

Année Universitaire : 2017-2018



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et
Techniques

TITRE :

Prospection des ressources en eau

Par la tomographie électrique

Présenté par:

Abdellatif akif

Encadré par:

Pr. DRISS EL AZZAB, FST-Fès

MOHAMED CHIBOUT, AFRICA GEO-SERVICES, Fès



Soutenu Le 09 Juin 2018, devant le jury composé de:

Pr. Mr EL AZZAB DRISS

Pr. Mr CHREOUD MOHAMED

Pr. Mr HINAJE SAID

Stage effectué à : AFRICA GEO-SERVICES, Fès

ABDELLATIF AKIF

Année Universitaire : 2017/2018

Titre : Dégagement des ressources en eau

Résumé

L'oued Fès, appelé jadis oued Djouhaïr, ou la rivière des Perles, prend naissance à Ras el-Mâ à peu de distance au Sud-Ouest. L'humidité y est excessive en été; c'est dans une buée chaude que l'on vit,

La formation stratigraphique de ce domaine de oued Fès, est dominée par la présence des formations du mio-plio-quaternaire.

La gestion des ressources en eau est très importante dans cette région, car le niveau de la nappe phréatique du bassin saïs a atteint un seuil très inquiétant, il s'est avéré nécessaire de faire une campagne de géophysique pour résoudre cette problématique.

La corrélation des données géologiques, hydrogéologiques et les résultats des sondages électriques et des tomographies électriques ont abouti à l'établissement d'une coupe géo électrique et une pseudo-section qui illustre le caractère géologique de la région.

Les résultats des analyses géophysiques nous ont permis de distinguer trois , de valeurs du point de vue résistivité à savoir : une plage résistante dont la résistivité est supérieure à 20 Ω .m avec pour remplissage un faciès grès dur, conglomérats dur ; une plage intermédiaire dont les résistivités sont comprises entre 6 et 20 Ω .m constituée des conglomérats tendres à matrice argileuse et la dernière plage conductrice qui correspond aux argiles à limons argileux et marnes grises avec une résistivité allant de 0 à 5 Ω .m.

Mots clés : **géophysique** , pseudo-section , plage de résistivité

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

En premier lieu, Je tiens à remercier vivement mon encadrant **Mr. MOHAMED CHIBOUT**, directeur du bureau d'étude **AFRICA-GEOERVICES** pour son aide précieuse et sa disponibilité sans faille.

Ensuite, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon encadrant, **Mr. DRISS EL AZZAB** professeur à la FST de Fès, pour sa disponibilité, ses conseils, ses critiques constructives ainsi que son grand soutien pour pouvoir mener à terme ce travail .

Je ne saurais terminer ces remerciements sans un mot de gratitude à l'ensemble de mes professeurs de l'option , **Géologie et ressources environnementales** Département de géologie et à tous ceux qui m'ont apporté concours dans la poursuite de mon travail de projet de fin d'études.

Merci infiniment

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	3
1. INTRODUCTION GENERALE.....	6
2. CADRE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE.....	7
2.1. Contexte administratives :.....	7
2.2. Contexte géographique :.....	7
2.3. Contexte géologique :.....	10
A. GEOLOGIE REGIONALE.....	10
B. GEOLOGIE LOCALE.....	13
2.4. Contexte hydrogéologique :	15
3. APERÇU SUR LES METHODES GEOPHYSIQUES.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1. Prospection gravimétrique.....	16
Principe :	16
3.2. Prospection magnétique.....	17
3.3. Prospection sismique.....	17
3.4. Méthodes géo électriques	19
4. MOYEN MISE ON OEUVRE	20
5. EXAMEN DES PROFILS DE TOMOGRAPHIE ELECTRIQUE ..	Erreur ! Signet non défini.
5.1. Profil de tomographie électrique DK1 (Figure 17)	24
5.2. Profil de tomographie électrique DK2 (Figure 18)	25
6. CONCLUSION ET RECOMMANDATION.....	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de situation du bassin versant de l'Oued Fès	7
Figure 2 : Vue en 3D du bassin versant de l'Oued Fès	8
Figure 3 : Photo satellitaire de la zone d'étude	8
Figure 4 : Topographie du bassin versant de l'oued Fès d'après Reynard.....	9
Figure 5 : Carte géologique du bassin de Fès-Meknès (Taltasse, 1953)	12
Figure 6 : Colonne litho-stratigraphique synthétique du bassin de Fès – Meknès	14
Figure 7 : Coupe géologique schématique du bassin versant de l'oued Fès, inspirée de Taltasse (1953).	12
Figure 8 : Carte géologique du bassin de Saïs, Etude du schéma régional d'aménagement du territoire de la région Fès- Boulemane / URAM Intl- 2013.	15
Figure 9 : Dispositif de sismique réfraction et celui réflexion	18
Figure 10 : Dispositif électrique.....	19
Figure 11 : Mise en place du matériel	20
Figure 12 : Séquence de mesure.....	21
Figure 13 : Schéma explicatif du procédé de la tomographie électrique.....	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des stations de mesure du profil DK1.....	24
Tableau 2 : Coordonnées des stations de mesure du profil DK2.....	24

1. INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource naturelle exploitée par l'homme pour répondre à ses besoins (vitaux puis économiques et récréatifs). Elle est inégalement répartie dans le temps et dans l'espace. Pour éviter les manques ou les pénuries, ces besoins ne doivent pas être supérieurs aux ressources disponibles.

On a 3 besoin en eau souterraine :

L'AEP L'**alimentation en eau potable** (sigle : **AEP**) est l'ensemble des équipements, des services et des actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs

L'irrigation : L'**irrigation** est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des **végétaux cultivés** pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit **pluviométrique**, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les **zones arides**.

L'industrie : L'eau est une ressource fondamentale pour l'industrie, un secteur qui est le second consommateur d'eau après l'agriculture avec 22 % des volumes d'eau prélevés dans le monde.

Les tanneries appartiennent aux secteurs industriels associés aux plus importantes consommations d'eau. Pour permettre l'obtention d'un cuir de bonne qualité à partir d'une tonne de matière première, l'expérience a montré que jusqu'à 60 m³ d'eau étaient nécessaires.

NOTRE PROBLEMATIQUE :

Sur la région de Fès Meknès précisément le quartier industrielle de Doukkarat a cote de oued Fès l'usine tannerie de cuire -Société AAHD AL JADID- à un problème de sécheresse du puits.la chose qui lui pousse d'appeler notre bureau d'études **AFRICA GEO-SERVICES** pour trouver la solution de ceci . Le projet consistera à mener des campagnes géophysiques préliminaires de tomographie électrique et quelques sondages électriques pour la confirmation des zones favorables proposées dans les études de dégagement des ressources en eau et d'implantations des forages.

L'objectif :

dégagement des ressources en eau pour l'alimentation en eau de la tannerie
doukkarat Fès – Société AAHD AL JADID

2. CADRE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

2.1. Contexte administratives :

La zone d'étude, nommée Quartier industriel de Dokkarat (rive droite de l'oued Fès), appartient à la Préfecture de Fès, (arrondissement d'Agdal), région de Fès Meknès.

2.2. Contexte géographique :

Le bassin de l'Oued Fès se situe entre le rif au Nord, le Causse Moyen Atlasique au Sud, le couloir de Fès-Taza à l'Est et la plaine de Saïss à l'Ouest. Il se situe entre les parallèles 33°30 et 34°08N et entre les méridiens 4°54 et 5°09W. D'une superficie d'environ 879km²(fig. 1).

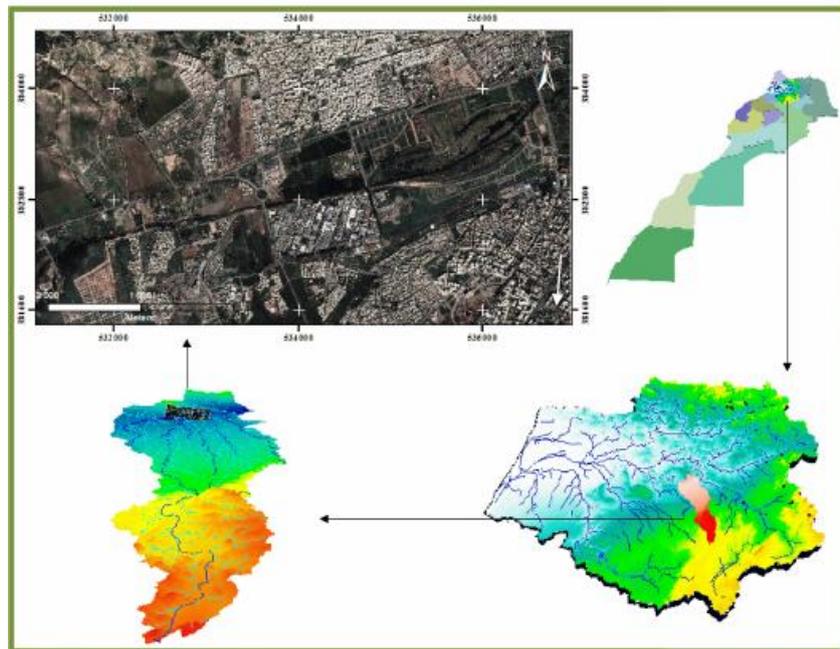


Figure 1 : Carte de situation du bassin versant de l'Oued Fès

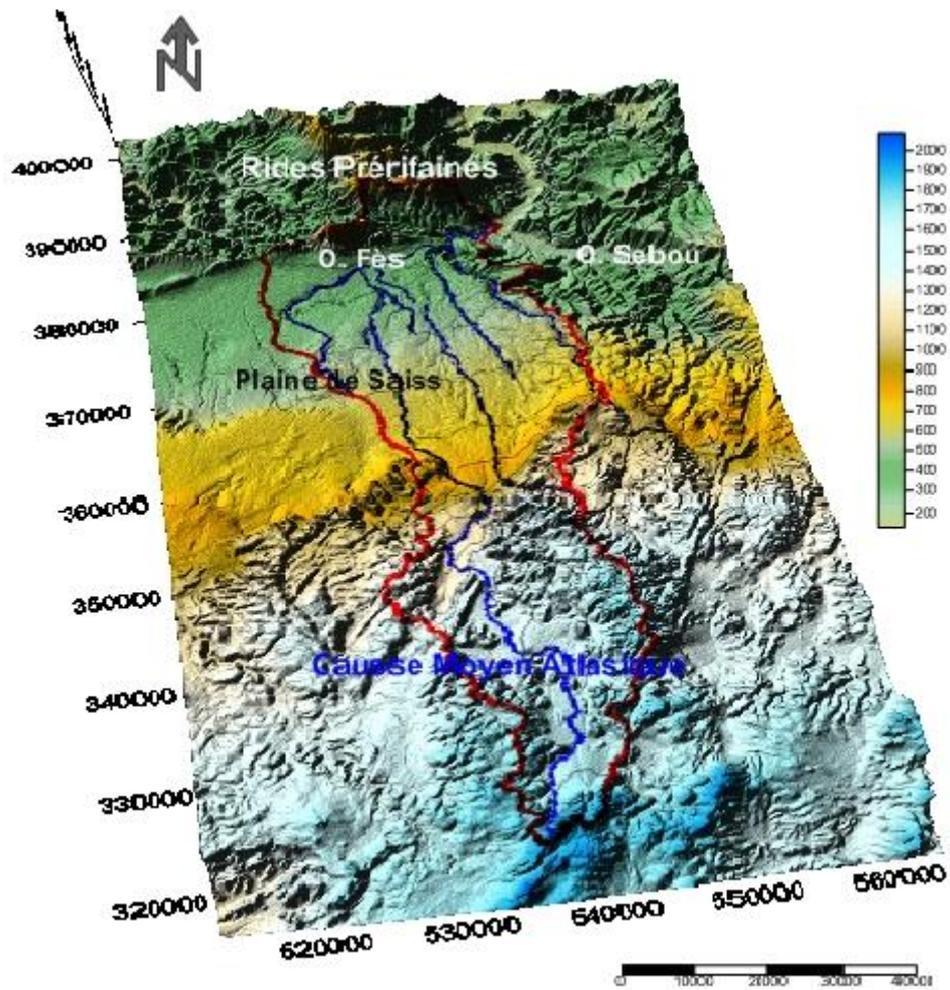


Figure 2 : Vue en 3D du bassin versant de l'Oued Fès

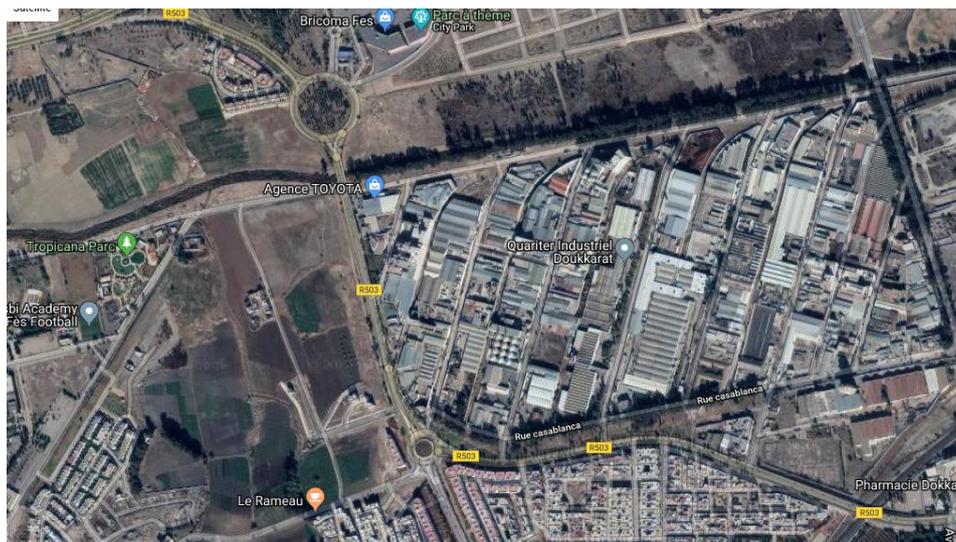


Figure 3 : Photo satellitaire de la zone d'étude

L'oued Fès est le principal cours d'eau traversant la ville de Fès et sa médina. Il est alimenté par les pluies tombées sur la plaine du Saïs et par plusieurs sources dont les plus importantes sont celles situées dans la région de Ras El Ma. Son bassin versant, qui s'étend sur une superficie d'environ 879 km² dispose d'un réseau hydrographique composé de plusieurs sous bassins :

- ✓ Un ensemble d'oueds prenant naissance dans le caucse du Moyen Atlas et sont caractérisés par un écoulement saisonnier à intermittent, c'est le cas de l'oued Boufekrane (52 km²), oued El Mehraz (52 km²), oued El Himmer (80 km²) et oued Chkou (428 km²).
- ✓ Un ensemble d'oueds caractérisés par un écoulement permanent et alimentés par les sources artésiennes du plateau de Saïs (oueds Ain Chkef, Ain Smen, Ain Chgag et Ain Bou Rkaiz).

L'Oued El Malleh (34 km²) qui rejoint l'oued Fès à la sortie de la médina est alimenté par les Rides pré rifaines. L'oued Fès est caractérisé par un débit qui peut dépasser fréquemment 4 m³s⁻¹ pendant les années exceptionnellement humides tels que les périodes 2008/2009 et 2009/2010. Pendant les périodes de base, son débit moyen est de 2,9 m³ s⁻¹; composé à hauteur de 70% des effluents domestiques et industriels de la ville de Fès (Perrin et al., 2014).

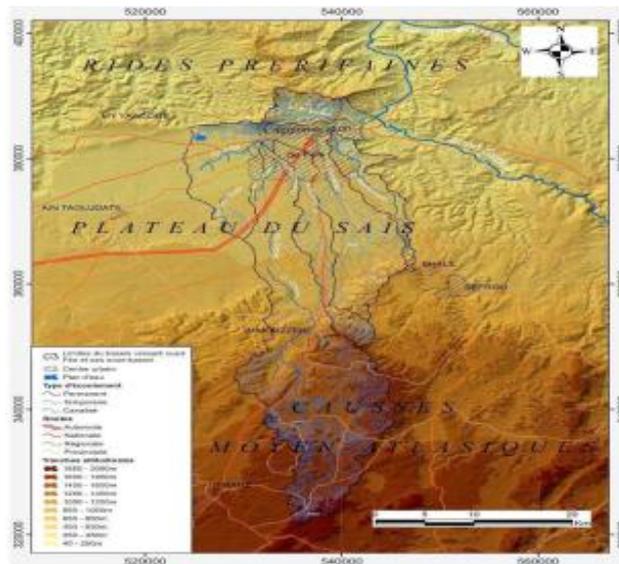


Figure 4 : Topographie du bassin versant de l'oued Fès d'après Reynard

2.3. Contexte géologique :

A. GEOLOGIE REGIONALE

La ville de Fès est située à l'extrémité orientale du bassin de Sais orienter SW - NE, ce bassin correspond à la partie centrale du sillon sud rifain. Ce dernier est inséré entre deux grandes unités structurales, le domaine rifain au Nord et le domaine moyen Atlasique au Sud.

La ville de Fès est bordée au nord par le domaine rifain, ce domaine est composé essentiellement par deux sous unités à savoir la nappe pré-rifaine et les rides pré-rifaines :

- ✓ Les rides pré-rifaines correspondent à des anticlinaux à cœur de jurassique, faillés et déversés vers le sud conformément à la direction des poussés tectoniques rifaines. Ces rides constituent ainsi un front orienté approximativement Est-Ouest et qui s'étend de Jbel Tghat à Jbel Zalagh.
- ✓ Les nappes pré-rifaines sont formées par une série de crêtes marneuses d'âge crétacé et tertiaire et elles sont orientées parallèlement aux nappes pré-rifaines. Plus au sud, la plaine de Sais vient buter contre le domaine moyen atlasique, appelé encore causses moyen-atlasique. Ce domaine est caractérisé par une puissante série carbonatée du Lias qui repose en discordance sur les formations argileuses du Trias et les schistes du Paléozoïque.

Le sillon sud rifain, sur lequel repose la ville de Fès, correspond à une zone subsidence comblée par des dépôts d'âge néogènes dont la frange méridionale vient buter contre les Calcaires et dolomies jurassiques du moyen-atlas et la frange septentrionale contre la nappe Pré-rifaine.

Les formations géologiques rencontrées dans le bassin de Fès – Meknès s'étalent du Primaire au Quaternaire (figure 5 et 6) (Taltasse, 1953) :

a. Le Primaire

Le primaire correspond aux terrains les plus anciens du bassin. Il est composé des schistes viséen, namurien et Westphalien intercalés de niveaux plus gréseux (quartzites), qui apparaissent sous l'aspect de rochers très caractéristiques au sud du plateau de Meknès dans la vallée de l'oued El Kell, au nord-est d'El Hajeb et au sud-est de la plaine du Saïss, dans la région de Bhalil.

b. Le Trias

Le Trias se présente sous son faciès habituel grésopélique. Il affleure sur la bordure SW du bassin dans les régions d'Agourai et d'El Hajeb. Il est représenté dans l'ensemble par :

➤ Une série détritico-argilo-salifère inférieure formée par une alternance de grès, conglomérat, pélites rouges passant à des argiles rouges salifères (sel gemme, sel de potasse, gypse et anhydrite) ;

➤ Une série de basalte intermédiaire. Le basalte est concordant sur la série inférieure. Il s'agit de basaltes tholéitiques mis en place par épanchement sous aquatique ;

➤ Une série argilo-salifère supérieure formée essentiellement par des pélites rouges au sommet, du sel pélitique dans sa partie médiane et des sels gemme à la base. Les cartes géologiques et les sondages montrent que le Trias s'étend, en profondeur, sur des larges surfaces sous le Causse moyen atlasique et le sillon sud rifain.

Avant le dépôt des formations liasiques, le Trias a subi une érosion différentielle qui a rendu sa puissance actuelle variable. Dans la région de Boufkrane, au sud et à l'ouest du plateau de Meknès, le Trias présente des puissances assez importantes qui sont réduites à 80 m à Bhalil.

c. Le Lias

Le Lias qui repose en concordance sur le Trias est essentiellement dolomitique, calcaire et calcaire dolomitique. Il affleure largement au sud dans le Causse moyen atlasique où il est parsemé de failles et plis de directions principales NE-SW. Le Lias plonge progressivement vers le nord sous le bassin où il est interrompu par un certain nombre de flexures à grande échelle principalement orientées NE-SW. Certaines de ces flexures se sont transformées en failles avec des rejets ou déplacements verticaux considérables. Ceci a compartimenté le Lias en plusieurs panneaux et accentué d'avantage sa profondeur sous le sillon sud-rifain.

Le Lias inférieur (Lotharingien) et le Lias moyen (Pliensbachien et Domérien) sont essentiellement dolomitiques alors que le Lias supérieur (Toarcien), qui n'est rencontré que sur les versants des rides pré-rifaines, est présenté à son sommet par une série schisteuse et marno-calcaire.

Le Lias présente des épaisseurs variables qui dépendent de l'érosion anté-tortonienne. Selon les résultats des forages exécutés dans la plaine elle varie de 60 m à 200 m, voire plus (de 250-300 m en bordure SE du bassin). Il est plus épais dans la plaine du Saïs que dans le plateau de Meknès où l'on trouve des épaisseurs inférieures à 40m.

d. Le Miocène

Les formations miocènes post nappes présentes sous la plaine reposent en discordance sur toutes les formations antérieures. Elles sont rapportées au Tortonien et sont représentées à la base par des faciès transgressifs : molasses, calcaires gréseux et marneux jaunes du Burdigalien.

Le Tortonien moyen et supérieur est représenté par des marnes et marnes gréseuses grises et bleues dont l'épaisseur peut dépasser 1000 m au coeur du sillon et sur sa bordure Nord. Il se termine par des niveaux gréseux.

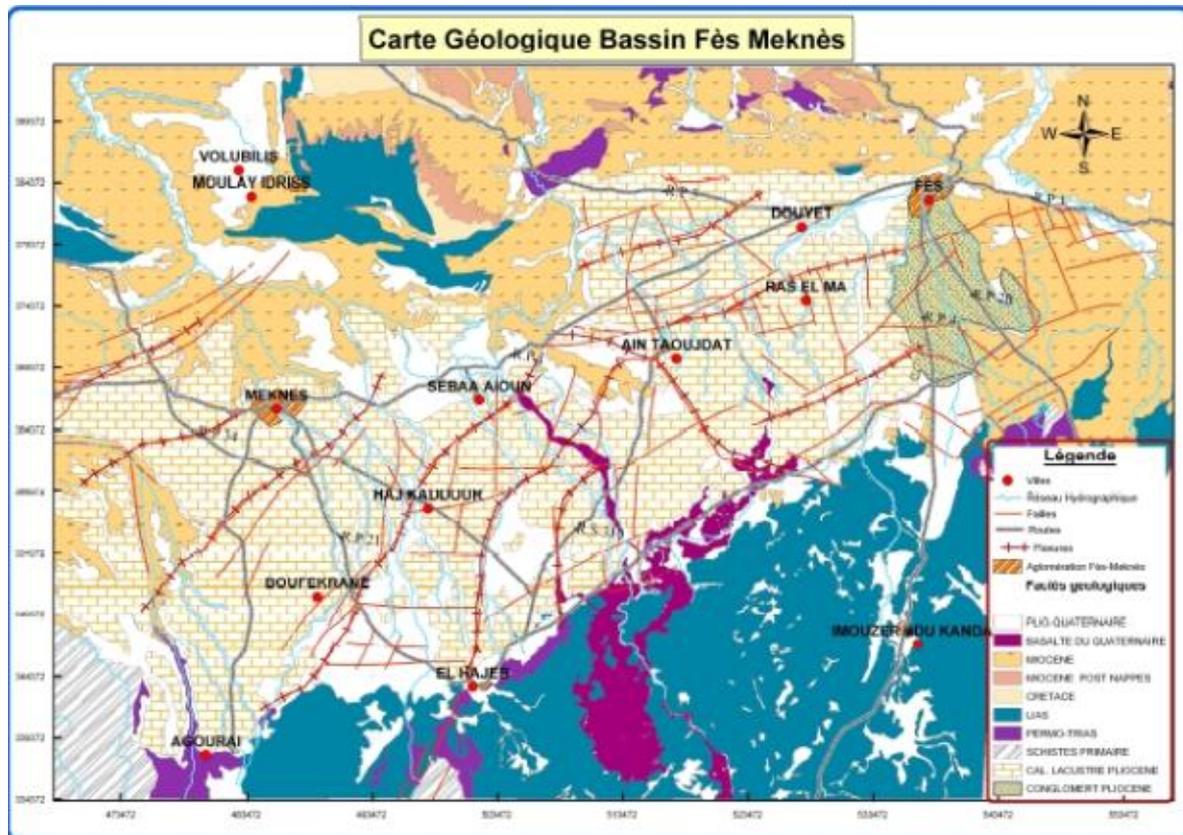


Figure 5 : Carte géologique du bassin de Fès-Meknès (Taltasse, 1953)

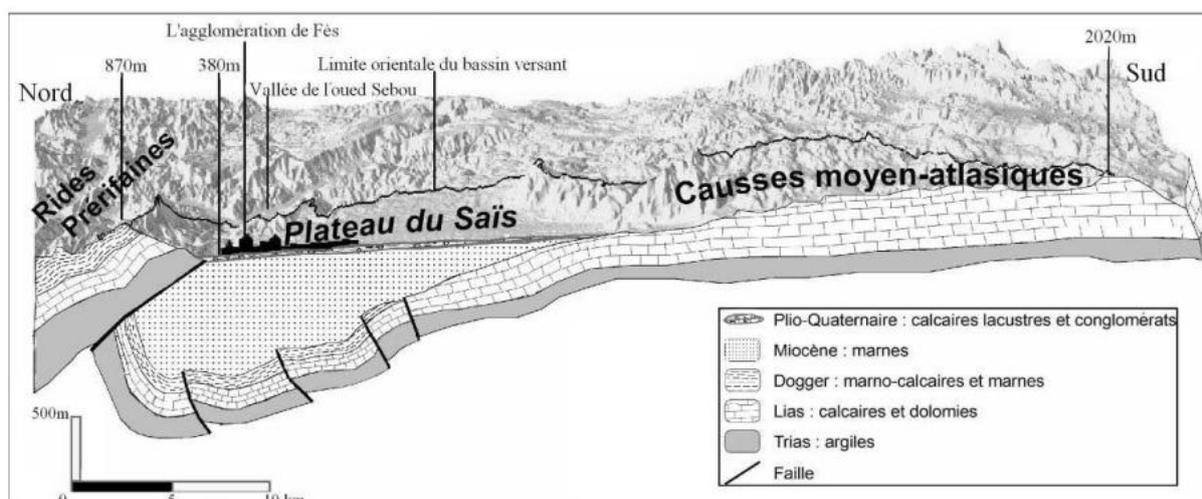


Figure 6 : Coupe géologique schématique du bassin versant de l'oued Fès, inspirée de Taltasse (1953).

e. Le Plio-villafranchien

Il est en accordance avec le Tortonien et recouvre largement la plaine entre le méridien de Meknès à l'Ouest et celui de Fès à l'Est. Il est constitué à la base par de grès jaunes, sables fauves et gris marins sur le plateau de Meknès, passant en direction Est à des calcaires lacustres au-delà de la flexure de Ain Taoujdate. Le Plio-Villafranchien continental est formé de sables rouges, de calcaires et de conglomérats (bien développés dans la partie Est de la plaine).

f. Le Quaternaire

Ces formations sont diverses, composées de croûte calcaire tufeuse, des travertins au pied des massifs du Causse moyen atlasique, des terrasses alluviales, éboulis et limons rouges. Des basaltes quaternaires occupent les plateaux et le fond de vallées anciennes qu'ils fossilisent.

B. GEOLOGIE LOCALE

La géologie locale de ce domaine d'oued Fès est dominée par la présence des formations du mio-plio-quaternaire. La coupe litho-stratigraphique (figure 7) et la carte géologique (Figure 8) donnent une idée sur la lithologie rencontrée dans la zone d'étude.

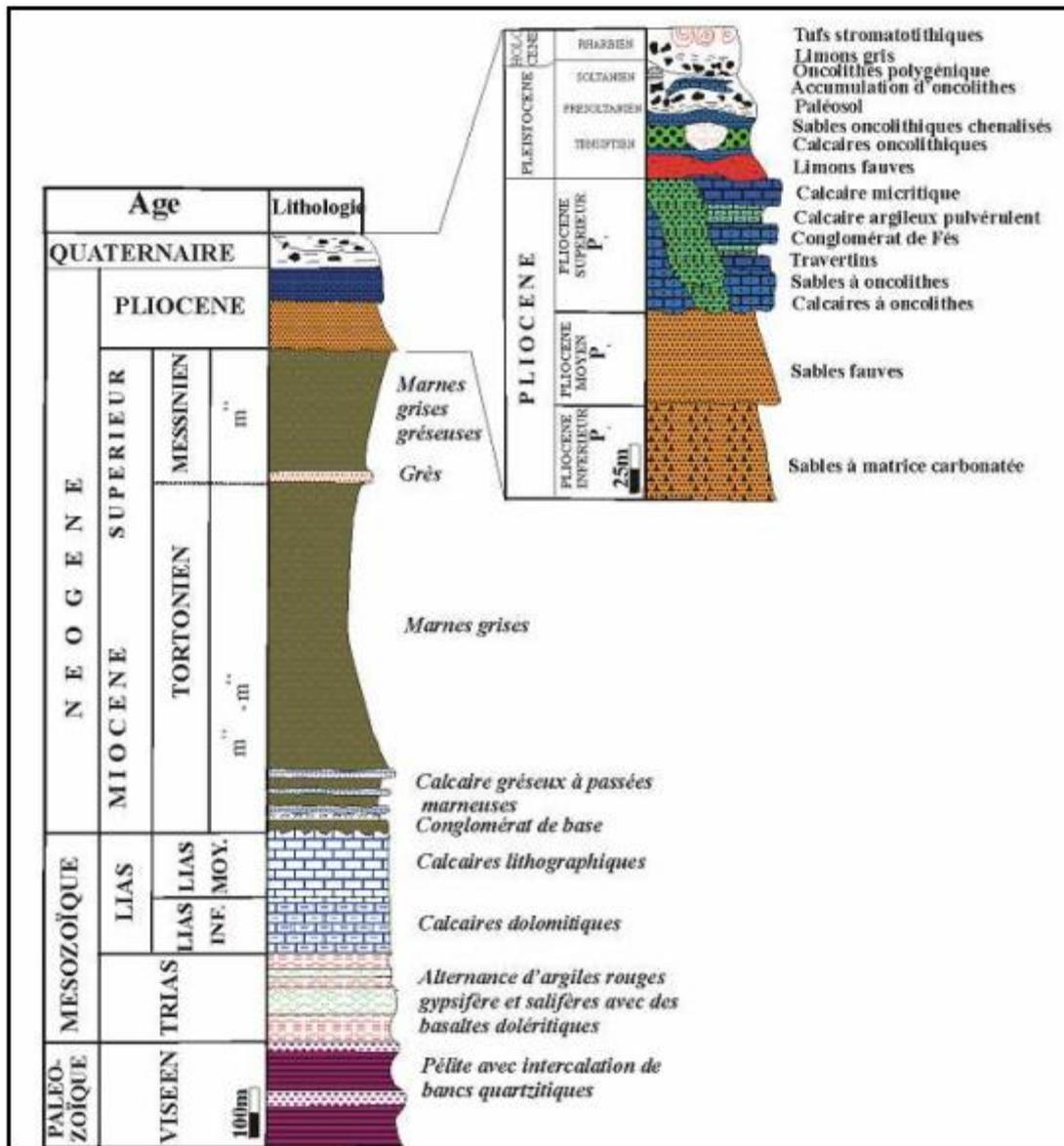


Figure 7 : Colonne litho-stratigraphique synthétique du bassin de Fès – Meknès

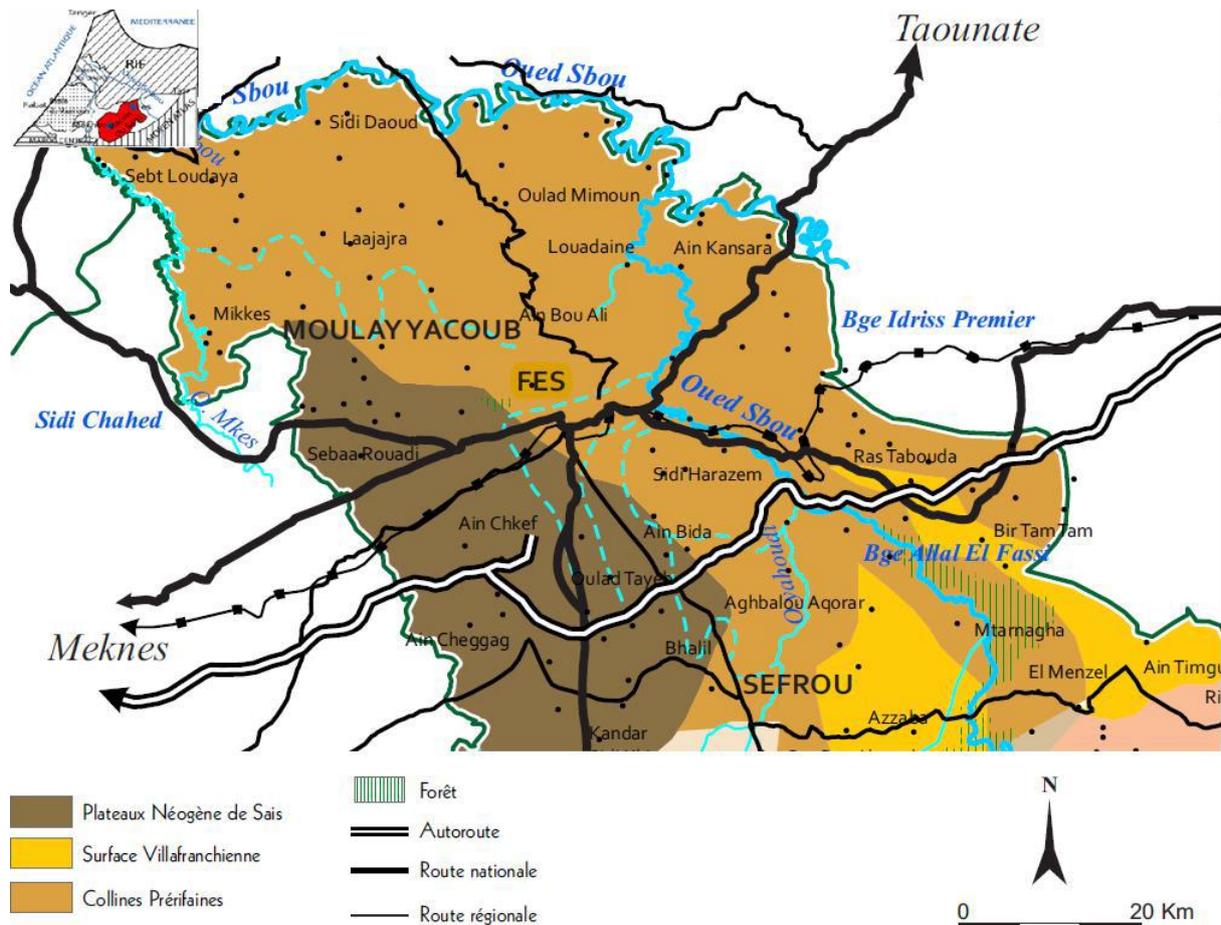


Figure 7 : Carte géologique du bassin de Saïs, Etude du schéma régional d'aménagement du territoire de la région Fès- Boulemane / URAM Intl- 2013.

2.4. Contexte hydrogéologique :

Les structures et les caractères diversifiés des formations géologiques de la plaine du Saïs ont donné naissance à une succession des couches aquifères d'importance hydraulique variable et présentant des contrastes de perméabilité entre niveaux.

Les principales nappes aquifères sont :

- ✓ La nappe phréatique libre qui se développe au niveau de la plaine dans les formations Du Plio-Quaternaire;
- ✓ La nappe profonde qui circule principalement dans les formations carbonatées du Lias. Cette nappe est libre au niveau du causse et s'enfonce en suite sous les terrains imperméables du Tertiaire qui la mettent en charge sous la plaine.

3. Aperçu sur les méthodes géophysique et l'approche utilisée

La géophysique est une discipline importante des sciences de la Terre. Elle concerne l'étude des caractéristiques physiques de la Terre, ou d'autres planètes, utilisant des techniques de mesures indirectes (gravimétrie, géomagnétisme, sismologie, radar géologique, résistivité apparente, etc.)

La géophysique, à l'aide de valeur de référence, se propose en se basant sur les caractéristiques géologiques, atmosphériques ou spatiales du domaine étudié, de valider un modèle mathématique issu de mesures faites sur le terrain ou de calcul. De ce fait, elle se trouve à la confluence de la géologie, de la physique, des mathématiques et de l'informatique.

Il semble que le terme de "géophysique" fut utilisé pour la première fois en Allemagne, où il apparaît dans les écrits scientifiques de Fröbel en 1834. Ce furent cependant les frères Schlumberger qui, dans les années 1920, connurent les premiers succès commerciaux.

Parmi les méthodes géophysiques Appliquée, nous citons :

3.1. Prospection gravimétrique

Principe :

La méthode de prospection gravimétrique appliquée aux études de sub-surface s'attache à détecter les variations de densité des terrains. Pour calculer l'effet purement géologique des variations de densités, les mesures doivent être corrigées de tous les effets non géologiques. Parmi les corrections fréquemment utilisées, on citera les corrections à l'air libre, de plateau, du relief, de latitude, luni-solaire et enfin instrumentale. Dans certaines conditions, on peut s'affranchir d'un certain nombre de corrections, on parle alors de gravimétrie "expéditive".

Dispositif de mesure : L'opérateur occupe successivement les points de mesure définis, en revenant régulièrement à un point de référence.

Profondeur d'investigation : Cette méthode intègre elle aussi toutes les anomalies sous la surface. De façon analogue au magnétisme, les anomalies superficielles présenteront une longueur d'onde plus réduite.

Exemples d'application classiques :

- ✓ Détermination des épaisseurs de remplissage de vallées fossiles,
- ✓ Détection des cavités,
- ✓ Archéologie,
- ✓ Repérage des structures géologiques,
- ✓ Géologie minière,
- ✓ Hydrogéologie

Avantages de la méthode :

- ✓ Mesures précises ;
- ✓ Echelle d'étude étendue ;
- ✓ Aucune limitation d'utilisation (zone urbaine, relief accidenté) ;
- ✓ Paramètres de densité souvent en relation avec la porosité.

Limites de la méthode :

- ✓ Corrections fastidieuses,
- ✓ Appareillage délicat,
- ✓ Interprétation délicate

3.2. Prospection magnétique

Principe :

La méthode de prospection magnétique au sol s'appuie sur la mesure des composantes du champ magnétique terrestre et les variations occasionnées localement par les différences de susceptibilité magnétique des terrains et des roches.

Une des méthodes les plus utilisées est celle qui mesure le vecteur champ magnétique total en un point.

La valeur obtenue au point de mesure est soustraite de la valeur mesurée à la station de référence au même instant : cette différence est le reflet de la déformation des lignes de champ au point de mesure.

Dispositif de mesure :

On utilise deux magnétomètres synchronisés l'un étant fixé à la station de référence, l'autre se déplaçant avec l'opérateur selon les profils, les mesures étant prises avec un pas préalablement choisi en fonction de la taille de l'anomalie recherchée.

3.3. Prospection sismique

Principe :

La méthode de prospection sismique utilise une source d'ébranlement pouvant être créée par un coup de masse sur une plaque métallique, l'explosion de dynamite, les vibrations cohérentes d'un camion vibreur, etc...

La source produit une onde de choc qui se propage dans le sous-sol à des vitesses différentes et selon des trajets qui suivent des lois analogues à celles de l'optique. Il se produit ainsi des réflexions, des réfractions et des guidages d'onde.

Les vibrations sont enregistrées à la surface du sol par des capteurs sensibles à la vitesse de déplacement du sol, les géophones. En fonction du dispositif de terrain utilisé, l'analyse des temps d'arrivée des ondes directes, réfléchies, ou réfractées permet de calculer les vitesses sismiques et les épaisseurs des terrains.

Dispositifs de mesure :

Ils sont nombreux. A titre d'exemple, on mentionnera le dispositif ci-dessous, utilisé pour des prospections légères et qui permet d'analyser les réfractions des ondes.

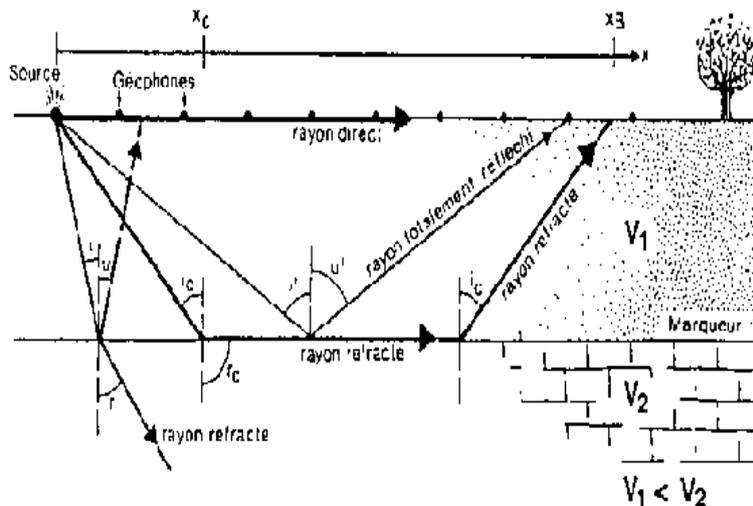


Figure 8 : Dispositif de sismique réfraction et celui réflexion

Profondeur d'investigation : Elle dépend essentiellement de la source sismique utilisée et du dispositif. Le marteau est généralement utilisé pour des profondeurs variant entre 0 et 30m. Pour la sismique réflexion à des grandes profondeurs on utilise l'explosif. :

L'autre facteur qui peut limiter la pénétration est la présence d'une couche de terrain à faible vitesse : pour "passer" ce terrain, il faut allonger le dispositif d'autant plus que l'épaisseur de ce terrain est grande.

Exemples d'application classiques : (étude des structures)

- ✓ Repérage de la profondeur du substratum
- ✓ Repérage d'intrusions
- ✓ Détermination de la compacité des terrains

Avantages de la méthode :

- ✓ Calcul des paramètres vitesse sismique, indicateur de dureté qualité des massifs rocheux etc... ;
- ✓ Etudes fine des structures à toutes les échelles ;
- ✓ Bonne résolution verticale et horizontale ;
- ✓ Souplesse des dispositifs.

Limites de la méthode :

- ✓ Peu efficace en cas de recherche de structures verticales
- ✓ Emploi d'explosifs
- ✓ Interprétation délicate
- ✓ Méthode assez lourde à mettre en œuvre dans certains cas.

3.4. Méthodes géo électriques

Principe :

La méthode électrique est basée sur la mesure en surface de l'intensité et de la différence de potentiel existantes entre les différentes électrodes du dispositif de mesure. Le rapport de ces deux paramètres permet de calculer la résistivité des terrains sous-jacents.

Dispositif de mesure :

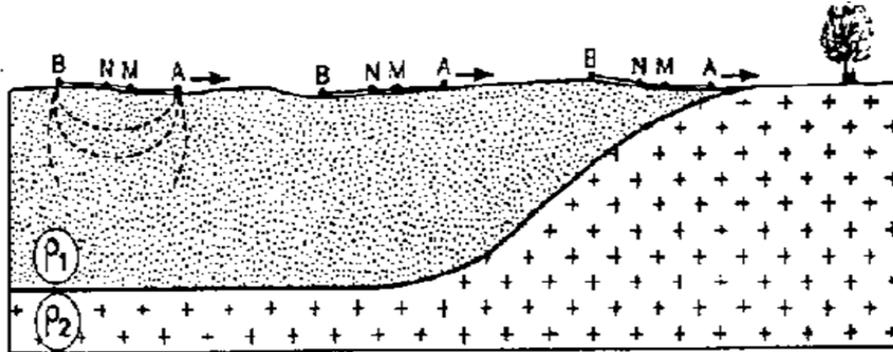


Figure 9 : Dispositif électrique

Ces dispositifs sont nombreux et s'adaptent au problème posé. On peut les classer dans 2 groupes principaux :

- ✓ Les traînées électriques : ils permettent d'obtenir des profils et des cartes de résistivités apparentes. Plus la longueur de ligne sera grande, plus la profondeur d'investigation augmentera (figure ci-dessus) ;
- ✓ Les sondages électriques : ils permettent d'obtenir la succession verticale des résistivités. Les géométries sont très variées, la plus connue étant la géométrie Schlumberger. Plus récemment, des dispositifs multi-électrodes

Profondeur d'investigation : Elle est proportionnelle à la longueur de la ligne : pour être sûr d'estimer le minimum de pénétration, il faut diviser la longueur de la ligne maximale utilisée par un facteur 10. La quantité de courant injectée est aussi un facteur limitant la pénétration

Exemples d'application classiques :

- ✓ Quantification des volumes de terrains ;
- ✓ Intrusions salées ;
- ✓ Cartographie des résistivités apparentes ;

Avantages de la méthode :

- ✓ Flexibilité des géométries possibles ;
- ✓ Bonne résolution des terrains superficiels.

Limites de la méthode :

- ✓ Mise en œuvre assez lourde ;
- ✓ Difficulté d'injection du courant dans les terrains très secs ;
- ✓ Interprétation délicate sans donnée de puits ou de forage ;
- ✓ Influence importante des hétérogénéités des résistivités en surface ;

- ✓ Temps de mesure important si grande longueur de ligne.

4. MOYEN MISE ON OEUVRE

On s'intéressera uniquement à la méthode de tomographie électrique de sub-surface. Cette méthode permet d'obtenir une "image électrique" du sous-sol, c'est à dire un pseudo coupe de la résistivité apparente en fonction de la profondeur. Elle a été mise en évidence donc pour obtenir un modèle du sous-sol où la répartition de la résistivité varie verticalement et horizontalement le long du profil (Loke M.H. 2004).

La résistivité électrique du sous-sol dépend essentiellement des caractéristiques physiques et chimiques du sol, de l'eau interstitielle et de la présence d'un vide souterrain.

Le principe de la méthode repose sur la mesure de différences de potentiel électrique ΔV associées à l'injection d'un courant électrique I . La loi d'Ohm permet de calculer la résistivité électrique apparente. Cette valeur résulte de la contribution de toutes les portions du milieu qui sont traversées par le courant émis en surface. Ainsi, la mesure représente une valeur qui intègre les résistivités d'un certain volume du sous-sol.

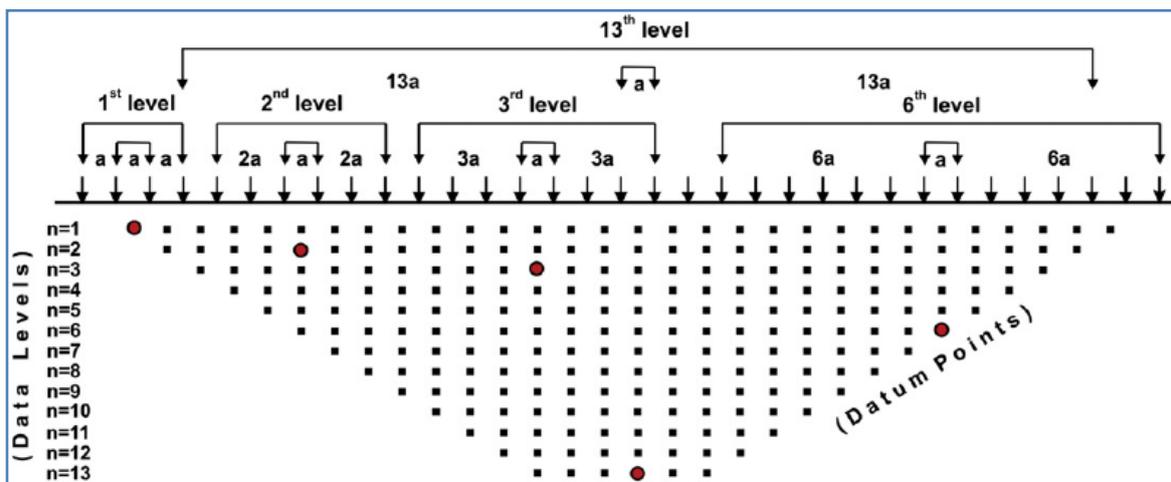


Figure 10 : Mise en place du matériel

Quatre étapes sont nécessaires pour utiliser cette méthode :

1^{ère} étape : créer une séquence de mesures. Cette séquence permet de fixer des paramètres tels que le type de dispositif, le nombre d'électrode, le niveau de profondeur d'investigation ainsi que d'autres paramètres d'acquisition (nombre de mesures, espacement entre électrodes...).

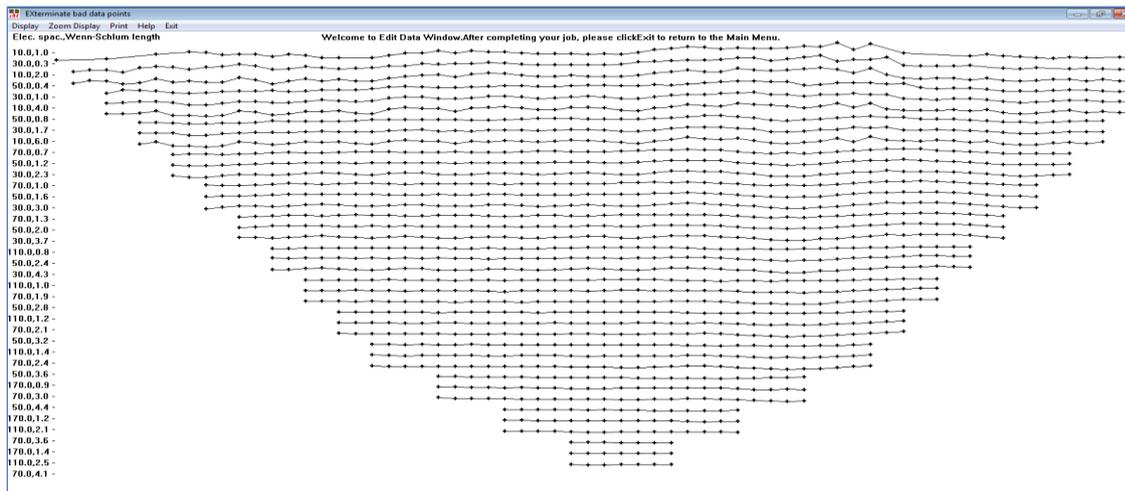


Figure 11 : Séquence de mesure

2^{ème} étape : faire les mesures sur terrain : (acquisition des données)

La technique d'acquisition consiste à réaliser des profils en augmentant régulièrement l'espace entre les électrodes.

En utilisant un grand nombre d'électrodes (65 et 72) à espacement fixe (la distance entre électrodes de 10m...) connectées à un câble multiconducteur et placées selon un profil, un ordinateur portable, dans lequel est programmé la séquence de mesure, est relié à une boîte de communication (Switch) et sélectionne automatiquement les électrodes utilisées pour l'injection du courant et la mesure du potentiel. Le courant est injecté par l'intermédiaire d'un résistive-mètre de type ARES II très puissant (850W, 5A, 2000Vp-p), 02 Switch box de 48 canaux permet d'exécuter une séquence de mesure préalablement programmée.

Les dispositifs couramment utilisés sont les suivants :

- dipôle- dipôle, recommandé pour les recherches minières pour avoir une meilleure résolution des structures verticales (dykes, contacts, failles.) ;
- [Wenner – Schlumberger](#), le mieux recommandé pour cette d'étude pour avoir une meilleure résolution à la fois des structures horizontales et verticales ;
- Wenner, il est recommandé pour avoir une meilleure résolution des structures horizontales.

3^{ème} étape : transfert et traitement des données avec le logiciel ARES II Data Transfer V1.4.

4^{ème} étape : Traitement et interprétation des données : les résultats obtenus représentent la variation des résistivités en fonction de la profondeur, leur représentation conventionnelle est une pseudo- section de la variation en fonction de la profondeur de la résistivité apparente ou de chargeabilité. L'inversion des données à l'aide de **Res2dinv** permet d'obtenir une section de résistivités vraies. Celles-ci sont corrélées et les plages de valeurs représentent des électro-couches. Sur les pseudo-sections, on reportera toutes les informations concernant la géologie,

c'est-à-dire une identification géologique des différents horizons géo électriques mis en évidence par la tomographie électrique.

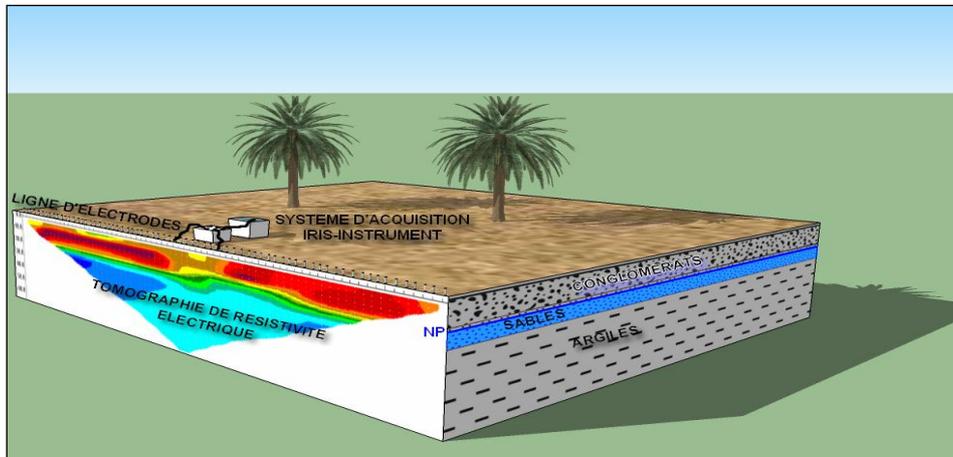


Figure 12 : Schéma explicatif du procédé de la tomographie électrique

Il est rappelé que la tomographie électrique, comme toutes les techniques géoélectriques, est affectée aussi par les principes d'équivalence et de suppression.

Pour ce projet, on a utilisé le dispositif Wenner - Schlumberger : 2 profil avec 65 , 72 électrodes et de 10m entre les électrodes pour atteindre une profondeur d'investigation de 120,132m.

5. Investigation sur le terrain et les résultats obtenus

Les 02 profils de tomographie électrique DK1 et DK2, concernant cette étude, réalisés alentours de la tannerie sont d'une longueur total de 1320m avec le dispositif Wenner-Schlumberger d'une distance de 10m entre les électrodes afin d'atteindre une profondeur d'investigation de 120m pour le profil DK1 et 132m pour le profil DK2.

Ces profils, d'orientation sensiblement SSW-NNE (Azimut $\approx 20^\circ$), sont reportés sur la figure 14 suivante :

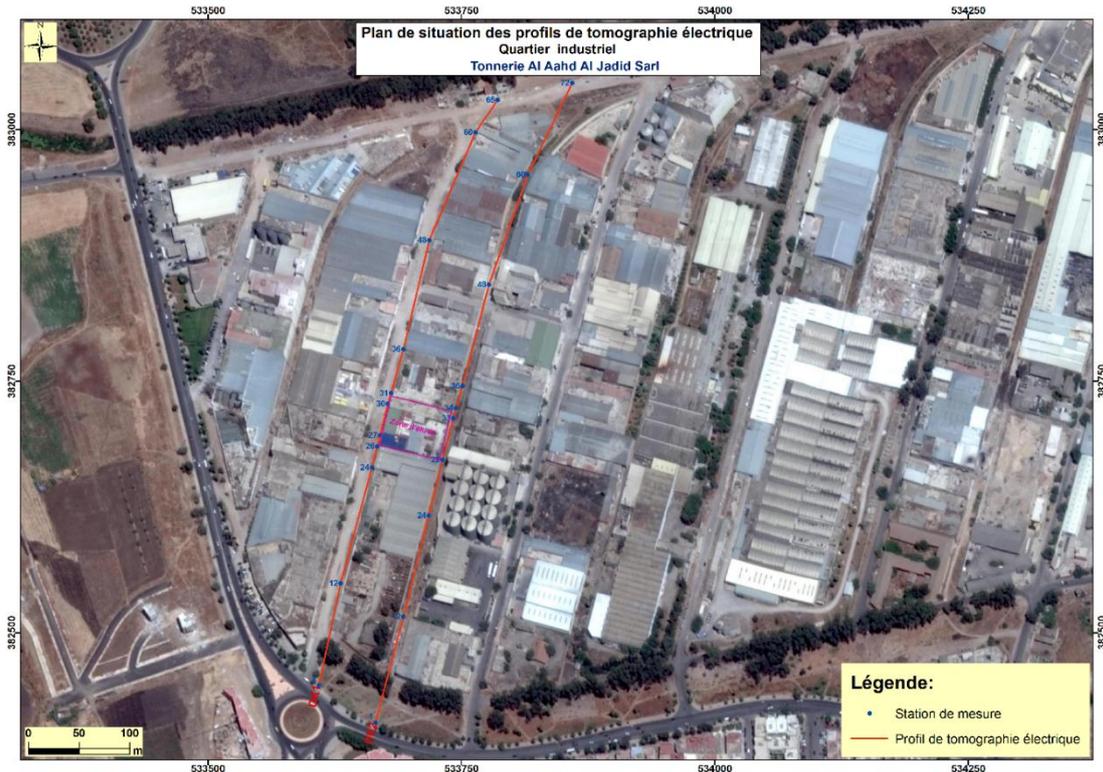


Figure 13 : Principe de la méthode Roll-Along (couverture 2/3)

Les coordonnées Lambert Nord Maroc, zone I des stations de mesures sont relevées par le GPS et sont illustrés par les tableaux 1 et 2 suivants :

	A	B	C	D
1	STATION	X	Y	Z
2	ST01	533610	382453	383
3	ST12	533636	382554	383
4	ST24	533661	382668	383
5	ST26	533667	382683	383
6	ST27	533665	382698	383
7	ST30	533679	382723	382
8	ST31	533682	382734	382
9	ST36	533695	382781	382
10	ST42	533704	382837	382
11	ST43	533708	382848	382
12	ST48	533718	382891	382
13	ST60	533762	382998	381
14	ST63	533774	383018	380
15	ST65	533791	383029	380

Tableau 1 : Coordonnées des stations de mesure du profil DK1

	A	B	C	D
1	STATION	X	Y	Z
2	ST01	533660	382419	385
3	ST05	533675	382453	386
4	ST06	533678	382460	384
5	ST12	533697	382520	391
6	ST18	533711	382574	397
7	ST21	533718	382604	400
8	ST24	533733	382633	383
9	ST29	533745	382672	397
10	ST33	533748	382712	392
11	ST36	533757	382737	396
12	ST45	533775	382821	396
13	ST46	533776	382833	389
14	ST48	533795	382850	388
15	ST54	533804	382905	390
16	ST60	533825	382958	385
17	ST66	533854	383006	387
18	ST72	533889	383046	380

Tableau 2 : Coordonnées des stations de mesure du profil DK2

Pour le traitement des données « data » obtenue, on a utilisé le logiciel RES2DIN sous licence pour l'inversion 2D afin d'obtenir un modèle de résistivité vraie.

Après le traitement des données, on a pu distinguer la présence de 03 plages de résistivités suivantes :

- ✓ Plage conductrices où la résistivité est inférieure à 5 ohm.m ;
- ✓ Plage intermédiaire où la résistivité est comprise entre 7 et 20 ohm.m ;
- ✓ Plage résistante où la résistivité est supérieure à 30 ohm.m.

5.1. Profil de tomographie électrique DK1 (Figure 17)

La zone d'étude est située entre les stations 26 et 31.

L'examen de ce profil montre la présence de 03 discontinuités électriques notées D1, D2 et D3 qui correspondraient à des changements latéraux. Il s'agit des limites de surface d'érosion.

Sur ce profil, les plages conductrices correspondent, dans sa partie sommitale, aux argiles à limons argileux du Quaternaire (Alluvions) et aux marnes grises d'âge Miocène dans sa partie basale, au

niveau de la station 27. Ce dernier conducteur représente le plancher imperméable de la nappe de Saiss.

Les plages intermédiaires correspondent aux formations alluvionnaires principalement des conglomérats tendres à matrice argileuse. Cette plage est admis aquifère.

Les plages résistantes représentent les conglomérats durs appartenant au Quaternaire (Alluvions) et au grès durs d'âge Pliocène moyen à la base (Faciès marins latéraux).

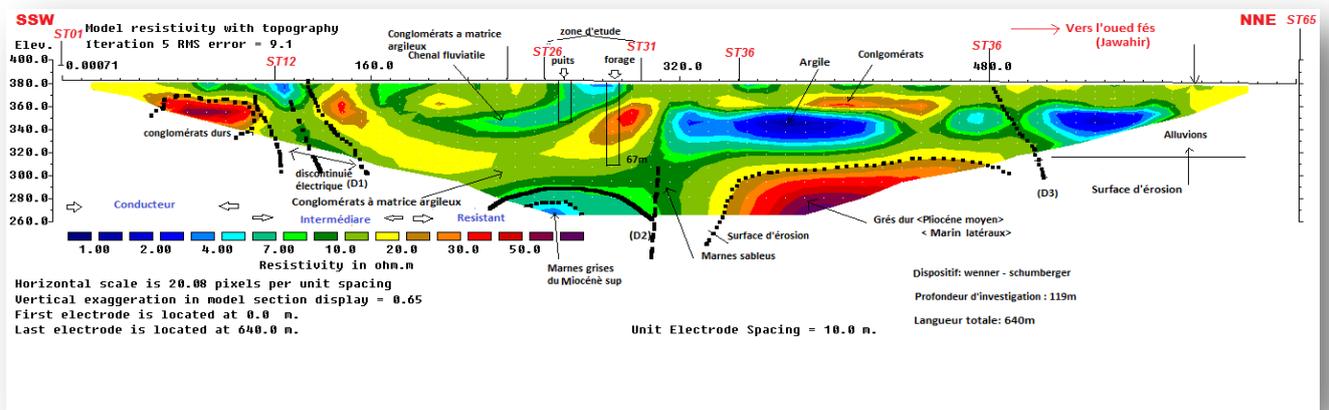


Figure 14 : Profil de tomographie électrique DK1

5.2. Profil de tomographie électrique DK2 (Figure 16)

Ce profil est situé derrière la tannerie entre les stations 29 et 33.

Sur ce profil, on retrouve les discontinuités électriques D1 et D2.

Ce profil est marqué par la présence d'une remontée des marnes grises d'âge Miocène. Cette remontée a été déjà citée dans les études géologiques antérieures et appelé la dorsale de Doukarrat.

Aussi, on assiste à la présence d'un niveau résistant situé entre les stations 15 et 34 correspondant aux conglomérats durs du Quaternaire. Celui situé entre les stations 49 et 62 n'est autre que les grès durs marin latéral d'âge Pliocène moyen.

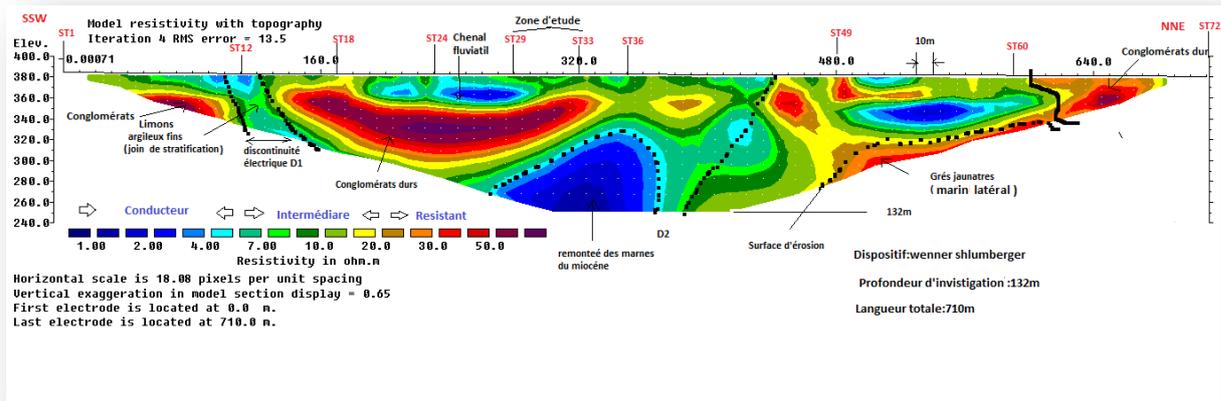


Figure 15 : Profil de tomographie électrique DK2

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

L'oued Fès, appelé jadis oued Djouhaïr, ou la rivière des Perles, prend naissance à Ras el-Mâ à peu de distance au Sud-Ouest. L'humidité y est excessive en été; c'est dans une buée chaude que l'on vit,

La formation stratigraphique de ce domine de oued Fès, est dominée par la présence des formations du mio-plio-quaternaire.

La gestion des ressources en eau est très importante dans cette région , car Le niveau de la nappe phréatique du bassin saïs a atteint un seuil très inquiétant, il s'est avéré nécessaire de faire une campagne de géophysique pour résoudre cette problématique.

La corrélation des données de géologiques, hydrogéologiques et les résultats des sondages électriques et des tomographies électriques ont aboutis à l'établissement d'une coupe géo électrique et une pseudo-section qui illustre le caractère géologique de la région.

Les résultats des analyses géophysiques nous ont permis de distinguer trois plages de valeurs du point de vue résistivité à savoir : une plage résistante dont la résistivité est supérieur à 20 Ω .m avec pour remplissage un faciès grès dur, conglomérats dur ; une plage intermédiaire dont les résistivités sont comprises entre 6 et 20 Ω .m constituée des conglomérats tendres à matrice argileuse et la dernière plage conductrice qui correspond aux argiles à limons argileux et marnes grises avec une résistivité allant de 0 à 5 Ω .m.

A ce stage, les principaux résultats obtenus sont illustrés par la carte de synthèse (Figure 17).

En effet, on a pu :

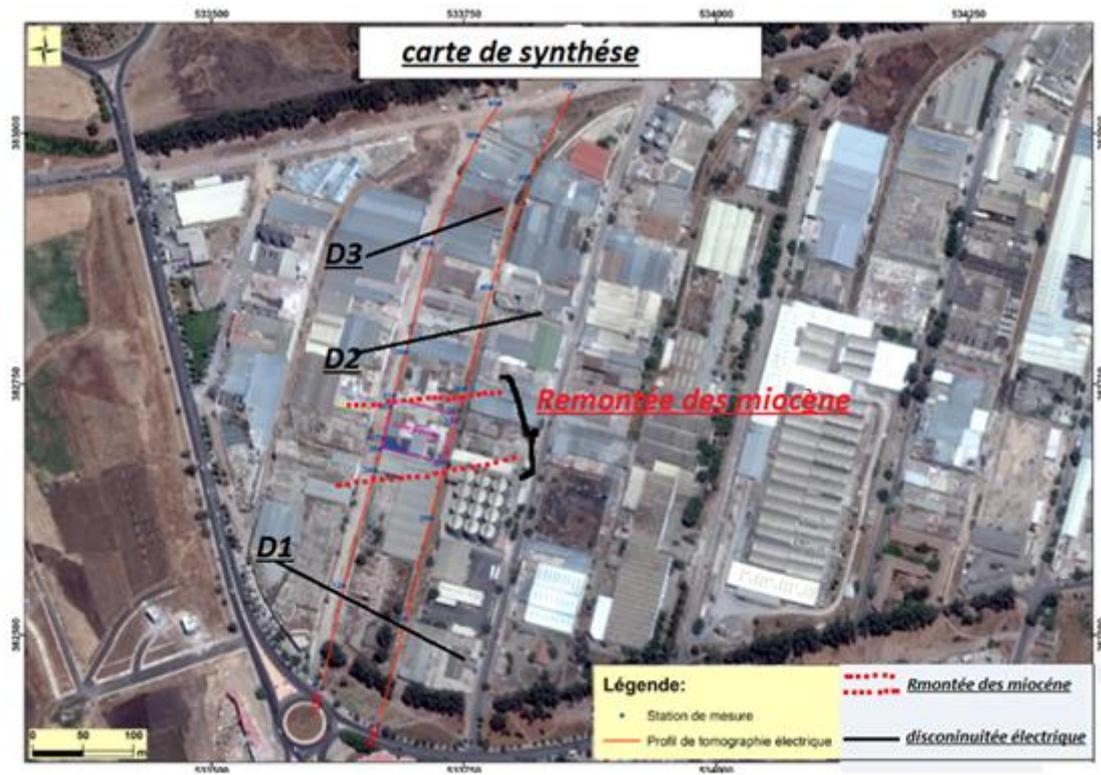


Figure 17 : carte de synthèse

LISTES DES REFERENCES

www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/les-besoins-ressources/

www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/get/pdf/31

www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/get/pdf/31

hydrologie.org/THE/AMRAOUI.pdf

www.bryanmurphy.eu/2012/23175_fabricants-de-prospection-geophysique.html

