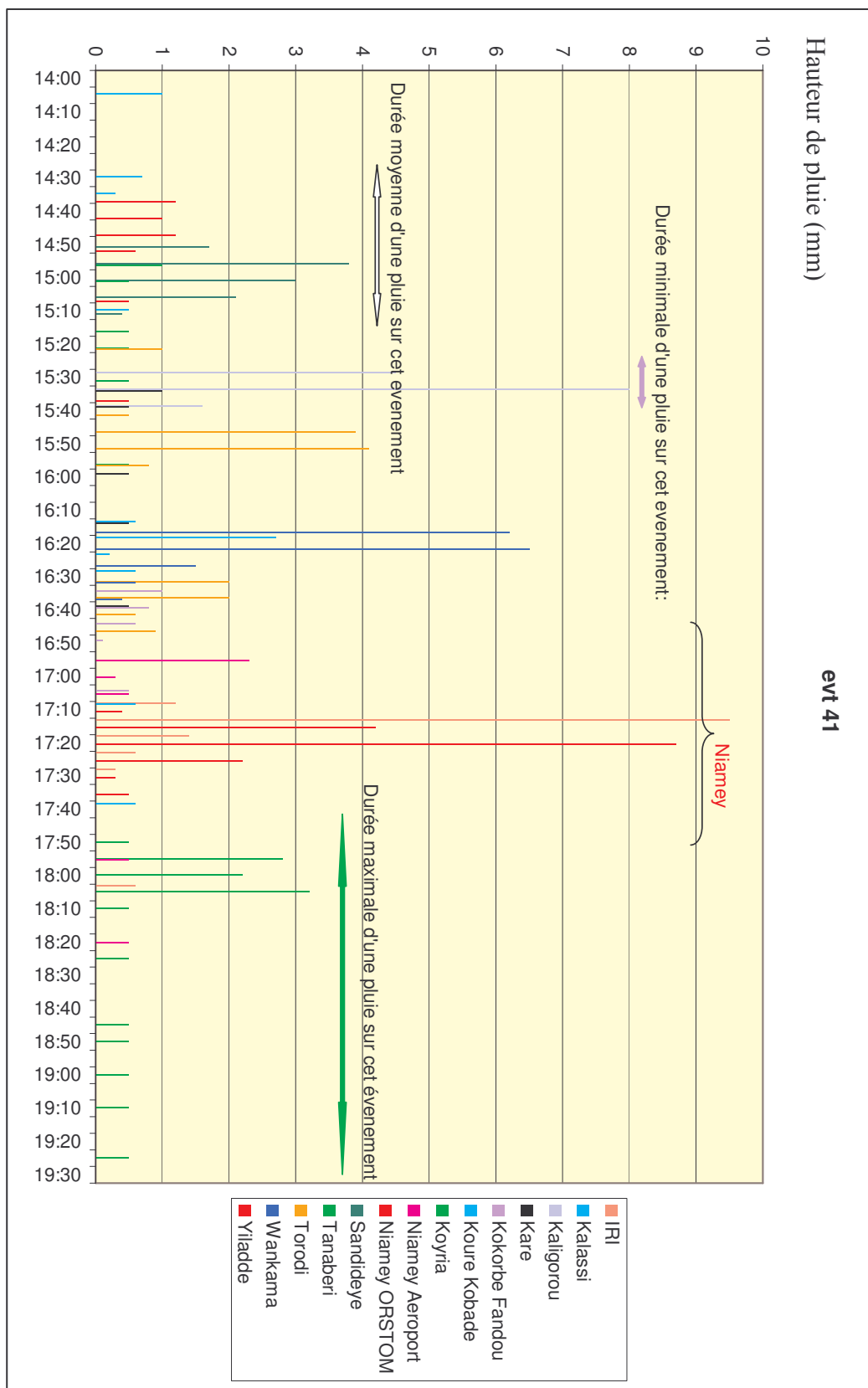


Figure 4.11 : Evolution des hauteurs de pluies sur les stations, pour l'événement 41 de la saison 2005, le 1^{er} septembre de 14h05 à 19h30 au pas de temps 15 minutes.

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 ; l'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

a) Variabilité inter annuelle

La date de démarrage de la saison 2005 (15 juin) du point de vue agronomique est dans la moyenne de la période 1991-2005 (22 juin), un peu plus précoce.

La saison climatique commence exactement à la date moyenne de la période 1990-2005, le 2 mai, et finit aussi aux mêmes dates.

La saison agronomique finit elle un peu plus tardivement que la moyenne, le 11 octobre à la place du 4 octobre.

Cette saison agronomique qui a duré 118 jours (pour 104 en moyenne) se présente donc favorablement pour les cultures

(cf **Tableau 4.1 : Moyennes des différents critères au cours des 16 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
2005	15-juin	11-oct.	4751	118

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
2005	29-avr.	10-oct.	542	164

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
2005	02-mai	03-oct	463	154

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
2005	14-mai	4-oct.	536	143

Tableau 4.1 : Moyennes des différents critères au cours des 16 dernières années de l'expérience Epsat

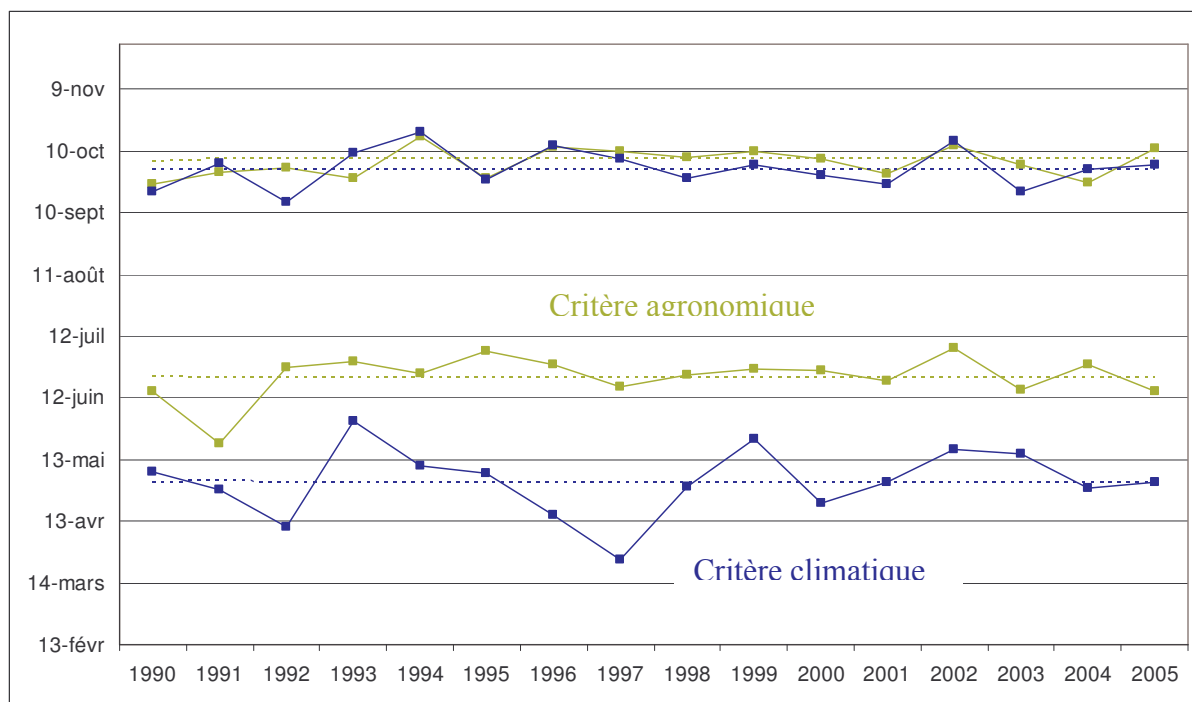


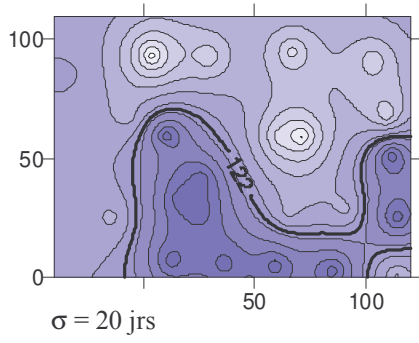
Figure 4.12 : Dates de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant les deux critères (agronomique et climatique)

b) Variabilité spatiale : comparaison avec les années précédentes

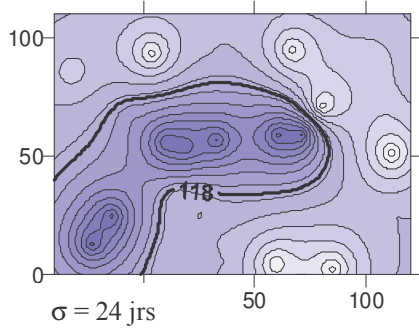
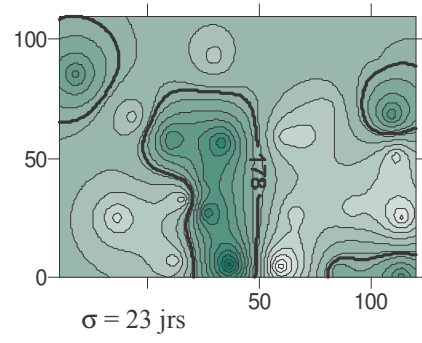
On constate la variabilité spatiale du démarrage des deux saisons, quelles que soient les années.

En 2005, comme en 1992 ou 2001, l'installation des deux saisons semble suivre un schéma assez proche toutefois.

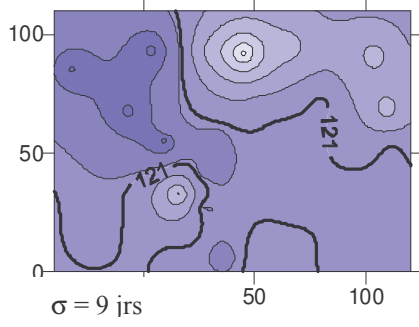
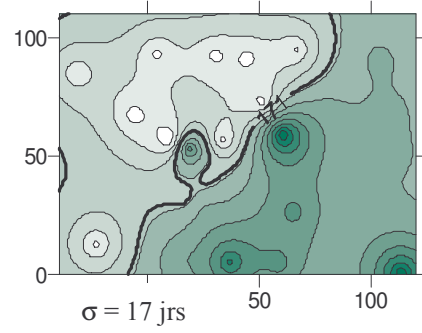
(Figure 4.13 : Dates de démarrage de la saison des pluies sur l'observatoire EPSAT Niger pour 8 années (1992, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005), à gauche suivant le critère hydrologique (seuil 2.5 mm), à droite suivant le critère agronomique.



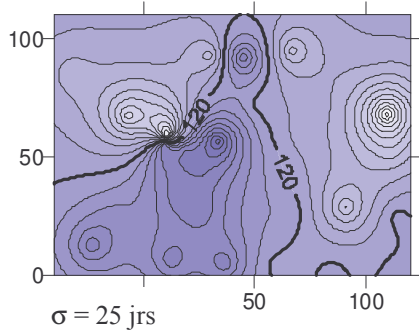
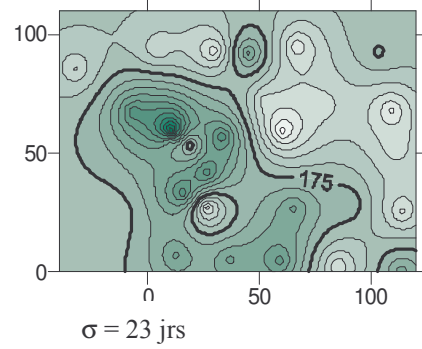
1992
P = 538 mm



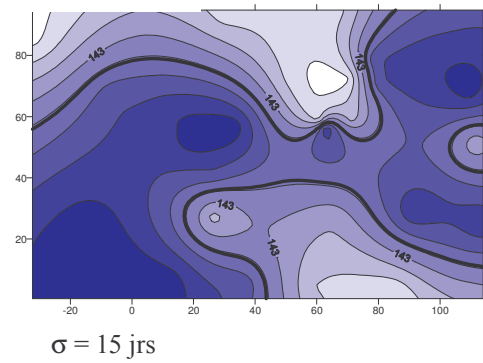
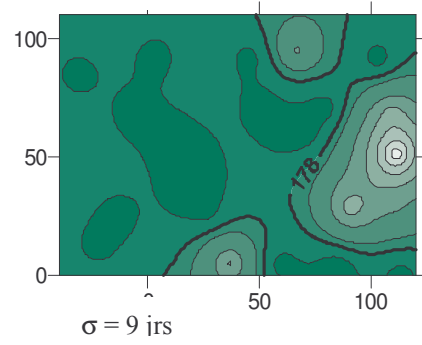
1997
P = 404 mm



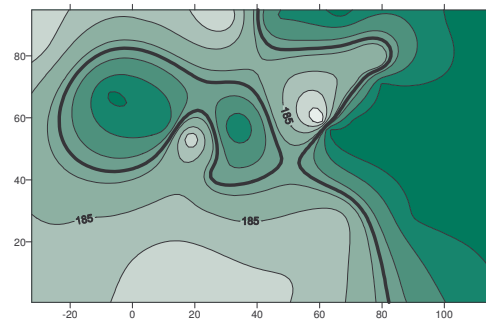
1998
P = 679 mm



1999
P = 557 mm



2001
P = 462.9



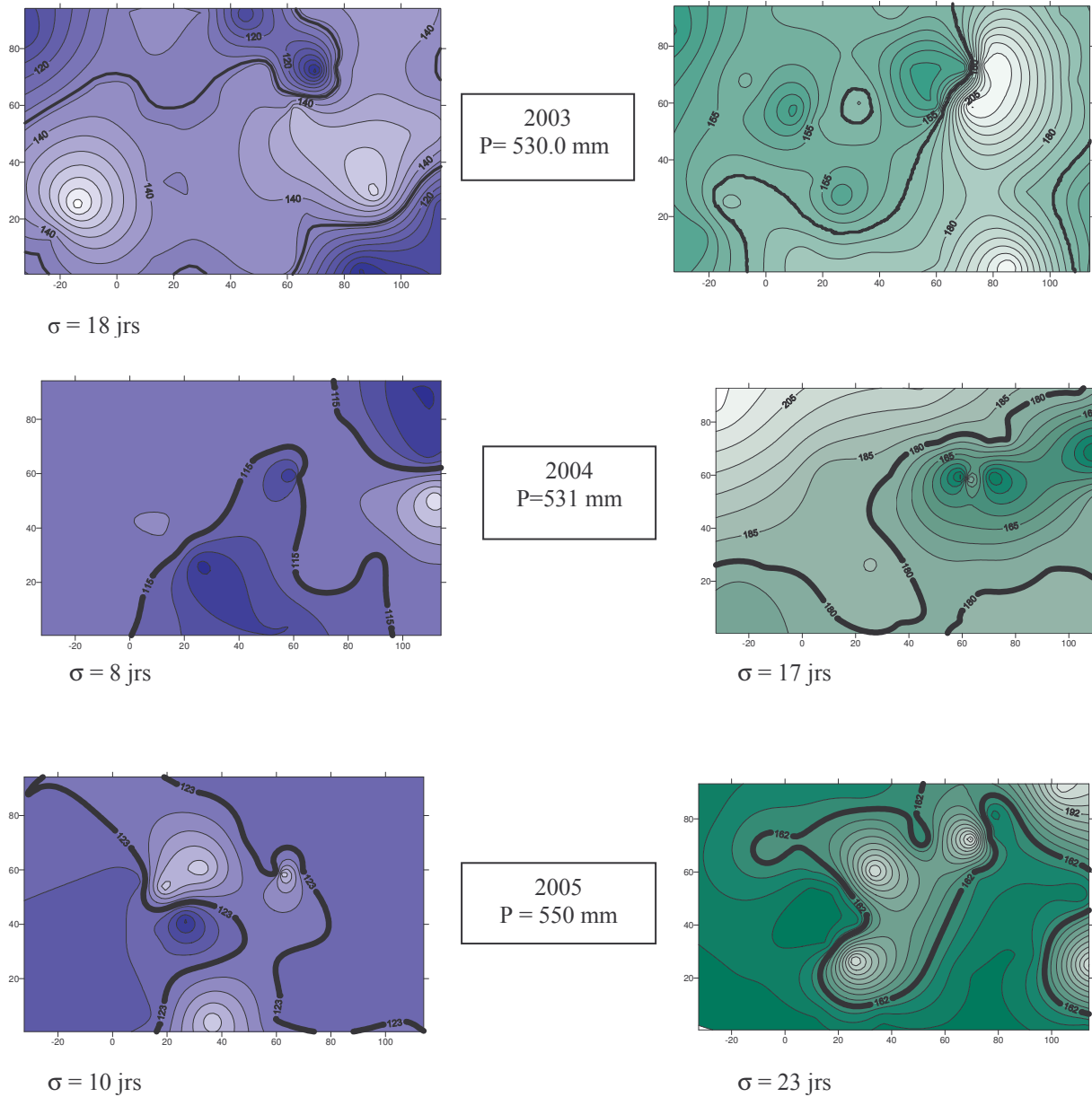


Figure 4.13 : Dates de démarrage de la saison des pluies sur l'observatoire EPSAT Niger pour 8 années (1992, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005), à gauche suivant le critère hydrologique (seuil 2.5 mm), à droite suivant le critère agronomique.

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 indiqué aussi l'écart type spatial (σ) des dates pour chaque année et le cumul pluviométrique annuel (P).

Conclusion

Le réseau pluviographique sur le degré carré (52 pluviographes dont 32 Oedipes et 20 Hobos auxquels on ajoute aussi celui de Tillabéri : 1 Oedipe) a été intensifié au cours de cette saison : le nombre d'appareils enregistreurs a été augmenté de 62% (33 pluviographes en 2004). Pour cela un nouveau type d'enregistreurs a été utilisé : les Hobos.

La mise en place de ce réseau complémentaire, au cours de la saison, s'est bien passée et l'appareillage est rodé pour l'année à venir.

Le réseau Epsat a correctement fonctionné cette saison (98,4 % de taux de fonctionnement pour les Oedipes et 93 % pour les Hobos).

Sur la zone EPSAT Niger, la saison 2005 présente un cumul moyen de 557 mm, alors que la moyenne depuis 1991 sur la zone est de 523 mm, on peut qualifier l'année de bonne par rapport à ce critère.

La saison des pluies a commencé un peu tardivement, le premier événement majeur a eu lieu le 2 mai, mais la première moitié de la saison (jusqu'à fin juillet) a été pluvieuse.

La saison s'est finie tard aussi (le 14 octobre), même si les apports pluviométriques des mois d'août et septembre sont plutôt déficitaires.

On a comptabilisé pour cette saison 49 événements majeurs, ce qui est un indice positif de la qualité de la saison aussi, la moyenne depuis 1991 du nombre d'événements majeurs par saison étant de 42. Mais ces événements n'ont pas été particulièrement intenses, 55% d'entre eux ayant produit moins de 10 mm de pluie.

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 et Est-Ouest propre à cette partie de l'Afrique de l'Ouest. Cette année le gradient Nord-Sud est de 1.23 mm.km⁻¹ et Est-Ouest de 1,36 mm.km⁻¹.

Annexes

A. *Détail des pannes par stations*

OEDIPES :

STATIONS	Période de fonctionnement (jours)	Jours pannes	% Pannes	Causes pannes
ALKAMA	245	7	2,9	batterie faible
BANIZOUMBOU	250	14	5,6	pas d'enregistrement
BERIKOIRA	222	14		augets mal réglés
		12	11,7	mauvais contact fil à mercure
BERKIAWEL	239	13		ampoule a mercure HS
		6+14	13,8	augets coincés
BOLOLADIE	218	12	5,5	centrale en panne
BOUBON GOLF	219	21	9,6	augets déréglés
DAREY	225	0	0,0	
DEBEREGATI	218	0	0,0	
FANDOU BERI	226	10	4,4	augets bloqués
GAMONZON	245	0	0,0	
GARDAMA KOUARA	216	21	9,7	Batterie HS
GOROU GOUSSA	195	0	0,0	
GUILAHEL	219	0	0,0	
HARIKANASSOU	245	0	0,0	
IH JACHERE	219	20		Augets bloqués
		2	10,0	Fusible grillé
KAFINA	225	14	6,2	loge ampoule à mercure casse
KALASSI	239	0	0,0	
KALIGOROU	245	9	3,7	augets bloqués
KARE	219	0	0,0	
KOKORBE FANDOU	225	0	0,0	
KOURE KOBADÉ	244	0	0,0	
KOURE SUD	246	0	0,0	
KOYRIA	219	0	0,0	
MASSIKOUBOU	230	0	0,0	
NIAMEY AEROPORT	250	33		augets déréglés
		1	13,6	pas d'enregistrement
NIAMEY IRI	250	0	0,0	
NIAMEY IRD	250	0	0,0	
SANDIDEY	246	0	0,0	
TANABERI	246	0	0,0	
TILLABERI	219	0	0,0	
WANKAMA	240	3		ampoule à mercure HS
		13	6,7	mauvais contact
YILLADE	246	10	4,1	ampoule à mercure HS

HOBOS

STATIONS	Période de fonctionnement (jours)	Jours panne	% Pannes	Causes pannes
ATOLOGA	184	0	0,0	
BOLOLADIE	55	0	0,0	
DEY TEGUI	95	95	100,0	erreur de l'ordre de 100% en moins dans le seau
DINGAZI	164	17	10,4	erreur de manip Hobo pas relancé
DJOURE	94	28	29,8	erreur sup a 10%
GOGUIEZE	96	0	0,0	
KIRAN FANDOU BERI	87	17	19,5	erreur manip fichier écrasé
KOLLO	246	51	20,7	augets déréglés
KOLO DIOGONO	89	0	0,0	
KOLO LOGA	89	0	0,0	
KONE BERI	169	19	11,2	erreur manip fichier écrasé
MAOUREY KOUARA				
ZENO	194	13	6,7	erreur manip hobo pas relancé
SAMADEY	105	0	0,0	
SIMIRI	195	23		erreur manip pile extraite / données perdues
		3	13,3	augets bloqués
SOFIA MARE	197	0	0,0	
TILOA KAINA	163	0	0,0	
TONDIBIAGOROU	216	14	6,5	erreur sup 10%
TONDI KIBORO CASE	174	30	17,2	augets déréglés
TONDI KIBORO LIMNI	195	0	0,0	

B. Jours de fonctionnement et pannes

OEDIPES :

pour les stations permanentes on considère 250 jours de fonctionnement.

JOURS DE FONCTIONNEMENT	7440
JOURS DE PANNE	118
TAUX DE PANNES	1,6%

Causes des pannes	Stations concernées :
Batterie	Alakama, Gardama Kouara
Centrale	Bani, Bololadié, IH Jachere, Niamey aero, Wankama
Ampoule à mercure	Berikoira, Berkiawel, Kafina, Wankama, Yillade
Augets	Berikoira, Berkiawel, Boubon, Fandou béri, IH Jachere, Kaligorou, Niamey Aero,

HOBOS

JOURS DE FONCTIONNEMENT	2712
JOURS DE PANNE	189
TAUX DE PANNES	7,0%

Causes des pannes	Stations concernées :
Manipulation Hobo	Dingasi, KFB, Kone Beri, MKZ, Simiri
Augets	Dey Tegui, Djoure, Kollo, Kone beri, Simiri, Tondibiagourou, TK case