

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDE I

ECOLE NORMALE SUPERIEURE

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

ADVANCED TEACHER'S

TRAINING COLLEGE

DEPARTMENT OF PHYSICS

Etude piézométrique de la localité de Mboungmama par la méthode de sondage électrique

*Mémoire rédigé et présenté en vue de l'obtention du
Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire
Deuxième grade (D.I.P.E.S. II)*

Par

SOKOM EFANDEN Marc Sainclair

Licencié ès Physique et titulaire du D.I.P.E.S. I

Matricule : 07Y601

Sous la direction de:

GOUET Daniel Hervé (PhD)

Chargé de cours / UMA

MEMBRES DU JURY	
Président	NDOUGSA MBARGA Théophile. Professeur /U.Y.1
Rapporteur	GOUET Daniel Hervé. Chargé de cours / U.MA
Examineur	MVOGO Alain. Chargé de cours / U.Y.1

Année académique : 2018-2019

DEDICACES

Ce travail est dédié à mes parents : M. ANGO Roger et Mme ANGO Suzanne

**Que ce travail soit pour vous le couronnement de
tous vos efforts, sacrifices et espoirs que vous avez placés
en moi.**

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Mes remerciements à YAHVE-DIEU qui a permis la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent particulièrement au Dr GOUET Daniel Hervé, Chargé de Cours à la Faculté des Mines et des Industries Pétrolières de Kaélé, Université de Maroua et Directeur de ce mémoire. Il a cru en moi et m'a permis de croire en moi.

Mes remerciements s'adressent jury qui a accepté d'examiner notre travail et de présider la soutenance.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tous les enseignants de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé qui ont œuvré de près ou de loin à ma formation. Chacun d'eux a été pour moi, une lumière sur mon sentier et une source d'encouragement.

J'ai une pensée empreint de beaucoup d'émotion pour les aînés du laboratoire, qui ont fait preuve d'altruisme, de disponibilité sans relâche tout au long de ce travail.

Je voudrais remercier d'une façon particulière tous mes compagnons et compagnes de classe de la 58^{ième} promotion pour les moments que nous avons vécu ensemble.

Enfin, ce travail n'aurait pu voir le jour sans la présence de mes parents, de toute la famille EFANDEN, la grande famille du culte d'enfants de l'EEC /Melen. Chaque rencontre, chaque évènement, chaque expérience réussie ou non, mes convictions, ma foi, tous ces éléments qui gravitent autour de moi ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui.

A vous tous et à chacun, je ne vous remercierai jamais assez...

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
TABLE DES MATIERES.....	iii
RESUME.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
INTRODUCTION GENERALE.....	1
1: REVUE DE LA LITTERATURE ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE	
Introduction.....	5
1.1. Présentation géographique et géologique de l'est Cameroun.....	5
1.1.1 Contexte géographique.....	5
1.1.1 Climat.....	6
1.1.2 La végétation.....	5
1.1 .3 Les traits de relief.....	7
1.1.4 L'hydrographie.....	7
1.2 Contexte géologique.....	8
1.2.1 Géologie de l'Est du Cameroun.....	8
1.2.2 Les sols.....	10
1.2.3 La tectonique.....	10

1.2	Présentation de la zone d'étude.....	11
1.2.1	Cadre géographique.....	11
1.2.1.1	Localisation	11
1.2.1.2	Climat.....	13
1.2.1.3	Végétation.....	13
1.2.1.4.	L'hydrographie.....	13
1.2.2.	Cadre géologique.....	14
1.3.	Synthèse des travaux antérieurs.....	15
1.4.	Problématique.....	16
	Conclusion.....	17

2: METHODE GEOPHYSIQUE DE SONDAGE ELECTRIQUE

	Introduction.....	19
2.1	La méthode de sondage électrique	19
2.1.1	Principe de base.....	19
2.1.2	Mesure de la résistivité apparente.....	20
2.1.3	Sondage électrique.....	22
2.1.4	Dispositif de mesure d'un sondage électrique.....	24
2.1.5	Dispositif de sondage Schlumberger.....	25
2.1.7	Interprétation des courbes électriques.....	23
2.1.7	Exemples d'utilisations des méthodes électriques en hydrogéologie :	
	Structure des réservoirs et qualité de l'eau.....	27
2.2	Sources de données géoélectriques.....	28

Conclusion.....	29
------------------------	-----------

3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction.....	31
--------------------------	-----------

3.1 Analyse et interprétation des résultats.....	31
---	-----------

3.1.1. Courbes de sondage.....	31
---------------------------------------	-----------

3.1.2 Interprétation des courbes de sondage.....	40
---	-----------

3.1.3 Cartes piézométriques.....	44
---	-----------

3.1.4. Carte des épaisseurs des aquifères	45
--	-----------

3.1.5. Cartes 2D et 3D des profondeurs éventuelles des puits ou forages.....	47
---	-----------

3.1.6 Interprétation des cartes piézométriques et des épaisseurs de l'aquifère.....	48
--	-----------

3.2 Discussion et résultats.....	49
---	-----------

Conclusion.....	50
------------------------	-----------

4 : IMPLICATION SUR LE SYSTEME EDUCATIF

Introduction.....	52
--------------------------	-----------

4.1 L'enseignement.....	52
--------------------------------	-----------

4.2 L'appui au développement.....	53
--	-----------

Conclusion.....	53
------------------------	-----------

CONCLUSION GENERALE

Références bibliographiques.....	57
---	-----------

RESUME

Nous avons réalisé une investigation géoélectrique dans le village Mboungmama, arrondissement de Batouri, département de la Kadey, région de l'Est du Cameroun. L'investigation s'est faite en utilisant la méthode de sondage électrique suivant le dispositif de Schlumberger. La zone d'étude a été découpée en dix-sept (17) stations suivant deux profils géoélectriques. Pour chaque station, un sondage a été réalisé et la courbe issue de ce sondage a été interprétée à l'aide du logiciel Qwseln. L'objectif principal de cette étude est l'évaluation piézométrique des aquifères de la localité de Mboungmama afin d'estimer les lieux propices à la mise en place des puits ou des forages d'eau. Pour bien mener cette évaluation, la carte piézométrique de Mboungmama a été établie, question de connaître le positionnement et le niveau piézométrique dans le sous-sol de l'aquifère qui traverse le village. Aussi les interprétations des courbes de sondage ont permis de dégager les hétérogénéités des zones conductrices de la région d'étude et de déterminer d'une part, les épaisseurs et les valeurs de résistivité des couches stériles ou de recouvrement, et d'autre part les épaisseurs et les valeurs de résistivité de l'aquifère. Ces informations ont permis de circonscrire le niveau piézométrique de l'aquifère et de déterminer les profondeurs éventuelles des puits ou forages de la zone d'étude.

Mots clés : Sondage électrique, dispositif de Schlumberger, carte piézométrique, aquifère, couches stériles.

ABSTRACT

We have carried out a geoelectrical investigation in the Mboungmama village, situated in the Batouri's subdivision, in the Kadey's division, in the East's region, in Cameroon. The investigation was done by using the electrical survey method following Schlumberger's device. The zone of study was cut out in seventeen (17) geoelectrical stations according to two profiles. For each station, a survey was carried out and the curve resulting from this survey was interpreted using the Qwseln software. The main aim of this study is the piezometric evaluation of the aquifers of the locality of Mboungmama in order to consider the places favourable with the installation of the wells or water drillings. For carrying this evaluation well, the piezometric map of Mboungmama was established, question of knowing positioning and the piezometric level in the basement of the aquifer which crosses the village. Also interpretations of the curves of survey made it possible to release heterogeneities of the conducting zones of the area of study and to determine on the one hand, the thicknesses and the values of resistivity of the sterile layers or covering, and on the other hand the thicknesses and the values of resistivity of the aquifer. These informations allow it possible to circumscribe the piezometric level of the aquifer and to determine the possible depths of the wells or drillings of the zone of study

Key words: electric sounding, Schlumberger device, piezometric map, aquifer, sterile layers.

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

Symboles physiques

B : Vecteur champ magnétique (Tesla)

E : Vecteur champ électrique (mV/km)

μ : Perméabilité magnétique (Darcy)

μ_0 : Perméabilité magnétique du vide ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$)

ϵ : Permittivité diélectrique de la roche (F/m)

σ : Conductivité électrique (S/m)

q : Densité volumique de charges (C/m³)

κ : Susceptibilité magnétique

i_{source} : Source de courant tellurique (mA)

V : Potentiel (en mV)

ω : Pulsation de l'onde électromagnétique (rad/s)

ρ : Résistivité électrique ($\Omega \cdot m$)

ρ_a : Résistivité apparente ($\Omega \cdot m$)

M : Chargeabilité apparente ou Chargeabilité (mV/V)

f, F : Fréquence (Hz)

I : Courant injecté (mA)

K : Facteur géométrique (m)

L : Longueur entre les électrodes A et B (m)

l : Longueur entre les électrodes M et N (m)

t : temps de l'onde ou du signal (s)

ΔU_{MN} ou V_{MN} : Différence de potentiel ou voltage entre M et N (mV)

φ : Phase (rad)

ρ^* : Résistivité complexe ($\Omega.m$)

ρ^* :Module de la résistivité complexe ($\Omega.m$)

ρ' (ω) : Partie réelle de la résistivité complexe ($\Omega.m$)

ρ'' (ω) : Partie imaginaire de la résistivité complexe ($\Omega.m$)

σ^* : Conductivité complexe (S/m)

σ' (ω) : Partie réelle de la conductivité complexe(S/m)

σ'' (ω) : Partie imaginaire de la conductivité complexe(S/m)

X_d : Position le long d'un profil (m)

e_p : Epaisseur de la couche lithologique (m)

R_{AB} : Résistance à vide entre les électrodes d'injection A et B (Ohm)

Q : Déviation standard du rapport signal reçu sur signal injecté (%)

Abréviations

ZC : Conductive zone (Anglais) ou « Zone conductrice »

ZC1: Zone conductrice N ° 1

1D : Une dimension

2D : Deux dimensions

3D : Trois dimensions

PP / IP : Polarisation provoquée / Induced Polarisation (Anglais)

DC : Direct current (Anglais) ou « courant continu »

PS : Polarisation spontanée

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer

BIFs : Banded Iron Formations

C.O.A : Craton Ouest Africain

C.K : Craton du Kalahari

C.C : Craton du Congo

C.N : Craton Nilotique

Alt : Altitude ou élévation(m)

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation du Cameroun et de la région de l'Est-Cameroun dans la plaque africaine.....	5
Figure 2: Carte des accidents tectoniques et des formations géologiques majeures du Cameroun en dessous du méridien 9°.....	9
Figure 3 : Carte de localisation de la zone d'étude.....	12
Figure 4 : Carte géologique de la zone d'étude.....	13
Figure 5 : Principe de la méthode de sondage électrique – Dispositif de Schlumberger.....	14
Figure 6 : Dispositifs pratiques des traînés de Schlumberger.....	22
Figure 7 : Dispositif de sondage électrique de Schlumberger.....	23
Figure 8 : (a) Dispositif excentré de Schlumberger ; (b) Dispositif centré de Schlumberger	25
Figure 9 : Points de levés géoélectrique de la zone de MBoug mama.....	28
Figure 10 : Courbe de sondage station 1.....	32
Figure 11 : Courbe de sondage station 2.....	32
Figure 12 : courbe de sondage station 3.....	33
Figure 13 : courbe de sondage station 4.....	33
Figure 14 : courbe de sondage station 5.....	34
Figure 15 : courbe de sondage station 6.....	34
Figure 16 : courbe de sondage station 7.....	35
Figure 17 : courbe de sondage station 8.....	35

Figure 18 : courbe de sondage station 9.....	36
Figure 19 : courbe de sondage station 10.....	36
Figure 20 : courbe de sondage station 11.....	37
Figure 21 : courbe de sondage station 12.....	37
Figure 22 : courbe de sondage station 13.....	38
Figure 23 : courbe de sondage station 14.....	38
Figure 24 : courbe de sondage station 15.....	39
Figure 25 : courbe de sondage station 16.....	39
Figure 26 : courbe de sondage station 17.....	40
Figure 27 : Carte piézométrique 2D.....	44
Figure 28 : Carte piézométrique 3D.....	45
Figure 29 : Carte 2D des épaisseurs de l'aquifère.....	46
Figure 30 : Carte 3D des épaisseurs de l'aquifère.....	46
Figure 31 : Carte 2D de la profondeur éventuelle des puits ou forages.....	47
Figure 32 : Carte 3D de la profondeur éventuelle des puits ou forages.....	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Epaisseurs des couches stériles et de l'aquifère.....41

Tableau 2 : profondeurs éventuelles des puits ou forages de la zone d'étude.42



**INTRODUCTION
GENERALE**

La géologie (science qui étudie la structure et l'évolution de l'écorce terrestre) a apporté une contribution non négligeable à la connaissance du sous-sol de la planète Terre, mais sa structure profonde est restée peu connue des hommes. La géophysique (étude des propriétés physiques du globe terrestre) a permis d'amorcer efficacement cette étude.

La croissance exponentielle de la population mondiale et les difficultés de plus en plus croissantes que celle-ci rencontre pour son épanouissement, ont amené la communauté scientifique, à développer de nombreuses techniques géophysiques pour la détection et la cartographie de gisements de minerais enfouis, dans le sol à partir des informations observables en surface. L'approvisionnement eau potable dans plusieurs localités rurales de notre pays est un réel problème. Lorsque le gouvernement ainsi que les partenaires sociaux mobilisent les ressources pour doter une localité d'un forage moderne ou d'un puits traditionnel, les populations ne sont pas à l'abri des déconvenues à l'instar de l'assèchement de la nappe phréatique ou encore de la pollution de celle-ci. A cela s'ajoute les taux d'échecs élevés des forages en eau. Face à ces problèmes, on peut se poser la question suivante: Comment peut-on procéder pour réduire les taux d'échecs des forages garantir ainsi à la population l'approvisionnement en eau à long terme ?

Cette étude vise, à établir la carte des niveaux piézométriques potentiels du sous-sol de la localité de MBougmana afin de caractériser les toits et les murs des aquifères (formations géologiques ou roches poreuses ou fissurées permettant de stocker de grandes quantités d'eau, et suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement) présents dans le sous-sol cette localité. Cela nous renseignera davantage sur la qualité de l'éventuel aquifère qui traverse le sous-sol de cette localité et quelles sont les sections de cette zone où potentiellement, il y'a possibilité

de construire un puits ou un forage d'eau. Notre travail se subdivise en quatre chapitres:

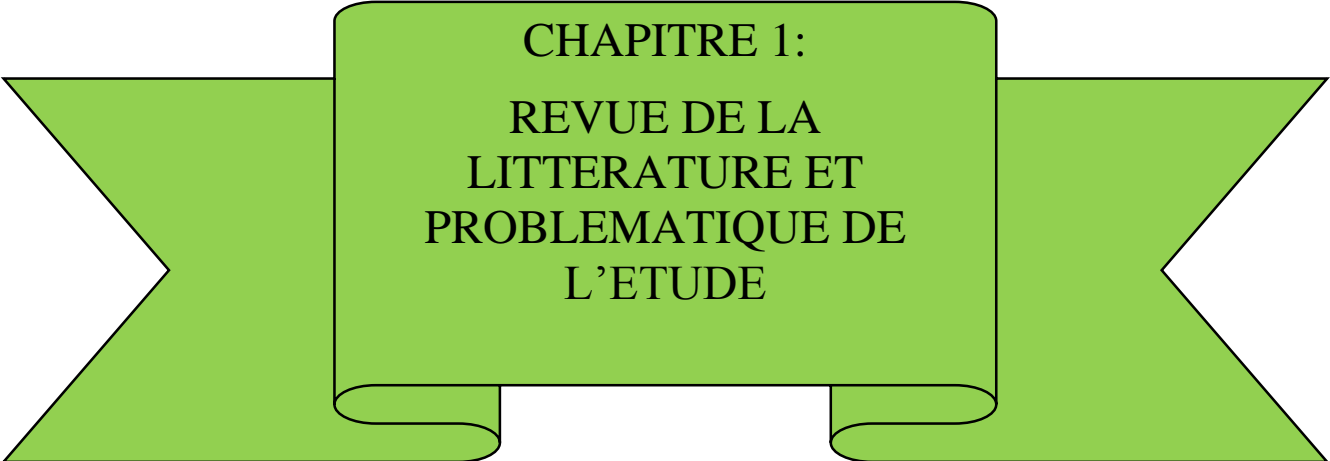
Le chapitre premier, est consacré à la synthèse bibliographique de la géologie de la zone d'étude (à savoir Batouri) zone dans laquelle nous retrouvons la localité de Mboungmama. Une présentation sommaire des formations, des structures géologiques connues de cette zone est faite, ainsi qu'une description sommaire des principales minéralisations géologiques rencontrées ;

Le chapitre deux quant-à-lui, est consacré à la présentation de la méthode géoélectrique utilisée au cours de notre travail : la méthode de sondage électrique avec un accent particulier mis sur le dispositif de Schlumberger ;

Le chapitre trois est consacré à l'interprétation et discussion des résultats obtenus lors de notre étude ;

Le chapitre quatre met un accent sur l'implication de notre sujet d'étude sur le système éducatif ;

Une conclusion générale ainsi que des perspectives clôturent cette étude.



CHAPITRE 1:
**REVUE DE LA
LITTERATURE ET
PROBLEMATIQUE DE
L'ETUDE**

INTRODUCTION

Il s'agit dans cette partie, de situer la zone d'étude qui fait l'objet de notre investigation géophysique. C'est ainsi que des revues géographiques, géologiques, et tectoniques régionales puis locales seront faites dans le but de ressortir l'intérêt de notre travail.

1.1 Présentation géographique et géologique de l'Est Cameroun

La région de l'Est du Cameroun couvre une superficie de 109 002 km², représentant ainsi 23 % du territoire camerounais. Elle est limitée à l'Est par la république Centrafricaine, au Nord par la région de l'Adamaoua, à l'Ouest par les régions du Centre et du Sud et au Sud par la république populaire du Congo.

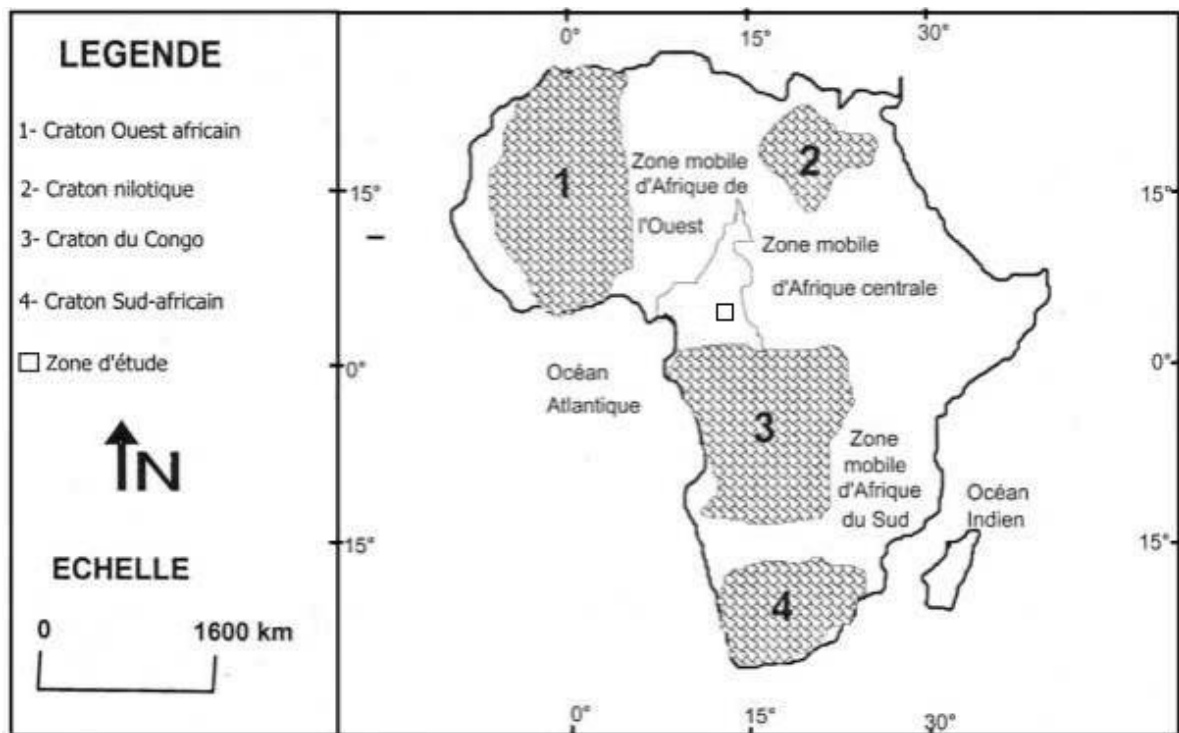


Figure 1: Situation du Cameroun et de la région de l'Est-Cameroun dans la plaque africaine. (Black. H, 1985; Klitgord and Schouten, 1987; Fairhead and Okereke, 1988; Unternehr et al, 1988).

1.1.1 Contexte géographique

1.1.1.1 Le Climat

La région de l'Est du Cameroun appartient au domaine climatique équatorial de type guinéen. Ce type de climat est caractérisé par une insolation réduite du fait de l'abondance des précipitations. Il est subdivisé en quatre saisons qui sont :

- Deux saisons des pluies (d'Avril à Juin puis, de Septembre à Novembre)
- Deux saisons sèches (de Décembre à Mars, puis de Juillet à Aout)

La température moyenne est proche de 25 C° avec un maximum relativement élevé en saison sèche. La pluviométrie varie entre 1500 et 2000 mm (Regnault, 1986).

1.1.1.2 La végétation

Il existe dans cette région deux grandes zones de végétation :

- La savane arbustive et herbacée : elle englobe toute la partie septentrionale de la région. Cette savane est parsemée de galeries forestières au fur et à mesure que l'on évolue vers la région de l'Adamaoua.
- La forêt équatoriale : elle est primaire dans de nombreux endroits parmi lesquels Doumé et le sud de Bertoua (Gazel & Gérard, 1954) et secondaire dont l'un des végétaux les plus caractéristiques est le parasolier. On y trouve des arbres tels que l'acajou, l'okoumé, le fromager...

La limite forêt-savane au centre de la région est stable à Mboulai et à Ngoura I en passant directement de la forêt à une savane. Elle est mouvante vers Batouri et Ngoura II ; les graminées et la végétation forestière sont mélangées, la savane gagne sur la forêt (Martin, 1959).

1.1.1.3 Les traits de relief

La région de l'Est fait partie intégrante du plateau sud-camerounais. Cette région se présente comme une grande pente s'inclinant faiblement en direction de la cuvette congolaise. On y distingue deux pénéplaines au relief mou et monotone ponctuée de quelques cours d'eau. La pénéplaine supérieure s'étend vers le nord avec une altitude comprise entre 800 et 1050 m. La pénéplaine inférieure quant à elle couvre la partie sud avec une altitude oscillant entre 600 et 700 m (Martin, 1956).

De ce relief émanent des collines et des dômes granitiques aux formes variées, depuis des coupes arrondies et surbaissées jusqu'à des pitons en « pains de sucre » : monts Borongo, massif de Kongolo, monts Yangui, Songongo, Bakondo, Tokondi, Pinti, etc. (Gazel & Gérard, 1954). Le seul accident topographique est la pleine de Lom qui diffère du reste de la région. Elle présente un relief caractéristique lié aux formations de la série quartzo-schisteuse semi-métamorphique.

1.1.1.4 L'hydrographie

La partie Est du Cameroun est drainée par deux principaux bassins hydrographiques : le bassin Atlantique et le bassin du Congo (BM, 2010).

Le bassin Atlantique reçoit les fleuves Lom, Djerem, et Nyong qui prennent naissance dans les hauts reliefs de l'Adamaoua et dans le plateau sud-camerounais, puis convergent vers l'océan Atlantique.

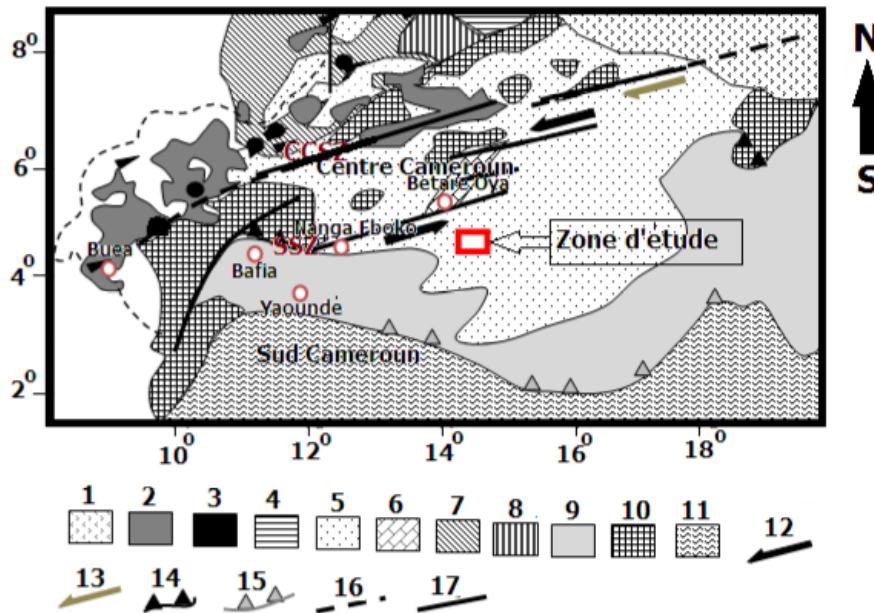
Le bassin du Congo couvre la partie sud-est du pays, ses principaux cours d'eau sont le Dja, la Kadeï, la Sangha et la Boumba-Ngoko.

1.1.2 Contexte géologique

1.1.2.1 Géologie de l'Est-Cameroun

Toute la région de l'Est du Cameroun est constituée de terrains anciens formant le vieux socle précambrien. On peut y distinguer des roches métamorphiques plissées et plusieurs séries de granites intrusifs.

- Les terrains sédimentaires non métamorphiques : un sondage effectué sur la route Boden-Batouri a révélé la présence des graviers dont l'un des faciès des grès horizontaux de l'Oubangui. Un peu plus au sud, à une centaine de kilomètre sur la piste Ndokayo-Batouri, des grès horizontaux de la série des Grès de Carnot ont pu être observés. Ces formations continentales ont pu être enlevées du Cameroun par érosion. Par ailleurs, on note aussi la présence de quelques affleurements (éluvions, les terrasses, les alluvions et les latérites) qui laissent apparaître les formations superficielles (Gazel & Gérard, 1954).
- Le socle ancien : les prospections géologiques menées ces dernières années (Cornachia & Dars, 1983 ; Ngako et al, 1991 ; Penaye et al, 1993 ; Mvondo et al, 2003 & 2007 ; Olinga et al, 2010) révèlent que l'Afrique Centrale est constitué d'un socle précambrien. Le Cameroun faisant partie de cette sous-région n'en fait pas exception et les travaux de Haugou et al. (1956) montrent que la région de l'Est repose sur un socle ancien d'âge précambrien. Il est essentiellement constitué des roches magmatiques et des roches métamorphiques (Gouet, 2013). Nous pouvons y définir une première série métamorphique à faciès profond allant des gneiss inférieurs aux micaschistes avec phénomène de migmatisation issue d'anciennes formations, une série épimétamorphique comprenant des schistes et des quartzites de la zone et des micaschistes supérieurs ; il existe également deux séries de granite à savoir : le granite syntectoniques ancien à composition hétérogène et le granite syntectoniques tardif à composition plus homogène (Martin, 1956).



1 : Sediments quaternaires ; 2 : Ligne Volcanique du Cameroun ; 3 : Ligne Plutonique du Cameroun ; 4 : Sediments mesozoique ; 5 : Granite sub-alkaline syntectoniques tardif; 6 : Basin syntectonique du Lom (metasediments, conglomérats, cendres et laves volcaniques); 7 : Domain Ouest Cameroun (intrusion calco-alkaline recente, 660-600 Ma); 8 : Groupe de poli (marge Neoproterozoique supracrustal et intrusions recentes); 9 : Groupe de Yaoundé (depots intracratonique); 10 : Paleoproterozoique restant Adamaoua-Yade et Nyong; 11 : Craton et craton supposé ; 12 : Direction de cisaillement syn-D2; 13 : Direction de cisaillement syn-D3; 14 : Zone de charriage syn-D1; 15 : Front de charriage syn-D2; 16 : Faille supposée; 17 : Faille.

Figure 2: Carte des accidents tectoniques et des formations géologiques majeures du Cameroun en dessous du méridien 9° (Njonfang et al., 2008)

1.1.2.2 Les sols

Les sols de la région de l'Est du Cameroun peuvent être divisés en deux groupes : les sols rouges et jaunes des forêts et les sols bruns des savanes formés sur le granite ou le gneiss (Martin, 1956).

En dehors de ces deux types de sols au caractère éluvial, on distingue aussi :

- Les sols latéritiques ;
- Les sols argilo-sableux qui sont plus ou moins riches ;
- Les sols gréseux très pauvres en général ;
- Les sols sableux et argileux favorables aux cultures locales ;
- Les sols alluviaux que l'on retrouve dans les vallées de grands cours d'eau de la région (Lom, Doumé, Kadeï ...)

1.1.2.3 La tectonique

Les travaux géochronologiques (Tchameni, 1997) permettent de relier l'évolution de la bordure septentrionale du craton du Congo durant l'archéen et le protérozoïque en grands épisodes tectoniques :

- L'épisode archéen, qui commence à 3,1 Ga et correspond à une phase de distension avec formation des bassins marins ou continentaux comblés de matériels volcano-sédimentaires, injectés par la suite de roches basiques. Cette phase de distension est suivie d'une phase compressive (2,9 à 2,6 Ga) associée à un abondant plutonisme charnockitique, tonalitique et granitique. Les granitoïdes observés d'âge environ 2,6 Ga sont les produits de la fusion crustale. Le cycle archéen est clôturé dans la zone par une phase de magmatisme calco-alcalin (2,6 Ga).
- L'épisode protérozoïque inférieur commence vers 2,4 Ga avec fracturation et éléments thermiques. Un réchauffement favorise le remaniement des formations archéennes et les syénites alcalines montrent diapiriquement. Les fractures développées antérieurement sont colmatées par des dolérites vers 2,1 Ga.
- Au protérozoïque supérieur, le craton du Congo est effondré par un réseau de fossés intracratoniques dont l'aulacogène de la Sangha est la pièce maîtresse (Alvarez, 1998). Les formations d'âge protérozoïque supérieur affleurent au

sud-est du Cameroun (série du Dja, Bessoles et Trompette, 1980) sont supposées dans les zones effondrées du craton, masquées par des dépôts récents de la forêt équatoriale de la cuvette congolaise.

Ces différentes phases tectoniques ont conduit à la mise en place des unités structurales de la région de l'Est : la couverture protérozoïque du craton et la chaîne panafricaine (figure 1).

La couverture protérozoïque du craton est charpentée par deux zones de décrochements qui caractérisent trois blocs (Vicat, 1998) :

- Le bloc occidental, non déformé qui constitue le grès de la bordure du socle ;
- Le bloc central qui est structuré en écaillés à prolongement nord ;
- Le bloc oriental dont la déformation s'accroît vers le Sud-Est avec l'apparition au niveau de la ride de Lobéké d'une schistosité généralisée soulignée par la néoformation de la muscovite et de biolite.

La chaîne panafricaine est considérée comme le résultat d'une convergence et d'une collision entre craton du Congo et la ceinture mobile (Poidevin, 1983 ; Nzenti et al., 1984, 1988 ; Penaye et al., 1993 ; Trompette, 1994 ; Rolin, 1995 ; Toteu et al., 2001 ; Abdel Salam et al., 2002 ; Shandini et al., 2010), ou comme une collision entre différents blocs de la ceinture mobile (Toteu et al., 1991 ; Castaing et al., 1993).

1.2. Présentation de la zone d'étude

1.2.1 Cadre géographique

1.2.1.1. Localisation

La zone qui fait l'objet de cette étude est localisée dans le village Mboungmama. Ces derniers sont situés à 36 km environ du centre administratif qui est Batouri en passant par la route principale (Figure 3). Batouri est le chef-lieu du département de

la Kadeï, de la région de l'Est-Cameroun (Figure 3). La Kadey est le principal collecteur hydrographique de la région et Bougmama son principal affluent traverse de l'Est à l'Ouest la zone d'étude (Figure 3). Géographiquement, la zone d'étude est située entre 14,228° et 14,368° de longitudes Est et entre 4,668° et 4,732° de latitudes Nord.

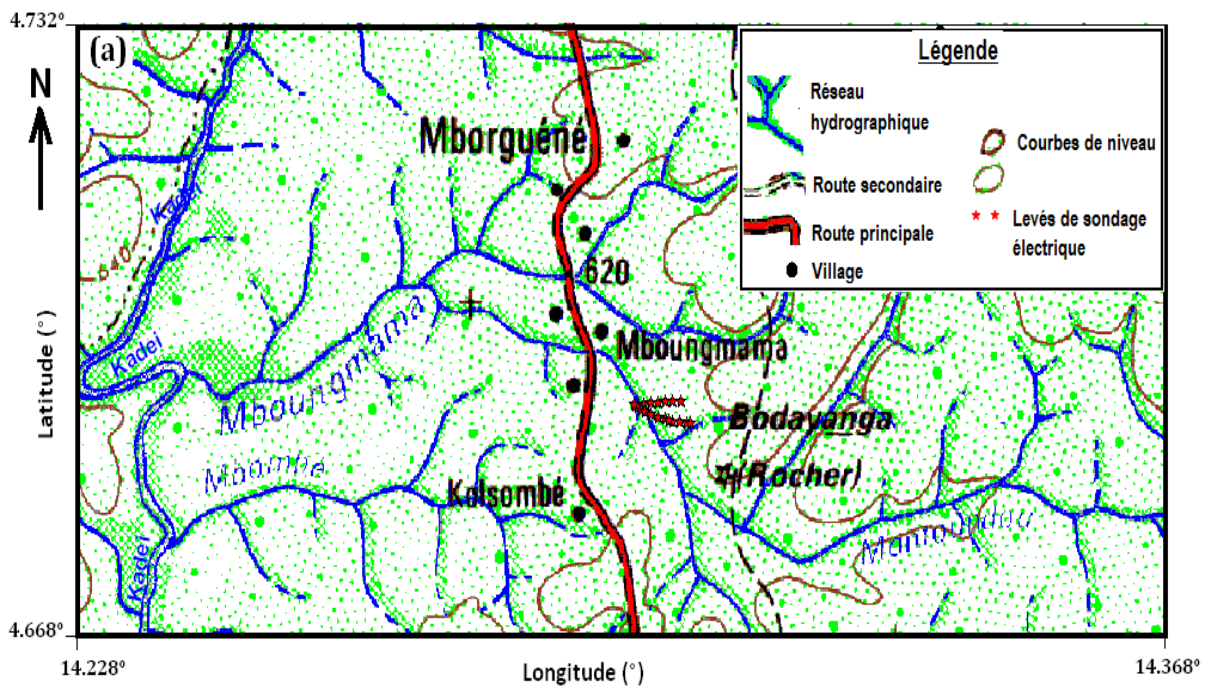


Figure 3 : Carte de localisation de la zone d'étude

1.2.1.2. Climat

Le climat de la zone de Mboungmama n'est pas différent de celui de toute la région de l'Est. C'est un climat de type guinéen marqué par la régularité des précipitations pendant toute l'année. Quatre saisons caractérisent ce climat : une grande saison des pluies allant du mois d'août au mois de novembre, puis une grande saison sèche allant de décembre à avril, ensuite une petite saison des pluies qui va de avril à mai, et enfin une petite saison sèche de juin à juillet. En raison de l'altitude avec un maxima assez élevé en saison sèche, la température moyenne est peu élevée (22 à 24 °C).

1.2.1.3. Végétation

La végétation de notre zone d'étude est constituée essentiellement de savane arborescente avec quelques coins de forêts qui est, dans la plupart du temps, le fruit de la mise en jachère des terres ou de leur abandon après exploitation (Nyneck et al., 1993). Par les galeries forestières sur les flancs des collines et sur les sommets, la forêt est partout présente dans la zone de Mboungmama.

1.2.1.4. L'hydrographie

Certains affluents de la Kadeï arrosent la zone à l'instar des rivières Mboungmama, Mama ou encore Boumbé II, long d'un peu plus de 150 km environ[3] (Gazel & Gérard, 1954). La Boumbé prend sa source près de Gabatico et sépare le Cameroun de la république Centrafricaine jusqu'à son confluent à Gamboula avec la Kadeï. Marquée par de chutes et de rapides, elle n'est pratiquement pas navigable, comme la plupart des rivières du bassin du Congo ou de la Sangha.

1.2.2 Cadre géologique

L'ensemble de notre zone d'étude fait partie de la chaîne panafricaine. Cette chaîne affecte la majorité des terrains métamorphiques et couvre plusieurs pays d'Afrique Centrale (Tchad, République Centrafricaine, Cameroun). Il se poursuit vers l'Est au Soudan, en Ouganda et en Tanzanie (Theunissen et al., 1992).

La portion camerounaise de la chaîne panafricaine dont fait partie la zone de Mboungmama (figure 4) constitue la plus grande partie des affleurements au Cameroun. On y rencontre des schistes, des micaschistes, des gneiss, des migmatites et des granites. Elle appartient à la chaîne panafricaine des Oubanguides. Les formations impliquées dans cette chaîne sont des méta-volcano-sédiments déposés au méoproterozoïque dans des bassins ou des rifts intracontinentaux ouverts au sein d'un socle antérieur stabilisé à l'Eburnéen (Vicat, 1998).

La géologie structurale de la zone de Mboug mama repose sur un « complexe de base » daté de 600 à 660 Ma : l'orthogneiss. Avec une texture litée et soulignée par un alignement très net des éléments ferromagnésiens (Gazel & Gérard, 1954), l'orthogneiss couvre l'étendue de la zone d'étude (figure 4). On peut observer également dans les villages environnants du quartz, de la pegmatite, des granites tectoniques anciens qui ont une influence, d'une manière ou d'une autre sur la zone de Mboug mama (figure 4).

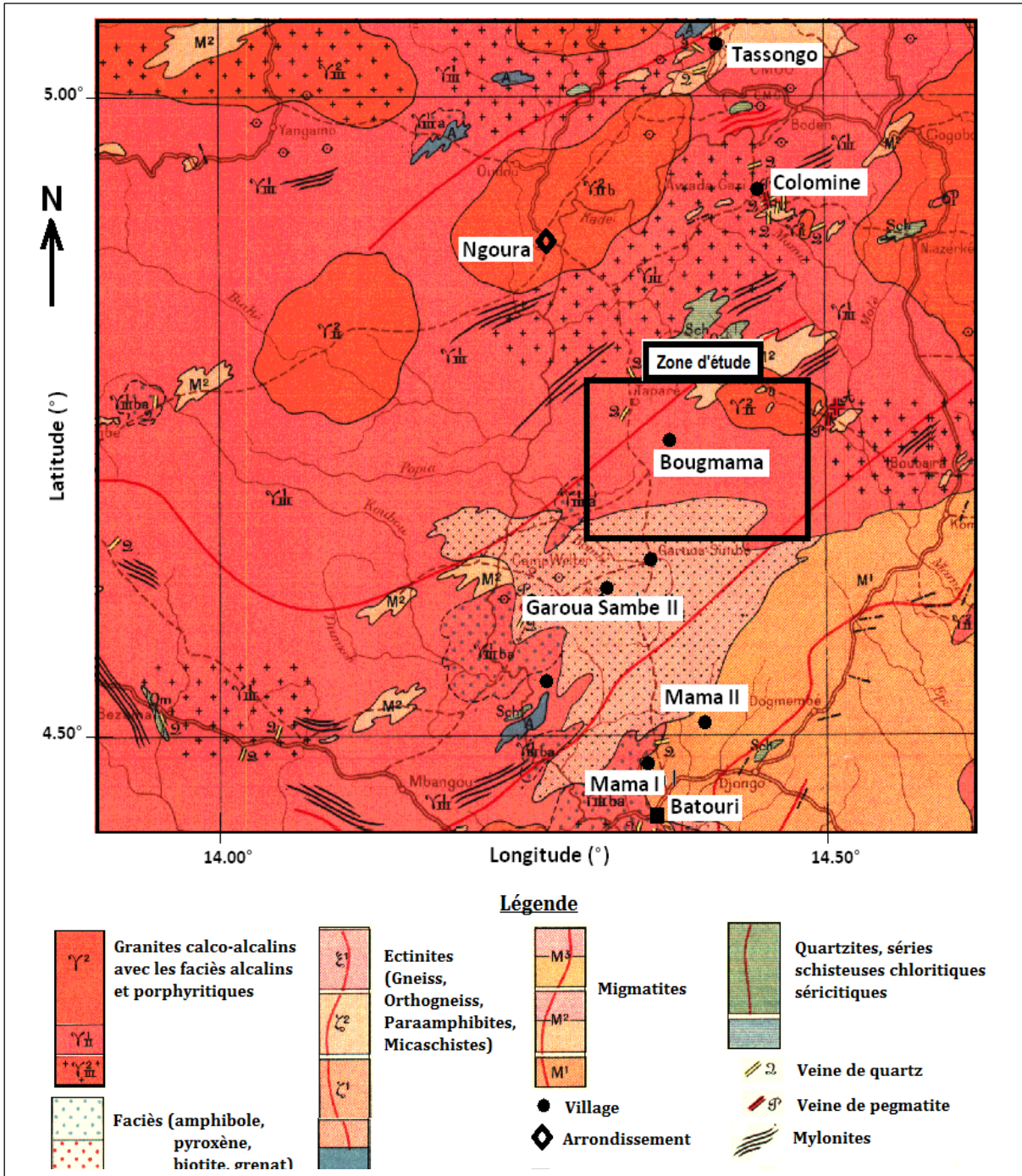


Figure 4 : Carte géologique de la zone d'étude (Gazel & Gérard, 1954)

1.3. Synthèse des travaux antérieurs

La région de l'Est-Cameroun dans laquelle se situe notre zone d'étude a fait l'objet de quelques travaux et d'études géophysiques durant ces dernières décennies. Tous ces travaux ont été menés dans le but de mieux comprendre cette partie du Cameroun du point de vue géologique et tectonique.

Nous pouvons citer :

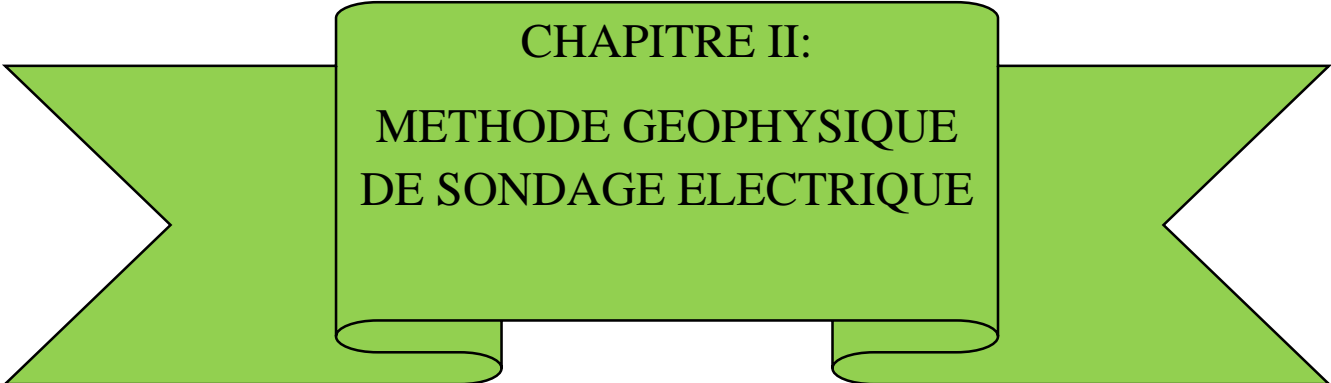
- *Meying et al., (2009)* en procédant à la modélisation et interprétation des données magnétotelluriques, par application de l'approche de Bostick, révèlent ainsi l'existence d'un réseau de failles de direction E-W, qui s'étend d'Akonolinga jusqu'à Abong-Mbang. Ce réseau de failles serait la zone de transition entre le craton du Congo et le Panafricain qui, selon des travaux antérieurs, passe par Edéa à l'intersection de l'accident NE-SW de la Sanaga et de la faille NNE-SSE de Kribi.
- *Feumoe (2012)* fait une description des linéaments tectoniques de la zone Sud-Est du Cameroun en utilisant les données aéromagnétiques. Il confirme la différence morphologique de cette zone et la subdivision tectonique en deux secteurs correspondant au craton du Congo dans le Sud et le Panafricain dans le Nord. Il aide à identifier la profondeur de la limite tectonique du plus important défaut au centre de la zone étudiée.
- *Ndougsa et al., (2012)* à travers des travaux aéromagnétiques dans le Sud-Est du Cameroun, met en évidence les multiples traits tectoniques que comporte cette zone. Ils parlent également d'un défaut majeur entre le WSE-ENE et le NE-SW de la zone étudiée associé à l'orogénie Eburnéenne.
- *Gouet (2013)* en utilisant les méthodes géoélectriques (DC & IP) dans la zone Tindikala-Boutou dans l'Est du Cameroun, fait état de ces mêmes inégalités tectoniques décrites plus haut.

I.4. Problématique

L'Est du Cameroun possède un potentiel minier assez important. De nombreux travaux géophysiques y ont été effectués dans le but de dresser les différents évènements géologiques et tectoniques de la région. La connaissance de ces évènements est un facteur important dans les études d'investigations minières ou hydrogéologiques d'une région. Elle oriente les investigations futures et donne une idée du potentiel minier ou hydrogéologique de la zone concernée. Ainsi l'objectif principal de ce travail est d'établir les cartes des niveaux piézométriques de la zone de Mboungmama. Cela nous permettra de caractériser les aquifères de la zone, et de connaître les zones de cette localité où il est envisageable d'y construire un puits ou encore un forage d'eau. A cet effet, l'utilisation de la méthode de sondage électrique nous permettra d'avoir accès aux données nécessaires à l'établissement des cartes piézométriques de la localité de Mboungmama.

CONCLUSION

Il était question au cours de ce chapitre de présenter d'une manière générale le contexte géologique la région de l'Est, puis la zone de Mboungmama en particulier. Aussi il était question de faire une synthèse des travaux antérieurs effectués dans la zone d'étude et ses environs afin de dégager l'intérêt et la problématique de la présente étude.

A green ribbon graphic with a central rectangular box containing text. The ribbon has a central rectangular box with rounded corners and a slight shadow effect, giving it a 3D appearance. The text is centered within this box.

CHAPITRE II:
METHODE GEOPHYSIQUE
DE SONDAGE ELECTRIQUE

INTRODUCTION

Il existe plusieurs méthodes de prospection géoélectrique. Celle utilisée dans le cadre de notre étude est la méthode de sondage électrique.

2.1 La méthode de sondage électrique

2.1.1 Principe de base

La méthode de sondage électrique est une méthode de prospection géoélectrique appliquée dans l'exploration du sous-sol par sondage vertical. Elle est basée sur le principe de la loi d'Ohm (Telford et al., 1990 ; Parasnis, 1997) : l'injection d'un courant continu à très basse fréquence dans le sol et la mesure du potentiel permettent de remonter à la résistivité vraie des formations traversées (Parasnis, 1997 ; Chapellier, 2000/2001). En pratique la méthode de sondage électrique utilise la technique de sondage électrique qui est une technique d'investigation verticale qui permet d'explorer successivement les couches de terrain traversées afin de déterminer la résistivité et l'épaisseur de celles-ci (Kearey et Brooks, 1991 ; Chapellier, 2000).

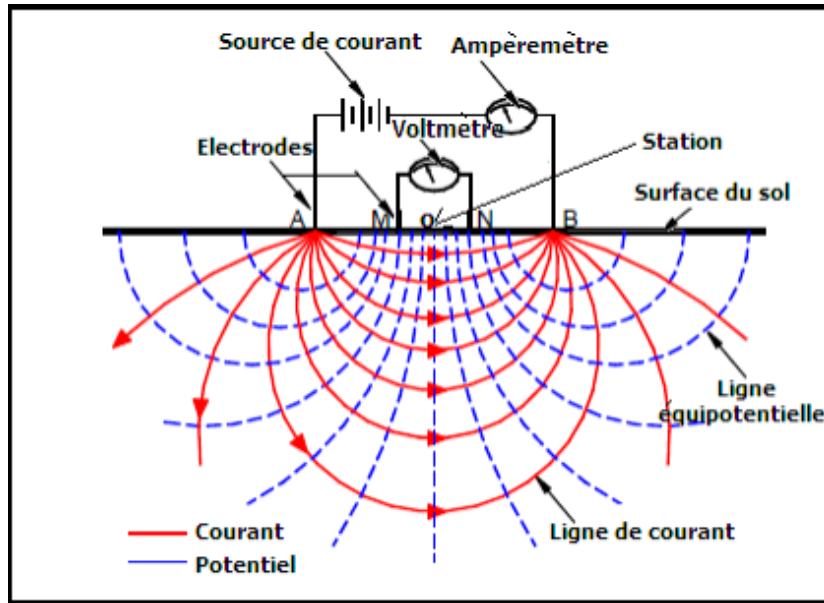


Figure 5 : Principe de la méthode de sondage électrique – Dispositif de Schlumberger

2.1.2 Mesure de la résistivité apparente

Le voltmètre et l'ampèremètre (Figure 5) permettent de mesurer V_{MN} (différence de potentielle entre M et N) et I_{AB} (courant injecté entre A et B). Il ne nous reste qu'à calculer la résistivité (Chapellier, 2000/2001). Dans un milieu, homogène de résistivité ρ avec deux pôles A et B, l'action conjuguée de A et B donnera (Parasnis, 1997 ; Chapellier, 2000/2001):

- Potentiel en M

$$V_M = \frac{\rho I_{AB}}{2\pi(AM^{-1} - BM^{-1})} \text{----- (1)}$$

- Potentiel en N

$$V_N = \frac{\rho I_{AB}}{2\pi(AN^{-1} - BN^{-1})} \text{----- (2)}$$

- V_{MN} entre M et N

$$V_M - V_N = \frac{\rho I_{AB}}{2\pi(AM^{-1} - AN^{-1} - BM^{-1} + BN^{-1})} \text{----- (3)}$$

- Résistivité ρ (Rho)

$$\rho = \frac{KV_{MN}}{I_{AB}} \text{----- (5)}$$

- K : facteur géométrique qui dépend de la configuration des électrodes

$$K = 2\pi(AM^{-1} - AN^{-1} - BM^{-1} + BN^{-1}) \text{----- (4)}$$

V_{MN} en mV ; I_{AB} en mA ; ρ en $\Omega.m$; K en m

Pour un dispositif symétrique par rapport à O (milieu de AB), l'équation (4) devient :

$$K = \frac{AM.AN}{MN} \text{----- (5)}$$

Si le sous-sol est homogène et isotrope, avec un dispositif de ce type on obtiendra la résistivité vraie . Si par contre, le sous-sol est hétérogène, on mesurera la résistivité apparente ρ_a :

$$\rho_a = K \frac{V_{MN}}{I_{AB}} \text{----- (6)}$$

Cette valeur de résistivité permet de caractériser une formation. Comme les grains d'un matériau (partie solide) sont en général des isolants parfaits, la résistivité dépend essentiellement de l'état d'humidité et de la proportion d'argile dans le volume de sol intéressé par la mesure (Telford et al., 1990 ; Burger et al., 2006 ; Okay, 2011). L'argile et l'eau étant présents dans les vides de toutes sortes, on conçoit que la résistivité sera en relation avec des caractéristiques comme la fracturation et la pollution argileuse des fractures et fissures, la porosité, le colmatage argileux des alluvions (Chapellier, 2000/2001 ; Okay, 2011).

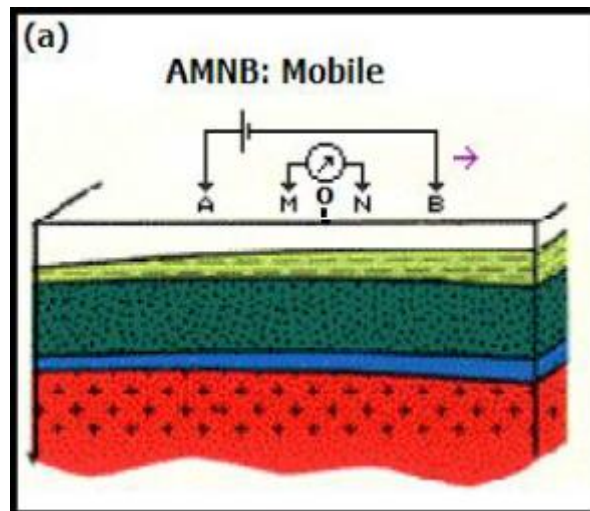


Figure 6 : Dispositifs pratiques des traînés de Schlumberger

2.1.3 Sondage électrique

Le sondage électrique ou « VES » est une technique d'investigation verticale, qui permet d'explorer successivement les couches de terrain traversées afin de déterminer l'épaisseur de celles-ci (Kearey & Brooks, 1991 ; Chapellier, 2000/2001). La valeur de la résistivité caractérise une formation sans pour autant donner des renseignements quant à la teneur en eau ou à la minéralisation de l'eau de la formation (Telford et al., 1990 ; Kearey & Brooks, 1991). Elle permettra cependant de comparer deux formations et de les localiser les unes par rapport aux autres. Ainsi pour un horizon géologique donné, les terrains saturés en eau d'une part et ceux non saturés d'autre part représenteront deux terrains électriquement distincts.

En pratique deux types de sondages électriques sont généralement utilisées lors d'une étude d'investigation géophysique (Kearey & Brooks, 1991; Parasnis, 1997 ; Chapellier, 2000/2001) :

- les sondages paramétriques : Ils sont implantés au début d'une étude géophysique qualifiée de première phase. Lors de la première phase de la prospection, le géophysicien ne sait rien de la répartition des paramètres physiques (résistivité

par exemple) dans le sous-sol. Les sondages paramétriques sont indispensables. Ils sont placés à proximité d'un forage mécanique, d'un puits ou sur des affleurements. Ils permettent de se faire une idée des paramètres physiques dans une région et de choisir les longueurs de ligne à utiliser pour les trainés.

- les sondages interprétatifs : Ils sont implantés pour confirmer les anomalies ou discontinuités détectées par les investigations précédentes. Ils fournissent également des indications sur la répartition verticale des résistivités et permettent de dessiner une « coupe » ou une section géoélectrique du sous-sol (Chapellier, 2000/2001). Ils peuvent aussi nous renseigner sur les zones de fortes profondeurs d'altération. Dans le cadre de cette étude, les sondages électriques ont été réalisés suivant le dispositif de Schlumberger (Rami et al., 2011) avec $AB/2$ variant de 1,5 m à 600 m et $MN/2$ de 0,5 m à 30 m. On fait varier la distance entre les électrodes A et B en maintenant M et N parfois fixe (figure 6). Les valeurs de résistivités obtenues sont des valeurs apparentes, rapportées au centre O du quadripôle ABMN (Figure 2.4 (a)). L'interprétation des données de sondages interprétatifs va permettre de déterminer ponctuellement l'épaisseur de la zone altérée, puis de la zone fissurée ou de discontinuité du socle (Rami et al., 2011). Elle nécessite, à priori, la construction de courbes de sondages sur un diagramme en échelle bilogarithmique (Rami et al. 2011). On porte en abscisse les longueurs $AB/2$ et en ordonnée les valeurs des résistivités apparentes.

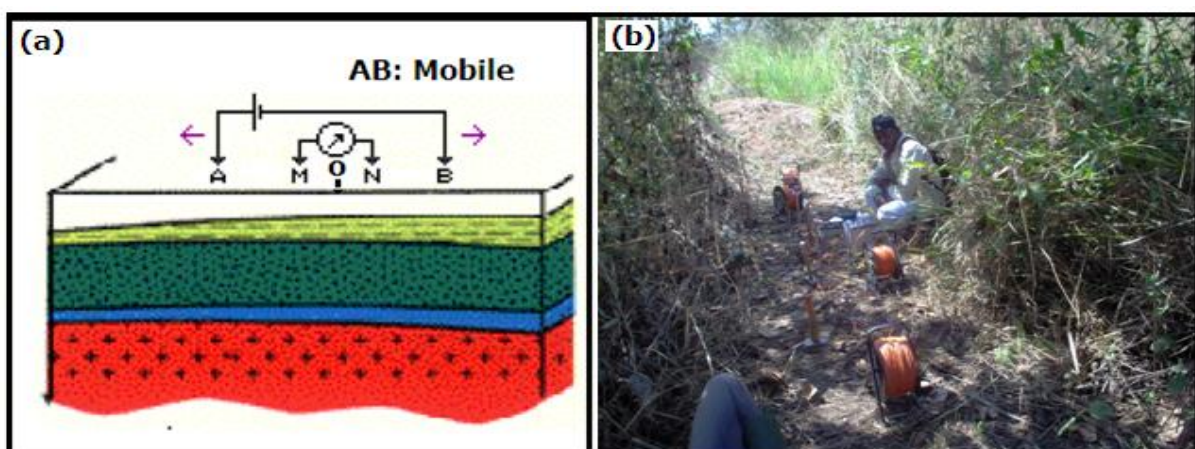


Figure 7 : Dispositif de sondage électrique de Schlumberger

2.1.4 Dispositif de mesure d'un sondage électrique

Un dispositif de mesure est un arrangement d'électrodes. Cet arrangement utilise quatre électrodes appelées quadripôle dont deux nommées A et B servent pour l'envoi de courant et deux autres nommées M et N servent pour la mesure de la différence de potentiel ΔV (Chapellier, 2000/2001). A et B sont aussi appelés dipôle d'injection tandis que M et N sont appelés dipôle de réception. Une campagne de mesure par sondage électrique se réalise principalement avec un dispositif de mesure bien défini. Parmi ces dispositifs, on peut citer (Telford et al., 1990 ; Kearey & Brooks, 1991 ; Parasnis, 1997 ; Chapellier, 2000/2001):

- le dispositif de sondage de Schlumberger ;
- le dispositif de sondage de Wenner ;
- le dispositif carré.

Dans le cadre de ce travail, les mesures ont été collectées suivant le dispositif de sondage de Schlumberger (figure 6)

2.1.5 Dispositif de sondage de Schlumberger

(a), le point P milieu du dipôle MN est excentré du point O (milieu du dipôle AB) de x .

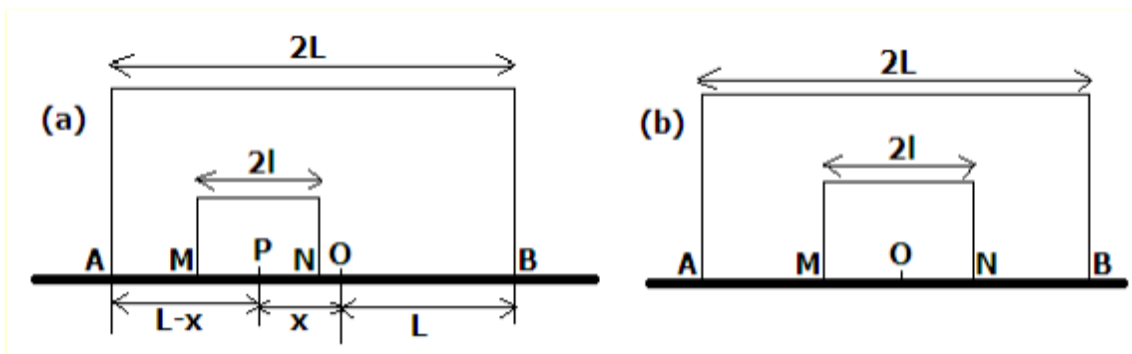


Figure 8 : (a) Dispositif excentré de Schlumberger ; (b) Dispositif centré de Schlumberger

La résistivité apparente déterminée pour chaque cas de figures ci-dessus est celle de l'équation (6). Le facteur géométrique K déterminé par le dispositif de la figure 6(a) est :

$$K = \pi \frac{(L-x-l)(L-x+l)}{2l} \text{----- (7)}$$

Le développement de l'équation (7) en tenant compte de $2l \ll 2L$ permet de trouver

$$K = \pi \frac{(L-x)^2}{2l} \text{----- (8)}$$

La résistivité apparente obtenue est

$$\rho_a = \pi \frac{(L-x)^2 V_{MN}}{2l I_{AB}} \text{----- (9)}$$

Suivant la figure 1(b), $x=0$ et l'équation précédente devient :

$$\rho_a = \pi \frac{L^2 V_{MN}}{2l I_{AB}} \text{----- (10)}$$

La configuration de la figure 1(b) correspond au dispositif symétrique de de sondage de Schlumberger ou dispositif de Schlumberger. La résistivité apparente calculée à travers l'équation (II.18) définit la résistivité apparente du dispositif de de sondage de Schlumberger ou résistivité de Schlumberger (Parasnis, 1997 ; Kearey & Brooks, 1991; Chapellier, 2000/2001 ; Gouet et al., 2013). C'est elle que l'on calcule lorsqu'on effectue un sondage ou une traînée suivant le dispositif de Schlumberger.

2.1.6 Interprétation des courbes électriques

Les courbes électriques sont à leur tour interprétées afin d'obtenir un modèle électrique.

Dans un premier temps, la courbe électrique renseigne sur le nombre de couches que possède le modèle électrique et sur les valeurs relatives de résistivité des couches.

Les types de courbes électriques à plus de trois couches sont nommés de la façon suivante: d'abord on choisit la première lettre du type en considérant les trois

premières couches. Puis la lettre suivante est choisie en omettant la première couche et en considérant les trois couches suivantes et ainsi de suite. Par exemple, pour une courbe électrique à quatre couches dont les résistivités seraient $p_1 < p_2 > p_3 < p_4$, le nom du type de courbe est KH. Pour éviter d'avoir à résoudre les équations complexes qui lient les résistivités apparentes aux résistivités vraies, la transformation des courbes en modèles électriques s'effectuait autrefois à l'aide d'abaques. Aujourd'hui il existe des logiciels (tels SOUNDER, ATO et DCRES) qui facilitent cette étape de l'interprétation.

2.1.7 Exemples d'utilisations des méthodes électriques en hydrogéologie : Structure des réservoirs et qualité de l'eau

Les premiers utilisateurs des méthodes électriques en hydrogéologie ont principalement cherché à corréler les résistivités aux différentes unités lithologiques (les unités réservoirs versus les autres unités) et à la qualité de l'eau contenue dans les horizons saturés. Dans presque tous les cas les méthodes testées avaient pour objectif de compléter les patrons de forages et de diminuer ainsi les coûts de caractérisation hydrogéologique.

La nature (composition, porosité, degré de fracturation, etc.) et l'épaisseur des différentes lithologies sont généralement des informations importantes que les forages permettent d'obtenir. En effectuant des sondages électriques à proximité des forages, il est possible de corréler les résistivités et les unités lithostratigraphiques. C'est l'étape de calibration des sondages électriques. Par la suite, des sondages électriques sont effectués aux endroits où la densité de forages est faible, ce qui permet d'uniformiser le patron d'échantillonnage tout en minimisant les coûts de collecte de données. C'est ainsi que les travaux géophysiques de Frohlich (1973) (sondages électriques) ont complété une série de forages déjà existants au nord-ouest du Missouri. Les sondages électriques ont permis de distinguer un horizon de gravier à fort potentiel aquifère à l'intérieur d'une séquence de dépôts glaciaires

riches en argile et possédant un faible potentiel aquifère. Zohdy (1986) et Al-Ruwaih et al. (1986) ont aussi utilisé les sondages électriques pour délimiter, en plan et en section, des matériaux qui constituent de bons aquifères.

La salinité de l'eau influence la résistivité. A l'intérieur d'un même aquifère, les différences de résistivité peuvent donc résulter d'une variation dans la composition de l'eau (par exemple une lentille d'eau fraîche qui surmonte une lentille d'eau saline). La même chose s'applique pour deux aquifères distincts qui auraient les mêmes caractéristiques matricielles mais qui auraient des résistivités différentes.

2.2 Source des données géoélectriques

Les données géoélectriques de terrain utilisées dans le cadre de ce travail sont les données issues d'une campagne d'études géophysiques à Mboundmama par le docteur GOUET Daniel Hervé (Figure 9). Elles sont de bonne qualité (facteur de déviation Q est égale à 0) et ont subi un traitement approprié.

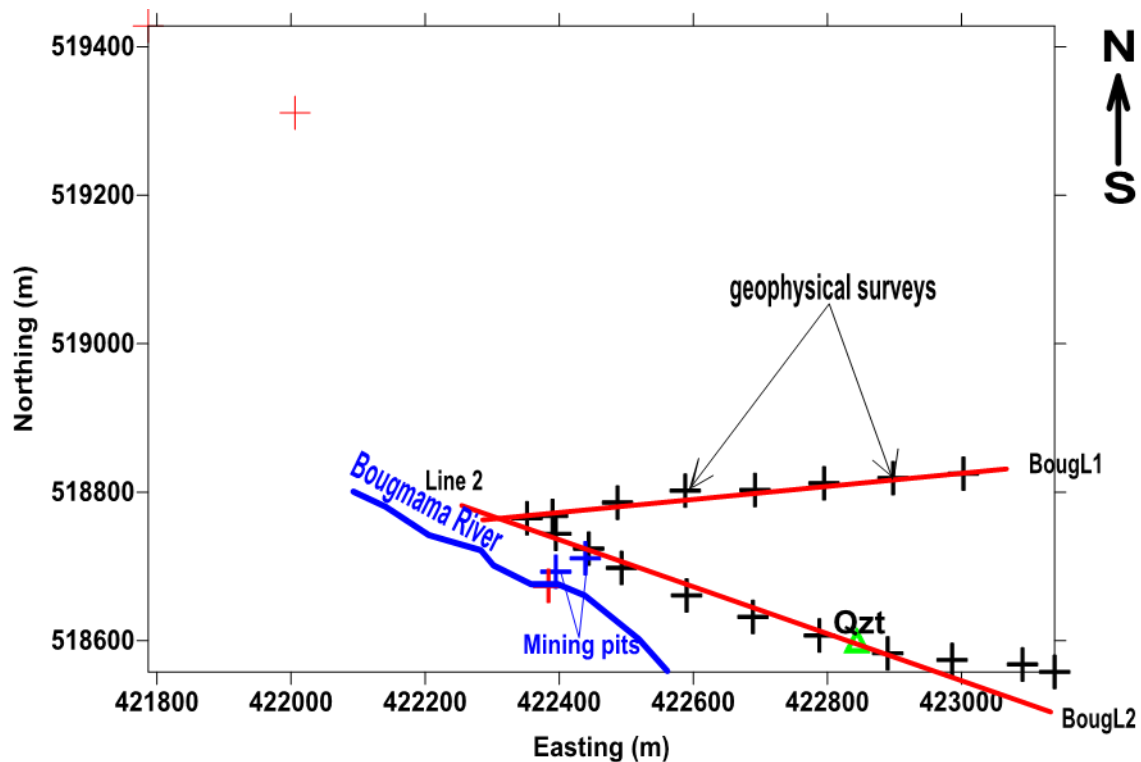


Figure 9 : Points de levés géoélectrique de la zone de Mboundmama

CONCLUSION

En définitive la méthode géophysique de sondage électrique est une méthode de prospection géoélectrique appliquée dans l'exploration du sous-sol par sondage vertical. Elle utilise la méthode de sondage électrique qui est une méthode d'investigation verticale par injection d'un courant électrique afin de déterminer la résistivité et l'épaisseur des terrains traversés. Elle requiert un dispositif de mesure ou un arrangement d'électrodes approprié. Dans la présente étude le dispositif de sondage utilisé est celui de Schlumberger.



CHAPITRE III:
RESULTATS ET
DISCUSSION

INTRODUCTION

Dans ce chapitre il est question de présenter les différents résultats obtenus. Cette présentation sera suivie d'une interprétation plausible et couronnée par une discussion desdits résultats afin de caractériser la structure du sous-sol de la zone d'étude.

3.1 ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

3.1.1 Courbes de sondages

La zone d'étude a été découpée en dix-sept (17) stations suivant deux profils géoélectriques. Pour chaque station une vingtaine de mesures a été réalisée et interprétée à l'aide du logiciel Qwseln. Nous avons ainsi dégagé dix-sept (17) courbes de sondage correspondantes (figures 10-27). Les interprétations de ces courbes de sondage (Annexes 1) ont permis de dégager les hétérogénéités des zones conductrices de la région d'étude et de déterminer d'une part, les épaisseurs et les valeurs de résistivité des couches stériles, et d'autre part les épaisseurs et les valeurs de résistivité de l'aquifère (tableau 1). Ces informations ont permis de circonscrire le niveau piézométrique de l'aquifère et de déterminer les profondeurs éventuelles des puits ou forages de la zone d'étude (tableau 2).

3.1.2 Interprétation des courbes de sondage

La surface de la zone investiguée est enrobée d'un recouvrement (sol et latérite) d'épaisseur moyenne 5 m. Ce recouvrement couvre dans la région de MBoungmama, un granite altéré et fracturé d'épaisseur moyenne 20 m. Les horizons conducteurs caractérisés par les terrains de faibles résistivités, reposent sur un substrat granitique très résistant dont le toit se situe à environ 60 m de profondeur.

Les sondages paramétriques effectués à côté des puits ou des forages et les résultats des interprétations des courbes de sondage électrique ont permis de recueillir au

mieux les informations géoélectriques des terrains traversés. Ces informations permettent de suggérer les caractéristiques (épaisseur et résistivité) du recouvrement ou couche stérile et de l'aquifère de la zone d'étude. Ces caractéristiques ainsi que les profondeurs éventuelles des puits ou forages sont regroupés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Epaisseurs des couches stériles et de l'aquifère

Stations	Résistivités des terrains ($\rho.m-1$)	Epaisseur des terrains (m)	Epaisseur couche stérile (m)	Epaisseur de l'aquifère (m)	Profondeur éventuelle du puit ou forage(m)
Station 1 B.L1-A0	1051.8	2.23			
	1147.9	3.39			
	632.4	2.16	7.78		
	210.0	15.76		15,76	
	824.0	61.82			33,54
Station 2 B.L1-A1	706.5	1.09			
	1606.5	3.55			
	315.9	8.53	13.17		
	242.9	11.89		11,89	
	1054.4	31.92			35,06
Station 3 B.L1-A2	1443.1	2.38			
	1204.2	16.12			

	393.0	18.70	37.2		
	791.6	15.44		15,44	
	3165.1	46.53			62,64
Station 4	1313.8	1.08			
B.L1-A3	1959.8	2.21			
	1199.4	8.08			
	926.9	10.42	21.79		
	330.9	36.39		36,39	68,18
Station 5	369.5	1.22			
B.L1-A4	2417.8	5.80			
	235.4	15.05	22,07		
	413.5	17.67		17,67	
	1084.2	47.81			54,74
Station 6	617.4	1.09			
B.L1-A5	1698.3	4.54			
	549.0	19.09	24,72		
	475.7	33.40		33,4	63,12
Station 7	1222.9	1.58			
B.L1-A6	1194.7	6.29			
	574.9	11.73	19,6		
	162.4	60.05		60,05	79,65

Station 8	240.4	0.82			
B.L2-B1	1626.0	3.16			
	122.9	8.77	12,75		
	298.7	8.37		8,37	
	1047.7	60.87			36,12
Station 9	62.96	0.97			
B.L2-B2	479.9	7.18			
	171.8	12.19	20,34		
	1064.6	25.60		25,6	50,94
Station 10	921.4	1.42			
	897.2	2.31			
	1299.3	5.96	27,22		
	465.6	17.53			
	646.4	21.52		21,52	53,74
Station 11	1245.0	1.48			
	1679.6	3.79			
	1351.6	16.13			
	939.2	29.02	21,4	29,02	
	2019.5	43.67			65,42
Station 12	1034.0	1.54			
	1708.2	13.20	14,74		

B.L2-B7	845.2	50.21		50,21	
	1593.7	60.40			
	1525.6	93.04			79,95
Station 13	1007.5	2.16			
	2372.9	7.61			
B.L2-B9	858.7	8.91	18,68		
	497.6	37.53		37,53	71,21
Station 14	943.8	1.24			
	2312.3	4.53			
B.L2-B11	349.5	7.72	13,49		
	254.6	15.26		15,26	
	3734.9	61.10			43,73
Station 15	473.5	0.95			
	3793.0	3.57			
B.L2-B13	306.5	8.31	12,7		
	261.3	12.70		12,7	
	2160.6	50.79			40,53
Station 16 B.L2-B15	358.4	0.67			
	1860.8	11.29			
	3507.2	11.04	17,39		
	2704.4	17.39		17,39	

	3157.2	69.42			40,39
Station	3088.8	2.52			
17 B.L2-	1338.6	3.68	6,2		
B16	1736.8	6.53		6,53	
	3635.0	40.08			22,73

Tableau 2 : profondeurs éventuelles des puits ou forages de la zone d'étude

Stations	Easting (m)	Northing (m)	Alt (m)	Epaisseurs couches stériles ou niveaux piézométriques (m)	Epaisseurs potentielles de l'aquifère (m)	Profondeurs du puit ou forage (m)
Station 1	422390	518768	628	7,78	15,76	33,54
Station 2	422487	518786	639	13,17	11,89	35,06
Station 3	422588	518802	645	37,2	15,44	62,64
Station 4	422692	518803	650	21,79	36,39	68,18
Station 5	422795	518812	647	22,07	17,67	54,74
Station 6	422898	518819	651	24,72	33,4	63,12
Station 7	423003	518825	653	19,6	60,05	79,65
Station 8	422395	518744	625	12,75	8,37	36,12
Station 9	422444	518724	639	20,34	25,6	50,94
Station 10	422493	518698	642	27,22	21,52	53,74

Station 11	422590	518661	644	21,4	29,02	65,42
Station 12	422689	518632	647	14,74	50,21	79,95
Station 13	422788	518607	652	18,68	37,53	71,21
Station 14	422890	518583	644	13,49	15,26	43,75
Station 15	422986	518574	646	12,83	12,7	40,53
Station 16	423091	518568	646	23	17,39	40,39
Station 17	423139	518558	650	6,2	6,53	22,73

3.1.3 Carte piézométrique

Le niveau piézométrique ou toit de l'aquifère correspond à la profondeur de la couche stérile. Ainsi la carte piézométrique est la carte issue des données des épaisseurs de la couche stérile.

De manière générale, la profondeur du niveau piézométrique dans cette localité varie autour d'une vingtaine de mètre. Dans certains endroits de la zone d'étude, la profondeur du niveau piézométrique est inférieure à 16 mètres (zones entourant les points de coordonnées (422700 m ; 518600 m), (422950 m ; 518600 m), (422500 m ; 518800 m) et (423150 m ; 518600 m)). On retrouve ces endroits aux limites de la zone étudiée. Le pic de profondeur est atteint à presque 40 m au point de

coordonnées (422600 m; 518800 m). Aux alentours immédiats de ce point, la profondeur du niveau piézométrique est supérieure à 26 mètres.

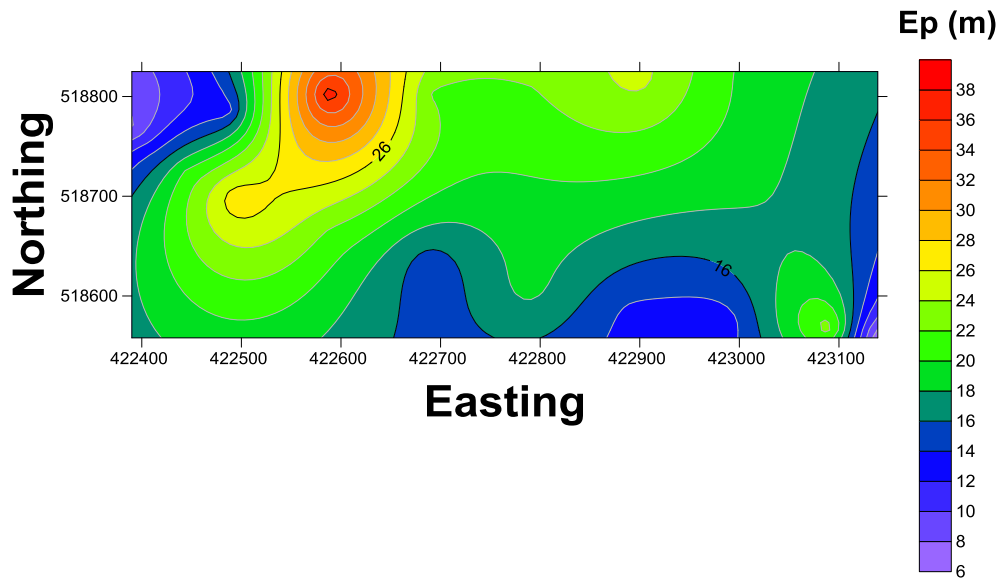


Figure 27 : Carte piézométrique 2D

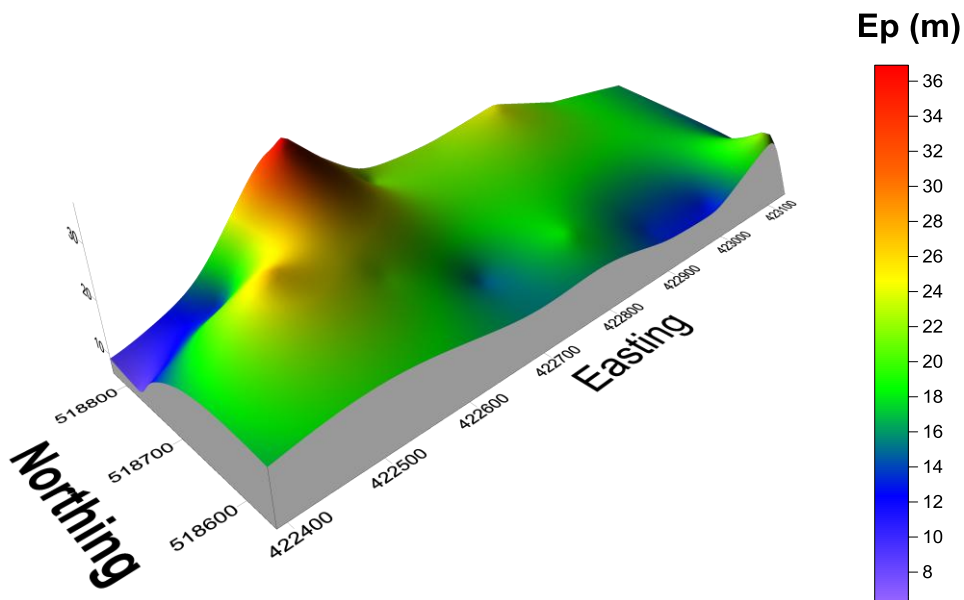


Figure 28 : Carte piézométrique 3D

3.1.4 Carte des épaisseurs de l'aquifère

La carte des épaisseurs de l'aquifère de notre zone d'étude fait état d'une délimitation de quatre zones. La première zone située entre les points de coordonnées (422600 m ; 518800 m) et (4224410 m ; 518768 m) l'épaisseur de l'aquifère ne dépasse pas 22 mètres. Il en est de même dans la zone située entre les points de coordonnées (422850 m ; 518650 m) et (423200 m ; 518600 m). La troisième zone qui ceinture le point de coordonnée (422700 m; 5188650 m), la profondeur de l'aquifère passe de 36 mètres pour atteindre les 40 mètres en ce point. Il en est de même pour la quatrième zone où, la profondeur de l'aquifère varie de 36 mètres jusqu'à titiller les 50 mètres au point de coordonnée (423120 m ; 518850 m). Entre ces zones citées l'épaisseur de l'aquifère moyenne tourne autour des 30 mètres.

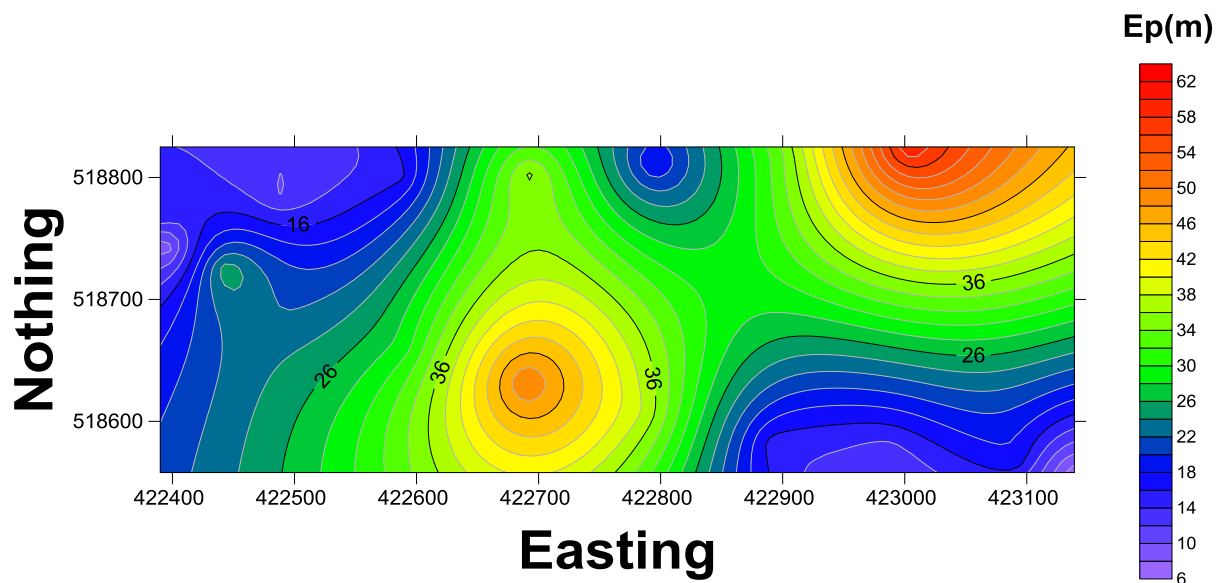


Figure 29 : Carte 2D des épaisseurs de l'aquifère

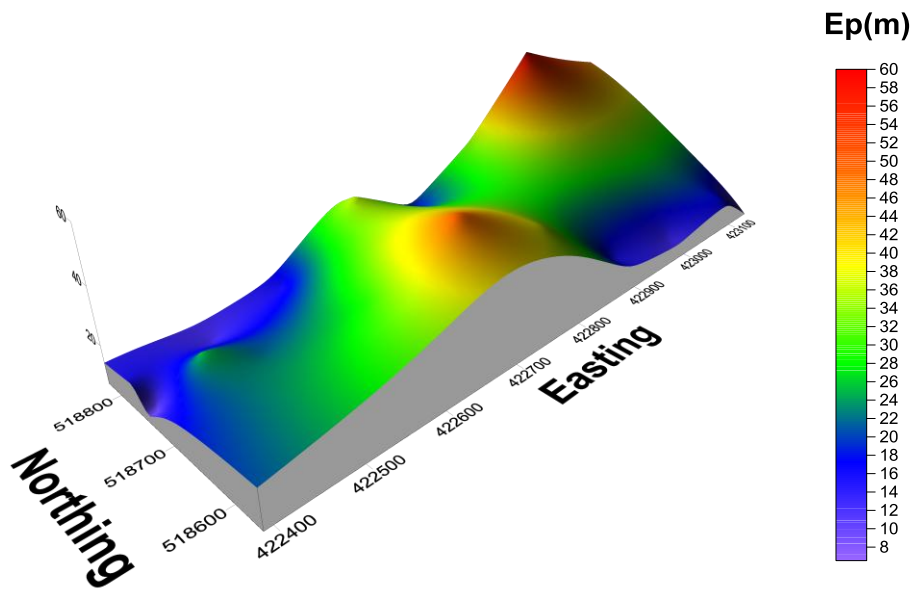


Figure 30 : Carte 3D des épaisseurs de l'aquifère

3.1.5 Cartes 2D et 3D des profondeurs éventuelles des puits ou des forages

Ces cartes nous révèlent que la réalisation d'éventuelles des puits ou forages dans notre zone d'étude nécessite que l'on aille à des profondeurs variant entre 30 et 80 m. Certains endroits notamment la zone entourant les points de coordonnées respectifs (422700 m ; 518650 m) et (423000 m ; 518850 m) sont propices aux forages de plus de 70 mètre de profondeur. Compte tenu du fait que d'un point de vue général, l'on traverse la barre des 30 mètres de profondeur dans cette zone, il est clair que la réalisation des puits est fortement compromise. Cependant, certains endroits situés aux limites de notre zone d'étude (entre les points de coordonnées (422500 m ; 518850 m) et (422300 m ; 518700 m) ; puis entre les points (423100 m ; 518550 m) et (423150 m ; 518530 m)) peuvent abriter des puits dont la profondeur tourne autour des 34 mètres, toutefois cela reste tout de même marginale.

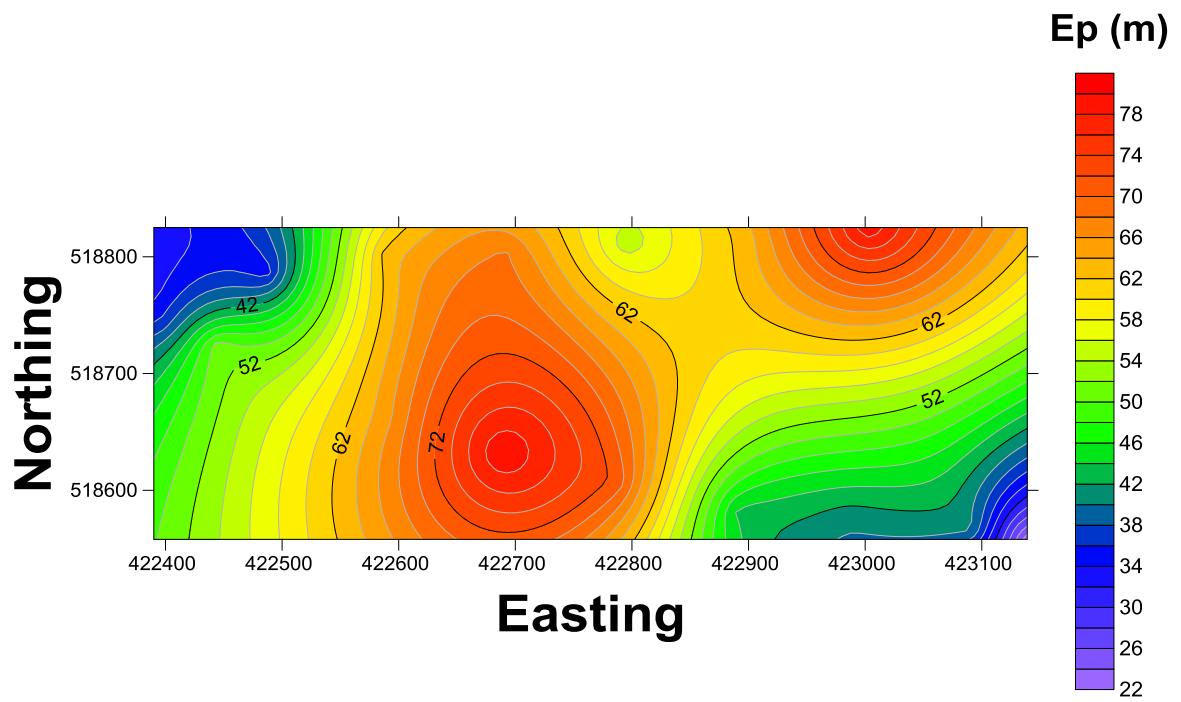


Figure 31 : Carte 2D de la profondeur éventuelle des puits ou forages

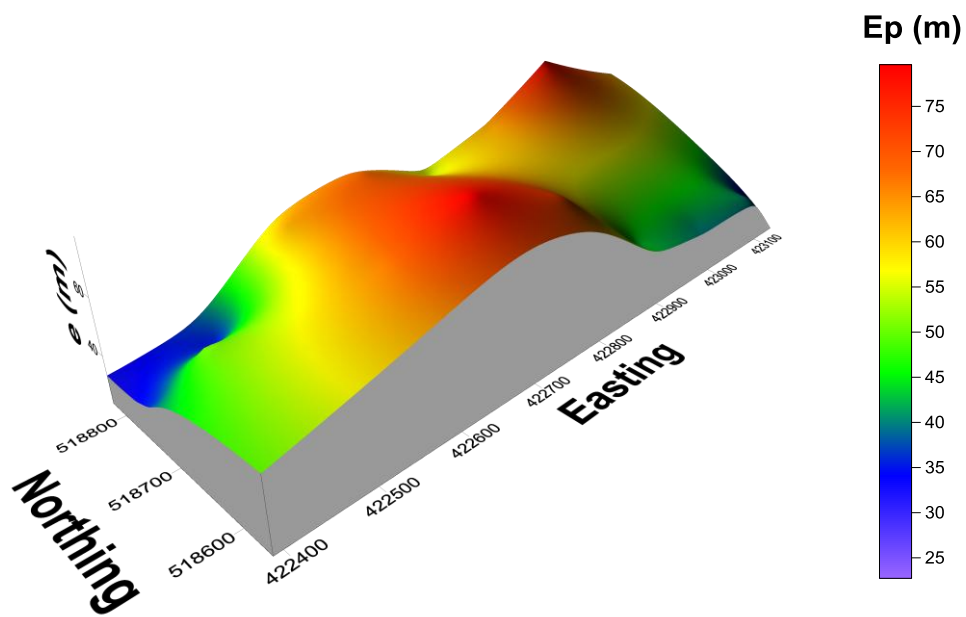


Figure 32 : Carte 3D de la profondeur éventuelle des puits ou forages

3.1.6 Interprétation des cartes piézométriques et des épaisseurs de l'aquifère

Les cartes piézométriques et des épaisseurs de l'aquifère obtenues lors de la modélisation des données de la localité de Mboungmama nous ont révélé un certain nombre d'informations.

La profondeur des niveaux piézométriques du sous-sol de la localité de Mboungmama est en moyenne égale à 20 m. L'épaisseur moyenne de l'aquifère traversant cette localité tourne autour de 30 m, ce qui est tout à fait appréciable. Nous pouvons donc affirmer que la localité de Mboungmama dispose d'un aquifère de bonne qualité car son épaisseur est relativement élevée, cela suppose que son toit et son mur suffisamment éloigné l'un de l'autre.

Compte tenu de la bonne qualité de l'aquifère qui traverse le sous-sol de la zone, la réalisation des forages dans cette zone serait la bienvenu pour l'épanouissement de la population. A ce propos, cela nécessitera que l'on dépasse les 70 m de profondeur afin de garantir le fonctionnement optimal du futur point d'approvisionnement d'eau. Il est vrai qu'il existe une poche isolée de la zone susceptible d'accueillir des puits ou forages dont la profondeur tourne autour de 35 m. Cependant, dans la grande majorité de la zone de Mboungmama, il est souhaitable d'y construire des forages de 70 m de profondeur.

3.2 DISCUSSION DES RESULTATS

L'étude de cette localité nous également permis de constater que son sous-sol dispose d'un aquifère de qualité tout à fait appréciable, compte tenu du fait que sa profondeur moyenne tourne autour des 30 m. Pour garantir la pérennité de cet aquifère, il est souhaitable d'y construire des forages dont la profondeur avoisinera les 70 m.

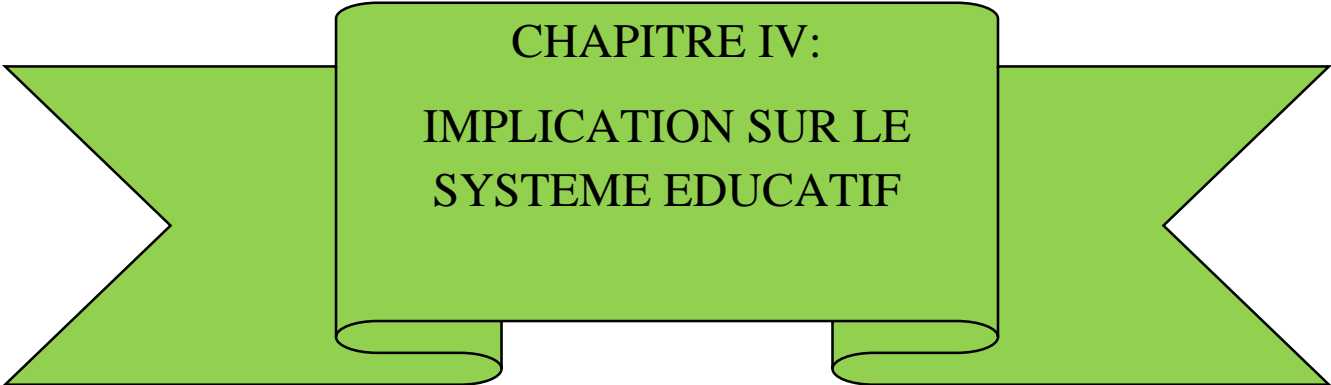
Un puits à eau ou un forage est un ouvrage de captage vertical permettant l'exploitation de l'eau d'une nappe, contenue dans les interstices ou dans les fissures d'une roche du sous-sol qu'on nomme aquifère. L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon très simple grâce à un récipient (seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée. Les puits et les forages sont très divers compte tenu de leur profondeur, leur volume d'eau, leur coût ou leur pureté. Cette dernière justiciable ou non nécessite un traitement avant toute consommation (et qu'il convient d'ailleurs de contrôler non seulement à l'achèvement des ouvrages mais régulièrement).

Il existe trois grandes catégories de puits : les puits creusés, les puits foncés et les puits forés plus communément appelés forages, qui désigne à la fois un ouvrage et une technique de réalisation. Le choix du type d'ouvrage à réaliser dépend essentiellement de la profondeur de la nappe aquifère (il serait par exemple très difficile ou dangereux de faire creuser un puits à la main par des puisatiers à plus de 30 m de profondeur), des données hydrogéologiques du terrain, de la rapidité recherchée ou non et du coût de l'opération. Un puits creusé à la main avec la participation de la population s'avère le plus souvent beaucoup moins coûteux. Enfin, l'ouverture d'un puits creusé à la pioche est bien plus grande (ne serait-ce que pour permettre la descente de puisatiers) que celle d'un puits foncé réalisé en enfonçant des outils dans le sol ou d'un forage dont l'orifice est au contraire étroit compte tenu des outils utilisés et de la grande profondeur à atteindre.

CONCLUSION

Au terme des analyses et interprétations des données géoélectriques, il se dégage que la région d'étude dispose d'un aquifère de bonne qualité car ses caractéristiques sont appréciables. Les couches stériles qui précèdent l'aquifère ont une épaisseur moyenne considérable dans certaines localités garantissant l'accès sécurisé à celui-ci.

Pour garantir la pérennité et la qualité des eaux de cet aquifère dans le village Mboungmama, il serait souhaitable de promouvoir des puits ou des forages dans les localités qui minimisent les risques de pollution.



**CHAPITRE IV:
IMPLICATION SUR LE
SYSTEME EDUCATIF**

INTRODUCTION

Comme toute institution universitaire, l'université de Yaoundé I par le biais de ses grandes écoles doit être en mesure de vulgariser les savoirs-savants au travers de l'enseignement, d'encourager la recherche scientifique et d'aider au développement. Dans ce chapitre nous présenterons les implications pédagogiques sur le système éducatif du travail de recherche réalisé dans le cadre de ce mémoire.

4.1 L'enseignement

L'étude piézométrique de la localité de Mboungmama par la méthode de sondage électrique nous a permis de réaliser des sondages, de relever les niveaux piézométriques à partir des sondages, et d'étudier les qualités d'un aquifère. L'utilisation de la méthode électrique nous a permis de mettre en exergue certaines notions telles que le courant électrique, la résistivité, la différence de potentiel, l'intensité du courant électrique ou encore les lignes de champ électrique. Ce sont des notions qui sont étudiées :

- En seconde A et B : notamment au quatrième chapitre (dont l'intitulé est la production et distribution de l'énergie au Cameroun) du second thème portant sur l'énergie, du programme physique en vigueur dans cette classe ;
- En seconde C et E : nous retrouvons ces notions dans les troisièmes et quatrièmes thèmes (intitulés respectivement : le circuit électrique en courant continu et étude de quelques dipôles électriques), du programme de physique en vigueur de cette classe. Le thème III est bâti autour de deux chapitres : le premier chapitre est intitulé le courant électrique, le second chapitre est intitulé la tension électrique. Dans le thème IV, le premier chapitre intitulé Les résistors permet d'expliquer la notion de résistivité. Les

quatre autres chapitres permettent à l'apprenant de cette classe d'approfondir leurs connaissances sur les autres notions ;

- En première C et E, et en première D : le quatrième thème intitulé énergie électrique structuré en trois chapitres, que l'on retrouve dans les programmes de physique en vigueur dans ces différentes classes évoque largement ces différentes notions ;
- En terminale C et E, et en terminale D : le chapitre I (intitulé : forces et champs) du thème I (intitulé : les mouvements dans les champs de forces) des programmes de physique en vigueur dans ces différentes classes permettent aux apprenant de mieux comprendre les notions de ligne de champ électriques et de différence de potentiel ;

La méthode électrique sans aucun doute est l'une des multiples applications de l'électricité que nous abordons au quotidien avec nos élèves qui sont dans les classes du second cycle de l'enseignement secondaire.

4.2 L'appui au développement

Notre étude nous a permis de relever les niveaux piézométriques à partir des sondages. Les niveaux piézométriques permettent de :

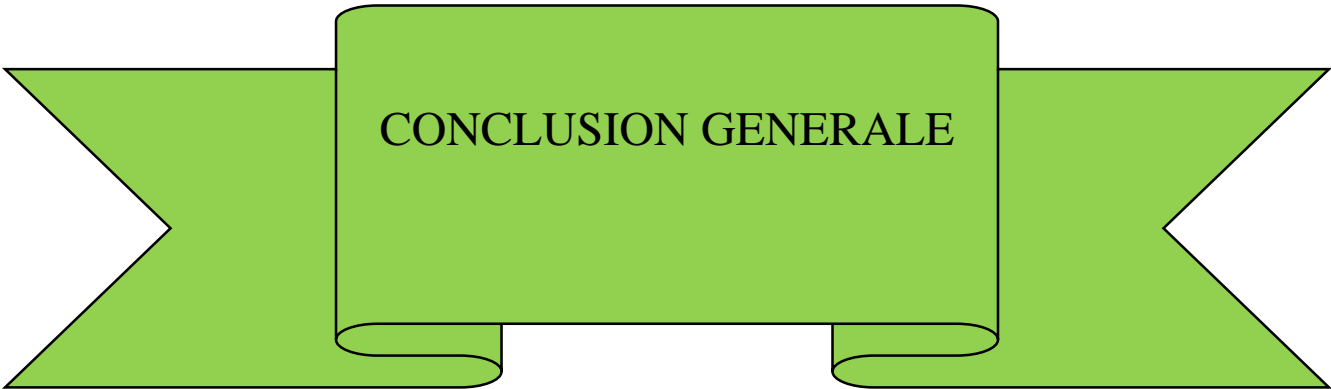
- Relever le distinguo entre puits et forage
- Déterminer la capacité et la qualité d'une nappe phréatique
- Relever l'épaisseur du toit de la nappe phréatique

Dans nos différentes localités reculées, le problème d'approvisionnement en eau potable est très récurrent. Ainsi lorsqu'une localité a la grâce de bénéficier d'une dotation à l'instar d'un forage, il est judicieux de tenir compte des études géophysiques comme celle que nous avons eu à réaliser pour assurer sa bonne mise en œuvre et sa durabilité. En effet lorsque ce n'est pas fait, nous ne sommes pas à l'abri de certaines déconvenues comme l'assèchement de la nappe phréatique ou

encore la mauvaise qualité de l'eau qu'on y prélève. Les enseignants et les apprenants sont des acteurs de développement. Conscient de cela, ils doivent donc accompagner les décideurs tels que les chefs de village, de quartier, les maires et les élites dans le processus de mise en place d'un ouvrage tel qu'un forage. Ainsi, on ne se lève pas un matin pour désigner un endroit de manière aléatoire afin d'y construire un puits ou un forage d'eau. Une étude géophysique préalable est nécessaire. C'est à l'enseignant et aux apprenants de faire comprendre cela aux autres afin de garantir l'approvisionnement en eau potable à toute la communauté par exemple.

CONCLUSION

L'initiation à l'investigation géoélectrique dans la formation initiale de l'enseignant, lui permet non seulement de mieux comprendre le processus d'évaluation, mais aussi de mieux appréhender l'estimation des gisements miniers dans une localité. Elle permet aussi de détecter des aquifères et d'évaluer leurs profondeurs dans l'optique d'une exploitation durable. Non seulement, cela enrichi et rend plus concret les leçons de physique dans les classes du second cycle de l'enseignement secondaire, il y'a aussi le fait que l'enseignant devient un acteur du développement dans la localité où il est affecté, en apportant ses connaissances lorsqu'il s'agit de la mise en place d'un forage ou encore de la mise en service d'un site d'exploitation minier.



CONCLUSION GENERALE

Il était question dans le cadre de notre travail d'évaluer la conductivité du sous-sol de la localité de Mboungmama afin d'établir la carte piézométrique et la carte des épaisseurs de l'aquifère de cette zone. La méthode de sondage électrique est celle utilisée dans le cadre de cette étude. Elle permet d'estimer la profondeur du socle afin de diminuer le taux d'échec des forages. Il s'agit d'une méthode complémentaire pour l'implantation des forages et en général, elle est combinée avec des études de terrain, des cartographies, des analyses des profils lithologiques et des entretiens avec les communautés.

Des levés géoélectriques ont été réalisés à l'aide du dispositif Schlumberger dans le village de Mboungmama par la méthode de sondage électrique. Les données issues de ces levées nous ont permis de réaliser des courbes de sondage, les cartes piézométriques et les cartes des épaisseurs de l'aquifère de la zone d'étude. Les analyses et interprétations des résultats sus-évoqués nous ont révélé la présence d'un aquifère se trouvant à 20 m en moyenne de profondeur. Cet aquifère compte tenu de son épaisseur est de qualité tout à fait appréciable. Afin de garantir la pérennité de cet aquifère, il serait souhaitable de promouvoir l'implantation des puits ou des forages dans cette localité dans la mesure où ils garantissent une bonne qualité de l'eau ainsi que la minimisation des risques de pollution.

Cette étude nous a permis de comprendre l'importance que revêt une étude géophysique. Elle permet non seulement de caractériser le sous-sol d'une localité ou d'une région, mais aussi d'estimer l'épaisseur et la profondeur des éventuels aquifères de la région. Il est crucial de mener une investigation géoélectrique dans une localité avant d'envisager un quelconque projet de développement à caractère minier ou hydrogéologique. Ainsi, ces travaux confirment que la détermination du niveau piézométrique du sous-sol d'une localité par la méthode de sondage électrique est possible et même digne d'intérêt. Pour une valorisation optimale de ces travaux, nous envisageons de mener la même étude cette fois-ci avec d'autres méthodes d'investigation géophysique, l'idée étant de voir leurs influences sur l'efficacité des

résultats, ou encore quelles sont les combinaisons de méthodes les plus adaptées nous permettant d'avoir l'estimation la plus précise sur le niveau piézométrique de la localité. Cela permettra à coup sûr de réduire davantage le taux d'échec des forages.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Abdel Salaam., et Bouyalaoui, J. (2001).Essai d'optimisation de la capacité de retenue d'eau d'un lac par caractérisation géophysique du recouvrement argileux. African Journal of Science and Technology (AJST).Science and Encineering Series Vol. 6, No. 2, pp.12– 22.

Alvarez,Glover, P.W.J., Gómez, J.B., Meredith, P.G., Boon, S.A., Sammonds, P.R., & Murrell, S.A.F. (1998). Modelling the stress-strain behaviour of saturated rocks undergoing triaxial deformation using complex electrical conductivity measurements, in *Surveys in Geophysics*, 17: 307-330.

Bakkali, S. et Bouyalaoui, J. (2005). Contribution de la prospection géoélectrique a la connaissance des ressources en eau dans le village d'Anergui (Tafraoute, Anti-Atlas Marocain). *e-Gnosis*, vol. 3, art. 5, pp.12.

Béhaegel, M. et Gourry, J. C. (2003). Investigation de pollutions organiques par méthodes géophysiques. Rapport. BRGMIRP-52642-FR, 89 pages.

Bessoles, B., & Trompette, R. (1980). Géologie de l'Afrique. La chaîne panafricaine: "zone mobile" d'Afrique Centrale (partie sud) et "zone mobile" soudanaise – Mémoires du Bureau de recherches géologiques et minières, 92: 396 pp.

Binley, A., & Kemna, A. (2005). DC resistivity and induced polarization methods, in *Hydrogeophysics, Water Sci. Technol. Libr.*, Vol. 50, edited by Y. Rubin and S. S. Hubbard, 129-156, Springer, New York.

Biste, M. H., Bufler, R. and Friedrich, G. (1991). Geology and exploration of gold placer deposits the Precambrian shield of eastern Bolivia. In: ORST DPJDP-DTCD, Eds., International Symposium on alluvial gold placers. La Paz: 148-158

Black, H. (1985). Le Panafricain et son influence sur l'évolution géologique Phanérozoïque. Dans l'évolution géologique de l'Afrique. Séminaire de formation, Soc.Geol., France, 115p.

Bleil, D.F., (1953). Induced polarization: A method of geophysical prospecting, *Geophysics*, 18, 636-661.

Boiero, D., Godio A., Naldi, M., and Yigit, E. (2010). Geophysical investigation of a mineral groundwater resource in Turkey. *Hydrogeology Journal*. Pp 15.81-84, Amsterdam, Elsevier, 227 pp.

Börner, F., & Schön, J., (1991). A relation between the quadrature component of electrical conductivity and the specific surface area of sedimentary rocks: *The LogAnalyst*, 32: 612-613.

Börner, F.D. (2006). Complex conductivity measurement, in *Groundwater Geophysics - A Tool for Hydrogeology*, edited by R. Kirsh, 119-153, Springer, Berlin, Germany.

Burger, R. H., Sheehan F. A. and Jones C.H. (2006). Introduction to applied geophysics: Exploring the shallow subsurface. w. w. Norton & Company, Inc., 500 Fifth. Avenue, New York. pp 265-347.

Cahen, L., Sneling, N. J., Delhal, J. and Vail, J. R. (1984). The geochronology and evolution of Africa. Clarendon Press, OXFORD, 169 pages.

Campbell, D.L., and Fitterman, D.V. (2000). Geoelectrical methods for investigating mine dumps. In *Proceedings of the 5th International Conference on*

Castaing et Criaud, (1992). *Géographie du Cameroun*. Edition Hatier, p 102.

Chapellier, D. (2000/2001). Prospection électrique en surface. Cours de géophysique. Université de Lausanne, Institut Français de Pétrole, 98 pages.

Cornachia, M., & Dars, R. (1983). Un trait majeur du continent africain. Les Linéaments centrafricains du Cameroun au Golfe d'Aden. *Bull. Soc. Géol. France*, Vol 7, tome 27(1), 102-109.

Fairhead, J. D., and Okereke, C. S. (1988). Depth to major density contrast beneath the West African rift system in Nigeria and Cameroon based on the spectral analysis of gravity data. *Journal of African Earth Sciences*, 7: 769-777.

Gazel, J. et Giraudie, C. (1965). Notice explicative sur la region Abong-Mbang Ouest et Batouri de la carte géologique de reconnaissance. Mémoire du BRGM, No 92, Direction des Mines et Géologie, Yaoundé, Cameroun, 1965, 29 pages.

Geotomo Software. Res2dinv 3.5 software

Gouet, D.H., Ndougsa-Mbarga, T., Meying, A., Assembe, S.P., and Man-Mvele Pepogo, A.D. (2013). Gold mineralization channels identification in the Tindikala-Boutou area(Eastern-Cameroon) using geoelectrical(DC& IP) methods: a case study. *International Journal of Geosciences*, 4, 643-655.

Holliday, J. R., and Cooke, D. R. (2007). Advances in Geological Models and Exploration Methods for Copper ± Gold Porphyry Deposits. *Ore Deposits and Exploration Technology*. Paper 53, p. 791-809.

Hourcq, V., (1966). Les grands traits de la géologie des bassins côtiers du groupe équatorial. Union internationale des sciences géologiques, association des services géologiques Africaines ; Paris, 163-170.

Iris Instrument. Prosys v09.05.00 software.

Jenny, J. and Borreguero, M. (1999). Winsev 5, 1-D inversion software, guide de l'instructeur

Keary, P., and Brooks, M. (1991).An Introduction to Geophysical Exploration. Blackwell Scientific Publications, 2 nd ed. 254 p.

Kedzy, A. 1979. Soil physics. Development in geotechnical engineering 25 company. Elsevier Scientific publishing, New York, 160p.

Kennedy, W.Q. (1964). The structural differentiation of Africa in the Pan African(500million years) tectonic episode. 8 th ann. Rep. Res. Ins. Afr. Geol. Lees Univ. Uk, 20: 48-49.

Klein, C. (2005). Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry and origin. *American Mineralogist*, 90: 1473-1499.

Klein, D.J., & Sill, W.R. (1982). Electrical properties of artificial clay-bearing sandstones, *Geophysics*, 47: 1593-1605.

Keary, P. and Brooks, M. (1991). *An Introduction to Geophysical Exploration.* Blackwell Scientific Publications, 2nd ed.254 pages.

Klitgord, K. D., and Schouten, H. (1987). Plates kinematics of the Central Atlantic. In: B. E. Geomatics Research, Australia 7: 411-460.

Loke M. H. (2004). Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys.

Martin,Champétier de Ribes, G., et Aubague, M. (1956). Notice explicative sur la feuille Batouri-Est(1/500 000). Dir. Mines et Géol. Du Cameroun, Yaoundé. 35p.

Martin,Champétier de Ribes, G. et Reyre, D. (1959). Carte géologique de reconnaissance du Cameroun au 1/500 000, feuille Batouri-Ouest avec notice explicative, 31P, Paris.

Meying, A., Ndougsa-Mbarga, T. and Manguelle-Dicoum, E. (2009). Evidence of fractures from the image of the subsurface in the Akonolinga-Ayos area (Cameroon) by combining the Classical and the Bostick approaches in the interpretation of audio-magnetotelluric data. *J. Geology and Mining Research*, 1(8): 159-171.

Mvondo, H., Den-Brok, S.W.J., & Mvondo-Ondoa, J.(2003). Evidence for symmetric extension and exhumation of the Yaoundé nappe (Pan-African Fold Belt, Cameroon). *J. Afr. Earth Sci.*, 35, 215-231.

Mvondo H., Owona, S., Mvondo-Ondoa, J., & Essono, J. (2007). Tectonic evolution of the Yaoundé segment of the Neoproterozoic Central African Orogenic Belt in southern Cameroon. *Can. J. Earth Sci.*, 44, 433-444.

Ngako, V., Jegouzo, P., et Nzenti, J.P. (1991). Le Cisaillement Centre Camerounais. Rôle structural et géodynamique dans l'orogénèse panafricaine. *Comptes Rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, 313: Njonfang, E., Ngako V., Moreau, C., Affaton, P. and Diot, H. (2008). Restraining bends in high temperature shear zones: The "Central Cameroon Shear Zone", Central Africa. *Journal of African Earth Sciences* 52, 9-20.457– 453.

Nyeck, J., Toteu, S. F., Van Schmus, W. R. and Nzenti, J. P. (1993). U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on the Yaounde series, Cameroun: re-interpretation of the granulitic rocks as the suture of a collision in the Central Africa belt. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 317 (II), 789-794

Nzenti, J.P., Barbey, P., et Moreau, C. (1984). Un nouvel exemple de ceinture granulitique dans une chaîne protérozoïque de collision : les Migmatites de Yaoundé au Cameroun. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 299, Sér. II, 1187-1199.

Nzenti, J.P., Barbey, P., Macaudière, J., et Soba, D. (1988). Origin and evolution of the late Precambrian high-grade Yaounde gneisses (Cameroon). *Precambrian Research* 38, 91-109.

Okay, G.(2011). Caractérisation des hétérogénéités texturales et hydriques des géomatériaux argileux par la méthode de Polarisation Provoquée :Application à l'EDZ de la station expérimentale de Tournemire. *Thèse de Doctorat de l'Univ. , de Pierre et Marie Curie (Paris 6), Géophysique Appliquée. pp.427*

Olinga, J. B., Mpesse, J. E., Minyem, D., Ngako, V., Ndougsa-Mbarga, T., & Ekodeck, G. E. (2010). The Awaé – Ayos strike-slip shear zones (Southern-Cameroon) : Geometry, kinematics and significance in the late Panafrican tectonics. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 257(1), 1-11.

Parasnis, D. S. (1997). Principles of Applied Geophysics. 5th edition Chapman and Hall, London, England, 436 pages.

Pénaye, J., Toteu, S.F., Michard, A., Van Schmus, W.R., et Nzenti, J.P. (1993). U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on the Yaoundé serie, Cameroon : reinterpretation of granulitic rock as the suture of the collision in the « Centrafricain » belt. *Compte Rendu Academie des Sciences* 317, 789-794.

Pepogo, A.D. (2013). Gold mineralization channels identification in the Tindikala-Boutou area(Eastern-Cameroon) using geoelectrical(DC& IP) methods: a case study. *International Journal of Geosciences*, 4, 643-655.

Poidevin, J. L. (1983). La tectonique Panafricaine à la bordure Nord du Craton du Congo. L'orogénèse des Oubanguides.12th Coll. Afr. geol., Bruxelles, p 75.

Raimi, J., Abdulkarim, M. S., Hamidu, I and Arabi, A. S. (2011). Application of Schlumberger vertical electrical sounding for determination of suitable sites for construction of boreholes for irrigation scheme within a basement complex. *International Journal of Multidisciplinary Sciences And Engineering*, Vol. 2, 6, 81-84,

Regnault, J. M. (1986). Synthèse géologique du Cameroun. pp. 119.

Regnault, J. M. (1986). Synthèse géologique du Cameroun. pp. 119.

Rolin, P. (1995). La zone de décrochement panafricain des Oubanguides en République Centrafricaine. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 320(IIA), 63-69.

Shandini, Tahmasbinejad, H., Hoseini, F. Z., Mumipour, M., Kaboli, A. and Najib, M. (2012). Delineation of the Aquifer in the Curin Basin, South of Zahedan City, Iran. *The Open Geology Journal*, Volume 6, 1-6.

Sumner, J. S., (1976). Principles of induced polarization for geophysical exploration, Amsterdam, Elsevier, pp. 227.

Tchameni, R. (1997). Evolution tectono-métamorphique à l'Archéen et au Paléoprotérozoïque du Carton du Congo, région d'Eboulawa, Sud-Cameroun. Thèse Doct. Etat, Univ. Paris VI, 198 p.

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A. , (1990). Applied geophysics. 2th edition Cambridge University press, Cambridge, G B, pp.770.

Theunissen, Palacky, G. J. (1992). Resistivity characteristics of geologic targets. In MN Nabighian, Ed, electromagnetic methods in Applied Geophysics, vol. 1 (theory) IG, No 3, Society of Exploration Geophysics, pp 53-129

Toteu, S.F., Yongue, F.R., Pénaye, J., Tchakounté, J., Seme Mouague, A.C., Unternehr, P., Curie., Olivet, J.L., Goslin, J., and Beuzart, P. (1988). South Atlantic fits and interpolates boundaries in Africa and South America. Tectonophysics, 155: 169-179.

Trompette, R. (1994). Geology of western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African-Braziliano aggregation of South America and Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands.

Van Schmus, W. R., Deloule, E., et Stendal, H. (2006). U–Pb dating of plutonic rocks involved in the nappe tectonic in southern Cameroon: consequence for the Pan-African orogenic evolution of the central African fold belt. J. of Afr. Earth Sci., Vol. 44, Issues 4-5, 479-493.

Vicat, J.P., Pouclet, A., et Koumbou, C. (1996). Distinction au sein du craton congolais du Sud-ouest du Cameroun de deux épisodes doléritiques initiant les cycles orogéniques éburnéen (paléoprotérozoïque) et panafricain (Néoprotérozoïque). C.R. Acad. Sc., Paris, T. Série IIa, 575-582.

ANNEXES : Courbes de sondage de la zone d'étude

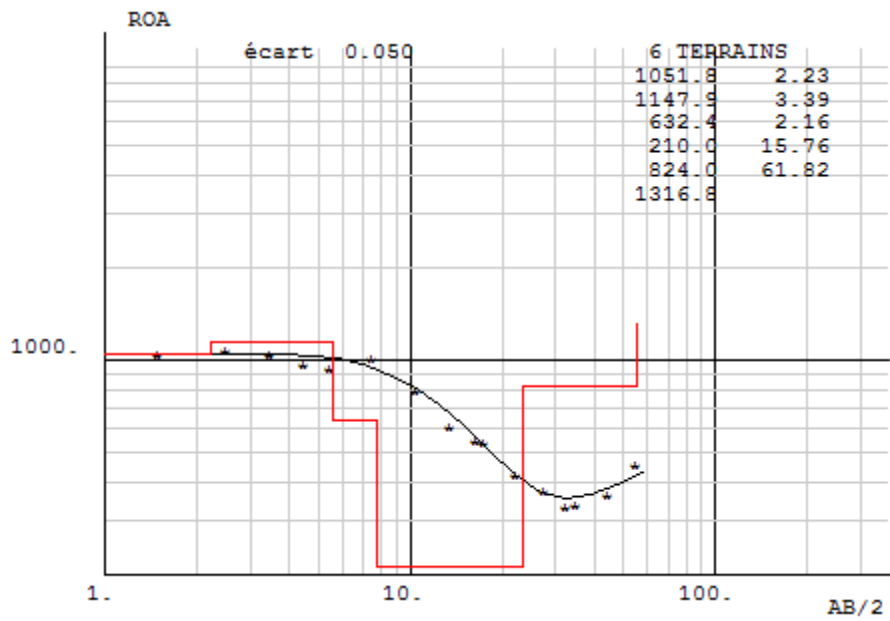


Figure 10 : courbe de sondage station 1

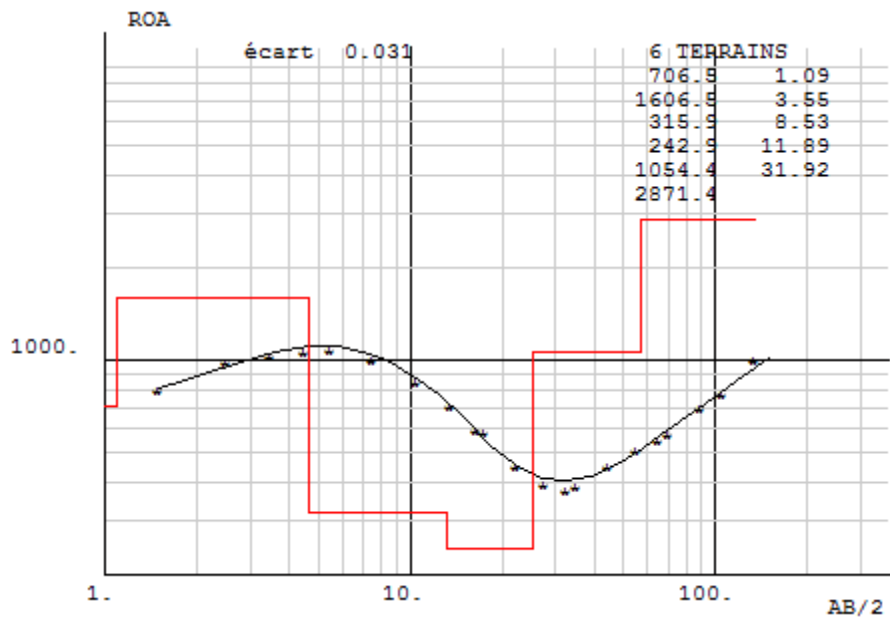


Figure 11 : courbe de sondage station 2

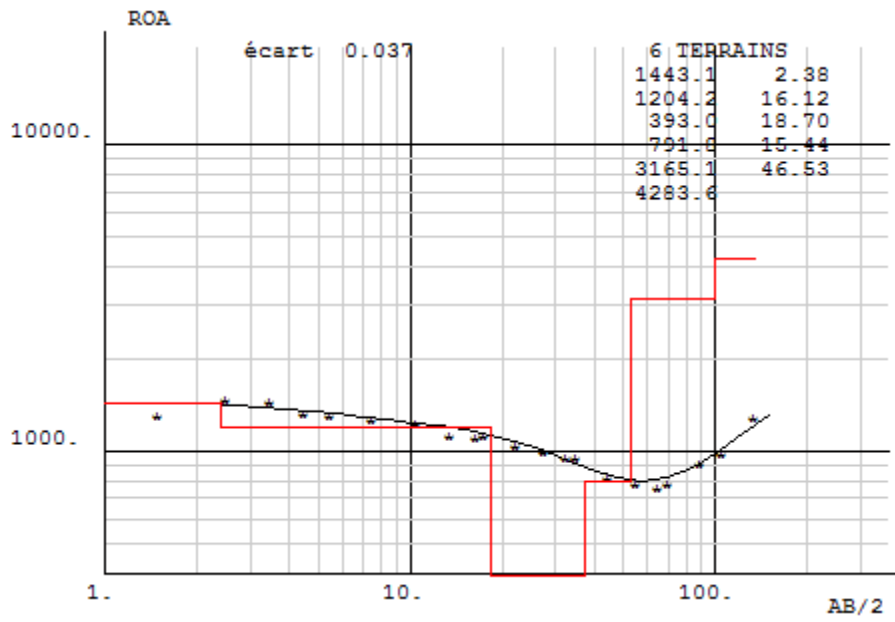


Figure 12 : courbe de sondage station 3

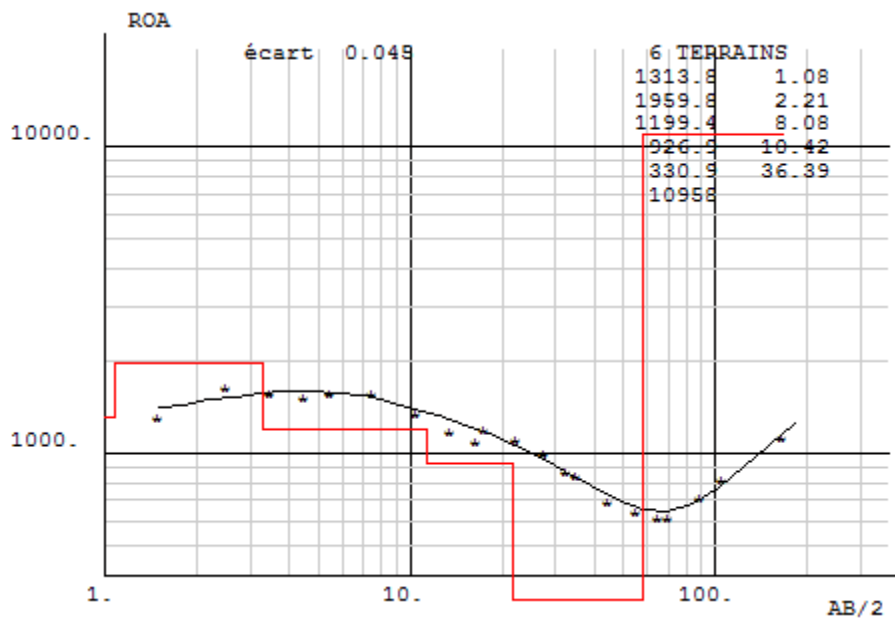


Figure 13 : courbe de sondage station 4

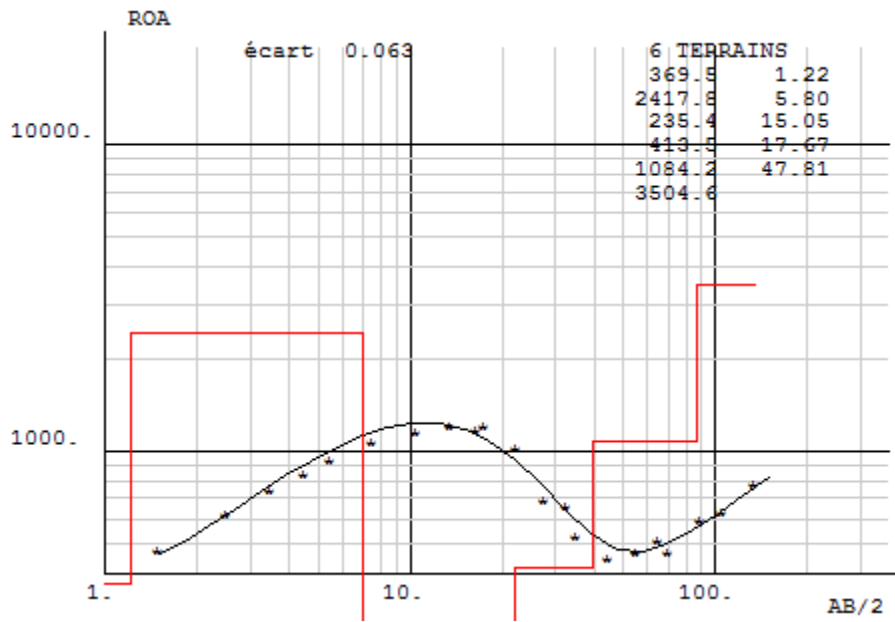


Figure 14 : courbe de sondage station 5

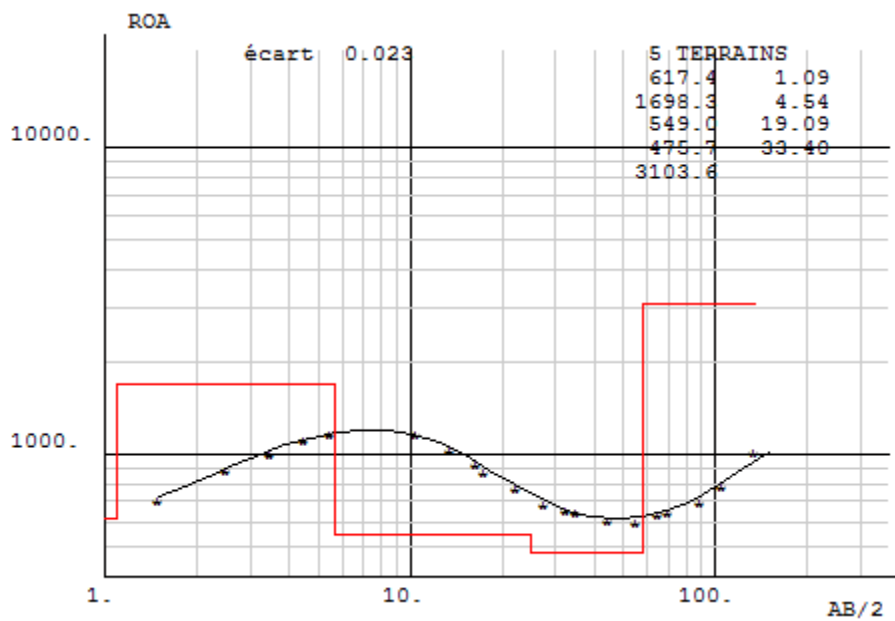


Figure 15 : courbe de sondage station 6

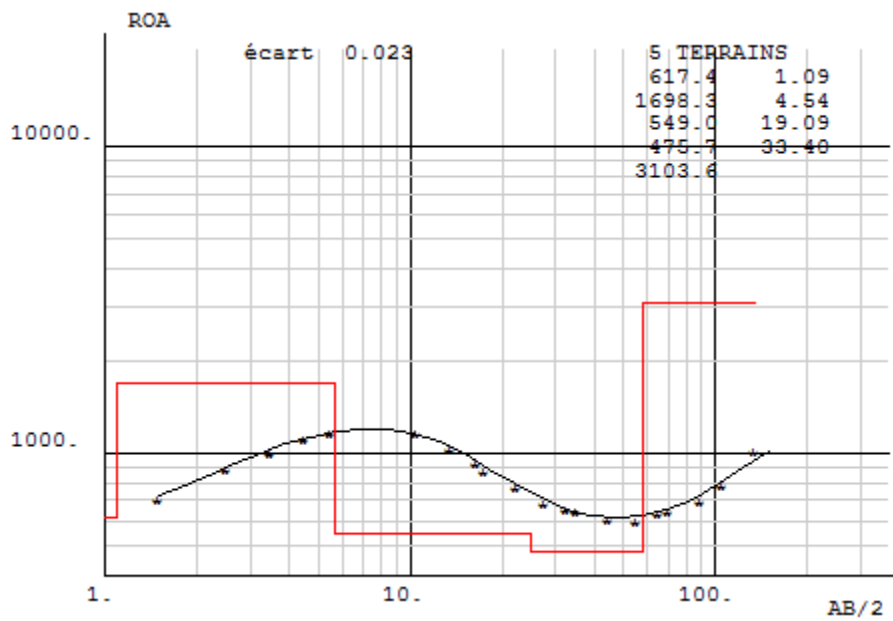


Figure 16 : courbe de sondage station 7

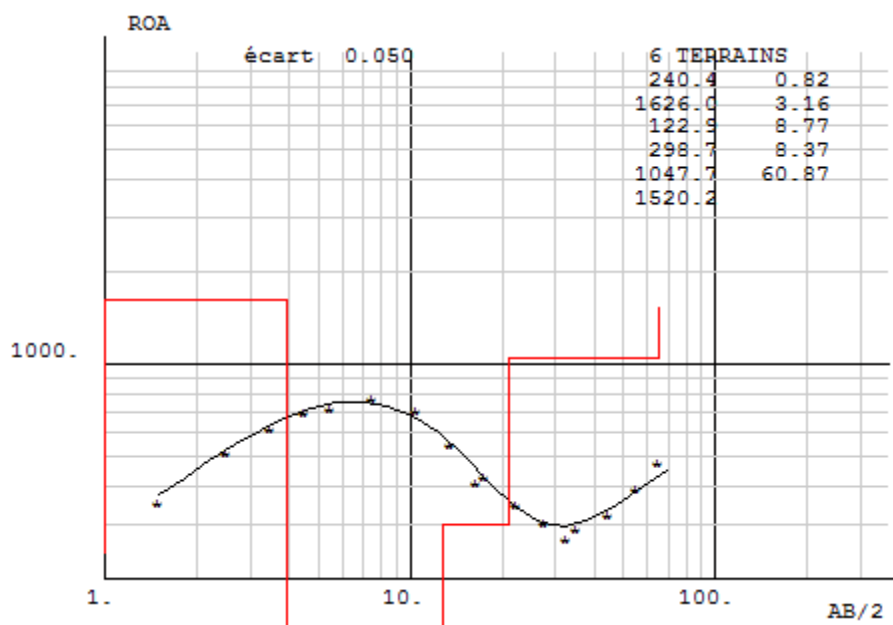


Figure 17 : courbe de sondage station 8

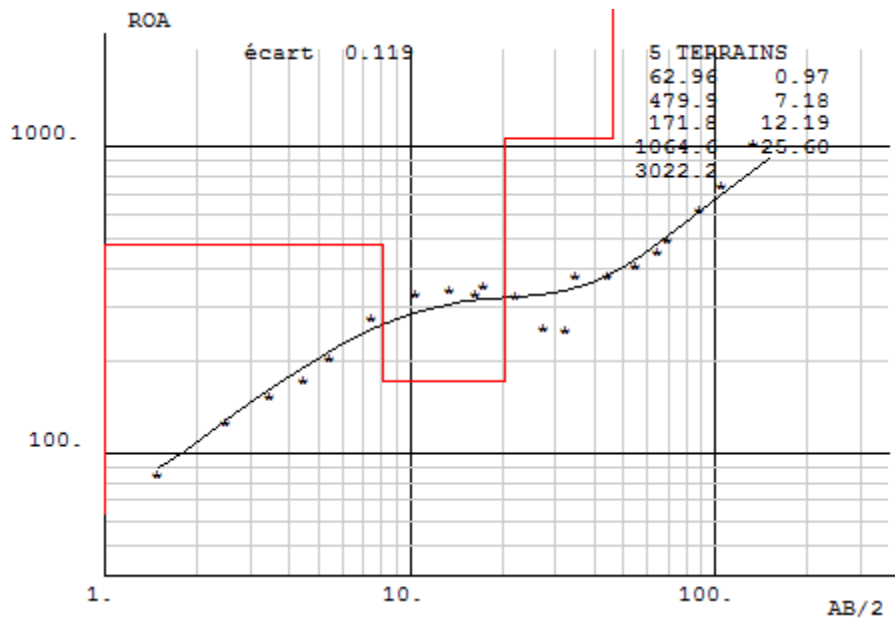


Figure 18 : courbe de sondage station 9

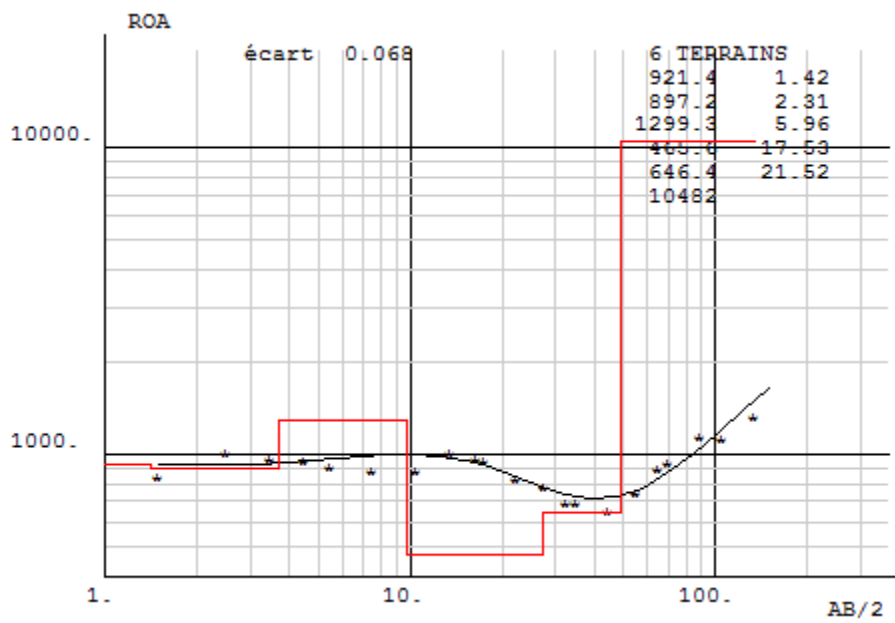


Figure 19 : courbe de sondage station 10

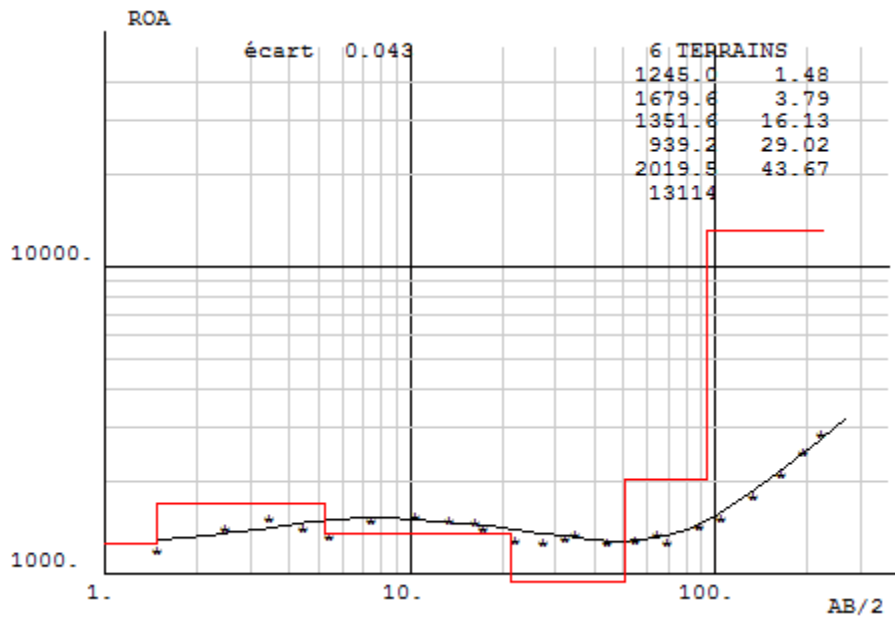


Figure 20 : courbe de sondage station 11

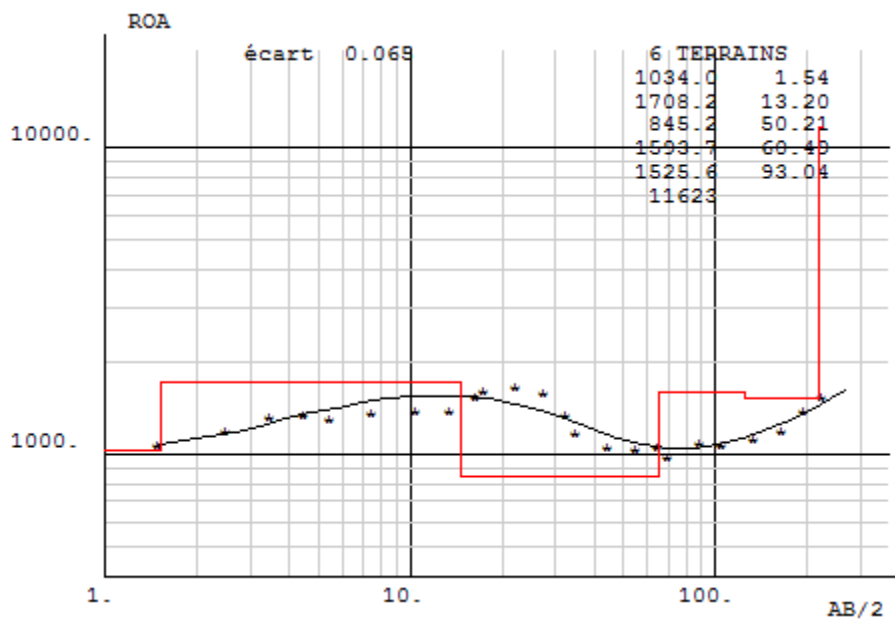


Figure 21 : courbe de sondage station 12

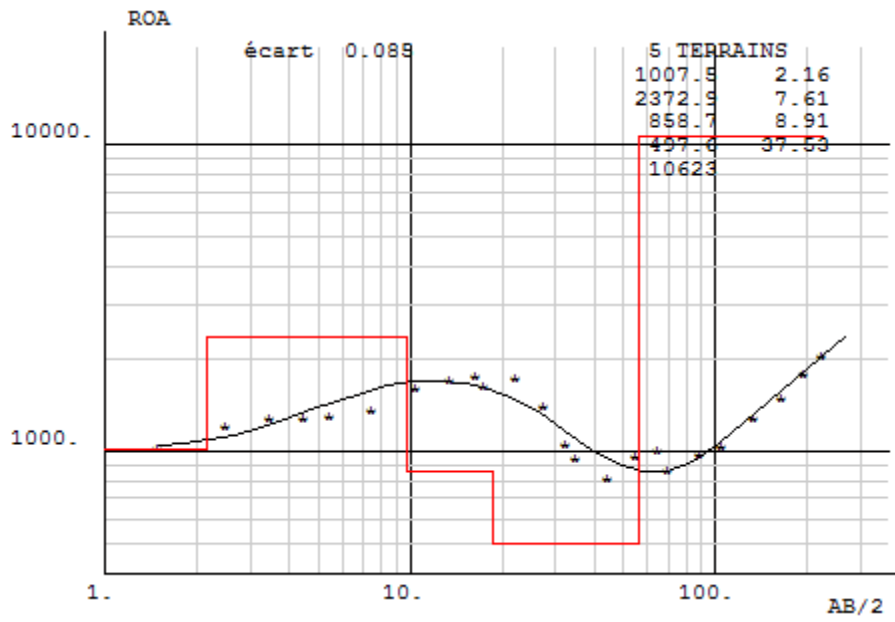


Figure 22 : courbe de sondage station 13

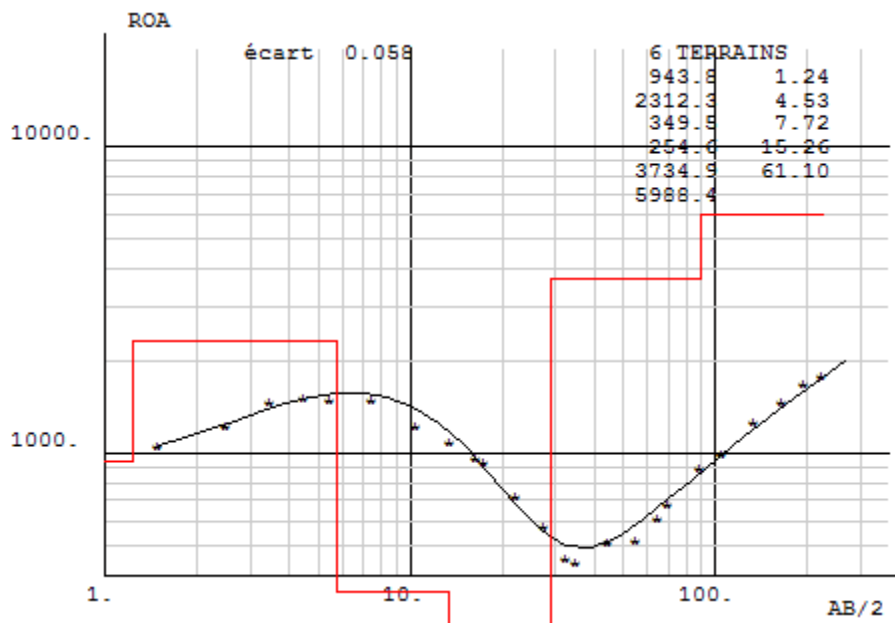


Figure 23 : courbe de sondage station 14

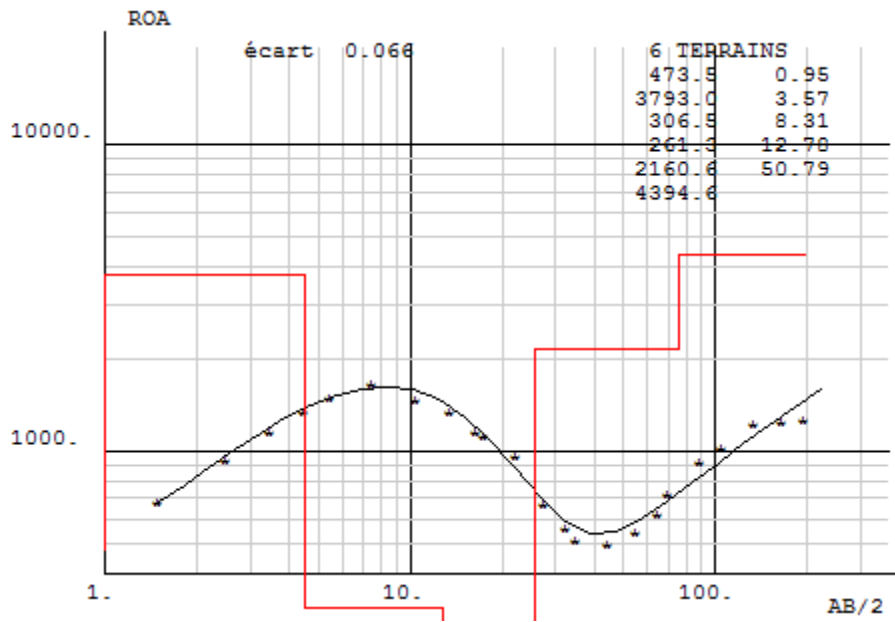


Figure 24 : courbe de sondage station 15

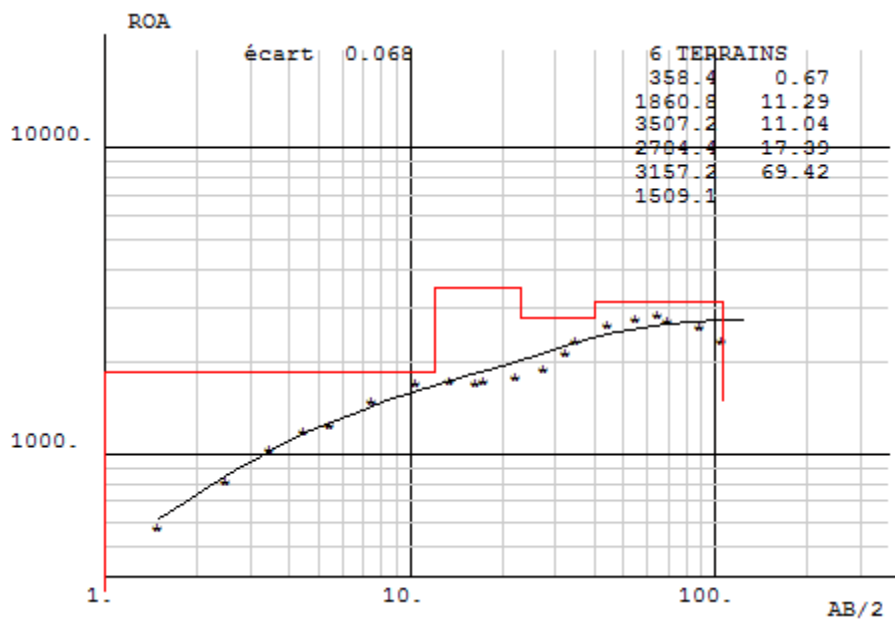


Figure 25 : courbe de sondage station 16

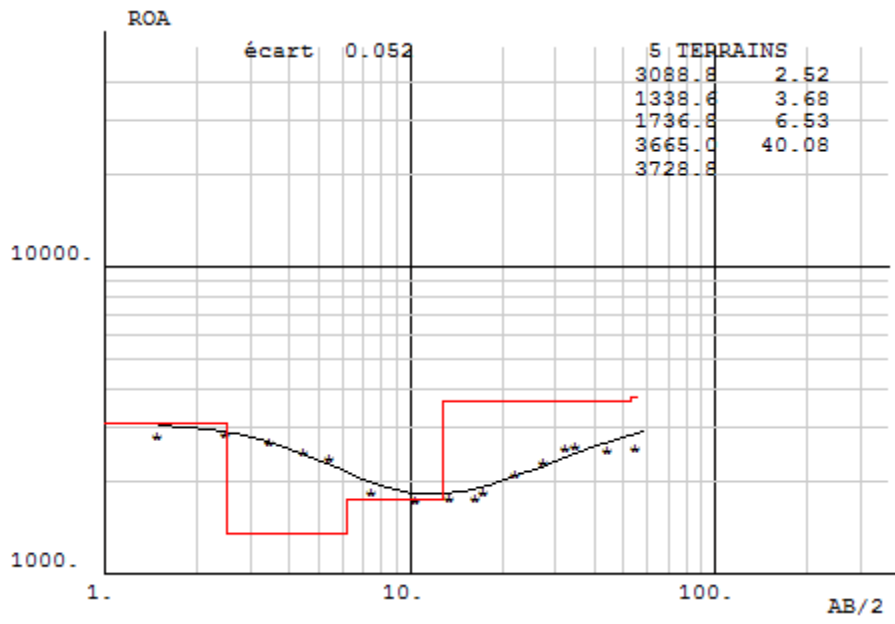


Figure 26 : courbe de sondage station 17