

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامه خميس مليانة
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Matière



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de **Master** en science de la matière « filière»

Spécialité : physique du globe «option»

Thème:

Apporte de la géophysique dans l'implantation d'un forage hydraulique

Devant le jury composé de :

- Dr-Aitdjeddou Doria : .Présidente
- Dr-Hamai Lamine : Encadreur
- Dr- Hacine Rachid : Examineur
- Dr- Farhi Walid : Examineur

Présenté par :

M-Kadi imene
M-Adjez Fadoua

Année universitaire : 2020 / 2021

Dédicace :

Je dédie ce travail avec grand amour à :

Mes chers parents et surtout ma mère ma source de tendresse.

Mes chères sœurs et mes chers frères.

Tous mes amies Nihaad shara, Asmaa en souvenir des plus beaux instants qu'on a passés ensemble.

Et je dédie à mon mari Salim qui m'a donné la force et qui m'a encouragé pendant ce travail.

Imene Kadi.

Dédicace :

Je dédie ce travail avec un grand plaisir à :

Mes chers parents qui m'ont encouragé et qui m'ont donné tous leurs amours

Et surtout Mon mari mon exemple éternel qui m'a accompagné et m'a soutenu dans mon parcours, et ma petite fille ma source de joie

Mes frères et mes sœurs.

Tous mes professeurs et tous ceux qui m'ont aidé.

Adjez Fadoua.

Remercîment :

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage d'accomplir ce travail avec abnégation. Nos remerciements M. Hamai la mise qui a bien voulu porter un œil critique sur notre travail et qui nous a aidé à corriger notre manuscrite.

Je remercie également tout l'équipe pédagogique de notre spécialité physique du globe à l'université de Khemis Miliana pour cette formation extraordinaire.

Nous remercions également les membres de jury de nous avoir fait l'honneur de jury ce mémoire. Veuillez accepter l'expression de ma vive gratitude.

Enfin à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, d'une manière directe ou indirecte.

Résume :

L'important développement industriel dans la région d'Es-Sebt willaya de Skikda est suivi par un immense besoin de ressource d'eau supplémentaire. Aussi il faut prendre en considération les risques de pollution des nappes phréatiques causés par les déchets toxiques des usines et de rechercher des solutions. Le but de cette étude est de localiser les nappes et voir si le débit d'exploitation est suffisant pour alimenter la zone industrielle, à l'aide des méthodes géophysiques. Pour cela, nous devons faire d'abord une étude géologique à l'aide des sondages carottés pour avoir une idée sur la lithologie et les formations géologiques du site, ensuite nous commencerons par la méthode géophysique de surface qui est le sondage électrique vertical (SEV). Ce dernier permet d'avoir la résistivité du sous-sol, et après interprétation, obtenir une coupe géo-électrique et enfin proposer les coordonnées d'un forage pour l'extraction de l'eau.

Abstract:

The important industrial development in the Es-Sebt willaya region of Skikda is followed by a huge need for additional water resources. Also, the risks of groundwater pollution caused by toxic waste from the factories must be considered and solutions must be sought. The aim of this study is to locate the water aquifers and to see if the exploitation flow is sufficient to supply the industrial zone using geophysical methods. To do this, we must first make a geological study using boreholes to get an idea of the lithology and the geological formations of the site, then we start with the surface geophysical method which is the vertical electrical sounding (VES). This method allows us to get the resistivity of the subsoil, and after interpretation, to obtain a geo-electric section and finally to propose the coordinates of a well for water extraction.

ملخص:

إن التطور الصناعي المهم في منطقة والية السبت في سكيكدة يعقبه حاجة كبيرة لموارد مائية إضافية. كما يجب مراعاة مخاطر تلوث المياه الجوفية الناتج عن المخلفات السامة من المصانع والبحث عن حلول. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد موقع طبقات المياه الجوفية ومعرفة ما إذا كان تدفق الاستغلال كافياً لتزويد المنطقة الصناعية باستخدام الطرق الجيوفيزيائية. للقيام بذلك، يجب أولاً إجراء دراسة جيولوجية باستخدام الآبار للحصول على فكرة عن الصخر والتكوينات الجيولوجية للموقع، ثم نبدأ بالطريقة الجيوفيزيائية السطحية وهي السبر الكهربائي العمودي (VES). تسمح لنا هذه الطريقة بالحصول على مقاومة التربة التحتية، وبعد التفسير، للحصول على قسم جيوكهربائي وأخيراً اقتراح إحداثيات بئر لاستخراج المياه.

Table des matières :

Introduction Générale.....7

Chapitre1 : Présentation du secteur d'étude.

1. <u>Introduction.....</u>	8
2. <u>Objectif.....</u>	8
3. <u>Secteur d'étude.....</u>	8
<u>3.1- situation géographique.....</u>	8
<u>3.2-Climat.....</u>	9
3.3-Géomorphologie.....	9
3.4-Hydrologie de secteur d'étude.....	9
<u>3.5-Hydrogéologie.....</u>	11
3.6-Cadre géologique.....	13
3.7- Hydrogéologie du Site ENAC.....	15
4. <u>Conclusion.....</u>	20

Chapitre2 : Méthode géophysique utilisée

1. <u>Méthode électrique de surface.....</u>	21
<u>1.1-Introduction.....</u>	21
1.2-Généralité.....	21
1.2.1-Résistivité électrique.....	21
<u>1.2.2-Loi d'Archie.....</u>	22
1.2.3-Porosité.....	23
<u>1.2.4-la perméabilité.....</u>	23
<u>1.3- Principe de mesure.....</u>	24
1.4- Dispositif de mesure.....	25
<u>1.5- Le but de la méthode.....</u>	25
<u>1.6-Profondeur d'investigation.....</u>	25
1.7-Sondage électrique.....	25
1.6- Avantage et inconvénient de la méthode.....	26

Chapitre 3 : Partie pratique

1. <u>Méthode électrique (SEV).....</u>	27
<u>1.1-Limitation de profil.....</u>	27
1.2-Matériel et dispositif utilisés.....	27

1.3-Déroulement du travail.....	30
1.4- L'acquisition de données.....	30
<u>1.5- Répartition des sondages électriques verticaux.....</u>	<u>30</u>
<u>1.6- Traitement des données et interprétation.....</u>	<u>31</u>
1.7- Résultats et conclusion.....	35

Chapitre 4 : Conclusion Générale.....

1. Conclusion.....	40
2. Perspective.....	40

Annexe.....	41-46
--------------------	--------------

Référence bibliographie.....	47
-------------------------------------	-----------

Liste de tableaux

<i>Tableau 1-1 : coordonnées des sondages.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 3-1 : SEV 01.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 3-2 : SEV 02.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 3-3 : SEV 03.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 3-4 : SEV 04.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 3-5 : SEV 05.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 3-6 : SEV 06.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 3-7 : SEV 07.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 3-8 : SEV 08.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 1 : Résistivité de Roches et des eaux.....</i>	<i>43</i>

Liste des figures

<i>Figure 1-1 : Positionnement du secteur d'étude (Google Earth).....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 1-2 : Limite du site ENAC (carte topo Hammam Debagh 1/50 000).....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 1-3 : Extension des différents aquifères clans des plans oueds Hammam (code ABH 03- 11).....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 1-4 : Réseau hydrographique au niveau du site d'étude (cartes topo hammam Denbigh ; E : 1/50 000).....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 1-5 : coupe hydrogéologique à travers la plaine d'Azzaba (Rabah samia, 2006).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 1-6 : implantation des forages d'Aep sur Azzaba, Essebt (données DHW Skikda ABH Constantine).....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 1-7 : carte géologique d'azzaba.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 1-8 : Géologie local (carte géologique de hammam Debagh, E =1/ 50 000).....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 1-9 : Géologie au nord du site (carte géologique du azzaba ex- Jemmapes E=1/50</i>	

.000).....	15
<i>Figure 1-10</i> : implantation des sondages et coupes hydrogéologiques (cartes géo-Azzaba ,1/50000).....	17
<i>Figure 1-11</i> : coup hydrogéologique II-II dans la zone mercurielle nord numidique (d'après ben hamza, 1996).....	18
<i>Figure 1-12</i> : coup hydrogéologique II-II dans la zone mercurielle nord numidique (d'après ben hamza, 1996).....	18
<i>Figure 2-1</i> : Principe de mesure électrique.....	24
<i>Figure 2-2</i> : Profondeur d'investigation des dispositifs.....	25
<i>Figure 3-1</i> : Situation géographique du secteur d'étude.....	27
<i>Figure 3-2</i> : Résistivimètre ABEM.....	28
<i>Figure 3-3</i> : Bobines de smart Câble.....	28
<i>Figure 3-4</i> : Electrodes de mesures.....	28
<i>Figure 3-5</i> : Un mètre ruban pour les mesures des distances.....	29
<i>Figure 3-6</i> : des pinces de câble.....	29
<i>Figure 3-7</i> : GPS ETREX (GARMIN).....	30
<u><i>Figure 3-8</i> : Interprétation du SEV-1 par IPI2WIN.....</u>	<u>31</u>
<u><i>Figure 3-9</i> : Interprétation du SEV-2 par IPI2WIN.....</u>	<u>32</u>
<u><i>Figure 3-10</i> : Interprétation du SEV-3 par IPI2WIN.....</u>	<u>32</u>
<i>Figure 3-11</i> : Interprétation du SEV-4 par IPI2WIN.....	33
<u><i>Figure 3-12</i> : Interprétation du SEV-5 par IPI2WIN.....</u>	<u>33</u>
<u><i>Figure 3-13</i> : Interprétation du SEV-06 par IPI2WIN.....</u>	<u>34</u>
<u><i>Figure 3-14</i> : Interprétation du SEV-7 par IPI2WIN.....</u>	<u>34</u>
<u><i>Figure 3-15</i> : Interprétation du SEV-8 par IPI2WIN.....</u>	<u>35</u>
<u><i>Figure 3-16</i> : positionnement des coupes géo-électrique sur la carte de hammam Debagh (1/500 000).....</u>	<u>35</u>
<u><i>Figure 3-17</i> : coupe géo-électrique AA' (SEV 1, 6, 7,8).....</u>	<u>36</u>
<u><i>Figure 3-18</i> : coupe géo-électrique BB' (SEV 1, 2,3).....</u>	<u>37</u>
<u><i>Figure 3-19</i> : coupe géo-électrique CC' (SEV3, 4, 5,6).....</u>	<u>37</u>
<u><i>Figure 3-20</i> : Implantation du forage F-2.....</u>	<u>38</u>
<u><i>Figure 3-21</i> : coupe technique du forage.....</u>	<u>39</u>
<u><i>Figure 1</i> : Températures moyennes mensuelles (°C) dans la zone étudiée.....</u>	<u>41</u>

Figure 2 : Le Facteur géométrique de chaque dispositif électrique.....42

Introduction Générale :

L'eau est un élément essentiel pour l'industrie. Sa gestion représente aujourd'hui un enjeu majeur dans tous les secteurs d'activité. Notre projet (l'implantation) consiste en la recherche d'une nappe phréatique, au niveau de la commune d'Essebt daïra d'Azzaba dans la wilaya de Skikda, et la localisation d'un point favorable à la réalisation de plusieurs forages à l'aide des méthodes géophysique (la prospection électrique) et hydraulique pour alimenter la base de vie de l'entreprise (ENAC) en eau.

Notre étude sera subdivisée en quatre chapitres à savoir :

Chapitre 1 : il sera consacré à la présentation et l'analyse de notre zone d'étude (géologique, hydrologique).

Chapitre 2 : dans ce chapitre, nous allons faire un bref rappel théorique de la méthode utilisée, à savoir la méthode électrique et les principes du sondage électrique vertical (SEV)

Chapitre 3 : dans ce chapitre nous allons expliquer les étapes de traitement des différents sondages en prenant en considération les résultats obtenus par l'étude hydrogéologique.

Chapitre 4 : ce dernier chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats suivie d'une Conclusion de notre travail.

Chapitre 01 : présentation du secteur d'étude :

1 : Introduction :

L'eau est un élément essentiel dans le secteur économique et environnemental. Ce mémoire de fin d'étude a été réalisé en collaboration avec l'équipe de GEOEXPLO, et ce, dans le but de réaliser une étude hydrogéologique appuyée par des sondages électriques sur site.

Cette étude présente l'élaboration des résultats et leurs interprétations par corrélation entre les données géologiques et hydrogéologiques ainsi que les sondages électriques verticaux.

2 : Objectif :

Ce travail a pour but de réaliser une étude géophysique pour déterminer les terrains offrant la possibilité d'existence de potentiel hydraulique.

3 : Secteur d'étude :

3.1 : Situation géographique :

La wilaya de Skikda se trouve dans la partie Nord-est de l'Algérie, dans l'espace géographique compris entre l'Atlas tellien et le littoral méditerranéen. La wilaya de Skikda s'étend sur une superficie de 4138 km², elle est limitée par :

- Au nord par la mer méditerranée.
- A l'ouest par les wilayas de Jijel, et Mila
- Au sud par les wilayas de Constantine, et de Guelma.
- A l'est par la wilaya d'Annaba.

Notre secteur d'étude appartient administrativement à la commune d'Essebt , daïra d'Azzaba. Il est situé à environ 06 km au sud de la ville d'Essebt (fig01).

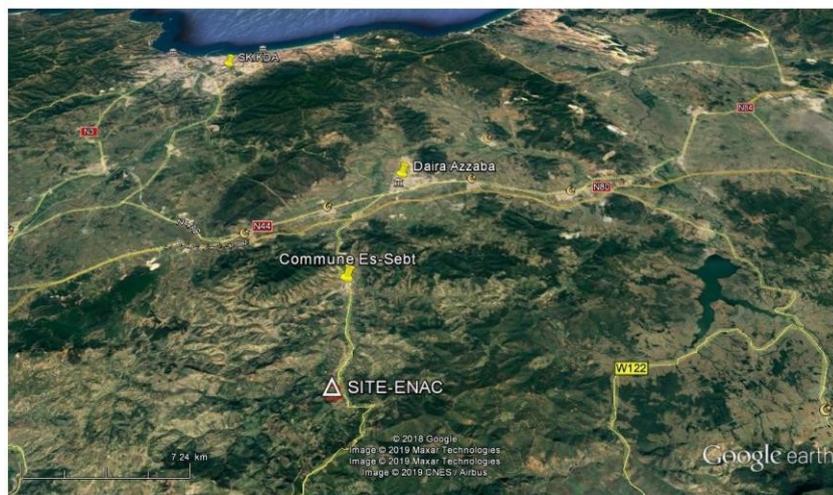


Figure 1-1 : positionnement du secteur d'étude (Google earth)

Les limites topographiques du site d'étude sont détaillées dans la figure ci-dessous (fig.02)

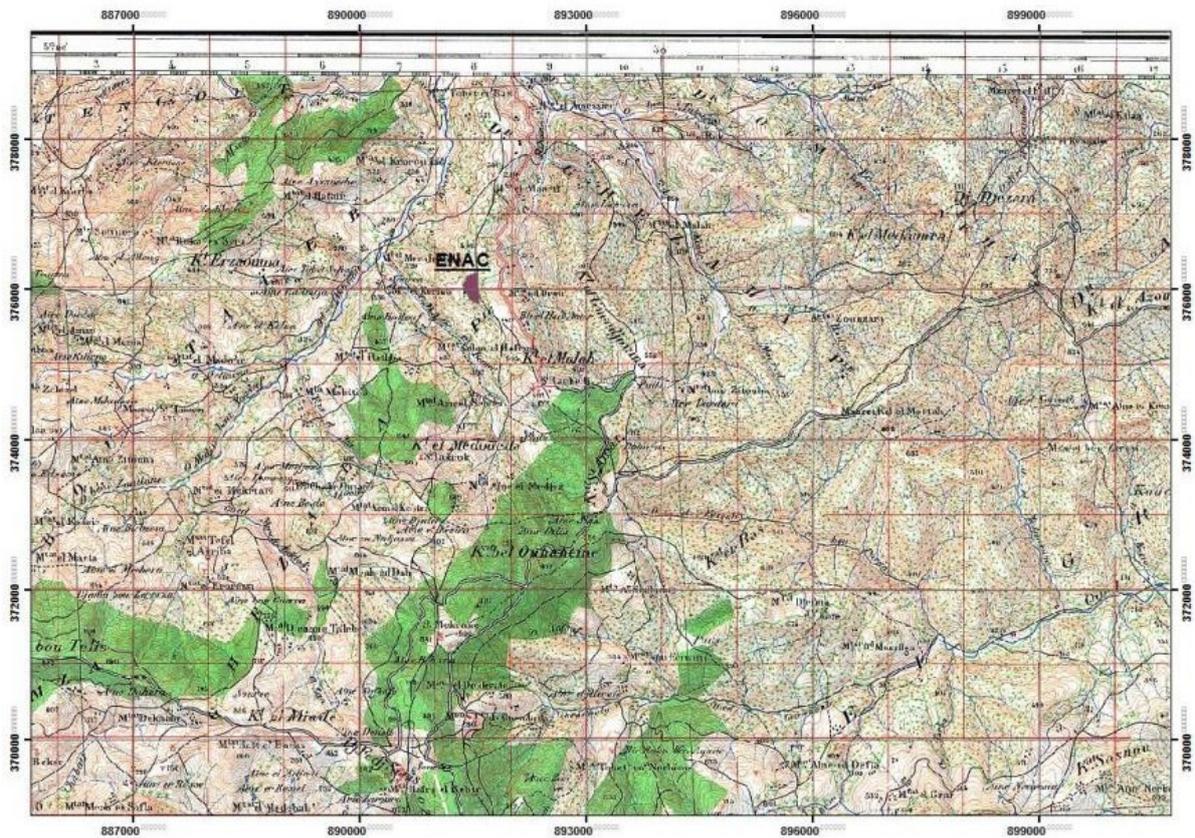


Figure 1-2 : Limite du site ENAC (carte topo Hammam Debagh 1/50 000)

3.2: Climat :

Le climat de cette région est de type méditerranéen humide caractérisé par deux saisons l'une froide et humide et l'autre chaude et sèche.

Les hivers sont plus pluvieux que les étés et la pluviométrie est d'une moyenne de 700 mm sur les plaines et de 1200 mm sur les montagnes.

3.3: Géomorphologie :

Le secteur d'étude présente une zone de passage entre le petit bassin d'Essebt d'altitude moyenne 160 m et zone montagneuse du sud de la willaya de Skikda dont la plus haute d'altitude (1200m) au niveau de Kef Hahouner (7 km au sud –Ouest de site ENAC).

Après décapage actuel, le site est sous forme d'une plaine d'altitude moyenne 425 m.

3.4: Hydrologie du secteur d'étude :

Le site d'étude appartient au Bassin Versant Côtier Constantinois Centre, plus précisément au sous bassin Versant Côtier Oued Hammam.

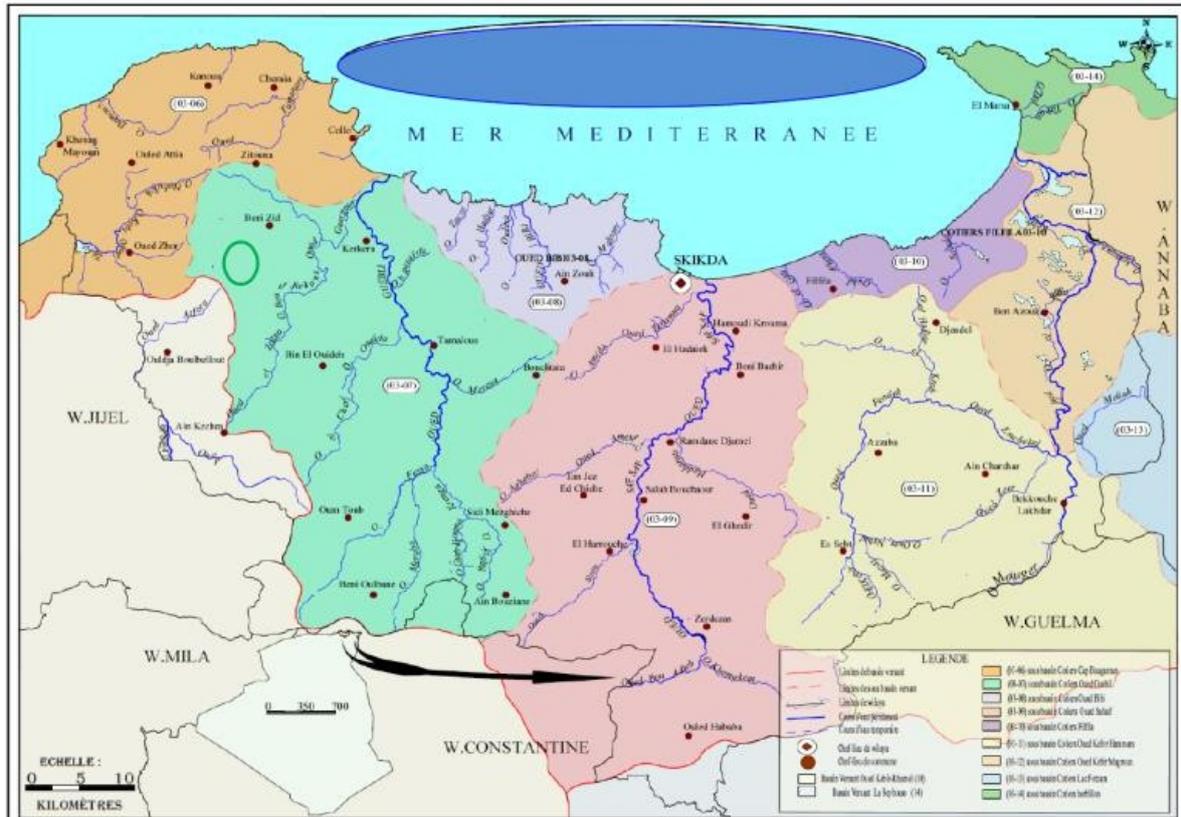


Figure 3-1 : Extension des différents aquifères clans le plan oued Hammam (code ABH 03-11).

Ce sous bassin versant est traversé essentiellement par l'Oued Kebir Ouest qui prend naissance au flanc Nord de Djebel Bouteilles (6.5 Km au sud-ouest de site ENAC) dans le Nord Guelmien.

Ce cours d'eau est de direction Sud-Nord, il traverse le petit Bassin d'Essebt ensuite la plaine d'Azzaba en déversant vers la mer méditerranée.

Les principaux affluents secondaires de cet oued poches du site sont :

- oued Madjez au sud.
- oued Mesbott à l'Ouest.

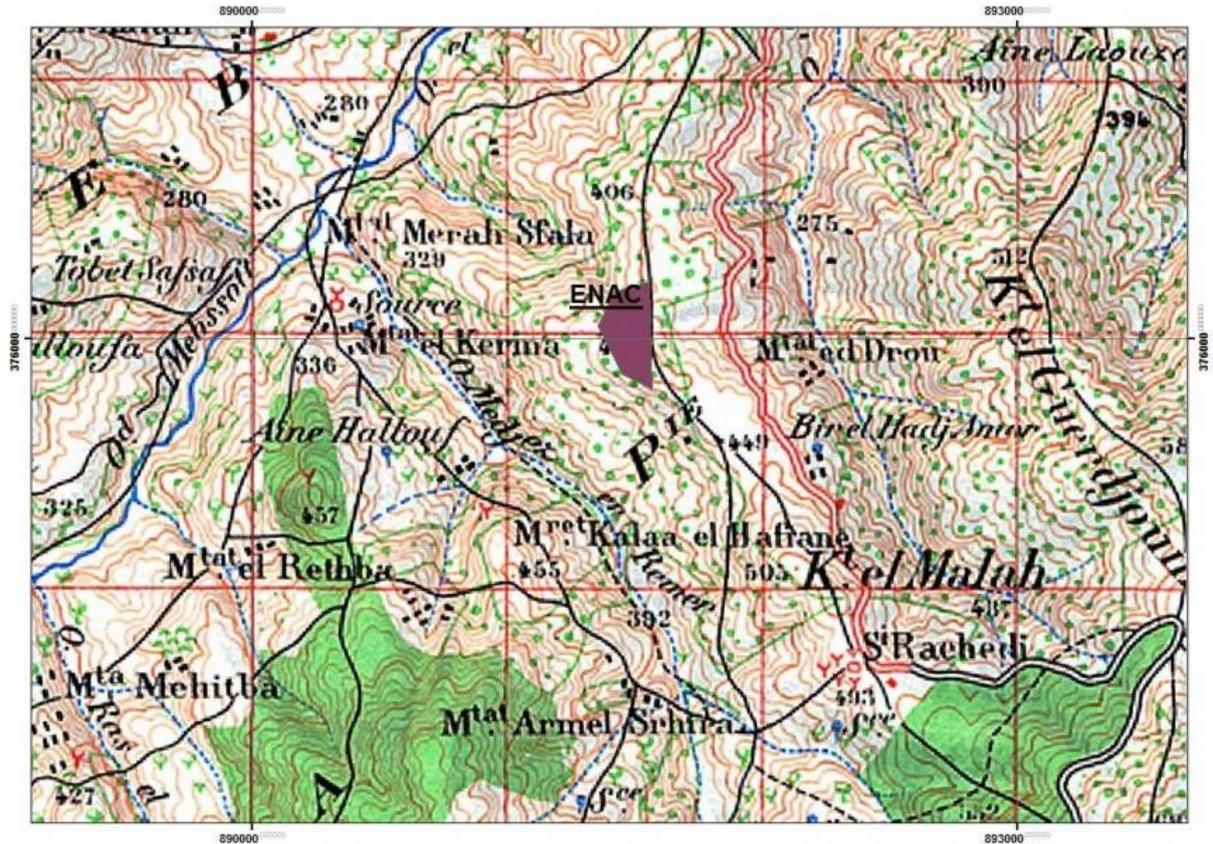


Figure 1-4 : Réseau hydrographique au niveau du site d'étude (cartes topo hammam Denbigh ; E : 1/50 000).

3.5: Hydrogéologie :

3-5-1: Générale :

Dans cette partie, la discussion à propos des unités hydrogéologiques et leur délimitation en fonction de leur emplacement par rapport au secteur d'étude (Est, Ouest, Etc...).

3-5-2: Nappe Skikda :

Le site d'étude se trouve à l'extrémité Sud du Bassin Versant Oued El Kabîr Ouest. Les principaux aquifères se trouvent dans la plaine d'Azzaba et le petit Bassin de Es-Sebt caractérisés par deux nappes superposées :

* La première nappe alluviale formée de mélange de galets, graviers et sables avec une épaisseur variant entre 5 et 20 du Nord au Sud.

*La deuxième nappe est captive formée par des argiles limoneuses surmontant un substratum imperméable des argiles du Pliocène.

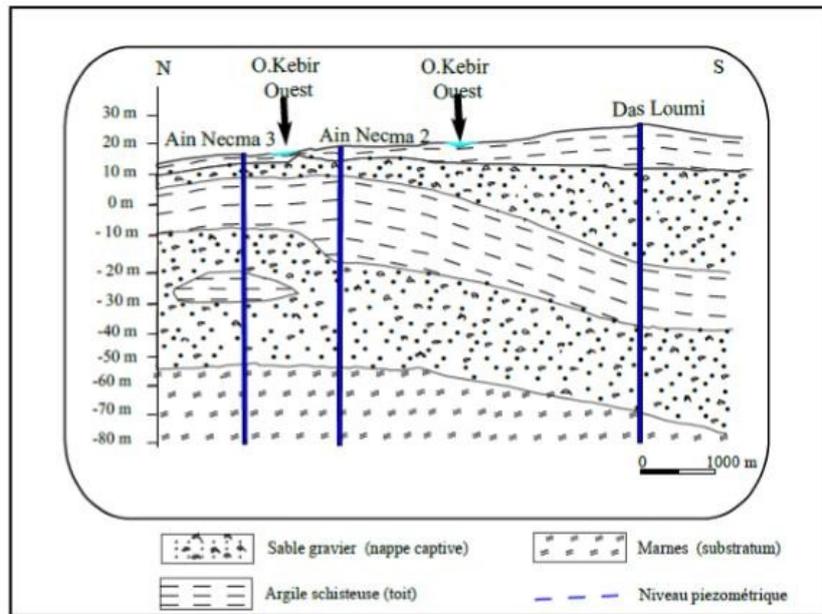


Figure 1-5 : coupe hydrogéologique à travers la plaine d’Azzaba (Rabah Samia, 2.

3-5-3 : Sources AEP d’Azzaba et Essebt :

Sur la figure ci-dessous nous avons implanté les forages les plus proches Alimentant Azzaba et ESSEBT. En regardant la carte ci-dessous, on remarque que l’alimentation en eau potable de la région d’Azzaba, Essebt se fait à partir de la plaine d’Azzaba et le petit bassin d’Essebt situé à environ 7 à 10 Km du site ENAC.

L’aquifère visé est toujours :

- Le remplissage graveleux du Plio quaternaire.
- Les grés, poudingues et argiles sableux numidiennes comblées au cœur de la dépression.
- Les grés numidiens bien épais et fissurés (forages Bendich et Ras El Maa) La profondeur des forages varie entre :

*10 à 20 m au niveau de la petite plaine d’Essebt : une fois le substratum des argiles schisteux du Priabonien est atteint, le forage est arrêté.

*20 à 100 m au niveau de la plaine d’Azzaba ; une fois le substratum des argiles numidiens est atteint, le forage est arrêté.

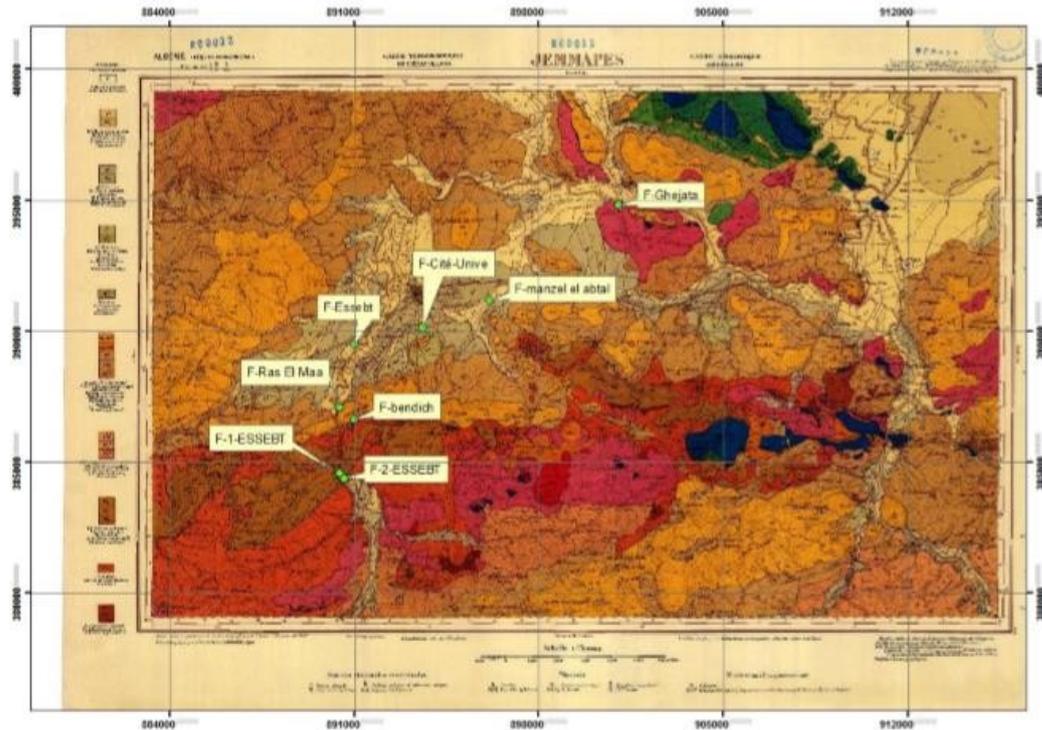


Figure 1-6 : implantation des forages d'Aep sur Azzaba, Essebt (données DHW Skikda ABH Constantine).

3.6: cadres géologiques :

3.6.1: Aperçu géologique générale :

La zone étudiée présente une partie de la zone plissée alpine de l'Afrique de Nord dont la structure est extrêmement complexe.

CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'AZZABA (d'après Deleu, 1938)

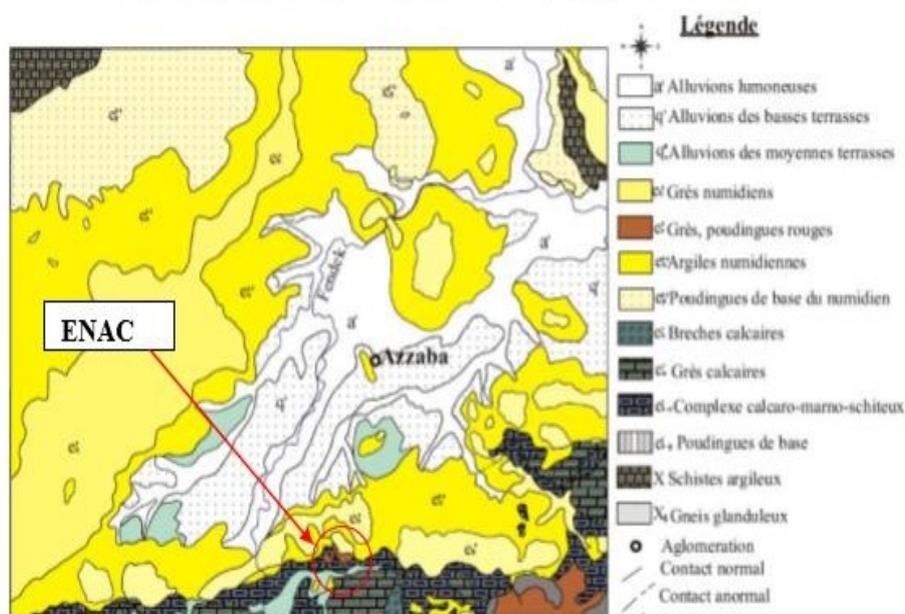


Figure 1-7 : carte géologique d'azzaba

La structure géologique de la zone d'Azzaba et du territoire voisin comprend 04 unités différentes :

- L'unité subi autochtone de la dorsale kabyle.
- L'unité kabyle allochtone.
- L'unité de flysch allochtone.
- L'unité numidienne.

L'unité kabyle allochtone comprend des schistes métamorphiques anciens du paléozoïque inférieur sous forme d'écaillés.

Au Nord et au Sud d'Azzaba, l'unité de flysch allochtone est plus développée, l'affleurement de cette unité est sous forme de brèches calcaires, grés calcaire et argilite sous forme de couverture créant une difficulté de corrélation entre ses différentes parties.

L'unité numidienne dont appartient notre parcelle d'étude affleure sous forme de complexe argilo-gréseux surmontant les unités ci-dessus.

3.6.2: Géologie local :

Dans cette partie, on va s'intéresser à la géologie affleurant au niveau de site ENAC, pour cela on s'est basé sur la carte géologique de HAMMAM EBAGH à l'échelle 1/50 000.

On distingue, de haut en bas, les affleurements suivants :

- Les grés numidiens, dont repose directement la base de vie ENAC.
- Les argiles numidiennes, sur lesquelles repose le deuxième site d'ENAC
- Flysch à marne calcaire (E3-2cm), datant de l'oligocène (éocène supérieur) ; il n'affleure pas au niveau du site mais touché en profondeur à partir de 105 m de profondeur (forage F-1 NEGATIF) avec une lithologie calcarone-dolomitique avec passées argilo-sableuse.
- Le Priabonien (éocène supérieur), de haut en bas, sous forme de :

*Complexe Marno schisteux ; affleure sur une grande partie au Nord de secteur d'étude (Es3-2) jusqu'au pratiquement le petit bassin d'Esseb

*Grés calcaires grossiers (Ec3-2) surmontant les poudingues (Ep3-2).

-Vers l'extrême Nord-Ouest du site, ce sont les calcaires marno-schisteux et ceux massifs du Lutétien qui affleurent.

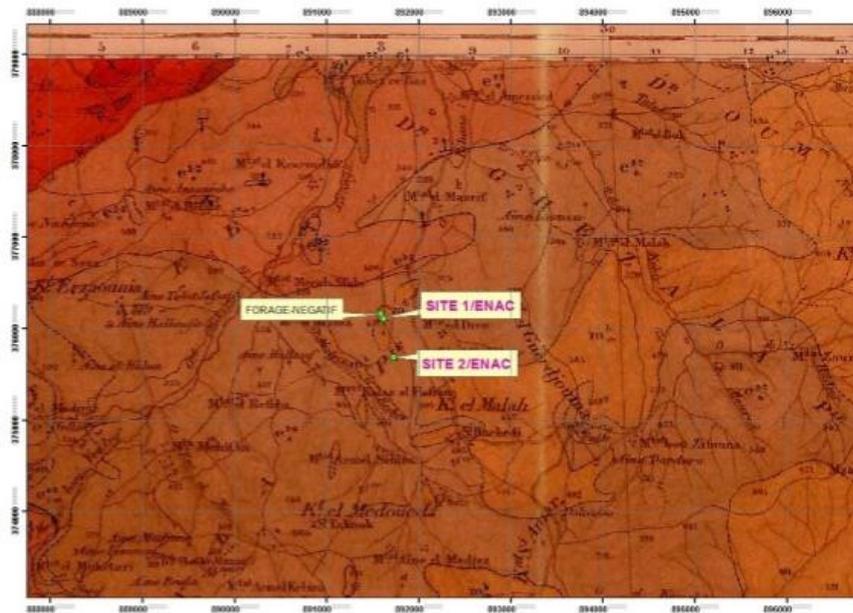


Figure 1-8 : Géologie local (carte géologique de hammam Debagh, E = 1/ 50 000).

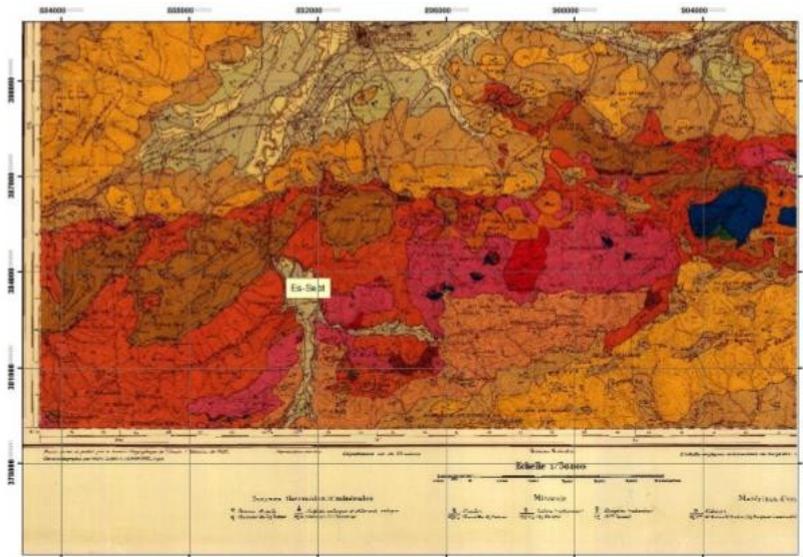


Figure 1-9 : Géologie au nord du site (carte géologique du azzaba ex- Jemmapes E=1/50 000).

3-5-4 : Hydrogéologie Du site ENAC :

Dans cette partie, nous allons discuter des possibilités d'avoir des horizons aquifères au niveau du site ENAC.

Aucune étude géophysique antérieure ou bien une campagne de forages de reconnaissance n'a touché le secteur d'étude ; les études et recherches antérieurs ont été limitées à la plaine d'Azzaba et ses alentours au Nord et la plaine de Guelma au Sud Est.

Vu la morphologie montagneuse du site, l'absence du remplissage plio-Quaternaire a limité les possibilités de recherche des aquifères au niveau des formations plus profondes dont on peut citer :

-Les grés numidiens ; s'ils sont bien épais, fissurés et allant en profondeur avec un étendu latéral acceptable pour favoriser leur alimentation en eau d'infiltration.

-Les calcaires dolomitiques, grés alternant avec les argiles et marno-calcaires de flysch de l'éocène supérieur, « Oligocène »

- Les grés, calcaires et poudingues de l'éocène supérieur (Priabonien) surmontés par le complexe marno-schisteux du même âge ; ils affleurent à 1 Km au Nord-Ouest du site N°01 avec un faible pendage vers le Sud Est (E3-2c).

3-7-2 : Travaux Antérieurs :

Une étude antérieure a été élaborée par Monsieur, Ben Moussa Hamza (thèse d'état 2007, université d'Annaba) dont on va se baser pour mieux comprendre le site ENAC vu son étendu qui peut toucher de part et d'autre la même géologie que notre parcelle de Terrain. Cette étude est basé sur des sondages de reconnaissance implantés entre Azzaba et Essebt afin de mieux comprendre l'hydrogéologie des complexes géologiques de l'Oligocène, Paléocène et Eocène (voir tableau N°01.)

<i>N° du Sondage</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
260	889.661.48	386.380.04	143.87
396	889.576.92	386.384.71	143.88
325	889.643.48	386.421.34	137.99
288 Hy	889.711.41	386.300.83	155.92
265	889.700.00	388.431.08	139.48
219	889.844.73	386.124.38	192.01
258	889.799.17	386.158.32	184.50
289	889.735.17	386.312.83	155.73
245	889.605.92	386.161.65	175.83
285	889.648.22	386.229.51	164.29
342	889.727.83	386.266.69	163.50
288 obs.	889.705.99	386.310.48	153.92

Tableau01 : coordonnées des sondages

En implantant les sondages sur la carte géologique d'Azzaba, nous pouvons revoir les coupes hydrogéologiques II et III.

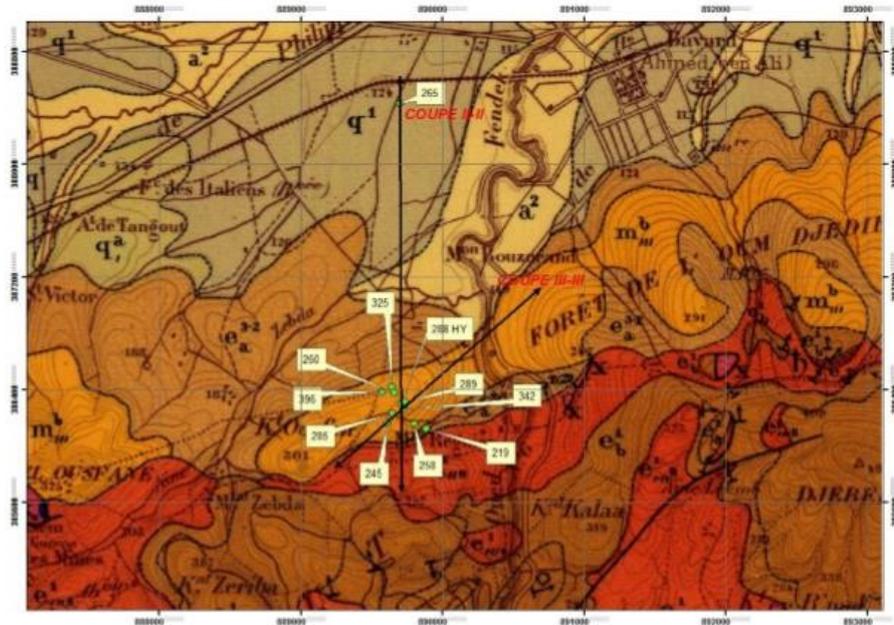


Figure 1-10 : implantation des sondages et coupes hydrogéologiques (cartes géo-Azzaba ,1/50000).

Deux coupes hydrogéologiques ont été élaborées à partir des descriptifs lithologiques des sondages, on peut dire que les deux horizons susceptibles d'être aquifères sont :

- Le complexe aquifère de l'oligocène (éocène supérieur) : représenté par des grés et lits d'argiles.
- L'aquifère de Priabonien : représenté par des grés, calcaires gréseux et poudingues : il est séparé de l'oligocène par les marnes schisteux imperméables.
- L'aquifère du Lutétien : en communication étroite avec celui du Priabonien, représenté par des calcaires et grés.
- L'aquifère du Paléocène : représenté par des calcaires caverneux.

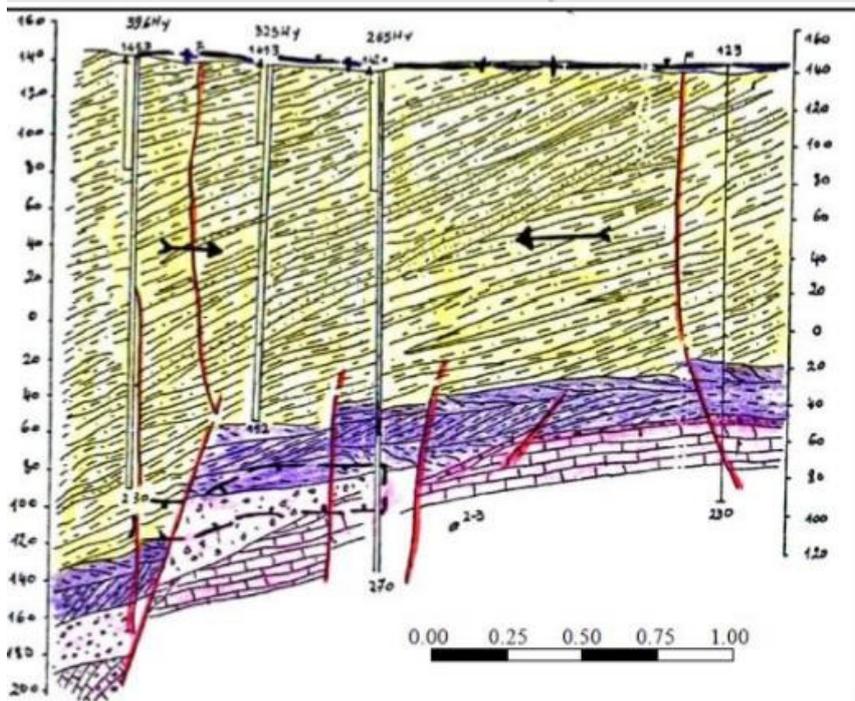


Figure 1-11 : coup hydrogéologique II-II dans la zone mercurielle nord numidique (d'après ben hamza, 1996).

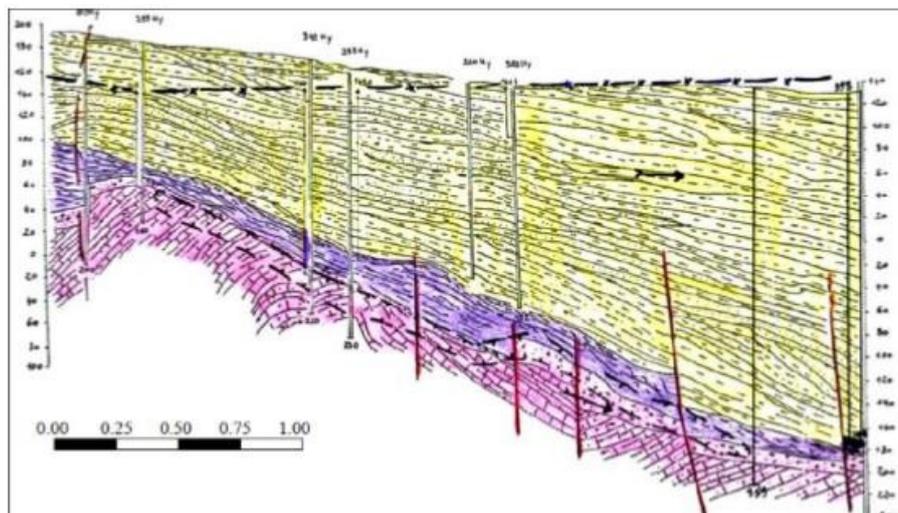


Figure 1-12 : coup hydrogéologique II-II dans la zone mercurielle nord numidique (d'après ben hamza, 1996).

Légende :

	Brèches et conglomérats brèches calcaires		Argiles
	Microbrèches calcaires		Calcaires métamorphiques
	Calcaires		Schistes charbonneux et graphiteux
	Calcaires argileux		Complexe aquifère de roches de l'oligocène
	Grès calcaires et calcaires gréseux		Complexe aquifère des roches du paléocène éocène
	Calcaires gravéliques		Roches imperméables
	Grès massifs		Complexe aquifère des dépôts de l'Oligocène
	Gravélites		Complexe aquifère des dépôts du Paléocène Éocène
	Conglomérats et conglomérats bréchés		Direction du courant S souterrain
	Argilites et aléurolites		Limite des travaux miniers

Projection sur le site ENAC :

En implantant le site ENAC sur la carte géologique de Hammam Debagh, on tire les points suivants :

- Le site se trouve sur les niveaux argilo-gréseux de l'écène supérieur
- Le flysch à marno calcaire composé par des marnes bleuâtre et des marno calcaire n'affleure pas au niveau du site ou ses proches alentours.
- Le complexe marno-schisteux séparant l'oligocène au Priabonien affleure sur une grande surface au Nord et sud du Site avec un faible pendage S-E.
- Les bancs gréseux et carbonatés de Priabonien affleurent à environ 950 m au Nord-ouest du Site avec un faible pendage vers le Sud.

3-7-3 : Données à partir du forage négatif :

En analysant l'emplacement des deux sites ENAC-1 et ENAC-02, et par corrélation avec le forage négatif de 160 ML de profondeur, on trouve que :

- ENAC-01 : repose directement sur les grés numidiens ayant un pendage vers le Sud ; leur altération en surface a limité l'épaisseur en profondeur (10 m seulement au niveau du forage négatif).
- De 10 à 105 m : 100 m d'argiles avec intercalations gréseuses imperméables de l'écène supérieur.
- de 105 à 150 m : le flysch Marno calcaire de l'écène supérieur (marno calcaire et dolomie) : L'abondance des marnes diminue le degré de perméabilité de roches carbonatées. - A 150 m de profondeur : apparition des marnes : l'équipe de l'entreprise réalisatrice n'ont pas signalé s'il s'agit de marne schisteuse ou non ; le toit du Priabonien qui est sous forme de marnes schisteuses ne peut pas être confirmé à cette profondeur.

- ENAC 02 : repose directement sur les argiles de l'éocène supérieur, par corrélation avec le forage au niveau d'ENAC-01, on peut confirmer la même géologie avec absence de la couche supérieure des grés.

4- Conclusion :

L'hydrogéologie du site appartient à un secteur très peu étudié auparavant par des spécialistes du domaine suite à la présence d'une nappe facilement exploitable et bien étudiée au sud (petit bassin de Essebt & Plaine d'Azzaba) et Vu sa topographie montagneuse.

Cependant, dans le Nord, une étude antérieure couvrant une partie de la chaîne numidique au Sud d'Azzaba, élaborée par Monsieur Ben hamza Moussa, nous a mentionné la possibilité d'avoir des ressources en eaux souterraines dans les roches calcaires gréseuse et conglomératiques de l'éocène-Paléocène si les conditions suivantes existent :

- Un bon affleurement favorisant les alimentations en eau de précipitation
- Un degré de fissuration important.
- Un système de faille qui peut créer des zones d'infiltration ou de drainante verticale entre les divers horizons.

L'entreprise ENAC a réalisé un forage de profondeur 160 ML mais qui a été signalé négatif vu le manque d'alimentation (Niveau statique 6.0m, débit 1.5 l/sec).

A cet effet, la recherche de possibilité d'aquifère dans des profondeurs plus importantes doit être accompagnée par une campagne géophysique, d'où notre travail.

Chapitre02 : Méthode géophysique utilisée :

1 : Méthode électrique de surface :

1.1 : Introduction :

1.1.1: Définition :

La méthode électrique est une méthode de prospection géophysique appliquée à la surface, cette méthode a été imaginées en 1912 par les frères Schlumberger, elle est basée sur l'étude de la propagation du courant électrique dans le sous-sol. La possibilité de distinguer électriquement les diverses formations du sous-sol résulte du fait que celles-ci possèdent souvent des résistivités électriques différentes. Cette méthode permet d'identifier à partir de la surface les structures qui diffèrent de la norme par leurs résistivités et ainsi de localiser, par exemple : les minerais Métalliques, les cavités et les fluides, il existe 3 types de prospection Électrique, trainé, sondage électrique vertical et tomographie.

1.1.2 : Objectifs de la méthode :

Le but de cette méthode est de découvrir les couches et déterminer les variations lithologiques dans le sol ou dans le roc qui sont caractérisées par des résistivités électriques qui leur sont propres.

1.2 : Généralité :

1.2.1: La Résistivité électrique :

La résistivité électrique, mesurée en Ωm (Ohm-mètre) notée ρ est une **propriété physique** des matériaux, elle s'exprime par la capacité d'un milieu à s'opposer au passage d'un courant électrique. La conductivité est l'inverse de la résistivité et expliqué par la relation suivant :

La relation entre le champ électrique dans un conducteur et le courant provoqué par ce champ ou encore entre le courant électrique, la tension et la résistance est exprimée par la loi d'Ohm.

$$V = R.I \quad (2.1)$$

Avec V est le potentiel en volt entre les extrémités des conducteurs de résistance R en (Ohm) et I est l'intensité du courant en (ampères).

$$\rho \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{mètre}^{-1} (\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$$

De plus dans un conducteur :

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (2.2)$$

Où L est la longueur du conducteur en mètres et S est la section en mètres carrés et ρ est la résistivité en (Ohm .m).

On divise l'Equation (2.2) sur L alors :

$$\frac{\Delta V}{L} = \frac{\rho I}{S} \quad (2.3)$$

Dans le cas d'un espace infini, homogène et isotrope :

$$V = \frac{\rho I}{4\pi r} \quad (2.4)$$

Dans le cas d'un demi-espace homogène :

$$V = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.5)$$

Dans le cas d'un demi-espace hétérogène on obtient

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.6)$$

Avec : K : facteur géométrique qui dépend du dispositif utilisé

ρ_a : Résistivité apparente.

1.2.2: Loi d'Archie :

Dans le cas d'une roche saturée, ARCHIE a établi une relation expérimentale liant la résistivité de la roche à porosité et à la résistivité de l'eau d'imbibition.

$$\rho_r = \rho_w a \varphi^{-m} \quad (2.7)$$

Avec : ρ_w = résistivité de l'eau d'imbibition, φ = porosité, a = facteur qui dépend de la lithologie et qui varie entre 0.6 et 2 ($a < 1$ pour les roches à porosité inter granulaires et $a > 1$ pour les roches à porosité de fracture), m = facteur de cimentation (Il dépend de la forme des pores, de la compaction et varie entre [1-3] pour les sables non consolidés et à 2,2 pour les calcaires cimentés).

La saturation :

La loi d'Archie a été établie pour des roches saturées en eau, il faut maintenant tenir compte d'un nouveau paramètre qui est **la saturation**. La loi d'Archie devient alors :

$$\rho_r = F \rho_w \cdot S_w^{-n} \quad (2.8)$$

On peut aussi Ecrire :

$$S_w = n \sqrt{\frac{F \rho_w}{\rho_r}} \quad (2.9)$$

F= facteur de formation, ρ_w = résistivité de la roche saturée en eau,

ρ_r = résistivité de la roche dénaturé en eau, $n \approx 2$. L'exposant n varie très peu avec les formations, sa valeur est environ de 2 pour la plupart des formations de porosité normale dont la teneur en eau est comprise entre [20-100]%

1.2.3: La porosité :

C'est la fraction du volume d'une roche non occupée par des éléments solides

Ainsi, la porosité s'exprime par. [8]

$$\Phi = \left(\frac{\rho_r}{a \rho_w S_w^{-1}} \right)^{-\frac{1}{m}} \quad (2.10)$$

Si la formation est saturée en eau alors $S_w = 1$, la porosité est reliée à la résistivité par :

$$\Phi = \left(\frac{\rho_r}{a \rho_w} \right)^{-\frac{1}{m}} \quad (2.11)$$

Cette Equation (2.9) est vraie pour une formation aquifère saturée et propre, dénuée d'argiles
Pour une formation aquifère saturée et propre donc on trouve la relation suivante :

$$\Phi = \left(\frac{\rho_r}{0,62 \cdot \rho_w} \right)^{-\frac{1}{2.15}} \quad (2.12)$$

On a l'habitude de regrouper sous le terme de facteur de formation

$$F = a \Phi^{-m} \quad (2.13)$$

A la fin on obtient la loi d'Archie :

$$\rho_r = F \rho_w \quad (2.14)$$

1.2.4: La perméabilité :

La perméabilité est la faculté que possède un corps de se laisser traverser par un fluide. Cette propriété est généralement exprimée numériquement par le coefficient de perméabilité K de « DARCY ». Il n'y a aucun rapport direct entre la porosité et la perméabilité, mais pour être perméable la roche doit obligatoirement être poreuse.

$$Q = K.S \frac{H}{e} \quad (2.15)$$

Avec : Q = débit (m³/sec), S = section de la colonne de sable (m²), H = hauteur de la charge d'eau (m), e = hauteur de la colonne de sable (m), K = facteur de proportionnalité appelé coefficient de perméabilité de « DARCY » (m/sec ou cm/sec).

1.3: Principe de mesure :

La méthode électrique en courant continu (DC) permet de comprendre le sous-sol grâce à l'étude de **la résistivité** des formations qui le compose. Son principe repose sur la mesure de la résistivité du sous-sol.

Elle s'effectue en injectant un courant électrique d'intensité **I** dans le sol à l'aide de deux électrodes notées **A** et **B** et la mesure de la différence de potentiel Δv entre deux autres électrodes **M** et **N**.

La mesure se décompose en trois étapes :

- 1) Injection d'un courant *i*: depuis la source électrique par les électrodes d'injection
- 2) Mesure de la différence de potentiel DV: entre les électrodes de mesure
- 3) Calcul de la résistivité apparente *r_a*: Valeur qui découle de la loi d'Ohm.

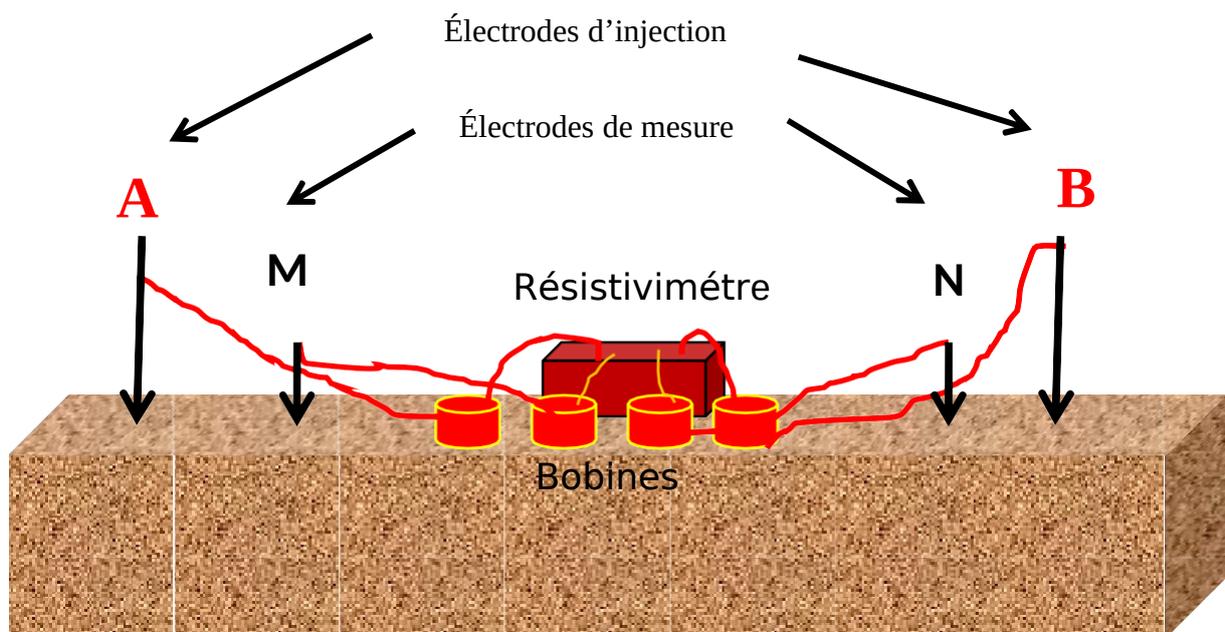


Figure 2-1 : principe de mesure électrique.

1.4 : Dispositifs de mesure :

La méthode Schlumberger a été mise en évidence et qui consiste à investiguer le sous-sol et apporter des informations géo électriques à l'aplomb du point de sondage.

Dans le dispositif Schlumberger, les électrodes de mesure sont immobiles au centre du dispositif et on fait varier l'écart entre les électrodes d'injection.

On obtient ainsi un sondage de la résistivité en profondeur sous le centre du dispositif.

1.5: Le but de la méthode :

Le but de cette méthode est de découvrir les couches et la composition géologique, et obtenir des informations concernant la résistivité de ce terrain.

1.6: Profondeur d'investigation :

Un très grand nombre de dispositifs ont été mise en œuvre pour mesurer la résistivité ; les principaux dispositifs utilisés dans la prospection électrique sont représentés ci-dessous :

Dispositifs	L ←————→	Prof d'investigation		Pouvoir de résolution	K
		Roy(1971)	Barker(1989)		
Wenner		0.11L	0.17L	$1/2.25$	$2\pi a$
Schlumberger		0.125L	0.19L	$1/2.45$	$\pi n(+1)a$
Dipôle-Dipôle		0.195L	0.25L	$1/3.45$	$\pi n(n+1)(n+2)a$
Pole-Pole		0.35L		$1/8.4$	$2\pi a$

Figure 2-2 : Caractéristiques des différents dispositifs.

1.7: Sondage électrique vertical (SEV) :

Le sondage électrique vertical permet de déterminer la disposition verticale de la résistivité des profils étudiés, Avec cette méthode nous obtenons la variation de la résistivité en 1D en fonction de la profondeur , pour obtenir cette résistivité on injecte un courant électrique d'intensité connue (I) lu sur un ampèremètre, en utilisant deux électrodes A et B (électrodes d'injection) qui doivent être en contact avec le milieu. Le passage du courant dans le milieu va créer un déplacement des charges électriques (ions et électrons), charges positives vers le pôle négatif, et les charges négatives vers le pôle positif pour rétablir

à une capacité à mettre en mouvement ces charges libres lors de présence d'un courant, tout dépend de la conductivité de la matière. Le mouvement des charges électriques va créer une différence de potentiel (Δv) qu'on mesure par un voltmètre, entre deux point M et N qui sont les électrodes de mesure plantée. On augmente la distance entre les électrodes d'injection A et B en parallèle avec les électrodes de mesure M et N pour obtenir une différence de potentiel mesurable. La connaissance des paramètres intensité de courant injecté (I), la différence de potentiel (Δv) et le facteur géométrique nous permet d'obtenir la résistivité apparente du sous-sol

1.8 : Avantage et inconvénient de la méthode :

Les avantages :

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

Les inconvénients :

- Mise en œuvre assez lourde.
- Difficulté d'injection des courants dans les terrains très secs.
- Influence importante des hétérogénéités des résistivités en surface.
- Temps de mesure important si on a une grande longueur de ligne.
- Interprétation délicate sans données de puits ou de forage.

Chapitre 03 : Partie pratique :

1 : Méthode électrique (SEV) :

1.1 : Limitation de profil :

Notre secteur d'étude se situe à environ 6 km au sud de la ville d'Essebt wilaya de Skikda. Il consiste en la localisation de la nappe phréatique à l'aide des sondages électriques verticaux (SEV).

Au total huit sondages électriques verticaux SEV, ont été réalisés en utilisant le dispositif Schlumberger, comme le montre la figure ci-après.

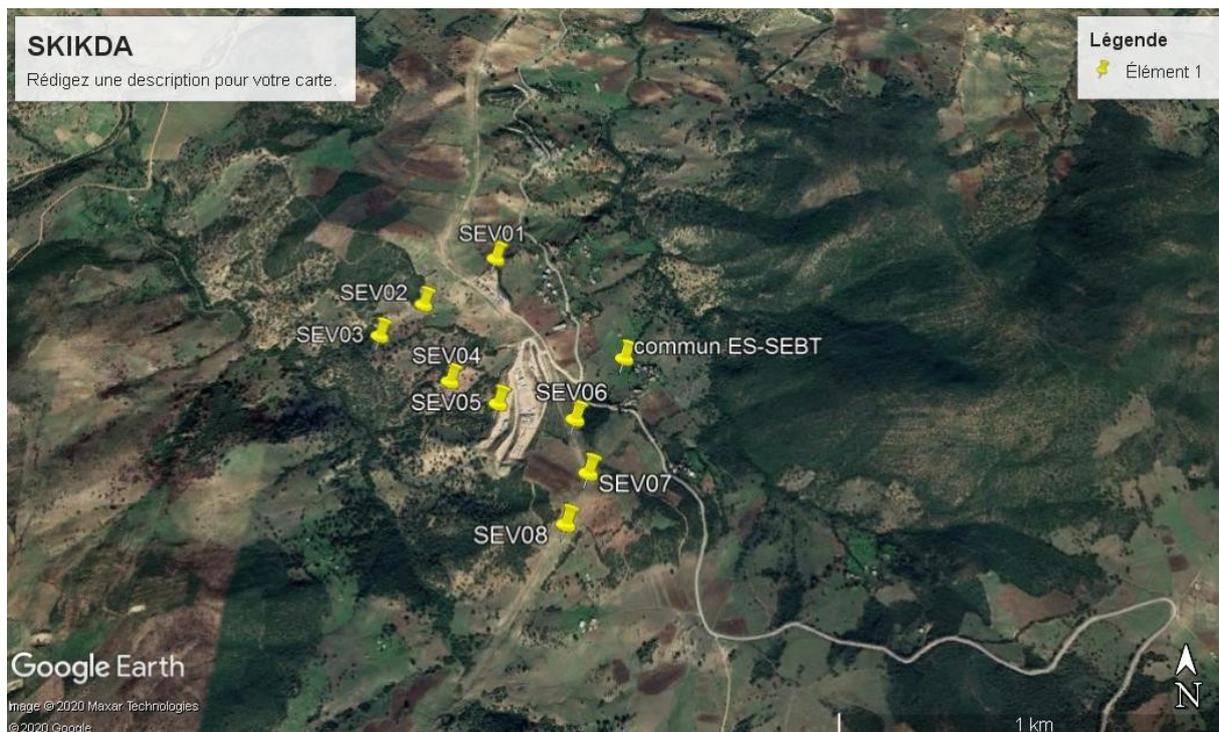


Figure 3-1 : Situation géographique du secteur d'étude.

1.2 : Matériel et Dispositif utilisé :

Le matériel utilisé lors de cette prospection est le résistivimètre ABEM :



Figure 3- 2 : Résistivimètre ABEM.



Figure 3- 3 : Bobines de smart Câble.



Figure 3-4 : Electrodes de mesures.



Figure 3- 5: Un mètre ruban pour les mesures des distances.



Figure 3-6 : des pinces de câble



Figure 3- 7 : GPS ETREX (GARMIN)

1.3 : Déroulement de travail :

Dans notre étude nous avons réalisé huit sondages électriques verticaux au niveau de site, avec un espacement de 50 mètres entre les SEV, avec un espacement entre les électrodes d'injection $AB= 1000m$, tel que la profondeur d'investigation est de 160 mètres.

Les mesures acquises permettent de calculer la résistivité apparente ρ_a en fonction de la distance $AB/2$.

Les données acquises sont présentées en annexe.

1.4: L'acquisition des données :

Nous avons acquis au total 8 SEV différents, et chaque SEV est représenté par un tableau qui contient :

AB : La Distance entre les deux électrodes d'injection,

MN : La Distance entre les deux électrodes de mesure,

ρ_a : La résistivité apparente de la formation géologique.

Les données des SEV sont représentées dans des tableaux (1 à 8 voir annexe).

1.5: Répartition des sondages électriques verticaux :

La répartition des SEV au niveau du site de l'étude est comme indiquée sur la figure III.7

- SEV-01 : sert comme sondage étalon au niveau du puits 160 ML.

- SEV-02 & 03 : implantés au Sud-Est du site ENAC 01 (station de pompage).
- SEV 04 & 05 : implantés à l'ouest du site ENAC 02 (base de vie).
- SEV 06 : implantés à est du site ENAC 02 (base de vie).
- SEV 07 & 08 : implantés au sud du site ENAC 02 (base de vie).

La longueur linéaire des S.E.V a été comprise entre 500 et 1000 m selon les conditions topographiques et l'accessibilité du terrain.

1.6: Traitement des données et interprétation :

Après avoir récolté les données sur le terrain nous avons utilisé le logiciel IP2WIN afin de les traiter pour obtenir des graphes et des propriétés des milieux et sa profondeur et tous les autres résultats.

* **SEV01** : L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante, on distingue de haut en bas tout en corrélant avec la coupe lithologique du puits 160 ML (soit F1) :

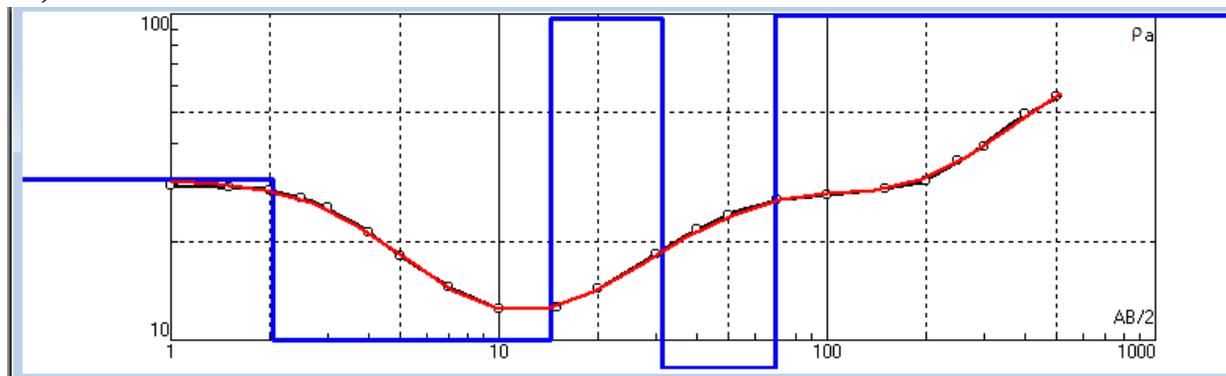


Figure 3-8 : Interprétation du SEV-1 par IPI2WIN

- De 00 à 2 m : banc conducteur d'argile gréseux secs (rés=31.1 ohm.m)
- De 2 à 12 m : Terrain conducteur d'argile numidiennes (rés = 10 ohm.m).
- De 12 à 17m : couche résistante attribuée a un banc carbonaté sec.
- De 17 à 38 m : couche très conductrice (rés = 8 ohm.m), peut être attribuée aux argiles numidiennes.
- Partir de 38 m : substratum résistant (rés = 149 ohm.m)

*-**SEV02** : L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante , on distingue de haut en bas tout en corrélant avec SEV 01 :

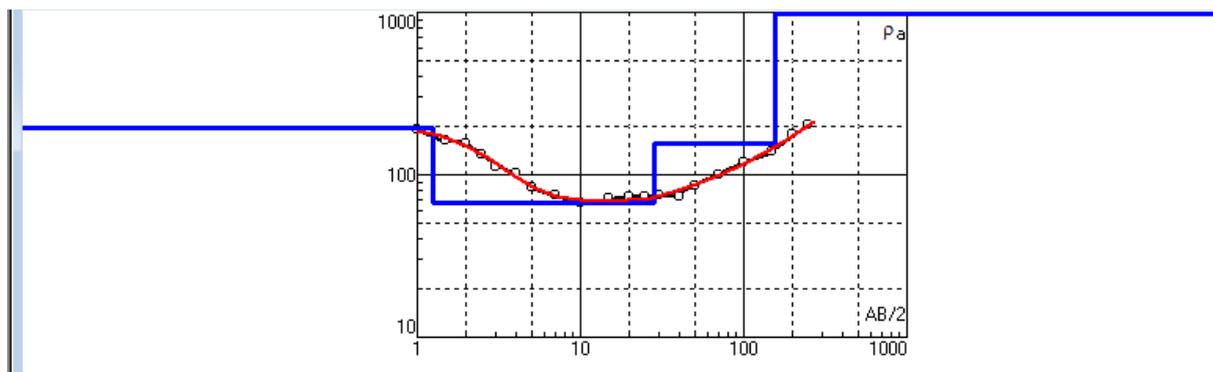


Figure 3-9 : Interprétation du SEV-2 par IPI2WIN.

- De 00 à 1 m : un banc très résistant de calcaire gréseux secs (rés = 193 ohm.m).
- De 1 à 27m : une couche résistante (rés = 66.7 ohm.m) pouvant être attribuée aux argiles.
- De 27 à 129m : couche résistante attribuée à un banc carbonaté secs (Rés = 156 ohm.m).
- Partir de 129 m : substratum résistant (rés = 286 ohm.m).

*-SEV03 :L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante, on

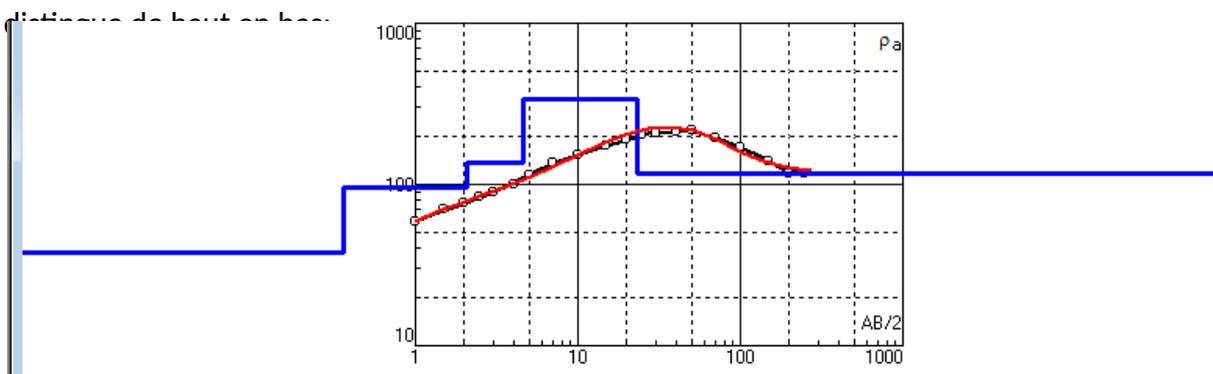


Figure 3-10 : Interprétation du SEV-3 par IPI2WIN.

- De 00 à 0.3m : un banc conducteur d'argile gréseux secs (rés = 37.7 ohm.m)
- De 0.3 à 2m : couche résistante attribuée à un banc carbonaté sec (rés = 96.9 ohm.m)
- De 2 à 3 m : couche résistante attribuée à un banc carbonaté (Rés = 136 ohm.m).
- De 3 à 19 m : couche très résistante (Rés= 337 ohm.m) cette haute valeur ne peut être attribuée qu'aux roches carbonatées compactes .
- A partir 19m : substratum résistant (rés = 117 ohm.m).

*-SEV04 :L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante , on distingue de haut en bas:

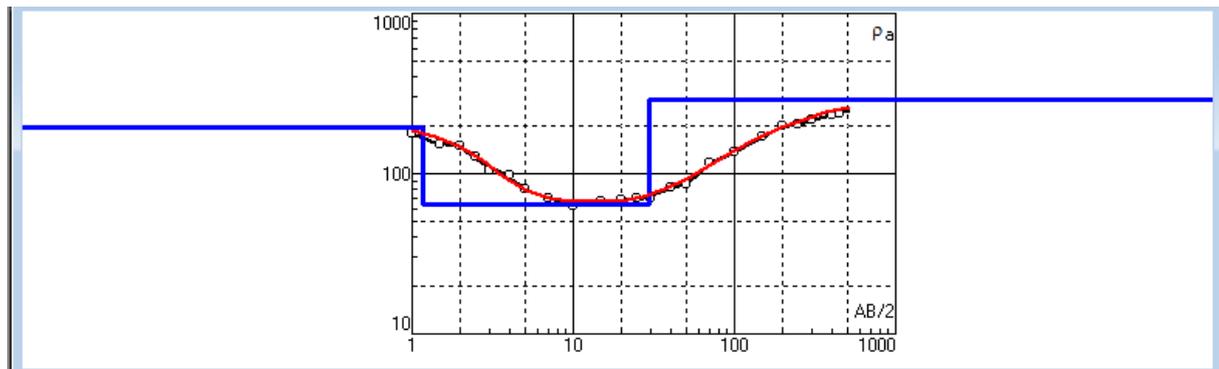


Figure 3-11 : Interprétation du SEV-4 par IPI2WIN.

- De 00 à 1 m : banc très résistant (rés = 195 ohm.m) de calcaire gréseux sec.
- De 1 à 28 m : couche résistant (rés = 64.2 ohm.m) pouvant être attribuée à un banc calcaire.
- A partir 28 m : substratum résistant. (rés = 289 ohm.m) .

*-**SEV05** : L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante , on distingue de haut en bas:

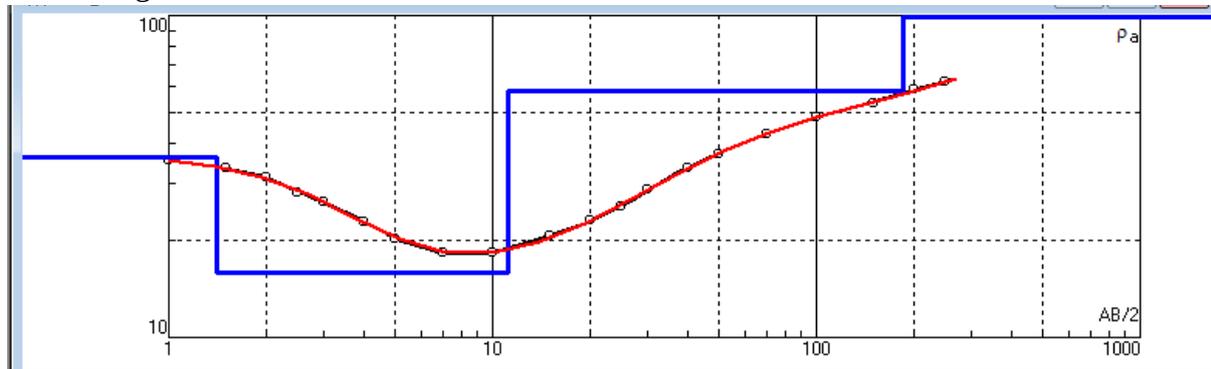


Figure 3-12 : Interprétation du SEV-5 par IPI2WIN.

- De 00 à 1 m : banc conducteur d'argile gréseux secs (rés = 36.4 ohm.m)
- De 1 à 10 m : terrain conducteur d'argile numidienne (rés = 15.81 ohm.m)
- De 10 à 175 m : couche résistant pouvant être attribuée à un banc calcaire.
- Partir 175m : substratum résistant (Rés= 139.1 ohm.m) peuvent être attribuée un banc carbonaté.

*-**SEV 06** : L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante, on distingue de haut en bas:

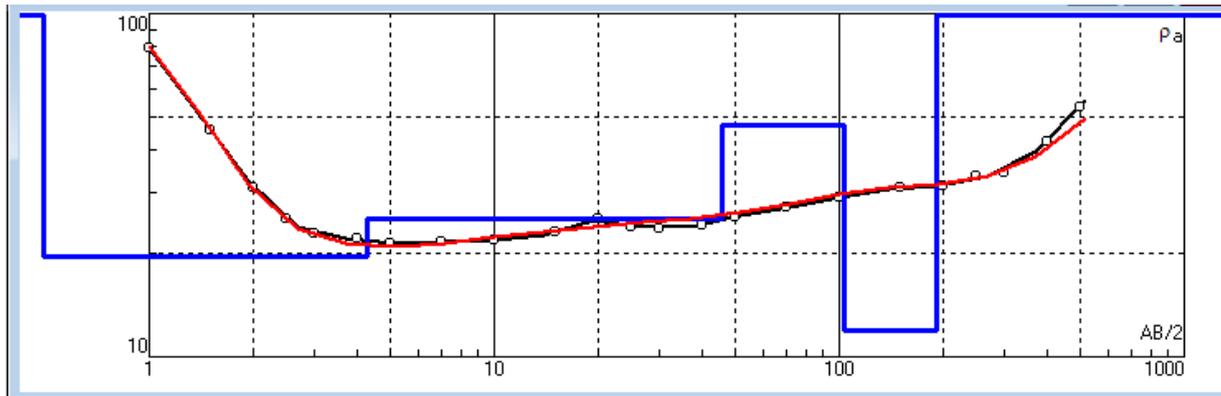


Figure 3-13 : Interprétation du SEV-06 par IPI2WIN.

- De 00 à 0.4 m : banc très résistant de calcaire gréseux secs (rés= 152 ohm.m)
- De 0.4 à 4 m : Terrain conducteur d'argiles numidiennes (rés = 19.6 ohm.m)
- De 4 à 42 m : couche moyennement conductrice (Rés=25.1 ohm.m).pouvait être attribué aux calcaire de flysch numidienne.
- De 42 à 57 m : couche résistante pouvant être de type calcaro gréseuse (Rés=47.3 ohm.m).
- De 57 à 88 m : série très conductrice pouvant être attribué aux argiles (rés= 11.9 ohm.m)
- A partir 88 m : substratum résistant.(rés = 552 ohm.m).

***SEV 07** :L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante, on distingue de haut en bas:

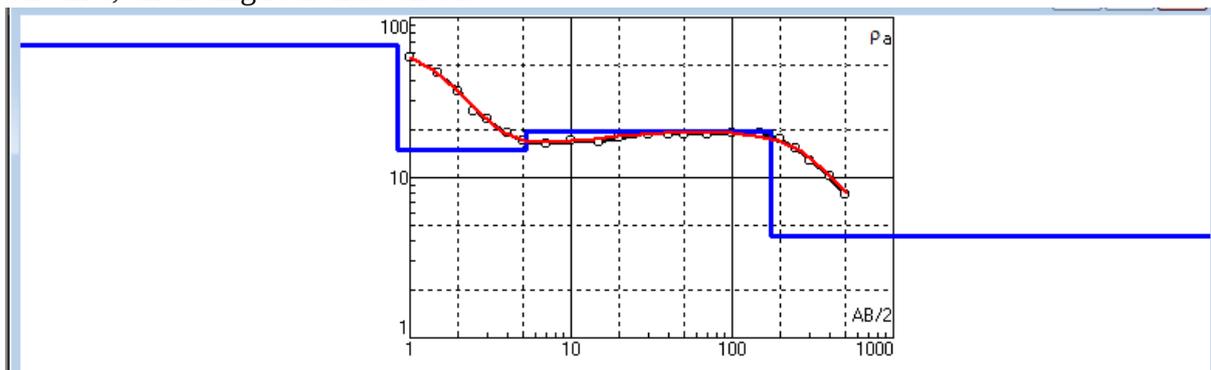


Figure 3-14 : Interprétation du SEV-7 par IPI2WIN.

- De 00 à 0.8 m : banc résistant complexe Marno-schisteux (rés = 67.5 ohm.m)
- De 0.8 à 4 m : couche conductrice (Rés = 15 ohm.m) , peut être attribué aux argiles numidiennes .
- De 4 à 169 m : série conductrice et très épaisse pouvant être attribué aux d'argiles .numidiennes (rés = 19.4 ohm.m)
- A partir 169m : substratum très conducteur proprement argileux (rés = 4.31 ohm.m)

***-SEV08** : L'interprétation par logiciel approprié IPI2WIN nous a donné la courbe suivante, on distingue de haut en bas:

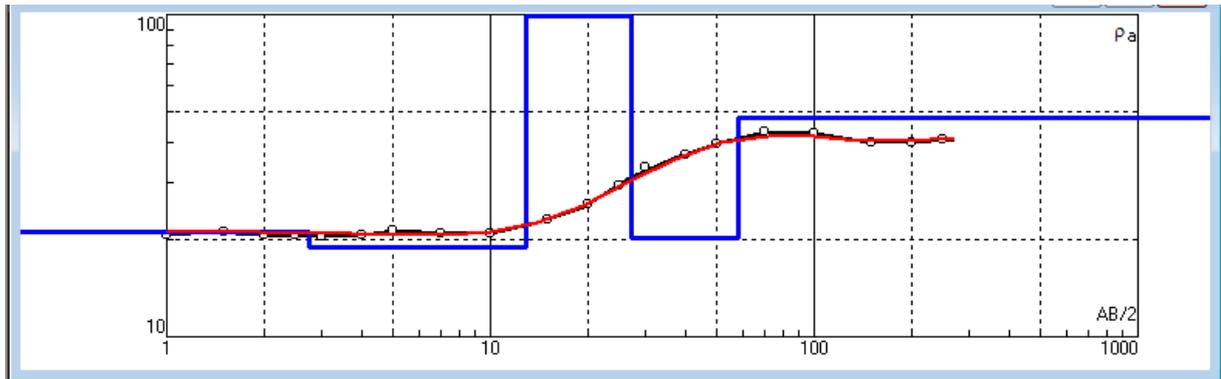


Figure 3-15 : Interprétation du SEV-8 par IPI2WIN

- De 00 à 3 m : banc conducteur calcaire de flysch numidiennes (rés = 21.1 ohm.m)
- De 3 à 10 m : Terrain conducteur d'argiles numidiennes (rés = 18.95 ohm.m)
- De 10 à 15 m : couche résistant attribuée à un banc carbonaté secs (rés = 121.4 ohm.m)
- De 15 à 31 m : couche moyennement conductrice (Rés = 20.2 ohm.m) . Pouvant être attribué aux mano calcaire de flysch numidienne.
- Partir de 31 m : substratum résistant (rés = 47.8 ohm.m).

1.7: Résultat et conclusion :

1.7.1: Résultat :

Nous avons tracé trois coupes géo-électriques reliant différents S.E.V comme le montre la carte ci-dessous.

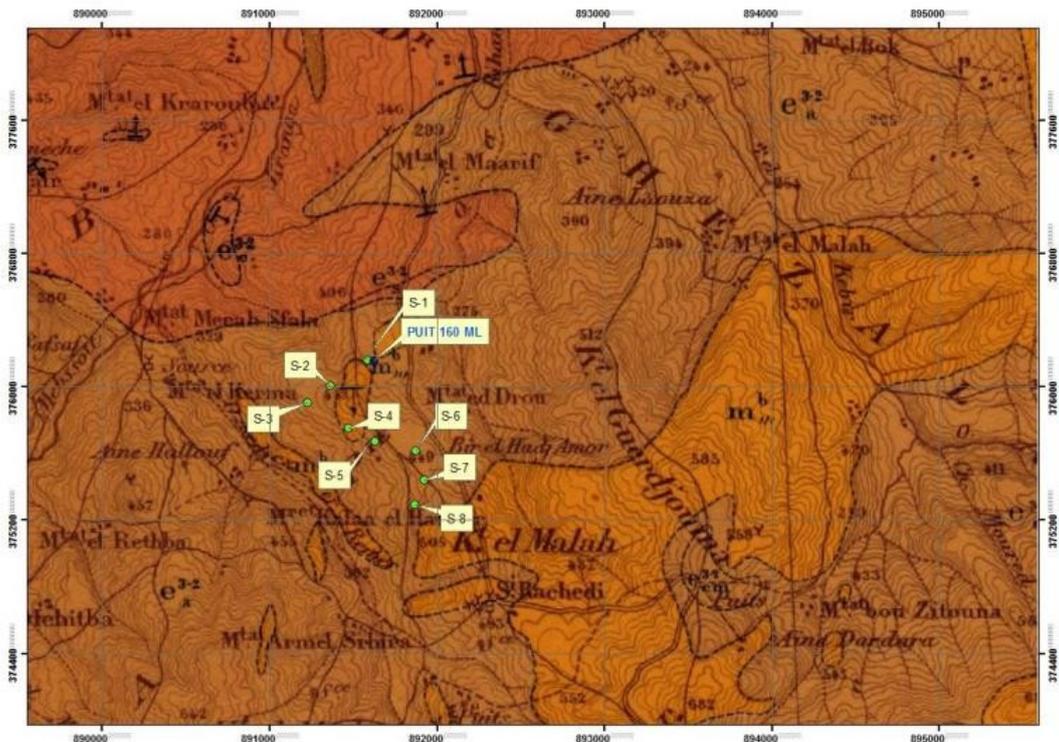


Figure 3-16 : positionnement des coupes géo-électrique sur la carte de hammam Debagh (1/500 000).

COUPE A-A' :

Cette coupe relie les sondages électriques : 1, 6, 7 & 8 de direction NNW-SSE. On remarque la présence d'une discontinuité verticale séparant les plages de résistivité de sondage N°01 de celles des sondages 6, 7 & 8. On remarque que cette anomalie a pratiquement fait un grand rejet de telle façon que les zones à hautes résistivités apparentes se trouvent sans communication latérale (entre SEV N°01 et 06-07-08).

Les valeurs de résistivités des zones résistantes ayant des valeurs 38 à 45 m ne peuvent pas être théoriquement un bon aquifère car ces valeurs reflètent (par corrélation géologique une abondance des marnes). La non productivité du premier forage peut être expliquée par la présence de cette anomalie qui a créé un problème d'alimentation du forage sur les zones aquifères marno-calcaires.

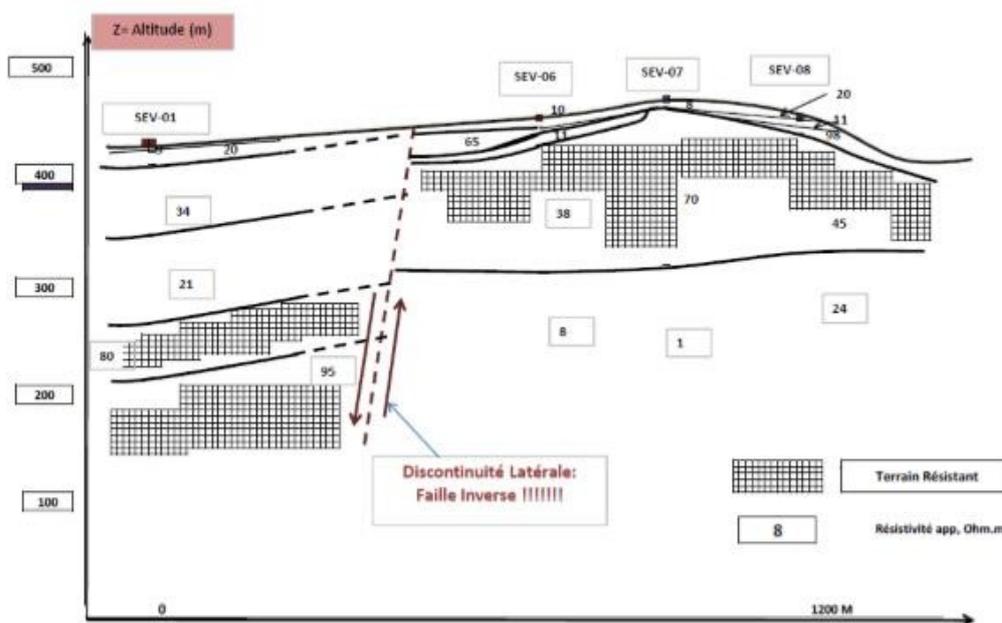


Figure 3-17 : coupe géo-électrique AA' (SEV 1,6,7,8).

COUPE B-B' :

Cette coupe relie les sondages électriques : 1, 2 et 3 de direction NE-SW. On remarque que le pendage des couches souterraines est de direction N-S ; le sondage N°03 présente un soulèvement mettant en contact les formations les plus résistantes de type calcaro gréseux avec des couches très conductrices. En cas d'existence d'un aquifère souterrain (au plus de 200 m) ; l'écoulement souterrain sera du Nord vers le Sud avec un PROBLEME D'ALIMENTATION au niveau du SEV N°03.

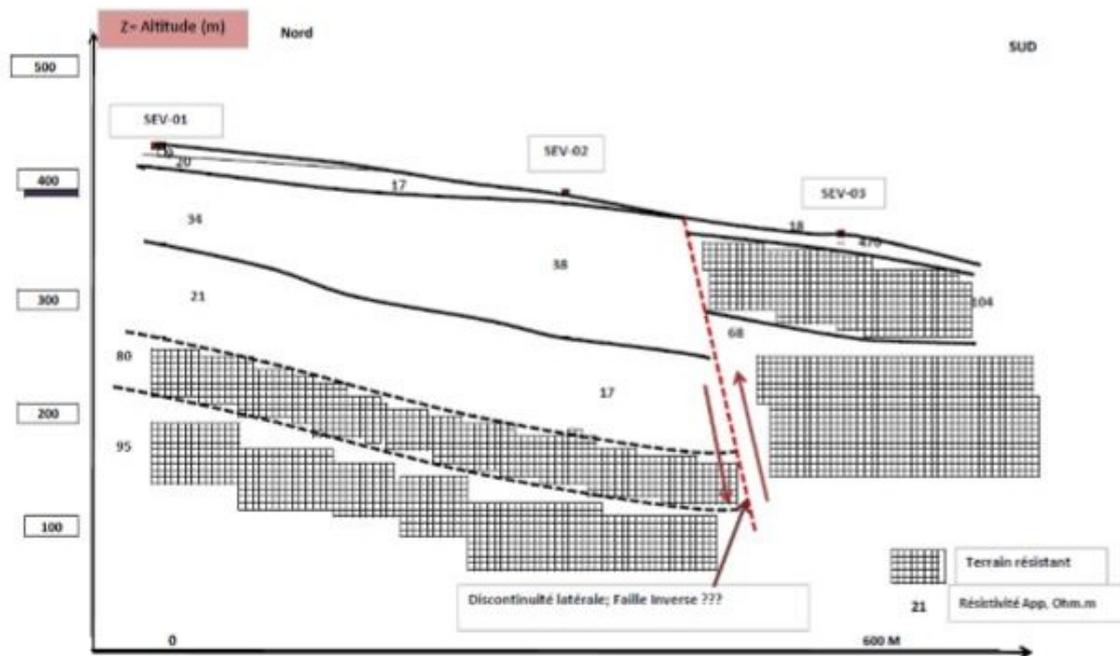


Figure 3-18 : coupe géo-électrique BB' (SEV 1, 2,3)

COUPE C-C' :

Cette coupe, liant les sondages N°03, 04, 05 et 06 montre des grandes anomalies latérales mettant ainsi des discontinuités de corrélations entre les divers SEV. Malgré l'existence des plages de haute résistivité mais toute implantation de forage sur cette ligne peut créer certainement des problèmes d'alimentation en cas d'existence d'aquifère à cause de :

- Les zones probablement aquifères sont en contact direct par des couches imperméables.
- Le volume d'eau souterrain, en cas d'existence d'aquifère, devient très limité.

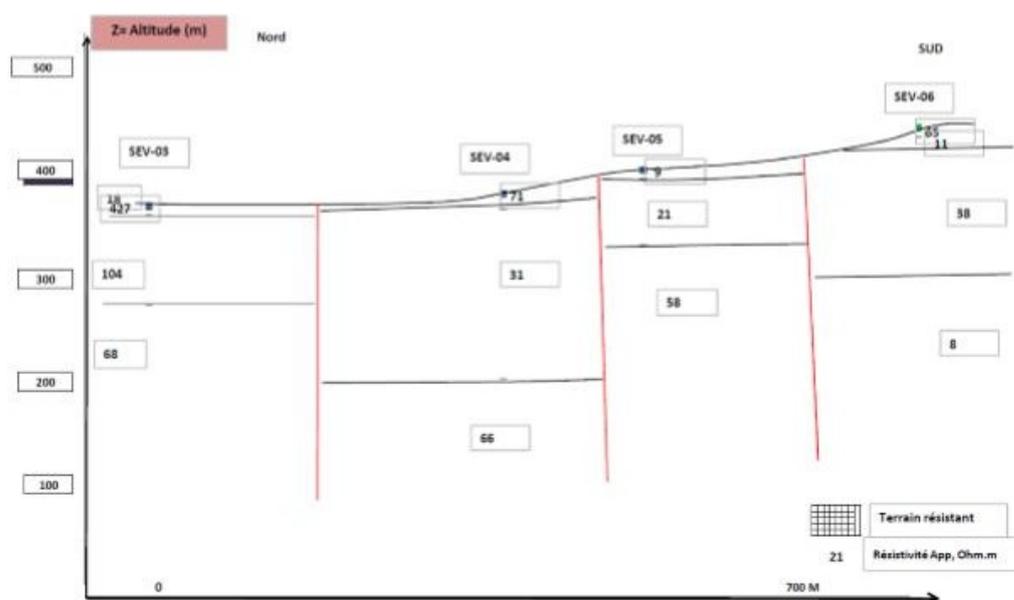


Figure 3-19 : coupe géo-électrique CC' (SEV3, 4,5,6)

1.7.2: Conclusion :

* Implantation du forage :

Les interprétations ainsi que les corrélations des divers S.E.V nous ont clarifié les points suivants :

- Un système de failles ou de contacts anormaux existent de part et d'autre du terrain d'étude ; ceci est du certainement aux mouvements de charriage causé par le flysch numidien. - La seule partie où les sondages électriques montrent des continuités de résistivités avec un pendage depuis l'affleurement (voir partie géologie) c.à.d. Nord-Sud reste comprise entre les S.E.V ; 1- 2 & 4.

En se basant sur la géologie locale, et par principe de continuité litho stratigraphique en profondeur (échelle géologique), on peut estimer une possibilité de présence d'aquifères au niveau des grès, brèches calcaires et calcaires gréseux de PRIABONIEN ; le toit de ces niveaux est théoriquement détecté à partir de 38 m au niveau du SEV N°01 et corrélée à 230 m au niveau du SEV N°02 et 289 m au niveau du SEV -4. Vu que ces couches affleurent à 950 m au Nord- Ouest du secteur d'étude, en cas d'alimentation de ces aquifères par eaux de précipitation, l'écoulement souterrain aura un sens N-S (voir fig. ci-après).

En Conclusion, on propose un forage de reconnaissance de profondeur totale 350 mètres dont le but est de recouper cette formation béchique et calcaro-gréseuse et de voir toute possibilité d'existence d'aquifères. Un test nappe est nécessaire.

Les coordonnées UTM – WGS84 du forage sont :

- * X : 328 060 m E
- * Y : 4 052 570 m N
- * Z : 434 m
- * TD (Profondeur) : 350 m

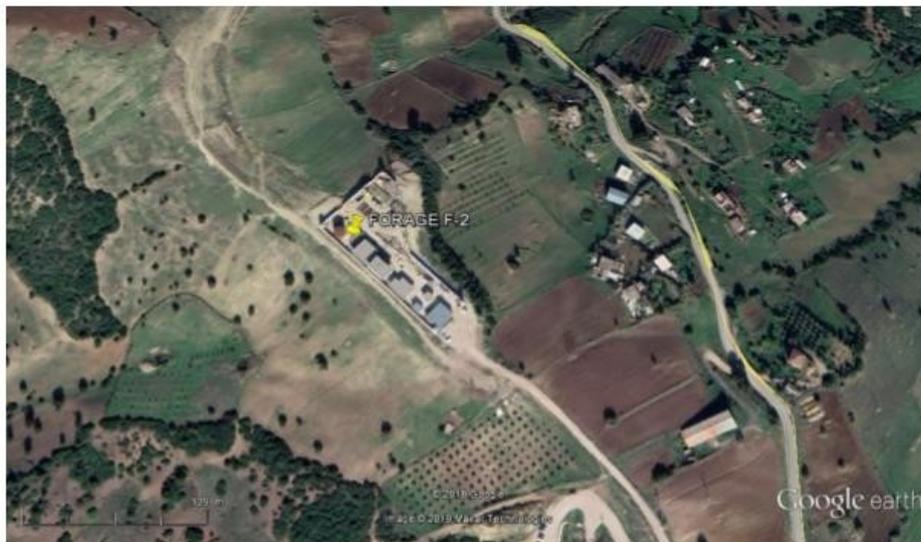


Figure 3-20 : Implantation du forage F-2

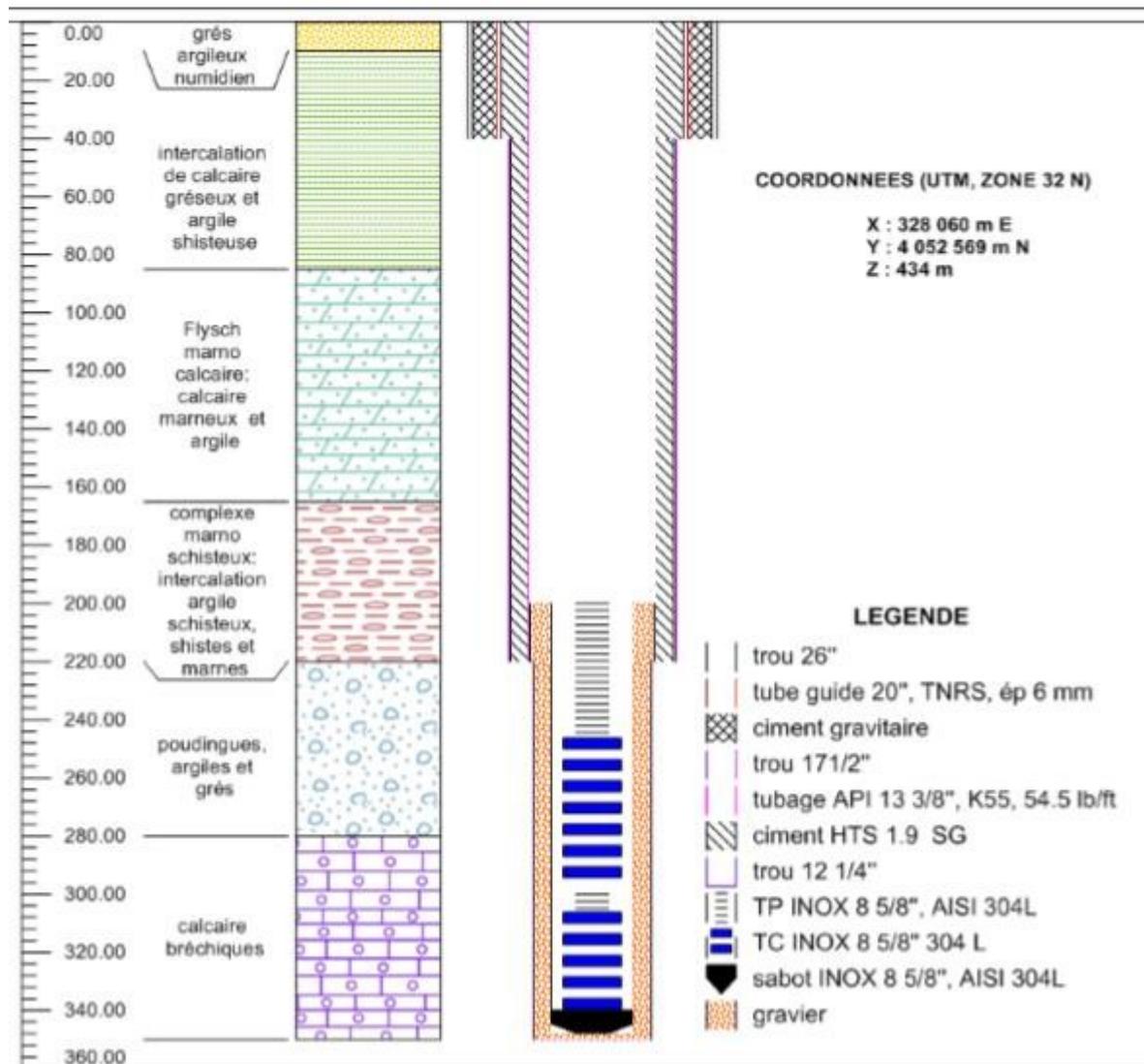


Figure3-21 : coupe technique du forage.

Chapitre 04 :

1 : Conclusion Générale :

Le travail réalisé, dont le but était de déterminer la géométrie et la nature des formations géologiques constituant le sous-sol et la possibilité d'existence de ressources en eau au niveau de la zone d'étude, consiste en l'étude géophysique de la région par sondage électrique.

Lors de cette étude, 8 sondages électriques ont été utilisées et développées sur le site d'Es-SEBT afin de préciser la nature et la structure des aquifères étudiés. Le résultat de notre étude a permis de connaître la nature des formations acquières ainsi que de proposer l'implantation d'un forage d'alimentation en eau.

L'étude géophysique a été d'un apport certain afin de déterminer la nature des formations géologiques en profondeur et ainsi permettre d'identifier l'aquifère.

2: Perspectives :

L'objectif principal de ce travail est de caractériser, au moyen de méthodes géophysiques, l'aquifère d'un point de vue hydro géophysique. La méthode électrique de surface n'a que partiellement répondu à l'objectif de déterminer la nature, le type, la géométrie et la structure des aquifères étudiés

Afin de mieux caractériser le sol et l'aquifère, l'utilisation d'une méthode complémentaire s'avère intéressante. En effet, l'utilisation des diagraphies et le développement de la géophysique de forage permet la détermination des caractéristiques hydrauliques.

ANNEXE :

Chapitre 1 :

3-2 : Climat :

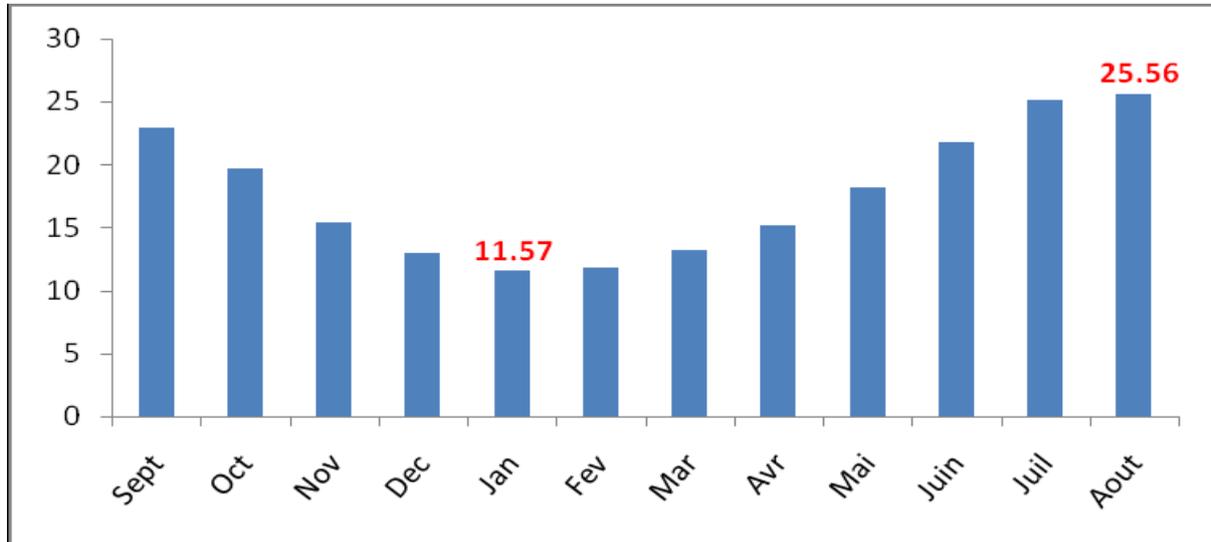


Figure 1 : Températures moyennes mensuelles (°C) dans la zone étudiée.

Chapitre 02 :

1-Méthode électrique de surface :

1.4- Dispositifs de mesure :

	Dispositif	Facteur géométrique k
Wenner Alpha		$k = 2\pi a$
Wenner Beta		$k = 6\pi a$
Wenner Gamma		$k = 3\pi a$
Pôle-Pôle		$k = 3\pi a$ (BN sont à au moins 30 fois la distance AM)
Dipôle-Dipôle polaire		$k = \pi a n (n + 1) (n + 2)$
Pôle-Dipôle		$k = 2\pi a n (n + 1)$
Schlumberger		$k = \pi a^2 / b (1 - b^2 / 4a^2)$ $a \geq 5b$
Dipôle-Dipôle équatorial		$k = 2\pi b L / (L - b)$ $L = (a^2 + b^2)^{1/2}$

Figure 2 : Le Facteur géométrique de chaque dispositif électrique.

Eau ou Roches	Résistivité en (ohm.m)
Eau de mer	0.2
Eau de nappes	10-30
Alluviales	50-100
Eau de sources	1000-
Sables et graviers secs	10000
Sables et graviers Imbibés d'eau douce	50-500
Sables et graviers Imbibés d'eau salée	2-20
Argiles	300-
Marnes	10000
Calcaires	20-100
Grès argileux	300-
Grès, quartzites	10000
Cinérites, tufs volcaniques	0.5-5
Grès	10-300
	30-800

Tableau 1 : Résistivité des roches et des eaux

SEV 01			SEV 02			SEV 03		
AB /2	MN /2	R é s A p p (O h m . m)	AB /2	MN/ 2	R é s A p p (O h m . m)	AB/2	MN/2	R é s A p p (O h m . m)
1	0.500	28.590	1	0.500	24.261	1	0.500	58.298
1.5	0.500	26.330	1.5	0.500	27.483	1.5	0.500	79.17
2	0.500	28.577	2	0.500	29.896	2	0.500	89.490
2.5	0.500	30.400	2.5	0.500	29.911	2	0.500	89.551
3	0.500	27.020	3	0.500	36.102	2.5	0.500	107.519
4	0.500	21.134	4	0.500	26.679	3	0.500	123.403
5	0.500	18.055	5	0.500	24.544	4	0.500	140.936
5	1.500	21.497	5	1.500	24.490	5	0.500	123.172
7	0.500	15.697	7	0.500	22.579	5	1.500	83.372
7	1.500	18.243	7	1.500	22.798	7	1.500	56.038
10	1.500	15.764	10	1.500	18.427	10	1.500	63.853
15	1.500	15.333	15	1.500	23.551	15	1.500	88.229
20	1.500	15.420	20	1.500	21.448	20	1.500	102.875
30	5.000	23.209	25	1.500	23.910	25	1.500	109.807
30	5.000	23.157	25	5.000	21.966	25	5.000	147.621
40	5.000	21.354	30	5.000	22.962	30	5.000	142.793
50	5.000	22.047	40	5.000	27.046	40	5.000	130.874
70	5.000	23.717	50	5.000	29.302	50	5.000	120.161
70	15.000	32.462	70	5.000	32.436	70	5.000	117.772
100	15.000	27.952	70	15.000	30.341	70	15.000	68.164
150	15.000	26.941	100	15.000	28.957	100	5.000	249.542
200	15.000	30.812	150	15.000	32.066	100	15.000	82.096
250	15.000	26.644	200	15.000	30.398	150	15.000	101.398
250	25.000	39.068	250	15.000	2079.560	200	15.000	90.490
300	25.000	34.328	250	15.000	25.337	250	15.00	88
400	25.000	41.430						
500	25.000	55.053						
X	328092.00		X	327861.00		X	327720.00	

Y	4052612.00	Y	4052470.00	Y	4052377.00
Z	433	Z	395	Z	365

SEV 04			SEV 05			SEV 06		
AB /2	MN /2	R é s A p p (O h m . m)	AB /2	MN/ 2	R é s A p p (O h m . m)	A B / 2	M N / 2	R é s A p p (O h m . m)
1	1	186.791	1	1	35.543	1	1	46.447
1.5	1	159.866	1.5	1	37.135	1.5	1	27.308
2	1	155.056,	2	1	34.312	2	1	26.418
2.5	1	131.584	2.5	1	27.101	2.5	1	25.808
3	1	109.669	3	1	24.082	3	1	23.366
4	1	100.956	4	1	19.689	4	1	22.555
5	1	83.526	5	1	22.401	5	1	20.067
5	3	128.247	5	3	18.956	5	3	20.262
7	3	186.49	7	1	20.449	7	3	21.981
7	3	74.607	7	3	17.509	10	3	23.486
10	3	65.878	10	3	18.339	15	3	26.809
15	3	57.541	15	3	21.117	20	3	25.493
20	3	50.582	20	3	20.767	25	3	24.226
25	3	42.747	25	3	20.291	25	10	24.224
25	10	38.833	25	10	22.282	30	10	24.051
30	3	130.213	30	10	21.442	40	10	26.451
30	10	38.563	40	10	22.809	50	10	24.639
40	10	35.513	50	10	20.998	70	10	27.092
50	10	34.274	70	10	24.505	70	30	25.696
70	10	30.323	70	30	25.004	100	30	29.847
70	30	31.501	100	30	39.816	150	30	29.308,
100	30	32.752	150	30	60.162	200	30	35.507
150	30	34.654	150	30	31.095	250	30	27.648
200	30	42.524	200	30	43.704	250	50	24.389
250	30	30.993	250	30	53.431	300	50	12.807
250	50	31.662				300	50	12.952
300	50	36.654				400	50	217.780
400	50	38.031				400	50	190.227
450	50	50.685				500	50	14.968
X	327953.00		X	328108.00		X	328346.00	

Y	4052210.00	Y	4052122.00	Y	4052050.00
Z	379	Z	411	Z	457

SEV 07			SEV 08		
AB /2	MN /2	R e s A p p (O h m . m)	AB /2	MN/ 2	R e s A p p (O h m . m)
1	1	55.764	1	1	21.119
1.5	1	62.595	1.5	1	21.472
2	1	104.036	2	1	20.946
2	1	71.098	2.5	1	19.933
2.5	1	70.981	3	1	21.024
3	1	63.944	4	1	26.119
4	1	55.321	5	1	19.184
5	1	44.127	5	3	18.457
5	3	41.694	7	1	20.754
7	3	38.283	10	3	20.809
10	3	39.705	15	3	21.982
15	3	45.415	20	3	22.602
20	3	53.639	25	3	16.122
25	3	57.817	25	3	31.554
25	10	44.137	30	10	35.441
30	10	50.813	40	10	40.091
40	10	57.266	50	10	39.652
50	10	62.551	70	10	43.249
70	10	67.221	70	10	43.135
70	30	45.560	70	30	49.476
100	30	48.440	100	30	38.872
150	30	59.47	150	30	38.533
200	30	55.539	200	30	39.999
250	30	33.258	250	30	37.588
250	50	29.840			
300	50	31.39			
400	50	25.025			
500	50	9.558			
X	328385.00				
Y	4051874.00		4051728.00		
Z	485		460		

Références bibliographiques :

1. Carte géologique détaillée, échelle 1/50 000, Hammam Meskhoutin, Feuille N°053, année 1928.
2. Carte géologique détaillée, échelle 1/50 000, Azzaba-ex Jemmapes, Feuille N°032, année 1928.
3. Notice explicative de la carte géologique de Hammam Meskhoutin.
4. Notice explicative de la carte géologique d'Azzaba.
5. Etude de chimisme des eaux de surface et souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord Est Algérien), Bechiri Naouel, Mémoire Master, Université BADJI MOKHTAR, ANNABA, 2011.
6. Développement durable, une approche intégrée pour la gestion des ressources en eaux dans la Wilaya de Guelma, Boussis Ali, Mémoire Master Hydrogéologie, Université BADJI MOKHTAR, ANNABA, 2009.
7. Contribution de la Géophysique à l'étude hydrogéologique de la zone mercurielle Nord Numidique (Azzaba) ; Détermination de degré de Pollution, Ben hamza Moussa, Thèse d'état Hydrogéologie, Université BADJI MOKHTAR, ANNABA, 2007.
8. Etat actuel de ressources en eaux dans la Wilaya de Skikda (essai de synthèse, bilan, gestion, perspective), Mémoire Master Option Hydrogéologie, Ben Rabah Samia, Université BADJI MOKHTAR, ANNABA, 2006.
9. Agence des bassins hydrographiques ABH, Bassin de Côtiers Constantinois, Cahier N°04, Septembre 2000.

Liste des Abréviations

SEV : sondage électrique vertical
RES : Résistivité électrique
DV : Différence de potentiel
GPS: Global Positioning System

Mots clés:

Géologie

Sondage électrique verticale

Hydrogéologie