

## **Les étiages du Fleuve Niger: risque de pénurie en eau pour l'agglomération de Niamey**

**NADIA BECHLER<sup>1</sup> & MATHIEU LAMOTTE**

*ORSTOM, Département Eaux Continentales, 211 rue La Fayette, F-75480 Paris cedex 10, France*

**HENRI KOKOU MOTCHO**

*Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, BP 418, Niamey, Niger*

**MICHEL MIETTON**

*CEREG, 3 rue de l'Argonne, F-67083 Strasbourg cedex, France*

**Résumé** A Niamey, l'adduction d'eau est assurée à partir de prélèvements dans le Fleuve Niger. Or, les étiages se produisent en fin de saison sèche, lorsque les besoins de la population sont maximaux. L'analyse des débits journaliers montre que la durée et l'intensité des étiages ont augmenté depuis 1969. Actuellement, les besoins en eau de la population ne peuvent être entièrement satisfaits qu'une année sur deux. En considérant différents scénarios d'évolution des besoins à l'échelle décennale, l'étude révèle l'importance du risque de pénurie en eau et montre que la capacité de stockage de la retenue de Goudel (en amont de Niamey) est insuffisante pour satisfaire une augmentation, même modérée, de la consommation. Pour protéger la ville de ce risque de pénurie, il convient de prévoir d'urgence une diversification des sources d'approvisionnement, basée non seulement sur le fleuve et ses affluents, mais aussi sur les ressources en eau souterraine.

### **INTRODUCTION**

Le problème des disponibilités en eau pour les villes des régions tropicales constitue une préoccupation majeure et un enjeu primordial pour le développement et l'amélioration des conditions de vie de leur population (Sircoulon, 1992). Dans les régions sahéliennes, ce problème se pose de manière d'autant plus cruciale que le climat est contrasté avec des pluies irrégulières, les ressources en eau dès lors limitées et que la pression démographique est élevée. En prenant l'exemple de la ville de Niamey (Sidikou, 1980), où l'adduction d'eau repose exclusivement sur les apports fluviaux l'objectif est, en confrontant les besoins par rapport aux ressources, de caractériser le risque de pénurie en eau et de proposer des solutions alternatives.

### **CONTEXTE**

Dans la région de Niamey (13°30'N, 2°7'E, 180 à 220 m d'altitude), le climat se caractérise par son aridité. Une longue saison sèche, d'octobre à mai, succède à une

<sup>1</sup>*Aussi à*: ORSTOM, Département Eaux Continentales, 211 rue La Fayette, F-75480 Paris cedex 10, France.

courte saison humide durant laquelle se produisent des événements pluvieux irréguliers et souvent intenses. Les moyennes annuelles sont de 30°C pour la température, de 2270 mm pour l'évapotranspiration annuelle et de 545 mm pour les précipitations (Tableau 1). Les ressources en eau de surface sont essentiellement constituées par le fleuve Niger qui se caractérise par un écoulement permanent avec cependant de fortes variations intersaisonnnières et interannuelles (Brunet-Moret *et al.*, 1986). Ses affluents présentent des écoulements intermittents, en relation avec les événements pluvieux les plus forts. Les principaux aquifères sont associés aux formations du socle ou du Continental terminal et dans une moindre mesure aux alluvions (Bernert *et al.*, 1985).

**Tableau 1** Le climat à Niamey (d'après Sivakumar *et al.*, 1993).

	1 <sup>(a)</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<i>m</i>
Température <sup>(b)</sup>	24	27	31	34	34	31	29	28	29	31	28	25	29
Précipitation <sup>(c)</sup>	0	0	2	7	29	76	157	173	88	12	0	0	544
Evapotranspiration <sup>(d)</sup>	173	187	216	224	238	201	187	174	176	187	167	164	2294

<sup>(a)</sup> 1-12: mois, *m*: moyenne annuelle;

<sup>(b)</sup> en °C, moyenne sur la période 1960-1991;

<sup>(c)</sup> en mm, moyenne sur la période 1960-1991; et

<sup>(d)</sup> en mm, moyenne sur la période 1960-1991.

Simple village au début du siècle, Niamey a connu une forte expansion. Le taux de croissance étant estimé à 6% depuis le dernier recensement, la population en 1995 est de  $589 \times 10^3$  habitants (DSI, 1991). Dans les quartiers d'habitat traditionnel qui prédominent, plusieurs ménages partagent l'usage d'un robinet ou d'un puits (Barrère *et al.*, 1993). Le réseau d'adduction est peu développé et discontinu (en particulier dans les quartiers traditionnels périphériques où se produit l'expansion urbaine). Les principales activités économiques (Motcho, 1991) appartiennent au secteur tertiaire (commerce et administration) et au secteur primaire (culture pluviale de mil, riziculture irriguée, maraîchage et élevage). Les activités industrielles sont peu développées.

## DONNEES ET METHODES

L'étude concerne les mois d'étiages du fleuve Niger (mai-juin), durant lesquels les ressources en eau sont restreintes alors que la consommation est maximale. Les débits journaliers enregistrés à la station Nigelec en amont de Niamey sont analysés en considérant les périodes 1929-1968 et 1969-1994. L'année 1969 qui les sépare (test de Pettitt et Lee et test de Heghinian) marque le début de la sécheresse pluri-décennale observée dernièrement dans le Sahel (Hubert & Carbonnel, 1989). Les temps de retour des minimums journaliers sont calculés pour chaque période selon la loi gamma incomplète et la loi de Weibull, avec la méthode du maximum de vraisemblance et la méthode des moments pour le calcul des paramètres (Kite, 1976). Les disponibilités sont comparées aux besoins de la population de Niamey pour les différents usages, notamment domestiques et agricoles, considérés sur une surface de  $30 \times 30$  km incluant la

ville. Le barrage de Goudel construit en amont de Niamey présente une capacité totale de  $4.36 \times 10^6 \text{ m}^3$  et une capacité utile de  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  (MHE, 1989).

**RESULTATS ET DISCUSSION**

**Les étiages du Fleuve Niger**

La sécheresse observée depuis 1969 sur l'ensemble du bassin amont du Niger s'est répercutée à Niamey, avec des conséquences sur le régime du fleuve qui concernent non seulement les modules annuels mais surtout la durée et l'intensité des étiages. Ainsi, la moyenne du module annuel a diminué de 34% entre les périodes 1929-1968 (module égal à  $1060 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) et 1969-1994 (module égal à  $700 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Parallèlement, la durée des étiages (Fig. 1) est passée d'une cinquantaine de jours par an (1929-1968) à plus de cent jours par an (1969-1994) et la moyenne des minimums journaliers a diminué de  $64 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  à  $11 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (pour les mêmes périodes respectivement). Le temps de retour des débits inférieurs ou égaux à  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  est de 5 ans pour la période 1929-1968 alors qu'il est de 2 ans pour la période suivante (Tableau 2). Les minimums journaliers enregistrés de 1978 à 1990 sont inférieurs à  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  et une interruption de l'écoulement s'est même produite en 1985 (Billon, 1985; Soumana, 1986).

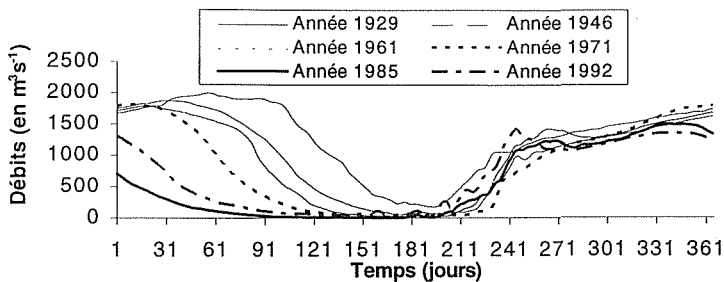


Fig. 1 Evolution des débits journaliers du Fleuve Niger à Niamey.

Tableau 2 Temps de retour des débits minimums journaliers à Niamey.

	Période 1929-1994					Période 1969-1994						
	2 <sup>(a)</sup>	5	10	20	50	100	2	5	10	20	50	100
<b>Loi gamma incomplète<sup>(b)</sup></b>												
Méthode des moments	39.4	10.1	4.0	1.6	0.5	0.2	7.4	2.5	1.2	0.6	0.2	0.1
Méthode du maximum de	40.2	10.7	4.4	1.8	0.6	0.3	6.2	1.4	0.5	0.2	0.1	0
<b>Loi de Weibull<sup>(b)</sup></b>												
Méthode des moments	39.6	11.0	4.7	2.1	0.7	0.3	7.4	2.4	1.2	0.6	0.2	0.1
Méthode du maximum de	38.4	10.3	4.3	1.1	0.6	0.3	6.3	1.6	0.6	0.3	0.1	0

<sup>(a)</sup> Temps de retour (année);

<sup>(b)</sup> débit minimum calculé ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ).

## La consommation actuelle

Pour les usages domestiques de la population (1995), le total de la consommation journalière est estimé à  $30 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  au cours de l'année. Ce total est établi en considérant que, en fonction de leur niveau de vie, 3%, 27% et 70% des habitants consomment respectivement  $0.50$ ,  $0.08$  et  $0.02 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1} \text{ habitant}^{-1}$  (DSI, 1991). Durant les mois les plus chauds (avril à juin), la consommation peut augmenter de 30% par rapport à la moyenne (Bechler, à paraître) et le total des besoins domestiques atteint alors  $39 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$ . Compte tenu des besoins pour les secteurs secondaire et tertiaire, soit  $14 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  (Motcho, 1991), l'ensemble de la consommation (hors agriculture) s'élève donc à  $53 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$ .

En saison sèche, la consommation pour les cultures irriguées (2900 ha) est de  $481 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  (Anssoumana & Afagnibo, 1992). En considérant que, pour cette saison,  $60 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1} \text{ habitant}^{-1}$  (Doorenbos, 1975) sont aussi nécessaires pour l'arrosage des cultures maraîchères sur une surface totale de 307 ha (Elhadji, 1993), l'ensemble de la consommation agricole est estimée à  $499.4 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$ .

## Les disponibilités en eau et les besoins actuels

Le régime du fleuve à Niamey (étiage de mai à juin et crue de décembre à janvier) est décalé par rapport au régime pluviométrique local (saison sèche d'octobre à mai et saison humide de juin à septembre). Pour la population et ses activités, le maximum des besoins en eau se manifeste entre la fin de la saison sèche et le début de la saison humide, lorsque se produit l'étiage du fleuve.

En mai et juin, le total des besoins actuels est de  $552.4 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$ , soit  $6.4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . En considérant uniquement les ressources en eau apportées par le fleuve, l'analyse fréquentielle des débits montre que les besoins actuels peuvent être satisfaits pleinement une année sur deux (Tableau 2). De 1969 à 1994, 15 années ont été caractérisées par des apports fluviaux inférieurs à ces besoins. En outre, l'analyse montre qu'une pénurie peut se produire pendant un nombre de jours consécutifs élevé (50 jours en 1981 et 39 jours en 1985). Le risque de pénurie en eau est d'autant plus redoutable qu'il peut donc survenir sur une longue durée et qu'en outre les besoins sont probablement sous-estimés. En effet, ils ne prennent en compte ni la population des migrants saisonniers, ni le cheptel, aucune donnée n'étant disponible.

Exception faite de la consommation pour les activités agricoles, les besoins urbains sont satisfaits pour tout débit supérieur ou égal à  $53 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$ , soit  $0.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Les temps de retour pour des débits inférieurs à cette valeur varient entre 10 et 20 ans selon les lois considérées (Tableau 2). Or, un tel événement a déjà été enregistré à trois reprises: du 3 au 6 juillet 1974, du 13 au 17 juin 1985 et du 20 au 26 juin 1985. Le barrage de Goudel, construit en 1989, doit permettre de se prémunir d'une pénurie en eau (usages non agricoles). En considérant, d'une part les pertes par évaporation, soit  $356 \text{ mm mois}^{-1}$  (Charre, 1974) sur un plan d'eau de  $9 \text{ km}^2$ , et d'autre part les pertes liées au pompage, au traitement et à l'acheminement de l'eau dans le réseau, soit 28% de perte (Dupont, 1965; Valiron, 1986), le barrage de Goudel permet de satisfaire les besoins (non agricoles) pendant 26 jours en cas de débit nul dans le fleuve (Fig. 2).

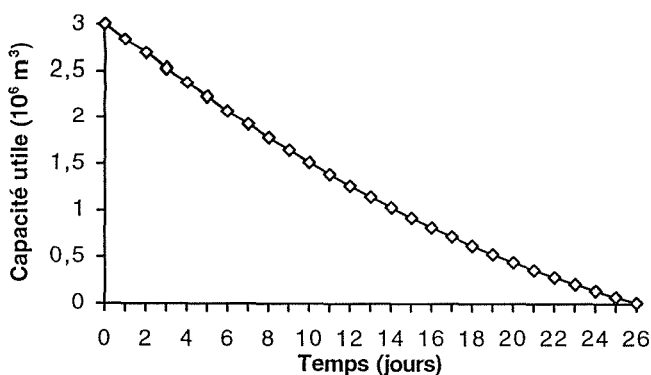


Fig. 2 Simulation d'une vidange de la retenue en 1995 pour les usages domestiques.

### L'évolution des besoins et du risque de pénurie

La progression des besoins pour les usages domestiques est étroitement associée à l'évolution démographique (Dacharry, 1984). Selon les hypothèses considérées (Motcho, 1991; Seybou, 1995), le taux de croissance  $\delta$  de la population de Niamey pour les 20 prochaines années varie entre 3 et 7%. Ainsi, la population totale sera de  $1.2 \times 10^6$  h dans 20 ans si  $\delta = 3\%$  ou dans 10 ans si  $\delta = 7\%$ . De plus, une augmentation de 30 à 40% du taux de raccordement au réseau d'adduction d'eau est prévue dans un délai de 10 ans (Bechler, à paraître). Dès lors, 3%, 37% et 60% des habitants (au lieu de 3%, 27% et 70%) consommeront respectivement  $0.50$ ,  $0.08$  et  $0.02 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1} \text{ habitant}^{-1}$ .

En 2005, les besoins en eau (usages domestiques) au mois de mai et juin atteindront environ  $85.7 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  ( $\delta = 3\%$ ) ou  $125.5 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  ( $\delta = 7\%$ ). Ces besoins seront satisfaits par des apports fluviaux supérieurs ou égaux à  $1.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ou à  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  respectivement. L'analyse fréquentielle pour la période 1969-1994 montre que les temps de retour des débits inférieurs à ces valeurs sont de 10 et 5 ans (Tableau 2). Dans le cas d'un écoulement nul dans le fleuve (Fig. 3), l'assèchement de la retenue de Goudel se produirait après 23 jours pour  $792.1 \times 10^3 \text{ h}$  ( $\delta = 3\%$ ) ou après 15 jours pour  $1159.4 \times 10^3 \text{ h}$  ( $\delta = 7\%$ ).

En 2015, en considérant des hypothèses similaires pour les mêmes usages domestiques et pour la même époque de l'année, les besoins en eau seront de  $115.2 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  ( $\delta = 3\%$ ) ou de  $246.8 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ jour}^{-1}$  ( $\delta = 7\%$ ). Les temps de retour pour des débits fluviaux ne satisfaisant pas ces besoins sont de 10 et 5 ans respectivement (Tableau 2). Dans l'hypothèse d'un débit nul dans le fleuve, la vidange de la retenue interviendrait après 16 ou 9 jours (Fig. 4).

La discussion sur le risque de pénurie a porté jusqu'à présent sur la vidange du stock lorsque l'apport fluvial est nul. Or, la vidange se produit dès que le volume prélevé est supérieur à l'apport fluvial. Si un étiage semblable à celui de juin 1985 (26 jours avec un débit  $Q < 3.4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  dont 8 jours avec  $Q = 0$ ) survenait en 2005, la retenue permettrait tout juste de subvenir aux besoins de la population ( $\delta = 7\%$ ). En revanche, en 2015, la pénurie se produirait dès le premier jour d'écoulement nul et se poursuivrait pendant 11 jours pour  $\delta = 7\%$  (Fig. 5).

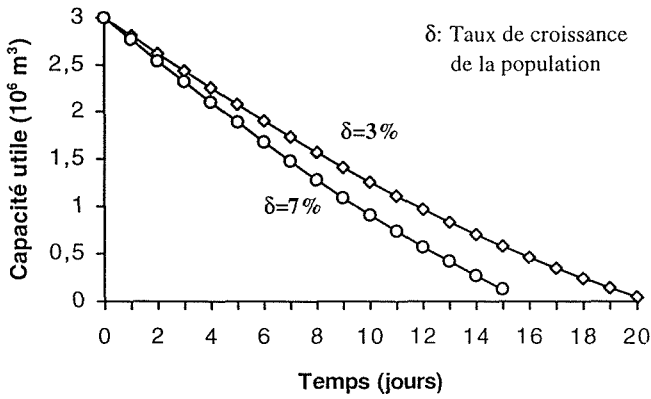


Fig. 3 Simulation d'une vidange de la retenue en 2005 pour les besoins domestiques de la population de Niamey.

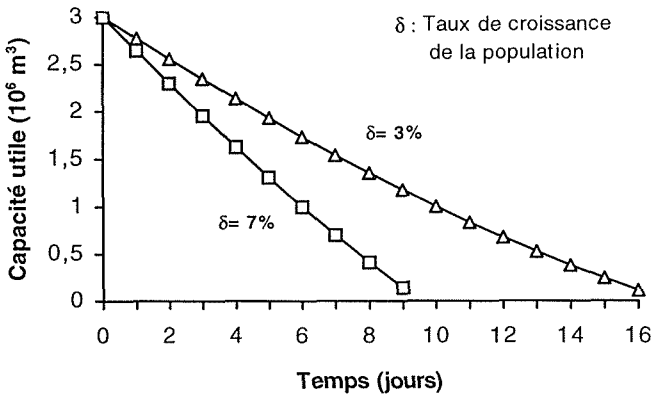


Fig.4 Simulation d'une vidange de la retenue en 2005 pour les besoins domestiques de la population de Niamey.

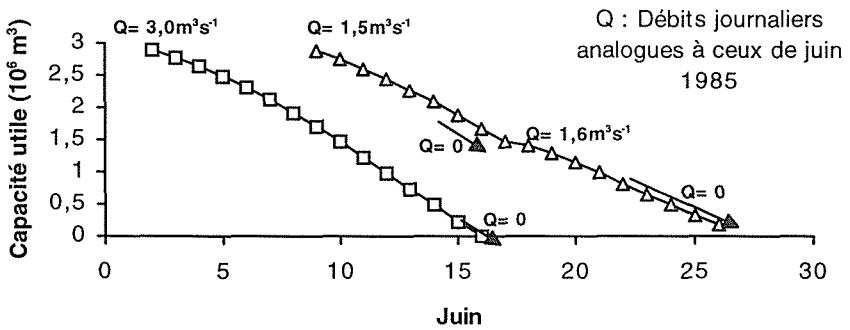


Fig. 5 Simulation d'une vidange de la retenue pour les besoins domestiques de la population de Niamey en 2005 et 2015 (hypothèse d'un étiage semblable à celui de 1985 et d'un taux d'accroissement de la population de 7%).

## CONCLUSION

Actuellement, en cas d'arrêt de l'écoulement fluvial, l'approvisionnement en eau de la ville de Niamey est assuré par le réseau d'adduction pendant trois semaines environ, pour les usages exclusivement domestiques. Dans la perspective d'une augmentation de la population urbaine, le risque de pénurie en eau pour les usages domestiques s'aggraverait, même si la consommation par habitant connaît une progression modérée.

En dehors du projet de construction d'un grand barrage qui permettrait de subvenir à l'ensemble des besoins en eau pour la population urbaine et ses activités, il convient de prévoir de toute urgence une diversification des sources d'approvisionnement. Sous réserve d'étude de faisabilité, cette diversification devrait reposer en particulier sur l'aménagement de petits barrages retenant les écoulements des affluents du Niger, permettant un approvisionnement minimum de l'agglomération de Niamey lors des étiages et favorisant le développement agricole en amont de l'agglomération. Par ailleurs, une diversification basée aussi sur une meilleure exploitation des ressources en eaux souterraines est incontournable. En s'assurant d'une protection des nappes contre la pollution chimique et microbiologique qui se développe actuellement, l'utilisation des eaux souterraines dans la périphérie de la ville est une solution complémentaire pour couvrir les besoins, au fur et à mesure de l'expansion urbaine. En effet, le réseau d'adduction d'eau se développe plus lentement que l'urbanisation. Prévoir non seulement la mise en place, mais surtout la gestion et l'entretien d'un réseau de forages dans le front pionnier de l'urbanisation est donc primordial pour se prémunir du risque de pénurie en eau et pour améliorer les conditions de vie de la population dans la perspective de l'accroissement de la ville.

**Remerciements** Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'Action Incitative "L'eau dans la ville" (Programme ECUS-ORSTOM-Département Eaux Continentales). Les auteurs remercient chaleureusement S. G. Workoy (Hydroniger), M. Salissou (SNE), J. Robin (ORSTOM) et M. Estève (ORSTOM) pour leur aide.

## REFERENCES

- Anssoumana, T. & Afagnibo, M. (1992) Evaluation du coût des volumes d'eau pompés. Périmètres de la région de Niamey. ONAHA, Niamey, Niger.
- Barrère, B., Garba, B. & Kourguéni, I. A. (1993) Enquête démographique et de santé, Niger 1992. Ministère des Finances et du Plan, Niamey, Niger.
- Bechler, N. (à paraître) Les risques urbains liés à l'eau dans une capitale sahélienne. Pénurie et excès d'eau à Niamey, Thèse de 3ème cycle, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- Bernert, G., Chenet, J., Garin, H. & Ayarga K. (1985) Le renforcement en eau potable des quartiers de la périphérie de Niamey, Niger, et sa valorisation par la petite irrigation. Programme d'urgence 1984. *Hydrogéologie* 3, 209-212.
- Billon, B. (1985) Le Niger à Niamey. Décrue et étiage 1985. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.* 21, 3-22.
- Brunet-Moret, Y., Chaperon, P., Lamagat, J. P. & Molinier, M. (1986) *Monographie Hydrologique du Fleuve Niger. Cuvette Lacustre et Niger Moyen*. tome 2. ORSTOM, Paris.
- Charre, J. (1974) Le climat de Niamey. Thèse de 3ème cycle, Université de Grenoble I, France.
- Dacharry, M. (1984) Cette eau du robinet... Réflexions sur l'industrie de l'eau potable. *Rev. Géogr. Est* 1(24), 169-179.
- DSI (1991) Annuaire statistique "Séries longues". Direction de la Statistique et de l'Informatique, Ministère des Finances et du Plan, Niamey, Niger.
- Doorenbos, J. (1975) Les besoins en eau des cultures. Bull. d'Irrigation et de drainage, ONU, Rome, Italie.

- Dupont, A. (1965) *Hydraulique Urbaine*. Eyrolles, Paris.
- Elhadji, M. (1993) Etude sur l'agriculture maraichère intra et péri-urbaine à Niamey. Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, Niamey, Niger.
- Hubert, P. & Carbonnel, J. P. (1989) Approches statistiques de l'étude des séries pluviométriques de longue durée de l'Afrique de l'Ouest. In: Coll. International *Les Hommes Face aux Sécheresses*. Collection "Travaux & Mémoires" 42, IHEAL & EST, Paris.
- Kite, G. W. (1976) Frequency and risk analysis in hydrology. Inland Waters Directorate, Water Resour. Branch, Ottawa, Canada.
- MHE (1989) Etude de faisabilité du seuil de Goudel sur le Niger à Niamey. Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, Niamey, Niger.
- Motcho, H. K. (1991) Cadres de vie et systèmes de santé à Niamey. Thèse de 3ème cycle, Université de Bordeaux III, France.
- Seybou, M. K. (1995) La politique de planification urbaine au Niger. Le cas de Niamey. *Cah. Cidep* 22, L'Harmattan, Paris.
- Sidikou, A. H. (1980) Etude de géographie socio-urbaine. Thèse d'état, Université de Haute-Normandie, Rouen, France
- Sircoulon, J. (1992) Evolution des climats et des ressources en eau. *Afrique contemporaine* 161, 57-76.
- Sivakumar, M. V. K., Maidoukia, A. & Stern, R. D. (1993) *Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest: le Niger*. 2ème édition, ICRISAT, Niamey.
- Soumana, I. (1986) Le régime hydrologique du fleuve Niger et l'alimentation en eau de la ville de Niamey. *Colloque International sur la Révision des Normes Hydrologiques Suite aux Incidences de la Sécheresse*, 1-20. Communication 19, CIEH, Ouagadougou.
- Valiron, F. (1986) Mémento de l'exploitant de l'eau et de l'assainissement. Technique et Documentation Lavoisier, Paris.