

# Rapport EPSAT-Niger 2007

Guillaume QUANTIN,

avec la collaboration de  
Abassa ALHASSANE  
Abdoulaye KONE  
Bodo SEYNI  
Hamissou ALASSANE  
Boubé HAMANI  
et Frédéric METAYER.



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Le réseau de pluviographes 2007</b>	<b>5</b>
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 . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Analyse spatiale de la saison</b>	<b>9</b>
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 2007 avec la moyenne sur les 18 années précédentes . . . . .	12
2.2	Les évènements pluvieux . . . . .	12
2.2.1	Description générale . . . . .	12
2.2.2	Les gradients locaux . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Analyse temporelle de la saison</b>	<b>16</b>
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
<b>4</b>	<b>Appareillage complémentaire</b>	<b>20</b>
4.1	Degré carré de Niamey . . . . .	20
4.2	Réseau synoptique . . . . .	20

# Table des figures

1.1	Les stations du réseau 2007. . . . .	5
1.2	Les modifications du réseau en 2007. . . . .	6
1.3	Comparaison des cumuls augets et des cumuls seaux. . . . .	8
2.1	Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2007 sans la station de Tillabéri. . . . .	9
2.2	Isohyètes de la moyenne des cumuls seaux pour les saisons 1990 à 2007. . . . .	10
2.3	Evolution des cumuls seaux en fonction de la latitude pour la saison 2007 et pour la moyenne de 1990 à 2007 . . . . .	10
2.4	Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2007 des 30 stations EPSAT et comparaison avec les isohyètes pour le réseau complet. . . . .	11
2.5	Saison 2007 et anomalies par rapport à la moyenne 1990 - 2007. . . . .	12
2.6	Répartition des événements en fonction de leur cumul moyen pour la saison 2007. . . . .	13
2.7	Contribution des différents types d'événements au cumul moyen. . . . .	13
2.8	Isohyètes de l'événement du 04 août 2007. . . . .	14
2.9	Isohyètes des événements du 13 et du 15 juillet 2007. . . . .	15
3.1	Comparaison de la pluviométrie mensuelle de la saison 2007 à celle de la moyenne des saisons de 1990 à 2007. . . . .	16
3.2	Répartition des événements majeurs de la saison 2007 (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 2007 . . . . .	18
3.4	Date de début, de fin et durée de la mousson pour la saison 2007 suivant le critère hydrologique (numéro du jour depuis le début de l'année et nombre de jours). . . . .	18
3.5	Durée de la mousson pour la saison 2007 suivant le critère agronomique (nombre de jours). . . . .	19
1	Isohyètes des cumuls augets pour la saison 2007 et comparaison avec les isohyètes de cumuls seaux. . . . .	26
2	Apports des mois de juillet et août à la pluviométrie de la saison pour les 18 ans de données. . . . .	27
3	Durée moyenne des périodes de sécheresse pour la saison 2007. . . . .	27
4	Nombre d'événements selon le critère hydrologique pour la saison 2007. . . . .	27

# Liste des tableaux

4.1	Récapitulatif du fonctionnement des stations de Billingol et de Tokobinkani pour la saison 2007. . . . .	20
4.2	Récapitulatif du fonctionnement des stations de Konni, Maradi, Tahoua et Zinder pour la saison 2007. . . . .	21
3	Liste des stations de la campagne 2007, coordonnées actualisées en février 2008 (X et Y dcN, coordonnées en km à partir du point origine du degré carré de Niamey : 13 ° N, 2 ° E). . . . .	23
4	Récapitulatif des différents cumuls pour 2007. $\Delta 1$ correspond à l'écart entre le cumul seau et le cumul augets, $\Delta 2$ entre le cumul seau et le cumul augets corrigé. . . . .	24
5	Périodes de fonctionnement des stations pour la saison 2007. . . . .	25
6	Variogramme utilisé pour le krigeage à une échelle annuelle. . . . .	26
7	Variogramme utilisé pour le krigeage à une échelle événementielle. . . . .	26
8	Variogramme utilisé pour le krigeage des dates et des durées de mousson. . . . .	26

# Chapitre 1

## Le réseau de pluviographes 2007

### 1.1 Les stations et leur installation

#### 1.1.1 Les stations

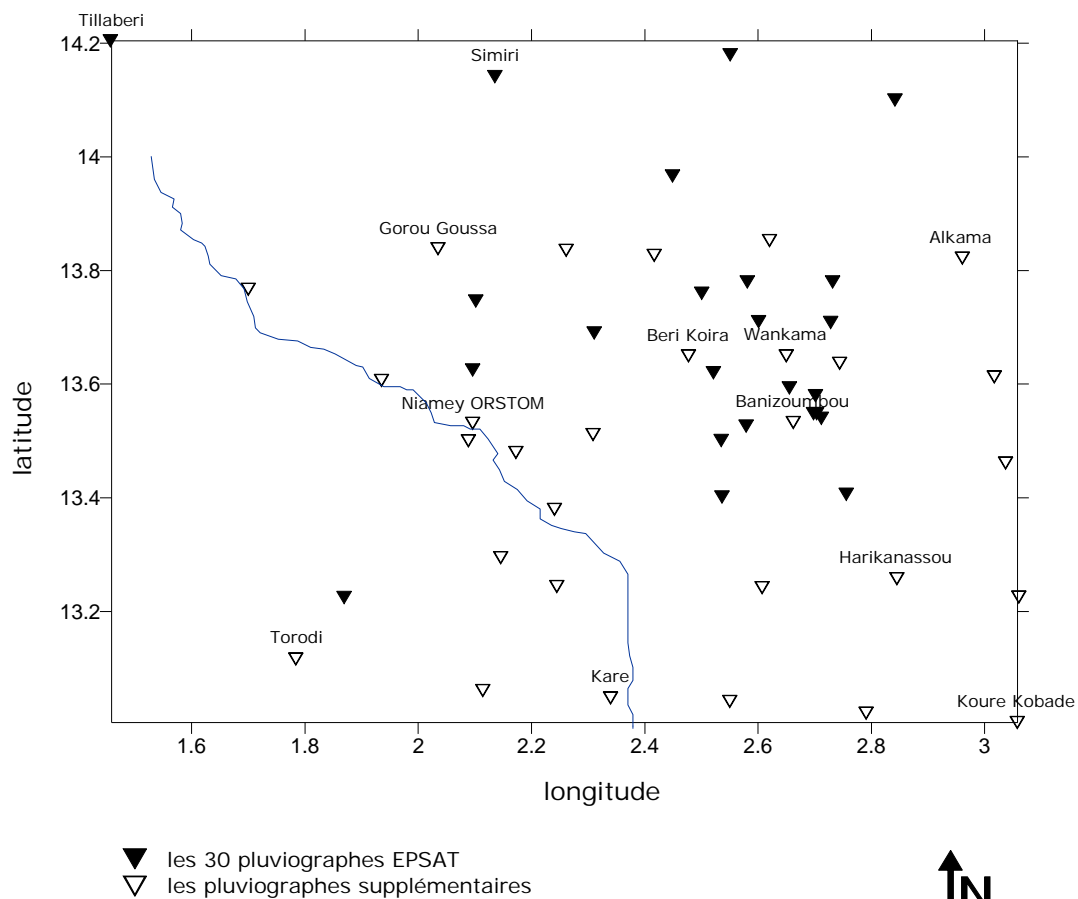


FIG. 1.1 – Les stations du réseau 2007.

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) s'appuie sur le réseau opérationnel. Ensuite, une période d'observations renforcées (EOP) a conduit en 2005 à renforcer le réseau de mesures pluviométriques, aux 34 stations existantes ont été ajoutés 20 postes pluviogra-

phiques. 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 km<sup>2</sup> 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 cm<sup>2</sup>. En 2007, il existe deux types de systèmes d'acquisition des données pluviométriques, centrales (Edipe et Hobos). La figure 1.1 montre la repartition des stations sur la zone d'étude, et le tableau 3 en annexe récapitule les coordonnées des différentes stations ainsi que leurs années de mise en service.

### 1.1.2 Installation et modifications du réseau

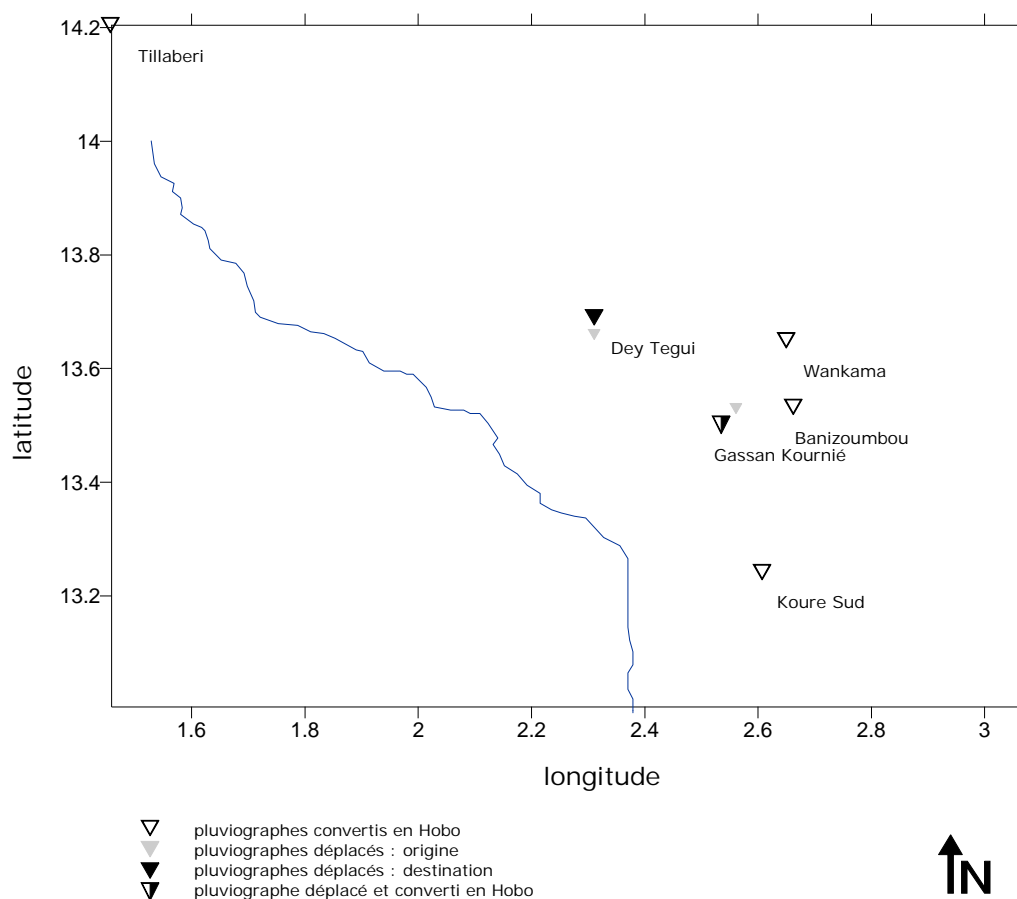


FIG. 1.2 – Les modifications du réseau en 2007.

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 sur place afin de limiter les dérèglements et les risques de casse liés à leur manutention. Ces appareils ont été gardés pendant tout ce temps. L'ensemble des stations a été réinstallé durant la seconde quinzaine de mars 2007 pour la nouvelle saison pluvieuse.

Sur les 54 stations du réseau, une station (Wankama plateau) a dû être abandonnée pour cause de dégradations et de vols répétés, sa situation éloignée de toute habitation ne permettant pas de garantir un gardiennage efficace. Le réseau opérationnel pour 2007 ne compte donc que 53 stations.

Par rapport à 2006, 2 stations ont du être déplacées :

- Fandou Béri, qui devient Gassan Kournié, en début de saison,
- Dey Tegui au 16/07.

5 centrales (Edipe) ont été remplacées par des centrales Hobos :

- Banizoumbou, Wankama et Kouré Sud lors de leur installation,
- Fandou Béri en devenant Gassan Kournié,
- Tillabéri au 30/07 suite à une défaillance de cartouche (Edipe).

La figure 1.2 permet de visualiser ces changements. Toutes les nouvelles coordonnées des stations se trouve en annexe dans le tableau 3.

L'ensemble des stations a reçu une visite tous les 15 jours environ, pour relever les données des Hobos et faire l'entretien des (Edipe) (changement de cartouche tous les 45 jours environ). Cette fréquence élevée des visites permet une meilleure réactivité en cas de problème mais augmente aussi le risque d'effectuer une mauvaise manipulation. C'est arrivé notamment lors d'une tournée fin août avec un défaut de relance d'une série de Hobos suite à un problème informatique.

Toutes les stations ont été démontées pendant la dernière quinzaine d'octobre selon le même protocole que pour la saison sèche précédente.

## 1.2 Qualité de l'acquisition

### 1.2.1 Taux de fonctionnement

Sur l'ensemble du réseau, le taux de fonctionnement moyen pour la saison 2007 (du 15/04/07 au 15/10/07) est de 93,6% . Sur les 12 stations qui ont un taux de fonctionnement inférieur à 90% :

- 2 stations (Edipe) présentent une lacune de fin de saison à partir du 13/09, Alkama et Harikanassou (cartouches défectueuses) dont les seaux n'indiquent aucune précipitation pour cette période,
- 9 stations présentent une période de lacune fin juillet/début août due à un défaut de relancement de l'acquisition des Hobos suite à un problème informatique (Boubon, Dantiandou, Dey Tegui, Dingazi, Kolo Diogono, Kone Béri, Simiri, Tondibiagorou, Tillabéri, Tiloa Kaina),
- 2 stations présentent un taux de fonctionnement très faible de l'ordre de 67%, Gorou Goussa et Tillabéri, du à des cartouches (Edipe) défectueuses au cours de la saison.

Par conséquent, si on écarte les deux stations de Gorou Goussa et de Tillabéri et qu'on « oublie » les lacunes d'Alkama et de Harikanassou, on obtient un taux de fonctionnement moyen de 94,3% et 10 stations en dessous du seuil de 90%. Le tableau 5 en annexe récapitule les périodes de fonctionnement des stations du réseau.

### 1.2.2 Valeurs seaux et valeurs augets

Pour la saison 2007, 13 stations présentent un écart relatif entre le cumul seau et le cumul augets supérieur à 10% et 32 un écart inférieur à 5% . Les deux raisons principales expliquant ces écarts élevés rencontrés sur les 13 stations sont :

- des lacunes importantes,
- des difficultés de réglage des augets.

Dans le premier cas, il faut garder à l'esprit l'existence de ces lacunes dans l'utilisation des données de ces stations. Dans le second cas, on peut améliorer l'information par l'application d'une correction.

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, 11 stations présentent toujours des écarts importants alors que 39 stations passent sous la barre des 5% . Ces 11 stations sont celles qui présentent de grosses lacunes :

- 6 appartiennent aux 9 stations ayant eu un problème de relancement des Hobos fin juillet,
- les 5 autres ont subi divers problèmes techniques (connectique, ampoule à mercure, augets bloqués) qui faussent les résultats sans nécessairement apparaître comme des lacunes.

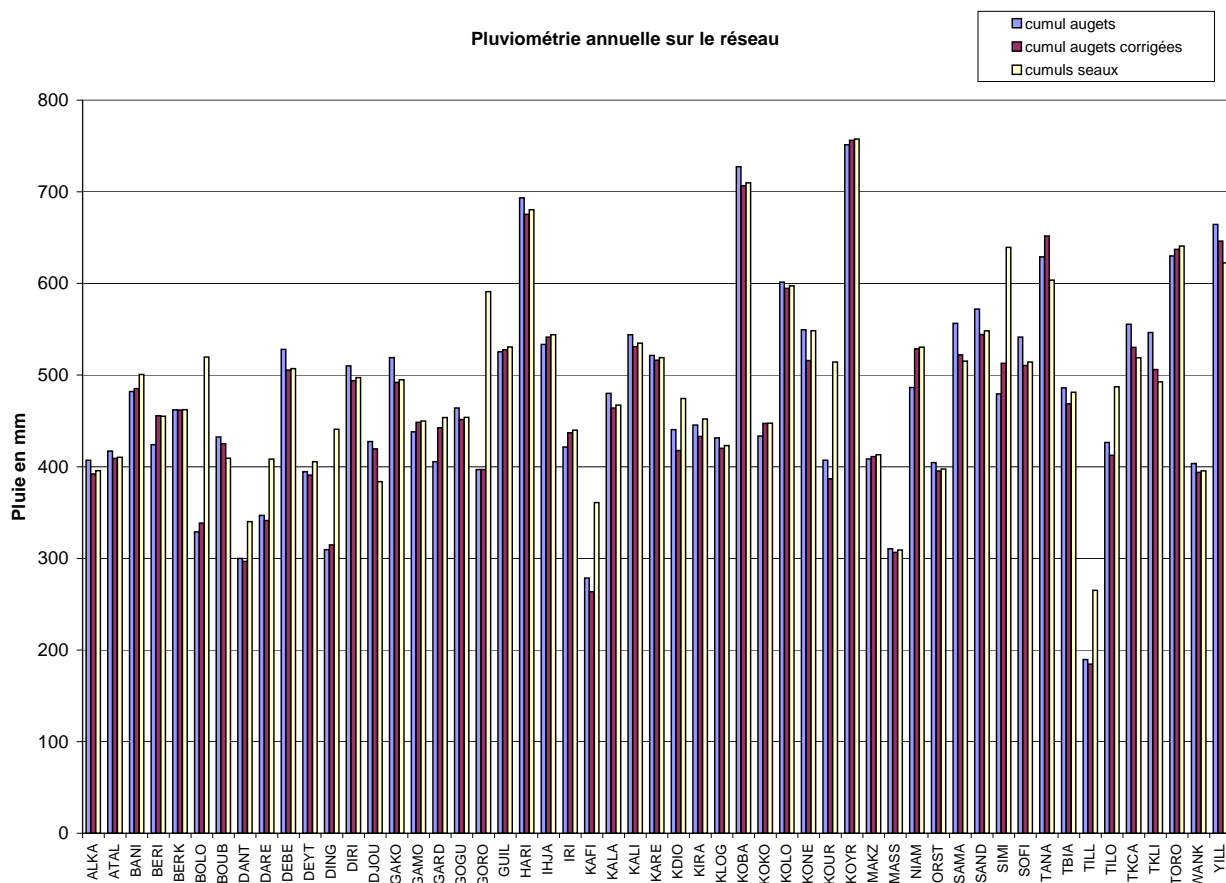


FIG. 1.3 – Comparaison des cumuls augets et des cumuls seaux.

On obtient une valeur moyenne générale des écarts de 6% et de seulement 1,6% sans ces 11 stations. La figure 1.3 récapitule les différents cumuls obtenus pour chaque station.

Compte tenu des remarques formulées dans ce chapitre, on choisit de poursuivre l'étude de la pluviométrie de la saison 2007 en écartant la station de Tillabéri présentant trop de lacunes tant au niveau des cumuls augets que des cumuls seaux. Le réseau complet du degré carré de Niamey pour 2007 se compose donc de 52 pluviographes. Cependant, la station de Tillabéri sera conservée dans le traitement des événements pluvieux qui intègre ces lacunes.

Enfin, je tiens à signaler qu' **il est indispensable de changer d'urgence 25 des « blocs augets » des pluviographes enregistreurs**; en effet, en dehors de possibles erreurs humaines à la descente de l'information in situ, la principale cause de défaillance des appareils est à présent le dérèglement de blocs augets dont une grande partie a déjà fait 18 saisons !



# Chapitre 2

## Analyse spatiale de la saison<sup>1</sup>

### 2.1 Les cumuls saisonniers

#### 2.1.1 Description générale de la saison

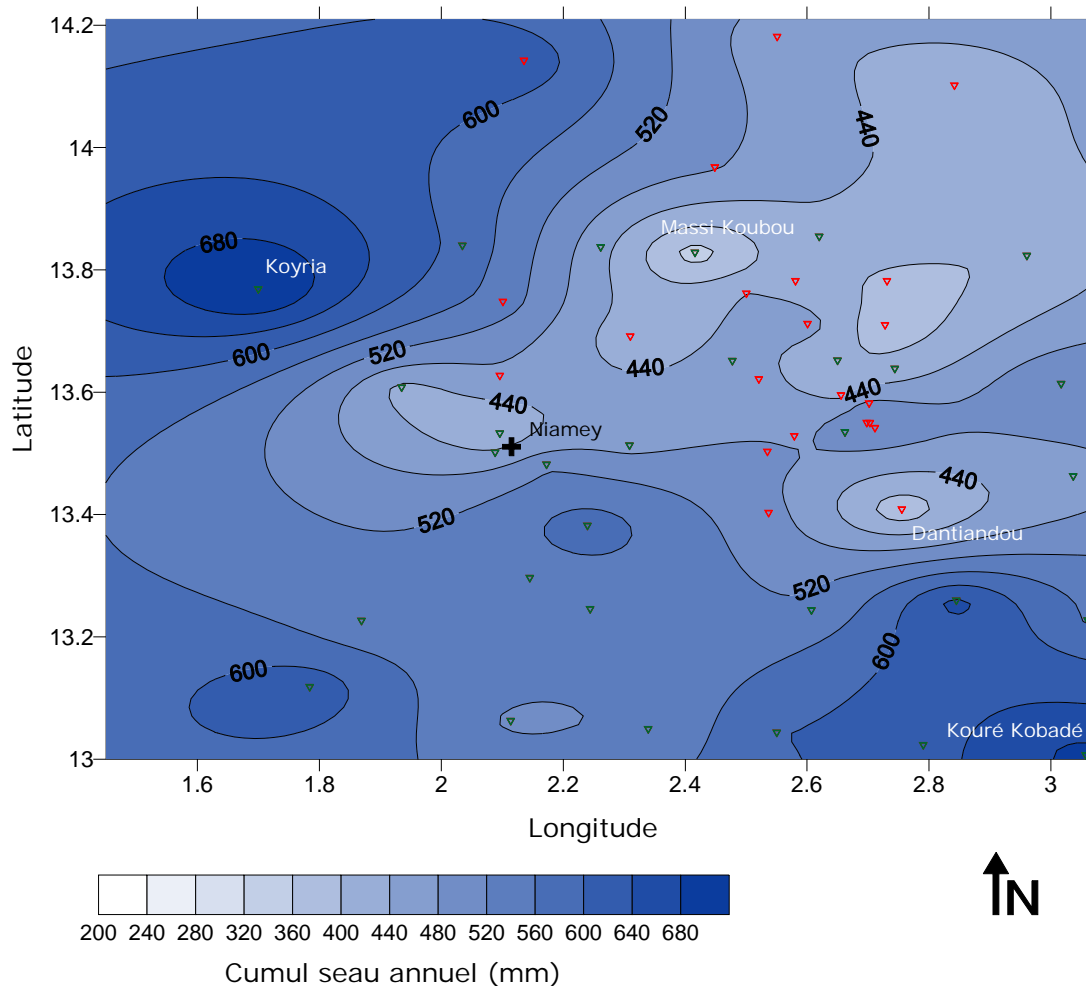


FIG. 2.1 – Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2007 sans la station de Tillabéri.

Avec une moyenne spatiale<sup>2</sup> de 528 mm sur l'ensemble des 52 stations du réseau, la saison 2007 apparaît comme assez pluvieuse. Si on cherche à comparer cette valeur avec celles de références, on se rend compte que la pluviométrie 2007 sur le degré carré de Niamey se situe entre la moyenne des

<sup>1</sup>Toutes 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 .

<sup>2</sup>Sur la zone d'étude étendue (cf. figure 2.1).

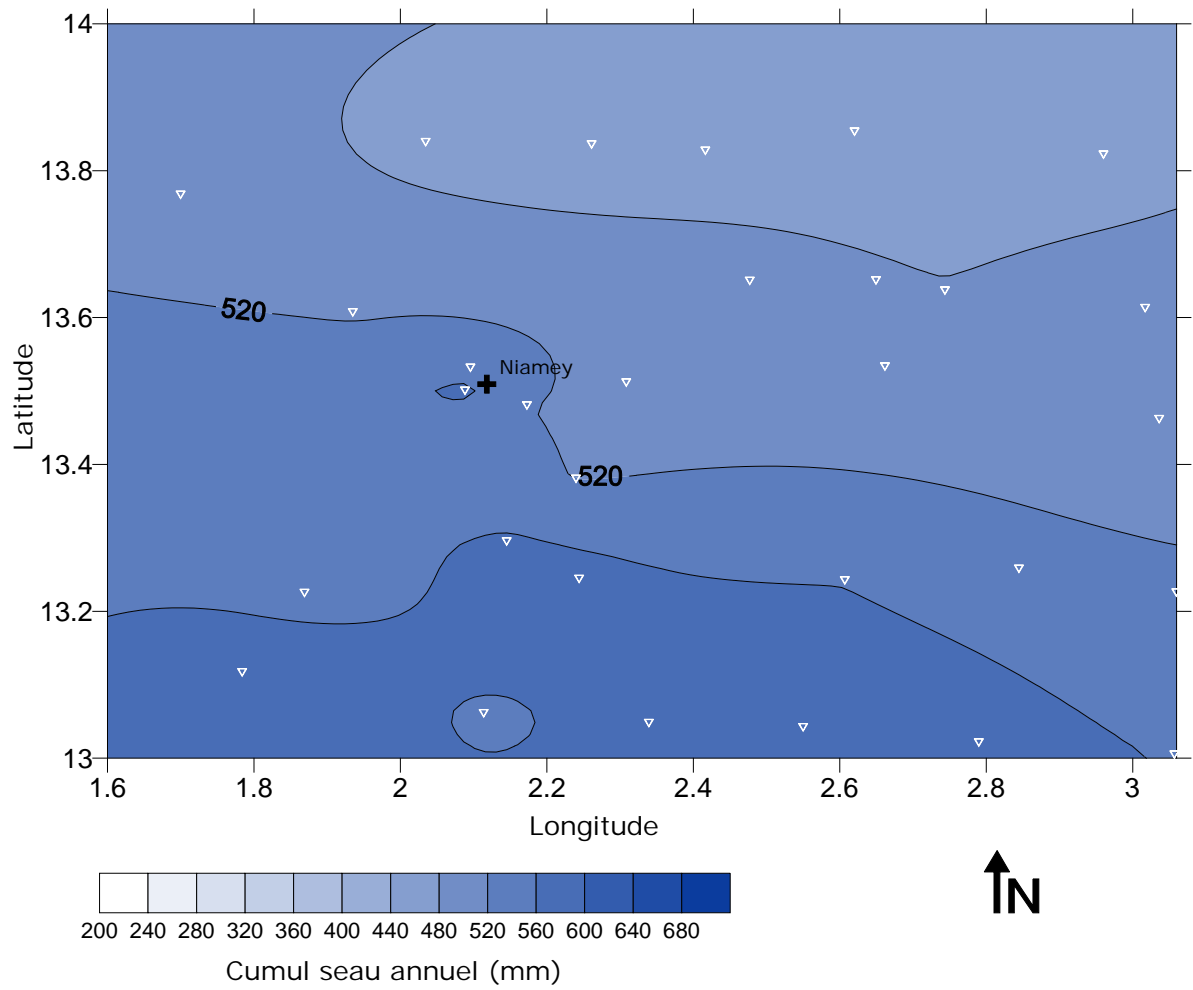


FIG. 2.2 – Isohyètes de la moyenne des cumuls seaux pour les saisons 1990 à 2007.

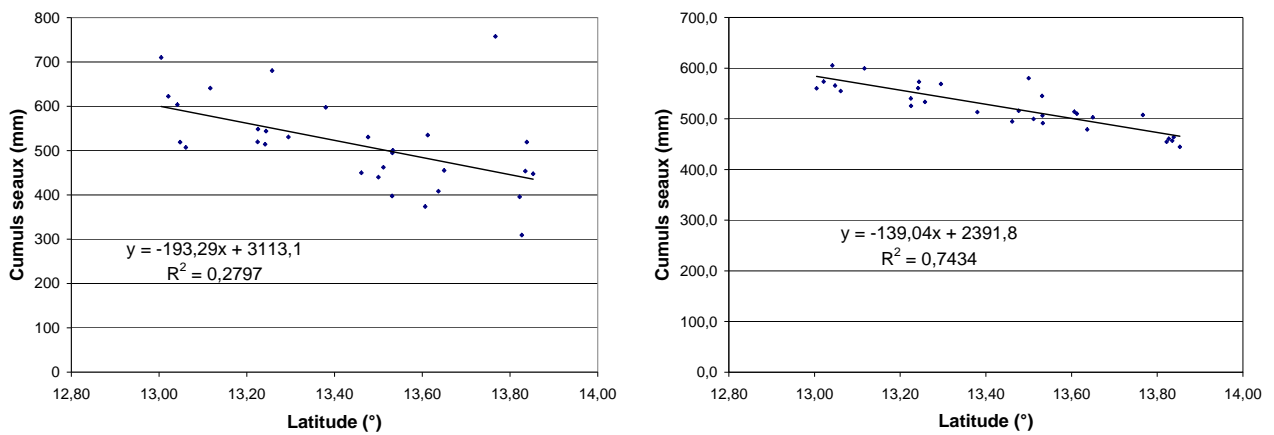


FIG. 2.3 – Evolution des cumuls seaux en fonction de la latitude pour la saison 2007 et pour la moyenne de 1990 à 2007 .

saisons de 1971 à 1990 (480mm) 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 spatiale<sup>3</sup> sur les 30 stations initiales du réseau EPSAT donne 517 mm pour 2007. Cette valeur se situe dans la moyenne du suivi en cours EPSAT/CATCH/AMMA initié en 1990 (518 mm). Il faut remonter aux années 2000 et 2001 pour trouver un cumul moins abondant (438 et 471 mm).

Les cumuls extrêmes de la saison ont été obtenus aux stations de Koyria (758 mm) et de Massi Koubou (309 mm) séparées de 77,5 km et situées à des latitudes proches. Cet écart important nous donne un rapport de 2,5 qui est la valeur maximale enregistré depuis le début du suivi en 1990 (valeur moyenne 2,0). On remarque que la seconde valeur maximale est à Koure Kobade avec 710 mm et la seconde valeur minimale à Dantiandou avec 340 mm. Le rapport entre ces deux valeurs n'est plus que de 2,1.

On calcule, entre les deux valeurs extrêmes, un gradient pluviométrique de 5.8 mm/km qui est révélateur de la forte variabilité spatiale de la pluviométrie dans la région, comme le laissait présager la figure 2.1. Pourtant la figure 2.2 qui montre les isohyètes des cumuls moyens sur la période 1990 - 2007, 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 ( $R^2=0,28$  pour 2007), mais qu'en moyennant sur l'ensemble du suivi on obtient un résultat acceptable ( $R^2=0,74$ ). Visuellement on croit déceler un léger gradient Est - Ouest sur la figure 2.2 mais cette tendance n'est pas vérifiable par corrélation tellement elle est marginale par rapport aux autres variations spatiales.

### 2.1.2 Réseau à long terme : les 30 pluviographes

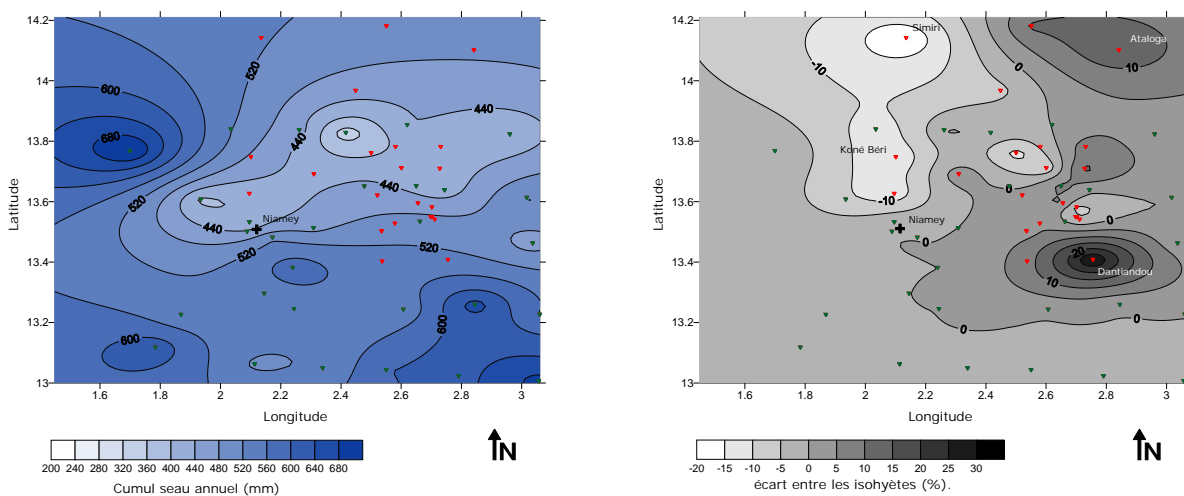


FIG. 2.4 – Isohyètes des cumuls seaux pour la saison 2007 des 30 stations EPSAT et comparaison avec les isohyètes pour le réseau complet.

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 2007, il est intéressant de comparer la carte des isohyètes pour ces 30 stations avec celle des isohyètes du réseau complet de 52 stations de manière à estimer l'apport de ces appareils supplémentaires. La figure 2.4 montre cet écart relatif<sup>4</sup> entre les isohyètes pour 30 stations et pour 52 stations.

On s'aperçoit alors que 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 vers le nord permet

<sup>3</sup>Sur la zone d'étude restreinte (cf. figure 2.2).

<sup>4</sup>(cumul 30 stations - cumul 52 stations)/cumul 30 stations.

d'affiner nettement la modélisation de cette zone en positif comme en négatif. La station rajoutée à Simiri montre que la pluviométrie de la zone était sous-évaluée de 15 % tandis que la station d'Ataloga montre que celle-ci était sur-évaluée de plus de 10 % par le réseau de 30 pluviographes. De la même manière la réduction de la maille du réseau autour du super-site permet de mettre en évidence le creux de Dantiandou qui est le second plus petit cumul enregistré en 2007 et qui aurait été complètement lissé par le réseau de 30 pluviographes.

Cependant si le réseau complet permet encore une fois de mettre en évidence la grande variabilité spatiale de la pluviométrie du degré carré de Niamey, le suivi des 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 de 18 années de données.

### 2.1.3 Comparaison de la saison 2007 avec la moyenne sur les 18 années précédentes

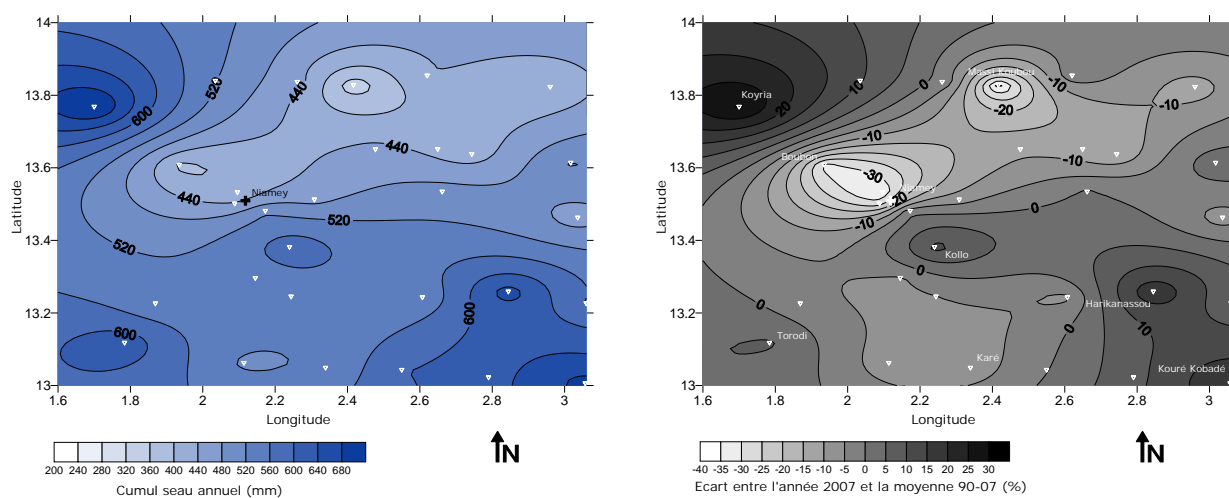


FIG. 2.5 – Saison 2007 et anomalies par rapport à la moyenne 1990 - 2007.

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 d'une part un déficit de pluviométrie en 2007 assez généralisé sur le croissant Karé-Boubon-Massi Koubou qui culmine entre Boubon et Niamey à plus de -30 % par rapport à la moyenne de ces 18 dernières années et d'autre part un excédent significatif dans les coins nord-ouest et sud-est de notre zone d'étude. Par conséquent, si cette saison s'inscrit dans la moyenne de ces 18 dernières années comme nous l'avons noté plus haut, une grande zone apparaît néanmoins en réel déficit pluviométrique cette année (la région de Niamey à Boubon ainsi que tout le quart nord-est du degré carré) compensé à notre échelle d'étude par les excès enregistrés localement, à Koyria ou Harikanassou par exemple.

## 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 53 stations du réseau (incluant Tillabéri). 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 moins 30 minutes pour être considérés indépendamment. Pour la saison 2007, on compte 43 évènements majeurs distincts, ce qui nous situe dans la moyenne des saisons depuis 1991, pour un cumul moyen<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Moyenne spatiale obtenue à partir du calcul d'un évènement moyen, de manière à minimiser l'importance des lacunes.

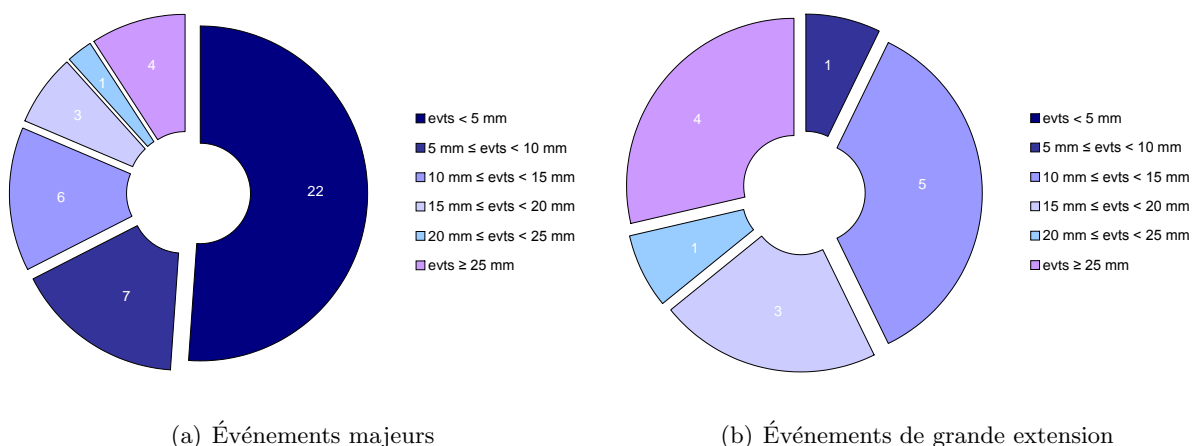


FIG. 2.6 – Répartition des événements en fonction de leur cumul moyen pour la saison 2007.

de 426 mm. Ces événements majeurs contribuent à hauteur de 81 % de la pluviométrie enregistrée cette saison ce qui est relativement faible en comparaison avec les années précédentes (moyenne 88 %, minimum 77 % en 2001).

On définit par ailleurs un événement de grande extension comme un événement majeur couvrant au moins 80 % des stations du réseau. Pour la saison 2007 on recense seulement 14 événements de grande extension, valeur équivalente à celle recensée en 1997 et qui correspond au minimum de ces 17 dernières années (moyenne 22). Avec un cumul moyen<sup>6</sup> de 307 mm ces événements représentent quand même 58 % de la pluviométrie annuelle (moyenne 66 %). On remarque également (cf. figure 2.6) que tous les événements ayant un cumul moyen supérieur à 15 mm sont des événements de grande extension et qu'un seul des 29 événements ayant un cumul moyen inférieur à 10 mm est un événement de grande extension. On en déduit que pour 2007, les événements de forte intensité sont aussi des événements de forte 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 2007 que si les événements de grande extension sont les principaux contributeurs au cumul (58 %), les autres événements majeurs, même s'ils sont de moindre intensité, jouent un rôle non négligeable de par leur nombre (23 %). Ces deux types d'événements n'expliquent pourtant pas complètement le cumul total, et le résidu (19 %) est apporté par des pluies fortement localisées.

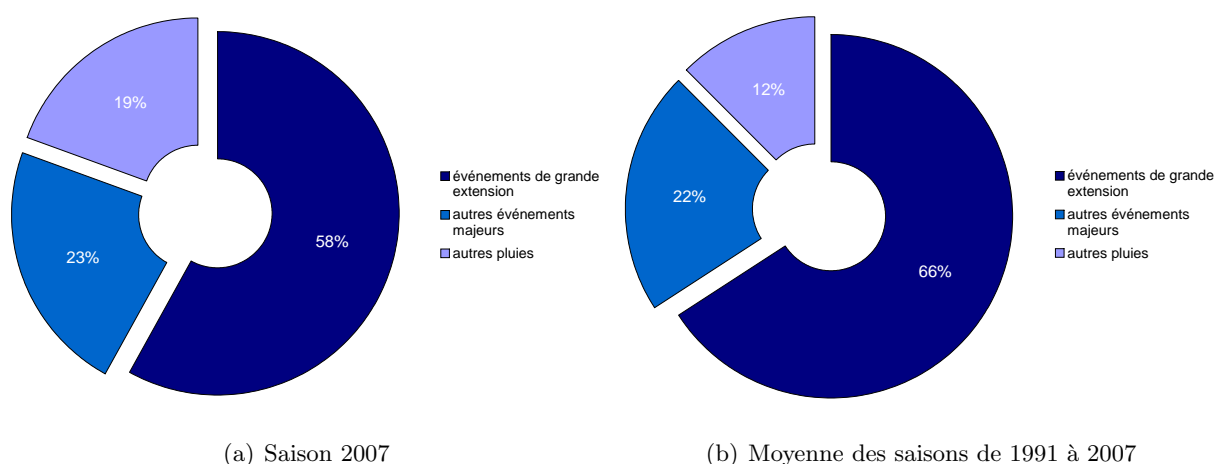


FIG. 2.7 – Contribution des différents types d'événements au cumul moyen.

<sup>6</sup>Idem.

## 2.2.2 Les gradients locaux

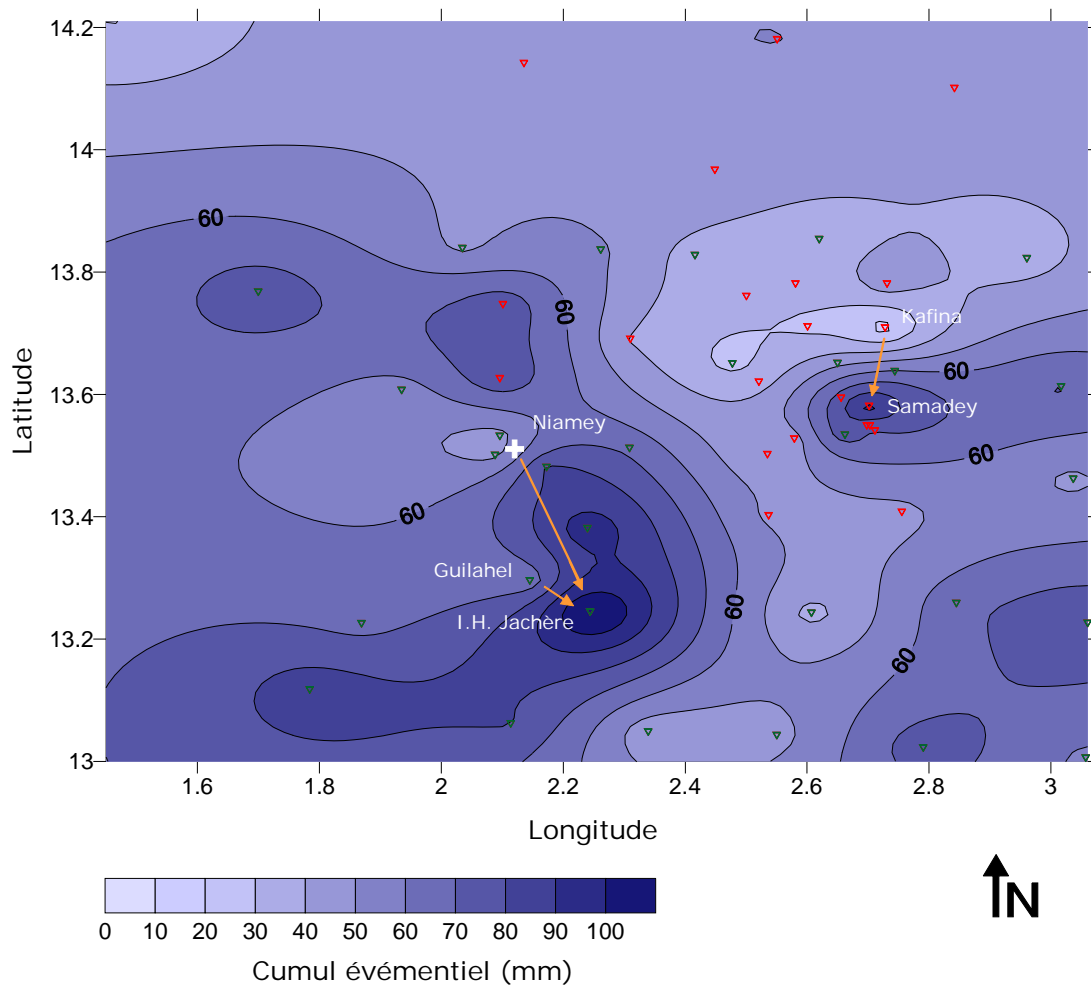


FIG. 2.8 – Isohyètes de l'événement du 04 août 2007.

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 à l'événement du 4 août 2007 (cf. figure 2.8), principal apport de la saison avec une moyenne spatiale inter-stations de 57,2 mm (10,8 % du cumul saisonnier), on observe un gradient de l'ordre de  $2 \text{ mm/km}$  entre Niamey et la station de I.H. Jachère et de  $4,8 \text{ mm/km}$  entre Guilahel et cette même station. Pour cet événement, le maximum de pluviométrie est atteint à Samadey (94,5 mm) tandis que le minimum est à Kafina (15,5 mm). Ces deux stations ne sont séparées que de 14,8 km, ce qui correspond à un gradient de  $5,3 \text{ mm/km}$ .

L'événement du 15 juillet 2007 (pluviométrie moyenne : 36,3 mm) montre également de forts gradients de pluviométrie (cf. figure 2.9) :

- $1,2 \text{ mm/km}$  entre les deux extrêmes Kouré Sud (0,5 mm) et Koné Béri (94,9 mm),
- $2,1 \text{ mm/km}$  entre Débéré Gati et Bololadié,
- $3,4 \text{ mm/km}$  entre Gardama et Koné Béri.

Des événements de plus faible ampleur comme celui du 13 juillet (pluviométrie moyenne : 12,3 mm) sont aussi marqués par de grande variabilité spatiale (cf. figure 2.9) :

- $5,7 \text{ mm/km}$  entre Kafina (5,7 mm) et Darey (50,4 mm) séparées de 7,8 km,
- $3,9 \text{ mm/km}$  entre Tondikiboro et Darey,
- $3,2 \text{ mm/km}$  entre Béri Koira et Kolo Diogono.
- $1,4 \text{ mm/km}$  entre Kouré Sud et Harikanassou.

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).

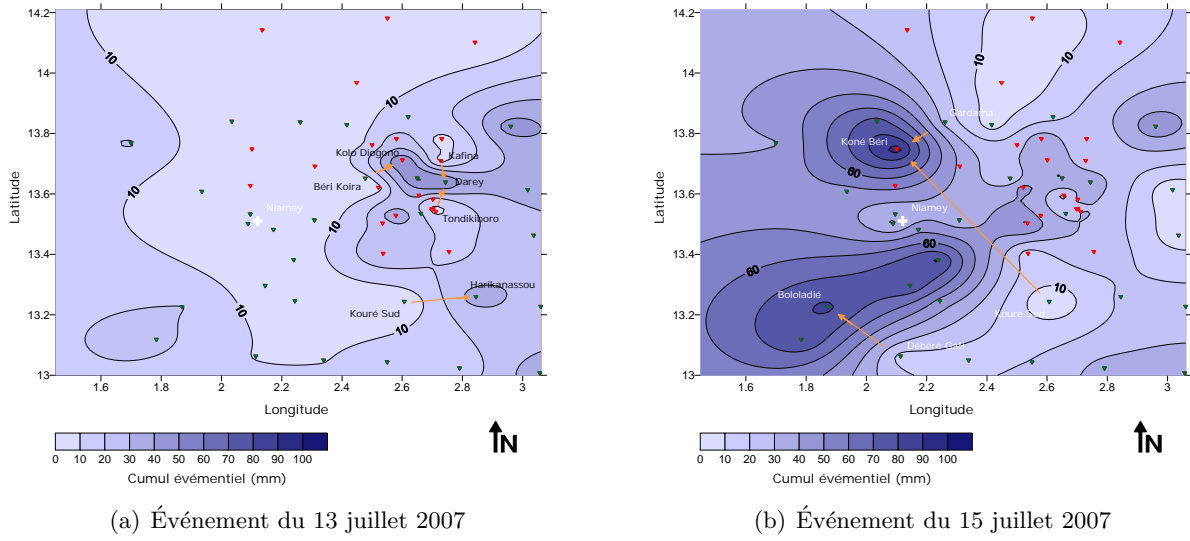


FIG. 2.9 – Isohyètes des événements du 13 et du 15 juillet 2007.

# 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. Le traitement sur les 18 années a été réalisé notamment à l'aide du logiciel hydraccess<sup>1</sup>. 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.

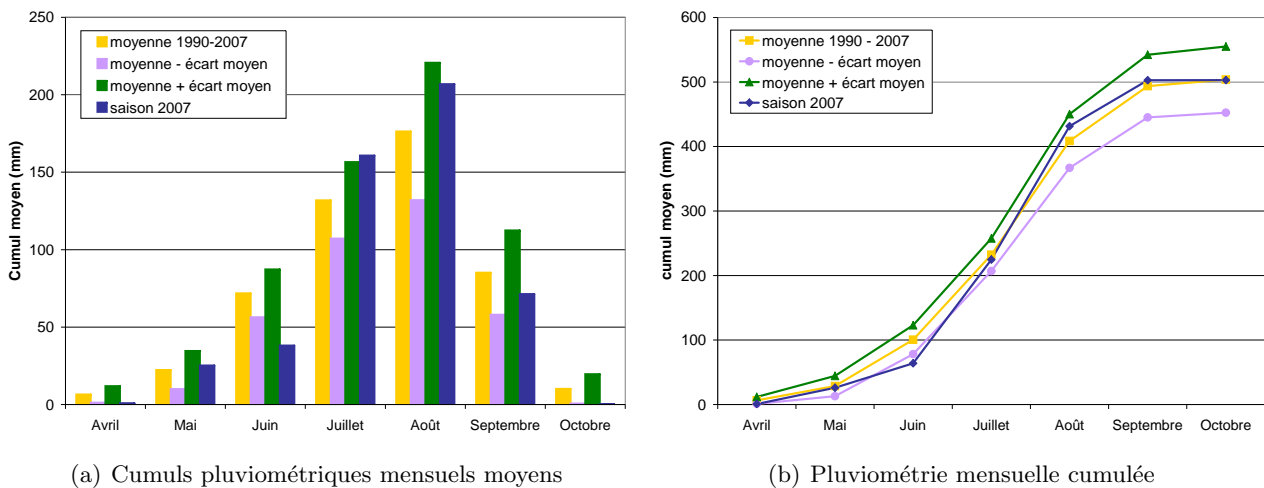


FIG. 3.1 – Comparaison de la pluviométrie mensuelle de la saison 2007 à celle de la moyenne des saisons de 1990 à 2007.

Comme le montre bien la figure 3.1, la progression mensuelle de la pluviométrie sur le degré carré de Niamey pour la saison 2007 s'est déroulée conformément à la moyenne des 18 années du suivi avec un cumul annuel de 503 mm pour 2007 pour une moyenne de 504 mm depuis 1990. On remarque quand même la faible pluviométrie du mois d'avril auquel on s'intéressera pour qualifier le début de saison (cf. section 3.2.1) et la forte pluviométrie des mois de juillet et août qui compense les déficits de juin et de septembre et octobre.

Si on s'intéresse aux apports de juillet et août par rapport à la pluviométrie de la saison (cf. figure 2), on se rend compte que l'année 2007 correspond au maximum enregistré depuis 1990 avec 73 % du cumul saisonnier. La moyenne est de l'ordre de 60 %. On peut penser au vu des dernières années que cette proportion a tendance à augmenter et que la pluviométrie annuelle se concentre de plus en plus durant ces deux mois, cependant la figure 2 en annexe montre plutôt une sorte d'oscillation autour de la valeur moyenne. Il est donc trop tôt pour conclure à une diminution des apports de la phase d'installation de la mousson par rapport à ceux de la mousson établie.

<sup>1</sup>Logiciel développé pour l'IRD par P.Vauchel.



## 3.2 Caractérisation de la saison

### 3.2.1 Les évènements majeurs : critère climatique

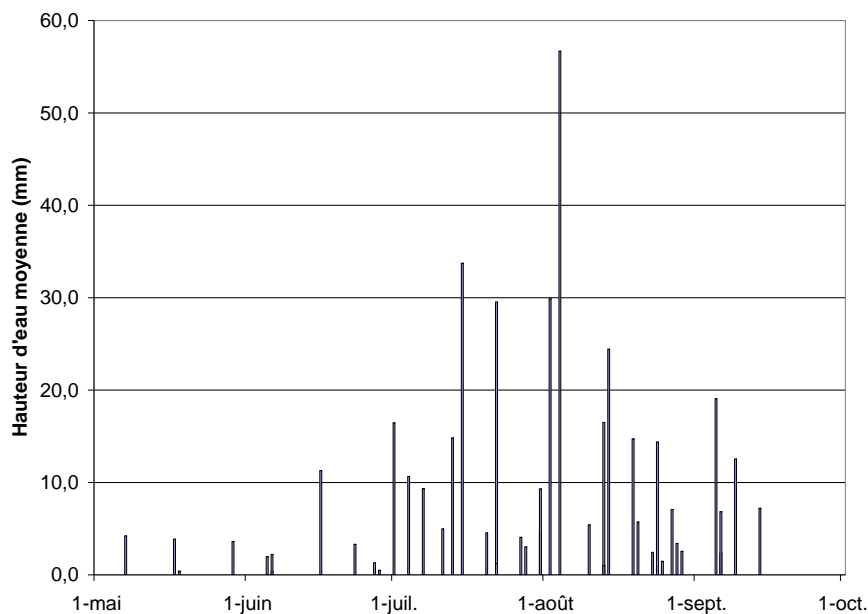


FIG. 3.2 – Répartition des évènements majeurs de la saison 2007 (hauteur d'eau moyenne sur le degré carré de Niamey en mm).

Les évènements pluvieux définis précédemment (cf. section 2.2) nous permettent ici de mieux caractériser l'évolution de la saison 2007 selon un critère climatique<sup>2</sup>. Le premier évènement majeur enregistré, qui marque le début de la saison, a lieu le 7 mai; il touche 54 % des stations pour un cumul moyen par station de 4,2 mm. Le dernier, qui marque la fin de la saison, a lieu le 14 septembre, touche 75 % des stations pour un cumul moyen par station de 7,2 mm. La saison dure donc 130 jours avec en moyenne un évènement tous les 3 jours et 2 heures. On note une nouvelle fois l'importance de l'évènement du 4 août qui culmine à plus de 57 mm de moyenne sur la zone d'étude et qui fut la cause de ruissellements et d'inondations importantes.

Quand on regarde la répartition mensuelle de ces évènements (cf figure 3.3), on s'aperçoit qu'ils se concentrent surtout sur les mois de juillet et août. Quant aux évènements de grande extension, ils n'arrivent que tardivement mais se trouvent encore en toute fin de saison. Les premières pluies sont donc assez espacées, de faible apport et de faible extension spatiale tandis que celles de fin de saison sont encore rapprochées et abondantes.

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 2007 est très précoce. En effet, la date de fin de mousson est assez stable sur les 18 années de données EPSAT et se situe normalement autour du 30 septembre. La fin de saison est donc amputée d'environ 15 jours en 2007. Comme on l'a vu précédemment cette fin de saison précoce n'a pas eu d'impact trop important sur le cumul saisonnier (compensée par les mois de juillet et août très pluvieux), cependant elle a vraisemblablement eu d'importantes conséquences agronomiques en empêchant les cultures de mil d'arriver à maturité. Pour s'en rendre compte en estimant la durée réelle de la saison localement, on va maintenant s'intéresser aux évènements déterminés pour chaque station indépendamment.

<sup>2</sup>Pour 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.

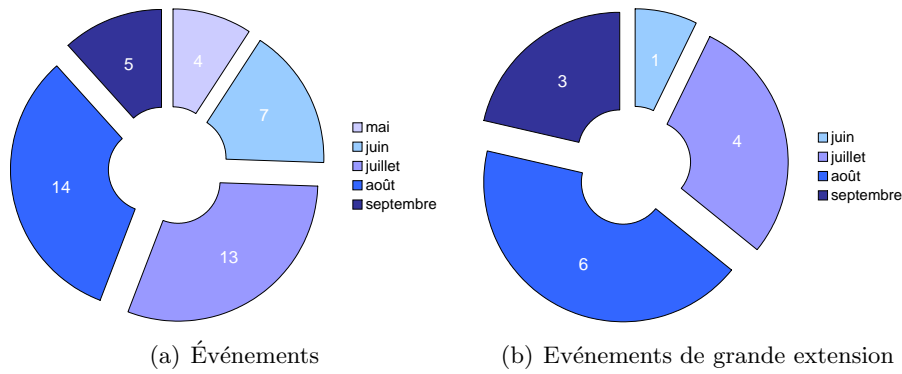


FIG. 3.3 – Répartition mensuelle des événements et des événements de grande extension pour la saison 2007 .

### 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.

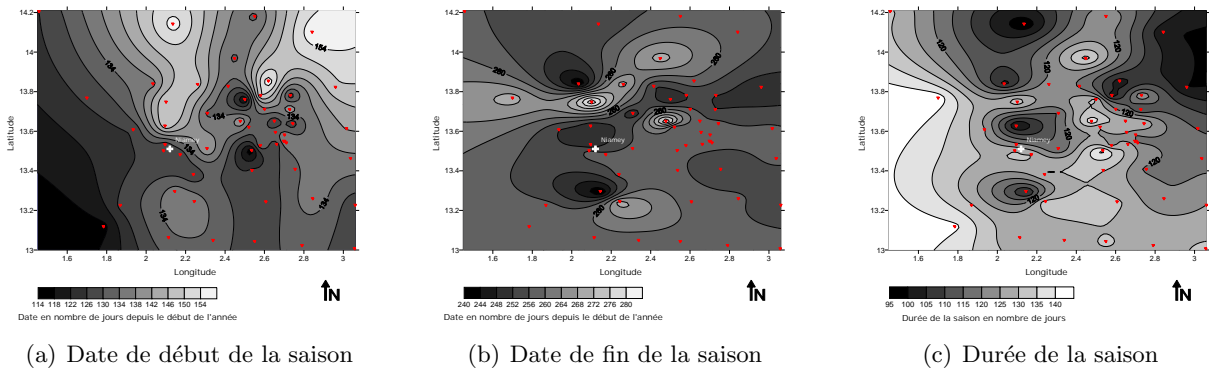
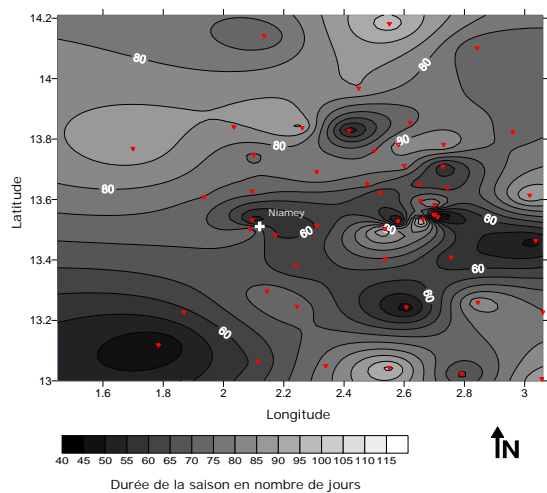


FIG. 3.4 – Date de début, de fin et durée de la mousson pour la saison 2007 suivant le critère hydrologique (numéro du jour depuis le début de l'année et nombre de jours).

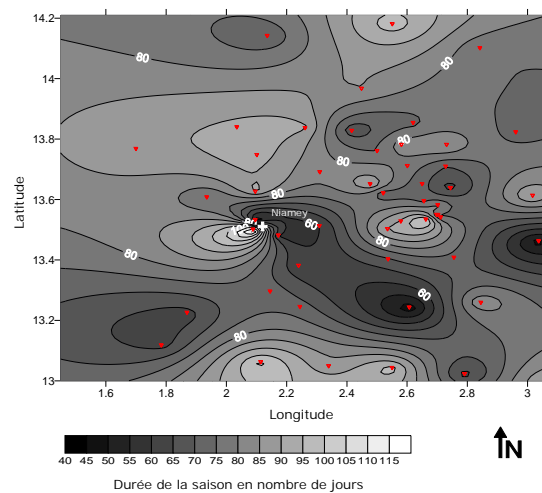
En fonction des stations la durée de la saison varie entre 96 et 143 jours (aux stations de Simiri et de Koyria). La saison commence entre le 25 avril et le 6 juin (aux stations de Gassan Kournié et Simiri) et finit entre le 28 août et le 11 octobre (aux stations de Guilahel et de Koné Béri). Encore une fois on note une forte disparité spatiale illustrée par la figure 3.4. Cependant, d'un point de vue général, la saison semble avoir débuté plus tôt et fini plus tard au sud de Niamey qu'au nord, ce que confirme la carte présentant la durée de la saison. La moyenne arithmétique des valeurs de chaque station nous donne une date de début de saison le 14 mai, soit une semaine plus tard que celle déterminée par le critère climatique. Quant à la fin de saison, on retrouve la date du 14 septembre qui correspond au dernier événement majeur déterminé sur la zone d'étude. Selon ce critère hydrologique, la saison ne dure donc en moyenne que 123 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<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> septembre à la dernière pluie avant une période de sécheresse de 20 jours minimum.



(a) Durée de la saison



(b) Durée de la saison avec des critères affaiblis

FIG. 3.5 – Durée de la mousson pour la saison 2007 suivant le critère agronomique (nombre de jours).

Selon ce critère, le début de saison 2007 commence entre le 16 juin et le 4 août en fonction des stations et finit entre le 6 septembre et le 10 octobre. En moyenne on retient les dates du 9 juillet et du 16 septembre pour une durée de 69 jours. Cette durée très courte comparée avec la valeur moyenne établie de 105 jours par Maud Balme sur la période 1990 à 2002 s'explique à la fois par un début tardif et une fin précoce.

Comme on l'a vu précédemment, la saison 2007 c'est finie assez brutalement mi-septembre, cependant en assouplissant légèrement les critères définissant ce début de saison agronomique (cumul de l'ordre de 20 mm sur quatre jours, périodes de sécheresses étendues à 8 jours...) on peut étendre raisonnablement cette saison en la faisant commencer en moyenne au 1<sup>er</sup> juillet comme le montre la figure 3.5. On obtient alors une durée moyenne de la saison de 77 jours. Cette valeur est encore très faible et montre combien la culture du mil dans la région a pu être handicapée par une phase d'installation de la mousson entrecoupée de périodes de sécheresses excessives et par une fin de saison prématurée.

## Chapitre 4

# Appareillage complémentaire

### 4.1 Degré carré de Niamey

Deux stations supplémentaires ont été installées cette saison pour les besoins du radar MIT. Il s'agit de des stations de Billingol et de Tokobinkani. Leur installation s'est faite tardivement et avec un matériel disponible de second choix. Par conséquent les données qu'elles fournissent pour 2007 sont entachées de lacunes importantes (pour Tokobinkani) et de dysfonctionnements majeurs. C'est pourquoi elles sont traitées ici à titre indicatif mais n'ont pas été intégrées complètement au réseau EPSAT 2007, ce qui sera fait pour la saison 2008 une fois le matériel renouvelé.

	Billingol	Tokobinkani
Latitude	13,47133 °	13,61204 °
Longitude	2,37458 °	2,34222 °
Date de pose	2 juillet	3 juillet
Date de dépose	12 novembre	12 novembre
Cumul seuil	515 mm	479,2 mm
Lacunes		du 22/07 au 06/09
Dysfonctionnements	Connectique Basculements	Connectique Relance Tuyau débranché Augets grippés Piles
Cumul augets corrigé	564 mm	60,5 mm

TAB. 4.1 – Récapitulatif du fonctionnement des stations de Billingol et de Tokobinkani pour la saison 2007.

### 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 2007 chaque appareil à reçu 3 visites :

- installation en avril,
- contrôle en août,
- démontage en octobre.

C'est le personnel des services locaux qui doit assurer l'entretien général (nettoyage du cône). Ce suivi n'étant pas satisfaisant, deux des quatre stations ont été déplacées cette année (Zinder et Maradi) pour être installées chez d'autres partenaires (DDA et INRAN).

	Konni	Tahoua	Maradi	Zinder
Latitude	13,80 °	14,88 °	13,46 °	13,79 °
Longitude	5,25 °	5,27 °	1,11 °	2,99 °
Date de pose	2 avril	3 avril	4 avril	5 avril
Date de dépose	22 octobre	22 octobre	25 octobre	23 octobre
Cumul seau	436 mm	434,5 mm	501,2 mm	375,3 mm
Dysfonctionnements	Augets déréglés	Augets grippés	Augets grippés	Bouchon seau mal remis
Cumul augets corrigé	366,5 mm	265,1 mm	316,5 mm	377,6 mm

TAB. 4.2 – Récapitulatif du fonctionnement des stations de Konni, Maradi, Tahoua et Zinder pour la saison 2007.

Les données obtenues sont peu fiables. 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). Le tableau 4.2 récapitule le fonctionnement des quatre stations pour la saison 2007.

# Annexes

**Coordonnées février 2008 (UTM : zone 31P, systeme WGS 84)**

station	id	code	X utm	Y utm	Long (°)	Lat (°)	X dcN (en km)	Y dcN (en km)
Alkama	ALKA	43	495150	1527943	2,95512	13,82111	103,596	90,594
Ataloga	ATAL	1	482970	1559570	2,84223	14,10704	91,416	122,221
Banizoumbou	BANI	11	463249	1496086	2,66036	13,53283	71,695	58,737
Beri Koira	BERI	21	443662	1508799	2,47910	13,64747	52,108	71,450
Berkiawel	BERK	28	425406	1497455	2,31061	13,54449	33,852	60,106
Billingol	BILL	501	432308	1489345	2,37458	13,47133	40,754	51,996
Bololadie	BOLO	84	377332	1462455	1,86784	13,22645	-14,222	25,106
Boubon Golf	BOUB	85	387892	1504409	1,96367	13,60616	-3,662	67,060
Dantiandou	DANT	23	473688	1482603	2,75696	13,41102	82,134	45,254
Darey	DARE	18	469081	1509502	2,71411	13,65421	77,527	72,153
Deberegati	DEBE	25	404809	1443745	2,12201	13,05828	13,255	6,396
Dey Tegui	DEYT	2	425393	1513401	2,31007	13,68867	33,839	76,052
Dingazi	DING	3	451642	1567742	2,55185	14,18056	60,088	130,393
Diri Bangou	DIRI	24	449890	1481698	2,53715	13,40253	58,336	44,349
Djoure	DJOU	4	471391	1523512	2,73533	13,78091	79,837	86,163
Gamonzon	GAMO	34	503589	1486746	3,03316	13,44860	112,035	49,397
Gardama Kouara	GARD	50	420157	1529639	2,26119	13,83534	28,603	92,290
Gassan Kournie	GAKO	31	449561	1492594	2,53392	13,50105	58,007	55,245
Gogueize	GOGU	6	448235	1505706	2,52144	13,61959	56,681	68,357
Gorou Goussa	GORO	80	395932	1530007	2,03704	13,83789	4,378	92,658
Guilahel	GUIL	49	408683	1472054	2,15687	13,31435	17,129	34,705
Harikanassou	HARI	41	482762	1465452	2,84087	13,25600	91,208	28,103
IH Jachere	IHJA	105	416608	1463856	2,23027	13,24046	25,054	26,507
Kafina	KAFI	413	470045	1518314	2,72293	13,73390	78,491	80,965
Kalassi	KALA	5	454314	1495404	2,57780	13,52654	62,760	58,055
Kaligorou	KALI	61	501570	1505279	3,01451	13,61619	110,016	67,930
Kare	KARE	29	427737	1441819	2,33352	13,04149	36,183	4,470
Kiran Fandou Beri	KIRA	7	445858	1521026	2,49917	13,75806	54,304	83,677
Kokorbe Fandou	KOKO	73	458962	1530836	2,62024	13,84698	67,408	93,487
kollo	KOLO	54	418592	1478281	2,24818	13,37094	27,038	40,932
Kolo Diogono	KDIO	8	456820	1516912	2,60063	13,72105	65,266	79,563
Kolo Loga	KLOG	10	454258	1522375	2,57685	13,77041	62,704	85,026
Kone Beri	KONE	13	402884	1519857	2,10171	13,74637	11,330	82,508
Koure Kobade	KOBA	26	505690	1436778	3,05247	12,99676	114,136	-0,571
Koure Sud	KOUR	51	458208	1459711	2,61430	13,20385	66,654	22,362
Koyria	KOYR	82	358426	1521822	1,69045	13,76229	-33,128	84,473
Massi Koubou	MASS	78	437450	1528097	2,42124	13,82183	45,896	90,748
MKZ	MAKZ	14	462611	1502772	2,65438	13,59328	71,057	65,423
NY Aeroport	NAER	94	411602	1490276	2,18326	13,47920	20,048	52,927
NY IRI	NIRI	83	400988	1493054	2,08511	13,50397	9,434	55,705
NY Orstom	NIRD	70	402006	1495970	2,09441	13,53037	10,452	58,621
Samadey	SAMA	15	467719	1502207	2,70160	13,58823	76,165	64,858
Sandidey	SAND	57	506366	1461435	3,05876	13,21972	114,812	24,086
Simiri	SIMI	16	406692	1563517	2,13546	14,14122	15,138	126,168
Sofia Bangou	SOFI	17	468703	1496962	2,71075	13,54081	77,149	59,613
Tanaberi	TANA	32	451047	1441745	2,54851	13,04129	59,493	4,396
Tillaberi	TILL	414	333229	1570872	1,45448	14,20429	-58,325	133,523
Tilola Kaina	TILO	19	440392	1544068	2,44811	13,96630	48,838	106,719
Tokobinkani	TOKO	502	428847	1504917	2,34222	13,61204	37,293	67,568
Tondibiagorou	TBIA	20	402267	1506454	2,09647	13,62517	10,713	69,105
Tondikiboro Case	TKCA	30	467743	1497776	2,70187	13,54816	76,189	60,427
Tondikiboro Limni	TKLI	22	467152	1497775	2,69641	13,54815	75,598	60,426
Torodi	TORO	86	369081	1450918	1,79221	13,12180	-22,473	13,569
Wankama	WANK	116	462054	1509002	2,64915	13,64960	70,500	71,653
Wankama Plateau	WPLA	27	459020	1508557	2,62110	13,64554	67,466	71,208
Yillade	YILL	35	477153	1439254	2,78930	13,01907	85,599	1,905

TAB. 3 – Liste des stations de la campagne 2007, coordonnées actualisées en février 2008 (X et Y dcN, coordonnées en km à partir du point origine du degré carré de Niamey : 13 ° N, 2 ° E).

Nom	type	cum seaux	cum augets	cum augets corrigés	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	commentaires
Alkama	Oedipe	395,7	407	392,2	2,9	0,9	
Ataloga	Hobo	410,3	417	409,1	1,6	0,3	
Banizoumbou	Hobo	500,6	482	485,2	3,7	3,1	
Beri Koiria	Oedipe	455,1	424	455,7	6,8	0,1	
Berkiawel	Oedipe	462,3	462	461,9	0,1	0,1	
Bololadie	Hobo	519,6	329	338,5	36,7	34,9	Augets bloqués (07/08 au 05/09)
Boubon	Hobo	409,2	432,5	425,1	5,7	3,9	Pb de calibrage augets
Dantiandou	Hobo	340,1	300	296,8	11,8	12,7	
Darey	Oedipe	408,3	347	341,3	15,0	16,4	Pb connectique (31/07 au 10/09)
Deberegati	Oedipe	507,1	528	505,4	4,1	0,3	
Dey Tegui	Hobo	405,4	394,5	390,9	2,7	3,6	
Dingazi	Hobo	440,9	309,5	314,8	29,8	28,6	
Diri Bangou	Hobo	497,2	510	493,9	2,6	0,7	
Djouré	Hobo	383,7	427,5	419,5	11,4	9,3	Pb augets + vent (22/05 au 03/07)
Gassan Kournie	Hobo	494,8	519	492	4,9	0,6	
Gamonzon	Oedipe	449,9	438	448,5	2,6	0,3	
Gardama	Oedipe	453,7	405,5	442,5	10,6	2,5	
Goguieze	Hobo	453,8	464	451,4	2,2	0,5	
Gorou Goussa	Oedipe	591,1	397	397	32,8	32,8	Lacunes nombreuses
Guilabel	Oedipe	530,7	525,5	527,6	1,0	0,6	
Harikanass.	Oedipe	680,4	693,5	675,5	1,9	0,7	
IH Jachere	Oedipe	544	533,5	541,4	1,9	0,5	
NY IRI	Oedipe	439,9	421,5	437,1	4,2	0,6	
Kafina	Hobo	360,9	278,5	263,6	22,8	27,0	Pb connectique (31/07 au 20/08)
Kalassi	Oedipe	467,2	480	464,1	2,7	0,7	
Kaligorou	Oedipe	534,9	544	531,1	1,7	0,7	
Kare	Oedipe	519	521,5	516,2	0,5	0,5	
Kolo Diogono	Hobo	474,5	440,5	417,6	7,2	12,0	
Kiran Fandou Beri	Oedipe	452,1	445,5	433,1	1,5	4,2	
Kolo Loga	Hobo	423	431,5	420	2,0	0,7	
Koure Koba.	Hobo	709,9	727,5	706,7	2,5	0,5	
Kokorbe Fa.	Hobo	447,5	433,5	447,2	3,1	0,1	
kollo	Hobo	597,5	601,5	594,6	0,7	0,5	
Kone-Beri	Oedipe	548,5	549,5	515,9	0,2	5,9	
Koure Sud	Oedipe	514,3	407	387	20,9	24,8	Pb ampoule à mercure (06/07 au 02/08)
Koyria	Oedipe	757,7	751,5	756,2	0,8	0,2	
MKZ	Oedipe	413	408,5	411,1	1,1	0,5	
Massi Kouba.	Hobo	309,2	310,5	306,6	0,4	0,8	
NY Aeroport	Oedipe	530,5	486,5	528,6	8,3	0,4	
NY Orstom	Oedipe	397,5	404,5	395,4	1,8	0,5	
Samadey	Hobo	515,3	556,5	522,1	8,0	1,3	
Sandidey	Oedipe	548,3	572	544,2	4,3	0,7	
Simiri	Hobo	639,5	479,5	512,9	25,0	19,8	Pb ampoule à mercure + lacunes
Sofia Bangou	Hobo	514,2	541,5	510,4	5,3	0,7	
Tanaberi	Oedipe	603,7	629	651,8	4,2	8,0	Pb réglage augets (06/07 au 02/08)
Tondibiagorou	Hobo	481,2	486	468,6	1,0	2,6	
Tillaberi	Oedipe	265,2	189,5	184,6	28,5	30,4	Lacunes augets et seaux (15/06 au 30/07)
Tilola Kaina	Hobo	487,2	426,5	412,5	12,5	15,3	
Tondikib-Case	Hobo	518,8	555,5	530,2	7,1	2,2	
Tondikib-Limni	Hobo	492,7	546,5	506	10,9	2,7	Pb réglage augets
Torodi	Oedipe	640,8	630	637,2	1,7	0,6	
Wankama	Hobo	395,5	403,5	393,9	2,0	0,4	
Yillade	Oedipe	622,5	664,5	646,3	6,7	3,8	

TAB. 4 – Récapitulatif des différents cumuls pour 2007.  $\Delta 1$  correspond à l'écart entre le cumul seuil et le cumul augets,  $\Delta 2$  entre le cumul seuil et le cumul augets corrigé.



Stations	Périodes de fonctionnement											
Nom	Jan.	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Alkama			-									
Beri Koira			-									
Berkiawal			-									
Darey			-									
Debere Gati												
Gamonzon			-									
Gardama Kouara												
Gorou Goussa								-				
Guilahel												
Harikanassou			-									
IH Jachere.hapex1												
Niamey IRI												
Kalassi			-									
Kaligorou			-									
Kare												
Koure Kobade			-									
Kokorbe Fandou			-									
Koure Sud			-									
Koyria												
Massi Koubou												
Niamey Aeroport												
Niamey ORSTOM												
Sandideye			-									
Tanaberi			-									
Tillaberi												
Torodi												
Yillade			-									
Ataloga												
Banizoumbou			-									
Bololadie												
Boubon Golf												
Dantiandou												
Dey Tegui												
Dingazi												
Diri Bangou												
Djouré												
Gassan Kournié												
Gogueize												
Kafina												
Kiran Fandou Beri												
kollo												
Kolo Diogono												
Kolo Loga												
Kone Beri												
MKZ												
Samadey												
Simiri												
Sofia Bangou												
Tilola Kaina												
Tondibiagorou												
Tondikiboro Case												
Tondikiboro Limni												
wankama												

TAB. 5 – Périodes de fonctionnement des stations pour la saison 2007.

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

TAB. 6 – Variogramme utilisé pour le krigage à une échelle annuelle.

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

TAB. 7 – Variogramme utilisé pour le krigage à une échelle événementielle.

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

TAB. 8 – Variogramme utilisé pour le krigage des dates et des durées de mousson.

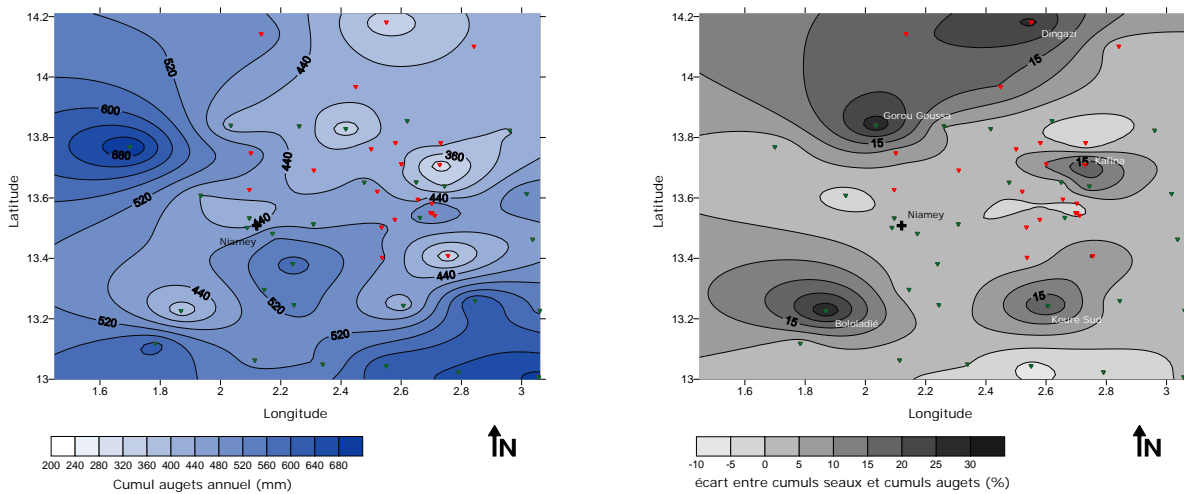


FIG. 1 – Isoyhètes des cumuls augets pour la saison 2007 et comparaison avec les isohyètes de cumuls seaux.

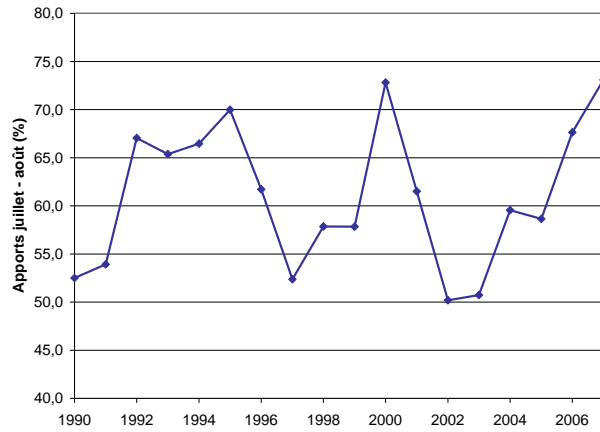


FIG. 2 – Apports des mois de juillet et août à la pluviométrie de la saison pour les 18 ans de données.

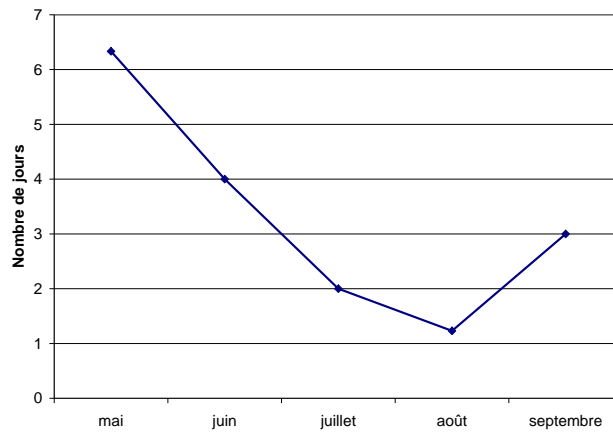


FIG. 3 – Durée moyenne des périodes de sécheresse pour la saison 2007.

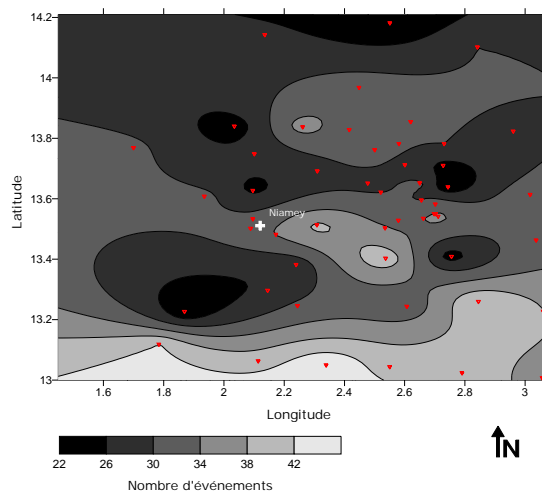


FIG. 4 – Nombre d'événements selon le critère hydrologique pour la saison 2007.