

Cit this: *JOWSET*, 2019 (04), N°01, 428-442

Hydro-electric study of bajocian aquifer of Mellaha village, Oued Guir, Er-Rachidia, Morcco

Wafik Amina^{1*}, Didi Salhddine², Ec-Chouafi Ensaf¹, Ouzerbane Zakaria², Abbari M'hamed¹

^[1] Faculté des Sciences Semlalia/ Université Cadi Ayyad, Département de Géologie, DLGR, URAC 43, Marrakech, Morocco.

^[2] Equipe Science de l'eau et ingénierie de l'environnement, Département de Géologie, Faculté des Science, Université Moulay Ismail, BP 11201, Zitoune, Meknes, Maroc

*Corresponding author, E-mail address: wafik@uca.ac.ma, ouzerbanegeophy@gmail.com

The village of Mellaha is located in the sector of Gourama in the province of Er-Rachidia. In the boundary between the central and eastern High Atlas. In severe climatic conditions as well as the risk of water shortage, a study proposed in collaboration with the local associations, aiming at: The mapping of the groundwater of the village by means of the electrical soundings as well as possible zones of recharge with through fault mapping by remote sensing. The treatment of electrical drill data revealed a series of logs showing alternation between marly and calcareous levels. This series of logs presents a continuous aquifer of variant depth between 1.54m and 79.8m, contained in the limestone formations of Bajocian.

Received: 27 April 2018
Accepted: 08 October 2018
Available online: 12 December 2018

Keywords:
Mellaha
groundwater
Goelectric
télétection
Bajocian

1. Introduction

L'eau est le composant principal de toute forme de vie, elle représente 70% de leur poids quel que soit leur catégorie (humains, animaux, végétaux, micros organismes...), mais elle est aussi l'élément primordial de la biosphère (ensemble de l'écosystème de la planète, êtres vivants et leur milieu). Dans les milieux secs et arides, les pluies rares sont à l'origine d'une exploitation importante des eaux souterraines qui restent les seules ressources en eau disponible. Ceci est le cas pour le site Mellaha objet de cette étude. Mellaha est un village localisé à proximité Gourama dans la province d'Er-Rachidia, il se caractérise par sa diversité géologique se démontrant à travers les marnes et les calcaires du Bajocien (Carte de Rich-Boudnib 1/200 000, in Wafik et al. 2018). Ce site dispose d'un potentiel hydraulique non négligeable, satisfait, par le biais des puits traditionnels et modernes, les besoins en eau de ses habitants. Avec la sévérité des conditions climatiques de la zone et la croissance démographique se pose le problème de pénurie des

ces eaux en vue de l'exploitation pratiquée et surtout qu'elles sont utilisées en majeure partie pour l'alimentation en eau potable et de façon plus modeste pour l'irrigation. L'aquifère exploité est dans la zone hydrogéologique qualifiée des nappes du Haut Atlas et nappes quaternaires (Vignou, 2008).

2. Matériel et méthodes

2.1. Objets et méthode

C'est ainsi que cette étude a pour ambition de contribuer à une meilleure connaissance hydrogéologique. Nous tenterons, de donner la carte des linéaments ressortis par télétection pour mieux mettre en évidence les fractures aboutissant à l'infiltration. Nous procéderons à la cartographie de l'aquifère au niveau du site d'étude par l'intermédiaire de l'application de la méthode électrique (sondages électriques), à partir des données géophysiques collectées sur terrain et traitées par le logiciel IPI2win. (fig.1).

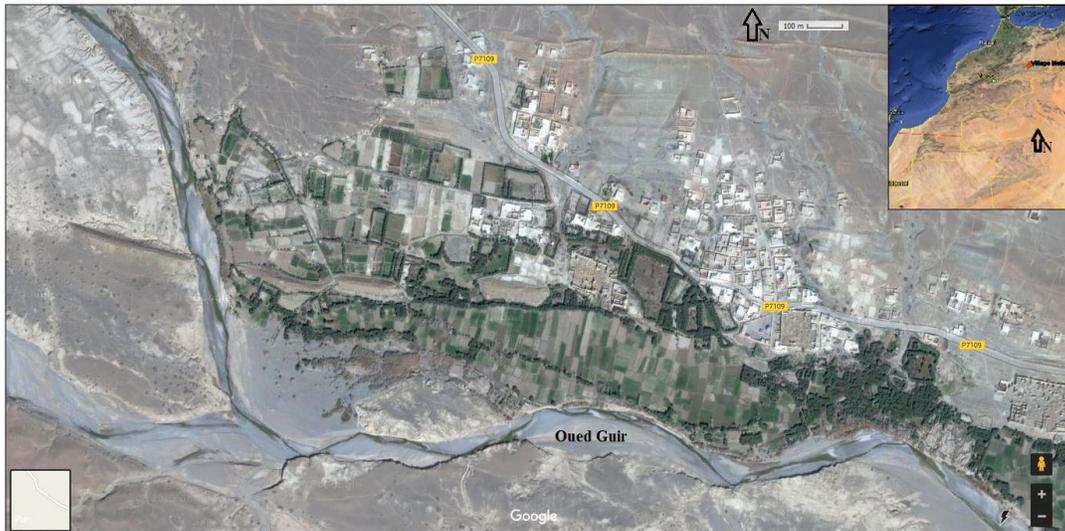


Fig.1 : Vue aérienne agrandie sur le village Mellaha (Google Earth). (Wafik et al., 2018)

3. Résultats et discussions

3.1. Apport de la télédétection sur le site d'étude

La télédétection renseigne sur l'exploration hydraulique à travers les réseaux de fractures en se basant sur les images satellitaires autant qu'un outil intéressant dans le domaine géologique qui facilite l'extraction d'informations (les failles, les plies, les fractures,...).

Pour notre cas d'étude au niveau du village Mellaha qui dispose d'un potentiel hydraulique non négligeable se manifestant sous forme d'un réservoir au niveau des formations calcaires permettant la circulation des eaux souterraines, la fracturation joue un rôle primordial surtout au niveau des formations ables à faire circuler l'eau comme le cas de ces calcaires diaclasés recélant la zone.

3.2.1. Données utilisées

L'objectif de l'intégration de cette partie télédétection dans le projet est d'établir une carte des linéaments de la zone Mellaha afin de détecter les fractures existantes, en déduire les zones potentielles d'alimentation de l'aquifère.

Cette tâche est réalisée par l'intermédiaire du logiciel **ERDAS Imagine 2014** autant qu'outil informatique de traitement des images satellitaires (Figure 2), et les données auxiliaires suivantes :

L'image satellite LANDSAT TM

«**LT51990382009189MPS00**» ;

La carte géologique de Rich-Boudnib (1/200 000).

3.1.2. Découpage de la zone d'étude

A partir du site (<http://glovis.usgs.gov>) l'image satellite LANDSAT TM «**LT1990382009189MPS00**» a été téléchargée contenant sept bandes spectrales, après leur compilation nous avons obtenu l'image multispectrale caractérisée par le système de projection UTM (Zone 30 WGS84).

Cette image multispectrale est découpée selon les coordonnées Lambert suivantes :

ULX : 403709.830000

LRX : 417672.760000

ULY : 3573050.51000

LRY : 3564045.163000

Ceci pour obtenir une image multispectrale découpée délimitant la zone d'étude sur laquelle nous allons tracer les lignes pour établir la carte des linéaments de la zone (Figure 3).

3.1.3. Carte des linéaments établi

Cette carte obtenue extrait les linéaments présents au niveau de la zone d'étude Mellaha (Figure 22), traités par le logiciel Erdas imagine 2014 et exportés par le logiciel Arcgis. Cette carte met en valeur les linéaments correspondants à des failles et ceux représentant les travertins des cuvettes de la zone et les fractures responsables de l'infiltration. Cependant les autres linéaments peuvent simplement correspondre à des pistes et des Chàabas.

3.1.4. Rosace directionnelle

La rosace directionnelle est une représentation de direction à travers la visualisation des principales caractéristiques géométriques des structures analysées. Après l'extraction des directions caractérisant la zone d'étude nous avons reporté les résultats sur un tableau définissant les directions pour avoir une idée sur la direction dominante (Tableau 1 et Figure 4).

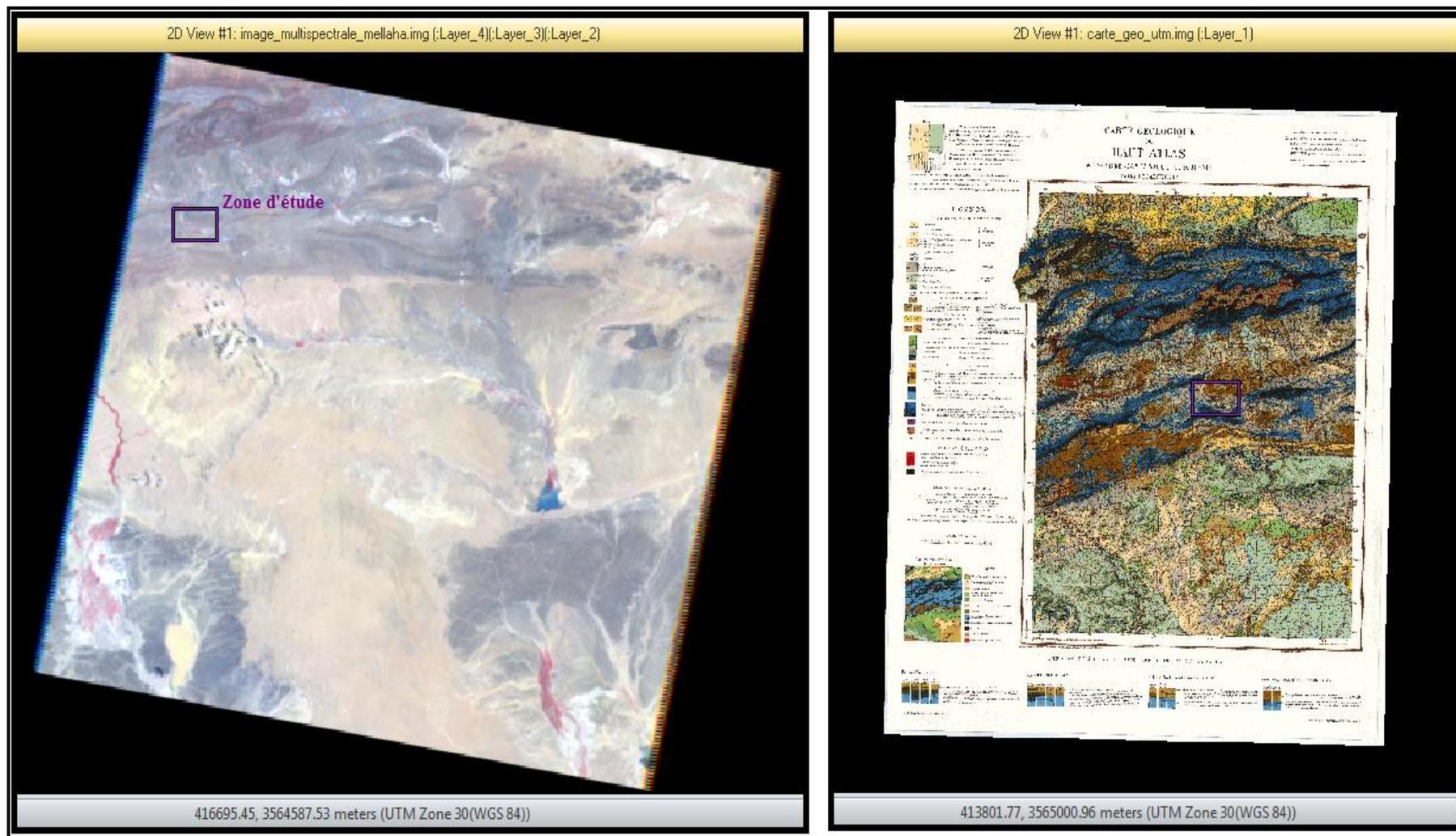


Fig. 2: Image LANDSAT et la carte géologique géoréférencées de la zone d'étude Mellaha

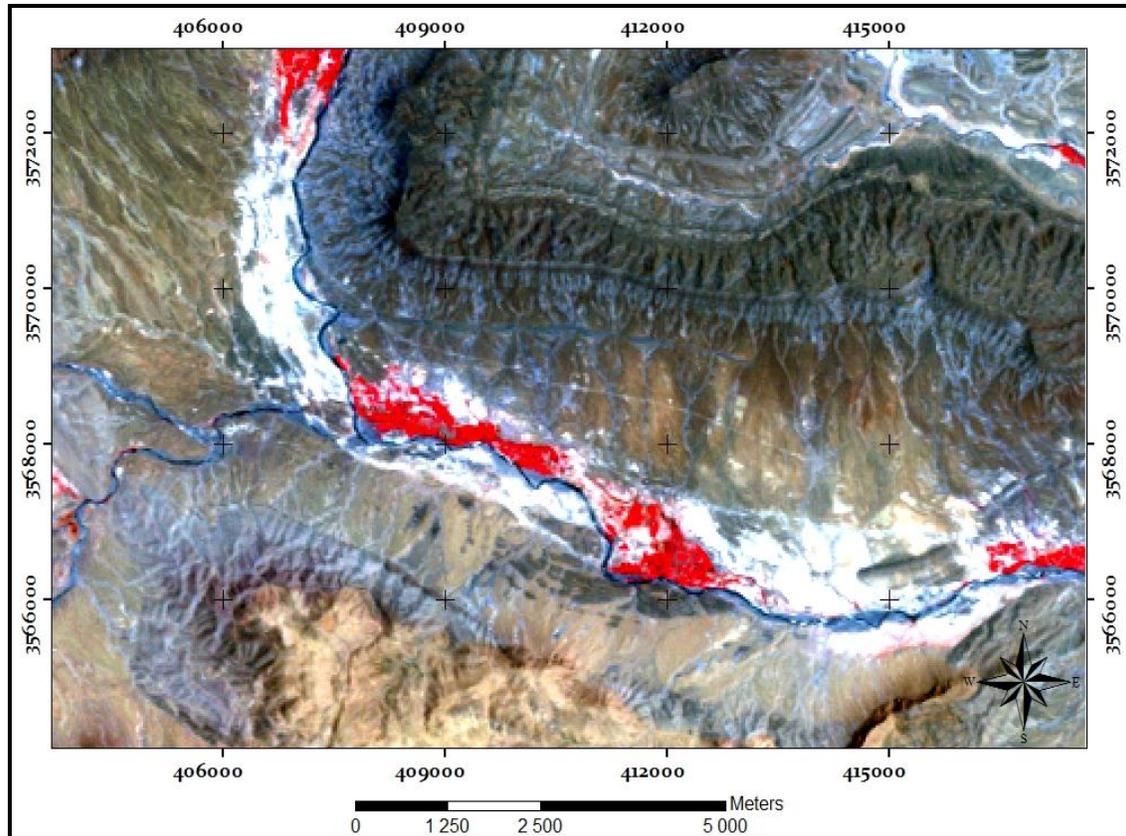


Figure 3 : Image découpée de la zone Mellaha.

Tab.1 : Classes des directions des linéaments de site d'étude Mellaha)

Classe (°)	Effectif	Pourcentage (%)
0-10	9	3
10-20	36	11
20-30	52	15
30-40	73	21
40-50	55	16
50-60	31	9
60-120	8	2
120-290	17	5
290-310	10	3
310-330	39	11
330-360	12	4
Somme	342	100

Nous constatons à partir de la rosace directionnelle représentée ci-dessus que la majorité des linéaments caractérisant la région Mellaha s'inscrivent dans l'intervalle compris entre 30-40° E. Il ya présence aussi de la direction 130°-140°SE. Les calcaires diaclasés renfermant la zone, participent à la facilitation de la circulation des eaux.

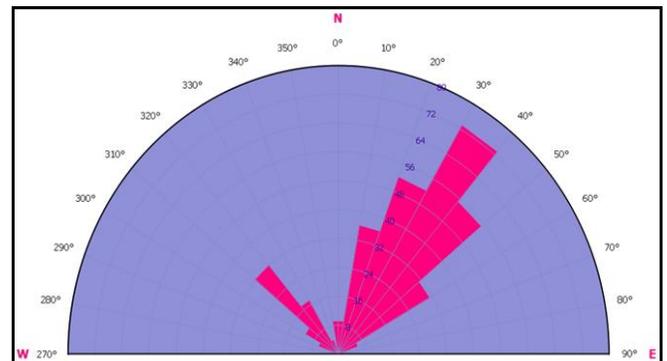


Fig. 4: Rosace directionnelle de la zone d'étude Mellaha

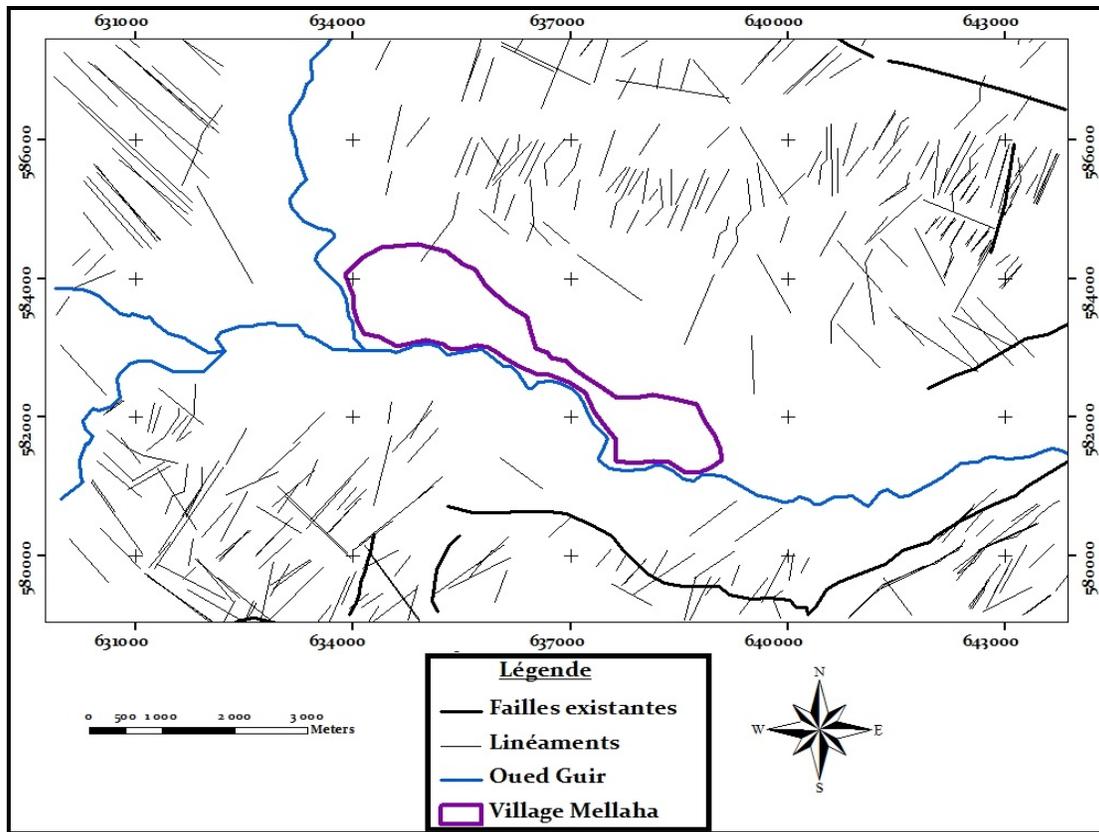


Fig.5 : Carte des linéaments du site d'étude Mellaha.

3.2. Traitement des données géophysiques collectées sur terrain

3.1.1 Présentation de la méthode électrique (Dispositif de Schlumberger) appliquée à la prospection hydraulique

La mise en œuvre de la méthode électrique est relativement simple à travers des électrodes d'injection de courant et ceux de mesure. Le dispositif de Schlumberger est le plus utilisé, caractérisé par quatre électrodes qui sont alignées et les milieux d'AB et MN sont confondus, l'écartement entre M et N est fixe et inférieur à AM et NB (Figure 6).

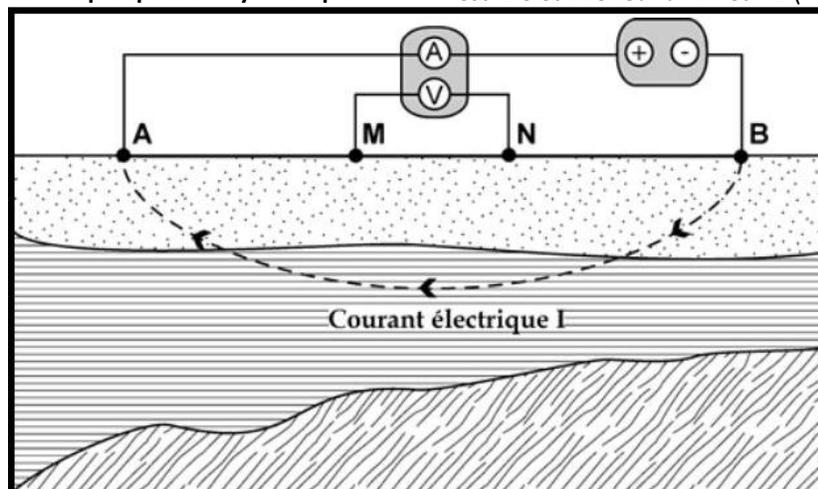


Fig. 6: Schéma de la configuration du dispositif quadripôle de Schlumberger A et B des électrodes d'injection.

M et N des électrodes de mesure pour définir la résistivité apparente (www.ente-aix.fr)

Le matériel utilisé comprend (Figure 7) :

- Une batterie de 12V (pour l'injection du courant électrique) ;
- Un résistivimètre de type Syscal R2 (pour mesurer les résistivités électriques) ;
- Un système de 4 électrodes (deux électrodes AB pour injecter le courant et deux électrodes MN pour mesurer le potentiel) ;

- Des câbles de connexion pour relier les éléments ;
- Des marteaux, 4 piquets Métalliques ;
- Un GPS (ne fait pas partie du matériel de prospection géophysique) outil principal pour la prise des coordonnées géographiques de chaque point de mesure.



Fig.7 : Matériel utilisé pour les sondages électriques.

3.1.2 Principe de fonctionnement

La mesure de la résistivité électrique apparente est basée sur l'emploi de dispositifs formés de quatre électrodes, où un courant électrique continu d'intensité I est injecté dans sol à travers les électrodes A et B et la mesure de la différence de potentiel ΔV est enregistrée au niveau des électrodes M et N. Selon la géométrie des électrodes, ces dispositifs prennent plusieurs noms (Wenner, Schlumberger, pôle-pôle, pôle-dipôle).

$$\rho_a = k * \frac{\Delta V}{I}$$

Avec:

ρ_a : Résistivité apparente ($\Omega.m$) ;

ΔV : Différence de potentiel (V) ;

I : Intensité du courant (A) ;

K : Coefficient géométrique du dispositif (m). Dans notre cas, le dispositif employé est celui de Schlumberger, k est déterminé à partir de la relation suivante :

Dans son fonctionnement, le Syscal R2 identifie les électrodes et exécute automatiquement les opérations d'injection du courant et de mesure de la différence de potentiel pour calculer la résistivité apparente, selon la formule suivante :

$$K = 2\pi * \frac{1}{\frac{1}{MA} - \frac{1}{NA} - \frac{1}{MB} + \frac{1}{NB}} = \frac{\pi * L^2}{2I}$$

L : La moitié de la distance entre A et B ;

I : la moitié de la distance entre M et N et ($L \gg \gg I$).

3.1.2 Positionnement des sondages électriques verticaux

Les sondages électriques verticaux (SEV) effectués depuis 28 jusqu'à 31 mai 2016 ont été positionnés parallèlement aux bandes calcaires marquant la zone en raison de leur pendage (Figure 8). Les coordonnées UTM des endroits de l'emplacement du résistivimètre ont été prises à l'aide d'un GPS puis converties au système de référence géodésique Merichich (Tableau 2).

Une attention particulière a été prise dans le choix des emplacements des sondages électriques afin de s'éloigner des éléments perturbateurs pouvant altérer les résultats. Les lignes

électriques de haute et moyenne tension ont été les éléments

fréquemment rencontrés au niveau du site d'étude.

Tab.2 : Coordonnées X, Y des sondages électriques réalisés dans la zone d'étude.

Sondage SEV	Coordonnées (m)	
	X	Y
S ₀	642879,45	583979,89
S ₁	642102,62	584374,76
S ₂	634141,13	583983,55
S ₃	634493,19	583727,12
S ₄	634954,60	583653,30
S ₅	635030,38	584260,83
S ₆	635366,91	584117,06
S ₇	635520,24	583286,74
S ₈	635487,32	583659,90
S ₉	635880,65	583374,45
S ₁₀	636214,74	583428,55
S ₁₁	636192,56	583191,55

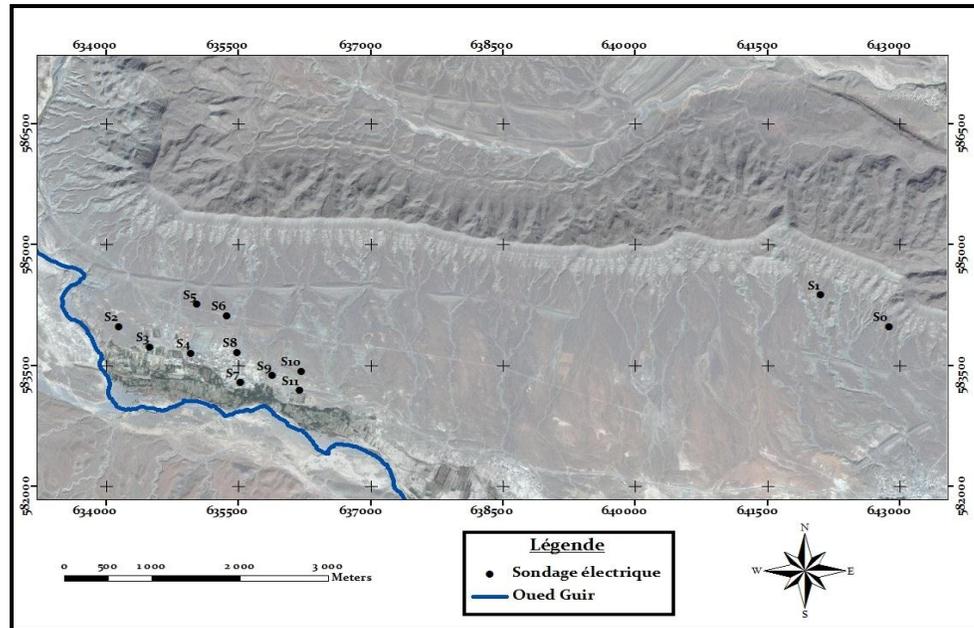


Fig. 8 : Positionnement des sondages électriques exécutés au niveau de la zone d'étude.

3.1.3 Collecte et traitement des données

Lors de l'exécution de la mission, les sondages électriques comprenaient 15 espacements (AB/2) échelonnés entre (5 et 400 m). L'espacement maximal de 400 m devait suffire pour obtenir une profondeur de pénétration permettant de relever le maximum d'informations.

La modélisation des données a été réalisée à l'aide du logiciel IPI2Win où les entrées sont les espacements AB/2, MN et les résistivités apparentes pour obtenir des courbes en modèles électriques composées de couches ayant comme caractéristiques principales une résistivité et une épaisseur.

Les courbes en modèles électriques obtenues par le logiciel IPI2Win présentaient une erreur ne dépassant pas 5% avec une correspondance entre la courbe du terrain et la courbe reconstituée à partir de la solution estimée pour confirmer la fiabilité des valeurs obtenues.

L'interprétation des courbes électriques est opérée à travers l'attribution aux couches obtenues par le logiciel IPI2Win, selon les résistivités ressorties, un type de roche (Tableau 3) correspondant aux données géologiques recueillies sur terrain.

Tab.3: Résistivités de différentes roches (www.wikhydro.developpement-durable.gouv.fr).

Type e roche	Gamme de résistivité (Ω.m)
Calcaire massif	1000-10 ⁷
Calcaire fissuré	80-1000
Marne	3-70

3.1.4. Log de calage du site d'étude

Lors de la mission du terrain, les sondages électriques ont été effectués au niveau du Bajocien illustrant une alternance entre des couches calcaires subhorizontales litées avec un pendage de 20° et des séries marneuses vertes. La colonne stratigraphique (Figure 9) ressortie à partir de la coupe géologique MN (Figure 8), matérialise les formations géologiques recelant le site d'étude et leurs caractéristiques.

Age	Lithologie	Formations
Bathonien		Calcaire corniche
		Marnes et calcaires
Bajocien		Marnes avec au milieu des niveaux calcaires
		Calcaires lités (Pendage de 20°) et Marnes

Fig. 9 : Colonne stratigraphique de la zone d'étude

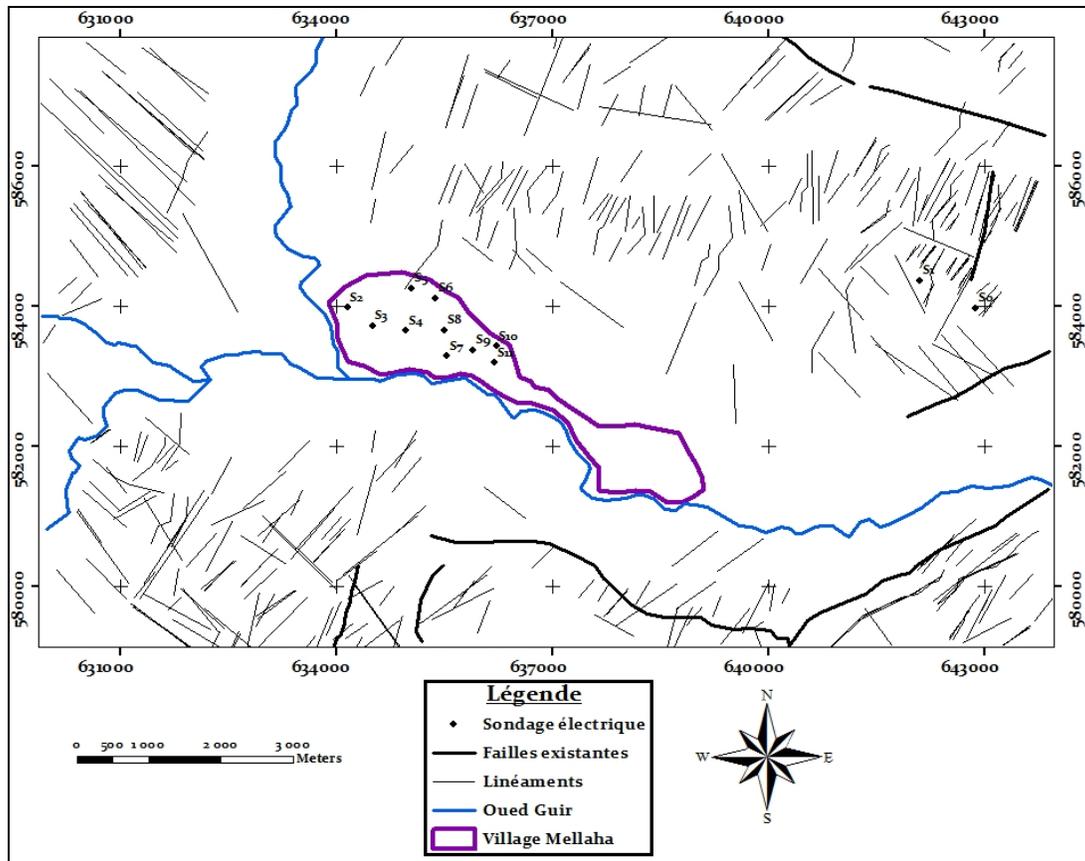


Fig.10 : Superposition des sondages avec les linéaments ressortis au niveau du site d'étude Mellaha

3.1.4. Résultats obtenus par le résistivimètre pour le sondage de reconnaissance SVE₀ et les sondage de prospection SVE₁ SVE₁₁

Onze sondages électriques en configuration de Schlumberger ont été réalisés et un sondage de reconnaissance (Tableau 4, Figure 11) lancé lors du premier jour de la mission afin de constituer une idée sur les résistivités et la nature correspondante selon les formations géologiques marquant la zone d'étude a été interprétés en utilisant Tableau 5.

La superposition des sondages électriques avec les linéaments ressortis par télédétection (Figure 20), montre que les SE₀ et SE₁ sont positionnés dans un endroit fracturé révélant une zone d'infiltration et qui est le cas aussi pour le SE₅.

Les résultats sont présentés sous forme de courbes montrant l'évolution de la résistivité apparente en fonction de la demi-longueur du dispositif de mesure (AB/2).

La non disponibilité des données des sondages mécaniques de la zone d'étude exécutés par l'agence du bassin hydraulique d'Er-Rachidia est un obstacle pour la vérification des résultats obtenus et la validation de ces derniers. Ceci nous a mené à se contenter de l'interprétation des résultats obtenus à partir des données observées et recueillies in situ lors de l'exécution des sondages électriques et de la coupe géologique de référence.

L'interprétation des courbes de sondages électriques a permis de distinguer sept groupes déterminés suivant le nombre de couches et l'allure de la courbe :

Tab. 4: Valeurs de la résistivité apparente obtenues pour le SE₀.

AB/2 (m)	MN (m)	Pa (Ω.m)
5	4	71.5
10	4	76.9
15	4	93.9
20	4	118.9
30	10	111.3
40	10	88.2
60	10	70.4
80	10	65.9
100	20	67.2
120	20	70.1
150	20	80.3
200	40	93.4
250	40	110.3
300	60	135.8

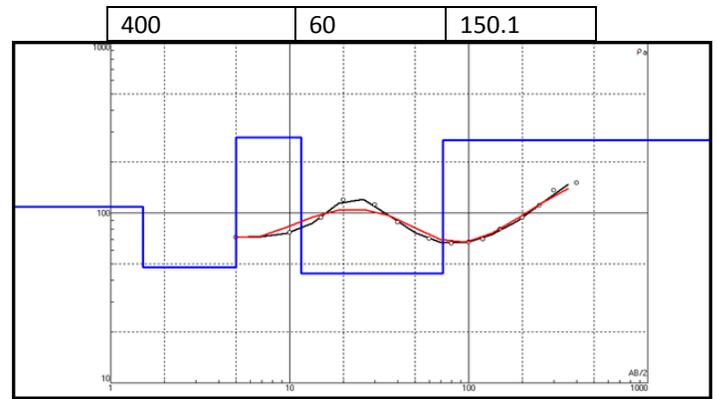


Fig 11: Courbe obtenue par le logiciel IPI2Win pour SE₀.

Tab 5: Distribution des couches et leurs épaisseurs pour SE₀.

Nombre de couches	pa (Ω.m)	Epaisseur h (m)	Profondeur d (m)
1	109,0	1,51	1,51
2	47,9	3,5	5,01
3	278	6,58	11,6
4	44,1	60,2	71,8
5	268		

Groupe A : Cette famille inclut les sondages (SE₀, SE₄, SE₇) où cinq couches sont mises en évidence. L'évolution de la résistivité apparente en fonction de la demi-longueur (AB/2), montre une courbe présentant une forme en « cloche puis fond de bateau ». Cette allure révèle une augmentation des valeurs de la résistivité suivie d'une diminution et d'une autre augmentation de ces dernières, et qui se traduit par l'alternance d'horizons résistants et d'autres conductifs. Ce modèle est constitué du haut au bas par les entités suivantes (Figure 12) :

- Un horizon calcaire fissuré à résistivité croissante variante entre 75 et 109 Ω.m de faible épaisseur ;
- Un horizon conducteur peu perméable avec une résistivité qui atteint 47 Ω.m correspondant à une couche marneuse ;
- Une couche calcaire fissurée de résistivité moyenne à forte et variante entre 184 et 278 Ω.m ;
- Une couche marneuse ;
- Une couche calcaire à forte résistivité atteignant une valeur de 268 Ω.m.

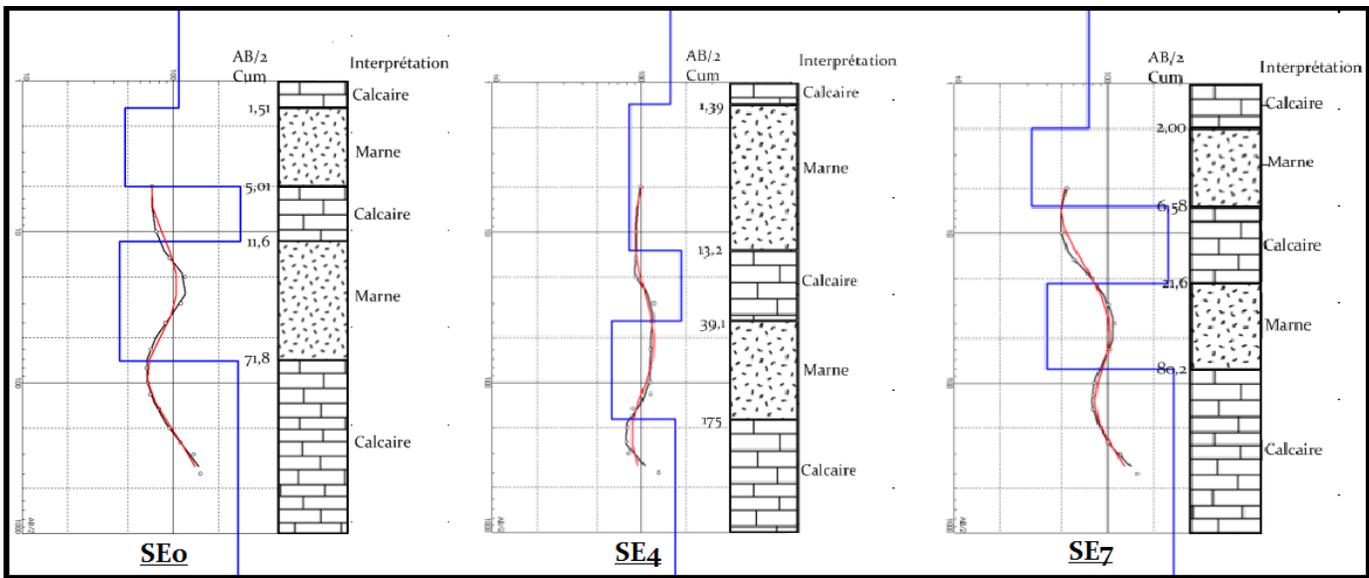


Fig.12: Interprétation des courbes des sondages électriques appartenant au groupe A.

Groupe B : Cette famille correspond au sondage électrique SE₁ mettant en valeur quatre couches. L'évolution de la résistivité apparente en fonction de la demi longueur (AB/2), montre une courbe présentant une forme en « Une première branche à escalier descendant », qui se caractérise par un palier descendant séparant la diminution des résistivités des couches calcaires, avec des valeurs qui s'échelonnent entre 85,8 et 122 Ω.m faisant la différence entre les couches calcaires fissurés à faible résistivité recelant un peu la profondeur et celles à résistivité moyenne, et le niveau conducteur marneux possédant une résistivité de 46,6 Ω.m (Figure 13).

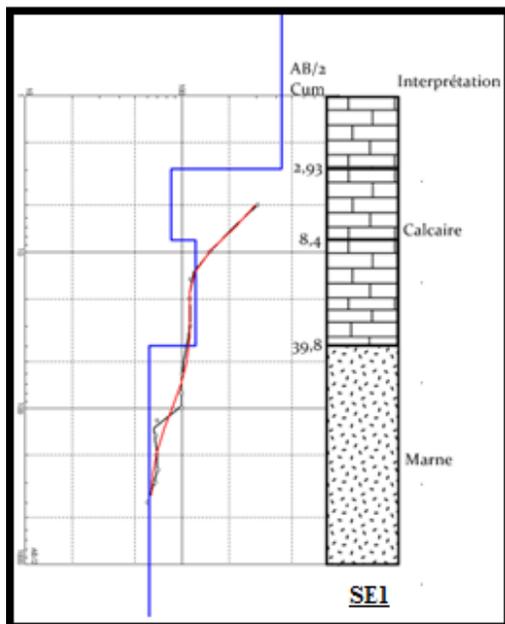


Fig. 13: Interprétation du sondage électrique SE₁

Groupe C : Cette famille regroupe les sondages électriques (SE₆, SE₁₁) où cinq couches sont mises en valeur. L'évolution de la résistivité apparente en fonction d'AB/2, indique une courbe de forme en « Fond de bateau » qui se traduit par une diminution graduelle de la résistivité suivie d'une augmentation (Figure 14). Ce modèle de terrain est constitué de :

- Deux horizons calcaire fissurés superposés de résistivité variée entre 136 - 196 Ω.m révélant des résistivités moyennes et entre 74,5 - 96,3 Ω.m traduisant de faibles résistivités ;
- Un niveau conducteur marneux présentant une résistivité apparente entre 40 - 58 Ω.m ;
- Un horizon calcaire fissuré à résistivité croissante présentant des valeurs entre 105 et 126 Ω.m.

Groupe D : Cette famille inclut les sondages électriques (SE₃, SE₉) mettant en évidence cinq couches. L'évolution de la résistivité apparente en fonction d'AB/2, présente une courbe de forme en « Cloche ». Elle indique une augmentation graduelle suivie d'une diminution des valeurs de la résistivité. Ce modèle démontre du haut vers le bas les formations suivantes (Figure 15) :

- Un horizon marneux conducteur avec des valeurs de résistivité variées entre 26 - 33,6 Ω.m ;
- Un niveau calcaire fissuré à faible résistivité présentant des valeurs variées entre 61,8-78,6 Ω.m, mais aussi un niveau calcaire marqué par une valeur de 140 Ω.m constituant la deuxième couche du SE₉ ;
- Un niveau marneux conducteur présentant des valeurs de résistivité entre 25 et 47,1 Ω.m ;
- Un horizon calcaire fissuré à faible résistivité présentant une valeur de 84 Ω.m.

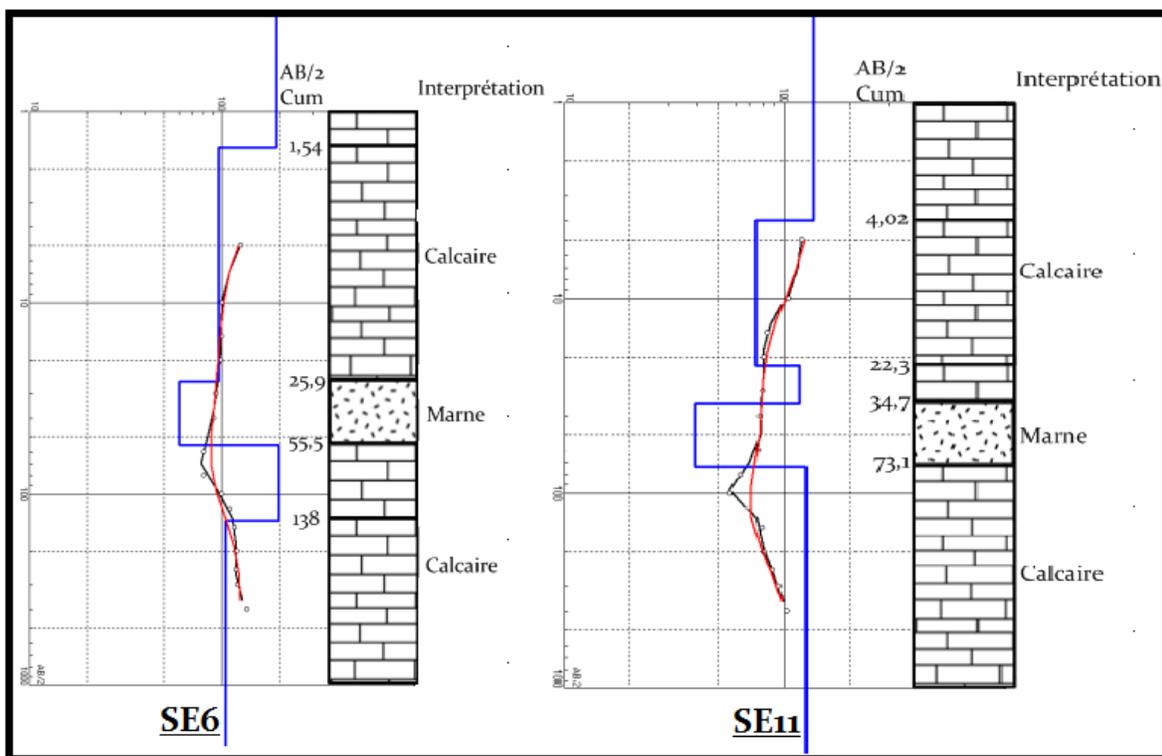


Fig. 14: Interprétation des courbes des sondages électriques appartenant au groupe C.

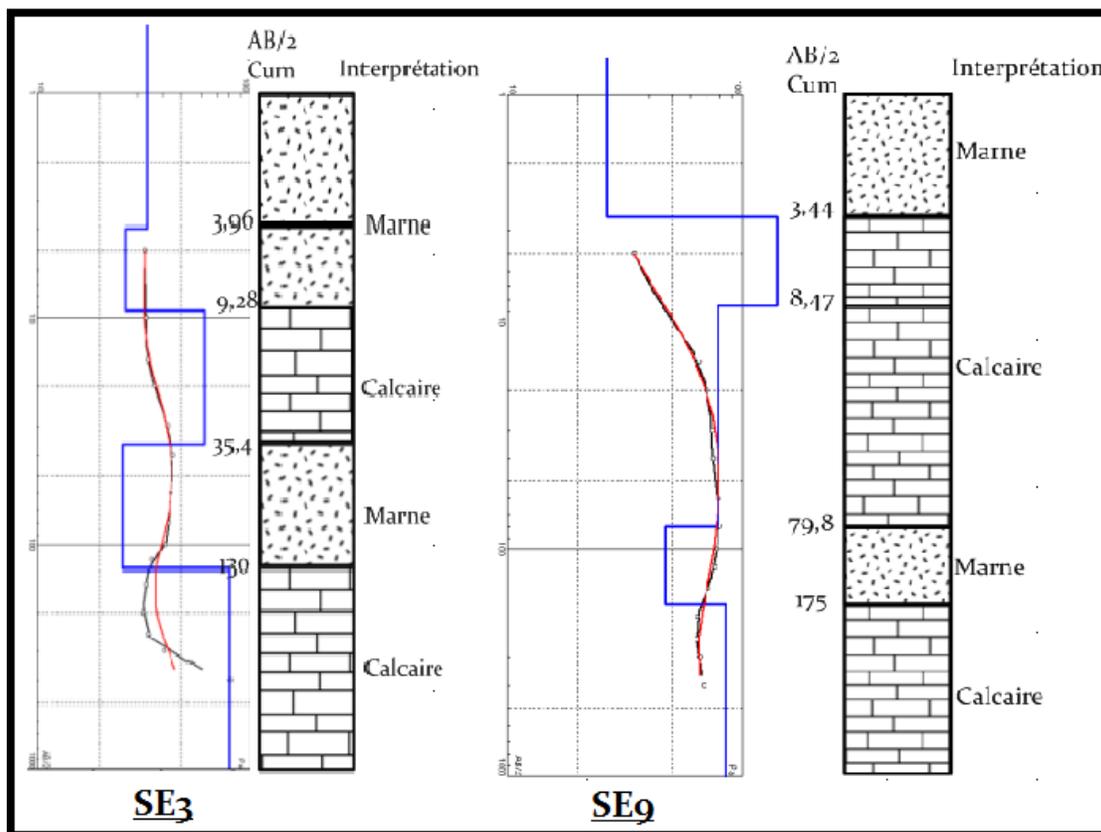


Fig. 15: Interprétation des courbes des sondages électriques appartenant au groupe D.

Groupe E : Ce groupe représente le sondage électrique SE₅ formé de quatre couches, l'allure de la courbe obtenue pour ce dernier présente une forme en « Fond de bateau puis en cloche » traduisant la diminution des valeurs de la résistivité apparente suivie d'une augmentation marquée.

Ce modèle suppose la présence de deux horizons calcaire fissurés à résistivité croissante avec la profondeur possédant des valeurs de la résistivité de 105 Ω.m pour la première couche et 118 Ω.m pour la troisième couche, séparés par deux autres horizons marneux conductifs présentant des valeurs de la résistivité de 30,3 Ω.m pour la deuxième couche et 33,6 Ω.m pour la quatrième couche (Figure 16).

Groupe F : Ce groupe représente le sondage électrique SE₈ formé par cinq couches. L'évolution de la résistivité apparente en fonction d'AB/2, indique une courbe de forme en « Fond de bateau puis en branche montante » qui inclue une diminution de la valeur de la résistivité apparente suivie d'une augmentation de cette dernière (Figure 16). Ce modèle de terrain démontre les entités suivantes :

- Un horizon calcaire fissuré à forte résistivité présentant une valeur atteignant 200 Ω.m ;
- Un niveau conducteur marneux d'une valeur de résistivité de 48,8 Ω.m ;
- Trois niveaux calcaire fissurés possédant des valeurs de résistivité variantes entre 78,6 et 203 Ω.m.

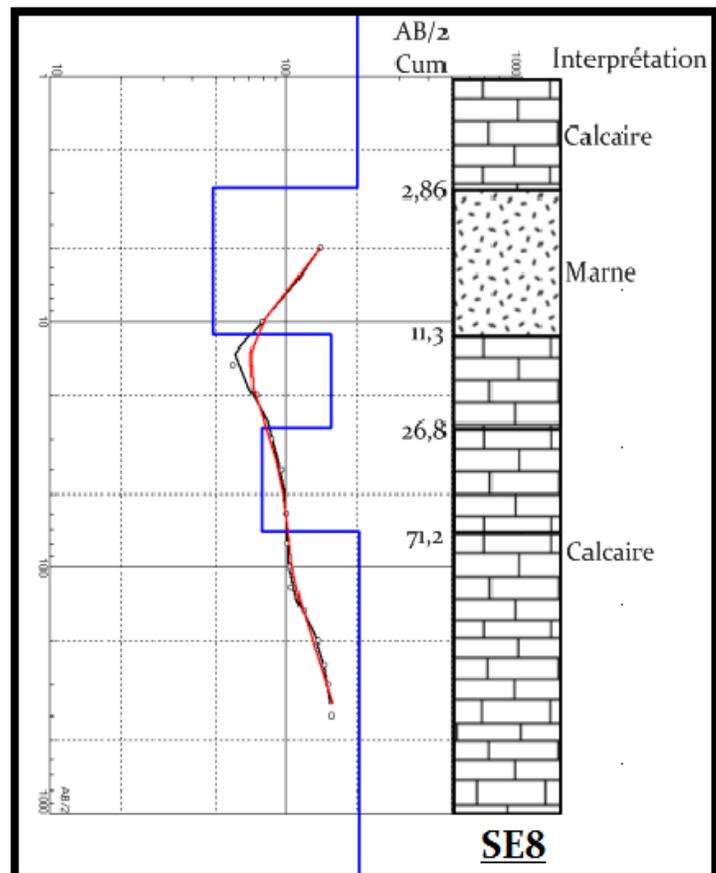
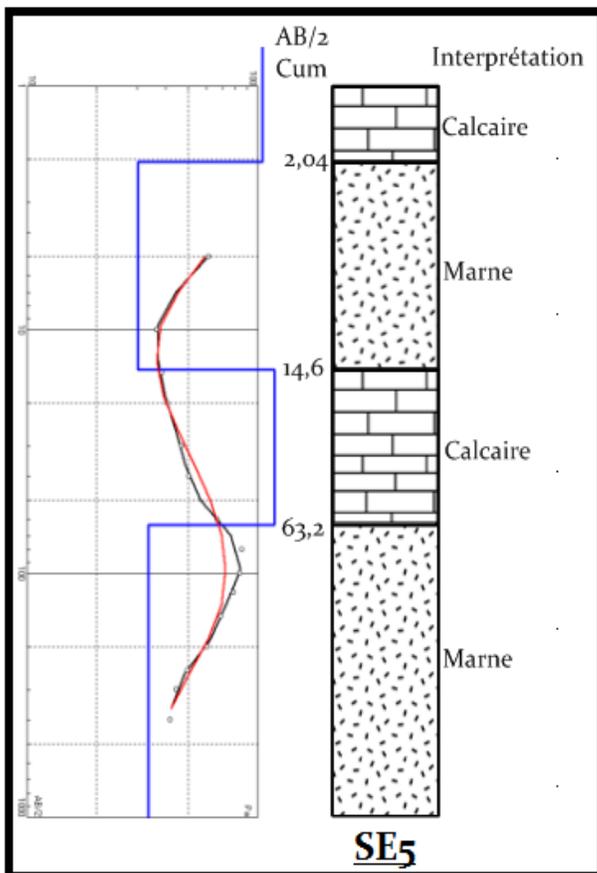


Fig. 16 : Interprétation des courbes des sondages électriques SE₅ et SE₈.

Groupe J : Cette famille inclut les sondages électriques (SE₂, SE₁₀) composés de cinq couches. L'évolution de la résistivité électrique en fonction de la demi-longueur (AB/2), montre une courbe avec une forme en « Cloche puis en palier », le SE₂ montre une courbe en

cloche étendue puis en palier ainsi que le SE₁₀ présente une courbe en cloche rétrécie puis en palier croissant. Les deux sondages démontrent une alternance entre des niveaux calcaires fissurés à forte résistivité et des niveaux marneux conductifs (Figure 17).

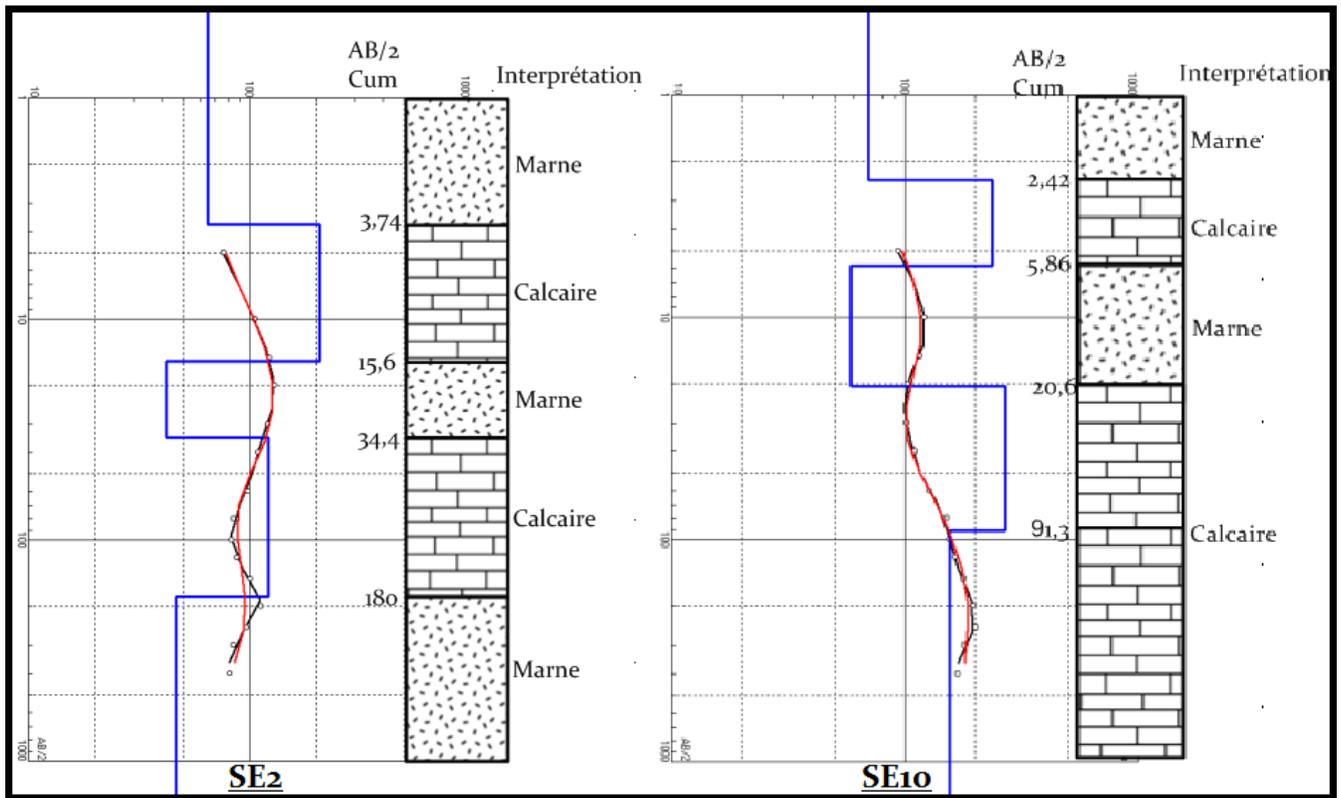


Fig. 17: Interprétation des courbes des sondages électriques appartenant au groupe J.

3.1.4. Corrélation des logs obtenus après traitement des courbes

L'interprétation des courbes électriques des sondages effectués au niveau de la zone d'étude Mellaha, a permis d'attribuer aux couches ressorties (Figure 18) :

- Des niveaux marneux peu perméables marqués par la fracturation et présentant des portions variables en argile expliquant les intervalles de variation des résistivités électriques apparentes, constituant le toit et le substratum de l'aquifère détecté.
- Des horizons calcaires fissurés à résistivité entre faible et moyenne s'inscrivant au milieu des logs obtenus et d'autres à forte résistivité se localisant dans l'ensemble dans la partie inférieure de ces derniers.

La zone d'application des sondages électriques au niveau du village Mellaha est constituée principalement d'une alternance

de calcaires fissurés perméables et de marnes peu perméables du Bajocien.

Les calcaires localisés au milieu des logs possèdent des résistivités faibles à moyennes permettant de mettre le doigt sur un réservoir d'eau de profondeur variée entre 1.54 m et 79,8 m, alors que ceux situés dans la base possèdent de fortes résistivités pouvant correspondre à une formation aquifère surtout en allant vers l'est avec une profondeur arrivant jusqu'à 175 m.

Finalement, Les calcaires séparés par les couches marneuses constituent, au sein de cet intervalle stratigraphique du Bajocien, une formation aquifère représentant une source en eau souterraine exploitée par la population de la zone.

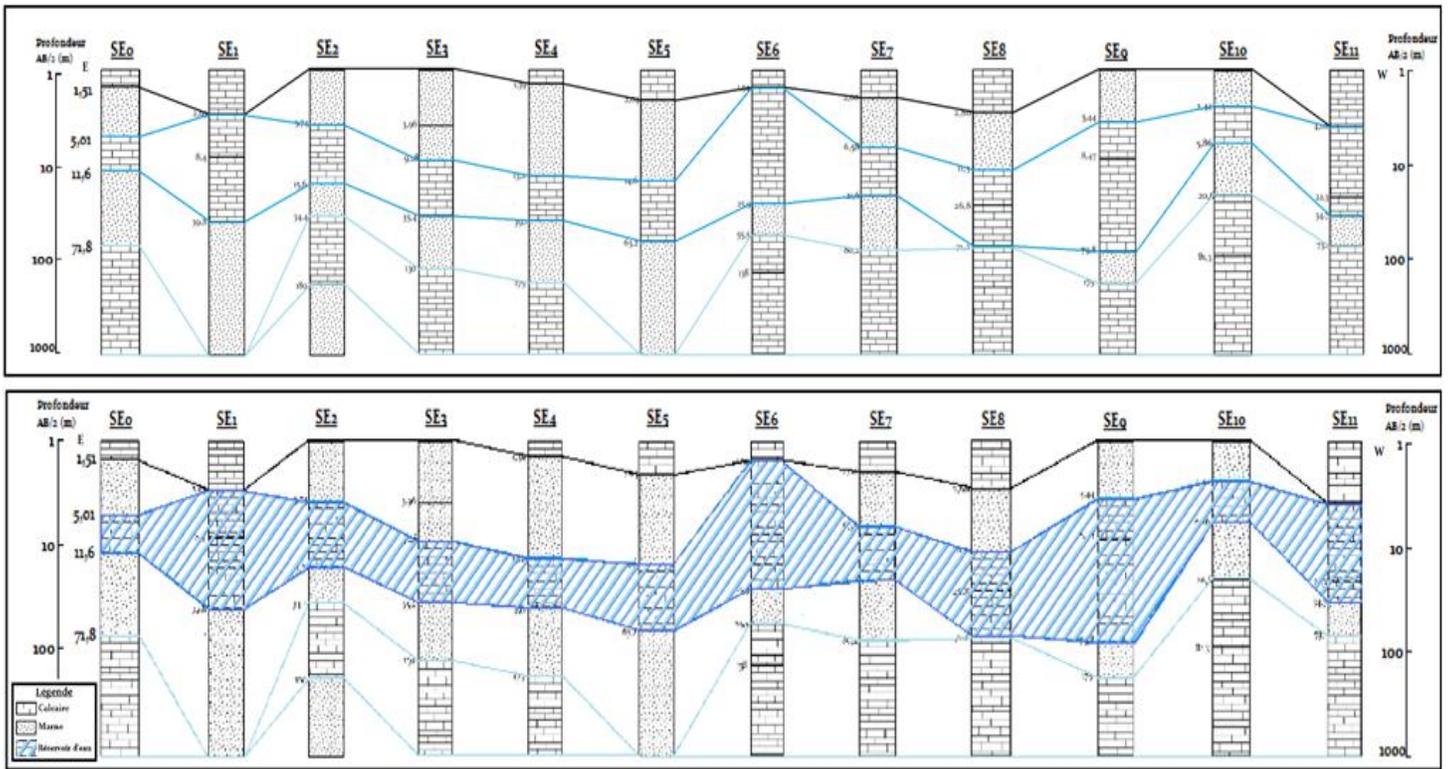


Fig. 18: Corrélation des logs obtenus à partir de l'interprétation des courbes de sondages électriques.

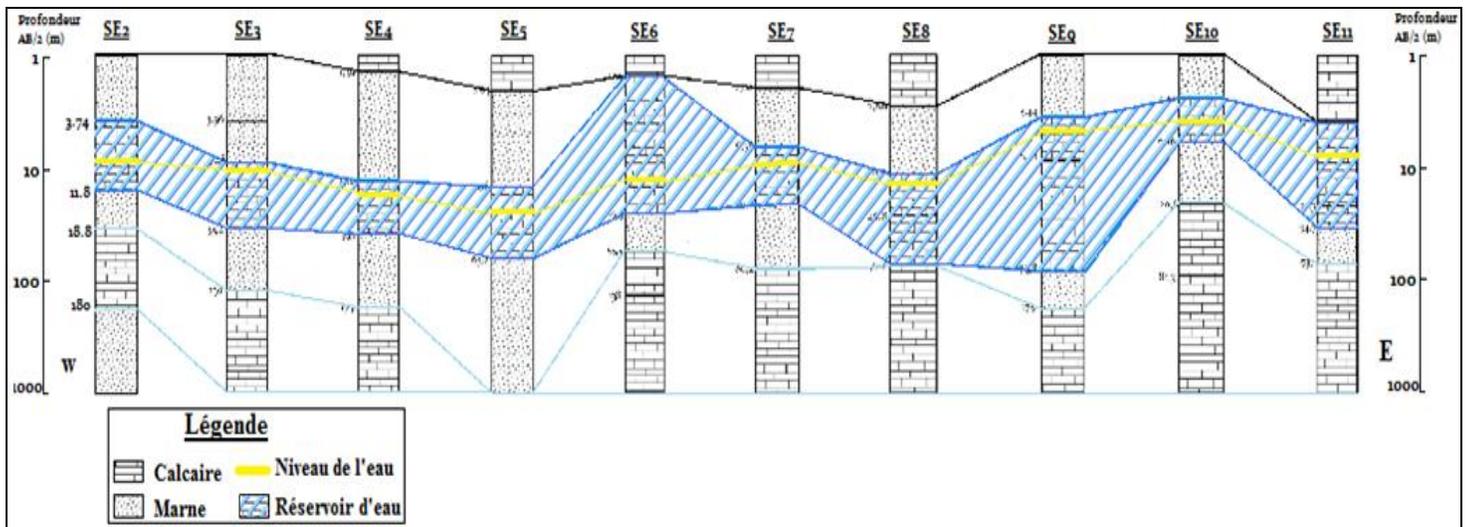


Fig. 19 : Compilation des logs obtenus avec les données hydrogéologiques.

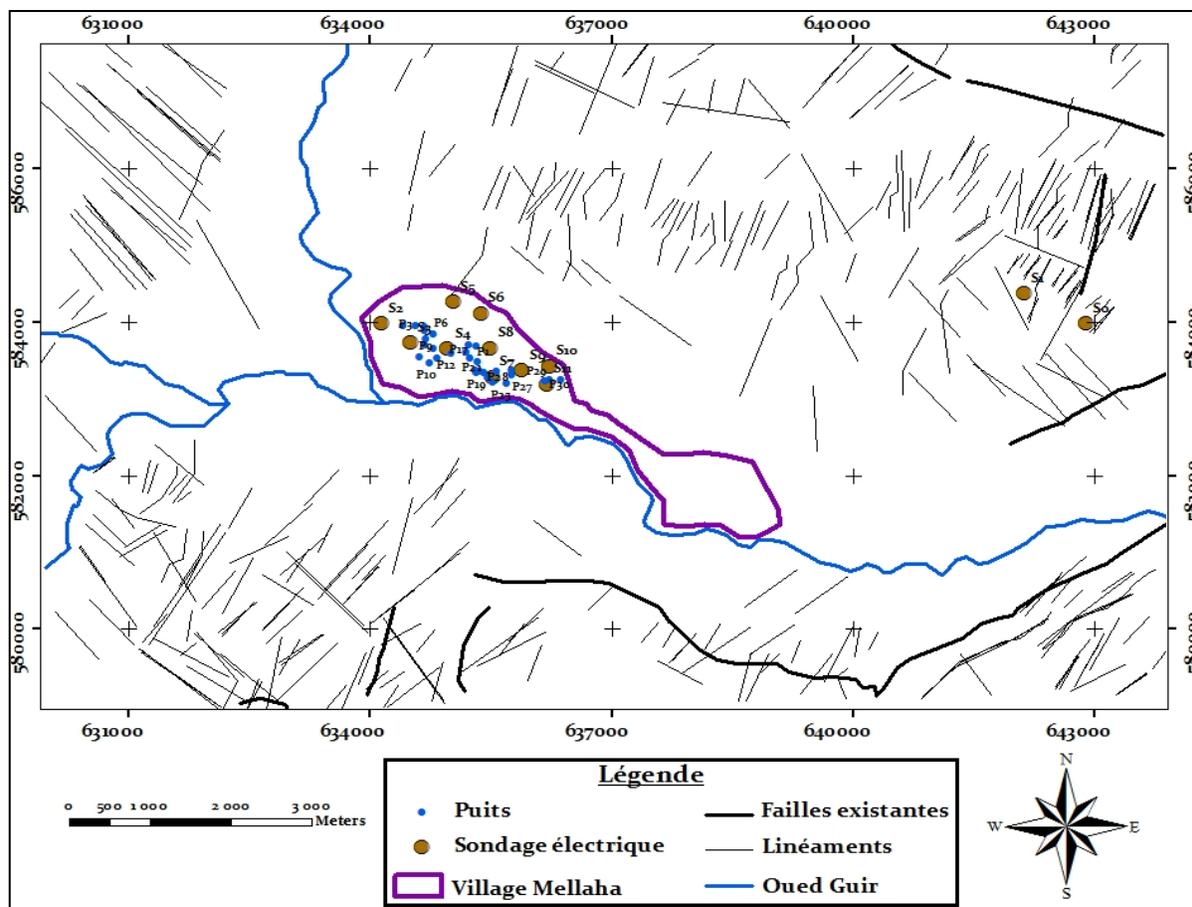


Fig.20 : Compilation de l'ensemble des résultats obtenus.

Conclusion

Le présent travail effectué au niveau du village Mellaha au voisinage du centre urbain de Gourrama, combine l'ensemble des disciplines (la télédétection, la géophysique) afin de répondre aux besoins des habitants pour la caractérisation des eaux souterraines présentes au niveau de ce site par application des sondages électriques et par analyse des éléments majeurs. L'étude montre que :

- Les linéaments ressortis présentent une direction de 30-40°E et une autre direction de 130-140°SE et correspondent à des failles, des travertins de la cuvette et à aux fractures. La fracturation marquant la zone rend les marnes compactes productives. Elle indique aussi la présence des zones de recharge au niveau de SE₅ et en allant vers l'est au niveau de SE₀, SE₁ pouvant alimenter l'aquifère de la zone pendant les périodes pluviales.

- L'emplacement des sondages électriques a permis de faire sortir une série de logs montrant la présence d'un aquifère continu, de profondeur variable entre 1,54m et 79,8 m, contenu

dans les formations calcaires du Bajocien. Cet aquifère révèle une baisse de son niveau d'eau du fait de l'exploitation.

L'aquifère bajocien exploité est dans le domaine hydrogéologique atlasique.

5- Références bibliographiques

1. A. Vignou., *Etude régionale des isotopes stables des eaux souterraines du Maroc en lien avec les précipitations. 2008. Rapport pour Baccalauréat ressources géologiques.* UQAM, 26.
2. A Wafik, E Echouafi et S Didi. *Etude hydrogéologique et hydrochimique du village mellaha oued guir, er-rachidia, maroc. In editing . Journal of Water Science and Environment Technologies, 2018 (03), 01, 279*
3. (*Carte de Rich-Boudnib 1/200 000*)
4. (<http://glovis.usgs.gov>)
5. (www.wikhydro.developpement-durable.gouv.fr).
6. (www.ente-aix.fr)