



Évaluation du Potentiel Hydrogéologique en Milieu Urbain par la Méthode Géophysique électrique : Cas de la Parcelle ITA Mombele à Kinshasa, RDC

MUNYINGA Lunda Francis^{1*}, ANYUME KOKOLE ², Papay M. Papy¹,
Pappy Museu¹ K. Mundala¹, NGALAMULUME TSHITOKA Flarice¹, MUFUTA WA
MUFUTA Joseph¹

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

2 : Département de Génie Civil, Faculté Polytechnique, Université de Kinshasa RD Congo,

Abstract: This study presents the results of an integrated hydrogeological survey combining geoelectrical surveys, geological, hydrogeological, geomorphological analyses as well as calculations and estimations of hydrodynamic parameters to characterize the aquifers in the ITA Mombele plot in Kinshasa. Two SEV (Schlumberger) were carried out, revealing a succession of sedimentary layers and a shallow water table (± 1.3 m). Inversion models identified a productive saturated zone between 30 and 80 m depth, corresponding to the fractured Inkisi sandstone, with an estimated flow rate of 3 m³/h. The uncertainties (RMS between 10.7% and 16.3%) justify further investigations by electrical tomography for precise fracture localization. This approach demonstrates the usefulness of geoelectrical methods for groundwater resource assessment in tropical urban contexts.

Keywords: Hydrogeology, Vertical Electrical Sounding, Electrical Tomography, Inkisi Sandstone, Fractured Aquifer

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.17449901>

1. Introduction

L'accès à l'eau potable reste un défi majeur en République Démocratique du Congo, particulièrement en milieu urbain où la demande croissante exige une gestion optimisée des ressources souterraines.

Cette étude vise à évaluer le potentiel hydrogéologique de la parcelle ITA Mombele, située dans la ville de Kinshasa, en combinant plusieurs approches. Kinshasa, capitale de la République démocratique du Congo (RDC), est une ville urbaine avortée (Lateef et al., 2010), construite pour environ 400 000 habitants dans les années 1960, Kinshasa compte aujourd'hui plus de 10 millions d'habitants. La mégapole mal urbanisée de Kinshasa devrait atteindre 14,5 millions d'habitants d'ici 2025 (Monographie de la ville de Kinshasa, 2015).

Située sur la rive gauche du majestueux fleuve Congo, la ville de Kinshasa est extrêmement riche en ressources en eau de surface. Cependant, l'accès à l'eau potable représente un défi pour la population. La REGIDESO, la société nationale d'approvisionnement en eau, fournit 580 000 m³/jour, tandis que les besoins sont estimés à 850 000 m³/jour (Programme des Nations unies pour l'environnement, 2011).

L'incapacité de la Régideso à faire face à ce déficit chronique d'approvisionnement en eau à Kinshasa est due, entre autres, à une croissance démographique insoutenable, à un étalement urbain chaotique, à une faible production d'eau potable, à la vétusté, à des pertes importantes dans le réseau de distribution ainsi qu'à une faible couverture du réseau d'approvisionnement (Prisca, 2018) ; d'où la nécessité de recourir à l'exploitation des eaux souterraine, en passant par des études hydrogéologiques, pour permettre une évaluation du potentiel hydrogéologique.

2. Méthodologie

Afin d'apprécier au mieux le comportement des aquifères de la zone sous-étude, située dans la commune de Limete, parcelle de l'ITA Mombele, nous avons mis à profit ;

1. Le Contexte Géologique ; en utilisant les informations sur la feuille géologique de Kinshasa (Feuille Léopoldville, 1963) pour le contexte géologique régionale et les données de puits de forage (les profondeurs des formations géologiques) existant dans la zone sous-étude, pour un contexte géologique locale ;

2. Le Contexte Hydrogéologique et Hydrographique : Une analyse combinée entre les données de forage existant (les profondeurs des formations hydrogéologiques), les différents points de résurgences ainsi que le réseau hydrographique de la zone ;

3. Le Contexte Géomorphologique : pour le calcul de la dénivelé et l'évaluation du gradient hydraulique de notre zone sous-étude ;

4. Les données de Sondage Géophysique : deux sondages électriques verticaux (SEV) en configuration Schlumberger ont été réalisés avec un résistivimètre 4Point Light 10W. Les données ont été inversées à l'aide du logiciel Interpex IX1D (méthode Occam), avec une erreur quadratique moyenne (RMS) comprise entre 10.7% et 16.3% ;

5. Les Calculs et estimations des paramètres Hydrodynamiques : Les paramètres hydrodynamiques (perméabilité, porosité, transmissivité) ont été estimés à partir d'abaques standardisés pour évaluer la fourchette de débit d'exploitation (Singhal & Gupta, 2010).

3. Déroulement des travaux

3.1. Localisation du site et accessibilité

Les études hydrogéologiques ont été réalisés dans la parcelle de l'ITA MOMBELE, qui se situe dans la commune de Limete, sur l'avenue de l'Université, à proximité du Rond-Point Ezo, dans la ville de Kinshasa. Le site est accessible par voie routière partant de l'échangeur de Limete (Figure 01). Deux points de sondage géo-électrique ont été réalisés sur ce site dans le but d'évaluer l'homogénéité des formations géologiques de la parcelle.

Les points de sondage géo-électriques peuvent être facilement repérés à l'aide des coordonnées géographiques inscrites dans le tableau 1.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des points de sondage

Site	Coordonnées Géographiques UTM 33 S		
	Longitude (X)	Latitude (Y)	Altitude (m)
SEV_01	0535790	9517109	291 ± 3
SEV_02	0535727	9517065	292 ± 3

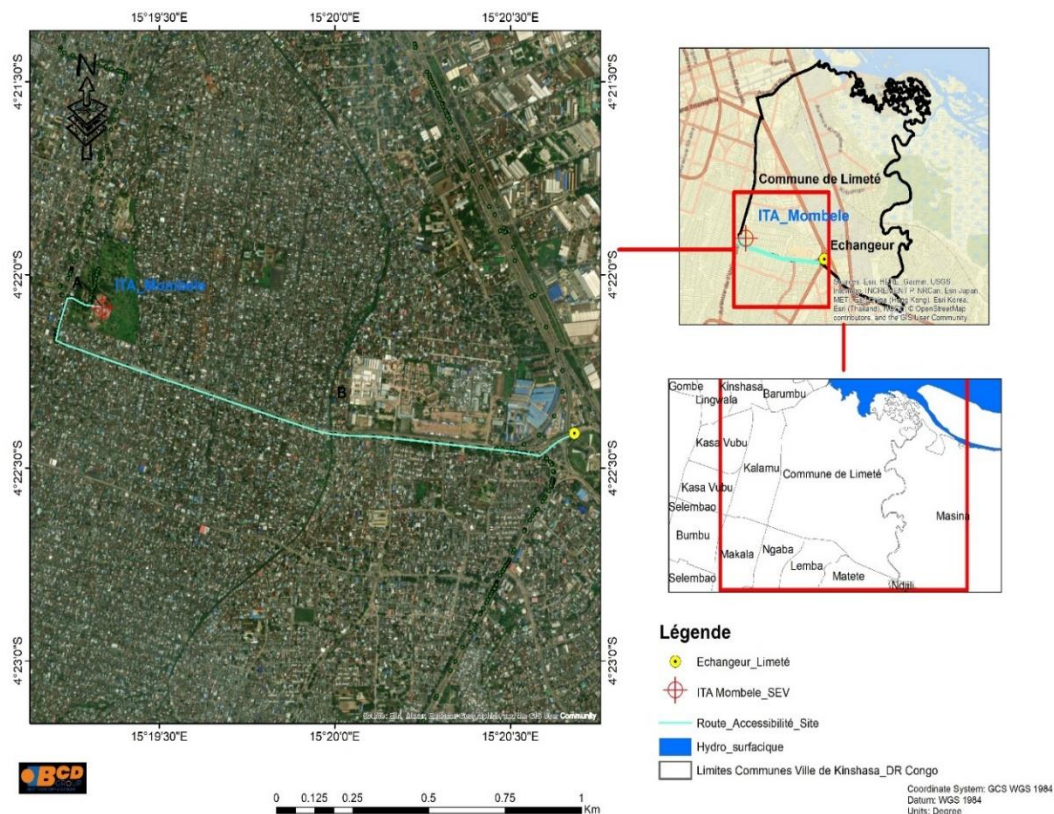


Figure 1 : Carte d'accessibilité au site partant de l'Echangeur de Limete, la Ville de Kinshasa

3.2. Contexte géologique

3.2.1. Contexte géologique régional

Les différentes roches rencontrées dans la région sont toutes sédimentaires. En se référant à la feuille géologique de Kinshasa, ces formations sédimentaires comprennent de haut en bas :

- ✓ Les alluvions de fond des vallées et des basses terrasses (Ho) ;
- ✓ Les alluvions de moyennes terrasses et alluvions anciennes du Stanley-Pool (Q) ;
- ✓ Sables plus ou moins argileux, gris clair, jaune ocre, rouges, souvent avec gravier à la base, reposant sur des aplanissements d'érosion (QPs) ;
- ✓ Grès tendres blanchâtres d'âge crétacé indifférencié (Ccb) (Crétacé indifférencié) ;

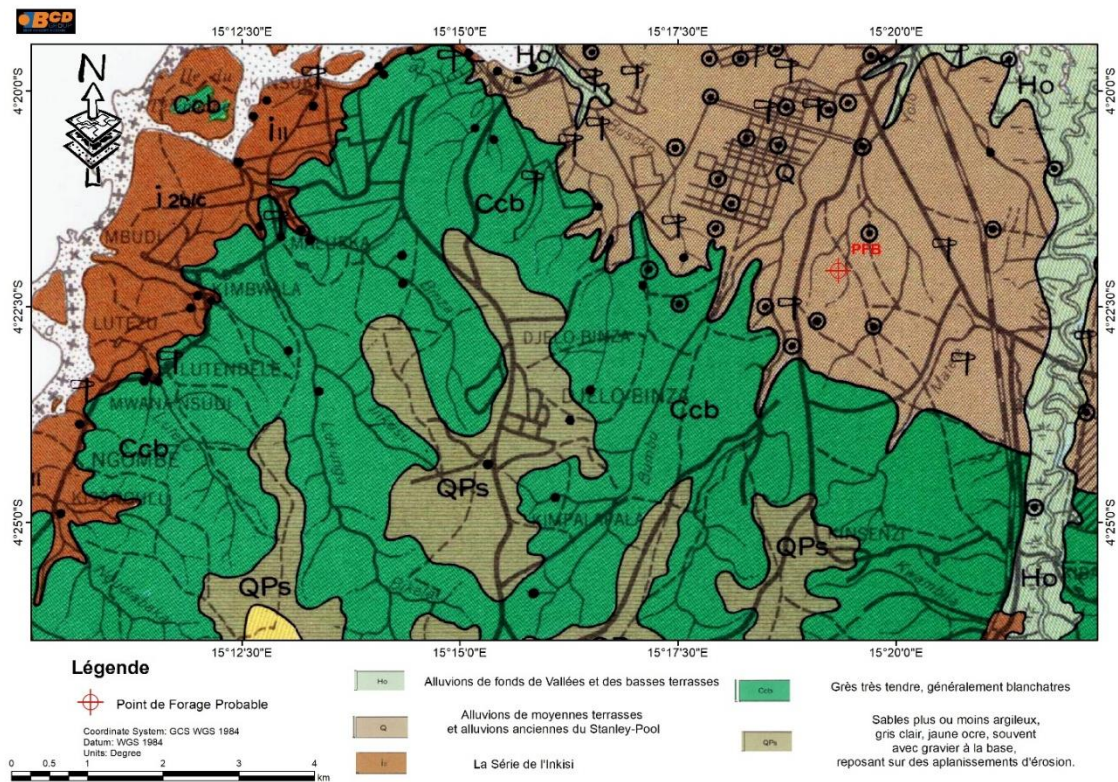


Figure 2 : Carte géologique de la zone sous-étude

3.2.2. Contexte géologique locale

Des travaux de forage antérieurs, ont révélé l'existence des formations géologiques sédimentaires de couverture de nature très variable d'un site à l'autre et de formations sédimentaires de soubassement identiques, à des profondeurs différentes.

En se référant aux deux forages effectués dans un rayon de moins de 4 km, les formations géologiques sont disposées de haut vers le bas de la manière suivante ;

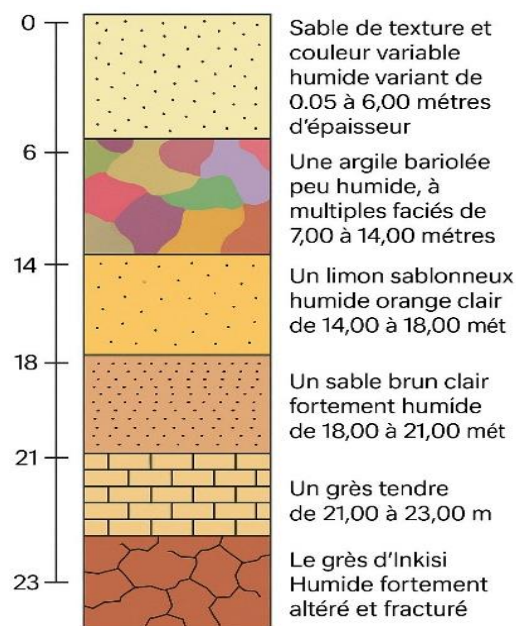


Figure 3 : Coupe lithostratigraphique

3.3. Contexte Hydrogéologique et Hydrographique

La zone sous-étude renferme un réseau hydrographique dense. Plusieurs cours d'eau traversent la commune de Limete, entre autres la rivière Funa et le Fleuve Congo vers le Nord, la rivière N'Djili à l'Est et la rivière Yolo à l'Ouest ainsi que beaucoup des autres petits cours non-identifiés. Le Point probable de forage (PFB) situé dans la concession, se situe à 180 m NO à vol d'oiseau d'une source et 1.5 km SE de la rivière Kalamu tel présenté sur la figure 03. Le profile réaliser sur la figure, démontre un dénivelé respectivement de plus ou moins 1.5 m et 7 m avec la source et la rivière.

Les ressources en eau souterraine actuellement exploitées, dans les formations sédimentaires de couverture, sont pour la plupart liées directement aux nappes semi-captives et captives qui alimentent les cours d'eau.

La profondeur de ces différentes nappes peu profondes varie de 0.8 à 1.8 mètres.

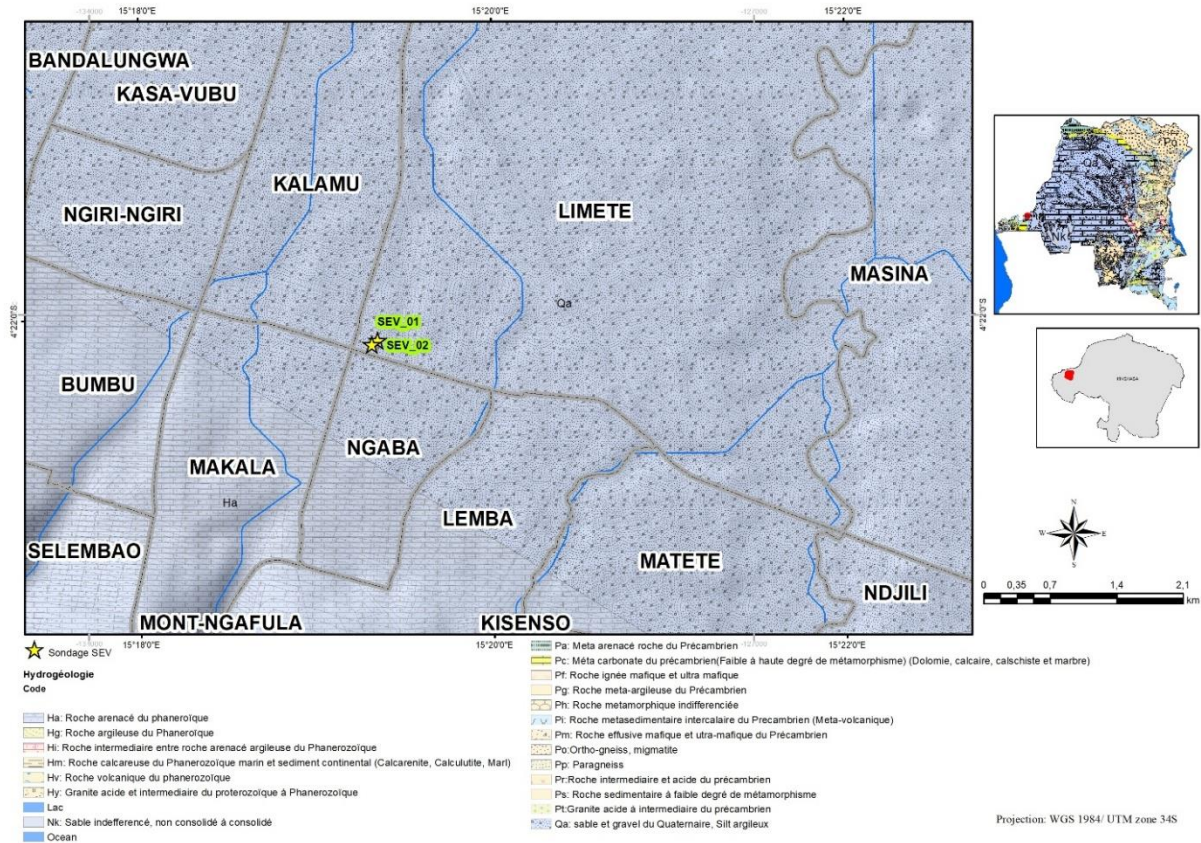


Figure 4 : Extrait de la carte hydrogéologique de la zone d'étude

3.4. Contexte Géomorphologique

L'altitude dans la commune de Limete varie entre 250 à 320 mètres (Figure 04) et elle s'étend sur une plaine sablonneuse et marécageuse. Elle est parsemée de petits bois par endroit. L'hydrographie de la commune de Limete est baignée par ces trois rivières qui suivent : Au Nord, la rivière Funa et le Fleuve-Congo ; À l'Est, la rivière N'djili ; À l'Ouest, la rivière Yolo. Il faut noter la présence d'une source à l'Ouest et un autre petit cours d'eau à l'Est de la zone d'étude. La dénivelée entre le point de forage et cette source est d'environ 1.5 mètres.

Du point de vue géomorphologique, la différence d'altitude entre le point de sondage vertical dans la concession et la rivière Kalamu, est de 7 mètres (figure 04). Le niveau piézométrique en ce lieu de la concession est d'environ 1.5 mètres en se référant à la source.

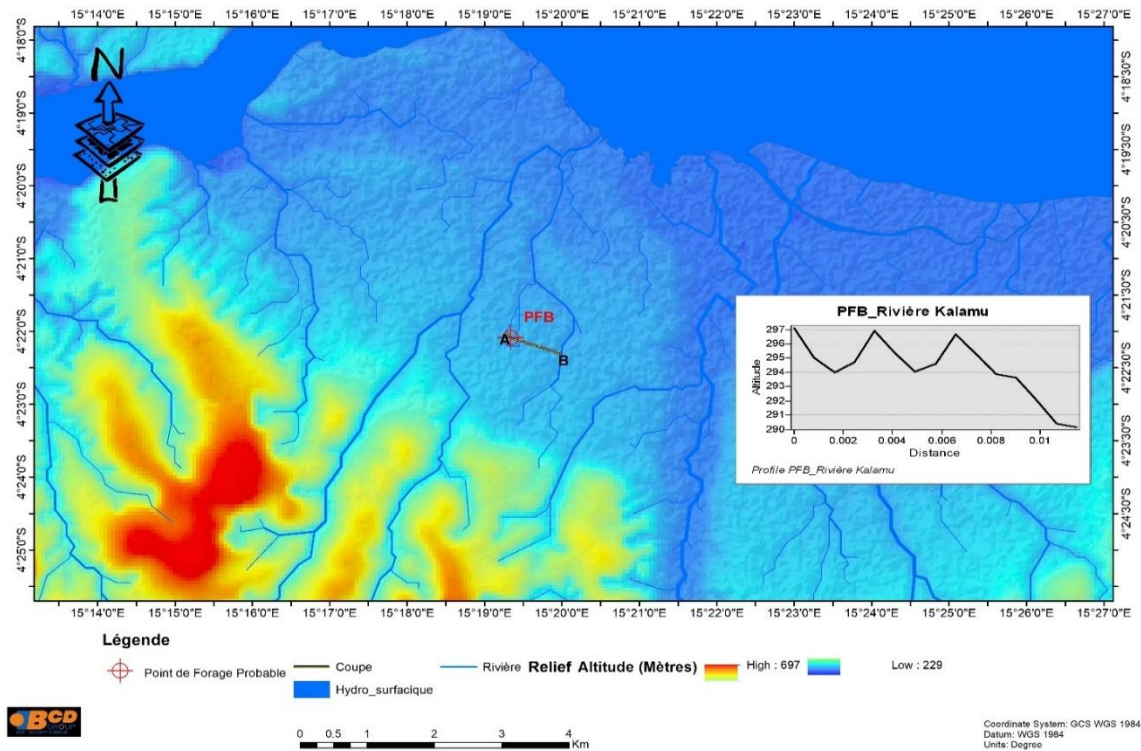


Figure 5 : Carte Topographique de la zone sous-étude

3.5. Les données géophysiques

L'essai consiste à déterminer l'épaisseur et la succession de différentes couches homogènes des formations par la prise de mesures de résistivité électrique en utilisant le dispositif SCHLUMBERGER.

Le sondage géo-électrique a été réalisé avec :

- ✓ Un résistivimètre de marque 4Point Light 10W ; avec une batterie interne de 12 V ;
- ✓ 4 bobines dont 2 bobines de courant et 2 bobines de potentiels.
- ✓ 5 électrodes en acier inoxydable.
- ✓ 1 marteau (masses).
- ✓ Des câbles électriques.
- ✓ Un ordinateur portable avec logiciels de traitement des données géo-électrique (Logiciel IX1Dv2)
- ✓ Le dispositif utilisé est le Schlumberger avec AB/2 variant de 1.5 à 60 m et MN/ 2 ; 0.5 et 25 m (maximum) pour le SEV_01 ; AB/2 variant de 1.5 à 50 m et MN/ 2 ; 0.5 et 25 m (maximum) pour le SEV_02.

3.5.1. Résultats et Discussion

3.5.1.1. Résultats point de-sondage électrique SEV_01

Après acquisition et interprétation du sondage électrique, Les résultats du sondage électrique SEV_01 ainsi que la ***lithologie probable*** sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Interprétation du sondage électrique SEV_01

Rho (Ohm.m)	Epaisseur (m)	Profondeur Cumulée (m)	Elévation (m)	Lithologie probable
69.700	1.0435	1.0435	289.96	Remblais compact
28.780	8.3943	9.4378	281.56	Sable Humide
5.010	10.000	19.438	271.56	Argileux humide
17.235	4.56	23.998	267	Grès tendre blanchâtre humide
88.900	38.900	62.898	228.10	Grès d'Inkisi altéré et fracturé humide
123.450				

Les résultats du sondage géo-électrique indiquent l'existence d'une nappe à drainance dont les indices d'eaux souterraines commencent à partir d'une profondeur moyenne de ± 1.0435 m. Cette nappe coule dans le sable, le grès tendre, dans un mélange rocheux fracturé ainsi que la partie supérieure grès d'Inkisi.

3.5.1.2. Résultats point de-sondage électrique SEV_02

Les résultats du sondage électrique SEV_02 ainsi que la ***lithologie probable*** sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Interprétation du sondage électrique SEV_02

Rho (Ohm.m)	Epaisseur (m)	Profondeur Cumulée (m)	Elévation (m)	Lithologie probable
24.360	1.3385	1.3385	290.66	Terre végétale
8.150	10.343	11.682	280.32	Sable très Humide
1.270	9.053	20.735	271.27	Argileux humide
0.31	4.560	25.295	266.71	Grès tendre blanchâtre humide
81.200	36.900	62.195	229.81	Grès d'Inkisi altéré et fracturé humide
138.120				

Les résultats du sondage géo-électrique signalent que l'existence d'une nappe à drainance dont les indices d'eaux souterraines commencent à partir d'une

profondeur moyenne de ± 1.3385 m. Cette nappe coule dans le sable, dans une roche partiellement fracturée, caractérisée par la résistivité très faible (entre 20 à 30 m), grès tendre ainsi que la partie supérieure grès d'Inkisi.

La RMS% du rapport (10.7–16.3%) indique une précision acceptable à bonne, mais justifie des essais complémentaires (ex. : tomographie) pour les projets critiques.

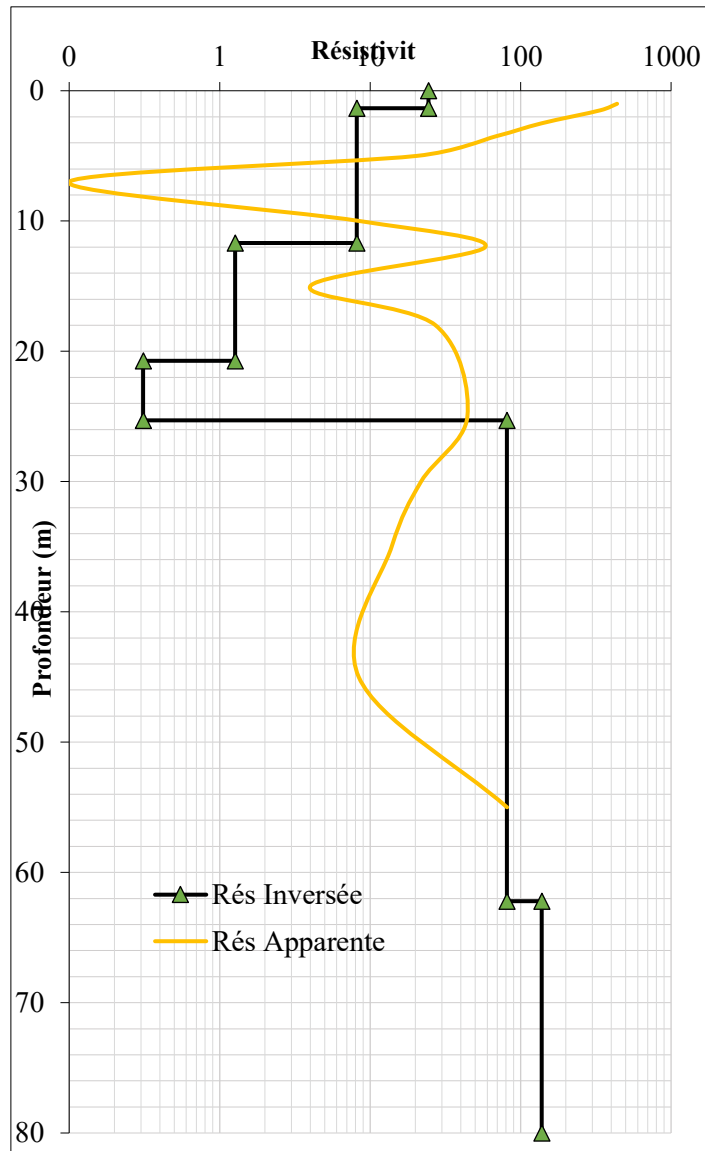


Figure 6 : Courbe de la résistivité apparente – résistivité inversée SEV_01

3.5.1.3. Calcul et évaluation des débits

Les données de sondage géo-électrique utilisées dans l'approche d'évaluation sont celles du premier sondage SEV_01, à cause de son erreur quadratique moyenne qui est inférieure à celles des données de sondage 02.

a. Zone 1 (1-30 m)

✓ **Caractéristiques :**

- Résistivité : 4.0 - 58.2 $\Omega \cdot m$
- Observations : Formations meubles, nappes à moins de 1.03 mètres
- Épaisseur saturée estimée (h_1) : plus de 15 m

Toutes les eaux de ces aquifères superficiels seront isolées.

b. Zone 2 Fracturée (30 – 80 m)

✓ **Paramètres utilisés pour le calcul**

- Perméabilité (k) : Estimée à 6680 Md (Millidarcys), soit 6.68 fois (10) (-5) m/s, typique pour des grès fracturés altérés – Abaque : Perméabilité Vs Résistivité et type de roche (Singhal & Gupta (2010). "Applied Hydrogeology of Fractured Rocks")
- Épaisseur saturée (h) : 25 m : D'après l'interprétation du SEV_01 : couche de grès fracturé humide entre 30 – 80 m
- Gradient Hydraulique (i) : Supposé égal à 0.01 (1 m de dénivelé pour 100 m de distance), basé sur la topographie locale (dénivelé de 1.5 m avec la source voisine).
- Largeur de la zone productive (L) : Estimée à 50 m (Valeur par défaut pour une zone fracturée étendue).
- Transmissivité (T) : La transmissivité relie perméabilité et épaisseur saturée ; $T = k \times h = 1.67 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

✓ **Calcul du débit de la zone fracturée**

En appliquant la loi de Darcy généralisée :

Le débit est calculé par : $Q = T \times i \times h$

$$= 0.000835 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 3.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

✓ **Correction pour Écoulements Fracturés : Facteurs**

multiplicatifs, d'après Snow, 1968 :

$k=6680\text{mD}$: Cette valeur intègre déjà l'effet des fractures (mesurée ou déduite de données de terrain). Le facteur de correction devient ($\times 1$) car la perméabilité est déjà réaliste pour un aquifère très fracturé.

Tableau 4 : Evaluation du débit probable

Zone	Profondeur (m)	Débit Brut (m^3/h)	Débit Corrigé (m^3/h)
1	01-30	-	-
2	30-80	3.0	3.0
Total		3.0	3.0

NB. Un essai de pompage reste indispensable pour confirmer ces valeurs.

3.5.2. Discussions

De l'examen de ces paramètres, il ressort que :

- ✓ Qu'il faudra de mesures complémentaires comme la tomographie électrique pour imager les hétérogénéités latérales, un sondage électrique vertical avec $AB/2$ supérieur à 70 mètres ou de forage superficiel (Prof Max 12 mètres) ;
- ✓ Effectuer deux à trois traînées électriques pour localiser les zones de fissuration du socle rocheux (entre 30 à 80 Mètres)

4. Conclusion et recommandations

Afin d'apprécier au mieux le comportement de l'aquifère de la zone sous-études, située à Limete, dans la zone d'étude, nous avons mis à profit plusieurs contextes notamment géologique, hydrogéologique, géomorphologique.

Les calculs et estimations des paramètres hydrodynamiques ont été faites en fonction des abaques des valeurs de porosité, perméabilité et Transmissivité pour évaluation de la Fourchette de débit d'exploitation. De cet examen de ces paramètres, il ressort que :

- ✓ Il est possible de réaliser un forage profond sur ce site ;
- ✓ Ce forage sera d'une profondeur de 80 mètres dans les formations meubles et certaines autres compactent et fortement altérées ;
- ✓ Le débit d'exploitation sera de 3 à 5 m³/h ;
- ✓ Au regard des faibles activités humaines et qu'aucun Centre d'enfouissement des déchets n'a été détecté dans la zone, un périmètre de sécurité sera défini autour du point de forage ;

Le projet de la réalisation du forage d'eau devra prendre en compte des caractéristiques techniques ci- après :

- ✓ Profondeur Maximale du forage : ± 80 m
- ✓ Foration au rotary à la boue en 10 " de 0 à ± 24 m ;
- ✓ Nettoyage à l'eau claire ;
- ✓ Mise en place d'un casing de 200 mm + cimentation de 0 ± 25 m ;
- ✓ Marteau Fond du Trou (MFT) en 7" de ± 24.00 à 80.00 m ;
- ✓ Mise en place tube à sédimentation de PVC PN 10 DN 140, emboitement par filetage de 74.30 à ± 80.00 m
- ✓ Mise en place tuyaux PVC PN 10 DN 140 emboitement par filière (crépines) de 42.95 à 51.50 mètres ; de 54.35 à 62.90 mètres et 65.75 à 74.30 mètres.
- ✓ Mise en place masse filtrante : ± 2 Tonnes ;
- ✓ Mise en place tout venant : - m³.

5. Bibliographies

1. **ASTM D6431** (2018). *Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Investigation*. ASTM International.
2. **Bear, J.** (1993). *Modelling Flow and Contaminant Transport in Fractured Rocks*. Academic Press.
3. **Corwin, D.L., & Lesch, S.M.** (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46(1-3), 11-43.
4. **Feuille Léopoldville** (1963). Carte géologique de Kinshasa. Service Géologique de la République Démocratique du Congo.
5. **Lateef, A., et al.** (2010). Urbanization and Water Supply: A Case Study of Kinshasa. *Journal of Environmental Planning and Management*, 53(5), 653-667.
6. **Loke, M.H.** (2003). Rapid 2D Resistivity Inversion Using the Least-Squares Method. *Geophysics*, 68(2), 1-10.
7. **Ministère du Plan et Aménagement du Territoire, RDC** (2015). *Monographie de la ville de Kinshasa*.
8. **National Research Council** (1996). *Rock Fractures and Fluid Flow*. National Academies Press.
9. **Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE)** (2011). *Rapport sur l'état des ressources en eau à Kinshasa*.
10. **Prisca, M.** (2018). *Défis de l'approvisionnement en eau potable à Kinshasa : Croissance démographique, étalement urbain et capacités de production*. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa.
11. **Reynolds, J.M.** (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
12. **Samouëlian, A., et al.** (2005). Electrical resistivity survey in soil science: a review. *Soil and Tillage Research*, 83(2), 173-193.
13. **Singhal, B.B.S., & Gupta, R.P.** (2010). *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks* (2nd ed.). Springer.
14. **Snow, D.T.** (1968). Rock Fracture Spacings, Openings, and Porosities. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 94(SM1), 73-91.
15. **Telford, W.M., Geldart, L.P., & Sheriff, R.E.** (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.