



Rapport d'étude Géophysique

08/06/2025

Étude géophysique en vue de l'implantation d'un forage d'eau à Diang Diéri (Podor)

Par méthode électrique et électromagnétique

Moustapha Badji et Abbo Mbacké Gueye

Table des matières

1. Introduction	2
2. Cadre géologique et hydrogéologique.....	2
2.1. Cadre géologique.....	2
2.2. Cadre hydrogéologique	3
2.3. Salinité des eaux	4
3. Matériel et Méthode	5
3.1. Matériels.....	5
3.2. Principes de la Tomographie de Résistivité Electrique (ERT).....	6
3.3. Principes du Sondage Electromagnétique (SEM)	6
4. Méthodologie.....	8
5. Résultats obtenus.....	9
5.1. Tomographie de résistivité électrique.....	9
5.2. Sondage électromagnétique (SEM).....	10
6. Interprétation.....	11
6.1. Profil de tomographie électrique (ERT)	11
6.2. Sondage électromagnétique (SEM)	12
7. Conclusion et recommandations	12

Table des Illustrations

Figure 1 : Extrait de la carte géologique du Sénégal au 1/500 000, feuille Nord-Ouest (Pasm, 2009). Le site investigué est représenté par le point en vert.	2
Figure 2 : Coupe géologique synthétique de la vallée du fleuve Sénégal (Source, Carte géologique du Sénégal au 1/200'000, feuille Matam)	3
Figure 3 : Dispositif de mesure utilisé pour la réalisation de la tomographie de résistivité électrique (ERT).....	5
Figure 4 : Dispositif utilisé pour la réalisation des sondages électromagnétiques.....	7
Figure 5 : Localisation des profils ERT et SEM réalisés	8
Figure 6 : Profil de tomographie de résistivité électrique (ERT) réalisé sur le site	9
Figure 7 : Sondage électromagnétique SEM1 réalisé sur le site jusqu'à la profondeur de 300m.	10
Figure 8 : Sondage électromagnétique SEM 2 et SEM 3 réalisé sur le site.	11
 Tableau 1 : Caractéristiques hydrogéologiques de quelques forages dans la zone d'étude.	4
Tableau 2 : Coordonnées UTM des profils géophysiques réalisés	8
Tableau 3 : Aquifères probables montrés par l'étude	12
Tableau 4 : Caractéristiques de l'ouvrage recommandé en fonction de la variante choisie ...	13
Tableau 5 : Localisation du point recommandé pour le forage.....	13

1. Introduction

Le but de cette investigation est d'étudier les caractéristiques hydrogéologiques du sous-sol par prospection géophysique en vue de l'implantation d'un forage d'eau pour l'alimentation en eau potable à Diang Diéri dans le département de Podor.

La prospection s'est faite par combinaison de la tomographie de résistivité électrique (ERT) et du sondage électromagnétique (SEM).

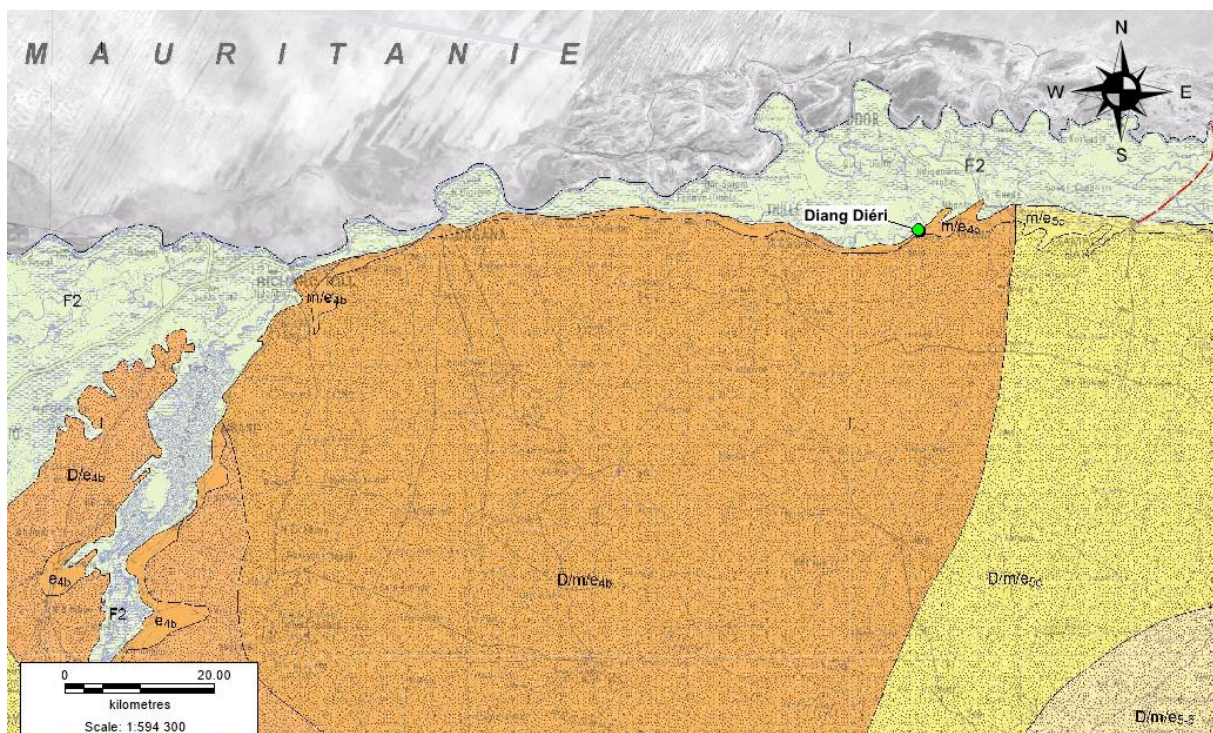
Ce présent rapport donne les résultats obtenus à l'issue de cette étude.

2. Cadre géologique et hydrogéologique

2.1. Cadre géologique

Les terrains affleurant dans la zone étudiée sont constitués des sables dunaires du Quaternaire (notés D sur la carte). Sous le Quaternaire arrive la formation du Saloum datant du Miocène. Elle est constituée de grès bioturbés et d'argiles kaoliniques (notées m). Cet ensemble repose sur la formation Eocène constituée d'argiles et de marnes blanches à attapulgite (e_{4b}).

Vers le Nord du site nous avons les formations alluviales (F2) qui datent du Quaternaire (Holocène). Ces formations, situées sur le lit majeur du fleuve Sénégal, sont essentiellement formées par des sables fluviatiles récents (Figure 1).



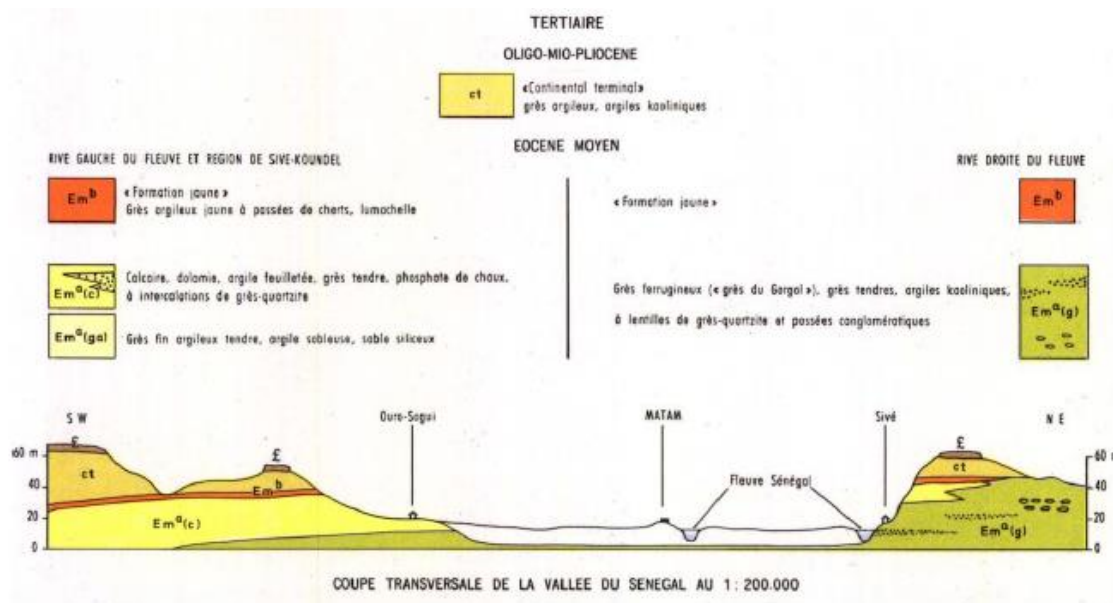


Figure 2 : Coupe géologique synthétique de la vallée du fleuve Sénégal (Source, Carte géologique du Sénégal au 1/200'000, feuille Matam)

Au fur et à mesure que l'on s'approche du lit majeur du fleuve Sénégal, l'érosion des formations sous-jacentes est de plus en plus marquée. Les formations Quaternaires à l'affleurement reposent par endroits directement sur du Maastrichtien, suite à l'érosion des formations, Oligo-Mio-Pliocène, Éocène et Paléocène.

2.2. Cadre hydrogéologique

Du point de vue hydrogéologique, le secteur investigué présente trois (3) systèmes aquifères. Nous avons :

- Le système aquifère superficiel regroupant les formations sableuses du Quaternaire, du Continental Terminal et l'alluvionnement du fleuve. Cet aquifère est capté par les puits à une vingtaine de mètres de profondeur : il est généralement peu productif pour un forage dans la zone.
- Le système aquifère intermédiaire occupant les formations calcaires de l'Eocène parfois en continuité avec les aquifères supérieurs.
- Le système aquifère profond ou Maastrichtiens formés de sables, sables argileux, grès, argiles sableuses et argiles. Cet aquifère productif dans la zone est capté par la beaucoup de forages villageois à des profondeurs très variables et avec généralement de bonnes caractéristiques hydrodynamiques.

2.3. Salinité des eaux

La nappe phréatique présente dans les sables dunaires offre généralement une eau de bonne qualité (eau douce), sauf dans les vallées envahies par le biseau salé. Le site investigué se situe dans une zone présentant une eau de qualité bonne à moyenne présence depuis la surface occupée par le CT jusqu'au Maastrichtien (comme en témoigne l'eau du mini-forage de 20m sur le village) ou nous avons des eaux douces à saumâtres.

Ainsi, sur l'essentiel des ouvrages hydrauliques répertoriés les eaux sont de qualité bonne à moyenne (douces à saumâtres) et ne présentent aucune intrusion saline connue.

Ces eaux ont une conductivité comprise entre 900 à 1200 ms/s ce qui montre une bonne qualité et peuvent être utilisées comme eau de boisson ou de maraîchage ou dans la production animale.

La nappe des calcaires de l'Eocène présente dans la zone, présente aussi des eaux de qualité douce. Elle n'est pas encore affectée par le phénomène de la salinisation. L'essentiel des ouvrages hydrauliques de la zone captent le système aquifère CT/Eocène/Maastrichtien avec des qualités chimiques aux normes.

Tableau 1 : Caractéristiques hydrogéologiques de quelques forages dans la zone d'étude.

ID	Prof (m)	Toit (m)	Mur (m)	NS (m)	Débit (m3/h)	Aquifère
Diang Diéry	20	14	19	10	10	CT
Dianga F11	31.5	33.5	34.5	15.5	12	CT
Dianga	130.6	115.7	129.6	6.6	47.8	Maastrichtien
Sovonabe Botol	68	31.6	52	19.3	44	CT-Eocène
Decolle Taredji	150	125	145.2	11	81.8	Maastrichtien
Yodabe 1	58	25.3	43.5	19.9	24	CT-Eocène
Thillé Boubacar1	68	32	52	19.3	44.6	CT-Eocène
Thillé Boubacar2	37	25	31	19.8	6.8	CT
Thillé Boubacar3	132	116	129	15.7	46	Maastrichtien

CT Désigne Continental Terminal

3. Matériel et Méthode

3.1. Matériels

Nous avons utilisé un résistivimètre de type ABEM Terrameter LS Lund pour mesurer la résistivité ou la polarisation induite en mode tomographie. Ses caractéristiques techniques sont : PC intégré, compact pour l'acquisition et le stockage des données, Régulateur de courant avec sortie maximale de 600 V (1200 V peak-to-peak) et 2500 mA, Alimentation par courant continu 12 V DC.

Accessoires utilisés pour la tomographie de résistivité électrique :

- Jeu de 61 électrodes de 10 mm de diamètre, et Jeu de 42 jumpers
- 4 rouleaux de câble de 21 take-out espacés de 5 m
- Batterie de voiture 100 Ah + chargeur
- Des marteaux en métal
- Deux odomètres pour la mesure des distances
- Logiciels de traitement *Res2Dinv* et *Erigraph*



Figure 3 : Dispositif de mesure utilisé pour la réalisation de la tomographie de résistivité électrique (ERT).

3.2. Principes de la Tomographie de Résistivité Electrique (ERT)

La tomographie électrique (Electrical Resistivity Tomography ou ERT) permet d'obtenir une « image géo-électrique » du sous-sol, à partir de mesures de résistivité en surface.

Dans le cas de la tomographie en 2D, la répartition des résistivités varie verticalement et horizontalement le long du profil. En d'autres termes il s'agit d'une « coupe de la résistivité » sur une profondeur pouvant aller jusqu'à une centaine de mètres.

L'acquisition 2D utilise un grand nombre d'électrodes (51 dans notre cas) placées selon un profil et connectées à un câble multiconducteur. Les électrodes sont régulièrement espacées le long du profil (5m dans notre cas). Chaque électrode possède une adresse numérique unique dans le dispositif, ce qui lui permet d'être identifiée par l'ordinateur.

Une séquence de mesure ou protocole d'acquisition est programmée sur l'ordinateur. Le protocole définit les quartets d'électrodes à utiliser successivement comme électrodes d'injection et comme électrodes de mesure. Le protocole est transmis de façon séquentielle à un sélecteur d'électrodes qui l'exécute en sélectionnant les électrodes concernées. La mesure est automatiquement stockée en mémoire. La représentation donne une répartition 2D des résistivités apparentes ou pseudo-section.

3.3. Principes du Sondage Electromagnétique (SEM)

Pour le sondage électromagnétique (SEM) nous avons utilisé la méthode Radio Magnéto Tellurique (RMT) qui permet d'atteindre des profondeurs plus importantes et vient en appoint à la méthode ERT moins profond. Son principe consiste à utiliser plusieurs signaux à différentes fréquences qui permettent d'investiguer des profondeurs pouvant atteindre 800 m (300 m de profondeur pour cette étude). Les paramètres mesurés sont des grandeurs sans unités appelés gradients de résistivités. Les niveaux supposés aquifères sont généralement caractérisés par la baisse de ces gradients de résistivité.

L'appareil utilisé pour la réalisation du sondage électromagnétique est un ADMT 800 S comportant :

- Deux électrodes en cuivre à manchon
- Un jeu de câble de 20 m
- Un smartphone servant d'interface
- Logiciel de traitement : *Surfer*

En plus de ce matériel spécifique, nous avons utilisé, pour une bonne mise en œuvre, la logistique suivante :

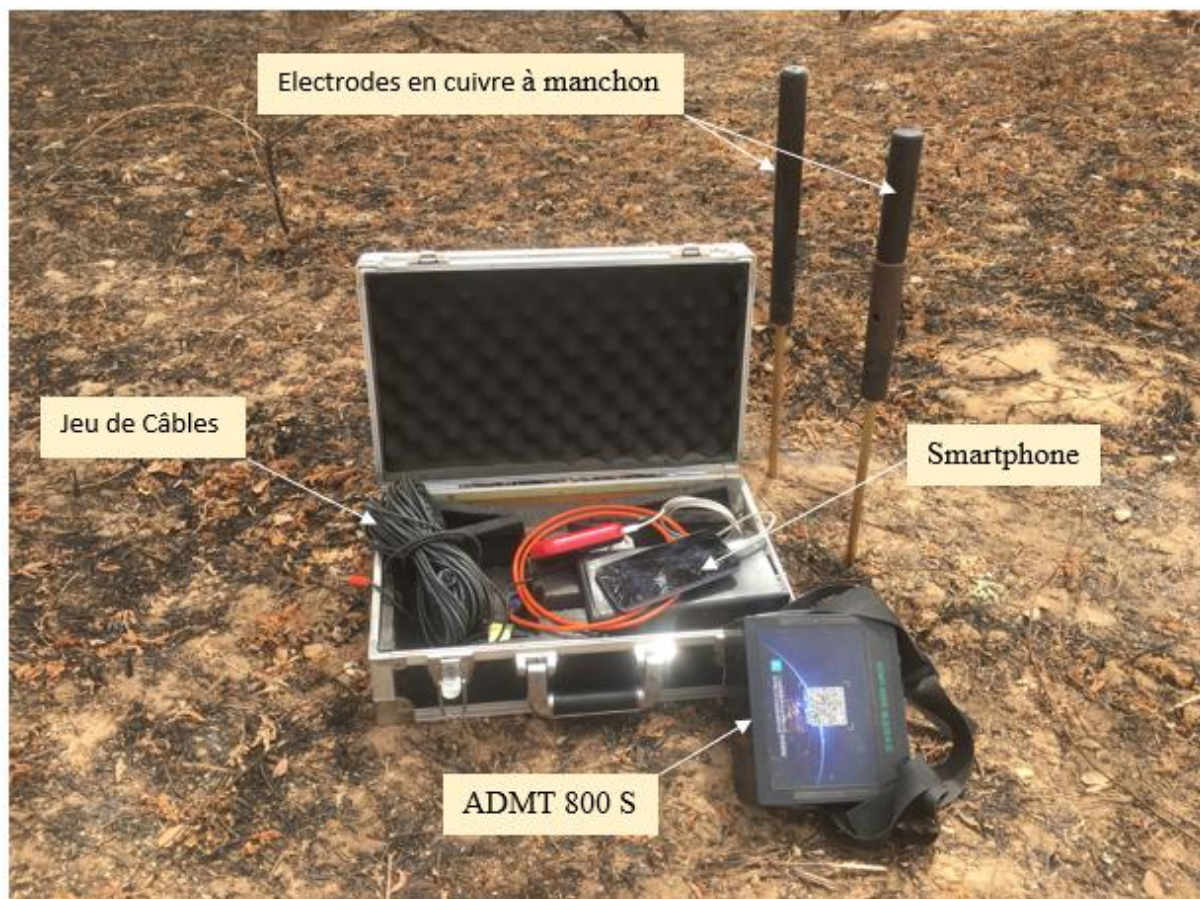


Figure 4 : Dispositif utilisé pour la réalisation des sondages électromagnétiques.

En plus de ce matériel spécifique, nous avons utilisé, pour une bonne mise en œuvre, la logistique suivante :

- Un véhicule de terrain
- Un GPS de poche
- Un ordinateur de terrain

Le personnel impliqué comprend :

- Un ingénieur géologue, Géophysicien
- Un technicien Géophysicien
- Un manœuvre

4. Méthodologie

Nous avons réalisé sur le site :

- Un profil de tomographie électrique (ERT) de 400 m de long avec un écartement de 10 m entre les électrodes AB, ce qui nous a permis d'atteindre une profondeur de 80 m.
- Trois (3) Sondages électromagnétiques (SEM1, SEM2 et SEM3) de 60 m de long limités aux profondeurs allant de 100 m (SEM2 et SEM3) à 300 m (SEM1).

La localisation des profils géophysiques (ERT et SEM) réalisés est représentée sur la figure ci-dessous (figure 5).



Figure 5 : Localisation des profils ERT et SEM réalisés

Tableau 2 : Coordonnées UTM des profils géophysiques réalisés

ID	UTM X	UTM Y
Limite Ouest ERT (0 m)	508992	1825682
Limite Est ERT (390 m)	509361	1825764
Station ERT (200 m)	509187	1825698
SEM 1 (Est)	509205	1825696
SEM 1 (Ouest)	509143	1825690
SEM 2 (Nord)	509196	1825739
SEM 2 (Sud)	509202	1825680
SEM 3 (Nord)	509155	1825712
SEM 3 (Sud)	509176	1825656

5. Résultats obtenus

5.1. Tomographie de résistivité électrique

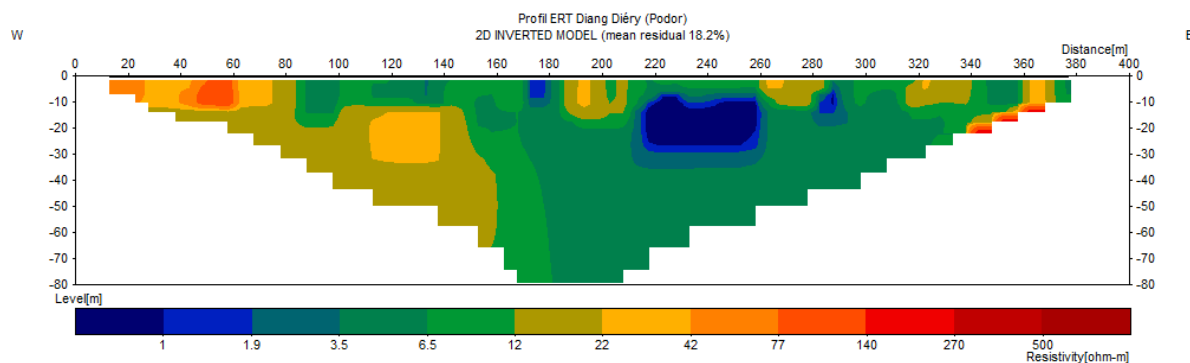


Figure 6 : Profil de tomographie de résistivité électrique (ERT) réalisé sur le site

5.2. Sondage électromagnétique (SEM)

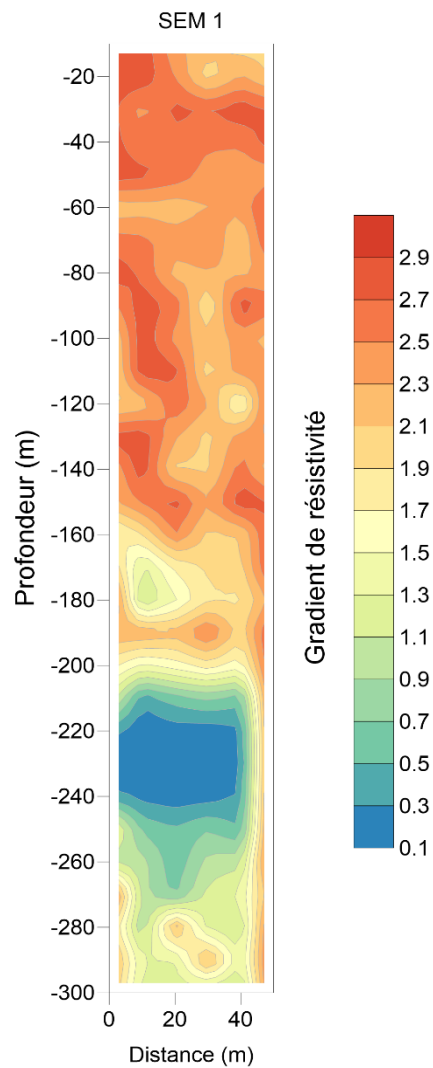


Figure 7 : Sondage électromagnétique SEM1 réalisé sur le site jusqu'à la profondeur de 300m.

En vue d'obtenir une meilleure résolution des données afin de mieux visualiser les nappes superficielles et semi-profondes, les sondages électromagnétiques SEM 2 et SEM 3 ont été limités à la profondeur de 100 m.

Les résultats obtenus figurent ci-dessus :

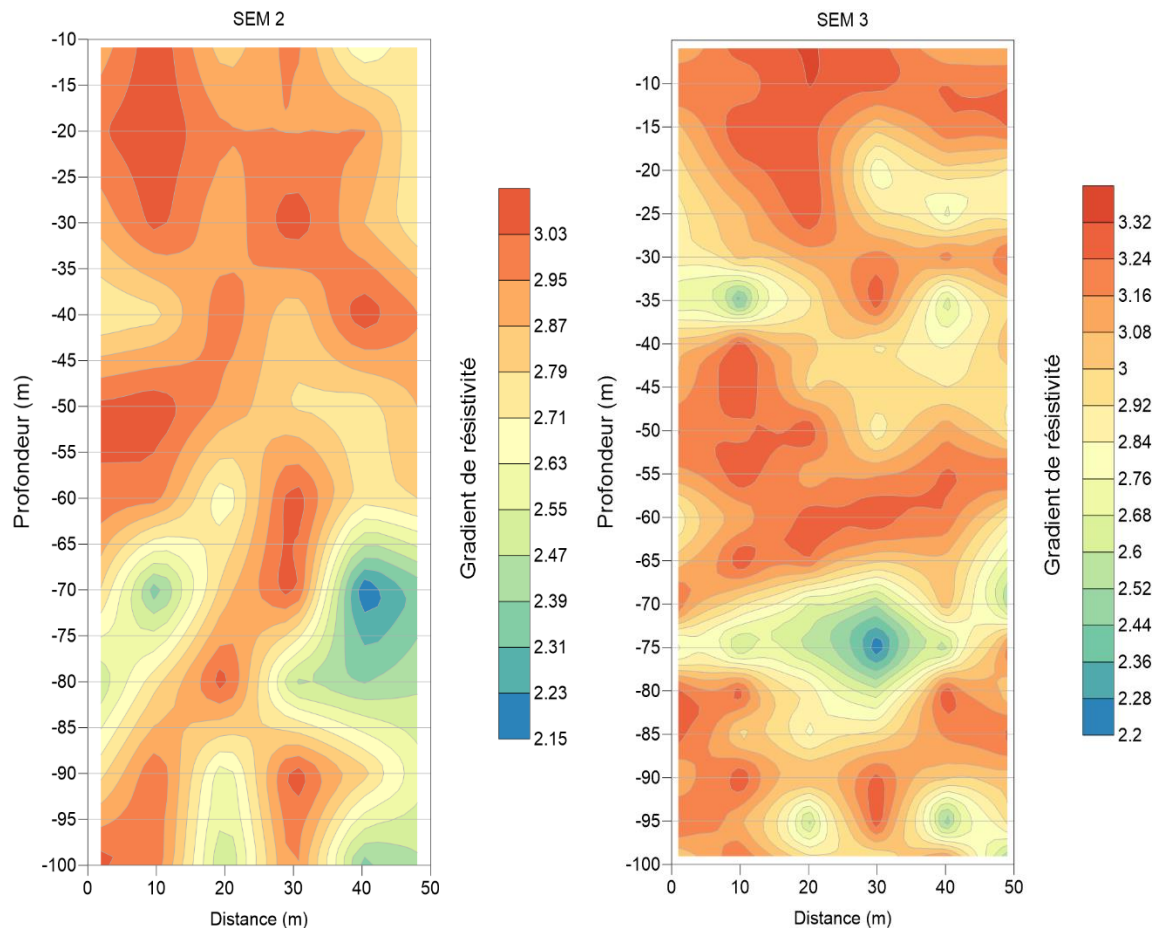


Figure 8 : Sondage électromagnétique SEM 2 et SEM 3 réalisé sur le site.

6. Interprétation

6.1. Profil de tomographie électrique (ERT)

Le profil de tomographie de résistivité électrique (ERT) est obtenu après inversion des données brutes correspondant aux résistivités apparentes. Il nous montre la répartition des résistivités vraies du milieu investigué jusqu'à 80 m de profondeur.

Ainsi sur le profil de tomographie électrique nous avons la présence d'un terrain plus ou moins conducteur. Les résistivités mesurées, au-delà de 10 m, sont relativement faibles, elles sont presque toutes inférieures à 22 $\Omega.m$ vers l'Est et inférieures à 12 voire 6 $\Omega.m$ vers le centre et l'Ouest.

Ces faibles résistivités du sol témoignent de la présence probable de formations à forte teneur d'argiles et marneuses qui pourraient affecter la perméabilité de la nappe superficielle du Quaternaire et par conséquent affaiblir sa productivité en eau.

Dans la zone comprise entre les abscisses $x = 220$ m et $x = 260$ m, nous notons la présence d'une poche salée avec des résistivités inférieures à $1 \Omega.m$ entre 10 et 30 m de profondeur.

Les résultats des sondages électromagnétiques permettront d'ausculter le terrain plus en profondeur, afin de détecter et de mieux visualiser les niveaux aquifères plus productifs.

6.2. Sondage électromagnétique (SEM)

Les résultats du sondage électromagnétique SEM1 montrent de faibles baisses de gradients de résistivité jusqu'à environ 160 voire 200 m de profondeur où l'on note les premières baisses les plus significatives de gradient qui correspondraient probablement au toit de l'aquifère du maastrichtien réputé plus productif en eau dans le secteur. Le SEM1 montre que la zone de productivité optimale du Maastrichtien serait située entre 200 et 260 m de profondeur où l'on rencontre les gradients de résistivités les plus faibles.

Au niveau des sondages SEM2 et SEM3, nous notons un système aquifère probable situé entre 15 et 50 m environ, il est plus visible sur le SEM3 : l'horizon situé entre 15 et 25 m sur le SEM3 correspondrait à celui capté par le forage de 30 m de profondeur localisé sur le site.

Entre 65 et 85 m de profondeur, les deux SEM font apparaître d'autres baisses de gradient de résistivité qui devraient correspondre à un second niveau aquifère. Ce niveau aquifère correspondrait au continental terminal ou à l'Eocène et devrait être plus productif que l'aquifère superficiel du quaternaire.

7. Conclusion et recommandations

L'étude réalisée a permis de localiser et de caractériser les différents aquifères présents dans la zone jusqu'à la profondeur de 400 m.

Le tableau ci-dessous résume leurs localisations et caractéristiques probables :

Tableau 3 : Aquifères probables montrés par l'étude

Localité	Aquifère	Prof. Probable toit (m)	Prof. Probable mur (m)
Diang Diéri	Quaternaire-CT	20	45
	CT-Eocène	65	85
	Maastrichtien	160	260

Nous suggérons, à la lumière des données hydrogéologiques et géophysiques de cibler l'aquifère intermédiaire du complexe Continental Terminal-Eocène situé entre 65 et 85 m de

profondeur. Le Maastrichtien pourrait être envisagé pour des débits recherchés beaucoup plus importants (supérieur à 50 m³/h).

Les caractéristiques du forage recommandé en fonction de la variante choisie, sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Caractéristiques de l'ouvrage recommandé en fonction de la variante choisie

Option de forage	Aquifère	Profondeurs crépines (m)	Profondeur totale (m)
Variante 1	CT-Eocène	60 à 80	85
Variante 2	Paléocène	150 à 180	185
Variante 2	Maastrichtien	200 à 240	260

Tableau 5 : Localisation du point recommandé pour le forage

Coordonnées UTM (m)
X = 509143
Y = 1825688

Nb : La zone recommandée pour le forage est située vers le début du sondage électromagnétique1 (SEM1- Ouest) et aux alentours de l'abscisse x = 160 m du profil ERT.