

## **Contraintes hydro-pluviométriques et problème d’approvisionnement en eau à Bongor, Tchad**

**Romain Gouataine SEINGUE<sup>1,2\*</sup> et Maïmouna YMBA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Département de Géographie, Ecole Normale Supérieure de Bongor, BP 15 Bongor, Tchad*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Cartographie et d’Etudes Géographiques, BP 406 Moundou, Tchad*

<sup>3</sup> *Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, 08 BP 3776 Abidjan, Côte d’Ivoire*

---

\* Correspondance, courriel : [gouataines@gmail.com](mailto:gouataines@gmail.com)

### **Résumé**

Les variabilités pluviométriques et hydrologiques constituent des contraintes majeures pour les pays soudano-sahéliens, soumis fortement aux changements climatiques. Ces difficultés s’expriment aussi dans les villes à travers la disponibilité de l’eau. L’objectif du présent travail est d’étudier les contraintes hydro-pluviométriques et leur conséquence sur l’approvisionnement en eau dans la ville de Bongor. La méthodologie a consisté à l’analyse (la détection des ruptures, les anomalies centrées-réduites) des données pluviométriques et hydrologiques de 1990 à 2018 et à la réalisation d’une enquête socio-anthropologique auprès des ménages dans six quartiers de la ville de Bongor. Les principaux résultats obtenus montrent que la pluie est variable dans le temps et que cette dynamique conditionne aussi la variation des autres paramètres du bilan hydrologique (l’écoulement, l’infiltration, l’évapotranspiration réelle). La mauvaise répartition de pluie dans l’année, la forte évaporation et le tarissement des mares sont les principaux facteurs qui expliquent les difficultés d’approvisionnement en eau. Les puits (48,5 %), les mares (18,5 %) et les forages (19,5 %) constituent en effet les sources privilégiées d’approvisionnement en eau dans la zone d’étude. Il est important de densifier le réseau de distribution d’eau pour résorber les difficultés d’approvisionnement en eau à Bongor.

**Mots-clés :** *contraintes, précipitation, écoulement, approvisionnement en eau, Bongor.*

### **Abstract**

#### **Hydro-rainfall constraints and water supply problems in Bongor, Chad**

Rainfall and hydrological variability are major constraints for Sudano-Sahelian countries, which are heavily affected by climate change. These difficulties are also expressed in cities through the availability of water. The goal of this work is to study hydro-rainfall constraints and their consequences on water supply in the city of Bongor. The methodology consisted in the analysis (rupture detection, centered-reduced anomalies) of rainfall and hydrological data from 1990 to 2018 and the conduct of a socio-anthropological household survey in six districts of the city of Bongor. The principal results obtained show that rainfall is variable over time and that this dynamic also conditions the variation of the other parameters of the water balance (flow, infiltration, actual evapotranspiration). Poor rainfall distribution throughout the year, high evaporation and puddling are the main factors explaining the water supply difficulties. Wells (48.5 %), ponds (18.5 %) and boreholes (19.5 %) are the preferred sources of water supply in the study area. It is important to increase the density of the water distribution network to overcome the water supply difficulties in Bongor.

**Keywords :** *constraints, precipitation, flow, water supply, Bongor.*

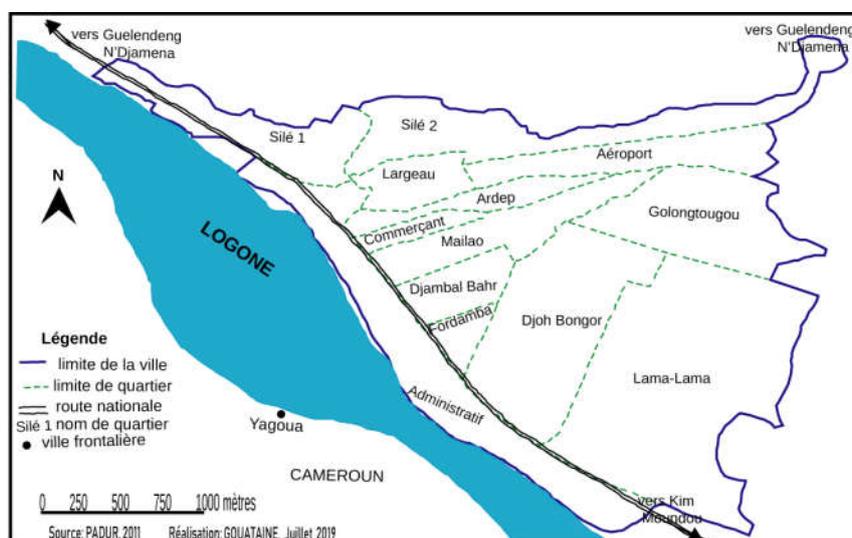
## 1. Introduction

La question de l'eau devient de plus en plus récurrente dans le monde. Sa pénurie ainsi que la mobilisation et la gestion des ressources en eau constituent l'un des problèmes cruciaux du 21<sup>e</sup> siècle [1]. Dans de nombreux pays, la résolution des conflits liés à l'eau devient une priorité. Le Tchad, dont une partie du territoire national est désertique n'échappe pas à ce problème. Les décennies 70 et 80 particulièrement sèches associées aux années déficitaires en pluie ces dernières années exposent davantage au problème d'approvisionnement en eau. Pourtant, ce pays dispose des potentialités en ressources d'eau [1]. Les zones sahéennes et soudaniennes regorgent beaucoup de potentialités en eau. La zone soudanienne a cette particularité d'être traversée par les deux principaux cours d'eau (Chari et Logone) dont leur bassin-versant fait 600 000 km<sup>2</sup> à la confluence de N'Djamena [2]. Avec les baisses des quantités pluviométriques des années 70 et les fortes fluctuations enregistrées ces dernières années [3], le Tchad fait face à un problème sérieux de pénurie d'eau, comme c'est le cas de la plaine de Bongor. En effet, cette ville est confrontée à un problème récurrent d'approvisionnement en eau potable surtout en saison sèche. La population a des difficultés d'accès à l'eau potable. Ces difficultés sont imputables à la variabilité interannuelle des précipitations qui sont le paramètre d'entrée du cycle hydrologique. L'objectif de cet article est d'étudier les contraintes hydro-pluviométriques et leurs conséquences sur l'approvisionnement en eau dans la ville de Bongor. Située au sud-ouest du Tchad, face à la ville de Yagoua au Cameroun, Bongor reçoit en moyenne 793,29 mm de pluie et sa température moyenne oscille autour de 28,4°C [4]. La migration des isohyètes classe désormais Bongor dans une zone sahélo-soudanienne, et cette situation conduit à des fortes pressions sur les ressources en eau. Pour comprendre cette difficulté, cet article a pour objectif d'étudier les contraintes hydro-pluviométriques et leurs conséquences sur l'approvisionnement en eau dans cette ville.

## 2. Données et méthodes

### 2-1. Présentation de la zone d'étude

La ville de Bongor est située au sud-ouest du Tchad entre 10° et 11° de latitude nord et 15° et 16° de longitude ouest. Elle est située à équidistance de Moundou, la capitale économique et de N'Djamena, la capitale politique à 235 km de part et d'autre (**Figure 1**). Avec une population d'environ 60 000 habitants en 2015, Bongor regroupe une diversité d'ethnies : Massa, Toupouri, Mousseye, Ngambaye, etc.



**Figure 1 : Carte de la ville de Bongor**

## 2-2. Données

Les données utilisées sont de plusieurs types :

- Les données pluviométriques de Bongor de 1990 à 2018. Ces données ont été collectées à l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) ;
- Les données hydrométriques du fleuve Logone à Bongor de 1990 à 2018 sont issues de la base des données de la Direction Générale de la Météorologie (DGM) ;
- Les données d'archives. Ces données sont issues des travaux anciens et de la Société Tchadienne des Eaux de la station de Bongor. Ces données concernent les capacités d'approvisionnement de la ville en eau, le processus d'élargissement du périmètre desservi et la capacité des différents châteaux ;
- L'enquête de terrain a permis d'appréhender les différentes sources d'approvisionnement en eau ainsi que les difficultés d'accès à cette ressource. Pour cela, six quartiers ont été choisis pour l'enquête : *Largeau, Mailao, Djambal-Bahr, Djôh Bongor, Golongtougou* et *Lam-lam*. Les quatre premiers quartiers sont les tous premiers desservis par le réseau de distribution d'eau alors que les deux autres sont récemment et partiellement desservis. Les différentes questions posées portent sur la disponibilité en eau en saison sèche et en saison pluvieuse, les autres sources d'approvisionnement en eau, des informations relatives au mode d'utilisation et de conservation des eaux. D'autres informations complémentaires ont été obtenues auprès des autorités locales par des entretiens. A défaut d'un choix en fonction de la population totale, l'échantillon est choisi d'une manière aléatoire. Deux cent quatre-vingt (280) personnes ont été enquêtées soit quarante-cinq (45) par quartier pour un total de deux cent soixante-dix (270) personnes. Les dix (10) autres personnes sont celles concernées par les entretiens.

Lors de l'enquête de terrain, une observation directe du mode d'approvisionnement en eau dans les différents quartiers enquêtés de Bongor a été faite ainsi que des prises de vue.

## 2-3. Méthodes

### 2-3-1. Les variables d'analyse

Deux types de variables sont retenus : les variables explicatives et les variables expliquées. Les variables explicatives : ce sont des variables qui au lieu de subir l'influence des autres variables produisent dans leur propre variation des effets qui font fluctuer les autres facteurs [5]. Dans ce travail, ces variables sont les paramètres hydro-climatiques et plus particulièrement les précipitations et les débits. Les variables expliquées : dans le cas de notre travail, l'approvisionnement en eau est la variable à expliquer puisqu'il peut augmenter comme diminuer suivant les paramètres de la première variable.

### 2-3-2. Détection de rupture des paramètres hydro-climatiques

Il existe plusieurs tests permettant de détecter les ruptures dans une série pluviométrique. Pour cette étude, le test de Pettitt est retenu. Ce test dérive de celui de Mann-Whitney. Le test de Pettitt (1979), non paramétrique, est efficace pour détecter les « ruptures » dans les séries pluviométriques. L'absence de rupture dans la série ( $X$ ) de taille  $N$  constitue l'hypothèse nulle. La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant  $t$  compris entre 1 et  $N$ , les séries chronologiques ( $X_j$ )  $j=1$  à  $t$  et  $t+1$  à  $N$  appartiennent à la même population. Ce test repose sur le calcul de la variable  $U_{t,N}$  définie par :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij} \tag{1}$$

où,  $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$  avec  $\text{sgn}(Z) = 1$  si  $Z > 0$ ;  $0$  si  $Z = 0$  et  $-1$  si  $Z < 0$ .

Soit  $K_N$  la variable définie par le maximum en valeur absolue de  $U_{t,N}$ , pour  $t$  variant de 1 à  $N-1$ . Si  $K$  désigne la valeur de  $K_N$  prise sur la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur  $K$  est donnée approximativement par :

$$Prob(K_N > K) \approx 2exp(-6K^2/(N^3 + N^2)) \quad (2)$$

Pour un risque  $\alpha$  de première espèce donné, si  $Prob(K_N > K)$  est inférieure à  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est rejetée. Ce test est réputé pour sa robustesse [6].

### 2-3-3. Les anomalies centrées-réduites des pluies et débits

À partir de l'écart type, ont été calculées les anomalies centrées réduites pluviométriques interannuelles, en standardisant les données. Les anomalies sur chaque station se calculent par la **Formule** suivante :

$$X'_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma(X)} \quad (3)$$

où,  $X'_i$  = anomalie centrée réduite pour l'année  $i$ ;  $X_i$  = la valeur de la variable;  $\bar{X}$  = la moyenne de la série;  $\sigma(X)$  = l'écart-type de la série

La classification suivante permet de catégoriser les anomalies centrées-réduites.

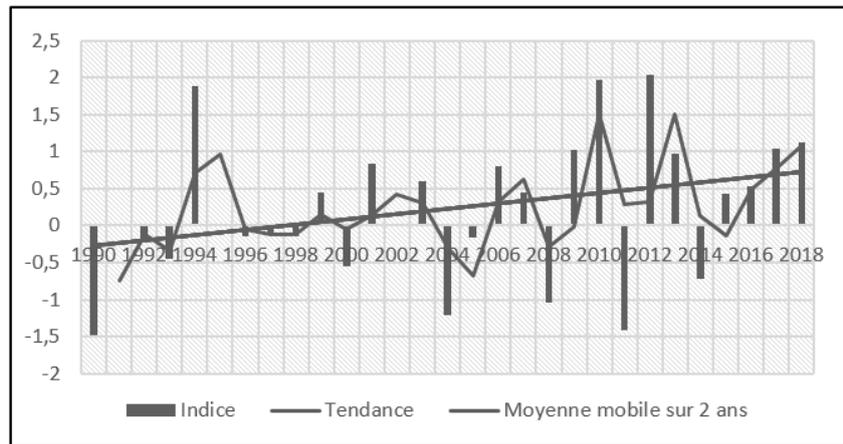
Classe de SPI	Caractéristiques
] $-\infty$ ; -2[	Très sèche
] -2 ; -1,5[	Sèche
] -1,5 ; -1[	Modérément sèche
] -1 ; 1[	Normale
] 1 ; 1,5[	Modérément humide
] 1,5 ; 2[	Humide
] 2 ; $+\infty$ [	Très humide

Source : [7]

## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Une forte variabilité hydro-pluviométrique

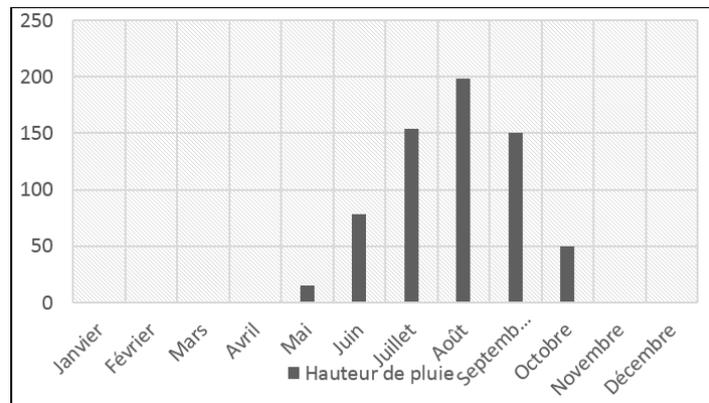
A Bongor, la pluviométrie est très variable dans le temps et dans l'espace. La **Figure 2** rend compte de cette variation. Globalement, cette figure montre une fluctuation interannuelle marquée. La tendance est excédentaire, ceci atteste du retour à une phase humide avec d'abondantes précipitations par rapport à la décennie 70 dont la grande sécheresse a marqué le Sahel. Les années 1990, 2004, 2008, 2012 et 2014 sont marquées par des déficits pluviométriques, la situation est modérément sèche pendant ces années. Les autres années sont caractérisées par des indices positifs, attestant de la situation normale et modérément humide de ces années.



**Figure 2 :** *Variation interannuelle des pluies dans le Mayo-Kebbi*

*Source : Analyse des données de l’ASECNA*

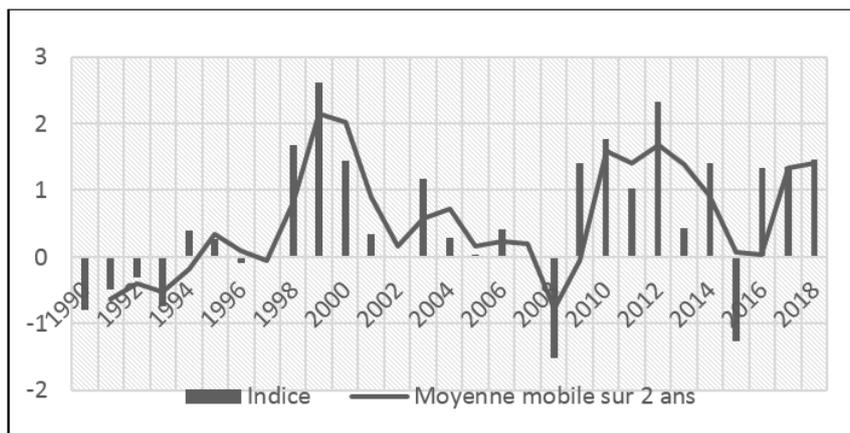
A l’échelle mensuelle, la situation pluviométrique montre que Bongor enregistre quatre à cinq mois de pluies et sept à huit mois secs (**Figure 3**). Le régime pluviométrique à Bongor est unimodal comme le montre cette **Figure**. On observe une seule saison de pluie commençant véritablement en juin pour prendre fin entre septembre-octobre. Les mois de juillet et août enregistrent plus de la moitié (55,48 %) de la quantité totale précipitée. Le régime montre également que les mois secs sont caractérisés par une absence totale des précipitations.



**Figure 3 :** *Régime pluviométrique moyen mensuel*

*Source : Analyse des données de l’ASECNA*

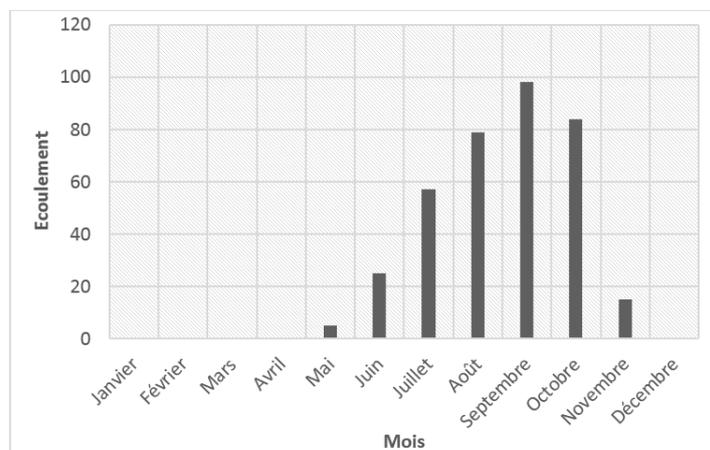
Les travaux de [3, 4] ont abouti aux mêmes résultats selon lesquelles la variabilité climatique est accentuée dans tout le sud tchadien et particulièrement dans le Mayo-Kebbi. En effet, ces auteurs ont montré que cette instabilité pluviométrique est très marquée surtout après 1970 avec la sécheresse qui sévissait dans le Sahel. La péjoration pluviométrique, le raccourcissement de la saison pluvieuse, les séquences sèches longues sont les effets de cette instabilité. La forte variabilité interannuelle mensuelle ne permet pas d’évaluer convenablement les besoins en eau de la population. C’est dans ce contexte pluviométrique difficile que les besoins en eau s’accroissent consécutivement à l’augmentation de la population. Ce qui provoque des impacts sur le régime hydrologique dans cette localité (**Figure 4**). Cette figure met en évidence l’importance de l’écoulement avec les crues de 1998, 2000, 2010, 2012, 2014, 2016, 2017 et 2018. Des années de grands déficits sont par exemple 1990, 1993, 2008 et 2015. Cette situation traduit en partie la dégradation des conditions du système hydrologique dans la zone d’étude.



**Figure 4 :** Évolution des anomalies de l'écoulement à Bongor

Source : Analyse des données DGM

A l'échelle mensuelle, la **Figure 5** montre la disparité entre les différents mois. Cette figure met en évidence l'importance de l'écoulement pendant les mois de juillet, août, septembre et octobre. Ces mois sont caractérisés particulièrement par l'absence des difficultés d'approvisionnement en eau. Les mois de novembre à juin sont déficitaires, par conséquent les difficultés d'accès à l'eau sont élevées pendant ces mois. Aussi, les déficits d'écoulements très élevés observés, pourraient être le résultat de l'effet conjugué de la variabilité pluviométrique et des importantes pertes d'eau par évaporation.

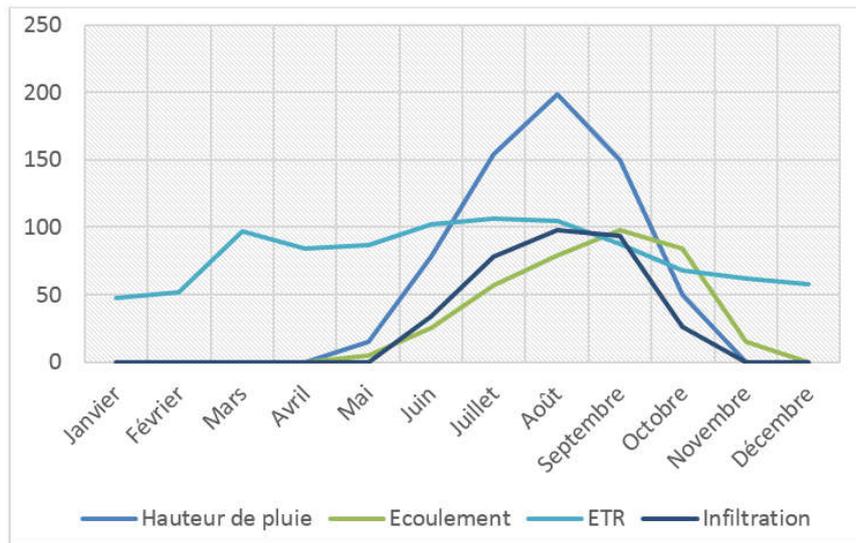


**Figure 5 :** Régime de l'écoulement moyen (1990 - 2018)

Source : Analyse des données DGM

### 3-2. Un bilan hydrologique intra-saisonnier très variable

Le bilan hydrologique intra-saisonnier permet d'apprécier la variation de l'écoulement dans le bassin du Logone à Bongor (**Figure 6**). Cette figure montre que de tous les termes du bilan hydrologique, la pluie apparaît le plus important car elle conditionne tous les autres. Ainsi, pour une pluie de 198 mm, l'écoulement est de 79 mm, l'ETR (Evapotranspiration réelle) est de 105 mm et l'infiltration est de 98 mm. L'ETR est importante et garde pratiquement la même tendance que la pluie. On remarque que l'ETR est beaucoup plus élevée. Ceci montre qu'une bonne partie de ce qui est précipité s'évapore et justifie les difficultés d'approvisionnement en eau dans ce bassin.



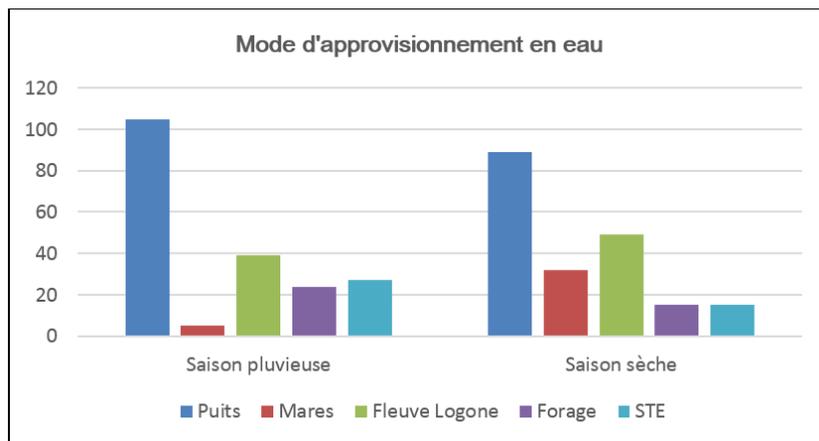
**Figure 6 :** *Variation des termes du bilan hydrologique mensuel*

*Source : Analyse des données DGM*

[8] est arrivé à la même conclusion selon laquelle on observe une baisse sensible des débits des fleuves Chari et Logone depuis les années 70, attestant de la dépendance des écoulements à la pluie. [9] ont aussi conclu que les activités anthropiques ont modifié sensiblement le débit des fleuves à côté de la variabilité spatio-temporelle des précipitations. [10] ont montré la persistance de la sécheresse qui a marqué durablement l'écoulement de l'eau dans les années 1990. Pour leur part, [11] a marqué que les débits des grands fleuves africains sont conditionnés par la variabilité spatio-temporelle des précipitations. Les résultats obtenus dans ce travail ont confirmé les résultats de [11]. Aussi, [12] ont montré que la variabilité hydro-pluviométrique a des conséquences graves sur l'environnement biophysique.

### 3-3. Modes d'approvisionnement en eau

Les données d'enquête de terrain ont montré que les modes d'approvisionnement en eau sont diverses dans la ville de Bongor. Les puits, les mares, le fleuve Logone, les forages, la distribution d'eau par la Société Tchadienne des Eaux (STE) sont les principales sources d'approvisionnement en eau. Néanmoins, l'accès à ces différentes sources varie selon la saison ; qu'elle soit sèche ou humide (**Figure 7**). Cette figure montre les différents modes d'approvisionnement en eau à Bongor. Les puits constituent la source la plus élevée d'approvisionnement en eau. Qu'elle que soit la saison, l'eau de puits représente la première source d'approvisionnement en eau des populations de Bongor. Les mares constituent aussi une autre source d'approvisionnement en eau. En saison sèche, les mares sont tarées. C'est ce qui explique la faible fréquence pendant cette période. En saison pluvieuse, elles constituent 23,2 % du mode d'approvisionnement en eau. Le fleuve Logone et les forages sont aussi abondamment utilisés par la population (**Planche 1**). Ils constituent une proportion non négligeable quel qu'en soit la saison.



**Figure 7 :** *Mode d'approvisionnement en eau à Bongor*

*Source : Enquête de terrain, 2019*



**Planche 1 :** *Approvisionnement en eau à Bongor*

*Cliché Gouataine, 2018*

Cette planche montre les difficultés d'approvisionnement en eau dans la ville de Bongor. La photo de gauche montre une utilisation diversifiée de l'eau du fleuve pour la vaisselle, la lessive et même pour la boisson. La photo de droite montre des enfants qui s'approvisionnent dans un forage. Les quartiers *Largeau, Mailao, Djambal Bahr et Djôh Bongor* ont des difficultés à s'approvisionner en eau en saison sèche. L'absence totale des précipitations pendant cette période, l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'infiltration (I) élevées entraînent une diminution sensible du volume d'eau, conduisant ainsi à des difficultés d'approvisionnement en eau. Aussi, le nombre élevé d'abonnés à la STE dans ces quartiers ne facilite pas la situation en saison sèche. En effet, pendant cette période, le besoin en eau est très élevé avec une consommation en hausse. La diminution des eaux entraînant une pression très faible dans les tuyaux de desserte ne facilite pas l'approvisionnement en eau. Le diamètre de ces tuyaux de desserte qui est petit contribue aussi au faible niveau d'approvisionnement. La situation est différente dans les quartiers *Golontougou et Lam-Lam*. Dans ces quartiers, bien que les conditions naturelles soient les mêmes, le niveau de desserte est faible et les tuyaux de desserte ont un diamètre élevé. En plus de cela, le faible nombre d'abonnés facilite l'approvisionnement en eau. Toutefois, les autres modes d'approvisionnement en eau sont élevés dans ces quartiers. 48,5 % des personnes enquêtées s'approvisionnent dans les puits, alors que 19,5 % utilisent l'eau des forages. A la question de savoir pourquoi ces deux modes sont les plus utilisés, les réponses divergent. Pour certains, l'eau de la STE coule difficilement quand bien même ils sont abonnés. Ils utilisent alors l'eau des puits. En ce qui

concerne les forages, ils sont publics et gratuits même si leur répartition est très faible dans ces quartiers. C'est ce qui explique cette préférence. D'une manière globale, les puits, les mares et le fleuve Logone constituent les principales sources d'approvisionnement en eau dans la ville de Bongor. Ce qui a des conséquences considérables sur la santé de la population. [13] a aussi montré que la récession pluviométrique a touché la population de Bangui par rapport à l'eau. Cette situation n'a pas permis à cette population d'avoir accès à une eau de qualité. Le déficit hydrique a touché la disponibilité des ressources en eau et a affecté la qualité de l'eau consommée par la population. [14] a montré les résultats similaires dans ses travaux au Bénin. En effet, il a montré l'indisponibilité des sources d'approvisionnement en eau suite à la variabilité pluviométrique. Les résultats obtenus dans cet article ont confirmé les résultats antérieurs. [15] ont montré aussi que l'accès à l'eau reste un problème majeur de santé publique. Cette indisponibilité en eau conduit à des problèmes de santé dont les conséquences sont énormes. Les auteurs ont montré aussi que les habitants de Daloa en Côte d'Ivoire parcourent de grandes distances pour s'approvisionner en eau, et là encore, la qualité de l'eau reste à déterminer. Les habitants de la plaine de Bongor souffrent aussi des mêmes problèmes que ceux de la ville de Daloa. Ainsi, afin de combler le manque d'eau, surtout pendant la saison sèche, la population fait recours au stockage d'eau dans les bidons. Pour cela, les bidons de 20 et 50 litres sont utilisés. Une autre stratégie consiste à faire des trous à eau dans le lit du fleuve asséché pour s'alimenter. Ces différentes mesures permettent à la population de Bongor de faire face à ces difficultés d'approvisionnement en eau.

#### 4. Conclusion

Au terme de cette étude, il convient de rappeler que des résultats majeurs qui ont été obtenus. A Bongor, la variabilité hydro-pluviométrique est très marquée. Les différentes décennies n'enregistrent pas les mêmes quantités pluviométriques. La première décennie (1990 - 1999) est déficitaire alors que les deux autres sont excédentaires (2000 - 2009 et 2010 - 2018). La tendance globale de 1990 à 2018 est excédentaire. Ceci montre qu'après les déficits pluviométriques des années 70 et 80, la situation pluviométrique s'est nettement améliorée. Il en est de même de l'écoulement qui subit aussi une variation. Les mois de juillet et août enregistrent plus de la moitié de la quantité totale précipitée. Cette situation n'est pas sans conséquence sur les modes d'approvisionnement en eau. Ces modes varient selon la saison. Les puits (48,5 %), les forages (19,5 %), le fleuve Logone (15,7 %), les mares (18,5 %) constituent les principales sources d'approvisionnement en eau. Il est indispensable et urgent pour les décideurs de pallier à ce problème d'approvisionnement en eau qui reste un défi important de santé publique.

#### Références

- [1] - REPUBLIQUE DU TCHAD, "Bilan diagnostic de l'hydraulique agricole", SDEA, (2001) 51 p.
- [2] - REPUBLIQUE DU TCHAD, "Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) aux Changements Climatiques", (2010) 63 p.
- [3] - R. GOUATAINE SEINGUE et L. BAOHOUTOU, "Mise en évidence de la variabilité pluviométrique dans la plaine du Mayo-Kebbi (sud-ouest du Tchad)", *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 25 (2015) 93 - 109
- [4] - R. GOUATAINE SEINGUE et Y. MAIMOUNA, "Variabilité climatique et émergence du paludisme à Bongor (Tchad)", *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, Vol. 1, N° 2 (2019) 143 - 156
- [5] - M. TIDJANIA, P. AKPONIKBÉ, "Évaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques : cas de la production du maïs au Nord-Bénin", *African Crop Science Journal*, 20 (2012) 425 - 441

- [6] - E. WILFRID VISSIN, "Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger", Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, France, (2007) 310 p.
- [7] - ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE, "*Guide d'utilisation de l'indice de précipitation normalisé*", Genève, N°1090 (2012) 17 p.
- [8] - L. BAOHOUTOU, "Les précipitations en zone soudanienne tchadienne durant les 4 dernières décennies, variabilité et impact", Thèse de doctorat, Université de Nice, France, (2007) 231 p.
- [9] - N. TELLRO WAI, B. NGOUNOU NGATCHA, G. MAHE, J. C DOUMNANG, F. DELCLAUX, N. GOUNDOUL, P. GENTHON, "Influence des activités anthropiques sur le régime hydrologique du fleuve Logone de 1960 à 2000", *IAHS Publ.*, 363 (2014) 437 - 442
- [10] - S. ARDOIN, H. NIEL, E. SERVAT, A. DEZETTER, J. F. BOYER, G. MAHE, J. E. PATUREL, "Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest: caractérisation de la situation de la décennie 1990" *IAHS Publ.*, 278 (2003) 223 - 228
- [11] - S. ARDOIN, "Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne", Thèse de doctorat, Université Montpellier II, France, (2004) 240 p.
- [12] - G. MAHE, G. LIENOU, L. DESCROIX, F. BAMBA, J. E. PATUREL, A. LARAQUE, M. MEDDI, H. HABAIEB, O. ADEAGA, C. DIEULIN, F. CHAHNEZ KOTTI, K. KHOMSI, "The rivers of Africa: witness of climate change and human impact on the environment", *Hydrological Processes*, 202 (2013) 442 - 453
- [13] - A. MEDARD OUESSEBANGA, "Récession pluviométrique et pénurie d'eau à Bangui : une triste réalité", *Annales de l'Université de Bangui*, Vol. 1, (4) (2017) 1 - 15
- [14] - G. ETENE CYR, "Contraintes hydro-pluviométriques et problèmes d'approvisionnement en eau dans le Bénin central : cas de la commune de Savè", *AIC*, 26 (2010) 218 - 223
- [15] - A. AWOMON DJALIAH FLORENCE, M. COULIBALY, M. NIAMKE GNANKE, S. SANTOS DOS, "La problématique de l'approvisionnement en eau potable et le développement des maladies a transmission hydrique dans les quartiers d'extension Orly de la ville de Daloa (Côte d'Ivoire)", *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, Vol. 1, N° 2 (2019) 91 - 108
- [16] - N. TELLRO WAI, "Les ressources en eau du bassin supérieur du Logone (Tchad - Cameroun et RCA) en liaison avec la variabilité climatique de 1961 à 1990", Diplôme d'Université, 3<sup>e</sup> cycle, Faculté des Sciences, Université Nice-Sophia Antipolis, France, (1999) 57 p.