

REPUBLIQUE DU NIGER  
REGION D'AGADEZ  
Département de Tchirozérine

**CLIENT : Pasteur Koupra**

**RAPPORT D'INVESTIGATION HYDROGEOPHYSIQUE**

Octobre 2023



## Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
1. Généralités sur les méthodes géophysiques appliquées à l'hydrogéologie .....	3
1.1 Le domaine cristallin.....	3
1.2 Dans domaine sédimentaire.....	3
2. Cadre géologique général.....	3
2.1 Domaine cristallin.....	3
2.2 Domaine sédimentaire .....	3
3. Généralités sur la méthode géophysique de résistivité électrique.....	4
4. Les travaux de terrain.....	5
4.1 Travaux de géophysiques .....	5
4.2 Résultats et interprétation .....	6
4.2.1 Résultats des trainés électriques.....	6
4.2.2 Les résultats des sondages électriques .....	7
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>10</b>
<b>Liste des figures</b>	
Figure 1: Schéma de mise en œuvre de la prospection électrique .....	4
Figure 2: Carte d'implantation des travaux.....	6
Figure 3: Résultats graphiques des trainés électriques à Tchirozérine .....	7
Figure 4: Graphiques des résultats des sondages SE1 et SE2.....	7
Figure 5: Résultat graphique de la modélisation/inversion du sondage SE1 .....	8
Figure 6: Résultat graphique de la modélisation/inversion du sondage SE1 .....	8
<b>Liste des tableaux</b>	
Tableau 1: Résistivité de quelques roches et minéraux (Loke) .....	4
Tableau 2: Analyse statistique des résultats des deux trainés.....	6
Tableau 3: Modèle géoélectrique obtenu après inversion .....	9

## INTRODUCTION

Dans le cadre du projet construction d'un forage d'eau destinée à la consommation, Pasteur Koupra, nous a confié de mener des investigations hydrogéophysiques sur son site (ECOLE LA GRACE) .

L'objectif général de l'étude est d'identifier à partir d'une méthode géophysique appropriée le/les endroits favorables à la réalisation du forage d'eau.

### 1. Généralités sur les méthodes géophysiques appliquées à l'hydrogéologie

#### 1.1 Le domaine cristallin

La recherche et l'exploitation des eaux souterraines ont toujours été un challenge en contexte cristallin. L'horizon altéré bien que caractérisé parfois par une forte teneur en eau ne permet pas la production des gros débits. Ceci est dû à sa perméabilité modeste consécutive à une présence des fines. Les zones de drainage sont représentées par les fissures et fractures de la roche mère. Grâce à leur bonne perméabilité, les aquifères de ces horizons quand ils sont captés sont susceptibles de produire des débits conséquents pour un projet d'aménagement hydraulique. La méthode géophysique des résistivités est couramment utilisée pour repérer ces zones singulières mais subtiles du contexte hydrogéologique cristallin.

#### 1.2 Dans domaine sédimentaire

En zone sédimentaire par contre, puisque les nappes sont continues, les implantations ont pour but de donner la position des aquifères par rapport au sol, leurs épaisseurs respectives et leur superposition. En zone sédimentaire par contre, puisque les nappes sont continues, les implantations ont pour but de donner la position des aquifères par rapport au sol, leurs épaisseurs respectives et leur superposition.

### 2. Cadre géologique général

#### 2.1 Domaine cristallin

L'ossature du massif cristallin de l'Aïr est formée de roches cristallophylliennes et d'intrusions de "Vieux granites", les granites jeunes de type Dabaga, les structures annulaires qui leur sont associées et les roches volcaniques acides (anciennes) ou basiques (récentes) ont une mise en place plus tardive. Ce massif est né au milieu d'un dépôt sédimentaire. La végétation est rare, sauf le long des Koris qui gagnent la périphérie du massif. Les tracés des cours d'eau temporaires reflètent admirablement les lignes structurales du socle.

#### 2.2 Domaine sédimentaire

Il s'agit des formations gréseuses du primaire (cambro-ordovicien, dévonien, viséen, namurien) et du continental intercalaire (groupe d'Agadez).

Dans cette partie sédimentaire, précisément dans le Continental Intercalaire (CI), F.Joulia signale l'existence des fractures dont on distingue trois grandes familles : **NNE-SSW** ; les grandes fractures de Teguida **ENE-WSW** et les flexures **N-S**.

### 3. Généralités sur la méthode géophysique de résistivité électrique.

La méthode géophysique de résistivité électrique consiste à injecter du courant électrique (I) dans le sous-sol à travers deux électrodes (C1 et C2) et mesurer la différence de potentiel ( $\Delta V$ ) entre deux autres électrodes (P1 et P2) dites de potentiel.

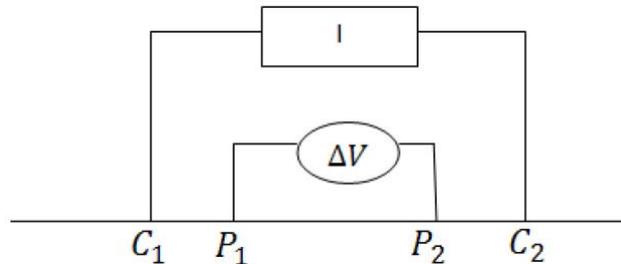


Figure 1: Schéma de mise en œuvre de la prospection électrique

La loi d'Ohm permet dans ce cas de mesurer la résistance (R) du sous-sol en utilisant la formule ci-dessous :

$$R = \Delta V / I. R \text{ en Ohm.}$$

Cependant, dans la pratique on mesure plutôt la résistivité du sous-sol qui est défini comme étant la résistance d'un fil cylindrique de 1 m de longueur et de section de 1 m<sup>2</sup>.

$\rho = RA / L$  où R est la résistance du fil en Ohm, L et A sont respectivement la longueur et la section du fil cylindrique. A/L est ce qu'on appelle le coefficient géométrique en mètre et dépend de la disposition des électrodes.

L'inverse de la résistivité est la conductibilité, donc plus un milieu est résistant moins il est conducteur.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la conductibilité et donc la résistivité des roches et minéraux. On peut citer :

- La porosité
- La saturation en eau
- La teneur en argile
- La salinité
- Les éléments dissouts

Tableau 1: Résistivité de quelques roches et minéraux (Loke)

Material	Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	Conductivity (Siemen/m)
<b>Igneous and Metamorphic Rocks</b>		
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^2 - 10^6$	$10^{-7} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
<b>Sedimentary Rocks</b>		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
<b>Soils and waters</b>		
Clay	1 - 100	0.01 - 1
Alluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwater (fresh)	10 - 100	0.01 - 0.1
Sea water	0.2	5
<b>Chemicals</b>		
Iron	$9.074 \times 10^9$	$1.102 \times 10^{-7}$
0.01 M Potassium chloride	0.708	1.413
0.01 M Sodium chloride	0.843	1.185
0.01 M acetic acid	6.13	0.163
Xylene	$6.998 \times 10^{16}$	$1.429 \times 10^{-17}$

## 4. Les travaux de terrain

### 4.1 Travaux de géophysiques

#### *Matériel et méthode*

L'équipement complet pour les levés géophysique utilisée dans le cadre de cette étude est composé de :

- 1 Résistivimètre SYSCAL JUNIOR R1 Plus;
- 1 batterie 12 volts
- 4 bobines de fils électriques ;
- Plusieurs électrodes ;
- 3 marteaux ;
- 1 hectomètre
- 1 GPS GARMIN 60 CSx
- Des accessoires divers
- 1 logiciel d'interprétation des sondages électriques 1XD1D INTERPEX (ABEM).

La méthode électrique ou de résistivité est mise en œuvre dans le cadre de la présente étude. Elle utilise un dispositif à 4 électrodes A, B, M et N alignés (dispositif Schlumberger). Le courant électrique (I) est envoyé dans le sol par les électrodes extrêmes A et B (cf. figure 6) tandis que M et N servent à la mesure de la différence de potentiel ( $\Delta V$ ).

La résistivité apparente des terrains est obtenue par la formule  $\rho_a = k \cdot \Delta V / I$  où k est un facteur géométrique qui dépend du quadripôle (écartement entre les électrodes A, M, N et B).

La méthode électrique permet de réaliser :

- > Des investigations horizontales par profil de résistivité simple (traîné électrique) qui permettent de repérer les fractures et les zones fissurées du socle qui apparaissent alors sous forme d'anomalies conductrices.
- > Des investigations verticales par sondages électriques permettant d'établir des coupes géoélectriques au droit des sites étudiés ;



Figure 2: Carte d'implantation des travaux

## 4.2 Résultats et interprétation

### 4.2.1 Résultats des trainés électriques

Les lignes des trainés électriques ont été orientées dans les directions azimutales de manière à croiser les orientations générales des structures linéaires/failles. Il a été réalisé au total six (02) trainés électriques avec la configuration type Gradient-rectangle suivante : TE1 : AB = 400 m, MN = 20 m, pas de mesure = 10 m ; TE2 : AB= 250 m, MN =20 m, pas = 10.

Dans ces conditions on peut imaginer des points situés respectivement à 80 m et 50 m de profondeur. Au total 210 m linéaires de trainés ont été réalisés. Les statistiques des résultats sont renseignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Analyse statistique des résultats des deux trainés

Analyse statistique des données			
	$\rho_{\min}(\text{Ohm.m})$	$\rho_{\max}(\text{Ohm.m})$	Contraste
TE1	9.03	138.33	<b>15.32</b>
TE2	25.22	45.79	<b>1.82</b>

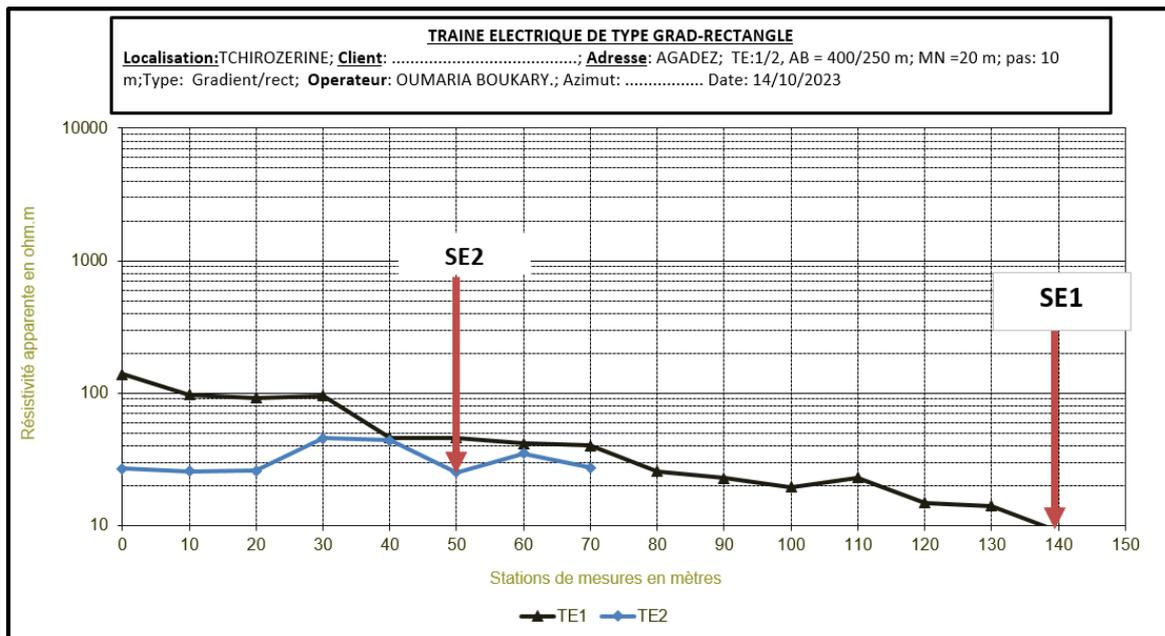


Figure 3: Résultats graphiques des trainés électriques à Tchirozérine

**Interprétation :**

On peut affirmer sans risque de se tromper que globalement le sous-sol cartographié par les deux trainés est constitué par de formation sédimentaire. En effet la valeur maximale de la résistivité apparente est de 133 Ohm.m. On note cependant de fort contraste du principalement à la présence des argiles ou grès argileux appartenant probablement à la formation aquifère du Tchirezérine. D’un point de vue structurale ceci pourrait correspondre à un affaissement en amont ou à la présence d’une faille.

Des points de vue aquifère il est intéressant tout de suite de remarquer (tableau2&figure3) la présence d’un aquifère à 50 m de profondeur et un autre à 80 m de profondeur.

**4.2.2 Les résultats des sondages électriques**

Les sondages électriques ont été réalisés en configuration Schlumberger avec AB/2 = 300 m et AB/2 = 350 m. Avec ces dispositifs il est possible d’investiguer le sous-sol entre 120 et 140 m de profondeur. Les résultats bruts des sondages sont représentés sur la figure ci-dessous. Les données sont ensuite interprétées avec le logiciel d’inversion Ix1dV3.

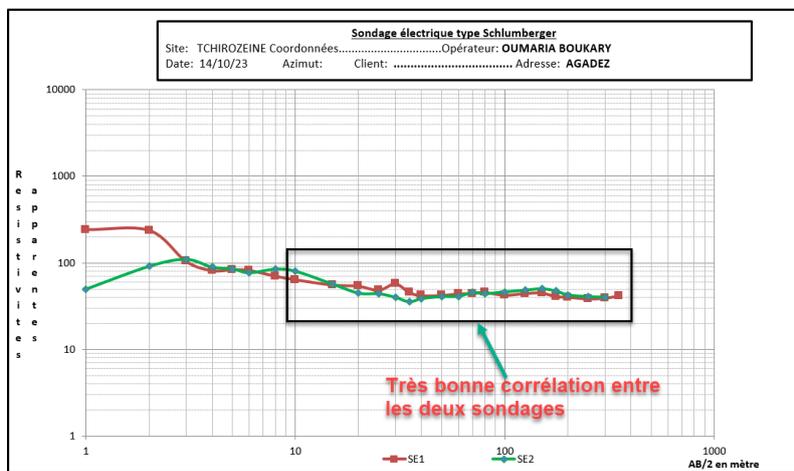


Figure 4: Graphiques des résultats des sondages SE1 et SE2

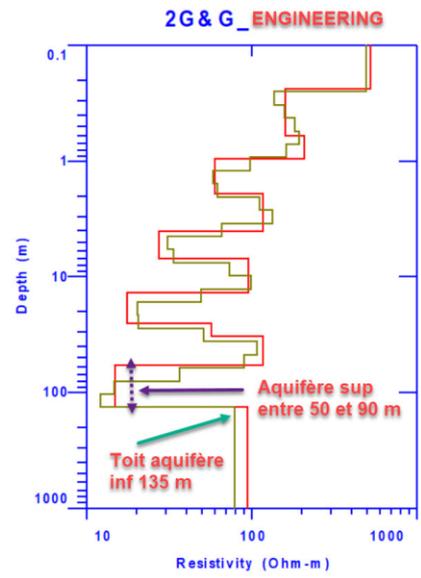
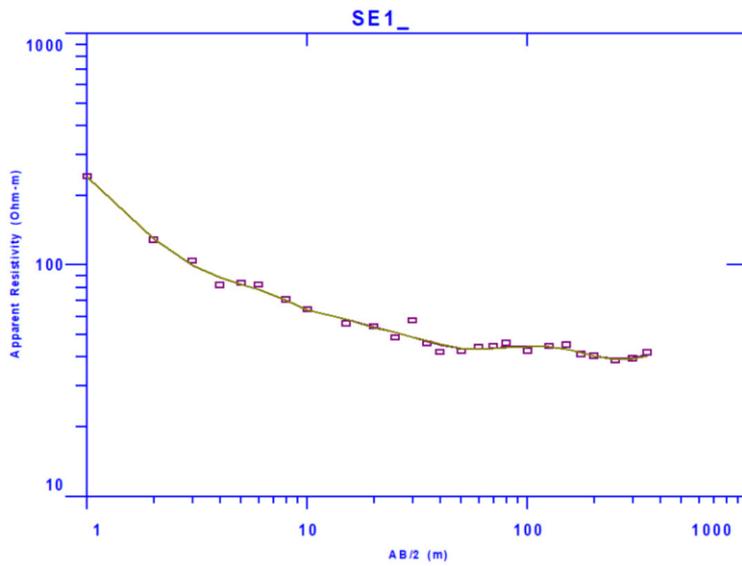


Figure 5: Résultat graphique de la modélisation/inversion du sondage SE1

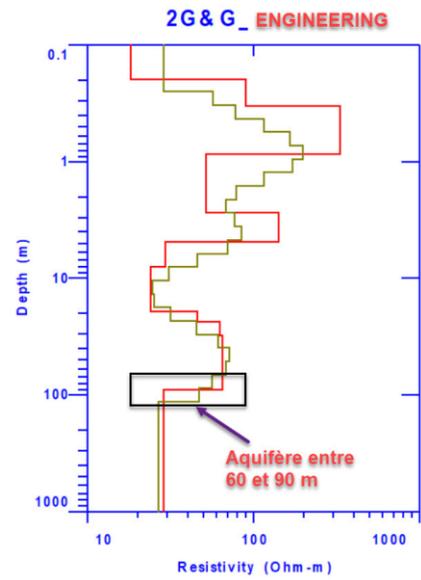
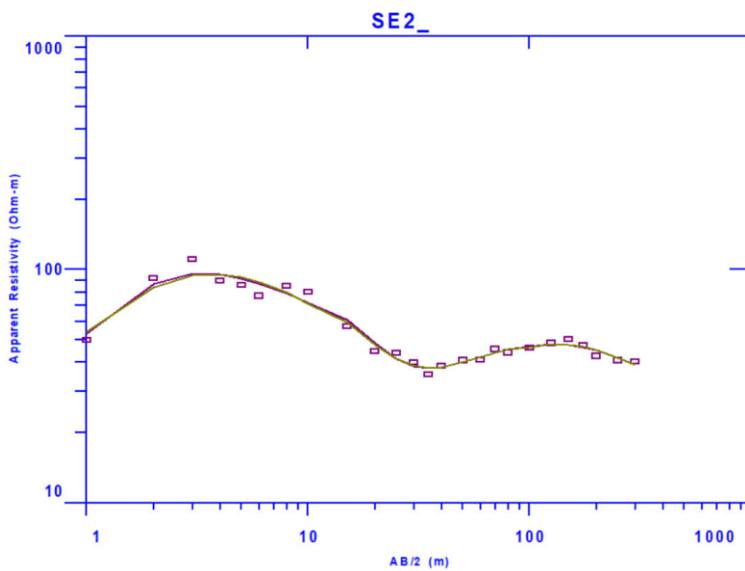


Figure 6: Résultat graphique de la modélisation/inversion du sondage SE1

Tableau 3: Modèle géoélectrique obtenu après inversion

SE1_MODEL					Stratigraphie
Rho(Ohm.m)	Epaisseur (m)	Prof (m)	Cond. Long (siemens)	RMS (%)	
520.57	0.24	0.24	0	4.69	Couverture
159.01	0.37	0.60	0.002		
207.00	0.36	0.96	0.002		
59.67	0.97	1.93	0.016		Alt grès-argile
116.30	2.08	4.00	0.018		
27.20	2.97	6.98	0.109		
95.57	6.76	13.74	0.07		
17.52	11.33	25.07	0.65		Grès argileux
57.05	7.42	32.49	0.13		
116.09	25.25	57.74	0.22		
14.88	75.80	133.54	5.09		
93.72					
SE2_MODEL					Stratigraphie
Rho(Ohm.m)	Epaisseur (m)	Prof (m)	Cond. Long (siemens)	RMS (%)	
18.14	0.20	0.20	0.011	6.45	Couverture
89.54	0.14	0.33	0.002		
330.34	0.52	0.86	0.002		
51.86	1.86	2.72	0.036		Alt grès-argile
141.73	2.17	4.89	0.015		
29.46	3.01	7.90	0.102		
23.91	11.38	19.28	0.475		
45.88	4.38	23.66	0.100		Grès argileux
62.64	7.10	30.76	0.113		
64.63	60.29	91.05	0.932		
28.80					

**Interprétation :**

D’après les graphiques 5, 6 et le tableau 3, le sous-sol est composé de 3 couches géoélectriques, en dehors de la couverture les couches 2 et 3 appartiendrais toutes aux formations aquifères du Groupe d’Agadez dont les formations du Tchi 1&2 et la formation du Teloua, toutes saturées en eau.

On note la présence d’un réservoir constitué par une alternance grès-argile et un autre réservoir constitué par des grès argileux entre **57 m** et **90 m** de profondeur. Au-delà on pourra rencontrer un réservoir constitué par des grès grossiers. La conductance longitudinale varie de 0.22 Siemens à 0.932 Siemens.

### **Conclusion :**

L'étude géophysique nous a permis d'identifier au moins **2** aquifères fortement probable à tous situés au niveau des grès du groupe d'Agadez.

Pour l'aquifère supérieur la profondeur varie entre 50 et 90 m et pour l'aquifère inférieur le toit se situe vers 133 m de profondeur.

Nous recommandons une profondeur maximale de 90 m et en fonction du besoin journalier aller jusqu'à 140 m.

Cependant il est important de noter que dans nous avons déjà capter au-delà des 5 m<sup>3</sup>/h au niveau de l'aquifère supérieur dans les mêmes conditions.

Nous recommandons enfin de faire la foration dans cet ordre :

Priorité n°1: SE1

Coordonnées :

<b>X</b>	<b>7°49'12.711"</b>
<b>Y</b>	<b>17°16'5.967"</b>

Priorité N°2 : SE2

Coordonnées :

<b>X</b>	<b>7°49'14.922"</b>
<b>Y</b>	<b>17°16'5.988"</b>