

## Investigation hydro géophysique dans les roches sédimentaire du socle cristallophyllien (Lubao, Lomami, RDC)

### [ Hydrogeophysical investigation in the sedimentary rocks of the crystallophyll basement (Lubao, Lomami, DRC) ]

Mersa KABANGU<sup>1</sup>, Fiston KALONJI<sup>1</sup>, Tresor MULUMBA<sup>1</sup>, Jerome MALEMBE<sup>2</sup>, Ben NTAMBUE BAMUAKAMA<sup>3</sup>, and Paul ONAWOTSHO OSANGOLENGA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut de Bâtiments et Travaux Publics, Mbuji-Mayi, RD Congo

<sup>2</sup>Université de Lusambo, Lusambo, RD Congo

<sup>3</sup>Chercheur Indépendant, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This water problem in our rural environments pushes us to evaluate how the use of geophysical methods in the crystallophyllian basement with a view to studying drilling data to investigate the subsurface in order to delimit the potential of groundwater in the crystallophyllian base, from the territory of Lubao, Province of Lomami in the DRC. The study area is surrounded by tributaries and water sources among others (the Kamina, the Tshisanpa, the Mitonga, and the Lufubu) of the Lomami basin whose water is generally of poor quality, requiring adequate treatment which is not guaranteed.

The area concerned by our study is characterized in the central part, Cretaceous sedimentary lands of Mesozoic age (Loia Formation indicated above), composed essentially of soft sandstones with intercalations of argillite, separating them into different levels aquifers. These are subhorizontal tabular terrains, laterally homogeneous, containing confined aquifers, flowing into the valleys. The water is of good quality, alkaline (pH = 6.5), weakly mineralized and with low hardness...

Using geophysical methods (magnetotelluric) we carried out our study by carrying out several profiles including 7 (seven) were favorable in the area.

The Lubao aquifers are essentially underlying sandstones and limestones, which means that prolific aquifers are absent. However, the main water resource lies in the limestones and sandstones, the first water sources of which are at 30m.

The vertical results of the electrical surveys gave dominant 4 geoelectric layers. The underlying rocks correspond to an altered upper soil; Not all declined areas are prolific. Farm aquifers exist at different depths which vary between 150 and 180m.

The data collected and processed by sites show the possibility of capturing groundwater in sufficient quantity in the fissures and Karst.

Geoelectric prospecting by Magnetotelluric surveys does not give any quantitative information on the significant exploitation flow by drilling, but rather indicate the location (the favorable point) for carrying out water drilling.

**KEYWORDS:** water, environment, mineralized, geoelectric, soil, aquifer, Karst, magnetotelluric, rock.

**RESUME:** La problématique de l'eau dans notre milieu rural nous incite à évaluer l'utilisation des méthodes géophysiques dans le socle cristallin en vue d'étudier les données de forage pour investiguer le sous-sol afin de délimiter le potentiel des eaux souterraines dans le socle cristallin, à partir du territoire de Lubao, province de la Lomami en RDC. La zone d'étude est entourée d'affluents et de sources d'eau, notamment les rivières Kamina, Tshisanpa, Mitonga et Lufubu du bassin de la Lomami, dont les eaux sont généralement de mauvaise qualité et nécessitent un traitement adéquat qui n'est pas garanti.

La zone étudiée est caractérisée, dans sa partie centrale, par des terrains sédimentaires crétacés d'âge mésozoïque (Formation de Loia indiquée ci-dessus), composés essentiellement de grès tendres avec des intercalations d'argilite, qui les séparent en aquifères de différents niveaux. Il s'agit de terrains tabulaires subhorizontaux, latéralement homogènes, contenant des aquifères captifs qui s'écoulent dans les vallées. L'eau est de bonne qualité, alcaline (pH = 6,5), faiblement minéralisée et de faible dureté...

À l'aide de méthodes géophysiques (magnétotelluriques) nous avons réalisé notre étude en effectuant plusieurs profils dont 7 (sept) étaient favorables dans la région.

Les aquifères du Lubao sont essentiellement des grès et des calcaires sous-jacents, ce qui signifie que les aquifères prolifiques sont absents. Cependant, la principale ressource en eau réside dans les calcaires et les grès dont les premières sources d'eau sont situées à 30 m. Les résultats verticaux des sondages électriques ont donné 4 couches géoélectriques dominantes. Les roches sous-jacentes correspondent à des terrains superficiels altérés ; toutes les zones en aval ne sont pas prolifiques. Les aquifères de ferme existent à différentes profondeurs variantes entre 150 et 180m.

Les données collectées et traitées par les sites montrent la possibilité de capter des eaux souterraines en quantité suffisante dans les fissures et le karst.

La prospection géoélectrique par sondages magnétotelluriques ne fournit pas d'informations quantitatives sur le débit significatif pour l'exploitation par forage, mais indique la localisation (le point favorable) pour la réalisation d'un forage hydraulique.

**MOTS-CLEFS:** eau, environnement, géoélectrique, sol, aquifer, Karst, magnetotellurique, roche.

## 1 INTRODUCTION

Actuellement les eaux souterraines sont devenues importantes pour les besoins de l'homme dans les milieux ruraux. L'exploitation de l'eau souterraine joue un challenge important dans la vie sociale dans nos communautés. Les méthodes géophysique sont utilisées pour la réussite de plusieurs forages grâce à la détection des zones vulnérable à l'accumulation des eaux souterraine.

Plusieurs techniques géophysiques ont été appliquées aux eaux souterraines, certaines montrant des succès que d'autres pour cartographier ces points de forage en eau souterraine. Ce n'est pas l'eau souterraine qui est la cible de la géophysique, c'est plutôt la situation géologique dans laquelle l'eau existe. L'utilisation de la géophysique pour l'étude des eaux souterraines a été stimulée en partie par le désir de réduire le risque des forages négatifs (de trous secs) et aussi par la volonté de compenser les coûts liés à une mauvaise production d'eau souterraine [14].

Au cours de la dernière décennie, les prospections géophysiques ont permis une meilleure compréhension des eaux souterraines et de leurs intégrations dans le cycle de l'eau, car une grande partie de l'eau potable de la planète se trouve dans les eaux souterraines. Ces réserves invisibles représentent 150 fois les eaux de surface. Pour étudier les propriétés géophysiques des formations aquifères qui contiennent ces réserves, nous avons recourus aux méthodes électromagnétiques qui se sont avérées particulièrement applicables aux eaux souterraines. Pour étudier les propriétés des formations géologiques qui sont essentielle à l'hydrogéologie comme la porosité et la perméabilité des roches, le champ magnétique peut être corrélé avec les signatures de conductivité électrique. Elles ont été largement utilisées dans les études géophysique des eaux souterraines en raison de la corrélation qui existe souvent entre les propriétés électriques, les formations géologiques et leurs contenu en fluide.

En fin de compte, l'objectif poursuivis dans cette étude, est d'identifier des zones dans le socle cristallophyllien favorables à l'implantation de forages à gros débit en couplant les données géomorphologiques, hydrogéologiques et de télédétections pouvant alimenter la population dépourvue en eau potable.

## 2 LOCALISATION

Le Territoire de LUBAO est situé à 50 Km au Nord de la province de Lomami, en République Démocratique du Congo RDC avec comme coordonnées géographiques: Longitude 25°44'44,59"; Latitude 05°23'59"S et Altitude 694 mètre. Ce territoire est situé sur le tronçon Mbujimayi-Kabinda-Kindu Maniema qui est accessible par la route National n°2 (RN2).

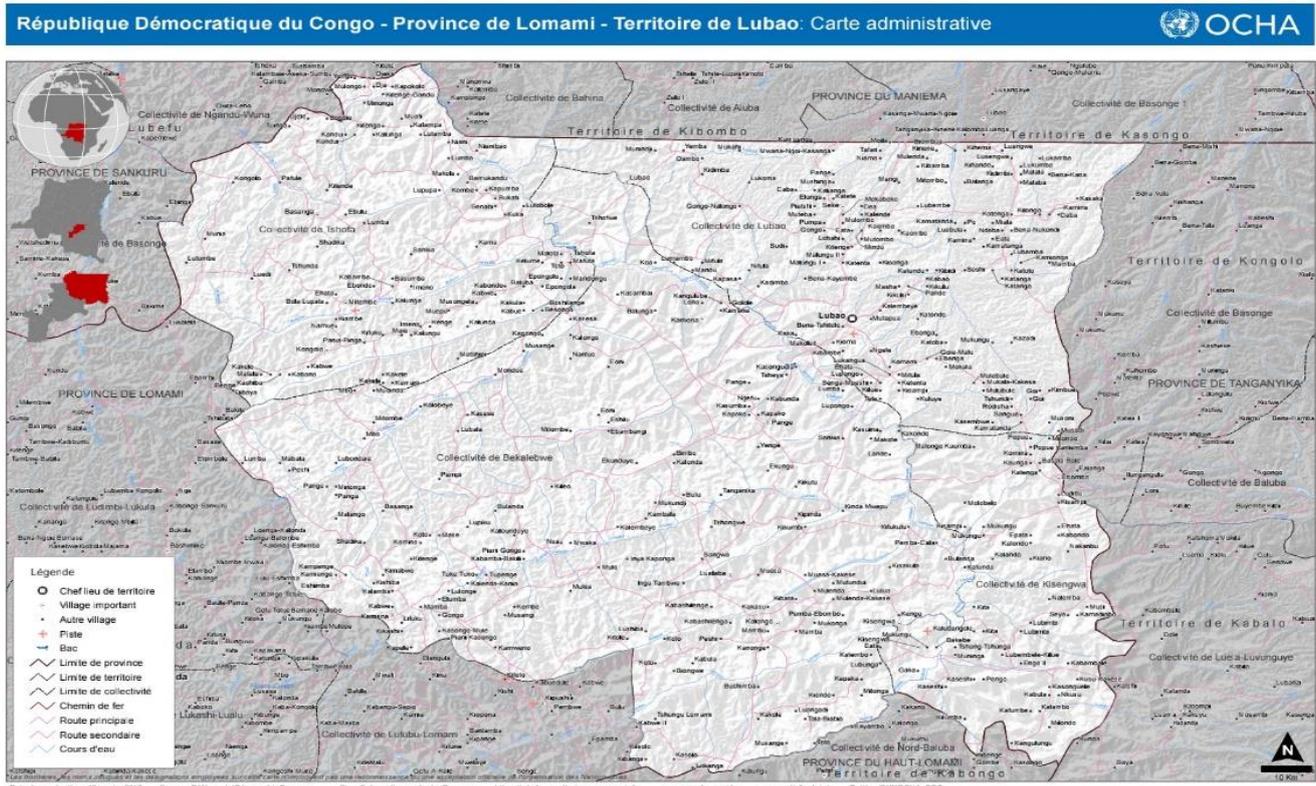


Fig. 1. Carte administrative de la zone d'étude

Source: Nos investigations à l'OCHA

### 3 GEOLOGIE DU SITE

Les observations faites sur terrains révèlent que la zone est dominée par la formation d'unité structurale: Le terrain sédimentaire post-cambrien et le socle cristallophyllien et sédimentaire d'âge antécambrien.

Les formations Phanérozoïques comprennent: les grès arkosiques brun-rouges alternant avec des couches de calcaire et de Shales appartenant au Groupe de la Loia d'âge Mésozoïque (Aptien: 145-112 Ma); les grès, argilites et calcaire gréseux du Groupe de la Haute Lueki (Karoo Supérieur: 286±7 Ma) d'âge Trias; les grès, argilites et psammites du Groupe de Lukuga (Karoo inférieur: 426±8 Ma) du Permo-Carbonifère [2].

### 4 POTENTIEL EN RESSOURCES EN EAU

L'hydrogéologie de la zone d'étude est caractérisée par deux types d'aquifères:

- La nappe superficielle localisée dans les formations de recouvrement et captées par les puits traditionnels peu profonds;
- La nappe profonde située dans les niveaux altérés et/ou fracturés de la roche saine.

Le site de LUBAO présente de potentiel pour les aquifères superficiels car les formations de surface sont non aquifères et celles Mésozoïques sont formées des grès argileux non aquifères. Le site est entouré des affluents et sources (Kamina, Tshisanpa, Mitonga et Lufubu) de la Lomami dont les eaux sont généralement de qualité médiocre, nécessitant un traitement adéquat non garantie [12].

Il existe dans les vallées des rivières des sources non-aménagées (implantées par la population locale), un puit de forage existe dans la concession de la cotonnière sur les coordonnées géographique, sud: 05°22'18.21", Est: 025°44'41.73" et 677m d'altitude, avec un débit d'exploitation de 1, 6 m<sup>3</sup>/H. Le mini-réseau de la cotonnière, est tombé en panne juste quelques mois après sa réalisation, il n'est prévu aucun projet de sa réhabilitation.

La nappe superficielle est beaucoup influencée par les aléas climatiques, les fluctuations saisonnières et les pollutions d'origine diverses, subissant ainsi une forte baisse en saison sèche.

Quant à la nappe profonde, elle est moins tributaire de ces aléas et dépend du degré d'altération, de fracturation et/ou de fissuration de la roche saine ainsi que du mode d'alimentation.

Les formations superficielles quaternaires sablo-argileuses contiennent des nappes phréatiques, vulnérables à la pollution et de faible débit. Dans les vallées, les alluvions contiennent des anciennes terrasses graveleuses, en contact avec les eaux de rivière à travers des berges. Ces aquifères sont souvent exploitables. Il est quand même à noter que la grande majorité des sites se trouve sur des crêtes et sur des plateaux, loin des cours d'eau, et que les bas-fonds sont difficilement accessibles.

Il faudra noter que la durée normale de vie d'une pompe est généralement estimée à 10 ans et que même la durée de vie d'un forage peut être limitée dans le temps, surtout si l'ouvrage est surexploité ou non-exploité [10].

La géologie et l'hydrogéologie de la zone concernée est caractérisée par la présence, dans la partie centrale, des terrains sédimentaires du crétacique d'âge mésozoïque (Formation de la Loïa signalées ci-haut), composés essentiellement de grès tendres avec des intercalations d'argilites, les séparant en différents niveaux aquifères. Il s'agit de terrains tabulaires subhorizontaux, latéralement homogènes, contenant des aquifères captifs, jaillissants dans les vallées. L'eau est de bonne qualité, alcaline (pH = 8), faiblement minéralisée et à dureté faible...

Les grès de la Loïa étant généralement formés des grains fins, leurs valeurs de perméabilité sont relativement faibles. La profondeur du socle cristallin sous-jacent est relativement bien connue. Ce socle contient des aquifères discontinus, libres ou semi-captifs.

La capacité de renouvellement de la ressource en eau souterraine et les débits d'étiage des rivières dépendent de la recharge des nappes aquifères. Les études antérieures développées dans la région ont montré que la quantité de pluie estimée à partir de la précipitation et l'évapotranspiration dans la région varie entre 200 mm/an (pour des cycles secs) et 300 mm/an en moyenne (pour un cycle normal). Les ressources en eaux souterraines exploitables pour alimenter la population de LUBAO, seront captées dans l'aquifère cantonner dans la zone perméable (les grès) [13].

## 5 APPROCHE GEOPHYSIQUE

Le sondage électrique vertical Schlumberger est une investigation ponctuelle en fonction de la profondeur d'un site. Permet de déterminer la distribution de résistivité électrique d'un site en fonction de la profondeur en vue de l'établissement de la coupe géo-électrique du terrain en ce point [1].

En appliquant les méthodes géophysiques (magnétotelluriques), nous pouvons détecter les zones fractures et donner une profondeur approximative du forage à l'aide des approches hydro-géophysiques qui permet d'obtenir les mesures effectuées à la surface du sol, des informations sur la résistivité du sol rapportée à une certaine profondeur, à partir de la mesure simultanée des variations du champ magnétique et du champ tellurique [3]. Si l'on appelle  $\rho$  cette résistivité que l'on exprime en ohm-mètre, T la période du phénomène électromagnétique en secondes, Ex l'amplitude des variations du champ électrique en millivolts par kilomètre, Hy l'amplitude des variations du champ magnétique que l'on exprime en gammas et p la profondeur de pénétration, c'est-à-dire la profondeur pour laquelle l'amplitude de la densité de courant variable est réduite de la fraction 1/e, p s'exprimant en kilomètres, ce principe peut s'exprimer simplement au moyen de la relation suivante [15]:

$$\rho = 0,2 T \left( \frac{E_x}{H_x} \right)^2$$

$$\rho = \frac{1}{2\pi} \sqrt{10\rho T}$$

La méthode magnétotellurique très rapide et facile à déployer même dans des zones très restreintes permet la définition aisée des zones contenant de l'eau souterraine et même la profondeur à forer. Les données acquises sont présentées sous-forme des courbes et des cartes [4].

Cette technique met en évidence nettement les zones souterraines les plus susceptibles à contenir de l'eau, caractérisées par des faibles potentiels électriques, les zones occupées par la roche non aquifère, caractérisées par des potentiels électriques moyennes selon la composition chimique de la roche et les zones de cavité ou des roches très dures caractérisées par des potentiels électriques très fortes [5].

Le traitement des données MT a été fait directement par l'appareil d'acquisition des données qui est muni d'un module de conversion des champs magnétique et électrique en différence de potentiel. Ces valeurs du potentiel électrique sont par la suite transformées en échelle logarithmique [6].

Chaque profil est représenté par des courbes de fréquences, une carte générée par défaut dans l'appareil en fonction de différents enregistrements et un fichier Excel en format csv qui contient les données en chaque station d'enregistrement. L'interprétation des données MT se fait soit à partir de la carte des profils ou soit à partir des courbes de fréquences générées par l'équipement. Dans un premier temps, il faut observer les courbes fournies par l'appareil. Pour les courbes tri-fréquences, nous avons une reconnaissance à trois niveaux, 170 Hz niveau superficiel, 67 Hz niveau moyen, 25 Hz pour le niveau inférieur (profond) mais l'on peut par déterminer la profondeur [7].

## 6 LEVE MAGNETOTELLURIQUE

Le levé magnétotellurique consiste à choisir une période (ou fréquence) donnée et à dessiner les cartes des résistivités apparente correspondant à cette période. Les cartes ainsi établies permettent de délimiter les zones conductrices et résistantes, plus ou moins superficielle selon la période choisie. La méthode Magnétotellurique est très rapide et facile à déployer même dans les zones très résistantes et permet la définition aisée des zones contenant de l'eau souterraine et même la profondeur à forer. Les données acquises sont présentées sous forme des courbes et de carte [8].

Cette technique met en évidence nettement les zones souterraines les plus susceptible à contenir de l'eau, caractérisé par les faibles potentiels électriques, les zones occupées par la roche non aquifère, caractérisé par des potentiels électriques moyenne selon la composition chimique de la roche et de zone de cavité ou de roche très dure caractérisé par des potentiels électriques très forte [11].

Dans le cadre de notre étude nous avons réalisé sept profils magnétotelluriques parallèles qui ont été exécutés au point cible par la technique tri-fréquence et le profil du milieu a été repris avec un levé multifréquence pour se rassurer des résultats obtenus par tri-fréquence et définir avec plus de certitude le point probable pour de forages. Le profil magnétotellurique orienté selon la rose de vent, avec une longueur variant pour chaque site en étude [9].

## 7 SONDAGES ELECTRIQUES

### SE1: IMPLANTATION

#### Coordonnées GPS

- X = 05°23'06.43"
- Y = 025°44'23.42"
- Z = 690 m

Orientation: Nord-Sud

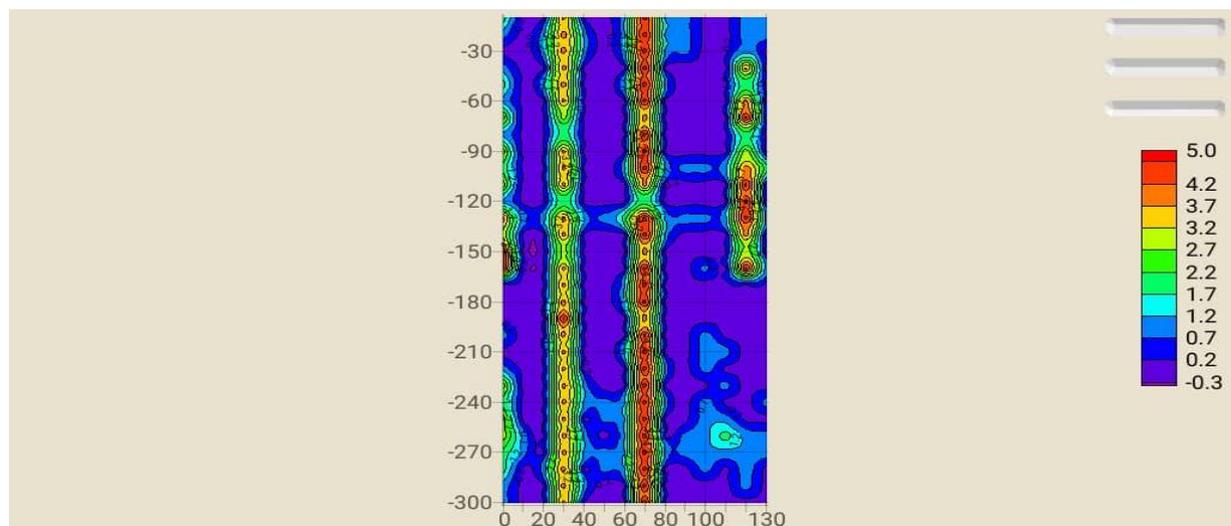


Fig. 2. Carte multifréquence en pseudo-section. Cette carte de pseudo-section montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères

- La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.
- La Couleur orange représente moins que la formation de grés
- La Couleur jaune représente une formation des grés tendre
- La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe
- La couleur bleue représente la formation argileuse
- La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le Profil I de la fréquence obtenu sur le site de LUBAO, montre trois points de chute de potentiel électrique dont le troisième point 100, est très marqué.

Sur le graphique principal, on observe trois points de chute de valeur de potentiel électrique. Les points de chutes correspondent aux zones de faible résistivité, forte conductivité électrique. Comme la lecture se fait au milieu du dispositif de 30 m, ces points 10, 50 et 100 correspondent dans notre profil.

La lecture de la carte, pseudo-section verticale de profondeur versus distance, de multifréquence permet de retenir deux points potentiels où pourrait être réalisé un forage de captage d'eau. Il s'agit des points 10 et 100 situés sur l'institut de LUBAO.

Ces points correspondent aux zones de fractures très remarquables sur la carte. Cette carte montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères comme aux points 10 et 100. Un forage localisé au point 10 d'une longueur de 150 mètre traverserait une lame d'eau presque à 30 mètre. Un forage localisé au point 100 d'une longueur de 160 mètre ou plus vu que la fracture paraît plus important. Au point 50, la fissuration étant très prononcée, il y a risque d'éboulement ou de perte d'équipement de forage.

## SE2: IMPLANTATION

### Coordonnées GPS

- X = 05°23'06.77"
- Y = 025°44'22.69"
- Z = 682 m

Orientation: Nord-Sud

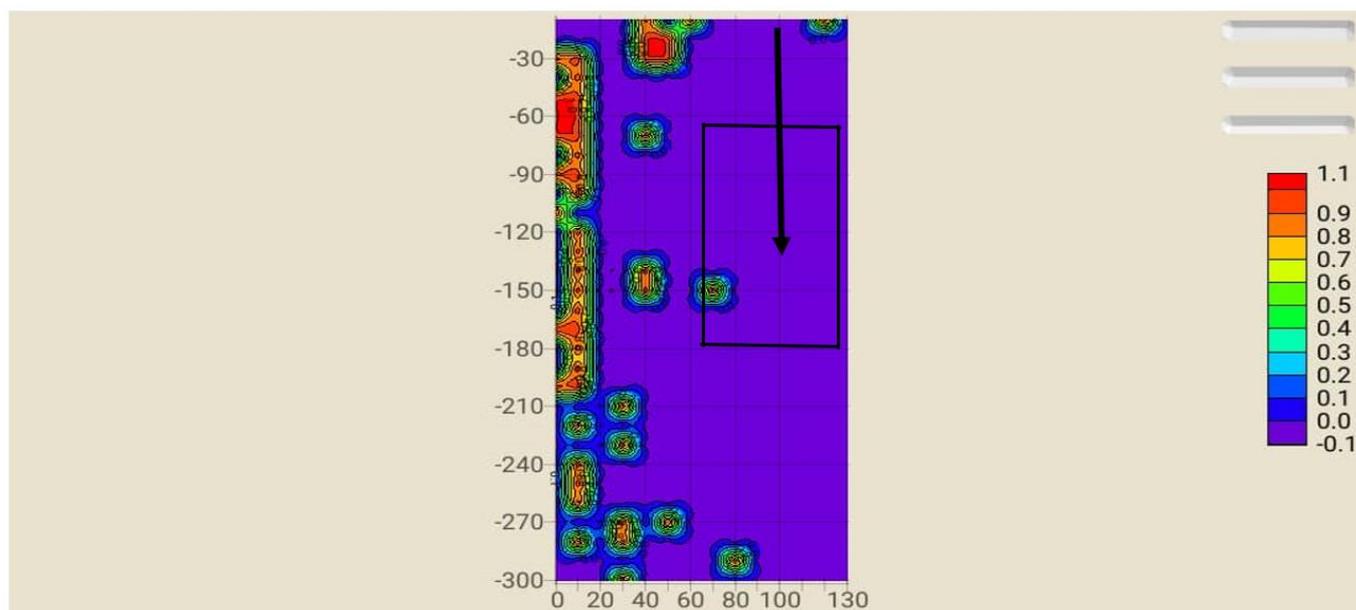


Fig. 3. Carte multifréquence en pseudo-section Cette carte de pseudo section montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères

- La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.
- La Couleur orange représente moins que la formation de grés
- La Couleur jaune représente une formation des grés tendre
- La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe
- La couleur bleue représente la formation argileuse
- La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le Profil II de la fréquence obtenu sur le site de LUBAO toujours dans la cour de l'institut de LUBAO, perpendiculaire au point 100 du précédent profil dans le cadre de vérification de la conductivité de la nappe. Ce profil confirme ce potentiel électrique vérifié au point 100.

Sur le graphique, on observe les chutes de valeurs de potentiels électriques. Les points de chutes correspondent aux zones de faible résistivité, forte conductivité électrique. Comme la lecture se fait au milieu du dispositif de 30 mètre, ces points 70 jusque au point 130 correspondent dans notre profil.

La lecture de la carte, pseudo-section verticale de profondeur perçus la distance, de multifréquence qui permet de retenir les points potentiels où pourrait être réalisé les forages. Il s'agit des points entre 70 et 130 situés sur l'institut de LUBAO.

Un forage localisé au point 70 d'une longueur de 120 mètre traverserait une lame d'eau environ 30 mètre. Le forage localisé a d'autres points (80-130) d'une longueur de 160 mètre ou plus vu que la fracture paraît plus importante.

### SE3: IMPLANTATION

#### Coordonnées GPS

- X = 05°23'14.12"
- Y = 025°44'24.99"
- Z = 692 m

Orientation: Nord-Ouest

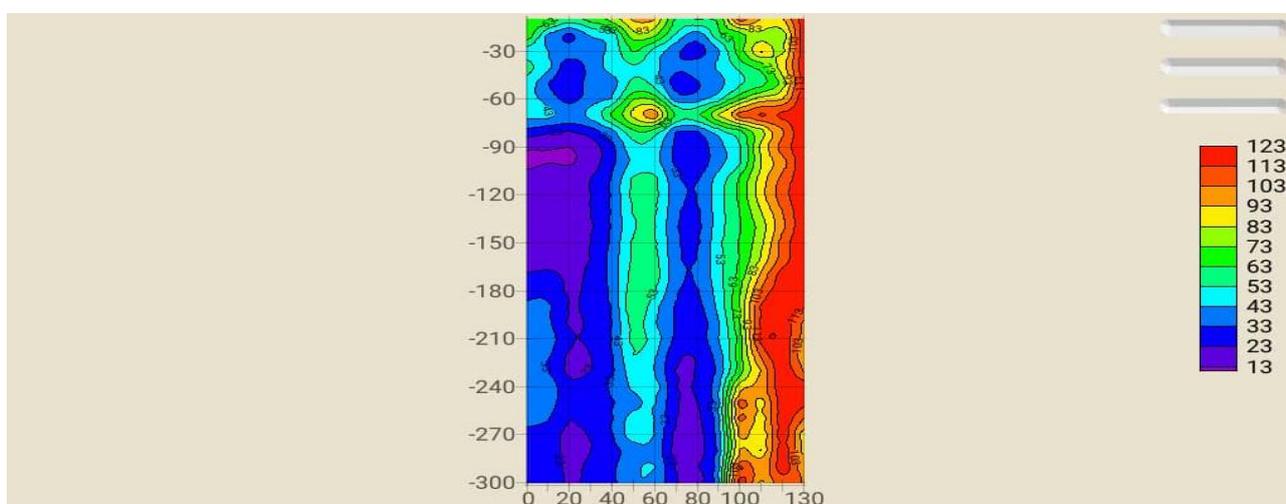


Fig. 4. Carte multifréquence en pseudo-section Cette carte de pseudo section montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères

- La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.
- La Couleur orange représente moins que la formation de grés
- La Couleur jaune représente une formation des grés tendre
- La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe
- La couleur bleue représente la formation argileuse
- La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le Profil III de la fréquence obtenu sur le site de LUBAO, dans la concession de l'ATA. Ce profil montre deux points de chute de potentiel électrique dont le premier au point 20, est très remarqué.

Sur le graphique principal, on observe deux points de chute de valeur de potentiel électrique. Les points de chutes correspondent aux zones de faible résistivité, forte conductivité électrique. Comme la lecture se fait au milieu du dispositif de 30 mètres, ces points 20 et 70 correspondent dans notre profil.

La lecture de la carte, pseudo-section verticale de profondeur perçus à la distance, de multifréquence permet de retenir deux points potentiels où pourrait être réalisé un forage de captage d'eau. Il s'agit des points 20 et 70 situés dans la concession de l'ATA. Un forage localisé au point 20 d'une longueur de 150 mètres traverserait une lame d'eau presque à 25 mètre.

## 8 LEVE MAGNETO-TELLURIQUE AU VILLAGE DE BASHILANGE

Le profil IV multi-fréquence du premier profil est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 13 et 18. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil IV magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 2 et 3). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil IV, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 13 et/ou celui de mesure 18, points situés à 17 et 22 m du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9408049.791 N et 296000.963 E

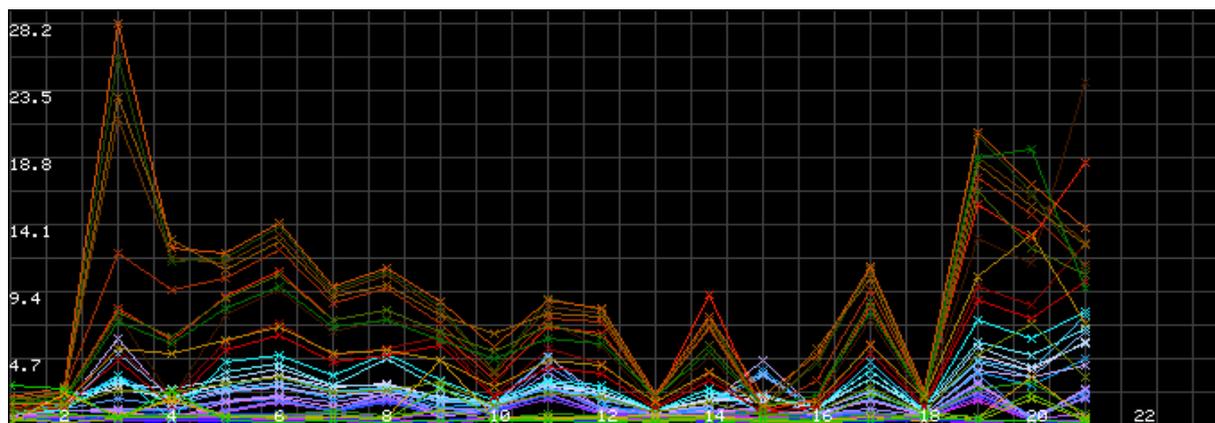


Figure 5A : Profil IV de fréquence obtenu sur le site de Bashilange

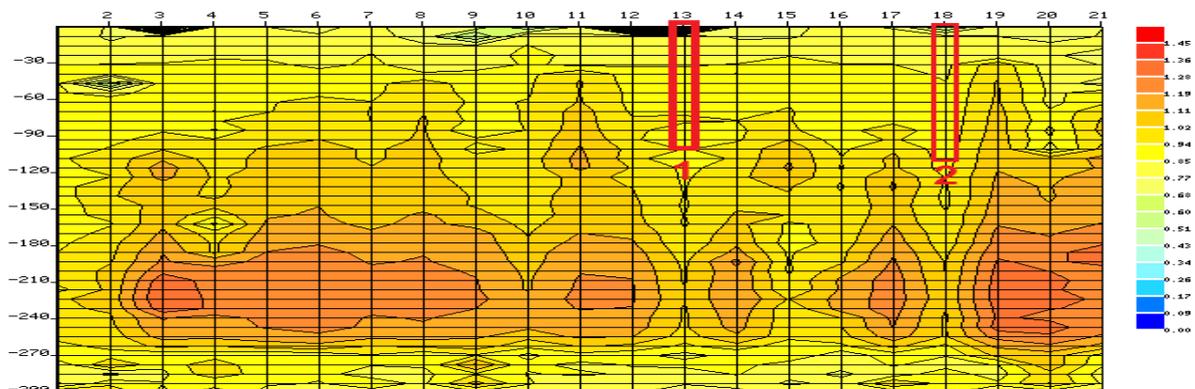


Figure 5B : Profil IV de fréquence obtenu sur le site de Bashilange

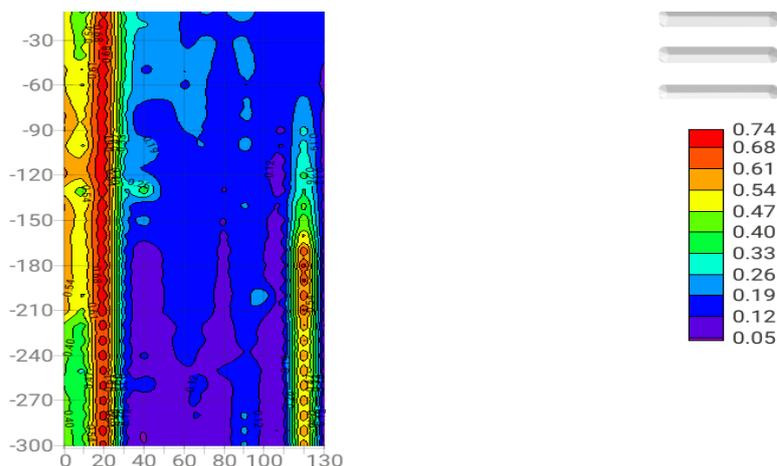


Figure 5C : Profil IV de la fréquence obtenu sur le site de Bashilanga

- La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.
- La Couleur orange représente moins que la formation de grés
- La Couleur jaune représente une formation des grés tendre
- La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe
- La couleur bleue représente la formation argileuse
- La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le profil V multi fréquence est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 6,7 et 13. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 4 et 5). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil 02, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 13 et/ou celui compris entre les points de mesure 6 et 7, points situés à 22 et 11 m du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9408090.517 N et 296067.706 E

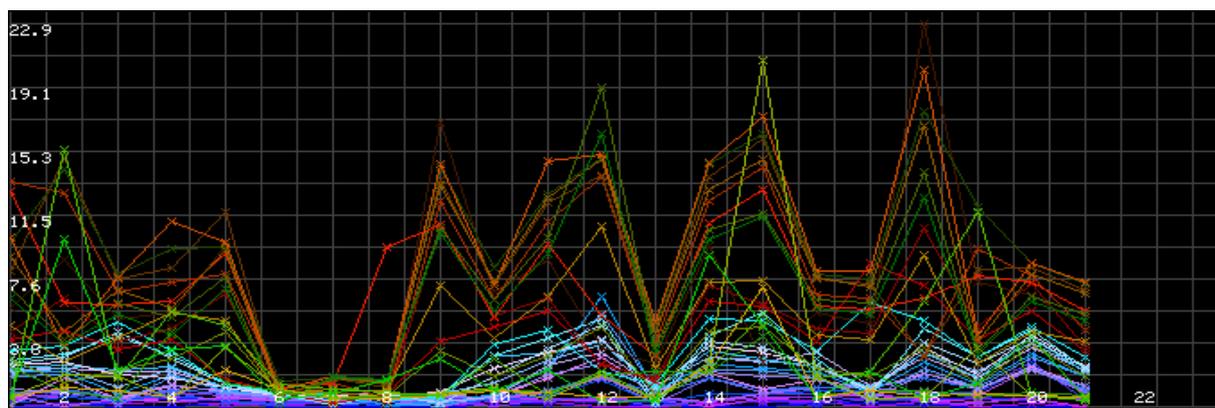


Figure 6A: Profil V de fréquence obtenu sur le site de Baluba

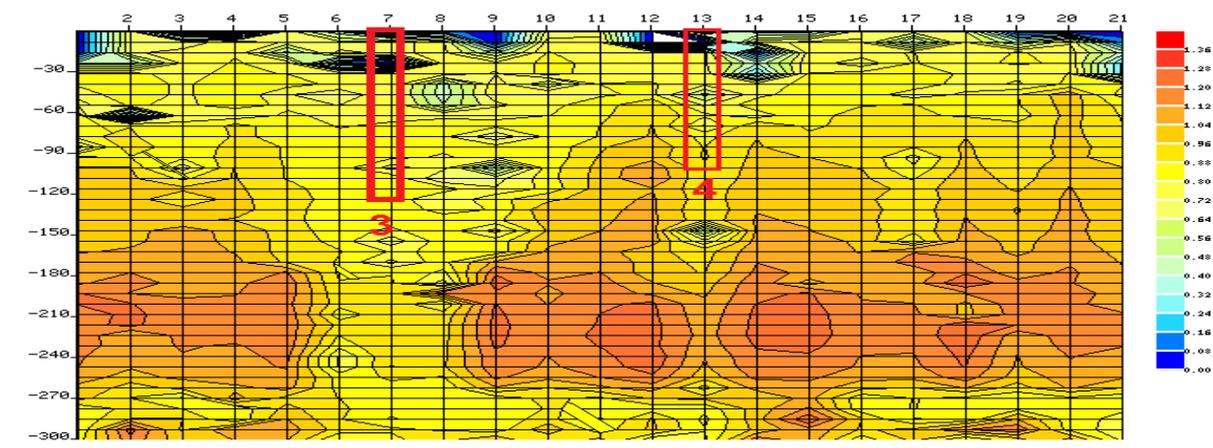


Figure 6B: Profil V de fréquence obtenu sur le site de Baluba



Figure 6C: Image Google Earth montrant le village de Baluba Munombe, la trace de ce profil Magnéto-telluriques exécuté.

## 9 LEVE MAGNETO-TELLURIQUE AU VILLAGE DE BALUBA MUNOMBE

Le profil VI multi-fréquence est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 10 et 15. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 6 et 7). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil 01, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 10 et/ou celui du point de mesure 15, points situés à 14 et 19 mètres du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9409527.829 N et 301094.964 E

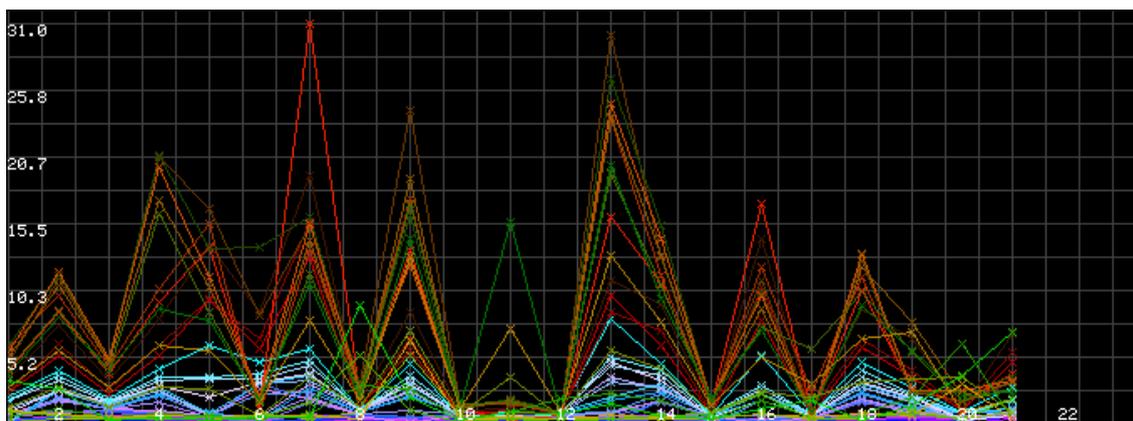


Figure 7A: Profil VI Levé magneto-tellurique au village de TSHOFA

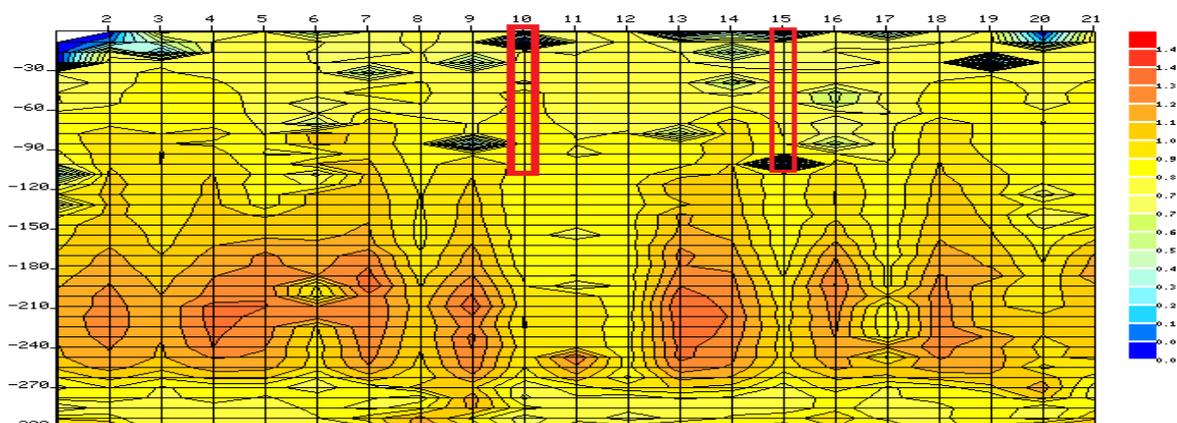


Figure 7B: Profil VII Levé magneto-tellurique au village de TSHOFA

Le profil VII multi-fréquence est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 6 et 17. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil VII magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 8 et 9). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil 06, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 6 et/ou celui du point de mesure 17, points situés à 10 et 22 mètres du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9420389.373 N et 305675.922 E

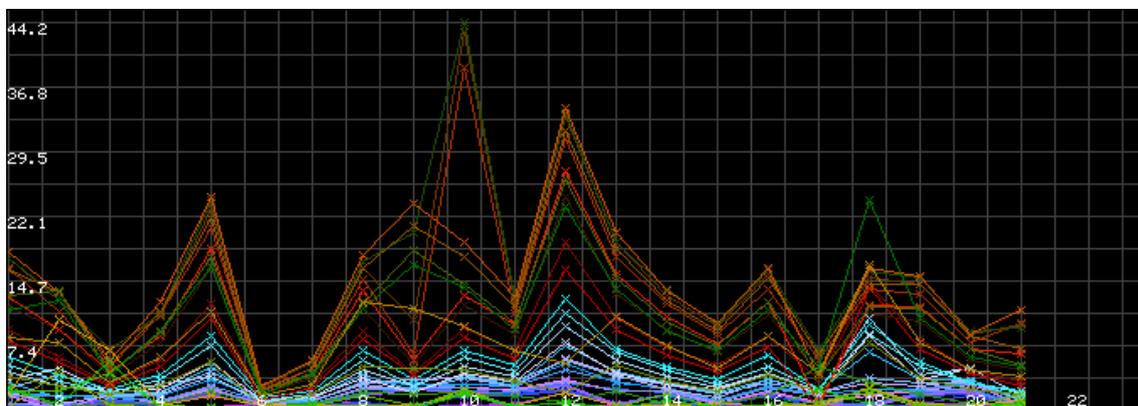


Figure 8A: Profil VII Levé magneto-tellurique au village de TSHOFA

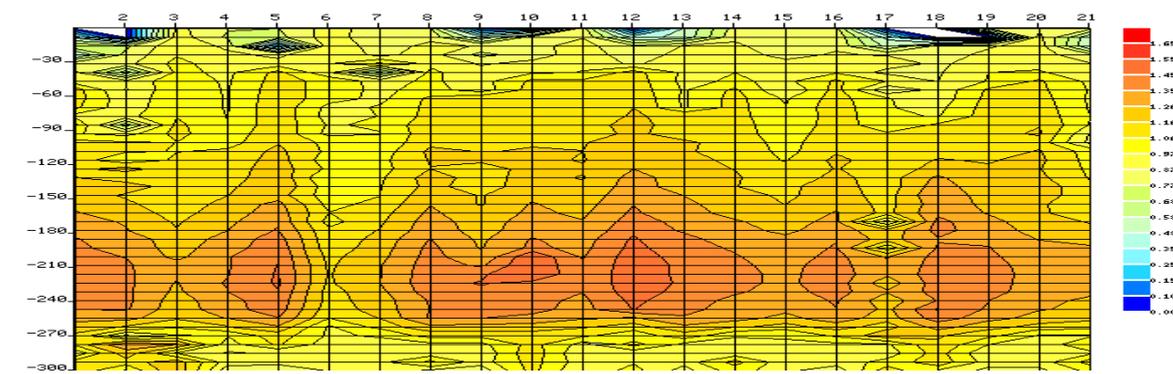


Figure 8B: Profil VII magnéto-tellurique au village de TSHOF

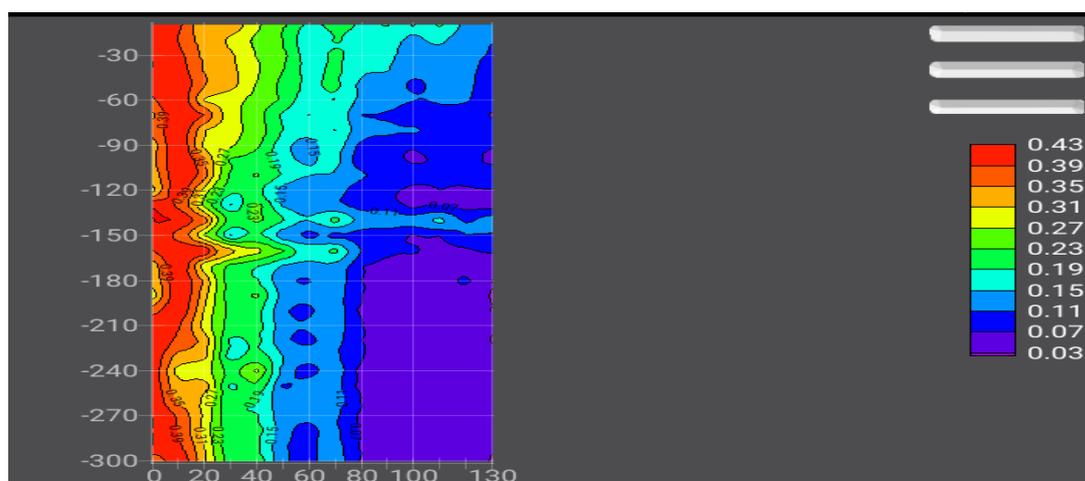


Figure 8C: Profil VII magnéto-tellurique au village de TSHOF

- La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.
- La Couleur orange représente moins que la formation de grès
- La Couleur jaune représente une formation des grès tendre
- La Couleur verte représente la formation des grès polymorphe
- La couleur bleue représente la formation argileuse
- La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

## 10 CONCLUSION

La zone concernée par notre étude est caractérisée dans la partie centrale, des terrains sédimentaires du crétacique d'âge mésozoïque (Formation de la Loïa signalées ci-haut), composés essentiellement de grès tendres avec des intercalations d'argilites, les séparant en différents niveaux aquifères. Il s'agit de terrains tabulaires subhorizontaux, latéralement homogènes, contenant des aquifères captifs, jaillissants dans les vallées. L'eau est de bonne qualité, alcaline (pH = 8), faiblement minéralisée et à dureté faible...

Les grès de la Loïa étant généralement formés des grains fins, leurs valeurs de perméabilité sont relativement faibles. La profondeur du socle cristallin sous-jacent est relativement bien connue. Ce socle contient des aquifères discontinus, libres ou semi-captifs. Les ressources en eaux souterraines exploitables pour alimenter la population de LUBAO, seront captées dans l'aquifère cantonner dans la zone perméable (les grès)

Les formations superficielles quaternaires sablo-argileuses contiennent des nappes phréatiques, vulnérables à la pollution et de faible débit. Dans les vallées, les alluvions contiennent des anciennes terrasses graveleuses, en contact avec les eaux de rivière à travers des berges. Ces aquifères sont souvent exploitables. Il est quand même à noter que la grande majorité des sites se trouve sur des crêtes et sur des plateaux, loin des cours d'eau, et que les bas-fonds sont difficilement accessibles.

Les nappes de Lubao sont essentiellement sous-jacentes aux calcaires et grès, qui font aquifère prolifique absent. Cependant, la principale ressource en eau réside dans le calcaire et grès à dont le premier venu d'eau est à 30m. Les résultats verticaux de sondages électriques ont donné dominantes 4 couches géo-électriques. Les roches sous-jacentes correspondent à un sol supérieur altéré; toutes les zones déclinées ne sont pas prolifiques. Les aquifères d'exploitations existent à différentes profondeurs qui varient entre 150 et 180 m.

Les données collectées et traitées par sites montrent la possibilité de captage des eaux souterraines en quantité suffisante dans les fissures et krast. La prospection géo-électrique par les levés Magnétotelluriques ne donne aucune information quantitative sur le débit d'exploitation important par forage mais indiquent plutôt l'emplacement (le point favorable) pour la réalisation de forage d'eau.

**ANNEXE 1: LISTE DE PROFIL**

Province	Villages	Profil	Coordonnées géographiques		Prof (mètre)	Observation
Lomami	Lubao	1	05°23'06.43"	025°44'23.42"	180	Favorable
		2	05°23'06.77"	025°44'22.69"	150	Favorable
		3	05°23'14.12"	025°44'24.99"	150	Favorable
	Bashilange	4	9408049.791N	296000.963 E	115	Favorable
		5	9408090.517N	296067.706 E	120	Favorable
	Baluba Munombe	6	9409527.829N	301094.964 E	120	Favorable
	TSHOFA	7	9420389.373N	305675.922 E	120	Favorable

**REFERENCES**

[1] Bouwer, F.L. (1978) Hydrologie des eaux souterraines. Mac Graw Hill, New York, 149 p.

[2] LEPERSONNE J.: « Carte géologique du Congo au 1/250 000 et la notice explicative de la feuille de Mbuji mayi » INB 1979, pp. 32

[3] Paranis, DS (1986) Principes de géophysique appliquée. 4e édition, Chapman et Hall, New York, Londres.

[4] Telford, W.M., Geldart, L.P. et Sheriff R.E. (1991) Géophysique appliquée. Cambridge University Press, États-Unis, 860 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139167932>.

[5] Loke, M.H. (2011) Enquêtes de résistivité électrique et interprétation des données. Dans: Gupta, H., Ed., Encyclopedia of Solid Earth Geophysics, édition 2011, Springer, Dordrecht, 276-283. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7\\_46](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7_46).

[6] Massoud, U., Santos, F., Khalil, M., Taha, A. et Abbas, A.M. (2010) Estimation des paramètres hydrauliques de l'aquifère à partir de mesures géophysiques de surface: une étude de cas de l'aquifère du Crétacé supérieur au Sinaï central, Égypte. Journal d'hydrogéologie, 18, 699-710. <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0551-y>.

[7] Okonkwo, A. et Ezeh, CC. (2013) Hydraulique des aquifères et délimitation des zones de qualité des eaux souterraines à l'aide de la méthode de résistivité électrique à Oduma et En-virons dans l'État d'Enugu, dans le sud-est du Nigeria. Revue internationale de recherche en géologie et en exploitation minière, 3, 31-39.

[8] Chukwuma, E., Anozoba, D., Chukwuma, G.O. et Chinwuko, C.E. (2015) Détermination des caractéristiques des aquifères à partir de données de sondage géoélectrique dans certaines parties de l'État d'Anambra, Nigeria. Revue internationale d'innovation et d'études appliquées, 11, 832-843.

[9] Osele, CE, Onwuemesi, AG, Anakwuba, EK. et Chinwuko, A.I. (2016) Application du sondage électrique vertical (VES) pour l'exploration des eaux souterraines à Onitsha et dans ses environs, Nigéria. Journal international des géosciences avancées, 4, 1-7. <https://doi.org/10.14419/ijag.v4i1.5594>.

[10] Okeke, JP, Ezeh, CC. et Okonkwo, A.C (2017) Sondage géoélectrique pour la détermination des perspectives des eaux souterraines à Awgu et ses environs, État d'Enugu, sud-est du Nigeria. Journal IOSR de géologie appliquée et de géophysique, 5, 14-22.

[11] Okonkwo, A. et Ezeh, CC. (2019) Sondage géoélectrique de surface pour la détermination des zones de potentiel des eaux souterraines dans l'État d'Anambra, Nigeria. Conférence internationale NMGS « Coal City 2019», État d'Enugu, 17-22 mars 2019, 17-22. [20] Loke, M.H. et Barker, R.D. (1996) Inversion rapide des moindres carrés des pseudo-sections de résistivité apparente par une méthode quasi-Newton. Prospection géophysique, 44, 131-152. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1996.tb00142.x>.

[12] DELHAL et al, Notice explicative de la province du Kasai oriental, 1979.

[13] JP mbuyi, Etude géophysique pour l'implantation de forages d'adduction d'eau à Kalenda Gare, 59 – 60 p.

[14] CIEH (Comité Interafricain d'Etude hydraulique), IWACO BV; «Etude des ressources n eau soutrrine dans le Yatenga Série hydrogéologie 1990, pp. 131.

[15] C MAYER, « Application de la géologie aux souterraine, » in Technique et documentation Lavoisier, 2001, p. 183; B DIENG, A. H. KOUASSI, et B A. BAKYONO: « Optimisation de l'implantation géophysique des forage en zone de socle au Nord du Burkina Faso » 2004, éd Groupe des Écoles ELER-ETSHER 03BP 7023 Ouagadougou 03 burkina faso babacar dieng@eicretsher.org.30.