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

KPOTO Alex Odilon

Pour l'obtention du diplôme de

LICENCE Professionnelle en Hydrologie

OPTION : GÉOHYDROLOGIE

==========

APPORT DU PQWT S500 DANS LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE EN ZONE BISEAU SEC AU BÉNIN : CAS DE LA COMMUNE DE TOVIKLIN

==========

Maître de Stage

Dr. AKOKPONHOUE Nesny

Maître de Mémoire

Dr. AKOKPONHOUE Nesny

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2022-2023

Certification

Nous soussignés :

- Président du jury : **Pr YALO Nicaise,** Professeur Titulaire des Universités (CAMES) ; Coordonnateur du Centre de Formation Professionnelle et Continue en Eau de L'Institut National de l'eau (CFPCE-INE) ;
- Membres :
  - **Docteur KOTCHONI Valerie** ; Enseignante chercheure à l'Institut National de l'Eau à l'Université d'Abomey-calavi (UAC), Hydrogéologue, Hydrogéochimiste.
  - **Docteur AKOKPONHOUE Y. Nesny** ; Enseignant chercheur à l'Institut National de l'Eau à l'Université d'Abomey-calavi (UAC) ;

Jury chargé de juger le mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme de licence professionnel en Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau (HGRE) de Monsieur **KPOTO Alex Odilon,** certifie que les différents apports et contributions énoncés au cours de la soutenance tenue le jeudi 28 décembre 2023 de 09h à 10h dans la salle A2 de l'Institut National de l'Eau, ont été intégrés au documents pour l'amélioration de la qualité scientifique et esthétique de ce dernier.

En foi de quoi, le présent certificat lui est délivré pour service et valoir ce que de droit

Président du jury

Pr YALO Nicaise

Examinateur

Dr KOTCHONI Valerie

Rapporteur

Dr AKOKPONHOUE Y. NESNY

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents pour tout l'amour dont ils ne cessent de m'entourer et leurs efforts consentis.

Remerciement

J'adresse mes sincères remerciements à l'Eternel Dieu tout puissant. Mes remerciements à :

- À mon maître de mémoire le Dr AKOKPONHOUE Y. Nesny, pour sa disponibilité et son attachement malgré ses multiples occupations. Sa rigueur au travail et ses conseils ont été d'une grande utilité pour nous. Que Dieu le Tout-Puissant vous bénir !
- Au Directeur de l'INE le Prof Daouda MAMA, qui nous a permis de bénéficier de cette formation en Hydrogéologie ;
- À tous les responsables de l'Institut National de l'Eau et du département d'Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau ;
- Au corps professoral de la licence en hydrologie pour l'enseignement de qualité qui nous a été dispensé ;
- À la Direction Départementale de l'eau et des mines (DDEM) du Couffo pour leur accueil et qui, par son centre de documentation, nous a livré les données ayant servi à l'atteinte des objectifs que nous nous sommes fixés pour le présent travail. Merci à tous ;
- À tous les honorables membres du jury qui apprécieront ce travail ;
- À toute la famille KPOTO et à tous ses proches pour leurs encouragements et leur soutien multiforme. Puisse notre Père à tous puisse nous garantir sa bienveillance et ses bénédictions ;
- À tous mes camarades avec lesquels j'ai passé ces trois années de formation.

Résumé

L'étude actuelle se concentre sur l'apport du PQWT S500 dans la mobilisation des ressources en eau souterraine dans une zone biseau sec au Bénin, en se basant sur le cas de la commune de Toviklin. L'objectif est de confirmer les zones aquifères dans cette région aride en utilisant le PQWT S500. La méthodologie employée consistait à collecter des données hydrogéologiques pour faciliter la campagne de prospection. La campagne de prospection a été menée dans sept arrondissements de Toviklin en fonction des zones géologiques identifiées, ce qui nous a permis de recueillir des informations qui ont été interprétées pour obtenir les résultats de notre étude. Parmi les données utilisées pour notre étude, on trouve les données lithologiques des forages, qui ont été essentielles pour établir les coupes lithologiques. Dans un premier temps, ces coupes ont révélé que la commune était composée de deux types de formations distinctes : une zone sédimentaire et une zone de contact, formant un biseau sec. Ensuite, les sections du PQWT S500, résultant des recherches hydrogéologiques et géophysiques sur le terrain, ont permis d'identifier les aquifères dans notre zone d'étude en fonction de la structure lithologique, tout en fournissant des informations sur les différents types de sols. Le PQWT est une méthode géophysique utilisée pour la détection des eaux souterraines. Sa particularité réside dans sa capacité à fournir des informations rapides et détaillées sur la profondeur et la qualité de l'eau souterraine, en utilisant les ondes électromagnétiques. Cette méthode se distingue par sa rapidité d'exécution et sa capacité à acquérir des données en temps réel, offrant ainsi des avantages pratiques dans la prospection des points d'eau comparée à certaines méthodes géophysiques traditionnelles.

Mots clés : Aquifère, PQWT S500, Toviklin, Zone Sédimentaire, Zone de contact, Biseau sec.

Abstract

The current study focuses on the contribution of the S500 PQWT to the mobilisation of groundwater resources in a dry zone in Benin, based on the case of the commune of Toviklin. The aim is to determine the aquifer zones in this arid region using the S500 PQWT. The methodology employed consisted of collecting data to facilitate the prospecting campaign. The prospecting campaign was carried out in seven districts of Toviklin according to the geological zones identified, which enabled us to gather information that was interpreted to obtain the results of our study.

The data used for our study included lithological data from the boreholes, which were essential for drawing up the lithological sections. Firstly, these sections revealed that the commune was made up of two distinct types of formation : a sedimentary zone and a contact zone, forming a dry wedge. Next, the sections of the PQWT S500, resulting from the hydrogeological and geophysical field surveys, made it possible to define the aquifers in our study area on the basis of lithological structure, while also providing information on the different soil types.

Finally, the PQWT S500, thanks to the difference in electrical resistivity and the varied colours it presents, is more effective in areas of high aridity, making it possible to mobilise a range of information on groundwater resources.

Key words : Aquifer, PQWT S500, Toviklin, Sedimentary zone, Contact zone, Dry wedge.

Liste des sigles et acronymes

BSC : Bassin Sédimentaire Côtier

DDEM : Direction Départementale de l'Eau et des Mines

INE : Institut National de l'Eau

LHA : Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

LPH : Licence Professionnelle en Hydrologie

ORE : Obligation Réelle Environnementale

PQWT : Pulse Quick Wavelet Transceiver

Liste des figures

Figure 1 : Dipôle passif du courant électrique…….....7
Figure 2 : Un cylindre…….....8
Figure 3 : ligne de courant Normal : équipotentielles……10
Figure 4 : Circulation du courant dans le sous-sol par la méthode résistivité électrique……11
Figure 5 : Principaux dispositifs de mesure de la méthode électrique……11
Figure 6 : Mise en œuvre d'un profil électrique Schlumberger (inspiré de Chapellier, 2000) ……13
Figure 7 : Exemples de profils électriques réalisés par différents bureaux d'études au Bénin sur différents sites……13
Figure 8 : Mise en œuvre d'un sondage électrique Schlumberger (inspiré de Chapellier, 2000) …….....……14
Figure 9 : Carte de localisation de la commune de Toviklin……...16
Figure 10 : Carte géologique de la commune de Toviklin…….....17
Figure 11 : Carte hydrogéologique de la commune de Toviklin…….....18
Figure 12 : Carte de localisation des 10 forages identifiés……..25
Figure 13 : localisation des six (6) forages sélectionnés ……....29
Figure 14 : Coupe lithologique de Hountondjihoué……...…..32
Figure 15 : Coupe lithologique de Gbavouhoué…….……33
Figure 16 : Coupe lithologique de Médéyihoué…….34
Figure 17 : Coupe lithologique de Sékouhoué……..…...35
Figure 18 : Coupe lithologique Kandahoué…….…....36
Figure 19 : Coupe lithologique de Ayidedo…….…....37
Figure 20 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Hountondjihoué……..38
Figure 21 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Gbavouhoué…….....40
Figure 22 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Mèdéyihoué ……..……..41
Figure 23 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Sékouhoué……...43
Figure 24 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Kandahoué……..…44
Figure 25 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Ayidèdo……..…46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique de la commune de Toviklin (*Source* : Enquêtes SAFIC 2009) 16

Tableau 2 : Les ressources naturelles de la commune. (Source : Enquête SAFIC, 2009)…….20

Tableau 3 : Nom des localités de chaque forage sur la figure 16……...31

Tableau 4 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 103…….40

Tableau 5 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 104…….42

Tableau 6 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 105…….44

Tableau 7 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 106…….46

Tableau 8 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 107…….48

Tableau 9 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 108…….50

Liste des images

Photo 1 : Matériel de terrain……..……..23

Photo 2 : Image montrant le PQWT S500 et une électrode…….....26

Photo 3 : Image montrant la seconde électrode…….....27

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE…… 1

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE……...4

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE…….……..……21

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION……29

CONCLUSION ET SUGGESTIONS……...51

Référence bibliographiques……..53

ANNEXES……...54

Tables des matières……...58

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

L'eau encore appelée « or bleu » est une ressource vitale aux êtres vivants en général et à l'homme en particulier. La totalité de l'eau sur terre représente un volume d'environ 1.4 milliards de km^3, disponible sous forme de liquide, solide, ou de gaz (ORE, 2016). Cependant la majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans, et est salée, ce qui la rend inutilisable par l'Homme. L'eau douce ne représente que 3% de l'eau sur terre, la moitié de cette eau représente l'eau douce disponible pour l'usage humain c'est-à-dire seulement 0.3% du volume d'eau de la planète, soit 4 millions de km^3. Cette eau est accessible dans différentes ressources naturelles comme par exemple les cours d'eau, les nappes peu profondes, ou encore les lacs, (ORE, 2016)**.** La consommation d'eau dans le monde a plus que triplé en cinquante ans (en 1960, la consommation d'eau était d'environ 1000 mètres cubes par personne par an et en 2010 elle avait triplé pour atteindre environ 3800 mètres cubes par personne par an), en raison de la croissance démographique importante et des besoins croissants de la population en eau (Mathieu et al, 2001).

En Afrique et précisément au Bénin, les eaux souterraines sont la principale source d'approvisionnement en eau potable des populations. La sollicitation de cette eau souterraine est de plus en plus privilégiée dans le contexte actuel, où les changements globaux (occupation des sols, destruction du couvert végétal, variabilité climatique, etc…) ont durement et directement affecté quantitativement et qualitativement les eaux de surfaces. La production agricole est responsable de 70% de la demande en eau douce (UNESCO 2009, Alassane 2018). Les systèmes d'irrigation à moyenne et grande échelle nécessitent de très grandes quantités d'eau qui peuvent être pompées dans des aquifères productifs souvent au moyen de pompe immergées. La commune de Toviklin, située dans une zone de biseau sec au Bénin, fait face à certaines difficultés qui, en général, selon les géologies, sont : (1) l'accessibilité difficile, (2) la faiblesse et la précarité des débits souvent insuffisants pour développer un réseau de distribution d'eau. Ceci rend parfois aléatoire le captage d'eau par l'exécution des forages et constitue un problème qui se pose avec acuité dans cette région du Bénin. Comment le PQWT S500 peut-il efficacement intégré pour résoudre ces problèmes spécifiques et assurer une gestion durable de l'eau dans cette région ? La contribution scientifique de ce travail réside dans l'évaluation de l'impact du PQWT S500 sur l'optimisation de la mobilisation des ressources en eau souterraine dans la zone biseau sec. En analysant son application dans la commune de Toviklin au Bénin, l'étude vise à fournir des informations précieuses sur l'efficacité de cette technologie à relever

les défis liés à l'eau dans des environnements arides, et contribuer à la mobilisation et gestion des ressources en eau souterraines.

Le présent travail vise la réalisation des études de prospection géophysique à l'aide du PQWT S500 dans chacune des localités sélectionnées. Pour y parvenir, un objectif général a été défini et décliné en trois objectifs spécifiques.

Objectifs de recherche

• Objectif général

L'objectif général de ce travail est de préciser les aquifères avec le PQWT S500 en zone de biseau sec au Bénin en vue de faciliter la mobilisation des ressources en eau souterraine.

• Objectifs spécifiques

Trois objectifs spécifiques ont été formulés pour ce travail

- Réaliser des sondages d'étalonnage avec le PQWT S500 sur les anciens forages.
- Caractériser les zones aquifères avec le PQWT à proximité des anciens forages.
- Définir les aquifères en zone biseau sec à partir des sections du PQWT.

Ainsi des hypothèses ont été formulées afin de mieux appréhender les objectifs spécifiques.

Hypothèse de recherche

Trois hypothèses ont été émises au vu des objectifs ci-dessus énumérés :

- La commune de Toviklin se situe en zone biseau sec au Bénin ;
- Le PQWT S500 permet de caractériser les aquifères en zone biseau sec ;
- Les sections du PQWT S500 permettent de définir les aquifères de la zone biseau sec.

Le présent document, qui est le rapport de notre étude, se divise en trois chapitres. Le premier chapitre aborde la synthèse de la littérature et la présentation de la région d'étude. Le deuxième chapitre se penche sur le matériel utilisé et la méthodologie employée, tandis que le troisième chapitre expose les résultats obtenus et propose une discussion.

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

1. Synthèse bibliographique et présentation de la zone d'étude.

1.1. Synthèse bibliographique

1.1.1 Généralité sur la géophysique

La géophysique est l'une des approches utilisées pour la reconnaissance géotechnique de site (in situ). C'est l'étude du sous-sol caché en mesurant certaines propriétés physiques à partir de la surface ou dans un forage. Cette étude permet de déduire l'architecture souterraines du terrain (la nature, la distribution et les propriétés des matériaux) par le biais de l'étude de contrastes (variation) dans les propriétés physiques. Cela conduit à faire des choix d'emplacement, de conception et de procédés de construction adaptés pour l'ouvrage à réaliser. Elle se pratique à partir de la surface, dans un forage, entre forages, entre forage et surface. (Dr. BOUTELDJA FATHE)

La géophysique sert à :

- Améliorer de modèle géologique (premier modèle géologique de la structure du sous-sol)

- Optimiser l'implantation et le nombre de sondages mécaniques

- Valoriser les forages au moyen des diagraphies et des techniques géophysique de forage.

- Aider à la résolution de problèmes spécifiques comme par exemple la détection de cavités souterraines ou autres types d'hétérogénéités, la détermination des masses volumiques ou des teneurs en eau …

Les techniques géophysiques sont choisies en fonction du :

- type de terrain rencontré ;

- type de contraste attendu ;

- la profondeur d'investigation ;

- détail visé ;

- type de problème technique à résoudre.

L'interprétation des mesures géophysiques abouti à un zonage du terrain. Ce zonage sert à définir l'emplacement des sondages mécaniques de manière optimale (forages destructifs, carottage, puits, galeries, tranchées …)

Bien qu'il existe de nombreuses techniques géophysiques, les plus couramment utilisées pour l'implantation de forages sont les méthodes liées à la résistivité électrique et les méthodes électromagnétiques, ainsi que quelques applications liées à la réfraction sismique et aux techniques magnétiques.

La méthode de la résistivité a été employée pendant de nombreuses années et peut être utilisée de deux façons distinctes. La première consiste en sondages électriques verticaux (SEV) dans lesquels les variations de la résistivité du sous-sol sont mesurées à l'aide d'électrodes alignées par rapport à un point fixe et peuvent être interprétées comme des suites de couches géologiques. La seconde est le traîné de résistivité, qui consiste à déplacer la ligne d'électrodes sur le terrain pour fournir une information qualitative sur les variations latérales dans les types de roches et structures du sous-sol.

1.1.2. Mesure par la méthode électrique

1.1.2.1 Généralité de la méthode électrique

La méthode électrique est l'une des méthodes géophysiques les plus anciennes. Elle est employée dans divers domaines de prospection et de recherche. Le premier travail important sur la prospection électrique mesurant la résistivité électrique se doit d'être attribué à Fox (1789 - 1877), qui, de par ses connaissances en géologie et ses études sur la température de la terre, l'électricité et le magnétisme terrestre, mérite d'être considéré comme étant le grand-père des géophysiciens. C'est Conrad Schlumberger qui a montré l'aspect dynamique de la circulation du courant électrique dans la terre. (Kuentz, 1966)

La résistivité électrique permet la connaissance de la distribution des propriétés physiques du sol. Elle dispose des avantages suivants :

- Méthode non-destructive ;
- Permet de couvrir des grandes surfaces d'investigation ainsi que des grands volumes à un faible coût ;
- Facile à mettre en œuvre et adaptée à tous les types d'environnement ;
- Permet d'obtenir des images de surface et/ou en profondeur à un temps donné ou de faire un suivi dans le temps.

Il existe deux types de méthodes pour mesurer la résistivité électrique :

- Les méthodes directes en courant continu (loi d'Ohm ;
- Les méthodes électromagnétiques (loi de Maxwell).

1.1.2.1.1. Loi d'Ohm

Le physicien Allemand Georg Ohm (1827) a montré que la différence de potentiel « V » aux bornes d'un dipôle passif est proportionnelle à l'intensité « I » du courant électrique qui le traverse. Le facteur reliant la différence de potentiel à l'intensité est appelé la résistance « R ». C'est la loi d'Ohm, qui s'exprime sous la forme :

$$V=R.I \qquad \text{Equation 1}$$

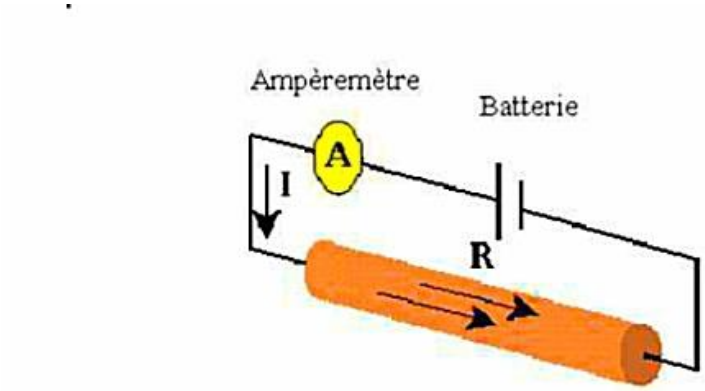


Figure 1 : Dipôle passif du courant électrique

V : différence de potentiel (en Volt, V) ;

R : Résistance électrique (en Ohm, W) ;

I : Intensité du courant électrique traversant le dipôle (en Ampère, A)

La résistance électrique « R » d'un milieu est fortement dépendante de sa géométrie. Mais cette résistance n'apporte pas directement d'information sur la nature et les dimensions du matériau traversé. Il est donc nécessaire d'introduire la notion de résistivité.

1.1.2.1.2 Loi de Maxwell

La résistivité électrique « Rho » (exprimée en Ω.m) d'un matériau représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Cette propriété est fortement liée aux caractéristiques intrinsèques de ce matériau. Si l'on considère le cas simple de la figure 2 ci-dessous, pour un cylindre de longueur « L » et de section « A », la résistivité électrique s'exprime comme :

$$\rho = (R.A)/L \qquad \text{Equation 2}$$

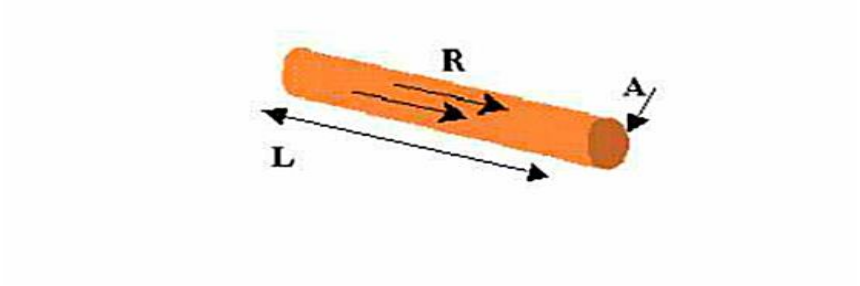


Figure 2 : Un cylindre

ρ : Résistivité électrique (Ω.m)

A : Section du matériau traversé (m²)

L : Longueur du matériau traversé (m)

1.1.1.1 Résistivité électrique

Définition et intérêt pour l'hydrogéologie

La résistivité d'un matériau (son inverse, la conductivité) est sa capacité à s'opposer au passage d'un courant électrique. Elle est définie comme étant la résistance ohmique d'un cylindre d'une surface de section unitaire et d'une longueur unitaire (Kunetz, 1966). Les unités conventionnelles étant l'ohm pour la résistance et le mètre pour la longueur, l'unité de la résistivité est l'ohm.mètre (Ω.m ou ohm.m).

$$\rho = \frac{A}{L} \quad R = \frac{1}{\sigma} \qquad \text{Equation 3}$$

Avec : ρ en Ω.m, A en m², L en m et σ en S/m.

Pour l'hydrogéologue, la résistivité électrique constitue un paramètre physique intéressant en tout premier lieu car elle est liée au degré d'altération des roches en zone de socle (10 ohm.m pour des argiles et plus de 10.000 ohm.m pour des roches saines). La résistivité électrique peut être caractéristique de plusieurs phénomènes de conduction : la conduction électronique (électrons libres dans les métaux), la conduction diélectrique (courants de déplacement sous l'influence de champs de très hautes fréquences) et la conduction électrolytique (fait intervenir le déplacement des ions en solution dans l'eau d'imbibition). C'est ce dernier phénomène qui

est mesuré par le géophysicien sur le terrain ; la conduction électrolytique est mise en jeu dans les sols et les roches et se produit grâce au déplacement des ions dissous dans l'eau existant entre les pores interstitiels du matériau (Kunetz, 1966).

1.1.2.2.1. Facteurs influant sur la valeur de la résistivité électrique

Des travaux scientifiques ont montrés la forte dépendance de la résistivité électrique des variables intrinsèques des sols aussi bien physiques que chimiques. Les sources principales d'influence sont :

- la teneur en eau ou le degré de saturation
- la salinité du fluide interstitiel (quantité de sels solubles)
- la porosité (forme et taille des pores)

D'autres chercheurs ont montrés de fortes corrélations avec :

- la texture (minéralogie, granulométrie, forme des particules)
- la structure interne (distribution des dimensions des pores)
- la profondeur et le type de substrat

La résistivité électrique dépend soit d'une variable intrinsèque si elle est prédominante dans le milieu prospecté, soit d'un groupe de variables au sein duquel des interactions très complexes existent.

1.1.3. Mesure de la résistivité avec la méthode électrique à courant continu

La résistivité peut être mesurée par différentes méthodes (électromagnétique ou électrique). La méthode électrique est la plus utilisée pour l'implantation des forages d'eau.

1.1.3.1. Principe de la méthode électrique à courant continu

La circulation d'un courant continu dans un demi-espace homogène infini isotrope entre 4 électrodes est représentée figure ci-dessous. Le courant entre dans le sol en un point C 1 (+I) et en sort par un point C 2 (-I). Le potentiel en un point M quelconque est la somme des contributions des sources C 1 et C 2.

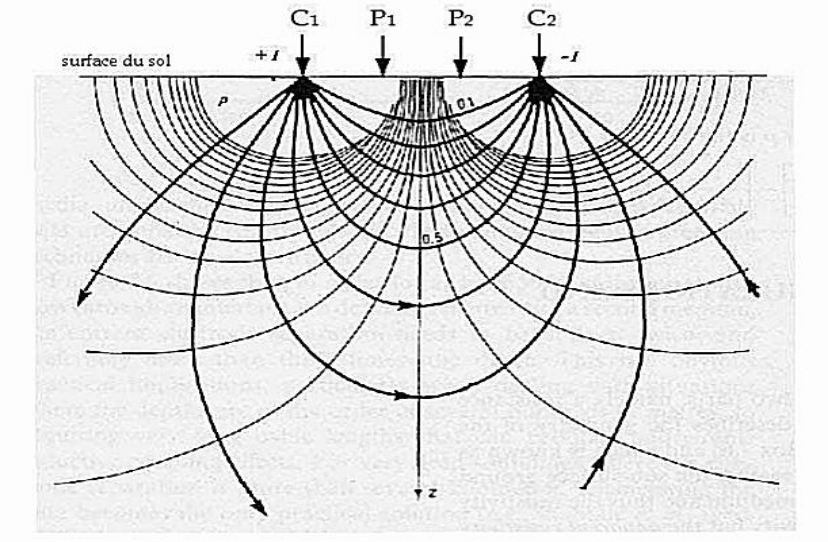


Figure 3 : ligne de courant Normal : équipotentielles

1.1.3.2. Notion de résistivité apparente

Un sol naturel est un milieu hétérogène et anisotrope, dans ce cas la résistivité mesurée est dite apparente « $\rho\, a$ » car elle diffère de la résistivité réelle ou intrinsèque du sol. La valeur de résistivité apparente obtenue lors d'une mesure résulte en effet de la contribution de tous les matériaux traversés par le courant injecté, en fonction de leur résistivité et de leur localisation par rapport aux sources de courant. Elle constitue un excellent moyen de normalisation des mesures en fonction de la géométrie du système de mesure. L'équation précédente peut s'écrire de la façon suivante :

$$\rho_a = K.R = K.\frac{\Delta V}{I} \quad \text{avec} \quad K = 2\pi \left(\frac{1}{P1C1} - \frac{1}{P1C2} - \frac{1}{P2C1} + \frac{1}{P2C2}\right)^{-1} \qquad \text{Equation 4}$$

Le facteur géométrique « k » dépend du dispositif de mesure utilisé, c'est-à-dire de la disposition relative des électrodes de courant et de potentiel. Dans le cas d'un dispositif Wenner-α, où $C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2 = a$, le facteur géométrique « k » équivaut à :

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)^{-1} = 2\pi a \qquad \text{Equation 5}$$

1.1.3.3. Profondeur d'investigation et dispositifs d'électrodes

La longueur du dispositif est le principal facteur de contrôle de la profondeur d'investigation à un niveau fondamental. Si cette longueur augmente, la profondeur d'investigation croît également. Un autre élément de contrôle majeur réside dans la configuration des électrodes du dispositif. Chaque configuration détermine théoriquement une profondeur d'investigation en lien avec l'écart entre les électrodes (Figure 5).

La figure 5 nous montre la circulation du courant dans le sous-sol par la méthode résistivité électrique.

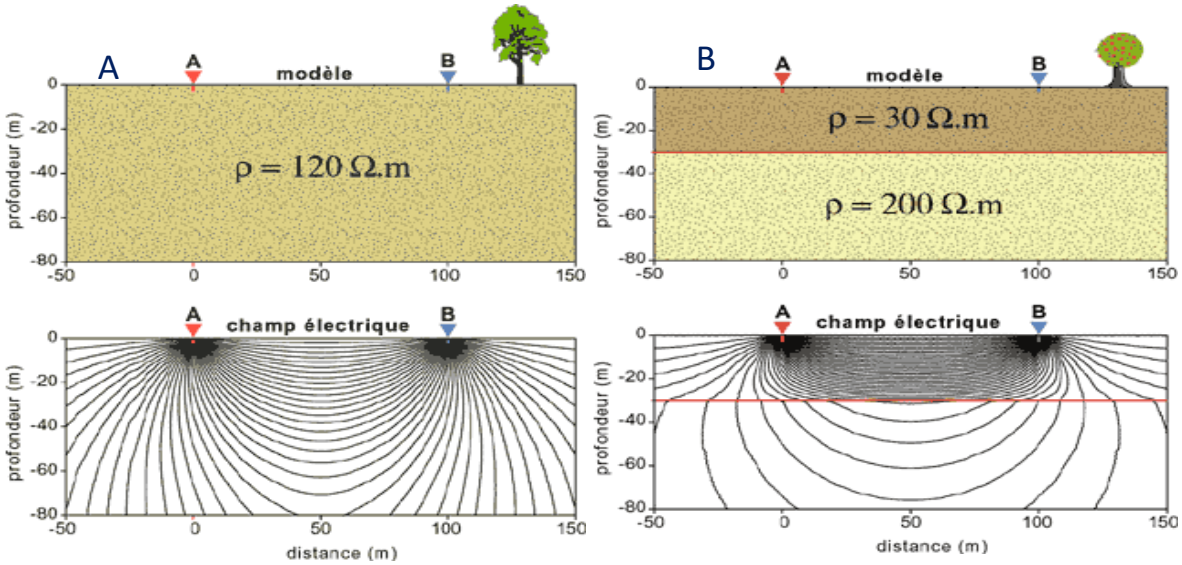
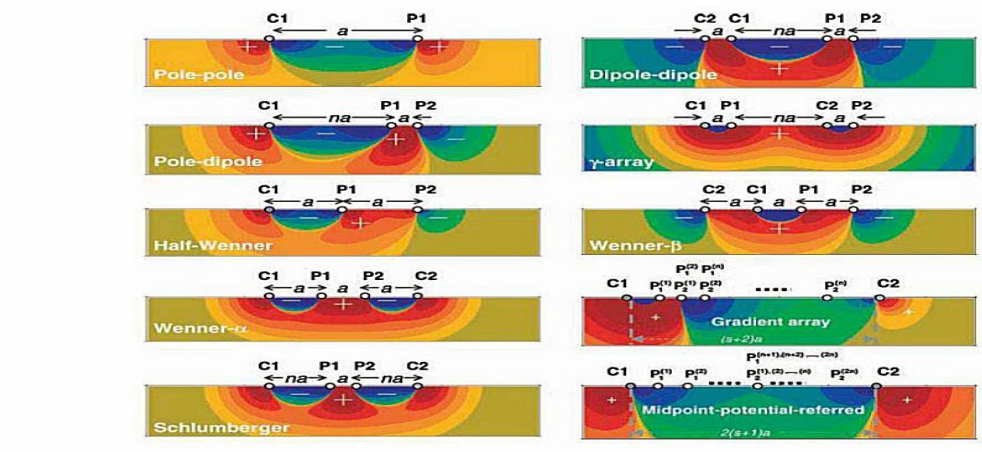


Figure 4 : Circulation du courant dans le sous-sol par la méthode résistivité électrique.

A) dans un sous-sol homogène ; B) dans un sous-sol hétérogène (inspiré de Chapellier, 2000).



Source : (Cours de Géophysique Appliquée 2017, Dr. BOUTELDJA FATHE)

Figure 5 : Principaux dispositifs de mesure de la méthode électrique.

Un troisième paramètre de contrôle qui est relativement important est la succession des couches en termes de résistivité : si la couche en surface est conductrice, la profondeur d'investigation sera réduite.

1.1.4. Techniques traditionnelles de mesure depuis la surface.

Les méthodes conventionnelles désignent les approches généralement utilisées sur le terrain par les bureaux d'études afin de réaliser la mise en place des puits d'eau, en particulier au Bénin. Ces approches impliquent une exploration en une dimension (1D) du sous-sol, à la fois latéralement (via le profil de résistivité électrique) et en profondeur (par le biais du sondage de résistivité électrique).

1.1.4.1. Profil de résistivité électrique

Le profil de résistivité électrique, souvent désigné sous le nom de profil/trainé électrique, met en évidence les changements latéraux dans la résistivité du sous-sol. L'objectif des bureaux d'études est de repérer une région où la résistivité apparente diminue (anomalie), ce qui pourrait suggérer la présence d'une fracture tectonique subverticale jugée pertinente pour la planification du forage.

L'approche implique de cibler une section du sous-sol supposée uniforme en épaisseur. On y parvient en espaçant de manière significative les électrodes d'injection A et B, puis en suivant une trajectoire spécifique avec des mesures prises à intervalles réguliers (voir Figure 6). La direction du profil doit être perpendiculaire à celle de la structure recherchée (comme la fracture tectonique subverticale). Le point de mesure est au centre du dispositif (par exemple, au centre de MN pour le dispositif Schlumberger). En réalisant plusieurs profils, il est possible de créer une carte des résistivités apparentes. Cependant, il est important de noter que le profil ou la carte obtenue fournissent uniquement une perspective qualitative du profil ou de la zone en question.

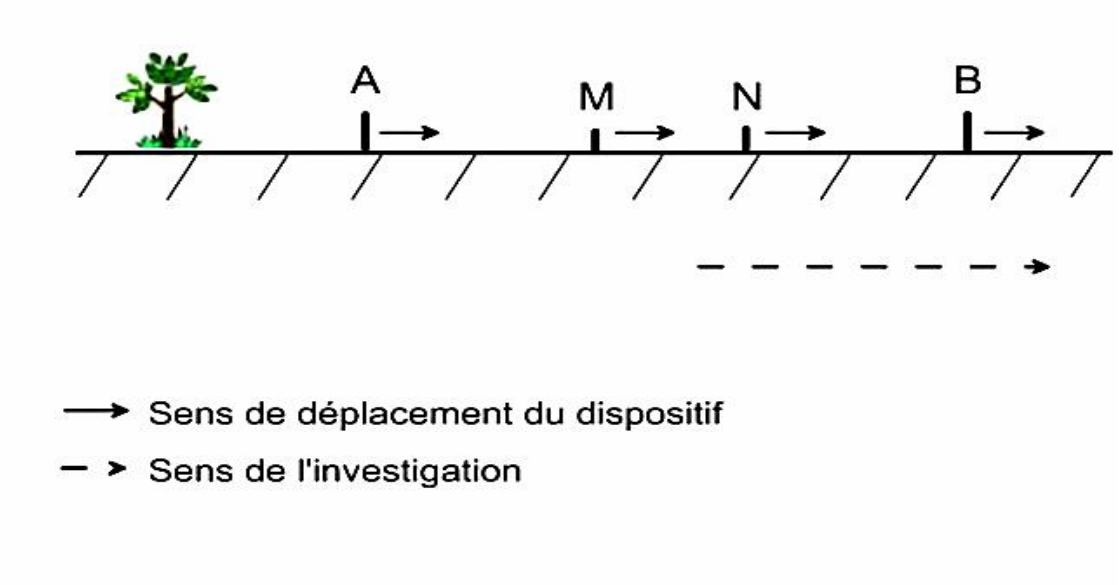


Figure 6 : Mise en œuvre d'un profil électrique Schlumberger (inspiré de Chapellier, 2000).

Les valeurs de résistivités apparentes sont présentées sur un graphique semi-logarithmique. Dans ce graphique, la résistivité apparente, généralement placée sur l'axe vertical, est exprimée en échelle logarithmique, tandis que la distance parcourue lors des mesures (du premier au dernier point) est indiquée sur l'axe horizontal. Voici quelques exemples de profils électriques obtenus par divers bureaux d'études au Bénin, sur différentes localités (Figure 7).

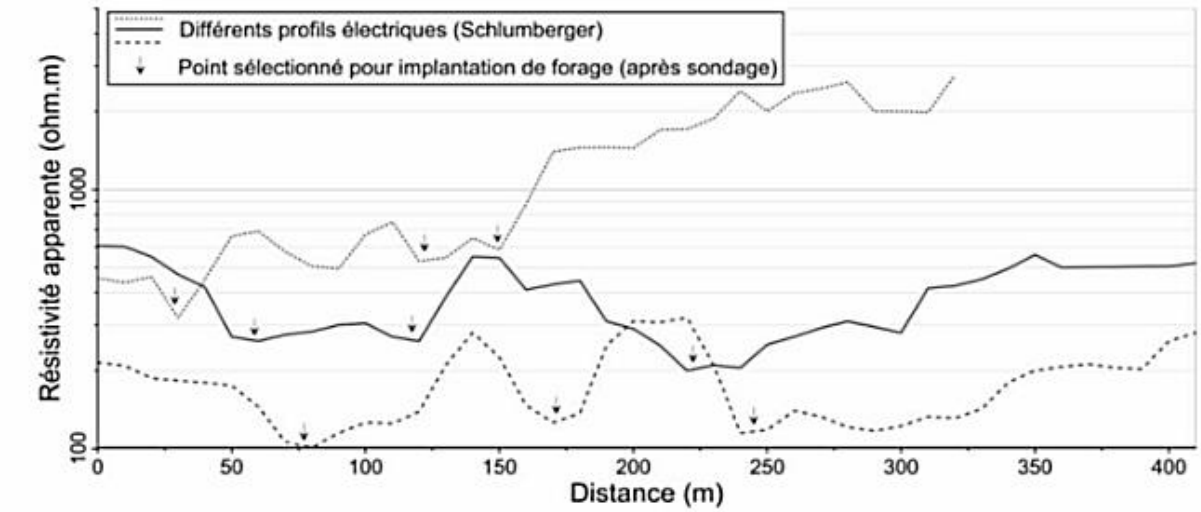


Figure 7 : Exemples de profils électriques réalisés par différents bureaux d'études au Bénin sur différents sites.

Afin d'accéder à davantage d'informations exploitables concernant la zone d'étude, il est préférable de posséder (1) une gamme variée de mesures d'écartements (pour évaluer la variation de la résistivité apparente latérale depuis les faibles profondeurs jusqu'aux plus grandes) et (2) une compréhension approfondie du contexte géologique (Meyer de Stadelhofen, 1991). Cette augmentation de la densité informative est rarement entreprise par les cabinets

d'études en général et spécifiquement au Bénin. En complément de cette intensification, l'utilisation de sondages électriques est nécessaire pour obtenir les résistivités calculées (inversées) pour chaque zone (ou couche) du sous-sol.

1.1.4.2. Sondage de résistivité électrique

Le sondage électrique de résistivité, couramment désigné sous le nom de sondage de résistivité, est effectué en étape ultérieure à celle du profil électrique. Son rôle consiste à fournir des informations en un lieu spécifique du profil (généralement un point d'anomalie) concernant les variations de la résistivité électrique en fonction de la profondeur. L'objectif réside dans la capacité à évaluer l'épaisseur et la résistivité des strates souterraines en vue de l'installation d'un forage. En effet, cette méthode permet de déterminer, en un seul point, la résistivité propre à chaque strate du sous-sol pour une épaisseur donnée, suite à l'inversion des valeurs de résistivité apparente obtenues. Cela se fait en présupposant que le sous-sol présente une disposition tabulaire. En somme, le sondage apporte des données quantitatives verticales au niveau d'un point de mesure précis.

Le sondage électrique effectué au moyen d'un dispositif Schlumberger implique l'exécution d'une série de mesures en éloignant graduellement les électrodes du point de mesure (au centre du dispositif) (voir Figure 8). Cette méthode conduit à diriger la majeure partie du courant à travers un volume de plus en plus étendu du sous-sol, ce qui augmente progressivement la profondeur de pénétration.

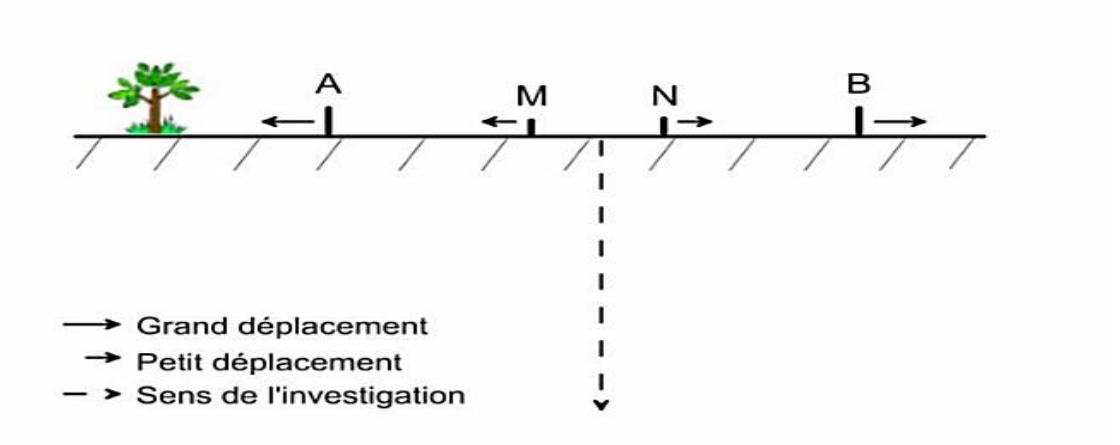


Figure 8 : Mise en œuvre d'un sondage électrique Schlumberger (inspiré de Chapellier, 2000).

1.2. Présentation de la zone d'étude

1.2.1. La situation géographique et administrative

La Commune de Toviklin est située au sud-ouest de la République du Bénin, et plus précisément au Centre du département du Couffo. Elle est limitée au Nord par la commune de Klouékanmè ; au Sud par la commune de Dogbo ; à l'Est par la commune de Lalo et à l'Ouest par la commune de Djakotomey. Elle s'étend sur 120 km² et fait partie de la zone géographiquement homogène dénommée : "plateau Adja" avec une altitude moyenne de 80 mètres. Le tableau 1 nous présente la fiche signalétique de la commune de Toviklin.

Tableau 1 : Fiche signalétique de la commune de Toviklin (*Source* : Enquêtes SAFIC 2009)

Situation	• Sud- Ouest de la République du Bénin ; • Centre du Département du Couffo.
Limites	• Au Nord par la Commune de Klouékanmè ; • Au Sud par la commune de Dogbo ; • A l'Est par la commune de Lalo ; • A l'Ouest par la commune de Djakotomey
Superficie	• 120 Km²
Altitude moyenne	• 80 m
Nombre de villages	• 57
Nombre d'arrondissements	• 7 Arrondissements (Missinko, Tannou Gola, Toviklin, Houédogli, Doko, Avédjin et Adjido).
Climat	• De type Sub équatoriale avec une moyenne de température de 27 °C sur toute l'année.
Précipitation	• 1100 mm de pluie par an.
Nombre de saisons	• Deux saisons pluvieuses (une petite et une grande) et deux saisons sèches une petite et une grande).
Types de sols	• Sols ferralitiques faiblement dessaturés sur sédiment meuble argilosableux du continental terminal ; • Sols de bas de pente de coloration brune claire, à texture sableuse et faciles à travailler ; ils se situent en bordures des bas-fonds marécageux, soit dans des dépressions fermées.

Végétation	• Autrefois la savane arbustive ou arborée ; • Aujourd'hui cultures annuelles et de palmiers à huile non sélectionnés (Elaeis guinéens).
Population	• 60.910 habitants (RGPH3, mars 2002) soit (45% des hommes et 55% de femmes).
Densité	• 507,1 habitants au km²
Economie	• Taux d'activité de la population : 90% (dont 85% pour l'agriculture et 5% pour le commerce) ; • Prépondérance du secteur informel.
Accessibilité	• Commune carrefour reliant quatre autres communes suivant les pistes d'accès ; • Dogbo-Toviklin; Lalo – Toviklin; Djakotomey-Toviklin et Klouékanmè-Toviklin.

La cartes ci-dessous présente la situation administrative et géographique de la commune de Toviklin.

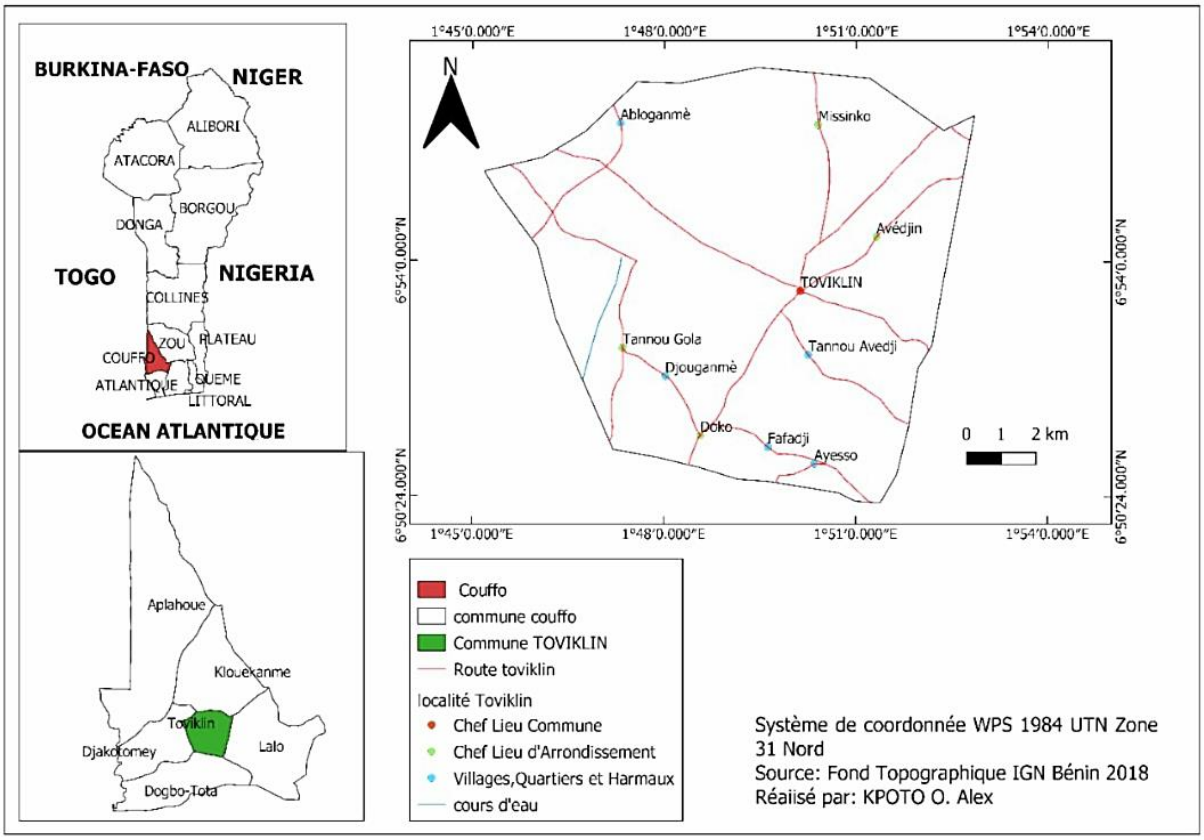


Figure 9 : Carte de localisation de la commune de Toviklin

1.2.2. Environnement et ressources naturelles

1.2.2.1. Géologie

Sur le plan géologique de notre zone d'étude, les formations rencontrées sont celles du Bassin Sédimentaire Côtier (BSC). Les formations du Bassin Sédimentaire Côtier sont constituées de graviers, du sable et argiles, des marnes et calcaires : il s'agit du paléocène inférieur moyen. On trouve aussi dans la zone des formations idem avec des dépôts sublittoraux internes à barres sous-marines : il s'agit du maestrichtien. Le turonien-coniacien quant à lui, est constitué de sables quartzeux avec gravier et argile kaolinique subordonnés ; de grès ferrugineux qui sont des dépôts côtiers. La figure 10 nous montre la carte géologique de la commune de Toviklin.

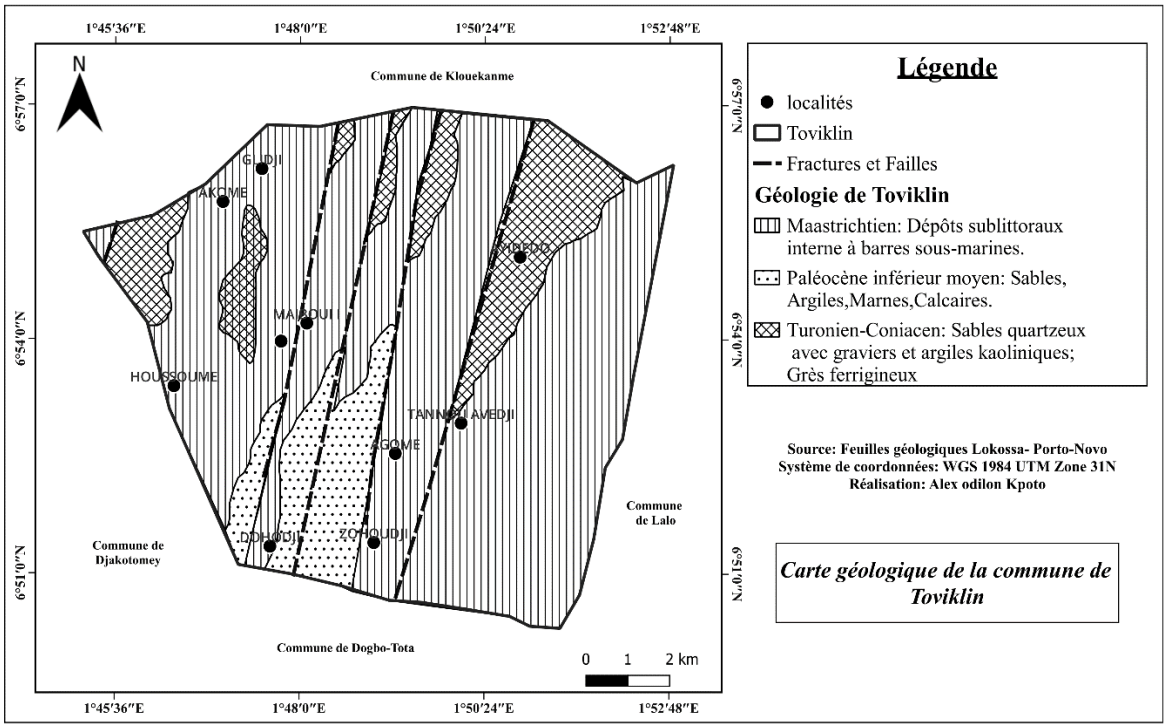


Figure 10 : Carte géologique de la commune de Toviklin

1.2.2.2. Hydrogéologie

La commune de Toviklin est une zone hydro géologiquement difficile constitué des zones sédimentaires et des zones de contact. Dans la zone sédimentaire les formations rencontrées sont celles du Bassin Sédimentaire Côtier (BSC) constitué de différents faciès comme le sable, l'argile, marne etc. Ces faciès rendent cette zone favorable. Quant à la zone de contact, on rencontre un secteur difficile, les sables du Crétacé sont stériles et les forages cherchent les

zones de fracturation du socle ce qui fait que les taux de réussite des forages sont faibles. La figure 11 nous montre la carte hydrogéologique de la commune de Toviklin.

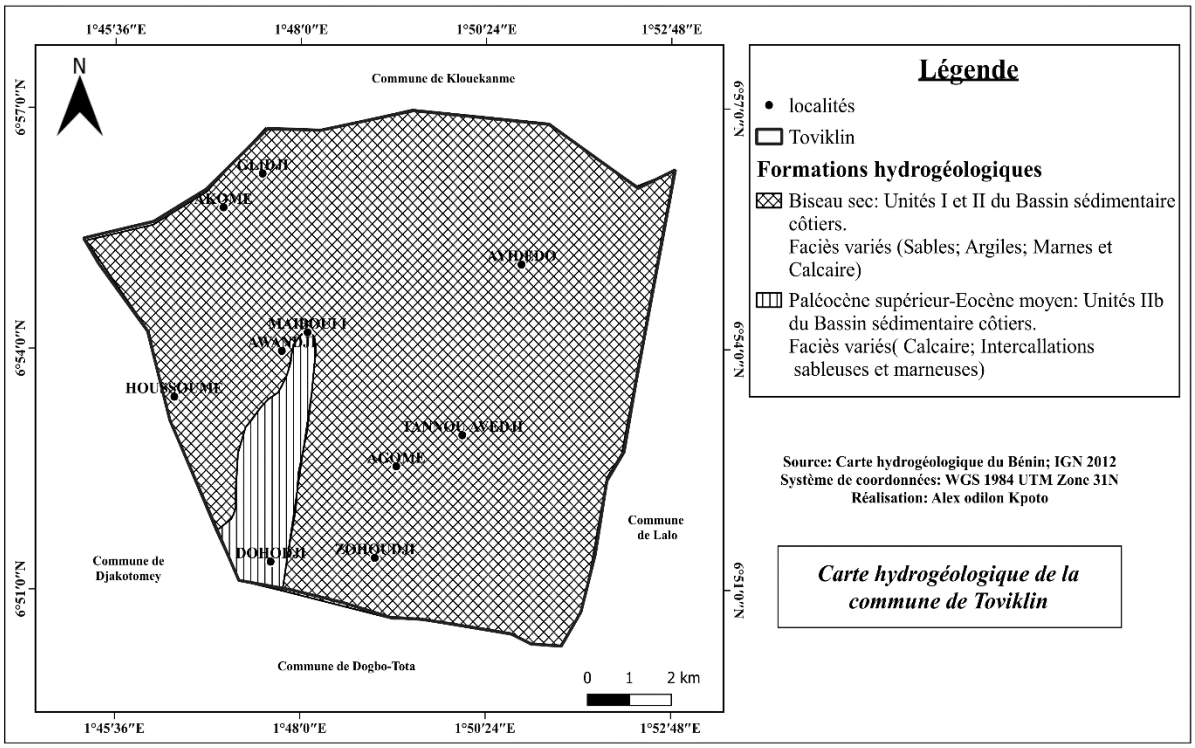


Figure 11 : Carte hydrogéologique de la commune de Toviklin

1.2.2.3. Climat

La commune de Toviklin jouit d'un climat du type subéquatorial caractérisé par de faibles écarts de température, avec une moyenne de 27° C sur l'année. Les précipitations annuelles fluctuent autour de 1100 mm, avec quatre saisons qui sont :

- Une grande saison pluvieuse de mars à juillet ;
- Une petite saison sèche d'août à septembre ;
- Une petite saison des pluies de septembre à novembre ;
- Une grande saison sèche de décembre à mars.

On note de plus en plus des perturbations climatiques qui se traduisent par un retard dans l'installation des pluies de la grande saison, une modification dans l'espace et dans le temps du régime pluvial, un raccourcissement de la petite saison, une rupture brutale des pluies.

1.2.2.4. Relief, sols

✓ Le sommet du plateau en pleine dégradation ;

- ✓ Les zones de dépression où s'accumulent les eaux de ruissellement donnant parfois lieu à des inondations.

La commune de Toviklin dispose d'une variété de sols. Les sols dominants sont :

- Les sols ferralitiques faiblement lessivés (sur sédiment crétacé et sédiment du continental terminal) qui se rencontrent en grande partie dans tous les arrondissements. Ils sont originellement riches et propices aux céréales, légumineuses, maraîchères et fruitières. On note aujourd'hui une pression agrofoncière sur ces sols qui sont devenus pour la plupart très pauvres. Cette pression due à la poussée démographique impose des contraintes majeures qui affectent l'équilibre écologique de la commune.
- Par endroits, on trouve des sols de bas de pente de coloration brune claire, à texture sableuse et faciles à travailler, ils se situent en bordures des bas-fonds marécageux, soit dans des dépressions fermées.

1.2.2.5. Hydrographie, Végétation et Faune

Au plan hydrographique, il n'existe pas de cours d'eau. Cependant on dénombre « un chapelet de plans d'eau » localisé dans les arrondissements de Houédogli, d'Adjido et de Tannou Gola qui offre à la Commune des opportunités de valorisation hydro agricoles. De même, la nappe phréatique est profonde, ce qui ne facilite pas la réalisation des ouvrages en hydraulique villageoise dans certains arrondissement (Avédjin ; Toviklin, Doko et Missinko). La végétation est clairsemée. Il est dominé par le palmier à huile (Elaesis guineensis), manifestation de la pression humaine sur la végétation et composé d'arbustes, de hautes herbes et par endroit de reliques de forêts sacrées. Aux abords des marigots, la végétation plus variée est composée de palmier raphia, de bambou, des fourragères et d'autres espèces hydromophiles. Elle abrite une faune essentiellement composée de petits rongeurs (rat palmiste, souris, écureuil, etc.), d'oiseaux (francolins, et autres), de varans et autres espèces de reptiles. La dégradation des formations végétales de la commune est le fait de la pression démographique et de l'exploitation par les hommes. Les quelques rares essences végétales naturelles qu'on rencontre aujourd'hui et en très petit nombre sont : le baobab (Adansonia Digitata) et l'iroko (chlorophola Excelsa). Les essences forestières plantées sont le neem (Azadirata Iindica), l'eucalyptus (Eucalyptus Camaldurensis), le teck (Tectona, Grandis) et l'acacia (Cacia africana). La recherche de bois d'œuvre et de bois de chauffe et l'agriculture sont les principales causes de destruction des forêts et même celles

qui sont sacrées. Le tableau 2 nous montre les ressources naturelles de la commune de Toviklin.

Tableau 2 : Les ressources naturelles de la commune. (Source : Enquête SAFIC, 2009)

Arrondissement	**Forêt**	**Eaux / Sources d'eau**	**Gisement de latérite**	**Carrière de sable**	**Bas-fonds**
Adjido	Néant	AEV			Chapelet de Plan d'eau
Avédjin	Néant	AEV	latérite (Avédjin)		
Doko					
Houédogli	Néant	AEV			Chapelet de Plan d'eau
Missinko	Néant	AEV			
Tannou Gola	Néant	AEV		Carrière de sables (Tannougola)	Chapelet de Plan d'eau
Toviklin					

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 2 : Matériel et Méthodologie

Dans ce chapitre, nous aborderons la présentation des méthodes de collecte des données géologiques et hydrogéologique, du matériel utilisé, ainsi que des techniques et méthodes employées pour l'étude géophysique menée dans la commune de Toviklin, en se concentrant particulièrement sur la prospection électrique réalisée à l'aide du PQWT S500.

2. 1. Matériel

Pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés, nous avons utilisé plusieurs outils et données que nous présentons dans ce qui suit. Comme matériel informatique nous nous sommes servis d'un ordinateur portatif sur lequel est installé les logiciels et programmes suivants :

- Microsoft Excel 2016 pour le traitement de donnée ;
- Microsoft Word 2016 pour le traitement des textes ;
- Le logiciel QGIS 3.22 pour la réalisation des cartes.

Pour la réalisation des cartes hydrogéologique et géologique :

- Feuille géologique (Abomey-Zagnanado) à l'échelle 1/200000ème pour la réalisation de la carte géologique ;
- Carte hydrogéologique du Bénin à l'échelle 1/500000ème pour la réalisation de la carte hydrogéologique de la zone d'étude.

Pour la campagne de prospection sur le terrain :

- Un PQWT S500 et ses accessoires (photo1) ;
- Un téléphone portable contenant une boussole pour l'orientation et muni d'une caméra pour la prise des photos ;
- Cartes géologique et hydrogéologique de la zone d'étude ;
- Le Nécessaire pour la prise de notes (carnet de note et stylo) et de dessins ;
- Une moto Sanili ;
- Deux casques de terrain ;
- Deux gilets de terrain ;
- Un coupe-coupe ;
- Un décamètre ;
- Un marteau ;
- Deux paires de botte

La photo 1 présente le matériel de terrain.

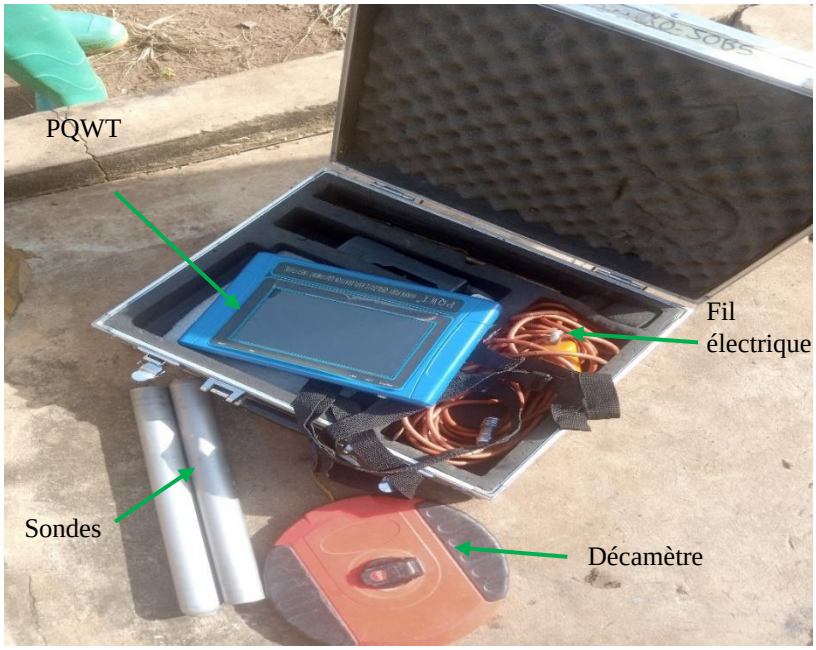


Photo 1 : Matériel de terrain

2.2. Démarche méthodologique

L'analyse géophysique visant à localiser le site approprié pour un forage dans la commune de Toviklin a été menée en trois (03) phases distinctes, en appliquant la méthode de résistivité électrique.

- La recherche documentaire ;
- La collecte des données ;
- L'interprétation des données.

2.2.1. Recherche documentaire

La phase de recherche documentaire dans la zone d'étude s'avère d'une importance capitale, car elle a permis d'acquérir des informations essentielles pour notre recherche (géologiques, géomorphologiques, géophysiques, hydrogéologiques, environnementales…), relatives à la région en question. Ces informations ont joué un rôle décisif dans l'orientation des décisions prises sur le terrain, particulièrement en ce qui concerne l'interprétation des données. Elles ont constitué une précieuse base qui a guidé l'ensemble du processus de prospection. La recherche documentaire s'est réalisée à travers la consultation de rapports de mission, de mémoires d'étude, ainsi que d'articles scientifiques.

2.2.2. Collecte des données

La collecte de données revêt une importance cruciale dans notre travail, car elle nous a permis de valider ou de réfuter nos hypothèses générales en nous appuyant sur les données que nous avons recueillies. Cette collecte s'est déroulée en deux étapes distinctes :

a. Données lithologiques

Nous avons obtenu des informations lithologiques à partir de dix (10) forages, accompagnées de leurs coordonnées géographiques, situés dans la commune de Toviklin sous la supervision de la Direction Départementale de l'Eau et des Mines (DDEM - Couffo). Ces données lithologiques nous ont permis de créer des coupes lithologiques alignées le long de certains forages spécifiques. Les détails sur les lithologies et leurs codes sont répertoriés en annexe, de 1 à 9. Nous avons également analysé les données relatives à la géolocalisation des forages. La figures 12 présente la répartition géographique des différents forages.

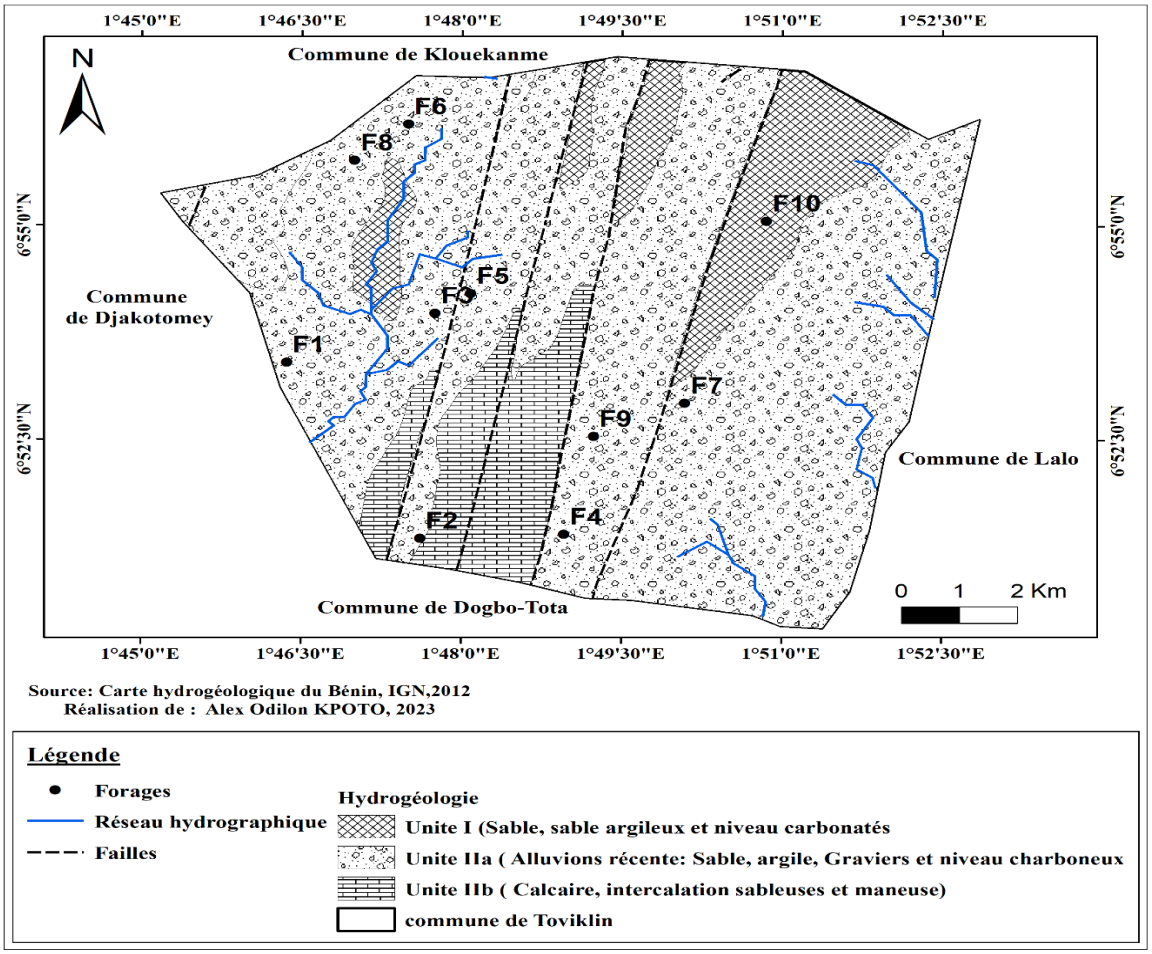


Figure 12 : Carte de localisation des 10 forages identifiés

b. Données de terrain

Nous avons également rassemblé des données lors de la phase de prospection géophysique sur le terrain. Ces données de terrain consistent principalement en des mesures de résistivité électrique obtenues à partir des graphiques de traînée et de sondage générés par l'appareil PQWT S500. La prospection avec le PQWT S500 a été réalisée en deux étapes distinctes. Initialement, nous avons procédé à une explication détaillée du fonctionnement de l'appareil PQWT S500, puis nous avons entamé la campagne de mesures.

1-Principe de fonctionnement du PQWT S500

Le PQWT S500 est un instrument qui consiste à mesurer des différences de potentiels électriques naturels existant dans le sous-sol. Le PQWT S500 détecte la stratigraphie lithologique, la structure géologique et d'autres caractéristiques géologiques à travers l'étude et l'observation des modifications d'une variété des champs géophysiques.

Le PQWT S500 génère un courant électrique faible et constant à partir de ses électrodes d'injection. Ces électrodes sont insérées dans le sol à des profondeurs spécifiques (20 à 30cm) Le courant électrique se propage à travers le sol à partir des électrodes d'injection. La façon dont le courant se déplace dépend de la résistivité électrique du sol. Les zones contenant de l'eau souterraine ont généralement une résistivité plus faible, ce qui signifie que le courant se déplace plus facilement à travers elles que dans les zones sèches ou rocheuses. Des électrodes de mesure sont placées à des distances spécifiques des électrodes d'injection. Elles mesurent la tension électrique résultant de la propagation du courant à travers le sol. La tension est mesurée à différents niveaux de profondeur. Le PQWT S500 utilise les données de tension mesurées pour calculer la résistivité électrique du sol à différentes profondeurs (formule de résistivité électrique de l'équation 2 du chapitre 2). La résistivité est une mesure de la capacité du sol à résister au passage du courant électrique. Les valeurs de résistivité sont enregistrées et utilisées pour créer un profil de résistivité électrique du sous-sol. Les données de résistivité électrique sont interprétées par l'instrument pour identifier les zones où l'eau souterraine est présente. Les zones ayant une résistivité plus basse sont souvent associées à la présence d'eau. Les variations de résistivité peuvent également indiquer des caractéristiques géologiques telles que des formations aquifères, des roches, des argiles, etc. Les résultats sont généralement affichés en temps réel sur l'écran de l'instrument, en permettant de visualiser les profils de résistivité électrique. Les données sont également enregistrées pour des analyses et la création de cartes géophysiques.

2-Campagne de prospection géophysique et travaux sur le terrain.

Avant de partir sur le terrain pour nos travaux, nous avons rendu visite aux responsables des septes arrondissements concernés par notre étude. Ils nous ont précisé l'emplacement exact des dix points de forage identifiés lors de la phase précédente. Cette démarche nous a permis de confirmer la précision des emplacements des forages fournis par la DDEM. Pendant la phase de prospection, nous avons également eu des échanges avec les habitants des zones riveraines, en particulier les enseignants (dans les établissements scolaires où les forages étaient situés), qui ont exprimé leurs interrogations sur notre présence dans ces endroits. Sur chaque site, nous avons effectué des études géophysiques. La campagne de prospection électrique a impliqué la réalisation de traînées et de sondages électriques à l'aide du PQWT S500 et de ses accessoires. Cette opération était supervisée par le Docteur AKOKPONHOUE Y. Nesny. À cet effet, une équipe de deux personnes a été constituée : l'une responsable de maintenir une électrode, et l'autre en charge du PQWT S500 et d'une électrode, en maintenant une distance équidistante de deux (02) mètres.

La mise en œuvre du PQWT S500 suit plusieurs étapes. Une fois arrivé sur le terrain :

- On n’ouvre le PQWT S500 ;
- On clique sur multifréquence ;
- On connecte les électrodes ;
- On clique sur test pour la vérification du passage du courant électrique en croisant les deux électrodes ;
- On clique sur option pour changer de ligne ;
- On procède à la mesure de la résistivité électrique en tenant compte de la position des couches : si les couches sont orientées Nord vers le Sud les mesures se feront d’Est vers l’Ouest ;
- Après chaque mesure, on décale de deux mètres pour enfoncer les électrodes puis cliquer sur enregistrer pour commencer de nouvelles mesures et ainsi de suite jusqu’à la fin des mesures.

En effet, les mesures sont réalisées dans une marge de distance allant de 35 à 80 mètres, de sorte que la structure autour de laquelle les mesures sont effectuées reste au centre de cette marge. Une fois arrivés sur un nouveau site, nous changeons de configuration et procédons à de nouvelles mesures. Les photos 2 et 3 présentent nos activités sur le terrain.

À la fin de la prise de mesures dans une marge donnée, le dispositif PQWT S500 génère des graphiques de résistivité. Lors de la phase d'interprétation, ces graphiques seront soumis à une analyse approfondie et à une interprétation.



Photo 2 : Image montrant le PQWT S500 et une électrode



Photo 3 : Image montrant la seconde électrode

2.2.3. L'interprétation des données

a. Identification des anciens forages existants

Avant la phase de prospection, nous avons identifié les sites à prospecter.

- Au premier abord nous avons commencé par le traitement des coordonnées géographiques qui consistait en à la conversion des coordonnées du degré minute seconde en UTM grâce à l'application Arc Geek (UTM-Lat/Long), à l'insertion de ces coordonnés dans Excel avec les noms respectifs des localités où se trouvaient les forages puis à l'enregistrement du fichier sous format CSV (séparateur : point-virgule)
- Grâce au QGIS, nous avons eu à effectuer la projection des dix (10) coordonnées en UTM, se trouvant ans le fichier sous format CSV (séparateur : point-virgule), sur la carte hydrogéologique qui nous a permis d'avoir une idée sur la répartition spatiale des forages d'eau dans la commune ;
- Nous avons pris ces sites à savoir : SOWANOUHOUE, TCHENAHOUHOUE, MATERNITE DAHOUEDEHOUE, HOUNTONDJIHOUE, GBAVOUHOUE, MEDEYIHOUE, SEKOUHOUE, KANDANHOUE, AGOME CENTRE, AYIDEDO.
- Nous avons passé à l'élimination de certains sites en fonction de la répartition des coordonnées sur la carte hydrogéologique (zone du socle, du sédimentaire et de contact) et en fonction de nos moyens ;
- Nous avons eu à procéder à la sélection ou identification de six (6) points ou s'est effectué nos prospections en fonction de leurs coordonnées. Les six (6) points sélectionnés sont répartis dans le biseau sec.

La figure 13 nous montre la localisation des 6 forages sélectionnés.

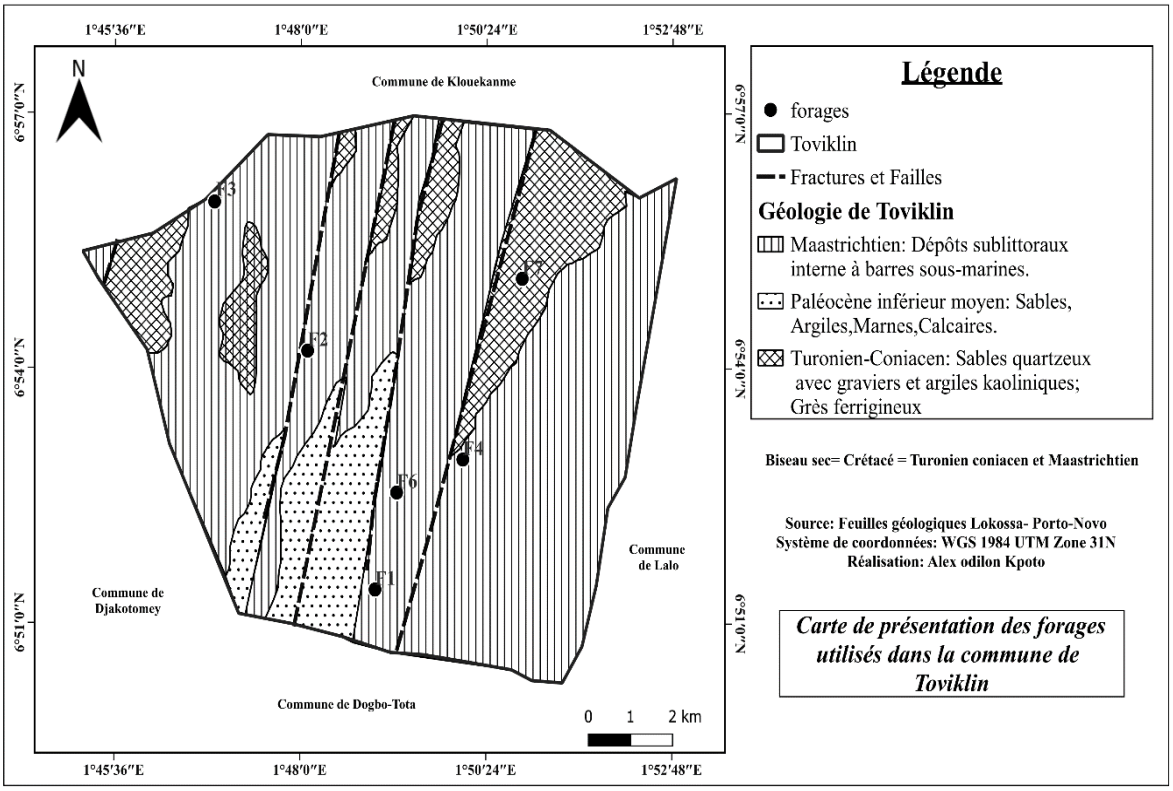


Figure 13 : localisation des six (6) forages sélectionnés

Le tableau 3 nous montre Nom des localités de chaque forage sur la figure 13.

Tableau 3 : Nom des localités de chaque forage sur la figure 16

Numéro du forage	Nom de la localité du forage
F1	HOUNTONDJIHOUE
F2	GBAVOUHOUE
F3	MEDEYIHOUE
F4	SEKOUHOUE
F5	KANDANHOUE
F6	AYIDEDO CENTRE

b. Traitement des données lithologiques

Pour une identification géologique et hydrodynamique du système aquifère de notre zone d'étude, des coupes lithologiques ont été réalisées à l'échelle de la Commune. Pour y parvenir, des données lithologiques des données de 6 ouvrages existants nous ont servis. La démarche utilisée a consisté à :

- L'identification des ouvrages à savoir : le département, la commune, l'arrondissement, le village administratif, la localité, la longitude et la latitude ;
- Entrée des informations géologiques permettant de tracer la coupe lithologique. On a : la profondeur inférieur (m), la lithologie (texte libre), le code motif ou texture.

c. Traitement des données de section du PQWT S500

La campagne de mesure nous a permis d'avoir les données de la résistivité sur chaque site prospecté. Pour la phase de traitement, quatre (04) étapes ont été observées :

- Avant de commencer le traitement des données, on a d'abord extrait les données de la résistivité du PQWT S500 que nous avons mis sur notre outil de traitement qui est notre ordinateur portatif ;
- Nous avons essentiellement utilisé les graphes de sondage sur lesquels on pouvait identifier les différentes formations aquifères ainsi que leur profondeur ;
- Une fois les sections du PQWT S500 copiées et collées dans Word, en fonction de l'orientation des mesures effectuées sur le terrain, nous avons pu localiser l'emplacement des forages ainsi que leur profondeur ;
- En fonction de l'emplacement des ouvrages et en fonction des coupes lithologiques, nous avons pu identifier les différentes formations en suivant leur chronologie.

A partir des données et des acquis scientifiques relatifs à notre thème, nous avons choisi des méthodes qui répondent à nos objectifs. Ces différentes méthodes judicieusement choisies et appliquées à l'apport du PQWT S500 dans l'identification des aquifères en zone de contact et du socle dans la commune de Toviklin nous ont permis de réaliser des cartes, des coupes lithologiques de forages, des graphes de sondages dont les résultats seront présentés dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION

CHAPITRE 3 : Résultats et interprétation

Ce dernier chapitre est entièrement consacré à la présentation des différents résultats obtenus lors de notre étude. Les méthodes présentées dans le chapitre précédent ont été appliquées aux données brutes des investigations de la géophysique, de l'hydrogéologie, des enquêtes de terrain et des inventaires des forages dans la commune de Toviklin. Trois types de résultats ont été obtenus. Il s'agit des résultats issus de la collecte des données ; les résultats qui décrivent et expliquent d'une part les différents faciès souterrains des roches rencontrées dans la commune de Toviklin, et d'autre part la détermination de la géométrie des aquifères captés par le PQWT S500 comparée avec les coupes lithologiques des sites de forage.

3.1 Résultats

3.1.1. Détermination des zones aquifères à partir des anciens forages existants

Dans notre zone d'étude, on distingue trois types d'aquifères : les aquifères du socle, les aquifères de contact et les aquifères sédimentaires. Notre étude concerne les aquifères de contact (biseau sec). Des coupes lithologiques ont été réalisées dans ce aquifère de contact à partir des données de fiche de forage.

Pour chaque forage, des coupes lithologiques ont été réalisées et présenter ci-dessous.

- **Hountondjihoué**

Le forage de Hountondjihoué est un forage réalisé dans le biseau sec. La profondeur totale de ce forage est de 70 m. La coupe lithologique nous montre quatre (4) différentes formations à savoir : agile situé entre 0 à 25 m de profondeur ; sable fin entre 25 à 50 m de profondeur ; sable moyen entre 50 à 65 m de profondeur et du grès situé entre 65 à 70 m de profondeur.

Deus aquifères ont été identifiés : le premier entre 25 à 50 m de profondeur est constitué de sable fin et le deuxième entre 50 à 65 m de profondeur est constitué de sable moyen.

La figure ci-dessous nous renseigne sur la lithologie du forage de Hountondjihoué.

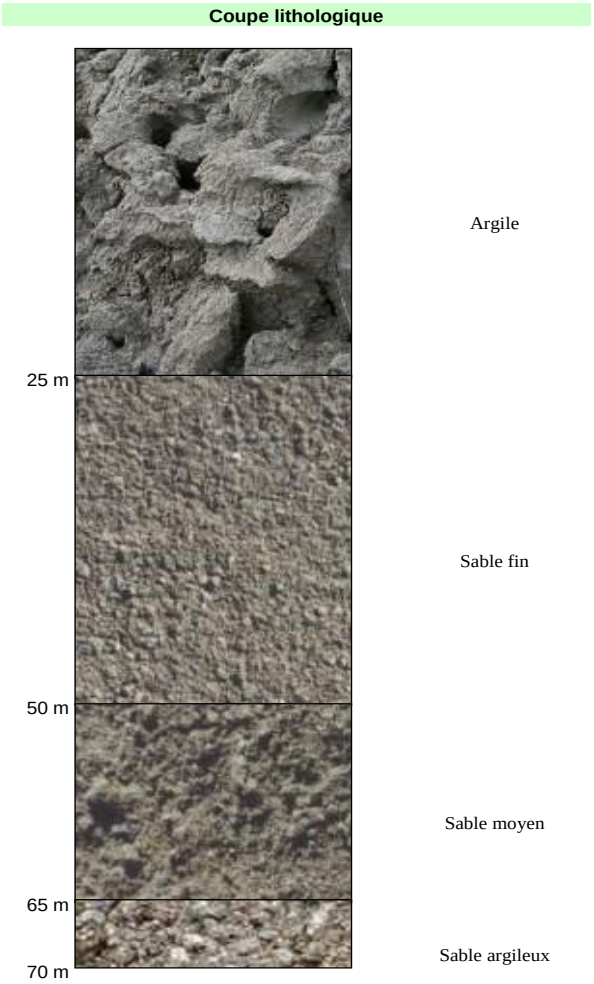


Figure 14 : Coupe lithologique de Hountondjihoué

❖ Gbavouhoué

Le forage de Gbavouhoué est un forage réalisé dans le biseau sec. La profondeur totale de ce forage est de 79,1 m. La coupe lithologique nous montre quatre (4) différentes formations à savoir : agile situé entre 0 à 40 m de profondeur ; sable grossier situé entre 40 à 60 m de profondeur ; sable moyen entre 60 à 76 m de profondeur et du socle situé entre 76 à 79,1 m de profondeur.

Deus aquifères ont été identifiés : le premier entre 40 à 60 m de profondeur est constitué de sable grossier et le deuxième entre 60 à 76 m de profondeur est constitué de sable moyen.

La figure ci-dessous nous renseigne sur la lithologie du forage de Gbavouhoué.

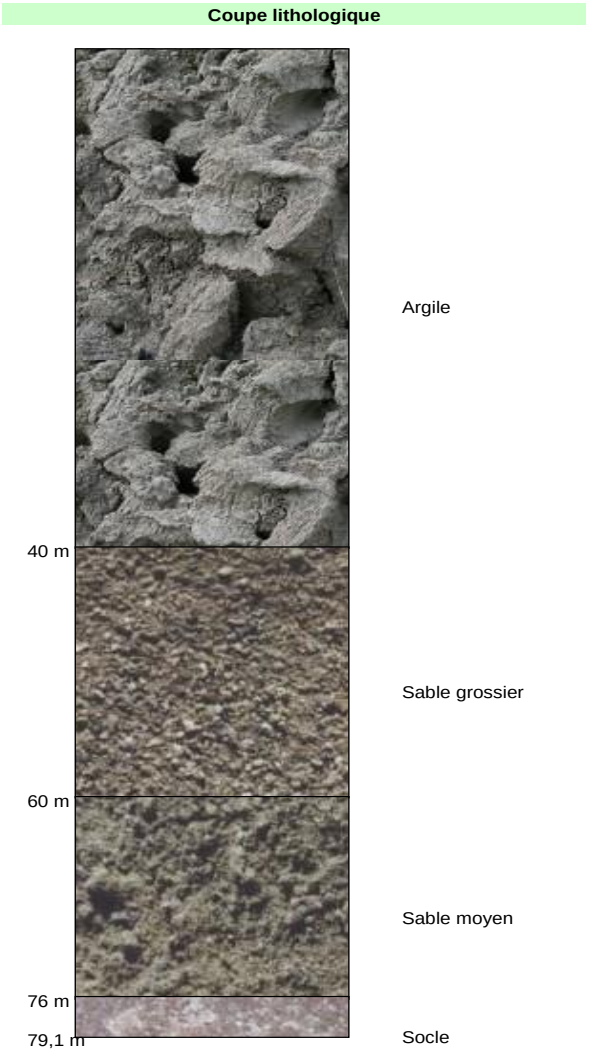


Figure 15 : Coupe lithologique de Gbavouhoué

❖ Médéyihoué

Le forage de Médéyihoué est un forage réalisé dans le biseau sec. La profondeur totale de ce forage est de 64,09 m. La coupe lithologique nous montre six (6) différentes formations à savoir : argile entre 0 à 10 m de profondeur ; grès entre 10 à 20 m de profondeur ; argile entre 20 à 29 m de profondeur ; sable fin entre 29 à 41 m de profondeur ; sable moyen entre 41 à 60 m de profondeur et du socle de 60 à 64,09 m de profondeur.

Deus aquifères ont été identifiés : le premier entre 29 à 41 m de profondeur est constitué de sable fin et le deuxième entre 41 à 60 m de profondeur est constitué de sable moyen.

La figure ci-dessous nous renseigne sur la lithologie du forage de Médéyihoué.

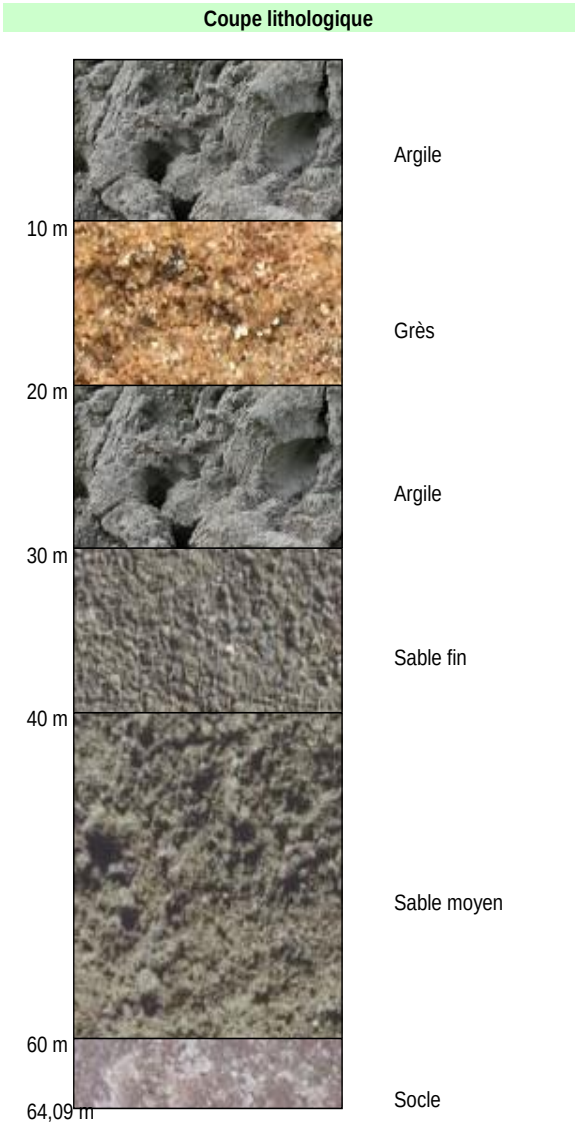


Figure 16 : Coupe lithologique de Médéyihoué

❖ Sékouhoué

Le forage de Sékouhoué est un forage réalisé dans le biseau sec. La profondeur totale de ce forage est de 72,1 m. La coupe lithologique nous montre six (6) différentes formations à savoir : latérite situé entre 0 à 10 m de profondeur ; de l'argile situé entre 10 à 20 m de profondeur ; argile sableuse situé entre 20 à 40m de profondeur ; sable moyen situé entre 40 à 60m de profondeur ; sable fin situé entre 60 à 68m de profondeur et de gneiss altéré de 68 à72,1m de profondeur.

Deux aquifères ont été identifiés : le premier du 40 à 60m de profondeur, constitué de sable moyen et le deuxième du 60 à 68m de profondeur, constitué de sable fin.

La figure ci-dessous nous renseigne sur la lithologie du forage Sékouhoué.

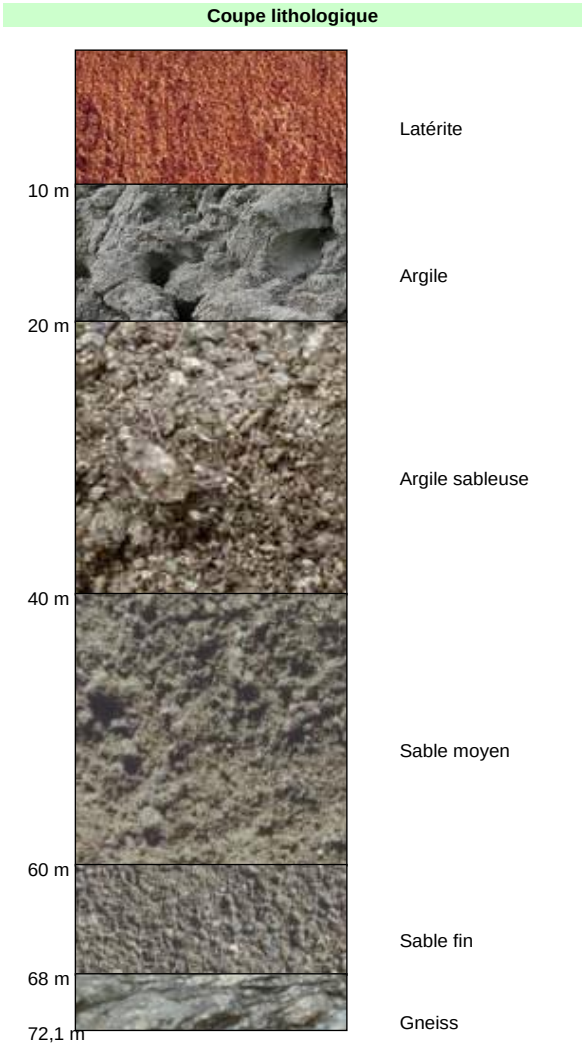


Figure 17 : Coupe lithologique de Sékouhoué

❖ Kandahoué

Le forage de Kandahoué est un forage réalisé dans le biseau sec. La profondeur totale de ce forage est de 56,31m. La coupe lithologique nous montre 5 formations différentes à savoir : argile située entre 0 à 16 m de profondeur ; sable argileux situé entre 16 à 21 m de profondeur sable moyen situé entre 21 à 35m de profondeur, sable argileux situé entre 35 à 51m de profondeur et du socle situé entre 51 à 56,31m de profondeur.

Un seul aquifère a été identifié : il s'agit du sable moyen situé entre 21 à35m de profondeur.

La figure ci-dessous nous renseigne sur la lithologie du forage Kandahoué

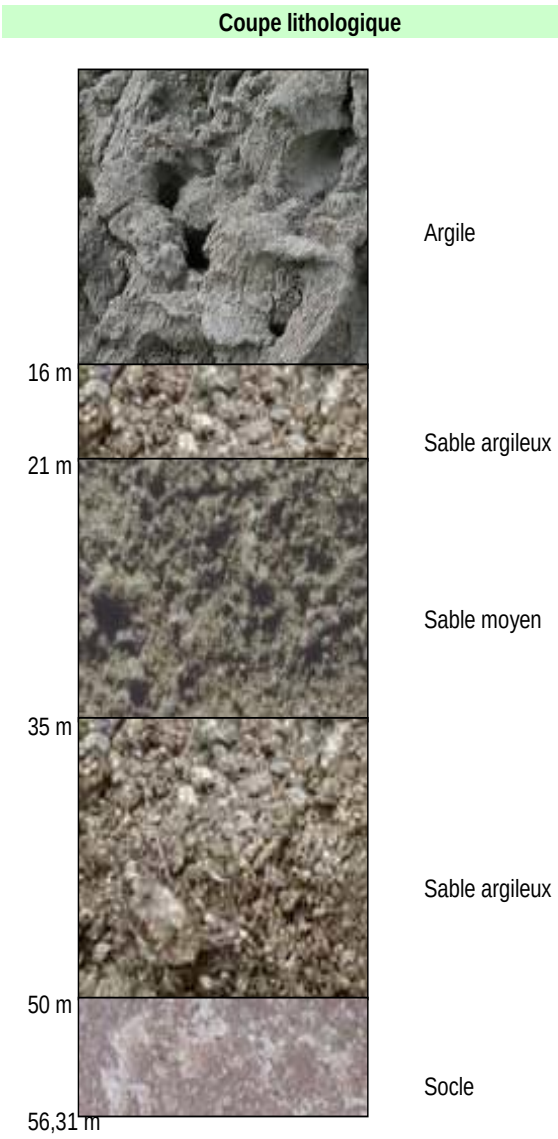


Figure 18 : Coupe lithologique Kandahoué

❖ Ayidedo

Le forage de Ayidedo est situé dans une zone de contact. La profondeur totale de ce forage est de 100m. La coupe lithologique nous montre 5 différentes formations à savoir : la latérite située entre 0 à 10 m de profondeur ; argile située entre 10 à 30 m de profondeur ; du sable fin situé entre 30 à 60 m de profondeur ; argile située entre 60 à 80m de profondeur et du gneiss situé 80 à 100 m de profondeur.

Un aquifère a été identifié à une profondeur de 30 à60m constitué de sable fin.

La figure ci-dessous nous renseigne sur la lithologie du forage Ayidedo

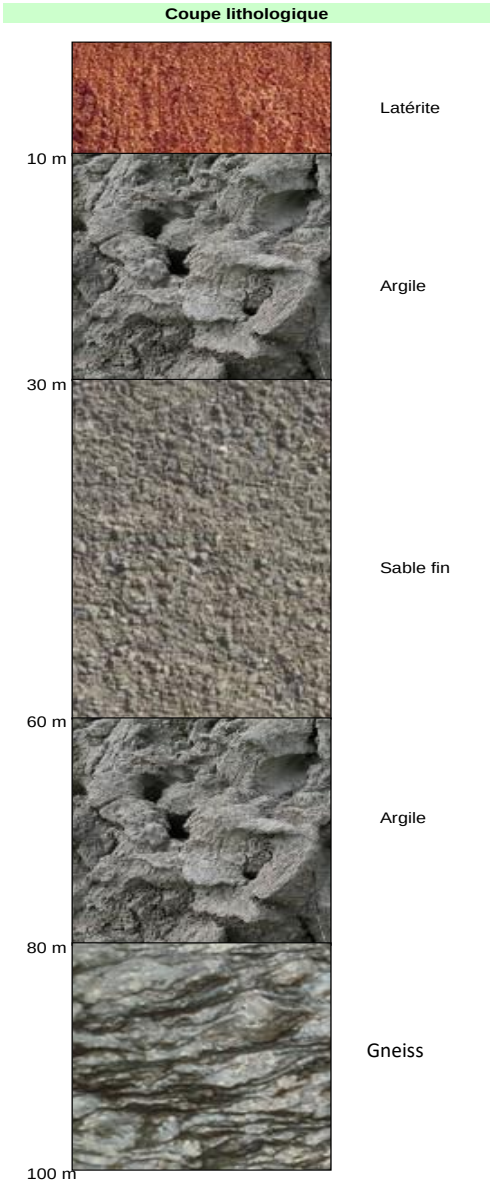


Figure 19 : Coupe lithologique de Ayidedo

3.1.2. Définition d'aquifère de contact à partir des sections du PQWT S500

Des estimations sur la profondeur des aquifères sont proposées après analyse des images issues des sondages en profilage faites par le PQWT S500 sur les différents sites.

❖ Hountondjihoué

Données de sondage du site de Hountondjihoué

Localisation : profil 103

Instrument de mesure : PQWT S500

Équidistance des électrodes MN : 10 m

Pas de mesure : 2m

Lithologie : argile + sable fin + sable moyen + sable argileux

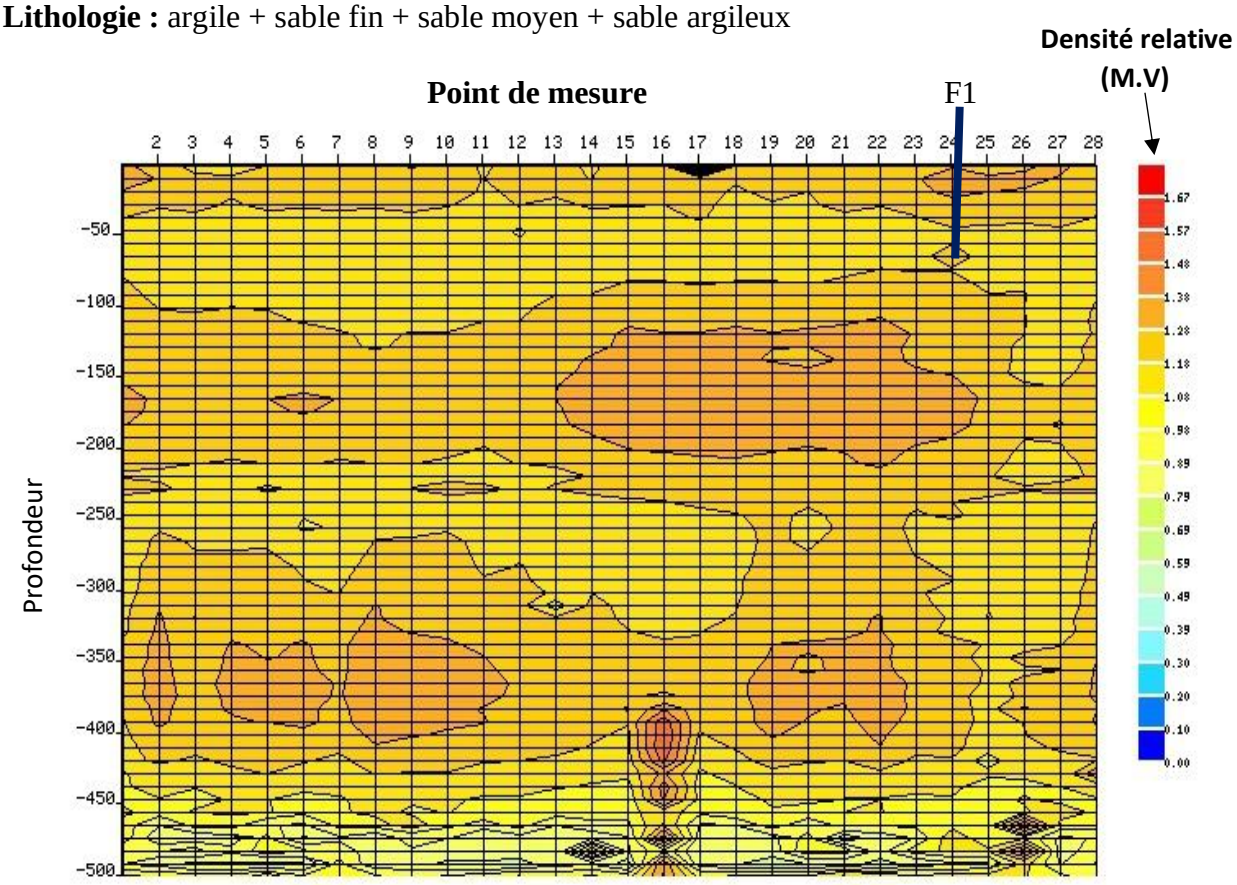


Figure 20 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Hountondjihoué

- ## Analyse du graphe du profil 103 de Hountondjihoué

Le profil 103 a été réalisé suivant une direction Est-Ouest de sorte à recouper le linéament. La longueur du profil est de 56 m. L'analyse de ce profil nous révèle quatre (04) terrains (Figure 20). De la surface vers la profondeur on a :

- Une couche rouge. Cette couche rouge montre qu'il s'agit d'un terrain avec une résistivité élevée, une forte densité. Nous n'obtenons pas d'eau dans cette zone appartenant aux zones limitées. Cette couche est comprise entre 0 à 25 m de profondeur.

- Une couche orange. Cette couche orange est comprise entre 25 à 50 m de profondeur avec une résistivité un peu élevée. Nous obtenons une faible quantité d'eau dans cette zone à cause de sa densité un peu élevée.
- Une couche jaune claire variant de 50 à 65 m de profondeur. Cette couleur jaune montre qu'il s'agit également d'un terrain de faible résistivité, faible densité, un terrain doux et de faibles valeurs de potentiel.
- Une couche orange variant de 65 à 70 m de profondeur avec une résistivité un peu élevée.

Le tableau 4 montre la correspondance entre les valeurs de densité et de la lithologie dans la zone de Hountondjihoué.

Tableau 4 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 103

Forage	Densité	Lithologie	Epaisseur (m)
F1	1,67-1,77	Argile	0-25
	1,57-1,67	Sable fin	25-50
	1,53-1,57	Sable moyen	50-65
	1,48-1,53	Sable argileux	65-70

En effet on observe, de la surface en profondeur, une variation des valeurs de résistivité ; c'est-à-dire une diminution et par la suite une augmentation des valeurs de résistivité. Ce qui peut être considéré comme une anomalie et par conséquent une situation favorable pour l'implantation d'un forage.

❖ Gbavouhoué

Données de sondage du site de Gbavouhoué

Localisation : profil 104

Instrument de mesure : PQWT S500

Équidistance des électrodes MN : 10 m

Pas de mesure : 2m

Lithologie : argile + sable grossier + sable moyen

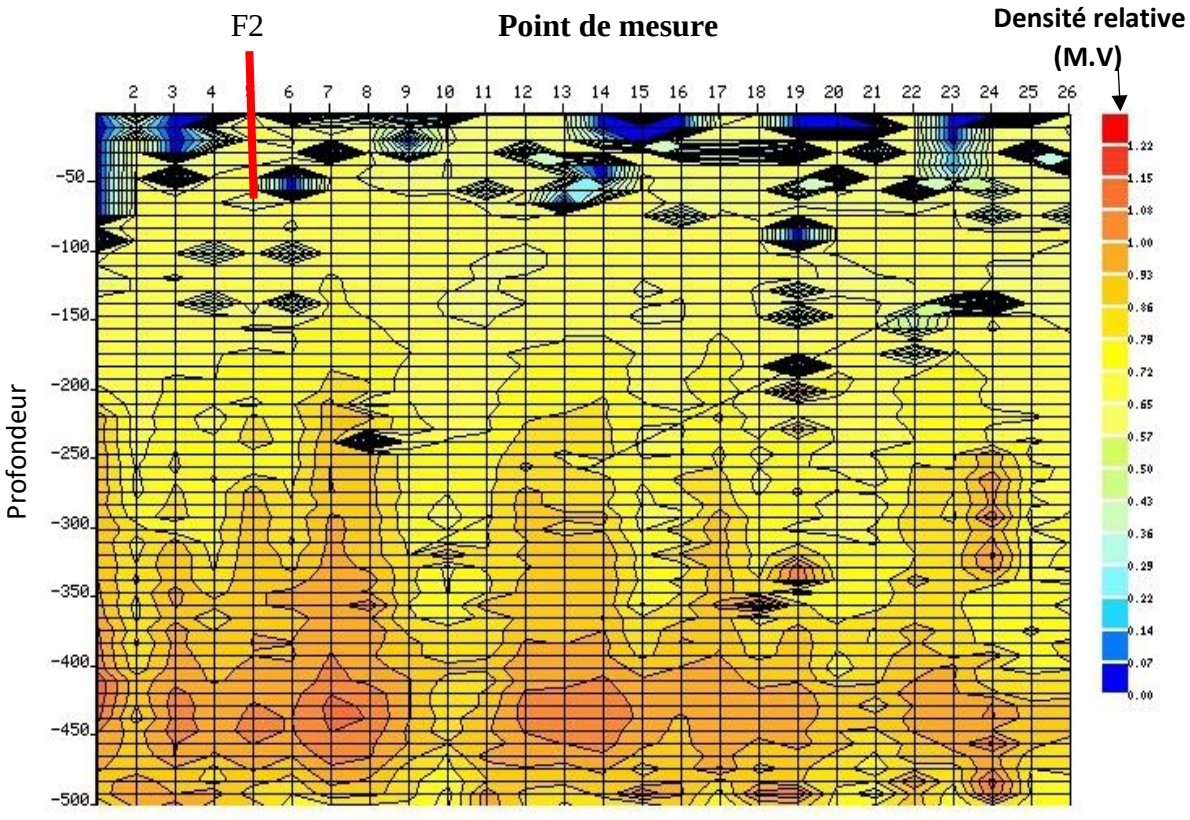


Figure 21 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Gbavouhoué

- **Analyse du graphe du profil 104 de Gbavouhoué**

Le profil 104 a été réalisé suivant une direction Est -Ouest de sorte à recouper le linéament. La longueur du profil est de 50 m. L'analyse de ce profil nous montre trois (03) terrains (Figure 21). De la surface vers la profondeur et d'après les analyses précédentes, on a :

- Une couche jaune. Cette couleur jaune montre qu'il s'agit d'un terrain de faible résistivité et faible densité. Ce terrain est distribué de 0 à 20 m de profondeur. Ce terrain est moyennement dur et représente une formation rocheuse moyennement renforcée. Ce terrain indique également un réchauffement de l'eau ;
- Une couche berge. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain de très faible résistivité et de densité. Ce terrain est distribué de 20 à 40 m de profondeur. Ce terrain montre une présence d'eau ;
- Une couche jaune claire. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain de faible résistivité et de densité. Ce terrain est entre 40 à 76 m de profondeur. Ce terrain montre une présence d'eau.

Le tableau 5 montre la correspondance entre les valeurs de densité et de la lithologie dans la zone de Gbavouhoué.

Tableau 5 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 104

Forage	Densité	Lithologie	Epaisseur (m)
F2	1,22-1,30	Argile	0-20
	1,15-1,22	Sable grossier	20-40
	1,08-1,15	Sable moyen	40-76

En effet on observe, de la surface en profondeur une diminution de la résistivité. Ce qui montre qu'il a une forte chance de trouver l'eau en évoluant vers la profondeur.

❖ Mèdéyihoué

Données de sondage du site de Mèdéyihoué

Localisation : profil 105

Instrument de mesure : PQWT S500

Équidistance des électrodes MN : 10 m

Pas de mesure : 2m

Lithologie : argile + grès + argile + sable fin + sable moyen + socle

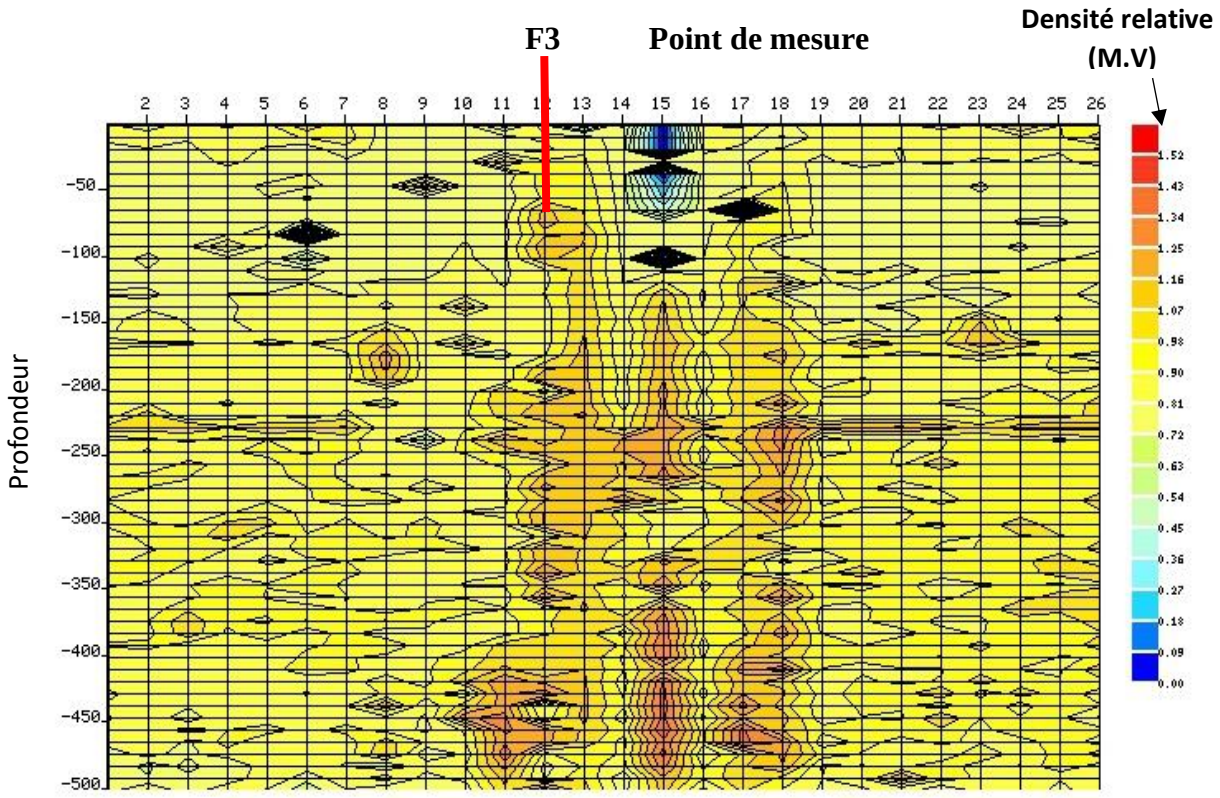


Figure 22 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Mèdéyihoué

- **Analyse du graphe du profil 105 de Mèdéyihoué**

Le profil 105 a été réalisé suivant une direction Est -Ouest de sorte à recouper le linéament. La longueur du profil est de 50 m. L'analyse de ce profil nous montre six (06) terrains (figure 22). De la surface vers la profondeur et d'après les analyses précédentes, on a :

- Une couche jaune. Cette couleur jaune montre qu'il s'agit d'un terrain de faible résistivité et faible densité. Ce terrain est distribué de 0 à 10 m et 20 à 30 m de profondeur. Ce terrain correspond au argile ;
- Une couche orange. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain à résistivité un peu élevée. Ce terrain correspond au grès ;
- Une couche jaune claire qui est divisée en deux partie. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain de faible résistivité et de densité. Ce terrain est entre 30 à 60 m de profondeur. Ce terrain montre une présence d'eau. Ce terrain présente le sable fin en haut et sable moyen en bas ;
- Une couche jaune sombre. Cette couleur montre qu'il a une augmentation de la résistivité que celle précédente.

Le tableau 6 montre la correspondance entre les valeurs de densité et de la lithologie dans la zone de Médéyihoué.

Tableau 6 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 105

Forage	Densité	Lithologie	Epaisseur (m)
F3	1,57-1,61	Argile	0-10
	1,52-1,57	Grès	10-20
	1,48-1,52	Argile	20-30
	1,43-1,48	Sable fin	30-40
	1,39-1,43	Sable moyen	40-60
	1,36-1,39	socle	60-64,09

En effet on observe, de la surface en profondeur, une variation des valeurs de résistivité ; c'est-à-dire une diminution et par la suite une augmentation des valeurs de résistivité. Ce qui peut être considéré comme une anomalie pour la présence de l'eau.

❖ Sékouhoué

Données de sondage du site de Sékouhoué

Localisation : profil 106

Instrument de mesure : PQWT S500

Équidistance des électrodes MN : 10 m

Pas de mesure : 2m

Lithologie : latérite + argile + argile sableuse + sable moyen + sable fin + gneiss altéré

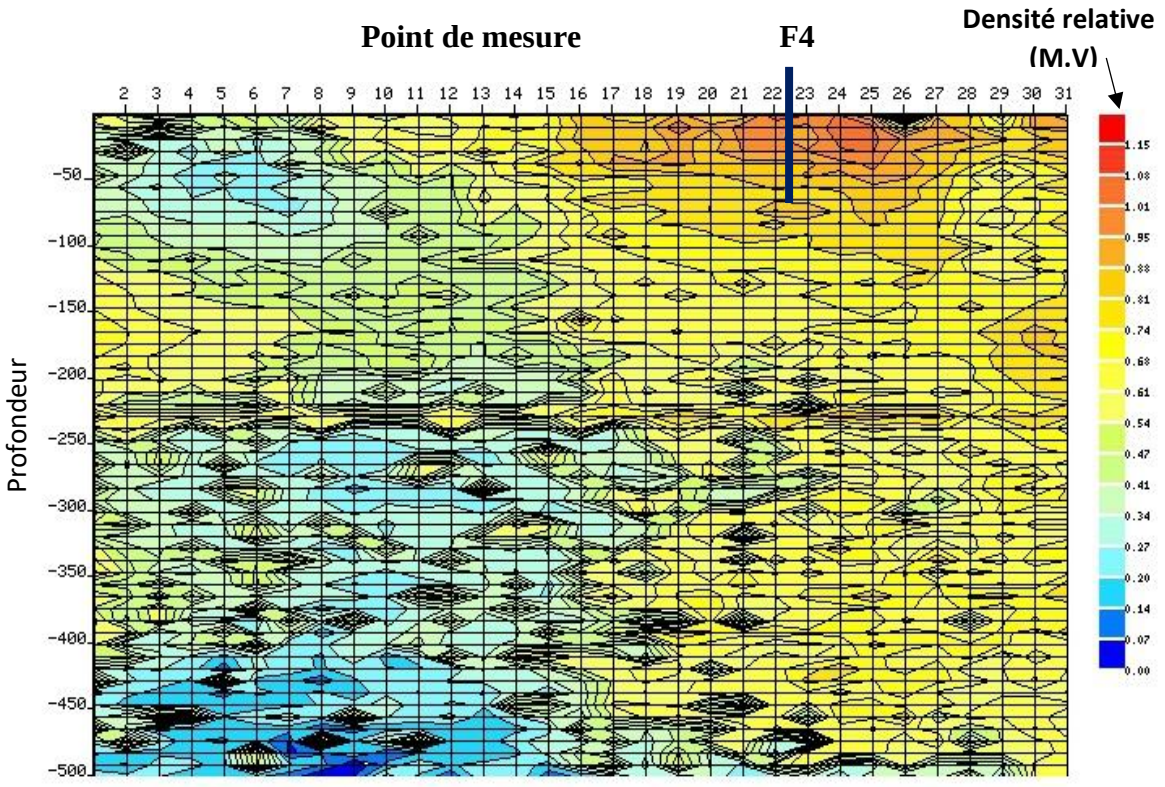


Figure 23 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Sékouhoué

- ## Analyse du graphe du profil 106 de Sékouhoué

Le profil 106 a été réalisé suivant une direction Est -Ouest de sorte à recouper le linéament. La longueur du profil est de 50 m. L'analyse de ce profil nous montre six (06) terrains (figure 23). De la surface vers la profondeur et d'après les analyses précédentes, on a :

- Une couche rouge. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain à forte résistivité et de densité. Ce terrain est entre 0 à 10 m de profondeur ;
- Une couche rouge claire. Cette couleur est comprise entre 10 à 20 m de profondeur et présente une résistivité élevée. Ce terrain fait référence au argile ;
- Une couche orange. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain à résistivité moins élevée. Cette couche est comprise entre 20 à 40 m de profondeur ;
- Une couche jaune. Cette couleur jaune montre qu'il s'agit d'un terrain de faible résistivité. Ce terrain est distribué de 40 à 60 m de profondeur. Ce terrain est moyennement dur.
- Une couche de couleur plus jaune, d'une épaisseur 8 m et d'une résistivité inférieure à celle de la couche superficielle ;
- Une couche sombre. Cette couleur montre que la résistivité a augmenté au niveau de ce terrain.

Le tableau 7 montre la correspondance entre les valeurs de densité et de la lithologie dans la zone de Sékouhoué.

Tableau 7 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 106

Forage	Densité	Lithologie	Epaisseur (m)
F4	1,20-1,24	Latérite	0-10
	1,15-1,20	Argile	10-20
	1,09-1,15	Argile sableuse	20-40
	1,06-1,09	Sable moyen	40-60
	1,05-1,06	Sable fin	60-68
	1,02-1,05	Gneiss	68-72,1

La variation de la résistivité de la surface en profondeur montre qu'il y a une anomalie de la présence d'eau.

❖ Kandahoué

Données de sondage du site de Kandahoué

Localisation : profil 107

Instrument de mesure : PQWT S500

Équidistance des électrodes MN : 10 m

Pas de mesure : 2m

Lithologie : argile + sable argileux + sable moyen + sable argileux blanchâtre + socle

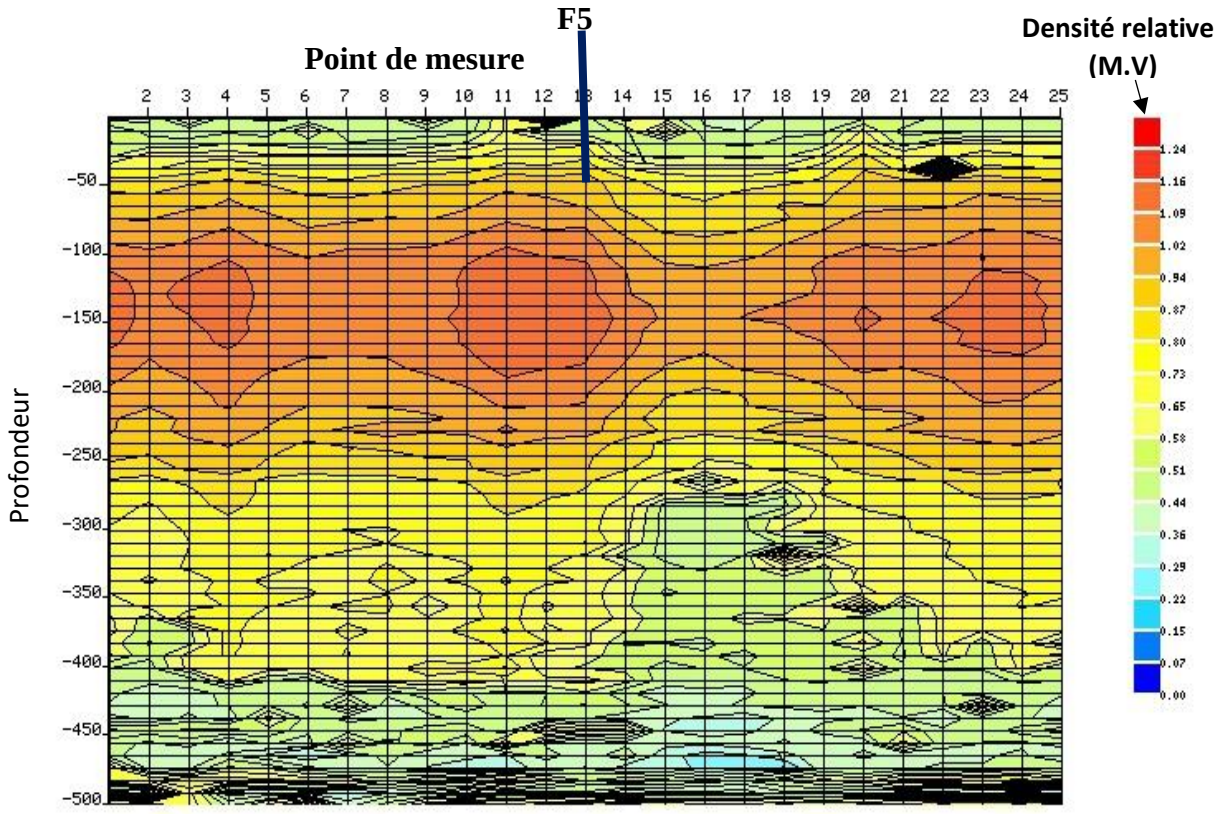


Figure 24 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Kandahoué

- ## Analyse du graphe du profil 107 de Kandahoué

Le profil 107 a été réalisé suivant une direction Est -Ouest de sorte à recouper le linéament. La longueur du profil est de 50 m. L'analyse de ce profil nous montre cinq (05) terrains (figure 24). De la surface vers la profondeur et d'après les analyses précédentes, on a :

- Une couche verte. Cette couche est comprise entre 0 à 16 m de profondeur avec une faible résistivité ;
- Une couche jaune avec une résistivité faible mais élevée que celle de la couche supérieure. Cette couche est située de 16 à 21 m de profondeur ;
- Une couche jaune claire qui est divisée en deux terrain. Cette couleur montre qu'il s'agit d'un terrain de faible résistivité et de densité. Ce terrain est entre 21 à 51 m de profondeur ;
- Une couche jaune orange avec une résistivité élevée que celle de la précédente couche. Cette couche se situe entre 51 à 56,31 m de profondeur.

Le tableau 8 montre la correspondance entre les valeurs de densité et de la lithologie dans la zone de Kandahoué.

Tableau 8 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 107

Forage	Densité	Lithologie	Epaisseur (m)
F5	1,27-1,32	Argile	0-16
	1,24-1,27	Sable argileux	16-21
	1,18-1,24	Sable moyen	21-35
	1,14-1,18	Sable argileux	35-50
	1,12-1,14	Socle	50-56,31

En effet on observe, de la surface en profondeur, une variation des valeurs de résistivité. Ce qui montre une anomalie.

❖ Ayidèdo

Données de sondage du site de Ayidèdo

Localisation : profil 108

Instrument de mesure : PQWT S500

Équidistance des électrodes MN : 10 m

Pas de mesure : 2m

Lithologie : latérite + argile + sable fin +argile + gneiss

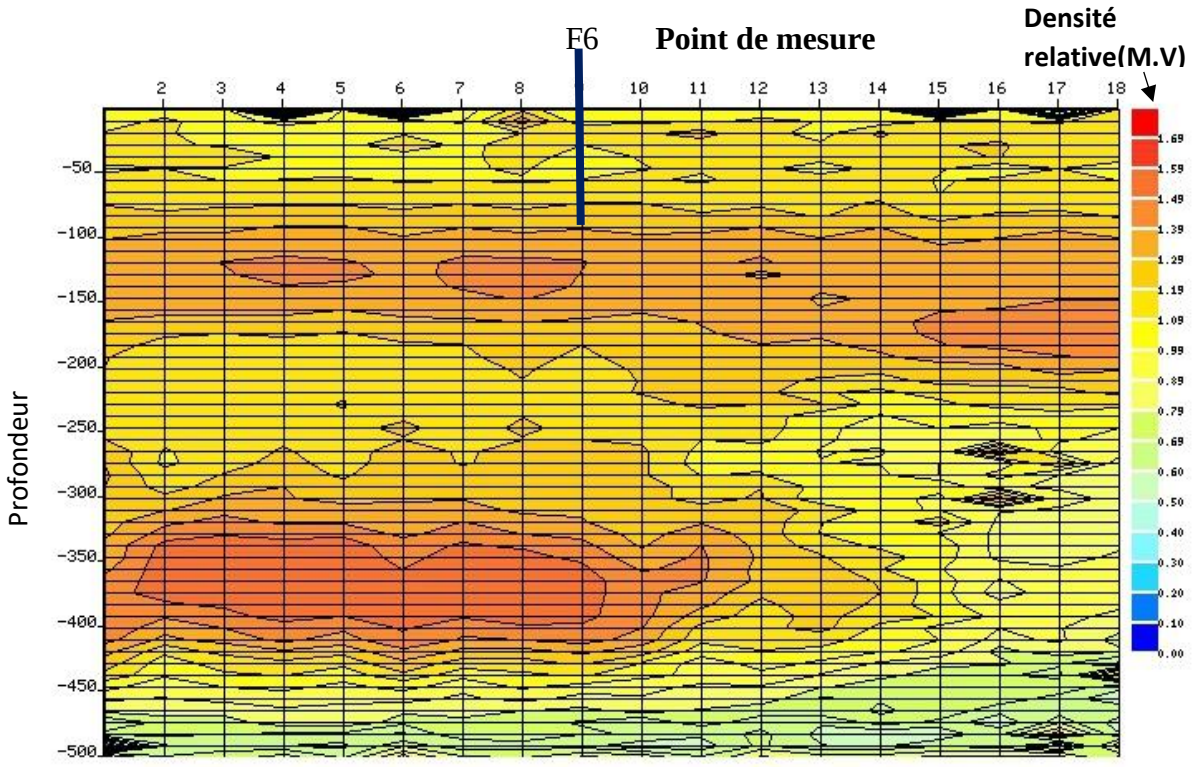


Figure 25 : Section du profil de sondage réalisée et positionnement du point implanté à Ayidèdo

- **Analyse du graphe du profil 108 de Ayidèdo**

Le profil 108 a été réalisé suivant une direction Est -Ouest de sorte à recouper le linéament. La longueur du profil est de 36 m. L'analyse de ce profil nous montre cinq (05) terrains (figure 25). De la surface vers la profondeur et d'après les analyses précédentes, on a :

- Une couche jaune. Cette couche a une résistivité faible et se situe entre 0 à 10 m de profondeur.
- Une couche jaune sombre. Cette couche a une résistivité élevée que celle de la couche précédente. On observe cette couche entre 10 à 30 m et de 60 à 80 m de profondeur ;
- Une couche de couleur plus jaune, d'une grande épaisseur (30 m) et d'une résistivité inférieure à celle de la couche superficielle ;
- Une couche de couleur orange à 80 m de profondeur, qui s'élargir par la suite. Cette couche présente une résistivité plus élevée que les couches précédentes.

Le tableau 9 montre la correspondance entre les valeurs de densité et de la lithologie dans la zone de Ayidèdo.

Tableau 9 : Valeurs de densité et de la lithologie au niveau du profil 108

Forage	Densité	Lithologie	Epaisseur (m)
F6	1,79-1,89	Latérite	0-10
	1,66-1,79	Argile	10-30
	1,55-1,66	Sable fin	30-60
	1,49-1,55	Argile	60-80
	1,39-1,49	Gneiss	80-100

3.1.3. Etude comparative entre les coupes lithologiques de forage et les sections du PQWT S500

❖ Hountondjihoué

De l'étude de la lithologie de Houbtondjihoué (Figure 14) et en considérant la profondeur totale de 70 m donnée par la coupe lithologique, on note la succession de 04 différents types de terrain (argile ; sable fin ; sable moyen ; silt ; sable argileux). De même, la section du PQWT S500 de Hountondjihoué (Figure 20) révèle 04 différentes formations géologiques. On constate donc une corrélation entre les informations de la section du PQWT S500 et celles de la coupe lithologique.

❖ Gbavouhoué

De l'étude de la lithologie de Gbavouhoué (Figure 15) et en considérant la profondeur totale de 79,1 m donnée par la coupe lithologique, on note la succession de 04 différents types de terrain (argile ; sable grossier ; sable moyen ; socle). Par ailleurs, la section du PQWT S500 de Gbavouhoué (Figure 21) révèle 03 différentes formations géologiques. On constate donc qu'il y a une faible corrélation entre les informations de la section du PQWT S500 et celles de la coupe lithologique.

❖ Médéyihoué

Des informations révélées par la coupe lithologique de forage (Figure 16) et de la section du PQWT S500 (Figure 22) et en considérant la profondeur totale de 64.09 m donné par la coupe lithologique, on voit que la coupe lithologique présente six terrains (argile ; grès ; argile ; sable fin ; sable moyen et socle) de même que la section du PQWT S500 présente également deux terrains. On en déduit donc que la section du PQWT S500 renseigne sur la lithologie des aquifères du biseau sec.

❖ Sékouhoué

De l'étude de la lithologie de Sékouhoué (Figure 17) et en considérant la profondeur totale de 72,1 m donnée par la coupe lithologique, on note la succession de 06 différents types de terrain (latérite ; argile ; argile sableuse ; sable moyen ; sable fin ; gneiss). De même, la section du PQWT S500 de Gbavouhoué (Figure 23) révèle 06 différentes formations géologiques. On constate donc une corrélation entre les informations de la section du PQWT S500 et celles de la coupe lithologique.

❖ Kandahoué

De l'étude de la lithologie de Kandahoué (Figure 18) et en considérant la profondeur totale de 56,31 m donnée par la coupe lithologique, on note la succession de 05 différents types de terrain (argile ; sable argileux ; sable moyen ; sable argileux blanchâtre ; socle). De même, la section du PQWT S500 de Kandahoué (Figure 24) révèle 05 différentes formations géologiques. On constate donc une corrélation entre les informations de la section du PQWT S500 et celles de la coupe lithologique.

❖ Ayidedo

De l'étude de la lithologie de Ayidedo (Figure 19) et en considérant la profondeur totale de 100 m donnée par la coupe lithologique, on note la succession de 05 différents types de terrain (latérite ; argile ; sable fin ; argile ; gneiss). De même, la section du PQWT S500 de Ayidedo (Figure 25) révèle 05 différentes formations géologiques. On constate donc une corrélation entre les informations de la section du PQWT S500 et celles de la coupe lithologique.

3.2. Interprétation des résultats

Dans le cadre de notre étude sur la zone de biseau sec de la commune de Toviklin, nous avons effectué six (06) coupes lithologiques. Nous avons ainsi pu identifier les aquifères présents dans

chaque couche géologique comme suit : le sable fin et le sable moyen ont été repérés dans les localités de Hountondjihoué, Médéyihoué et Sékouhoué ; le sable grossier et le sable moyen dans la localité de Gbavouhoué ; et le sable moyen dans la localité de Kandahoué, tandis que le sable fin a été identifié dans la localité de Ayidedo.

En analysant les sections du PQWT S500, nous avons observé que ces sections généralement affichent les graphes de sondage et les différentes couches géologiques traversées. Nos résultats, provenant des coupes lithologiques et de l'analyse des sections du PQWT S500, montrent que dans la localité de Hountondjihoué, le nombre de formations repéré dans la coupe lithologique correspond au nombre trouvé dans la section du PQWT S500. Les mêmes observations ont été faites dans les localités de Médéyihoué, Sékouhoué, Kandahoué et Ayidedo. Par conséquent, on peut affirmer que le PQWT S500 permet une caractérisation à 100 % des formations hydrogéologiques dans ces zones.

Cependant, dans le cas de la localité de Gbavouhoué, on note une différence entre le nombre de formations observées dans la coupe lithologique et celui dans la section du PQWT S500. Cette différence indique que le PQWT S500 ne fournit pas une caractérisation précise des formations hydrogéologiques dans cette zone.

En outre, en examinant les sections du PQWT S500 dans la zone de biseau sec, nous avons constaté des variations de résistivités dans chaque localité, que l'on peut considérer comme des anomalies. Par conséquent, ces zones présentent un potentiel favorable pour l'implantation de puits de forage. En résumé, le PQWT S500 permet désormais d'identifier les zones potentielles en zone de biseau sec grâce à la variation des résistivités, permettant ainsi de mobiliser les ressources en eau souterraine.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

La méthode adoptée pour la localisation des anciens forages de la commune de Toviklin, en vue de sélectionner les zones appropriées pour notre prospection avec le PQWT S500, a été guidée par la carte hydrogéologique et a également pris en compte nos ressources disponibles. Cette approche nous a permis de répondre aux questions d'importance hydrogéologique concernant les zones de biseaux secs : Comment identifier les zones aquifères à partir des anciens forages existants ?

Premièrement, la détermination des zones aquifères de la commune de Toviklin s'est faite à travers la réalisation de six coupes lithologiques. Les résultats issus des différentes coupes de Hountondjihoué, Gbavouhoué, Médéyihoué, Sékouhoué, Kandahoué et Ayidedo ont montré que la commune de Toviklin repose sur des aquifères de contact, du sédimentaire qui forment un biseau sec.

Les sections du PQWT S500 présentent généralement les graphes de sondages des différents terrains traversés. On note que dans la localité de Hountondjihoué, le nombre de formations identifiées sur la coupe lithologique est le même que celles retrouvées par la section du PQWT S500. Les mêmes observations sont faites dans les localités de Médéyihoué, Sékouhoué, Kandahoué et Ayidedo. Cependant, le nombre des formations obtenues au niveau des coupes de forage et de la section du PQWT S500 de la localité de Gbavouhoué n'est pas le même.

Avec les sections du PQWT S500, en zone biseau sec, les variations des résistivités obtenues dans les localités concernées sont considérées comme des anomalies et par conséquent des zones propices pour l'implantation d'un forage.

Bien que nous soyons conscients d'avoir juste apporté une réponse aux nombreux problèmes qui se posent au sein de notre zone d'étude, nous suggérons, dans l'optique d'apporter plus de précisions à la connaissance des ressources en eau dans la commune de Toviklin :

- Faire une campagne géophysique avec d'autres méthodes géophysiques dans la commune de Toviklin afin d'avoir une connaissance précise et actualisée de l'aquifère ;
- réactualiser les différentes bases de données de la direction départementale de l'eau et des mines du Couffo (DDEM-Couffo) afin de faciliter les recherches et d'autres travaux à venir dans le domaine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKOUEHOU Sylvia Carolle (2022). Apport de PQWT S300 dans l'implantation des puits et qualité des eaux sur des sites maraichers de la commune d'Abomey Calavi.

- AZONSI F., (2019), mobilisation et gestion des ressources en eau souterraine. Rapport, 152p

- Boukari M. (2007). Hydrogéologie de la République du Bénin (Afrique de l'Ouest). UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI / FAST.

- Boutirame, I, Boukdir, A, Elissami, A, & Aghazzaf, B. 2017. Contribution des outils de SIG et Géophysique dans l'identification de l'aquifère Liasique. Cas de la région de Mrirt, causse de moyen Atlas(Maroc).

- Christiane S. (2019). L'eau pour tous, tous pour l'eau.

- DDEM Couffo, (2009), rapport des forages réalisés dans la commune de Toviklin.

- Yebou Elysée (2022), Apport du PQWT dans l'identification des aquifères en zone sédimentaire, de contact et du socle au Bénin : cas de la commune de Klouékanmè.

- UNESCO, (2009). L'eau dans un monde qui change, troisième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau,24p.

Webographie

- https://knowledge-uclge.org/toviklin-2278.html ; lu le 10/05/2023 à 12h 24mn

- https://fr.db-city.com/B%C%A9nin--Couffo--Toviklin ; lu le 12/05/2023 à 17h 08mn

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Lithologie de Hountondjihoué

	A	Lithologie
0	25	Argile
25	50	Sable fin
50	65	Sable moyen
65	70	Grès

Annexe 2 : Lithologie de Gbavouhoué

	A	Lithologie
0	40	Argile
40	60	Sable grossier
60	76	Sable moyen
76	79,1	Socle

Annexe 3 : Lithologie de Médéyihoué

	A	Lithologie
0	10	Argile
10	20	Grès
20	30	Argile
30	41	Sable fin
41	60	Sable moyen
60	64 ;09	Socle

Annexe 4 : Lithologie de Sékouhoué

	A	Lithologie
0	10	Latérite
10	20	Argile
20	40	Argile sableuse
40	60	Sable moyen
60	68	Sable fin
68	72,1	Gneiss

Annexe 5 : Lithologie de Kandahoué

	A	Lithologie
0	16	Argile
16	21	Sable argileux
21	35	Sable moyen
35	51	Sable argileux
51	56,31	Socle

Annexe 6 : Lithologie de Ayidedo

	A	Lithologie
0	10	Latérite
10	30	Argile
30	60	Sable fin
60	80	Argile
80	100	Gneiss

Annexe 7 : Coordonnées géographique des 10 forages

Localités	X	Y
SOWANOUHOUE	001°46'4,3"	06°53'17,1"
TCHENAHOUHOUE	001°47'37,1"	06°51'20,7"
MATERNITE DAHOUEDEHOUE	001°47'45,4"	06°53'58,3"
HOUNTONDJIHOUE	001°48'58,0"	06°51'23,7"
GBAVOUHOUE	001°48'05,4"	06°54'12,2"
MEDEYIHOUE	001°46'48,9"	06°56'05,7"
SEKOUHOUE	001°50'05,8"	06°52'55,6"
KANDANHOUE	001°46'48,9"	06°56'05,7"
AGOME CENTRE	001°49'14,6"	06°52'32,2"
AYIDEDO CENTRE	001°50'51,5"	06°55'03,3"

Table des matières

Dédicace……...i

Remerciement……..... ii

Résumé.…… iii

Abstract…….... iv

Liste des sigles et acronymes……. v

Liste des figures……vi

Liste des tableaux……..vii

Liste des images……....vii

Sommaire……viii

INTRODUCTION GENERALE……1

Objectifs de recherche……3

Hypothèse de recherche……...3

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE……... 4

1.1. Synthèse bibliographique……5

1.1.1 Généralité sur la géophysique……5

1.1.2. Mesure par la méthode électrique……..6

1.1.2.1 Généralité de la méthode électrique……6

1.1.2.1.1. Loi d'Ohm……...7

1.1.2.1.2 Loi de Maxwell……7

1.1.1.1 Résistivité électrique……8

1.1.2.2.1. Facteurs influant sur la valeur de la résistivité électrique……9

1.1.3. Mesure de la résistivité avec la méthode électrique à courant continu……..9

1.1.3.1. Principe de la méthode électrique à courant continu……10

1.1.3.2. Notion de résistivité apparent……...10

1.1.3.3. Profondeur d'investigation et dispositifs d'électrodes……..11

1.1.4. Techniques traditionnelles de mesure depuis la surface……...12

1.1.4.1. Profil de résistivité électrique……...12

1.1.4.2. Sondage de résistivité électrique……..14

1.2. Présentation de la zone d'étude……..15

1.2.1. La situation géographique et administrative……...15

1.2.2. Environnement et ressources naturelles……..17

1.2.2.1. Géologie……...17

1.2.2.2. Hydrogéologie……..17

1.2.2.3. Climat……...18

1.2.2.4. Relief, sols……18

1.2.2.5. Hydrographie, Végétation et Faune……..19

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODOLOGIE ……21

2. 1. Matériel……22

2.2. Démarche méthodologique……23

2.2.1. Recherche documentaire……23

2.2.2. Collecte des Données……..24

a. Données lithologiques……...24

b. Données de terrain……24

- Principe de fonctionnement du PQWT S500……24

- Campagne de prospection géophysique et travaux sur le terrain……25

2.2.3. L'interprétation des données……27

a. Identification des anciens forages existants……27

b. Traitement des données lithologiques……28

c. Traitement des données de section du PQWT S500……28

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION……...29

3.1 Résultats……..30

3.1.1. Résultats de la collecte de données……30

3.1.2. Détermination des zones aquifères à partir des anciens forages existants……..31

3.1.3. Définition d'aquifère de contact à partir des sections du PQWT S500……...38

Analyse du graphe du profil 103 de Hountondjihoué……...39

Analyse du graphe du profil 104 de Gbavouhoué…….40

Analyse du graphe du profil 105 de Mèdéyihoué……..41

Analyse du graphe du profil 106 de Sékouhoué……43

Analyse du graphe du profil 107 de Kandahoué……44

Analyse du graphe du profil 108 de Ayidèdo……46

3.1.4. Etude comparative entre les coupes lithologiques de forage et les sections du PQWT S500…….. 47

3.2. Interprétation des résultats……..48

CONCLUSION ET SUGGESTIONS……...50

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES……..53

ANNEXES……54

Table des matières…….58