



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement  
International Institute for Water and Environmental Engineering

Groupe

EIER-ETSHER



BEESTH

**FORMATION POST-UNIVERSITAIRE DE SPECIALISATION EN  
EAU POUR L'AGRICULTURE ET L'APPROVISIONNEMENT DES COMMUNAUTES (E.A.C)**

**OPTION : Mobilisation des Eaux Souterraines et Approvisionnement  
des Communautés (MESAC)**

**APPORT DES METHODES DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE A  
L'AMELIORATION DU TAUX DE SUCCES DE REALISATION DES FORAGES D'EAU  
DANS DEUX TYPES DE FORMATIONS GEOLOGIQUES DU SOCLE  
PALEOPROTEROZOÏQUE DU BURKINA FASO : LES SCHISTES ET LES GRANITES**

**Mémoire présenté par : *KONKOBO T. Colette***

Devant le jury composé de :

Le .....Mars 2006

Année académique: 2005-2006

## Dédicaces

A mes grands parents;  
A mes soeurs disparues ;  
Reposez vous en paix.

A mes parents ;  
A mes frères et à mes sœurs ;  
Merci pour tout ce que vous êtes et représentez pour moi. Puisse Dieu vous garder encore le plus longtemps possible en vie. Soyez rassurés de notre indéfectible amour filial.

A Aimé, merci pour ta complicité, ton amour. Ce travail est aussi le tien!  
Reçoit le témoignage de mon indéfectible amour.

A tous mes collègues des filières EAC (AH et MESAC) et GSE de l'année 2005-2006 ;  
En souvenir de nos moments agréables et difficiles passés ensemble.  
Ayons la conscience professionnelle et restons solidaire.

## Remerciements

Nous adressons nos remerciements au président et aux membres du jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement:

Mr ZANZE Alfred, Directeur Général du bureau d'études BEESTH. Nous gardons en mémoire vos judicieux conseils et remarques qui nous ont permis de perfectionner nos connaissances pratiques et mener à bien nos travaux de terrain au sein de votre structure ; Veuillez trouver ici, l'expression de notre profonde et sincère gratitude.

Mr LOMPO Justin, Ingénieur d'Hydrogéologie à BEESTH. Malgré vos multiples occupations de terrain et de bureau, vous avez accepté de diriger nos pas tout au long de ce travail. Nous gardons de vous, la rigueur scientifique, l'exigence du travail bien fait et surtout une disponibilité constante, ce qui nous a permis de mener ce travail à terme ;Puisse ce travail être à la hauteur de vos attentes. Profonde gratitude

Tout le personnel du bureau d'études BEESTH ; veuillez trouver ici le témoignage de notre sincère reconnaissance.

Tout le corps Enseignant, personnel technique et administratif du groupe des écoles EIER-ETSHER qui n'ont ménagé aucun effort pour apporter leur contribution à la réalisation de ce travail. Merci.

# Table des matières

	<b>Page</b>
Résumé .....	2
Introduction .....	3
Historique et activités de la structure d'accueil de stage .....	4
Problématique.....	5
Choix de la zone et but de l'étude .....	5
I- Présentation de la zone d'études .....	6
I- 1- situation géographique .....	6
I-2- géologie et hydrogéologie du secteur d'études .....	9
I-2-1- Géologie .....	9
I- 2- 2- Hydrogéologie .....	14
II- apport de la géophysique électrique dans l'amélioration du taux de succès de réalisation des forages dans les granites et schistes birimiens .....	16
II-1- objectifs et intérêt de l'étude .....	16
II-2 – Matériel et méthode .....	16
II-2-1- La prospection géophysique .....	16
II-2-2- Le suivi contrôle des travaux .....	20
II- 3 - résultats et interprétation .....	23
II-3-1- La zone des formations géologiques granitoïdiques .....	23
II-3-1-1- Le site de Koubri dans la province du Kadiogo .....	23
II-3-1-2- Le site de Pighin dans la province de l'Oubritenga .....	25
II-3-1-3- Le site de Ziniaré dans la province de l'Oubritenga .....	27
II-3-2- La zone des formations géologiques schisteuses. ....	28
II-3-2-1- Le site de Douré .....	28
II-3-2-2- Le site d e Tegsagbo .....	30
II-3-2-3- Le site de Téma-Natinga .....	32
II-3-2-4- Le site de Tibin .....	34
II- 3- 3- Synthèse et comparaison des résultats .....	36
Conclusion .....	39
Constats et suggestions .....	40
Bibliographie .....	41

## Liste des figures et des photos

	Page
<u>Figure 0a et 0b</u> : Localisation du secteur d'études.....	5
<u>Figure 1</u> : Climat de la zone d'étude.....	6
<u>Figure 2</u> : Pluviométrie de la zone d'étude.....	7
<u>Figure 3</u> : Végétation de la zone d'étude.....	7
<u>Figure 4</u> : Hydrographie de la zone d'étude.....	8
<u>Figure 5</u> : Carte géologique de la dorsale de Léo (BESSOLES, 1977, MILESI et al., 1992 modifiée).....	9
<u>Figure 6</u> : Carte géologique du Burkina Faso.....	9
<u>Figure 7</u> : Géologie de la zone des granitoïdes.....	10
<u>Figure 8</u> : Carte géologique de la zone des schistes.....	11
<u>Photo 1</u> : Affleurement de Granite (chaos granitique).....	12
<u>Photo 2</u> : Affleurement de Schistes (schistosité visible).....	12
<u>Figure 9</u> : Profils d'altération (Rapport BRGM 1992); <b>9 a</b> : aquifère granitique <b>9 b</b> : aquifère sur schiste.....	14

## Liste des tableaux

	<b>Page</b>
<u>Tableau 1</u> : caractéristiques du forage de Koubri.....	<b>23</b>
<u>Tableau 2</u> : lithologie et coupe technique du forage productif du site de Koubri.....	<b>23</b>
<u>Tableau 3</u> : caractéristiques du forage de Pighin.....	<b>25</b>
<u>Tableau 4</u> : lithologie et coupe technique du forage du site de Pighin.....	<b>25</b>
<u>Tableau 5</u> : caractéristiques du forage de Douré .....	<b>27</b>
<u>Tableau 6</u> : lithologie et coupe technique du forage du site de Douré.....	<b>28</b>
<u>Tableau 7</u> : caractéristiques du forage de Tegsagbo.....	<b>29</b>
<u>Tableau 8</u> : lithologie et coupe technique du forage du site de Tegsagbo.....	<b>30</b>
<u>Tableau 9</u> : caractéristiques du forage de Téma-Natinga.....	<b>31</b>
<u>Tableau 10</u> : lithologie et coupe technique.....	<b>32</b>
<u>Tableau 11</u> : caractéristiques du forage de Tibin.....	<b>33</b>
<u>Tableau 12</u> : lithologie et coupe technique du forage de Tibin.....	<b>34</b>
<u>Tableau 13</u> : Comparaison des caractéristiques des différents forages réalisés sur les granites et sur les schistes.....	<b>35</b>

## Liste des abréviations

SE : Sondage électrique

P : Profil

PC : Profondeur conseillée

PD : Profondeur de désespoir

Alt. : altération

Prof. : profondeur

NE-SW : Nord-Est- Sud-West

NW-SE : Nord- Ouest Sud-Est

SE-NW : Sud-Est- Nord-West

N-S : Nord-Sud

NS : Niveau Statique

VE : Venue d'Eau

Dév. : Développement

Équip. : Équipement

Alt. : altération

## **RESUME**

La zone concernée par notre étude regroupe les provinces du Kadiogo, de l'Oubritenga et du Passoré au centre et centre ouest du Burkina Faso. Elle est constituée de deux principales unités géologiques et hydrogéologiques que sont les granitoïdes et les schistes.

Les études de prospection géophysique électrique dans le cadre de la recherche d'eau souterraine en domaine de socle cristallin ont permis d'obtenir des courbes de profils électriques et de sondages verticaux. L'interprétation des résultats obtenus après avoir mené des études géophysiques et de suivi contrôle des travaux de foration, de développement, d'essai de pompage et d'aménagement de superstructures de sept sites de forages d'hydraulique villageoise, a contribué à l'identification et à l'appréciation en fonction de la géologie, des paramètres tels les valeurs de la résistivité, le degré de turbidité de l'eau, les pertes de profondeur, les possibilités d'équipement, le débit et le temps de développement des ouvrages hydrauliques.

La bonne conduite, par les consultants, des études de faisabilité permet de mieux appréhender les difficultés liées à l'exécution des travaux de forages d'eau et de prendre par conséquent les précautions nécessaires avant tout déplacement sur le terrain pour les contrôles.

**Mots clés:** Burkina Faso, Socle Paléoprotérozoïque, Kadiogo, Oubritenga, Passoré, géophysique, forage d'eau souterraine.

## INTRODUCTION

Le Burkina Faso (figure 6) est constitué de deux grandes unités hydrogéologiques ; il s'agit de la zone sédimentaire comprenant des roches sédimentaires à faiblement métamorphisées et de la zone de socle cristallin (80% du pays) constitué de roches magmatiques et de roches fortement métamorphisées. Les schistes et les granites sont tous deux des formations géologiques appartenant au socle paléoproterozoïque du Burkina Faso.; l'ensemble de ces formations qui a été déformé et fracturé par l'orogénèse éburnéenne survenue entre 2150 et 1850Ma (BONHOMME 1962) a permis la constitution de réservoirs d'eau souterraine. La recherche de cette eau souterraine passe par l'utilisation de méthodes de prospection dont la géophysique électrique qui est une méthode d'investigation en profondeur du sous sol. La réalisation d'ouvrages hydrauliques tels que les forages permet d'accéder à cette eau. Lors de nos travaux de terrains, nous nous sommes confrontés à des difficultés de maîtrise des travaux d'exécution de certains ouvrages. Les résultats de la géophysique électrique pourraient-ils contribuer à prévenir implicitement ces difficultés?

L'objectif principal de notre étude est la mise en évidence des apports des méthodes géophysiques électriques dans l'exécution à succès des forages d'eau en zone de socle cristallin du Burkina Faso.

Ayant effectué notre stage pratique dans un bureau d'études, nous avons opté comme méthodologie l'identification du matériel nécessaire à la conduite des travaux et l'exposition des étapes de réalisation des études de faisabilité géophysiques et de suivi contrôle des travaux de forages.

Dans notre étude, après avoir situé la zone d'étude dans son contexte géographique, géologique et hydrogéologique, nous indiquerons le matériel et détaillerons les méthodes utilisées. L'interprétation des résultats obtenus à partir d'études de cas, nous permettra de préciser la contribution de la géophysique électrique dans la réalisation à succès des forages d'eau.

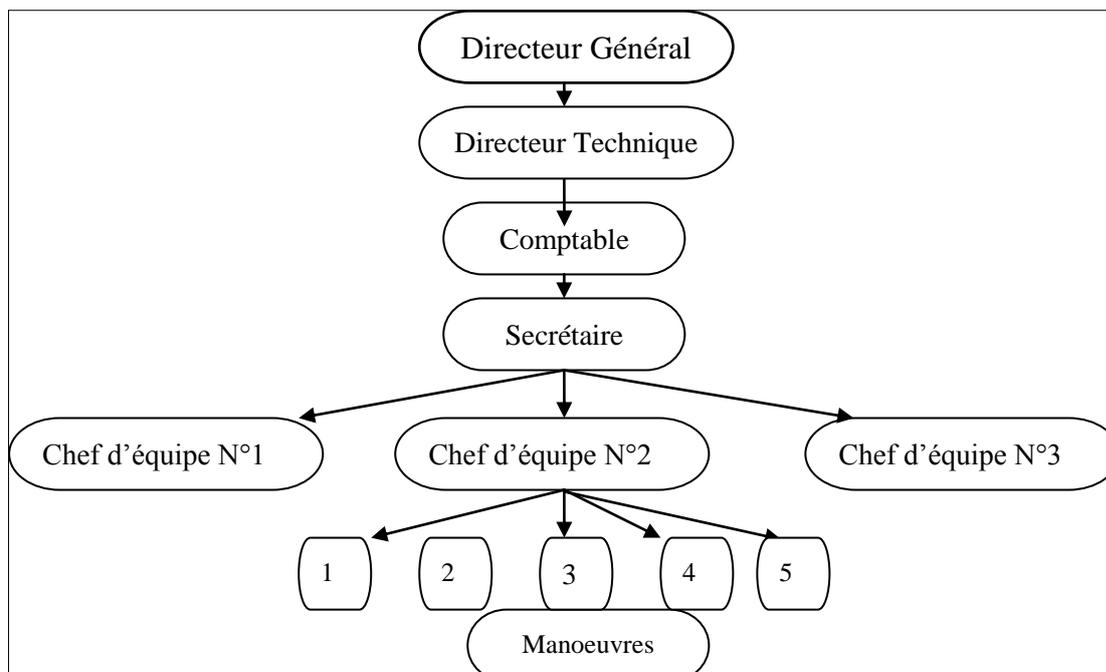
## **HISTORIQUE ET ACTIVITES DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL DE STAGE**

Durant les six mois de stage dans le cadre de la mise en pratique de la formation théorique reçue, nous avons bénéficié de l'encadrement technique du Bureau d'Etudes des Eaux Souterraines et de Travaux Hydrauliques (BEESTH), Rue 27-101, Ouagadougou, Burkina Faso. Ce bureau d'études a vu le jour en 2000 et a pour vocation principale, la recherche des Eaux Souterraines et la conduite de Travaux Hydrauliques et ce à travers :

- Les études de dossiers d'appel d'offres;
- Les études de prospection géophysique de sites de forages d'eau;
- Le contrôle et suivi de travaux de réalisation des forages d'eau;
- La supervision des séances d'animation et de sensibilisation;

Nous avons effectué plusieurs sorties de terrain aussi bien avec les équipes de prospection géophysique, d'animation et de sensibilisation qu'avec celles chargées du suivi contrôle des travaux de foration et d'aménagement des superstructures. Nous retenons de ce bureau d'études le sérieux dans l'organisation des équipes de travail et la bonne gestion des chantiers.

### **Organigramme du bureau**



## **PROBLEMATIQUE**

L'exécution des forages d'eau dans certaines zones du socle cristallin du Burkina Faso se fait avec d'énormes difficultés dont les causes ne sont souvent pas clairement identifiées et analysées. Certains forages présentent des débits assez significatifs pour une zone de socle tandis que d'autres fournissent des venues d'eau à peine mesurables. Au nombre de ces difficultés nous retenons :

- La non maîtrise de la couche d'altération quant elle est assez importante et contient de l'humidité pendant la foration;
- L'hésitation de certains contractants à effectuer un développement adéquat des forages d'eau pour réduire au maximum la turbidité de l'eau ;
- La faillite programmée de certaines structures qui travaillent presque de façon permanente à perte face à l'obligation qu'elles ont de respecter les exigences techniques des marchés.

Nous nous sommes alors intéressés aux types de formations géologiques cristallines mises en place sur les sites de forages exécutés dans le but de détecter celles qui peuvent être à l'origine des difficultés sus citées.

## **CHOIX DE LA ZONE ET BUT DE L'ETUDE**

Notre zone d'investigation s'étend sur trois provinces que sont le Kadiogo, l'Ouhritenga et le Passoré dans les régions centrale et centre ouest du Burkina Faso (figure 1). Ce choix a été dicté d'une part par sa localisation en zone de socle cristallin présentant deux types principaux de formations géologiques et d'autre part compte tenu du fait que nous avons personnellement participé à l'exécution des travaux des sites de forages étudiés depuis la reconnaissance de terrain en passant par les études de faisabilité et de contrôle jusqu'à la réception provisoire des forages survenue un mois après la fin des travaux.

Le but de cette étude est de montrer l'intérêt de l'utilisation des méthodes géophysiques électriques à travers l'analyse des résultats obtenus dans la prévention des difficultés liées à l'exécution des forages d'eau en zone de socle cristallin

# I- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDES

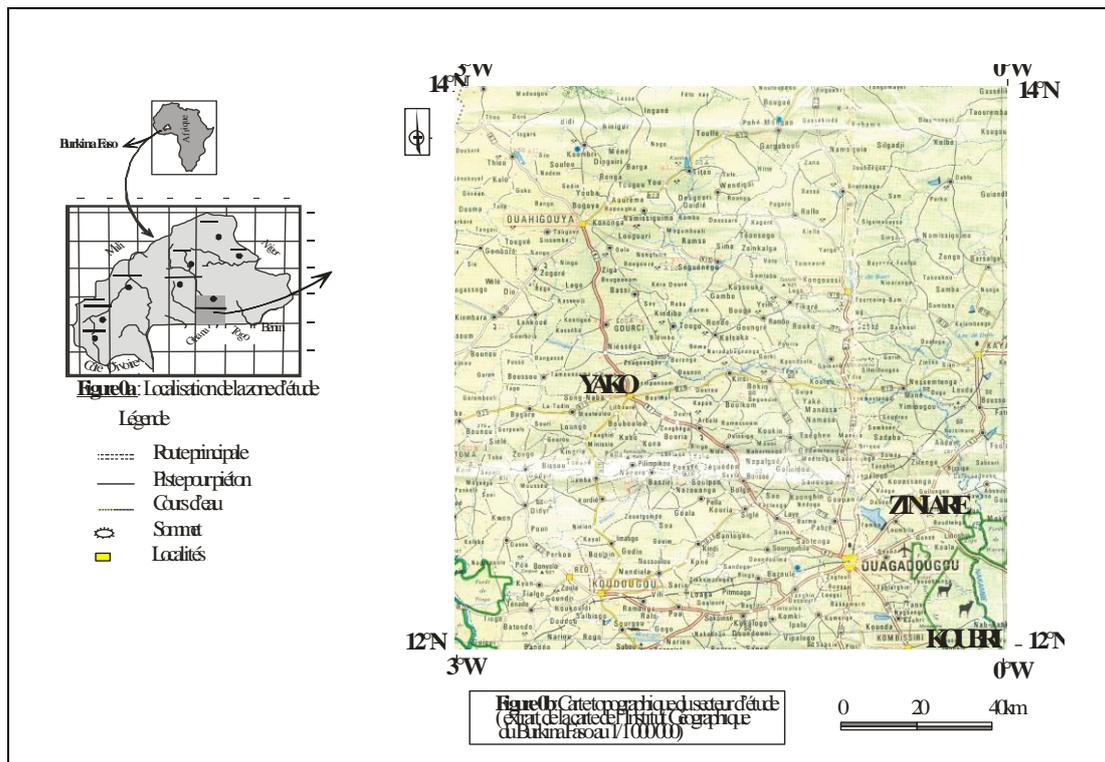
## I- 1- SITUATION GEOGRAPHIQUE

### I- 1- 1- Localisation

La zone d'étude, répartie sur les provinces du Kadiogo, de l'Oubritenga et du Passoré se situe géographiquement entre 12° et 14° de latitude Nord et 0° et 3° de longitude Ouest (figures 0a et 0b). Les chefs lieux des provinces concernées sont respectivement Ouagadougou, Ziniaré et Yako.

### I- 1- 2- Voies de communication

Les axes routiers les plus importants sont les axes Ouagadougou-Koubri-Kombissiri (45Km), Ouagadougou-Ziniaré-Kaya (100Km), Ouagadougou-Arbolé-Yako (100Km) et Ouagadougou-Malou-TémaBokin (90Km). Les autres voies de communication sont de petites pistes reliant les différents départements et villages.



### I- 1- 3- Climat et végétation

Le climat est de type Sud sahélien à Nord- soudanien du Nord vers le Sud (figure 1). Il est caractérisé par une pluviométrie comprise entre 600 et 800 mm (figure 2) avec deux saisons bien marquées :

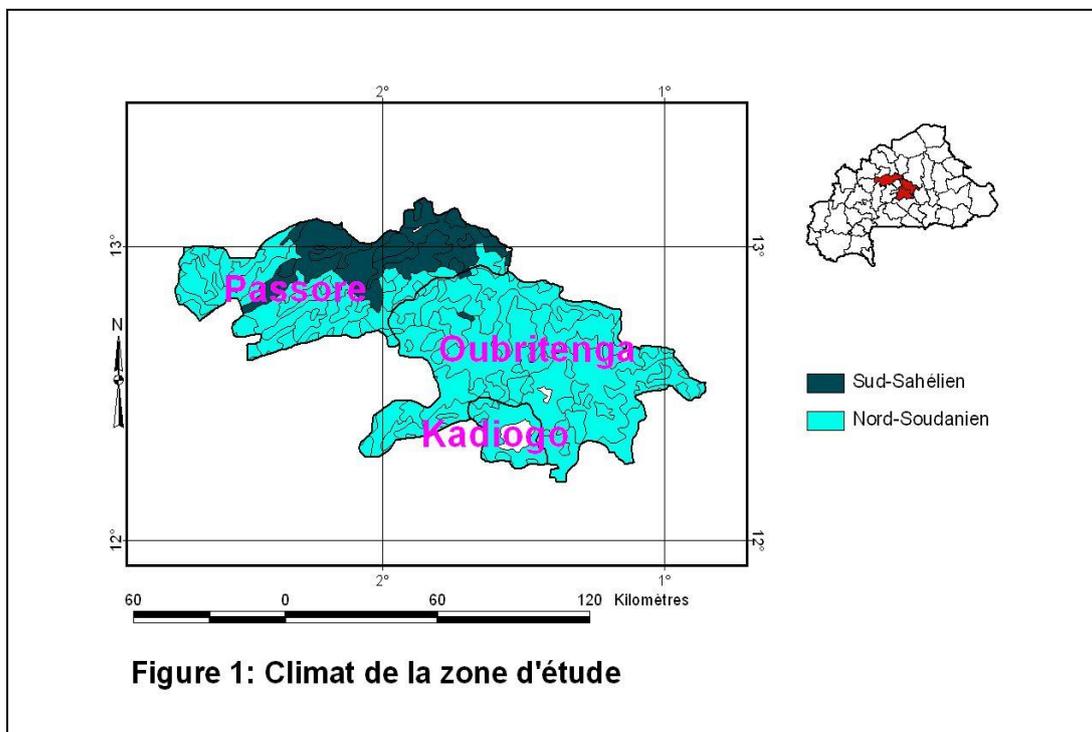
- Une saison sèche de Novembre à Mai.
- Une saison pluvieuse de Juin à Octobre.

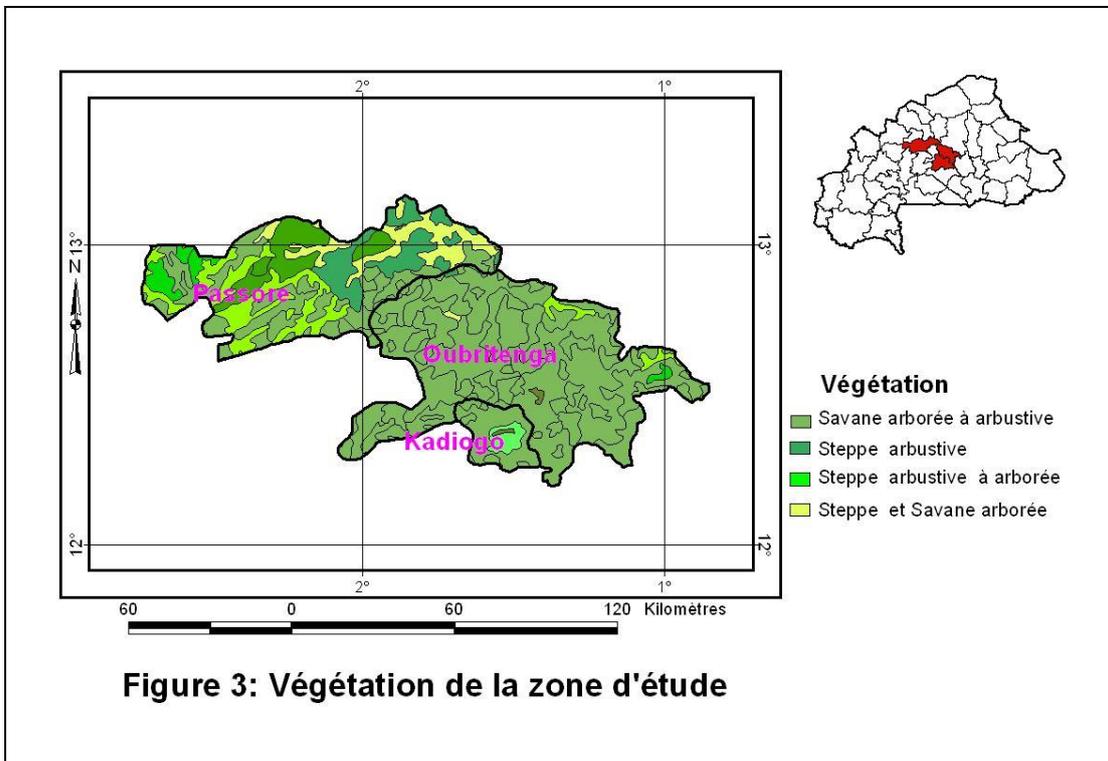
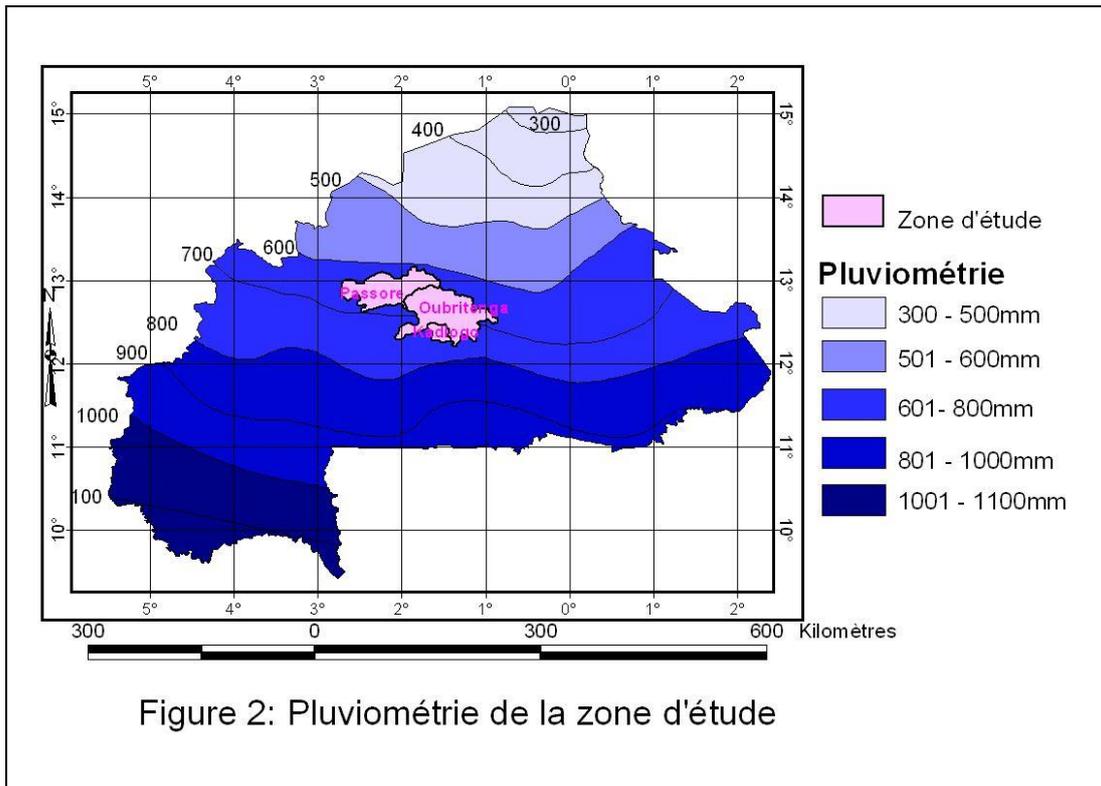
La végétation est de type savane et steppe arborées à arbustives (figure 2) avec quelques îlots de forêts galeries notamment aux abords des grandes rivières et tout au long de certaines fractures du socle.

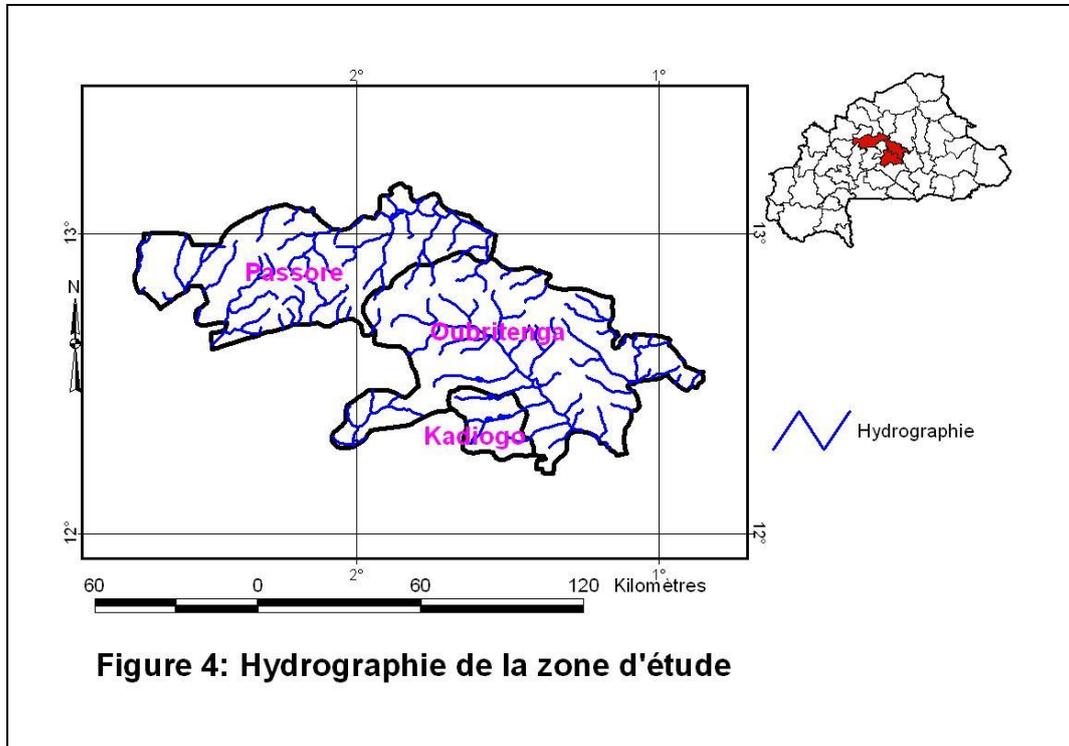
### I- 1- 4- Géomorphologie et Hydrographie

Les provinces du Kadiogo et de l'Oubritenga constituent presque une pénéplaine avec quelques rares élévations. Les massifs granitiques forment des chaos avec des blocs pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes. La zone du Passoré est quant à elle jalonnée de plusieurs collines des ceintures de roches vertes birimiennes avec un niveau de cuirassement très élevé.

Le réseau hydrographique peu dense, est constitué par quelques affluents du Nakambé.







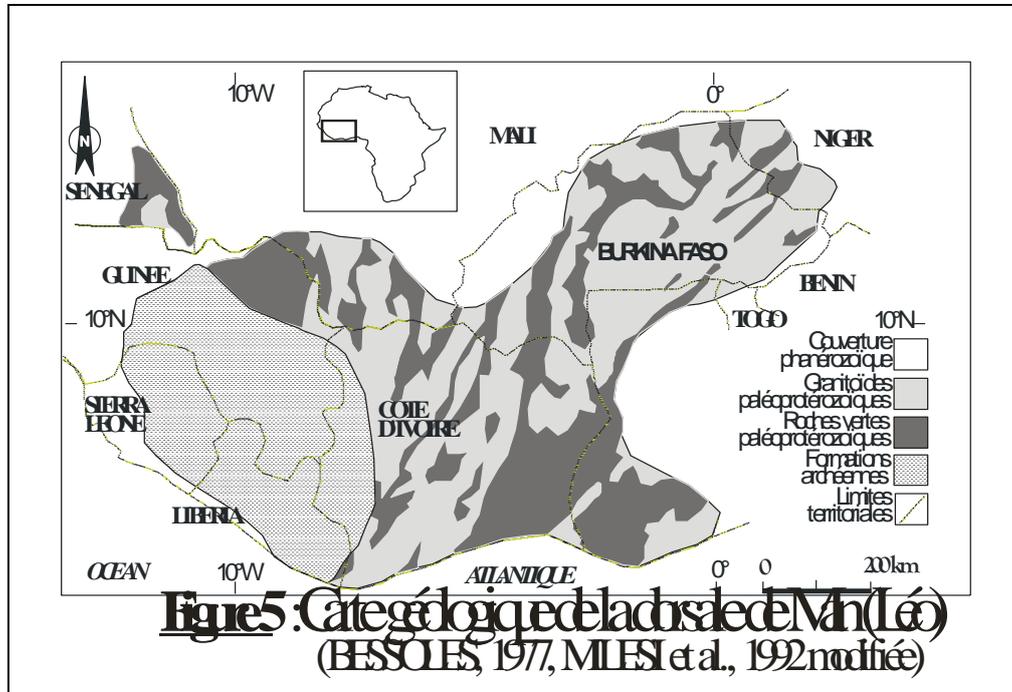
## I-2- GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDES

### I-2-1- Géologie

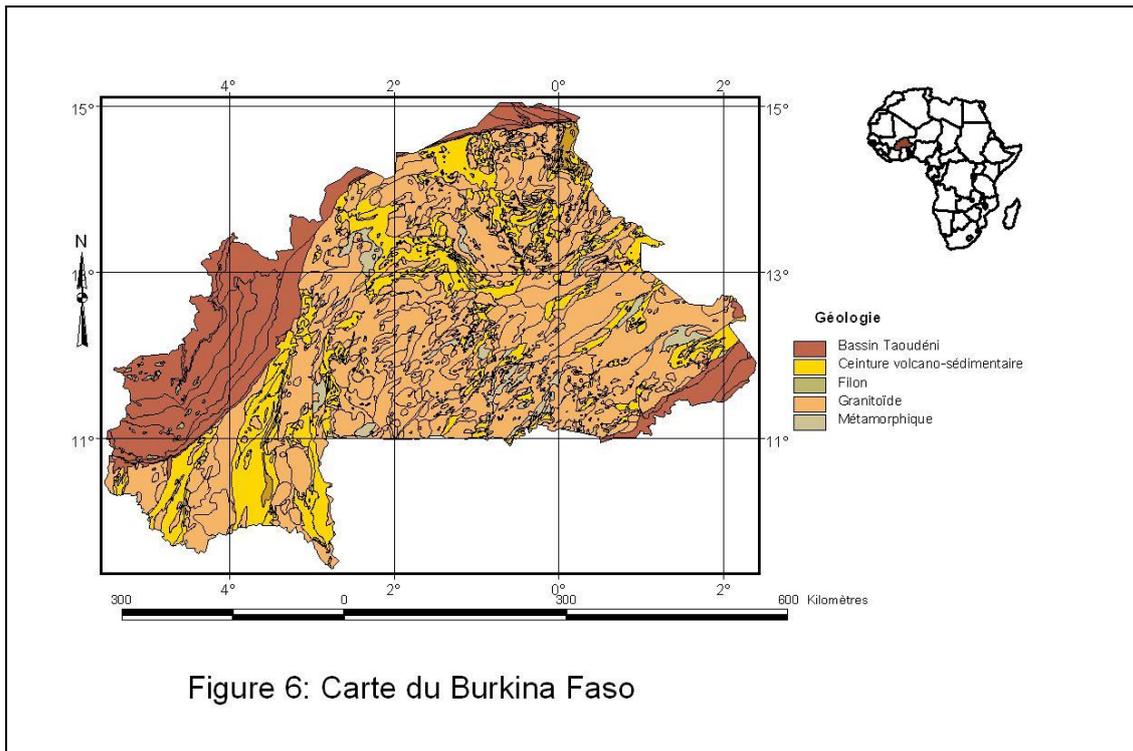
Le Burkina Faso (figure 6) appartient au Domaine Baoulé-Mossi (figure 5) du Craton Ouest-africain. Il comprend trois types principaux de formations géologiques (C. CASTAING et al. 2003)

- Le socle Paléoprotérozoïque : il couvre la majeure partie du territoire et comprend des terrains volcano-sédimentaires et plutoniques birimiens (KITSON 1918), (2238 Ma à 2170 Ma) disposés en ceintures et envahis par de vastes batholites de granitoïdes éburnéens plus récents (2170 Ma à 1700 Ma).
- La couverture sédimentaire néoprotérozoïque repose en discordance sur le socle birimien dans les zones occidentale et septentrionale du pays ;
- Les terrains cénozoïques du Continental terminal occupent des surfaces réduites aux confins Nord-Ouest et extrême Est.

Notre zone d'études (figure 6) se localise en domaine de socle cristallin au Centre et au Centre Nord du pays, plus précisément dans les provinces du Kadiogo, de l'Oubritenga et du Passoré.



Les formations géologiques de couleur grise représentent les roches volcano-sédimentaires dont les schistes et les formations blanchâtres constituent les granitoïdes.



Les granitoïdes et autres formations plutoniques sont en proportion plus importante que les schistes (formation de couleur jaune) (figure 6).

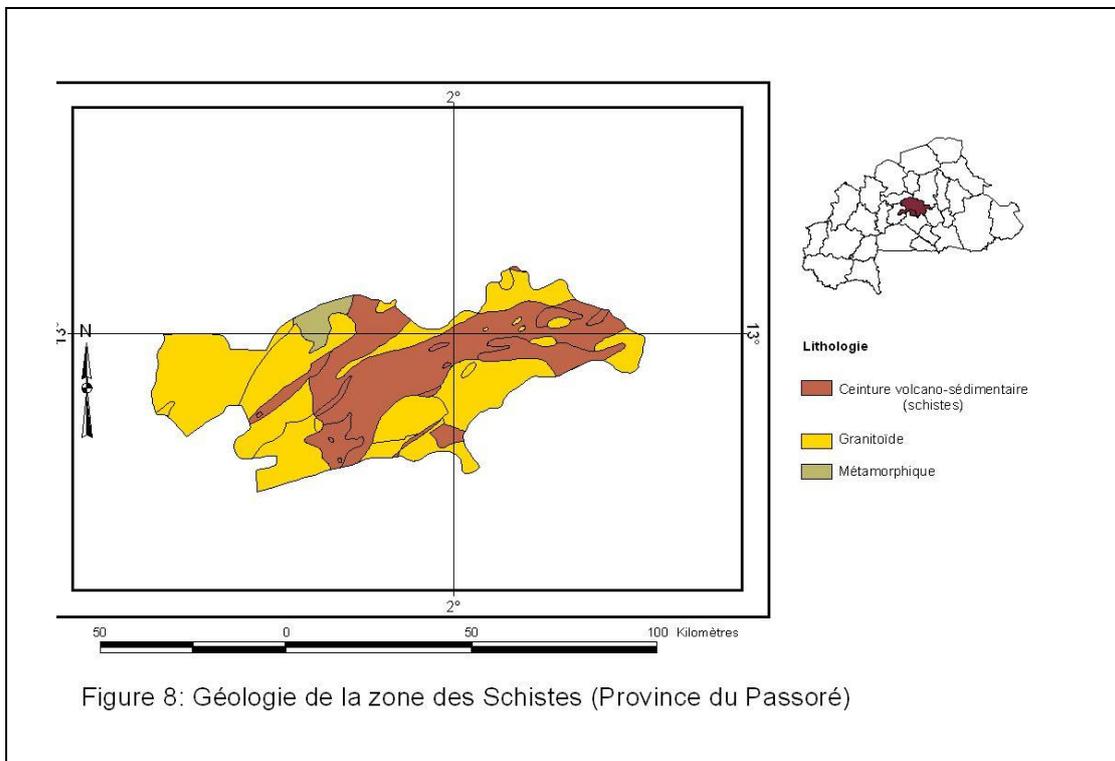
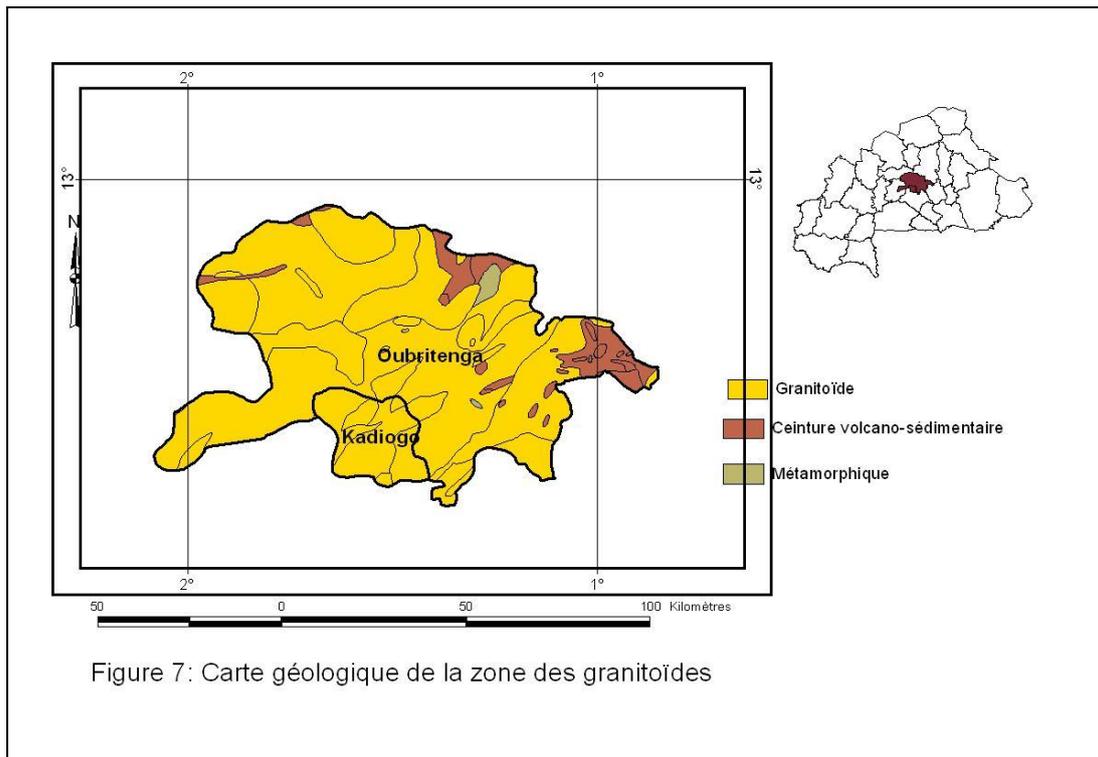
### **I- 2- 1- 1- Les provinces du Kadiogo et de l'Oubritenga.**

Dans ce premier secteur (figure 7), les formations géologiques sont essentiellement représentées par les granitoïdes (photo 1) auxquels peuvent s'associer quelques rares basaltes et roches métamorphiques sporadiques. Ces roches qui sont par nature compactes et compétentes, ont été affectées par de nombreuses fractures nées des phénomènes tectoniques engendrés par l'orogénèse éburnéenne.

### **I- 2- 1-2- La province du Passoré.**

Sur cette province (figure 8), la géologie nous montre des roches métamorphiques et des roches granitiques rivalisant en terme de proportion. Mais en ce qui concerne notre étude, nous nous sommes intéressés exclusivement aux formations volcano-sédimentaires métamorphisées appelées schistes (Photo 2). Nous avons observés à partir des travaux de foration de quatre sites localisés dans la dite province, des formations géologiques de nature schisteuse avec des intercalations granitique.

Ces formations (de couleur marron sur la figure 8) sont bien représentées sous la forme de ceintures orientées NE-SW dans la région du Passoré.



**I- 2- 1-3- Rappel de définitions de termes géologiques.**

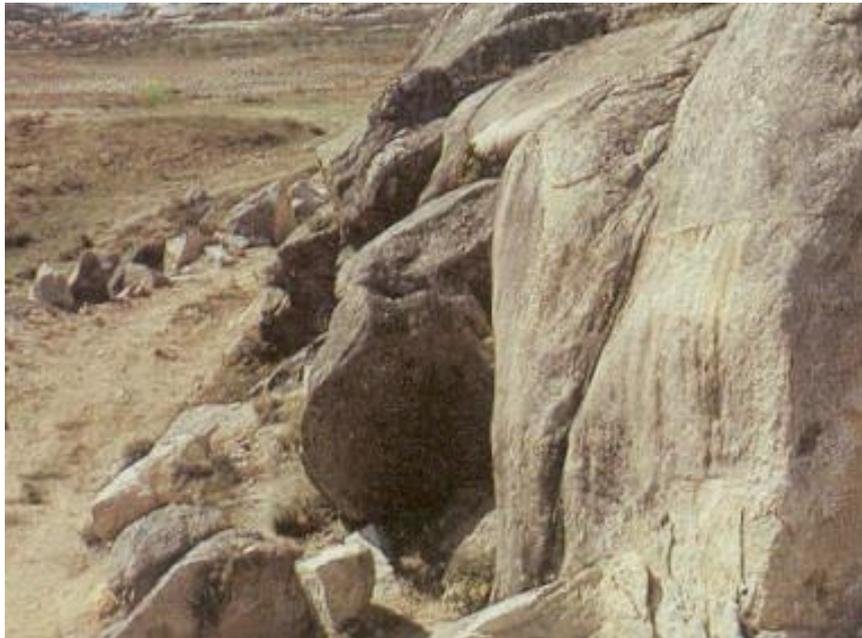
**Socle** : vaste ensemble de terrains, très plissés, en général métamorphisés et souvent largement granitisés, qui a été pénéplané, et sur lequel reposent en discordance des terrains sédimentaires et/ou volcaniques formant la couverture. Pour le cas du Burkina Faso, le socle affleure sur la plus grande partie du territoire.

**Paléoprotérozoïque** : les temps géologiques sont divisés en quatre ères (Précambrien, Primaire, Secondaire et le Tertiaire) et le Paléoprotérozoïque qui se situe entre 2500 et 1600 Ma sur l'échelle stratigraphique, est une époque du Précambrien. Le socle paléoprotérozoïque désigne alors l'ensemble des terrains datant du Paléoprotérozoïque.

**Granites** : les granites ou plus généralement les granitoïdes sont des roches magmatiques plutoniques dures et grenues présentant plusieurs variétés. Leur nature compétente leur permet de se débiter en gros blocs sous l'influence des contraintes géologiques.

**Schistes** : cette appellation regroupe toutes les roches susceptibles de se débiter en feuillets ou ayant acquis une schistosité sous l'influence de contraintes tectoniques.

(FOUCAULT A. et RAOULT J.F. 2000)



**Photo 1** : Affleurement de Granite (chaos granitique)



**Photo 2** : Affleurement de Schistes (schistosité verticale visible)

## **I- 2- 2- Hydrogéologie**

Les formations de socle du bouclier africain sont par nature compactes, à porosité et perméabilité extrêmement faibles et donc naturellement dépourvues de ressources en eau souterraine mobilisables lorsqu'elles sont à l'état sain.

Toutefois, à la faveur de phénomènes d'origine tectonique et de processus d'altération physico-chimiques, ces formations ont pu acquérir une porosité et une perméabilité secondaires, favorisant la constitution de multiples structures de faible potentialité hydraulique et localement la création d'aquifères plus productifs. Les aquifères du socle sont donc d'extension limitée et de continuité variable ; ils se distinguent par ces caractéristiques des aquifères des formations sédimentaires continues et homogènes.

Les aquifères du socle cristallin peuvent être ramenés à deux schémas types distinguant les formations granitiques et les schistes selon le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH, 1992).

### **I- 2- 2- 1- Les aquifères des formations granitoïdiques.**

Les granitoïdes se subdivisent en deux sous-ensembles:

- Les granitoïdes précoces, caractérisés par un faible recouvrement d'altérites et affectés de nombreuses fractures. Dans ces formations, le taux de succès des forages est relativement élevé et des débits significatifs pour le socle sont parfois observés
- Les granitoïdes plus tardifs sont peu fracturés et c'est dans ces formations que le plus fort taux d'échec dans les forages d'eau est enregistré. De plus, l'épaisseur de la couche altérée est très peu importante. Cette description est typique de la zone de Ziniaré dans la province de l'Oubritenga.

Les phénomènes tectoniques qui ont affecté ces formations granitiques se sont traduits par une fracturation qui peut être ouverte ou fermée. Le réseau de fractures ouvertes constitue un système de collecte des eaux souterraines.

Les phénomènes d'altération ont également affecté les formations granitiques. C'est ainsi que par hydrolyse, les granites s'altèrent en arène plus ou moins argileuse sur une épaisseur qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres (35m sur la figure 9a). Au contact de la roche saine, la dégradation physico-chimique de la roche se limite à la désagrégation de la roche en un sable grossier (arène sableuse), peu argileux (figure 9a), constituant un aquifère d'assez bonne qualité. Les meilleurs aquifères des formations granitiques correspondent donc

à la superposition verticale d'arènes sableuses et argileuses localement bien développées sur une roche saine fortement fracturées.

### I- 2- 2- 2- Les aquifères des formations schisteuses.

Les schistes (roches volcano-sédimentaires) réagissent aux phénomènes tectoniques en se déformant sans réelle création d'un réseau de fractures ouvertes permanentes. Ils peuvent s'altérer en argile sur plusieurs dizaines de mètre (55m) (figure 9b) et dans la partie supérieure de la roche saine, l'altération des minéraux provoque une ouverture de la schistosité et la constitution d'un aquifère de bonne productivité. Les aquifères correspondent alors à la zone de schistosité ouverte.

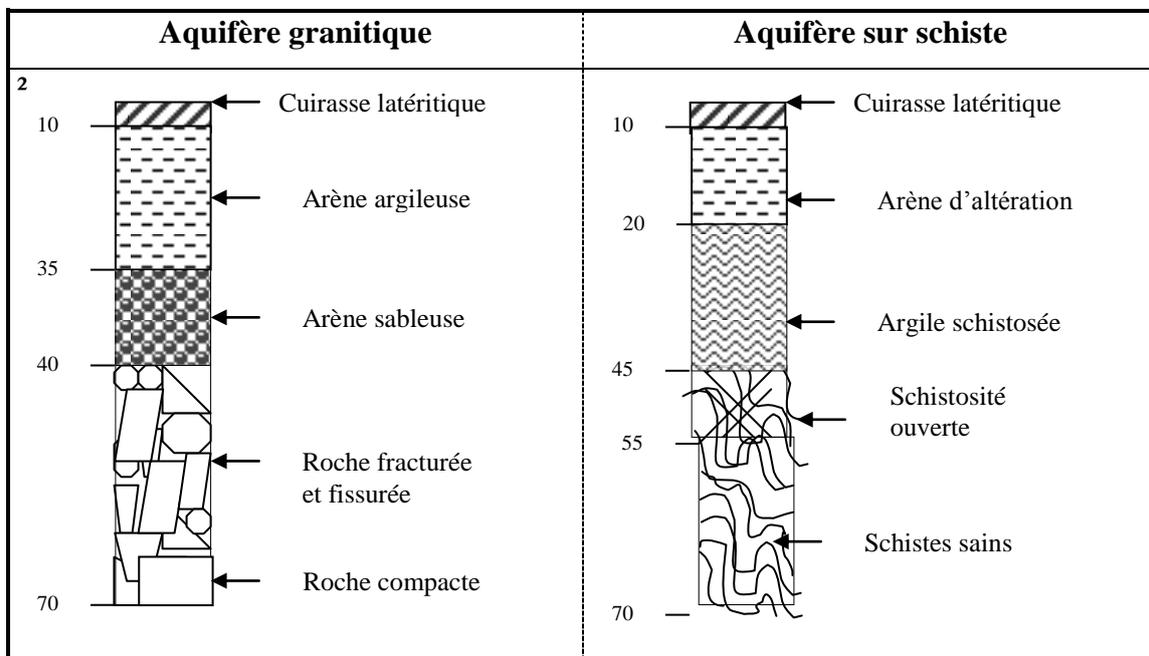


Figure 9 : Profils d'altération (Rapport BRGM 1992); **9 a** : aquifère granitique

**9 b** : aquifère sur schiste

## **II- APPORT DE LA GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE DANS L'AMELIORATION DU TAUX DE SUCCES DE REALISATION DES FORAGES DANS LES GRANITES ET SCHISTES BIRIMIENS**

### **II-1- OBJECTIFS ET INTERET DE L'ETUDE**

L'objectif principal est de montrer l'intérêt que présente l'utilisation des résultats des méthodes de prospection géophysiques électriques dans l'exécution à succès des forages d'eau en zone de socle cristallin granitique et schisteux.

Les objectifs spécifiques suivants nous permettront d'atteindre le but visé:

- Dissocier et caractériser les deux principales formations du socle paléoproterozoïque des zones d'études.
- Montrer l'apport de la géophysique électrique dans l'identification des types de formations géologiques du socle cristallin.
- Mener une étude comparative des difficultés rencontrées au cours de l'exécution pratique (sur le chantier) des forages dans les deux contextes géologiques.
- Faire ressortir l'importance d'une connaissance préalable de la géologie des zones de sites à prospector afin de prendre en compte toutes les difficultés inhérentes avant de postuler pour les marchés.

### **II-2 – MATERIEL ET METHODE**

Les méthodes utilisées sont les procédures des études de prospection géophysique et de supervision des travaux de chantiers.

#### **II-2-1- La prospection géophysique**

##### **II-2-1-1- Matériel**

Comme matériel pour la prospection géophysique, nous avons disposé de :

- Un résistivimètre et de ses accessoires avec un GPS et des boussoles.
- un véhicule tout terrain pour les déplacements.
- Du matériel informatique et des abaques pour l'interprétation des données.

##### **II-2-1-1- Méthode**

La prospection géophysique a pour objectifs la délimitation de l'aquifère, la localisation de la fracturation en profondeur ainsi que la distinction entre l'altération et le socle sain.

Les méthodes électriques ont été retenues pour la prospection du fait qu'elles offrent de bonnes performances en terme d'efficacité, de rapidité et de coût. Les principales étapes de la prospection géophysique sont :

#### **a) Les travaux préliminaires**

##### **◆ L'étude de la documentation existante**

Elle consiste à réunir et à étudier la documentation existante sur la zone d'intervention et ce à travers principalement la collecte et l'analyse des résultats de campagnes de forages précédemment réalisés dans la zone et ses environs.

##### **◆ La photo-interprétation**

La photo-interprétation permet d'identifier et de tracer les linéaments. Elle n'est souvent pas utilisée compte tenu de la non disponibilité des photos, ou de leur ancienneté ou de leur coût élevé. Pendant nos travaux, nous avons utilisé en compensation de cette étape, le dispositif carré afin de déterminer les éventuelles directions des failles.

##### **◆ La reconnaissance sur le terrain**

Des critères géologiques de base, structuraux, géomorphologiques et des critères liés à la végétation en saison sèche sont pris en compte à cette phase. L'on procède à un inventaire de tous les ouvrages de captage (positifs et négatifs) existants de même qu'au repérage des principaux accidents.

#### **b) L'implantation géophysique du site sur le terrain**

##### **◆ La composition de l'équipe de géophysique**

L'équipe de géophysique est généralement composée d'un opérateur géophysicien, un aide opérateur, quatre manœuvres et un chauffeur pouvant également servir de manœuvre en de besoin.

##### **◆ L'organisation et la gestion de chantiers**

Il s'agit de la mobilisation du personnel de chantier et de la préparation du matériel de chantier.

◆ **Les dispositifs mis en œuvre pour la prospection**

L'implantation géophysique du forage s'est faite par application de la méthode électrique. Cette méthode est basée sur la capacité des terrains du sous-sol à conduire un courant électrique. Les différents types de sols et de roches sont en effet caractérisés par des résistivités différentes. La mesure de ces résistivités donne selon les cas des indications sur la nature des terrains et leurs épaisseurs. La valeur du courant injecté et celle de la différence de potentiel permettent de calculer la résistivité apparente de la tranche de terrain du sous-sol dans lequel le courant est injecté.

$$R_o = K \cdot \Delta V / I$$

$R_o$  = Résistivité apparente calculée

$K$  = Coefficient fonction du dispositif

$\Delta V$  = ddp recueillie entre les bornes des électrodes M et N.

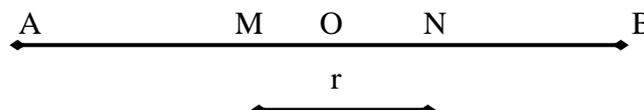
$I$  = Intensité du courant d'injection.

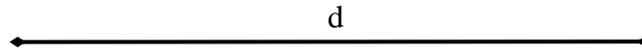
Nous avons utilisé sur le terrain les techniques suivantes : le dispositif carré, les sondages étalons, les traînés simples et les sondages verticaux au droit des anomalies supposées.

**Le dispositif du carré** : c'est une méthode électrique d'investigation latérale qui est utilisée en compensation ou en complément des photos aériennes. Il consiste en la mesure des valeurs de résistivités apparentes dans quatre directions et sur des rayons de 50, 70 et 100 mètres. On détermine alors la direction préférentielle des failles.

**Le traîné ou profil électrique** : cette technique permet une investigation latérale dans le sous-sol à une profondeur constante. Elle est mise en œuvre en déplaçant le long d'une ligne, les quatre électrodes de mesures qui gardent les distances entre elles constantes. Le tracé graphique des mesures permet de localiser le long de la ligne de mesure (profil), les zones conductrices du sous-sol, objet de la recherche d'eau en région de socle cristallin. Habituellement, deux types de configuration des électrodes sont usités à savoir :

- La configuration WENNER où l'arrangement des électrodes est tel que  $AM=MN=NB=r$ ,
- La configuration SCHLUMBERGER où la disposition des électrodes de potentiel ( $r$ ) est très petite par rapport à celle du courant ( $d$ ) ; généralement ( $r$ ) est de l'ordre du  $1/10^è$  ( $r < d$ ).





Le dispositif de mesure adopté par notre bureau est la configuration SCHLUMBERGER.

Les paramètres suivants ont été retenus;  $AB = 200\text{m}$ ;  $MN = 20\text{m}$ ;  $K = 3132$ ;  
Pas de mesure =  $10\text{m}$ .

**Le sondage électrique:** Il permet une investigation verticale du sous-sol. A partir d'un point central fixe, on effectue les mesures le long d'une ligne en éloignant de plus en plus les électrodes A et B ainsi que M et N. La profondeur d'investigation augmente et la résistivité apparente mesurée concerne des terrains de plus en plus profonds.

Avec la configuration SCHLUMBERGER, les demi-longueurs de séparation des électrodes d'injection du courant ( $AB/2$ ) vont croissant de  $3\text{m}$  à un maximum de  $150\text{m}$  et la demi-longueur de séparation des électrodes de réception ( $MN/2$ ) croît de  $1\text{m}$  à  $10\text{m}$ . Les embrayages se font à  $10\text{m}$  et  $15\text{m}$ , puis à  $40\text{m}$  et  $50\text{m}$  en même temps que  $MN/2$  passent de  $1\text{m}$  à  $3\text{m}$  puis de  $3\text{m}$  à  $10\text{m}$ .

Pour chaque site de forage, nous avons procédé à l'exécution:

- d'un sondage vertical sur des points d'eau existants dénommé sondage Etalonnage (SE) qui permet d'apprécier l'épaisseur moyenne des altérations dans la zone d'étude et de déterminer ainsi la longueur de ligne AB du dispositif Schlumberger de prospection horizontale.
- de traînés électriques perpendiculairement aux anomalies géologiques supposées.
- Au regard des anomalies significatives des traînés électriques, des sondages verticaux qui permettent d'apprécier l'épaisseur moyenne des altérations et la profondeur du socle dans la zone d'étude.

**Interprétation des sondages et choix des sites pour la foration :** l'interprétation des sondages s'est faite directement à partir des courbes obtenues ou par abaque et rarement à l'ordinateur. On détermine l'épaisseur de l'altération, les profondeurs possibles des venues d'eau et la profondeur de désespoir. Le choix des sites à forer par ordre de priorité est effectué après l'interprétation des courbes et ces sites sont matérialisés sur le terrain par des bornes.

## **II-2-2- Le suivi contrôle des travaux**

Il porte sur la surveillance des travaux de terrain et la tenue correcte des différents documents de chantier. Les principaux travaux contrôlés par le consultant ont trait à la foration, au développement, au pompage d'essai, à l'installation de la pompe et à l'aménagement de la superstructure.

### **II-2-2-1- Matériel**

Avant de partir sur le terrain, le contrôleur de travaux de forages doit être en possession du matériel suivant :

- Une carte de terroir, le plan de masse de la prospection géophysique,
- Les fiches d'implantation géophysique, de sondage géo-électrique, de foration, de développement et d'essai de pompage,
- Du papier semi log, un chronomètre, une boussole, une calculatrice,
- Un mètre à ruban, un GPS,
- Du matériel d'analyse physico-chimique de l'eau in situ,
- Un journal de travaux.

Il doit en outre vérifier la disponibilité de certains matériaux et matériels au niveau de l'entreprise afin de garantir la réalisation et l'équipement de l'ouvrage selon les règles de l'art ; ces matériaux comprennent essentiellement :

- Des PVC : tubes pleins et crépines;
- Du gravier (quartz propre roulé), de l'argile expansive (quellon) et du ciment ;
- Une sonde (sonore et/ou lumineuse), un groupe électrogène, une pompe immergée,
- Un conductivimètre, un pH-mètre, un chronomètre.

### **II-2-2-2- Méthode**

#### **◆ La foration**

Au cours de la foration, les données suivantes sont systématiquement notées.

- Le mode de forage, l'outillage utilisé et les procédés de mise en œuvre;
- La lithologie des couches rencontrées;
- La vitesse d'avancement pour chaque tige ;
- La profondeur des zones fracturées, des venues d'eau et du socle;

Quelques consignes sont souvent données pour l'arrêt de la foration (guide du contrôleur élaboré par le PIHVES 2002):

- Un forage d'hydraulique villageoise est considéré positif quand le débit est de  $0.700\text{m}^3/\text{h}$  ou plus.
- Quand le débit est plus de  $1,00\text{m}^3/\text{h}$  à la profondeur de 40m, la foration peut être arrêtée de 3 à 6m sous la zone de fracturation productive.
- Quand le débit est moins de  $1,00\text{m}^3/\text{h}$ , la foration doit continuer tant que le débit augmente pour atteindre la profondeur maximale nécessaire
- Si toutefois le débit à la foration n'augmente plus à la profondeur maximale recommandée, il faut arrêter le forage et statuer sur l'équipement ou non du forage.

#### ◆ L'équipement de l'ouvrage productif

Le rôle du consultant est d'élaborer en étroite collaboration avec le contractant le plan d'équipement (position des crépines, tube de décantation, massif filtrant et bouchon d'argile) du forage positif. L'équipement du forage se fait à l'aide de matériaux appropriés.

Le contrôleur doit vérifier que:

- Les PVC pleins et les crépines sont de longueur connue et de diamètre conformes aux prescriptions techniques des travaux.
- La base de la colonne de captage comporte un tube de décantation et est obstruée par un bouchon de pied.
- L'espace annulaire est bien rempli de gravier jusqu'à la hauteur voulue en calculant le volume théorique de gravier par la formule :

$$Q = H.3.14.[(D/2)^2 - (d/2)^2]$$

H = Hauteur désirée de gravier (en mètre)

D = Diamètre du marteau (en mètre)

d = diamètre extérieur du PVC (en mètre).

- La quantité nécessaire d'argile expansive est utilisée en appliquant la formule et en mesurant si possible le niveau dans l'espace annulaire.
- L'espace annulaire est remblayé de tout venant jusqu'à la profondeur de 6m en dessous de la surface.
- Les 6 premiers mètres de l'espace annulaire en surface sont cimentés.
- La tête du tubage PVC est bien fermée avec un bouchon en PVC

#### ◆ **Le développement**

Il se fait par la méthode de l'air-lift aussitôt après l'équipement des forages. La méthode consiste à émulsionner l'eau avec de l'air comprimé de sorte à obtenir un mélange dont la densité est inférieure à celle de l'eau. L'émulsion monte entre le tube d'arrivée d'air et le tubage du forage. Le développement se poursuit jusqu'à l'obtention d'une eau claire sans particules sableuses ou argileuses. La limpidité de l'eau se vérifie par la méthode de la tâche de sable (diamètre de tâche inférieur à 1 cm).

Pendant le développement, le contrôleur des travaux relève la position des tuyaux d'air et d'eau, la profondeur finale du forage et apprécie la turbidité de l'eau du forage.

#### ◆ **L'essai de pompage du forage**

La méthode employée est celle mise au point par le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH); elle comporte trois paliers de pompage à débits croissants sur une durée de quatre heures suivi de l'observation de la remontée du niveau de l'eau pendant une heure après l'arrêt du pompage. Toutes les données permettant l'établissement de la courbe rabattement/ remontée/ temps sont systématiquement notées. L'interprétation de cette courbe permet de fixer la cote d'installation de la pompe.

#### ◆ **L'analyse d'eau**

Le consultant fait des analyses physico-chimiques de vérification in situ de certains paramètres (pH, T°, CE,...) et veille à ce que le contractant prélève des échantillons d'eau vers la fin de l'essai suivant le protocole de prélèvement et de conservation pour l'analyse physico-chimique.

#### ◆ **L'aménagement des superstructures et installation de pompe.**

La conformité des matériaux utilisés avec les exigences des prescriptions techniques du marché est vérifiée avant le début des travaux d'aménagement.

La pompe est installée à la fin de la construction des superstructures et après le délai de prise du béton ; Sa côte d'installation est déduite de deux principales données qui sont la première venue d'eau et le sommet des crépines si un essai de pompage n'a pas été effectué.

## **II- 3 - RESULTATS ET INTERPRETATION**

Pour notre étude, nous avons réalisé au total sept forages d'eau :

- Trois en zone de granitoïdes sur les sites de Koubri, Pighin et Ziniaré
- Quatre en domaine des schistes dans la province du Passoré sur les sites de Douré, Tegsagbo, Téma-Natinga et Tibin.

### **II-3-1- LA ZONE DES FORMATIONS GEOLOGIQUES GRANITOÏDIQUES**

Les trois sites de forages de la zone des granites se localisent dans les provinces du Kadiogo et de l'Oubritenga.

#### **II-3-1-1- Le site de Koubri dans la province du Kadiogo**

##### **a) Les courbes de profil électrique et de sondage vertical**

Le site de Koubri est localisé dans une propriété privée et les dimensions du domaine ne permettaient pas l'exécution de plusieurs profils électriques. Aux alentours du site, nous n'avons pas non plus pris connaissance de l'existence d'ouvrages hydrauliques pour étalonner nos mesures ; nous avons donc exécuté un seul profil électrique (annexe figure 1). L'analyse de la forme (légèrement en U) de ce profil indique la présence d'une anomalie géologique au droit de laquelle nous avons effectué un sondage vertical.

Ce sondage (annexe figure 31) a une forme en fond de bateau et la pente de la partie montante est assez douce ; après interprétation, cette allure suscite un espoir quant à l'obtention d'eau jusqu'à une profondeur de 100m. Du reste, L'exécution de ce sondage a donné un forage positif avec un débit de 1.714m<sup>3</sup>/h après développement.

## b) Les caractéristiques du forage de Koubri

Tableau 1 : Caractéristiques du forage de Koubri

Caractéristiques	Données
Profondeur forée (m)	61.50
Profondeur tubée (m)	61.50
Débit fin de foration ( $m^3/h$ )	1.714
Côte sommet des crépines (m)	35
Côte de la première venue d'eau (m)	49
Côte toit du socle (m)	12.70
Niveau statique (m)	22.59
Niveau dynamique fixé par 1 <sup>ère</sup> venue (m)	49
Côte d'installation de la pompe (m)	35

## c) La lithologie et l'équipement du forage de Koubri

Tableau 2 : lithologie et coupe technique du forage productif du site de Koubri

2a : Lithologie	2b : VE	2c : Coupe technique
0-1m : Terre végétale	49m : 1.5 $m^3/h$	
1-3m : Cuirasse latéritique	55m : 1.7 $m^3/h$	
3-12m : Argile rosâtre		
12-21m : Arènes argileuses		
21-35m : Arènes grenues		
35-46m : Granite fracturé		
46-58m : Granite peu fracturé		
58-61.5m : Granite sain		

Les crépines sont placées aux côtes des importantes arrivées d'eau constatées en cours de foration.

## **II-3-1-2- Le site de Pighin dans la province de l'Oubritenga**

### **a) Les courbes des profils électriques et de sondages verticaux**

Le profil électrique P1(annexe figure 2) est un profil test qui a été exécuté en recoupant l'anomalie d'un forage d'eau existant, l'objectif étant de connaître la longueur de la ligne d'envoi du courant AB et d'effectuer éventuellement un sondage étalon. Le profil P2 (annexe figure 3) n'a pas montré toute l'allure de l'anomalie supposée ; ce qui a conduit à l'exécution du profil P3 (annexe figure 4) avant le choix du premier sondage vertical SE1 (annexe figure 33). Le second sondage SE2 (annexe figure 34) a été déduit des profils P4 et P5 (annexe figure 5 et 6). L'allure des cinq profils exécutés de type globalement U et W montre l'existence d'anomalies géologiques (zone de faibles résistivités) dans la zone de Pighin.

Le sondage étalon SEF+ (annexe figure 32) étant effectué au droit d'un forage productif, les autres sondages sont reportés sur le même graphique que ce dernier pour permettre une bonne comparaison des courbes et c'est le sondage SE1 (annexe figure 33) ayant l'allure la plus proche de celle du sondage étalon qui est retenu. Cela se justifie par le fait que la zone de la province d'Oubritenga est une zone hydrogéologiquement très défavorable avec un taux d'échec très élevé ; les fractures sont souvent nettement dessinées sur les courbes de résistivité mais elles ne sont que rarement alimentées. Pour le site de Pighin, le sondage SE1 a été retenu pour la foration compte tenu de sa similitude avec le sondage étalon. Il a donné un forage productif avec un débit de 1.600m<sup>3</sup>/h.

## b) Les caractéristiques du forage de Pighin

Tableau 3 : Caractéristiques du forage de Pighin

Caractéristiques	Données
Profondeur forée (m)	41.17
Profondeur tubée (m)	41.17
Débit fin de foration ( $m^3/h$ )	1.600
Côte sommet des crépines (m)	25.37
Côte de la première venue d'eau (m)	30.97
Côte toit du socle (m)	13.25
Niveau statique (m)	24
Niveau dynamique fixé par 1 <sup>ère</sup> venue (m)	30.97
Côte d'installation de la pompe (m)	33

## c) La lithologie et l'équipement du forage de Pighin

Tableau 4 : Lithologie et coupe technique du forage du site de Pighin.

4a : Lithologie	4b : VE	4c : Coupe technique
0-1 m: Terre végétale	30.97m : 0.9m <sup>3</sup> /h	<p>Diagramme technique d'un forage montrant les différentes zones et équipements. De haut en bas : cimentation (noir), tout venant (diagonale), quillon (noir), massif filtrant (pointillé), crépine (bleu rayé), tubage plein (gris), et sabot (bleu).</p>
1- 4m: Argile rougeâtre	38m : 1.6m <sup>3</sup> /h	
4 -8m: Argile blanchâtre		
8-18m: granite altéré		
18-28m: granite rose		
28-38m: granite rose + quartz		
38- 41.17m: granite sain		

## **II-3-1-3- Le site de Ziniaré dans la province de l'Oubritenga**

### **a) Les courbes des profils électriques et de sondages verticaux**

Six profils électriques (annexe figures 7 à 12) au total de forme V, U W ont été effectués dans l'objectif de réaliser deux forages productifs et certains d'entre eux indiquent la présence d'anomalies ; ce qui nous a permis d'effectuer deux sondages verticaux SE1 (annexe figure 36) et SE2 (annexe figure 37).

Les deux sondages verticaux ont à peu près la même allure en escaliers montants que le sondage étalon SEF+ (annexe figure 35) effectué sur un forage positif.

Après foration, les deux sondages se sont avérés négatifs malgré le fait que le sondage étalon est un forage productif mais à faible débit. L'altération était de 8m d'épaisseur et la roche qui était du granite de granulométrie fine à moyenne, ne présentait pas assez de fractures ouvertes après observation et description de la lithologie.

### **b) La lithologie du forage de Ziniaré**

0-1m: Terre végétale

1- 3m: Argile blanchâtre

3 -8m: granite altéré

8-70.57m: granite sain

## II-3-2- LA ZONE DES FORMATIONS GEOLOGIQUES SCHISTEUSES.

Quatre forages d'eau ont été exécutés dans la zone des schistes: ce sont les sites de Douré, de Tegsagbo de Téma-Natinga et de Tibin dans la province du Passoré.

### II-3-2-1- Le site de Douré

#### a) Les courbes des profils électriques et sondages verticaux

La réalisation de quatre profils électriques P1, P2, P3 et P4 (annexe figure 13 à 16) a montré des anomalies de forme U et V. Nous avons donc effectué un sondage vertical SE1 (annexe figure 39) après avoir testé un forage productif SEF+ (annexe figure 38).

Les sondages réalisés sont de forme bateau à fond très large avec une remontée traînante pouvant être interprétée comme une zone à forte altération d'où une probabilité accrue de la présence d'eau. La foration du point SE1 a donné un débit de 9m<sup>3</sup>/h avec des difficultés énormes de stabilisation de la couche altérée et de la pose du tubage provisoire au cours de la foration. Cette frange altérée qui s'étend jusqu'à 43m de profondeur correspondrait alors à la zone de schistosité ouverte ; Nous nous trouvons en effet dans les ceintures de roches vertes schistosées.

Sur ce site, nous avons remarqué que les résistivités des formations géologiques sont plus basses que celles de la zone des granites.

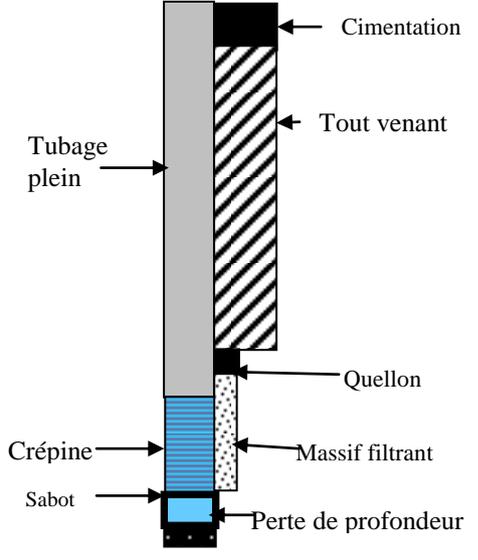
#### b) Les caractéristiques du forage de Douré

Tableau : 5 : Caractéristiques du forage de Douré

Caractéristiques	Données
Profondeur forée (m)	62.13
Profondeur tubée (m)	57.18
Débit fin de foration (m <sup>3</sup> /h)	<b>9.00</b>
Côte sommet des crépines (m)	47.42
Côte de la première venue d'eau (m)	49.93
Côte toit du socle (m)	45
Niveau statique (m)	32
Niveau dynamique fixé par 1 <sup>ère</sup> venue (m)	49.93
Côte d'installation de la pompe (m)	42

### c) La lithologie et l'équipement du forage de Douré

Tableau 6 : Lithologie et coupe technique du forage du site de Douré

6a : Lithologie	6b : VE	6c : Coupe technique
0-1 : Terre végétale 1-4 : Cuirasse latéritique 4 -18 : Argile latéritique 18-45: Arènes argileuses 45-52 : Schistes altérés 52-56 : Granite fracturé 56 -62 : Schistes altérés	36m : 6m <sup>3</sup> /h 55m : 9m <sup>3</sup> /h	

Nous remarquons pour ce forage une importante frange d'altération (52m), ce qui a entraîné l'utilisation d'un petit volume de massif filtrant de sorte à ne pas capter l'eau de l'altération.

Malgré la profondeur de 62m forée, le socle n'était pas assez dure d'où la perte de profondeur entre la foration et l'équipement.

## II-3-2-2- Le site de Tegnagbo

### a) Les courbes de profils électriques et de sondages verticaux

Des trois profils électriques réalisés (annexe figure 17 à 19), seul le profil P2 indique l'existence d'anomalie géologique de type U.

Deux sondages verticaux ont été effectués dont un étalon SEF+ et un sondage SE1 (annexe figure 40 et 41). Ils sont de type fond de bateau avec une remontée traînante comme ceux du site précédent. La zone de Tegnagbo est en effet constituée de formations géologiques schisteuses très altérées avec des intercalations de granites.

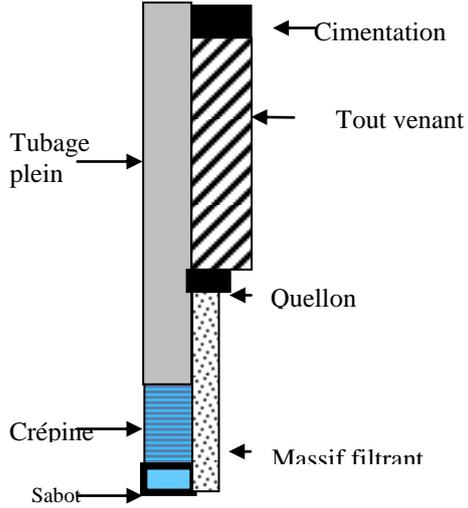
### b) Les caractéristiques du forage de Tegnagbo

Tableau 7 : Caractéristiques du forage de Tegnagbo

Caractéristiques	Données (m)
Profondeur forée (m)	49.50
Profondeur tubée (m)	49.50
Débit fin de foration ( $m^3/h$ )	<b>3.00</b>
Côte sommet des crépines (m)	42.1
Côte de la première venue d'eau (m)	45
Côte toit du socle (altération)	22.5
Niveau statique (m)	28.14
Niveau dynamique fixé par 1 <sup>ère</sup> venue (m)	45
Côte d'installation de la pompe (m)	36

### c) La lithologie et l'équipement du forage de Tegsagbo

Tableau 8 : Lithologie et coupe technique du forage du site de Tegsagbo

8a : Lithologie	8b : VE	8c : Coupe technique
0-2 m: Terre végétale 2-9 m: Argile latéritique 9-12 m: Cuirasse latéritique 12-14 m: Argile latéritique 14-23 m: Argile blanchâtre 23-32 : Arènes argileuses 32 -36 m: Arènes grenues 36-40 m: Granite et schiste altéré 40-45 m: Schistes fracturés 45-49.50m : Schistes sains	45m : 2.8m <sup>3</sup> /h 47m : 3m <sup>3</sup> /h	 <p>Le diagramme illustre la coupe technique du forage. À gauche, une barre grise représente le 'Tubage plein'. À droite, les zones sont indiquées par des flèches et des légendes : 'Cimentation' (noir), 'Tout venant' (rayures diagonales), 'Quillon' (noir), 'Massif filtrant' (pointillés), 'Crépine' (bleu rayé), et 'Sabot' (bleu). Les zones de cimentation, tout venant et quillon correspondent aux premières lithologies du tableau (0-12 m). Le massif filtrant est situé dans la zone des arènes grenues (32-36 m). La crépine est installée dans la zone des arènes argileuses (23-32 m). Le sabot est au fond du forage.</p>

Au niveau de ce site, l'altération est également importante avec une épaisseur de 32m. L'intercalation de schistes et de granites a rendu l'équipement de ce forage particulièrement difficile ; elle a en effet occasionné la perte totale du tubage provisoire qui s'est enfoncé tout seul après un espoir de stabilisation des formations géologiques.

### II-3-2-3- Le site de Téma-Natinga

#### a) Les courbes des profils électriques et sondages verticaux

Nous avons réalisé huit profils (annexe figure 20 à 27) électriques sur ce site. Ce grand nombre de profils s'explique par l'existence d'une épaisse couche de cuirasse latéritique qui a rendu les mesures très difficiles. Nous n'avons retenu au bout de ces huit profils qu'un seul sondage vertical.

La particularité de ces sondages SEF+ et SE1 (annexe figure 42 à 43) se trouve au niveau de leur forme qui est de type en cloche et en fond de bateau avec des résistivités élevées en surface et faibles en profondeur.

#### b) Les caractéristiques du forage de Téma-Natinga

Tableau : 9 : Caractéristiques du forage de Téma-Natinga

Caractéristiques	Données (m)
Profondeur forée (m)	67.55
Profondeur tubée (m)	67.55
Débit fin de foration (m <sup>3</sup> /h)	<b>1.440</b>
Côte sommet des crépines (m)	41.87
Côte de la première venue d'eau (m)	55
Côte toit du socle	35.53
Niveau statique (m)	10.35
Niveau dynamique fixé par 1 <sup>ère</sup> venue (m)	55
Côte d'installation de la pompe (m)	36

### c) La lithologie et l'équipement du forage de Téma-Natinga

Tableau 10 : Lithologie et coupe technique du forage de Téma-Natinga

10a : Lithologie	10b : VE	10c : Coupe technique
<p>0-3m : Cuirasse latéritique            3-7 m: Argile latéritique            7-24 m: Arènes argileuses            24-33m : Arènes grenues            33-37m : Schistes altérés            37-48 m: Schistes fracturés            48 -65 m: Schistes peu fracturés            65-67.55m : Schistes sains</p>	<p>55m : 1.2m<sup>3</sup>/h            64m : 1.44m<sup>3</sup>/h</p>	<p>Tubage plein</p> <p>Crépine</p> <p>Sabot</p> <p>Cimentation</p> <p>Tout venant</p> <p>Quellon</p> <p>Massif filtrant</p>

## II-3-2-4- Le site de Tibin

### a) Les courbes des profils électriques et sondages verticaux

L'exécution de trois profils P1, P2 et P3 (annexe figure 28 à 30) a montré la présence d'anomalies géologiques dans la zone de Tibin.

Deux sondages verticaux ont été effectués ; le sondage SE1 (annexe figure 44) est de type en une branche traînante sur schistes qui a été foré, est typique des zones de formations géologiques schisteuses. La foration de ce 1<sup>er</sup> sondage a donné un débit de 4.900m<sup>3</sup>/h Le sondage SE2 (annexe figure 45) est un second type de sondage des zones de schistes avec une forme en cloche et en fond de bateau montrant la présence de formations géologiques de résistivités décroissantes avec la profondeur. Comme la foration du point SE1 a permis d'obtenir un forage positif, le SE2 na plus été exécuté.

Hormis le site de Ziniaré où le contrat précisait la réalisation de deux forages productifs, les autres sites faisaient cas d'un forage productif par site.

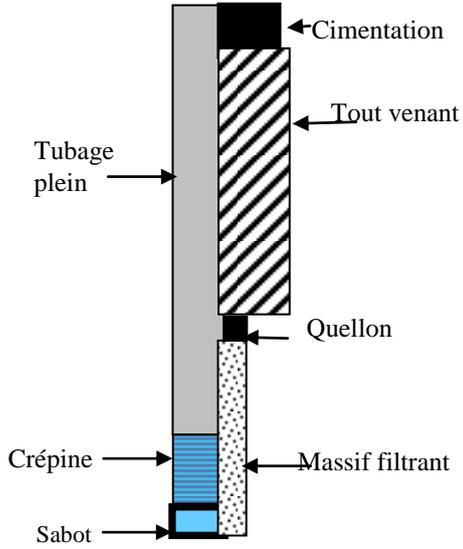
### b) Les caractéristiques du forage de Tibin

Tableau 11: Caractéristiques du forage de Tibin

Caractéristiques	Données
Profondeur forée (m)	54.00
Profondeur tubée (m)	54.00
Débit fin de foration (m <sup>3</sup> /h)	<b>4.900</b>
Côte sommet des crépines (m)	40.2
Côte de la première venue d'eau (m)	49.5
Côte toit du socle (m)	31.5
Niveau statique (m)	24.36
Niveau dynamique fixé par 1 <sup>ère</sup> venue (m)	49.50
Côte d'installation de la pompe (m)	36

### c) La lithologie et l'équipement du forage de Tibin

Tableau 12 : Lithologie et coupe technique du forage de Tibin

12a : Lithologie	12b : VE	12c : Coupe technique
<p>0-1m : Terre végétale            1-2 m: Cuirasse latéritique            2-5 m: Argile latéritique            5-23 m : Argile rougeâtre            23-31m : Argile blanchâtre            31-34m : Arènes argileuses            34 -40m : Arènes grenues            40-45m : Schistes altérés            45-51m: Schistes+Granite fissurés            51-54m : Granite sain</p>	<p>49,5m :            4.9m<sup>3</sup>/h</p>	 <p>Le diagramme illustre la coupe technique d'un forage. À l'extrémité supérieure, on trouve une section de cimentation (noir). En dessous, une section de tout venant (rayures diagonales) est visible. Le forage est équipé d'un tubage plein (gris) qui descend jusqu'à une crépine (bleu rayé). À la base de la crépine, il y a un massif filtrant (pointillés) et un sabot (bleu). Un quillon (noir) est également présent dans la partie inférieure du forage.</p>

## II- 3- 3- SYNTHÈSE ET COMPARAISON DES RESULTATS

Les courbes des profils de traînés électriques obtenues sur les granitoïdes et les schistes présentent globalement des formes similaires avec une prédominance des formes W, V et U.

Les résistivités diffèrent quant à elles, en fonction de la géologie. En effet, les schistes sont caractérisés par de faibles résistivités variant entre 10 et 300 Ohm.m tandis que les granites répondent à des résistivités plus fortes de 100 Ohm.m à 1000 Ohm.m et même plus.

De grandes différences existent également au niveau de l'allure des courbes de sondages électriques selon que l'on se situe sur les granites ou sur les schistes :

- les formes bateau à fond pointu prédominent sur les granites tandis que ce sont les formes bateau mais à fond large qui sont rencontrées sur les schistes.
- Les formes types en cloche et en fond de bateau, en une branche ascendante avec une remontée souvent très traînante sont typiques des formations schisteuses. Ces formes indiquent une probabilité plus grande de trouver de l'eau.

Tableau 13: Comparaison des caractéristiques des différents forages réalisés sur les granites et sur les schistes.

Géologie	Granites			Schistes			
	Provinces	Kadiogo	Oubritenga	Passoré			
Villages	Koubri	Pighin	Ziniaré	Douré	Tegsagbo	Téma-Natenga	Tibin
Alt. (m)	12.70	13.25	8.00	43.00	22.50	35.53	31.50
Prof. forage	61.5	41.17	70.57	57.18	49.50	67.55	54.00
1 <sup>ère</sup> VE (m)	49.00	30.97		49.93	45.00	55.00	49.50
Débit (m <sup>3</sup> /h)	1.714	1.600		9.00	3.00	1.440	4.900
Plan d'équip. des crépines	discontinu			continu			
Temps dev. (h)	2	2		5	3.5	3	4
sommet crépines (m)	35.00	25.37		47.42	42.10	41.87	40.20
NS (m)	22.59	24.00		32.00	28.14	10.35	24.36
Côte pompe (m)	35	33		42	36	36	36

De l'observation de ce tableau, il ressort que :

- Les profondeurs totales des forges varient entre 71 et 41 mètres ; cette variation est indépendante de la géologie du milieu.
- L'altération est plus épaisse sur les schistes (31 à 43m) que sur les granites (8 à 13m).
- le plan d'équipement en crépines des forages est continu en zone de schistes mais discontinu sur les formations granitiques (intercalation crépine- PVC plein). Cette situation peut être synonyme d'économie de crépines en zones de schistes.
- De façon globale, les débits sont plus élevés en contexte schisteux par rapport à celui granitique. Cependant sur les schistes, l'épaisseur de l'altération argileuse et sa très faible perméabilité constituent un obstacle certain aux possibilités de renouvellement de ce type d'aquifère (BRGM 1992).
- Le temps de développement est plus long en zone de schistes qu'en zone granitique. En effet, l'aspect de l'eau est souvent trouble sur les formations géologiques schisteuses après le développement du forage malgré le fait que ce temps soit relativement long.
- Dans les forages réalisés, les niveaux statiques de l'eau se situent entre 10 et 32m de profondeur.

Des difficultés essentiellement d'ordre technique sont souvent rencontrées lors des travaux :

- existence d'une épaisse couche de latérite sur les schistes (figure 10) rendant les mesures très difficiles (cas spécifique du site de Téma-Natinga).
- pertes de profondeurs constatées entre la foration et l'équipement dans deux cas (Douré et Tegsagbo) en domaine de schistes,; il faut donc prendre des précautions en zone de schistes.
- Perte de tubage provisoire lors de l'exécution des travaux.
- Turbidité toujours élevée de l'eau de deux forages (Tibin et Tegsagbo) en zone de schistes après respectivement 4h et 3h30mn de développement. D'après nos observations, les crépines utilisées en zone de schistes présentent les mêmes caractéristiques que celles utilisées en zones des granitoïdes ; nous pensons alors à une non adaptation des ouvertures des crépines avec la granulométrie des roches.

Au-delà de l'exécution proprement dite des forages, nous nous sommes également intéressés aux différentes côtes d'installation des pompes manuelles pour extraction de l'eau. Pour le cas idéal, la pompe doit être installée au-dessous du niveau dynamique après 8 mois (3 à 5 mètres) à raison de 12 heures d'exploitation par jour. Durant nos travaux, nous avons constaté que sur 50% des forages réalisés, un essai de pompage n'a pas été demandé. Les données utilisées pour fixer les profondeurs d'installation des pompes sont alors la côte des crépines, la 1<sup>ère</sup> venue d'eau et le niveau statique.

En ce qui nous concerne, nous pensons que la fixation des différentes profondeurs à environ 36m relève plus des contraintes d'acquisition des accessoires d'installation des pompes ; les vendeurs livrent en effet à un prix forfaitaire un nombre de tuyauteries et tringles bien précis (très souvent 12 tuyaux +12 tringles + un cylindre) et qui n'est pas forcément suffisant mais dont l'acheteur se contente d'utiliser.

## CONCLUSION

Les méthodes de prospection géophysique électriques sont les plus utilisées dans la recherche d'eau souterraine en zone de socle au Burkina Faso. L'existence d'eau souterraine dans ce type de domaine géologique est liée à celle des fractures et la géophysique électrique étant une méthode d'investigation du sous sol en profondeur permettant d'identifier la résistivité des matériaux terrestres. Elle contribue alors à localiser les fractures qui correspondent aux zones de basses résistivités. Les anomalies identifiées doivent être en mesure de fournir un débit d'eau mesurable pour être utiles à l'hydrogéologue.

L'analyse de nos résultats a montré que les valeurs de résistivités des courbes de profils d'une part et les formes de sondages verticaux d'autre part, indiquent des formations géologiques précises. En fonction de cette géologie, l'ampleur de paramètres tels que la résistivité, le débit, le plan d'équipement, les pertes de profondeur et le temps de développement sont estimée avant le début des travaux de chantiers.

Le contractant en se servant des données de géophysiques de forages d'eau déjà existants et en prenant conseils auprès d'un consultant, peut alors se faire une idée des difficultés liées à l'exécution des travaux de chantier et estimer de manière plus objective les devis lors de la recherche de marchés. Le consultant qui est, quant à lui, chargé des études et du contrôle, doit toujours veiller à l'exécution des travaux dans les règles de l'art et selon les prescriptions techniques du marché.

Cette étude vient alors de confirmer que la géophysique est incontournable dans la recherche d'eau souterraine en zone de socle cristallin et jette les bases de la rigueur du travail des consultants car, <affaire de forages, affaire d'eau, affaire de vie> (DETAY M., 1993).

## CONSTATS ET SUGGESTIONS

Nous ne saurons achever notre travail sans évoquer quelques constats et observations et prodiguer des suggestions dans le but d'améliorer les prestations des consultants et contractants des travaux de réalisation de forages d'eau.

### ❖ **Constats**

Faits remarquables observés sur trois forages dans la province du Passoré :

- Une baisse remarquable du niveau d'eau (au mois de Septembre) d'un forage (à Douré) aux heures de pointe et les usagers sont obligés de suspendre le pompage quelques temps (30mns environ) avant de reprendre.

*La profondeur d'installation de la pompe était-elle insuffisante?*

- Un forage soumis à la réhabilitation (à Douré) s'est avéré négatif après le développement : *la fracture jadis alimentée s'est-elle asséchée?*
- Le troisième forage (à Tegsagbo) localisé dans une zone hydrogéologiquement favorable et à proximité duquel nous avons réalisé un forage positif de 2m<sup>3</sup>/h était à croire aux dires de la population bénéficiaires non récupérable ; la réhabilitation effectuée à deux reprises indiquait que les PVC étaient troués.

*Des éléments chimiques de nature corrosive seraient-ils présents dans l'eau du forage?*

### ❖ **Suggestions**

#### **Aux consultants:**

- Réunir le maximum d'informations sur la géologie et l'hydrogéologie des sites de prospection.
- Convaincre les clients de l'importance de vos prestations dans la réussite et la durée de vie des forages.
- Mettre en place un bon canevas de gestion et d'organisation des travaux ;
- Choisir les périodes propices de l'année pour bien mener leurs études de terrains; l'hivernage est en général la période la plus défavorable.

#### **Aux contractants:**

- Toujours demander conseils auprès des personnes ressources que sont les consultants.
- Ne pas perdre de vue l'aspect humanitaire du métier (donner une eau propre à la consommation humaine).

## BIBLIOGRAPHIE

ABOUCAMI W., BOHER M., MICHARD A. AND ALBARÈDE F. 1990. A major 2,1 Ga. old event of mafic magmatism in West Africa: an early stage of crustal accretion, *J. Geophys. Res.*, 95, B11, pp. 17607-17629.

BARIOU R. 1978. Manuel de télédétection- photographies aériennes- images- radar-thermographies- satellites. Edition sodipe S.A., Paris, 349p.

BESSELES B. 1977. *Géologie de l'Afrique: le craton Ouest Africain*, Mém. B. R. G. M., Orléans, 88, 403 p.

BONN F. et ROCHON G. 1992. Précis de télédétection, volume 1, principe et méthodes. Presse de l'Université du Québec / AUPELF, 485p.

BOURNAT G. ET DELAFOSSE R. 1968. Les possibilités minières de la République de Haute Volta. Rapp. DGM, 15 p + 1 carte.

CHAPEL P. 1980. Géophysique appliquée. Masson, Paris.

Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) 1984. Utilisation des méthodes géophysiques pour la recherche d'eau dans les aquifères discontinus, série hydrogéologie.

CIEH 1988-1989.classification des anomalies de résistivité en fonction de leurs formes  
Bulletin de liaison N° 74-75

C. CASTAING, M. BILLA, J.P. MILESI, D. THIEBLEMONT, J. LE METOUR, E. EGAL, M. DON-ZEAU (BRGM) (coordonnateurs) et C. GUERROT, A. COCHERIE, P. CHEVREMONT, M. TEGYEY, Y. ITARD (BRGM), B. ZIDA, I. OUEDRAOGO, S. KOTE, B.E. KABORE, C. OUE-DRAOGO (BUMIGEB), J.C. KI, C. ZUNINO (ANTEA), 2003. Notice explicative de la Carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000.

DETAY M.1993. Le forage d'eau: réalisation, entretien, réhabilitation Masson, 379p

DUCELLIER J. 1963. *Contribution à l'étude des formations cristallines et métamorphiques du Centre et du Nord de la Haute-Volta*. Mém. BRGM, Paris, N°10, 320p.

FOUCAULT A. et RAOULT J.F. 2000. Dictionnaire de géologie, 5<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 2000, 379p.

GRANT F. S. et WEST G. 1965. Interpretation theory in applied geophysics. McGraw-Hill Book co.

KOUSSOUBE Y., NAKOLEMDOUSSE S., BAZIE P., SAVADOGO A. N., 2003. Typologie des courbes de sondages électriques verticaux pour la reconnaissance des formations superficielles et leur incidence en hydrogéologie de socle cristallin du Burkina Faso. *Sud Sci. et Technologies*, N°10, 26-32.

LOMPO M. 2001. *Le Paléoprotérozoïque : Birimien du Burkina Faso -Afrique de l'Ouest- (Evolution crustale et concentrations aurifères).Pétrologie – Tectonique – Géologie Minière (Craton Ouest ; Ceinture de roches vertes ; Granitoïdes ; Or ; Géodynamique)*. Mém. d'habilitation à diriger des recherches, Univ. Paul Sabatier, Toulouse 3, 135p.

MEYER C. 1991. Applications de la géophysique aux recherches d'eau souterraine, techniques et documentation, Lavoisier, 183p.

MILESI J. P, et al. 1989. Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leurs relations avec l'évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. Min.* n° 497, pp. 3-98, 9 fig., 6 tabl. Editions du B.R.G.M.

NAKOLEMDOUSSE S. 1991. Méthode d'évaluation de la productivité des sites aquifères au Burkina Faso: géologie- géophysique- télédétection; thèse. Institut Dolomieu- Université Joseph Fourier- Grenoble.

ROULEAU A. et BEGIN R., SAVADOGO A. N., NAKOLEMDOUSSE S., KOUSSOUBE Y. et DIALLO S. 1996. Etude des facteurs de productivité des aquifères du socle cristallin du Burkina Faso (phase II). Rapport final du centre de recherche pour le développement international.

TRAORE A. 2005. *Caractérisation et analyse de la déformation dans la ' shear zone' de Youga Zoaga (Sud du Burkina Faso)*, Mémo. DEA de Géosciences, Univ. Cheickh Anta Diop de Dakar, 70p.

## **ANNEXES**

# ANNEXES I- Courbes des profils électriques

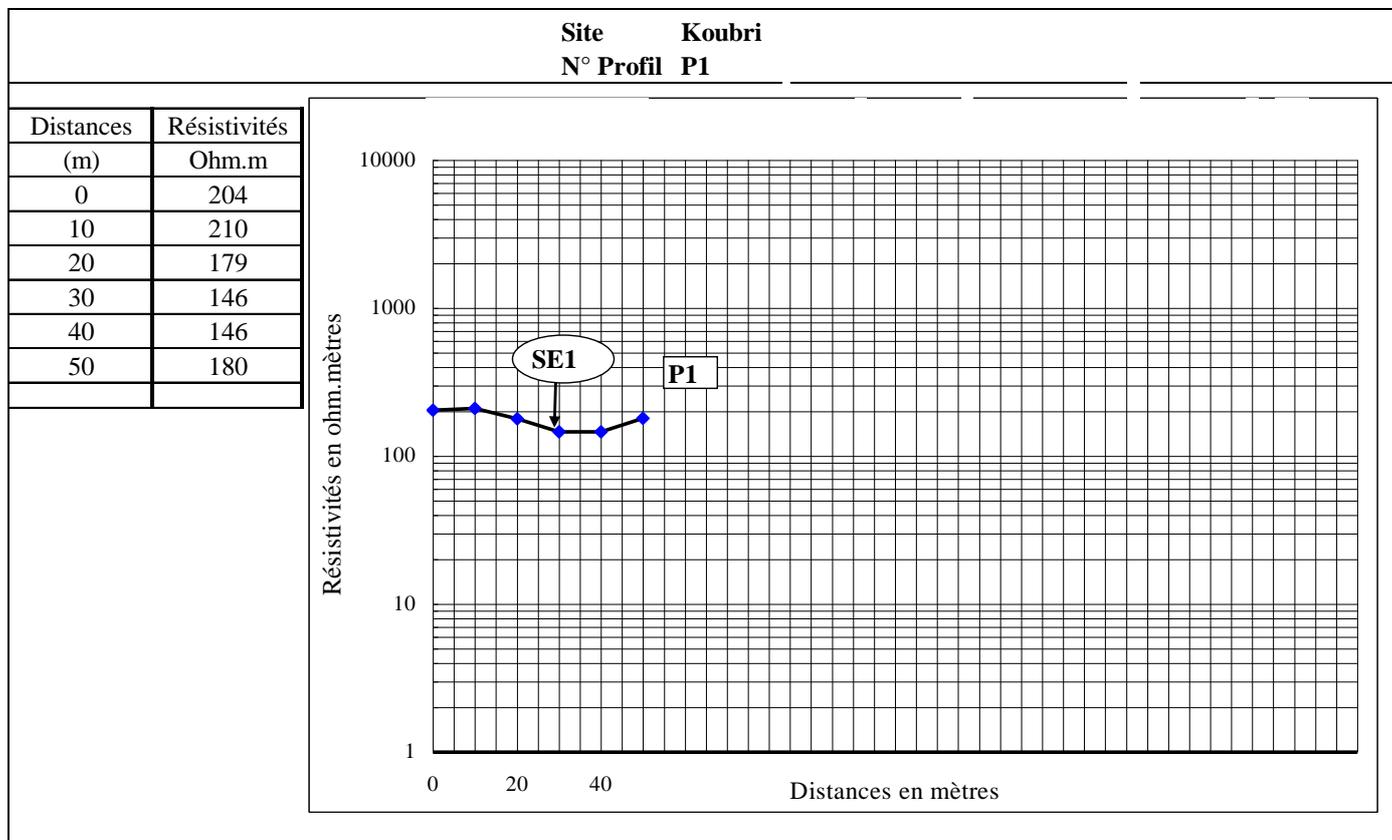


Figure 1 : Profil N°1 du site de Koubri (forme légèrement en U)

SITE PIGHIN  
PROFIL P1

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	92
10	55
20	59
30	70
40	163
50	158

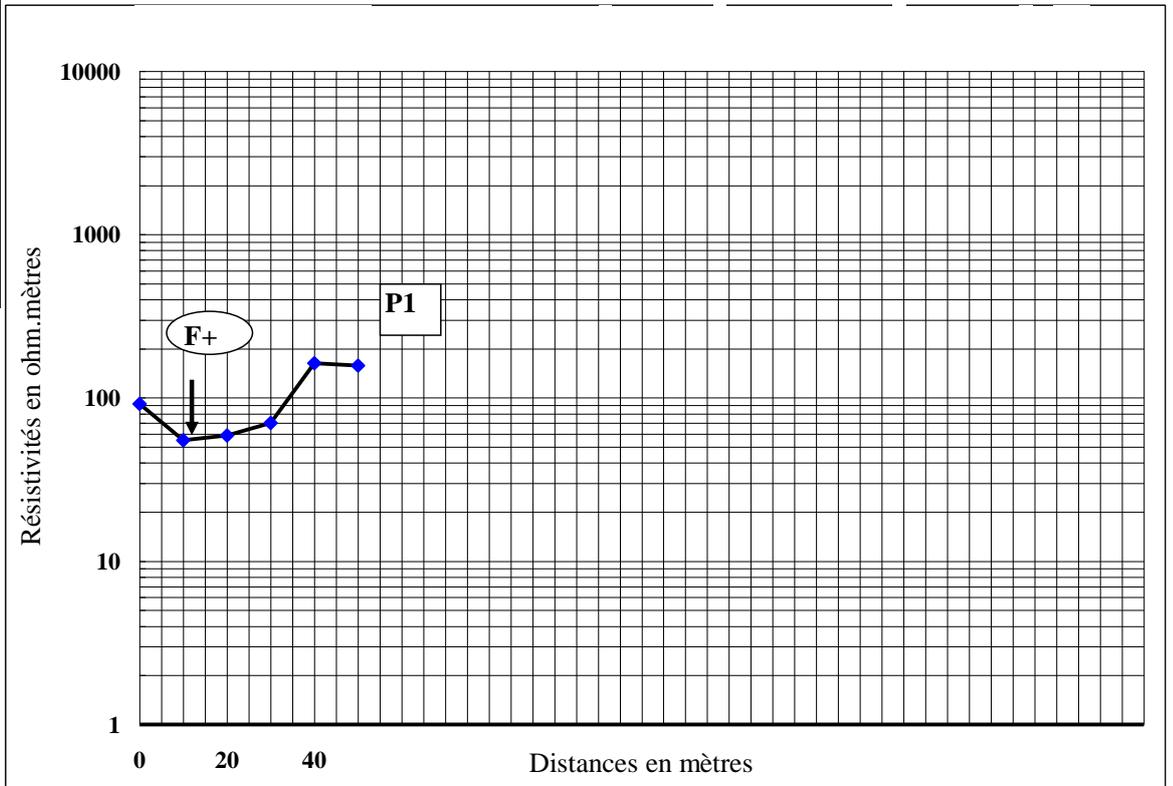


Figure 2 : Profil N°1 du site de Pighin (Anomalie de type U)

SITE PIGHIN  
N° PROFIL P2

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	88
10	78
20	88
30	77
40	104
50	115
60	177
70	157
80	174
90	268
100	254

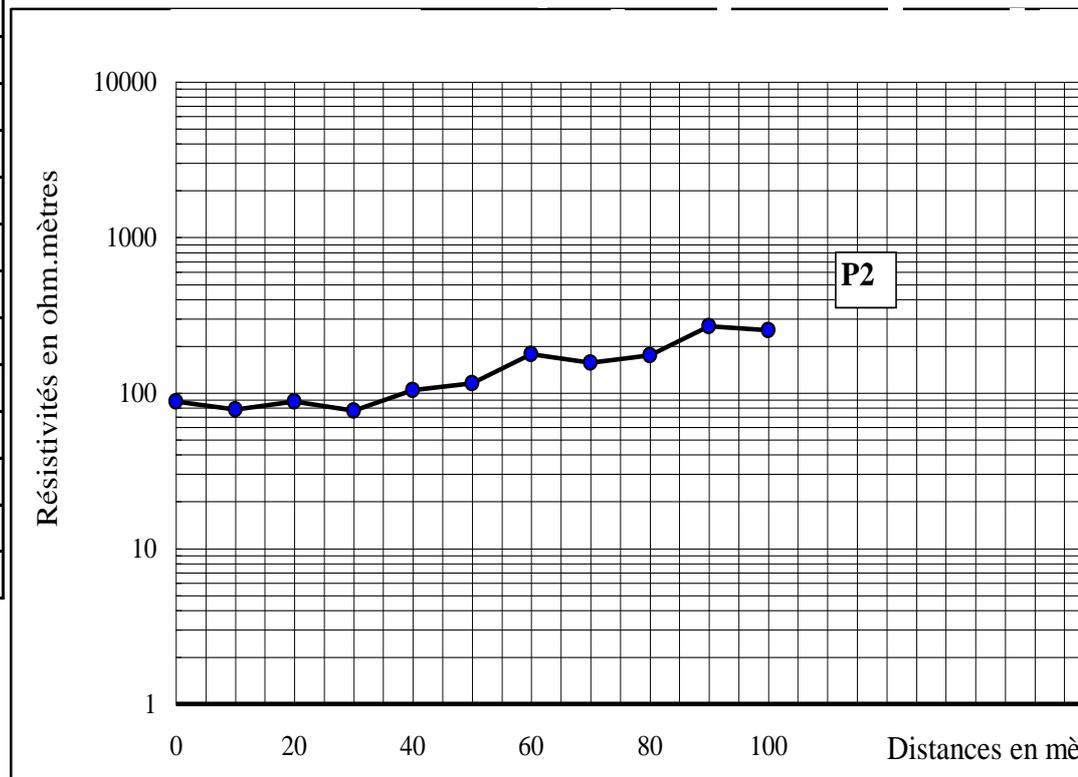


Figure 3 : Profil N°2 du site de Pighin

SITE PIGHIN  
N° PROFIL P3

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	117
10	128
20	84
30	97
40	100
50	115
60	99
70	120
80	161
90	150
100	211
110	245

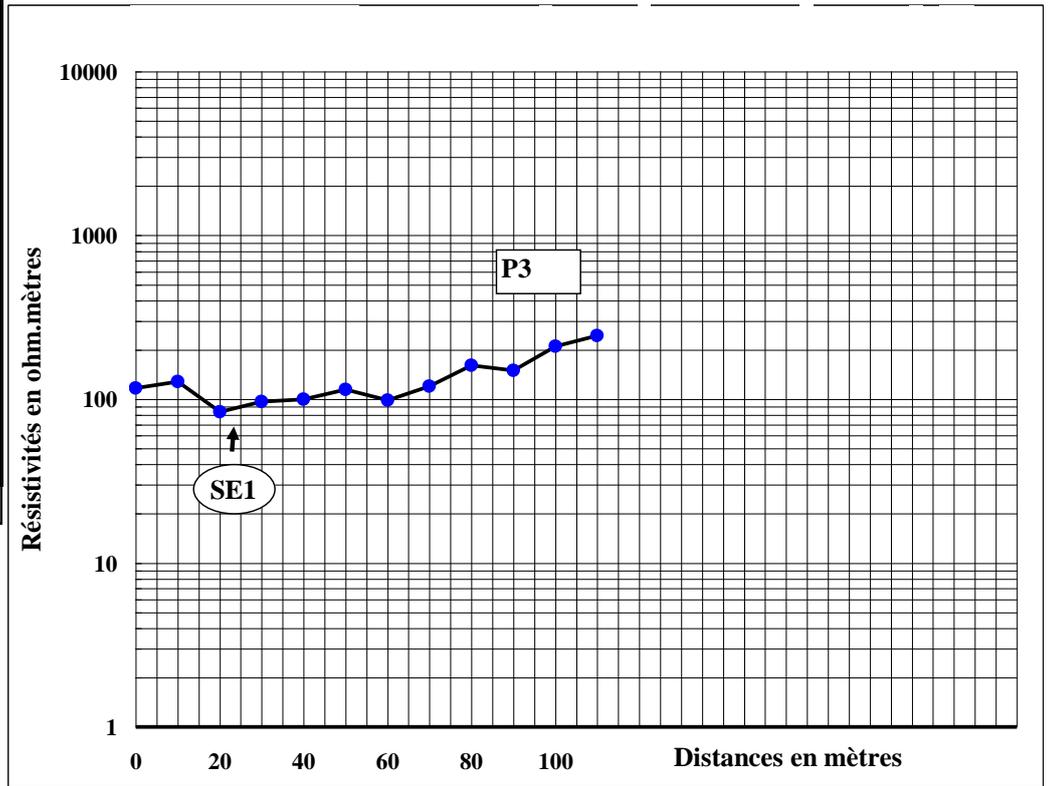


Figure 4 : Profil N°3 du site de Pighin

SITE PIGHIN  
N° PROFIL P4

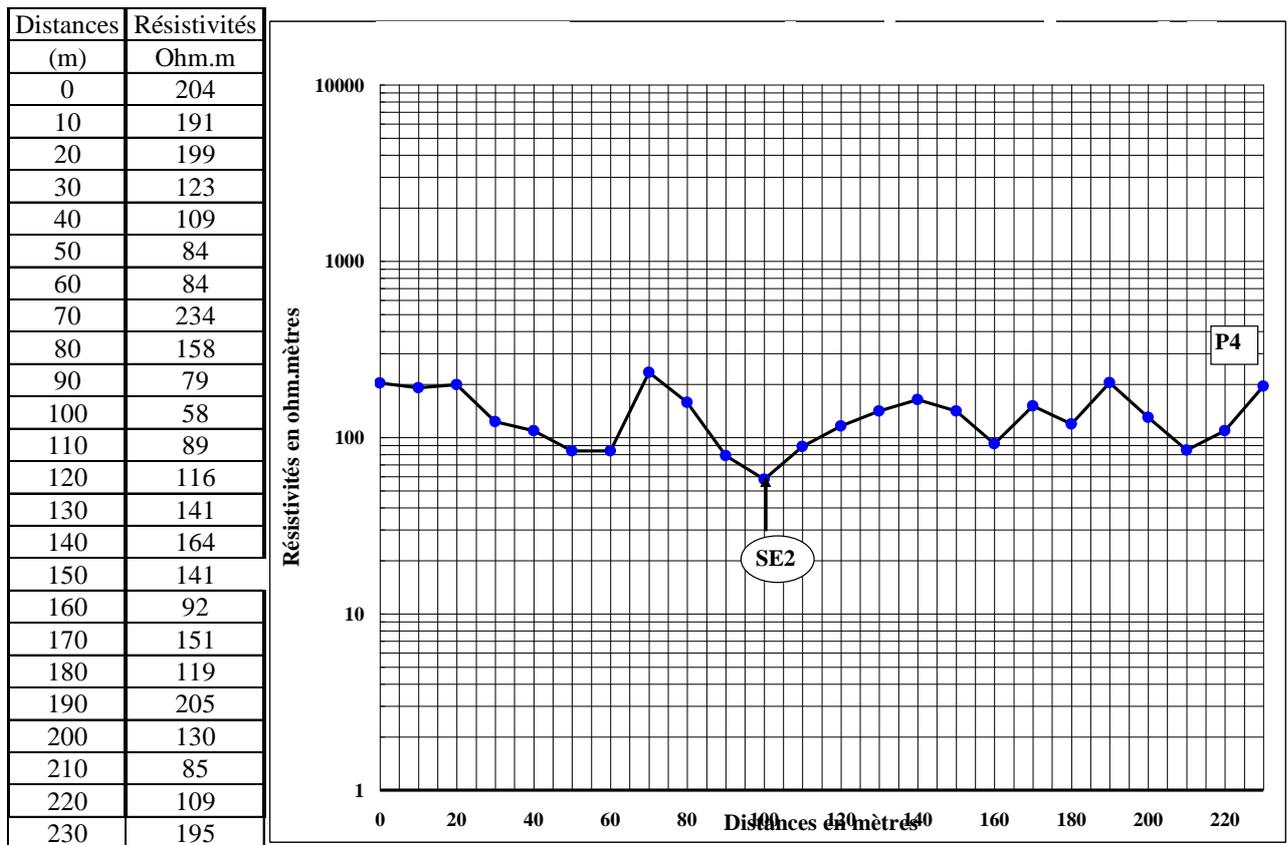


Figure 5 : Profil N°4 du site de Pighin (anomalie de forme W)

SITE PIGHIN  
N° PROFIL P5

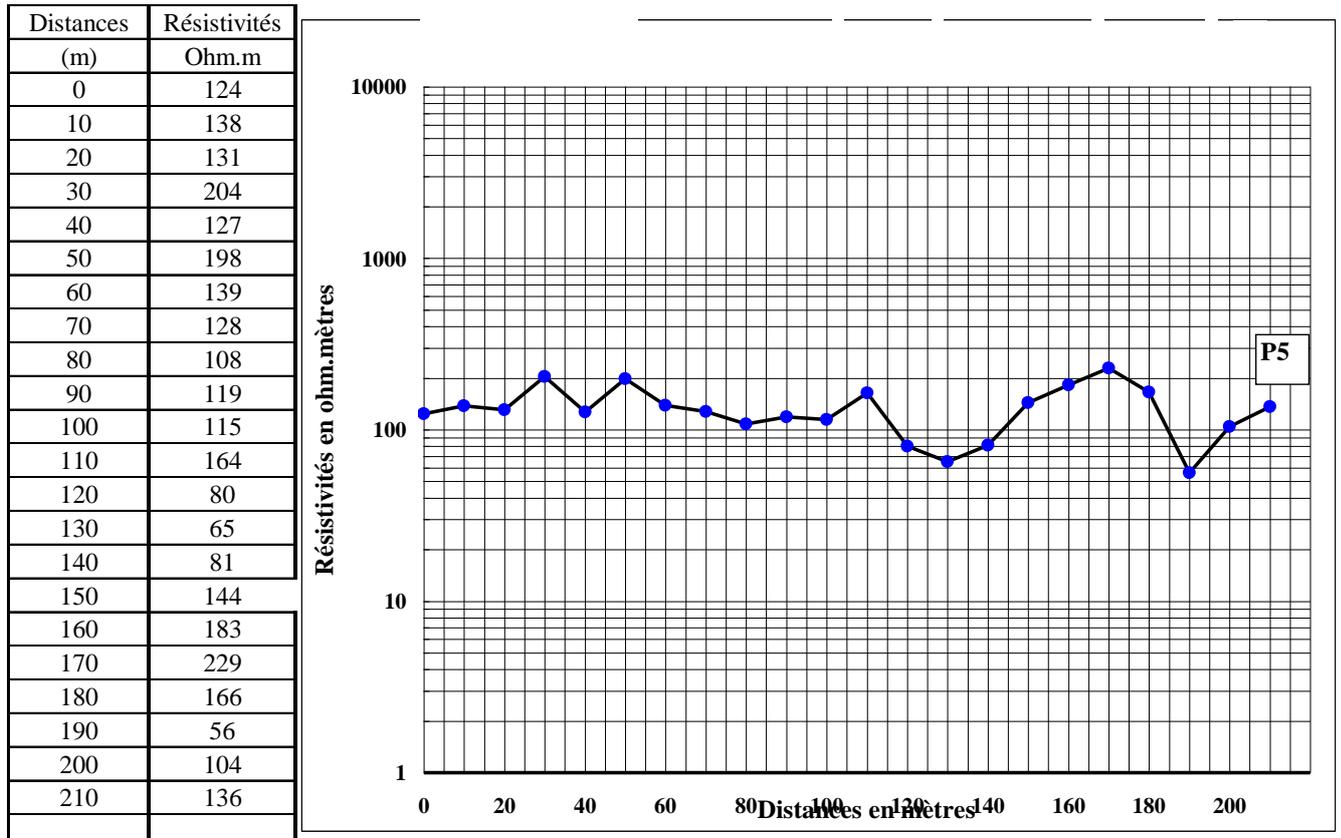
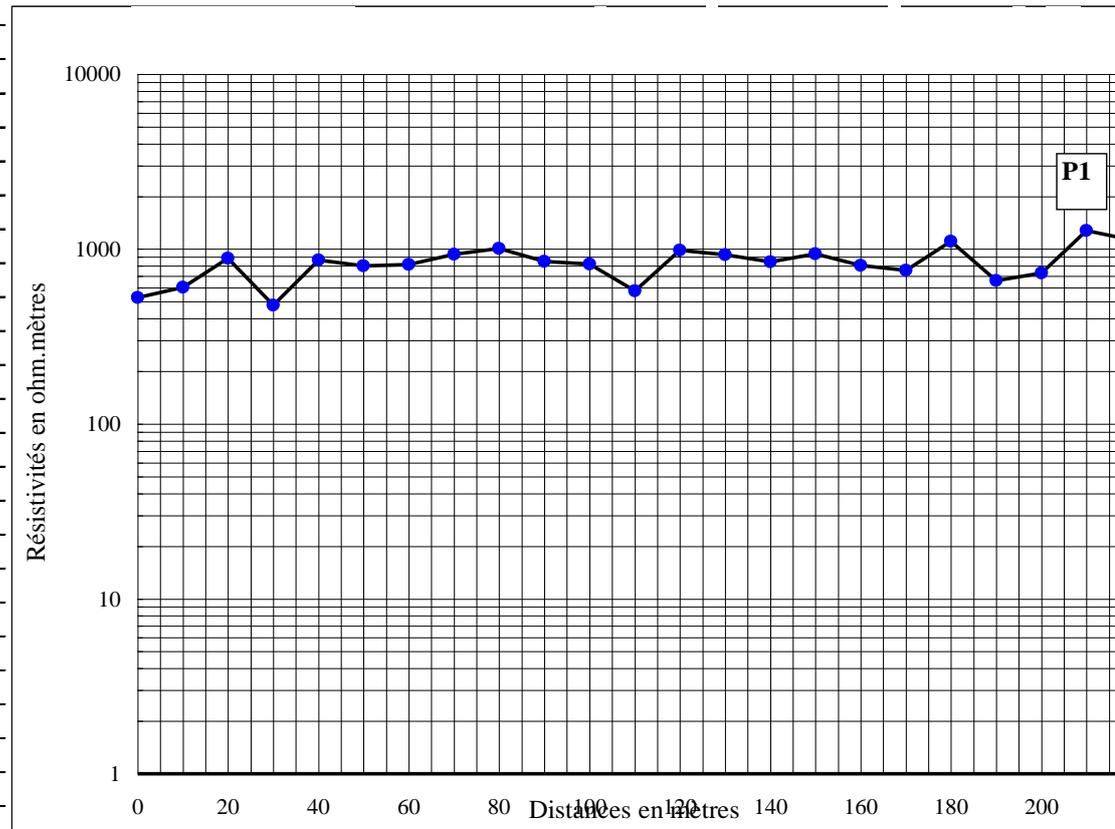


Figure 6 : Profil N°5 du site de Pighin (Anomalies U et V)

**SITE            ZINIARE**  
**N° PROFIL       P1**

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	528
10	606
20	884
30	479
40	865
50	802
60	818
70	934
80	1006
90	852
100	822
110	576
120	988
130	927
140	845
150	938
160	805
170	757
180	1109
190	662
200	731
210	1279
220	1129



**Figure 7 : Profil N°1 de Ziniaré (Anomalie en V)**

**SITE ZINIARE**  
**N° PROFIL P2**

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	1284
10	984
20	838
30	1377
40	1001
50	1044
60	909
70	826
80	963
90	650
100	591
110	1532
120	813
130	938
140	1346
150	1278

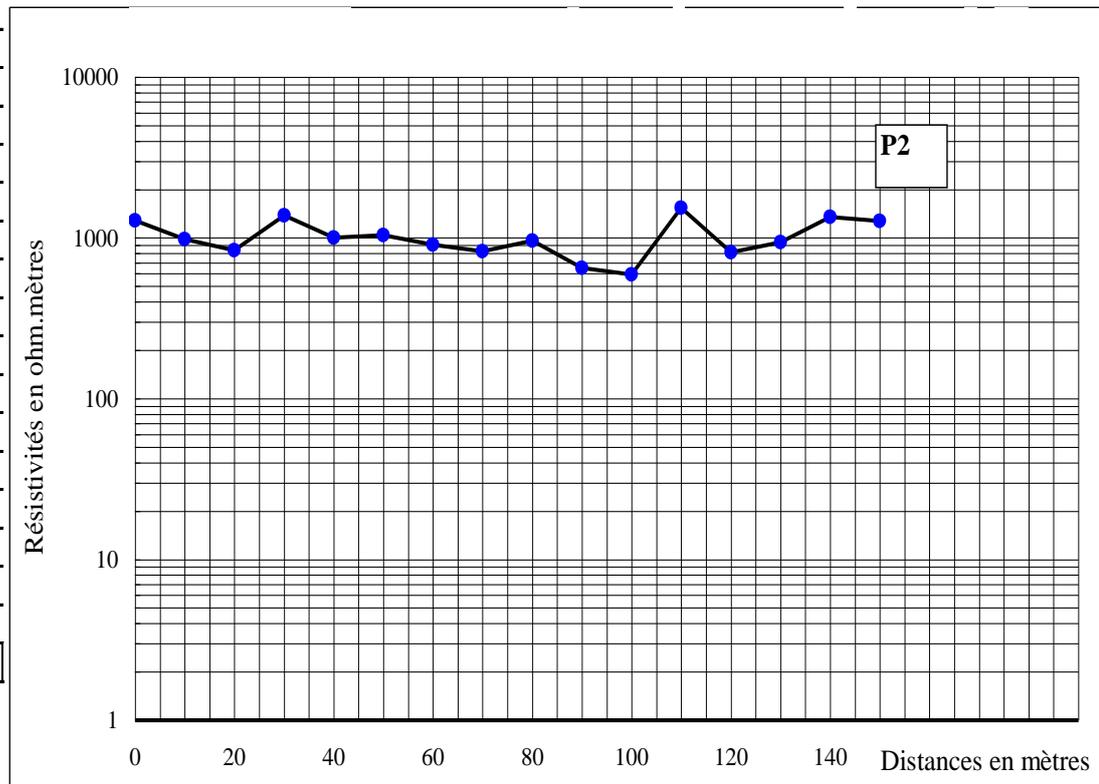


Figure 8 : Profil N°2 de Ziniaré (Anomalie en W)

SITE ZINIARE  
N° PROFI P3

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	1007
10	1505
20	1017
30	712
40	895
50	481
60	810
70	972
80	385
90	1162
100	1070

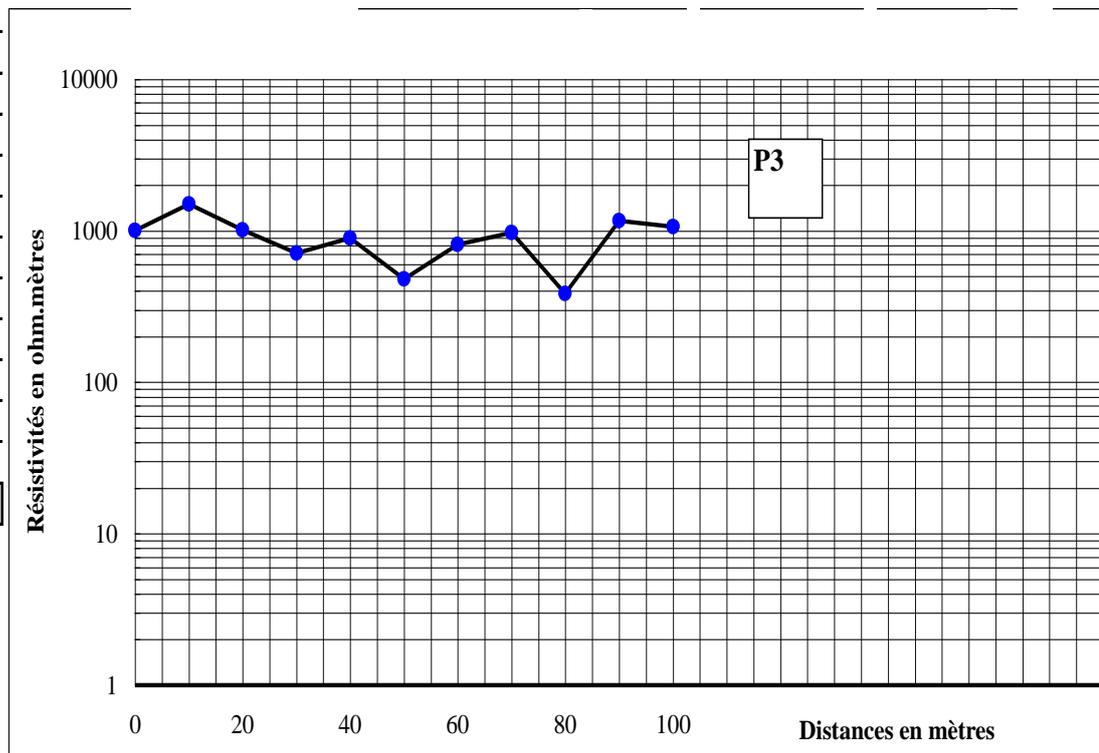


Figure 9 : Profil N°3 de Ziniaré (Anomalie de type W)

**SITE            ZINIARE**  
**N° PROFIL    P4**

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	1025
10	890
20	810
30	779
40	705
50	1018
60	1129
70	318
80	1015
90	1589
100	325
110	483
120	1243

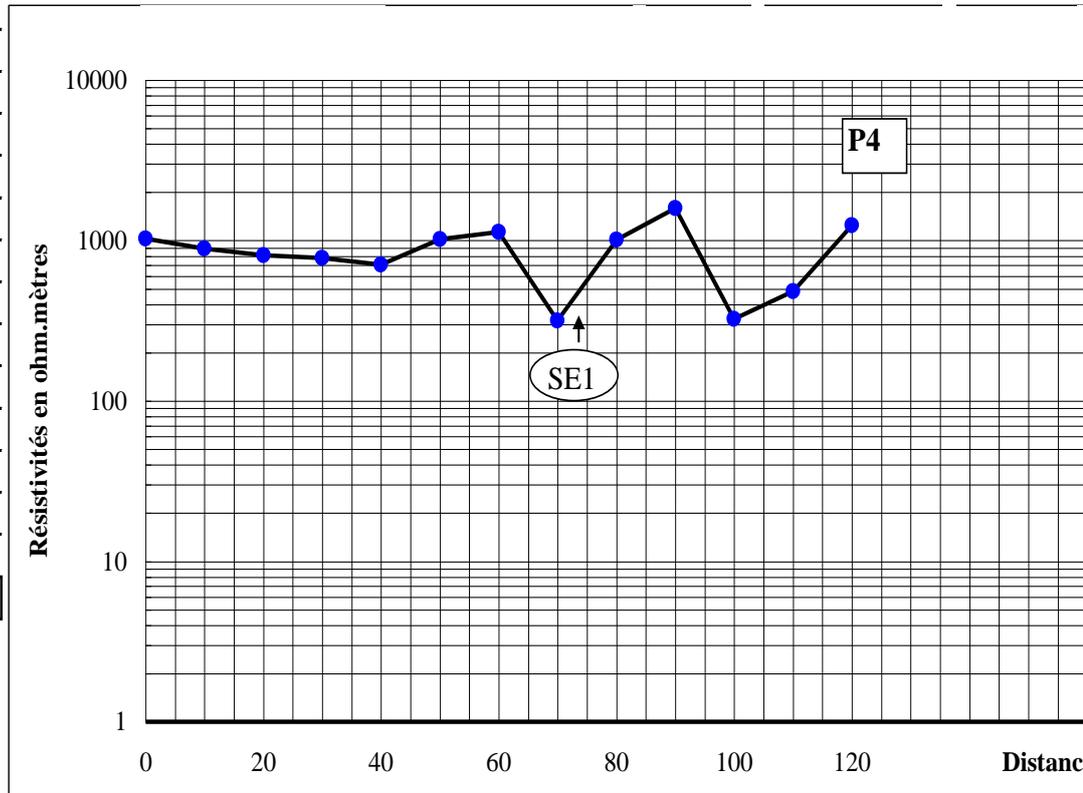


Figure 10 : Profil N°4 de Ziniaré (Anomalie de type W)

SITE ZINIARE  
N° PROFIL P5

Distances	Résistivités
(m)	Ohm/m
0	683
10	664
20	848
30	889
40	821
50	817
60	745
70	713
80	813
90	941

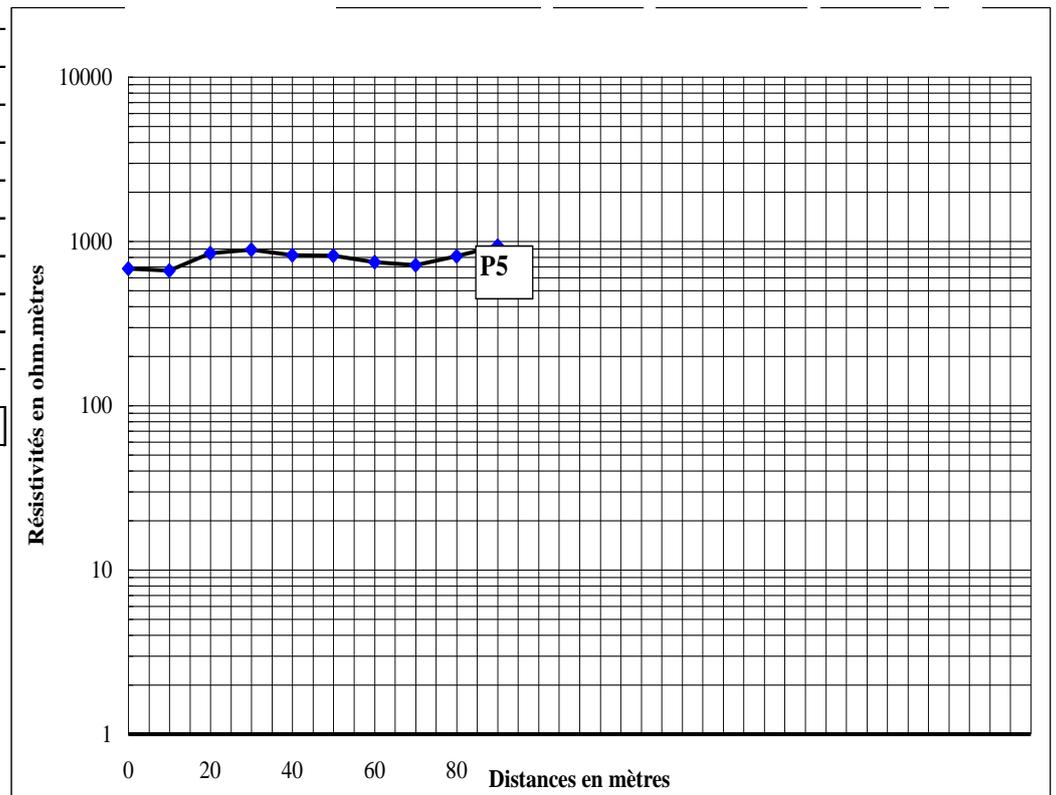


Figure 11: Profil N°5 de Ziniaré

SITE ZINIARE  
N° PROFIL P6

Distances	Résistivités
(m)	Ohm/m
0	997
10	623
20	279
30	438
40	625
50	643

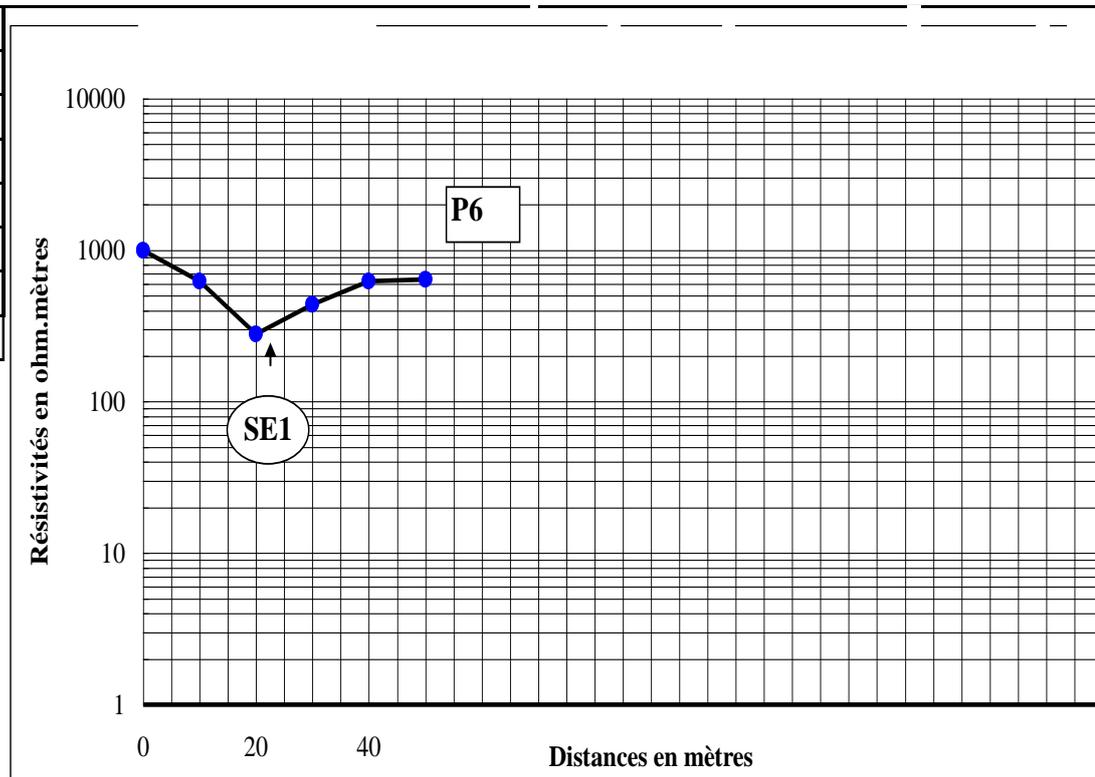


Figure 12 : Profil N°6 de Ziniaré (Anomalie en V)

**SITE DOURE**  
**N° PROFIL P1**

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	200
10	225
20	214
30	182
40	345
50	220

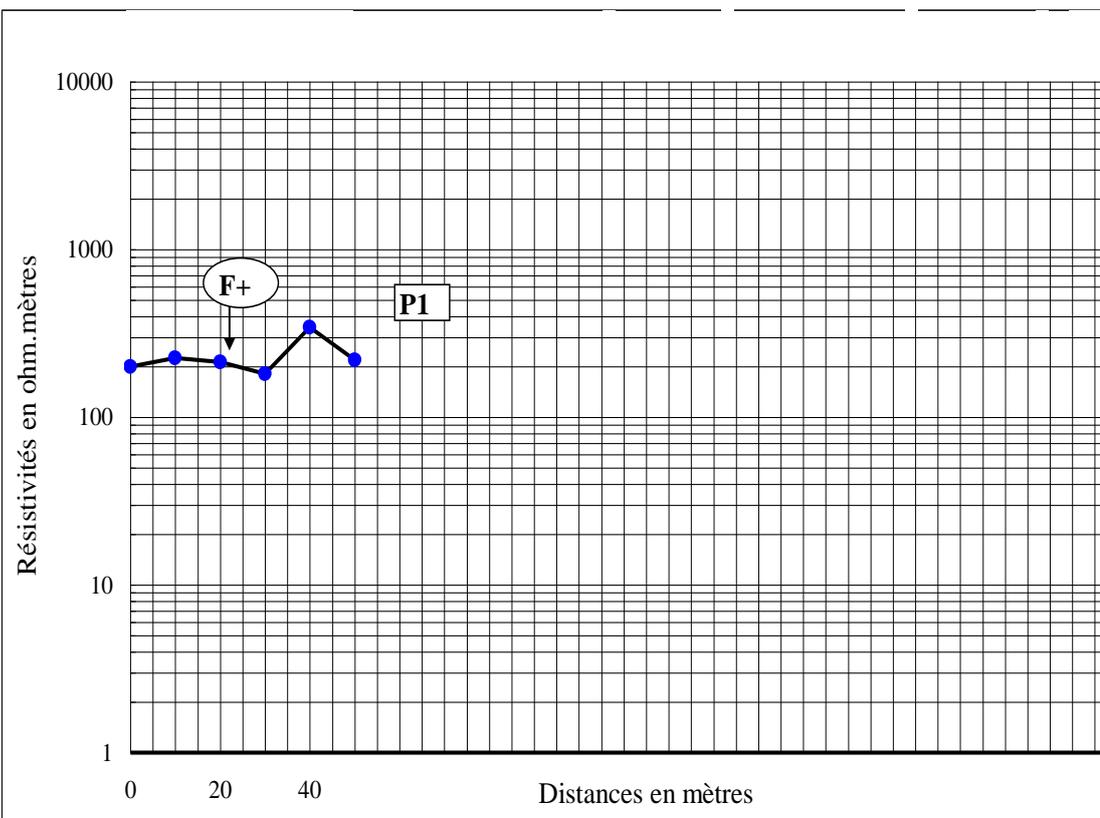


Figure 13 : Profil N°1 de Doureé

**SITE DOURE**  
**N° PROFIL P2**

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	255
10	276
20	172
30	238
40	195
50	130
60	189
70	213
80	243
90	384

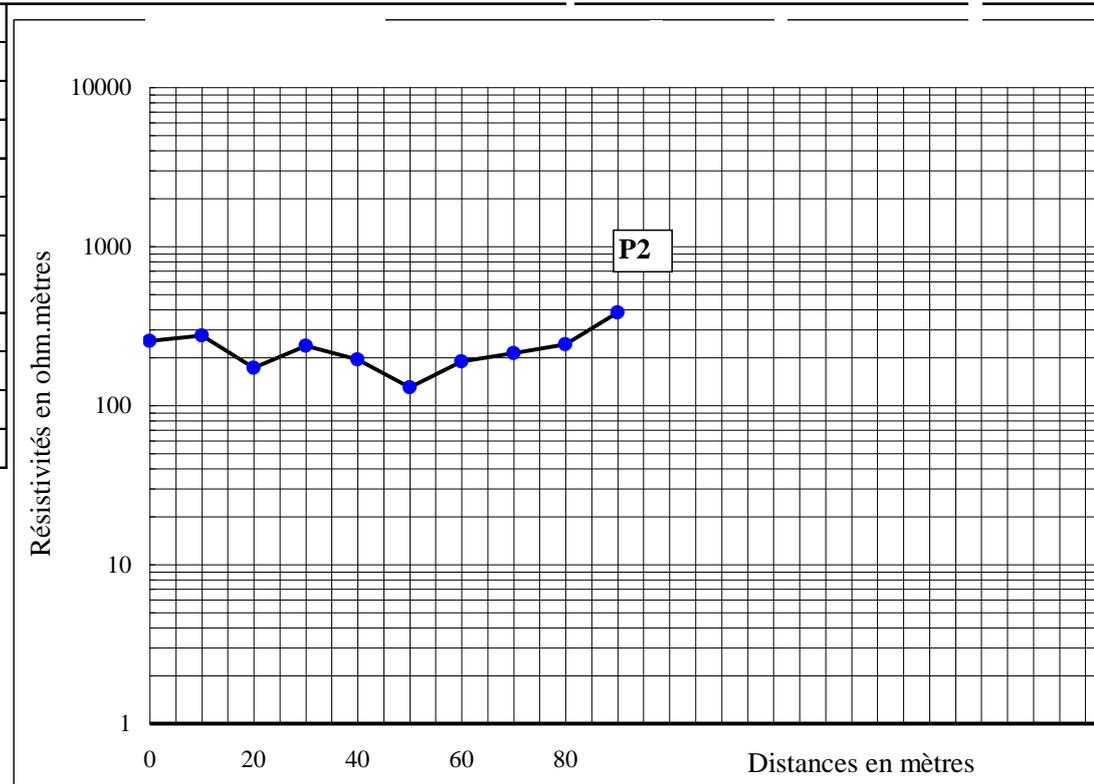


Figure 14 : Profil N°2 de Douéré

**SITE DOURE**  
**N° PROFIL P3**

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	161
10	147
20	115
30	107
40	226
50	167
60	152
70	179
80	222
90	231
100	204
110	229

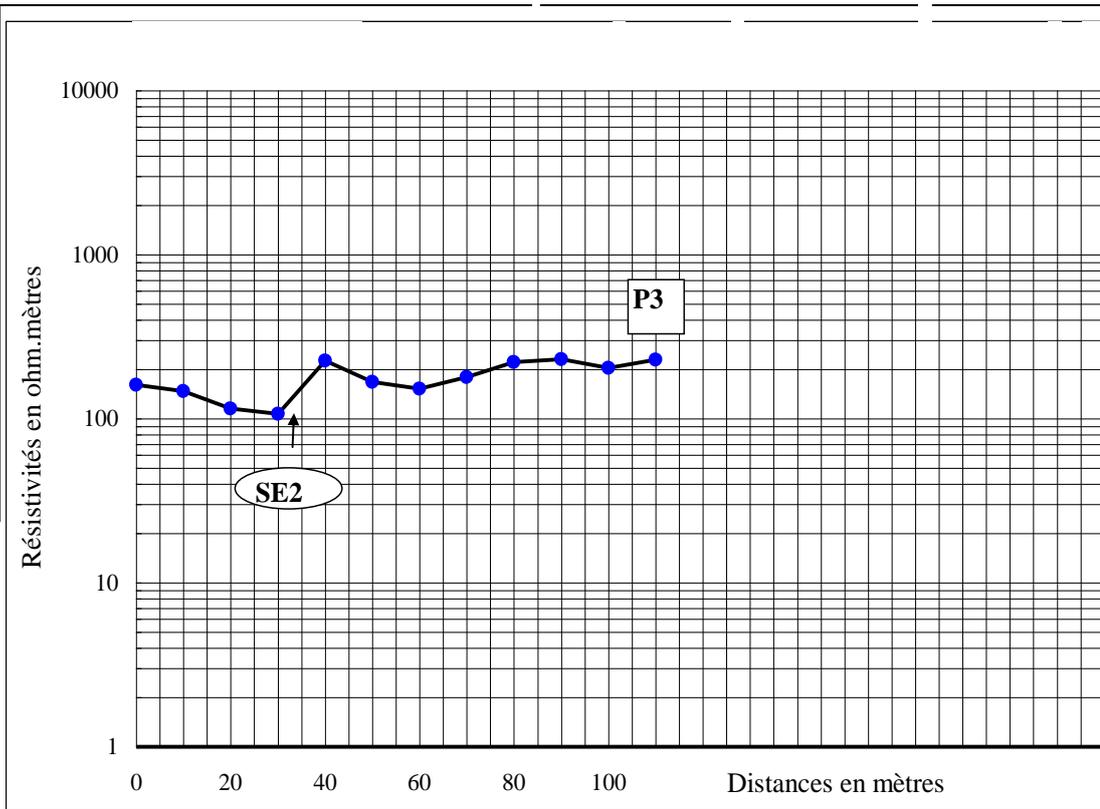
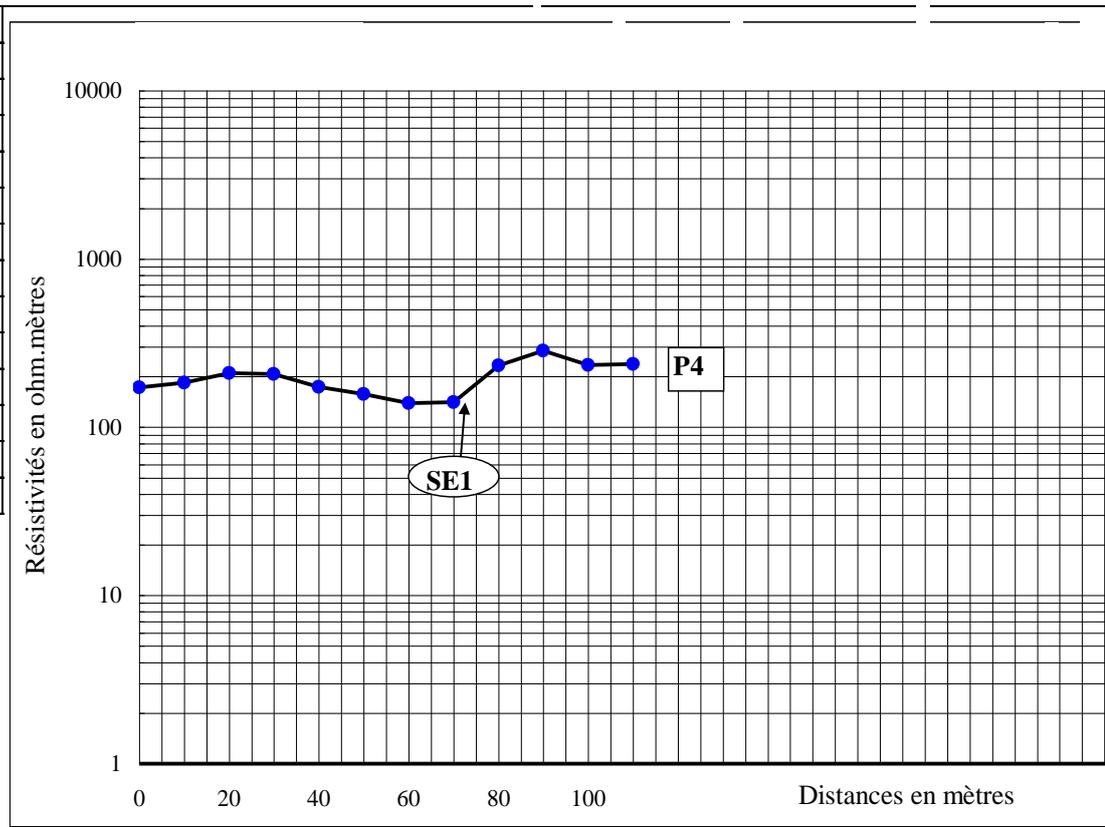


Figure 15 : Profil N°3 de Doure (Anomalie de type V)

**SITE DOURE**  
**N° PROFIL P4**

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	173
10	184
20	210
30	207
40	174
50	157
60	139
70	141
80	233
90	285
100	235
110	237



**Figure 16 : Profil N°4 de Douré (Anomalie en U)**



**SITE                    TEGSAGBO**  
**N° PROFIL                P2**

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	54
10	62
20	41
30	39
40	32
50	28
60	29
70	27
80	33
90	40

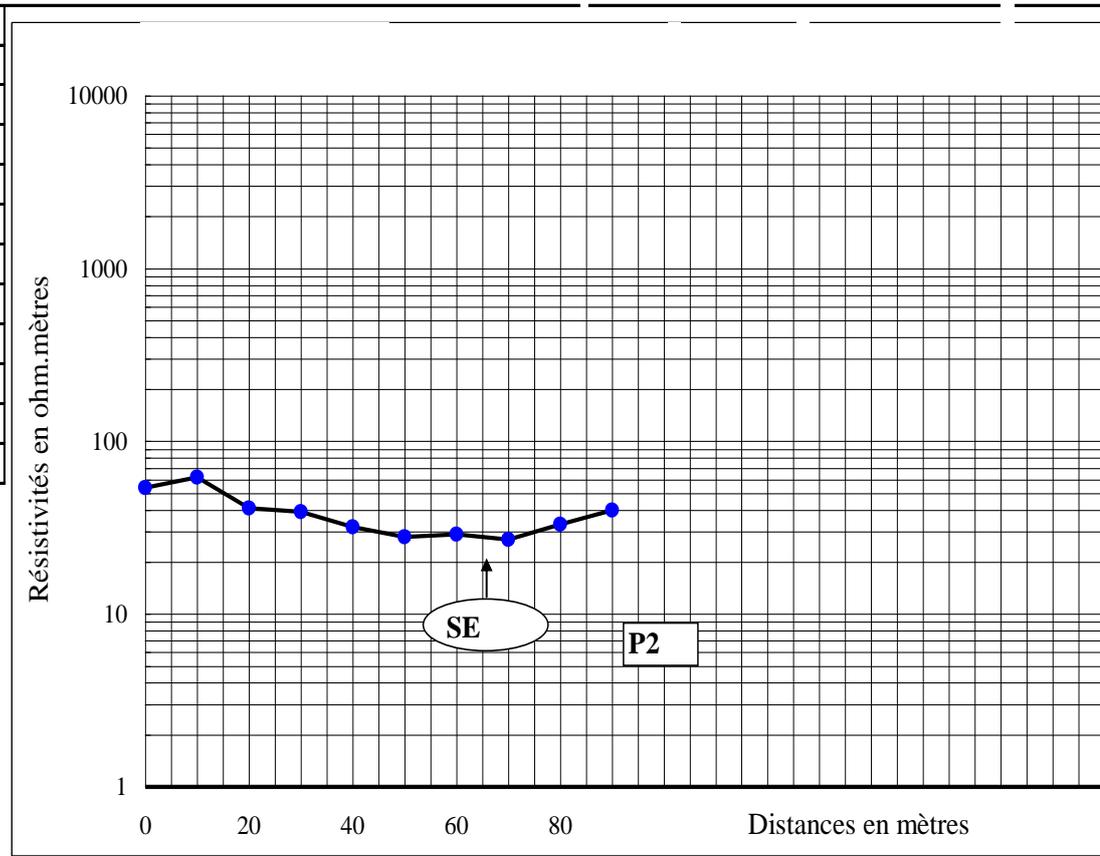


Figure 18 : Profil N°2 de Tegnagbo (Anomalie de type U très large)



SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P1

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	22
10	27
20	10
30	22
40	18
50	19
60	13
70	19
80	14
90	18
100	30

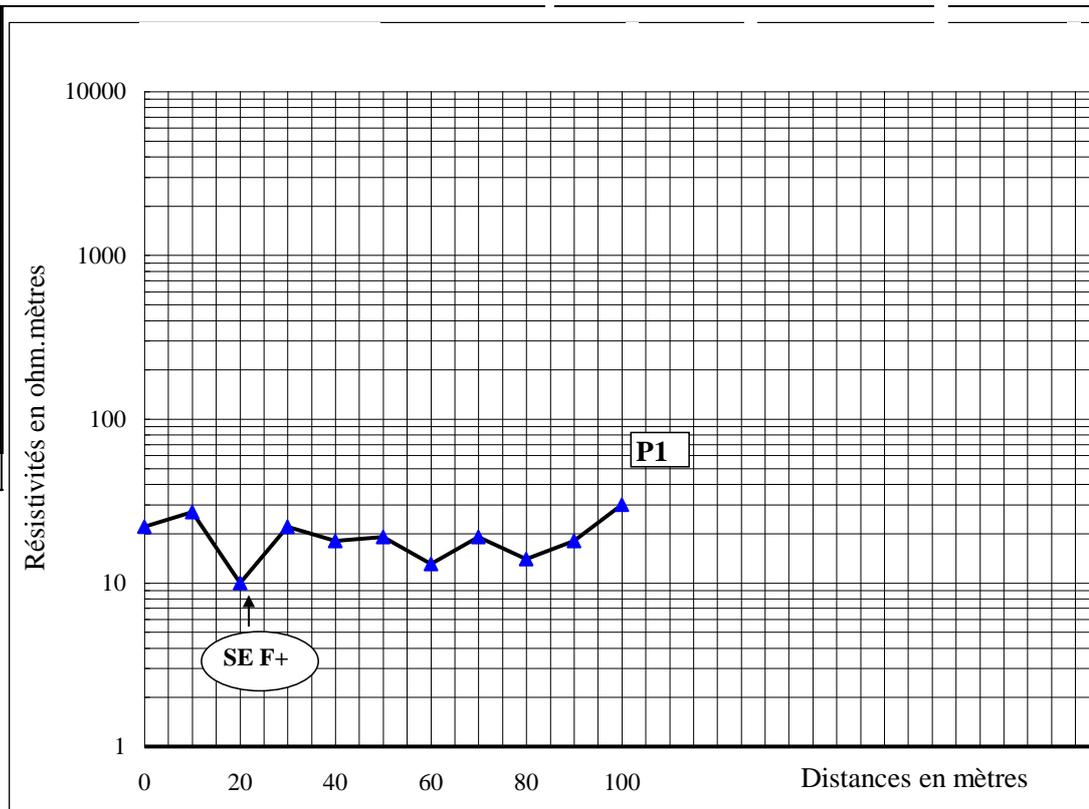


Figure 20: Profil N°1 de Téma-Natinga (Anomalie en forme de V)

SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P2

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	17
10	18
20	13
30	15
40	14
50	27
60	10
70	13
80	15
90	19
100	17
110	14
120	17
130	23
140	20
150	29
160	47

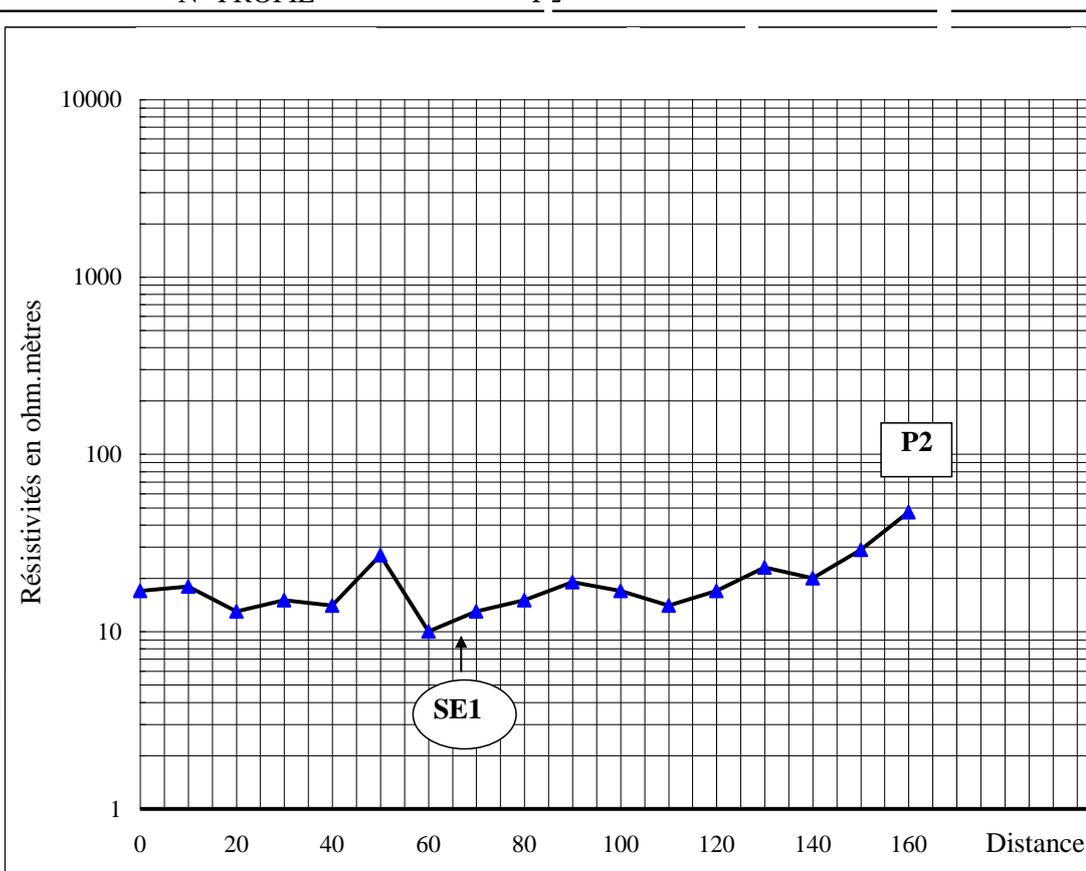


Figure 21 : Profil N°2 de Téma-Natinga (Anomalie de forme V)

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	28
10	25
20	16
30	23
40	19
50	26
60	26
70	20
80	39
90	22
100	40
110	20
120	20
130	23
140	27

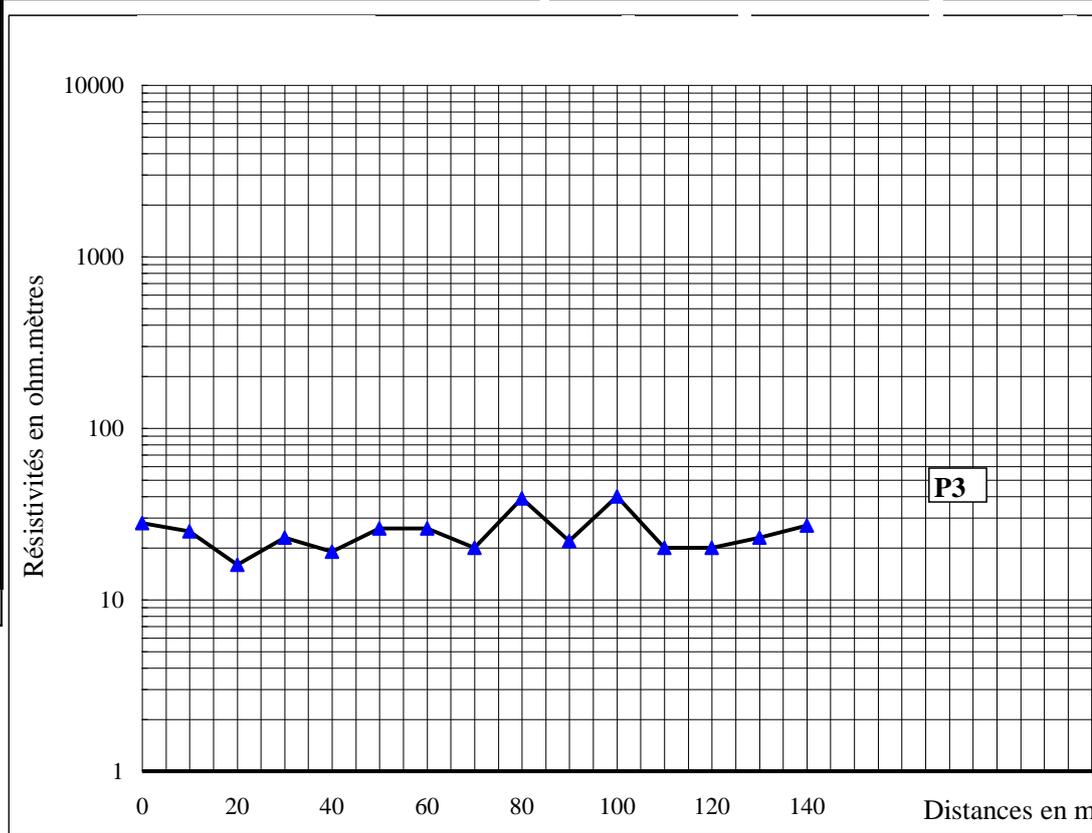


Figure 22: Profil N°3 de Téma-Natinga (Anomalie de type M)

SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P4

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	32
10	26
20	17
30	30
40	22
50	24
60	21
70	36
80	22
90	36
100	32
110	36
120	28
130	19
140	30
150	26
160	31
170	36

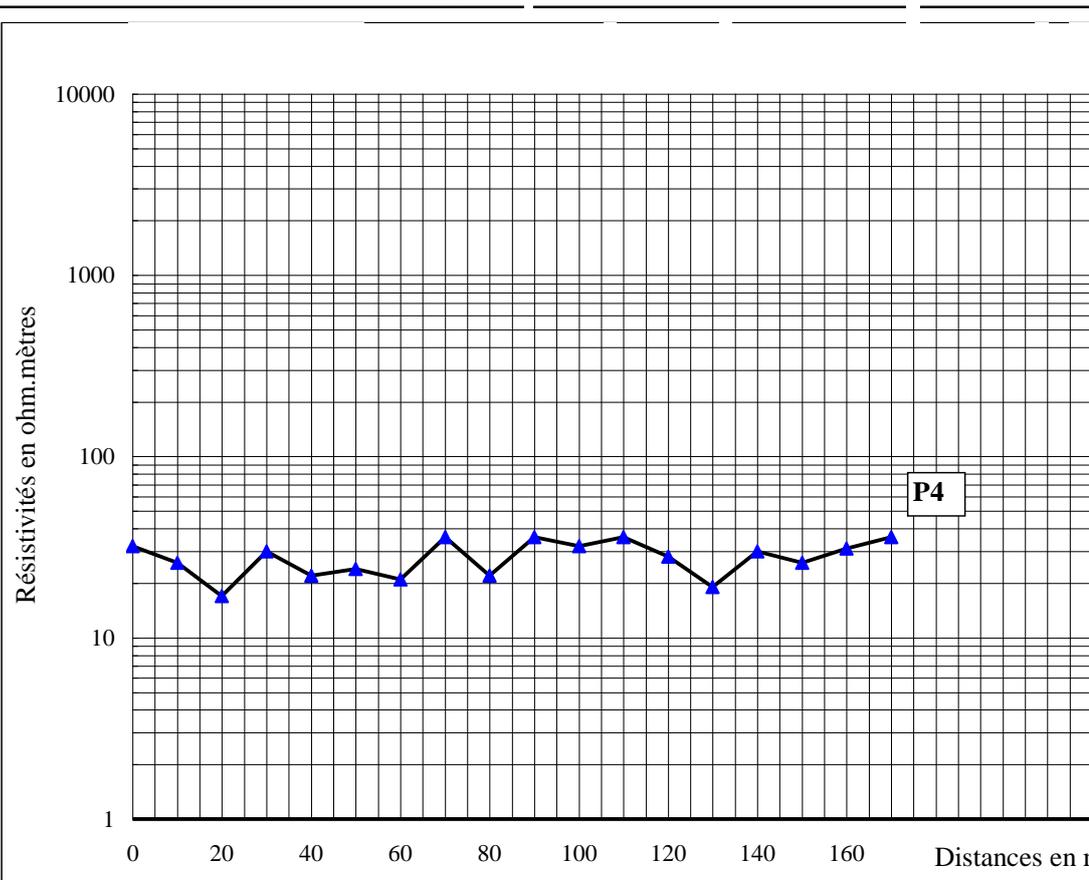


Figure 23: Profil N°4 de Téma-Natinga (Anomalie de type V)

SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P5

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	33
10	32
20	21
30	32
40	25
50	54
60	14
70	26
80	30
90	36
100	19
110	22
120	21
130	17
140	36
150	31
160	31

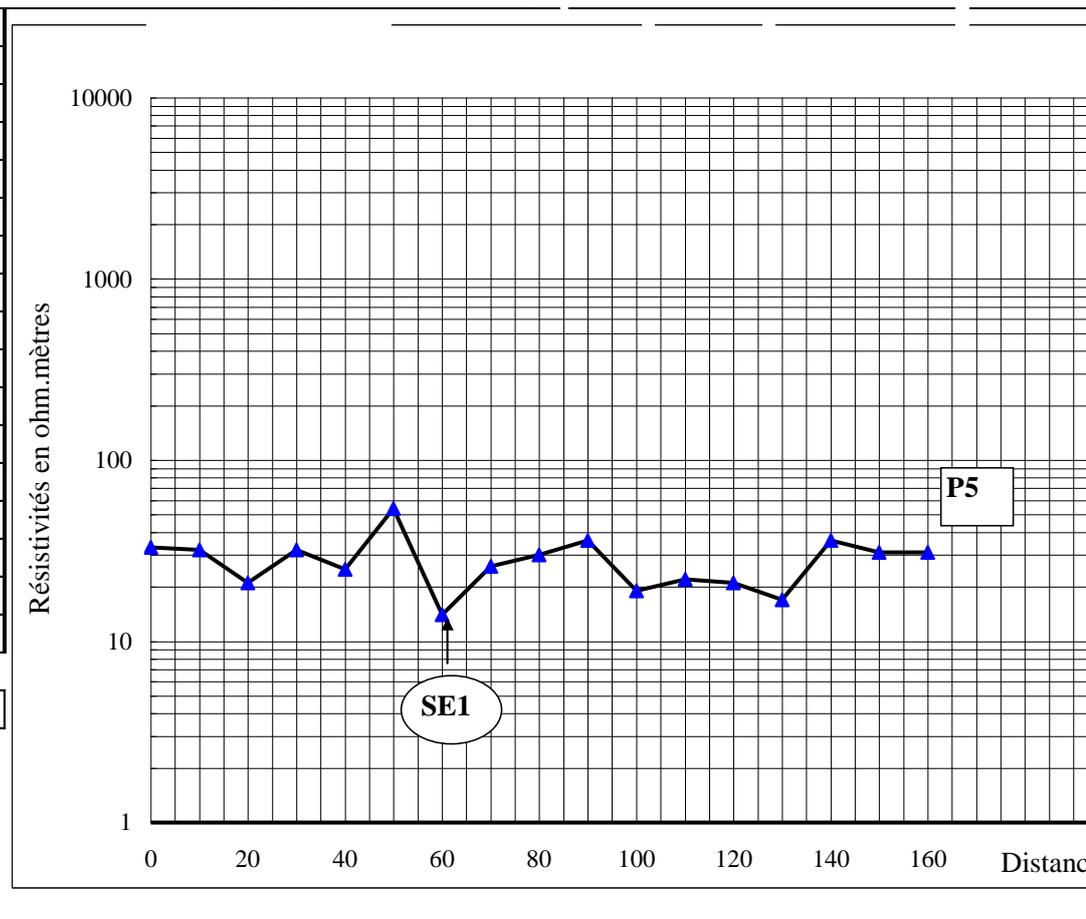


Figure 24: Profil N°5 de Téma-Natinga (Anomalies de formes V et W)

SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P6

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	19
10	21
20	15
30	27
40	23
50	31
60	24
70	32
80	20
90	21
100	16
110	23

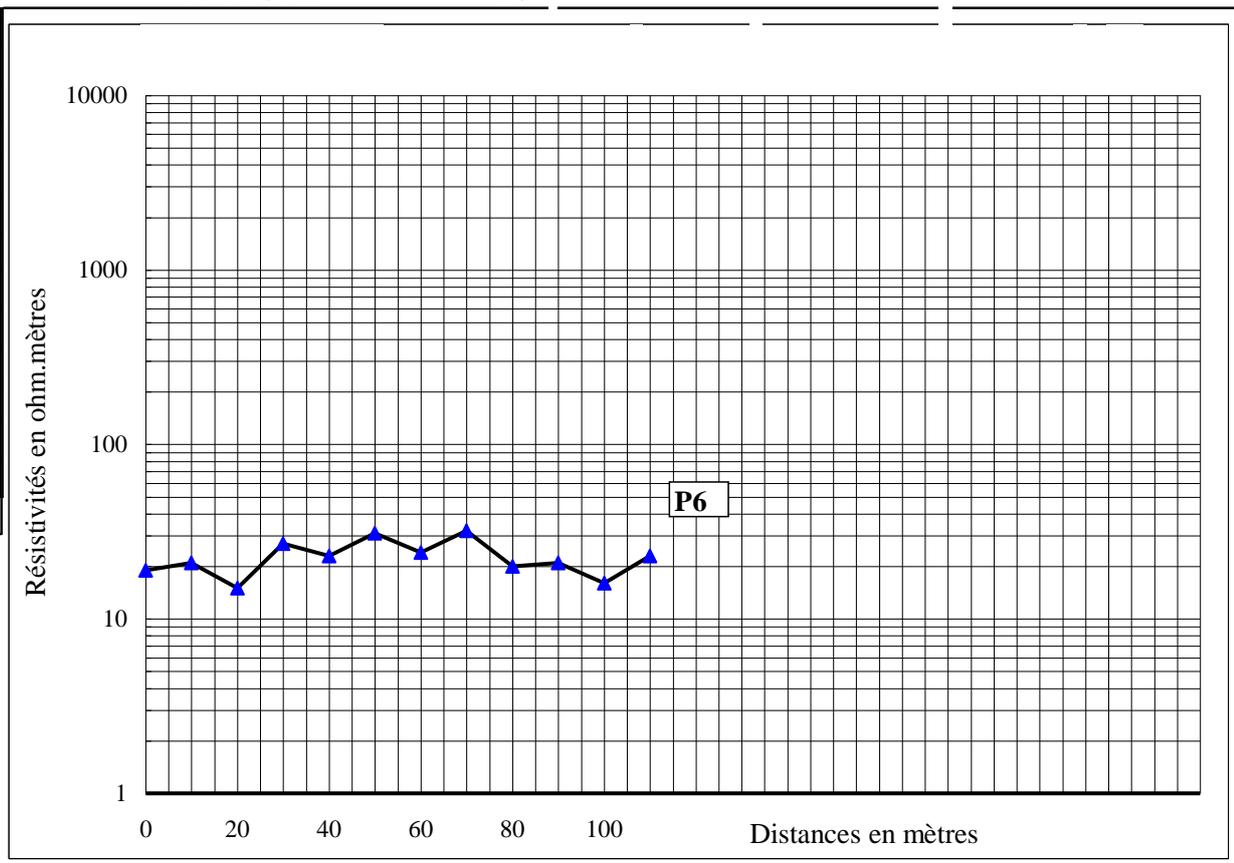


Figure 25 : Profil N°6 de Téma-Natinga

SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P7

Distances	Résistivités
(m)	Ohm.m
0	23
10	18
20	14
30	16
40	14
50	15
60	13
70	31

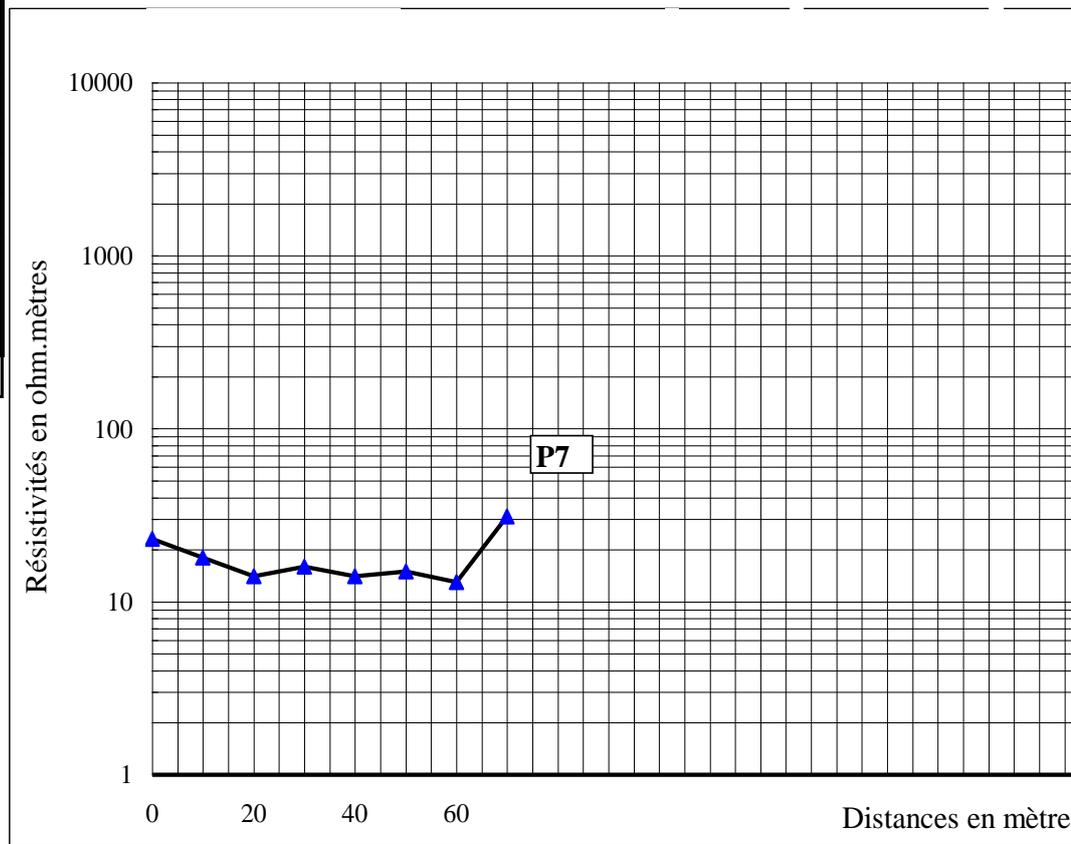


Figure 26 : Profil N°7 de Téma-Natinga

SITE  
N° PROFIL

TEMA-NATINGA  
P8

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	13
10	16
20	18
30	17
40	14
50	17
60	19
70	18

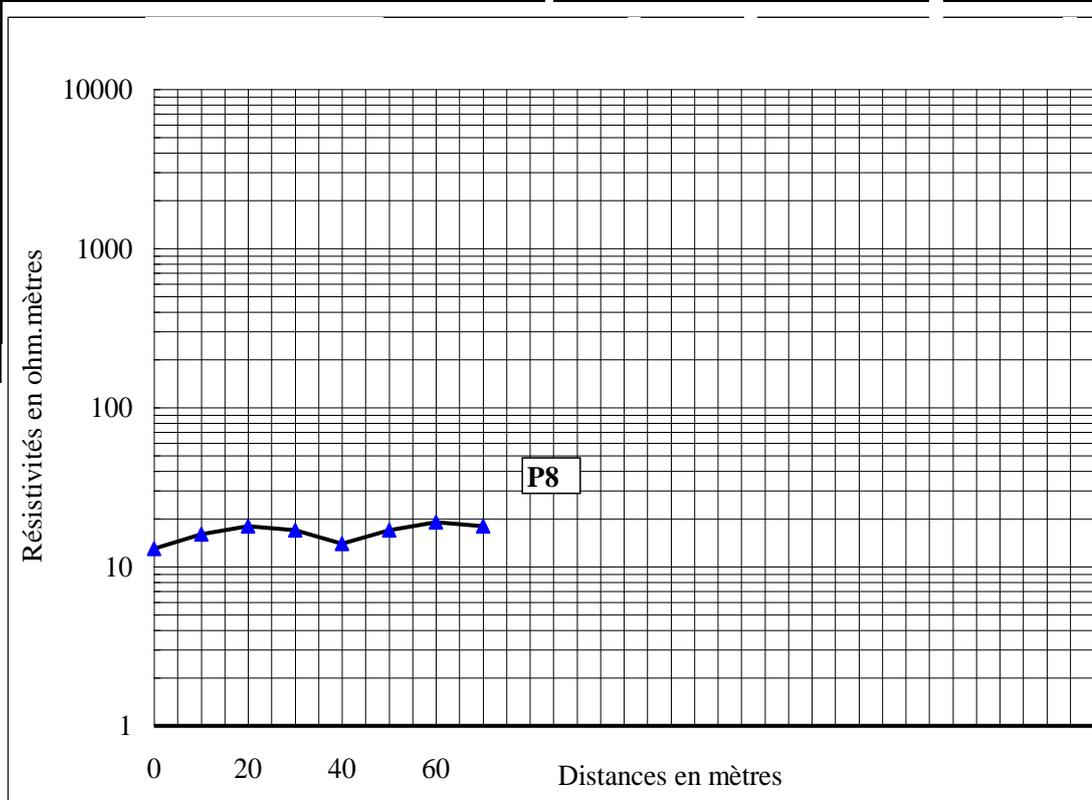


Figure 27: Profil N°8 de Téma-Natinga

SITE TIBIN  
N° PROFIL P1

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	179
10	163
20	44
30	53
40	55
50	55
60	69
70	66
80	57
90	69

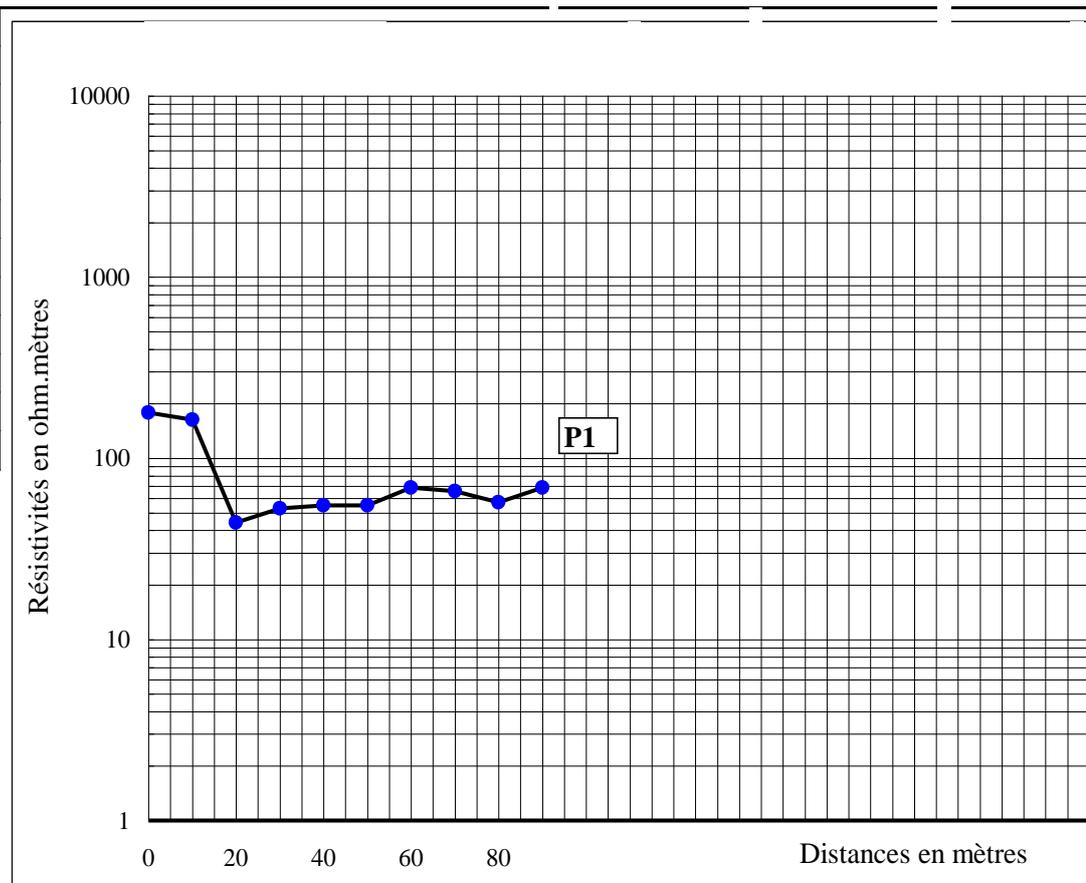


Figure 28 : Profil N°1 de Tibin

SITE TIBIN  
 N° PROFIL P2

Distances (m)	Résistivités Ohm.m
0	71
10	55
20	55
30	59
40	52
50	54
60	52
70	44
80	58
90	70
100	97
110	106

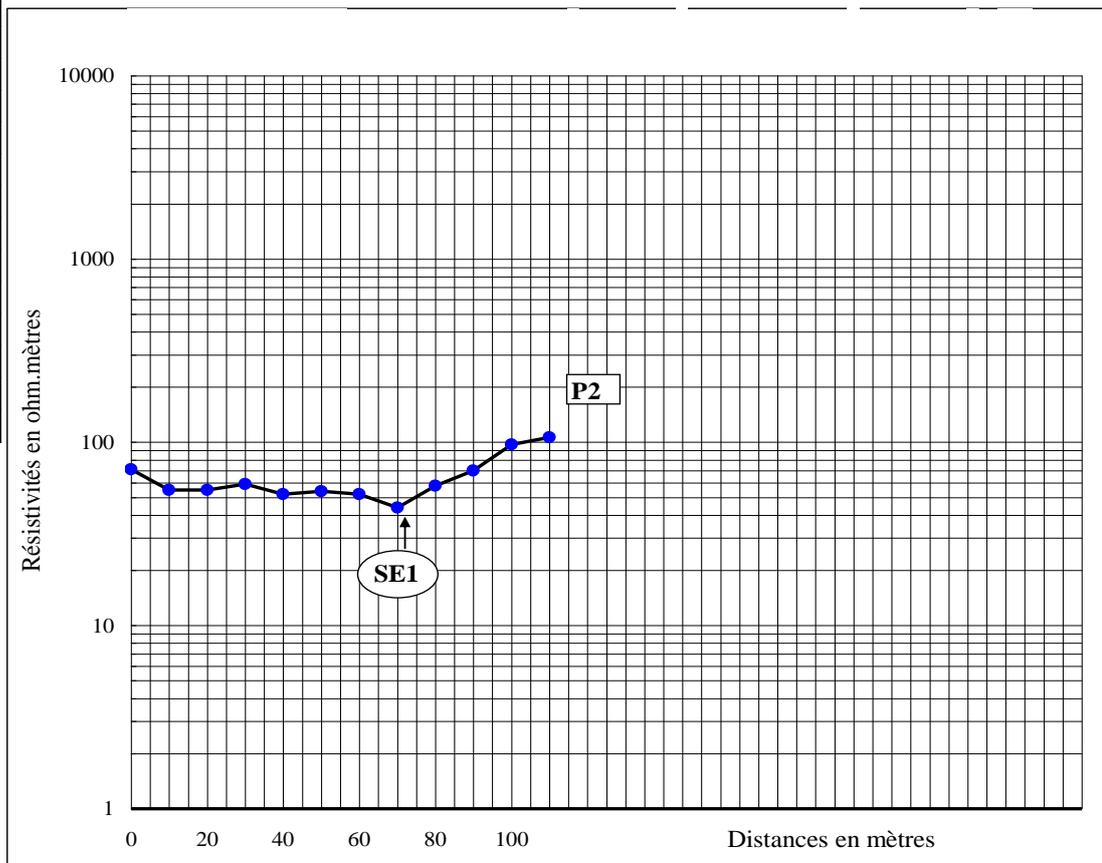


Figure 29 : Profil N°2 de Tibin

SITE TIBIN  
 N° PROFIL P3

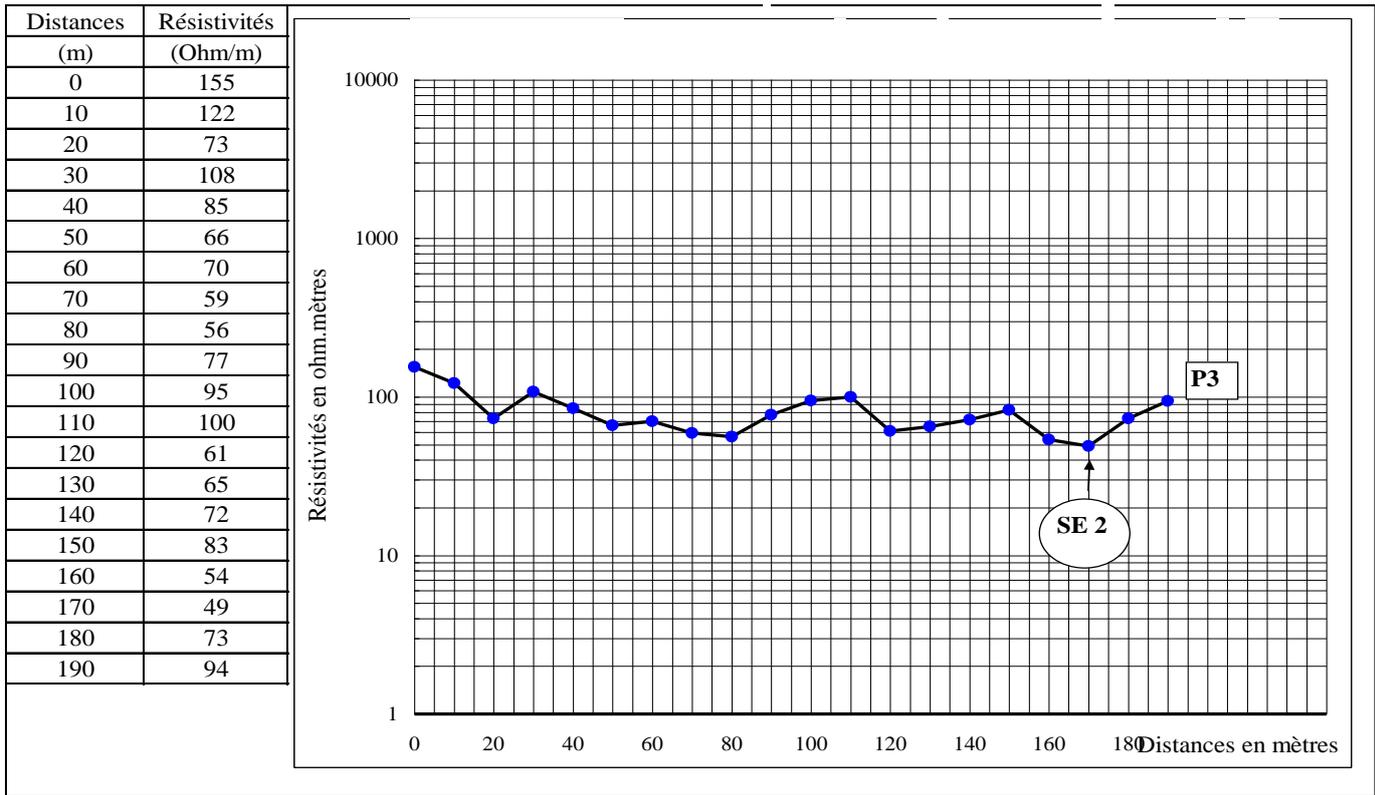


Figure 30 : Profil N°3 de Tibin (Anomalie de type U)

## ANNEXES II- Courbes des sondages électriques verticaux

Site **Koubri**  
N° Sondage **SE1**

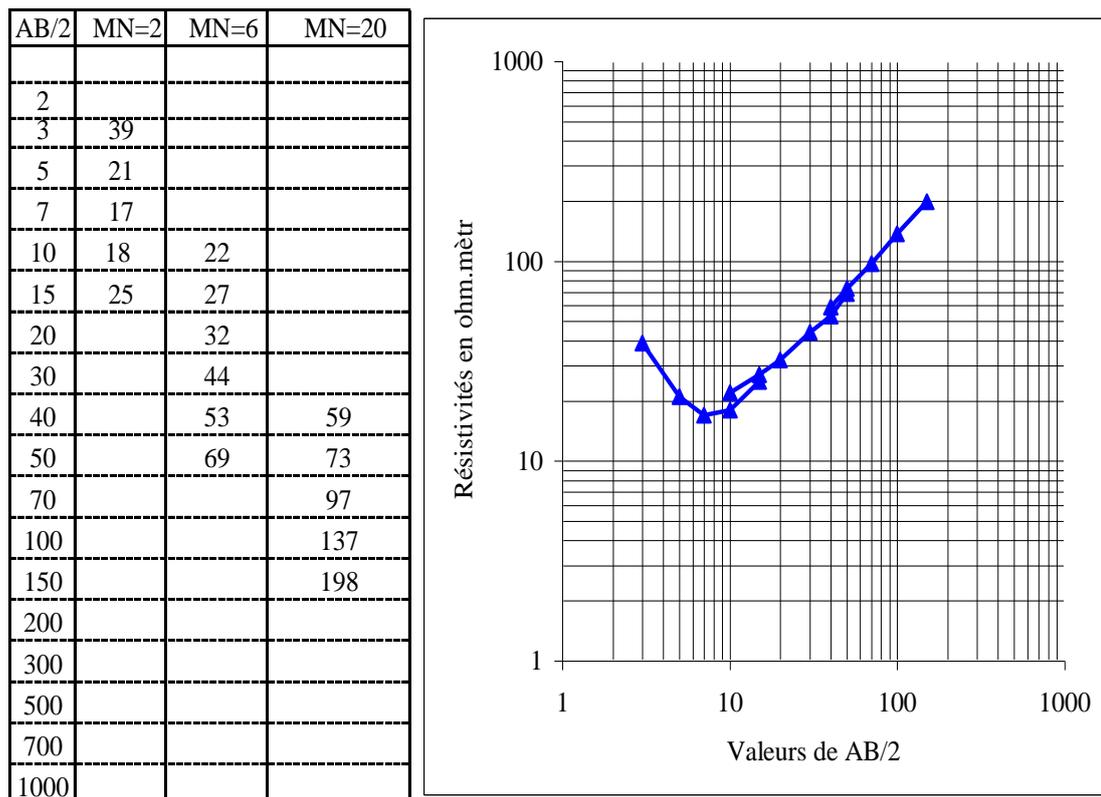


Figure 31 : Sondage N°1 du site de Koubri (forme en fond de bateau)

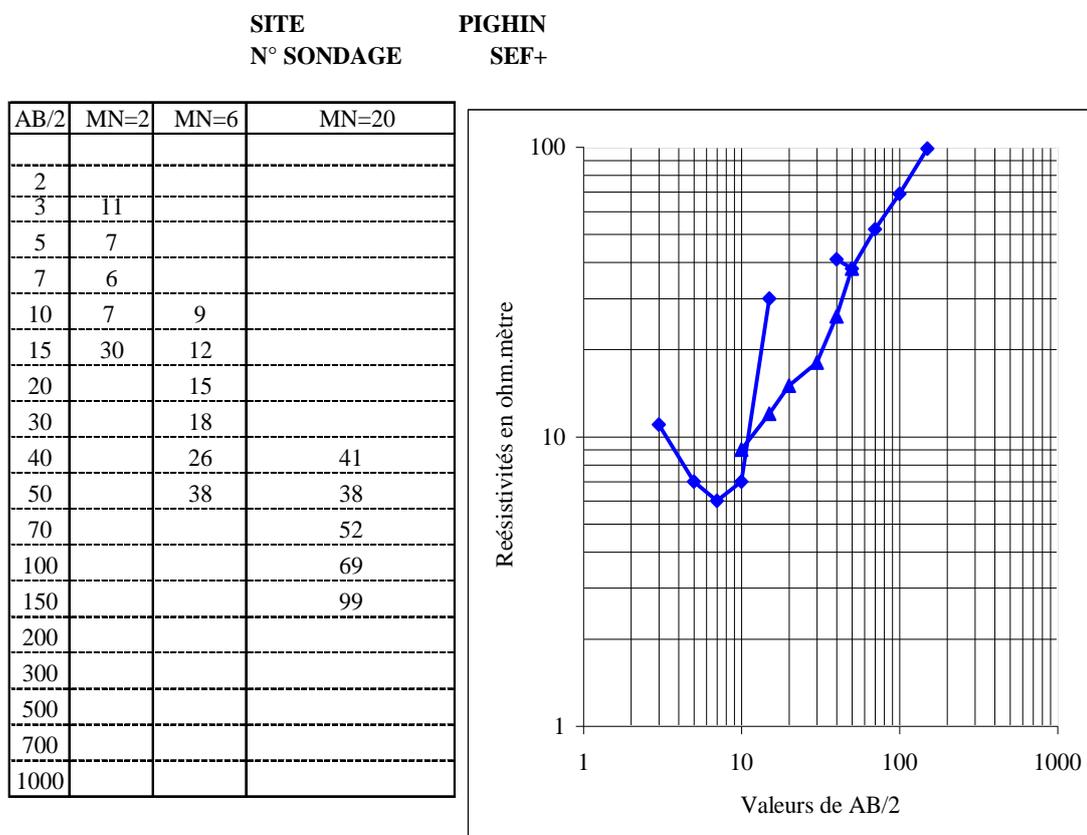


Figure 32 : Sondage étalon (SE F+) du site de Pighin

SITE PIGHIN  
N° SONDAGE SE1

AB/2	MN=2	MN=6	MN=20
2			
3	117		
5	94		
7	117		
10	60	72	
15	30	48	
20		39	
30		32	
40		43	60
50		62	68
70			100
100			150
150			234
200			
300			
500			
700			
1000			

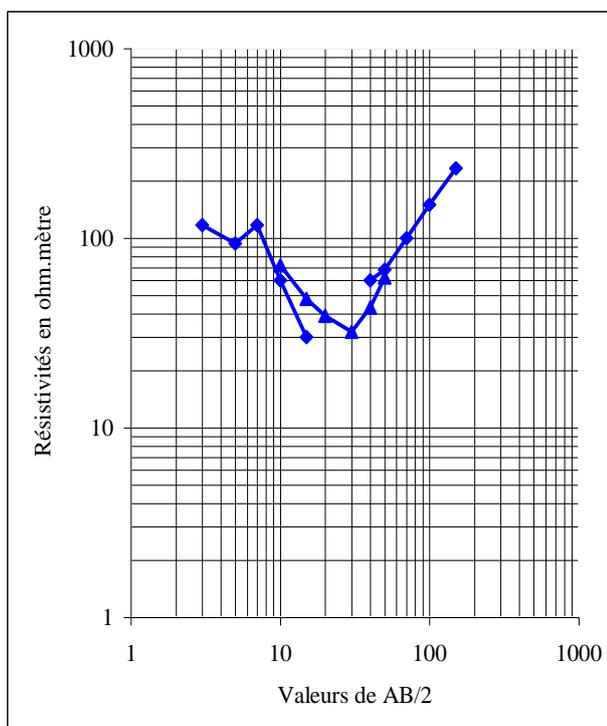


Figure 33 : Sondage N°1 du site de Pighin (type fond de bateau)

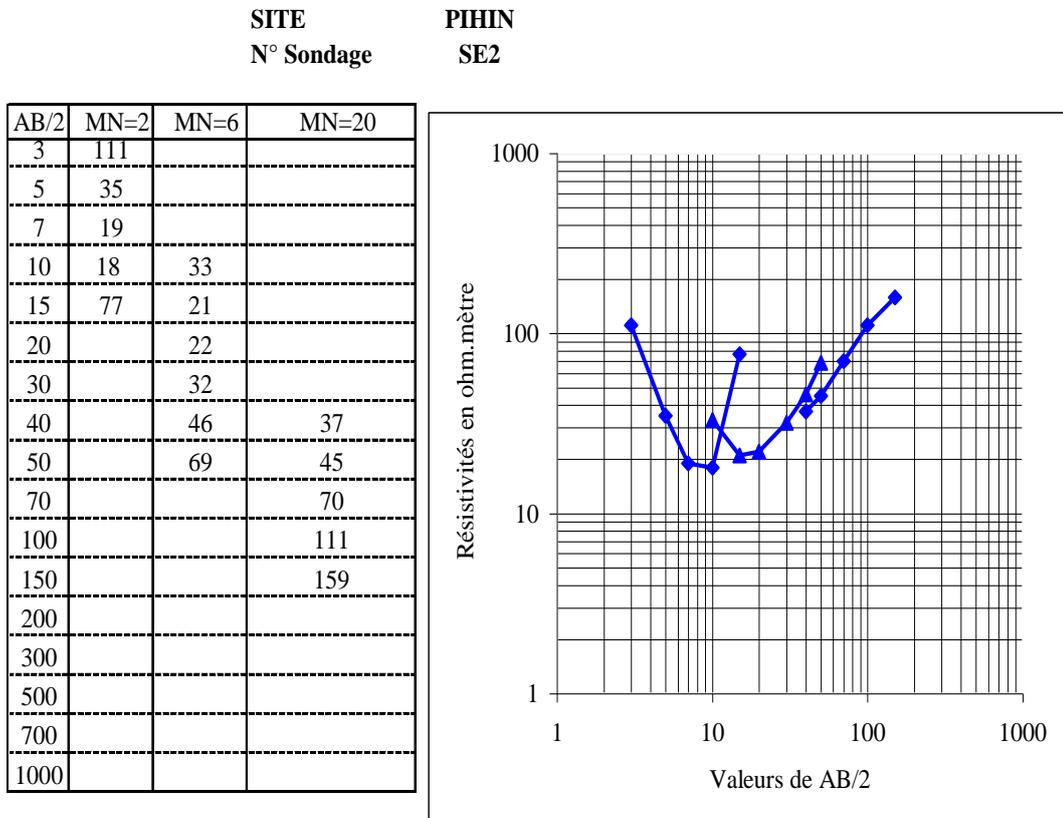


Figure 34 : Sondage N°2 du site de Pighin (type en cloche dans le fond de bateau)

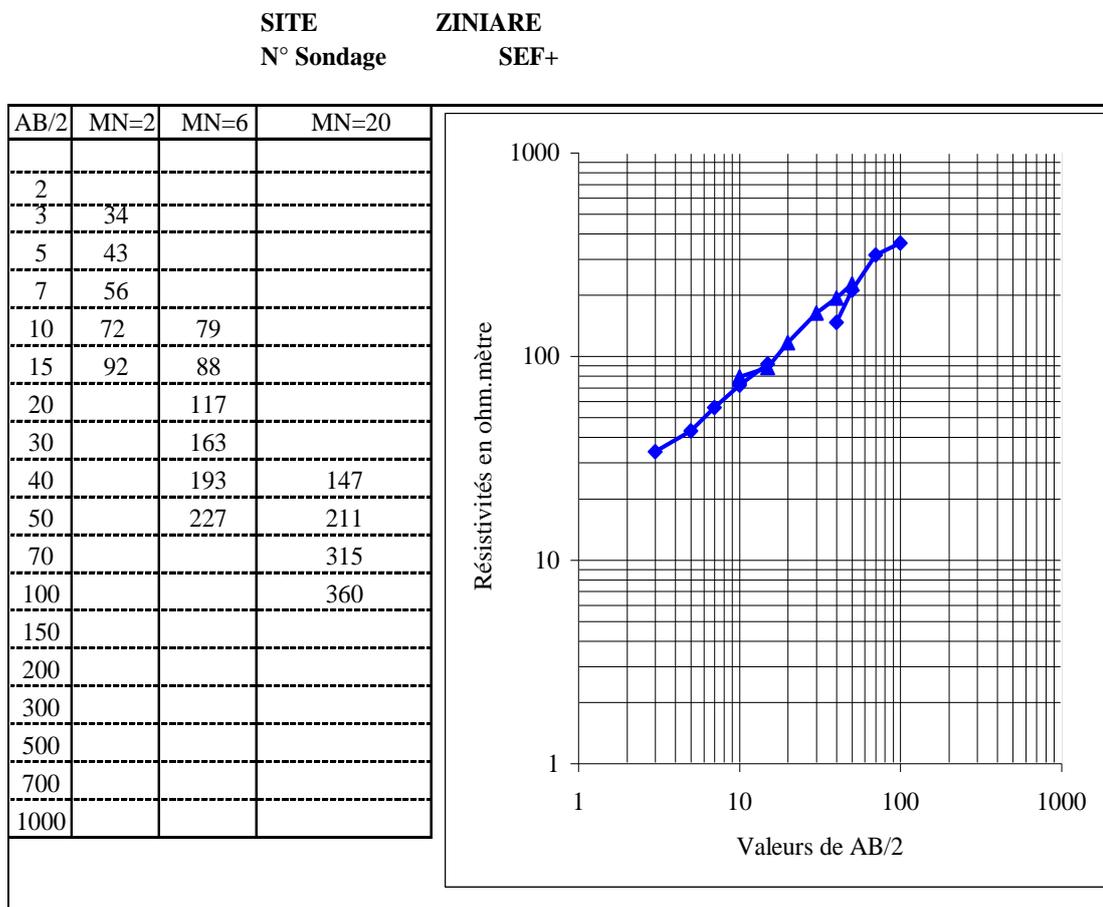


Figure 35 : Sondage étalon de Ziniaré (type escaliers montants sur granites)

**SITE**                    **ZINIARE**  
**N° Sondage**           **SE1**

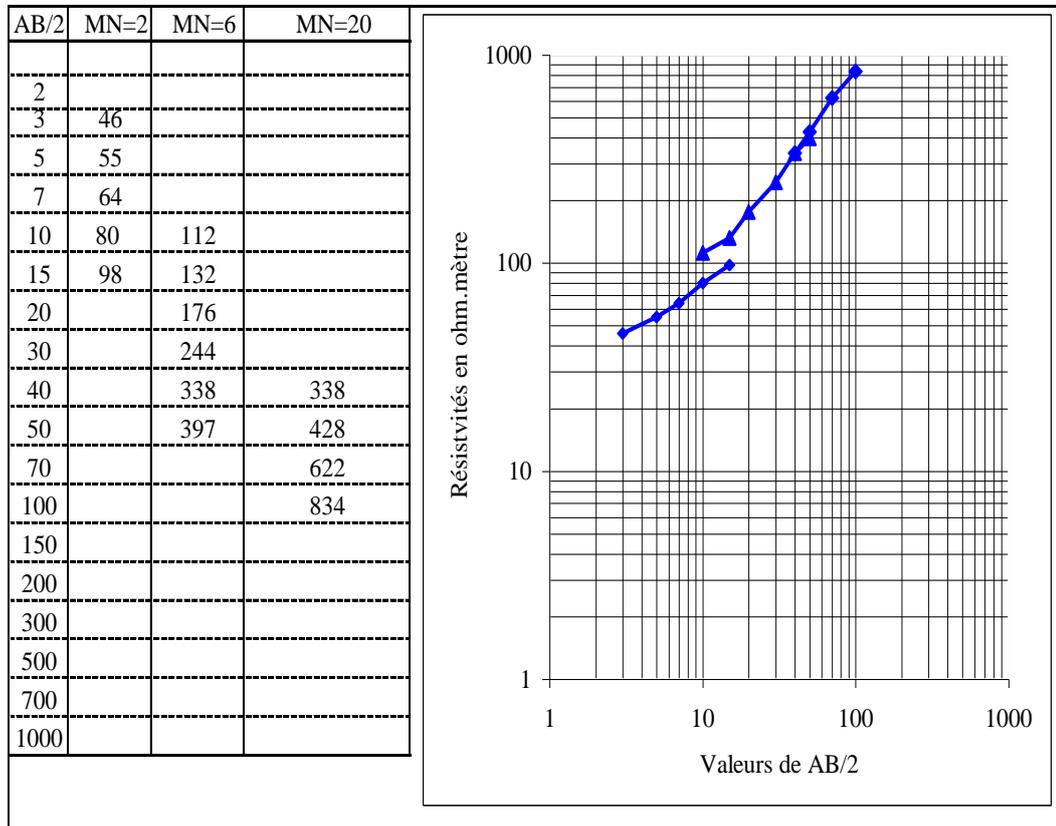


Figure 36 : Sondage N°1 de Ziniaré(type escaliers montants sur granites)

**SITE**                      **ZINIARE**  
**N° Sondage**            **SE2**

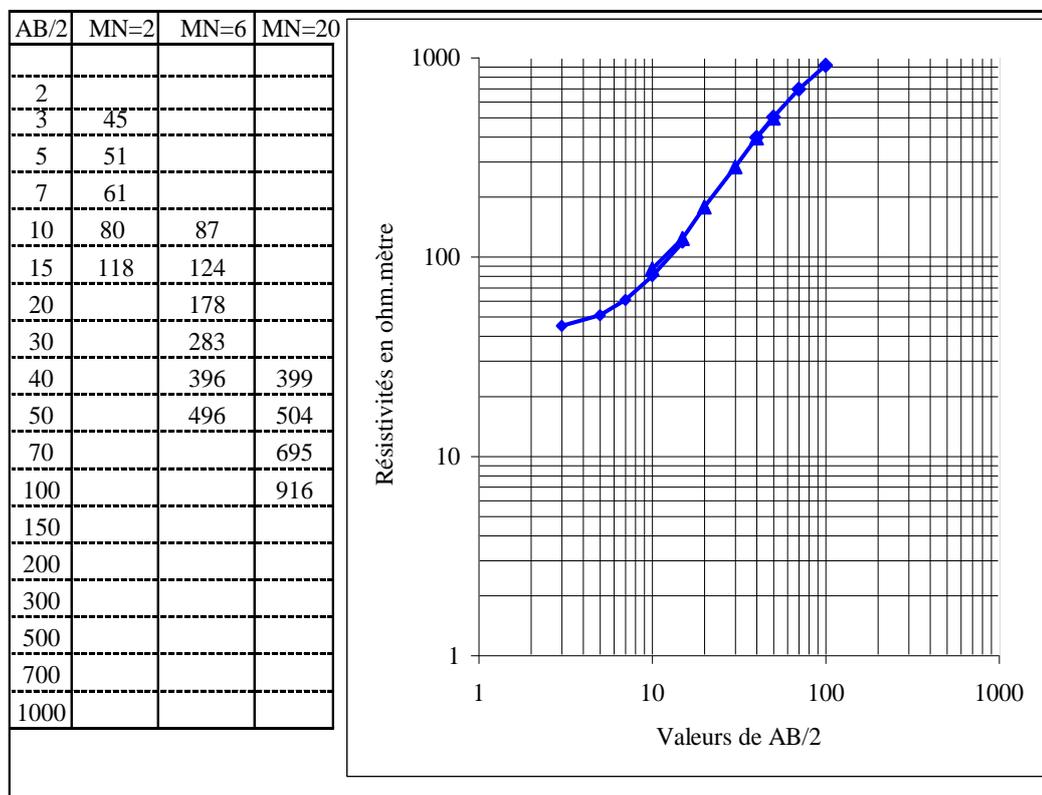


Figure 37: Sondage N°2 de Ziniaré(type escaliers montants sur granites)

**SITE DOURE**  
**N° Sondage SEF+**

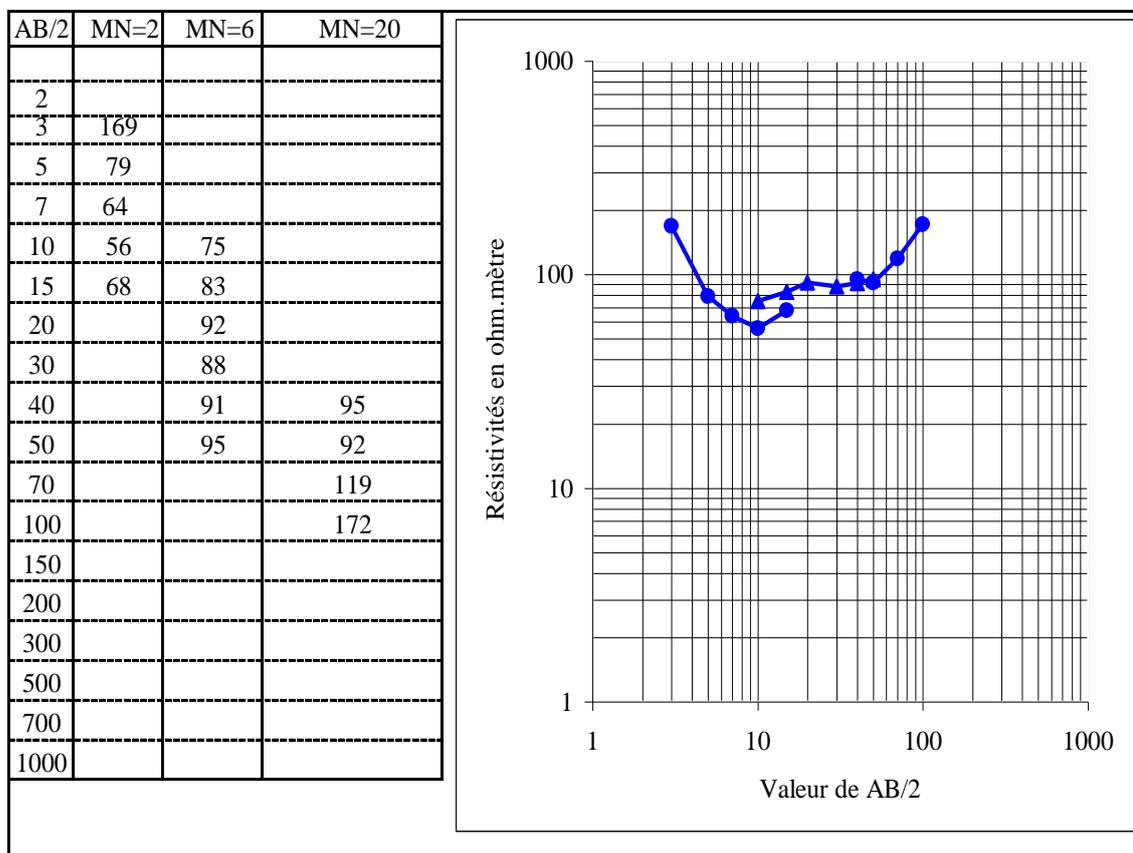


Figure 38 : Sondage étalon de Doure (forme fond de bateau avec une remontée traînante)

**SITE DOURE**  
**N° Sondage SE1**

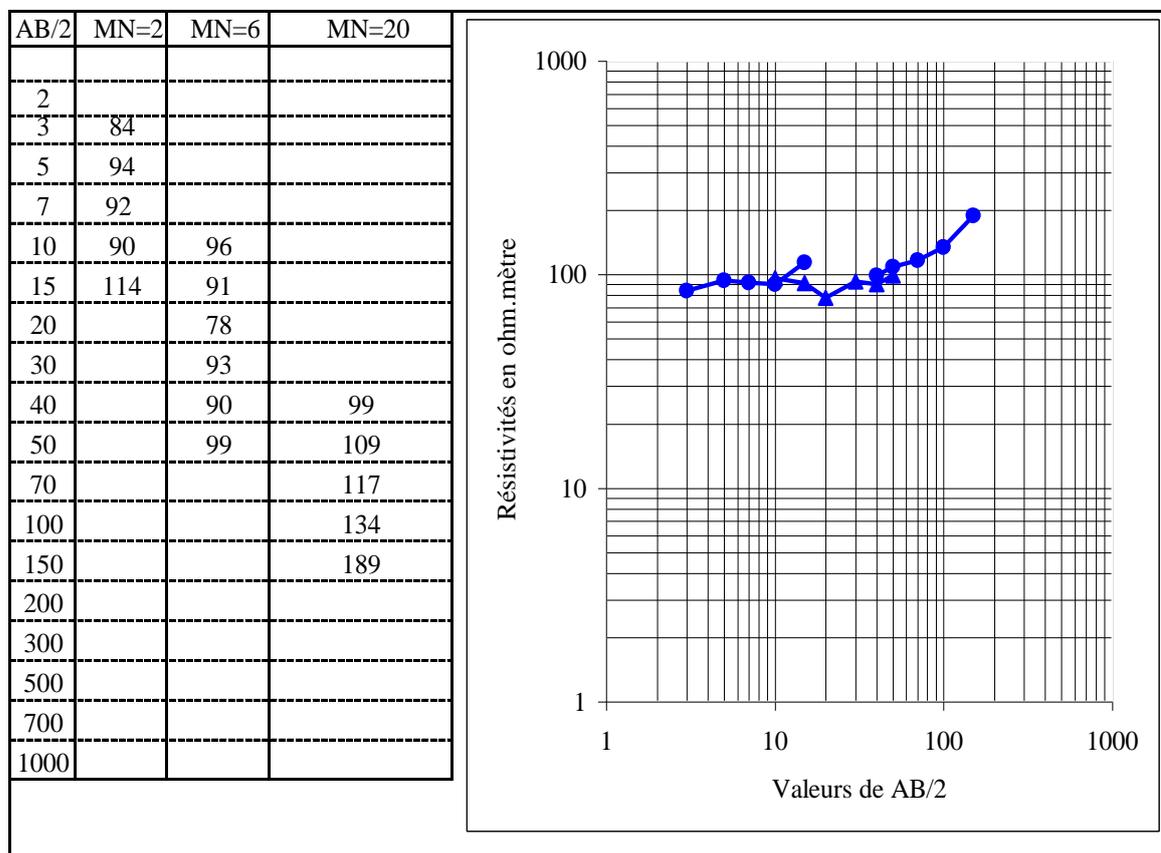


Figure 39 : Sondage N°1 de Doure (forme fond de bateau avec une remontée traînante)

SITE TEGSAGBO  
N° Sondage SEF+

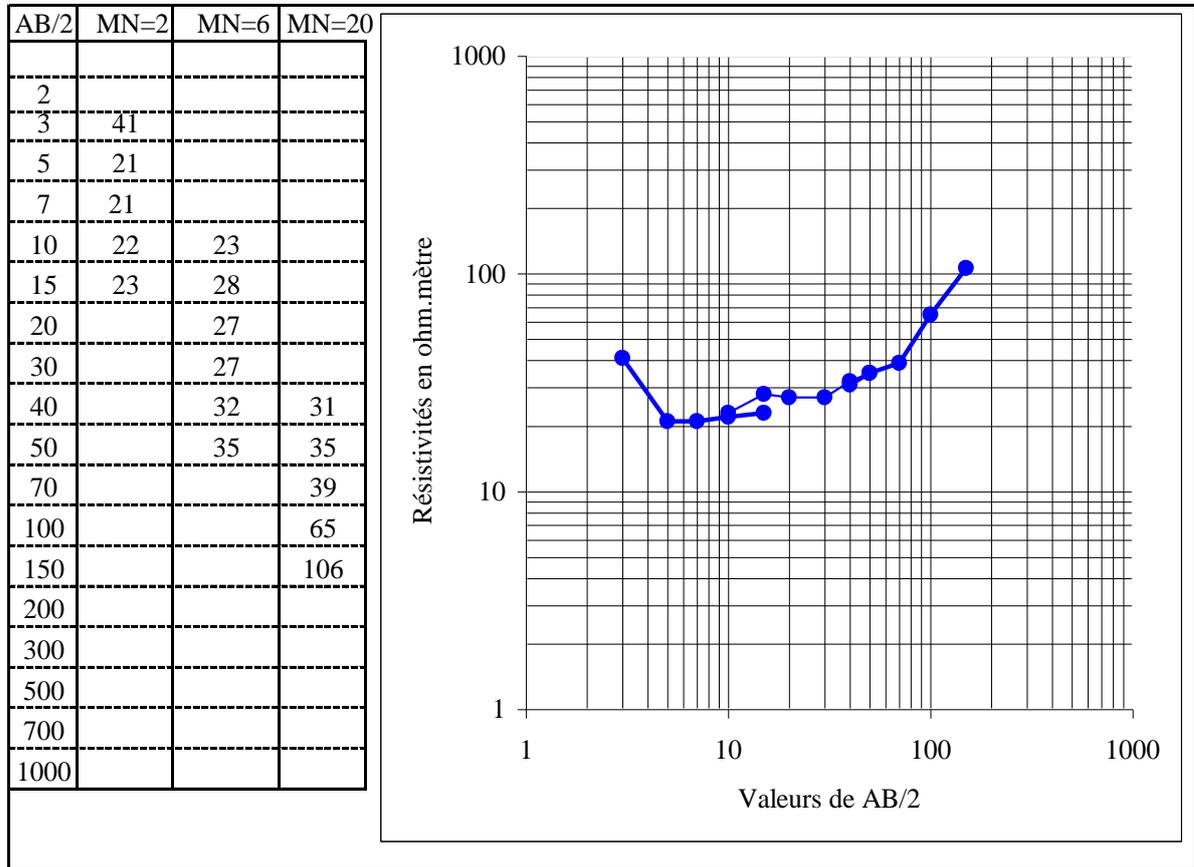


Figure 40 : Sondage étalon de TEGSAGBO (forme fond de bateau avec une remontée traînante)

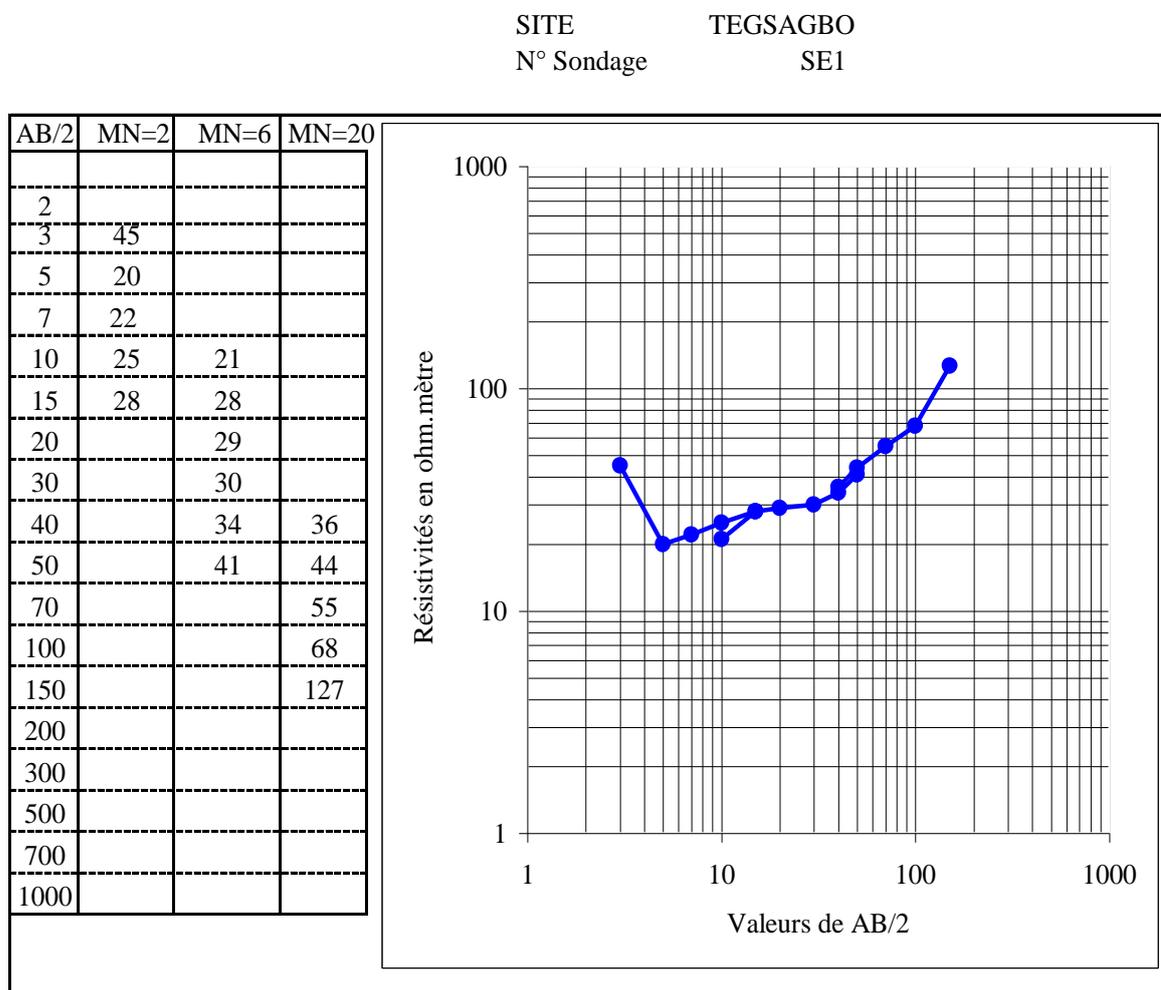


Figure 41 : Sondage N°1 de Tegsagbo (forme fond de bateau avec une remontée traînante)

SITE TEMA-NATINGA  
N° Sondage SE F+

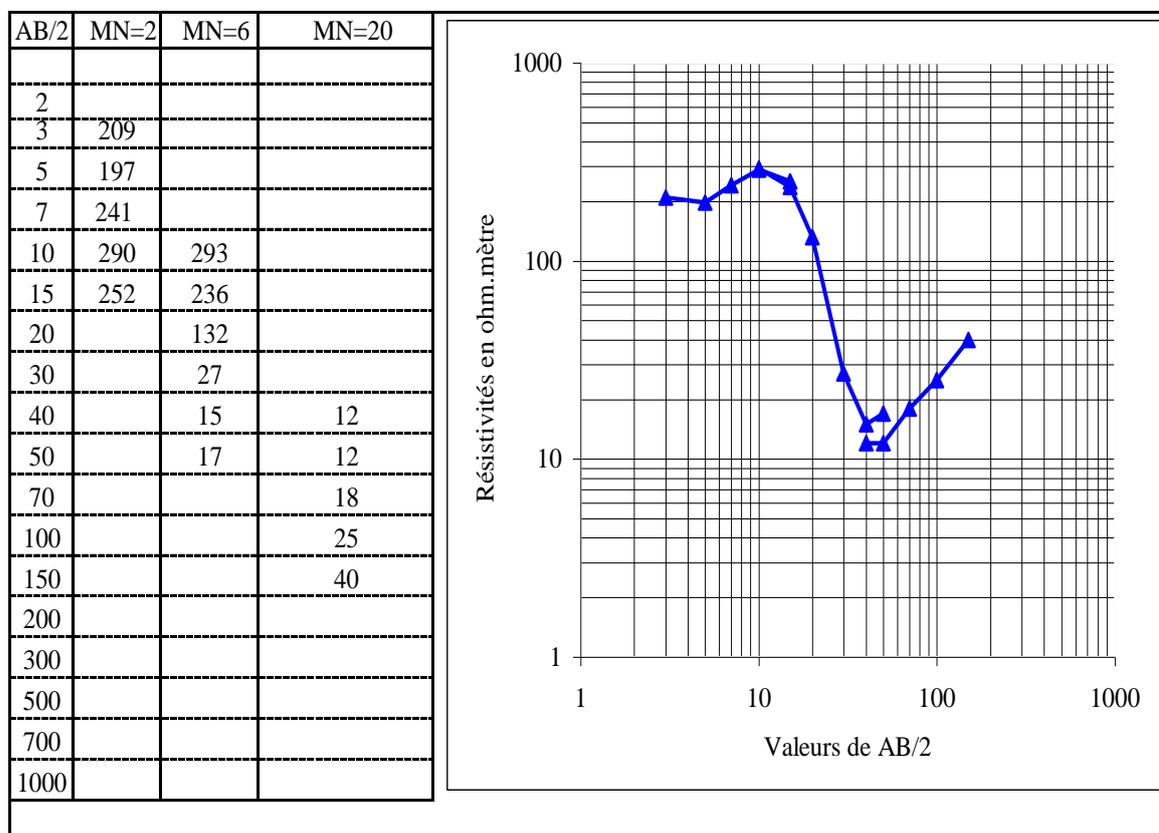


Figure 42 : Sondage étalon de Téma-Natinga (type en cloche et en fond de bateau sur schistes)

SITE TEMA-natinga  
N° Sondage SE1

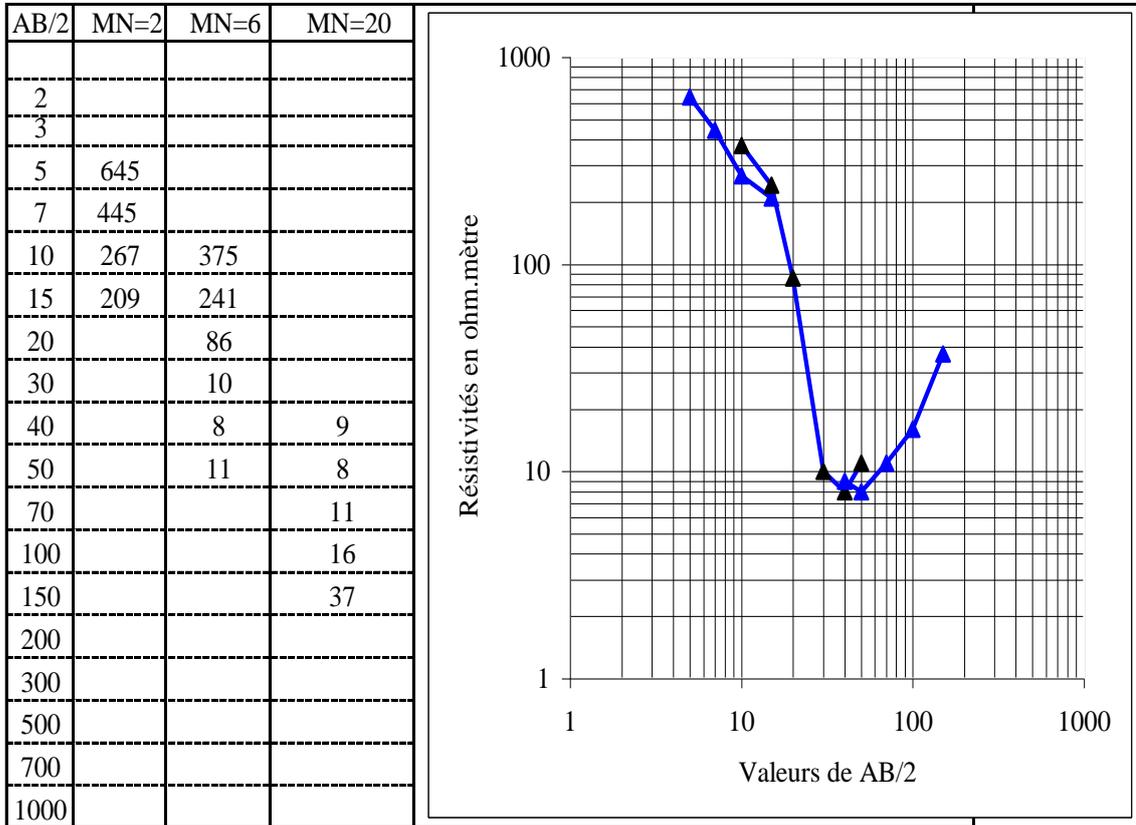


Figure 43: Sondage N°1 de Téma-Natinga (type en cloche et en fond de bateau sur schistes)

SITE TIBIN  
N° Sondage SE1

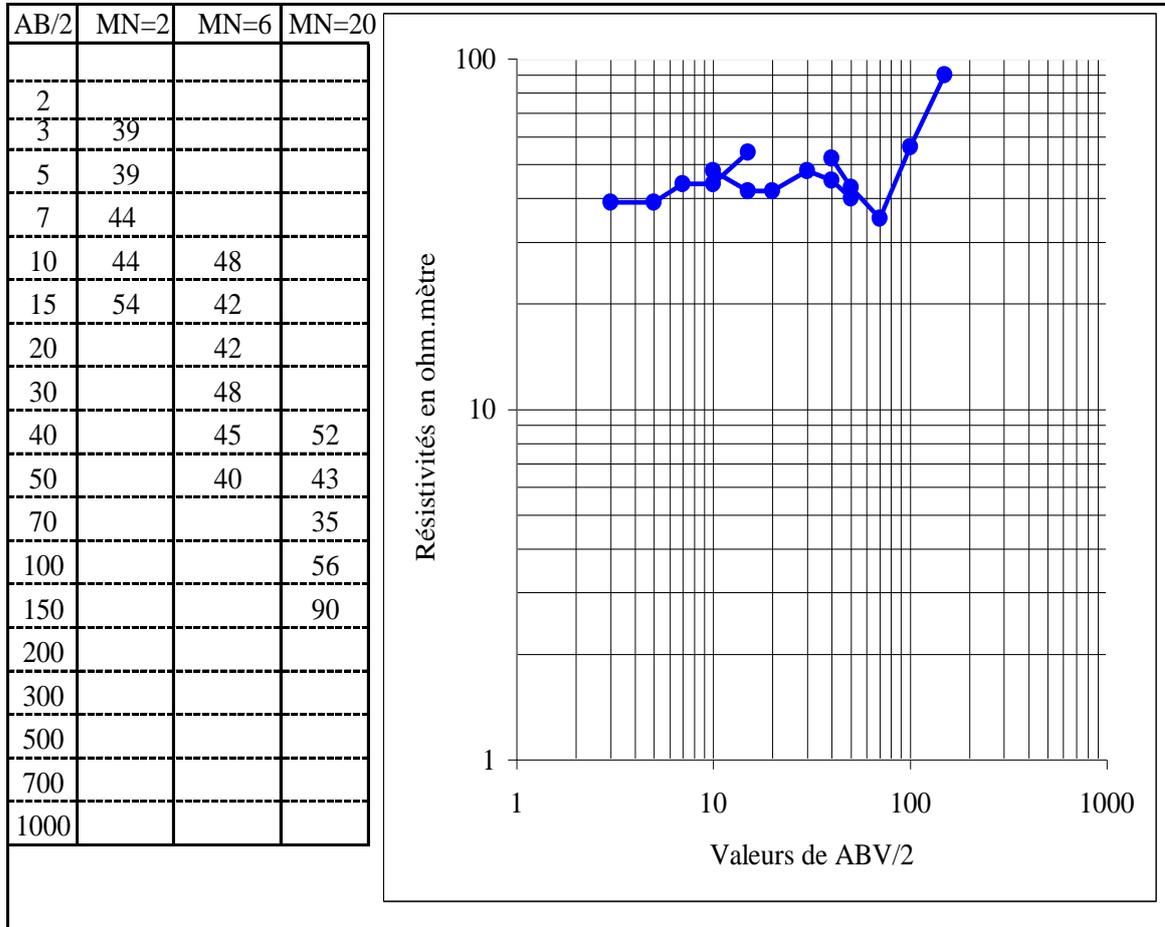


Figure 44 : Sondage N°1 de Tibin (type en une seule branche traînante sur schistes)

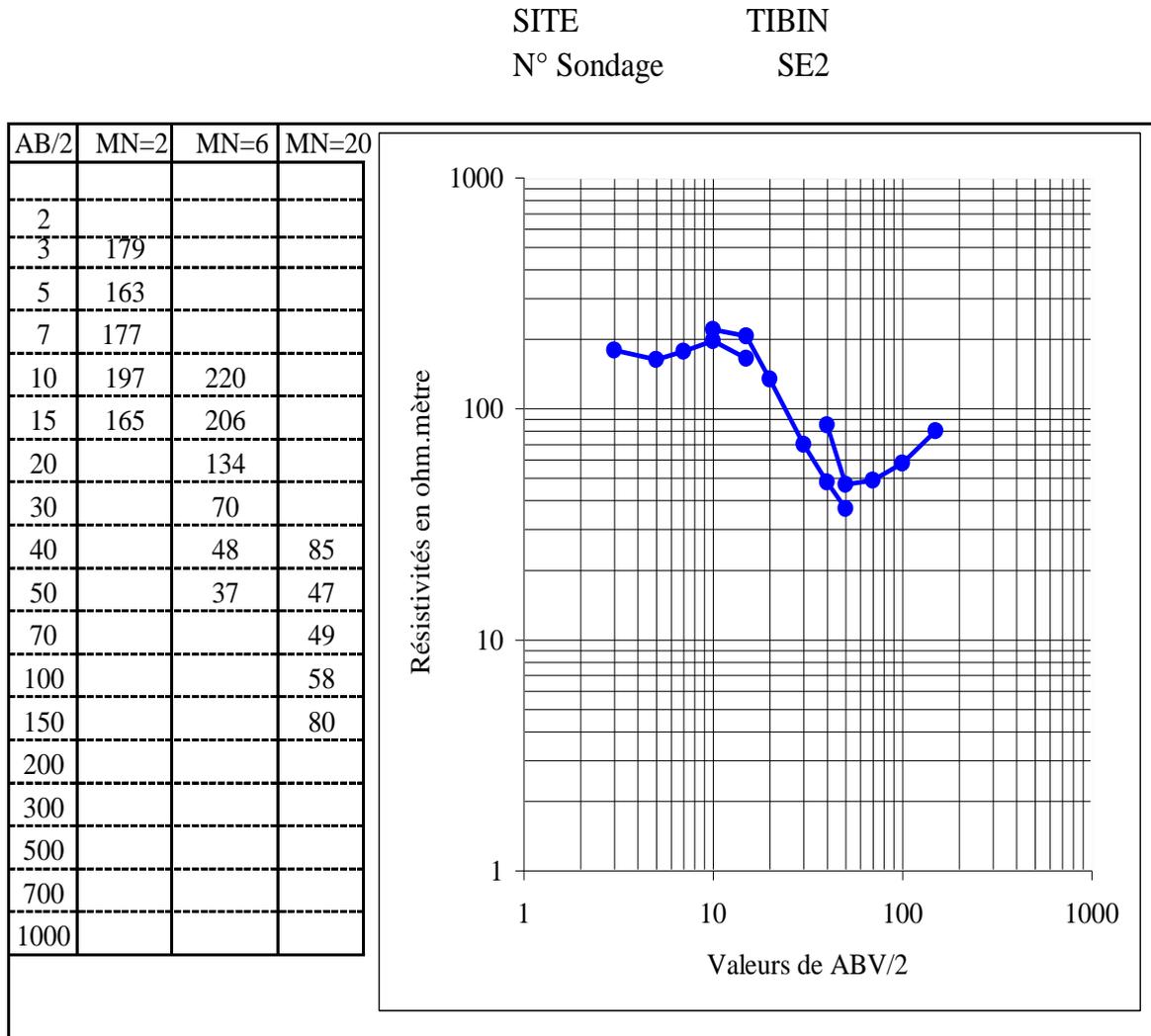


Figure 45 : Sondage N°2 de Tibin (type en cloche et en fond de bateau sur schistes)