

INVESTIGATION DES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE BASSIN DU NIGER AU BENIN

[INVESTIGATION OF SURFACE WATER AND GROUNDWATER IN WATERSHED OF NIGER IN BENIN]

Rachade O. A. DJINADOU¹⁻²

¹Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey-Calavi, Benin

²Carto-SIG Environment, Cotonou, Benin

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Water is a renewable but limited resource because of anthropogenic factors and the worsening rainfall that reduce availability. The West Africa in general and the Watershed of Niger in particular is experiencing a downward trend of their rainfall regime. It is in this context that the present study is to investigate which on surface water and groundwater resources in the the Watershed of Niger in Benin. The methodology is based on the interpretation of rainfall data, hydroecoregions map design highlighting the availability of surface water followed by a geological photo-interpretation for a better knowledge of infiltration areas. The results of this study showed a high availability of surface water resources of 54.22% of the basin area. The low slope gradient so that material of the fracturing network predisposes the basement of the basin to a good availability for groundwater. Thus, the flow rate (<5 m³/s) developed by implanted drilling shows that the watershed of Niger has significant amount of groundwater especially in the North East, where the developed flow rates exceed 83 m³/s.

KEYWORDS: Surface water; ground water; Watershed of Niger; Rainfall pejoration; investigation; Benin.

RESUME: L'eau est une ressource renouvelable mais limitée du fait des facteurs anthropiques et de la péjoration pluviométrique qui en réduisent la disponibilité. L'Afrique de l'Ouest en général et la région du bassin du Niger en particulier connaît une tendance à la baisse de leur régime pluviométrique. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui vise à investiguer sur les ressources en eau de surface et souterraines dans le bassin du Niger au Bénin. La méthodologie utilisée est basée sur l'interprétation des données de pluies, la conception de la carte des hydroécocorégions mettant en évidence la disponibilité des eaux de surface suivie d'une photo-interprétation géologique pour une meilleure connaissance des zones d'infiltration. Les résultats de cette étude ont montré une forte disponibilité des ressources en eau de surface sur 54,22% de la superficie du bassin. Le faible gradient de pente ainsi que l'importante du réseau de fracturation prédispose le sous-sol du bassin à une bonne disponibilité en eau souterraine. Ainsi le débit (< 5 m³/s) développé par les forages implantés montre que le bassin du Niger au Bénin dispose d'importante quantité d'eau souterraine surtout au Nord-Est où les débits développés dépassent les 83 m³/s.

MOTS-CLEFS: Eau de surface ; eau souterraine ; bassin du Niger ; péjoration pluviométrique ; Investigation ; Bénin.

1 INTRODUCTION

L'eau est un facteur d'une grande utilité pour la production agricole, la production de l'énergie, le domaine de l'industrie, les usages domestiques et dans d'autres activités de la vie courante [1]. C'est une ressource indispensable à la vie, mais limitée du fait d'un ensemble de facteurs tels que la croissance démographique et la variabilité pluviométrique qui en réduisent la disponibilité. Les ressources en eau liées au régime pluvial (tout cycle confondu) présentent une forte variabilité aussi bien dans leur abondance que dans leur répartition saisonnière et spatiale [2]. Les pays les plus exposés sont ceux de l'Afrique du Nord, de l'Afrique subsaharienne et du Moyen-Orient [3]. Les sécheresses assez prononcées comme ce fut le cas au cours des périodes 1972-73 et 1981-83 ainsi que les changements climatiques constatés depuis 1981 dans les pays d'Afrique de l'Ouest, ont provoqué un tarissement généralisé de la majorité des points d'eau de surface et par conséquent une baisse souvent importante du niveau piézométrique des nappes phréatiques [4]. Le Bénin, drainé par quatre grands bassins hydrographiques (Pendjari, Niger, Ouémé, Mono-Couffo), a connu une baisse progressive de ses ressources de surface [5].

L'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la disponibilité des ressources en eau de surface et souterraine dans le bassin versant du fleuve Niger grâce à la télédétection et au SIG dans la perspective du développement durable.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin du Niger au Bénin se situe entre 1°34'15" et 3°55'7" de longitude Est et entre 12°27'20" et 9°31'12" de latitude Nord. Ce bassin est limité au Nord par la République du Niger, à l'Ouest par la République fédérale du Nigeria, à l'Est par le bassin de la Pendjari et au Sud par le bassin de l'Ouémé. D'une superficie de 4 419 482,4 Hectares, il s'étend sur les communes de Karimama, Malanville, Banikoara, Kandi, Gogounou, Segbana, Kerou, Kalalé, Nikki, Sinendé, Péhounco, Kouandé (Figure 1) et alimente une population de 1399263hbts soit 14% de la population béninoise.

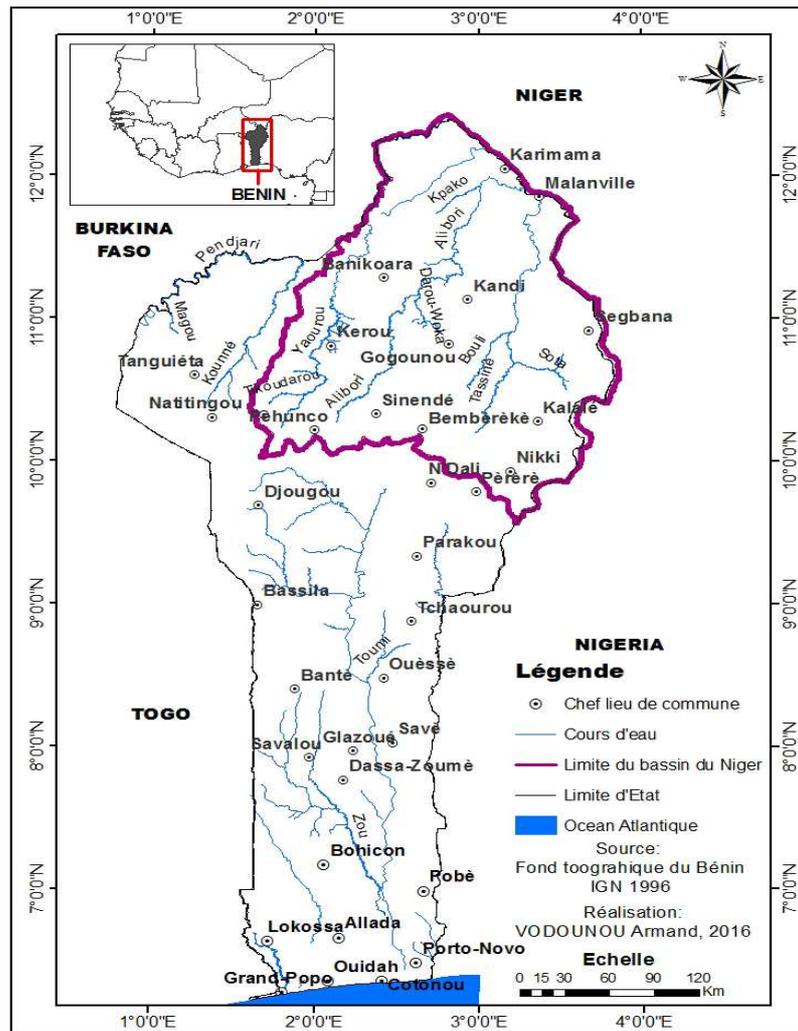


Fig. 1. Carte de situation du bassin du Niger au Bénin

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Le matériel utilisé est constitué de: logiciel (ArcGis pour la réalisation des cartes, Envi pour le traitement d'image, Global mapper pour la modélisation et Excel pour le traitement de donnée); de l'image Landsat ETM+ (année 2013, Path 191 Row 52) ; d'image radar de type SRTM ; du fond topographique du Bénin; de la base des données géoréférencées des forages ; des données de pluies annuelles issues des stations de Toui, Savè, Savalou, Tanguiéta, Parakou, Natitingou, Malanville, Kouandé, Kandi, Djougou, Bemberèkè, Ouèssè, Ina, Dassa-Zoumè, Bantè.

La démarche méthodologique adoptée a consisté à la réalisation de plusieurs cartes thématiques (Isohyète pluviométrique, densité de drainage, linéaments, altimétrie de surface). A cet effet, la technique d'interprétation photo-géologique d'images satellitaires a été utilisée pour la détection des linéaments [2]. L'application du filtre directionnel de SOBEL de matrice 7 x7 dans les quatre directions N-S ; NE-SO ; NO-SE ; E-O à l'imagerie satellitaire [3][1] de la zone d'étude a permis d'accentuer les contrastes entre les structures de l'image permettant ainsi leur extraction.

Aussi la technique d'interpolation spatiale par la fonction radiale de base (radial function basis) [2][3] a permis la spatialisation des hauteurs de pluies annuelles et des débits des forages dans le bassin du Niger. Le test de Pettit [7] a permis la recherche de ruptures de stationnarités dans l'évolution des pluies journalières. La technique de Photo-traitement Raster to TIM a été appliquée aux images Radar de type SRTM DEM 37_10 et 37_11 (2007), pour l'obtention des altimétries de surfaces.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARTOGRAPHIE DES ISOHYETES PLUVIOMETRIQUES ET DE LA DENSITE DE DRAINAGE

Les figures 2, 3 et 4 présentent respectivement l'application du test de Pettit aux stations du bassin du Niger, la variation spatiale des pluies et la densité de drainage en eau dans le bassin du Niger.

De l'analyse de la (figure 2), il ressort que dans la série chronologique des précipitations enregistrées, l'évolution des pluies n'est pas uniforme et la recherche de ruptures de stationnarités avec le test de Pettit, montre une rupture en 1988 (figure 2). La présence de cette rupture de stationnarité statistiquement significative au seuil de 95% exhibe l'existence d'une variation temporelle des précipitations.

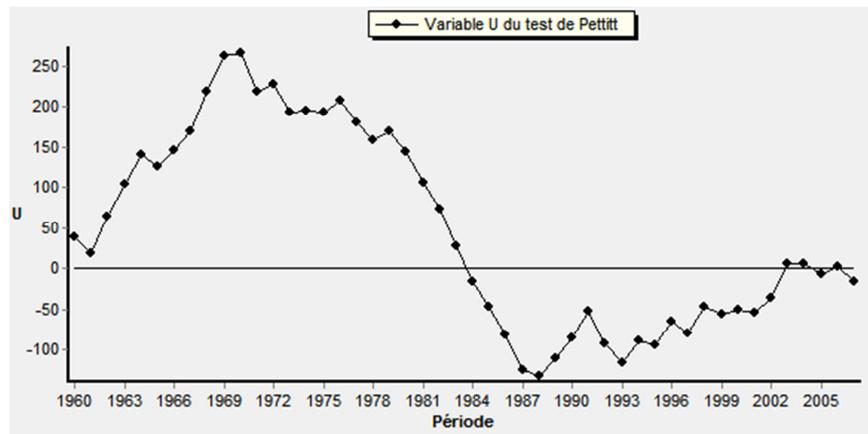


Fig. 2. Résultat du test de Pettit aux stations du bassin du Niger de 1960 à 2005

De l'analyse de la (figure 3), il ressort que le régime pluviométrique dans le bassin du Niger est caractérisé par une inégale répartition du volume d'eau précipité. Cette variabilité spatiale se traduit en effet par une diminution des précipitations du Sud vers le Nord et vers l'Est avec au sud des quantités de précipitations relativement importantes par rapport au Nord et à l'Est. Par ailleurs, de façon générale il est observé une faible pluviométrie à l'échelle du bassin du Niger avec une valeur moyenne annuelle de l'ordre de 827mm /an.

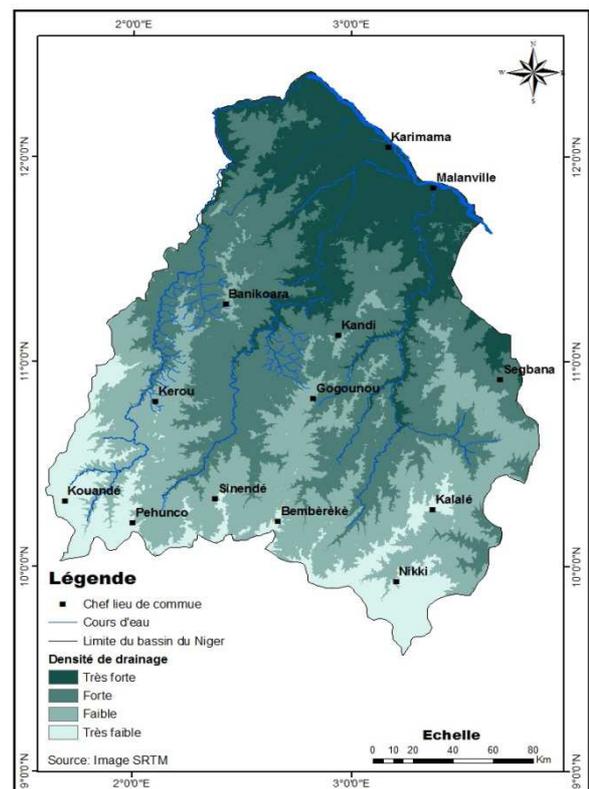
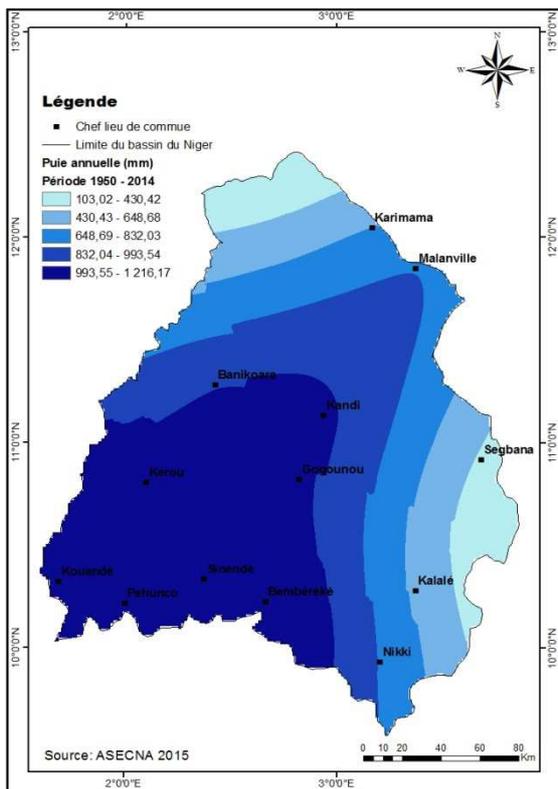


Fig. 3. Répartition spatiale de la pluviométrie annuelle dans le bassin du Niger au Bénin entre (1960-2009) **Fig. 4. Densité de drainage dans le bassin du Niger au Bénin**

La densité de drainage des eaux de surface illustrée par la (figure 4) montre la convergence des eaux qui tombent massivement au Sud vers le Nord du bassin où les précipitations sont très faibles, et cela en raison du sens d'écoulement des eaux qui est orienté dans un gradient Sud-Nord (Figure 5). La carte de densité de drainage se caractérise par quatre classes : les classes à très forte et à forte densité de drainage occupent 91% de l'étendue du bassin s'étend (du centre vers le Nord du bassin) tandis que les classes à faibles et à très faible densité de drainage n'occupent que 9% de la superficie du Bassin (Sud du bassin).

3.2 CARTOGRAPHIE DE LA DISPONIBILITE EN EAU DE SURFACE

La carte de disponibilité en eau de surface (figure 6) a été réalisée à partir de la combinaison des paramètres suivants : densité de drainage et répartition spatiale de la pluviométrie annuelle. Dans le bassin du Niger, la disponibilité en eau de surface augmente au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'exutoire du bassin (Fleuve Niger). Les zones de disponibilités sont en effet réparties en cinq classes. Les classes à très forte (38,1%), à forte (23,9%) occupent 62% de la superficie du bassin et offrent une meilleure disponibilité en eau de surface ce qui conditionnent une bonne alimentation de la nappe souterraine. En ce qui concerne les classes de disponibilité faible et très faible, elles occupent 38% de la superficie du bassin. Ces zones de faible disponibilité en eau de surface se trouvent au sud du bassin où l'altimétrie est élevée (Figure 5).

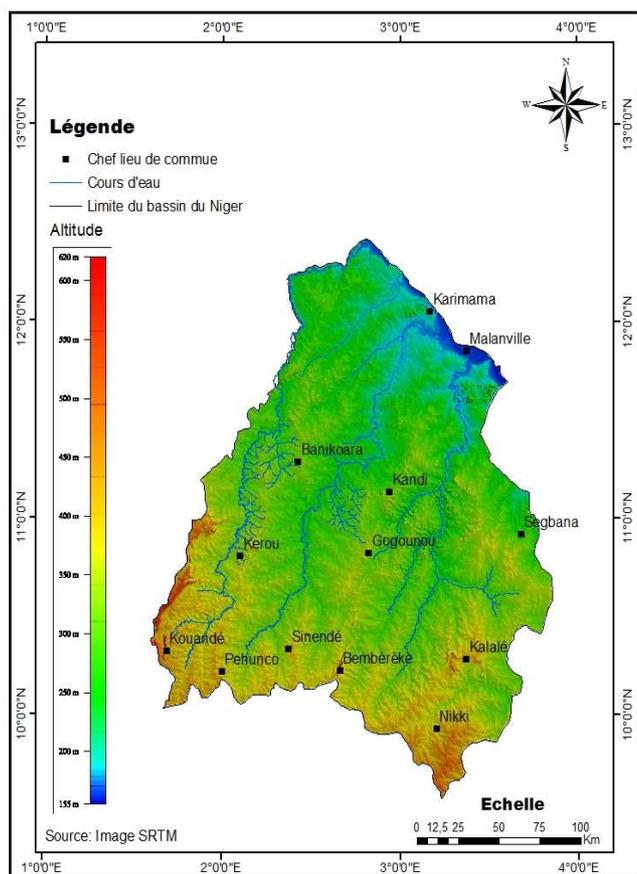


Fig. 5. Altimétrie du bassin du Niger au Bénin

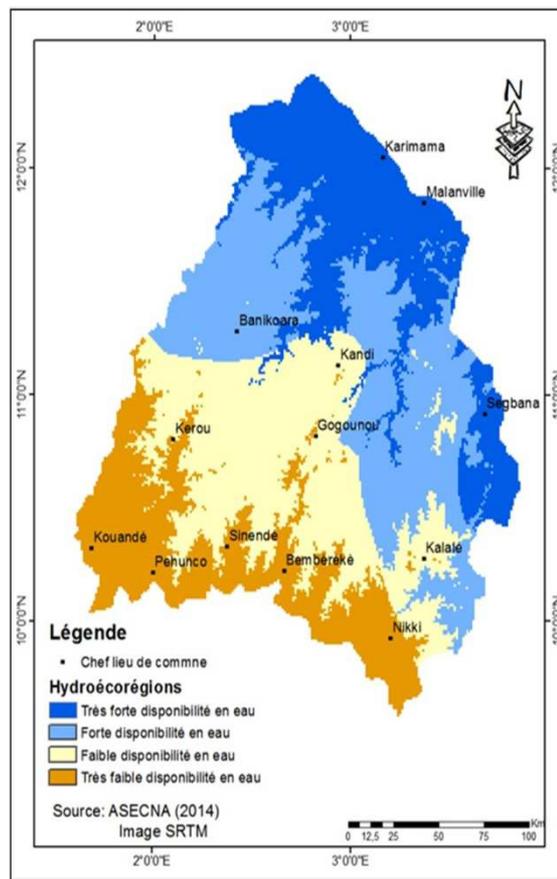


Fig. 6. Disponibilité en eau de surface dans le bassin du Niger au Bénin

3.3 DISPONIBILITÉ EN EAU SOUTERRAINE

La pente joue un rôle fondamental dans la recharge des nappes à travers l’infiltration des eaux de surface. En effet le ruissellement ralentit quand la pente devient faible, et dans les dépressions à pente faible, l’eau stagne et l’infiltration prend le dessus sur le ruissellement. Ainsi le bassin du Niger est caractérisé par un faible gradient de pente compris entre 0 et 1,94 % (Figure 7) ce qui induit une faible cinétique des eaux de surface et facilite la recharge des nappes souterraines surtout au niveau de l’exutoire du bassin.

L’investigation des linéaments de surface repérés par filtrage directionnel de SOBEL renseigne sur l’existence de nombreuses fractures superficielles dans le bassin du Niger avec une dominance au centre et à l’Est (Figure 8). De ce fait, l’infiltration des eaux de surfaces dans ces zones à faible disponibilité se fait à travers les fractures.

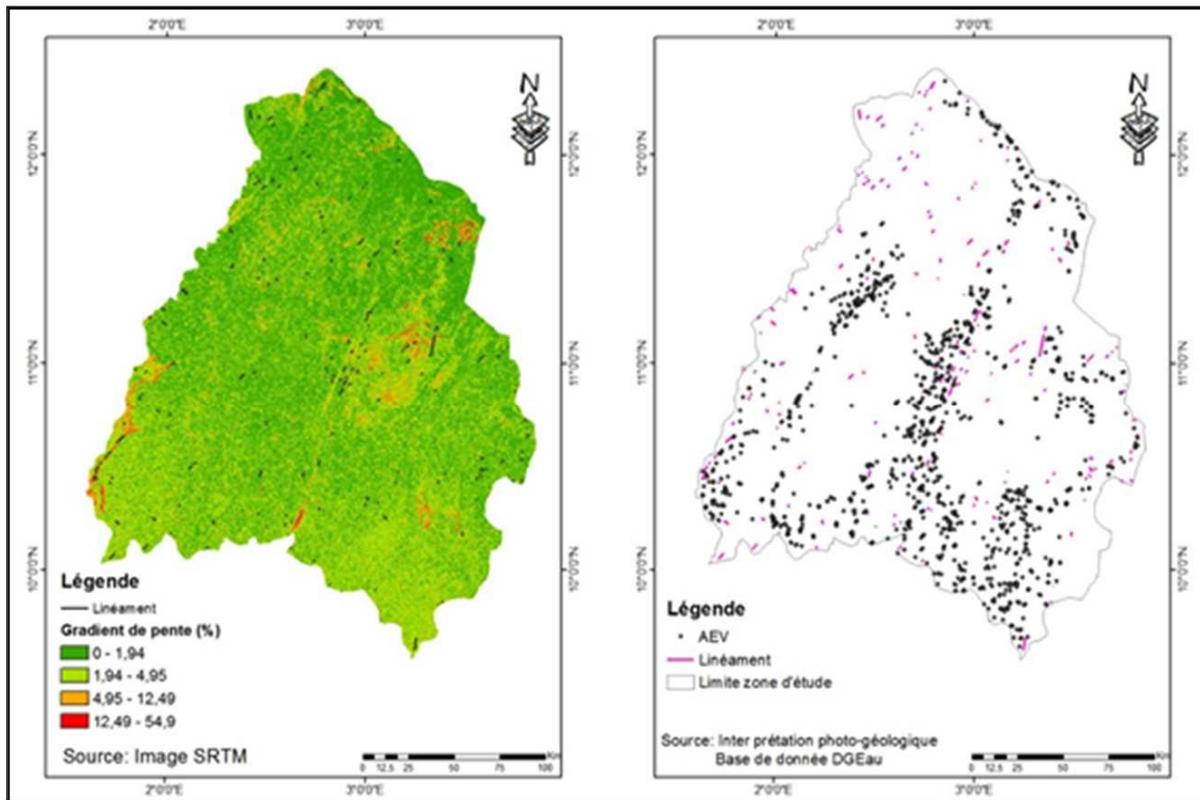


Fig. 7. Gradient de pente dans le bassin du Niger au Bénin

Fig. 8. Densité linéamentaire dans le bassin du Niger au Bénin

La spatialiséation du débit des forages a permis d'obtenir la carte de répartition des débits dans le bassin du Niger au Bénin (Figure 9).

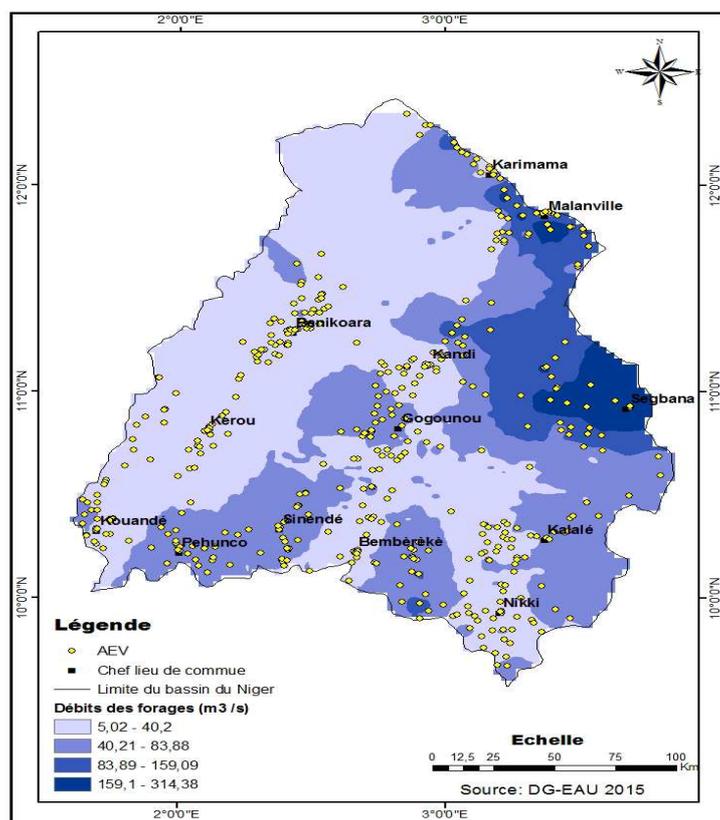


Fig. 9. Répartition spatiale du débit des forages dans le bassin du Niger au Bénin

De l’analyse de cette figure, il ressort globalement que le débit des forages implantés dans le bassin est supérieur à 5 m³/s ce qui implique dans l’ensemble une disponibilité relative en eau souterraine. Les zones de fort débits (>83 m³/s) sont localisées sur 15 % du territoire. Les poches les plus importantes se situent au Nord-Est (dans les régions de la commune de Segbana) et au Nord du bassin (Commune de Malanville). Elles expriment une forte disponibilité des ressources en eau souterraine. La classe de débit comprise entre 40 et 83 m³/s occupe 37% du bassin (commune de Kandi-Gogounou-Sinende-Bembereke-Pehunko-Kalale) tandis que la classe de débit < 40 m³/s occupe 48 % du bassin et sont majoritairement localisées à l’ouest (Nikki-Kerou-Kouande-Banikoara).

3.4 DISCUSSION

La répartition de la pluviométrie dans le bassin du Niger présente plusieurs caractéristiques remarquables : premièrement, une diminution des précipitations du Sud vers le Nord et vers l’Est, et deuxièmement une baisse interannuelle de la pluviométrie. Ces résultats sont conformes à ceux de [2] qui confirment cette diminution dans le bassin béninois du fleuve Niger. Aussi les recherches effectuées par [6], indiquent une diminution des précipitations en Afrique de l’ouest [7]. La région ouest-africaine a en effet connu une récession pluviométrique aux ampleurs parfois très accusées, doublée d’une augmentation significative du nombre d’années sèches [7]. Cette variabilité climatique affecte considérablement la disponibilité des ressources en eau qu’elles soient de surface ou souterraines. Plusieurs travaux scientifiques ont en effet confirmé, la relation entre le climat et la disponibilité des ressources en eau [8][9].

Dans de nombreuses régions, la connaissance des ressources en eau est un problème majeur pour le développement économique [10]. Dans le bassin du Niger, les eaux de surface sont fortement disponibles sur 62% de la superficie du bassin et sont réparties entre le Nord et l’Est. Selon [7], le bassin du Niger au Bénin mobilise la plus grande partie des ressources en eau de surface. Dans un contexte où l’eau est indispensable à la plupart des activités humaines, et où selon [11] quatorze pays d’Afrique sont confrontés à des situations de rareté ou de pénurie d’eau, la forte disponibilité des eaux de surface au Nord Bénin serait un atout dans le développement des activités socio-économiques de la région. Les eaux de surface contribuent également à la recharge des eaux souterraines qui constituent une ressource vitale pour satisfaire les besoins en eau douce des collectivités.

Les conditions climatiques et hydrogéologiques sont des déterminants de la disponibilité en eaux des nappes souterraines [12]. La combinaison des facteurs : Isohyètes pluviométriques, densité de drainage, gradient de pente, altimétrie, densité de fracturation, permettent d'évaluer les zones de recharge et de disponibilité en eau souterraine [4]. Ainsi dans le bassin du fleuve Niger, malgré la baisse des hauteurs pluviométriques, la région constitue un important réservoir d'eau souterraine pour la satisfaction des besoins en eau des populations ce qui confirme les résultats de [2] ce qui se justifie par les débits élevés ($< 5 \text{ m}^3/\text{s}$) des forages implantés dans les différentes localités du bassin du Niger au Bénin.

4 CONCLUSION

L'eau est une ressource indispensable à la vie et aux activités humaines. L'étude de la variabilité pluviométrique interannuelle dans le bassin béninois du fleuve Niger a permis de montrer les irrégularités des précipitations dans ce milieu qui en outre sont inégalement réparties. L'investigation des eaux de surface a montré que plus de 60% de la zone d'étude présente une bonne disponibilité en eau de surface. Cette forte disponibilité combinée à l'importance de la fracturation détectée et au faible gradient de pente prédispose le sous-sol de ce bassin à une importante réserve en eau souterraine surtout dans les régions du Nord et de l'Est du bassin.

REFERENCES

- [1] Bouaouda H., Timoulali Y. (2000). Apport de la télédétection et des SIG pour la recherche hydrogéologique dans la région du sahel central des Doukkala (Maroc occidental). La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives. Éd. AUF. 2000. p. 205-213
- [2] Vissin E., Boko M., Perard J., Houndenou C. (2003). Recherche de ruptures dans les séries pluviométriques et hydrologiques du bassin béninois du fleuve Niger (Bénin, Afrique de l'Ouest). Publication de l'Association Internationale de Climatologie, Vol . 15, 2003
- [3] Hinrichsen D., Robey B., Upadhyay U.D. (1998). Solutions for a Water-short World. Baltimore: Johns Hopkins School of Public Health, Population Information Program. Population Reports, series M, n°14
- [4] Dibi B., Inza D., Goula A., Savane I., Biemi J. (2004): Analyse statistique des paramètres des forages influençant la productivité des forages cristallin et cristallophyllien dans la région d'Aboisso (Sud-Est de la Côte-d'Ivoire). Sud Sciences & Technologies, n°13, pp. 22-31
- [5] Le Barbé L., Alé G., Millet B., Texier H., Borel Y. et Gualde R. (1993). Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin. Edition ORSTOM; 540 p.
- [6] Sircoulon J., 1990 : Impact possible des changements climatiques à venir sur les ressources en eau des régions arides et semi-arides. WMO, 87 p.
- [7] Ogouwale R., Gomez A.C., Vissin E.W., Boko M. (2015). Changements climatiques et modélisation hydroclimatique dans le bassin versant de l'okpara (afrique de l'ouest)
- [8] Janicot S. (1990). Variabilité des précipitations en Afrique de l'Ouest et circulations quasi-stationnaires durant une phase de transition climatique. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 600 p.
- [9] Patuere J.E., (1998). Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. Journal des Sciences Hydrologiques, 43(6) : 937-946.
- [10] Flouzat G., Amram O., Fortin J. (2000). La place des observations par capteur satellitaire dans l'estimation et la régionalisation des ressources en eau. La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives. Éd. AUF. 2000. p. 189-203
- [11] Abbott, M.B. and Refsgaard, J.C. eds., Distributed Hydrological Modelling, Kluwer Academic, Dordrecht, 1996
- [12] Houedakor K.Z. (2011). *Variabilité climatique et impacts sur les besoins en eau dans le bassin sédimentaire côtier au Togo*. Atelier final du programme RIPIECSA Prospective du réseau AMMANET, p.28.