

## **SIG et distribution spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè au Bénin**

**Sylvie Carmelle Gérardine HOUNGUEVOU<sup>1</sup>, Coovi Aimé Bernadin TOHOZIN<sup>2\*</sup>, Momodou SOUMAH<sup>3</sup> et Inoussa TOKO MOUHAMADOU<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>RECTAS. Obafemi Awolowo University Campus. Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigéria

<sup>2</sup>RECTAS. Département de Cartographie. Obafemi Awolowo University Campus. Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigéria

<sup>3</sup>RECTAS. Département de Photogrammétrie et de Télédétection. Obafemi Awolowo University Campus. Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigéria

<sup>4</sup>RECTAS. Département des SIG. Obafemi Awolowo University Campus. Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigéria

\* Correspondance, courriel : [tohozin2003@yahoo.fr](mailto:tohozin2003@yahoo.fr)

### **Résumé**

L'eau occupe une place essentielle dans un monde de plus en plus urbanisé, exposé à des risques croissants où la population augmente chaque jour. Les besoins en eau dans la vie deviennent de plus en plus importants. Ce constat prend toute son importance dans les pays du sud en général et dans la commune de Zè en particulier. Une frange importante de la population de cette commune continue de souffrir de cette ressource malgré des années d'efforts de maîtrise consacrés à la mise au point des techniques et à la réalisation des infrastructures hydrauliques. L'objectif que vise cette étude est de faire l'inventaire de ces infrastructures afin d'analyser leur distribution spatiale. La démarche méthodologique utilisée est exclusivement basée sur l'utilisation des données attributaires et spatiales. Le polygone de Thiessen a été généré pour mieux appréhender la couverture spatiale des infrastructures hydrauliques dans cette commune. Les résultats obtenus concourent à faire connaître leur distribution spatiale. Ces résultats montrent que les infrastructures sont inégalement réparties sur le territoire de la commune de Zè. La partie Nord-Est de la commune est presque dépourvue en infrastructure hydraulique. Ces conditions méritent d'être revues afin de permettre à la population de s'approvisionner en eau potable et sans parcourir une longue distance.

**Mots-clés :** *SIG, distribution spatiale, infrastructure hydraulique, Zè, Bénin.*

### **Abstract**

#### **GIS and spatial distribution of water infrastructure in the municipality of Zè Benin**

Water plays a vital role in an increasingly urbanized world exposed to increasing risks, where the population is increasing every day. Water needs in life are becoming increasingly important. This observation becomes important in the South in general and the township of Zè in particular. A significant

proportion of the population of this town continues to suffer due to this resource despite years of efforts dedicated to its management and the development of technical and implementation of water infrastructure. The objective of this study is to make an inventory of these facilities in order to analyze their spatial distribution. The methodology used is based solely on the use of spatial and attribute data. The Thiessen polygon was generated to better capture the spatial coverage of water infrastructure in this municipality. The results contribute to make known their spatial distribution. These results show that the infrastructure is unevenly distributed on the territory of the township of Zè. The north-eastern part of the town is almost devoid of hydraulic infrastructure. These conditions need to be reviewed to allow the population to have access to potable water and without going through long distances.

**Keywords :** *GIS, spatial distribution, water infrastructure, Zè, Benin.*

## 1. Introduction

La Terre est la seule planète du système solaire à disposer, grâce à sa position privilégiée, d'eau liquide à sa surface [1]. Ce liquide occupe une place essentielle dans un monde de plus en plus urbanisé. Malheureusement cet usage de l'eau ne saurait être durable [2]. Le changement climatique devrait faire augmenter les précipitations entre les latitudes 30° N et 30° S, les pluies devenant moins importantes et plus variables dans les régions tropicales et subtropicales. Les phénomènes climatiques extrêmes seront plus fréquents, et les catastrophes naturelles plus nombreuses partout dans le monde [3]. La réflexion menée actuellement sur la valeur de l'eau renvoie à des aspects éthiques tels que l'eau comme bien social ou public ou comme marchandise [4, 5]. Cela est important si l'on sait que l'accès à l'eau est reconnu comme essentiel pour la réalisation des huit Objectifs du Millénaire pour le développement [6]. D'après les estimations publiées par l'Organisation des Nations-Unies (ONU), plus d'un milliard d'individus sont privés du droit d'accès à l'eau potable. En Afrique Sub-saharienne, on compte un tiers de la population n'ayant pas ce droit, et 2,5 milliards d'êtres humains n'ont pas accès à un dispositif d'assainissement de base. Par conséquent, sur une année, on estime à 1,8 million le nombre d'enfants qui meurent des suites de diarrhées ou d'autres pathologies causées par la consommation d'eau impure. Toujours dans cette même région considérée comme l'une des plus arides de la planète, selon [7], un tiers de la population ne peut plus accéder à l'eau salubre et plus de 2,5 milliards d'êtres humains ne bénéficient pas d'un accès à un dispositif d'assainissement de base.

Ces constats font dire à l'OMS, que près de la moitié des citoyens d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine sont atteints d'une ou plusieurs maladies associées à un approvisionnement en eau ou bien à un assainissement inadéquat [8]. Le constat est assez critique sur le terrain, car on note que, 88 % des cas de diarrhée dans le monde sont attribués à la consommation d'eau non potable et à une hygiène inadéquate ou insuffisante et sont responsables de 1,5 million de morts chaque année, surtout chez les enfants [9, 10]. Ainsi, au début des années 80, le Bénin s'est fixé pour objectif la couverture à 80 % des besoins en eau potable des populations rurales grâce au service de la Direction Générale de l'Hydraulique (DGH) et à 100 % celui des populations urbaines par le biais de la SONEB (Société Nationale des Eaux du Bénin) [11]. Malgré ces efforts, toutes les communes du Bénin ne sont pas encore pourvues en eau potable, l'accès et la disponibilité des ressources ne sont pas les mêmes selon que l'on est en milieu rural ou milieu urbain [12]. C'est dans ce contexte que dans la commune de Zè, à travers l'exécution des programmes d'hydraulique villageoise, plusieurs ouvrages ont été réalisés pour le bien-être des populations rurales et semi-urbaines. Malgré leur exécution les populations de cette commune éprouvent toujours de difficultés à avoir un accès aux ressources en eau de bonne qualité.

Cet article se propose de faire une évaluation des ouvrages existants sur le terrain afin de voir les problèmes qui sou tendent leur faible répartition dans le secteur d'étude. Il s'agit d'utiliser le système d'Information géographique (SIG) et de mettre en place les informations nécessaires au niveau de la répartition de ses infrastructures face à la démographie galopante.

## 2. Démarche méthodologique

### 2-1. Situation géographique du secteur d'étude

La commune de Zè est située entre 6°32' et 7°00' de latitude Nord, et 2°12' et 2°28' de longitude Est Avec une superficie de 653 km<sup>2</sup>, elle est la commune la plus vaste du département de l'Atlantique dont elle occupe 19,88 % du territoire. Elle est limitée au Nord par les Départements du Zou et de l'Ouémé, au Sud par les communes d'Abomey-Calavi et de Tori-Bossito, à l'Est par le département de l'Ouémé, à l'Ouest par les communes de Toffo et d'Allada, (*Figure 1*)

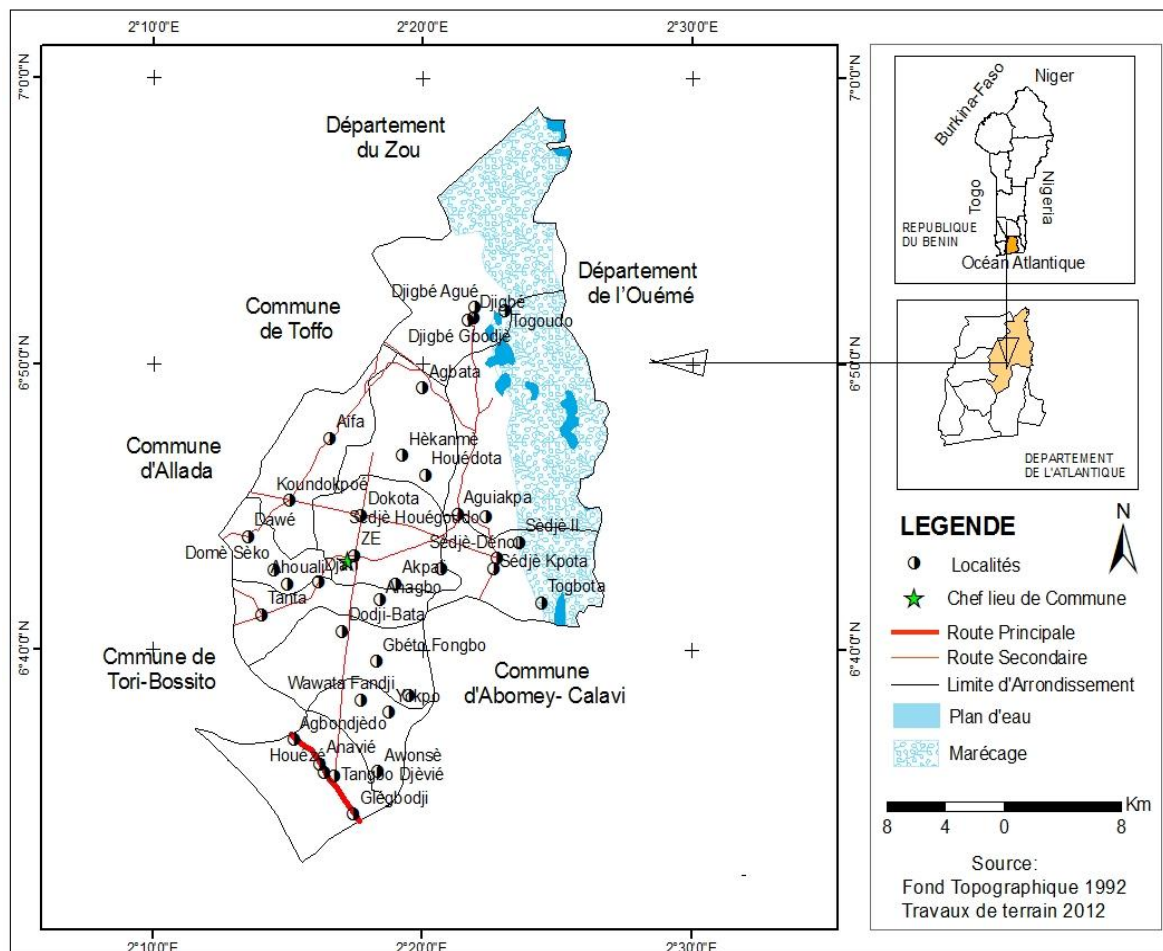


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Zè

Zè est un ensemble du vaste plateau d'Allada d'une altitude moyenne de 100 mètres qui s'incline légèrement vers la côte, et qui surplombe au Nord la dépression de Lama. Les formations géologiques qui composent ce relief sont essentiellement constituées de dépôts sablo-argileux altérés en faciès de terre de barre [13]. Cet ensemble constitue un facteur favorable aux forages et à l'installation des ouvrages

hydrauliques. Le climat est de type béninien marqué par des hauteurs pluviométriques plus ou moins élevées, une amplitude thermique annuelle relativement faible (inférieure à 5° C) et par la succession de quatre saisons distinctes [14]: une grande saison pluvieuse d'Avril à Juillet, une petite saison pluvieuse de Septembre à Novembre, une grande saison sèche de Décembre à Mars et une petite saison sèche centrée sur le mois d'Août. Le réseau hydrographique n'est pas dense et est plus localisé au Nord-Est. En effet, seule la zone Nord de la commune est irriguée par les affluents du fleuve Ouémé. Le couvert végétal se présente sous quatre ensembles à savoir : les forêts claires et formations boisées, les formations arborées et arbustives, les formations aquatiques et les plantations. Sur le plan démographique, le troisième recensement général de la population et de l'habitation (RGPH 3) de 2002 estime la population de la commune de Zè à 72814 hts soit, 9,08 % de la population du département de l'Atlantique.

## **2-2. Matériel et méthodes**

### ***2-2-1. Matériel et données***

Le matériel le plus important qui a été utilisé dans le cadre de cette étude est le logiciel d'analyse SIG ArcGis 9.3. Ce logiciel a facilité le traitement des fichiers de forme de 2002 de l'IGN-Benin contenant les limites d'arrondissement et de commune, ont été utilisés pour extraire la zone d'étude. La feuille topographique NB -31- XIV de 1960 (1ère édition) à échelle de 1/200 000 comportant la zone d'étude obtenue à l'IGN (Institut Géographique National) Bénin a été utilisée pour la numérisation des routes et d'autres éléments importants. Un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin 76csx de précision planimétrique d'environ 7 m a été utilisé pour la prise des coordonnées géographiques des infrastructures hydrauliques afin de les spatialiser. Des données démographiques ont été traitées par le tableur Excel et utilisées pour connaître les effectifs de la population par arrondissement. Ces différentes données ont été combinées pour être intégrées dans le SIG.

### ***2-2-2. Méthode de traitement des données***

Ces données ont subi différents traitements. Après extraction de la zone d'étude, les coordonnées géographiques ont été projetées pour chaque type d'infrastructure. Le logiciel Arc GIS est utilisé pour ce traitement. L'analyse spatiale est basée sur les normes requises pour la répartition des infrastructures hydrauliques et sur les résultats d'enquête de terrain. Ces normes selon la Direction Générale de l'Hydraulique [15], sont de 1 point d'eau pour 250 habitants avec une couverture de 1000 m de rayon. D'après nos investigations sur le terrain, il s'est révélé que les populations parcourent en moyenne 2 kilomètres. Un polygone de Thiessen est réalisé pour évaluer le poids spatial de chaque infrastructure hydraulique. Ensuite le poids démographique sur chaque infrastructure a été évalué et comparé à la norme. Un polygone de Thiessen est une fonction d'interpolation locale utilisant la méthode dite des plus proches voisins. Ces polygones découpent l'espace autour de points de base de telle manière que chacun d'eux comprennent toutes les positions possibles pour lesquelles il est le plus proche point d'échantillonnage.

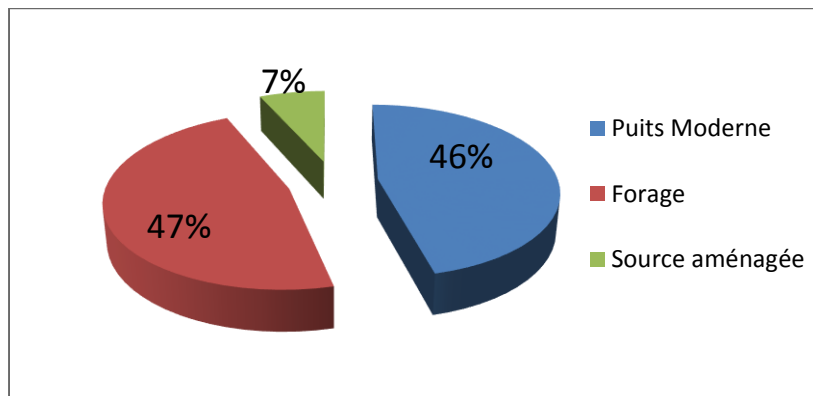
Cette méthode est l'une des plus courantes pour mesurer les aires d'attraction des infrastructures hydrauliques. En construisant un espace autour de chaque infrastructure hydraulique, un nouveau maillage se dessine si bien que l'ensemble des points (ou l'ensemble des consommateurs potentiels des infrastructures hydrauliques) est plus proche du point à partir duquel s'est construit le polygone que d'un autre point. On considère donc les polygones de Thiessen comme des unités relativement homogènes et on leur attribue la valeur du point autour duquel ils sont construits. Néanmoins les limites de ces polygones s'adaptent difficilement aux variables évoluant de manière progressive. Ils entretiennent l'illusion de

phénomènes inchangés entre les limites des polygones et changent de manière brusque à la frontière. Leurs représentations sont encore contraintes par le respect des surfaces et des contours du territoire. Enfin, ils dépendent en fait totalement de la distribution des points [16].

### 3. Résultats

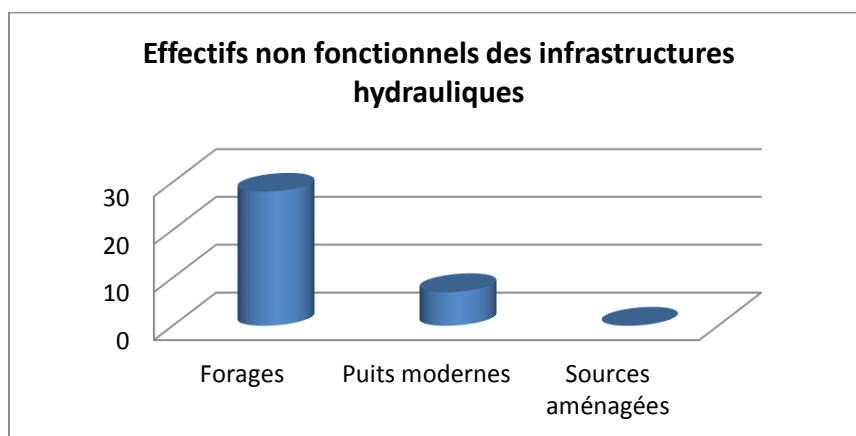
#### 3-1. Typologie des infrastructures

Au terme de ce travail, les différents résultats issus du traitement des données et d'analyses spatiales ont été présentés sous forme cartographique. Les travaux de terrain ont permis d'obtenir les types d'ouvrages hydrauliques dans la commune de Zè (*Figure 2*).



**Figure 2 :** *Proportions des types d'ouvrages hydrauliques*

Comme l'indique cette figure, les proportions des types d'infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè sont présentées. Au total, 47 % des infrastructures hydrauliques sont des forages, 46 % sont des puits modernes et 7 % sont des sources aménagées. Il ressort de cette répartition une proportion presque égale des puits modernes et des forages, alors que les sources aménagées sont en nombre réduits. Cependant certaines de ces infrastructures sont hors d'usage ou non fonctionnelles. Leurs effectifs sont présentés dans la (*Figure 3*).

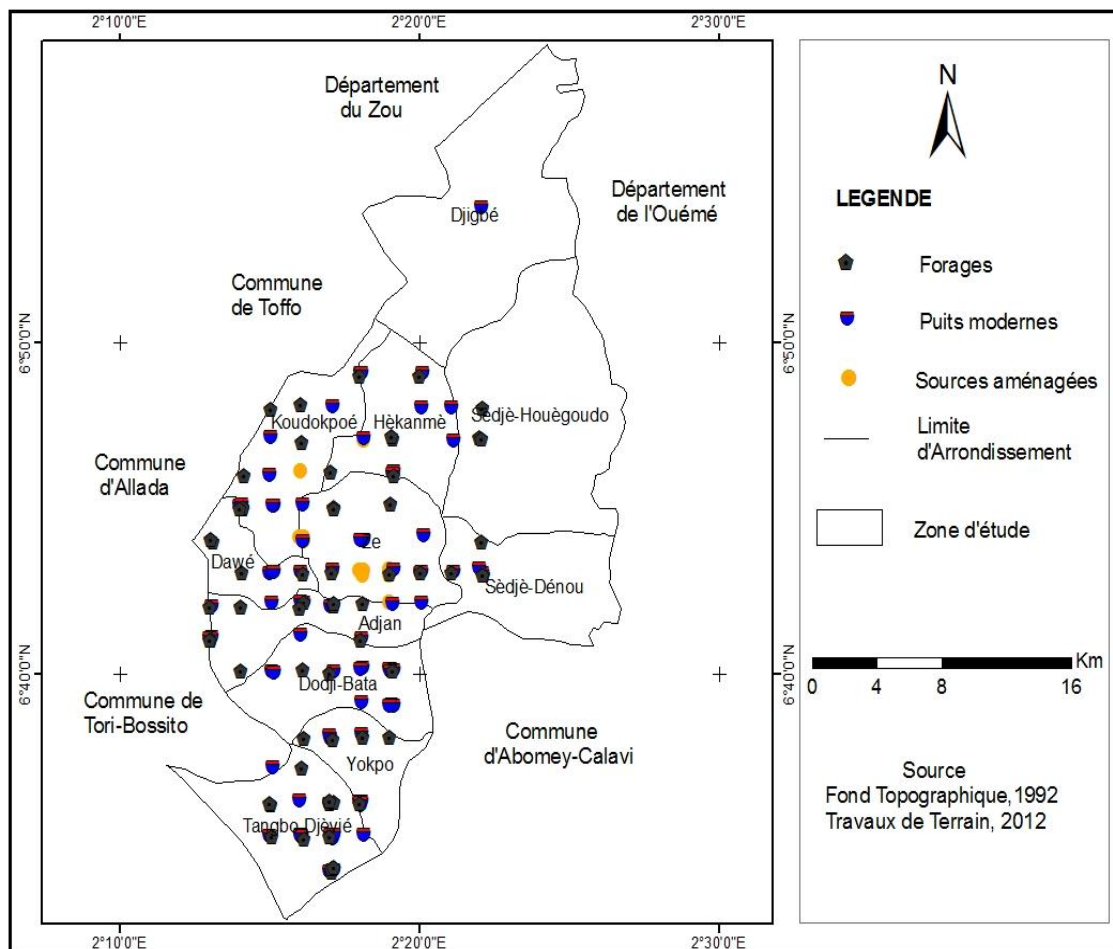


**Figure 3 :** *Effectifs des infrastructures hors d'usage ou non fonctionnelles*

Cette figure présente l'effectif des infrastructures hydrauliques non fonctionnelles dans la commune de Zè. On remarque que les forages constituent en grand nombre les ouvrages non fonctionnels et ensuite viennent les puits modernes. Les sources aménagées très peu dans la commune sont toutes fonctionnelles.

### 3-2. Répartition spatiale des ouvrages hydrauliques dans la commune

La carte des ouvrages hydrauliques a été obtenue, après l'extraction de la zone d'étude suivie de la projection des coordonnées géographiques des infrastructures. Après une teinte différente a été affectée à chaque type d'ouvrage identifié dans la commune (forages, puits modernes et les sources aménagées), la **(Figure 4)** présente le résultat.



**Figure 4 : Répartition spatiale des infrastructures hydrauliques**

Cette figure présente la répartition des infrastructures hydrauliques par arrondissement. On remarque que les infrastructures sont concentrées sur une partie du territoire (au centre et au Sud) de la commune. La zone marécageuse située au nord-est est presque dépourvue d'infrastructures. On note aussi que les sources aménagées sont plus concentrées dans l'arrondissement central de Zè. Pour mieux apprécier la répartition spatiale de ces infrastructures, une représentation par type d'ouvrage a été faite. Les résultats sont présentés par les **(Figures 5, 6 et 7)**.

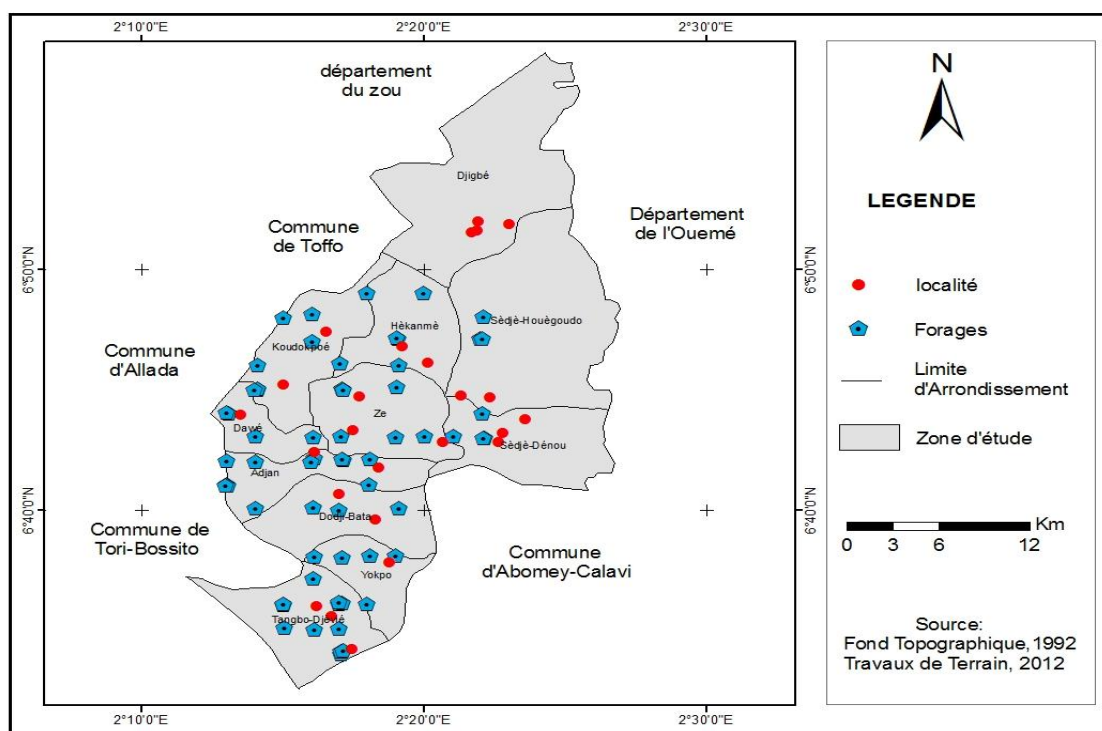


Figure 5 : Répartition spatiale des forages

Elle montre la répartition des forages par arrondissement. On note que les forages sont concentrés au centre et au sud de la commune, tandis que le nord et l'est sont presque dépourvus à cause de la présence du marécage. Ce constat se justifie par le fait que cette zone soit marécageuse et l'excès d'ion ferrique dans son sous-sol [14]. On note aussi la répartition des puits modernes sur le territoire du secteur d'étude. Ces puits modernes sont aussi d'une importance capitale et sont représentés sur la (Figure 6).

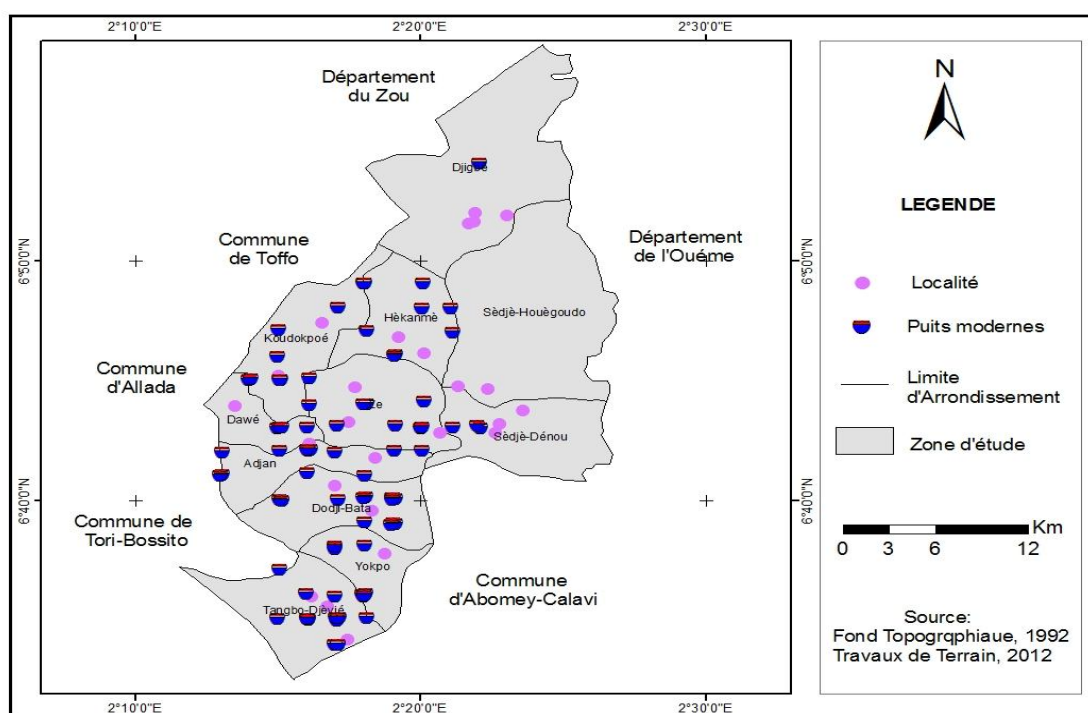
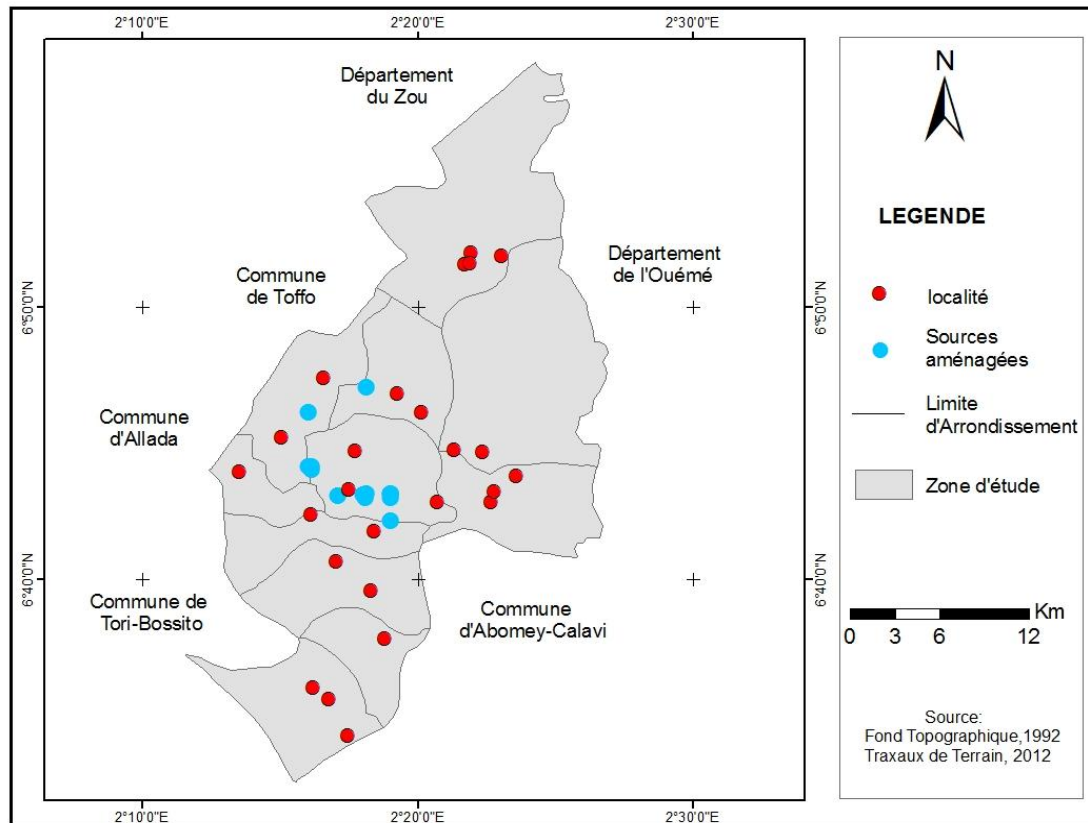


Figure 6: Répartition spatiale des Puits modernes

A la lecture de cette figure, on remarque que les puits modernes sont concentrés au centre et au sud de la commune, tandis que les parties nord et est sont presque dépourvues à cause des contraintes pédologiques et chimiques (Présence d'ion ferrique et de marécage). Les arrondissements concernés sont Sèdjè-Houégoudo et Djigbé. Les quelques sources aménagées de leur côté sont remarquables sur le territoire et sont présentées sur la (Figure 7).



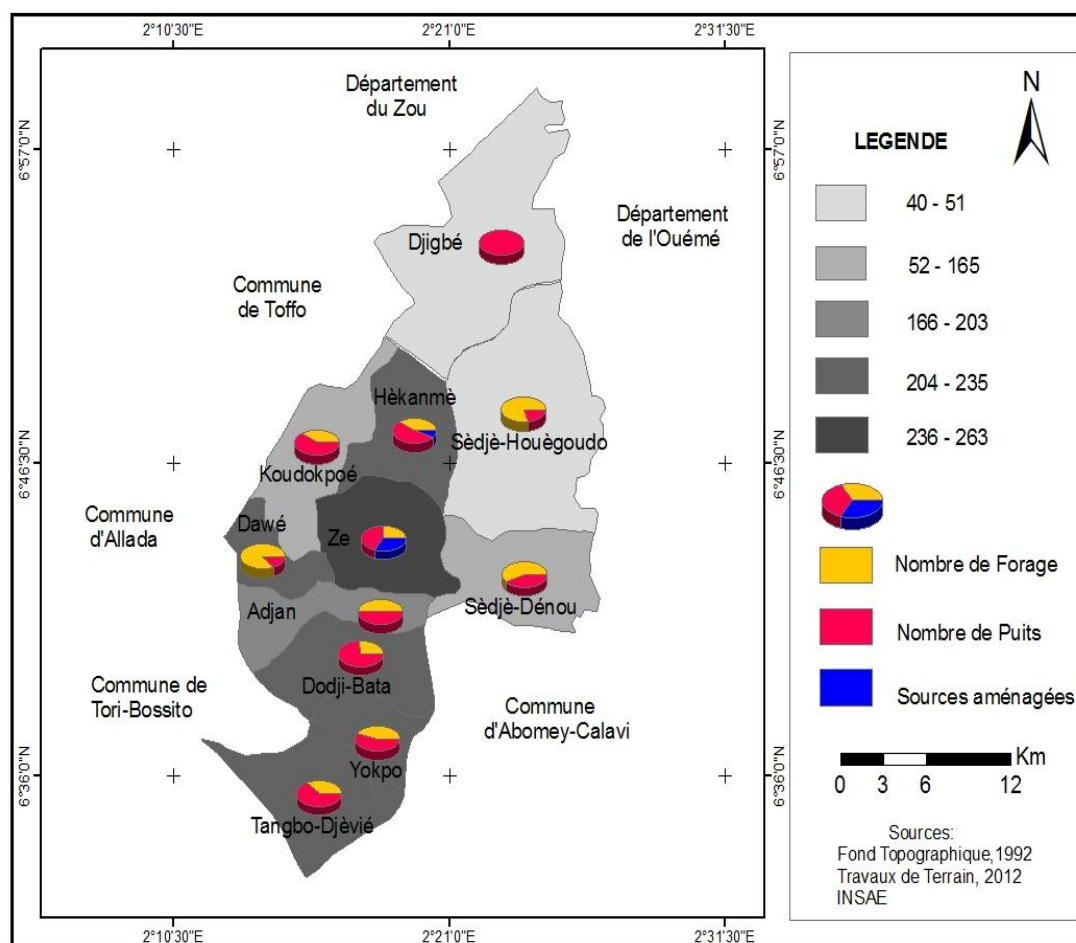
**Figure 7 : Répartition spatiale des Sources aménagées**

On note sur cette figure, la répartition spatiale des sources aménagées par arrondissement. On remarque qu'elles sont concentrées seulement dans l'arrondissement central de Zè et quelques-unes dans les deux autres arrondissements (Koundokpoé et Hèkanmè). Mais l'arrondissement de Zè concentre le plus grand nombre.

### 3-3. Répartition des infrastructures hydrauliques suivant la densité de la population

L'importance des ouvrages hydrauliques est mieux appréciée quand ils sont beaucoup plus accessibles par les populations. Pour mieux apprécier les facteurs démographiques liés à la distribution de ces ouvrages hydrauliques, les couches des ouvrages hydrauliques et de la densité des populations ont été superposées et sont présentées sur la (Figure 8).



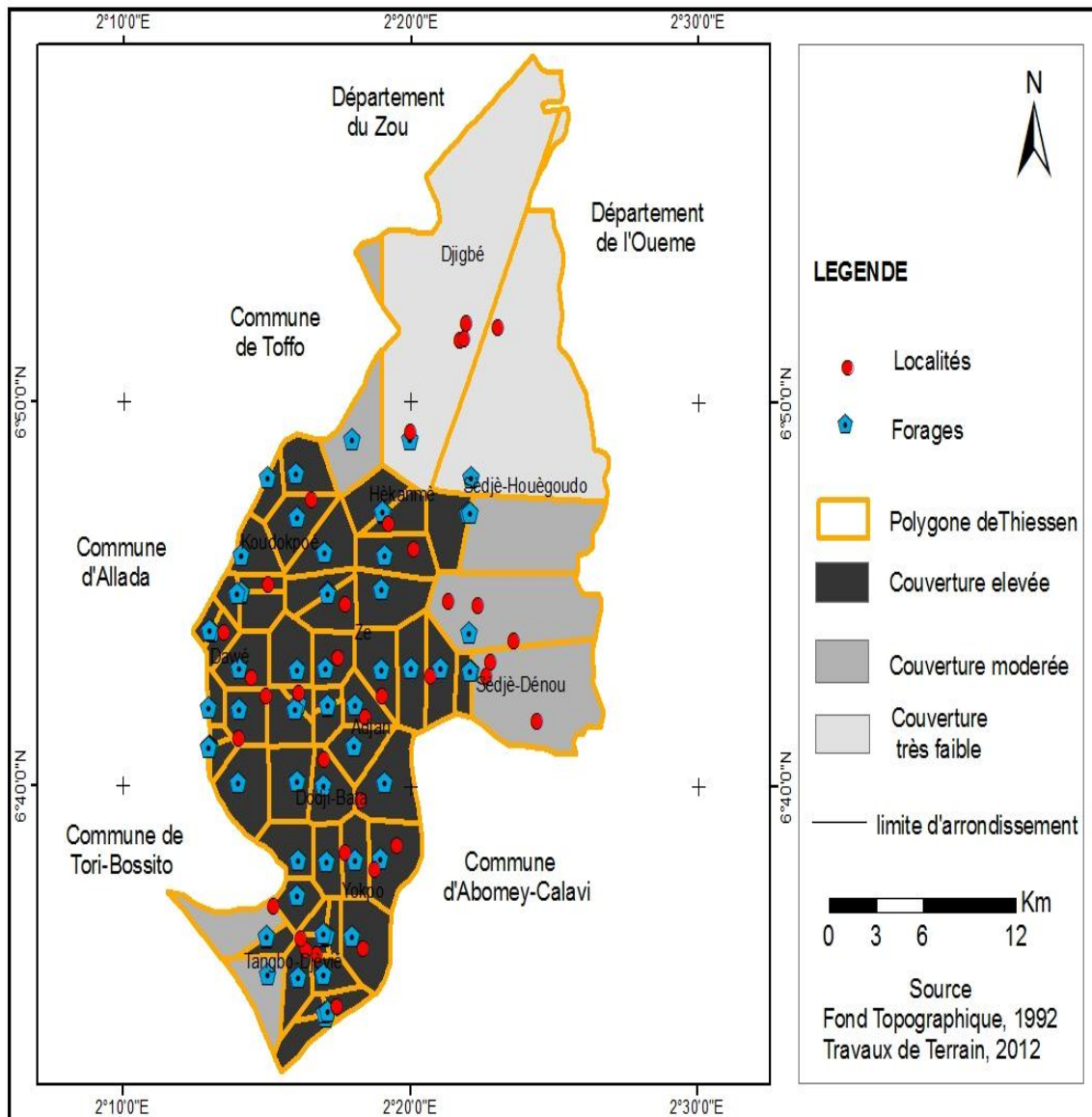


**Figure 8 : Relation entre infrastructures et densité de la population**

Cette figure met en relief la concentration des infrastructures en fonction de la densité de la population par arrondissement. On constate que l'arrondissement central de Zè, et l'arrondissement de Hèkanmè sont les plus peuplés et regroupent les trois types d'infrastructures hydrauliques. Ensuite on a les arrondissements du sud de la commune, moyennement densifiés et comportent les puits modernes et les forages. Par contre, les arrondissements du nord et de l'est connaissent une faible concentration humaine et par conséquent une faible concentration d'infrastructures hydrauliques. Cette situation s'explique en partie par la position géographique de ces arrondissements qui sont à proximité de la zone marécageuse. Plusieurs infrastructures sont parfois installées au même endroit à cause du poids démographiques des localités environnantes. Ainsi, chaque infrastructure peut desservir une zone précise et peut supporter une charge démographique limitée pour sa durabilité. Cet aspect seul ne permet pas de bien appréhender la distribution spatiale, la couverture spatiale aussi est une condition primordiale.

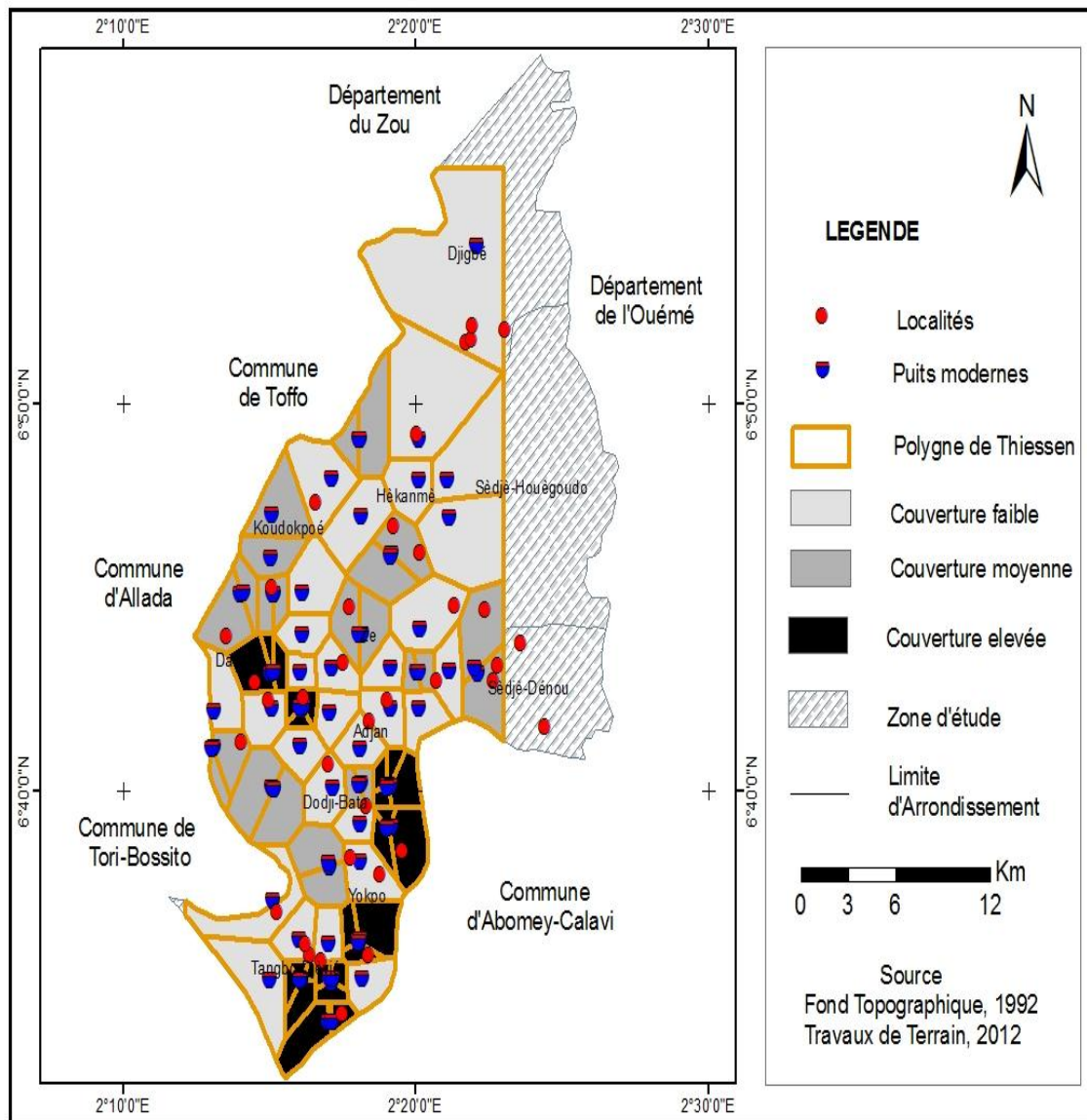
### 3-4. Couverture spatiale

Pour cerner la couverture spatiale des infrastructures hydrauliques dans cette commune, le polygone de Thiessen a été généré. Ce polygone a permis d'observer toutes les infrastructures hydrauliques proches de tel ou tel localité par rapport aux autres. Un polygone est construit autour de chaque infrastructure et comporte les localités proches de cette dernière. Cette technique de partitionnement de l'espace géographique en polygone permet de délimiter la zone de couverture des ouvrages hydrauliques. La (Figure 9) présente le résultat de cette analyse.



**Figure 9 : Couverture spatiale des forages**

Le polygone de Thiessen couvre les onze arrondissements que compte la commune rurale de Zè. L'analyse montre qu'au centre, au sud-est et à l'ouest de la commune, on note une bonne couverture des forages. A l'est et au sud-ouest la couverture est moyenne et au nord une très faible couverture. Cette faible couverture dans le nord s'explique par la présence des marécages. Ce polygone vient prouver que les zones restantes à pourvoir en forages sont les parties nord, nord-est et le sud-est de la commune en tenant compte de l'espace géographique. La même analyse du polygone de Thiessen réalisé au niveau des puits modernes et les sources aménagées donne les résultats des (*Figures 10 et 11*).



**Figure 10 : Couverture spatiale des Puits modernes**

L'analyse de cette figure montre au sud-est et une partie du centre de la commune une forte concentration des puits modernes, tandis qu'au Sud-Ouest et au centre Nord une moyenne concentration, puis au Nord, au centre et au Sud-Ouest, une très faible concentration des puits. Cette faible couverture dans le Nord et le Nord-Est s'explique aussi par la présence des marécages.

Le polygone de Thiessen couvre cinq arrondissements (Zè, Hèkanmè, Koundokpoé Dawè et Adjan) sur les 11 arrondissements que compte la commune. Sur les Cinq arrondissements couverts par ce polygone, on note la présence de douze sources aménagées dans trois arrondissements (Zè l'arrondissement central est couvert et quelques-uns de ces sources dans les arrondissements de Hèkanmè et de Koundokpoé).

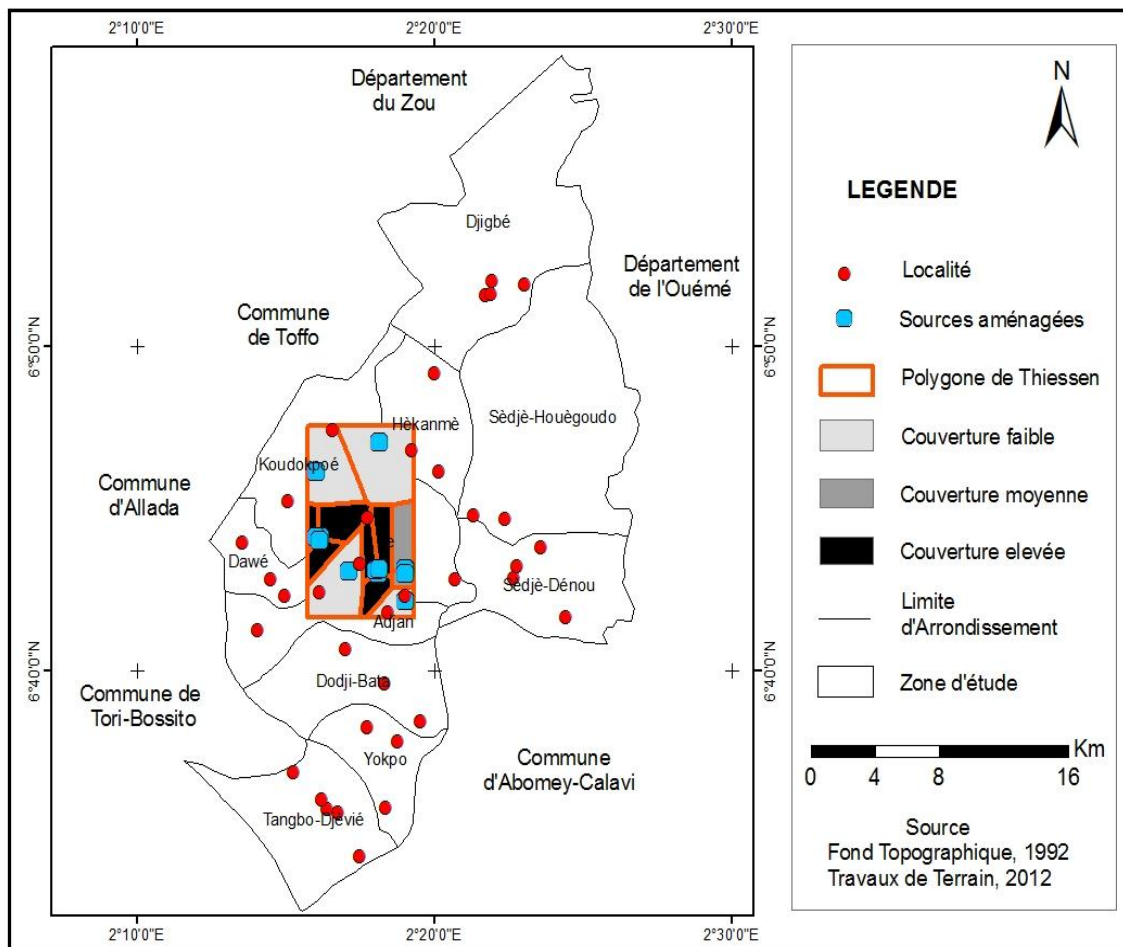


Figure 11 : Couverture spatiale des Sources aménagées

## 4. Discussion

### 4-1. Infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè

L'inventaire des infrastructures hydrauliques de la commune de Zè a permis d'identifier 3 types d'ouvrages. Ces ouvrages sont les puits modernes, les sources aménagées et les forages qui sont majoritaires. En effet, la plupart de ces infrastructures sont localisées au centre et au Sud de la commune avec une quasi absence dans le Nord-Est. Ces résultats obtenus sont semblables à ceux de [17], qui ont aussi constaté l'inégale répartition des infrastructures hydraulique dans la République d'Haiti. De plus il a été remarqué que les sources aménagées sont réalisées uniquement dans les arrondissements de Hèkanmè, Koudokpoé et de Zè.

### 4-2. Répartition des infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè

Il est d'une évidence certaine dans la commune de Zè que les infrastructures hydrauliques ne sont pas équitablement réparties. En réalité, cette répartition devrait prendre en compte la démographie et d'autres pesanteurs sociologiques et culturelles. Il n'est pas souvent rare de noter la présence de plusieurs infrastructures hydrauliques au même endroit. Un travail préalable devrait être fait afin d'associer la population dans l'installation des ouvrages. Ces observations corroborent les travaux de [18] qui révèle

qu'il est important de tenir compte de l'avis des populations pour comprendre le lieu d'installation et la forme possible desdits ouvrages. Cela éviterait certainement les problèmes d'approvisionnement à la source et l'utilisation égalitaire des bornes fontaines. C'est le cas des forages dont les zones de desserte ne couvrent pas toutes les localités de la commune. De plus chaque infrastructure devra supporter en moyenne 2500 habitants alors que, pour sa durabilité, il lui faut supporter 250 habitants [15].

Cette surcharge créée souvent des files d'attente lors de l'approvisionnement et des pertes de temps pour les populations. Ces faits renforcent les constats de [19], qui remarquent le même scénario dans la ville de Kandi. Dans le même ordre d'idée, [20] ont montré une inégale répartition des ouvrages hydrauliques qui se note de façon criarde dans cette même ville de Kandi, au Bénin. Dans leur démonstration, ils ont évoqué à travers leur explication que les ouvrages sont beaucoup plus concentrés dans le Sud-ouest et le centre, mais sont presque absents dans le Sud-est et le Nord. Il en résulte parfois des situations de pénurie d'eau et l'orientation des populations vers les sources non aménagées pour gagner du temps, toute chose qui compromet sérieusement leur santé.

#### **4-3. SIG et infrastructures hydrauliques**

Le SIG offre donc la possibilité de disposer de données historiques et actualisées sur la qualité de la ressource, sa disponibilité, sa gestion et permet de les optimiser en se penchant sur la cartographie. La question de l'accès aux ressources en eau est abordée pour tous à travers le regard porté aux infrastructures pour veiller à la qualité de leur distribution. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude en ce qui concerne l'utilité et le rôle joué par le SIG dans le domaine hydraulique sont semblables à ceux de [21]. Ces auteurs, ont visé dans leur travail un objectif fondamental qui est basé sur l'amélioration des connaissances nationales sur les ressources en eau et de leur protection.

Dans notre contexte actuel, le SIG a joué un rôle capital et assez important. Il a permis d'avoir une idée sur la typologie de ces infrastructures et de leur répartition sur l'ensemble du territoire. Une étude similaire avait été réalisée par [22] dans la localité de Zè au Bénin. En effet, à travers une approche SIG pour une analyse spatiale des infrastructures hydrauliques, ces auteurs ont utilisé l'analyse de proximité en se basant sur les zones tampons (buffer) afin d'apprécier la distribution spatiale et de déterminer la zone de desserte des points d'eau. En conclusion, ils ont montré une inégale répartition des infrastructures sur le territoire de la commune. La méthode utilisée pour ce travail est différente de celle basée sur le polygone de Thiessen.

Ces constats confirment largement les travaux de [23, 24] qui ont montré l'importance de cet outil puissant dans sa capacité à prévoir le déficit de ces infrastructures hydrauliques et à assurer la distribution pour le bonheur de la population bénéficiaire. Malgré l'utilité de cet outil dans les domaines de façon générale et dans le secteur de l'hydraulique en particulier, plusieurs auteurs dont [25-29] ont essayé de soulever en identifiant quelques contraintes pouvant nuire à l'utilisation des outils numériques. Ces facteurs peuvent être groupés selon trois catégories: les contraintes technologiques, les contraintes liées aux données et les contraintes organisationnelles. Nonobstant les réserves émises par ces auteurs, beaucoup d'autres se proposent de les contourner et cherchent plutôt à les valoriser pour le bonheur de toute l'humanité.

## 5. Conclusion

Au terme de cette étude, il est à remarquer que les infrastructures hydrauliques sont inégalement réparties sur le territoire de la commune de Zè. Cela entraîne dans le milieu une insuffisance de sources d'approvisionnement et qui amène la population à s'approvisionner au niveau des rivières et des plans d'eau. L'absence d'outil spatial dans la distribution des infrastructures hydrauliques est un grand facteur limitant le développement de la commune de Zè. Dans ce cas, la présente étude vient prouver encore les capacités et la diversité du (SIG) pour l'aide à la décision. L'approche développée dans cette étude est centrée sur l'intégration de la gestion de l'information à référence spatiale. Les avantages issus de l'utilisation du SIG sont énormes surtout en matière de la distribution des infrastructures, on note: un bénéfice du temps, un accès facile aux ressources en eau et un accès facile aux informations. La répartition spatiale des infrastructures hydrauliques doit être proportionnelle ou doit respecter les normes de répartition des points d'eau. Les autorités doivent s'investir pour l'installation d'autres infrastructures hydrauliques afin d'optimiser l'accessibilité. Il est donc important que les services chargés de l'installation des ouvrages hydrauliques évoluent avec la technique, car elle propose de plus en plus des solutions faciles et adéquates aux problèmes.

## Références

- [1] - E. W. 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 de l'Université de Bourgogne, (2007) 310 p.
- [2] - NEW SCIENTIST (2006), « The Parched Planet », 25 février, pp. 32-36.
- [3] - NATIONS UNIES, " L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie — Rapport des Nations Unies sur le développement dans le monde (WWDRI)", UNESCO et Berghan books, Royaume-Uni (2003).
- [4] - P.H. GLEICK, "The World's Water", (2004) 05, Island Press, Washington, D.C.
- [5] - A. KETTAB, R. MITICHE et N. BENNAÇAR, "De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies". *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Volume 21, numéro 2, (2008), p. 247-256.
- [6] - OMS/UNICEF, " Water for Life: Making it Happen, Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation ", (2005) ISBN 92 4 156293 5.
- [7] - J. HATEM, "Mesures de la pauvreté en eau : analyse comparative et développement de l'indice de pauvreté en eau", *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 13 Numéro 2 | septembre (2013), URL : <http://vertigo.revues.org/13982> ; DOI : 10.4000/vertigo.13982
- [8] - World Health Organization (WHO), "Global water supply and Sanitation Assessment", World Health Organization, Geneva: (2000) 2-9.
- [9] - OMS, "Evacuation des eaux de surface dans les communautés à faible revenus", ed. O. M. d. I. Santé. Genève, (1992) pp. 97.
- [10] - A. Prüss-Üstün, R. Bos, F. Gore, & J. Bartram, "Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health", World Health Organization. Geneva, (2008) pp. 60.
- [11] - A. E. KOUDOUFIO, "Problématique d'Approvisionnement en eau potable dans la commune de Dogbo", FLASH, UAC, (2011) 83 p.

- [12] - INSAE/RGPH3, "Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation ; analyse des résultats, tome 1 : répartition spatiale, structure par sexe et par âge et migration de la population au Bénin", (2003) 236 p.
- [13] - E. GUIDIBI, "Monographie de commune de Zè", (2006) 27 p.
- [14] - MAIRIE DE ZE, "Plan de développement de la commune de Zè", République du Benin, (2005) 141 p.
- [15] - DGH, "Stratégie nationale de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural du Benin 2005-2015". République du Benin, (2005) 21 p.
- [16] - M. HARANG, "Système de soins et croissance urbaine dans une ville en mutation : Le cas de Ouagadougou (Burkina Faso)", Thèse de doctorat de l'Université de Paris X Nanterre en Géographie de la santé, (2007) 507 p.
- [17] - E. EVENS et P. LINDSKOG, "Regards sur la situation des ressources en eau de la république d'Haïti", (2000) 27 p.
- [18] - C. DOYELLE, "Irrigation adduction d'eau potable redynamisation économique, Stage de deuxième année — ISTOM, agro-développement international, Togbota — Benin", (2008) 64 p.
- [19] - I. D. ASSOUMA, "Une approche SIG dans l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson à Kandi au Benin", Mémoire de DESS, RECTAS, Ile Ife Nigeria, (2011) 71 p.
- [20] - D. ASSOUMA ISSA, C.A.B. TOHOZIN, B.F. AGBO, "Système d'Information Géographique et qualité physico-chimique de l'eau de boisson à Kandi, Bénin". In *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): (2013), 2165-2177.
- [21] - A. EL GAROUANI et A. MERZOUK, "Délimitation des zones de protection autour de la retenue du barrage Hachef (Maroc) par télédétection et SIG". *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 19, n° 1, (2006), p. 1-10.
- [22] - S. C. G. HOUNGUEVOU, C. A. B. TOHOZIN, M. SOUMAH, S. F. B. ATTOLOU, "Approche SIG pour une analyse spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè, Benin". *Journal of Applied Biosciences*, ISSN 1997—5902, 73: (2013), 5949— 5958.
- [23] - S. C. G. HOUNGUEVOU, "Utilisation du SIG dans l'accessibilité des populations aux infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè". Mémoire de DESS en SIG au RECTAS, Obafemi Awolowo University à Ilé-Ife au Nigeria, (2013) 65 p.
- [24] - J. DUPONT, J. SMITZ, A. N. ROUSSEAU, A. MAILHOT et G. GANGBAZO, "Utilisation des outils numériques d'aide à la décision pour la gestion de l'eau". *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 11, (1998), p. 5-18.
- [25] - M.B. BECK, A.J.ADELOYE, B.A. FINNEY, P. LESSARD, "Operational water quality management: transients' events and seasonal variability". *Water, Sci Technol.* 24, 6, (1991) 257-265.
- [26] - R.T. KILGORE, J.S. KROLAK, M. WALSH, "Integration of water resource models And GIS for water resource management". In: *Proceedings of the 21st Annual Conference on Water Policy and Management: Solving the Problems*, FONTAINE D.G. and TUVEL H.N. [Ed], (1994) pp.37-40.
- [27] - D. ROBERTSON, M. HAGGITH, G. KENDON, J. AGUSTI, D. GOLDSBOROUGH, "Application of logic programming to decision support Systems in ecology". *AI Applic.* 9, 3, (1995) 23-38.
- [28] - S.M. BORN, W.C. SONZOGNI, "Integrated environmental management: Strengthening the conceptualization", *Environ. Manage* 79, 2, (1995) 167-181.
- [29] - J. CARTENSEN, P. VANROLLEGHEM, W. RAUCH, P. REICHERT, "Terminology and methodology in modelling for water quality management" -a discussion paper In: *Watermatex 97-Towards a New Agenda*, (1997) pp.369-380.