



EPSAT

N I G E R

Vers une estimation
des précipitations
par satellite au Sahel

EPSAT-NIGER CAMPAGNE 1990

Thierry LEBEL, Frederic CAZENAVE, Robert GATHELIER,
Michel GREARD, René GUALDE, Joseph KONG, Thierry VALERO

ORSTOM



DMN

EPSAT-NIGER

CAMPAGNE 1990

Thierry LEBEL, Frederic CAZENAVE, Robert GATHELIER,
Michel GREARD, René GUALDE, Joseph KONG, Thierry VALERO

N° IHU

Ni 2241

Cote

062 MECEAUOJ

EPS.

EPSAT
NIGER



S O M M A I R E

| | | |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Rappel sur l'expérience EPSAT-NIGER | 1 | |
| 2. Ce qu'il faut retenir de la campagne 1990 | 3 | |
| 3. Le réseau de pluviographes | 9 | |
| 4. Collecte des données radar | 21 | |
| 5. Quelques résultats | 25 | |
| 6. Conclusions | 35 | |
| Références | | |
| Annexe 1 | Gestion du réseau du pluviographes | 39 |
| Annexe 2 | Déroulement de la campagne radar | 47 |
| Annexe 3 | Protocole d'acquisition des données radar | 49 |
| Annexe 4 | Isohyètes des cumuls par épisode | 51 |
| Annexe 5 | Hyetogrammes de l'épisode du 27 Juillet | 53 |
| Annexe 6 | Pluies à Niamey-ville | 59 |
| Annexe 7 | Liste des fichiers créés lors du traitement des données pluviographiques | 63 |

I

RAPPEL SUR L'EXPERIENCE EPSAT-NIGER

La nécessité d'obtenir des estimations fiables et précises des précipitations en zone sahélienne a été soulignée aussi bien par les climatologues et météorologues que par les agronomes ou les hydrologues. L'ampleur des surfaces à instrumenter, et un environnement difficile y rendent particulièrement délicates les mesures de précipitations à l'aide des seuls réseaux de pluviomètres ou pluviographes. La télédétection, qu'elle soit active ou passive, devrait permettre de remédier en partie à cette situation, grâce à la couverture spatiale continue qu'elle procure, mais à condition que ses données puissent être étalonnées correctement par des données sol appropriées. Dans le cas particulier des données satellitaires, cet étalonnage doit être réactualisé en permanence, ce qui rend d'autant plus important de déterminer le dispositif optimal qu'il requiert, qui dépend de la précision souhaitée et des échelles de travail.

L'expérience EPSAT-NIGER a donc été conçue pour: 1) valider les données satellitaires à des échelles fines, ce qui est impossible avec les réseaux météorologiques nationaux, peu denses et composés surtout de pluviomètres non enregistreurs; 2) mettre au point des algorithmes d'estimation des précipitations utilisant, pour une échelle donnée, la combinaison la plus appropriée de capteurs sol et de télédétection. Cette expérience a été mise sur pied par l'ORSTOM, en association avec la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) du Niger, et le Laboratoire d'Aérodynamique de Toulouse. Elle repose sur l'utilisation conjointe d'un réseau dense de pluviographes à mémoire statique, et d'un radar météorologique bande C, numérisé pour les besoins de l'expérience.

La zone choisie pour implanter EPSAT-NIGER se situe dans les environs de Niamey (fig.1). Initialement, la zone d'étude correspondait exactement au "degré carré" 2-3° E de longitude ; 13-14°N de latitude, soit un peu plus de 10 000km². Cette zone a été étendue en 1990 vers l'ouest, et le sera peut-être en 1991 vers le nord. Elle est intégralement couverte par un radar météorologique de 5 cm de longueur d'onde (EEC WR 100-5), appartenant à la DMN, et situé sur l'aéroport à une dizaine de kilomètres au Sud-Est de Niamey.

Les travaux préliminaires ont démarré en 1988 avec l'installation des premiers pluviographes et l'utilisation du radar de la DMN, dans sa configuration non numérisée. En 1989, les travaux d'installation des pluviographes se sont poursuivis, et en fin de saison des pluies 80 sites étaient équipés, assurant une couverture complète et régulière du degré carré (Roux, 1989). Parallèlement, le radar était doté d'une chaîne de numérisation, de visualisation couleur et d'archivage dénommée SANAGA (Système d'Acquisition Numérique pour l'Analyse des Grains Africains; H. Sauvageot et G. Despaux, 1989). Cette pré-campagne, associant pour la première fois en Afrique de l'Ouest, un radar météorologique numérisé et un réseau de plusieurs dizaines de pluviographes à mémoire statique, a permis de tirer des enseignements utiles sur la fiabilité du matériel utilisé, sur les adaptations à apporter, et sur l'organisation d'une telle expérience. Une des particularités du dispositif expérimental d'EPSAT-NIGER est en effet l'utilisation du radar d'un service opérationnel (prévision météorologique et protection aérienne, sous la responsabilité de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne, ASECNA) à des fins de recherche. La pré-campagne de 1989 avait montré la nécessité, d'une part de sensibiliser le personnel des services de l'ASECNA et de la DMN à l'intérêt de

l'expérience EPSAT-NIGER, d'autre part de leur assurer une formation sur le système SANAGA. Ce dernier améliore notablement la qualité de la visualisation des échos radar et facilite donc l'analyse de l'évolution des systèmes précipitants. Cette formation a été assurée. Elle a débouché sur l'élaboration d'un protocole d'alerte associant les protectionnistes de l'aéroport et les chercheurs de l'ORSTOM. Comme on le verra plus loin, ce protocole a été généralement respecté et a permis d'assurer la présence des équipes de veille lors de tous les événements pluvieux majeurs pour la campagne 1990.

PLUIE MOYENNE ANNUELLE SUR LE NIGER (en mm).

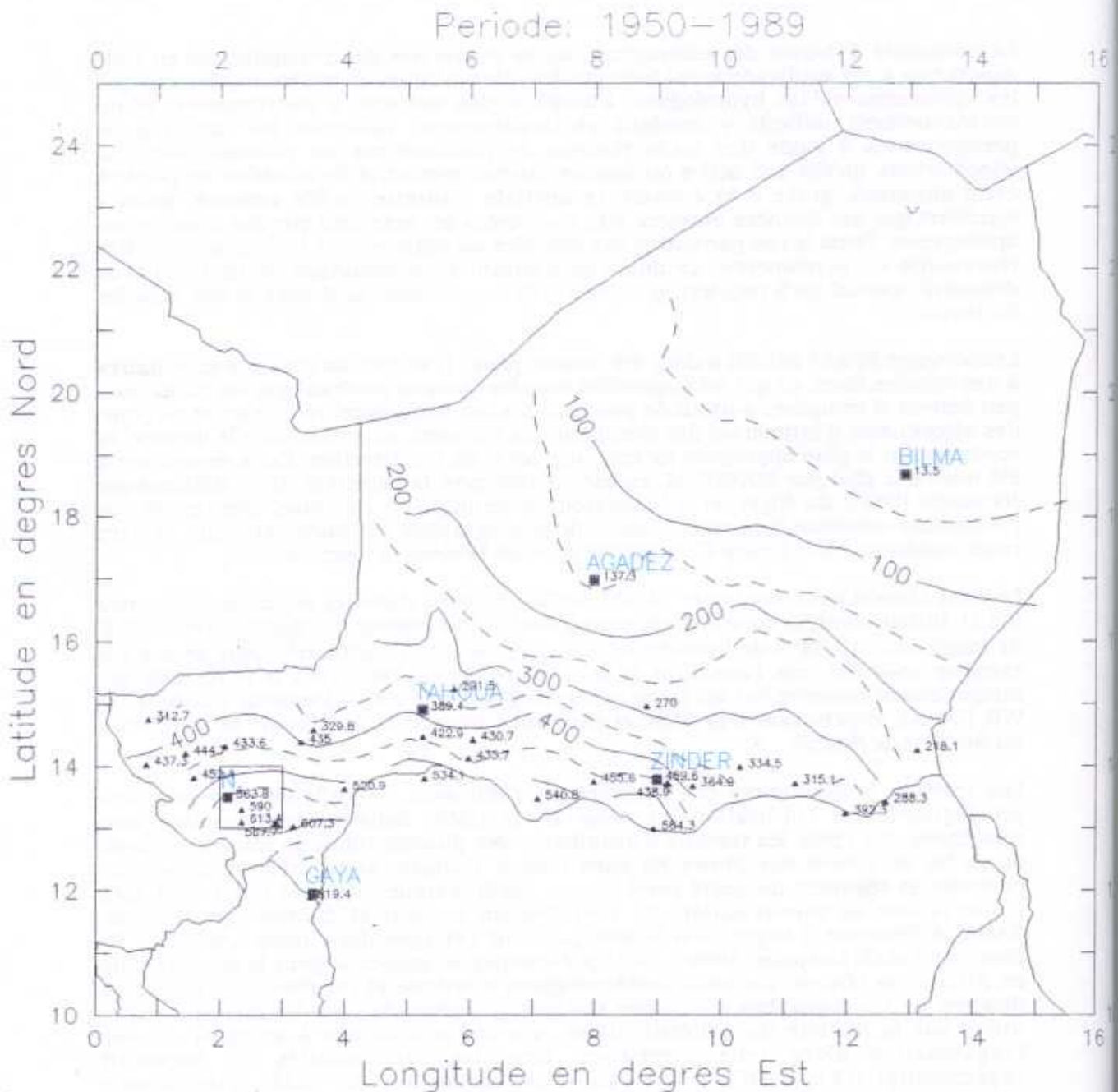


Figure 1. Situation de la zone d'étude de EPSAT-NIGER. La zone d'étude initiale est le carré figurant en bas à gauche, et dans lequel se trouve Niamey (N). Les isohyètes interannuelles sont de 500 mm au nord de la zone et 600 mm au sud.

2

CE QU'IL FAUT RETENIR DE LA CAMPAGNE 1990

☛ **La saison des pluies 1990 a été déficitaire presque partout au Sahel.** La zone d'étude d'EPSAT-NIGER ne fait pas exception à cette règle. Sur le hyéto gramme moyen de Niamey de la figure 2, on a porté les pluies mensuelles mesurées en 1989 et 1990. On peut remarquer l'importance des déficits enregistrés lors des mois de juillet et d'août 1990. Pour ces deux mois, qui représentent en moyenne à eux seuls presque les 3/5 du total annuel, les valeurs 1990 se situent en dessous de l'intervalle à un écart type calculé sur la série des 40 dernières années. Par contraste, la saison 1989 avait été bien mieux arrosée. Le déficit peut se résumer globalement en comparant les moyennes observées en 1989 et 1990 sur les trente stations du réseau EPSAT-NIGER ayant fonctionné sans lacune tout au long de ces deux années. On obtient une moyenne arithmétique de 405 mm en 1990, et de 536 en 1989, soit un écart de 30 %. Une intégration grossière de la carte des isohyètes interannuelles sur la zone d'étude (période 1950-1989) donne une valeur moyenne de 550 mm. En corrigeant par un facteur 1.05 les cumuls 1990, pour tenir compte du fait que 5% de la pluie annuelle tombe en moyenne en dehors de la période 15 mai- 15 octobre, on obtient un déficit de l'ordre de 20 à 25 % qui souligne la sécheresse de l'année 1990.

Hyetogramme des pluies mensuelles à NIAMEY (1950-1989).

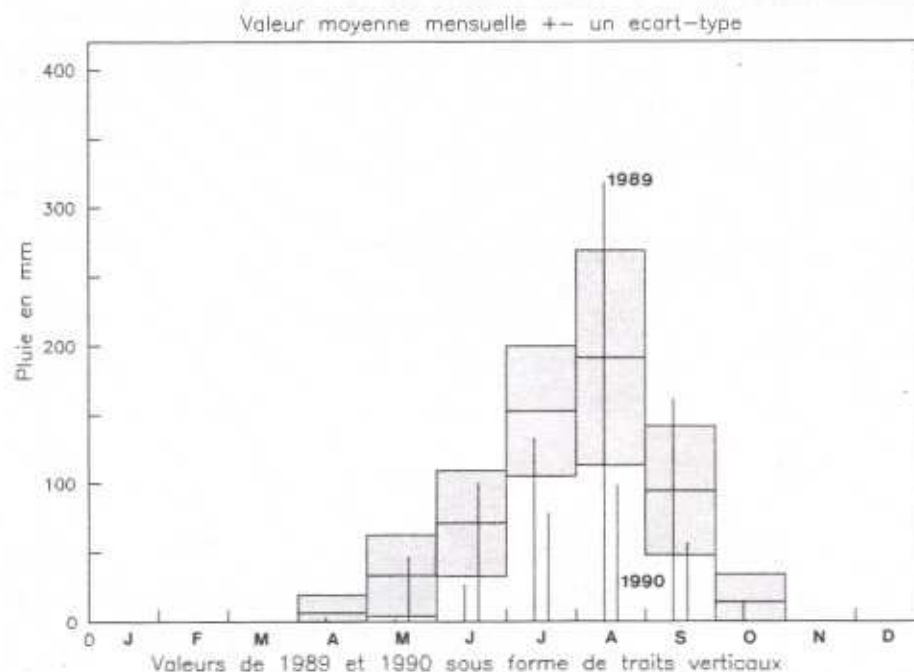


Figure 2. Les pluies mensuelles à Niamey (1950-1989); 340 mm tombent en moyenne en juillet et août, soit 60% du total annuel. Moins de 5% du total annuel tombe en dehors de la période 15 mai-31 octobre.

Par ailleurs, la carte des isohyètes de la saison (15 mai - 15 octobre) montre une répartition assez irrégulière des pluies sur la zone d'étude (fig. 3). Le cumul minimum observé a été de 291,5 mm à Dey Tegui, tout à fait dans le nord de la zone d'étude (13°57'), et le maximum de 659 mm à Tanaberi, tout à fait dans le sud (13°02'). Les moyennes interannuelles correspondant à ces deux latitudes sont, d'après la carte de la figure 1, de respectivement 500 et 600 mm environ. Si la pluie la plus faible a donc bien été observée sur le nord, et la plus forte sur le sud, ce qui est en accord avec la climatologie, les isohyètes ont, elles, une forme très différente des isohyètes interannuelles qui sont sensiblement orientées selon les latitudes. On note ainsi sur la figure 3 qu'il existe de grandes surfaces sous l'isohyète 400 mm au sud de la zone d'étude et d'également grandes surfaces au dessus de l'isohyète 450 mm au nord. De plus, le zoom effectué sur la cible du réseau (décrit en section 3) montre des gradients de plus de 100 mm en quelques kilomètres (à comparer avec le gradient Sud-Nord de 100 mm/ 100 km des isohyètes interannuelles).

☛ **Sur le plan expérimental**, cette campagne a été la première reposant sur un dispositif complet installé dès le début de la saison. Elle a confirmé la fiabilité d'ensemble du réseau sol et montré la fragilité du système radar. Le taux de panne des pluviographes, calculé sur la période allant du 1^{er} mai au 30 septembre, est de 5,4%, correspondant à 937 jours d'observation manquants sur 17372 potentiels. D'après le tableau 1, où les pannes sont répertoriées selon quatre grandes catégories, on peut voir que les défauts d'alimentation ne représentent plus que 30 % du total contre plus de 50% en 1989. Par contraste, il n'a jamais été possible de procéder à une acquisition radar de tout un évènement, sans interruptions et sans variations des caractéristiques d'émission. La prolongation de l'expérience en 1991 et 1992 nécessitera donc d'apporter un soin particulier à la maintenance et aux conditions de fonctionnement du radar.

☛ **En aval des acquisitions ont été développées des banques de données sol et radar** conçues selon la même architecture. La banque de données radar (BADORA) est achevée et les données 1990 y ont été rentrées. La banque de données sol (BADINAGE) est en voie d'achèvement. Ces deux banques pourront fonctionner en parallèle, ce qui facilitera la superposition des données fournies par ces capteurs aux caractéristiques de résolution et d'échantillonnage très différentes. Cette superposition a déjà été réalisée à titre expérimental et un exemple est montré sur la figure 4.

EPSAT-NIGER : Cumuls augets (mm) saison 1990.

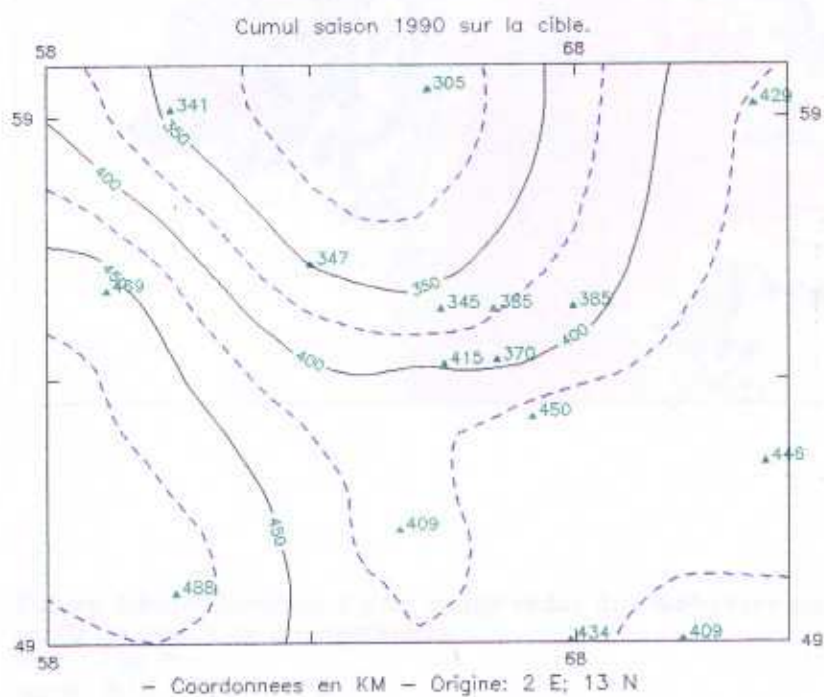
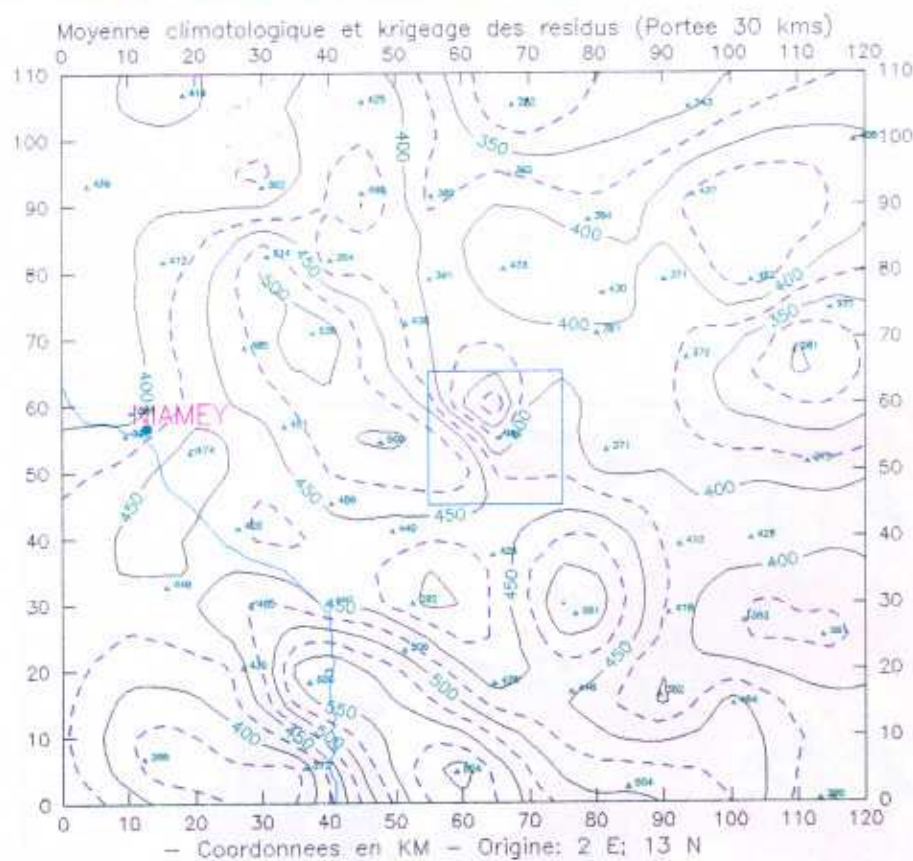


Figure 3. Isohyètes du cumul de la saison 1990 (15 mai-30 novembre).

Ces isohyètes ont été obtenues par krigage des résidus, après soustraction de la dérive climatologique. En bas, zoom sur la cible. La carte est obtenue à partir des totaux enregistrés sur 74 pluviographes.

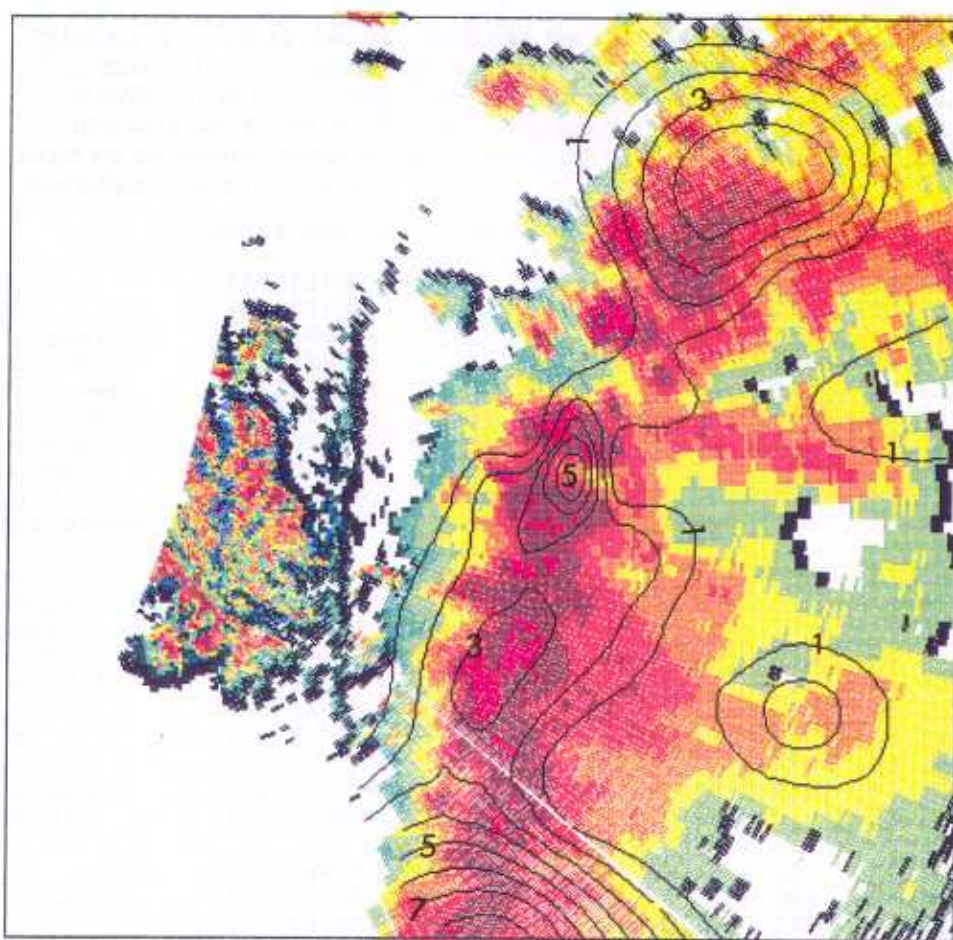


Figure 4. Superposition à une image radar des isohyètes en 5 minutes, obtenues à partir du réseau de pluviographes.

Vert : < 30 dbz

jaune : 30 à 35 dbz .

orange clair : 35 à 40 dbz

orange foncé : 40 à 45 dbz

marron : 45 à 50 dbz

rouge : 50 à 55 dbz

gris : 55 à 60 dbz .

Tableau 1 : Répartition des jours de pannes selon leur cause

| Alimentation | Jours | Mauvais fonct. appareils | Jours | Vandalisme | Jours | Divers | Jours |
|-------------------|------------|--------------------------|------------|------------|------------|--------|----------|
| Batterie | 154 | Oedipe | 342 | | 174 | | 2 |
| Panneaux solaires | 124 | Cartouches | 84 | | | | |
| Régulateur | 4 | Pluvio | 53 | | | | |
| TOTAL | 282 | | 479 | | 174 | | 2 |
| Pourcentage | 30% | | 51% | | 18% | | |

Tableau 2 : Liste des 95 stations du réseau. Les coordonnées géographiques (degrés, minutes et centièmes de minutes) ont été obtenues en 1989 par relevés NAVSTAR. A l'automne 1990, une actualisation de certaines coordonnées a été opérée en utilisant un appareil GPS (stations marquées d'une étoile). Les coordonnées X,Y sont en kilomètres dans un repère d'origine (2°E, 13°N). X= (Lat.-13)x111,2; Y= (Long.-2)x(108,3- 0,5xY/111,2)/60.

| NOM | Identification | Lat. | Long. | Alt. | X | Y | EPSAT |
|-----------------|----------------|----------|----------|------|--------|--------|-------|
| AGHAROUS | 1321204700 | 13 42 52 | 02 50 02 | 240 | 89.99 | 78.80 | 47 |
| ALKAMA | 1321204300 | 13 49 31 | 02 57 46 | 205 | 103.32 | 91.39 | 43 |
| Balal Sagui | 1321200800 | 13 27 60 | 02 35 93 | 257 | 64.72 | 51.15 | 8 * |
| Bangou Bobo | 1321205300 | 13 44 15 | 02 22 36 | 266 | 40.22 | 81.82 | 53 |
| Bangou Tawey | 1321207500 | 13 38 23 | 02 20 90 | 249 | 37.61 | 70.85 | 75 |
| Banizoumbou | 1321201100 | 13 31 97 | 02 39 62 | 202 | 71.34 | 59.25 | 11 * |
| Banizoumbou sol | 1321291100 | 13 31 97 | 02 39 62 | 202 | 71.34 | 59.25 | 911 * |
| Banka Dey | 1321201000 | 13 32 12 | 02 36 21 | 237 | 65.20 | 59.53 | 10 * |
| Barkiawal | 1321202800 | 13 30 68 | 02 18 51 | 215 | 33.33 | 56.86 | 28 |
| Bazanga Bangou | 1321200500 | 13 30 33 | 02 34 99 | | 63.01 | 56.21 | 5 * |
| Beri koira | 1321202100 | 13 38 99 | 02 28 61 | 266 | 51.49 | 72.26 | 21 |
| Bololadie | 1321208400 | 13 13 48 | 01 52 20 | | -14.06 | 24.98 | 84 |
| Borgoberi | 1321206000 | 13 40 15 | 03 03 67 | | 114.57 | 74.41 | 60 |
| Borne 253 | 1321207400 | 13 09 69 | 02 36 05 | 255 | 65.02 | 17.96 | 74 |
| Boubon Golf | 1321208500 | 13 36 40 | 01 56 15 | | -6.93 | 67.46 | 85 |
| Bougoum | 1321208900 | 13 26 00 | 01 58 36 | | -2.95 | 48.19 | 89 |
| Damana | 1321202700 | 13 53 83 | 03 05 53 | | 117.79 | 99.76 | 27 |
| Darey | 1321201800 | 13 38 20 | 02 44 53 | 250 | 80.14 | 70.80 | 18 |
| Deberé Gati | 1321202500 | 13 03 66 | 02 06 86 | 230 | 12.38 | 6.78 | 25 * |
| DEY TEGUI | 1321203300 | 13 56 77 | 02 37 42 | | 67.25 | 105.21 | 33 |
| Diokoti | 1321206400 | 13 16 05 | 02 15 75 | 240 | 28.39 | 29.75 | 64 * |
| DJAKINDJI | 1321204800 | 13 11 04 | 02 15 04 | 265 | 27.12 | 20.46 | 48 * |
| Djoure | 1321206300 | 13 47 41 | 02 43 78 | 245 | 78.73 | 87.87 | 63 |
| Fandobong | 1321201400 | 13 26 47 | 02 37 72 | 254 | 67.95 | 49.06 | 14 * |
| Fandou Beri | 1321200900 | 13 31 91 | 02 33 52 | 232 | 60.36 | 59.14 | 9 * |
| Fetokadie | 1321200700 | 13 28 76 | 02 37 32 | 250 | 67.21 | 53.30 | 7 * |
| Foy Fandou | 1321202400 | 13 57 62 | 02 10 09 | 240 | 18.13 | 106.79 | 24 |
| Gagare | 1321202000 | 13 29 37 | 02 26 56 | | 47.83 | 54.43 | 20 |
| Gamonzon | 1321203400 | 13 27 67 | 03 01 90 | | 111.49 | 51.28 | 34 |
| Ganki Bassarou | 1321206500 | 13 09 84 | 02 20 63 | 212 | 37.21 | 18.24 | 65 * |
| GARDAMA KOUARA | 1321205000 | 13 50 10 | 02 16 67 | 212 | 29.97 | 92.85 | 50 |
| Gassa NW | 1321200100 | 13 29 87 | 02 36 36 | 248 | 65.48 | 55.36 | 1 * |
| Gassanamari NE | 1321200200 | 13 29 87 | 02 36 91 | 248 | 66.47 | 55.36 | 2 * |
| Gassa SE | 1321200300 | 13 29 34 | 02 36 94 | 248 | 66.53 | 54.38 | 3 * |
| Gassa SW | 1321200400 | 13 29 30 | 02 36 39 | 248 | 65.54 | 54.30 | 4 * |
| Gassan Kournie | 1321201600 | 13 30 06 | 02 32 84 | 245 | 59.14 | 55.71 | 16 * |
| Gasseйда | 1321201200 | 13 28 29 | 02 39 75 | 250 | 71.59 | 52.43 | 12 * |
| GORBIKOY KAINA | 1321203900 | 13 12 42 | 02 28 52 | 240 | 51.43 | 23.02 | 39 |
| Gorou Goussa | 1321208000 | 13 50 30 | 02 02 13 | | 3.83 | 93.22 | 80 |
| Gourmandey | 1321205800 | 13 14 78 | 02 56 75 | 200 | 102.32 | 27.39 | 58 |
| Guessel Bodi | 1321206600 | 13 24 46 | 02 22 46 | | 40.46 | 45.33 | 66 |
| GUILAHEL | 1321204900 | 13 17 69 | 02 08 75 | 274 | 15.77 | 32.79 | 49 * |
| HARIKANASSOU | 1321204100 | 13 15 46 | 02 50 47 | 208 | 90.99 | 28.65 | 41 |

| | | | | | | | | |
|------------------|------------|----------|----------|-----|--------|--------|-----|---|
| HASSOU BANGOU | 1321204200 | 13 44 03 | 02 08 47 | 255 | 15.24 | 81.60 | 42 | |
| Holo | 1321207100 | 13 42 42 | 02 57 21 | 202 | 102.93 | 78.62 | 71 | |
| Kaba | 1321208800 | 13 38 00 | 01 38 92 | 230 | -37.94 | 70.43 | 88 | * |
| Kaligorou | 1321206100 | 13 36 74 | 03 00 78 | 200 | 109.40 | 68.09 | 61 | |
| Kampa zarma | 1321201300 | 13 26 48 | 02 38 89 | 200 | 70.05 | 49.08 | 13 | * |
| Karabeji | 1321206700 | 13 16 33 | 02 29 23 | 245 | 52.69 | 30.26 | 67 | |
| Kare | 1321202900 | 13 02 87 | 02 20 31 | 200 | 36.65 | 5.32 | 29 | * |
| Kare Bangou | 1321209000 | 13 27 28 | 01 45 72 | 230 | -25.72 | 50.56 | 90 | * |
| Karma | 1321208100 | 13 00 24 | 01 48 48 | | -20.79 | 0.44 | 81 | |
| KIRAN MILI | 1321204500 | 13 49 34 | 02 30 75 | 240 | 55.29 | 91.44 | 45 | |
| Kodo | 1321206200 | 13 15 32 | 02 42 78 | 250 | 77.13 | 28.39 | 62 | |
| Ko Fandou | 1321203600 | 13 56 57 | 02 51 99 | 210 | 93.43 | 104.84 | 36 | |
| Kokorbe Fandou | 1321207300 | 13 51 16 | 02 37 18 | | 66.85 | 94.82 | 73 | |
| Kolbou Zarma | 1321205600 | 13 21 47 | 02 57 26 | 195 | 103.18 | 39.79 | 56 | |
| Kollo 1,50 M | 1321205400 | 13 22 45 | 02 14 66 | 198 | 26.42 | 41.61 | 54 | |
| Kollo sol | 1321295400 | 13 22 45 | 02 14 66 | 198 | 26.42 | 41.61 | 954 | |
| KOLO DIOGONO | 1321204600 | 13 43 44 | 02 36 77 | | 66.15 | 80.51 | 46 | |
| Komakoukou | 1321200600 | 13 29 89 | 02 37 74 | 205 | 67.96 | 55.40 | 6 | * |
| Kossey | 1321209100 | 13 19 00 | 01 45 20 | | -26.67 | 35.21 | 91 | |
| Koure | 1321201700 | 13 20 19 | 02 35 93 | 245 | 64.75 | 37.42 | 17 | |
| Koure Kobade | 1321202600 | 13 00 28 | 03 03 00 | 220 | 113.71 | 0.52 | 26 | |
| Koure Sud | 1321205100 | 13 14 51 | 02 36 30 | 255 | 65.45 | 26.89 | 51 | |
| Koyria | 1321208200 | 13 46 00 | 01 42 00 | | -32.38 | 85.25 | 82 | |
| Mare Kire | 1321207700 | 13 42 60 | 02 30 61 | 270 | 55.07 | 78.95 | 77 | |
| MAROBRI ZENO | 1321204400 | 13 09 02 | 02 42 47 | 252 | 76.61 | 16.72 | 44 | |
| Massi Koubou | 1321207800 | 13 49 61 | 02 25 00 | 250 | 44.95 | 91.94 | 78 | |
| Ngourwa | 1321208700 | 13 20 24 | 01 56 24 | | -6.78 | 37.51 | 87 | |
| Niabere Djambe | 1321205900 | 13 20 99 | 02 51 36 | 200 | 92.56 | 38.90 | 59 | |
| Niamey Aeroport | 1321209400 | 13 28 59 | 02 10 68 | | 19.23 | 52.99 | 94 | |
| Niamey IRI | 1321208300 | 13 30 00 | 02 05 35 | | 9.63 | 55.60 | 83 | |
| Niamey ORSTOM | 1321207000 | 13 31 87 | 02 05 80 | 220 | 10.44 | 59.07 | 70 | |
| Nine Founo | 1321206800 | 13 41 44 | 02 44 98 | 245 | 80.93 | 76.80 | 68 | |
| Nioumey | 1321207900 | 13 08 81 | 02 49 71 | 210 | 89.67 | 16.33 | 79 | |
| Sama Dey 1 | 1321209200 | 13 33 31 | 02 40 99 | | 73.80 | 61.73 | 92 | * |
| Sama Dey 2 | 1321209300 | 13 32 44 | 02 42 64 | | 76.77 | 60.12 | 93 | * |
| Sandideye | 1321205700 | 13 13 52 | 03 03 23 | 230 | 114.01 | 25.06 | 57 | |
| Sekoukou | 1321205500 | 13 16 37 | 02 22 21 | 187 | 40.04 | 30.34 | 55 | |
| Tafakoira | 1321201900 | 13 37 75 | 02 36 56 | 215 | 65.80 | 69.96 | 19 | |
| Tanaberi | 1321203200 | 13 02 50 | 02 32 88 | | 59.34 | 4.63 | 32 | |
| TierendjiI | 1321205200 | 13 07 96 | 02 55 81 | 185 | 100.68 | 14.75 | 52 | |
| Tigo zeno | 1321202300 | 13 28 70 | 02 45 34 | | 81.66 | 53.19 | 23 | |
| Timborane Soli | 1321207200 | 13 49 42 | 02 52 35 | 250 | 94.13 | 91.59 | 72 | |
| Tollo | 1321202200 | 13 20 76 | 02 44 40 | 250 | 80.01 | 38.48 | 22 | |
| Tondi Gamey | 1321207600 | 13 44 51 | 02 17 11 | 260 | 30.78 | 82.49 | 76 | |
| Tondi Kire | 1321206900 | 13 36 21 | 02 51 86 | 215 | 93.35 | 67.11 | 69 | |
| Tongom | 1321203700 | 13 57 01 | 02 24 96 | 235 | 44.86 | 105.66 | 37 | |
| Torodi | 1321208600 | 13 07 00 | 01 47 10 | | -23.27 | 12.97 | 86 | |
| WARI | 1321204000 | 13 37 09 | 02 15 22 | 266 | 27.39 | 68.74 | 40 | |
| Winde gorou | 1321203100 | 13 22 14 | 02 27 51 | | 49.57 | 41.03 | 31 | |
| yelouma est | 1321201500 | 13 26 96 | 02 33 57 | 249 | 60.47 | 49.97 | 15 | * |
| Yiladde | 1321203500 | 13 01 27 | 02 47 16 | 237 | 85.12 | 2.35 | 35 | |
| Zouzou Beri | 1321203000 | 13 27 95 | 02 53 82 | | 96.94 | 51.80 | 30 | |
| Danguy gorou * | 1321201400 | 13 47 96 | 02 00 73 | 240 | 1.31 | 88.89 | 14 | |
| Niamey Poudriere | 1321203800 | 13 30 29 | 02 08 03 | 220 | 14.46 | 56.14 | 38 | |

 Estimation des incertitudes pour les relevés NAVSTAR

Lat. 0.056' --> 0.056 * 100/54 = 0.1 km

Long. 0.171' --> 0.171 * 108/60 = 0.3 km

Estimation des incertitudes pour le GPS : 18 metres en X et Y

3

LE RESEAU DE PLUVIOGRAPHES

3.1 Présentation des appareils utilisés

Les pluviographes sont à augets basculeurs, munis de cônes de 400 cm², installés à 1.5m au dessus du sol. L'instant de chaque basculement, qui correspond à 0,5 mm de pluie, est enregistré à la seconde près sur une mémoire magnétique de type EPROM ou EEPROM. On obtient ainsi une reconstitution très proche du hyétogramme vrai. Ces appareils sont alimentés par des batteries rechargées par panneau solaire. Chaque cartouche a une autonomie de 16000 basculements (8 m. d'eau), c'est à dire largement suffisante pour rester en place toute la saison des pluies. La hauteur d'installation des appareils est imposée par des considérations de protection des appareils. Cette protection est constituée d'un grillage de 1.2m de haut environ. Une comparaison pluie au sol/pluie à 1.5m est effectuée sur deux sites.

La recharge de la batterie est assurée par panneau solaire, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un régulateur. Les deux solutions ont été testées. Elles fonctionnent toutes les deux, la première permettant d'éliminer une cause possible de défaillance, de nombreux régulateurs ayant été mis hors service lors de la précampagne 1989. Les batteries utilisées ont tout d'abord été du type Cadmium-Nickel. Elles se sont révélées inadaptées au climat sahélien, et ont été progressivement remplacées par des batteries au plomb. Le voltage nominal des batteries utilisées est de 12 v, l'intégrité des enregistrements n'étant maintenu que pour une tension supérieure à 10,5 v.

3.2 Zone d'étude - densité du réseau.

L'objectif initial d'une couverture régulière du degré carré ayant été atteint en 1989 (fig. 5), il est alors apparu qu'un équipement complémentaire vers l'Ouest du radar était souhaitable. En effet le réseau 1989 ne couvrait que moins de 25% de la superficie sur laquelle le radar peut permettre une quantification des précipitations. De plus l'extension du réseau de validation vers l'Ouest permet d'étudier les phénomènes d'atténuation à travers la région stratiforme des lignes de grains, alors que le réseau initial ne permettait que d'étudier l'atténuation à travers la région convective. Pour ces diverses raisons, la zone d'étude d'EPSAT-NIGER a été étendue à un rectangle de 16000 km² environ, limité en longitude par les méridiens 1°40 E et 3° E, et en latitude par les parallèles 13 et 14°N. La figure 6 montre que la densité du réseau sur cette **zone d'extension (11 appareils répartis sur 6000 km²)** est bien inférieure à celle sur le reste de la zone d'étude. Pour quantifier la précision avec laquelle la pluie moyenne est estimée en fonction de la densité du réseau de mesure et des surfaces d'estimation, on prendra donc comme **zone de référence**, le rectangle (**2°10'-3° E; 13°-14° N**), qui représente **une superficie de 10 000 km² (90 x 111 km en latitude)**.

Ainsi conçu, le réseau de pluviographes 1990 était constitué de 95 appareils répartis sur 93 sites (tableau 2). Sur deux sites (KOLLO, n° 54) et BANIZOUMBOU (n° 11), le pluviographe standard à 1.5m est doublé d'un pluviographe au sol. Ce dispositif est destiné à étudier l'influence du vent et des perturbations aérodynamiques du capteur sur la pluie mesurée. Par rapport à 1989, outre les 10 nouveaux sites de la zone d'extension, trois sites supplémentaires ont été instrumentés sur le degré carré : deux dans la région centrale sur le bassin versant de Sama Dey, et un à Niamey en rive

droite du Niger (Niamey-IRI). Enfin la station de Danguéy Gorou (située au NE de la zone d'extension) a été déplacée à Gorou Goussa, à 6 kms de là, et celle de Niamey Poudrière à Niamey Aéroport à compter du 8 Août.

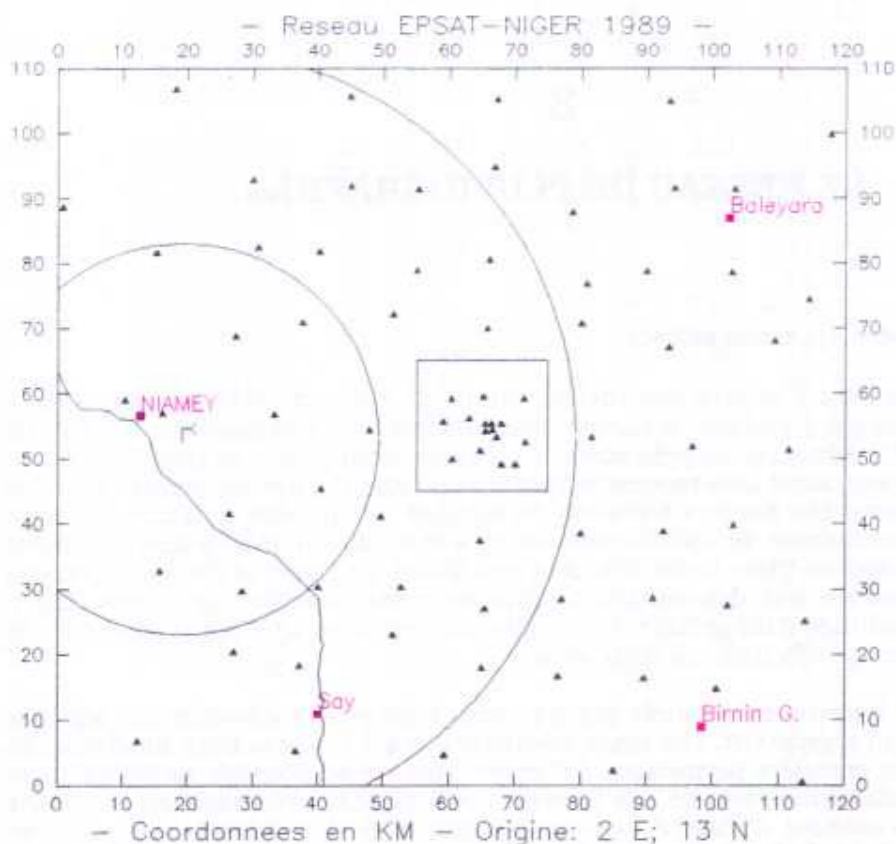


Figure 5. Réseau 1989. Cercles radar à 30 et 60 km.

La structure du réseau de base est inchangée : c'est une grille régulière de 64 sites dont la distance inter-nœuds est de 12,5 kms en moyenne, soit 156 km^2 par maille. Le réseau de base est renforcé par une cible sur laquelle sont implantés 16 appareils avec une densité croissante vers le centre où 4 appareils forment un carré de 1 km de côté (fig. 6). Cette cible couvre 150 km^2 environ.

La densité du réseau de base sur la zone de référence est de un appareil pour 156 km^2 . Sur la cible, elle est de 9 km^2 par poste. Ces densités sont à rapprocher de la densité du réseau de pluviomètre du Niger "agronomiquement utile" (au Sud de 16° Nord), qui est de 1 appareil pour 6000 km^2 environ.

Comme l'illustre la figure 7, la géométrie de la cible permet d'augmenter les effectifs des classes de faible interdistance entre stations et d'en obtenir ainsi une distribution plus uniforme. Cette propriété est intéressante pour l'identification des fonctions caractérisant la structure statistique de la répartition des pluies dans l'espace, car l'incertitude d'estimation devient comparable pour toutes les classes de distance considérées, ce qui n'est pas le cas avec des réseaux à maille constante.

EPSAT-NIGER: RESEAU 1990 SUR LA ZONE D'ETUDE.

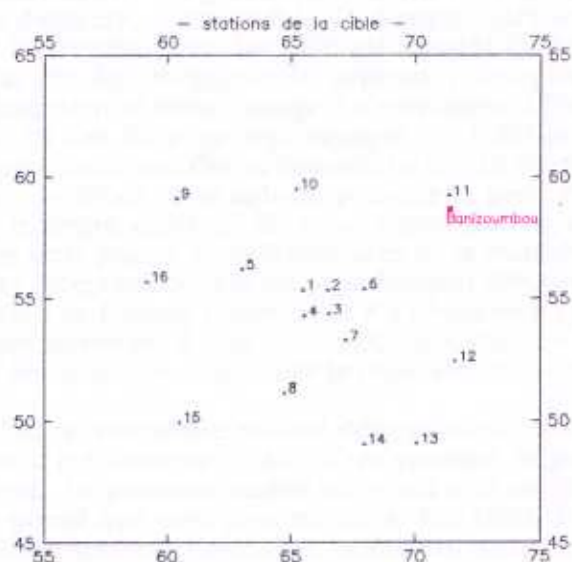
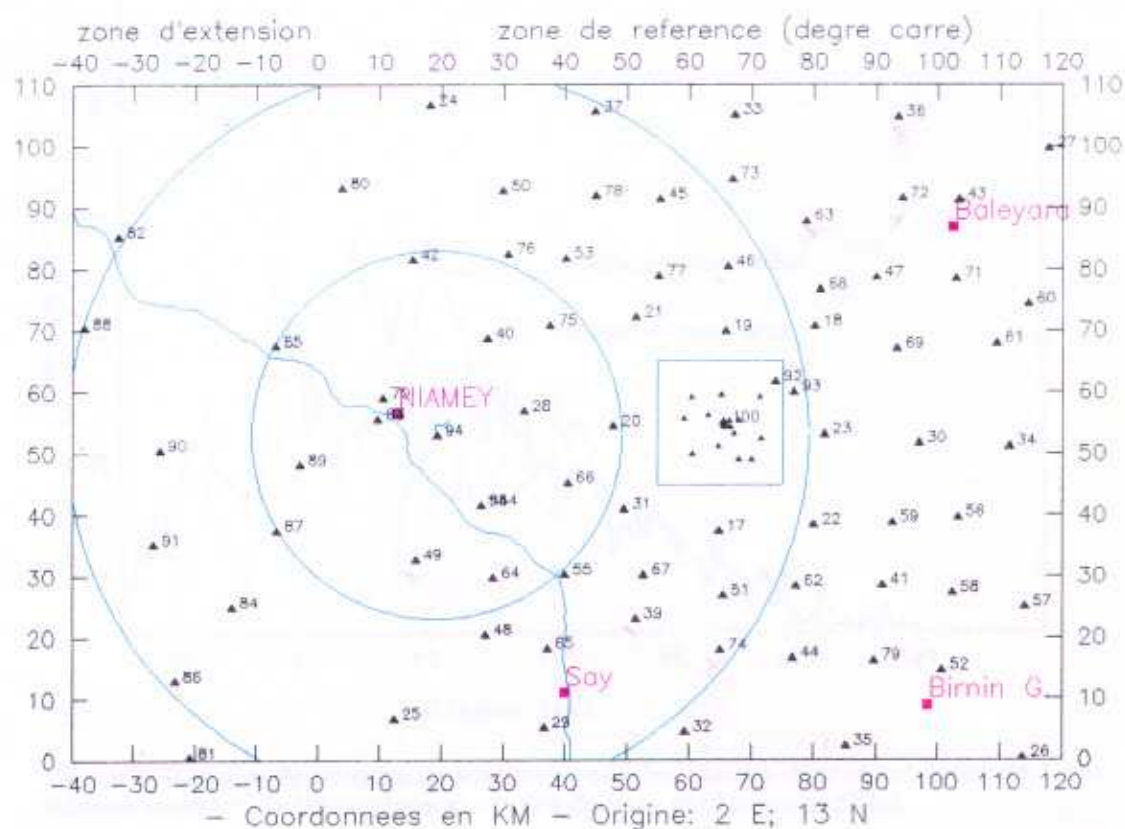


Figure 6 : Réseau 1990. Cercles radar à 30 et 60 km. Les numéros sont ceux portés dans le tableau 2. En bas, détail de la cible.

Repartition des interdistances pour le reseau de base

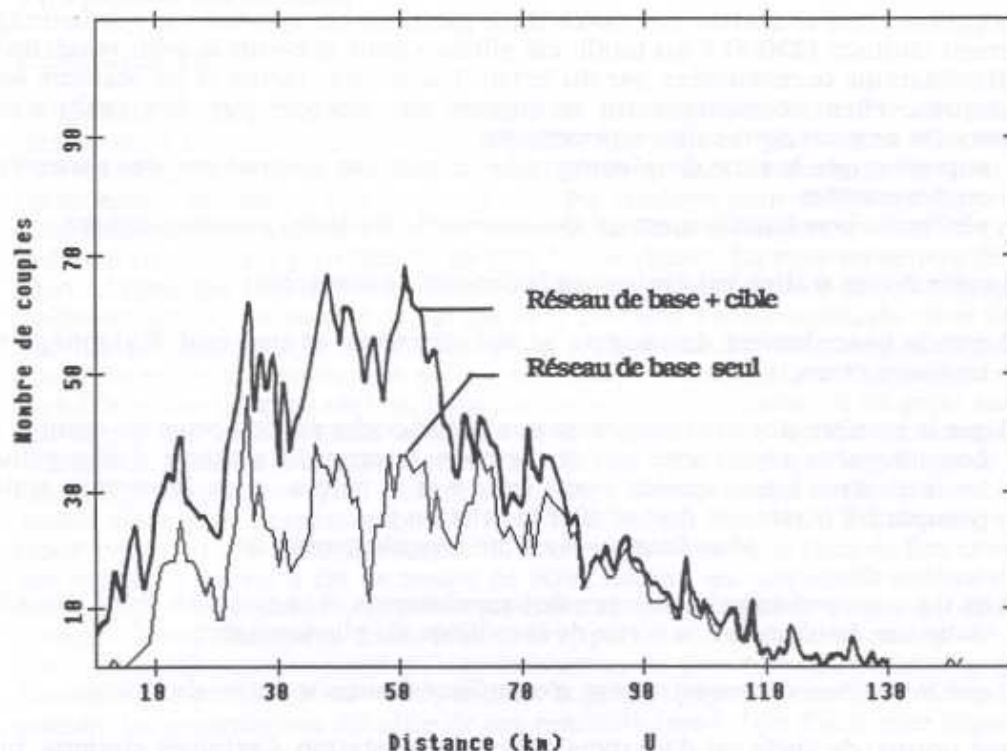


Figure 7. Nombre de couples de stations pour des classes d'interdistances de 1 km. Réseau complet de 93 stations et réseau de base seul (sans la cible).

3.3 Calendrier d'installation

Chaque site est constitué d'un grillage entourant un rectangle de 2 x 4 m, sur lequel sont implantés à demeure, d'une part le pied supportant le pluviographe proprement dit, d'autre part la structure sur laquelle est montée l'armoire contenant le système d'acquisition. En fin de campagne le capteur pluviographique et l'armoire sont démontés pour entretien et réétalonnage. La campagne 1990 a donc commencé par la réinstallation de 79 des 80 sites déjà équipés en 1989 et par le déplacement de la station de Danguéy Gorou sur Gorou Goussa. Le travail étant terminé au 15 mai, c'est à dire à temps pour le début de la saison, puisque la première pluie significative a été enregistrée sur le degré carré le 25 mai. L'installation des 10 postes de la zone d'extension et des trois postes supplémentaires de la zone de référence s'est étalée sur le mois de juin, à l'exception de celle de Sofia Bangou effectuée le 31 juillet. En cours de campagne la station de Niamey Poudrière a été déplacée à l'aéroport afin d'obtenir une mesure précise des intensités à côté du radar. Cette mesure est notamment importante pour évaluer l'atténuation provoquée par la pluie sur le site même du radar.

Dans le tableau 2, on remarque qu'une détermination précise de l'emplacement de certaines stations a été obtenue à l'aide d'un système de positionnement GPS (Global Positioning system). Le positionnement est exact à la centième de minute d'arc près, soit 18 m et ne prend que quelques minutes. En 1989, le positionnement avait été effectué à l'aide d'un système NAVSTAR, beaucoup moins précis (0,3 km en longitude et 0,1 km en latitude d'après nos propres études) et nécessitant plusieurs heures par site. Le système GPS ayant été disponible en fin de campagne seulement, n'a été utilisé que pour positionner les stations nouvelles et repositionner celles de la cible. Pour les autres stations, la marge d'incertitude du NAVSTAR est acceptable. Ces stations seront repositionnées lors de leur réinstallation en 1991.

3.4 Surveillance du réseau

Sauf exception chaque station est dotée d'un gardien. Ce système de gardiennage, relativement coûteux (32000 F au total), est efficace pour prévenir le petit vandalisme ou les déprédations occasionnées par du bétail. Par contre, même si les stations sont automatiques, elles nécessitent un minimum de contrôle par des techniciens compétents, et ce pour deux raisons principales :

- + surveiller que le cône du pluviographe ne soit pas obstrué par des poussières ou des insectes.
- + vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble batterie/panneau solaire.

Chaque visite à une station est également l'occasion de contrôler :

- 1) que le basculement des augets se fait librement et que leur étalonnage est toujours correct;
- 2) que le nombre d'octets enregistrés sur la cartouche est conforme au nombre de basculements répertoriés par la mémoire interne du système d'acquisition. La date d'un basculement étant codé sur 4 octets, et le formatage initial occupant 2 octets, on doit vérifier la relation :

$$\text{Nbre Octets} = 4 \times \text{Nbre basculements} + 2;$$
- 3) qu'il y a accord entre ce nombre de basculements et la quantité d'eau recueillie dans une bonbonne à la sortie de la vidange du pluviographe;
- 4) que le système d'enregistrement n'est affecté d'aucune dérive de temps.

Le rythme normal de visite est d'un mois pour chaque station. Certaines stations, plus faciles d'accès, ou dont l'information a plus de valeur (cible notamment), sont contrôlées tous les quinze jours ou toutes les semaines. Du 20 mars, date de début des installations au 30 septembre, l'ensemble des opérations installations et visites a représenté 200 jours de tournées, à raison de deux personnes par tournée. A ce chiffre s'ajoutent 40 jours pour les dernières visites et le démontage, soit un total de 240 jours, et 45 000 km parcourus. Les chiffres détaillés figurent en annexe 1.

3.5 Fonctionnement

Les visites régulières permettent de diminuer le nombre de panne; elles ne les éliminent pas totalement. Il existe en particulier une période de "réadaptation" du matériel au terrain, au cours de laquelle est détecté le plus grand nombre de pannes d'alimentation. Des batteries apparemment bonnes lorsqu'elles sont testées deux jours en laboratoire s'avèrent ne pas tenir la charge une fois installée sur le terrain. Au bout d'un mois, on peut considérer cette période de remise en route comme terminée. On a donc calculé un taux de fonctionnement pour la période allant du 1^{er} mai au 30 septembre, la première pluie significative ayant été enregistrée le 18 mai, et la dernière le 22 septembre. Rappelons que, sur cette base, le taux de perte a été chiffré à 5,40% (17372 jours d'observation potentiels et 937 jours manquants).

Parmi les causes de pannes courantes, autres que celles d'alimentation dont la diminution significative a été soulignée en section 2, on remarquera celles dues à des problèmes mécaniques, au vandalisme ou à la cartouche. Compte tenu du soin apporté à l'entretien et à la vérification des appareils lors de leur démontage en saison sèche, et des tests effectués sur toutes les cartouches, il semble bien que le taux de panne de 5% représente un minimum pratiquement incompressible. Ce taux résulte d'une part de la fiabilité intrinsèque du matériel, d'autre part de son implantation dans un environnement assez éprouvant pour lui.

Des thermomètres à maximum ont été placés dans 3 armoires pendant toute la campagne. On a relevé les températures maximales suivantes. BANIZOUMBOU : 49°5 le 24-05 ; KOLLO : 51°6 le 11-05 ; KAMPA ZARMA : 51° le 17-05. Ces températures sont à la limite du tolérable pour la plupart des batteries courantes. En 1991, sera testée une option consistant à placer la batterie dans une boîte enterrée dans le sol. Les coûts de fonctionnement du réseau sol pour la campagne sont donnés en annexe 1.

3.6 Précision des mesures

a) Hauteurs de pluie

La mesure de la pluie par pluviomètre ou pluviographe est certes la seule mesure directe dont nous disposons en la matière, elle n'en est pas moins affectée d'erreurs. Ces erreurs, dues à la géométrie du capteur et aux perturbations qu'il crée dans l'écoulement de l'air en son voisinage, ont été étudiées pour différents capteurs et sous différents climats. L'idéal serait de mesurer la pluie qui arrive au sol, et c'est dans ce but qu'a été conçu le pluviomètre de type "snow down". La mise en oeuvre de ce capteur peut néanmoins être délicate, du fait notamment qu'il faut à la fois dégager une aire suffisamment vaste autour de l'appareil et prévenir l'obstruction du cône de réception par les poussières qui sont véhiculées au niveau du sol en quantités bien plus abondantes qu'à 1 mètre. En milieu sahélien, caractérisé par l'importance des vents de sable et des brumes sèches, il est inconcevable d'implanter et de gérer un réseau de pluviographes au sol. Dans le cas de EPSAT-NIGER, il a donc été choisi de placer le sommet du cône de réception à 1m50, soit 30 cm plus haut que le grillage de protection. On a déjà mentionné que, pour étudier les différences entre pluie au sol et pluie à 1m50, deux sites (Banizoumbou et Kollo) avaient été équipés d'un pluviographe au sol placé à côté du pluviographe standard. Sur ces deux sites, le taux de fonctionnement de ces appareils au sol a été de moins de 50%, malgré les dispositifs destinés à piéger le sable et, à Banizoumbou, la présence d'un anneau de garde de gazon. Les premières comparaisons effectuées indiquent un rapport moyen pluie au sol/pluie à 1.5m de 0,90. Ce chiffre moyen n'est qu'une indication de peu de valeur hydrologique, car les écarts, liés à la vitesse du vent pendant la pluie, peuvent être parfois beaucoup plus grands. La présentation détaillée de ces résultats fera l'objet d'une note séparée.

Une deuxième source d'incertitude dans la mesure de la pluie par pluviographe tient au dispositif d'enregistrement par basculement d'augets. Le volume de remplissage de ces augets avant basculement, doit être taré avec soin. Cette opération est effectuée en laboratoire à l'aide d'une pipette (1 basculement pour 20 cm³) puis le tarage est contrôlé au moment de l'installation sur le terrain, et, en cas de basculement trop tardif ou prématuré, le réglage est corrigé. Malheureusement ce réglage n'est jamais très durable, du fait des poussières, de la dilatation du métal, d'autres facteurs peut-être, tous non maîtrisables. A chaque visite d'appareils, le tarage est donc vérifié et, le cas échéant, corrigé. Il faut noter que cette opération, minutieuse, double le temps de visite. L'équipe de visite peut s'appuyer, pour détecter un dérèglement, sur la comparaison entre "valeur au seau" et "valeurs augets", les valeurs augets étant celles obtenues par cumul du nombre des basculements à raison de 0,5 mm par basculement, et la valeur au seau étant le volume de pluie recueillie dans la bonbonne placée à la sortie de la vidange des augets. Pour que cette valeur seau serve de référence, il faut s'assurer qu'il n'y a pas de pertes entre le cône de réception du pluviographe et la bonbonne. Deux causes de perte systématiques sont envisageables : 1) l'évaporation entre deux relevés, puisque pour certains postes l'espace entre deux visites peut atteindre un mois; 2) la fuite du tuyau reliant la vidange à la bonbonne, les tuyaux en plastique se fissurant au soleil. La possibilité de pertes significatives par évaporation a été (sauf accident tel que bouchon enlevé) écartée. D'une part, il n'existe pas de corrélation significative entre l'espace de temps séparant deux visites et les écarts seau-augets. D'autre part des tests effectués pour diverses configurations de température et d'insolation, sous abri ou en plein champ, ont montré des évaporations de moins de 2% en 3 mois (tableau 3), et ce même en l'absence d'huile dans la bonbonne. Pour ce qui est du tuyau de vidange, on diminue le nombre des fuites en les protégeant du soleil par une gaine.

Tableau 3 : Evaporations (mm) mesurées dans les dames-jeannes entre le 16 janvier et le 13 mai 1991. Quantité initiale : 30 mm; pas de film d'huile.

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--------|------|------|----------|
| Position | sol nu | Toit | Toit | Enterrée |
| Evaporation | 1,5 | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| Moyenne 10 jours | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,03 |

Lorsque la valeur seuil est sûre, une différence significative de la valeur augets proviendra soit d'un détarage des augets (poussières), soit d'un basculement trop précoce dû à l'énergie cinétique transmise au mécanisme par forte pluie, soit d'une perte d'eau en cas de basculements rapprochés. Des études plus fines sont à mener pour relier cette perte à l'intensité de la pluie. Les erreurs 1 et 2 vont dans le sens d'une surestimation de la pluie par les augets, l'erreur 3 jouant, elle, dans l'autre sens. Les écarts, cumulés sur la saison, entre valeurs au seuil et valeurs augets, lorsque les deux valeurs sont disponibles, ont été reportés au tableau 4. On voit que l'écart moyen est positif en faveur des augets, ce qui tend à prouver que les basculements prématurés, quelles qu'en soient les causes exactes, sont prépondérants sur les déperditions au niveau des augets. La distribution des écarts relatifs (fig. 8) est sensiblement normale et leur valeur moyenne est de 7% environ.

Tableau 4 : Comparaison des valeurs totales de la saison (mm), seuil et augets (cumul). Delta= (cumul-seuil)/seuil, en pour cent.

| Nom de la station | Epsat | Hauteur seuil | Cumul | delta % |
|-------------------|-------|---------------|------------|---------|
| 'AGHAROUS | 47 | 323.7 | 370.5 | 15 |
| 'ALKAMA | 43 | | | -- |
| 'Balal Sagui | 8 | 366.2 | 408.5 | 12 |
| 'Bangou Bobo | 53 | 376.8 | lacunes | -- |
| 'Bangou Tawey | 75 | 378.3 | 536.0 | 33 |
| 'Banizoumbou | 11 | 401.6 | 429.0 | 7 |
| 'Banizoumbou sol | 911 | ----- | ----- | -- |
| 'Banka Dey | 10 | 297.5 | 301.5 | 1 |
| 'Barkiawal | 28 | 408.4 | 451.0 | 10 |
| 'Bazanga Bangou | 5 | ----- | 347.0 | -- |
| 'Beri koirra | 21 | 376.0 | 429.5 | 14 |
| 'Borgoberi | 60 | 317.2 | 337.0 | 6 |
| 'Borne 253 | 74 | 464.6 (pb) | 426.0 | -8 |
| 'Damana | 27 | 351.3 | 408.0 | 16 |
| 'Darey | 18 | 375.3 | 390.5 | 4 |
| 'Debere Gati | 25 | 321.8 | 358.0 | 11 |
| 'DEY TEGUI | 33 | 270.8 | 291.5 | 8 |
| 'Diokoti | 64 | 452.2 | 485.0 | 7 |
| 'DJAKINDJI | 48 | 410.0 | 430.0 | 5 |
| 'Djoure | 63 | 370.6 | 383.5 | 4 |
| 'Fandobong | 14 | 411.9 | 434.0 | 5 |
| 'Fandou Beri | 9 | 353.7 | 340.5 | -4 |
| 'Fetokadie | 7 | 414.4 | 450.0 | 9 |
| 'Foy Fandou | 24 | 405.5 | 414.0 | 2 |
| 'Gagare | 20 | 464.7 (pb) | 509.5 (pb) | 10 |
| 'Gamonzon | 34 | 367.5 | 374.5 | 2 |
| 'Ganki Bassarou | 65 | 557.0 | 606.0 | 9 |
| 'GARDAMA KOUARA | 50 | 330.8 | 362.0 | 9 |
| 'Gassa NW | 1 | 354.2 | 345.0 | -3 |
| 'Gassanamari NE | 2 | 378.7 | 385.0 | 2 |
| 'Gassa SE | 3 | 381.4 | 370.0 | -3 |
| 'Gassa SW | 4 | 388.7 | 415.0 | 7 |
| 'Gassan Kournie | 16 | problèmes | 469.0 | -- |
| 'Gasseya | 12 | 396.2 | 446.0 | 13 |
| 'GORBIKOY KAINA | 39 | problèmes | 505.5 | -- |
| 'Gourmandey | 58 | 327.6 | 363.0 | 11 |
| 'Guessel Bodi | 66 | 435.3 | lacune | -- |
| 'GUILAHEL | 49 | 396.4 | 449.0 | 13 |
| 'HARIKANASSOU | 41 | 406.6 | 418.0 | 3 |
| 'HASSOU BANGOU | 42 | debranché | 412.0 | -- |
| 'Holo | 71 | 384.5 | 451.5 | 17 |
| 'Kaligorou | 61 | 270.6 | 280.5 | 4 |
| 'Kampa zarma | 13 | 425.4 | 409.0 | -3 |
| 'Karabeji | 67 | 415.5 | 392.0 | -6 |

| | | | | | |
|------------------|---|-----|------------|-----------|----|
| 'Kare | ' | 29 | 397.7 | 372.0 | -6 |
| 'KIRAN MILI | ' | 45 | 334.5 | 359.0 | 7 |
| 'Kodo | ' | 62 | 488.7 | 550.5 | 13 |
| 'Ko Fandou | ' | 36 | 360.4 (pb) | 342.5 | -5 |
| 'Kokorbe Fandou | ' | 73 | 353.7 | problemes | -- |
| 'Kolbou Zarma | ' | 56 | 425.0 | 427.5 | 0 |
| 'Kollo 1,50 M | ' | 54 | 386.8 | 419.5 | 9 |
| 'Kollo sol | ' | 954 | ----- | problemes | -- |
| 'KOLO DIOGONO | ' | 46 | debranche | 432.5 | -- |
| 'Komakoukou | ' | 6 | 358.2 | 385.0 | 8 |
| 'Koure | ' | 17 | 380.4 | 424.5 | 12 |
| 'Koure Kobade | ' | 26 | 374.1 | 394.5 | 5 |
| 'Koure Sud | ' | 51 | problemes | lacunes | -- |
| 'Mare Kire | ' | 77 | 327.0 | 390.0 | 19 |
| 'MAROBERI ZENO | ' | 44 | 424.8 | problemes | -- |
| 'Massi Koubou | ' | 78 | 447.6 | problemes | -- |
| 'Niabere Djambe | ' | 59 | 346.7 | 410.0 | 18 |
| 'Niamey Aeroport | ' | 94 | problemes | 474.0 | -- |
| 'Niamey ORSTOM | ' | 70 | 399.3 | 386.0 | 3 |
| 'Nine Founo | ' | 68 | 365.9 | 429.5 | 17 |
| 'Nioumey | ' | 79 | 326.5 | 381.5 | 17 |
| 'Sandideye | ' | 57 | 353.2 | 360.5 | 2 |
| 'Sekoukou | ' | 55 | 416.1 | problemes | -- |
| 'Tafakoira | ' | 19 | | problemes | -- |
| 'Tanaberi | ' | 32 | 659.1 | 623.5 | -6 |
| 'TierendjiI | ' | 52 | problemes | 463.5 | -- |
| 'Tigo zeno | ' | 23 | 317.1 | 370.5 | 17 |
| 'Timborane Soli | ' | 72 | 421.1 | 436.5 | 4 |
| 'Tollo | ' | 22 | problemes | problemes | -- |
| 'Tondi Gamey | ' | 76 | 496.0 | lacune | -- |
| 'Tondi Kire | ' | 69 | 315.5 | 371.5 | 18 |
| 'Tongom | ' | 37 | 399.6 | lacune | -- |
| 'WARI | ' | 40 | 415.8 | 464.5 | 12 |
| 'Winde gorou | ' | 31 | 415.8 | lacunes | -- |
| 'yelouma est | ' | 15 | 446.0 | 488.0 | 9 |
| 'Yiladde | ' | 35 | 440.9 | 504.0 | 16 |
| 'Zouzou Beri | ' | 30 | | problemes | -- |

Stations installees tardivement

| | | | | | |
|---------------|----------|----|------------|--------|-----|
| 'Bololadie | 6 juin | 84 | 386.8 | 392.0 | 1 |
| 'Boubon Golf | 7 juin | 85 | 395.0 (pb) | 464.0 | 18 |
| 'Bougoum | 14 juin | 89 | 312.5 | 334.5 | 7 |
| 'Gorou Goussa | 30 mai | 80 | 392.7 | 438.0 | 12 |
| 'Kaba | 13 juin | 88 | 348.7 | 315.5 | -10 |
| 'Kare Bangou | 20 juin | 90 | 393.7 | 416.0 | 6 |
| 'Karma | 31 mai | 81 | 495.4 (pb) | 507.5 | 2 |
| 'Kossey | 20 juin | 91 | 423.7 | 410.5 | -3 |
| 'Koyria | 1 juin | 82 | 257.4 | lacune | -- |
| 'Ngourwa | 7 juin | 87 | problemes | 391.0 | -- |
| 'Niamey IRI | 5 juin | 83 | problemes | 391.0 | -- |
| 'Sama Dey 1 | 27 juin | 92 | 299.0 | 306.0 | 2 |
| 'Sama Dey 2 | 31 juill | 93 | 144.9 | 160.5 | 11 |
| 'Torodi | 6 juin | 86 | 536.6 | 558.5 | 4 |

| | | | | | |
|-------------------|---|----|------------------------|--|--|
| 'Niamey Poudriere | ' | 38 | transfert a l'aeroport | | |
| 'Danguy gorou * | ' | 14 | arret en 1989 | | |

Lorsque la valeur seuil est sûre, une différence significative de la valeur augets proviendra soit d'un détarage des augets (poussières), soit d'un basculement trop précoce dû à l'énergie cinétique transmise au mécanisme par forte pluie, soit d'une perte d'eau en cas de basculements rapprochés. Des études plus fines sont à mener pour relier cette perte à l'intensité de la pluie. Les erreurs 1 et 2 vont dans le sens d'une surestimation de la pluie par les augets, l'erreur 3 jouant, elle, dans l'autre sens. Les écarts, cumulés sur la saison, entre valeurs au seuil et valeurs augets, lorsque les deux valeurs sont disponibles, ont été reportés au tableau 4. On voit que l'écart moyen est positif en faveur des augets, ce qui tend à prouver que les basculements prématurés, quelles qu'en soient les causes exactes, sont prépondérants sur les déperditions au niveau des augets. La distribution des écarts relatifs (fig. 8) est sensiblement normale et leur valeur moyenne est de 7% environ.

Tableau 4 : Comparaison des valeurs totales de la saison (mm), seuil et augets (cumul).
Delta= (cumul-seuil)/seuil, en pour cent.

| Nom de la station | Epsat | Hauteur seuil | Cumul | delta |
|-------------------|-------|----------------|------------|-------|
| 'AGHAROUS | 47 | 323.7 | 370.5 | 15 |
| 'ALKAMA | 43 | gros problèmes | | -- |
| 'Balal Sagui | 8 | 366.2 | 408.5 | 12 |
| 'Bangou Bobo | 53 | 376.8 | lacunes | -- |
| 'Bangou Tawey | 75 | 378.3 | 536.0 | 33 |
| 'Banizoumbou | 11 | 401.6 | 429.0 | 7 |
| 'Banizoumbou sol | 911 | ----- | ----- | -- |
| 'Banka Dey | 10 | 297.5 | 301.5 | 1 |
| 'Barkiawal | 28 | 408.4 | 451.0 | 10 |
| 'Bazanga Bangou | 5 | ----- | 347.0 | -- |
| 'Beri koira | 21 | 376.0 | 429.5 | 14 |
| 'Borgoberi | 60 | 317.2 | 337.0 | 6 |
| 'Borne 253 | 74 | 464.6 (pb) | 426.0 | -8 |
| 'Damana | 27 | 351.3 | 408.0 | 16 |
| 'Darey | 18 | 375.3 | 390.5 | 4 |
| 'Debere Gati | 25 | 321.8 | 358.0 | 11 |
| 'DEY TEGUI | 33 | 270.8 | 291.5 | 8 |
| 'Diokoti | 64 | 452.2 | 485.0 | 7 |
| 'DJAKINDJI | 48 | 410.0 | 430.0 | 5 |
| 'Djoure | 63 | 370.6 | 383.5 | 4 |
| 'Fandobong | 14 | 411.9 | 434.0 | 5 |
| 'Fandou Beri | 9 | 353.7 | 340.5 | -4 |
| 'Fetokadie | 7 | 414.4 | 450.0 | 9 |
| 'Foy Fandou | 24 | 405.5 | 414.0 | 2 |
| 'Gagare | 20 | 464.7 (pb) | 509.5 (pb) | 10 |
| 'Gamonzon | 34 | 367.5 | 374.5 | 2 |
| 'Ganki Bassarou | 65 | 557.0 | 606.0 | 9 |
| 'GARDAMA KOUARA | 50 | 330.8 | 362.0 | 9 |
| 'Gassa NW | 1 | 354.2 | 345.0 | -3 |
| 'Gassanamari NE | 2 | 378.7 | 385.0 | 2 |
| 'Gassa SE | 3 | 381.4 | 370.0 | -3 |
| 'Gassa SW | 4 | 388.7 | 415.0 | 7 |
| 'Gassan Kournie | 16 | problèmes | 469.0 | -- |
| 'Gasseya | 12 | 396.2 | 446.0 | 13 |
| 'GORBIKOY KAINA | 39 | problèmes | 505.5 | -- |
| 'Gourmandey | 58 | 327.6 | 363.0 | 11 |
| 'Guessel Bodi | 66 | 435.3 | lacune | -- |
| 'GUILAHEL | 49 | 396.4 | 449.0 | 13 |
| 'HARIKANASSOU | 41 | 406.6 | 418.0 | 3 |
| 'HASSOU BANGOU | 42 | debranché | 412.0 | -- |
| 'Holo | 71 | 384.5 | 451.5 | 17 |
| 'Kaligorou | 61 | 270.6 | 280.5 | 4 |
| 'Kampa zarma | 13 | 425.4 | 409.0 | -3 |
| 'Karabeji | 67 | 415.5 | 392.0 | -6 |

| | | | | | |
|------------------|---|-----|------------|-----------|----|
| 'Kare | ' | 29 | 397.7 | 372.0 | -6 |
| 'KIRAN MILI | ' | 45 | 334.5 | 359.0 | 7 |
| 'Kodo | ' | 62 | 488.7 | 550.5 | 13 |
| 'Ko Fandou | ' | 36 | 360.4 (pb) | 342.5 | -5 |
| 'Kokorbe Fandou | ' | 73 | 353.7 | problemes | -- |
| 'Kolbou Zarma | ' | 56 | 425.0 | 427.5 | 0 |
| 'Kollo 1,50 M | ' | 54 | 386.8 | 419.5 | 9 |
| 'Kollo sol | ' | 954 | ----- | problemes | -- |
| 'KOLO DIOGONO | ' | 46 | debranche | 432.5 | -- |
| 'Komakoukou | ' | 6 | 358.2 | 385.0 | 8 |
| 'Koure | ' | 17 | 380.4 | 424.5 | 12 |
| 'Koure Kobade | ' | 26 | 374.1 | 394.5 | 5 |
| 'Koure Sud | ' | 51 | problemes | lacunes | -- |
| 'Mare Kire | ' | 77 | 327.0 | 390.0 | 19 |
| 'MAROBERI ZENO | ' | 44 | 424.8 | problemes | -- |
| 'Massi Koubou | ' | 78 | 447.6 | problemes | -- |
| 'Niabere Djambe | ' | 59 | 346.7 | 410.0 | 18 |
| 'Niamey Aeroport | ' | 94 | problemes | 474.0 | -- |
| 'Niamey ORSTOM | ' | 70 | 399.3 | 386.0 | 3 |
| 'Nine Founo | ' | 68 | 365.9 | 429.5 | 17 |
| 'Nioumey | ' | 79 | 326.5 | 381.5 | 17 |
| 'Sandideye | ' | 57 | 353.2 | 360.5 | 2 |
| 'Sekoukou | ' | 55 | 416.1 | problemes | -- |
| 'Tafakoira | ' | 19 | | problemes | -- |
| 'Tanaberi | ' | 32 | 659.1 | 623.5 | -6 |
| 'TierendjiI | ' | 52 | problemes | 463.5 | -- |
| 'Tigo zeno | ' | 23 | 317.1 | 370.5 | 17 |
| 'Timborane Soli | ' | 72 | 421.1 | 436.5 | 4 |
| 'Tollo | ' | 22 | problemes | problemes | -- |
| 'Tondi Gamey | ' | 76 | 496.0 | lacune | -- |
| 'Tondi Kire | ' | 69 | 315.5 | 371.5 | 18 |
| 'Tongom | ' | 37 | 399.6 | lacune | -- |
| 'WARI | ' | 40 | 415.8 | 464.5 | 12 |
| 'Winde gorou | ' | 31 | 415.8 | lacunes | -- |
| 'yelouma est | ' | 15 | 446.0 | 488.0 | 9 |
| 'Yiladde | ' | 35 | 440.9 | 504.0 | 16 |
| 'Zouzou Beri | ' | 30 | | problemes | -- |

Stations installees tardivement

| | | | | | |
|---------------|----------|----|------------|--------|-----|
| 'Bololadie | 6 juin | 84 | 386.8 | 392.0 | 1 |
| 'Boubon Golf | 7 juin | 85 | 395.0 (pb) | 464.0 | 18 |
| 'Bougoum | 14 juin | 89 | 312.5 | 334.5 | 7 |
| 'Gorou Goussa | 30 mai | 80 | 392.7 | 438.0 | 12 |
| 'Kaba | 13 juin | 88 | 348.7 | 315.5 | -10 |
| 'Kare Bangou | 20 juin | 90 | 393.7 | 416.0 | 6 |
| 'Karma | 31 mai | 81 | 495.4 (pb) | 507.5 | 2 |
| 'Kossey | 20 juin | 91 | 423.7 | 410.5 | -3 |
| 'Koyria | 1 juin | 82 | 257.4 | lacune | -- |
| 'Ngourwa | 7 juin | 87 | problemes | 391.0 | -- |
| 'Niamey IRI | 5 juin | 83 | problemes | 391.0 | -- |
| 'Sama Dey 1 | 27 juin | 92 | 299.0 | 306.0 | 2 |
| 'Sama Dey 2 | 31 juill | 93 | 144.9 | 160.5 | 11 |
| 'Torodi | 6 juin | 86 | 536.6 | 558.5 | 4 |

| | | | | | |
|-------------------|---|----|------------------------|--|--|
| 'Niamey Poudriere | ' | 38 | transfert a l'aeroport | | |
| 'Danguay gorou * | ' | 14 | arret en 1989 | | |

Repartition des écarts relatifs seuu/augets.

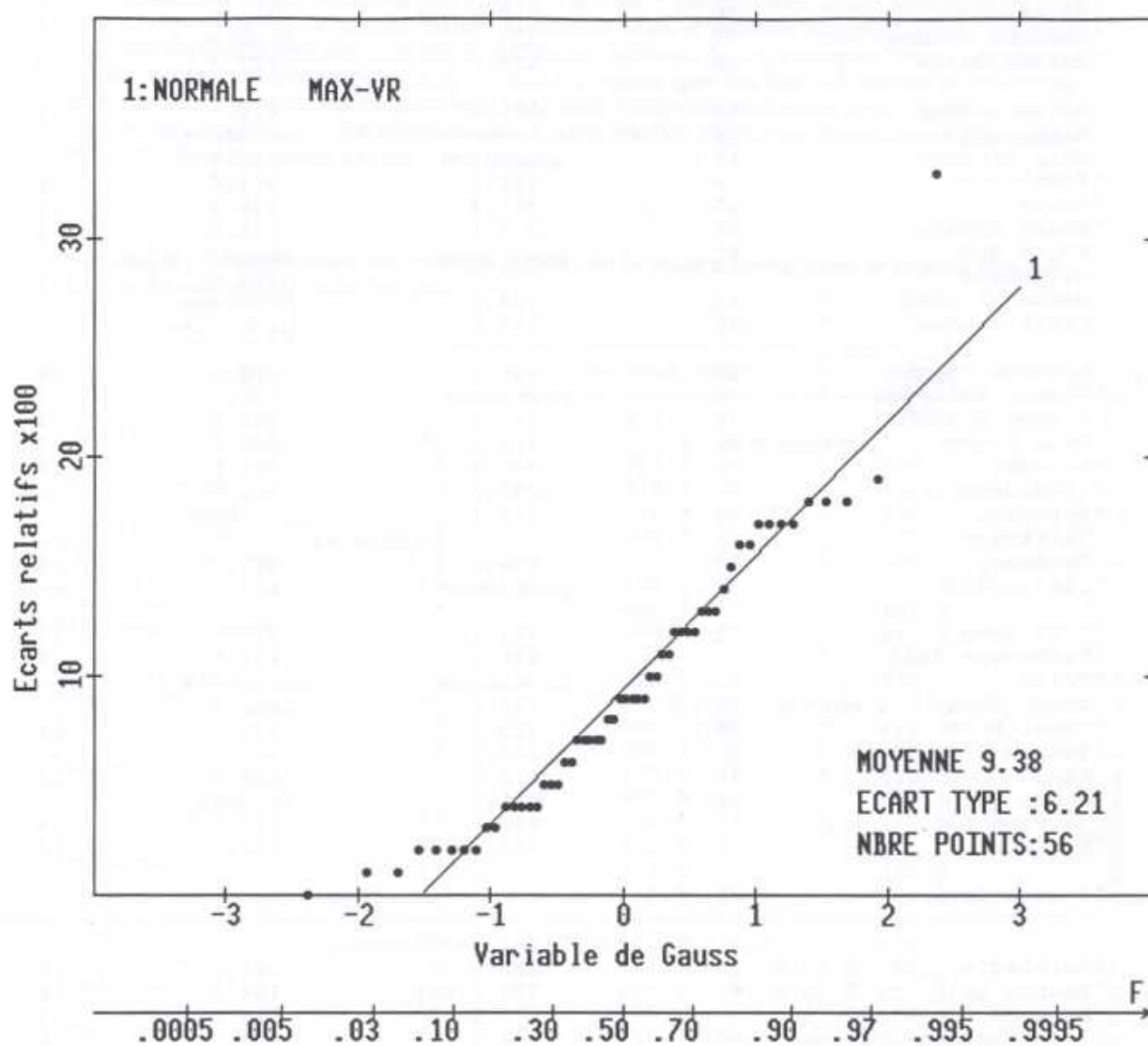


Figure 8. Ajustement d'une loi normale (méthode du maximum de vraisemblance) aux écarts relatifs entre les cumuls saisonniers seuu et augets.

Ecart = (valeur auget - valeur seuu) / valeur seuu.

b) Synchronisme

Les horloges internes des appareils Elsyde n'étant pas calées en temps absolu, et étant dépourvues d'une alimentation autonome, le maintien d'un bon synchronisme entre tous les appareils nécessitent trois conditions :

- 1) que l'initialisation de l'horloge (qui s'effectue au formatage de la cartouche) soit référencée par une heure identique pour tous les postes;

- 2) que le système d'alimentation ne connaisse pas de défaillances;
- 3) que l'horloge interne ne soit soumise à aucune dérive.

La première de ces conditions est satisfaite grâce à une pendule de référence installée au bureau, et sur laquelle des montres de précision sont calées avant chaque départ en tournée. Cette méthode assure un synchronisme initial à 10 secondes près.

La deuxième condition est liée à la supervision régulière des ensembles panneau solaire-batterie, dont on a vu que leur efficacité a été bien améliorée en 1990.

Le troisième facteur est sous contrôle du constructeur qui garantit des dérives théoriques inférieures à 10 secondes par mois. Un examen systématique des cartouches de la saison 1990 montre que cette condition est loin d'être satisfaite, puisqu'on a pu observé des valeurs de dérive allant jusqu'à 74 minutes sur cent jours (statin de Darey), et que 90% des cartouches sont affectées d'une dérive de plus de trois minutes sur cent jours (tableau 5). A la suite de ce constat, une étude a été entreprise pour expliquer les raisons de ces dérives et les relier à d'éventuelles problèmes de batterie ou de température. Les résultats de ces tests sont donnés en annexe 1 et ne confirment pas l'importance des dérives enregistrées sur le terrain. En outre ces tests mettent en évidence une dérive constante dans le temps, ce qui permet une correction linéaire. La raison exacte des dérives importantes constatées en 1990, n'a pu encore être déterminée, et des contrôles très rigoureux seront donc à effectuer en 1991.

Tableau 5: Dérives de temps calculées au dépouillement des cartouches.

| Nom de la station | Epsat | Cartouche | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-----------|-----|----|--------|-----|----|----|-----|----|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| | | mn | j | T | mn | j | T | mn | j | T |
| AGHAROUS | 47 | 57 | 184 | 31 | | | | | | |
| ALKAMA | 43 | 17 | 149 | 11 | | | | | | |
| Balal Sagui | 8 | 13 | 186 | 7 | | | | | | |
| Bangou Bobo | 53 | LACUNE | | | LACUNE | | | 11 | 104 | 11 |
| Bangou Tawey | 75 | 45 | 172 | 26 | | | | | | |
| Banizoumbou | 11 | 30 | 99 | 30 | 18 | 62 | 29 | | | |
| Banizoumbou sol | 911 | -- | -- | -- | | | | | | |
| Banka Dey | 10 | 3 | 51 | 6 | 7 | 135 | 5 | | | |
| Barkiawal | 28 | 51 | 85 | 60 | 5 | 95 | 5 | | | |
| Bazanga Bangou | 5 | 13 | 151 | 9 | | | | | | |
| Beri koirra | 21 | 45 | 119 | 38 | 0 | 96 | 0 | | | |
| Bololadie | 84 | 47 | 160 | 29 | | | | | | |
| Borgoberi | 60 | LACUNE | | | | | | | | |
| Borne 253 | 74 | 0 | | | 11 | 53 | 21 | | | |
| Boubon Golf | 85 | 34 | 132 | 26 | | | | | | |
| Bougoum | 89 | 14 | 151 | 9 | | | | | | |
| Damana | 27 | -1 | 91 | -1 | 0 | | | | | |
| Darey | 18 | 51 | 69 | 74 | 9 | 120 | 8 | | | |
| Debere Gati | 25 | 0 | | | | | | | | |
| DEY TEGUI | 33 | 6 | 99 | 6 | 5 | 62 | 8 | 0 | 22 | |
| Diokoti | 64 | 58 | 220 | 26 | | | | | | |
| DJAKINDJI | 48 | 58 | 216 | 27 | | | | | | |
| Djoure | 63 | 48 | 184 | 26 | | | | | | |
| Fandobong | 14 | 11 | 177 | 6 | | | | | | |
| Fandou Beri | 9 | LACUNE | | | 4 | 65 | 6 | 5 | 55 | 9 |
| Fetokadie | 7 | 11 | 186 | 6 | | | | | | |
| Foy Fandou | 24 | 0 | | | 0 | | | | | |
| Gagare | 20 | LACUNE | | | 0 | | | 0 | | |
| Gamonzon | 34 | -2 | 141 | -2 | 0 | | | | | |
| Ganki Bassarou | 65 | 50 | 220 | 23 | | | | | | |
| GARDAMA KOUARA | 50 | 20 | 174 | 11 | | | | | | |
| Gassa NW | 1 | 3 | 78 | 4 | 2 | 61 | 3 | | | |
| Gassanamari NE | 2 | -10 | 137 | -7 | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|--------|----|--------|-----|----|--------|----|----|
| Gassa SE | 3 | LACUNE | | 0 | 35 | | -1 | 61 | -2 |
| Gassa SW | 4 | 8 137 | 6 | | | | | | |
| Gassan Kournie | 16 | 54 187 | 29 | | | | | | |
| Gasseйда | 12 | 51 177 | 29 | | | | | | |
| GORBIKOY KAINA | 39 | 55 188 | 29 | | | | | | |
| Gorou Goussa | 80 | 6 55 | 11 | 9 | 97 | 9 | | | |
| Gourmandey | 58 | 73 214 | 34 | | | | | | |
| Guessel Bodi | 66 | LACUNE | | 20 | 85 | 24 | | | |
| GUILAHEL | 49 | 61 206 | 30 | | | | | | |
| HARIKANASSOU | 41 | 18 208 | 9 | | | | | | |
| HASSOU BANGOU | 42 | LACUNE | | | | | | | |
| Holo | 71 | 62 193 | 32 | | | | | | |
| Kaba | 88 | 17 147 | 12 | | | | | | |
| Kaligorou | 61 | -5 193 | -3 | | | | | | |
| Kampa zarma | 13 | 7 114 | 6 | 2 | 62 | 3 | | | |
| Karabeji | 67 | 2 53 | 4 | 14 | 62 | 23 | | | |
| Kare | 29 | 0 | | | | | | | |
| Kare Bangou | 90 | 15 154 | 10 | | | | | | |
| Karma | 81 | 37 138 | 27 | | | | | | |
| KIRAN MILI | 45 | 49 182 | 27 | | | | | | |
| Kodo | 62 | 88 220 | 40 | | | | | | |
| Ko Fandou | 36 | 7 87 | 8 | 5 | 98 | 5 | | | |
| Kokorbe Fandou | 73 | LACUNE | | 9 | 29 | 31 | | | |
| Kolbou Zarma | 56 | 24 104 | 24 | 25 | 110 | 23 | | | |
| Kollo 1,50 M | 54 | -3 94 | 3 | -2 | 62 | 3 | | | |
| Kollo sol | 954 | LACUNE | | -1 | 69 | -2 | | | |
| KOLO DIOGONO | 46 | 31 131 | 24 | 8 | 29 | 28 | LACUNE | | |
| Komakoukou | 6 | 5 84 | 6 | -7 | 62 | 11 | | | |
| Kossey | 91 | 16 154 | 10 | | | | | | |
| Koure | 17 | 5 92 | 5 | 7 | 92 | 7 | | | |
| Koure Kobade | 26 | 21 122 | 17 | -2 | 38 | 5 | | | |
| Koure Sud | 51 | LACUNE | | 4 | 42 | 10 | 5 | 48 | 10 |
| Koyria | 82 | LACUNE | | 5 | 58 | 10 | | | |
| Mare Kire | 77 | 53 188 | 28 | | | | | | |
| MAROBERI ZENO | 44 | LACUNE | | 2 | 28 | 7 | 5 | 40 | 12 |
| Massi Koubou | 78 | -8 181 | 4 | | | | | | |
| Ngourwa | 87 | 47 160 | 29 | | | | | | |
| Niabere Djambe | 59 | 64 195 | 33 | | | | | | |
| Niamey Aeroport | 94 | 0 | | 0 | | | | | |
| Niamey IRI | 83 | 2 57 | 4 | LACUNE | | | | | |
| Niamey ORSTOM | 70 | 7 82 | 9 | LACUNE | | | 18 | 62 | 29 |
| Nine Founo | 68 | 25 100 | 25 | 23 | 92 | 25 | | | |
| Nioumey | 79 | 60 196 | 31 | | | | | | |
| Sama Dey 1 | 92 | 10 92 | 11 | | | | | | |
| Sama Dey 2 | 93 | 7 67 | 10 | | | | | | |
| Sandideye | 57 | 30 104 | 30 | 31 | 110 | 28 | | | |
| Sekoukou | 55 | 40 153 | 26 | | | | | | |
| Tafakoira | 19 | LACUNE | | 6 | 120 | 5 | | | |
| Tanaberi | 32 | -1 115 | -1 | -2 | 62 | -3 | | | |
| TierendjiI | 52 | 19 173 | 11 | | | | | | |
| Tigo zeno | 23 | 8 165 | 5 | | | | | | |
| Timborane Soli | 72 | 58 160 | 36 | | | | | | |
| Tollo | 22 | 14 210 | 7 | | | | | | |
| Tondi Gamey | 76 | LACUNE | | 8 | 56 | 14 | | | |
| Tondi Kire | 69 | -3 193 | -2 | | | | | | |
| Tongom | 37 | LACUNE | | 0 | | | | | |
| Torodi | 86 | 50 160 | 31 | | | | | | |
| WARI | 40 | 20 182 | 11 | | | | | | |
| Winde gorou | 31 | LACUNE | | LACUNE | | | LACUNE | | |
| yelouma est | 15 | 15 186 | 8 | | | | | | |
| Yiladde | 35 | -3 183 | -2 | 0 | | | | | |
| Zouzou Beri | 30 | LACUNE | | 0 | | | | | |

avec : - mn = nombre de minutes de derive (mn = date relative - date absolue)
- j = duree de vie de la cartouche en jours
- T = mn / j * 100

Tableau 6: Récapitulatif des événements pluvieux majeurs identifiés à partir du réseau de pluviographes.

Recapitulatif des evenements pluvieux majeurs
lors de la campagne 1990

| | Dates des evenements pluvieux | | N | M | i | n | Cumul 1/10 mm | | | |
|----|-------------------------------|----------------|----|------|----|----|---------------|-----|-----|------|
| | Debut | fin | | | | | 5 | 30 | 60 | T |
| 1 | 28/05 a 22h40' | 29/05 a 05h50' | 68 | 23.6 | 27 | 3 | 146 | 569 | 747 | 775 |
| 2 | 07/06 a 23h50' | 08/06 a 03h45' | 56 | 7.9 | 64 | 29 | 115 | 586 | 726 | 745 |
| 3 | 12/06 a 23h30' | 13/06 a 04h55' | 63 | 5.1 | 27 | 81 | 85 | 254 | 288 | 300 |
| 4 | 17/06 a 17h25' | 17/06 a 21h40' | 46 | 7.8 | 58 | 86 | 119 | 509 | 588 | 590 |
| 5 | 22/06 a 01h20' | 22/06 a 06h05' | 58 | 3.9 | 27 | 91 | 80 | 226 | 315 | 320 |
| 6 | 24/06 a 21h05' | 25/06 a 03h05' | 78 | 27.2 | 18 | 80 | 214 | 660 | 705 | 790 |
| 7 | 27/06 a 16h45' | 28/06 a 05h55' | 40 | 5.2 | 76 | 54 | 121 | 347 | 451 | 595 |
| 8 | 29/06 a 19h25' | 30/06 a 00h05' | 41 | 3.7 | 68 | 90 | 85 | 318 | 325 | 325 |
| 9 | 03/07 a 08h30' | 03/07 a 13h40' | 72 | 7.5 | 27 | 48 | 67 | 282 | 480 | 570 |
| 10 | 05/07 a 16h55' | 05/07 a 21h10' | 31 | 5.2 | 24 | 86 | 132 | 449 | 670 | 685 |
| 11 | 08/07 a 01h25' | 08/07 a 04h55' | 41 | 5.4 | 34 | 84 | 300 | 615 | 625 | 645 |
| 12 | 09/07 a 03h55' | 09/07 a 07h15' | 34 | 1.5 | 34 | 57 | 56 | 240 | 295 | 300 |
| 13 | 12/07 a 05h30' | 12/07 a 14h55' | 79 | 17.6 | 27 | 85 | 132 | 425 | 530 | 600 |
| 14 | 15/07 a 08h20' | 15/07 a 11h20' | 37 | 2.8 | 25 | 51 | 147 | 526 | 570 | 570 |
| 15 | 15/07 a 12h35' | 15/07 a 15h50' | 70 | 4.9 | 26 | 2 | 76 | 200 | 210 | 230 |
| 16 | 18/07 a 08h20' | 18/07 a 15h15' | 69 | 8.6 | 27 | 86 | 137 | 470 | 470 | 470 |
| 17 | 21/07 a 11h45' | 21/07 a 15h55' | 51 | 7.8 | 26 | 86 | 111 | 440 | 465 | 465 |
| 18 | 21/07 a 20h30' | 22/07 a 02h45' | 43 | 2.9 | 63 | 35 | 69 | 188 | 190 | 215 |
| 19 | 22/07 a 03h45' | 22/07 a 11h30' | 63 | 4.4 | 32 | 46 | 44 | 150 | 185 | 400 |
| 20 | 23/07 a 05h20' | 23/07 a 11h00' | 75 | 19.4 | 26 | 86 | 108 | 383 | 430 | 430 |
| 21 | 27/07 a 08h15' | 27/07 a 13h50' | 75 | 23.9 | 26 | 90 | 114 | 460 | 541 | 600 |
| 22 | 31/07 a 02h40' | 31/07 a 08h10' | 69 | 13.3 | 26 | 26 | 120 | 406 | 545 | 550 |
| 23 | 02/08 a 22h45' | 03/08 a 02h30' | 43 | 4.7 | 36 | 88 | 107 | 297 | 340 | 350 |
| 24 | 04/08 a 00h35' | 04/08 a 08h00' | 83 | 27.1 | 27 | 20 | 139 | 489 | 525 | 580 |
| 25 | 08/08 a 18h15' | 09/08 a 01h40' | 86 | 20.8 | 26 | 86 | 120 | 374 | 420 | 515 |
| 26 | 14/08 a 13h45' | 14/08 a 16h35' | 28 | 0.9 | 26 | 32 | 29 | 70 | 70 | 85 |
| 27 | 17/08 a 17h45' | 18/08 a 01h25' | 71 | 16.8 | 36 | 90 | 150 | 451 | 551 | 820 |
| 28 | 24/08 a 22h10' | 25/08 a 04h40' | 74 | 11.1 | 58 | 86 | 201 | 392 | 410 | 480 |
| 29 | 28/08 a 21h30' | 29/08 a 02h25' | 54 | 3.8 | 36 | 84 | 75 | 215 | 215 | 250 |
| 30 | 29/08 a 11h10' | 29/08 a 16h00' | 74 | 3.8 | 27 | 91 | 78 | 274 | 285 | 285 |
| 31 | 01/09 a 22h00' | 02/09 a 07h05' | 86 | 17.1 | 27 | 32 | 159 | 592 | 662 | 1025 |
| 32 | 05/09 a 00h15' | 05/09 a 05h25' | 83 | 7.4 | 56 | 90 | 142 | 470 | 480 | 495 |
| 33 | 07/09 a 11h10' | 07/09 a 16h40' | 71 | 12.9 | 27 | 82 | 100 | 472 | 643 | 720 |
| 34 | 11/09 a 00h55' | 11/09 a 05h35' | 32 | 2.4 | 26 | 58 | 90 | 361 | 432 | 500 |
| 35 | 13/09 a 21h50' | 14/09 a 02h35' | 86 | 15.3 | 34 | 71 | 131 | 423 | 455 | 480 |
| 36 | 17/09 a 17h35' | 18/09 a 00h40' | 69 | 19.4 | 18 | 84 | 140 | 520 | 735 | 830 |

avec :

- N = nombre de stations ayant enregistre des basculements durant la pluie,
- M = moyenne pour l'évenement sur l'ensemble des stations ayant fonctionne,
- i = numero "Epsat" de la premiere station touchee,
- n = numero "Epsat" de la derniere,
- Cumul maximal sur 5, 30, 60 minutes et cumul pour la pluie (T).

4

COLLECTE DES DONNEES RADAR

4.1 Le Radar

Le radar utilisé appartient à la DMN et sa maintenance est confiée à l'ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne). Outre sa numérisation, déjà signalée au début de ce rapport, le Laboratoire d'Aérodynamique a assuré une première remise au niveau de l'électronique du système en 1989. Le dépouillement des données acquises en 1989 a montré une perte de sensibilité de 30 dbZ par rapport aux performances nominales. Il a donc été décidé de remplacer certains composants tels que le dispositif d'émission-réception (T.R) et les cristaux qui assurent la conversion du signal reçu en puissance en un courant. Différents réglages du CAF et du magnétron ont également été réalisés. Enfin le radôme a été entièrement démonté et repeint avec une peinture perméable aux ondes hyperfréquences. Le détail de ces opérations est donné en annexe 2.

4.2 Protocole d'alerte et de suivi

Le radar de la DMN est géré par l'ASECNA qui l'utilise à des fins de protection aérienne. Le trafic restreint de l'aéroport de Niamey ne rend pas nécessaire une utilisation permanente du radar. En saison des pluies, la surveillance de routine consiste à effectuer une exploration radar toutes les trois heures. En cas de détection d'un système précipitant pouvant intéresser la zone de trafic de l'aéroport, les protectionnistes assurent une veille permanente. Jusqu'à la numérisation du radar dans le cadre d'EPSAT-NIGER, les protectionnistes décalquaient les principales zones d'échos observées à l'écran pour pouvoir étudier leur déplacement et surveiller leur évolution verticale. Les calques ont été archivés et peuvent constituer une source d'information intéressante, bien qu'imprécise, sur le plan climatologique.

La numérisation du radar n'a pas modifié l'organisation du système de surveillance de l'ASECNA, mais l'a en principe facilitée puisqu'une console déportée de visualisation couleur se trouve désormais installée dans la salle même de prévision, à l'étage. Cependant, le pupitre de commande du radar demeure au rez-de-chaussée.

L'acquisition des données pour EPSAT-Niger obéit à des besoins, donc à des règles différentes de celles de l'opérationnel. C'est pourquoi il avait été décidé qu'en cas de système précipitant intéressant (ou susceptible d'intéresser) la zone d'étude, les protectionnistes de l'aéroport alerteraient les équipes d'EPSAT-NIGER. Ces dernières assuraient alors la mesure et l'acquisition selon un protocole qui est donné en annexe. A partir de ce moment, le service de protection disposait des images sur sa console déportée, et pouvait à tout moment descendre au pupitre de contrôle pour effectuer des mesures spécifiques à leur tâche. Le plus généralement il s'agit de RHI (Range Height Indicator) destinés à évaluer la hauteur et la structure verticale des nuages. L'alerte des équipes de veille ORSTOM se faisait par téléphone. Un contact systématique était établi en fin de journée (l'activité convective se manifeste surtout en fin d'après-midi et la nuit), soit par téléphone soit par visite à l'aéroport.

La visite à l'aéroport permettait d'effectuer quelques tours d'antenne et d'étudier la photo Météosat de 18h00 TU. Un état de préalerte était ainsi éventuellement décidé, imposant au responsable de l'équipe de veille de rester à proximité d'un téléphone ou d'appeler régulièrement l'aéroport.

Ce protocole d'alerte et de suivi a globalement donné satisfaction, bien qu'il se soit heurté à deux difficultés principales:

- 1) difficulté des liaisons téléphoniques à travers le standard de l'aéroport ; en particulier la nuit où il est fréquent que le standard ne réponde pas;
- 2) mauvais fonctionnement du réseau assurant le déport des images sur la console de la salle de prévision. Il semble qu'il y ait des conflits entre les acquisitions disques et l'envoi des images sur le réseau. Ces deux opérations ne sont généralement pas simultanées, mais peuvent le devenir puisqu'elles sont gérées indépendamment l'une de l'autre et selon des critères différents.

Pour la saison 1991, les améliorations suivantes sont prévues:

- établissement d'une ligne téléphonique propre à la salle de prévision, évitant le transfert des appels à travers le standard de l'aéroport. Cette ligne a été installée à la fin de l'année 1990.
- établissement de communications radio allégeant l'astreinte des équipes de veille. Ceci nécessite des autorisations longues à obtenir et il n'est pas certain qu'elles le seront d'ici le démarrage de la campagne 1991.
- correction des défauts liés à l'utilisation du réseau.

La veille radar proprement dite était assurée par deux personnes de l'expérience, et se prolongeait soit jusqu'à l'évacuation vers l'ouest en cas de système précipitant organisé, soit jusqu'à la disparition de la convection en cas d'amas convectifs isolés. Le protocole de suivi est donné en annexe 3.

4.3 Déroulement de la campagne

La première veille a eu lieu le 18 mai 1990 à l'occasion d'un orage localisé sur Niamey. Les différents travaux ultérieurs (voir annexe 2) effectués sur le système d'émission-réception et sur le radôme n'ont permis aucune véritable acquisition avant le 8 juin. A compter de cette date, 23 événements pluvieux ont été suivis et archivés (tableau 7), ce qui représente plus de la moitié des 36 épisodes identifiés à partir du réseau de pluviographes, dont la liste figure au tableau 6

Sur ces 23 événements, un seul (celui du 15 juin) n'appartient pas à cette liste, et deux n'ont pas été archivés dans la banque BADORA (tableau 8) du fait de difficultés de relecture des fichiers SANAGA correspondants. Le traitement systématique des données acquises n'ayant pas encore été réalisé, il est impossible de fournir autre chose qu'un récapitulatif BADORA de ces données. On sait néanmoins que, compte-tenu des problèmes majeurs rencontrés avec l'alimentation électrique du radar, la qualité des données est très inégale, les performances électroniques du système étant souvent dégradées. Les coupures brutales de courant, la tension mal régulée, ont été responsables de la dégradation fréquente des cristaux, voire de l'interruption complète des acquisitions. Ceci signifie:

- 1) que l'utilisation à des fins quantitatives des données acquises devra se faire avec beaucoup de précaution et qu'on ne pourra connaître le pourcentage de déchets inclus dans ces données, qu'après une comparaison très sérieuse avec les données sol;
- 2) que l'alimentation électrique du radar doit être totalement revue en prévision de la campagne 1991;
- 3) que les performances du radar doivent être revérifiées et qu'il faudra opérer les changements de pièces qui s'avèreraient nécessaires à la suite de ces vérifications;

La saison radar 1990 s'est achevée le 17 septembre par le bris d'éléments de pignonnerie entraînant l'immobilisation des parties mécaniques du système. Le remplacement des pignons a été confié à l'équipe du Laboratoire d'Aérodynamique de Lannemezan.

Tableau 7: Récapitulatif des acquisitions radar.

| Date | Durée | Nbre de fichiers ok | Nbre de fichiers à 0,8 | Commentaires |
|----------|---------|---------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08/06/90 | 2h15mn | 33 | 28 | Heure du hp dérégler environ 40mn |
| 15/06/90 | 2h37mn | 30 | 30 | Prise de ligne à 100 km |
| 17/06/90 | 4h30mn | 69 | 55 | Prise de ligne à 30 km. Perte de 26 fichiers suite à problème réseau |
| 22/06/90 | 5h40mn | 82 | 68 | Prise de ligne à 60km |
| 24/06/90 | 7h29mn | 80 | 88 | Arrivée après passage de la ligne de très forte intensité .Changement cristaux après coupure secteur |
| 27/06/90 | 5h20mn | 64 | 56 | Prise de ligne a 40 km .Nuages plus denses en altitude (voir site 8.2°) |
| 29/06/90 | 2h30mn | 31 | 31 | Prise de ligne à 10km |
| 03/07/90 | 4h16mn | 94 | 80 | Nuages à 80 km |
| 05/07/90 | 2h26mn | 24 | 24 | Convection locale .Test de l'enregistrement automatique durant toute la veille |
| 12/07/90 | 6h30mn | 80 | 63 | Ligne à 80 km .Panne du groupe électrogène suivie de multiples coupures du réseau |
| 18/07/90 | 2h36mn | 42 | 32 | Convection locale |
| 23/07/90 | 3h27mn | 34 | 23 | Prise de ligne à 50km |
| 25/07/90 | 5h14mn | 40 | 25 | Ligne à 100km .Problème avec le groupe |
| 27/07/90 | 8h02mn | 84 | 61 | Ligne à 110km .Problème avec le groupe , site non stable |
| 30/07/90 | 10h15mn | 69 | 55 | Prise de ligne à 350km .Multiples coupures à l'arrivée de la ligne sur l'aéro . 3 paires de cristaux perdues |
| 08/08/90 | 3h31mn | 29 | 19 | Groupe de CB en ligne à 100km |
| 23/08/90 | 1h03mn | 11 | 11 | Etude de convections locales |
| 24/08/90 | 15h03mn | 80 | 75 | Ligne à 150 km au Nord-Est . Perte de fichiers due à problème de sauvegarde |
| 01/09/90 | 6h20mn | 36 | | Ligne à 60 km au Nord-Est |
| 5/09/90 | 2h33mn | 15 | 9 | Ligne à 30km .La previ n'a pu prévenir plutôt suite à problème pour joindre le standard. Multiples coupures secteur .Arrêt de la veille afin de protéger le radar. |
| 11/09/90 | 6h4mn | | | Arrivée tardive .Ligne de faible intensité. |
| 13/09/90 | 9h50mn | 74 | 44 | Ligne à 150km ,hauteur 15000 m,intensité 45 Dbz |
| 17/09/90 | 4h27mn | 32 | 18 | Etude de convection locale . Transformation des cellules en ligne de grain |
| TOTAL : | 124h48 | 1133 | 895 | |

Arrêt de la saison suite à détérioration de la partie mécanique du radar.

Tableau 8: Récapitulatif des épisodes radar intégrés dans BADORA.

```

+-----+
!           B A D O R A - E P S A T N I G E R
!           BANQUE DE DONNEES RADAR
! (c) Laboratoire d'Hydrologie - Centre ORSTOM - Montpellier - FRANCE
+-----+
! 11/10/1990 18:42:03           EDITION DU CATALOGUE DES EVENEMENTS
!           DU -----DEBUT----- A -----FIN-----
+-----+

```

| DEBUT | | FIN | | STAT | QUAL | NBR | TAILLE |
|------------|----------|------------|----------|------|------|--------|--------|
| JJ/MM/AAAA | HH:MM:SS | JJ/MM/AAAA | HH:MM:SS | | | IMAGES | (ko) |
| 08/06/1990 | 00:07:40 | 08/06/1990 | 02:45:45 | A | Pb | 32 | 2316 |
| 15/06/1990 | 22:03:12 | 16/06/1990 | 00:20:46 | A | Pb | 31 | 1368 |
| 17/06/1990 | 19:28:03 | 17/06/1990 | 22:45:19 | A | Pb | 44 | 2291 |
| 22/06/1990 | 00:50:33 | 22/06/1990 | 06:30:21 | A | Pb | 78 | 4005 |
| 24/06/1990 | 22:01:10 | 25/06/1990 | 05:30:12 | A | Pb | 87 | 6348 |
| 27/06/1990 | 17:35:47 | 27/06/1990 | 22:54:04 | A | Pb | 65 | 2042 |
| 29/06/1990 | 21:14:13 | 29/06/1990 | 23:45:04 | A | Pb | 31 | 1447 |
| 03/07/1990 | 07:50:30 | 03/07/1990 | 15:05:04 | A | Pb | 94 | 3855 |
| 05/07/1990 | 16:46:27 | 05/07/1990 | 19:11:26 | A | Pb | 23 | 1404 |
| 12/07/1990 | 03:34:32 | 12/07/1990 | 09:57:17 | A | Pb | 77 | 1727 |
| 18/07/1990 | 12:10:19 | 18/07/1990 | 14:46:34 | A | Pb | 42 | 1211 |
| 23/07/1990 | 08:03:15 | 23/07/1990 | 11:30:15 | A | Pb | 31 | 757 |
| 25/07/1990 | 05:16:42 | 25/07/1990 | 10:30:15 | A | Pb | 29 | 608 |
| 27/07/1990 | 07:29:56 | 27/07/1990 | 15:31:58 | A | Pb | 67 | 2414 |
| 30/07/1990 | 21:59:50 | 31/07/1990 | 08:00:48 | A | Pb | 63 | 1694 |
| 23/08/1990 | 15:46:56 | 23/08/1990 | 16:49:44 | A | Pb | 11 | 116 |
| 24/08/1990 | 18:45:24 | 25/08/1990 | 09:34:22 | A | Pb | 76 | 2279 |
| 01/09/1990 | 21:33:16 | 02/09/1990 | 04:39:40 | A | Pb | 41 | 1215 |
| 05/09/1990 | 00:37:22 | 05/09/1990 | 02:10:25 | A | Pb | 13 | 207 |
| 11/09/1990 | 01:56:52 | 11/09/1990 | 05:23:06 | A | Pb | 21 | 686 |
| 13/09/1990 | 16:16:45 | 14/09/1990 | 05:55:05 | D | Pb | 70 | 2009 |

21 enregistrements lus

```

+-----+
!           B A D O R A - E P S A T N I G E R
!           BANQUE DE DONNEES RADAR
! (c) Laboratoire d'Hydrologie - Centre ORSTOM - Montpellier - FRANCE
+-----+
! 11/10/1990 18:42:04           F I N   D E   L ' I M P R E S S I O N
!                               F I N   D E   L ' I M P R E S S I O N
+-----+

```

5

QUELQUES RESULTATS

5.1 Exploitation des données radar.

Il a déjà été souligné que les données radar ne pourraient faire l'objet d'une exploitation à des fins de quantification de la pluie qu'après une critique soignée et systématique. Ce travail de critique est long à effectuer, et nécessite de pouvoir facilement accéder à ces données pour les comparer entre elles. On a donc été amené à adopter la démarche suivante:

1. constitution d'un outil de banque de données radar (BADORA, T.Valéro, 1990), qui permet de filtrer les données brutes acquises et de les structurer sous forme d'épisode. En effet dans SANAGA, à chaque acquisition correspond un fichier, ce qui signifie que d'une part il n'y a pas de regroupement des fichiers acquis au cours d'un même épisode, et que d'autre part il peut y avoir dans ces fichiers plus de données que ce qu'on désire (par exemple à chaque fois que l'acquisition a été réalisée sur plus d'un tour d'antenne).
2. développement de procédures d'extraction et de visualisation (VANIMA). Ces procédures permettent notamment de limiter l'extraction à l'aire de couverture par le réseau sol, de superposer des isohyètes calculées à partir des données pluviographiques, et enfin de réaliser une animation d'une séquence d'images.
3. comparaison des cumuls de réflectivité par épisode, et pour les pixels correspondant à un pluviographe, avec les cumuls enregistrés à ce pluviographe.

A l'heure actuelle seuls les actions 1 et 2 sont terminées, ce qui autorisera une mise en forme plus rapide des données 1991. L'étape 3 sera réalisée conjointement sur les données radar 1990 et 1991. Le traitement des données 1990 a donc jusqu'à présent surtout porté sur les données sol. Il ne s'agit certes que de traitements préliminaires, mais ils fournissent un premier aperçu des résultats à attendre d'une exploitation en profondeur des informations pluviographiques de EPSAT-NIGER.

5.2 La répartition des cumuls saisonniers

La saison 1990 a été nettement déficitaire si on en juge par comparaison entre la carte des isohyètes interannuelles 1950-1989 (fig. 1) et celle des cumuls de la saison sur le degré carré. En section 2, on a évalué ce déficit à environ 20 à 25%, en se basant sur les 30 stations du réseau EPSAT-NIGER ayant fonctionné sans pannes en 1989 et 1990. Une telle estimation est nécessairement très approximative. Les chiffres qui ont permis de la calculer, ont été obtenus de deux façons très différentes :

- la moyenne interannuelle 1950-1989 sur la zone d'étude, estimée à 550 mm résulte de l'intégration d'une carte d'isohyètes définies localement par 6 stations dont quatre dans la zone d'étude, elle même (Niamey, Say, Kollo, Birni N'gaouré). La robustesse de l'estimation repose sur une hypothèse de stabilité du climat, des moyennes de 40 ans permettant de lisser la forte variabilité spatiale qui caractérise les cumuls sur une seule année.

- la moyenne de la saison 1990 (15 Mai-30 Novembre), est estimée à 405 mm à partir de 30 stations, et à 419 mm à partir de 74 stations. La répartition des 74 cumuls saisonniers suit sensiblement une loi normale, de moyenne 419 et d'écart-type 62 mm (fig. 9), seuls les deux points extrêmes s'écartant nettement de la loi de Gauss ajustée. L'estimation de la moyenne est ici jugée fiable parce que la densité du réseau garantit la redondance de l'information. En contrepartie, cette série de 74 valeurs est fortement autocorrélée et on ne peut donc en déduire directement l'intervalle de confiance de sa moyenne.

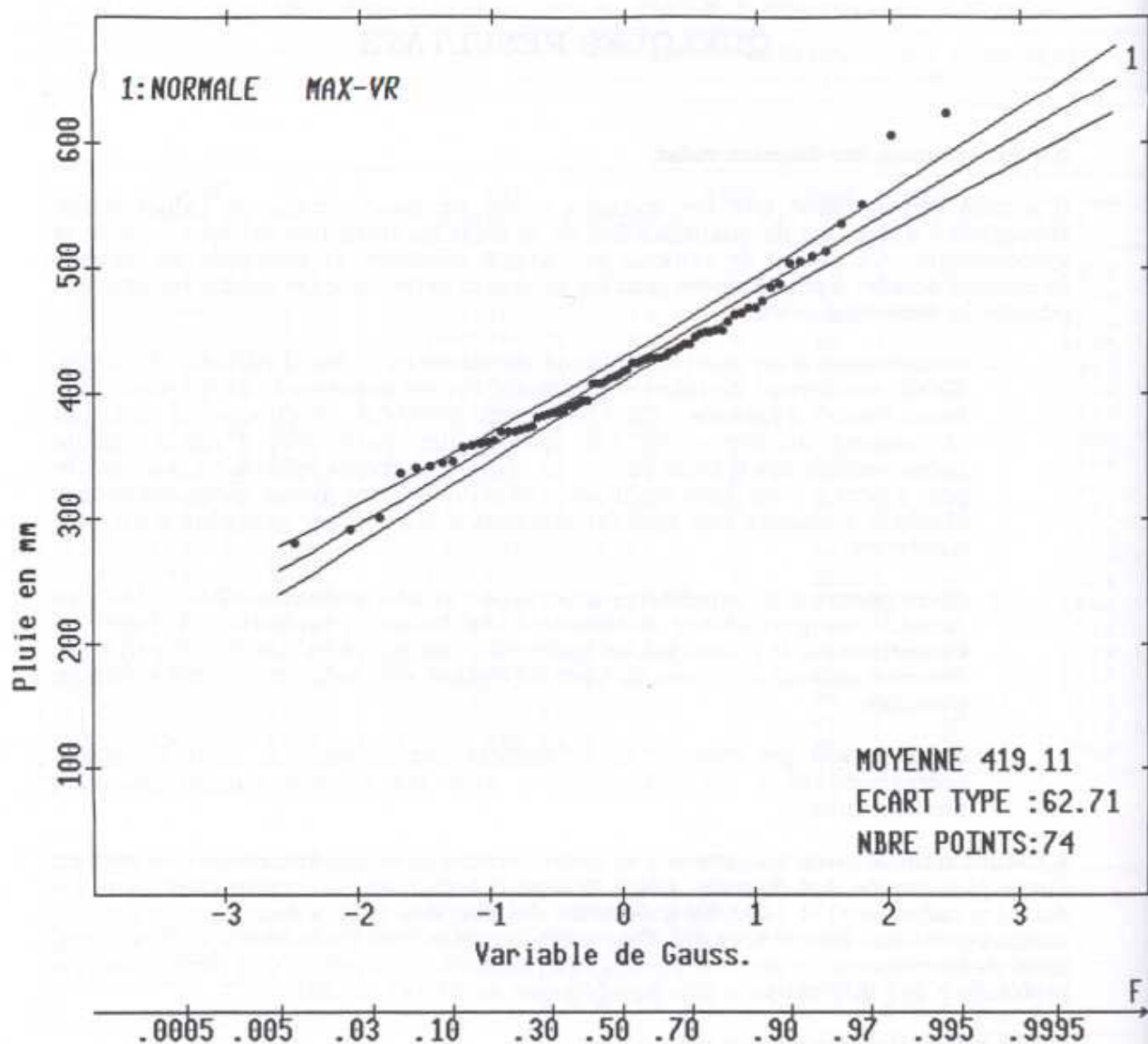


Figure 9. Ajustement d'une loi normale aux cumuls augets de la saison 1990, avec les limites de l'intervalle de confiance des quantiles au seuil de 95%.

L'analyse de la corrélation spatiale des cumuls saisonniers est nécessaire pour pouvoir comparer l'écart-type des séries temporelles (135 mm sur Niamey-Ville de 1905 à 1989 pour une moyenne de 563 mm, et 115 mm de 1950 à 1989 pour une moyenne de 562 mm), et donc fournir des intervalles de confiance aux estimations de pluie moyenne sur notre zone d'étude.

La carte d'isohyètes de la figure 3 montre la grande variabilité des cumuls saisonniers dans l'espace, avec notamment de très forts gradients sur la cible atteignant plus de 170 mm (soit de 30 à 40% d'écart) sur des distances de 10 km environ (la croyance, largement répandue et solidement ancrée, qu'une valeur ponctuelle de pluie annuelle

est "représentative" dans un rayon d'au moins 10 km, mérite donc être discutée). Le variogramme correspondant (fig. 10) présente deux paliers, un à 3200 mm^2 qui est atteint à 10 km environ, et l'autre à 4500 mm^2 , atteint à 45 km environ. Ceci est la traduction des deux grands types de structure de la carte d'isohyètes : a) de petites bosses ou creux décelés à l'échelle de la dizaine de kilomètres parce que l'interdistance moyenne du réseau de base est de 12,5 km; b) des dorsales elliptiques dont la longueur du grand axe avoisine 50 km.

Le premier palier correspond à un écart-type de 57 mm, le second à 67 mm, c'est à dire respectivement plus ou moins 5 mm par rapport à l'écart-type de l'ensemble de la série spatiale. Il est intéressant de noter qu'en 1989, à partir d'un réseau réduit de 30 postes, (incluant les stations de la cible) on avait identifié un seul palier à partir de 50 km. Par ailleurs le réseau pluviométrique nigérien est d'une densité insuffisante pour étudier les corrélations moyennes aux interdistances de quelques centaines de kilomètres, d'autant plus qu'à cette échelle le gradient latitudinal devient significatif.

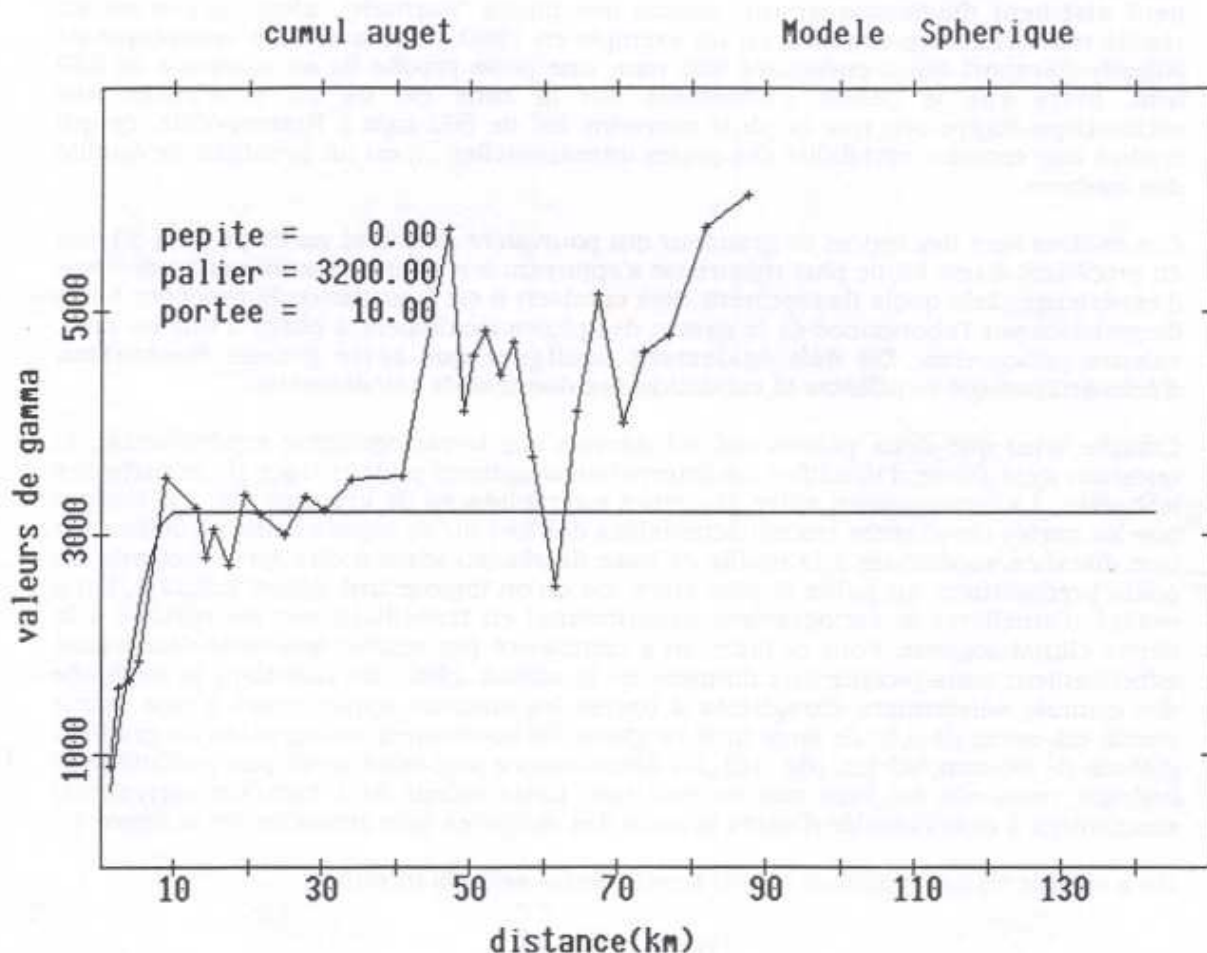


Figure 10. Variogramme des cumuls augets de la saison 1990. Un modèle sphérique a été calé sur les 30 premiers kilomètres. C'est la gamme des distances utilisées en interpolation puisque les postes voisins sont espacés de moins de 15 kilomètres.

On doit donc se contenter d'admettre en première hypothèse que le palier de 4500 mm^2 nous fournit un estimateur de la variance de la série spatiale décorrélée. Ceci nous donne un écart-type de 67 mm, vraisemblablement sous-estimé. Cet écart-type est associé à une moyenne de 419 mm. Pour le comparer à l'écart-type (115 mm) de la série

temporelle de Niamey, dont la moyenne est de 562 mm, on va le corriger par un facteur 1,34 (562/419). On aboutit à une valeur de 90 mm, qui est une borne inférieure plus qu'un chiffre moyen. L'écart-type de la série temporelle de Niamey, et celui de la série spatiale obtenue à partir du réseau EPSAT-NIGER en 1990, sont donc du même ordre. Ceci ne signifie pas qu'ils soient équivalents, ne serait-ce que parce qu'ils sont affectés d'une fluctuation d'échantillonnage à préciser. Le fait que l'écart-type de la série longue de 1905-1989 soit de 135 mm, semble indiquer une variation plus importante sur cette période que sur la période 1950-1989, ce qui illustre que même avec 40 ans de données, il reste une incertitude sur l'estimation de l'écart-type.

Cette estimation grossière de l'écart-type spatial "équivalent" donne néanmoins une idée de la confiance qu'on peut accorder à l'estimation de la moyenne spatiale d'une année donnée à l'aide d'une seule valeur ponctuelle. En adoptant l'approximation normale, 68% des cumuls annuels sur le degré carré seraient compris dans l'intervalle [470,650] pour une année moyenne de pluviométrie 560 mm et 17% seraient inférieurs à 470 mm. **En échantillonnant au hasard sur le degré carré on a donc une chance sur six d'estimer la pluie sur la zone à moins de 470 mm (en supposant qu'il n'y ait qu'une seule station), alors qu'en réalité elle est son niveau moyen de 560 mm.** A l'inverse on peut aisément diagnostiquer une saison des pluies "normale", alors qu'elle est en réalité très déficitaire. On en a eu un exemple en 1990, avec la station synoptique de Niamey-Aéroport qui a enregistré 506 mm, une pluie proche de sa moyenne de 520 mm, alors que le déficit d'ensemble sur la zone est de 25 % d'après nos estimations. Rappelons que la pluie moyenne est de 562 mm à Niamey-Ville, ce qui traduit une certaine variabilité des pluies interannuelles ou un problème de qualité des mesures.

Ces chiffres sont des ordres de grandeur qui pourraient aisément varier de 20 à 30 mm en procédant à une étude plus rigoureuse s'appuyant sur plusieurs années consécutives d'expérience. Tels quels ils montrent déjà combien il est hasardeux de procéder à des diagnostics sur l'abondance de la saison des pluies localement à partir d'une ou deux valeurs ponctuelles. **On doit également souligner que cette grande fluctuation d'échantillonnage va affecter la validation des données de télédétection.**

Compte tenu que deux paliers ont été décelés sur le variogramme expérimental, la question s'est posée d'identifier un interpolateur optimal pour le tracé de la carte des isohyètes. La comparaison entre plusieurs interpolateurs de krigeage (fig. 11) montre que les cartes résultantes restent semblables dès lors qu'on suppose une structure sur une distance supérieure à la maille de base du réseau (c'est à dire qu'on accorde un poids prédominant au palier le plus élevé, ou qu'on impose une dérive linéaire). On a essayé d'améliorer le variogramme expérimental en travaillant sur les résidus à la dérive climatologique. Pour ce faire, on a commencé par vérifier que cette dérive était effectivement sous-jacente aux données de la saison 1990. En calculant la moyenne des cumuls saisonniers enregistrés à toutes les stations appartenant à une même bande est-ouest de 0,2° de large (une vingtaine de kilomètres), on constate un gradient global de 90 mm/90 km (fig. 12). La décroissance sud-nord n'est pas parfaitement linéaire, mais elle est bien mise en évidence. Cette valeur de 1 mm/km correspond exactement à celle calculée d'après la carte des isohyètes interannuelles de la figure 1.

On a calculé en tout point un résidu à cette dérive selon la formule :

$$e_i = z_i - M(x_i, y_i),$$

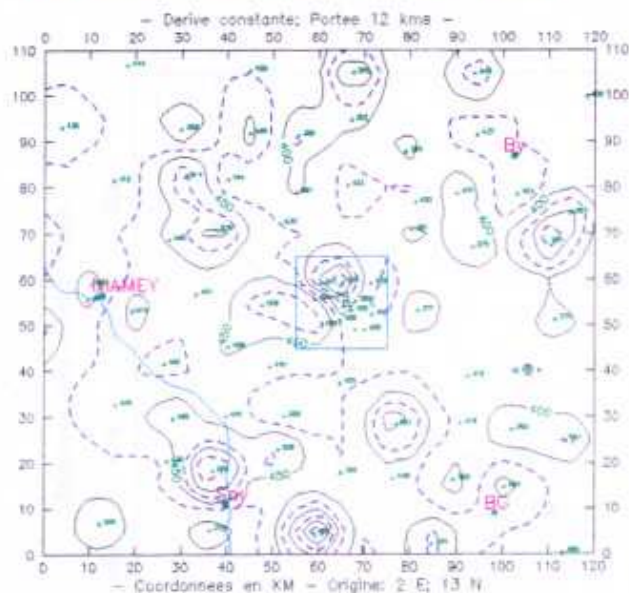
où e_i est le résidu à la station i , z_i le cumul saisonnier mesuré à cette station, et $M(x_i, y_i)$ est la dérive estimée par la relation :

$$M(x_i, y_i) = 470 - y_i,$$

où x_i et y_i sont les coordonnées en kilomètres dans le repère d'origine (2°E, 13°N); z_i et $M(x_i, y_i)$ sont exprimés en mm.

Le variogramme des résidus (fig. 13) conserve deux paliers. La carte correspondante est donnée en figure 14 b.

EPSAT-NIGER : Cumuls augets (mm) saison 1980



EPSAT-NIGER : Cumuls augets (mm) saison 1990

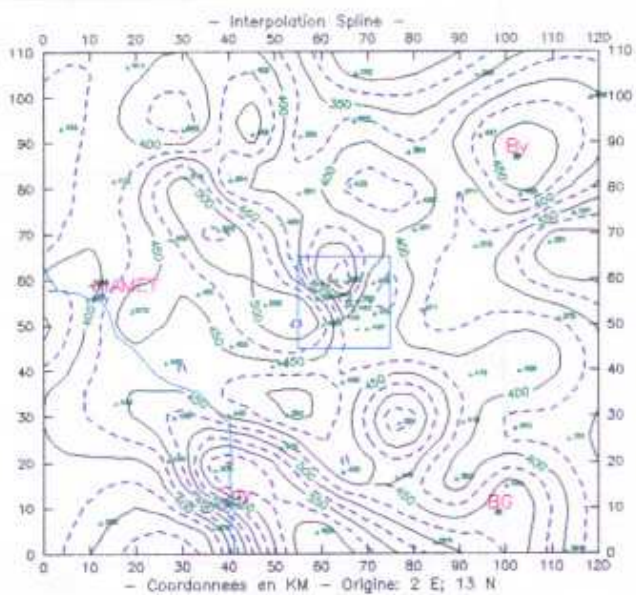
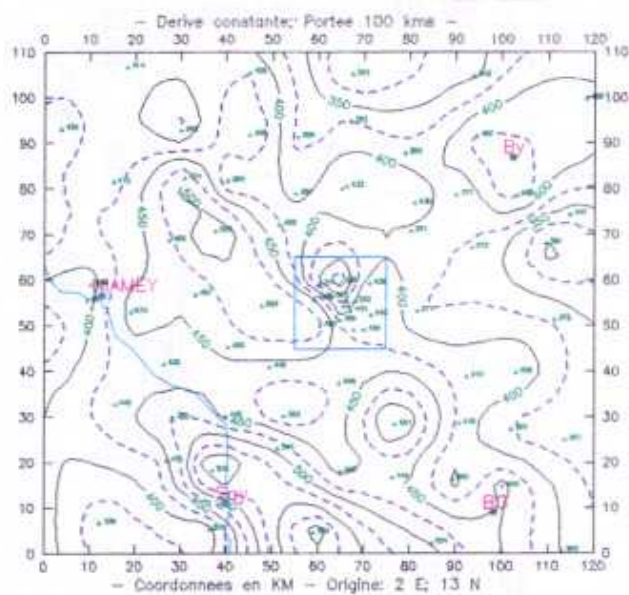
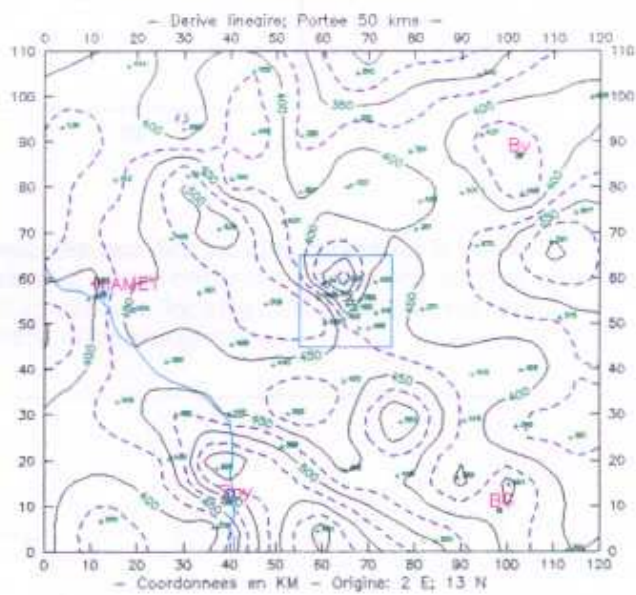
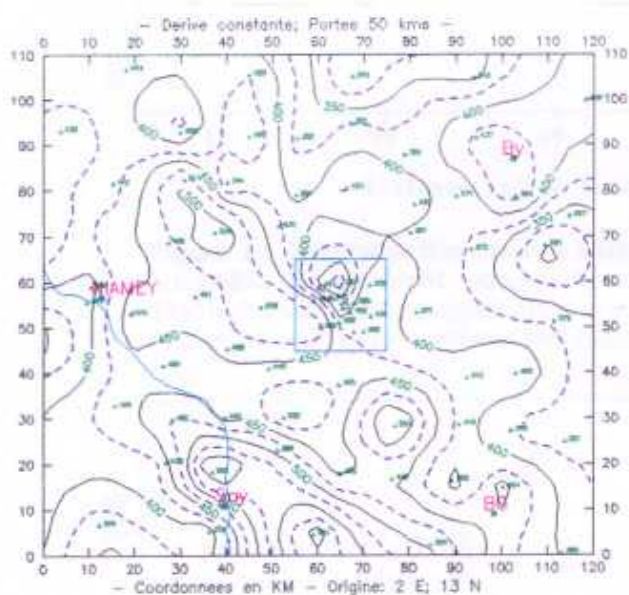
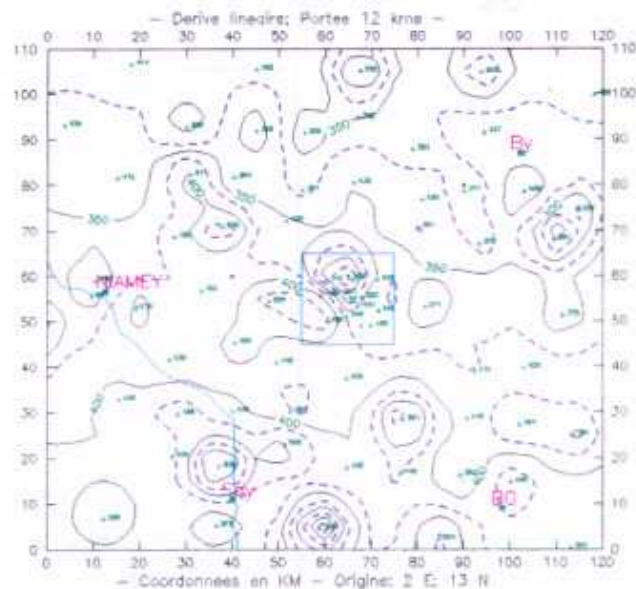


Figure 11. Isohyètes de la saison 1990 tracées à partir de 74 postes en utilisant différentes méthodes d'interpolation.

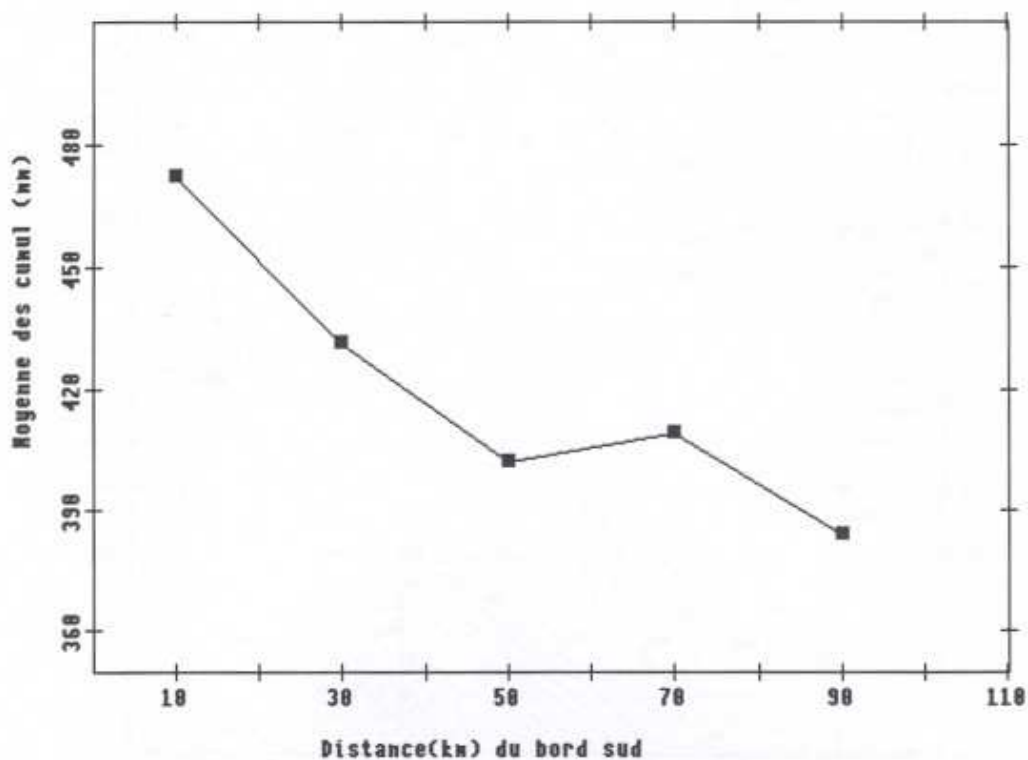


Figure 12. Moyenne des cumuls saisonniers calculés sur des bandes larges de $0,2^\circ$ en latitude. Le gradient nord-sud est bien marqué, par contraste avec les cartes d'isohyètes où il apparaissait noyé par les fluctuations locales. Le gradient est de l'ordre de 1 mm/km, valeur identique au gradient climatique.

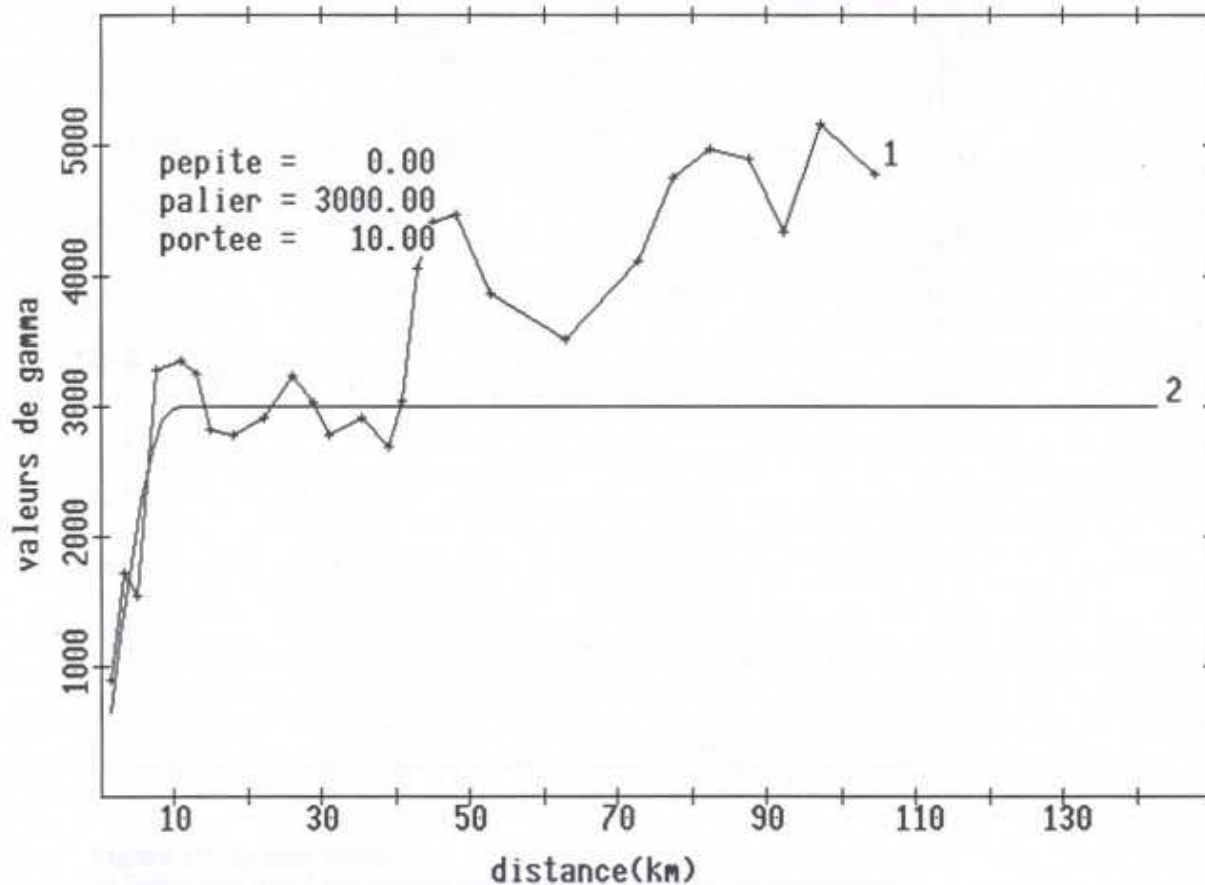
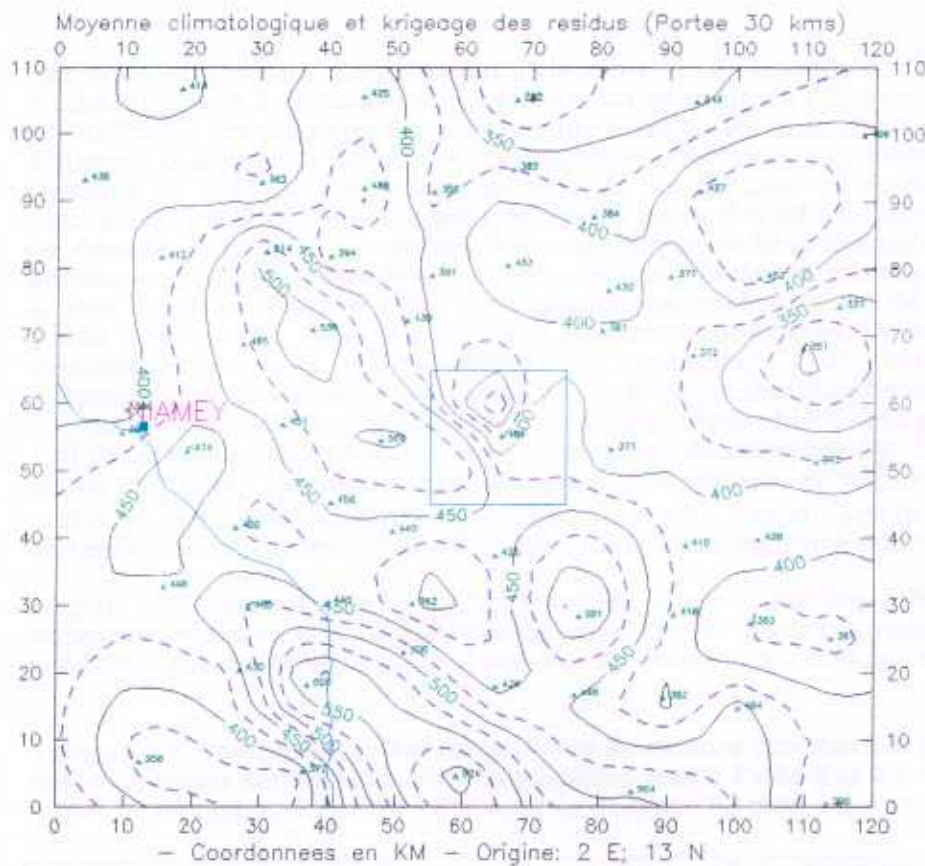


Figure 13. Variogramme des résidus à la dérive $M(x,y) = 470 - y$.

a)

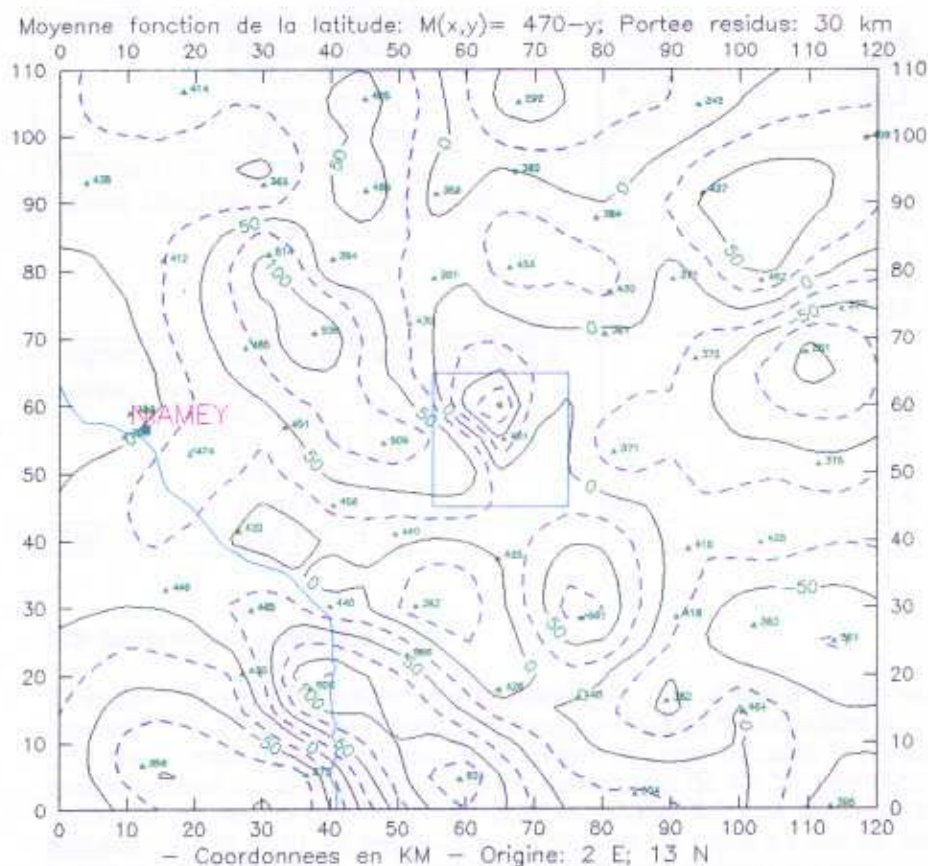
EPSAT-NIGER : Cumuls augets (mm) saison 1990

31



b)

EPSAT-NIGER : Résidus(mm) à la dérive - Saison 1990

**Figure 14. Saison 1990**

a) Isohyètes (mm) du cumul de la saison (15 mai-30 novembre).

b) Carte des résidus (mm) à la dérive climatologique.

Une autre procédure d'identification de la structure a été utilisée. Elle consiste à créer 2 échantillons et à reconstituer les valeurs du deuxième à l'aide de celles du premier, par différents estimateurs. On peut ensuite inverser les rôles des 2 échantillons. Pour mettre en oeuvre cette procédure, l'échantillon initial des 74 cumuls saisonniers a été enrichi à 84 stations. Les valeurs au seuil de dix stations ont en effet été corrigées à l'aide de la corrélation seuil/augets calculée à partir des 56 valeurs dont la répartition est donnée en figure 8. Le tableau 9 montre que le meilleur estimateur, au sens de la minimisation du carré des écarts entre valeurs observées et valeurs reconstituées, est le plan de dérive $M(x,y) = 470-y$. Les estimateurs basés sur une dérive nulle sont les moins performants. Ceux qui prennent en compte une dérive linéaire, mais dont les coefficients ne sont pas identifiés explicitement produisent des résultats intermédiaires. Les estimateurs basés sur le krigeage des résidus sont tous meilleurs que les autres, quelle que soit la portée du variogramme choisi, sauf pour une portée de 100 km. Pour le tracé de notre carte d'isohyètes de référence (fig. 3 et fig. 14a), on a choisi d'utiliser l'estimateur e_{030} (krigeage des résidus, variogramme sphérique de portée 30 km), dont l'écart-type d'estimation est de 8 mm (au lieu de 7,7 mm pour une portée de 12 kms), et le biais de 1 mm (au lieu de 5 mm pour une portée de 12 kms).

Le peu de différenciation entre les résultats obtenus par les différentes méthodes impose d'approfondir ce travail préliminaire, ce qui implique d'autres protocoles de validation qui seront utilisés aussi bien sur les données de 1990 que sur celles de 1991.

Tableau 9 : Comparaison des estimateurs de valeurs ponctuelles par reconstitution des 42 cumuls saisonniers d'un échantillon test à l'aide des 42 valeurs restantes. Moyenne de l'échantillon test : 395 mm; écart-type : 53 mm. Z^*_1 : valeur estimée.

| Estimateur | Moyenne des $(Z_1 - Z^*_1)^2$ | Ecart-type des Z^*_1 | Moyenne des Z^*_1 |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| Krigeage des observations Z_1 (dérive nulle variog. sphérique) | | | |
| Portée 12 km | 70,7 | 5,6 | 394,6 |
| Portée 30 km | 74,7 | 25,3 | 391,2 |
| Portée 50 km | 71,8 | 37,1 | 394,4 |
| Portée 100 km | 72,2 | 38,2 | 393,6 |
| Krigeage des observations Z_1 (dérive linéaire variog. sphérique) | | | |
| Portée 12 km | 66,1 | 21,6 | 396,8 |
| Portée 30 km | 72,0 | 30,3 | 393,5 |
| Portée 50 km | 69,9 | 37,5 | 395,8 |
| Portée 100 km | 72,6 | 38,3 | 394,1 |
| Krigeage des résidus e_1 à la dérive 470-y (variog. sphérique) | | | |
| Portée 12 km | 59,5 | 27,8 | 400,1 |
| Portée 30 km | 64,0 | 34,7 | 396,0 |
| Portée 50 km | 65,1 | 39,6 | 396,3 |
| Portée 100 km | 68,5 | 37,4 | 393,5 |
| Plan moyen $M(x,y) = 470 - y$ | 58,9 | 27,5 | 396,4 |

5.3 Analyse par épisodes

Pour identifier les 36 épisodes du tableau 6, on a utilisé à la fois un critère d'extension spatiale et un critère de continuité temporelle. Les 36 épisodes ainsi retenus totalisent 373 mm, soit 89 % du total estimé sur la zone d'étude (419 mm). Leur durée est généralement de 5-6 heures avec un maximum de 13 heures (N°7). Plus de quarante stations ont été touchées dans 31 cas. Dans 28 cas la première station touchée appartient à la bordure est de la zone d'étude, et dans 13 cas ce sont les deux stations les plus à l'est (Damana au nord, N° 27, et Koure Kobade au sud, N° 26). Parmi les 8 cas restant, 3 (N° 10, 14, 19) correspondent à des événements ayant touché uniquement soit le nord, soit le sud du degré carré. Enfin pour 5 cas (N° 2, 6, 7, 8, 36), la première

station touchée ne se situe sur aucune bordure. Après examen plus poussé des données, on constate que pour les événements 6 et 36, c'est la station de **Darey (N° 18)** qui est la première touchée. Or cette station est celle qui accuse la plus grosse dérive en temps, dérive qui a été corrigée linéairement au dépouillement. Cette correction peut ne pas être adaptée, soit que la dérive ait été exagérée sur la base d'une mauvaise initialisation, soit que la dérive de l'horloge ait fluctué de façon erratique au cours du temps. L'examen de la séquence des isohyètes au pas de 5 minutes a permis de constater que si on exclut Darey, la première station touchée est une station de la bordure est. Le synchronisme de cette station est douteux, et il faudra vérifier son comportement pour chaque épisode avant de décider de la garder ou de l'éliminer dans les études sur la dynamique des systèmes pluvieux.

Après correction, il reste finalement 3 cas où l'épisode s'est initialisé sur la partie centrale de la zone d'étude. Ces épisodes sont restés localisés, indiquant une convection isolée qui n'a jamais pu s'organiser.

Les stations enregistrant la pluie en dernier sont généralement situées dans le secteur ouest. Cependant, ces stations se répartissent sur toute ce secteur, ce qui signifie que l'arrêt de la pluie est géographiquement bien moins localisé que son début (de nombreuses fois ce ne seront pas les station les plus à l'ouest qui seront les dernières touchées, mais une station plus centrale). Ceci est conforme aux observations radar qui montrent souvent un front pluvieux très marqué et progressant linéairement ou presque, alors que la partie arrière est plus étirée et présente des zones de "trou de précipitation".

En reprenant une classification opérée en 1989, on a pu identifier 15 épisodes (1-6-9-13- 16- 20- 21- 22- 24- 25- 27-28-31-35-36) appartenant à la classe des événements de

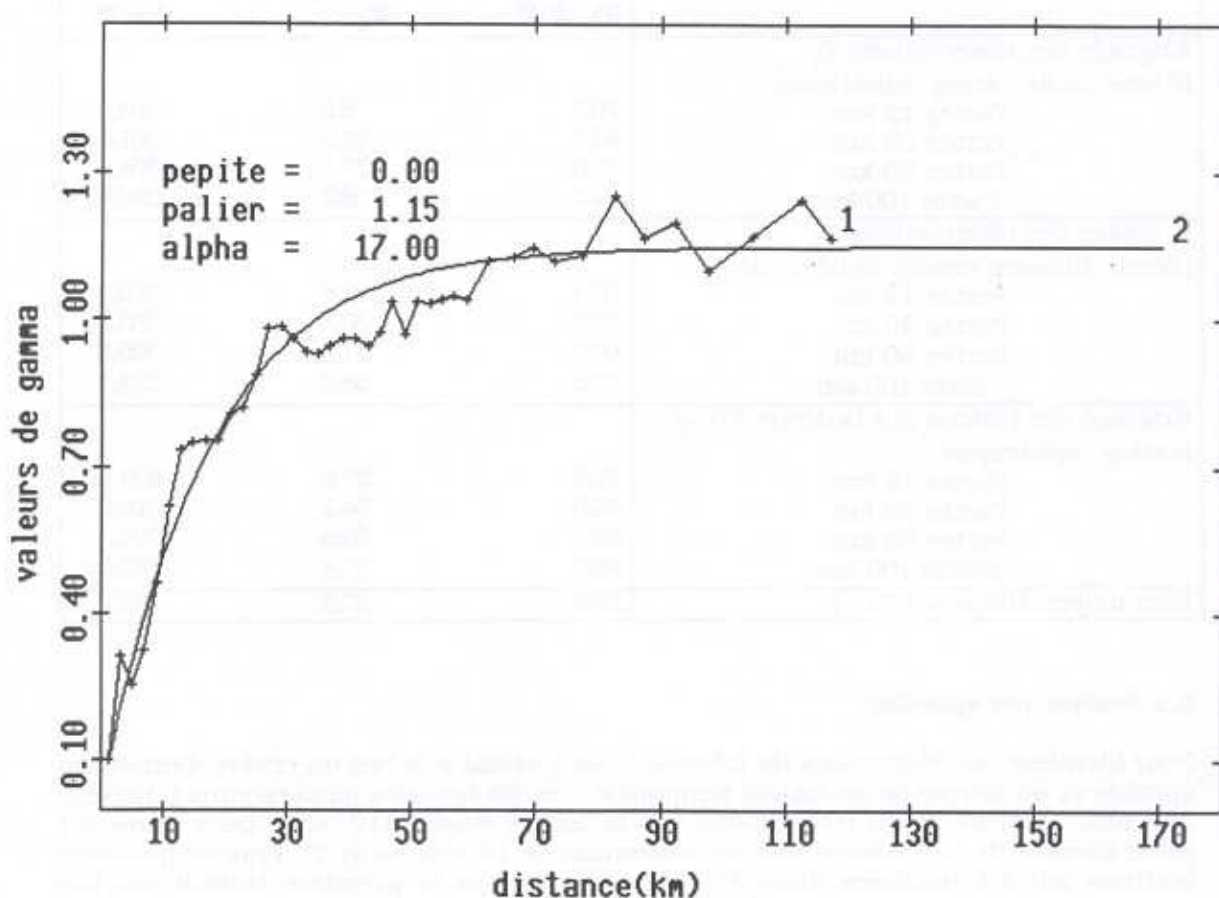


Figure 15. Variogramme climatologique des 15 épisodes de grande extension spatiale observés en 1990.

grande extension spatiale (plus de 80% des stations en fonctionnement touchées), et totalisant 64% du total saisonnier, un chiffre voisin de celui calculé en 1989. La structure spatiale des épisodes de 1990, modélisée à l'aide d'un variogramme climatologique est également très semblable à celle des épisodes de 1990 (fig. 15).

5.4 Maxima mesurés aux petits pas de temps

Mis à part pour l'événement du 27 juillet qui a servi de support à une étude rapide de l'adéquation entre données sol et radar (fig. 4), les données pluviographiques aux petits pas de temps n'ont pas encore été utilisées pour étudier la concomitance entre les averses enregistrées aux différents postes, ou le déplacement des averses. Par contre la compilation des cumuls maximums mesurés pour chaque épisode, sur des pas de temps allant de 5 minutes à une heure (tableau 6) a permis de calculer les maxima absolus de la campagne 1990, reportés dans le tableau 10. On a comparé ces maxima aux quantiles de la série pluviographique de Niamey-Aéroport, d'après le rapport de Bouvier (1986). En 5 et 10 minutes, les maxima enregistrés à Borne 253 le 8 juillet et à Gagare de 24 juin, correspondent à des périodes de retour de respectivement 200 et 150 ans. On peut donc observer des intensités très fortes même au cours d'une saison très sèche. Lorsque le pas de temps augmente, la période de retour diminue, elle est inférieure à 20 ans pour la pluie horaire. Cette décroissance s'explique par l'augmentation de l'autocorrélation spatiale avec le pas de temps. A l'échelle de 5 minutes on dispose pratiquement de 93 réalisations indépendantes (en réalité moins à cause des interdistances plus faibles sur la cible), et observer une pluie d'intensité au moins égale à celle de durée de retour 200 ans en un point, correspond à une probabilité de l'ordre de 0,4 (40%). Par contre, à l'échelle de l'heure, l'autocorrélation est significative bien au delà des 12,5 km de la maille de base du réseau, et le nombre d'observations indépendantes diminue beaucoup. La probabilité d'observer un cumul égal ou supérieur aux quantiles de fréquence 0,01 ou 0,005 de la série de Niamey diminue en conséquence.

Tableau 10 : Périodes de retour des maximum enregistrés sur le réseau EPSAT-NIGER en 1990, calculées en prenant la série pluviographique de Niamey-Aéroport (1946-1983) comme référence.

| Durées (mn) | Maxima | | Station | Evénement | Période de retour sur la série Niamey-Aéro |
|----------------|--------|------|-------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| | mm | mm/h | | | |
| 5 | 30 | 360 | Borne 253 | 8 juillet | 200 ans |
| 10 | 39 | 218 | Gagare | 24 juin | 150 ans |
| 30 | 66 | 132 | Gagare | 24 juin | 50 ans |
| 60 | 75 | 75 | Yillade | 28 mai | < 20 ans |
| Totale | 102,5 | | Ganki Bassarou | 1 septembre | |

6

CONCLUSION

La campagne 1990 de l'expérience EPSAT-NIGER a permis de mettre en œuvre conjointement, un radar météorologique bande C, et un réseau de 93 pluviographes à mémoire statique répartis régulièrement sur une zone d'étude de 16000 km² environ. Une cible de 150 km² a été équipée de 16 appareils.

Le réseau de pluviographes, opérationnel à compter du 15 Mai a fonctionné jusqu'au 30 Novembre. Le taux de fonctionnement des appareils a été de 94,6%. Trente six événements pluvieux ont été décomptés sur cette période représentant 89% du total enregistré sur la zone d'étude. Les 11% restant se répartissent entre des pluies isolées dont l'extension spatiale était limitée. La hauteur d'eau moyenne calculée à partir de 74 stations a été de 419 mm ce qui, après correction pour se ramener à la pluie annuelle, représente un déficit de 25% environ.

Par rapport aux résultats obtenus en 1989, ceux de 1990 se caractérisent par une beaucoup plus grande variabilité spatiale des cumuls saisonniers, avec des gradients particulièrement forts enregistrés au sein de la cible (plus de 170 mm sur 10 km). Par contre, la structure des 15 épisodes de grande extension spatiale (qui représentent 64% du total saisonnier), modélisée à l'aide d'un variogramme climatologique est très semblable à celle des mêmes épisodes de 1989, qui représentaient également 2/3 environ du total de la saison. Compte tenu de ces deux éléments, il est remarquable que la structure des cumuls saisonniers soit, elle, très différente entre 1989 et 1990. Une étude détaillée de l'occurrence des événements pluvieux et de leur localisation est indispensable pour trouver comment passer de la distribution de la pluie au sein d'un épisode à la distribution des totaux sur la saison, en se basant sur une modélisation du nombre d'événements et de leur couverture spatiale.

La compilation des maximums enregistrés au cours de la campagne pour différents pas de temps de référence (5, 10, 30, 60 minutes) a montré qu'un cumul de 30 mm avait été enregistré en 5 minutes, dont la période de retour calculée d'après la série pluviographique de Niamey-Aéroport (1946-1983) est de 200 ans. Ceci illustre qu'aux petits pas de temps, il peut y avoir, en une seule saison, et sur une zone de quelques milliers de km², de nombreuses pluies atteignant localement des intensités jugées exceptionnelles à partir de l'analyse d'une seule série. En d'autres termes, la probabilité d'enregistrer ces intensités en un point donné est faible, alors que la probabilité de les enregistrer en un point quelconque de la zone d'étude est fonction du nombre de points de mesure disponibles.

Le deuxième élément essentiel du dispositif expérimental d'EPSAT-NIGER est son radar numérisé. Malgré les difficultés nombreuses rencontrées pour le faire fonctionner au niveau de ses spécifications nominales, 22 événements ont été enregistrés dont 21 intégrés dans une banque de données (BADORA) développée à l'occasion de l'expérience. Des superpositions de données sol et radar ont été réalisées, qui ont montré une bonne adéquation d'ensemble des zones d'échos les plus intenses avec les pluies au sol les plus fortes en 5 minutes. On ne doit pas espérer de l'exploitation de ces données radar à des fins quantitatives, une précision bien supérieure à celle obtenue sur la base des seules données pluviographiques. En effet, aux grands pas de temps (de la journée à la saison), le réseau sol est suffisamment redondant pour fournir des estimations spatiales fiables. C'est aux petits pas de temps que le radar est potentiellement le plus intéressant, puisque la maille de base du

réseau sol est alors trop grande pour bien appréhender la variabilité spatiale d'une part, la dynamique des systèmes précipitants d'autre part. Les erreurs qui seront associées à l'étalonnage du radar de Niamey risquent cependant d'être importantes, du fait des problèmes rencontrés dans son exploitation. Aux petits pas de temps, ces erreurs ne seront pas lissées par l'intégration temporelle, et on peut s'attendre à des incertitudes importantes dans l'estimation des lames d'eau au sol, incertitudes qui seront étudiées grâce aux pluviographes de la cible. Par ailleurs les enseignements tirés de la campagne radar 1990, devraient s'avérer décisifs pour mener à bien une campagne 1991 plus fructueuse, de même que la pre-campagne 1989 a permis d'obtenir une excellente fiabilité du réseau sol en 1990, et d'optimiser sa gestion.

REFERENCES

- Bouvier, C., 1986: Etude du ruissellement urbain à Niamey, tome 3, Interprétation des données. Rapport général de convention ORSTOM/ MRH-DRE/ CIEH, 106 P.
- Chamsi, N., and H. Sauvageot, 1989: Variabilité spatio-temporelle des paramètres de la relation Z-R dans les lignes de grains tropicales. *Veille clim. satel.*, **27**, 16-18.
- Despaux, G., 1990: Chaîne d'acquisition SANAGA, Notice technique, Université Paul Sabatier (Laboratoire d'Aérodologie)- Observatoire Midi-pyrénées, 31p.
- Roux, C., 1990: Rapport de campagne EPSAT-NIGER 1989. ORSTOM - Direction de la Météorologie Nationale du Niger, 38 p.
- Sauvageot, H., et G. Despaux, 1989: Numérisation du radar de Niamey (Niger) dans le cadre du projet EPSAT. Rapport d'exécution de convention Université Paul Sabatier (Laboratoire d'Aérodologie)- Observatoire Midi-pyrénées / Ministère de la Coopération et du Développement / ORSTOM, 32 p.
- Thauvin, V., and T. Lebel, 1991: EPSAT-NIGER. Study of rainfall over the Sahel at small time steps using a dense network of recording raingauges. *Hydrol. Process.*, **5**, sous presse.
- Valero, T., 1990 : BADORA, rapport de synthèse, ORSTOM, Montpellier, 28p.

ANNEXE 1.
GESTION DU RESEAU DE PLUVIOGRAPHES

1. Les premières réinstallations de pluviographes ont eu lieu à partir du 20 mars 1990

La pré-campagne, c'est à dire la période durant laquelle tous les pluviographes ont été entièrement démontés, nettoyés et remontés, tous les œdipes contrôlés, nettoyés, tous les régulateurs testés a commencé dès le début janvier.

Une seule station du réseau 1989 n'a pas été réinstallée, celle de DANGÉY-GOUROU, remplacée par GOROU GOUSSA, 6 kilomètres au nord-est du site précédent. Par ailleurs 13 autres sites nouveaux ont été sélectionnés :

- 2 de SAMA DEY (N.E de la cible)
- 1 à l'IRI (Niamey)
- 10 à l'Ouest de Niamey

On a donc au total 93 sites, avec 95 pluviographes, ceux de KOLLO et BANIZOUMBOU étant équipés d'un pluviographe à 1,50 et au sol. Tous les postes sont équipés de panneaux solaires soit du type Ecosolaire, soit du type photo-watt.

- 23 postes ont une batterie auto (12V/35 Ah)
- 71 postes ont reçu avec une batterie Cad-Ni
- 70 avec régulateurs
- 13 avec des régulateurs CEIS-ESPACE
- 57 avec des régulateurs SOLELEC
- 1 sans régulateur (SAMA DEY II)

Les dernières installations se sont faites le 20 Juin.

NB : à signaler le transfert de la station Niamey-Poudrière à Niamey-Aéroport le 06-08-90.

2. Le suivi des stations s'est fait de la façon suivante :

- 1) Tournée hebdomadaire pour 6 stations : KOLLO, KARABEDJI, KOURE, KAMPA ZARMA, KOMAKOUKOU, BANIZOUMBOU
- 2) Tournées bi-mensuelles pour 13 stations (cible)
- 3) Tournées mensuelles pour 74 stations

La fréquence choisie imposait un minimum de 26 jours de tournées par mois. Dans la pratique il y a eu du 20 mars au 16 Novembre (installation et démontage compris deux cent quarante jours de tournées se repartissent ainsi :

| | | |
|-----------|---|------------------|
| Mars | : | 11 tournées-jour |
| Avril | : | 28 tournées-jour |
| Mai | : | 37 tournées-jour |
| Juin | : | 33 tournées-jour |
| Juillet | : | 30 tournées-jour |
| Août | : | 36 tournées-jour |
| Septembre | : | 27 tournées-jour |
| Octobre | : | 25 tournées-jour |
| Novembre | : | 13 tournées-jour |

Ce qui représente pour le personnel 240 jours de techniciens (SANI (DMN)-KONG-GUALDE-GREARD), et 240 jours de "chauffeurs aides techniques" (HAMZA-BODO).

Pour la même période, il a été effectué 42458 km avec essentiellement 4 véhicules.

| | | |
|------------|--------|----------|
| B 8639 RN8 | Diesel | 12000 km |
| B 6752 RN8 | Diesel | 18400 km |
| B 8490 RN8 | Diesel | 6700 km |
| B 6750 RN8 | ESS | 3800 km |

3. Le démontage des stations

Les premiers retraits des appareils ont commencé à partir du 17-10-90.

Les stations au Nord, Nord-Est ont été démontées d'abord, puis celles à l'est de la cible.

Ensuite ce sont celles de la cible qui ont été enlevées et les dernières ont été les stations de la rive droite le 16-11-90.

Sur le terrain 7 stations resteront en place pendant toute l'année. Ce sont : FANDOUBERI, SAMA DEY I, BANIZOUMBOU, KOLLO, Niamey-Aéroport, Niamey-ORSTOM, Niamey-IRI.

Avant d'être stockées dans le magasin ORSTOM ; tous les pluviomètres ont été nettoyés et réparés par J. KONG en novembre et décembre.

Les coffrets ont été contrôlés, nettoyés et les cartes de 3 Elsyde défectueux ont été retournées chez le fabricant.

4. Fonctionnement des appareils

| STATIONS | J.F | J.P | J.E.% | Causes des pannes |
|--------------------|-----|-----|-------|---------------------|
| - AGHAROUS | 170 | 0 | 100 | |
| - ALKAMA | 170 | 22 | 87 | Batterie |
| - BALAL SAGUI | 197 | 0 | 100 | |
| - BANGOU BOBO | 175 | 61 | 65 | Panneau solaire |
| - BANGOU TAWEY | 176 | 0 | 100 | |
| - BANIZOUMBOU 1,50 | 214 | 0 | 100 | |
| - BANIZOUMBOU SOL | - | - | - | |
| - BANKA DEY | 190 | 0 | 100 | |
| - BAZANGA BANGOU | 190 | 0 | 100 | |
| - BERI KOIRA | 176 | 0 | 100 | |
| - BERKI | 176 | 0 | 100 | |
| - BOLOLADIE | 196 | 0 | 100 | |
| - BORGOBERI | 174 | 174 | 0 | Oedipe |
| - BORNE 253 | 195 | 97 | 50 | Vandalisme : Pluvio |
| - BOUBON | 169 | 0 | 100 | |
| - BOUGOUM | 196 | 0 | 100 | |
| - DAMANA | 170 | 0 | 100 | |
| - DAREY | 176 | 0 | 100 | |
| - DEBERE GATI | 198 | 0 | 100 | |
| - DEY TEGUI | 171 | 0 | 100 | |
| - DIOKOTI | 199 | 0 | 100 | |
| - DJAKINDI | 199 | 0 | 100 | |
| - DJOURE | 170 | 0 | 100 | |
| - FANDOBONG | 197 | 0 | 100 | |
| - FANDOUBERI | 214 | 6 | 97 | Batterie |
| - FETOKADIE | 197 | 0 | 100 | |
| - FOY FANDOU | 181 | 0 | 100 | |
| - GAGARE | 176 | 22 | 88 | Batterie |
| - GAMONZON | 182 | 0 | 100 | |
| - GANKIBASSAROU | 198 | 0 | 100 | |
| - GARDAMA KOUARA | 177 | 0 | 100 | |
| - GASSANAMARI N.O | 190 | 0 | 100 | |
| - GASSANAMARI N E | 190 | 10 | 95 | Batterie |
| - GASSANAMARI S.E | 190 | 24 | 87 | Batterie |

| | | | | |
|-------------------|-------|-----|-----|-----------------------|
| - GASSANAMARI S O | 190 | 29 | 85 | Batterie |
| - GASSAN KOURNIE | 190 | 0 | 100 | |
| - GASSEYDA | 197 | 0 | 100 | |
| - GOBIRKOYE KAINA | 183 | 0 | 100 | Vandalisme |
| - GOROU GOUSSA | 181 | 0 | 100 | |
| - GOURMANDEY | 189 | 0 | 100 | |
| - GUESSEL BODI | 183 | 22 | 88 | Cartouche défectueuse |
| - GUILAHEL | 199 | 0 | 100 | |
| - HARIKANASSOU | 195 | 0 | 100 | |
| - HASSOU BANGOU | 181 | 29 | 84 | Vandalisme |
| - HOLO | 174 | 0 | 100 | |
| - IRI | 177 | 17 | 90 | Batterie |
| - KABA | 189 | 0 | 100 | |
| - KALI GOROU | 174 | 0 | 100 | |
| - KAMPA ZARMA | 192 | 0 | 100 | |
| - KARABEDJI | 192 | 17 | 91 | Panneau Solaire |
| - KARE | 198 | 14 | 93 | Pluvio-vandalisme |
| - KARE BANGOU | 196 | 0 | 100 | |
| - KARMA | 169 | 0 | 100 | |
| - KIRAN MILI | 175 | 0 | 100 | |
| - KO FANDOU | 170 | 0 | 100 | |
| - KODO | 195 | 0 | 100 | |
| - KOKORBE FANDOU | 171 | 46 | 73 | Panneau solaire |
| - KOLBOU ZARMA | 189 | 0 | 100 | |
| - KOLLO 1,50 | 214 | 0 | 100 | |
| - KOLLO DIOGONO | 171 | 0 | 100 | |
| - KOLLO SOL | * 132 | * 0 | 100 | |
| - KOMAKOUKOU | 191 | 0 | 100 | |
| - KOSSEY | 196 | 0 | 100 | |
| - KOURE | 192 | 0 | 100 | |
| - KOURE KOBADÉ | 188 | 23 | 88 | Pluvio |
| - KOURE SUD | 183 | 18 | 91 | Vandalisme (Pluvio) |
| - KOYRIA | 169 | 60 | 64 | Oedipe |
| - MAREKIRE | 176 | 0 | 100 | |
| - MAROUBERI ZENO | 188 | 29 | 85 | Cartouche défectueuse |
| - MASSI KOULOU | 175 | 0 | 100 | |
| - NGOURWA | 196 | 0 | 100 | |
| - NIAMEY AEROPORT | 114 | 0 | 100 | |

| | | | | |
|-------------------|-----|----|-----|-----------------------|
| - NIAMEY ORSTOM | 214 | 4 | 98 | Régulateur |
| - NIAMEY POU德里ERE | 97 | 0 | 100 | |
| - NIANBERE DJAMBE | 195 | 0 | 100 | |
| - NINE FOUNO | 170 | 0 | 100 | |
| - NIOUMEY | 195 | 0 | 100 | |
| - SAMADEY 1 | 158 | 0 | 100 | |
| - SAMADEY 2 | 171 | 0 | 100 | |
| - SANDIDEYE | 189 | 0 | 100 | |
| - SEKOUKOU | 182 | 30 | 84 | Pluvio |
| - TAFAKOIRA | 176 | 45 | 74 | Oedipe |
| - TANABERI | 182 | 0 | 100 | |
| - TIERENDJI | 189 | 16 | 92 | Vandalisme-régulateur |
| - TIGO ZENO | 182 | 0 | 100 | |
| - TIMBORANE SOLI | 170 | 0 | 100 | |
| - TOLLO | 182 | 0 | 100 | |
| - TOMGOM | 177 | 33 | 81 | Cartouche défectueuse |
| - TONDI GAMEY | 175 | 29 | 83 | Oedipe |
| - TONDI KIRE | 174 | 0 | 100 | |
| - TORODI | 196 | 0 | 100 | |
| - WARI | 175 | 2 | 99 | Vent-Pluvio |
| - WINDE GOROU | 183 | 34 | 81 | Oedipe |
| - YELOUMA | 197 | 0 | 100 | |
| - YILLADE | 188 | 0 | 100 | |
| - ZOUZOU BERI | 182 | 24 | 87 | Batterie (auto) |

Nombre de jours total de fonctionnement 17372 (J.F)

Nombre de jours de pannes 937 (J.P)

Pourcentage de jours d'enregistrements disponibles : 94,6%

N.B. : 1) la période de panne pour un appareil est celle qui remonte du jour du constat de la panne jusqu'à la visite précédente. La durée réelle des pannes est donc surestimée, mais elle correspond à l'information effectivement non disponible.

2) bilan calculé sur la période 01-05-90 à la date de retrait, pour les appareils laissés en place jusqu'au 30-11-90.

5) Mesures de dérives de temps

Après le retrait de l'ensemble des appareils, des contrôles de dérive de temps ont été effectués sur quelques appareils.

Une première série de mesures avec 5 œdipes a duré du 13-11-90 au 04-02-91.

Pendant cette période pour 3 appareils, on a modifié la tension de la batterie passant de 11,4 à 12,4 V ou l'inverse. Un basculement a été fait chaque matin en début de journée simultanément à chaque appareil sauf les week-end et jours fériés.

On constate que pour chaque appareil la dérive est constante. La variation de tension de la batterie n'a pas d'influence.

☛ Dérives mesurées mini 3" pour BANKA DEY.

☛ Dérives mesurées maxi 19" pour KOLLO.

Une deuxième série de mesures du 05-02-91 au 01-03-91 avec 4 autres œdipes permet de vérifier que la dérive est constante également pour ces appareils, mais ne correspond pas, pour certains, aux dérives mesurées lors du dépouillement des cartouches.

Chapitre 690. Fonctionnement EPSAT-Campagne 91

(Matériel-carburant-déplacement)

| | | |
|-----------------------------------------------------------|---|-----------------------|
| - Batteries | : | 1 000 000 FCFA |
| - Petit matériel réinstallation | : | 500 000 FCFA |
| - Installation nouvelles stations (10) | : | 500 000 FCFA |
| - Commande matériel pièces pluvio-montres- résistances | : | 500 000 FCFA |
| | : | 300 000 FCFA |
| - Terminal (2) | + | 300 000 FCFA |
| - Carburant | : | |
| essence-gasoil-huile | : | 2 000 000 FCFA |
| - Déplacement personnel local (Sani-Hamza-Bodo...) | : | 2 500 000 FCFA |
| (240 jours de tournées en 90) (augmentation salaire) | | |
| - Déplacement personnel expatrié | : | 1 200 000 FCFA |
| - Douane transitaire | : | 300 000 FCFA |
| - Réparation | : | |
| Cartes ELSYDE-Terminal | | 200 000 FCFA |
| LCM | | |
| + Transport | | 8 500 000 FCFA |
| - Imprévu | : | |
| Téléphone-fax | | |
| Photocopie-papeterie | | |
| Disquettes | | |
| TOTAL | : | 9 000 000 FCFA |

ANNEXE 2.
ENTRETIEN ET REPARATIONS DU RADAR

03/04/1990

Mission de Mr DESPAUX

- Modification de la chaîne d'acquisition SANAGA (possibilité d'accéder à des portes de 750 m soit un rayon de visualisation de 350 km, implantation d'une nouvelle version du logiciel SANAGA).

- Essai d'étalonnage de la chaîne de réception du radar en vue de faire des mesures quantitatives. Ce réglage n'a pu être réalisé étant donné que le générateur hyperfréquence disponible à l'aéroport n'était pas étalonné lui-même. Donc le réglage a eu lieu de manière tout à fait superficielle.

05/05/1990

Contrôle du CAF (Contrôle Automatique de Fréquence), vérification de son accord.

07/05/1990

Réglage de la fréquence magnétron (= 5,697 MHz), changement des cristaux.

09/05/1990

Démontage du guide d'onde de l'armoire Emission Réception, découverte d'un cristal oublié à l'intérieur de celui-ci. Il est possible que sa présence ait pu entraîner une diminution du niveau de réception de la chaîne.

10/05/1990

Mise en place d'un TR (Transmitter-Receiver) neuf.

21/05/1990 au 28/05/1990

Démontage du radom afin de le repeindre et remontage.

23/05/1990

Modification de l'abri du groupe électrogène et installation de celui-ci

12/07/1990

Panne de la génératrice du groupe électrogène entraînant la détérioration des cristaux.

16/07/1990 au 18/07/1990

Premier stage SANAGA. Participation de 2 membres de la D.M.N et 3 de l'A.S.E.C.N.A.

23/07/1990 au 25/07/1990

Deuxième stage SANAGA. Participation de 3 membres de la D.M.N et 4 de l'A.S.E.C.N.A.

08/08/1990

Installation d'un onduleur de 3 kVA afin de protéger le radar des multiples coupures secteur lors des veilles. Le niveau de la tension généralement mesuré est de l'ordre de 190 volts avec par moment des chutes à 170 volts.

14/08/1990

Suite à différents problèmes de fonctionnement de l'onduleur nous avons procédé avec Mr RALAISSON à la vérification de l'installation électrique. Une différence de 10 volts a été constatée entre le secteur de la salle radar et celui fourni par la centrale de l'aéroport.

19/09/1990

Rupture des engrenages d'entraînement en azimut de l'antenne probablement due à une usure résultant de 15 ans de fonctionnement.

24/09/1990

Envoi des engrenages à Mr DESPAUX pour en obtenir de nouveaux auprès de E.E.C.

Remarque :

Les principaux problèmes rencontrés au cours de la saison sont dues aux nombreuses coupures secteur (en moyenne 5 par veille) et à une fluctuation constante de la tension délivrée. Nous avons installé plus de 20 paires de cristaux afin de garder un niveau de réception correct. De plus il est probable que certains étages de la chaîne de réception aient pu souffrir de ces coupures intempestives.

Données acquises :

Au total 23 veilles ont été effectuées, soit un total de 124 h 48 mn et 1133 images ont été sauvegardées.

ANNEXE 3.
PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES
RADAR

1. Rappel sur les objectifs à atteindre

On veut

1) Parvenir à une estimation quantitative précise des précipitations sur la zone d'étude du "degré carré". Sur ce degré carré qui correspond à une surface d'environ 100 * 100 kms à l'est du radar, on dispose de 83 stations pluviographiques destinées à fournir une vérité sol ponctuelle. Ce réseau sol est complété par 10 postes situés à l'ouest du radar, dans un rayon de 70 kms.

2) Etudier la dynamique des lignes de grains, c'est à dire notamment la naissance et la disposition des cellules qui la composent, leur trajectoire, l'activité pluviométrique associée, et ce sur une étendue aussi grande que possible. La portée théorique de 350 kms laisse espérer que dans les cas les plus favorables et si le système d'alerte fonctionne correctement, le suivi de la ligne de grains puisse occasionnellement se faire sur 700 kms.

3) Etudier la convection isolée, car dans cette situation, la dynamique individuelle des cellules est plus facilement discernable.

2. Protocole de suivi des lignes de grains

1) Il faut saisir la ligne de grains le plus tôt possible, si possible à partir des images satellites ou d'une préalerte en provenance de ZINDER.

2) Une fois la ligne de grains annoncée ou détectée à la limite de portée du radar, on se place sur l'échelle 350 kms (soit une résolution radiale de 750 m) et on fait des acquisitions de PPI à 0,8° tous les quart d'heure.

3) Lorsque la ligne de grains est à moins de 250 kms, on effectue et on enregistre un RHI chaque demi heure, en restant sur l'échelle 350 kms afin de ne pas tronquer la ligne de grains sur les bords.

4) Lorsque la ligne de grains est à 100 kms (la seule station en dehors du rayon 100 kms est DAMANA située à 108 kms du radar dans la direction 65°E), on passe à l'échelle 250 (résolution radiale de 600 m). Les acquisitions de PPI à 0,8° se font toutes les dix minutes (éventuellement cinq minutes en cas de forte variabilité temporelle). Une acquisition sur 2 est doublée par une acquisition au site de 1,2° (c'est à dire toutes les 20 ou toutes les 10 minutes).

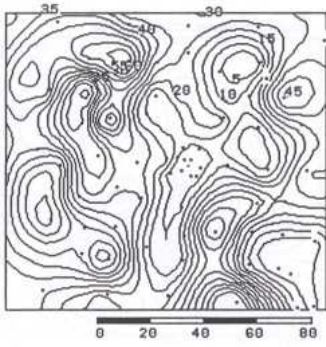
Tous les quarts d'heure, faire également un RHI perpendiculairement au front de la ligne, et également dans toute cellule remarquable éventuelle.

5. Continuer le suivi lors que la ligne de grains s'éloigne vers l'ouest, même après un aveuglement temporaire possible du fait de la formation d'une pellicule d'eau sur le radome.

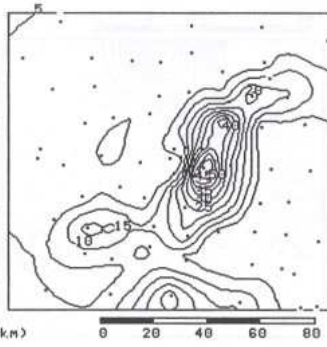
3. Convection isolée

Le principe est identique, en se plaçant sur l'échelle de 250 kms puisque le suivi de cette convection ne peut se faire que dans les 150 kms autour du radar.

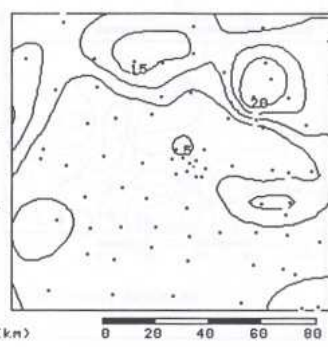
ANNEXE 4.
ISOHYETES DES CUMULS DES 36 EPISODES



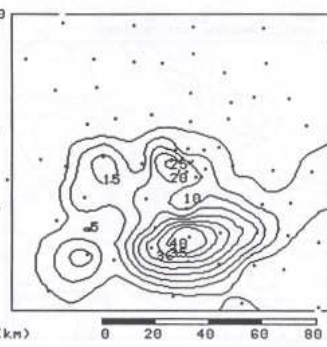
1 05282240 05290550



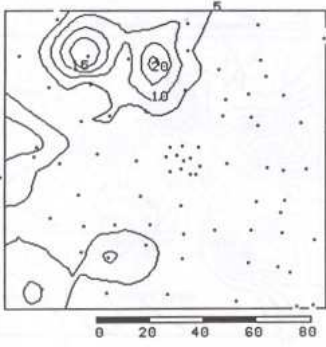
2 06072350 06080345



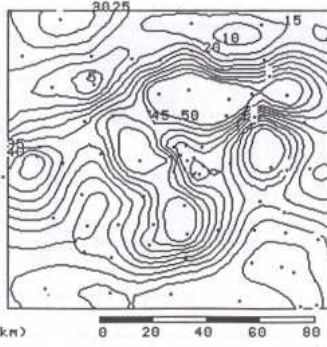
3 06122390 06130455



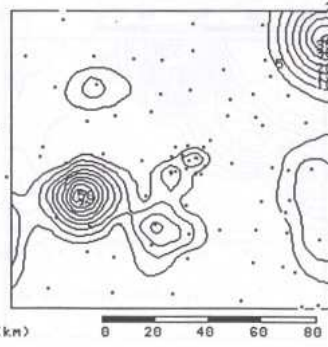
4 06171725 06172140



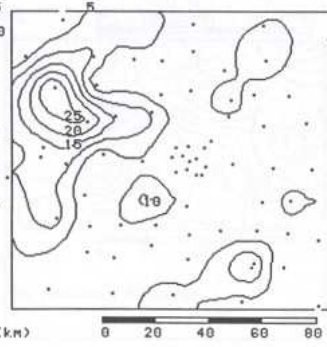
5 06220120 06220605



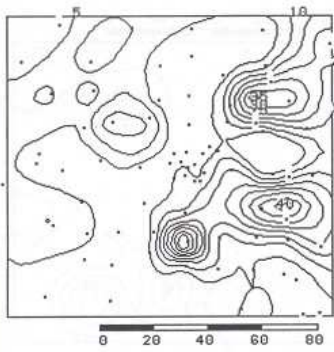
6 06242105 06250305



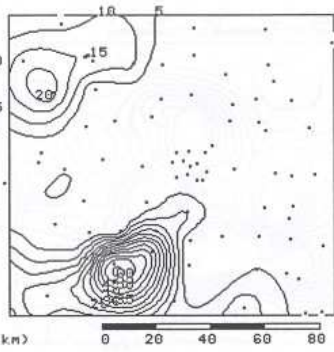
7 06271645 06280555



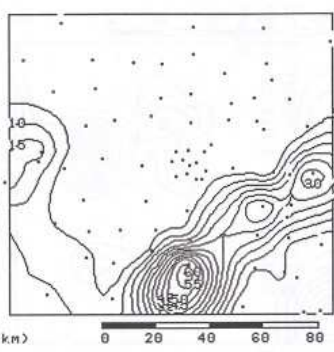
8 06291925 06300005



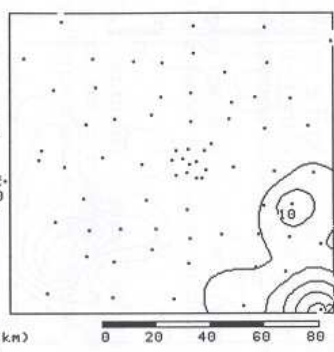
9 07030830 07031340



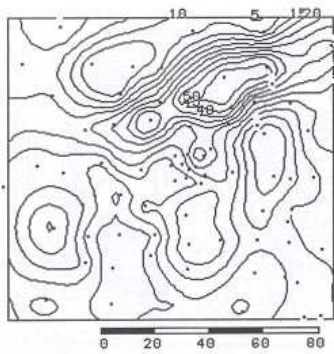
10 07051655 07052110



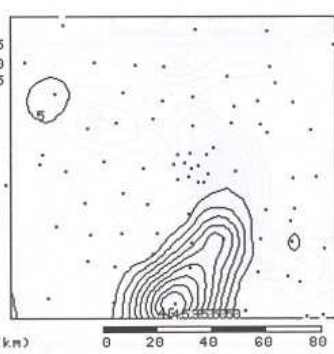
11 07080125 07080455



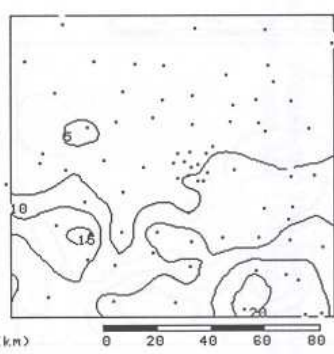
12 07090355 07090715



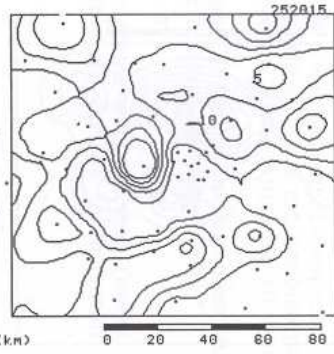
13 07120530 07121455



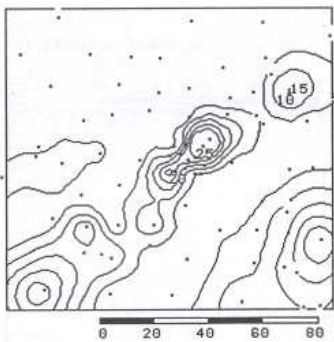
14 07150820 07151120



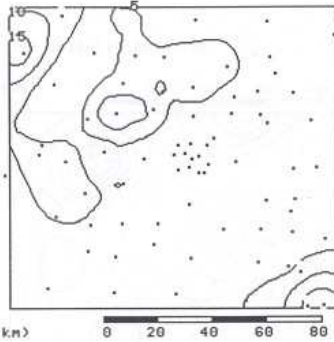
15 07151235 07151550



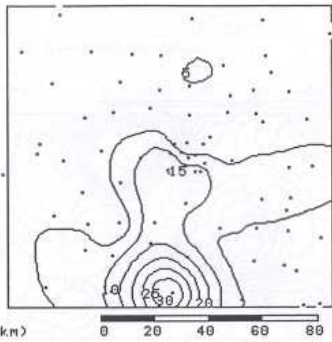
16 07180820 07181515



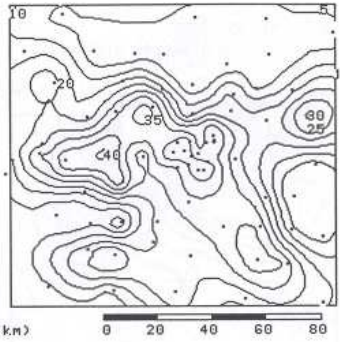
17 07211145 07211555



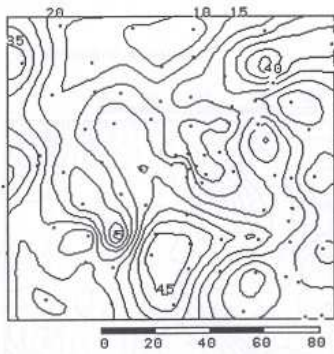
18 07212030 07220245



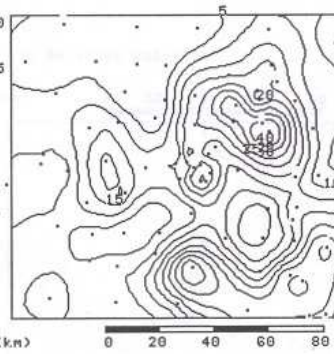
19 07220345 07221130



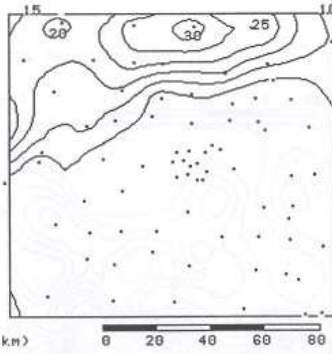
20 07230520 07231100



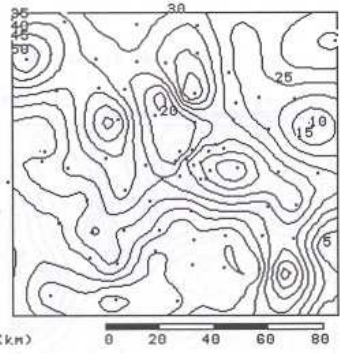
21 07270815 07271350



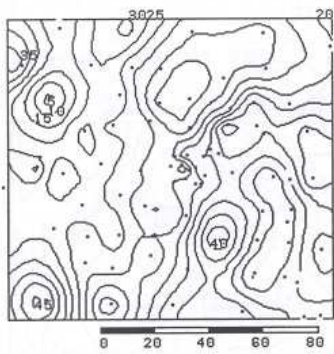
22 07310240 07310810



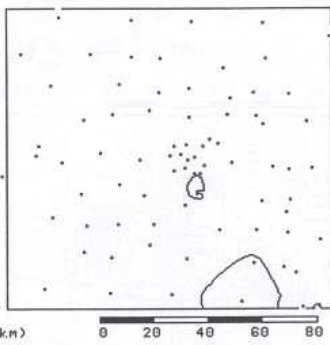
23 08022245 08030230



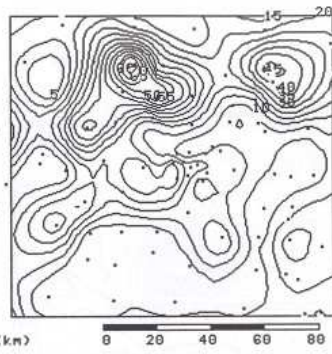
24 08040035 08040800



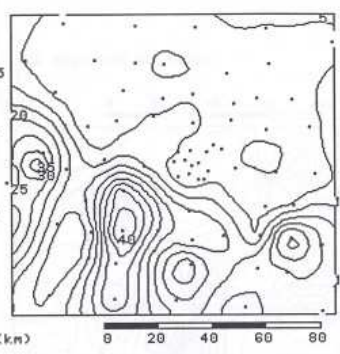
25 08081815 08090140



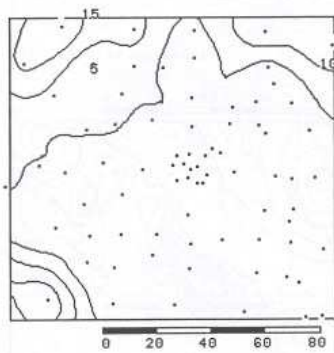
26 08141345 08141635



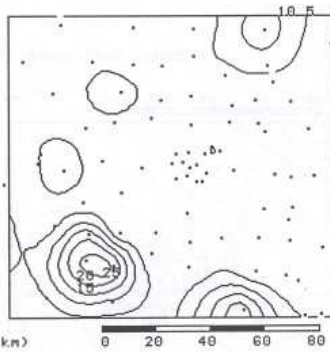
27 08171745 08180125



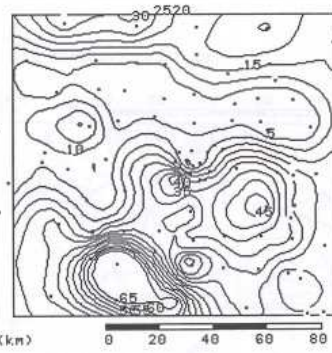
28 08242210 08250440



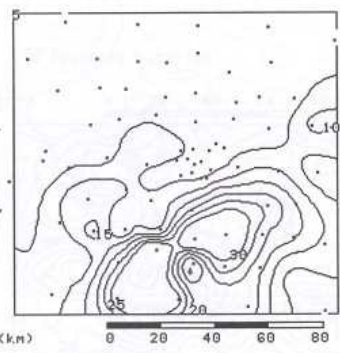
29 08282130 08290225



30 08291110 08291600



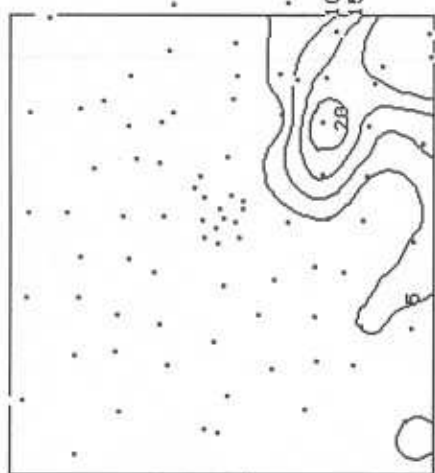
31 09012200 09020705



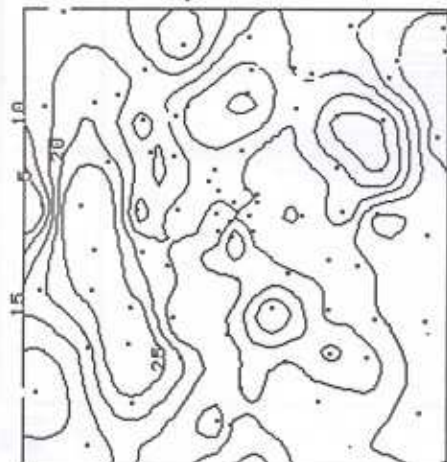
32 09050015 09050525



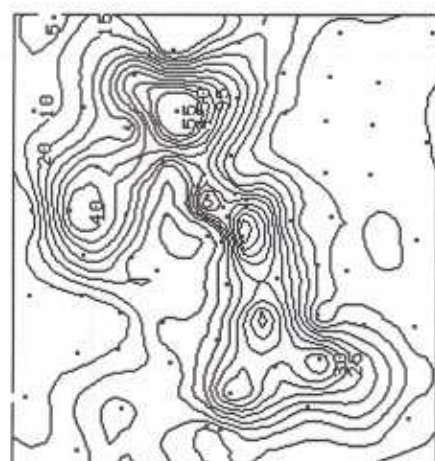
33 09071110 09071640



34 09110055 09110535



35 09132150 09140235



36 09171735 09180040

STATION : CAMONZON

Averse N°: 13

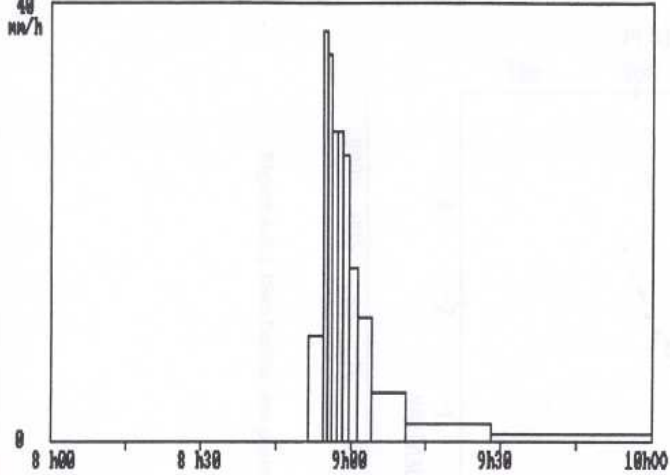
40

mm/h

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 08h40'17

P seuil = 10.0 mm

Page 1



STATION : CASSANAMARI NE

Averse N°: 12

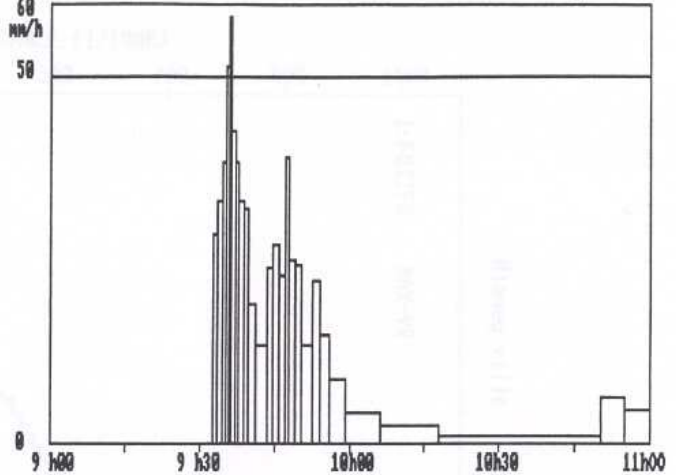
60

mm/h

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 09h30'36

P seuil = 16.5 mm

Page 1



STATION : Cassan Kournie

Averse N°: 13

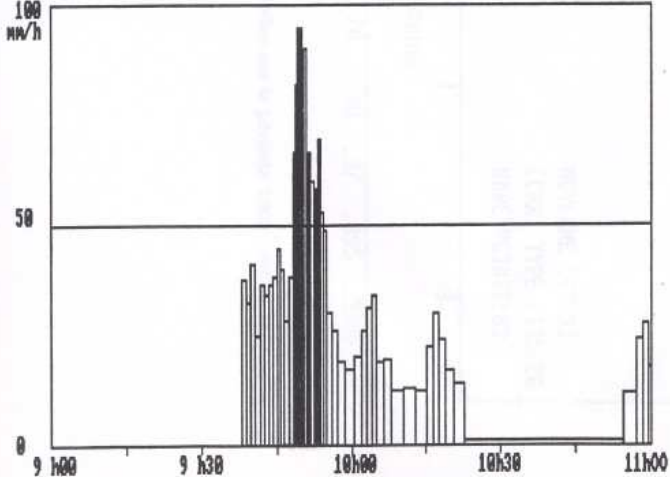
100

mm/h

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 09h31'28

P seuil = 27.5 mm

Page 1



STATION : barkiawal

Averse N°: 13

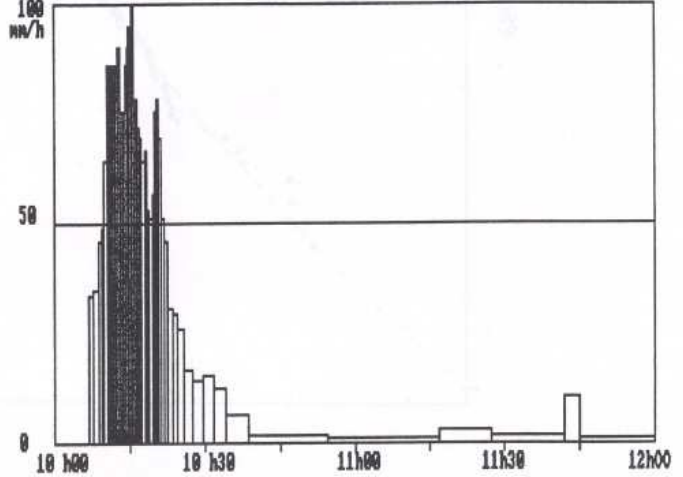
100

mm/h

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 10h04'55

P seuil = 25.0 mm

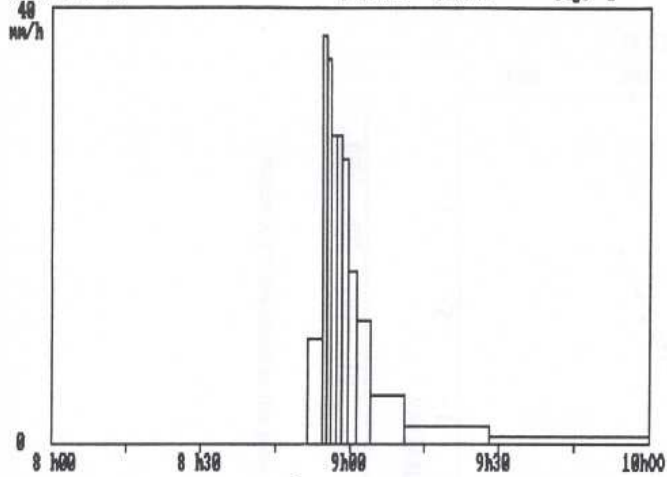
Page 1



ANNEXE 5.
HYETOGRAMMES DE L'EPISODE DU 27 JUILLET.

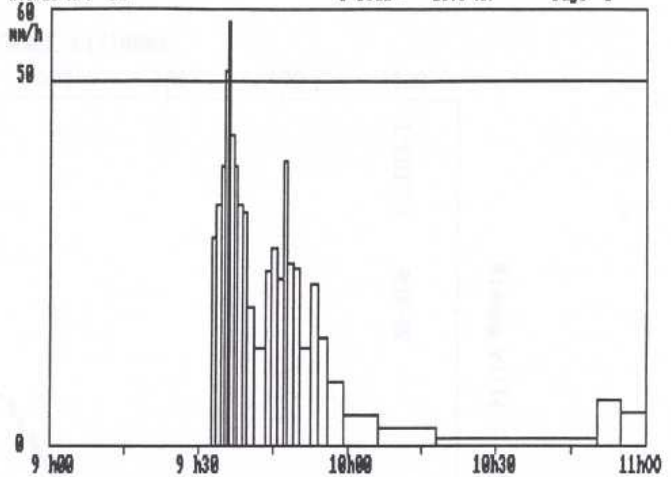
STATION : CAMONZON
Averse N°: 13

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 08h40'17
P seu = 10.0 mm Page 1



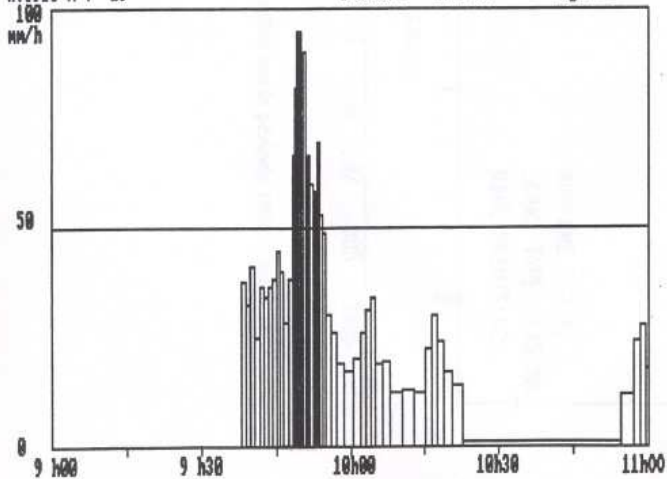
STATION : CASSANAMARI ME
Averse N°: 12

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 09h30'36
P seu = 16.5 mm Page 1



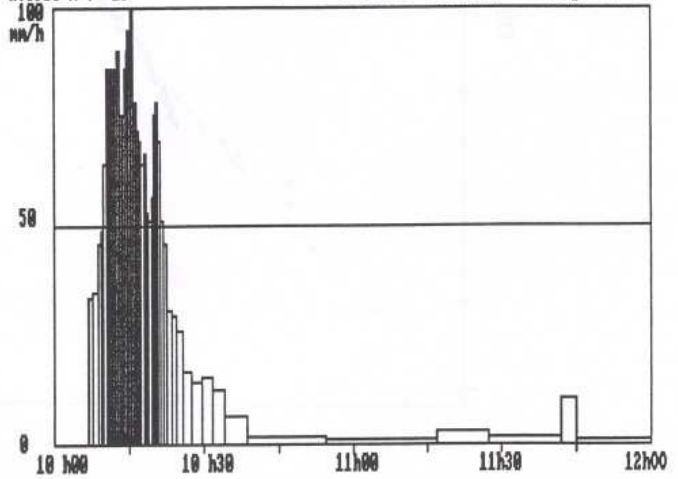
STATION : Cassan Kournie
Averse N°: 13

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 09h31'28
P seu = 27.5 mm Page 1



STATION : barkialwal
Averse N°: 13

DEBUT D'AVERSE LE 27/07/1990 A 10h04'55
P seu = 25.0 mm Page 1



ANNEXE 5.
HYETOGRAMMES DE L'EPISODE DU 27 JUILLET.

ANNEXE 6.
PLUIES A NIAMEY-VILLE

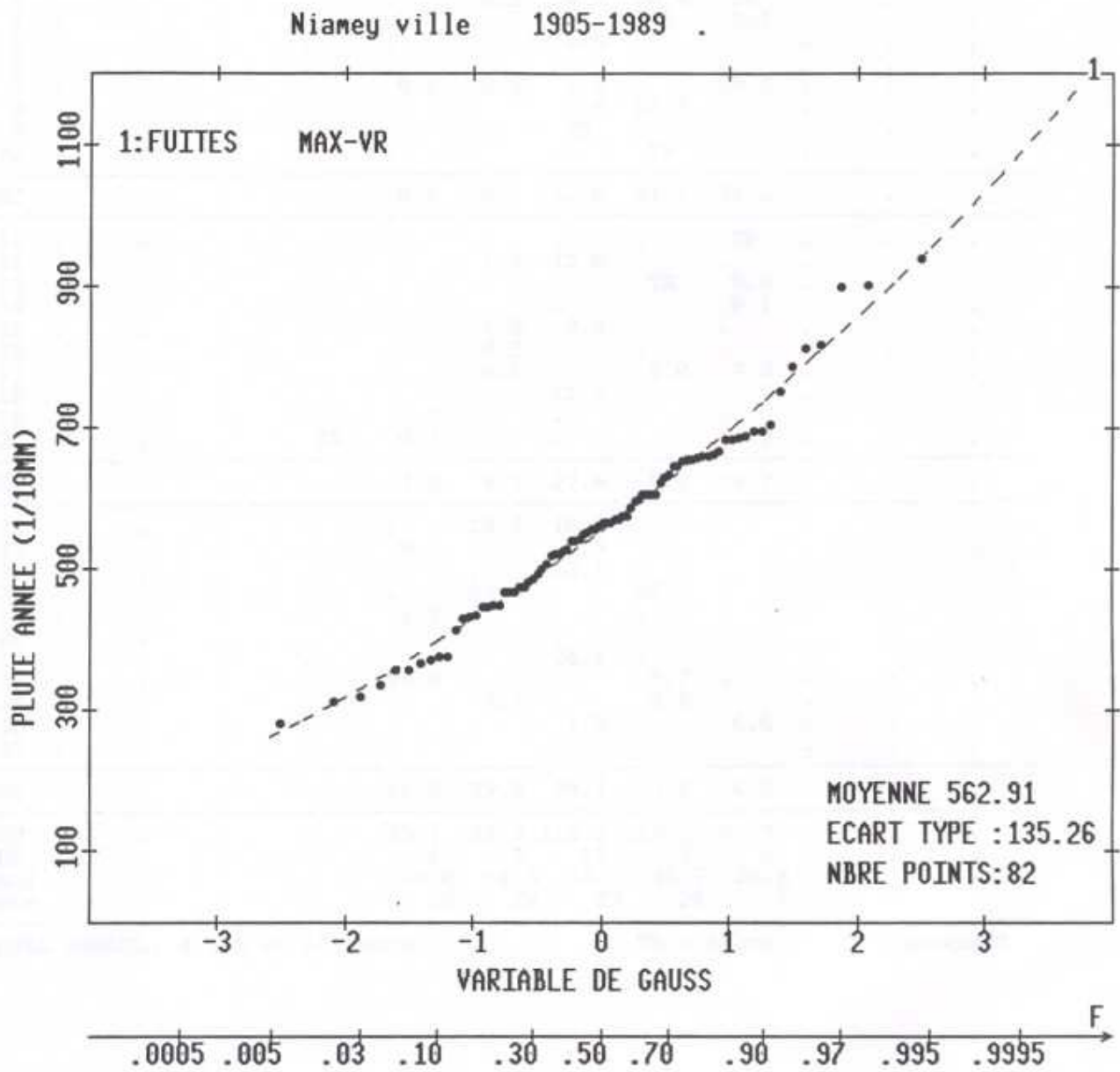


Figure A-6.1 Distribution des pluies annuelles sur la période 1905-1989

Tableau A-6.1 Pluies journalières en 1990.

Pluviométrie Journalière (mm) Pour NIAMEY VILLE (320010), ANNEE 1990

| DATE | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOUT | SEP | OCT | NOV | DEC |
|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|------|-----|-----|-----|
| 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | 16.6 | TR | . | . |
| 2 | . | . | . | . | . | . | . | 3.3 | . | . | . | . |
| 3 | . | . | . | . | . | 0.2 | 4.5 | 30.4 | TR | . | . | . |
| 4 | . | . | . | . | . | . | . | TR | 2.1 | . | . | . |
| 5 | . | . | . | . | . | . | 2.5 | . | . | . | . | . |
| 6 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 7 | . | . | . | . | 0.8 | 0.5 | 4.4 | . | 20.5 | . | . | . |
| 8 | . | . | . | . | . | . | 0.6 | 27.5 | . | . | . | . |
| 9 | . | . | . | . | . | . | TR | . | . | . | . | . |
| 10 | . | . | . | . | . | . | . | TR | . | . | . | . |
| DEC | . | . | . | . | 0.8 | 0.7 | 12.0 | 61.2 | 39.2 | . | . | . |
| 11 | . | . | . | . | . | . | . | . | TR | . | . | . |
| 12 | . | . | . | . | . | 1.5 | 12.0 | . | . | . | . | . |
| 13 | . | . | . | . | . | . | . | TR | 8.8 | . | . | . |
| 14 | . | . | . | . | . | . | . | . | 0.1 | . | . | . |
| 15 | . | . | . | . | . | 6.5 | 3.3 | . | . | . | . | . |
| 16 | . | . | . | . | . | 0.2 | . | . | . | . | . | . |
| 17 | . | . | . | . | . | 0.5 | . | 5.0 | 7.8 | . | . | . |
| 18 | . | . | . | . | . | . | 12.3 | . | . | . | . | . |
| 19 | . | . | . | . | 7.2 | . | . | . | . | . | . | . |
| 20 | . | . | . | TR | 0.3 | . | . | . | 3.0 | . | . | . |
| DEC | . | . | . | . | 7.5 | 8.7 | 27.6 | 5.0 | 19.7 | . | . | . |
| 21 | . | . | . | . | . | 15.4 | 16.2 | . | . | . | . | . |
| 22 | . | . | . | . | 0.3 | . | 0.5 | . | . | . | . | . |
| 23 | . | . | . | . | . | . | 33.1 | . | . | . | . | . |
| 24 | . | . | . | . | . | 64.8 | . | 38.7 | . | . | . | . |
| 25 | . | . | . | . | 1.5 | . | . | . | . | . | . | . |
| 26 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 27 | . | . | . | . | . | . | 24.1 | . | . | . | . | . |
| 28 | . | . | . | . | 65.0 | . | . | 5.7 | . | . | . | . |
| 29 | . | . | . | . | . | 9.7 | . | 8.6 | . | . | . | . |
| 30 | . | . | . | . | . | . | 1.8 | . | 6.0 | . | . | . |
| 31 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| DEC | . | . | . | . | 66.8 | 89.9 | 75.7 | 53.0 | 6.0 | . | . | . |
| TOT | . | . | . | . | 75.1 | 99.3 | 115.3 | 119.2 | 64.9 | . | . | . |
| JRS | . | . | . | . | 6 | 9 | 12 | 7 | 8 | . | . | . |
| Maxi | . | . | . | . | 65.0 | 64.8 | 33.1 | 38.7 | 20.5 | . | . | . |
| Date | . | . | . | . | 28 | 24 | 23 | 24 | 7 | . | . | . |

TOTAL ANNUEL: 473.8 en 42 jours.

TR = trace

* = manquant

ANNEXE 7.
LISTE DES FICHIERS CRES LORS DU TRAITEMENT DES
DONNEES PLUVIOGRAPHIQUES

Tableau A-7.1 Fichiers binaires "image-cartouches"

Liste des fichiers ".oe3" crees en 1990

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AGHAROU1 OE3 | GAMONZO2 OE3 | KOLBOUZ2 OE3 | TANABER2 OE3 |
| ALKAMA1 OE3 | GANKIBA1 OE3 | KOLLO1 OE3 | TIERENDJ OE3 |
| BALALSA1 OE3 | GARDANA1 OE3 | KOLLO2 OE3 | TIGOZEN1 OE3 |
| BANGBOB1 OE3 | GASSANE1 OE3 | KOLLOSO1 OE3 | TIMBORA1 OE3 |
| BANGBOB2 OE3 | GASSANE2 OE3 | KOLLOSO2 OE3 | TOLLO1 OE3 |
| BANGBOB3 OE3 | GASSANK1 OE3 | KOLODIO1 OE3 | TONDIGA1 OE3 |
| BANGOUT1 OE3 | GASSANK2 OE3 | KOLODIO2 OE3 | TONDIGA2 OE3 |
| BANIZOU1 OE3 | GASSANO1 OE3 | KOLODIO3 OE3 | TONDIKI1 OE3 |
| BANIZOU2 OE3 | GASSANO2 OE3 | KOMAKOU1 OE3 | TONGOM1 OE3 |
| BANIZOU3 OE3 | GASSANO3 OE3 | KOMAKOU2 OE3 | TONGOM2 OE3 |
| BANKADE1 OE3 | GASSASE1 OE3 | KOMAKOU3 OE3 | TONGOM3 OE3 |
| BANKADE2 OE3 | GASSASE2 OE3 | KOSSEY1 OE3 | TORODI1 OE3 |
| BANKADE3 OE3 | GASSASE3 OE3 | KOURE1 OE3 | WARI1 OE3 |
| BAZANGA1 OE3 | GASSASE4 OE3 | KOURE2 OE3 | WINDEGO1 OE3 |
| BAZANGA2 OE3 | GASSASO1 OE3 | KOURE3 OE3 | WINDEGO2 OE3 |
| BERIKO11 OE3 | GASSASO2 OE3 | KOUREKO1 OE3 | WINDEGO3 OE3 |
| BERIKO12 OE3 | GASSEYD1 OE3 | KOUREKO2 OE3 | WINDEGO4 OE3 |
| BERKIAW1 OE3 | GOBIKOY1 OE3 | KOURESU1 OE3 | YELOUMA1 OE3 |
| BERKIAW2 OE3 | GOBIKOY2 OE3 | KOURESU2 OE3 | YILLADE1 OE3 |
| BOLOKAD1 OE3 | GOROUGO1 OE3 | KOURESU3 OE3 | YILLADE2 OE3 |
| BORNE253 OE3 | GOROUGO2 OE3 | KOYRIA1 OE3 | ZOUZOUB1 OE3 |
| BORNE531 OE3 | GOURMAND OE3 | KOYRIA2 OE3 | ZOUZOUB2 OE3 |
| BORNE532 OE3 | GUESSEL1 OE3 | MAREKIR1 OE3 | |
| BOUBON1 OE3 | GUESSEL2 OE3 | MAROUZE1 OE3 | |
| BOUGOUM1 OE3 | GUESSEL3 OE3 | MAROUZE2 OE3 | |
| DAMANA1 OE3 | GUILAHE1 OE3 | MAROUZE3 OE3 | |
| DAMANA2 OE3 | HARIKAN1 OE3 | MASSIKO1 OE3 | |
| DAREY1 OE3 | HASSOUB1 OE3 | NGOURWA1 OE3 | |
| DAREY2 OE3 | HOLO1 OE3 | NIABERE1 OE3 | |
| DEBEREG1 OE3 | KABA OE3 | NIAMEYA1 OE3 | |
| DEBEREG2 OE3 | KABA1 OE3 | NIAMIRI1 OE3 | |
| DEYTEGU1 OE3 | KALIGOR1 OE3 | NIAMIRI2 OE3 | |
| DEYTEGU2 OE3 | KAMPAZA1 OE3 | NIAMPOU1 OE3 | |
| DEYTEGU3 OE3 | KAMPAZA2 OE3 | NINEFOU1 OE3 | |
| DIOKOTI1 OE3 | KAMPAZA3 OE3 | NINEFOU2 OE3 | |
| DJAKIND1 OE3 | KARABED1 OE3 | NIOUMEY1 OE3 | |
| DJOURE1 OE3 | KARABED2 OE3 | ORSTOM1 OE3 | |
| FANDOBO1 OE3 | KARABED3 OE3 | ORSTOM2 OE3 | |
| FANDOBO2 OE3 | KARE1 OE3 | ORSTOM3 OE3 | |
| FANDOUB1 OE3 | KARE2 OE3 | ORSTOM4 OE3 | |
| FANDOUB2 OE3 | KAREBAN1 OE3 | SAMADE11 OE3 | |
| FANDOUB3 OE3 | KARMA1 OE3 | SAMADE21 OE3 | |
| FANDOUB4 OE3 | KIRANMI1 OE3 | SAMADE22 OE3 | |
| FETOKAD1 OE3 | KODO1 OE3 | SANDIDE1 OE3 | |
| FOYFAND1 OE3 | KOFANDO1 OE3 | SANDIDE2 OE3 | |
| FOYFAND2 OE3 | KOFANDO2 OE3 | SEKOUKO1 OE3 | |
| GAGARE1 OE3 | KOKORBE1 OE3 | SEKOUKO2 OE3 | |
| GAGARE2 OE3 | KOKORBE2 OE3 | TAFAKO11 OE3 | |
| GAGARE3 OE3 | KOKORBE3 OE3 | TAFAKOY2 OE3 | |
| GAMONZO1 OE3 | KOLBOUZ1 OE3 | TANABER1 OE3 | |

Tableau A-7.2 Fichiers ASCII contenant les dates de baculement et les cumuls.

Liste des fichiers ".lab" crees en 1990

| | | | | | |
|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
| AGHAROU1 | LAB | GASSASE1 | LAB | KOYRIA1 | LAB |
| ALKAMA1 | LAB | GASSASE2 | LAB | KOYRIA2 | LAB |
| BALALSA1 | LAB | GASSASE3 | LAB | MAREKIR1 | LAB |
| BANGBOB1 | LAB | GASSASO1 | LAB | MAROUZE2 | LAB |
| BANGBOB2 | LAB | GASSEYD1 | LAB | MAROUZE3 | LAB |
| BANGBOB3 | LAB | GOBIKOY1 | LAB | MASSIKO1 | LAB |
| BANGOUT1 | LAB | GOROUGO1 | LAB | NGOURWA1 | LAB |
| BANIZOU1 | LAB | GOROUGO2 | LAB | NIABERE1 | LAB |
| BANIZOU2 | LAB | GOURMAND | LAB | NIAMEYA1 | LAB |
| BANKADE2 | LAB | GUESSEL1 | LAB | NIAMIRI1 | LAB |
| BAZANGA1 | LAB | GUESSEL2 | LAB | NIAMIRI2 | LAB |
| BERIKOI1 | LAB | GUILAHE1 | LAB | NIAMPOU1 | LAB |
| BERIKOI2 | LAB | HARIKAN1 | LAB | NINEFOU1 | LAB |
| BERKIAW1 | LAB | HASSOUB1 | LAB | NINEFOU2 | LAB |
| BERKIAW2 | LAB | HOLO1 | LAB | NIOUMEY1 | LAB |
| BOLOKAD1 | LAB | KABA1 | LAB | ORSTOM1 | LAB |
| BORNE531 | LAB | KALIGOR1 | LAB | ORSTOM2 | LAB |
| BORNE532 | LAB | KAMPAZA1 | LAB | ORSTOM3 | LAB |
| BOUBON1 | LAB | KAMPAZA2 | LAB | SAMADE11 | LAB |
| BOUGOUM1 | LAB | KAMPAZA3 | LAB | SAMADE21 | LAB |
| DAMANA1 | LAB | KARABED1 | LAB | SANDIDE1 | LAB |
| DAMANA2 | LAB | KARABED2 | LAB | SANDIDE2 | LAB |
| DAREY1 | LAB | KARABED3 | LAB | SEKOUKO1 | LAB |
| DAREY2 | LAB | KARE1 | LAB | TAFAKOY2 | LAB |
| DEBEREG1 | LAB | KARE2 | LAB | TANABER1 | LAB |
| DEBEREG2 | LAB | KAREBAN1 | LAB | TANABER2 | LAB |
| DEYTEGU1 | LAB | KARMA1 | LAB | TIERENDJ | LAB |
| DEYTEGU2 | LAB | KIRANMI1 | LAB | TIGOZEN1 | LAB |
| DIOKOTI1 | LAB | KODO1 | LAB | TIMBORA1 | LAB |
| DJAKIND1 | LAB | KOFANDO1 | LAB | TOLLO1 | LAB |
| DJOURE1 | LAB | KOFANDO2 | LAB | TONDIGA1 | LAB |
| FANDOBO1 | LAB | KOKORBE1 | LAB | TONDIGA2 | LAB |
| FANDOBO2 | LAB | KOKORBE2 | LAB | TONDIKI1 | LAB |
| FANDOUB1 | LAB | KOLBOUZ1 | LAB | TONGOM1 | LAB |
| FANDOUB2 | LAB | KOLBOUZ2 | LAB | TONGOM3 | LAB |
| FANDOUB3 | LAB | KOLLO1 | LAB | TORODI1 | LAB |
| FETOKAD1 | LAB | KOLLO2 | LAB | WARI1 | LAB |
| FOYFAND1 | LAB | KOLLOSO1 | LAB | WINDEGO1 | LAB |
| FOYFAND2 | LAB | KOLLOSO2 | LAB | WINDEGO2 | LAB |
| GAGARE1 | LAB | KOLODIO1 | LAB | WINDEGO3 | LAB |
| GAGARE2 | LAB | KOLODIO2 | LAB | YELOUMA1 | LAB |
| GAGARE3 | LAB | KOMAKOU1 | LAB | YILLADE1 | LAB |
| GAMONZO1 | LAB | KOMAKOU2 | LAB | YILLADE2 | LAB |
| GAMONZO2 | LAB | KOSSEY1 | LAB | ZOUZOUB1 | LAB |
| GANKIBA1 | LAB | KOURE1 | LAB | ZOUZOUB2 | LAB |
| GARDANA1 | LAB | KOURE2 | LAB | | |
| GASSANE1 | LAB | KOURE3 | LAB | | |
| GASSANK1 | LAB | KOUREKO1 | LAB | | |
| GASSANO1 | LAB | KOURESU1 | LAB | | |
| GASSANO2 | LAB | KOURESU2 | LAB | | |

Tableau A-7.3 Fichiers ASCII (.TXT) contenant les cumuls en 5 minutes.

Liste des fichiers ".txt" crees en 1990

| | | | |
|----------|-----|----------|-----|
| AGHAROU | TXT | KIRANMI | TXT |
| ALKAMA | TXT | KODO | TXT |
| BALALSA | TXT | KOFANDO | TXT |
| BANGBOB | TXT | KOKORBE | TXT |
| BANGOUT | TXT | KOLBOUZ | TXT |
| BANIZOU | TXT | KOLLO | TXT |
| BANKADE | TXT | KOLLOSO | TXT |
| BAZANGA | TXT | KOLODIO | TXT |
| BERIKOI | TXT | KOMAKOU | TXT |
| BERKIAW | TXT | KOSSEY | TXT |
| BOLOKAD | TXT | KOURE | TXT |
| BORNE53 | TXT | KOUREKO | TXT |
| BOUBON | TXT | KOURESU | TXT |
| BOUGOUM | TXT | KOYRIA | TXT |
| DAMANA | TXT | MAREKIR | TXT |
| DAREY | TXT | MAROUZE | TXT |
| DEBEREG | TXT | MASSIKO | TXT |
| DEYTEGU | TXT | NGOURWA | TXT |
| DIOKOTI | TXT | NIABERE | TXT |
| DJAKIND | TXT | NIAMEYA | TXT |
| DJOURE | TXT | NIAMIRI | TXT |
| FANDOBO | TXT | NIAMPOU | TXT |
| FANDOUB | TXT | NINEFOU | TXT |
| FETOKAD | TXT | NIOUMEY | TXT |
| FOYFAND | TXT | ORSTOM | TXT |
| GAGARE | TXT | SAMADE1 | TXT |
| GAMONZO | TXT | SAMADE2 | TXT |
| GANKIBA | TXT | SANDIDE | TXT |
| GARDANA | TXT | SEKOUKO | TXT |
| GASSANE | TXT | TAFAKOY | TXT |
| GASSANK | TXT | TANABER | TXT |
| GASSANO | TXT | TIERENDJ | TXT |
| GASSASE | TXT | TIGOZEN | TXT |
| GASSASO | TXT | TIMBORA | TXT |
| GASSEYD | TXT | TOLLO | TXT |
| GOBIKOY | TXT | TONDIGA | TXT |
| GOROUGO | TXT | TONDIKI | TXT |
| GOURMAND | TXT | TONGOM | TXT |
| GUESSEL | TXT | TORODI | TXT |
| GUILAHE | TXT | WARI | TXT |
| HARIKAN | TXT | WINDEGO | TXT |
| HASSOUB | TXT | YELOUMA | TXT |
| HOLO | TXT | YILLADE | TXT |
| KABA | TXT | ZOUZOUB | TXT |
| KALIGOR | TXT | | |
| KAMPAZA | TXT | | |
| KARABED | TXT | | |
| KARE | TXT | | |
| KAREBAN | TXT | | |
| KARMA | TXT | | |

Tableau A-7.4 Structure des fichiers .TXT.

Fichier ".txt", base de la banque
contenant les cumuls sur cinq minutes

| | | Commentaires | |
|------------|-------|--------------|-------------------------------------------------------------|
| 1321204700 | 1990 | -----> | Numero de la station Annee |
| 04171255 | -3156 | 9204900 | ---- ->04171255 : date correspondant au |
| 05182310 | 10 | 11920200- | 17 avril a 12 h 55 ' |
| 05230415 | 10 | 12284100 | ->-3156 : valeur au seau en 1/10mm(-1 si lacune) |
| 05230425 | 5 | 12284700 | |
| 05282330 | 10 | 12785400 | ->9204900 : nombre de secondes depuis |
| 05282355 | 12 | 12786900 | le debut de l'annee |
| 05290000 | 16 | 12787200 | ----->10 : lame d'eau tombee le 18 mai entre |
| 05290005 | 32 | 12787500 | 23h 10' et 23'15 (exprimee en 1/10mm) |
| 05290010 | 17 | 12787800 | 10 le 23 mai entre 4h 15' et 4h 20' |
| 05290015 | 7 | 12788100 | etc... |
| 05290020 | 6 | 12788400 | |
| 05290045 | 5 | 12789900 | Nota : le cumul peut atteindre 190 1/10mm |
| 05290125 | 5 | 12792300 | |
| 05290150 | 5 | 12793800 | |
| 05290300 | 5 | 12798000 | |
| 05290425 | 5 | 12803100 | |
| 06070220 | 7 | 13573200 | |
| 06070225 | 9 | 13573500 | |
| 06070230 | 4 | 13573800 | |
| 06080040 | 15 | 13653600 | |
| 06080045 | 91 | 13653900 | |
| 06080050 | 60 | 13654200 | |
| 06080055 | 42 | 13654500 | |
| 06080100 | 22 | 13654800 | |
| 06080105 | 10 | 13655100 | |
| 06080110 | 5 | 13655400 | |
| 06122340 | 7 | 14082000 | |
| 06122345 | 61 | 14082300 | |
| 06122350 | 85 | 14082600 | |
| 06122355 | 69 | 14082900 | |
| 06130000 | 22 | 14083200 | |
| 06130005 | 10 | 14083500 | |
| 06130010 | 5 | 14083800 | |
| 06130015 | 1 | 14084100 | |
| | | | |



OERSCI

BP 3
34981 St GELY du FESC Cedex
Tel. 07 54 86 20