



Apport de la méthode géophysique par Magnéto-Tellurique dans la connaissance du potentiel hydrogéologique de la ville de Mbuji-Mayi

MUNYINGA Lunda Francis^{1*}, KAKULE KASEREKA Roland¹,
TUMWAKA NGUNGU Christopher¹, Pappy Museu K. Mundala¹, NGALAMULUME

TSHITOKA Flarice¹, MUFUTA WA MUFUTA Joseph¹

*1 : chercheurs, Centre de Recherches Géologiques et Minières BP 190 Kinshasa XL,
RD Congo*

Abstract : As part of strengthening our understanding of the hydrogeological potential of the city of Mbuji-Mayi (Kasai Oriental), a geophysical study was conducted at the Douze sites to enable the drilling of water wells aimed at improving the city's drinking water supply.

To better understand the behavior of the Mbuji-Mayi aquifer, we used geological and hydrogeological data, information from ongoing drilling and drilling (stratigraphic logs), and the results of the various surveys conducted.

Keywords: Geophysical method; Magneto-Telluric; Hydrogeological Potential; Aquifer; Mbuji-Mayi; Mbuji-Mayi.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.17449938>

1. Introduction

Mbuji-Mayi est une ville moyenne d'auto-construction postcoloniale, située au Kasai Oriental, en République Démocratique du Congo. Elle est bâtie sur un plateau sablonno-cryptokarstique, dans un climat tropical Humide et peuplée d'environ trois millions vingt-trois milles d'habitants (Mairie,2024). Pourvue de quelques infrastructures de gestion des eaux pluviales, la Ville connaît plusieurs formes de dégradations de son tissu urbain notamment par une forte érosion ravinante et des effondrements de terrain, liés à son sol et sous-sol qui détruit les réseaux de distributions d'eau existants de la Régideso (Roland KAKULE,2024).

. Dans plusieurs quartiers, des ravins gigantesques et impressionnants communiquent avec des trous béants et profonds de dimensions variables. Par conséquent, les infrastructures de distribution d'eau telles que la tuyauterie de la Régideso et les réservoirs d'eau sont soit détruits, soit englouties soit les deux. D'où la rareté d'eau potable et la bidonvilisation de la ville malgré la présence d'une résurgence dont le débit est estimé à 4500 m³ par seconde, capable d'alimenter toute la ville et ses environs.

L'occurrence concomitante de ces deux phénomènes cryptokarst (les ravinements et les effondrements) et le manque de l'énergie électrique, constitue un problème social et environnemental grave qui a entraîné la déstructuration du réseau de distribution d'eau et crée de problèmes sérieux d'approvisionnement en eau potable dans la ville de Mbujimayi.

Considérant l'évolution spatiale très rapide de ces deux phénomènes et leurs impacts sur la dégradation, cette étude analyse la situation et la corrélation entre les facteurs naturels et la distribution d'eau d'une part, et d'autre, les données satellitaires, des cartes topographiques, pédologiques et géologiques ainsi que les observations sur terrain pour aboutir à des données fiables permettant d'identifier et de connaître les zones potentielles de captage d'eau souterraines pour suppléer à la distribution existante.

2. Contexte géographique

2.1. Localisation

Vaste de 145,19 km², Mbuji-Mayi est une ville du centre-sud de la République Démocratique du Congo, chef-lieu de l'actuelle Province du Kasai Oriental. Elle s'étend entre 06° 05' et 06° 10' de latitude S et 23°27' et 23° 40' de longitude E (*Monographie Kasai Oriental, 2024*).

C'est une de grandes villes de la RDC sur le plan démographique (3^{ème}) et un important centre commercial de la région, d'où proviennent le tiers de la production mondiale des diamants industriels (*Monographie du Kasai Oriental, 2024*).

L'espace urbain de Mbuji-Mayi est limité par trois rivières constituant les limites naturelles de la ville tel qu'illustré par la figure 01 :

- Au Nord, bornée par les rivières Bipemba et Muya.
- Au Sud, par la rivière Kanshi, qui la sépare du territoire de Lupatapata.
- À l'Est, elle est bornée par la rivière Mbujimayi qui la sépare des territoires de Katanda et de Tshilengi. Le long de cette rivière jusqu'à la confluence avec la rivière Muya, existe plusieurs résurgences dont la plus grande Lukenlege, utilisée par la Régideso pour le captage d'eau potable.
- À l'Ouest, la ville est limitée par une ligne de crête du plateau de Tshibombo qui se limite de part et d'autre au Sud par la rivière Nzaba et au Nord par la rivière Bipemba.

Pour cette étude, les sondages géo-électriques ont été réalisés sur un total de 13 sites, situés en majorité dans la ville de MbujiMayi, accessibles par voies routières et peuvent être retrouvées facilement à l'aide des coordonnées géographiques inscrits dans le tableau n° ci-dessous.

Tableau n° 01 : Coordonnées géographiques de points de sondages géoélectriques

Nom du site	Longitude EST	Latitude SUD	Altitude (Mètre)
Site OUA	23°38'14.82"	06°06'31.61"	555
Site KAJIBA	23°36'59.10"	06°06'59.10"	603
Site EMMERANCE	23°36'22.7"	06°06'47.20"	598
Site U.O.M	23°36'1.71"	06°06'52.34"	610
Site I.S.T.M	23°35'32.76"	06°06'49.43"	625
Site Fondation MPANDA WETU	23°35'49.55"	06°06'25.79"	620
Site I.S.P	23°36'25.16"	06°08'11.18"	610
Site Av LUBILANJI	23°36'58.04"	06°08'10.58"	588
Site P.M.K.O	23°32'49.53"	06°07'3.93"	721
Site Bena KANSELA	23°31'12.14"	06°06'46.71"	727
Site HGR MPOKOLO	23°31'38.09"	06°05'56.86"	736
Site MONDE ARABE	23°32'36.60"	06°04'47.04"	677
Site MUTOMBO MBUEBUE	23°36'29.64"	06°06'0.20"	592

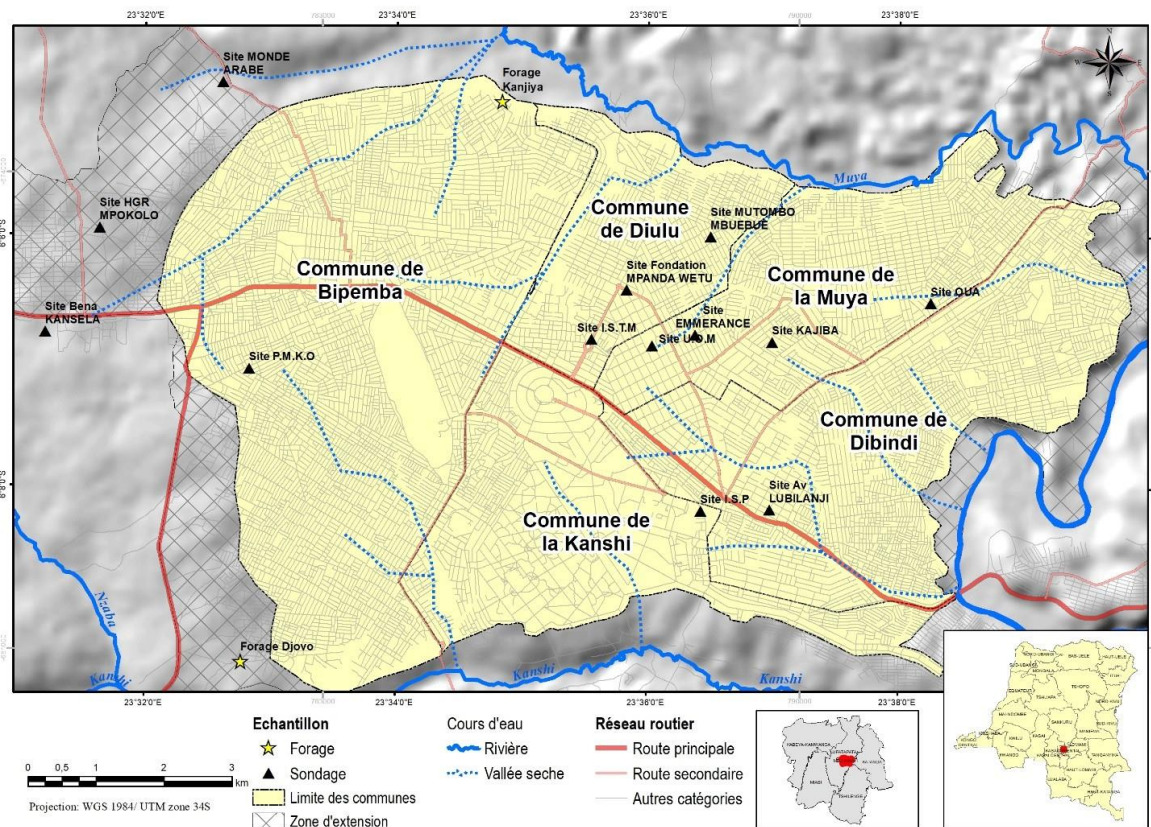


Figure 01 : Carte de localisation

2.2. *Relief et hydrologie*

La ville de Mbujimayi est construite sur le bas plateau du Kasaï dont l'altitude moyenne varie entre 490 et 800 mètres. Ce plateau est légèrement vallonné et présente une double inclinaison traduite par les sens d'écoulement des cours d'eau. La pente principale, d'orientation sud-nord, est commandée par la rivière Mbuji-Mayi. Mais les affluents de cette dernière, en s'écoulant d'ouest vers l'est, empruntent la pente secondaire. Le point culminant de la ville, 743 m, est situé à l'ouest, tandis que le point le plus bas, 490 m, se rencontre à l'est, dans la vallée de la rivière Mbuji-Mayi. On note aussi l'existence des zones des dépressions qui sont des foyers des effondrements à la sollicitation des eaux de ruissellement pluvial.

Suite à la pénélplanation, le relief de la ville est constitué de plusieurs collines d'altitudes voisines. Elles sont séparées par des dépressions plus ou moins larges. Mais leur altitude absolue est variable d'une colline à l'autre. Les principales d'entre elles sont : la colline de Tshibombo (743 m), la colline du Projet Maïs du Kasaï Oriental, en sigle PMKO (740 m), la colline de l'aéroport (665 m), la colline du poste MIBA (650 m), la colline de Tshikisha (640 m), la colline de Bonzola (615 m), la colline de Bena Tshibuabua, la colline du boulevard Kasa-Vubu (575 m), la colline de Nyongolo (580 m), les collines de Tshikama dont celle du grand séminaire (555 m) et celle du petit séminaire et enfin la colline de Tshitenge (560 à 530 m)

Le site de la ville de Mbujimayi peut se décrire comme une succession des lignes de crêtes orientées, d'une part, SW-NE et d'autre part, NW-SE, partant toutes comme les arêtes des poissons d'une arête principale pratiquement orientée W-E. Les talwegs sont généralement situés dans les dépressions (F. Verluise, 1974).

La déclivité moyenne est de 12,1 % du Sud au Nord (de la rivière Kanshi à la Muya, via le Club MIBA) tandis qu'elle est de 5,8 % d'Ouest en Est (de la limite Ouest de la ville et la rivière Mbuji-Mayi). Mais la pente varie d'une colline à l'autre et d'un bassin versant à un autre. Le bassin versant de la rivière Mbuji-Mayi avec 1,8 % détient la pente moyenne la plus forte de la ville. La pente la plus faible 0,8 % se rencontre sur le bassin versant de la Muya alors que celui de la Kanshi a une pente moyenne dont la valeur est de 1,4 %. Signalons que la pente maximale la plus élevée, 8,4 %, est détenue par le bassin versant de la

Mbuji-Mayi alors que celui de la Kanshi enregistre la pente maximale la plus faible, 3,6 %.

L'analyse de ces deux figures laisse apparaître la présence d'une part, des thalwegs dont certains sont secs, au centre de la ville, et d'autres occupés par les cours d'eau constitutifs de limites naturelles de la ville, et d'autre part, des lignes de crêtes déjà décrites ci-dessus.

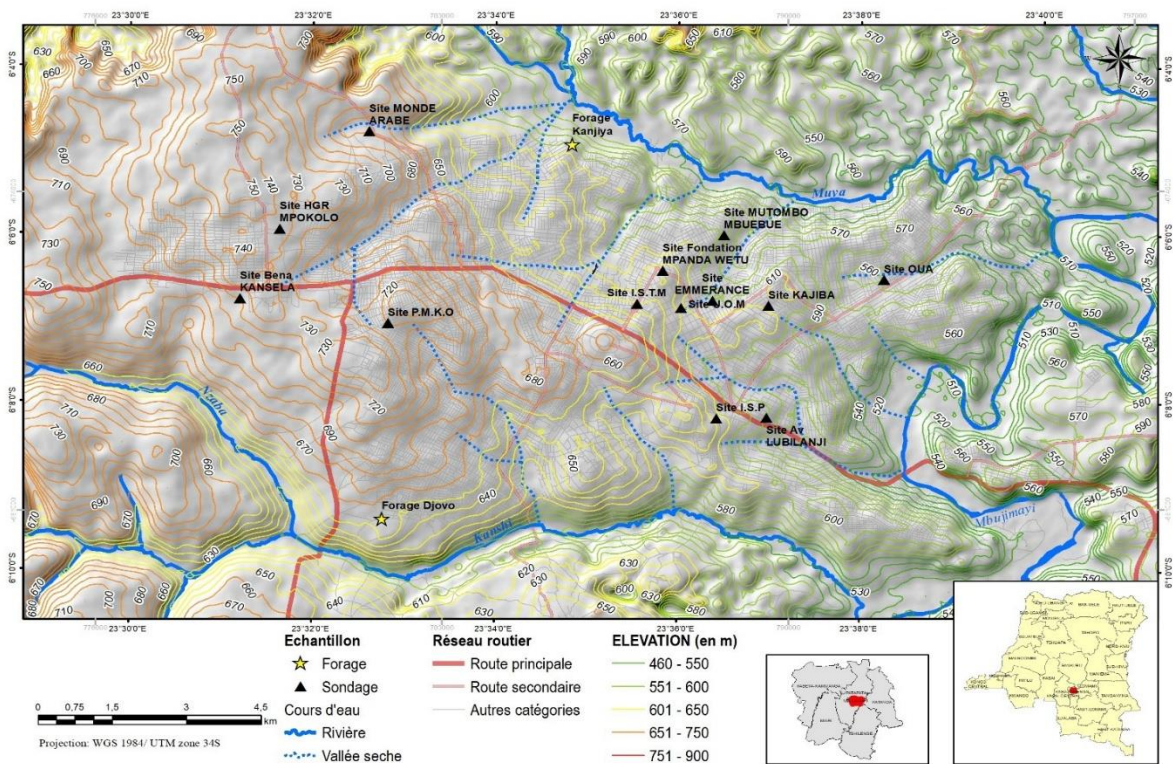


Figure 02 : Hydrographie et thalwegs dans la ville de Mbuji-Mayi

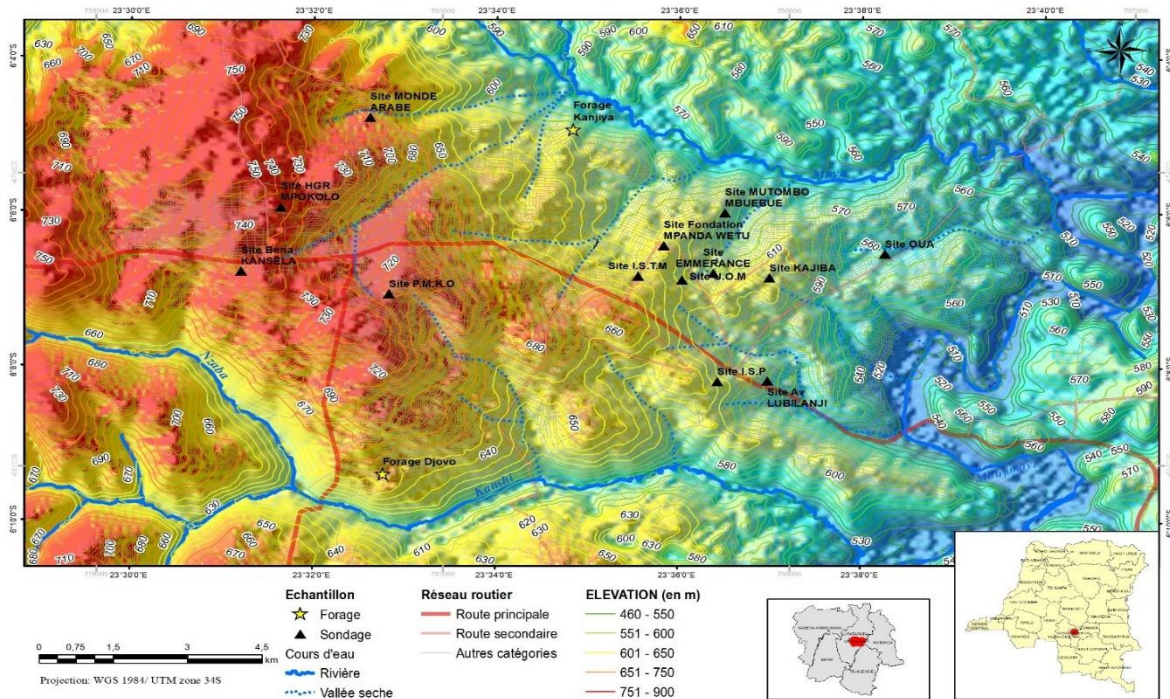


Figure 03 : Relief et les points de prélèvements à Mbuji-Mayi

3. Contexte géologique et hydrogéologique

3.1. Géologie régionale

Les formations géologiques rencontrées dans la zone sous-étude sont sédimentaires et magmatiques. Ces formations se présentent de haut en bas de :

- Des alluvions de fonds de vallées et de basses terrasses Ho ;
- Les sables fins argileux So ;
- Des formations du Mésozoïque, couches raccordées à la série de LA LOIA, composés de Marnes et argilites schisteuses de teintes diverses, alternant avec des macignos, de grès et des psammites (M3), Grès souvent calcaires, feldspathiques ou argileux, rouges ou mauves (LO2/3) ;
- Les laves doléritiques amygdaloïdes associées à la formation BIle (Massif de Tshala) ;
- Les formations BIle qui sont les calcaires variés, gris et roses, à stromatolithes (Précambrien Mbuji-Mayi) ;
- Les formations BIId qui sont les dolomies grises à cherts, avec intercalations construites ou béchiques ;
- Les formations BIIf qui sont les dolomies grises généralement construites à stromatolithes avec intercalations de schistes noirs.

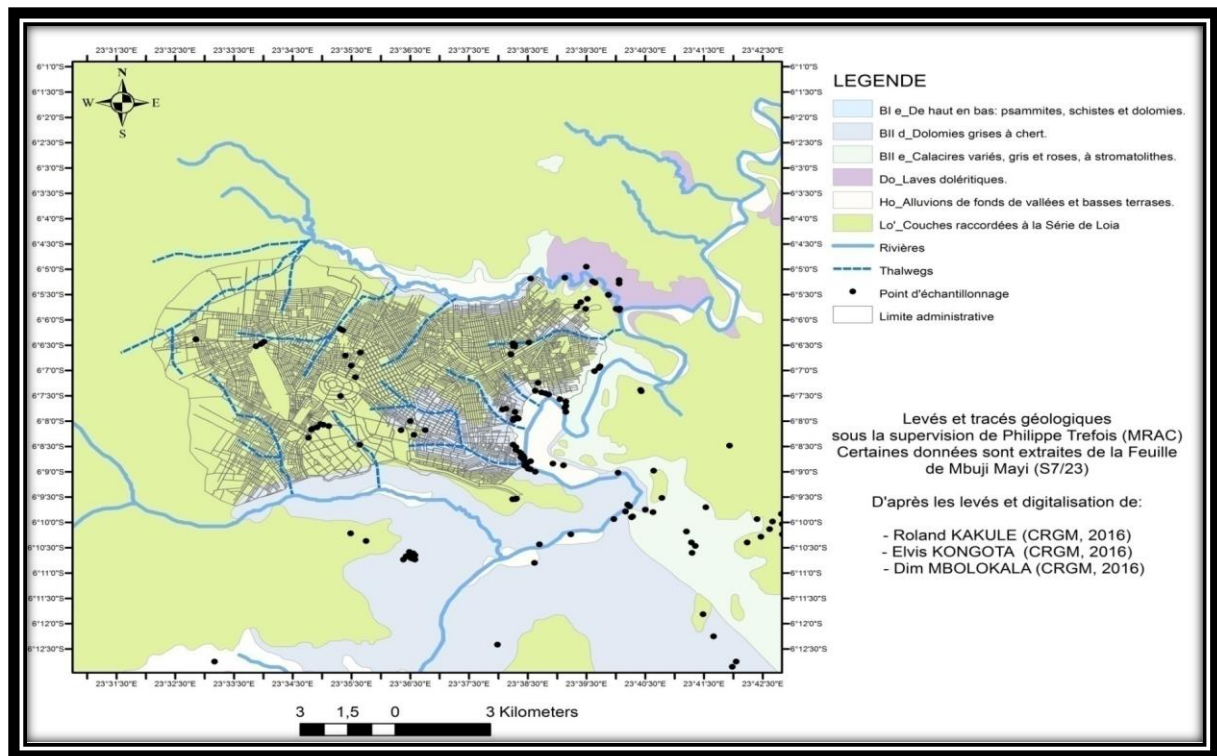


Figure n°04 : Carte géologique de la ville de Mbuji mayi

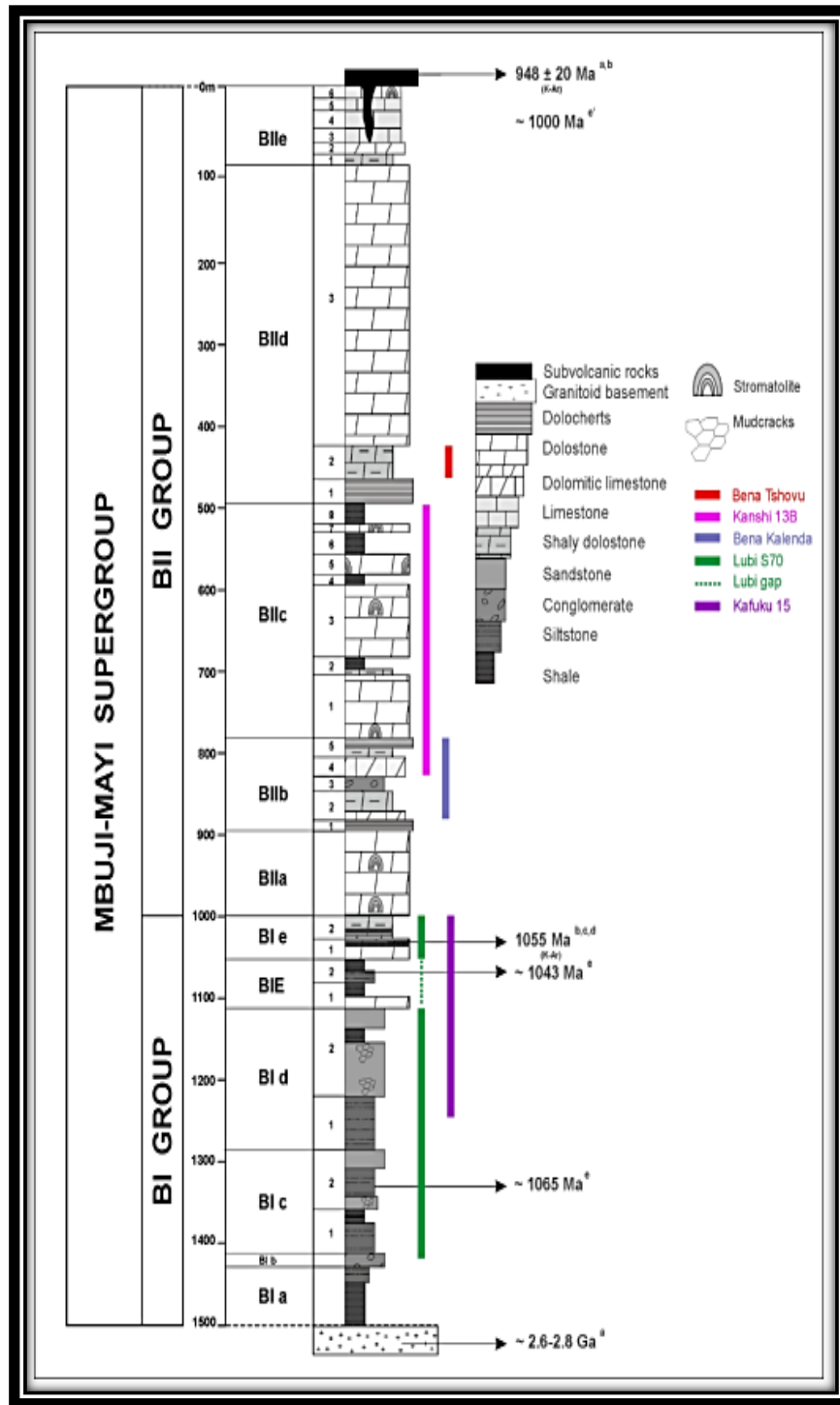


Figure 05 : Log stratigraphique général du Supergroupe de Mbuji-Mayi. Les âges d'après
s (a) Cahen et al. 1984, (b) Cahen, 1974, (c) Cahen, 1954, (d) Holmes et Cahen, 1955, (e) François et al., 2017
(e') François et al., inprep. Modifié d'après François et al. 2017.

3.2. Hydrogéologie régionale

Les nappes exploitées à Mbuji-Mayi se trouvent dans les roches carbonatées du Groupe supérieur BII du Supergroupe de Mbuji-Mayi, une formation sédimentaire non métamorphisée s'étendant selon un axe NW-SE le long des rivières Sankuru, Mbuji-Mayi, Lomami et Lovoy. Ces aquifères présentent une porosité mixte (intergranulaire et de fracture) et une perméabilité variable, avec des débits dépendant principalement du degré de fracturation et de karstification des calcaires et dolomies. Bien que ces réservoirs profonds constituent une ressource en eau essentielle pour la région, leur exploitation se heurte à plusieurs défis : hétérogénéité des formations, risques de surexploitation et vulnérabilité aux pollutions minières et urbaines.

Les quelques forages productifs ont été réalisés principalement dans les thalwegs et les zones dépressionnaires, qui correspondent aux réservoirs naturels et aux axes de drainage des eaux souterraines. Les données de deux forages réalisés dans le thalweg, dans la ville, révèlent la présence d'aquifères dans les formations gréseuses et calcaires, avec des réservoirs soit poreux soit fissurés (Tableau 3, figure 05 la coupe technique). Le log stratigraphique indique du forage Kanjiya, indique que la nappe se rencontre généralement à des profondeurs variantes entre 70 m et plus de 200 m sous la surface.

Tableau n° 02 : Coordonnées géographiques des forages Djovo et Kanjiya

Nom du site	Longitude EST	Latitude SUD	Altitude (Mètre)
Forage Djovo	23°32'46.00"	06°09'23.90"	660
Forage Kanjiya	23°34'50.00"	06°04'56.00"	600

Tableau 03 : Profondeur et lithologie de quelques forages réalisés dans la ville

Forage	Profondeur	Lithologie
Djovo	77.5 mètres	0 - 3 m: Sable argileux rougeatre
		3 - 31 m: Sable argileux jaunatre
		31 - 34m : Gravier à grès polymorphes
		34 - 38 m: Argile
		38 - 40 m: Sable argileux rougeatre
		40 - 76 m: Grès dur
		76 - 77.5 m: Calcaire dur
Kanjiya	117.6 mètres	0 - 40 m: Sable argileux
		40 - 70.0 m: Grès tendre
		70.0 - 117.60 m : Alternance entre calcaire dur et fissuré

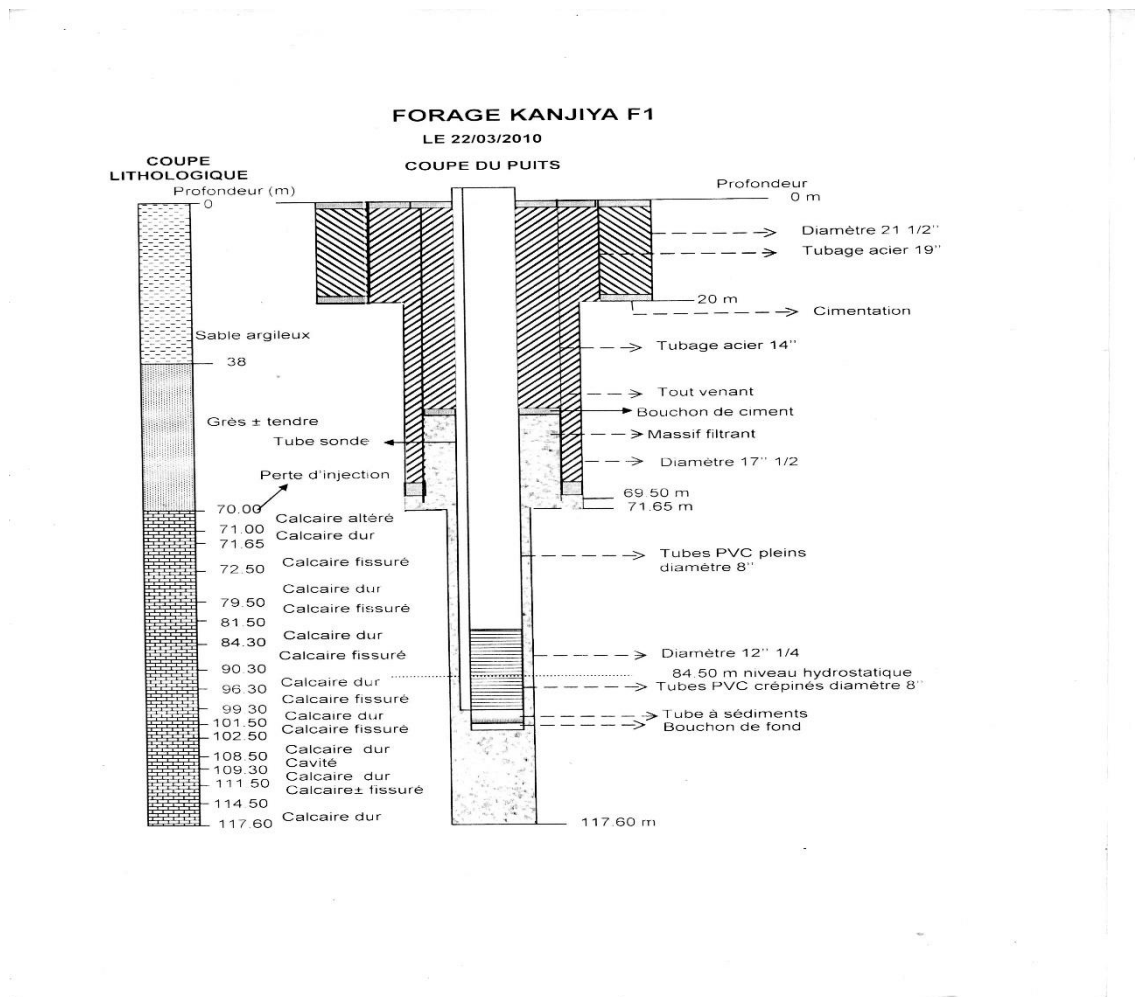


Figure 05 : Coupe technique du forage Kanjiya

4. Matériels et Méthodes

4.1. Matériels

4.1.1. Water detector modèle PQWT – TC 300

Les mesures ont été réalisés à l'aide de l'appareil de prospection "Water detector" modèle PQWT-TC300



➤ *Figure 06 : L'appareil de mesure utilisé*

L'appareil géophysique utilisé dans le cadre de cette étude a une fonction de cartographie en temps réel, pour localiser une anomalie résistante (Résistance élevée) ou conductrice (faible résistance) d'où possibilité de détection de l'eau et du corps minéralisé ainsi que l'affichage sur l'écran led du modèle géologique.

4.1.2. GPS Map 78

Le GPS a permis de géolocaliser les différents forages existants, les zones de dépressions et générer les données cartographiques.

4.2. Méthodes

4.2.1. Equipement PQWT-TC300

4.2.1.1. Principe de la méthode de l'équipement PQWT-TC300

La prospection magnétotellurique consiste à mesurer à la surface du sol, en un même lieu et à plusieurs fréquences les composantes horizontales des champs électrique et magnétique. Ces mesures permettent de déterminer la résistivité apparente du sous-sol étudié et à la comparer à des valeurs calculées à partir des modèles 2D d'un terrain stratifié et isotrope. La structure réelle du sous-sol est établie lorsqu'il y a similitude entre les courbes expérimentales et celles correspondants au modèle tabulaire. Il y a à la surface de la terre un champ naturel variable et stable. Le champ électrique variable est généré par une variété de

courants extérieurs à la terre qui sont distribués dans des vastes régions de la surface de la terre. Son gradient est généralement faible.

Le champ électrique naturel stable est principalement produit par un corps minéralisé, l'eau souterraine et diverses structures géologiques. Il est réparti dans des petites zones, avec généralement un gradient important.

Le champ électrique terrestre a pour origine l'électricité naturelle. Il est le champ électrique induit causé par l'électricité dans le manteau et l'intérieur de la terre.

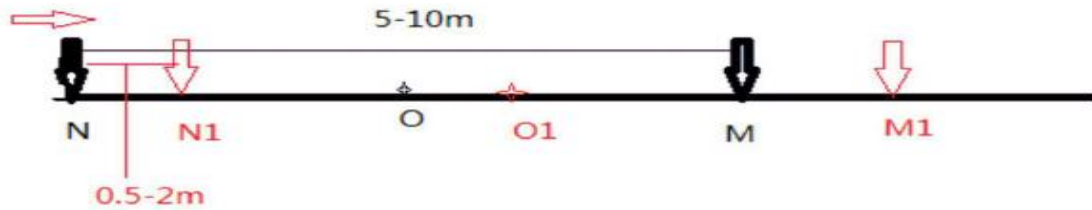
L'exploration géophysique détecte la stratigraphie des roches, la structure géologique et d'autres conditions du sous-sol à travers l'étude et l'observation des changements dans divers champs géophysiques.

La profondeur de pénétration des ondes électromagnétiques est fonction de la fréquence et de la résistivité. Si la fréquence est constante, plus la résistivité est élevée, plus la profondeur de pénétration est grande. A résistivité constante, plus la fréquence est faible, plus la profondeur de pénétration est grande. Par conséquent, la modification de la fréquence implique le changement de la profondeur. Puisque la composante du champ magnétique est pratiquement stable dans un petit domaine de l'ensemble du domaine considéré, il peut être considéré comme constante. Donc la relation entre la composante du champ électrique et la résistivité peut être utilisée pour juger sur la résistance élevée ou faible d'un corps géologique.

4.2.1.2. *Description du dispositif*

Afin de localiser avec précision, et confirmer l'emplacement du point de l'anomalie, nous avons utilisé une corde à mesurer (ou un décamètre), tiré en ligne droite et matérialiser avec de la peinture l'origine de la ligne de mesure, afin de retrouver plus tard la mesure de la position en fonction des résultats du profil de l'essai.

Les données collectées à chaque fois sont les données du point milieu entre les positions des deux électrodes. Le point O est le premier ensemble de données, comme indiqué à la figure ci-dessous. L'espacement entre les électrodes est généralement de 5 à 10 m (Choisissez 6/8/10 m selon votre situation réelle), l'espacement entre points (stations de mesure) est généralement d'environ 0,5 à 2 m. L'espacement des électrodes et l'espacement des points de mesures doivent rester la même distance pour une ligne de mesure.



➤ *Figure 07 : Schéma du dispositif de mesure*

4.2.1.3. Principe de l'interprétation

L'appareillage produit automatiquement et en temps réel une coupe en couleur comprenant :

- Des courbes équipotentielles
- Une charte des couleurs
- Une échelle des valeurs.

L'interprétation se fait en deux étapes en tenant compte de ces trois éléments ci-dessus.

La **Couleur rouge** indique pour une roche les propriétés physiques suivantes :

- Très dure
- Densité élevée
- Résistivité électrique élevée
- Potentiel élevé.

La **Couleur jaune** indique une roche ayant les propriétés physiques suivantes :

- Dureté moyenne
- Densité moyenne
- Résistivité électrique moyenne
- Potentiel électrique de valeur moyenne.

La **Couleur bleue** indique une roche ayant les propriétés physiques suivantes :

- Tendre ou meuble
- Faible densité
- Faible résistivité électrique
- Faible potentiel électrique

Étape1 : Observation de la courbe pour détecter des anomalies en « V » (des valeurs de différence de potentiel les plus faibles).

Étape 2 : Observation du profil, (l'axe horizontale du profil représente les stations de mesure tandis que la ligne verticale du profil est l'axe des profondeurs)

La couleur bleue représente des valeurs de faibles potentiels, et une probabilité élevée de l'humidité ou de l'aquifère, ou aussi un matériau souterrain de résistivité électrique faible.

La couleur jaune représente des valeurs moyennes de potentiel, et une probabilité élevée de présence de roche, ou encore un matériau souterrain de valeur moyenne de résistivité électrique.

La couleur rouge représente des valeurs élevées du potentiel électrique, et une forte probabilité de présence de roche très dure ou d'une cavité sèche ou encore d'un matériau souterrain de résistivité électrique très élevée.

L'identification d'une fissure/fracture au sein d'une masse rocheuse indique une forte probabilité de trouver de l'eau en profondeur.

4.2.2. GPS Map 78

Nous avons utilisé le GPSmap78 avec une précision en x et y de ± 3 m. Il nous a permis de faire la géolocalisation de zones probables dans la ville de Mbujimayi. Les points GPS ponctuels ont été prélevés là où les obstacles naturels nous empêchaient d'accéder systématiquement à la limite naturelle des ravins, sans aller au-delà de cent mètres. Pour les zones dégagées, nous procédions au *tracking* le long de la limite. Toutes ces données ont été intégrées et traitées dans un environnement SIG (Système d'Information Géographique).

5. Résultats

L'étude a porté sur un réseau de 25 lignes de prospection réparties sur 13 sites, couvrant une longueur totale de 557 mètres et ayant permis de réaliser 583 mesures. L'analyse des résultats s'est basée principalement sur des critères géophysiques, en particulier les valeurs de résistivité apparente.

Les résultats de ces études des points de forages sont présentés suivant un critère essentiellement géophysique. Un point où les valeurs de différence de potentiel mesurées de la résistivité, sont faibles plus faibles que celles mesurées à un autre point, est classé en priorité par rapport à ce dernier. D'après les mesures faites sur terrain, les zones de faible résistivité semblent être les dépressions et les thalwegs.

De la même manière, les différents sites seront classifiés selon leurs priorités en fonction des critères tels que la profondeur du forage, l'accessibilité,

etc. Les résultats de cette interprétation suivant l'ensemble de ces critères sont inscrits dans le tableau n°04.

Tableau n° 04 : Classification de résultats de sites

Priorité - Classement	Site	Profondeur - mètres	Accessibilités & autres
1	Emmerance	80	Facile et quartier populeux
2	OUA	120	Assez facile et quartier bien occupé
3	ISP	140	Très facile d'accès
4	UOM	120 à 150	Accessibilité facile
5	KAJIBA	90 à 120	Accès difficile
6	ISTM	130 à 150	Accès facile
7	Quartier Mutombo	150	Accès facile
8	Av. Lubilanji	150	Accès facile
9	Fondation Mpanda	150	Accès facile
10	Monde Arabe	100	Accès difficile
11	HGR Mpokolo	170	Accès facile
12	PMKO et Bena Kansele	300	Forages très profonds de plus de 300 m ; Forages coûteux et à risques

(Source : Francis et cles, Enquête sur terrain, 2024)

6. Conclusion & Recommandations

Les roches carbonatées (calcaire et/ou dolomie) du Supergroupe de Mbuji-Mayi sont prédominantes aux sites d'étude. Celles-ci sont couvertes par endroits par le grès tendre du Crétacé et à d'autres, elles affleurent.

Le critère de faible résistivité comme indicateur de zones favorables repose sur des principes physiques bien établis :

- ✓ Les basses résistivités ($<100 \Omega.m$) correspondent typiquement à :
 - Zones de fracturation intensive ;
 - Présence d'eau interstitielle ;
 - Accumulation d'altérites argileuses.
- ✓ La corrélation avec les dépressions topographiques suggère un contrôle structural majeur sur la distribution des aquifères

Cette distribution spatiale des résistivités implique du point de vue hydrogéologique que :

- ✓ Les meilleurs réservoirs se situent dans les axes de drainage naturel (thalwegs) ;
- ✓ Le système aquifère présente une forte hétérogénéité latérale ;
- ✓ La productivité des forages dépend étroitement de la position dans le réseau de fractures.

L'interprétation des données de résistivité, bien qu'utile pour identifier les zones potentiellement aquifères, présente plusieurs limites importantes qui conditionnent la fiabilité des résultats. Premièrement, la relation supposée entre les faibles résistivités et la productivité des forages qui nécessite une validation par des tests de pompage systématiques, cette corrélation restant à ce stade hypothétique. Deuxièmement, l'étude se heurte à une contrainte majeure : l'absence de données précises sur la variation verticale des résistivités, ce qui limite considérablement notre capacité à caractériser la structure profonde des aquifères. Enfin, le modèle actuel gagnerait en précision par une intégration plus poussée avec des données géologiques de terrain, notamment des analyses pétrophysiques et des observations de fracturation. Ces perspectives d'amélioration ouvrent la voie à une approche plus robuste combinant géophysique, hydrogéologie et géologie structurale pour une évaluation fiable des ressources en eau souterraine.

Une gestion durable nécessite des études géophysiques ciblées (sondages électriques, magnéto-telluriques), un réseau de surveillance piézométrique et une meilleure caractérisation des zones de recharge, particulièrement dans un contexte

où les activités minières du Kasai Oriental exercent une pression croissante sur cette ressource stratégique.

REFERENCES

1. Cahen, L., Snelling N-J., Delhal Vail J, Bonhomme M., LedentD., *the geochronology and evolution of Africa*, Clarinelson Press, 1984, 496p.
2. FOMI (2010) ; Synthèse des forages réalisés par la fondation MIBA, édition 210.
3. Lepersonne, J. (1974), Notice explicative et carte géologiques de la République Démocratique du Congo, Ex Zaïre du 1/2000000 Dept. Min. Géol. Rép. Zaïre.
4. Télesphore MAYIBA, Maclin K. (2023), *Etude hydrogéologique sur le forage d'eau de Kanjiya à Mbuji-Mayi ; Une contribution à l'analyse stratigraphique du système de la Bushimayi*, International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol : 67 N° 02 Jul. 2023, pp 240 – 248.
5. Télesphore MAYIBA, ALBERT KALUA. (2023), *Données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Divo à Mbujimayi*, International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 67 N° 2 Jul. 2023, pp. 231 – 239.
6. B. KABAMBA B. (2019), *Biostratigraphie, paléoécologie et évolution thermique du Supergroupe Mésoprotérozoïque de Mbuji-Mayi, RD Congo*, Université de Liège, Département de Géologie, Février 2019.
7. R. KAKULE, (2024) *Corrélation géomorphologique et structurale des effondrements et ravinements dans la Ville de Mbuji-Mayi*, Décembre 2024.
8. J. OMASOMBO T., *KASAI-ORIENTAL, un nœud gardien dans l'espace congolais*,
9. Cahen, L, 1951 ; Données nouvelles concernant la géologie et la géomorphologie du Kasai -Oriental, Ann. Soc. Géol. Belg. 122p
10. Mahad Abdullahi Hussein, Mohamed Yusuf A. (2023), *Groundwater Investigation through Electrical Resistivity Tomography in the Galhareri District, Galgaduud Region, Somalia: Insights into Hydrogeological Properties*. Water 2023, 15, 3317. <https://doi.org/10.3390/w15183317>.