UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

=======

INSTITUT NATIONAL DE L'EAU

=======

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Mémoire de fin de formation présenté par

LAKOUSSAN Leunamme Akpédjé Roland

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Hydrologie

OPTION : GEOHYDROLOGIE

==========



==========

Maitre de mémoire

M. AZONSI Felix

Ingénieur Hydrogéologue

Maitre de stage

M. KOUNIKA Elie

Ingénieur Hydrogéologue

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION: 2023 - 2024

SOMMAIRE

INTRODUCTION 10

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 13

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE 29

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 33

CONCLUSION 47

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 49

ANNEXES 52

TABLE DES MATIERES 55

DEDICACE

A

Mon père pour tout ce qu'il a fait pour moi.

REMERCIEMENTS

La réussite du présent travail ne serait possible sans l'apport d'un certain nombre de personnes à qui je tiens à témoigner toute ma reconnaissance. J'adresse mes sincères remerciements :

- à Monsieur AZONSI Felix, mon Maitre Mémoire, pour son encadrement et sa disponibilité à suivre de loin et de près ce travail ;
- à Monsieur KOUNIKA Elie, mon Maitre de stage et directeur de la société de géophysique d'exploration et d'exploitation minière, ainsi qu'à son technicien ADEKAMBI Razack. Je les remercie pour l'opportunité qui m'a été donnée d'effectuer mon stage au sein de leur structure :
- au professeur Daouda MAMA, Directeur de l'Institut National de l'Eau (INE), pour nous avoir permis l'insertion dans son établissement ;
- à monsieur Raoul KPEGLI, le coordonnateur, pour son amour et sa lutte pour nous assurer une formation de qualité ;
- à tous les responsables de la Formation Professionnelle en Hydrologie à l'Institut National de l'Eau (INE) ;
- à tous les Honorables membres du Jury qui apprécieront ce travail ; merci pour le temps que vous sacrifierez au détriment de vos occupations pour l'analyse et l'amélioration de ce document ;
- à tous nos camarades étudiants de la promotion 2023-2024 qui ont œuvré au maintien d'une atmosphère de convivialité entre nous, spécialement à ceux de Géo hydrologie pour tout leur amour, tous leurs soutiens de natures diverses ;
- à mon ami GNANSOUNOU Gires pour toute l'aide qu'il a pu m'apporter lors de la rédaction de ce document.
- à mes camarades de stages PEKEYI Grace, KODJO Blurina, TRAORE Aicha, HOUNSOUNOU Priscilla, OUASSA Joycelyne, KODEGNON Edmond et ZANNOU Boris qui ont œuvré au maintien d'une atmosphère de convivialité entre nous et pour toute l'aide qu'ils m'ont apporté.

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CE	**:**	Conductivité Electrique
DG Eau	:	Direction Générale de l'Eau
FA	**:**	Forage Artésien
FPM	:	Forage équipé de Pompe à Motricité humaine
GIRE	**:**	Gestion Intégrée des Ressources en Eau.
LHA	**:**	Laboratoire d'Hydrologie Appliquée
MNT	**:**	Modèle Numérique de Terrain
NP	**:**	Niveau Piézométrique
NS	**:**	Niveau Statique
OMS	**:**	Organisation Mondiale de la Santé
RGHP	**:**	Recensement Général de la population et l'habitat
UAC	:	Université d'Abomey- Calavi

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Moyennes mensuelles des précipitations, de l'évapotranspiration potentielle et de la température à la station de Bohicon de 1980 à 2023..... 20

Tableau 2 : Moyenne mensuelle de la température et de l'évapotranspiration potentielle..... 21

Tableau 3 : Données climatiques de la commune de Zogbodomey (Station de Bohicon) 52

Tableau 4 : Caractéristiques sur la performance des forages artésiens à Zogbodomey..... 53

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Cycle de l'eau 15
Figure 2 : Formation d'une nappe souterraine 16
Figure 3 : Nappe libre, captive et phénomène de l'artésianisme 17
Figure 4 : Localisation de la zone d'étude 18
Figure 5 : Variation des moyennes mensuelles des pluies a Zogbodomey 19
Figure 6 : Variation de la température maximale et minimale mensuelle 20
Figure 7 : Variations des moyennes mensuelles de la température et de l'ETP 21
Figure 8 : Carte hydrographique de la commune de Zogbodomey 22
Figure 9 : Carte géologique de la commune de Zogbodomey 24
Figure 10 : Coupe stratigraphique du Bassin Sedimentaire Cotier 24
Figure 11 : Répartition des forages dans la zone d'étude 34
Figure 12 : Carte des profondeurs des forages artesiens 34
Figure 13 : Carte topographique de la zone d'étude 35
Figure 14 : Carte montrant la relation entre la geologie et le phenomene d'artesianisme…...35
Figure 15 : Débits des forages artésiens 40

RESUME

L'artésianisme, phénomène hydrogéologique présent dans la commune de Zogbodomey située dans le Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin, offre un potentiel hydrique précieux tout en posant des défis de gestion. Cette étude vise à évaluer les potentialités et les contraintes liées aux ressources en eau souterraine dans la commune de Zogbodomey en vue d'une exploitation rationnelle. La méthodologie utilisée s'articule autour de trois axes. Premièrement, nous avons réalisé une cartographie des forages artésiens dans la commune, puis avons étudié les relations entre géologie, topographie et présence d'artésianisme et enfin évaluer les performances hydrologiques et impacts de ces forages. Les résultats révèlent une concentration des forages artésiens dans les zones de basse altitude à l'Est et au Sud-Est de la commune, correspondant à l'aquifère captif du Crétacé supérieur. Les débits d'exploitation varient de 1,515 à 120 m^3/h, avec un débit total de 817,867 m^3/h, soit un déversement annuel de 7 164 514,92 m^3. L'étude met en évidence des impacts contrastés : d'une part, un meilleur accès à l'eau et un potentiel agricole accru, d'autre part, des défis comme la saturation des sols, la dégradation des infrastructures et des risques pour la qualité de l'eau. Face à ces constats et leurs implications pour le développement local, l'étude préconise la mise en place d'une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) adaptée à Zogbodomey. Les recommandations incluent des solutions techniques de régulation des débits et d'amélioration des infrastructures, ainsi que des mesures organisationnelles comme la création de comités de gestion locaux pour une gouvernance participative efficace.

Mots-clés : Artésianisme, Zogbodomey, Gestion intégrée des ressources en eau, Hydrogéologie, Développement durable, Aquifère captif.

ABSTRACT

Artesianism, a hydrogeological phenomenon present in the commune of Zogbodomey, located in Benin's Coastal Sedimentary Basin, offers valuable water potential while posing management challenges. This study aims to assess the potential and constraints of groundwater resources in the commune of Zogbodomey, with a view to their rational exploitation. The methodology is threefold. Firstly, we mapped the artesian wells in the commune, then we studied the relationships between geology, topography and the presence of artesianism. Finally, we assessed the hydrological performance and impact of these boreholes. The results reveal a concentration of artesian wells in the low-lying areas to the east and south-east of the municipality, corresponding to the Upper Cretaceous confined aquifer. Operating flow rates vary from 1.515 to 120 m^3/h, with a total flow rate of 817.867 m^3/h, representing an annual discharge of 7,164,514.92 m^3. The study highlights contrasting impacts: on the one hand, improved access to water and increased agricultural potential; on the other, challenges such as soil saturation, infrastructure degradation and risks to water quality. Given these findings and their implications for local development, the study recommends the implementation of integrated water resource management (IWRM) adapted to Zogbodomey. The recommendations include technical solutions for regulating flows and improving infrastructure, as well as organizational measures such as the creation of local management committees for effective participatory governance.

Keywords: Artesianism, Zogbodomey, integrated water resource management, hydrogeology, sustainable development, confined aquifer.

INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable à l'être humain qui, au repos, en consomme 2 à 3 litres par jour, fournis pour moitié par son alimentation. 97,2% des réserves d'eau de la planète sont constituées des eaux salées inutilisables pour les activités humaines et des 2,8% restant, 2,15% sont piégées dans les glaces polaires, 0,65% dont 0,62% sous forme souterraine (Baechler, 2012). Face à la croissance démographique et aux défis liés au changement climatique, l'accès à l'eau potable est devenu une priorité mondiale. En Afrique, la demande en eau douce augmente, tandis que les ressources en eau de surface sont limitées et souvent soumises à des pressions environnementales telles que la pollution et l'évaporation (Baechler, 2012). Dans ce contexte, l'exploitation des eaux souterraines apparaît comme une solution durable.

À l'échelle mondiale, les eaux souterraines représentent environ 30 % des réserves d'eau douce accessibles, mais seulement 0,62 % de l'eau totale de la planète (Shiklomanov, 1998). Ces ressources, bien que limitées en volume, sont cruciales pour l'approvisionnement en eau potable et le développement agricole, en particulier dans les régions semi-arides et arides où l'eau de surface est rare (Foster & Loucks, 2006). En Afrique subsaharienne, la Banque Mondiale estime que près de 40 % de la population dépend des eaux souterraines pour leurs besoins quotidiens en eau (World Bank, 2010). Les aquifères, en particulier ceux des bassins sédimentaires côtiers, représentent des réservoirs stratégiques pour la gestion de l'eau en raison de leur capacité à fournir une eau de qualité relativement stable et pure, moins vulnérable à la pollution de surface (Locas, 2007).

Le Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin est une région présentant un potentiel artésien. Ce bassin fait partie du vaste système géologique du golfe de Guinée, une région connue pour ses formations sédimentaires qui abritent des aquifères captifs (Boukari et *al*., 2007). La présence de ces aquifères crée des conditions propices à l'artésianisme, notamment dans des zones comme la dépression de la Lama, où les altitudes plus basses favorisent l'accumulation de l'eau (Freeze & Cherry, 1979).

L'artésianisme, phénomène hydrogéologique fascinant, se manifeste lorsqu'un aquifère confiné sous pression est traversé par un forage ou un puits, entraînant une remontée naturelle de l'eau à la surface (Custodio & Llamas, 2001). Ce processus est conditionné par des facteurs géologiques spécifiques, notamment la présence d'aquitards, qui sont des couches imperméables maintenant l'eau sous pression dans les aquifères captifs (Sethi & Di Molfetta,

2019). Cette pression fait jaillir l'eau lorsque l'aquifère est percé par un forage. Les forages artésiens sont donc une forme de ressource hydrique relativement économique dans des régions où l'eau est traditionnellement difficile à capter. Cela est particulièrement pertinent dans les pays en développement où les infrastructures hydrauliques modernes sont limitées.

Les avantages de l'artésianisme sont nombreux, en particulier dans les pays en développement comme le Bénin. Les forages artésiens fournissent une source d'eau durable, fiable et peu coûteuse, ce qui est essentiel pour les zones rurales où l'infrastructure hydraulique est souvent insuffisante (Foster et *al*., 2013). En outre, l'eau artésienne est généralement de bonne qualité en raison de sa filtration naturelle à travers les couches géologiques, ce qui en fait une ressource prisée pour l'approvisionnement en eau potable (Fetter, 2001). Comme l'ont montré Fetter (2001) et Todd & Mays (2005), ces forages peuvent jouer un rôle clé dans le développement rural, en favorisant l'agriculture, en réduisant la dépendance aux pompes, et en facilitant l'accès à l'eau potable.

Cependant, malgré ces opportunités, l'exploitation non contrôlée des forages artésiens à Zogbodomey pose plusieurs défis environnementaux et socio-économiques. Les études de Foster et *al*. (2013) sur la gestion des aquifères en Afrique subsaharienne ont montré que l'écoulement continu des forages peut entraîner une saturation des sols, une dégradation des terres agricoles, et une perte de la productivité des cultures. En outre, la mauvaise gestion des infrastructures hydrauliques, combinée à l'absence de régulation, peut provoquer des inondations locales et la dégradation des infrastructures existantes, réduisant ainsi les bénéfices à long terme pour la communauté. Ces défis soulignent l'importance d'une gestion durable des forages artésiens pour assurer un équilibre entre l'exploitation de l'eau et la protection des écosystèmes locaux. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude sur la caractérisation du phénomène d'artésianisme dans la commune de Zogbodomey.

L'objectif général de cette étude est caractériser le phénomène d'artésianisme dans la commune de Zogbodomey. Il s'agira plus spécifiquement de :

- réaliser une cartographie des forages artésiens dans la commune de Zogbodomey ;
- analyser la relation entre la topographie, la géologie et la distribution des forages artésiens dans la zone d'etude ;
- étudier les performances hydrologiques des forages artésiens, leurs impacts, et formuler des recommandations pour une gestion durable des ressources en eau ;

De ces objectifs spécifiques, il découle des hypothèses ci-dessous :

- la distribution spatiale des forages artésiens dans la commune de Zogbodomey présente une répartition non uniforme avec des zones de concentration préférentielle ;
- la présence des forages artésiens est fortement influencée par les conditions géologiques et topographiques locales, avec une prédominance dans les zones de basse altitude et les formations géologiques du Crétacé supérieur ;
- l'exploitation non contrôlée des forages artésiens engendre des impacts environnementaux et socio-économiques significatifs, nécessitant une gestion adaptée pour assurer la durabilité de la ressource ;

Ce mémoire est structuré en trois (03) chapitres :

- le premier correspond à une synthèse bibliographique et une présentation de la zone d'étude ;
- le second chapitre présente la méthodologie adoptée dans le cadre de cette étude ;
- enfin le troisième chapitre présente les principaux résultats des travaux et les discussions.

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Revue de littérature

Ce chapitre aborde les terminologies dont la connaissance aide à la compréhension de notre recherche.

1.1.1. Le cycle de l'eau

Avant de commencer son périple pour enrichir en profondeur nos sous-sols, formant ainsi des nappes, l'eau souterraine s'intègre d'abord dans un mécanisme connu depuis la naissance de la planète, le cycle de l'eau. Ce phénomène comporte plusieurs phases telles que : l'évaporation, la transpiration, la condensation, les précipitations, l'écoulement de surface, les infiltrations, la résurgence des nappes souterraines, et le stockage des eaux souterraines (The USGS Water Science School, 2019).

L'eau qui provient des océans et des lacs s'évapore du sol, en plus de celle qui émane de la transpiration des végétaux (évapotranspiration), et se dirige vers l'atmosphère. Toutes ces étendues d'eau de surface passent à l'état gazeux sous l'influence de l'énergie solaire. Une fois dans l'atmosphère, lorsque les vapeurs atteignent des niveaux suffisants, elles se condensent (processus par lequel l'eau se transforme de l'état gazeux à l'état liquide) sur des particules en suspension pour donner naissance à des nuages. L'eau retombe sur la terre sous forme de précipitations dès que les gouttes contenues dans les nuages deviennent assez lourdes. Elles peuvent surgir sous forme de pluies, de grêle ou encore de neige selon la température. Une fraction de l'eau ruisselle sur la surface terrestre pour alimenter les réserves d'eaux superficielles : lacs, ruisseaux, rivières, etc. Elle représente environ 24 % des précipitations, tandis que seulement 11 % s'infiltrent dans le sol pour la recharge des nappes (Guillemain & Winckel, 2013) et aquifères. Cette recharge s'effectue par percolation, qui désigne l'écoulement de l'eau dans le sol (milieu poreux non saturé) vers la nappe phréatique, sous l'action prépondérante de la gravité. Ce processus fait suite à l'infiltration et influence directement l'approvisionnement en eau des nappes souterraines (CSEB, 2005a).

Le cycle recommence indéfiniment dès que les eaux continentales se déversent dans la mer. La figure 1 ci-après illustre ce mécanisme.

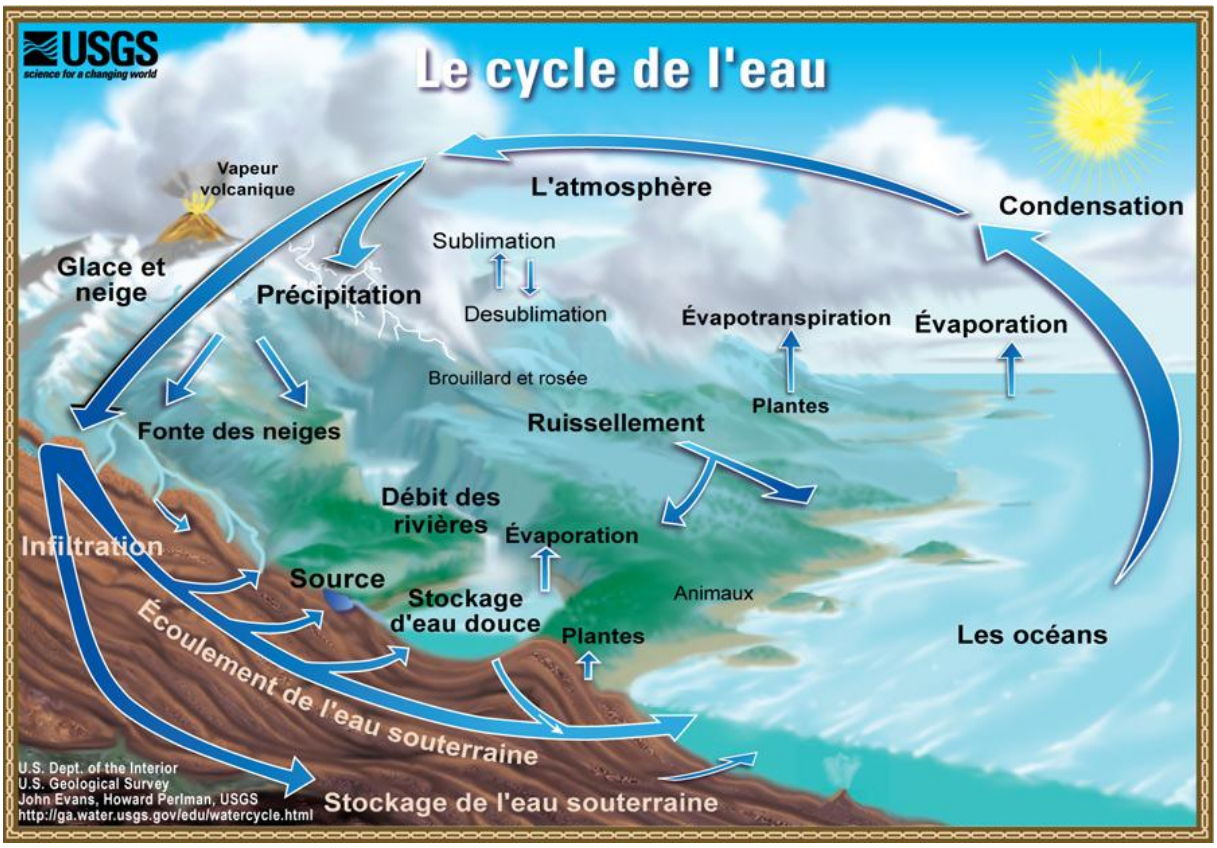


Figure 1 : Le cycle de l'eau (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Watercycle-french)

1.1.2. Aquifères et nappes d'eau

Les formations géologiques capables d'emmagasiner et de transmettre des volumes substantiels d'eau souterraine sont désignées comme des aquifères (Margat, 1972). Ces structures poreuses permettent l'extraction de ressources hydriques significatives pour divers usages (CESEAU, 2021). À l'inverse, les couches géologiques quasi-imperméables, qui entravent la circulation de l'eau, sont qualifiées d'aquicludes ou d'aquitards. Les strates calcaires et sableuses constituent des exemples typiques de réservoirs naturels. Adam et Baptiste (2003) définissent un aquifère comme un système hydrogéologique dynamique facilitant la circulation et le prélèvement d'importantes quantités d'eau souterraine de manière économiquement viable.

L'examen d'une section verticale d'un aquifère révèle une organisation stratifiée (MUDRY, 2021). La couche supérieure comprend le substrat terrestre, qui module l'infiltration des précipitations. En dessous se trouve la région vadose, également nommée zone d'aération, suivie d'un complexe composé de substrat rocheux, d'eau et d'air souterrain. La composition

de la zone non saturée varie selon la configuration du bassin versant et les particularités topographiques, pouvant inclure le sol et/ou les matériaux altérés (CSEB, 2005b).

Au sein de cette structure, l'eau s'écoule progressivement, aboutissant à la formation d'un réservoir dans la zone de saturation, située sous la région vadose. Cette aire, principalement constituée de roche imbibée, est délimitée à son sommet par le niveau piézométrique (MUDRY, 2021). Les eaux souterraines occupent ainsi les espaces interstitiels, les fissures et les fractures des formations rocheuses sous-jacentes. En substance, il s'agit des précipitations qui ont pénétré et saturé les cavités et les failles du sous-sol (SIGES Occitanie, 2021).

Dans ce contexte, l'aquifère représente l'enveloppe géologique, tandis que la nappe constitue le volume d'eau qu'elle renferme. On distingue deux catégories principales de nappes : celles dites libres ou phréatiques, et celles qualifiées de captives. Le processus de genèse d'un réservoir aquifère est illustré dans le schéma numéro 2

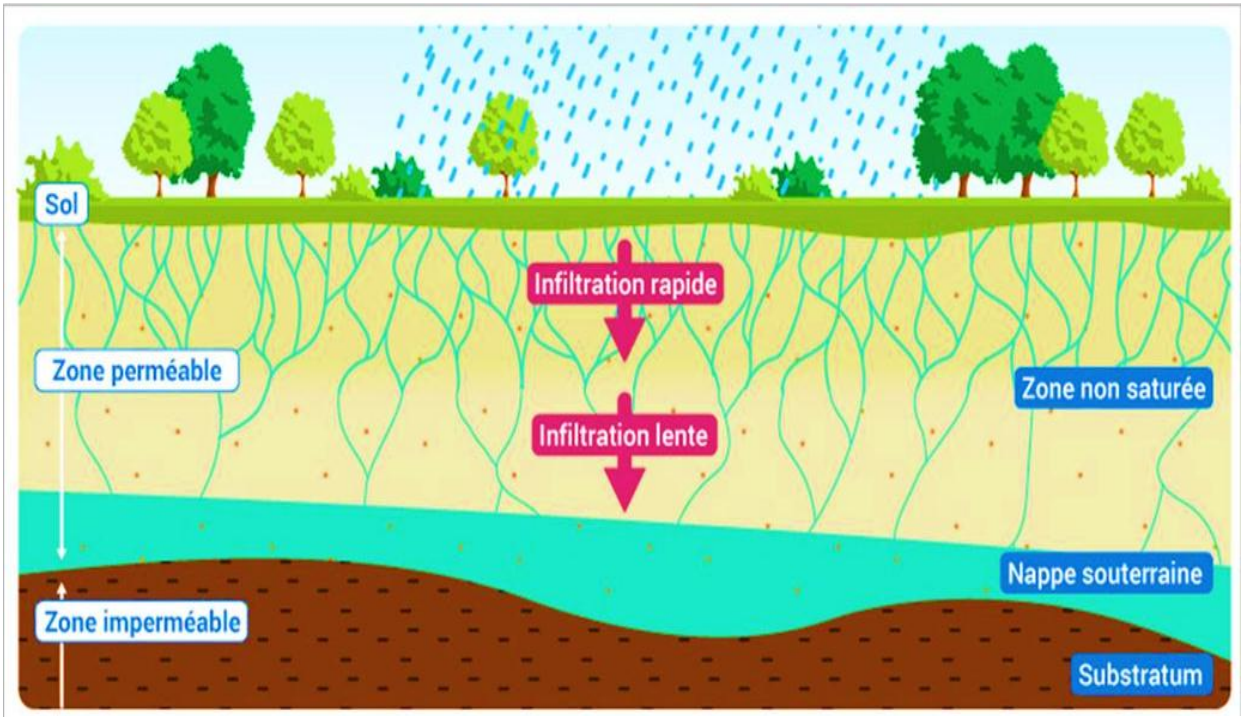


Figure 2 : Formation d'une nappe souterraine (Service Eaufrance, 2019)

1.1.3. Nappe libre et nappe captive

Un aquifère libre se caractérise par l'absence de couche imperméable le recouvrant (Renard, 2014a). Sa surface supérieure est en communication directe avec l'atmosphère via la zone non saturée. Ces formations hydrogéologiques, souvent peu profondes, sont assimilées aux nappes phréatiques et peuvent être exploitées par le creusement de puits. Elles constituent une ressource majeure pour l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation agricole (RNF, 2016). L'illustration précédente (figure 2) en offre une représentation typique.

À l'inverse, un aquifère captif est confiné entre deux strates imperméables : le substratum à sa base et une couche supérieure appelée toit (Renard, 2014b). Dans cette configuration, l'eau est emprisonnée entre des formations argileuses ou rocheuses faiblement perméables, limitant les échanges hydrauliques entre les différentes couches géologiques. Contrairement aux nappes libres, ces réservoirs n'ont pas de contact direct avec l'atmosphère.

Les aquifères captifs, généralement plus profonds, présentent une particularité hydraulique : leur surface piézométrique se situe au-dessus du toit imperméable. La pression exercée sur l'eau interstitielle résulte du poids des couches géologiques sus-jacentes. Le niveau piézométrique correspond à la pression hydrostatique de la colonne d'eau.

Lors du forage d'un puits dans un aquifère captif, la mise en communication avec la surface provoque une remontée de l'eau sous pression, cherchant à atteindre son niveau piézométrique naturel. Lorsque ce niveau dépasse la surface du sol, on observe un phénomène de jaillissement spontané : c'est l'artésianisme, objet central de cette étude. Dans ce cas, le puits est qualifié d'artésien jaillissant.

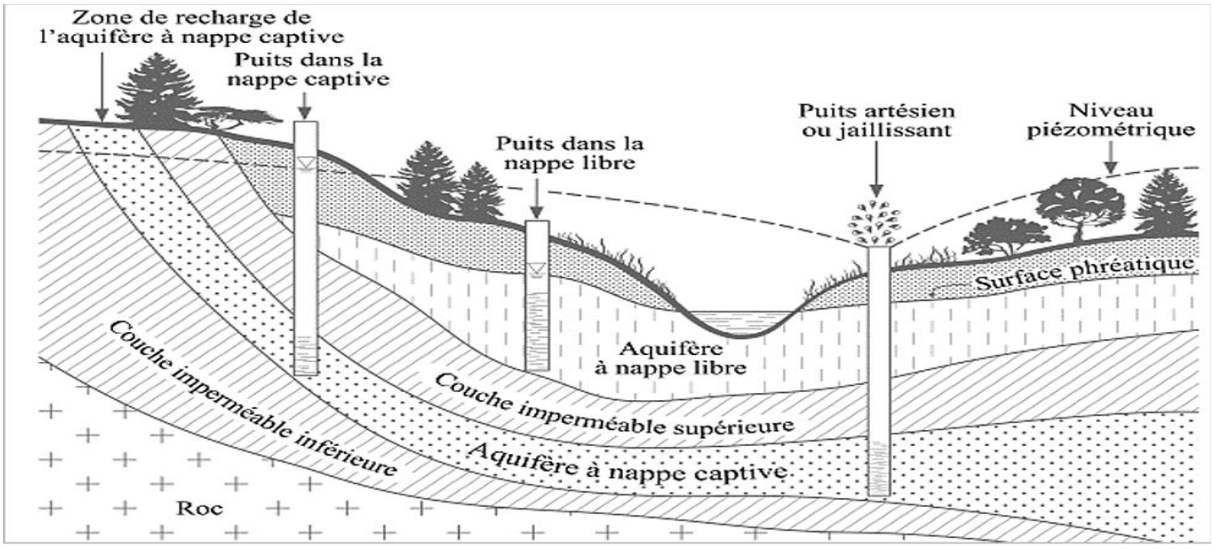


Figure 3 : Nappe libre, captive et phénomène de l'artésianisme (Anctil, Rousselle et Lauzon, 2005)

1.2. Localisation de la zone de l'étude.

La commune de Zogbodomey est située dans la partie méridionale du plateau d'Abomey à 117 km de Cotonou. Elle est comprise entre 6°56' et 7°08 de latitude Nord, 1°58' et 2°24' de longitude Est et se trouve à l'entrée du département du Zou en allant en direction du Nord du Benin. Avec une superficie de 825 km^2 elle est limitée : au Nord par les communes de Bohicon et de Za-kpota ; au Sud par les départements de l'Atlantique et du Couffo ; à l'Est par les communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi ; à l'Ouest par la commune d'Agbangnizoun. Sa population est de 46126 habitants en 1979, de 58639 habitants en 1992 et 72838 habitants en 2002 (PDC p14) avec une densité de 89,3 hbts/km^2 selon les résultats de RGPH3. La population de Zogbodomey représente en 2002 12,05% de celle du Zou.

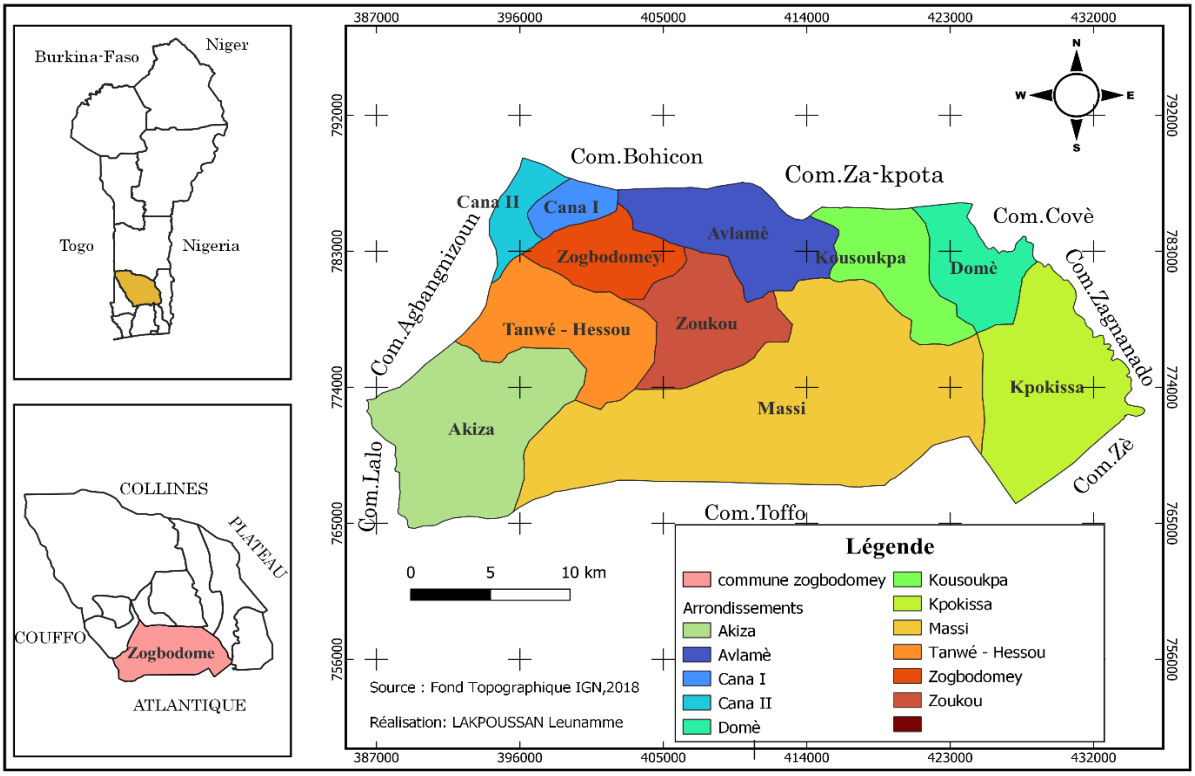


Figure 4 : Localisation de la zone d'étude

1.3. Contexte hydro climatique général

La commune de Zogbodomey bénéficie d'un climat de type subéquatorial avec des précipitations variantes au cours de l'année. Il se caractérise par quatre saisons dont deux saisons pluvieuses allant de mi-mars à juillet et de septembre à octobre. Ensuite deux saisons sèches s'étendant de novembre à février et de juillet à Août. Les précipitations sont affectées par le phénomène de changement climatique au cours de ces dernières années, ce qui occasionne des

déficits pluviométriques couplées avec une répartition inégale des pluies sur tout le territoire communal

1.3.1. Pluviosité

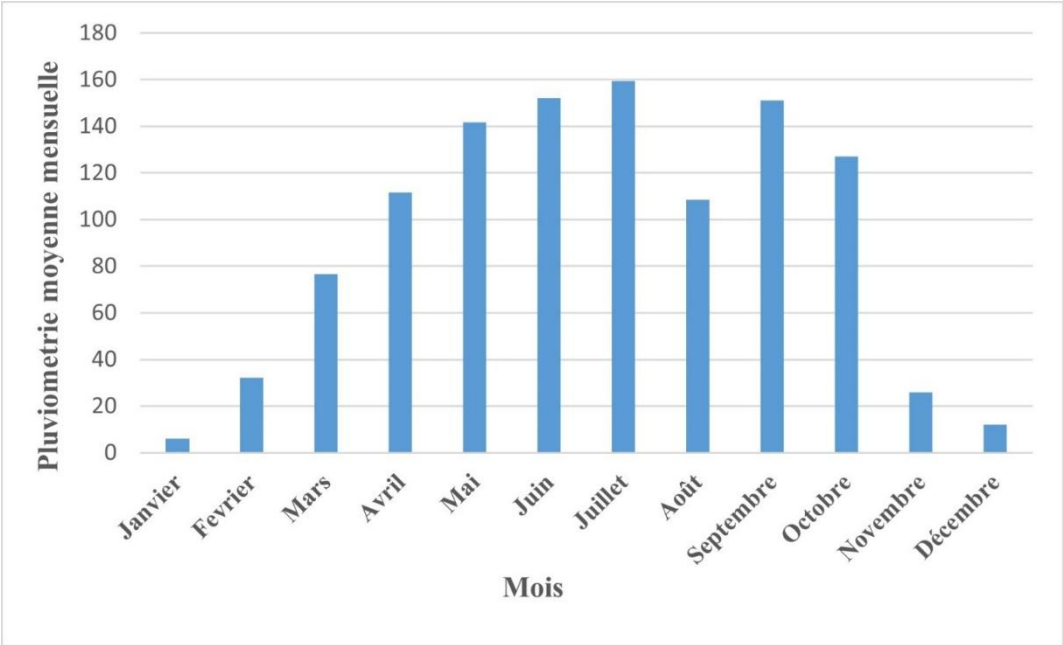


Figure 5 : Variation des moyennes mensuelles des pluies a Zogbodomey (Données de Météo Benin, 2023)

La figure 5 nous présente les variations des données pluviométriques moyennes mensuelles de la commune de Zogbodomey de 1980 à 2023. On observe la présence de quatre grandes saisons : une première saison des pluies (mi-mars à juillet) pendant laquelle on observe une augmentation progressive des précipitations à partir de mars (environ 80 mm), qui s'intensifient considérablement en avril (110 mm) et mai (140 mm). Le pic de cette saison est atteint en juin (environ 155 mm) et juillet (160 mm). Cette période correspond à la grande saison des pluies.

Ensuite vient une petite saison sèche (juillet à août) caractériser par une légère baisse des précipitations en août par rapport à juillet. Bien que moins prononcée que la grande saison sèche, cette période marque une pause relative dans les précipitations. Cette saison sèche suit une deuxième saison des pluies (septembre à octobre) qui se caractérise par une reprise des précipitations en septembre et octobre, correspondant à la petite saison des pluies.

Enfin nous avons une grande saison sèche (novembre à février) pendant laquelle nous avons une diminution marquée des précipitations visible à partir de novembre (25 mm), atteignant son

minimum en janvier (moins de 10 mm). Les données numériques relatives aux différentes précipitations sont consignées dans le tableau1.

Tableau 1 : Moyennes mensuelles des précipitations, de l'évapotranspiration potentielle et de la température à la station de Bohicon de 1980 à 2023 (Météo Benin,2024)

	Jan.	**Fév.**	**Mars**	**Avr.**	**Mai**	**Juin**	**Juil.**	**Août**	**Sept.**	**Oct.**	**Nov.**	**Déc.**
Pluie	6,1	32,13	76,55	111,54	141,76	152,15	159,43	108,36	151,17	126,96	25,87	12,01
ETP	106,07	110,38	122,88	112,25	107,28	87,85	78,96	77,59	78,50	91,87	101,05	102,99
Temp.	28,99	30,39	30,19	29,34	28,40	25,14	24,39	24,012	24,59	27,48	28,89	29,04

1.3.2. Température

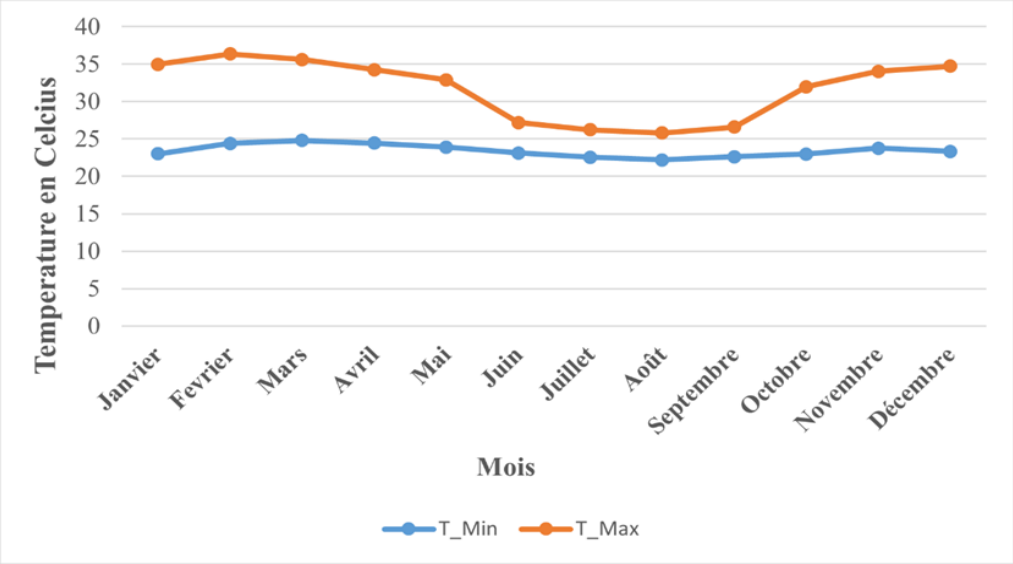


Figure 6 : Variation de la température maximale et minimale mensuelle entre 1980 et 2023 (Météo Benin, 2023)

Les températures varient d'une saison à l'autre et oscillent en moyenne autour de 23,4°C pour les valeurs minimales et de 31,7°C pour les valeurs maximales. Les températures maximales journalières les plus élevées dépassent rarement 36,4°C. Elles sont enregistrées entre Février et Mars qui se révèlent être les mois les plus chaud de l'année. Les températures les plus basses (23,43°C en moyenne) interviennent en Aout.

1.3.3. Température et évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration est un phénomène naturel regroupant à la fois des processus d'évaporation physique de l'eau contenue dans le sol et des processus de transpiration correspondant à l'utilisation de l'eau du sol par les végétaux et au rejet de vapeur d'eau dans l'atmosphère. On distingue l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR). Les moyennes mensuelles de la température et de l'évapotranspiration potentielle sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Moyenne mensuelle de la température et de l'évapotranspiration potentielle (Météo Benin, 2024)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
ETP	106,1	110,4	122,9	112,2	107,3	87,8	78,96	77,59	78,5	91,87	101,1	102,99
Temp.	28,99	30,4	30,21	29,34	28,41	25,1	24,39	24,01	24,59	27,48	28,89	29,04

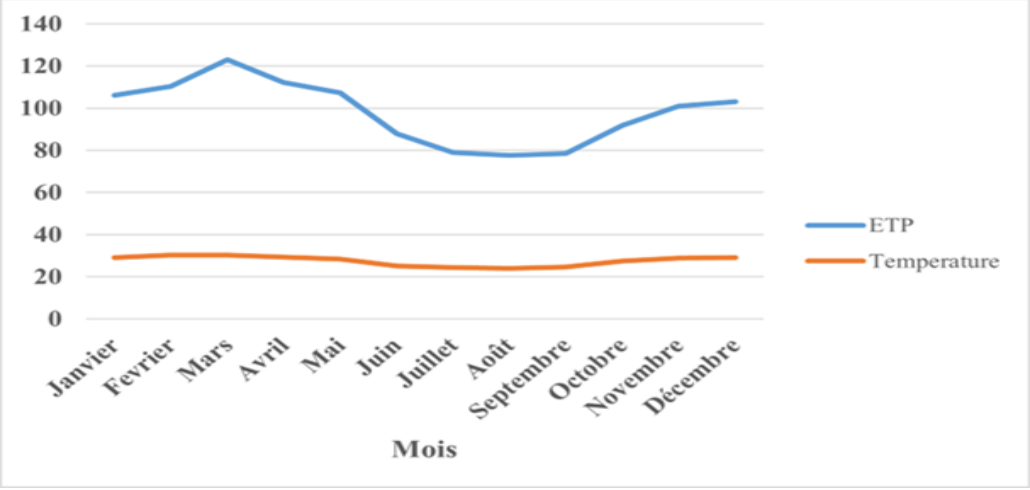


Figure 7 : Variations des moyennes mensuelles de la température et de l'ETP

L'analyse du tableau 2 et du graphique de la figure 7 nous permet de dire que l'évapotranspiration potentielle est fonction de la température, c'est-à-dire les mois les plus chauds correspondent aux mois ou l'ETP est la plus élevée et les périodes froides présentent de

faibles valeurs de l'ETP. Ainsi, la valeur maximale de la température moyenne à savoir 36,37°C à la station de Bohicon correspond à la valeur maximale de l'évapotranspiration potentielle qui est de 122,88mm. Il en de même pour la valeur la plus faible de la température (22,21°C) ou l'ETP est égale à 77,59mm.

1.4. Hydrographie, végétation, sols et données humaines

1.4.1. Hydrographie

Le relief de la commune est caractérisé par des vallées, des plateaux d'altitude modérée et la dépression de la Lama. Le réseau hydrographique est composé de fleuve dont le plus importants est : le fleuve Zou mais également la présence d'autres cours d'eau que sont : Ouémé, Hounto, Koto, Couffo, Samion, Hlan, Da, et le Dohou. On y rencontre également des bas-fonds répartis un peu partout.

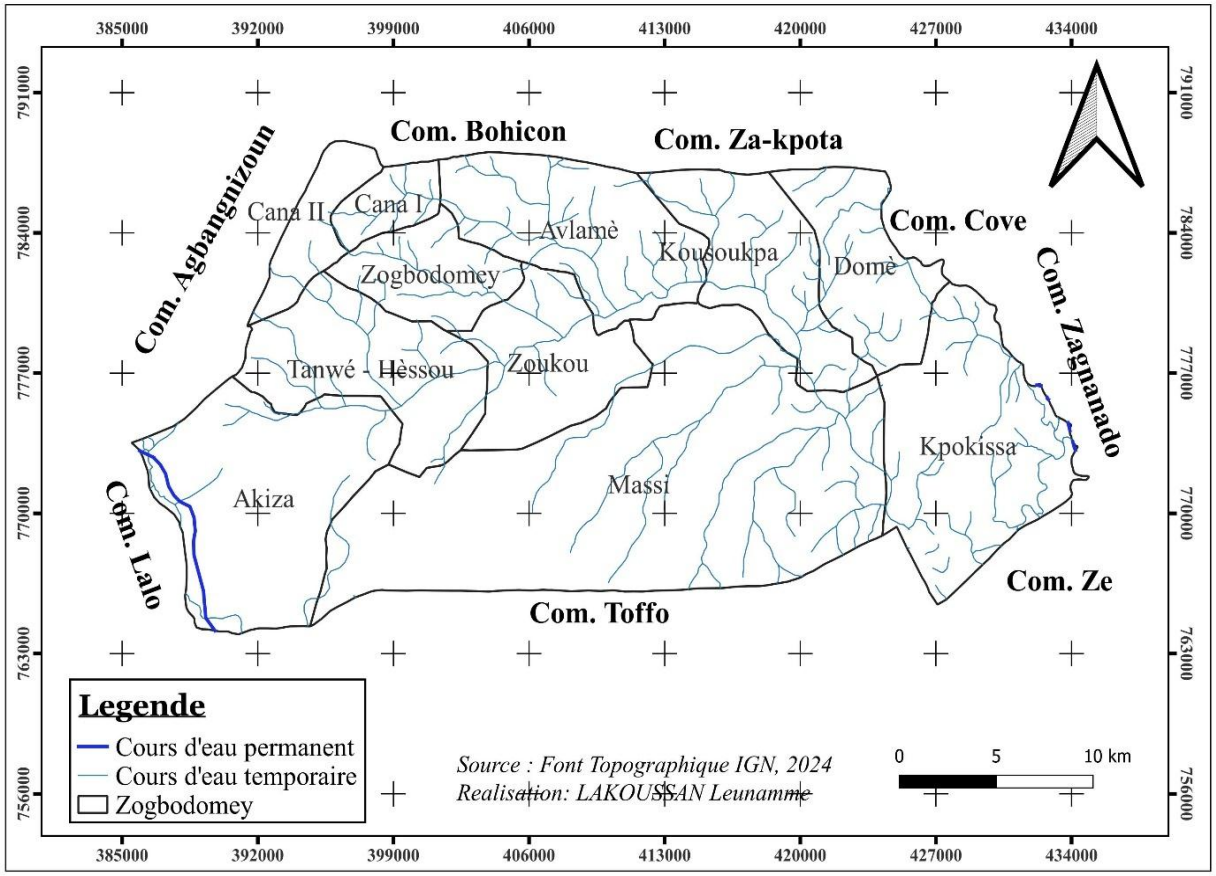


Figure 8 : Carte hydrographique de la commune de Zogbodomey

1.4.2. Végétation et type de sol

La végétation de la commune de Zogbodomey est constituée principalement par des mosaïques de cultures et jachères. Nous avons également l'existence de marécages et de galeries forestières ; de forêts denses, associées à la forêt de Koto et les plantations de teck au sud de la commune. Enfin nous pouvons également observés des zones de mosaïques de cultures et jachères sous palmiers observées dans la moitié sud de la commune. Cette végétation repose sur plusieurs types de sols dont : des sols ferralitiques surtout au Nord, des sols hydromorphes surtout à l'Est et à l'extrême -Ouest ; des vertisols surtout au sud et quelques sols ferrugineux tropicaux surtout à l'ouest. La faune quant à elle se compose principalement d'espèces en voie de disparition et des oiseaux d'une grande valeur ornithologique. On peut citer les aulacodes, les pangolins, les caïmans, les antilopes, les biches et les singes à ventre rouge.

1.4.3. Données humaines et socio-économiques

Le département du Zou comprend différents groupes ethniques à savoir : Fon (93%), Yoruba (4,6%), Adja (1,4%), Bariba (0,1%) et autres (0,6%). La population est donc à dominance fon. Les habitations sont surtout traditionnelles et quelques rares maisons standing moyen. La majorité des habitations est faite en terre cuite couverte de tôle ou de pailles. Mais il existe également des maisons en dure construites en matériels définitifs.

Les habitants pratiquent bon nombre d'activités parmi lesquelles nous avons : l'agriculture, l'élevage, l'artisanat, la pèche et le commerce. Mais les plus pratiquées sont l'agriculture et le commerce. La production végétale occupe près de 80% de la population agricole avec des techniques culturales archaïques (Houe et coupe-coupe). Les principales cultures sont : le Maïs, le niébé l'arachide, le manioc, le coton. On cultive également le soja, le riz et les produits maraîchers. Ces diverses denrées en plus de l'élevage et des produits importés constituent les produits faisant l'objet de commercialisation.

1.5. Géomorphologie, géologie et hydrogéologie

1.5.1. Géomorphologie de la zone d'étude

La commune de Zogbodomey comporte deux unités morphologiques que sont :

- la région des vallées constituée par de vastes vallées du fleuve Zou ainsi que par la dépression de la Lama. La densité de la population y est assez faible ;

- une partie du plateau d'Abomey dont l'altitude est comprise entre 10-130m et constitué par les formations du Continental Terminal. Cette région est très peuplée et correspond à la zone de la terre de barre

1.5.2. Géologie

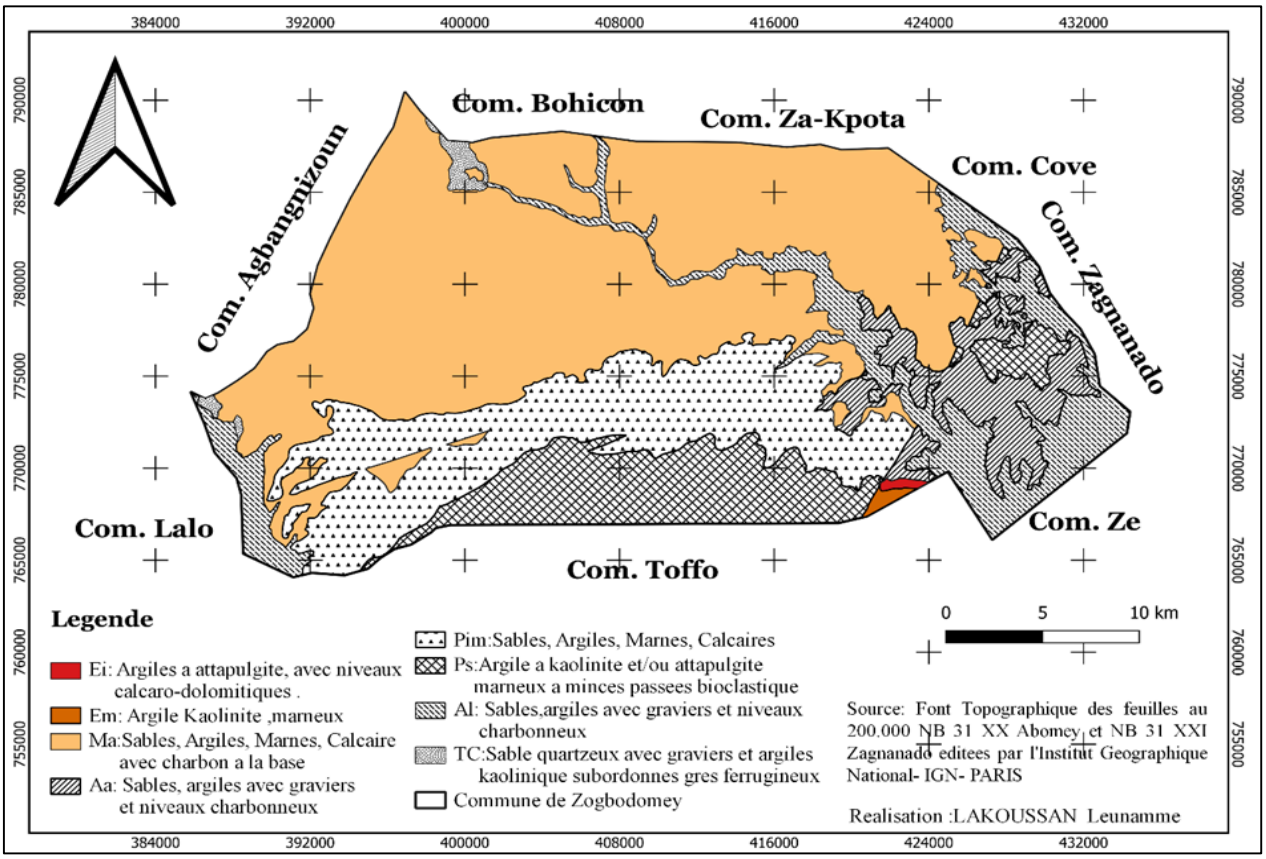


Figure 9 : Carte géologique de la commune de Zogbodomey

Sur le plan géologique, la commune de Zogbodomey se situe sur le bassin sédimentaire côtier. Les études effectuées dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin ont mis en évidence des divisions stratigraphiques dont les connaissances ont évolué avec l'acquisition et l'approfondissement des données en on shore et offshore. Ainsi, sur le plan stratigraphique et selon l'échelle de l'Institut de Recherche BREDA en 1989, on distingue:

❖ **Unité I** : Turonien-Coniacien

Elle est constituée essentiellement de grès à ciment siliceux et /ou ferrugineux, des sables et en sous ordre de l'argile kaolinitiques et des niveaux de graviers. Elle repose en discordance majeure sur les formations du socle cristallin par l'intermédiaire des brèches de base généralement ferrugineuses. Les formations de cette unité constituent l'essentiel des affleurements des plateaux septentrionaux (Kétou, Zagnanado, Abomey et Aplahoué). Son

épaisseur dans certaines zones d'affleurement est en moyenne de 50 m, celle maximum observées le long du forage d'Avakpa est de 150m.

- **Unité II** : Maestrichtien- paléocène inférieur et moyen

L'unité II, qui repose en rapports de débordement transgressif sur le Turonien-Coniacien, occupe la plupart de plateaux septentrionaux (sauf celui de Zagnanado, ou elle est absente) et la partie septentrionale de la dépression médiane. Son épaisseur est variable au maximum 180 m et dans le sondage d'Adja-Ouèrè, on a 230 m. Cette unité est constituée des sables, grès quartzeux fins, des argiles grises verdâtre feuilletée kaoliniques. On a des alternances sableuses ou silto-sableuses, des niveaux coquillés et des calcaires. A la base de la série, on a parfois une lithologie sableuse caractérisée par la présence de racines lignifiées très abondantes et au-dessus du sable gris noir fin peu argileux, très bio turbé avec de gros débris, de pyrite et de la matière organique.

- **Unité III** : Le paléocène supérieur- Yprésien

Elle est constituée essentiellement des argiles à attapulgite, kaolinite calcaire, des argiles en feuillets et par quelque niveau dolomitique et de calcaires glauconieux à phosphate. L'épaisseur maximum observée sur la verticale du sondage de Hêtin-Sota atteint les 150 m.

- **Unité IV** : Eocène moyen

Elle occupe la partie Sud de la dépression de la Lama et les plateaux du Nord, l'épaisseur est de 170m environ dans la verticale de Hêtin-Sota, 65m à Pobè et 58m à Bonou et Adja- wèrè. Elle débute par des argiles gris-vert à palygorskite qui passent rapidement à des micrites fossilifères. Des niveaux calcaires wackstones bioclastique bio turbé phosphaté hard grounds interrompent la séquence à palygorskite. Les micrites passent à des argiles gris sombre avec des kaolinites puis à des lits sablo-silteux.

- **Unité V :** Miocène inférieur

Cette unité a été rencontrée par un ou des songes à l'extrémité méridionale du bassin sédimentaire côtier dans les localités de Comè et de Pahou. L'***Unité V*** est constituée d'argile gris-vert sombres kaolinitiques silto-sableuses; de sables quartzeux verdâtre glauconieux-phosphatés avec quelques passés carbonatés; d'argiles vertes kaolinitiques ; de sables quartzeux très blancs et d'argiles calcareuses gris-verdâtre glauconieuses à passés calcaires.

❖ **Unité VI : Miocène supérieur**

Elle s'étale largement sur les plateaux méridionaux du bassin sédimentaire côtier. Elle n'est connue qu'en sondage. L'épaisseur du miocène supérieur à la verticale de Pahou est de 120m. Elle est formée superficiellement de dépôts sablo-argileux en terre de barre. En profondeur, on a une alternance d'argile de sable quartzeux, de graviers qui se présente en séquence micrite ou décamétrique. Les argiles qui sont proches de la surface sont kaolinitiques Bariolées blanc mauves dues aux phénomènes pédologiques. Par contre les argiles de la profondeur sont sombres en raison des matières carboneuses.

❖ **Unité VII : Pliocène-pléistocène**

Cette unité est présente dans les parties méridionales des plateaux d'Allada, de Sakété, et dans les vallées des grands fleuves qui recoupent méridiennement le bassin sédimentaire côtier. Elle est composée des sables et argiles et de graviers sub-arrondis à très arrondis dans une matrice argilo-sableuse altérée en terre. Il n'y a pas d'éléments de datation. On sait qu'elle représente le continental terminal

❖ **Unité VIII :** Holocène

Les sédiments récents qui constituent cette unité sont l'expression physique de deux systèmes de dépôts principaux : alluvionnaires et littoraux. Les fleuves responsables des vastes plaines alluvionnaires qui caractérisent le bassin sédimentaire côtier sont l'Ouémé, le plus important, le Mono et le Couffo, beaucoup moins important. Les sédiments alluvionnaires atteignant la centaine de mètres d'épaisseur dans la vallée de l'Ouémé, sont composés de sable quartzeux avec des horizons graveleux occasionnels et des argiles noires très riches en débris végétaux renfermant parfois de niveaux tourbés. Les sédiments des formations littorales dont l'épaisseur dépasse les 150m sont constitués de sables quartzeux, d'argiles vaseuses et plus rarement de graviers. Les tourbes de lagunes associées à ces cordons internes ont donné un âge de 500 ans BP.

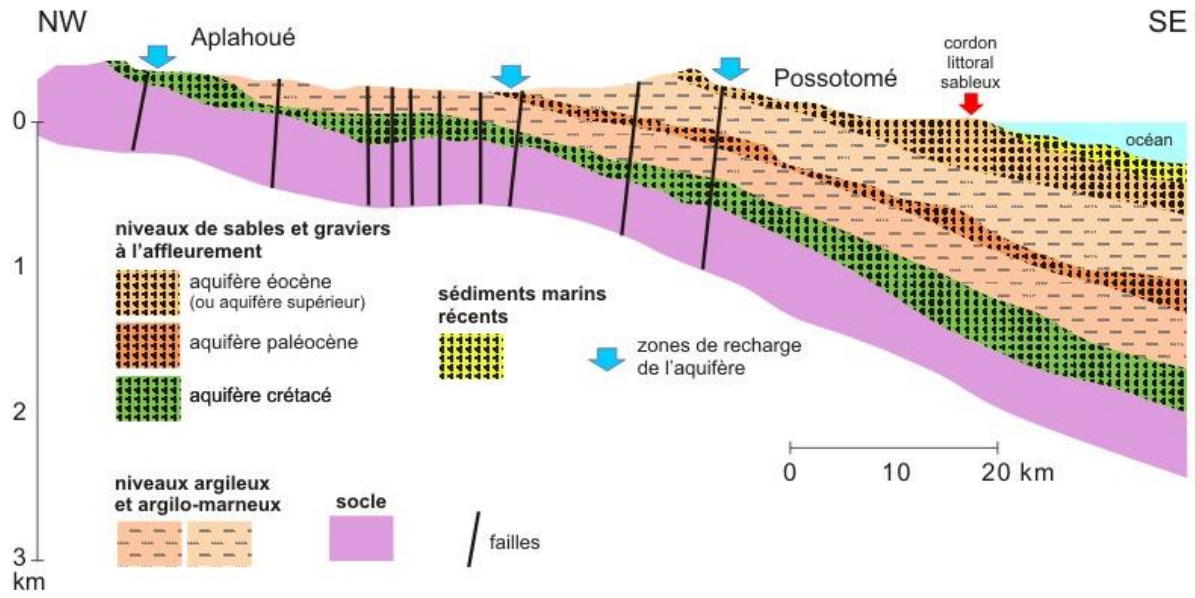


Figure 10 : Coupe stratigraphique du Bassin sédimentaire Côtier

Dans la commune de Zogbodomey, les unités géologiques rencontrées sont : l'Unité I (Turonien-Coniacien), l'Unité II (Maestrichtien-Paléocène) et les formations récentes de l'Unité III (Paléocène supérieur- Yprésien) et de l'Unité IV (Eocène Moyen).

1.5.3. Hydrogéologie

Le bassin sédimentaire côtier renferme environ 35% des ressources en eau du Benin. En se basant sur l'extension géographique, les aquifères du Bassin sédimentaire côtier sont continus. Au sein de la commune de Zogbodomey les aquifères côtier rencontrée sont : des aquifères du Crétacé supérieur, le Paléocène et du Mio -Pliocène (Continental terminal).

- **L'aquifère du Crétacé supérieur**

Situé au-dessus du socle qui est captif, morcelé par des failles longitudinales et transversales représenté par une alternance de niveaux sableux plus ou moins épais, il se présente sous forme libre au Nord de la dépression de la Lama et captive vers le Sud. Son épaisseur croit graduellement de 50 à 60 m au Nord à plus de 800 m à proximité de la côte (Maliki, 1993 cités par Alassane, 2004) ; il peut donner un débit d'exploitation de l'ordre de 200 m^3/h. Il représente une grande réserve d'eau pour les populations du Sud Benin.

❖ **Aquifère des calcaires fissurés du paléocène**

Epais de 5 à 15 m avec des intercalations marneuses ils affleurent sur le versant nord de la dépression de la Lama et plongent vers le Sud avec un pendage plus fort que celui du crétacé. Ces calcaires reposent fréquemment sur des assises sableuses du même âge ; profondeur du forage de 80 à 100m ; niveau statique parfois aérien et le débit est de 15 à 50 m3 /h (M. SLANSKY 1962). Les sables du crétacé et les calcaires du paléocène sont séparés par une forte couche de marne grèso-sableuse appartenant à ces deux formations.

❖ **Les formations détritiques du continental terminal**

Ceux-ci forment une zone de colline au nord de la dépression de la Lama et reposent sur le socle ou sur le crétacé.

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Pour l'atteinte des objectifs que nous nous sommes fixés, nous avons utilisés une démarche méthodologique comportant trois grandes parties : la recherche documentaire, la collecte des données et le traitement des donnés.

2.1. Recherche documentaire

La documentation menée dans le cadre de la réalisation de notre travail s'est axée sur la recherche de documents tels que les mémoires, les thèses, études, publications diverses, rapports de projet notamment les dossiers villages et les articles scientifiques qui abordent la problématique de la caractérisation de l'artésianisme dans la commune de Zogbodomey. La recherche documentaire a ainsi permis d'être informer sur les travaux antérieurs et de faire une synthèse des connaissances afin de mieux aborder le sujet. La grande partie des documents consultés sont trouvés sur l'internet, à la DG Eau, et chez les personnes ayant déjà travaillé sur des thèmes en rapport avec notre thème d'étude.

2.2. Collecte des données

Pour cette étape, les données sont collectées auprès des structures en charge notamment :

➢ la Direction Générale de l'Eau (DG Eau), où les données collectées portent sur les forages de la commune de Zogbodomey. De cette base de données, nous avons extrait le résumé technique des différents forages artésiens donnant des renseignements sur la localisation, la profondeur forée, la couche aquifère captée et les différents débits de ces forages.

➢ l'Agence Nationale de la Météorologie, pour connaitre l'hydro-climatologie de la commune, les données relatives à la pluie, la température et l'humidité relative sur les 30 dernières années sont également collectées.

Pour la description géologique de la zone d'étude nous avons utilisés la feuille géologique au 200.000 NB XX Abomey et NB 31 XXI Zagnanado éditées par l'Institut Géographique National – IGN – PARIS.

2.3. Traitement des données

La première étape de traitement des données a consisté à l'analyse en une série de filtrations et de triages des données brutes collectées suivant les objectifs que nous nous sommes fixés pour cette étude.

La base de données reçue à la DG Eau et au service de l'Eau du Zou est constituée de tableaux dans lesquels figurent non seulement des informations relatives aux villages à savoir : les noms des villages, le département, la commune à laquelle ils appartiennent, leur code numérique, mais aussi celles relatives aux ouvrages exécutés tels que : les coordonnées, le nom local, le projet, le type d'ouvrage, la date de réalisation et un certain nombre de caractéristiques techniques comme le niveau statique ; le débit, les résultats d'essai de pompage etc. …

Puisque la base de données repère les ouvrages par commune et département, nous avons demandé des données relatives à l'ensemble des ouvrages exécutés dans la commune de Zogbodomey. Le traitement des données a consisté d'abord à transformer les coordonnées des villages saisies dans un format alphanumérique irrégulier en format numérique, en degré décimal utilisable par un SIG.

Ce travail a été déjà fait dans la base ; nous avons donc vérifié la conversion par une simple comparaison. Le traitement des données s'est révélé cependant délicat par suite de certaines erreurs répétées notamment les erreurs de saisie qui ont été corrigé. Au nombre de ces corrections on peut citer la suppression des ouvrages dont les données sont incomplètes. De plus, vu que nous nous intéressons aux forages réalisés au seins de la commune de Zogbodomey tous les forages se trouvant en dehors ont été éliminés. Nous avons retenu sur les 374 forages, 336 repartis sur tous l'ensemble de la zone dont 41 forages artésiens.

Toutes ces données ont été utilisées pour l'établissement des cartes dont l'interprétation a donné une idée sur les caractéristiques de l'artésianisme dans la commune de Zogbodomey. Suivant la nature des données et en fonction des résultats recherchés, un outil spécifique (QGIS 3.22 ; Microsoft office Excel 2019 et Word 2019, et Surfer 9) de traitement a été adapté.

2.3.1. Réalisation de la carte des forages artésiens dans la commune de Zogbodomey

Afin d'établir une cartographie des forages artésiens, la démarche suivante a été appliqué : Dans un premier temps une observation de la répartition des forages artésiens a été faite à travers une cartographie des forages dans la zone d'étude. Ensuite une réalisation de la carte des niveaux statiques est réalisée afin de vérifier si l'emplacement des forages artésiens est bien une zone d'artésianisme

2.3.2. Analyse de la corrélation entre la topographie, la géologie locale et la distribution des forages artésiens

Cela se fera en trois étapes :

- analyse topographique et distribution des forages artésiens.
- étude de la géologie locale et son impact sur l'artésianisme.
- synthèse des interactions entre topographie, géologie et artésianisme

2.3.3. Etudie de la performance hydrologique des forages artésiens, leurs impacts, et formulation de recommandations pour une gestion durable des ressources en eau :

Cet objectif vise à faire ressortir dans un premier temps les performances des forages et les facteurs pouvant influencer ces performances. Dans un second temps, mettre en lumière les défis majeurs liés à l'exploitation des forages artésiens dans la commune. Cela se présentera de la manière suivante :

- **quantifier les Débits et la Productivité** : Analyser la capacité des forages à fournir de l'eau, en termes de débit et de pression artésienne, afin de savoir quels forages sont les plus efficaces.
- **identifier les facteurs affectant la performance des forages** : Comprendre quels paramètres influencent la performance des forages, comme la profondeur, le niveau statique, la conductivité, et les caractéristiques géologiques et topographiques. Cela permet d'identifier les conditions qui conduisent à un forage performant.
- **identifier et analyser les problèmes spécifiques** causés par l'artésianisme dans la région, notamment en termes de gestion de l'eau, d'impacts environnementaux et de défis sociaux.
- **proposer des solutions techniques et organisationnelles** pour améliorer la gestion des forages artésiens, optimiser l'utilisation des ressources en eau, et atténuer les effets négatifs sur la communauté et l'environnement.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Cartographie des forages et identification des zones d'artésianisme à Zogbodomey

3.1.1. Cartographie des forages dans la zone d'étude

La figure 11 nous montre la localisation des forages au sein de la zone d'étude. À l'aide des coordonnées géographiques (longitude et latitude), les 336 forages y compris les forages artésiens et non artésiens ont été projetés sur la carte.

De l'analyse de cette carte il ressort que les forages artésiens, qui sont représentés sur la carte par les astérisques en rouge, se localise dans les zones Est ,Sud-Est et Nord-Est de la commune principalement au sein des arrondissements de Kpokissa, Domè, Koussoukpa, Avlamè et Massi. Cette répartition inégale des forages artésiens indique que les conditions favorables à l'artésianisme sont localisées dans des zones spécifiques de la commune, principalement à l'Est ,au Sud-Est et au Nord-Est. Afin de prouver que l'emplacement de ces forages est une zone d'artésianisme une carte des profondeurs a été réalisé.

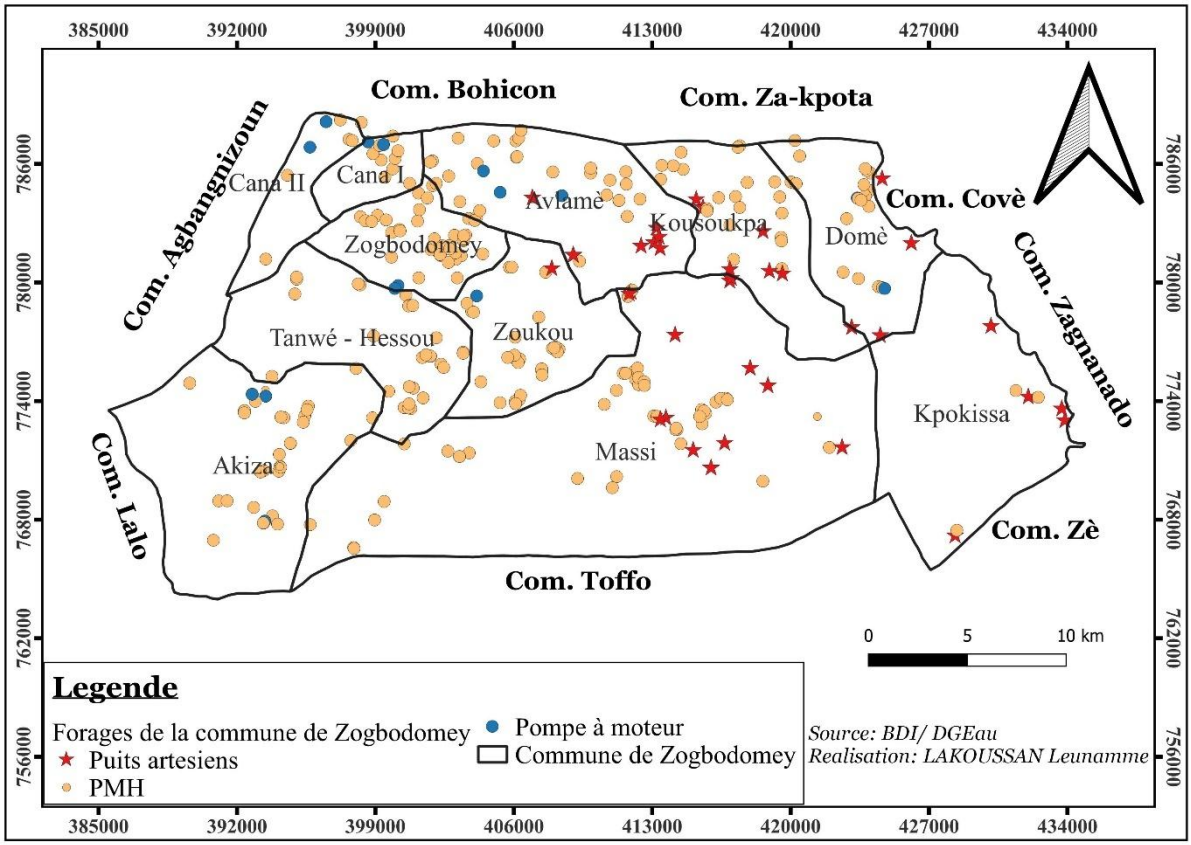


Figure 11 : Répartition des forages dans la zone d'étude

3.1.2. Analyse des profondeurs des forages artésiens et validation de la zone d'artésianisme

La figure 12 de la carte illustre la répartition spatiale des niveaux d'eau dans les forages de la zone d'étude. De l'analyse de cette carte il ressort que dans les zones Est, Sud-Est et Nord-Est de la commune, le niveau statique est faible jusqu'à prendre des valeurs négatives ce qui confirme que c'est une zone d'artésianisme. Le niveau statique se situe entre – 5 m à HLANNONHOUE (arrondissement de Koussoukpa) et 64,06 m à AGBOGNONNONGON (arrondissement de Cana II). Nous remarquons aussi que le domaine est subdivisé en trois secteurs : en couleur bleu ciel nous avons des valeurs de niveau statique variant entre -5 et -1. Les niveaux statiques négatifs indiquent que les forages se trouvant dans cette zone sont artésiens et jaillissant. Cela signifie également que l'aquifère capté par ces forages est captif. Nous appellerons cette zone '' **zone d'artésianisme franche**''. En vert des valeurs de niveau statique sont observés variant de 0 à 1. Nous appellerons cette zone ''**zone probable d'artésianisme jaillissant**''. Enfin en blanc nous avons des niveaux statiques allant de 2 à 65. La nappe s'approfondit à ce niveau et nous l'appellerons **zone de non artésianisme**.

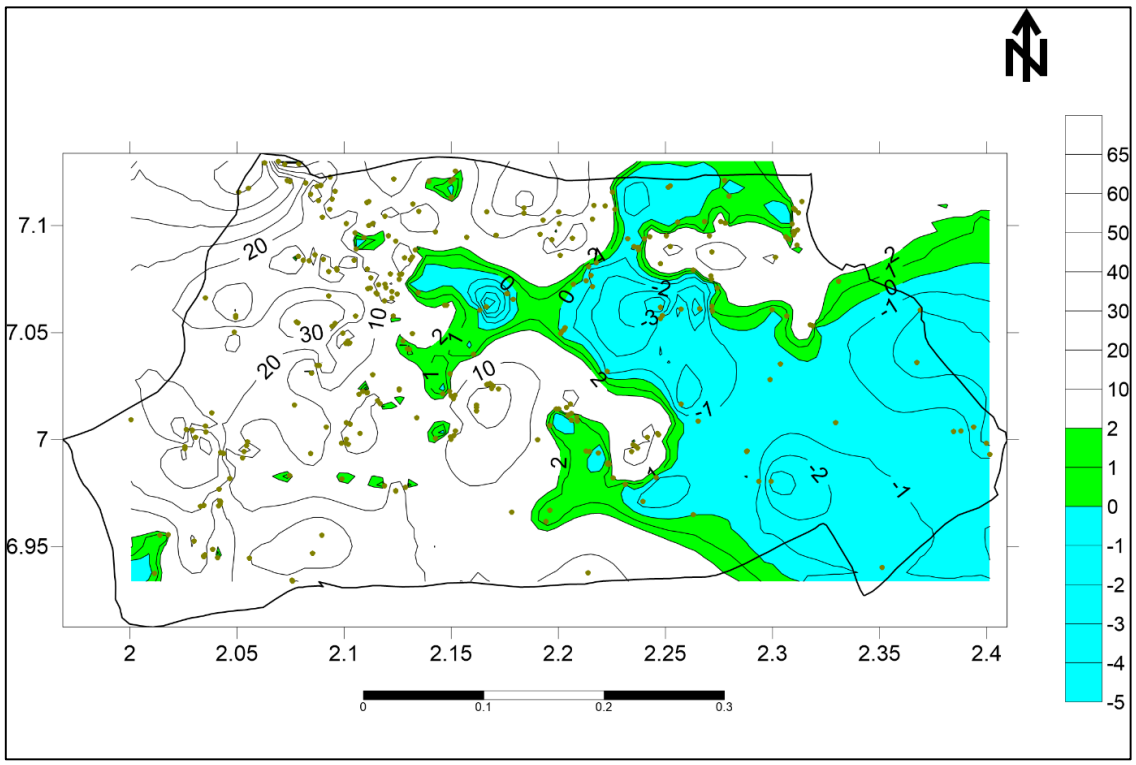


Figure 12 : Carte des profondeurs des forages artésiens.

3.2. Relation entre la topographie, la géologie et la distribution des forages artésiens dans la zone d'étude.

3.2.1. Analyse topographique et distribution des forages artésiens

La carte de la figure illustre la distribution spatiale des forages dans la commune de Zogbodomey, mettant en évidence une relation significative entre l'altitude du terrain et l'emplacement des forages artésiens. L'analyse de la carte révèle une nette distinction dans la répartition des forages artésiens et non artésiens en fonction de l'altitude. Les forages artésiens, représentés par des points rouges, se concentrent principalement dans les zones de basse altitude, caractérisées par des teintes allant du vert clair au blanc sur la carte.

En revanche, les régions plus élevées, marquées par des couleurs plus chaudes (rouge, orange, jaune), sont largement dépourvues de forages artésiens.

Un gradient topographique prononcé est observable d'Ouest en Est sur la carte. Les zones d'altitude élevées, présentent peu ou pas de forages artésiens, tandis que la concentration de ces derniers augmente progressivement vers l'Est, où l'altitude diminue. Cette configuration spatiale indique que les conditions favorables à l'artésianisme se développent préférentiellement dans les zones à faible altitude de la commune. Les zones à haute altitude à l'Ouest, dépourvues de forages artésiens, pourraient agir comme zones de recharge pour les aquifères profonds. L'eau s'infiltrant dans ces régions élevées alimenterait les aquifères confinés qui, sous l'effet de la pression hydrostatique, donnerait naissance aux conditions artésiennes dans les zones d'altitude basse à l'Est.

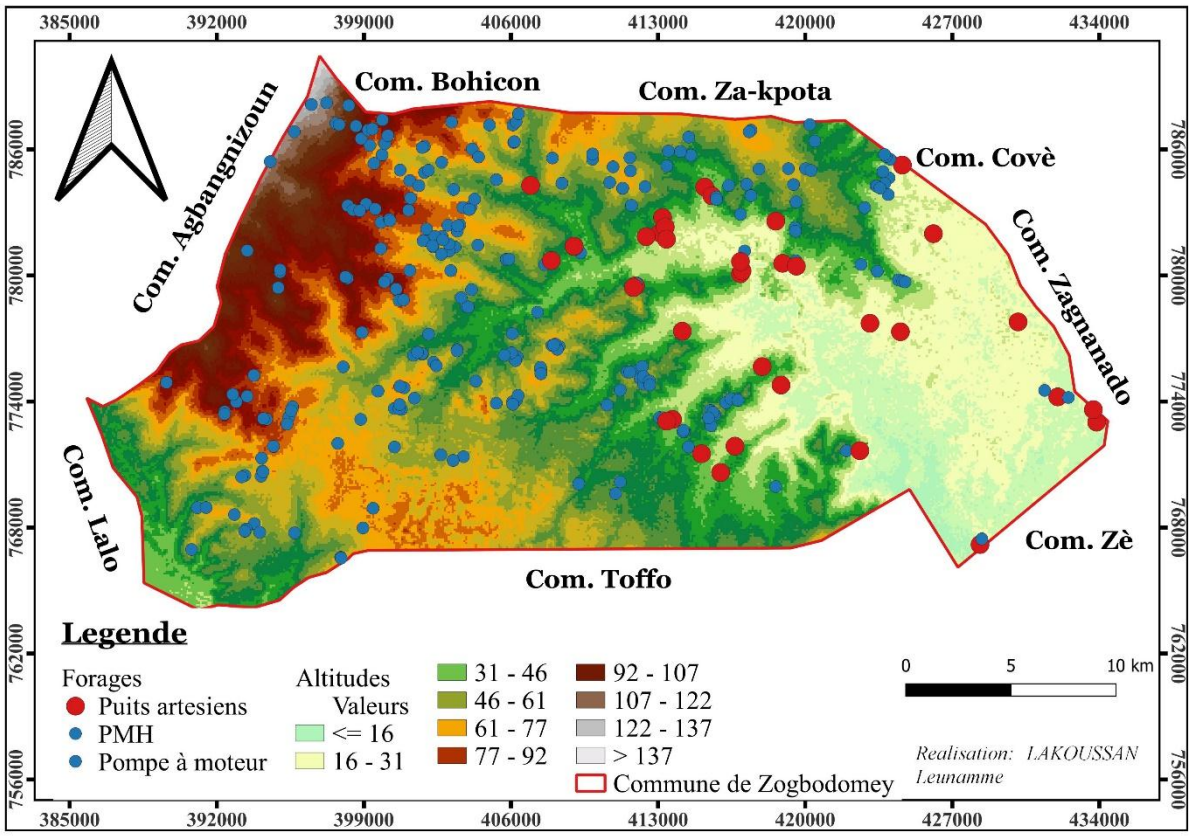


Figure 13 : Carte topographique de la zone d'étude

3.2.2. Étude de la géologie locale et son impact sur l'artésianisme

L'analyse de la carte géologique de la commune de Zogbodomey, combinée à la distribution des forages, révèle des informations sur la relation entre la géologie et l'artésianisme dans la région. La commune, située dans le Sud du Bénin, présente une configuration géologique particulière qui influence directement la disponibilité et l'accessibilité de l'eau souterraine.

Le Crétacé supérieur, composé du Maestrichtien et du Turonien-Coniacien, constitue l'aquifère principal capté par l'ensemble des forages de la région. Cette formation s'approfondit rapidement vers le Sud, ce qui explique la distribution particulière des forages artésiens observée sur la carte. En effet, on constate une concentration plus importante de forages artésiens (astérisques rouges) dans les parties Nord et Centrale de la commune, où le Maestrichtien affleure ou subaffleure. Cette distribution correspond à la zone où le captage de l'aquifère Crétacé reste économiquement viable.

La nature captive de l'aquifère crétacé, résultant de sa position stratigraphique entre le socle cristallin sous-jacent et les argiles et marnes du Paléocène sus-jacentes, joue un rôle crucial dans le phénomène d'artésianisme observé. Cette configuration en "sandwich" crée les conditions de pression nécessaires pour que l'eau remonte naturellement dans les forages, expliquant ainsi la présence de nombreux forages artésiens dans la région.

On observe également que les forages artésiens sont présents non seulement dans les affleurements du Maestrichtien (orange clair sur la carte), mais aussi dans les zones couvertes par le Paléocène moyen et inférieur (zone pointillée). Cette distribution suggère que l'aquifère crétacé reste accessible et sous pression même sous la couverture paléocène, tant que la profondeur ne devient pas trop importante.

La diminution progressive du nombre de forages artésiens vers le Sud de la commune, notamment dans les zones où affleurent le Paléocène supérieur et l'Éocène, corrobore l'idée de l'approfondissement de l'aquifère Crétacé. Dans ces zones, bien que l'aquifère reste probablement captif, sa profondeur rend le captage plus difficile d'accès.

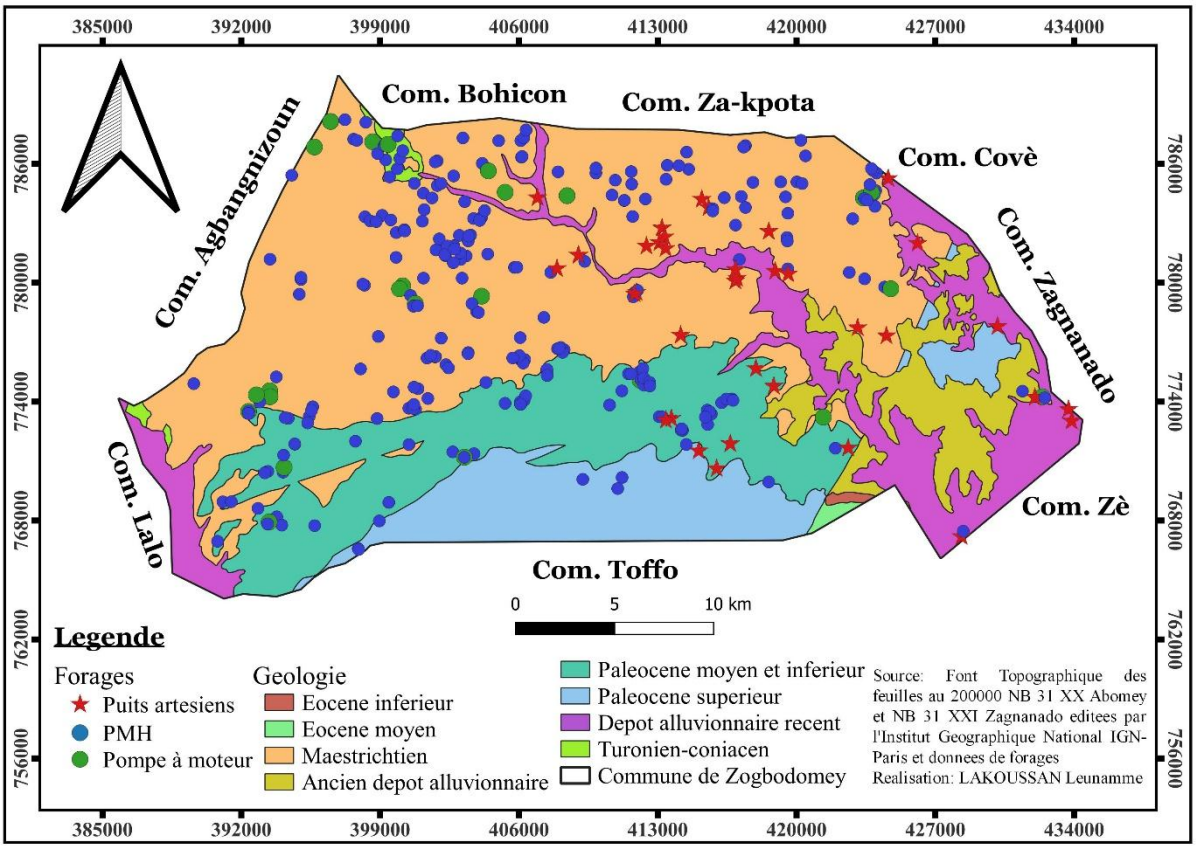


Figure 14 : Carte montrant la relation entre la géologie et le phénomène d'artésianisme

3.2.3. Synthèse des interactions entre topographie, géologie et artésianisme

La topographie de Zogbodomey présente un gradient général d'altitude décroissant d'Ouest en Est, comme observé sur la carte d'altitude. Cette configuration topographique joue un rôle crucial dans la distribution des forages artésiens. Les zones de plus haute altitude à l'Ouest, correspondant principalement aux affleurements du Maestrichtien, agissent comme aires de recharge pour l'aquifère Crétacé. L'eau s'infiltre dans ces zones élevées, créant une charge hydraulique qui alimente le système artésien.

À mesure que l'on se déplace vers l'Est et que l'altitude diminue, on observe une concentration croissante de forages artésiens. Cette distribution s'explique par la combinaison de facteurs géologiques et topographiques. Dans les zones de basse altitude à l'Est, l'aquifère crétacé est recouvert par les formations paléocènes, créant les conditions de confinement nécessaires à l'artésianisme. La différence d'altitude entre les zones de recharge à l'Ouest et les zones de basse altitude à l'Est génère la pression artésienne qui permet à l'eau de jaillir naturellement des forages.

La transition entre les hautes terres de l'Ouest et les basses terres de l'Est (arrondissements d'Avlame et de Koussoukpa) coïncide avec une zone où l'artésianisme est particulièrement prononcé. Cette zone de transition représente un équilibre optimal entre l'accessibilité de l'aquifère (qui n'est pas trop profond) et la pression artésienne suffisante pour faire jaillir l'eau. C'est dans cette bande que l'on retrouve la plus forte concentration de forages artésiens.

Les variations locales de la topographie, telles que les vallées ou les dépressions, peuvent également influencer la distribution des forages artésiens. Ces zones basses représentent des points de décharge naturelle de l'aquifère, où la pression artésienne est particulièrement forte. C'est la raison pour laquelle on observe parfois des groupements de forages artésiens dans ces zones topographiquement déprimées.

3.3. Etude de la performance hydrologique des forages artésiens, leurs impacts, et formulation de recommandations pour une gestion durable des ressources.

3.3.1. Analyse de la performance des forages artésiens.

Ayant précédemment cartographié et analysé la distribution spatiale des forages dans la commune de Zogbodomey, nous allons à présent approfondir notre étude en nous concentrant spécifiquement sur les caractéristiques et les performances des forages artésiens. Cette analyse

permettra d'évaluer l'efficacité de ces ouvrages hydrauliques. L'examen des forages artésiens existants montre une variabilité significative en termes de performance :

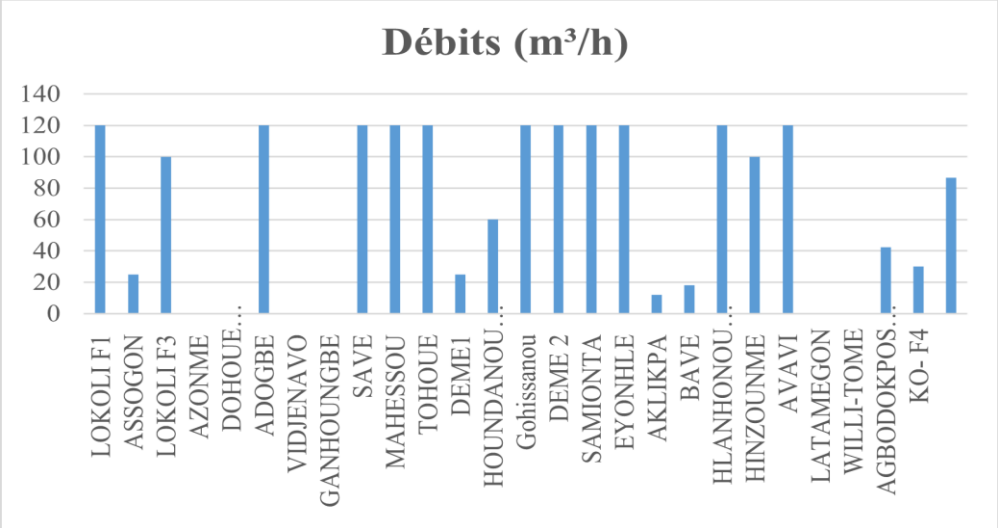


Figure 15 : Débits des forages artésiens

En ce qui concerne les débits d'exploitation, on observe une variabilité importante, avec une moyenne de 86,61675 m³/h calculée sur les 26 forages. Les valeurs s'échelonnent de 1,515 m³/h pour le forage le moins productif (GANHOUNGBE) à 120 m³/h pour les plus performants, plusieurs forages atteignant ce débit maximal. Les zones proches de la transition entre les hautes et basses terres montrant des débits plus élevés. Cette variabilité est en grande partie liée à la nature de l'aquifère, qui est plus facilement accessible dans les zones de faible profondeur, telles que les zones de transition Ouest-Est.

L'artésianisme est confirmé de manière univoque par l'analyse des niveaux statiques, comme énoncés un peu plus haut. Tous les forages étudiés présentent des niveaux statiques négatifs, indiquant une pression artésienne positive sur l'ensemble de la zone. Le niveau statique moyen s'établit à -1,96 m, avec des extrêmes allant de -6 m (observés sur les forages LOKOLI F1 et ASSOGON) à -0,4 m (KO- F4). Cette omniprésence de l'artésianisme constitue un atout majeur pour l'exploitation des ressources en eau souterraine dans la région, garantissant une réduction des coûts d'exploitation liés au pompage.

La profondeur des forages apparaît comme un facteur déterminant de leur performance. Elle varie de manière significative d'une zone à l'autre, avec une profondeur croissante vers le Sud en raison de l'approfondissement de l'aquifère Crétacé supérieur. Dans

les zones où l'aquifère est accessible à faible profondeur (50 à 60 m au Nord), les débits sont plus importants, tandis que vers le Sud, où l'épaisseur de l'aquifère peut dépasser 800 m, les débits sont généralement réduits en raison de l'augmentation de la profondeur et des conditions de confinements plus sévères.

Autres facteurs affectant la performance des forages nous pouvons citer la nature des formations géologiques ainsi que la topographie locale. Pour ce qui concerne la géologie nous pouvons dire que les forages situés dans les affleurements du Maestrichtien et dans les formations couvertes par le Paléocène moyen et inférieur ont tendance à montrer des performances supérieures en termes de débits et de pression artésienne. Pour ce qui concerne la topographie, les vallées et dépressions représentent des points de décharge naturelle pour l'aquifère, favorisant une pression artésienne plus élevée et des débits importants. La configuration topographique, avec un gradient d'altitude marqué d'Ouest en Est, génère un différentiel de pression suffisant pour permettre un écoulement jaillissant dans les zones de basse altitude.

Bien que les forages artésiens de la commune de Zogbodomey démontrent des performances remarquables en termes de débit, produisant des volumes d'eau considérables influencés par divers facteurs géologiques et hydrologiques, cette abondance n'est pas sans conséquences. En effet, la gestion de ces ressources hydriques exceptionnelles présente des défis importants pour la communauté locale. Une étude approfondie menée en 2006 par PNE-Bénin a mis en lumière plusieurs problématiques liées à l'exploitation de ces forages, soulignant ainsi la nécessité d'une approche équilibrée entre l'utilisation de cette ressource précieuse et la gestion durable de ses impacts.

3.3.2. Formulation de recommandations pour une gestion durable des ressources en eau.

Il faut noter qu'au sein de la commune, ce n'est pas la ressource en eau qui manque. Elle dispose de l'eau des forages artésiens jaillissants (non entretenus), l'eau pluviale, et enfin l'eau des zones humides basses. En effet il faudrait améliorer l'approvisionnement de certaines zones, dont Zogbodomey Centre, qui connaissent une expansion démographique, éviter le gaspillage à travers les forages jaillissant jour et nuit.

Selon le rapport général sur Toffo et Zogbodomey réalisé par PNE-Bénin en 2006, plusieurs problèmes majeurs ont été identifiés. L'un des enjeux les plus pressants est les

inondations et la dégradation des infrastructures. L'écoulement continu de l'eau des forages artésiens provoque la saturation des sols, entraînant l'effondrement des latrines et la détérioration des habitations. L'humidité excessive dans les murs des maisons pose des risques pour la sécurité et la santé des résidents.

Un autre problème majeur est la pollution de l'eau. Les activités quotidiennes telles que la baignade, la lessive et le lavage autour des points d'eau contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau. De plus, la présence d'excréments humains à proximité des forages aggrave cette situation, mettant en danger la santé publique.

Les conflits d'usage constituent également un défi de taille. Des tensions entre les hommes et les femmes concernant l'utilisation des points d'eau ont été observées, conduisant parfois à un refus d'entretenir les alentours des forages. Cette situation compromet la gestion durable des ressources en eau et souligne la nécessité d'une approche inclusive dans la gestion communautaire des points d'eau.



Image 1 : Photo extraite du rapport PNE-Bénin en 2006

L'accès à l'eau potable est également compromis par l'absence ou la déformation des dalles anti-bourbier. Cette situation rend l'approvisionnement en eau difficile et insalubre, augmentant les risques sanitaires pour les utilisateurs.

La saturation des sols due à l'affleurement de la nappe phréatique et à l'accumulation d'eau autour des forages a des répercussions négatives sur l'agriculture locale. Certaines parcelles deviennent inexploitables, affectant les moyens de subsistance des agriculteurs et maraîchers de la région.

Les problèmes d'entretien des forages et de leurs alentours persistent, en partie à cause du manque de ressources financières. L'impossibilité d'acheter du matériel de remplacement, comme des robinets pour les bornes fontaines, complique davantage la gestion des installations. La divagation des animaux, notamment des bœufs, autour des points d'eau contribue à la pollution de l'eau par leurs excréments, posant des risques supplémentaires pour la santé publique.

En vue d'assurer une meilleure gestion et de garantir une pérennité de cette nappe jaillissante, nous suggérons :

- **l'amélioration des infrastructures de collecte et de stockage** : Construire des réservoirs de stockage pour recueillir le surplus d'eau des forages artésiens. Cette eau pourrait être utilisée pendant les périodes sèches pour l'irrigation ou d'autres besoins communautaires.
- **la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)** : Mettre en place un comité de gestion de l'eau au niveau communal, impliquant toutes les parties prenantes (autorités locales, utilisateurs, agriculteurs, éleveurs). Ce comité serait chargé de développer et de mettre en œuvre un plan de gestion durable des ressources en eau.
- **l'approche écosystémique** : Intégrer la gestion des forages artésiens dans une stratégie plus large de protection des écosystèmes, incluant la reforestation et la protection des zones humides pour maintenir l'équilibre hydrique naturel
- **le programme de formation et de renforcement des capacités** : Former les membres de la communauté aux techniques de maintenance des forages, à la gestion de l'eau et aux pratiques d'hygiène pour assurer une meilleure durabilité des installations.

3.3.3. Discussion

L'étude de l'artésianisme dans la commune de Zogbodomey révèle une complexe interaction entre la géologie, la topographie et l'hydrogéologie, confirmant et enrichissant les observations de nombreux chercheurs dans ce domaine. La cartographie des forages artésiens montre une distribution spatiale inégale, avec une concentration significative dans la partie Est et Sud-Est de la commune. Elle s'inscrit dans un cadre plus large, en ligne avec les systèmes artésiens décrits par Fetter (2001), qui notait une répartition similaire dans les bassins sédimentaires mondiaux. L'ensemble de ces observations et analyses cartographiques met clairement en évidence la validité de notre première hypothèse de recherche. En effet, les résultats démontrent de manière irréfutable que la répartition des forages artésiens dans la commune suit un schéma de distribution non uniforme, avec des zones de concentration bien définies.

L'analyse des niveaux statiques renforce cette compréhension en mettant en évidence trois zones distinctes : une zone d'artésianisme franche, une zone probable d'artésianisme jaillissant, et une zone de non-artésianisme. Ce gradient hydrogéologique reflète les modèles d'écoulement des eaux souterraines développés par Tóth (1963), qui a démontré l'importance de la géomorphologie et de la structure géologique dans la répartition des systèmes artésiens. Ces résultats confirment également les observations de Kresic (2010) et de Freeze & Cherry (1979), qui ont souligné l'influence de la topographie sur la manifestation de l'artésianisme, particulièrement dans les bassins confinés.

Cependant, la répartition inégale des forages artésiens à Zogbodomey ne peut être comprise qu'en tenant compte de la corrélation entre la géologie et l'altitude. Le gradient topographique prononcé d'Ouest en Est joue un rôle clé dans ce phénomène. Les zones de haute altitude à l'Ouest agissent comme des aires de recharge, alimentant les conditions artésiennes dans les basses terres à l'Est. Ce processus s'aligne sur les concepts hydrogéologiques régionaux de Tóth (2009), qui a démontré l'importance des gradients hydrauliques dans le contrôle des écoulements souterrains. De même, les travaux de Méheust (2002) et de Bense et *al.* (2013) corroborent cette interprétation en soulignant le rôle des structures géologiques et des reliefs dans la régulation des systèmes artésiens.

Ce mécanisme de recharge et de pression est également soutenu par Lamb (1924), qui a montré que les écoulements artésiens sont plus fréquents dans les zones où la topographie crée une différence d'altitude suffisante pour alimenter les aquifères sous pression. À

Zogbodomey, cela explique pourquoi les zones de transition entre les hautes terres et les basses terres présentent une concentration importante de forages artésiens, renforçant l'idée d'une connexion directe entre topographie, recharge et artésianisme.

En plus de la topographie, la géologie locale joue un rôle déterminant dans l'apparition des forages artésiens. Les formations géologiques du Crétacé supérieur, notamment celles du Maestrichtien et du Turonien-Coniacien, forment l'aquifère captif à l'origine de ce phénomène. Ces couches aquifères captives, situées sous une couverture d'argiles et de marnes imperméables, créent les conditions de confinement nécessaires à la remontée de l'eau sous pression. Cette configuration géologique est similaire à celle décrite dans le bassin sédimentaire du golfe de Guinée par Slansky (1962) et l'Institut de recherche Breda (1987). L'analyse approfondie de ces différents paramètres géologiques et topographiques vient ainsi étayer notre deuxième hypothèse de travail. La corrélation établie entre la présence des forages artésiens, les formations géologiques du Crétacé supérieur et les zones de basse altitude est sans équivoque, démontrant une relation causale directe entre ces facteurs.

Cette interaction entre les formations géologiques et la dynamique des eaux souterraines est essentielle pour comprendre le phénomène d'artésianisme à Zogbodomey. Comme l'ont expliqué Sethi et Di Molfetta (2019), la compressibilité des aquifères captifs est un facteur clé pour générer la pression nécessaire à l'écoulement naturel de l'eau. À Zogbodomey, cela se traduit par une abondance de forages dans les zones où les couches du Crétacé sont peu profondes, ce qui correspond à des zones géologiquement favorables pour l'artésianisme.

L'analyse de la performance des forages, avec une variabilité significative des débits, reflète la complexité du système hydrogéologique local. Cette variabilité, observée également par Younger (2007) et Rosewarne et *al*. (2013), met en évidence l'importance d'une approche spatiale pour comprendre et gérer efficacement les ressources en eaux souterraines. Les forages situés dans les zones de transition montrent des débits plus élevés, en raison de la faible profondeur de l'aquifère et de la forte pression artésienne, un phénomène également observé par Paramelle (1956), qui a démontré que la performance des forages artésiens est étroitement liée à la structure et à la profondeur de l'aquifère captif

Néanmoins, cette abondance d'eau artésienne à Zogbodomey soulève des défis de gestion majeurs. Les problématiques identifiées par PNE-Bénin (2006), telles que les inondations, la dégradation des infrastructures et la pollution des eaux, rappellent les défis signalés par Foster et *al.* (2013) dans les pays en développement dans leur document

« *Groundwater : a global focus on the 'local resource'* ». Les impacts sociaux, tels que les conflits d'usage et la saturation des sols, s'alignent avec les observations de Konikow et Kendy (2005) dans leur document « *Sustainable Management of Groundwater Resources in Developing Countries »* sur les conséquences d'une exploitation intensive des aquifères.

Ces défis exigent une approche de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), comme le préconisent Giordano et Villholth (2007), afin de garantir une exploitation durable de cette ressource précieuse. Les multiples défis et impacts identifiés au cours de cette étude, tant sur le plan environnemental que socio-économique, apportent une validation empirique à notre troisième hypothèse. La nécessité d'une gestion adaptée s'impose comme une évidence face aux conséquences observées de l'exploitation non contrôlée des forages artésiens, confirmant ainsi notre postulat initial sur les implications de ce phénomène.

CONCLUSION

Cette étude visait à caractériser le phénomène d'artésianisme dans la commune de Zogbodomey, en explorant les facteurs géologiques, topographiques et hydrogéologiques qui influencent sa manifestation. Grâce à une approche méthodologique rigoureuse, combinant la recherche documentaire, la collecte et l'analyse de données géologiques et hydrologiques, nous avons pu dresser une cartographie détaillée des forages artésiens, et analyser les interactions entre la topographie, la géologie locale, et la distribution des forages.

Les résultats ont révélé que l'artésianisme à Zogbodomey est fortement influencé par des facteurs topographiques, avec une concentration marquée de forages artésiens dans les zones de basse altitude. La géologie locale, notamment la présence d'aquifères captifs dans le Crétacé supérieur, joue également un rôle déterminant dans le développement de ces forages. Cette étude confirme que les zones les plus favorables à l'artésianisme sont situées dans la partie Est et Sud-Est de la commune, en concordance avec les dépressions géologiques observées.

En outre, l'analyse de la performance des forages artésiens a révélé une variabilité notable des débits, allant de 1,515 à 120 m^3/h, et de la productivité des forages, influencée par des facteurs tels que la profondeur des aquifères, la géologie locale et les conditions topographiques. Si certains forages montrent une productivité élevée, des défis importants persistent en termes de gestion. L'écoulement constant des forages non régulés engendre des problèmes environnementaux tels que la saturation des sols, la dégradation des infrastructures et la pollution des eaux.

Pour répondre à ces défis, des solutions techniques et organisationnelles doivent être mises en œuvre, notamment une meilleure régulation des débits, des mesures de protection des infrastructures, et l'adoption de pratiques de gestion durable des ressources en eau. La mise en place d'une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) est cruciale pour assurer une exploitation efficace et durable des forages artésiens, tout en minimisant les impacts environnementaux et sociaux.

❖ Perspectives

Il convient alors de poursuivre et d'approfondir les connaissances sur la thématique afin d'apporter davantage de clarté aux résultats. Il conviendra dans la suite des travaux de :

- analyser les variations saisonnières des débits artésiens à Zogbodomey : implications pour la gestion durable des ressources en eau
- analyse du potentiel de développement agricole et piscicole lié à l'exploitation durable des forages artésiens à Zogbodomey
- modélisation hydrogéologique des aquifères artésiens de Zogbodomey : prévision des changements à long terme et stratégies d'adaptation
- analyse comparative de la qualité de l'eau des forages artésiens et non artésiens dans la commune de Zogbodomey : implications pour la santé publique
- évaluer l'impact de l'exploitation des forages artésiens sur la pérennité du phénomène et sur les ressources en eau du bassin sédimentaire côtier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALASSANE, A. (2004). Étude hydrogéologique du Continental Terminal et des formations de la plaine littorale dans la région de Porto-Novo (Sud du Bénin) : identification des aquifères et vulnérabilité de la nappe superficielle. Thèse de doctorat, Université de Lomé, 145p.

BAECHLER L., (2012). La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable. L'Europe en Formation 2012/3 (n° 365), pages 3 à 21.

BENOIST, J.C. & BIRGAND, François. (2002). Les dispositifs de mesure des débits dans les bassins versants agricoles. Sciences, Eaux & Territoires, 51 - 63.

BENSE, V.F., GLEESON, T., LOVELESS, S.E., BOUR, O. & SCIBEK, J. (2013). Fault zone hydrogeology. Earth-Science Reviews, 127, 171-192.

BREDA (1987). Étude de la géologie et des ressources en eau souterraine du Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin. Rapport technique, Direction de l'Hydraulique, Cotonou.

Claude COSANDEY et Mark ROBINSON. Hydrologie continentale, Éditions Armand COLIN, collection U, 2ème édition, 448 p. Physio-Géo, Volume 7, 2012. 7-13. https://doi.org/10.4000/physio-geo.3415

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.R. (2001). Hidrología subterránea. Omega, Barcelona, 2350p.

FETTER, C.W. (2001). Applied Hydrogeology (4th ed.). Prentice Hall, New Jersey, 598p.

FOSTER, S., HIRATA, R., GARDUNO, H. (2013). Groundwater: a global focus on the 'local resource'. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), 685-695.

FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. (1979). Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 604p.

GIORDANO, M. & VILLHOLTH, K.G. (2007). The Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities and Threats to Development. CABI Publishing, 419p.

KONIKOW, L.F. & KENDY, E. (2005). Sustainable Management of Groundwater Resources in Developing Countries. Hydrogeology Journal, 13(1), 317-320.

KRESIC, N. (2010). Types and classifications of springs. In: Groundwater Hydrology of Springs. Butterworth-Heinemann, 31-85.

LAMB, H. (1924). Hydrodynamics. Cambridge University Press, London, 738p.

MEHEUST, Y. (2002). Écoulements dans les milieux poreux fracturés : effets de la corrélation des ouvertures avec les structures spatiales. Thèse de doctorat, Université Paris Sud.

MEINZER, O. E. (1928). Compressibility and elasticity of artesian aquifers. Economic Geology, 23(3), 263-291. https://doi.org/10.2113/gsecongeo.23.3.263

PARAMELLE, A. (1956). L'art de découvrir les sources. Dalmont et Dunod, Paris, 376p.

PNE-BÉNIN (2006). État des lieux des ressources en eau au Bénin. Rapport technique, Cotonou.

ROSEWARNE, P., WOODFORD, A.C., O'BRIEN, R., et al. (2013). An Introduction to South Africa's Groundwater Resources. Water Research Commission Report No. TT 286/13.

RUSHTON, K.R. (2003). Groundwater Hydrology: Conceptual and Computational Models. John Wiley & Sons, 416p.

SETHI, R. & DI MOLFETTA, A. (2019). Groundwater Engineering: A Technical Approach to Hydrogeology, Contaminant Transport and Groundwater Remediation. Springer, 192p.

SINGHAL, B.B.S. & GUPTA, R.P. (2010). Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. Springer, 408p.

SLANSKY, M. (1962). Contribution à l'étude géologique du bassin sédimentaire côtier du Dahomey et du Togo. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, n°11, 270p.

TODD, D.K. & MAYS, L.W. (2005). Groundwater Hydrology (3rd ed.). John Wiley & Sons, 636p.

TÓTH, J. (1963). A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. Journal of Geophysical Research, 68(16), 4795-4812.

TÓTH, J. (2009). Gravitational Systems of Groundwater Flow: Theory, Evaluation, Utilization. Cambridge University Press, 297p.

UNESCO (2012). World's Groundwater Resources Are Suffering from Poor Governance. UNESCO Natural Sciences Sector News.

YOUNGER, P.L. (2007). Groundwater in the Environment: An Introduction. Blackwell Publishing, 318p.

.

ANNEXES

Tableau 3 : Données climatiques de la commune de Zogbodomey (Station de Bohicon)

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL
Pluie	6,13658 54	32,129268	76,546341	111,53659	141,76341	152,14878	159,43415	108,35854	151,17317	126,96585	25,865854	12,007317	1104,065854
ETP	106,07576	110,37576	122,88182	112,24688	107,28182	87,848485	78,960606	77,590909	78,503125	91,869697	101,05313	102,99091	1177,678883
Temperature	28,992443	30,390138	30,199059	29,34125	28,402688	25,142315	24,391734	24,012119	24,592963	27,483199	28,896494	29,044892	330,8892946
T_Min	23,025269	24,407834	24,795341	24,434074	23,919982	23,105926	22,559409	22,21147	22,608704	22,983513	23,7466	23,356631	281,1547501
T_Max	34,959618	36,372441	35,602778	34,248426	32,885394	27,178704	26,224059	25,812769	26,577222	31,982885	34,046389	34,733154	380,623839
Ecart	5,967174432	5,9823036 4	5,40371863 8	4,90717592 6	4,48270609 3	2,03638888 9	1,83232526 9	1,80064964 2	1,98425925 9	4,4996863 8	5,14989463 6	5,68826164 9	49,73454445

Tableau 4 : Caractéristiques sur la performance des forages artésiens à Zogbodomey

Localité	Profondeur Totale (m)	Niveau Statique (m)	Débit Exploitable (m^3/h)	Conductivité
LOKOLI F1	55.08	-6	120	-
ASSOGON	115.3	-6	25	-
LOKOLI F3	55.34	-5	100	-
AZONME	150.14	-4	-	-
DOHOUE YAHOUE	-	-3.2	-	-
ADOGBE	125.78	-3	120	-
VIDJENAVO	244.2	-2.5	1.644	> 1500 µS/cm
GANHOUNGBE	232	-2.5	1.515	> 1500 µS/cm
SAVE	152.59	-2.3	120	-
MAHESSOU	195.23	-2	120	-
TOHOUE	84	-2	120	< 400 µS/cm
DEME1	77	-1.6	25	< 400 µS/cm
HOUNDANOU (AVAVI)	107.24	-1.5	60	-
Gohissanou	257.52	-1.5	120	< 400 µS/cm
DEME 2	122	-1.5	120	< 400 µS/cm
SAMIONTA	91.1	-1.5	120	> 1500 µS/cm
EYONHLE	146.9	-1.5	120	> 1500 µS/cm
AKLIKPA	148	-1.5	12	-

BAVE	139.25	-1.5	18	-
HLANHONOU GNANLI-ZASSA	96.5	-1.5	120	< 400 µS/cm
HINZOUNME	286.84	-1.32	100	-
AVAVI	103.67	-0.9	120	-
LATAMEGON	71,44	-0,8		
WILLI-TOME	72,4	-0,56		2: > 1500 µS/cm
AGBODOKPOSSIGON	67,89	-0,5	42,335	1: < 400 µS/cm
KO- F4	150,18	-0,4	30	

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE 2

DEDICACE 3

REMERCIEMENTS 4

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS 5

LISTES DES TABLEAUX 6

LISTES DES FIGURES 7

RESUME 8

ABSTRACT 9

INTRODUCTION 10

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 13

1.1. Revue de littérature 14

1.1.1. Le cycle de l'eau 14

1.1.2. Aquifères et nappes d'eau 15

1.1.3. Nappe libre et nappe captive 17

1.2. Localisation du cadre de l'étude 18

1.3. Contexte hydro climatique général 18

1.3.1. Pluviosité 19

1.3.2. Température 20

1.3.3. Température et évapotranspiration potentielle 21

1.4. Hydrographie, végétation, sols et données humaines 22

1.4.1. Hydrographie 22

1.4.2. Végétation et type de sol 22

1.4.3. Données humaines et socio-économiques 23

1.5. Géomorphologie, géologie et hydrogéologie 23

1.5.1. Géomorphologie de la zone d'étude 23

1.5.2. Géologie 24

1.5.3. Hydrogéologie 27

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE 29

2.1. Recherche documentaire 30

2.2. Collecte des données 30

2.3. Traitement des données 30

2.3.1. Réalisation de la carte des forages artésiens dans la commune de Zogbodomey ... 31

2.3.2. Analyse de la corrélation entre la topographie, la géologie locale et la distribution des forages artésiens 32

2.3.3. Analyse de la performance des forages artésiens, Impacts et défis de l'artésianisme à Zogbodomey : analyse des conséquences et pistes de solutions 32

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 33

3.1. Cartographie des forages et identification des zones d'artésianisme à Zogbodomey 34

3.1.1. Cartographie des forages dans la zone d'étude 34

3.1.2. Analyse des profondeurs des forages artesiens et validation de la zone d'artésianisme 35

3.2. Analyse de la relation entre la topographie, la géologie et la distribution des forages artésiens dans la zone d'etude 36

3.2.1. Analyse topographique et distribution des forages artésiens 36

3.2.2. Étude de la géologie locale et son impact sur l'artésianisme 37

3.2.3. Synthèse des interactions entre topographie, géologie et artésianisme 39

3.3. Etude de la performance hydrologiquedes forages artesiens, leurs impacts et formulations de recommandations pour une gestion durable des ressources 39

3.3.1. Analyse de la performance des forages artésiens 39

3.3.2. Formulations de recommandations pour une gestion durable des ressources en eau dans la zone d'etude 41

3.3.3. Discussion 44

CONCLUSION 47

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 49

ANNEXES 52

TABLE DES MATIERES 55