

Rapport EPSAT-Niger 2008

Guillaume QUANTIN,

avec la collaboration de
Abassa ALHASSANE
Abdoulaye KONE
Bodo SEYNI
Hamissou ALASSANE
et Stéphane BOUBKRAOUI.



Table des matières

1	Le réseau de pluviographes 2008	5
1.1	Les stations et leur installation	5
1.1.1	Les stations	5
1.1.2	Installation et modifications du réseau	6
1.2	Qualité de l'acquisition	7
1.2.1	Taux de fonctionnement	7
1.2.2	Valeurs seaux et valeurs augets	8
2	Analyse spatiale de la saison	9
2.1	Les cumuls saisonniers	9
2.1.1	Description générale de la saison	9
2.1.2	Réseau à long terme : les 30 pluviographes	11
2.1.3	Comparaison de la saison 2008 avec la moyenne sur les 19 années de données	12
2.2	Les évènements pluvieux	12
2.2.1	Description générale	12
2.2.2	Les gradients locaux	14
3	Analyse temporelle de la saison	16
3.1	Le cumul saisonnier	16
3.2	Caractérisation de la saison	17
3.2.1	Les évènements majeurs : critère climatique	17
3.2.2	Les évènements indépendants : critère hydrologique	18
3.2.3	Critère agronomique	18
4	Appareillage complémentaire	20
4.1	Degré carré de Niamey	20
4.2	Réseau synoptique	20

Table des figures

1.1	Les stations du réseau 2008.	5
1.2	Les modifications du réseau en 2008.	6
1.3	Comparaison des cumuls augets et des cumuls seaux.	8
2.1	Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2008 sur l'ensemble des stations du degré carré de Niamey.	9
2.2	Isohyètes de la moyenne des cumuls seaux pour les saisons 1990 à 2008.	10
2.3	Evolution des cumuls seaux pour 2008 et pour la moyenne de 1990 à 2008 en fonction de leurs latitudes.	10
2.4	Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2008 des 30 stations EPSAT et comparaison avec les isohyètes pour le réseau complet.	11
2.5	Saison 2008 et anomalies par rapport à la moyenne 1990 - 2008.	12
2.6	Répartition des événements en fonction de leur cumul moyen pour la saison 2008.	13
2.7	Contribution des différents types d'événements au cumul moyen.	13
2.8	Isohyètes de l'événement du 25 juin 2008.	14
2.9	Isohyètes de 4 événements marquants de 2008.	15
3.1	Comparaison de la pluviométrie mensuelle de la saison 2008 à celle de la moyenne des saisons de 1990 à 2008.	16
3.2	Répartition des événements majeurs de la saison 2008 (hauteur d'eau moyenne sur le degré carré de Niamey en mm).	17
3.3	Répartition mensuelle des événements et des événements de grande extension pour la saison 2008	17
3.4	Date de début, de fin et durée de la mousson pour la saison 2008 suivant le critère hydrologique.	18
3.5	Date de début, de fin et durée de la mousson pour la saison 2008 suivant le critère agronomique.	19
1	Apports des mois de juillet et août à la pluviométrie de la saison pour les 18 ans de données.	25

Liste des tableaux

1.2	Lacunes d'acquisition du réseau 2008.	7
4.3	Récapitulatif des pluies relevées sur le réseau synoptique en 2008.	21
6	Cumuls pour la saison 2008.	24
8	Lacunes seuil du réseau 2008.	24
9	Variogramme utilisé pour le krigeage à une échelle annuelle.	24
10	Variogramme utilisé pour le krigeage à une échelle événementielle.	25
11	Variogramme utilisé pour le krigeage des dates et des durées de mousson.	25
12	Grilles utilisées pour le krigeage sous Surfer.	25

Chapitre 1

Le réseau de pluviographes 2008

1.1 Les stations et leur installation

1.1.1 Les stations

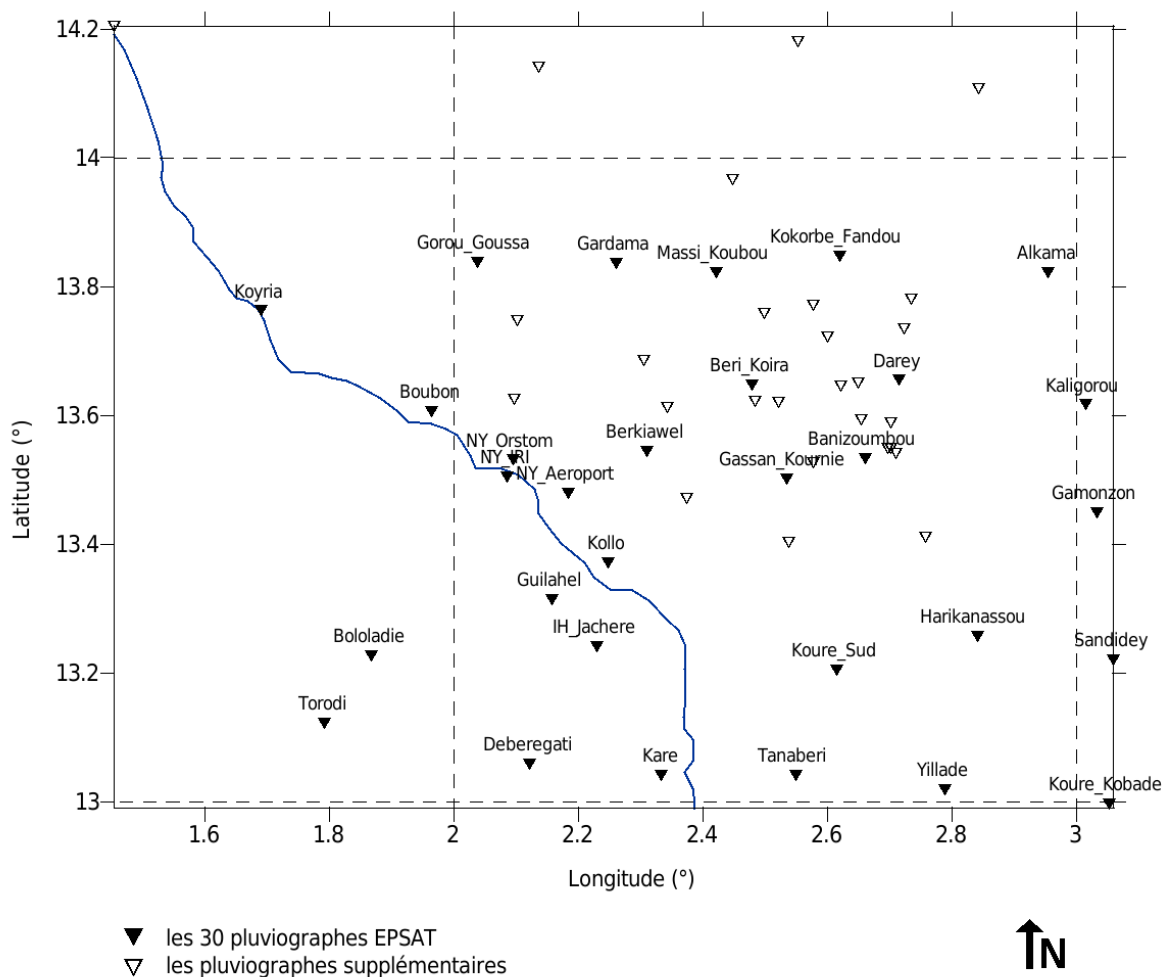


FIG. 1.1 – Les stations du réseau 2008.

L'expérimentation EPSAT-Niger est dans une phase de suivi à long terme depuis la saison 1994, faisant suite au programme Hapex Sahel débuté en 1990. Par ailleurs, dans le cadre du projet de recherche AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine) plusieurs échelles d'observation ont été définies. Tout d'abord une période d'observations à long terme (LOP) qui s'appuie sur le réseau opérationnel. Ensuite, une période d'observations renforcées (EOP) qui a conduit en 2005 à

renforcer le réseau de mesures pluviométriques. Aux 34 stations existantes ont été ajoutés 20 postes pluviographiques. Ceux-ci permettent d'une part d'affiner la maille du réseau mais également d'étendre la zone d'étude au Nord où il existe déjà un suivi piézométrique du bassin hydrogéologique du « Kori de Dantiandou ».

Le site d'observation est limité en longitude par les méridiens 1,40° E et 3,10° E et en latitude par les parallèles 13° N et 14,20° N ; on continuera à l'appeler « degré carré Niamey ». Cela représente une couverture pluviographique de plus de 23 000 km² avec une maille du réseau variable. Cependant, le super site aux environs de Wankama et Banizoumbou présente une densité d'appareillage plus importante. Les pluviographes sont équipés d'augets basculeurs (0,5 mm de hauteur d'eau par basculement), et sont munis d'un cône de 400 cm². En 2008, il n'existe plus qu'un seul type d'acquisition des données pluviométriques, les centrales Hobos. La figure 1.1 montre la répartition des stations sur la zone d'étude, et le tableau ... en annexe récapitule les coordonnées des différentes stations ainsi que leurs années de mise en service.

1.1.2 Installation et modifications du réseau

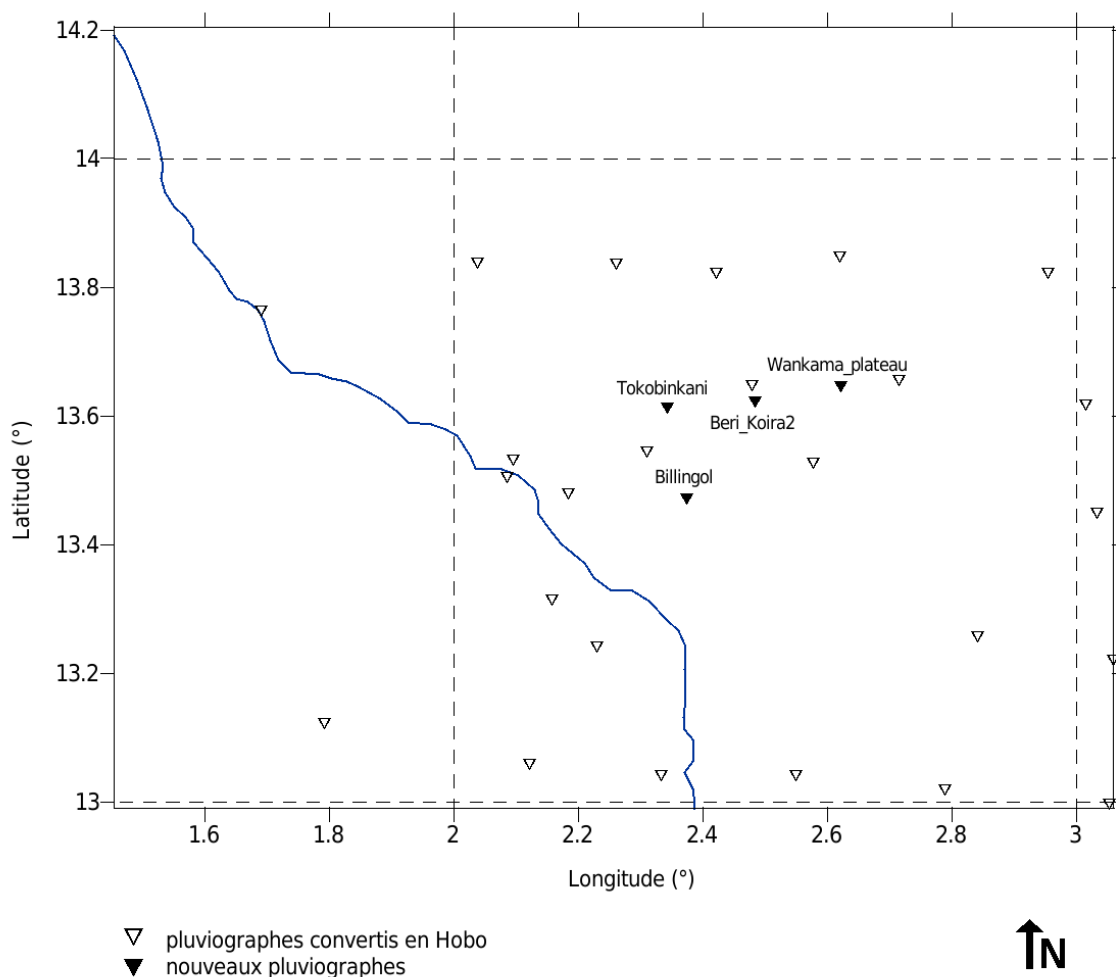


FIG. 1.2 – Les modifications du réseau en 2008.

Pendant la saison sèche, les centrales d'acquisition des pluviographes ont été démontées et entreposées dans nos locaux. Cependant, les cônes récepteurs et les blocs augets sont restés en place (avec gardien) afin de limiter les dérèglements et les risques de casse liés à leur maintenance. L'ensemble des stations a été réinstallé durant la seconde quinzaine de mars 2008 pour pouvoir commencer les acquisitions de la nouvelle saison pluvieuse au premier avril.

A noter en 2008 le retour de la station Wankama plateau qui avait du être temporairement aban-

donnée en 2007 pour cause de vandalisme répété. L'installation d'un gardien dans cette zone isolée a permis de régler ce problème. A noter également l'intégration effective au réseau des stations « radar » Billingol et Tokobinkani, qui bien que déjà en place en 2007 n'avaient pas fourni de données réellement exploitables en raison de l'état de leurs capteurs. Enfin, la station de Béri Koira, qui avait souffert de vandalisme la saison passée, a été doublée par la création de la station Béri Koira 2 à environ trois kilomètres. La figure 1.2 permet de visualiser ces changements. Toutes les nouvelles coordonnées des stations se trouve en annexe dans le tableau ...

L'ensemble des stations a reçu une visite tous les 15 jours environ, pour relever les données des enregistreurs Hobos et faire l'entretien des capteurs. Toutes les stations ont été démontées durant le mois de novembre selon le même protocole que pour la saison sèche précédente, hormis les trois stations de Niamey (Aéroport, IRI et ORSTOM) et celles de Kollo, Banizoumbou et Wankama qui restent en veille pendant toute la saison sèche.

1.2 Qualité de l'acquisition

1.2.1 Taux de fonctionnement

Station	Dates de lacunes	Nb de jours	Pourcentage
Beri_Koira	26 au 29 juillet	3,42	1,87
Bololadie	4 au 16 septembre	12,42	6,79
Dantiandou	11 au 19 juin	7,67	4,19
Deberegati	10 au 20 mai	11,43	6,25
Dingazi	4 au 6 aout	2,73	1,49
Gardama	9 au 19 aout	10,38	5,67
Gogueize	9 au 22 mai	13,01	7,11
Harikanassou	25 septembre au 15 octobre	19,90	10,87
IH_Jachere	16 au 22 juillet	6,02	3,29
Kafina	16/08 au 5/09 et 23/09 au 15/10	42,44	23,19
Kare	19 au 22 juillet	3,35	1,83
Kokorbe_Fandou	19 au 26 aout	7,11	3,89
Kolo_Loga	16 au 22 aout	6,05	3,31
Kone_Beri	19 au 29 aout	10,41	5,69
NY_Orstom	29 au 30 juin	0,44	0,24
Samadey	20 au 21 mai	0,74	0,40
Tiloa_Kaina	20 au 27 mai	6,85	3,74
Tondikiboro_Case	1 au 5 juillet	3,95	2,16

TAB. 1.2 – Lacunes d'acquisition du réseau 2008.

Sur l'ensemble du réseau, le taux de fonctionnement moyen pour la saison 2008 (du 15/04/08 au 15/10/08) est supérieur à 98% . Deux stations seulement ont un taux de fonctionnement inférieur à 90% :

- Harikanassou, dont le fonctionnement en fin de saison à été perturbé par un problème d'alimentation (à partir du 25 septembre),
- Kafina, qui a souffert également d'un problème d'alimentation durant la deuxième quinzaine d'août et de problèmes de connectique en fin de saison (à partir du 23 septembre).

La couverture de la saison des pluies 2008 est donc très satisfaisante. La jouvence matérielle effectuée (changement d'une dizaine de blocs-augets) a permis de limiter au maximum les pannes mécaniques

(blocages des augets). La grande majorité des problèmes rencontrés cette saison a donc été d'ordre électrique :

- défaut d'alimentation de l'enregistreur Hobo, malgré le remplacement de toutes les piles en début de saison (série défectueuse ?),
- défaut de communication avec l'enregistreur (câbles de connexion fragiles) .

Le tableau 1.2 récapitule les périodes, le nombre de jours et le pourcentage de lacunes pour chaque station concernée.

1.2.2 Valeurs seaux et valeurs augets

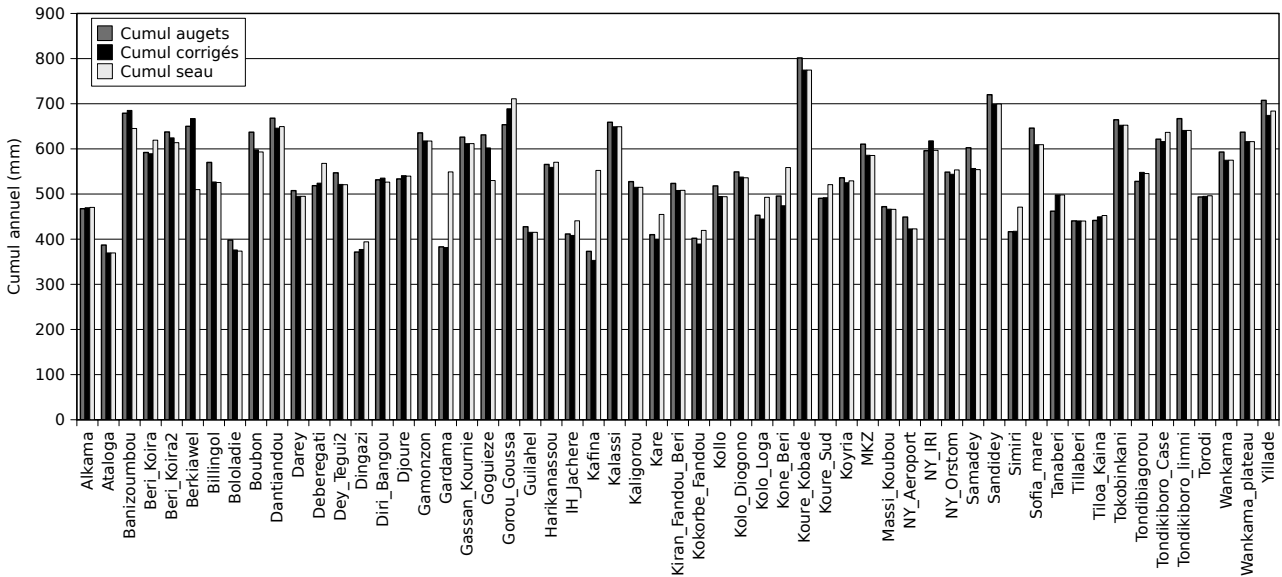


FIG. 1.3 – Comparaison des cumuls augets et des cumuls seaux.

Pour la saison 2008, 6 stations présentent un écart relatif entre le cumul seau et le cumul augets supérieur à 10% et 35 un écart inférieur à 5%. 5 de ces 6 stations (Berkiawel, Gardama, Gogueze, Kafina, Kone_Beri) comportent des lacunes d'enregistrement ou de seau importantes. La sixième, Simiri a connu des difficultés de réglage des augets. Pour améliorer encore la qualité de nos données, comme pour la saison précédente, on a choisi d'appliquer une correction automatique pour les écarts entre cumul seau et cumul augets inférieurs à 20% (entre deux relevés consécutifs). Cette correction réévalue la valeur de chaque basculement au prorata de l'écart.

Après correction, 7 stations présentent toujours des écarts importants alors que 45 stations sont sous la barre des 5%. Aux 6 stations précédentes s'ajoute celle de Kare qui comporte également une lacune d'enregistrement importante. Les difficultés de réglage des augets de Simiri ayant entraîné des écarts supérieurs a 20%, notre correction n'est pas efficace. Par contre cette correction permet d'abaisser l'écart moyen sur le réseau à 4% (moins de 2% si on exclut les 7 stations aux écarts élevés). La figure 1.3 récapitule les différents cumuls obtenus pour chaque station.

Chapitre 2

Analyse spatiale de la saison¹

2.1 Les cumuls saisonniers

2.1.1 Description générale de la saison

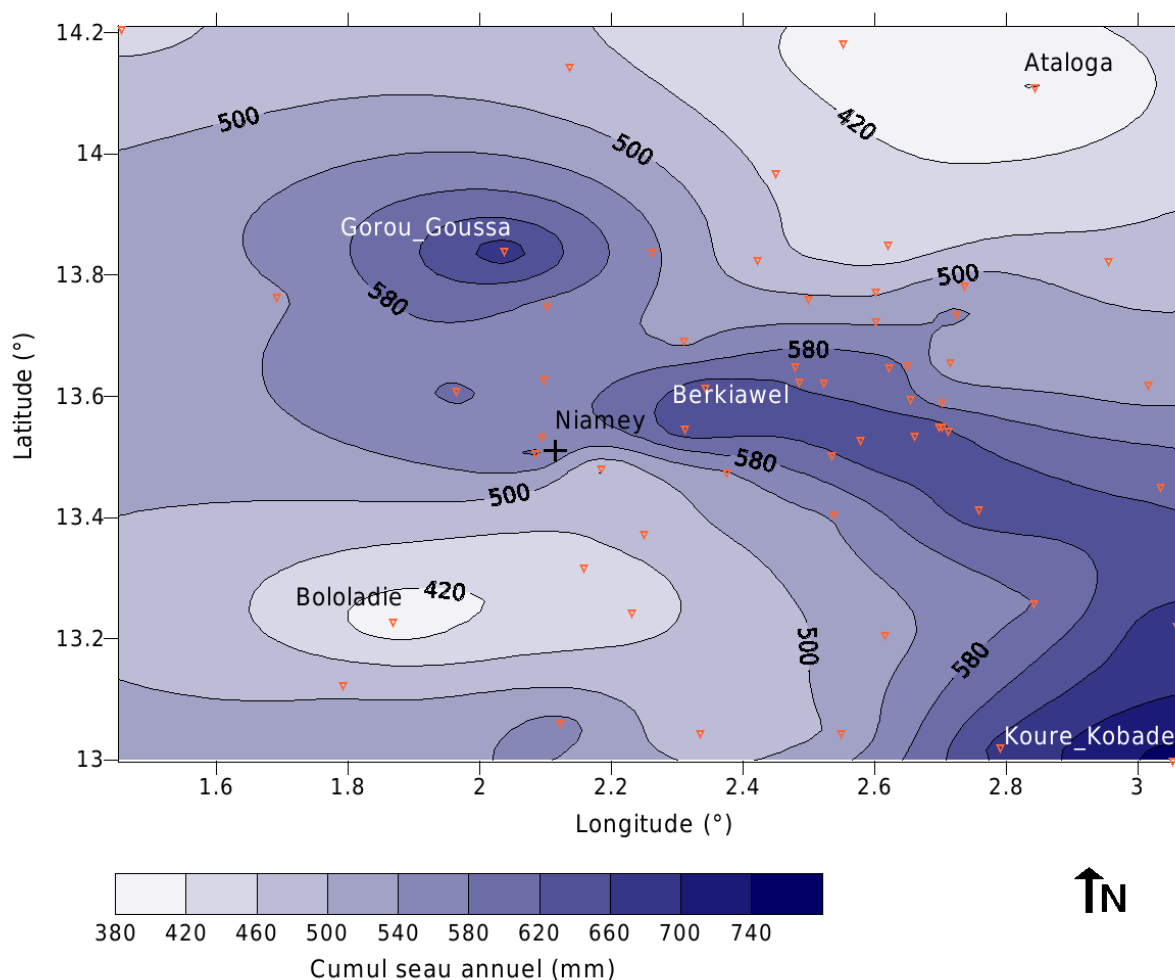


FIG. 2.1 – Isoyhètes des cumuls seaux pour la saison 2008 sur l’ensemble des stations du degré carré de Niamey.

Avec une moyenne spatiale² de 519 mm sur l’ensemble des 57 stations du réseau, la saison 2008

¹Toutes les cartes présentées ci-apres ont été réalisées à l’aide des variogrammes définis dans l’article *Rainfall estimation in the Sahel - part 1 : Error fonction* par Abdou Ali and al. 2005. Ces variogrammes sont détaillés en annexe, tableau .

²Sur la zone d’étude étendue (cf. figure 2.1).

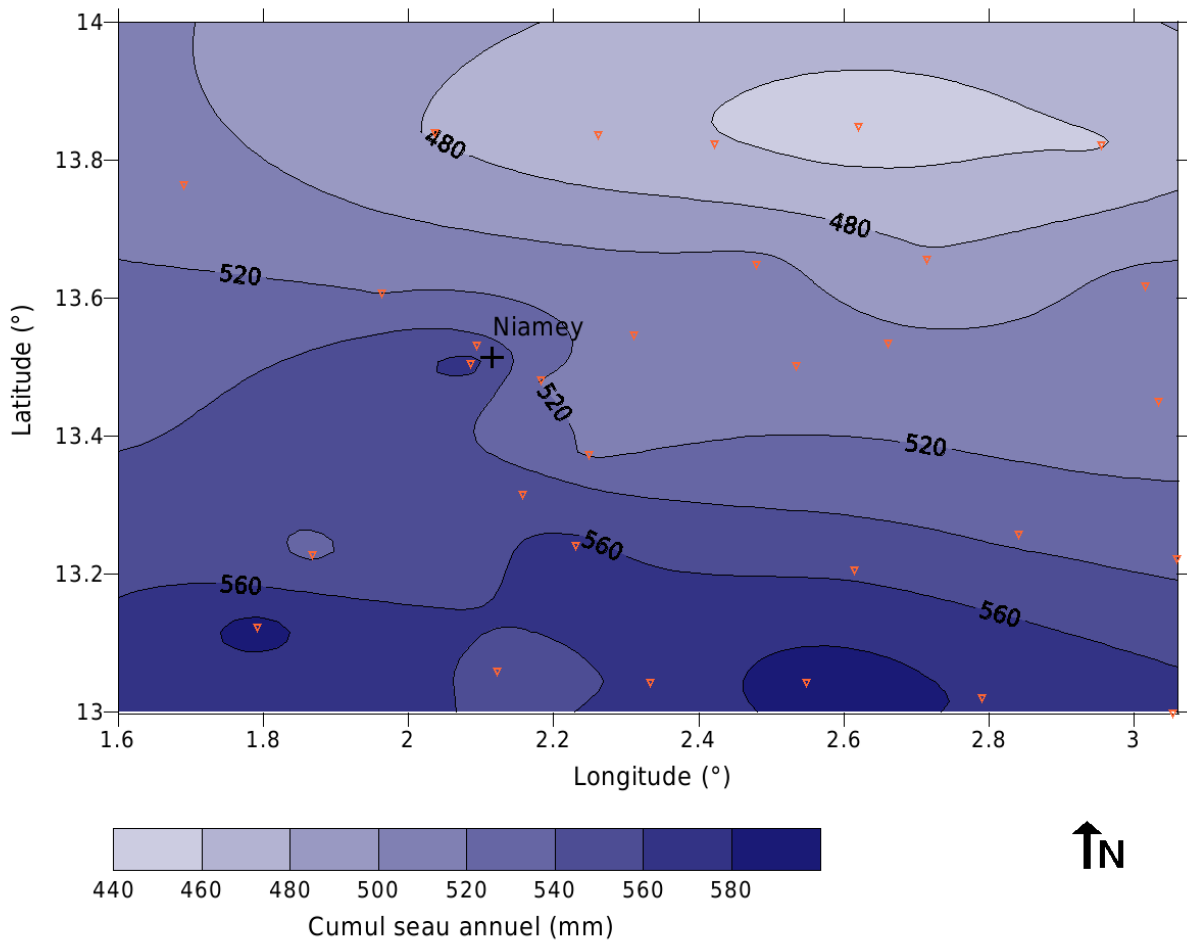


FIG. 2.2 – Isohyètes de la moyenne des cumuls seaux pour les saisons 1990 à 2008.

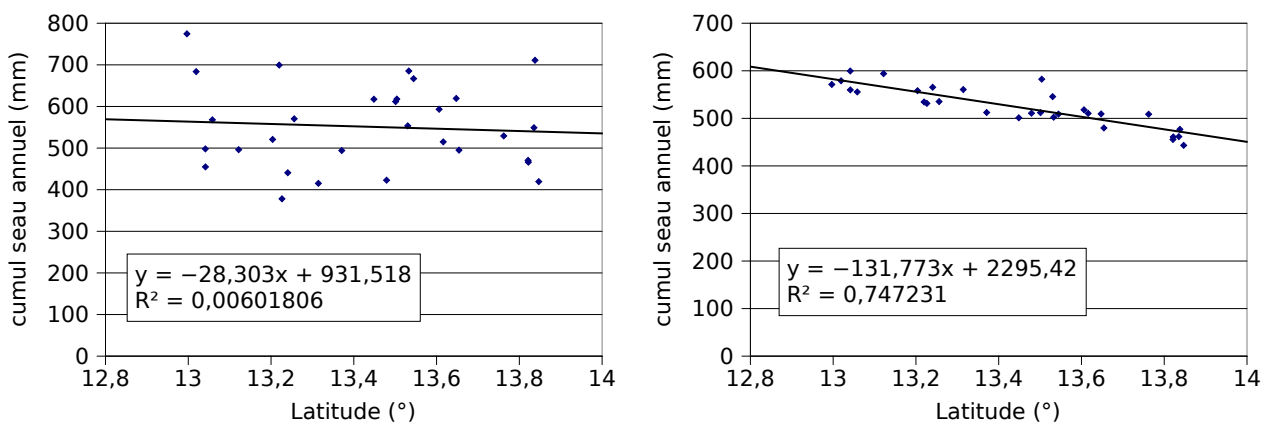


FIG. 2.3 – Evolution des cumuls seaux pour 2008 et pour la moyenne de 1990 à 2008 en fonction de leurs latitudes.

est, comme la saison précédente, assez pluvieuse. En effet, la pluviométrie 2008 sur le degré carré de Niamey se situe encore une fois entre la moyenne des saisons de 1971 à 1990 (480 mm, considérées comme deux décennies sèches) et la moyenne de référence établie sur les saisons 1951 à 1990 (562 mm). On est évidemment très loin de la moyenne des décennies dites pluvieuses de cette période (de 1951 à 1970 : 667 mm). La moyenne spatiale³ sur les 30 stations initiales du réseau EPSAT donne 543 mm pour 2008. Cette valeur est un peu supérieure à la moyenne du suivi en cours EPSAT/CATCH/AMMA initié en 1990 (518 mm). On remarque au passage que cette valeur est supérieure à la moyenne spatiale 2008, calculée également sur la zone restreinte mais à partir du réseau complet : 535 mm.

Les cumuls extrêmes de la saison ont été obtenus aux stations de Koure_Kobade (775 mm) et d'Ataloga (370 mm) ce qui donne un rapport *maximum/minimum* de 2,1. Au sein du réseau à long terme de 30 stations, le minimum enregistré pour la saison est à Bololadie⁴ avec 378 mm, ce qui ramène le rapport à 2 (qui correspond à la moyenne des années 1990 - 2008).

Ataloga, à l'extrême nord-est de notre zone d'étude et Koure_Kobade à l'extrême sud-est sont séparées de 125,5 km. On en déduit un gradient pluviométrique de 3,2 mm/km qui est révélateur de la forte variabilité spatiale de la pluviométrie dans la région, comme le laisse présager la figure 2.1. Pourtant la figure 2.2 qui montre les isohyètes des cumuls moyens sur la période 1990 - 2008, fait apparaître une tendance relativement marquée Nord -Sud dans l'orientation du gradient global. Si on cherche à corrélérer le cumul pluviométrique avec la latitude (figure 2.3), on s'aperçoit qu' à l'échelle d'une saison la variabilité locale génère un bruit trop important pour détecter une corrélation ($R^2=0,006$ pour 2008), mais qu'en moyennant sur l'ensemble du suivi on obtient un résultat acceptable ($R^2=0,74$).

2.1.2 Réseau à long terme : les 30 pluviographes

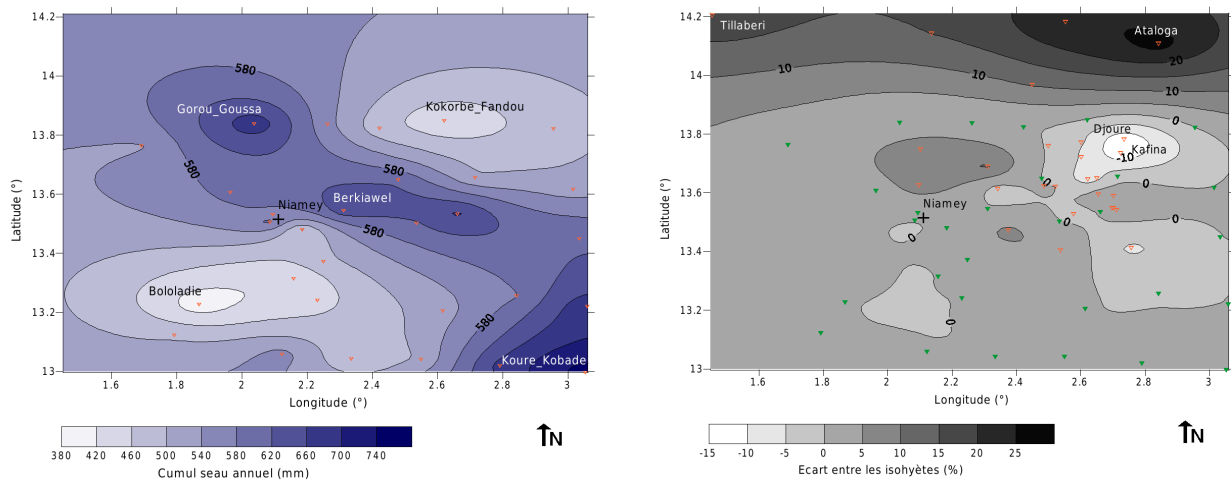


FIG. 2.4 – Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2008 des 30 stations EPSAT et comparaison avec les isohyètes pour le réseau complet.

La figure 2.2 présente la moyenne des cumuls seaux depuis l'origine de l'expérience EPSAT en 1990. Ceci est possible grâce au suivi continu effectué depuis cette date sur le réseau composé de 30 pluviographes. Pour l'année 2008, il est intéressant de comparer la carte des isohyètes pour ces 30 stations avec celle des isohyètes du réseau complet de 57 stations de manière à estimer l'apport de ces appareils supplémentaires. La figure 2.4 montre cet écart relatif⁵ entre les isohyètes pour 30 stations et pour 57 stations.

On s'aperçoit alors que, comme en 2007, l'extension du réseau n'affecte que peu nos isohyètes ; une grande partie de la carte ne comportant qu'un écart relatif inférieur à 5 %. Cependant l'extension

³Sur la zone d'étude restreinte (cf. figure 2.2).

⁴Attention : la station de Bololadie comporte une double lacune seau et augets du 4 au 16 septembre qu'on peut estimer à environ 70 mm.

⁵(cumul 30 stations - cumul 57 stations)/cumul 30 stations.

vers le nord permet d'affiner nettement la modélisation de cette zone. Il est net pour 2008 que le réseau de 30 stations surestime toute la bande nord, entre Tillabéri et Ataloga. De la même manière, la maille plus fine du super-site permet de montrer que ce même réseau des 30 stations sous-estime la pluviométrie 2008 de la zone Djoure - Kafina de plus de 10%.

Cependant si le réseau complet permet de mieux mettre en évidence la grande variabilité spatiale de la pluviométrie du degré carré de Niamey, le suivi EPSAT à long terme des 30 pluviographes semble suffisant pour rendre compte de l'essentiel de ces variations, et il a bien entendu l'avantage de bénéficier maintenant de 19 années de données.

2.1.3 Comparaison de la saison 2008 avec la moyenne sur les 19 années de données

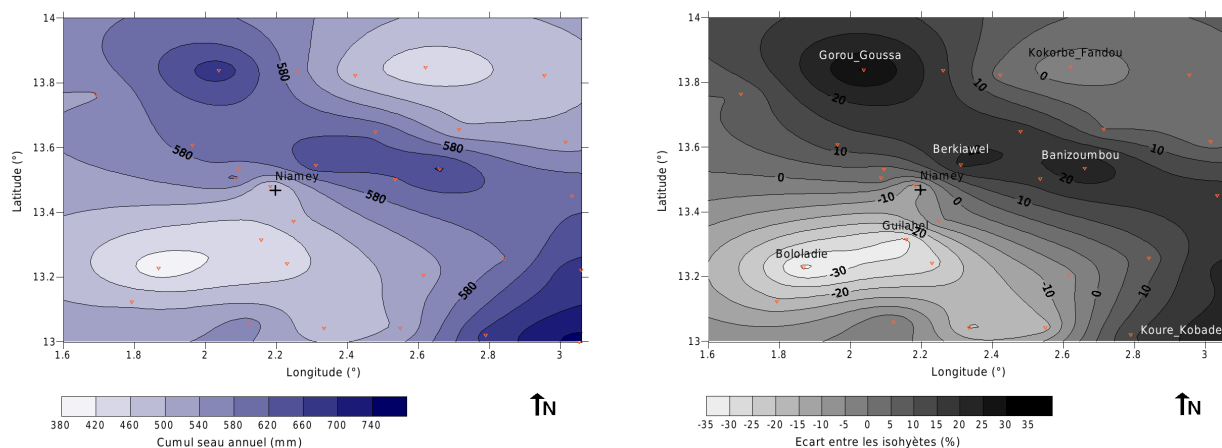


FIG. 2.5 – Saison 2008 et anomalies par rapport à la moyenne 1990 - 2008.

Dans cette partie, on ne s'intéressera qu'aux 30 pluviographes de suivi à long terme de manière à ne pas fausser la comparaison et on limitera l'étude à la zone comprise entre les longitudes 1°6' et 3°06' et les latitudes 13° et 14°.

On observe pour la saison 2008, qu'on a défini précédemment comme assez pluvieuse, une tendance à un surplus de pluviométrie dans la partie nord et le quart sud-est de notre zone d'étude. On a plus particulièrement une bande orientée sud-est nord-ouest autour de Koure_Kobade, Banizoumbou, Berkiawel et Gorou_Goussa en excès de 15 à 30% par rapport à la moyenne. Cependant cette tendance est contrebalancée par un réel déficit pluviométrique sur le quart sud-ouest qui atteint les 30% autour de Bololadie et Guilahe⁶. Par conséquent, si cette saison peut être considérée comme quantitativement bonne en moyenne sur l'ensemble du degré carré de Niamey, il ne faut pas oublier que la variabilité spatiale est importante et que toute moyenne peut cacher des phénomènes locaux significatifs en terme agricole notamment. Cette saison 2008 a paradoxalement été plutôt moins pluvieuse dans le sud de notre zone que dans le nord.

2.2 Les évènements pluvieux

Les évènements décrits ici ont été obtenus à l'aide du logiciel « pluie.exe » et du jeu de données enregistrées corrigées par les valeurs seaux sur les 30 stations du réseau à long terme. Les valeurs moyennes utilisées sont des moyennes spatialisées sur la zone d'étude.

2.2.1 Description générale

On définit un évènement pluviométrique majeur comme une pluie enregistrée par au moins 30 % des stations du réseau avec un cumul minimal de 2,5 mm. Deux évènements doivent être séparés d'au

⁶Attention : la station de Bololadie comporte une double lacune seau et augets du 4 au 16 septembre qu'on peut estimer à environ 70 mm, ce qui ramènerait son cumul saisonnier autour de 450 mm, soit plus que Guilahe qui n'a enregistré que 415 mm

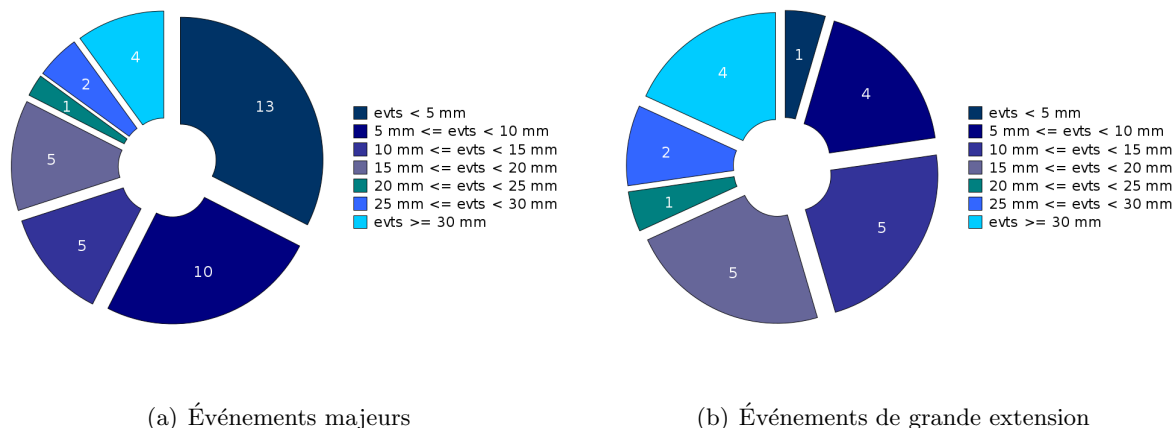


FIG. 2.6 – Répartition des événements en fonction de leur cumul moyen pour la saison 2008.

moins 30 minutes pour être considérés indépendamment. Pour la saison 2008, on compte 40 événements majeurs distincts (moyenne 1990 - 2008 : 42) pour un cumul moyen⁷ de 471 mm (moyenne 1990 - 2008 : 460 mm). Ces événements majeurs contribuent à hauteur de 87 % de la pluviométrie enregistrée cette saison (moyenne 1990 - 2008 : 88 %).

On définit par ailleurs un événement de grande extension comme un événement majeur couvrant au moins 80 % des stations du réseau. Pour la saison 2008 on recense 22 événements de grande extension, ce qui se situe encore une fois dans la moyenne de 1990 à 2008. Avec un cumul moyen⁸ de 403 mm ces événements représentent 74 % de la pluviométrie annuelle (moyenne 66 %). On remarque également (cf. figure 2.6) que tous les événements ayant un cumul moyen supérieur à 10 mm sont des événements de grande extension contre seulement 5 des 23 événements ayant un cumul moyen inférieur à 10 mm. La pluviométrie de la saison 2008 a donc été fortement structurée à l'échelle du degré carré de Niamey et, comme pour 2007, on note une corrélation marquée entre l'intensité des événements et leur extension spatiale.

La figure 2.7 montre la contribution des 2 types d'événements définis précédemment au cumul saisonnier moyen. On remarque pour la saison 2008 que les événements de grande extension contribuent pour près des trois-quarts au cumul (74 %), et que le quart restant se répartit équitablement entre les autres événements structurés et des pluies fortement localisées.

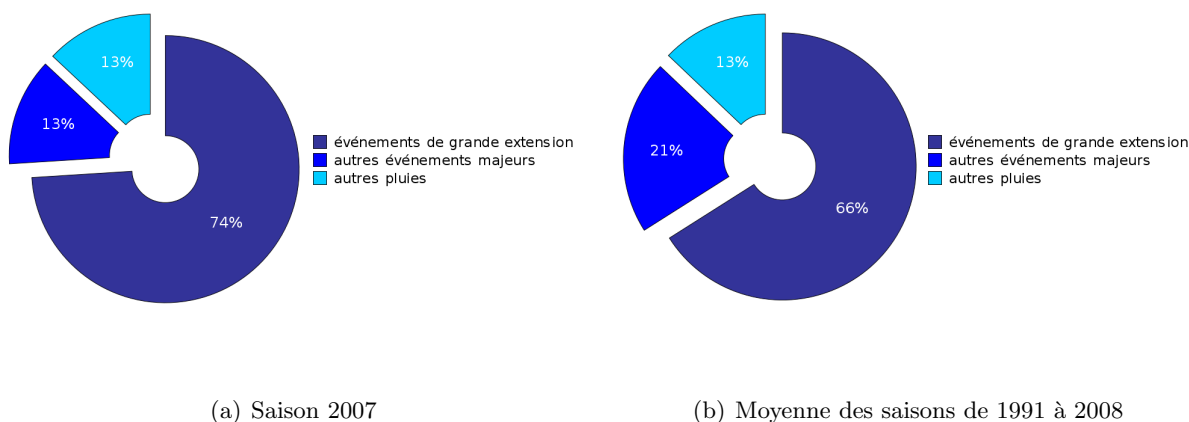


FIG. 2.7 – Contribution des différents types d'événements au cumul moyen.

⁷Moyenne spatiale obtenue à partir du calcul d'un événement moyen, de manière à minimiser l'importance des lacunes.

⁸Idem.

2.2.2 Les gradients locaux

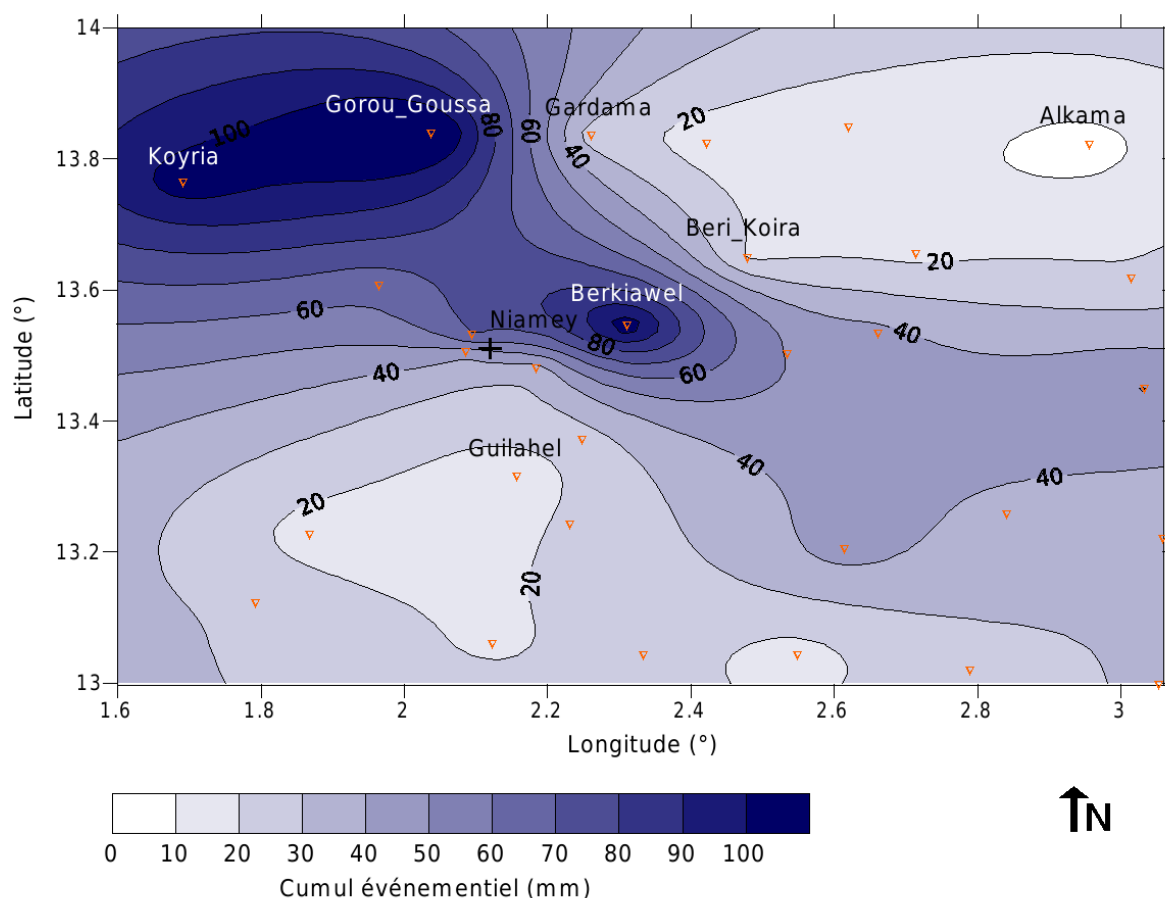


FIG. 2.8 – Isohyètes de l'événement du 25 juin 2008.

Il est établi que les systèmes pluvieux du Sahel sont principalement de type convectif. En fonction de la taille des cellules, les pluies peuvent être très localisées. On remarque donc des gradients importants de pluviométrie à une échelle événementielle.

Si on s'intéresse aux principaux événements de la saison 2008 en terme d'apport au cumul total, on constate effectivement des gradients élevés pouvant atteindre presque 5 mm/km à l'échelle de notre réseau de 30 stations. C'est pour l'événement du 25 juin 2008 (cf. figure 2.8) de pluviométrie moyenne $37,8 \text{ mm}$, qu'on obtient les valeurs les plus élevées :

- $1,13 \text{ mm/km}$ entre les deux extrêmes de l'événement, Gorou_Goussa (118,5 mm) et Alkama (6 mm),
- $3,9 \text{ mm/km}$ entre Gorou_Goussa (118,5 mm) et Gardama (23,8 mm),
- $4,2 \text{ mm/km}$ entre Berkiawel (108 mm) et Beri_Koira (18,7 mm),
- $4,8 \text{ mm/km}$ entre Berkiawel (108 mm) et Niamey Aéroport (33,8 mm) séparées seulement de 15,6 km.

Pour l'événement du 18 août 2008 de pluviométrie moyenne $39,4 \text{ mm}$ (cf. figure 2.9) on obtient :

- $2,9 \text{ mm/km}$ entre Kaligorou et Gamonzon,
- $2,2 \text{ mm/km}$ entre Berkiawel et Niamey Aéroport.

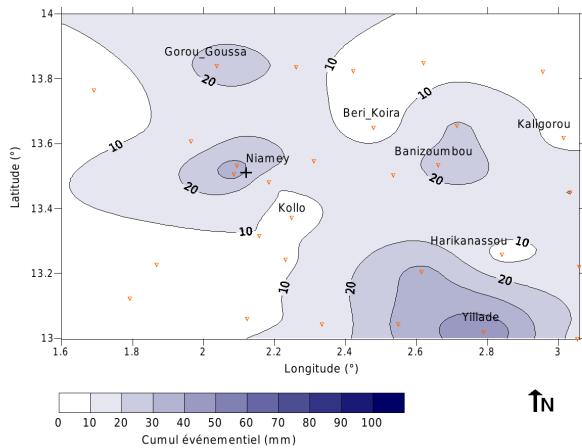
L'événement du 11 septembre 2008, plus gros contributeur au cumul saisonnier (moyenne : $42,4 \text{ mm}$) est également un bon exemple de forts gradients de pluviométrie :

- $2,14 \text{ mm/km}$ entre les deux extrêmes de l'événement, Sandidey (106,1 mm) et Koure_Sud (3

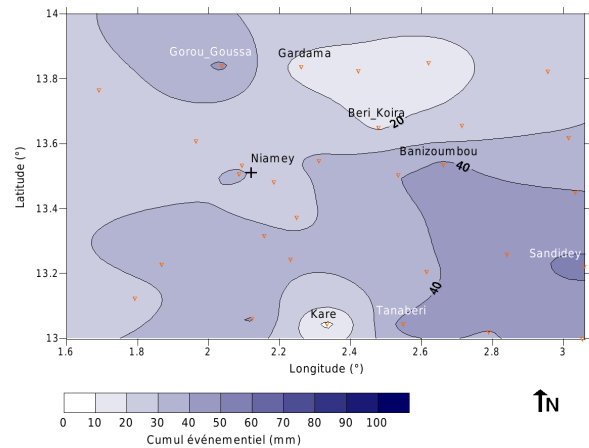
mm⁹),

- 2,6 mm/km entre Sandidey et Harikanassou,
- 3 mm/km entre Gamonzon (85,7 mm) et Kaligorou (29,5 mm),
- 2,4 mm/km entre Berkiawel et Gassan_Kournie.

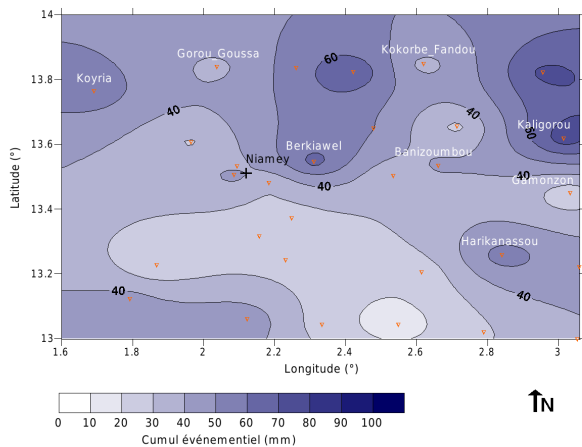
Toutes ces variations locales, cumulées sur l'année, sont à l'origine des forts gradients qu'on retrouve dans l'étude du cumul saisonnier (cf. section 2.1.1).



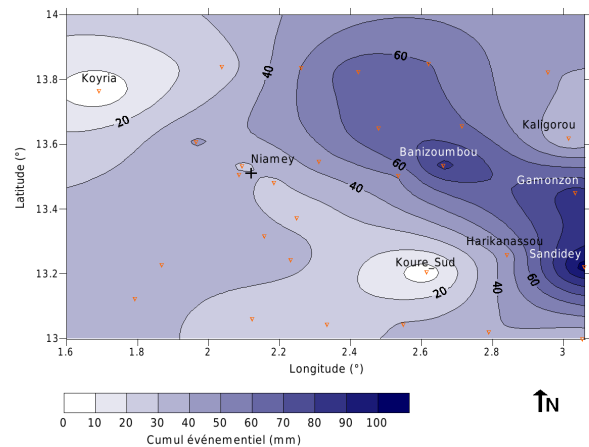
(a) Événement du 20 mai 2008



(b) Événement du 18 juillet 2008



(c) Événement du 18 août 2008



(d) Événement du 11 septembre 2008

FIG. 2.9 – Isohyètes de 4 événements marquants de 2008.

⁹Valeur suspecte, l'enregistrement sur la période ne comportant pas de lacune a proprement dite, mais un écart conséquent entre cumul seuu et cumul augets.

Chapitre 3

Analyse temporelle de la saison

3.1 Le cumul saisonnier

Dans cette partie, nous utilisons le jeu de données provenant des enregistrements (augets) corrigés par les valeurs seaux. Toutes les comparaisons inter-annuelles sont établies sur la base du réseau de 30 stations du suivi à long terme. Les valeurs de pluviométrie moyenne sont des moyennes arithmétiques et peuvent différer de celles provenant du réseau complet, des valeurs seaux ou de moyennes spatiales.

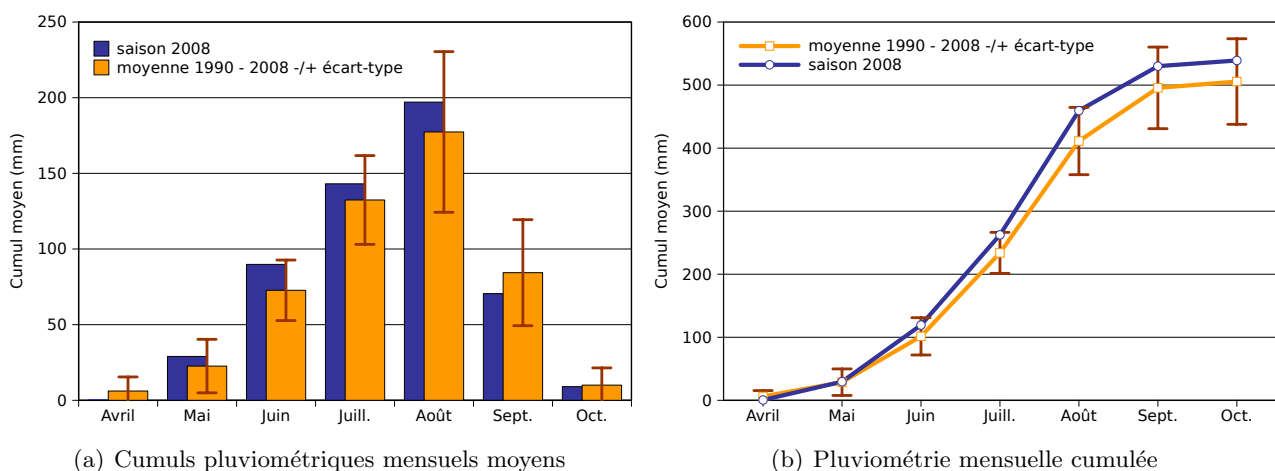


FIG. 3.1 – Comparaison de la pluviométrie mensuelle de la saison 2008 à celle de la moyenne des saisons de 1990 à 2008.

La figure 3.1 montre que la progression mensuelle de la pluviométrie sur le degré carré de Niamey pour la saison 2008 s'est déroulée en cohérence avec la moyenne des 19 années du suivi. Avec un cumul annuel de 539 mm pour 2008 et une moyenne de 506 mm depuis 1990, on constate que la pluviométrie de la saison 2008 est plus concentrée dans le temps, autour des mois de mai, juin, juillet et août, et que les début et fin de saison sont légèrement déficitaires. On étudiera plus en détail cette question de la durée de la saison dans la section 3.2.1.

Si on s'intéresse aux apports de juillet et août par rapport à la pluviométrie de la saison, on remarque que la saison 2008 se situe dans la moyenne (63% pour 61%). Sur la figure 1 en annexe, on s'aperçoit que la tendance depuis 1990 semble être à l'augmentation de ces apports et donc que la pluviométrie annuelle se concentrerait de plus en plus durant ces deux mois. Cependant on voit bien que la variabilité d'une saison sur l'autre est très importante et il est donc difficile pour l'instant de conclure à une diminution des apports de la phase d'installation de la mousson par rapport à ceux de la mousson établie.

3.2 Caractérisation de la saison

3.2.1 Les évènements majeurs : critère climatique

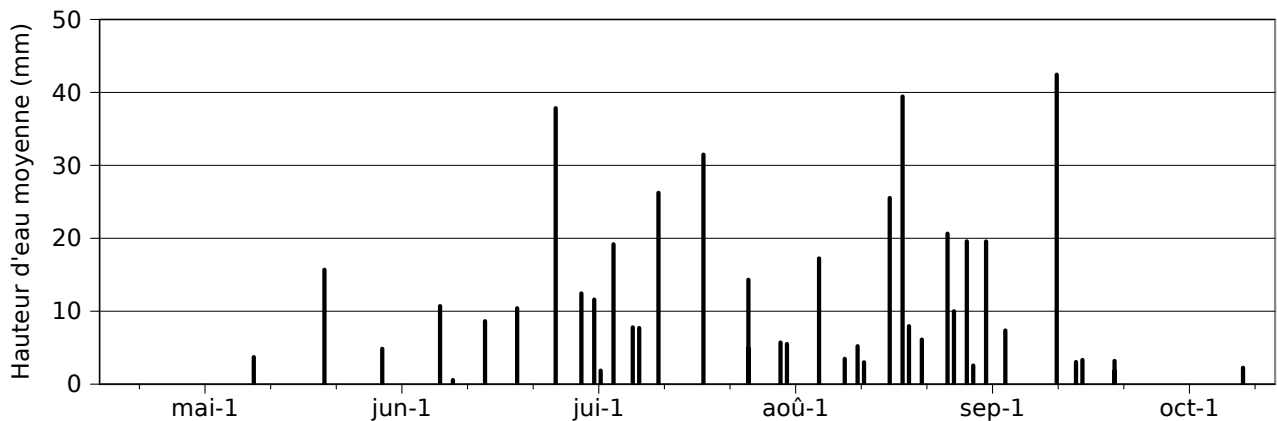


FIG. 3.2 – Répartition des évènements majeurs de la saison 2008 (hauteur d'eau moyenne sur le degré carré de Niamey en mm).

Les évènements pluvieux définis précédemment (cf. section 2.2) nous permettent ici de mieux caractériser l'évolution de la saison 2008 selon un critère climatique¹. Le premier évènement majeur enregistré, qui marque le début de la saison, a lieu le 9 mai ; il touche 37 % des stations pour un cumul moyen par station de 3,7 mm. Le dernier, qui marque la fin de la saison, a lieu le 10 octobre, touche 45 % des stations pour un cumul moyen par station de 2,3 mm. La saison dure donc 154 jours avec en moyenne légèrement supérieur à un évènement tous les 4 jours.

Si le début de saison est légèrement tardif avec un premier évènement dans la première décade de mai et aucune pluie en avril, la fin de la saison 2008 traîne un peu en longueur, ce qui donne au final une durée de la saison correcte dans la majeure partie de notre zone d'étude.

On peut restreindre cette durée de saison en s'intéressant aux évènements de grande extension. Le premier a lieu le 25 mai (100% des stations touchées, 15,7 mm en moyenne) et le dernier le 12 septembre (100% des stations touchées, 42,4 mm en moyenne). On obtient alors une durée de la saison effective sur chaque station de 114 jours.

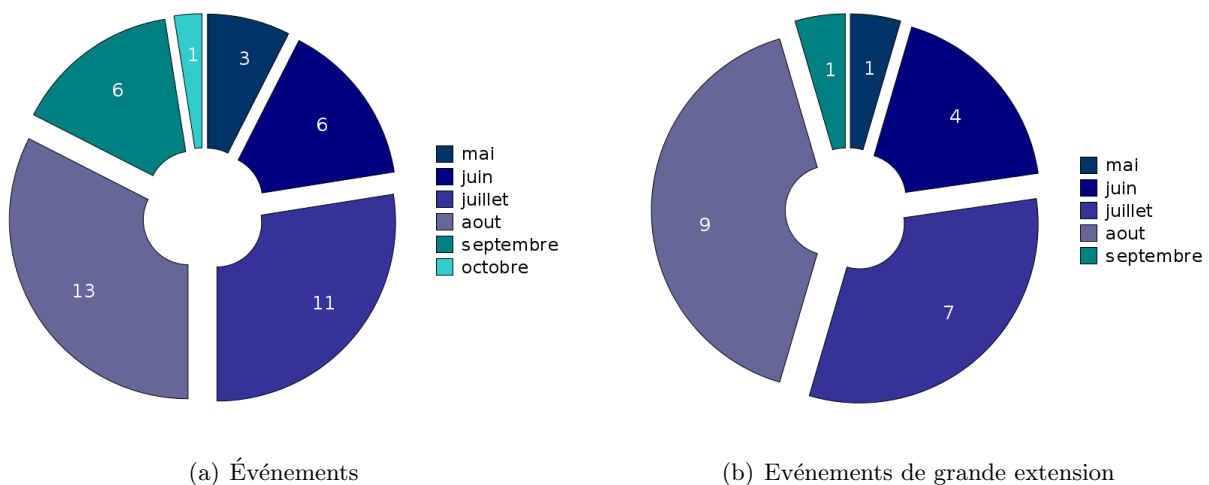


FIG. 3.3 – Répartition mensuelle des évènements et des évènements de grande extension pour la saison 2008 .

¹Pour plus de détails sur les critères de détermination des dates de début et de fin de mousson, se reporter à la thèse *Analyse du régime pluviométrique sahélien dans une perspective hydrologique et agronomique*, Maud Balme, 2004.

Quand on regarde la répartition mensuelle des événements (cf figure 3.3), on s’aperçoit qu’ils se répartissent assez bien sur les mois de juin, juillet, août et septembre. Quant aux événements de grande extension, ils se concentrent sur juin, juillet et août, mais comme on vient de le voir, on en trouve un en mai pour marquer le début de saison et un en septembre pour en marquer la fin.

3.2.2 Les évènements indépendants : critère hydrologique

On a caractérisé précédemment la saison à l’aide d’un critère climatique basé sur les événements pluvieux à l’échelle de la zone d’étude, on va maintenant définir un critère hydrologique en considérant chaque station indépendamment pour y caractériser la saison localement. On définit pour cela les événements indépendants comme les événements majeurs précédents, mais sans contrainte d’extension géographique.

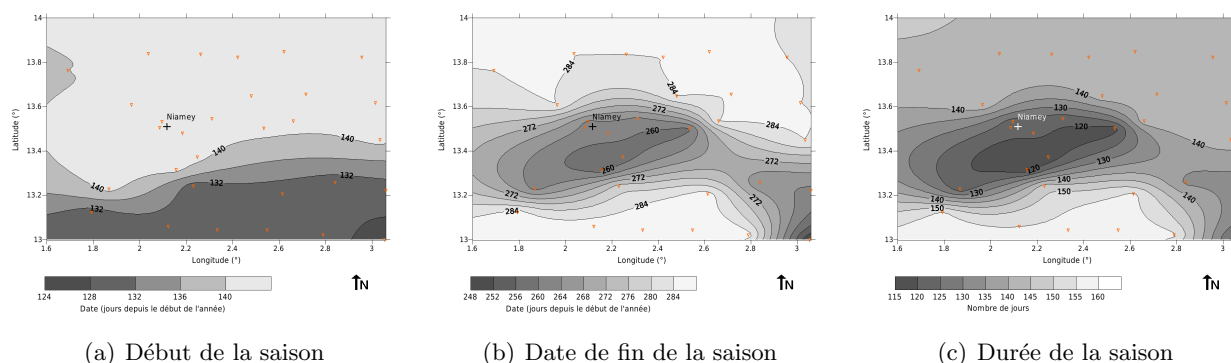


FIG. 3.4 – Date de début, de fin et durée de la mousson pour la saison 2008 suivant le critère hydrologique.

En fonction des stations la durée de la saison varie entre 117 et 156 jours (aux stations de Kollo et de Koure_Sud). La saison commence entre le 5 et le 25 juin et finit entre le 4 septembre et le 12 octobre. Encore une fois on note sur la figure 3.4 une forte disparité spatiale, la partie centrale de la zone d’étude ayant une durée de mousson réduite du fait d’une fin de saison plus précoce. On remarque également que la saison a débuté plus tôt dans le sud, mais que les derniers événements ont touché indifféremment le nord comme le sud.

La moyenne arithmétique des valeurs de chaque station nous donne une date de début de saison le 16 mai, soit une semaine plus tard que celle déterminée par le critère climatique. Quant à la fin de saison, on trouve en moyenne la date du 1 octobre. Selon ce critère hydrologique, la saison dure donc en moyenne 138 jours (min. 117 jours, max. 156 jours), à comparer aux 145 jours établis par Maud Balme (2004) comme moyenne pour les saisons 1990 à 2002.

3.2.3 Critère agronomique

On choisit comme critère agronomique pour déterminer le début et la fin de saison ceux établis par Sivakumar (1998) et repris par Maud Balme. Le début de saison est défini par, après le 1^{er} mai, un cumul pluviométrique de plus de 20 mm sur trois jours suivi d’un mois sans période sèche supérieure à 7 jours. La fin de saison correspond, après le 1^{er} septembre à la dernière pluie avant une période de sécheresse de 20 jours minimum.

Selon ce critère, la saison 2008 commence entre le 3 juin et le 4 juillet en fonction des stations et finit entre le 11 septembre et le 12 octobre. En moyenne on retient les dates du 19 juin et du 25 septembre pour une durée de 97 jours (maximum : 125 jours à Banizoumbou, minimum : 72 jours à Guilahel). Cette durée est à comparer avec la valeur moyenne de 105 jours établie par Maud Balme sur la période 1990 à 2002.

On remarque par ailleurs sur la figure 3.5 que la saison a commencé plus tardivement dans le sud de notre zone que dans sa partie centrale, mais qu’elle s’y est finie également plus tardivement. Au final cette saison semble avoir été propice à la culture (notamment du mil) avec un début de saison

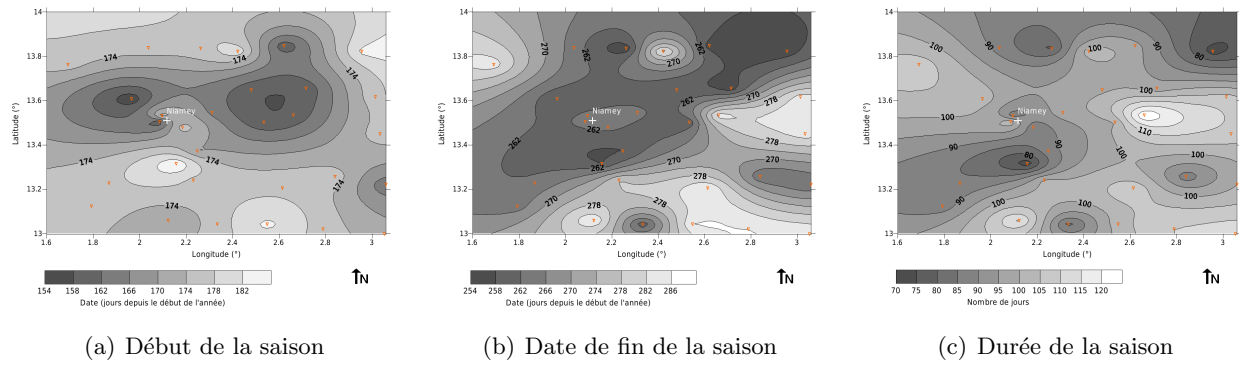


FIG. 3.5 – Date de début, de fin et durée de la mousson pour la saison 2008 suivant le critère agronomique.

légèrement tardif mais bien arrosé et une fin de saison trainant en longueur. Bien évidemment cette remarque reste générale, et encore une fois la variabilité spatiale liée aux événements pluvieux entraîne des situations localement très différentes.

Chapitre 4

Appareillage complémentaire

4.1 Degré carré de Niamey

Cette année voit l'apparition dans la base de données EPSAT de quatre nouvelles stations sur le degré carré de Niamey. Il s'agit d'une part des pluviographes couplés aux trois tours de mesure de flux de Wankama et de Koma Koukou, et d'autre part du pluviographe couplé à la station météorologique de Boubon Kolonga. Ces données ne sont pour l'instant pas encore disponibles aux formats habituels, étant donné la diversité des centrales et des méthodes d'acquisition, mais sont présentes à titre informatif. Pour la saison 2009 l'acquisition sur ces quatre stations devrait être homogénéisée au basculement.

4.2 Réseau synoptique

Dans le cadre de la collaboration avec la Direction Météorologique Nationale, quatre pluviographes avec centrales de type Hobos sont installés à Birnin n'Konni, Tahoua, Maradi et Zinder. Ces postes sont censés nous fournir une vision plus générale de la pluviométrie à l'échelle du Niger. Cependant, en raison de la distance, leur entretien et leur suivi s'avère coûteux et difficile. En 2008 chaque appareil a reçu 3 visites :

- installation en avril (lancement différé au 15 avril),
- contrôle (fin juillet),
- démontage en novembre.

C'est le personnel des services locaux qui doit assurer l'entretien général (nettoyage du cône). Cependant ce suivi n'est pas satisfaisant et les données obtenues sont cette année, encore une fois, peu fiables. D'une part, une seule visite dans l'année ne permet pas d'assurer un suivi performant et expose les données à de grandes lacunes (augets bloqués) ou imprécisions (augets déréglés). D'autre part, les données 2008 sont entachées d'un décalage inexplicable d'une heure entre les données récoltées et les heures de passage de nos techniciens. Ce décalage a été corrigé mais entoure ces données d'une incertitude supplémentaire. Les données les plus fiables restent les quantités d'eau relevées pour chaque pluie par les agents à l'aide de pluviomètres à lecture directe récapitulées dans le tableau 4.3.

Konni		Maradi		Tahoua		Zinder	
date	p (mm)	date	p (mm)	date	p (mm)	date	p (mm)
mai-16	29,7	mai-17	0,9	mai-5	1		
mai-21	9,6	mai-18	9,5	mai-10	10,4		
mai-25	0,1	mai-20	3,6	mai-11	0,8		
mai-26	2,5	mai-24	1,6	mai-25	15		
mai-27	0,2	mai-29	2,7				
mai-30	5,3						
mai	47,4	mai	18,3	mai	27,2	mai	0

jun-8	5,3	jun-8	4,1	jun-13	10	jun-8	1,8
jun-12	30,3	jun-13	4,1	jun-17	0,4	jun-25	15,7
jun-14	18,3	jun-21	38,4	jun-18	7,7		
jun-27	65,4	jun-29	15,2	jun-29	1,2		
jun-30	34,2	jun-30	10,7	jun-30	3,5		
juin	153,5	juin	72,5	juin	22,8	juin	17,5
jui-1	1,1	jui-6	8,5	jui-4	3,5	jui-1	23
jui-2	7,1	jui-8	1,6	jui-7	6,5	jui-8	19,2
jui-4	10,6	jui-10	21	jui-8	18,3	jui-10	16,2
jui-9	36,9	jui-16	1,5	jui-11	21,8	jui-14	48,2
jui-12	37,6	jui-17	50,7	jui-17	10	jui-16	7,4
jui-19	8,6	jui-18	8,5	jui-18	0,9	jui-17	56,4
jui-26	17,4	jui-25	4,8	jui-21	0,3	jui-21	21,8
				jui-25	0,7	jui-23	3,1
				jui-29	0,3	jui-27	2,9
				jui-31	17,2		
juillet	119,3	juillet	96,6	juillet	79,5	juillet	198,2
aoû-3	1,4	aoû-2	0,9	aoû-3	22,4	aoû-14	47,7
aoû-4	25,1	aoû-4	17	aoû-9	13,6	aoû-16	4,8
aoû-5	3	aoû-7	0,3	aoû-18	19,1	aoû-17	34
aoû-9	5,9	aoû-11	1,9	aoû-19	0,3	aoû-21	21,8
aoû-13	1	aoû-14	31,9	aoû-21	3	aoû-23	3,1
aoû-16	8	aoû-15	0,9	aoû-22	0,2	aoû-26	3
aoû-18	34	aoû-17	37,3	aoû-23	2,9		
aoû-19	6	aoû-18	8,3	aoû-26	16,2		
aoû-22	1,9	aoû-19	0,9	aoû-30	22,5		
aoû-23	7,2	aoû-21	14				
aoû-25	16,4	aoû-22	19,6				
aoû-29	2,5	aoû-26	8,6				
aoû-30	1						
aoû-31	47,3						
aout	160,7	aout	141,6	aout	100,2	aout	114,4
sep-8	11,9	sep-9	8,2	sep-11	21,7	sep-5	0,3
sep-12	54,2	sep-13	13,2	sep-13	2,5	sep-7	1,3
sep-14	25,2	sep-19	11,2	sep-16	27,8	sep-9	2,3
sep-16	6,8	sep-23	0,6	sep-17	1,9	sep-12	25
sep-20	3,8			sep-24	2,5	sep-13	10,7
sep-27	2,7			sep-28	32,3	sep-19	0,9
						sep-26	7,9
sept.	104,6	sept.	33,2	sept.	88,7	sept.	48,4
total	585,5	total	362,2	total	318,4	total	378,5

TAB. 4.3 – Récapitulatif des pluies relevées sur le réseau synoptique en 2008.

Annexes

Station	Cumul augets	Cumul corrigé	Cumul seuu
Alkama	467,5	469,6	470,4
Ataloga	387,0	369,5	369,5
Banizoumbou	679,0	685,2	645,2
Beri_Koira	592,0	589,2	619,3
Beri_Koira2	637,5	624,4	613,8
Berkiawel	650,0	667,2	509,8
Billingol	570,0	526,7	525,5
Bololadie	398,0	376,1	373,6
Boubon	637,0	597,8	593,2
Dantiandou	668,0	645,9	649,4
Darey	507,5	495,0	495,0
Deberegati	518,5	524,1	567,9
Dey_Tegui2	547,0	521,3	520,7
Dingazi	371,5	377,2	394,1
Diri_Bangou	531,5	535,3	526,4
Djoure	533,5	540,7	539,7
Gamonzon	635,5	617,6	617,4
Gardama	383,0	381,4	549,0
Gassan_Kournie	626,0	611,6	611,7
Gogueize	631,0	602,1	529,9
Gorou_Goussa	653,5	688,8	711,0
Guilahel	427,5	415,2	415,2
Harikanassou	565,5	559,1	570,4
IH_Jachere	411,5	408,3	440,7
Kafina	373,0	353,0	552,3
Kalassi	659,0	649,0	649,1
Kaligorou	527,5	514,9	514,9
Kare	410,0	399,4	454,8
Kiran_Fandou_Beri	523,5	507,9	508,2
Kokorbe_Fandou	402,0	389,3	419,4
Kollo	518,0	494,5	494,1
Kolo_Diogono	549,0	537,6	536,0
Kolo_Loga	453,0	444,7	492,7
Kone_Beri	495,5	474,0	558,7
Koure_Kobade	801,5	774,6	774,6
Koure_Sud	490,5	491,8	520,8
Koyria	536,0	525,0	529,2
MKZ	610,5	585,9	585,4
Massi_Koubou	472,0	466,5	466,1
NY_Aeroport	449,0	422,7	422,8
NY_IRI	596,0	617,8	596,8
NY_Orstom	548,5	543,8	553,4

Samadey	602,5	556,6	554,1
Sandidey	720,0	698,5	699,4
Simiri	416,5	417,5	471,0
Sofia_mare	646,0	609,3	609,3
Tanaberi	462,0	498,0	498,0
Tillaberi	440,5	440,4	440,2
Tilola_Kaina	441,5	449,5	452,4
Tokobinkani	664,5	652,4	652,5
Tondibiagorou	528,0	548,0	545,4
Tondikiboro_Case	621,5	616,2	636,6
Tondikiboro_limni	667,0	640,9	640,9
Torodi	493,5	494,9	496,2
Wankama	593,0	574,9	575,0
Wankama_plateau	637,0	616,1	616,1
Yillade	707,5	674,2	683,8

TAB. 6 – Cumuls pour la saison 2008.

Station	Lacunes seu
Banizoumbou	5 au 18 juin
Berkiawel	24 juin au 9 juillet
Bololadie	3 au 16 septembre
Diri_Bangou	28 mai au 12 juin
Gogueize	17 au 27 juillet
NY_IRI	27 mai au 10 juin
Samadey	5 au 21 mai

TAB. 8 – Lacunes seu du réseau 2008.

Effet de pépite		$\sigma_0 = 300mm^2$
Exponentielle 1	palier	$\sigma_1 = 3000mm^2$
	portée	$S_1 = 0.2^\circ$
	anisotropie	$\alpha_1 = 0.5$
	angle d'anisotropie	$\Theta_1 = 90^\circ$
Exponentielle 2	palier	$\sigma_2 = 4000mm^2$
	portée	$S_2 = 3.5^\circ$
	anisotropie	$\alpha_2 = 0.5$
	angle d'anisotropie	$\Theta_2 = 90^\circ$

TAB. 9 – Variogramme utilisé pour le krigeage à une échelle annuelle.

Effet de pépite		$\sigma_0 = 0mm^2$
Exponentielle 1	palier	$\sigma_1 = 100mm^2$
	portée	$S_1 = 0.2^\circ$
	anisotropie	$\alpha_1 = 0.6$
	angle d'anisotropie	$\Theta_1 = 90^\circ$
Exponentielle 2	palier	$\sigma_2 = 105mm^2$
	portée	$S_2 = 2^\circ$
	anisotropie	$\alpha_2 = 0.5$
	angle d'anisotropie	$\Theta_2 = 90^\circ$

TAB. 10 – Variogramme utilisé pour le krigeage à une échelle événementielle.

Linéaire	pente	$p = 1$
	anisotropie	$\alpha_1 = 0.5$
	angle d'anisotropie	$\Theta_1 = 90^\circ$

TAB. 11 – Variogramme utilisé pour le krigeage des dates et des durées de mousson.

	Grille complète	Grille restreinte
X_{min}	$1,45^\circ$	$1,6^\circ$
X_{max}	$3,06^\circ$	$3,06^\circ$
Y_{min}	13°	13°
Y_{max}	$14,21^\circ$	14°
$NumCols$	100	100
$NumRows$	87	70

TAB. 12 – Grilles utilisées pour le krigeage sous Surfer.

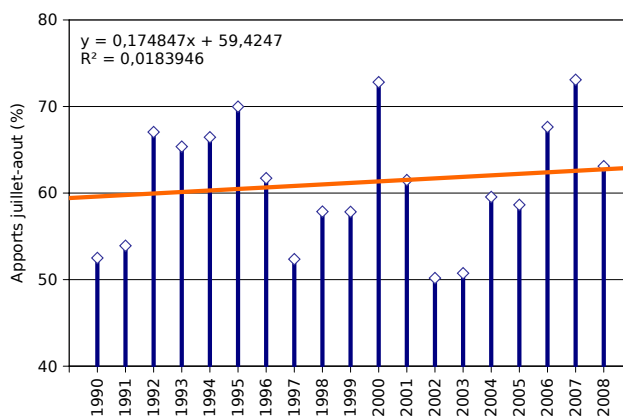


FIG. 1 – Apports des mois de juillet et août à la pluviométrie de la saison pour les 18 ans de données.