

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : Hydrogéologie

THEME

**Contribution à l'étude hydrodynamique de la
nappe CT2 dans la région Oued Righ Sud**

Soutenu publiquement par :

M. RAZZAG HEBLA Chérif

Le / /2016

Devant le jury :

Président : M. Bouselsal Boualam
Promoteur : M. ZEDDOURI Aziz
Examineur : M. NEZLI Emad eddine

M.C.C Univ. Ouargla
M. C. A Univ. Ouargla
P.r Univ. Ouargla

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père et Ma mère

Mon frère et ma sœur (Azzeddine et Amal)

A mon petit nièce : Hodhaifa

Toutes les grandes familles : REZZAG HABLA et
MEZZAR

Mon encadreur M : ZEDDOURI Aziz

Mes tantes et oncles ainsi que mes cousins et cousines

Toute mes amies (Khaled, Fares et Hicham)

REZZAG HEBLA Chérif



Remerciement

Dieu merci pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce travail n'aurait pu être réalisé.

Je suis très remercié chaleureusement:

L'encadreur : M : ZEDDOURI Aziz qui n'ont ménagé aucun effort pour nous fournir les conseils et remarques utile et nécessaire. A l'accomplissement de ce travaille ayant abouti à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude,

sur triple plan de :

Préparation et recueil des données, Etude, Analyse, synthèse et contrôle et rédaction.

➤ Tous les travailleurs dans le Bureau Hydraulique (Service Hydrogéologie)

En particulier : Mr. BEN AZZA Amer

➤ Tous les travailleurs aux laboratoires du Faculté des Sciences de la Terre et l'Univers (université Kasdi Merbeh Ouargla).

➤ Tous ceux qui nous ont aides de prés de loin pour arriver à réaliser ce travaille.

REZZAG HEBLA CHERIF



Liste des Tableaux

Tab.1 : Administrative de la vallée d'Oued Righ.....	08
Tab.2 : Températures moyennes mensuelles à Touggourt (2005-2015).....	36
Tab.3 : Précipitation moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015).....	37
Tab.4 : Humidité relative moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015)....	38
Tab.5 : Vents moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015).....	39
Tab.6 : Evaporation moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015).....	40
Tab.7 : L'insolation moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015).....	41
Tab .8 : résultats de l'analyse par la méthode de Theis pour le forage d'Ain Kharboucha....	61
Tab .9 : résultats de l'analyse par la méthode de Cooper-Jacob pour le forage d'Ain Kharboucha.....	62
Tab .10: résultats de l'analyse par la méthode de Theis pour le forage d'Ain Périmètre 41 ...	64
Tab.11: résultats de l'analyse par la méthode de Cooper-Jacob pour le forage d'Ain Périmètre 41.....	65

Liste des Figures

Fig.1 : Situation géographique de l'Oued Righ	06
Fig.2 : Répartition des palmeraies dans la vallée de l'Oued Righ	07
Fig.3 : localisation de la vallée de l'Oued Rihg (Touggourt)	09
Fig.4 : Carte des bassins sédimentaires, d'après Sonatrach.....	11
Fig.5 : Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale (UNESCO 1972).....	14
Fig.6 : Photo d'un forage du Complexe Terminale (2 ^{ème} nappe) à Sidi Mahdi.....	15
Fig.7 : Localisation géographique de forage.....	16
Fig.8 : coupe stratigraphique de Ain Thomas El-Mégarine.....	17
Fig.9 : coupe stratigraphique d'Ain Kharboucha Temacine.....	19
Fig.10 : coupe stratigraphique d'Ain périmètre 41 Blidet Amor.....	21
Fig.11 : la section stratigraphique de la zone d'étude.....	23
Fig.12 : Photo d'un forage du Continental Intercalaire à Sidi Slimane (HELAL , 2004).....	25
Fig. 13 : Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt, (sans échelle).....	26
Fig. 13 : Carte piézométrique de la première nappe du Miopliocène (CT1).....	28
Fig. 14 : Carte piézométrique de la deuxième nappe du Mio-pliocène (CT2).....	30
Fig.15 : Carte piézométrique de la troisième nappe du Sénonien Eocène (CT3).....	32
Fig.16 : Variation mensuelle des températures moyennes à la station de Touggourt (2005-2015).....	36
Fig.17 : Variation mensuelle de précipitation moyenne à la station de Touggourt (2005-2015).....	37
Fig.18 : Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne à la station de Touggourt (2005-2015).....	38
Fig.19 : Variation mensuelle de le vent moyenne à la station de Touggourt (2005-2015).....	39
Fig.20: Variation mensuelle de l'évaporation moyenne à la station de Touggourt (2005-2015).....	40
Fig.21: Variation mensuelle de l'insolation moyennes à la station de Touggourt (2005-2015).....	41
Fig.22 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région de Touggourt (2005-2015)	42
Fig. 23 : Exemple de diagnostic et de modélisation d'un essai par pompage de longue durée.....	45
Fig. 24 : Configuration des paramètres de l'essai de pompage.....	54
Fig.25 : Implémentation des niveaux d'eau en fonction du temps.....	55
Fig. 27 : La courbe Temps - Rabattement par logiciel aquifère test.....	55

Fig. 28: Phase de reporter dans logiciel aquifère test.....	56
Fig. 29 : Courbe type de Theis (in Chantale Blais, 1996).....	58
Fig. 30 : La courbe temps-rabattements du forage d'Ain Kharboucha.....	60
Fig. 31 : Méthode de Theis appliquée au forage d'Ain Kharboucha.....	61
Fig. 32 : Méthode de Cooper-Jacob appliquée au forage d'Ain Kharboucha.....	62
Fig. 33 : La courbe temps-rabattements du forage d'Ain Périmètre 41.....	63
Fig. 34 : Méthode de Theis appliquée au forage d'Ain Périmètre 41.....	64
Fig. 35 : Méthode de Cooper-Jacob appliquée au forage d'Ain Périmètre 41.....	65

Table des Matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Chapitre I : CADRE GÉNÉRAL DE LA ZONE D'ÉTUDE

I. Situation géographique et administrative de la vallée de l'Oued Righ.....	5
I.1. Situation géographique de la vallée de l'Oued Righ.....	5
I.2. Administrative de la vallée de l'Oued Righ.....	7
II. Localisation.....	8
III. Reliefs.....	10
IV. Géologie de l'Oued Righ.....	10

Chapitre II : ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

I. Introduction.....	13
II. Hydrogéologie régionale.....	13
II.1. La nappe phréatique.....	13
II.2. Les nappes du Complexe Terminal.....	13
II.2.1. La première nappe des sables.....	14
II.2.2. La deuxième nappe du sable.....	14
II.2.2.1. Description géologique de les coupes stratigraphique.....	18
II.2.3. La nappe du Sénonien-Eocène.....	24
II.3. Nappe du Continental Intercalaire dans le secteur de l'oued Righ Sud.....	24
III.1. Carte piézométrique de la première nappe (Mio-pliocène ; CT1).....	27
III.2. Carte piézométrique de la deuxième nappe (Mio-pliocène ; CT2).....	29
III.3. Carte piézométrique de la troisième nappe (Sénono-Eocène ; CT3).....	31
IV. Conclusion.....	33

Chapitre III : ÉTUDE HYDROCLIMATOLOGIQUE

I. Introduction.....	35
II. Etude des paramètres climatiques.....	35
II.1. Température.....	36
II.2. Précipitation.....	37
II.3. L'humidité.....	38
II.4. Vents.....	39
II.5. L'évaporation.....	40
II.6. Durée de l'insolation.....	41
II.7. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.....	42
III. Conclusion.....	43

Chapitre IV : ÉTUDE HYDRODYNAMIQUE

I. Introduction.....	45
II. Principaux types d'essais de pompage.....	46
II.1. Essai par paliers.....	46
II.1.1. Introduction.....	46

II.1.2. Equipment et limites.....	47
II.1.3. Régler les débits de pompage.....	48
II.1.4. Choisir la durée du palier.....	48
II.1.5. Déroulement de l'essai par paliers.....	48
II.2. Essai à débit constant.....	49
II. 2.2. Equipment et limites.....	50
II. 2.3. Déroulement de l'essai à débit constant.....	51
III. La mesure.....	52
IV. Le logiciel utilisé (Aquifère Test).....	52
IV.1. Logiciel Aquifère Test.....	52
IV.1.1. Avantage des nouveaux dispositifs.....	52
IV.1.2. Applications.....	52
IV.2. Etapes d'interprétation d'un essai de pompage par le logiciel Aquifère Test.....	53
V. Méthodes d'analyses.....	56
VI. Méthodes appliquées : (Theis et Cooper Jacob).....	57
VI.1. Méthode de Theis.....	57
VI.2. La méthode d'analyse de Cooper-Jacob.....	59
VII. Résultats et interprétations.....	60
VII.1. Interprétation des essais de longue durée à débit constant.....	60
VII.1.1. Le forage d'Ain Kharboucha situé à Temacine.....	60
VII.1.1.1. La méthode de Theis.....	61
VII.1.1.2. La méthode de Cooper-Jacob.....	62
VII.1.2. Le forage d'Ain Périmètre 41 situé à Blidet Amor.....	63
VII.1.2.1. La méthode de Theis.....	63
VII.1.2.2. La méthode de Cooper-Jacob.....	64

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'Algérie reçoit approximativement 90 milliards m³ de pluie par an dont 85% s'évaporent et le reste s'infiltré dans le sous sol ou s'écoule dans le cours d'eau. En matière de ressources souterraine, le volume exploitable est estimé à 1,8 milliards m³ au Nord [presque totalement exploitées aujourd'hui]. Au Sud et exactement dans le SAHARA Septentrional d'importantes ressources en eau existent tel que la nappe du Continentale Intercalaire (CI) et celle du Complexe Terminal (CT).

L'étude des ressources en eau est un axe principal, pour cela ces dernières années, des nombreuses recherches se sont concentrées sur l'étude de la quantité et qualité des ressources en eaux souterraines ou superficielles dans l'Algérie.

Notre contribution a pour objectif de se focaliser sur l'aspect quantitatif des eaux souterraines de la région de Touggourt. Et pour atteindre l'objectif de l'étude, nous avons développés les chapitres suivants:

❖ **Le premier chapitre : cadre général de la zone d'étude:**

Consacré à la description de la région de Touggourt (situation géographique de l'Oued Righ, administrative de la région de Oued Righ, localisation de la région d'étude , morphologie , aperçue géologique ...).

❖ **Le deuxième chapitre : étude hydrogéologique:**

Consacré à l'étude hydrogéologique, avec établissement des cartes piézométriques pour la nappe de continental intercaler (CI) et Complexe Terminal (CT).

❖ **Le troisième chapitre : ETUDE HYDROCLIMATOLOGIQUE:**

Consacré aux principaux paramètres hydroclimatologiques avec une estimation des paramètres essentiels du bilan.

❖ **Le quatrième chapitre : ETUDE HYDRODYNAMIQUE:**

C'est la principale partie dans ce travail qui s'est surtout consacrée à la détermination des paramètres hydrodynamiques, l'aptitude des eaux souterraines et de déterminer la transmissivité et Coefficient d'emmagasinement des eaux dans la nappes (CT2) la deuxième nappe de sable.

Donc, notre travail s'est porté sur des problèmes d'actualité touchant de près la région de Touggourt et en se basant sur les données récoltées des services concernés.

PRESENTATION

DE LA REGION D'ETUDE

I- Situation géographique et administrative de la vallée de l'Oued Righ :

I-1- Situation géographique de la vallée de l'Oued Righ :

L'Oued Righ est une entité économique bien précise, puisque l'on désigne sous ce terme, une vallée de palmeraies constituée d'un chapelet de 50 oasis; il est situé au Nord-est du Sahara algérien.

Géographiquement, la région de l'Oued Righ fait partie de l'ensemble de bassin du bas Sahara avec une superficie de 600.000 km², cette région se situe au Sud-est du pays, plus précisément au Nord-est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental, et la bordure Sud massif des Aurès.

La Vallée de L'Oued Righ est Située au nord du Sahara, en bordure du Grand erg oriental et au sud du massif des Aurès .elle s'étend sur un axe nord sud d'environ 150 km entre les latitudes nord 32°54 et 34°9.La vallée de l'Oued Righ débute au nord a oum el thiour à 110 km au sud est de Biskra et se termine à 150 km plus au Sud dans la village d'El Goug (Touggourt) (**Fig.01**).

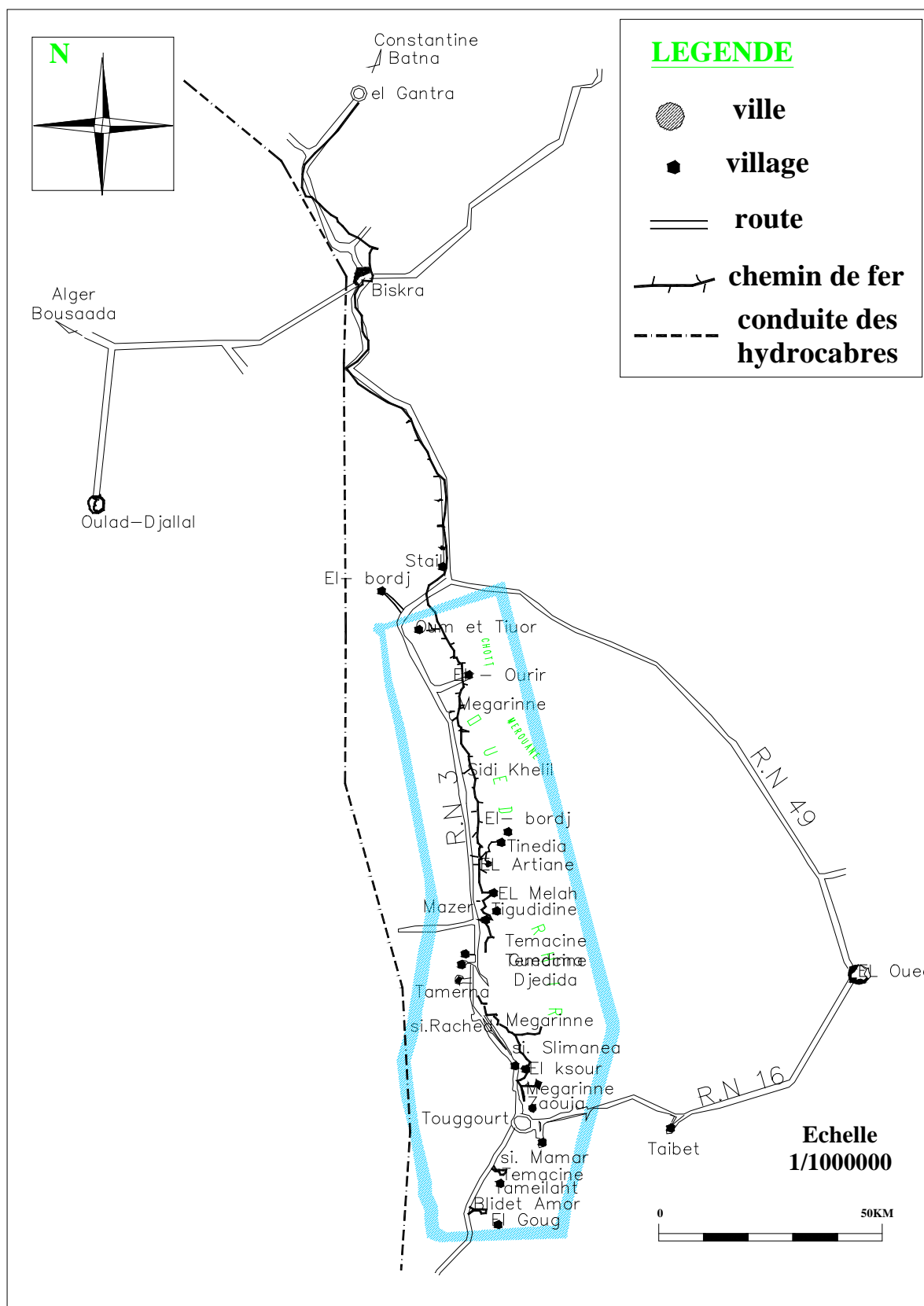


Fig. 1 : Situation géographique de l'Oued Righ (Taliouine ,2006).

I-2- Administrative de la vallée de l'Oued Righ :

La région de l'Oued Righ Elle est divisée administrativement en cinq grands daïra d'El MGHAIET et DJAMAA qu'ils font parties de la Wilaya d'El Oued et les daïras TOUGGOURT: Zaouïa Sidi EL Abed, El Nezla, Tebesbest ; TEMACINE: Baldat Amor; EL MEGARIN: sidi Slimane (**Fig.02**) .

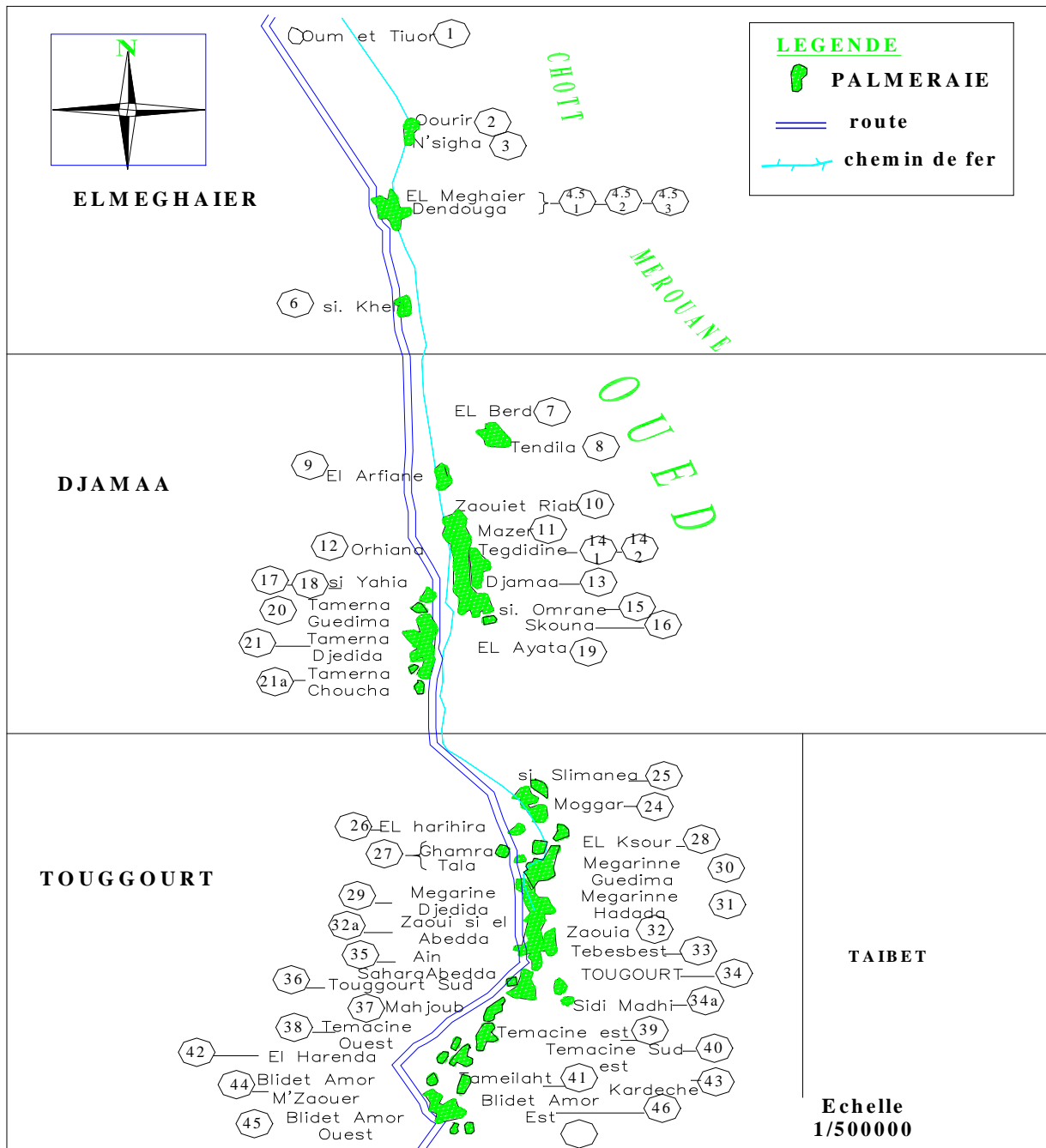


Fig. 2 : Répartition des palmeraies dans la vallée de l'Oued Righ Source

(A.B.H.S,2006)

II- Localisation

Appartenant administrativement à la wilaya d'Ouargla qui fut capitale des oasis, elle groupait en son sein la partie Nord de l'Oued Righ. En 1984, la partie Nord (actuelle daïrates d'EL Meghaier et de djamaa) est rattachée administrativement à la Wilaya d'EL – Oued. La ville détient une indéniable vocation de pôle régional et de centre de transit. Située à 32°, 43° de latitude Nord, à 4°, 32° de longitude Est et à 70 mètres d'altitude, la zone d'étude se trouve à une distance de 161 km, À une distance de 101km à l'Est de la Wilaya d' EL-Oued et 227 km au Nord de la Wilaya de Biskra. Et dont le territoire s'étend sur une superficie de 1874km² pour une population de 215 226 habitant (avril 2006), soit une densité moyenne de 114 ,84 H /km².

- La limite de la zone d'étude :
 - Au Nord : par la daïra de djamaa (W. d'EL-Oued).
 - A l'Est : par la Wilaya d'EL-Oued.
 - Au Sud : par la Wilaya de Ouargla.
 - A l'Ouest : par la daïra d'EL Hadjira (W. de Ouargla).

Elle compte actuellement 03 daïras regroupées en 08 communes comme suit :

Daïras	Communes
Touggourt	Touggourt, Nezla, Tebesbest, Zaouia EL-Abidia.
Temacine	Temacine, Blidet Amor.
Megarine	Megarine, sidi-Slimane.

Tab 01: Administrative de la vallée d'Oued Righ



**Carte de localisation
Haut de la vallon de l'Oued Righ
(Touggourt)**

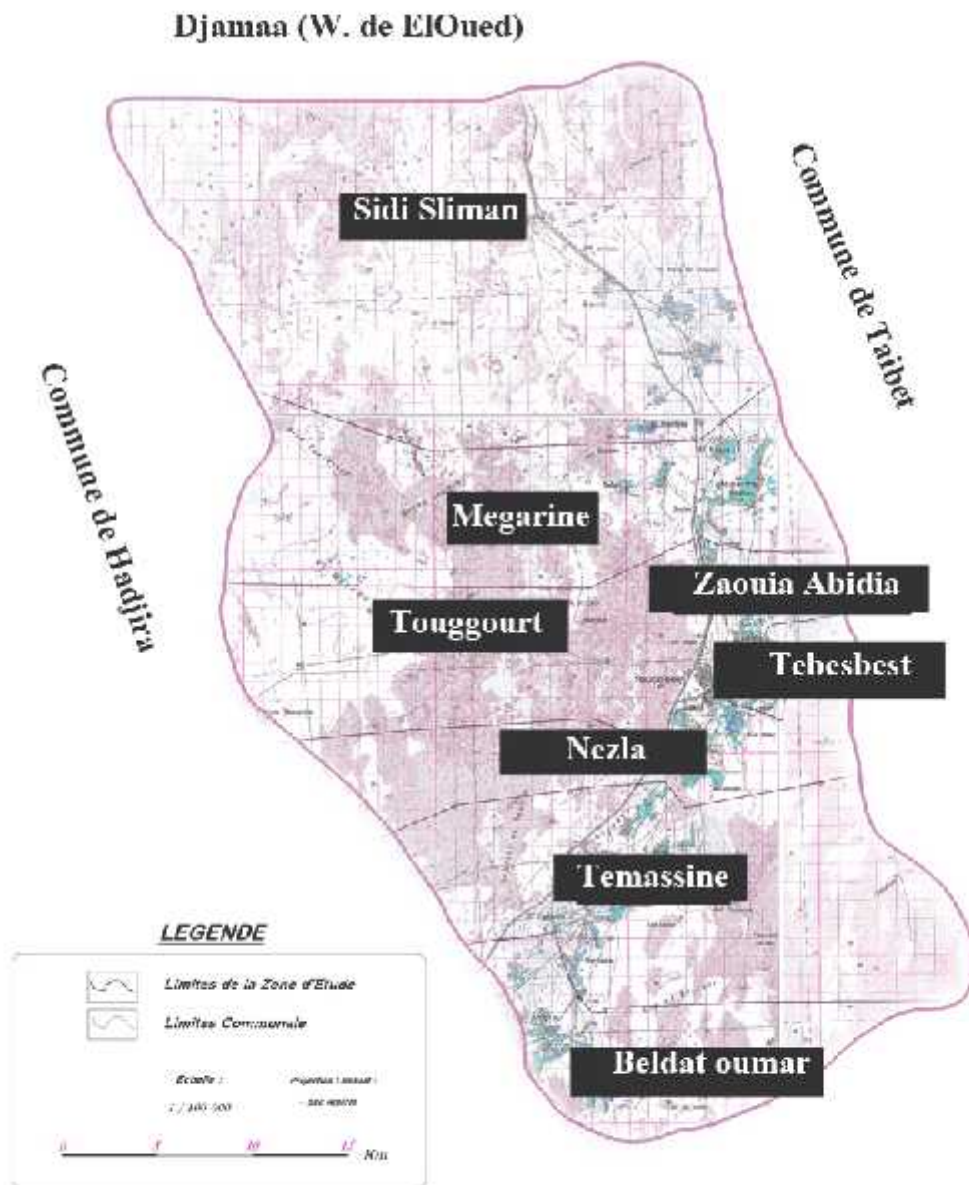


Fig. 3 : localisation de la vallée de l'Oued Righ (Touggourt) (BNEDER.,1998)

III- Reliefs:

La morphologie de la région est homogène, elle se présente comme une dépression de large fossé orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions.

Cette région est connue sous le nom de Bas-Sahara, à cause de sa basse altitude, notamment dans la zone des chotts au Nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer. L'altitude passe très progressivement de +100m à El Gouge à, +70m à Touggourt, +30m à Djamaa, 0 m à Mghaïer, -37 m au milieu du chott Mérouane (**DUBOST, 1991**).

IV- Géologie de l'Oued Righ :

Du point de vue géologique, la région de l'Oued Righ appartient à la plate forme saharienne, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplatis au début de l'Ere secondaire; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable.

La région de l'Oued Righ apparaît dans se schéma comme un vaste fossé synclinale dissymétrique. qui est limité :

- Au Nord, par l'accident Sud Atlasique ; et les premiers contreforts des monts des Aurès.
- Au Sud, par la falaise méridional du TINHERT .
- A l'est par les affleurements crétacés du DAHAR.
- A l'Ouest par la dorsale du Mzab .

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara (**fig. 04**). Avec plus de 600 Km de diamètre il couvre 720 000 Km² de superficie. Il s'étend des pieds de l'Aurès au nord jusqu'au Tassilis au sud. Une grande partie du bassin est recouverte par le grand Erg oriental, soit 125 000 Km². La région de Touggourt que nous étudions fait partie de cet ensemble (**BERGUIGA et BEDOUI, 2012**).

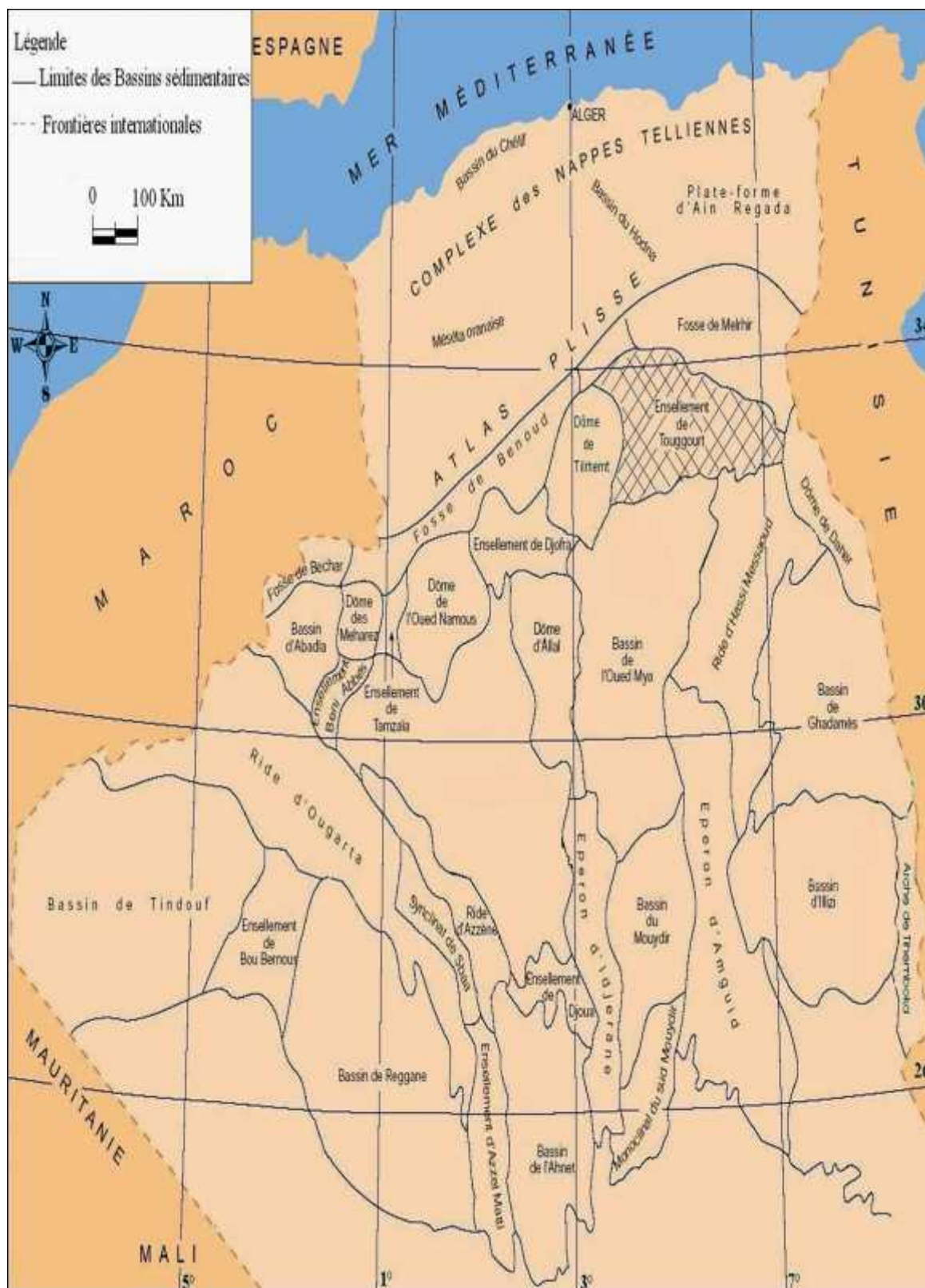


Fig. 4: Carte des bassins sédimentaires, d'après Sonatrach (HELAL ,2006)

HYDROGEOLOGIE

I- Introduction :

L'existence dans la région d'oued Righ de deux ensembles aquifères (CI, CT) ainsi que les particularités de cette région (captivité des réservoirs, fort artésianisme, température de l'eau élevée et maximum d'épaisseur des couches aquifères), font d'elle une région bien étudiée sur le plan hydrogéologique. Elle est partagée en deux secteurs : l'oued Righ nord et l'oued Righ sud, qui fait l'objet de notre étude.

II-HYDROGEOLOGIE REGIONALE :

II-1-La nappe phréatique:

La nappe phréatique est contenue dans les sables fins à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du sud vers le nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres. Caractérisée par des eaux à fortes salinités, la nappe phréatique est « gonflée » par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompages du CI et du CT. C'est pour drainer cet excès d'eau que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ.

La nappe phréatique est principalement alimentée par les eaux d'irrigation et de distribution urbaine, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés, par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du Complexe Terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation .

II-2-Les Nappes du Complexe Terminal:

Le Complexe Terminal est constitué de deux grands ensembles, l'un continental au sommet, l'autre marin à la base.

Les dépôts continentaux (Continental Terminal) sont représentés par des sables de taille variable, intercalés de lentilles argileuses parfois évaporitiques, d'âge Mio-pliocène. En revanche, les formations marines sont essentiellement carbonatées, déposées au cours de la transgression marine du Sénono-Eocène.

Le Complexe Terminal se distingue en deux formations aquifères très exploitées dans la région de Touggourt. Ce sont :

II-2-1-La première nappe des sables :

Hormis la nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grés, d'âge Mio-pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argiles constitue son substratum et son toit est formé par des argiles et des évaporites.

C'est une nappe captive qui était jadis très exploitée, avec un débit faible à moyen, de l'ordre de 20 à 40 l/s, (le débit global d'exploitation proche à 6 m³/s). Cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la capent sont actuellement moins utilisés.

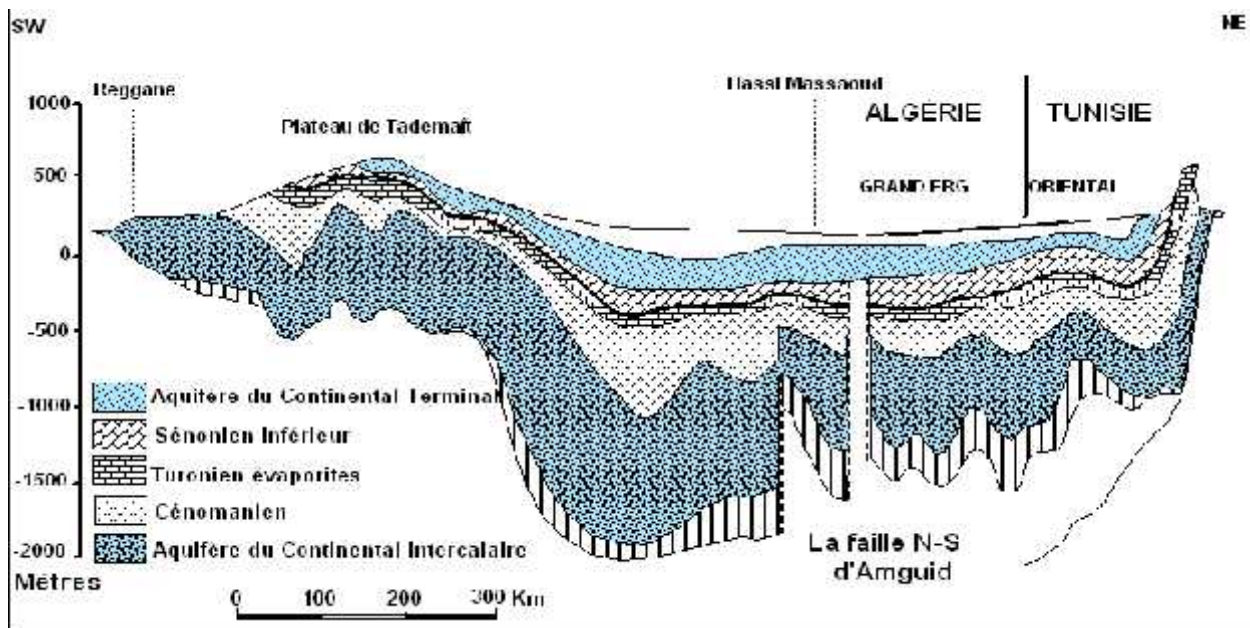


Fig. 5: Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale (UNESCO 1972).

(HELAL , 2004)

II-2-2-La deuxième nappe du sable :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-pliocène. Comme la première nappe, elle est formée essentiellement des grés, de gravier et de sables avec la présence de quelques lentilles argileuses. L'épaisseur de la couche aquifère est de 20 à 36 m. Cette nappe captive est très exploitée par des forages moyennement profonds (100 et 165 m), avec un débit variant entre 25 et 45 l/s. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes, forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.



Fig. 6 : Photo d'un forage du Complexe Terminale (2^{ème} nappe) à Sidi Mahdi (HELAL , 2004)

Ces deux nappes de Mio-pliocène sont alimentées localement par les rares précipitations et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal de l'oued Righ), et les percolations des nappes artésiennes sous jacentes. Les prélèvements par forages représentent leur seule exhaure.

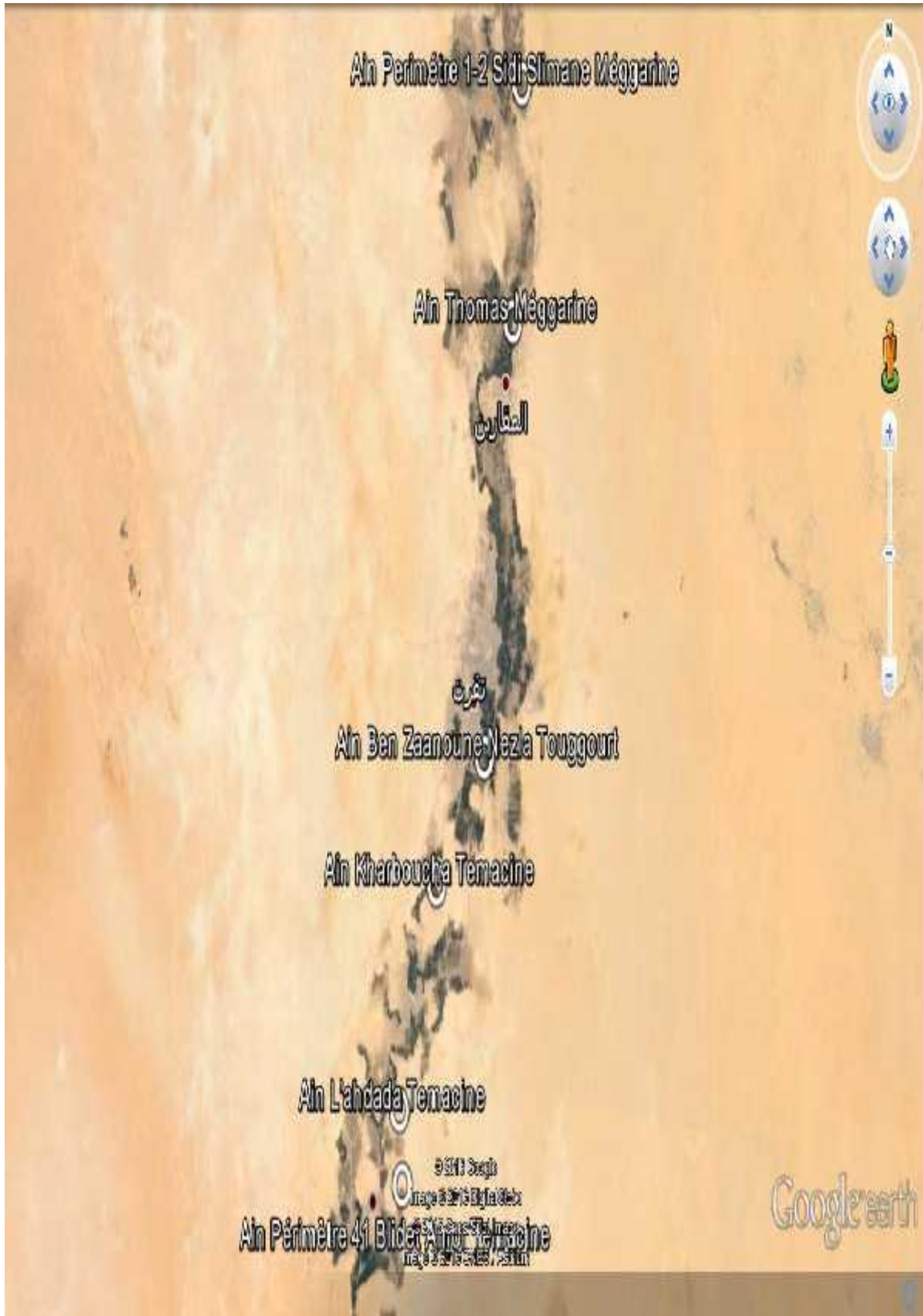


Fig. 7 : Localisation géographique des forage

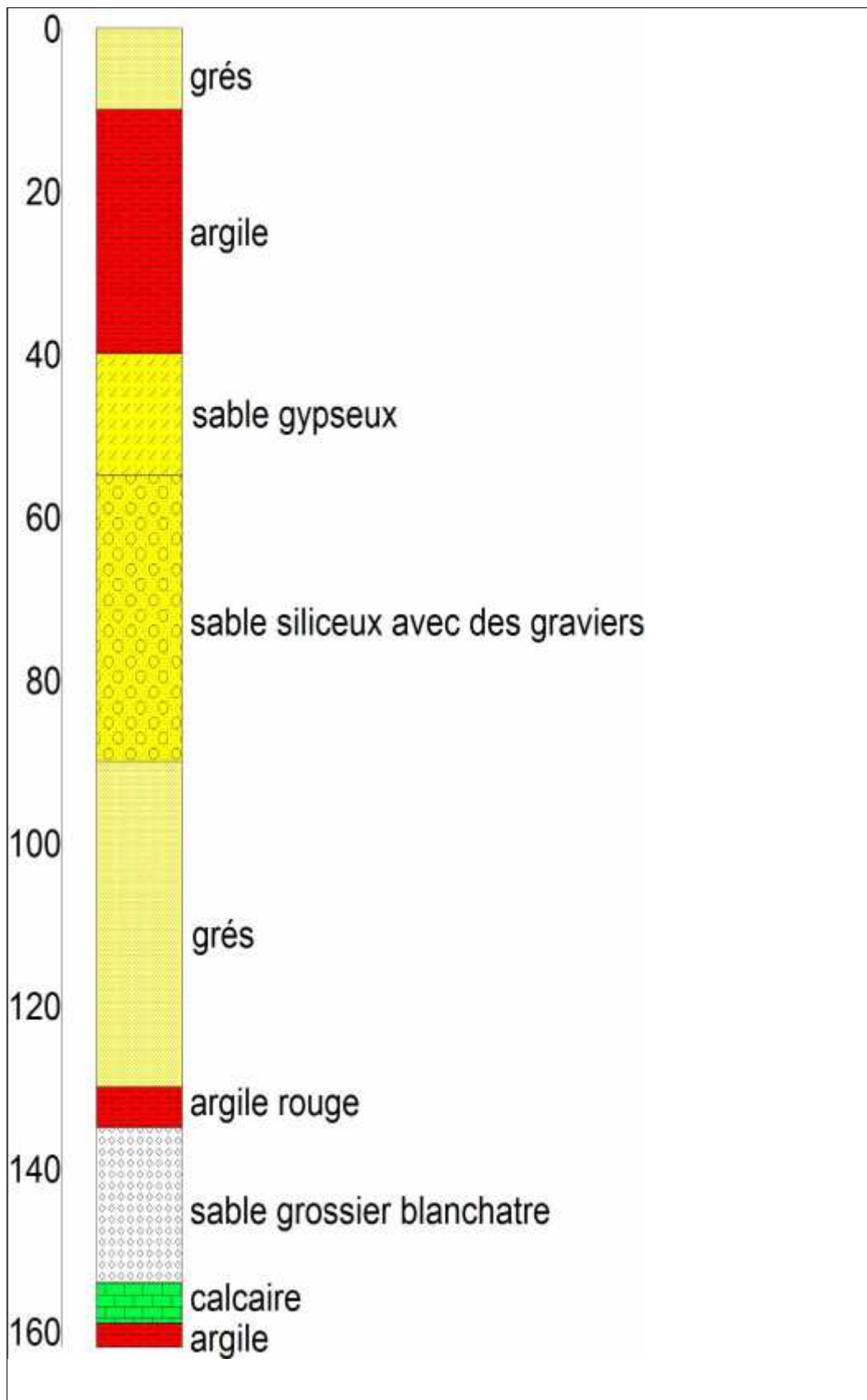


Fig. 8: coupe stratigraphique de Ain Thomas El-Mégarine

II-2-2-1- Description géologique de les coupes stratigraphique :

1- La première puits (Ain Thomas EL - Mégarine):

La formation géologique de cette puits contenue en hydrogéologie trois nappe défèrent :

1- La Nappe phréatique : la nappe phréatique est contenue dans le grés , d'âge Quaternaire , et de profondeur 10 m . la substratum de cette nappe c' est l'argile de nature lithologique semi – perméable d'épaisseur 30 m .

2- La première nappe des sables : cette nappe est la moins profondeur 34 m . Elle est constituée de sable siliceux avec des gravies , d'âge Mio-pliocène . Un niveau d'argile constituée son substratum d'épaisseur 5 m et son toit est formé par d'argile et des évaporites .

3- La deuxième nappe du sable : les formation contenant dans cette nappe sont également d'âge Moi-pliocène comme la première nappe , elle est formée essentiellement des sable grossiers blanchâtre . L'épaisseur de la couche aquifère est de 28 m . Cette nappe captive est très exploitée . Des argiles a niveau calcaire constituée son substratum 7 m . alors que des argiles constituent son toit .

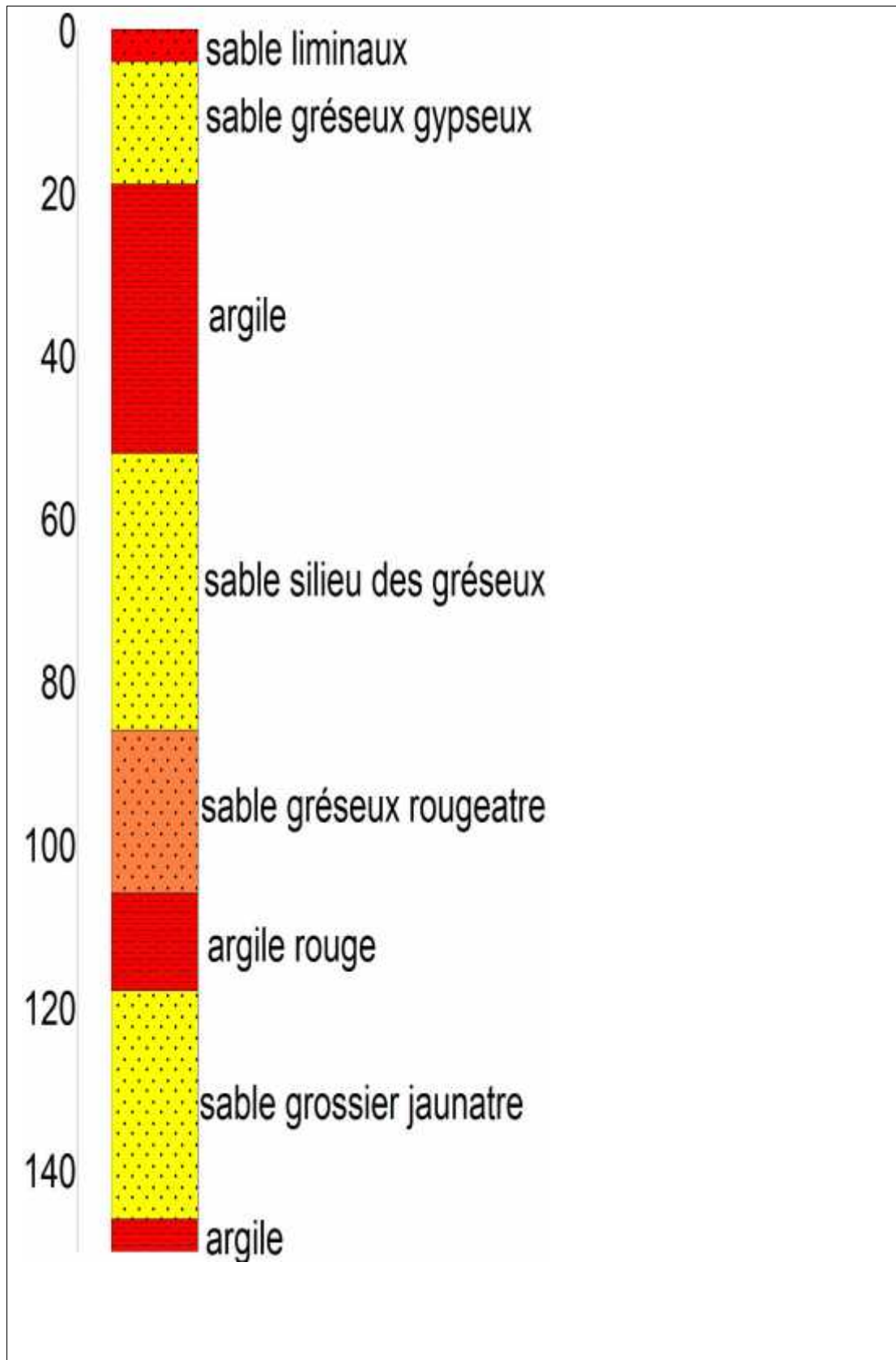


Fig. 9 : Coupe stratigraphique d'Ain Kharboucha Temacine

2- La deuxième puits (Ain Kharboucha Temacine):

La formation géologique de cette puits contenue en hydrogéologie trois nappes différentes :

- 1- La Nappe phréatique : la nappe phréatique est contenue dans le sable limonaux , d'âge Quaternaire , et de profondeur 4 m . le substratum de cette nappe est l'argile de nature lithologique semi – perméable d'épaisseur 30 m et des évaporites.
- 2- La première nappe des sables : cette nappe est la moins profonde 35 m . Elle est constituée de sable siliceux des gréseux , d'âge Mio-pliocène . Un niveau d'argile constitue son substratum d'épaisseur 10 m et son toit est formé par d'argiles .
- 3- La deuxième nappe du sable : les formations contenant dans cette nappe sont également d'âge Mio-pliocène comme la première nappe , elle est formée essentiellement de sable siliceux jaunâtre . L'épaisseur de la couche aquifère est de 29 m . Cette nappe captive est très exploitée . Des argiles constituent son substratum 4 m . alors que des argiles constituent son toit .

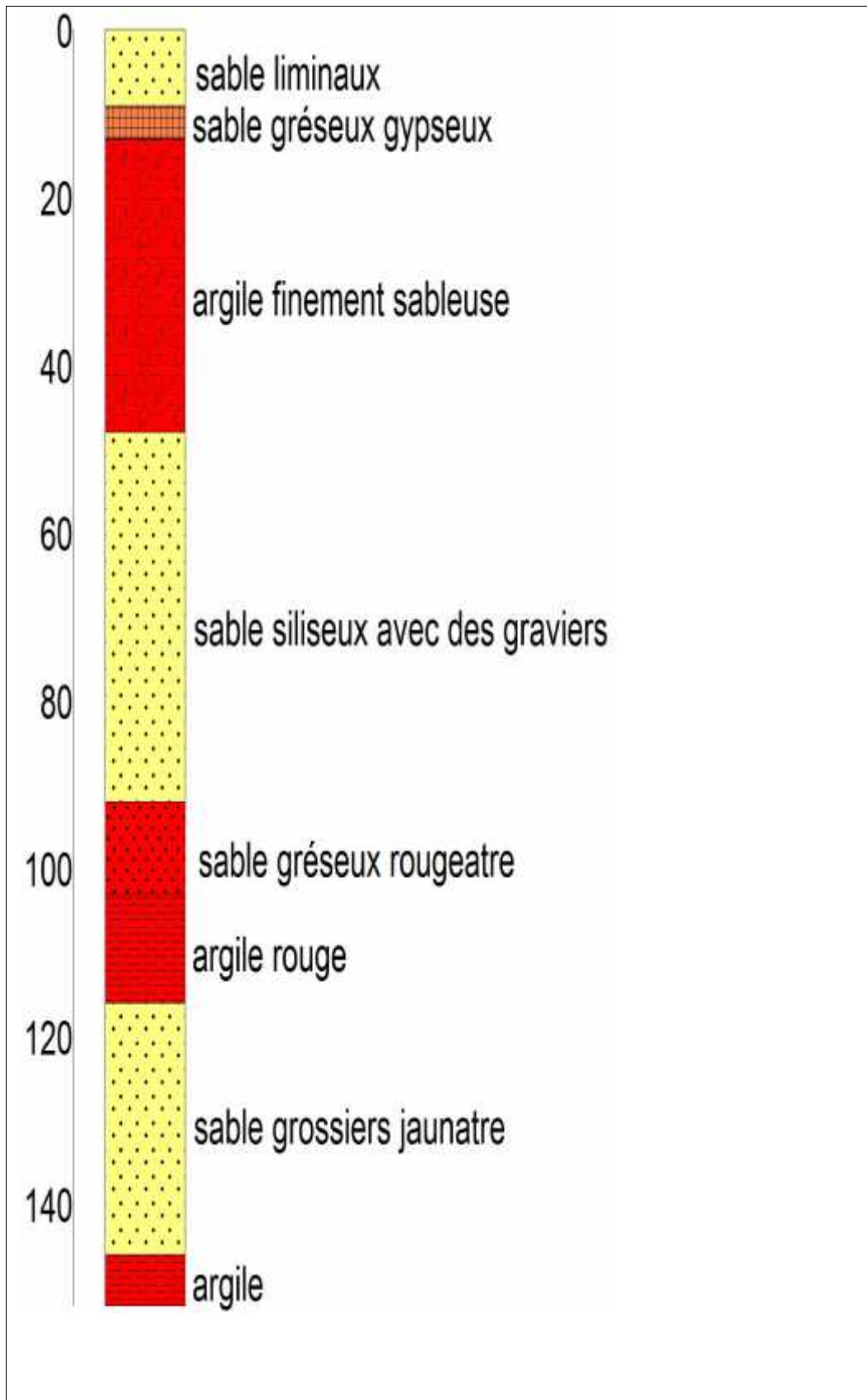


Fig. 10: Coupe stratigraphique de Ain périmètre 41 Blidet Amor

3- La troisième puits (Ain Périmètre 41 Blidet Amor):

La formation géologique de cette puits contenue en hydrogéologie trois nappes différentes :

- 1- Nappe phréatique : la nappe phréatique est contenue dans le sable limoneux , d'âge Quaternaire , et de profondeur 10 m . le substratum de cette nappe est l'argile finement sableuse de profondeur 33 m de nature lithologique semi – perméable et des évaporites .

- 2- La première nappe des sables : cette nappe est la moins profonde 41 m . Elle est constituée de sable siliceux avec des graviers , d'âge Mio-pliocène . Un niveau d'argile constitue son substratum d'épaisseur 10 m et son toit est formé par d'argiles finement sableuse .

- 3- La deuxième nappe du sable : les formations contenant dans cette nappe sont également d'âge Mio-pliocène comme la première nappe , elle est formée essentiellement de sable grossiers jaunâtre . L'épaisseur de la couche aquifère est de 28 m . Cette nappe captive est très exploitée . Des argiles constituent son substratum 6 m . alors que des argiles constituent son toit .

4- La description géologique de la section stratigraphique de la zone d'étude :

La section lithologique de la zone d'étude elle est de direction nord vers le sud et de distance 1000 mètre , la partie nord est caractérisée par des argile sableuse avec du gypse avec sable moyen gypseux a la haut et âpre cette couche il existe les grés d'épaisseur 10 m, sous en trouvable les argiles d'épaisseur 30 m comme substratum, et les sables gypseux que représenter roche évaporitiques de 15 m, puis les sables siliceux avec des graviers d'épaisseur 35 m, et les grés habituer surgissement et sous en capitonner sable siliceux avec des graviers . et la partie médiane de la section capitonner sable liminaux avec des sable argileux et complément la couche de grés ,en trouve aussi les argiles sableuse avec des gypse et les sable siliceux avec des gravies et petit morceau de calcaire devise la couche des complexe sable gréseux avec des argiles sous en des sables et des grés avec des sables gréseux et des sables grossiers jaunâtre et l'argile comme substratum .et parte sud en trouve sable moyen gypseuse sous en les argiles sableuse avec des gypse longer en trouve les grés et les sables gréseuse en trouve aussi sable siliceux avec des graviers et les argiles comme couverture, capitonner les grés et petit morceau d'argile .

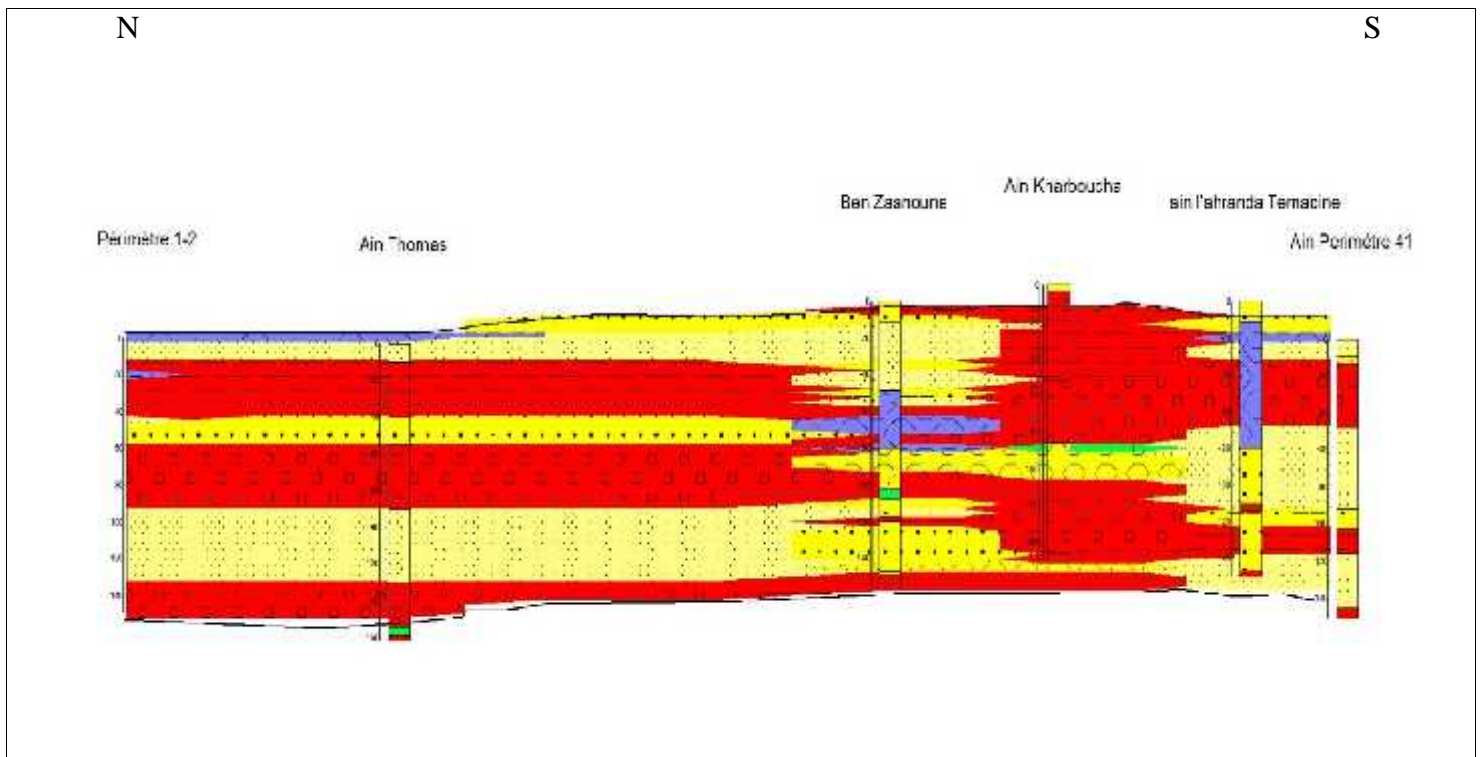


Fig. 11 : La section stratigraphique de la zone d'étude

Ces deux nappes du Mio-pliocène surmontent l'autre ensemble du Complexe Terminal (CT), constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur – Sénonien supérieur.

II-2-3-La nappe du Sénonien-Eocène :

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse. Il n'est pas très exploité à Touggourt, donnant un débit de 25 à 40 l/s et parfois présentant un artésianisme à faible débit (0,3 à 0,6 l/s). Leur toit est supérieur à 180 m, dont le débit global peut atteindre 2,8 m³/s.

A la base, le sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux. La porosité moyenne de cette nappe est de 20%.

II-3-Nappe du Continental Intercalaire dans le secteur de l'oued Righ Sud :

C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux . L'épaisseur de la couche productive peut dépasser 500 m, mais son épaisseur utile est proche de 400m. Le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien et Albien).

La nappe du Continental Intercalaire (CI) dans la région de Touggourt est caractérisée par:

- Sa grande profondeur, plus de 1500 m,
- Un fort artésianisme (15 à 20 bars),
- Un grand débit d'exploitation (250 à 400 l/s),
- Une température de l'eau élevée (50 à 65°C),
- Une charge en CO₂, qui lui donne un caractère corrosif,
- Un résidu sec des eaux variant entre 3 et 5 g/l.

Les apports d'eau au système aquifère s'effectuent par:

1. L'infiltration des eaux de ruissellement des reliefs situés à la périphérie du domaine et par des précipitations sur les affleurements,
2. Le piémont de l'Atlas saharien, au Nord,
3. Le plateau de Tinhert , au Sud,

En 1961, A. Cornet estimait cette alimentation à $25\text{m}^3/\text{s}$, en 1963 l'étude du BURGEAP la fixait à $15\text{m}^3/\text{s}$. Dans ces deux cas, cette alimentation provient en grande partie du piémont de l'Atlas.



Fig. 12 : Photo d'un forage du Continental Intercalaire à Sidi Slimane (HELAL , 2004)

Ere	Etages	Prof	Chronostratigraphie	Lithologie	
QUATERNAIRE		10m	Sable		
			Argile		
			Évaporite		
			Sable		
			Argile		
			Gravie		
			Grès		
			Argile		
			Argile Lagunaire	180m	
			Dolomie		
CÉNOZOÏQUE	ÉOCÈNE	Moyen	180m		
		Inférieur			
	Mio-pliocène		280m	Calcaire	
				Calcaire	500m
				Evaporite	
				Anhydrite	
				Sel massif	
				Argile	
				Marne	
				Calcaire marneux	1100m
Dolomie				1160m	
Argile					
Anhydrite					
Marne					
MESOZOÏQUE	CRÉTACE	Turonien	1320m		
		Cénomannien	1450m		
		Vraconien			
		Albien	1450m		
		Sable			
		Grès			
		Argile sableuse			
		Dolomie	1660m		
		Sable	1680m		
		Et			
Grès					

Fig. 13: Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt, (sans échelle)

(HELAL et OURIHANE ,2004)

III-1-Carte piézométrique de la première nappe (Mio-pliocène ; CT1):

Dans le secteur de Touggourt, les côtes piézométriques décroissent globalement du Sud vers le Nord (**fig.13**). Elles permettent de déduire un sens général des écoulements souterrains vers le Nord, c'est-à-dire, vers la zone des Chotts. L'écoulement de la nappe apparaît ainsi en conformité avec le sens d'écoulement superficiel de l'oued Righ.

Les courbes iso pièzes , généralement très espacées, indiquent un gradient hydraulique faible, d'environ 1‰. Il traduit une faible vitesse de circulation des eaux, en liaison :

- avec le faible pendage du substratum,
- des perméabilités peu élevées,
- et le quasi absence de recharge par les précipitations actuelles.

La minéralisation importante va dans le sens de cette faible circulation des eaux.

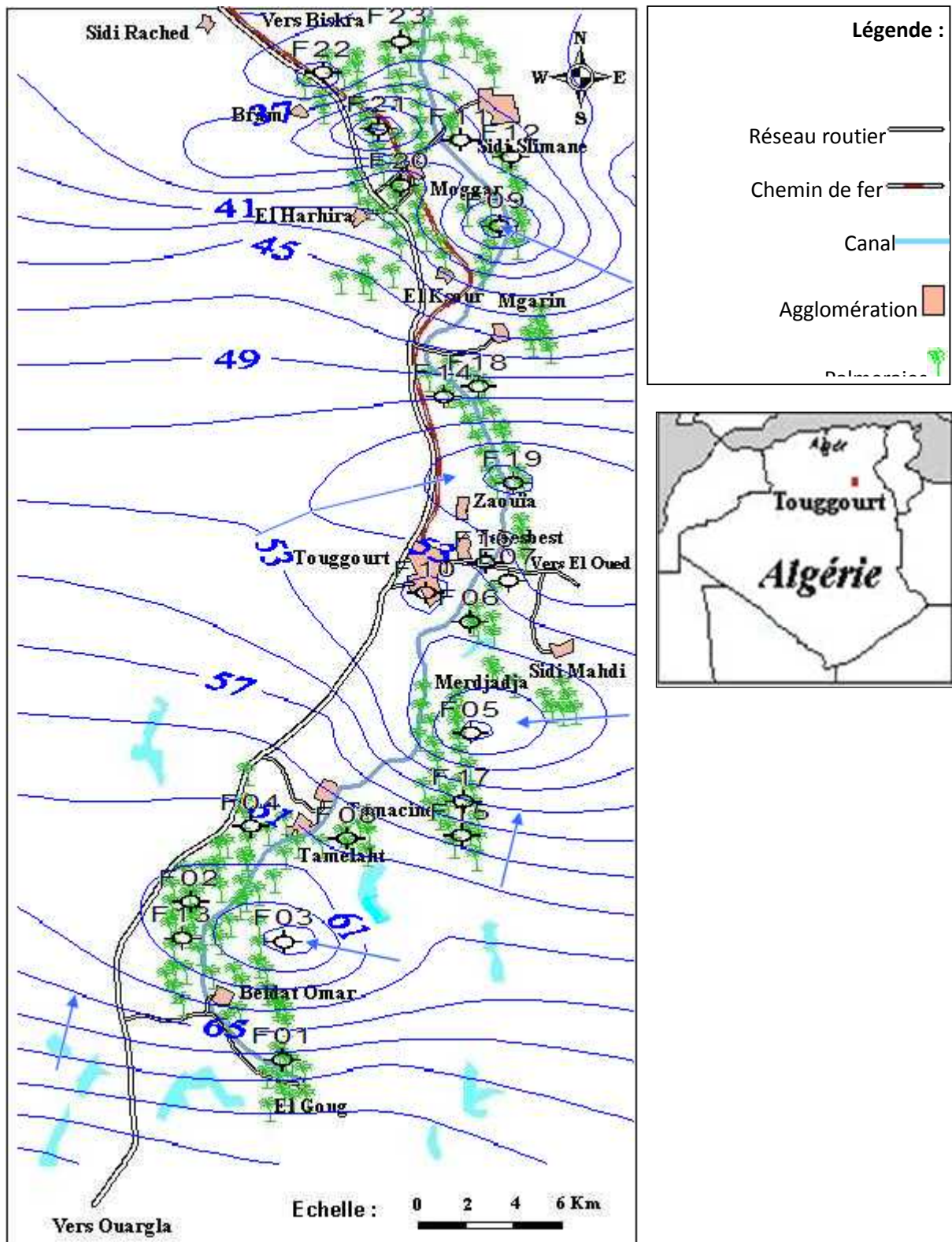


Fig. 14 : Carte piézométrique de la première nappe du Miopliocène (CT1)

(HELAL et OURIHANE ,2004)

Localement, le gradient hydraulique peut devenir légèrement plus élevé, comme au sud de Baldet Amor (1.9 ‰) et entre Zaouïa et El Ksour-Megarine (4 à 6 ‰).

Par ailleurs, en liaison avec les cônes de dépression engendrés dans les zones de surexploitations dans les palmeraies, le gradient peut apparaître également un plus élevé, comme :

- A sud de Baldet Amor, où les courbes iso pièzes montrent un cône de 4m de dénivelée maximale,
- A Merdjadja où le gradient atteint 2.5‰ et la dépression 6 m,
- Et à Moggar et Sidi Slimane, au nord.

Enfin, le CT1 (première nappe) étant localement libre, il peut en résulter une alimentation, notamment au Nord, par les eaux d'irrigation et les apports de l'oued Righ. De même, signalons que des remontées à partir de la deuxième nappe (l'eau du CT2 passant vers le CT1), peuvent assurer un apport supplémentaire à cette nappe.

III-2-Carte piézométrique de la deuxième nappe (Mio-pliocène ; CT2):

Signalons tout d'abord que les côtes piézométriques de la deuxième nappe sont supérieures à celles de la première nappe. La différence est d'environ 10 m.

En effet, les nappes étant mises en charge par des intercalations argileuses, la nappe inférieure (CT2) subit une plus grande pression et son niveau hydrostatique est plus élevé que celui du CT1.

L'établissement de cette carte qui a nécessité l'utilisation des relevés piézométriques de 24 forages, présente, à peu près, la même configuration (**Fig.14**) que celle de la première nappe. L'écoulement général des eaux se faisant aussi vers le Nord, et le gradient hydraulique est d'environ 0.5 ‰.

Localement, on peut néanmoins noter quelques petites différences avec la carte précédente, comme au sud, entre Gouge et Baldat Amor et à Témacine, où les courbes iso pièzes, plus resserrées indiquent un gradient hydraulique plus élevé : 1.5 à 6 ‰.

Pour ces deux nappes du Mio-pliocène (CT1 et CT2), les zones de surexploitations se localisent, sensiblement aux mêmes endroits, c'est-à-dire dans les principales palmeraies.

Les débits d'exploitation se situent entre 35 et 45 l/s pour CT1, et 36 à 50 l/s pour le CT2.

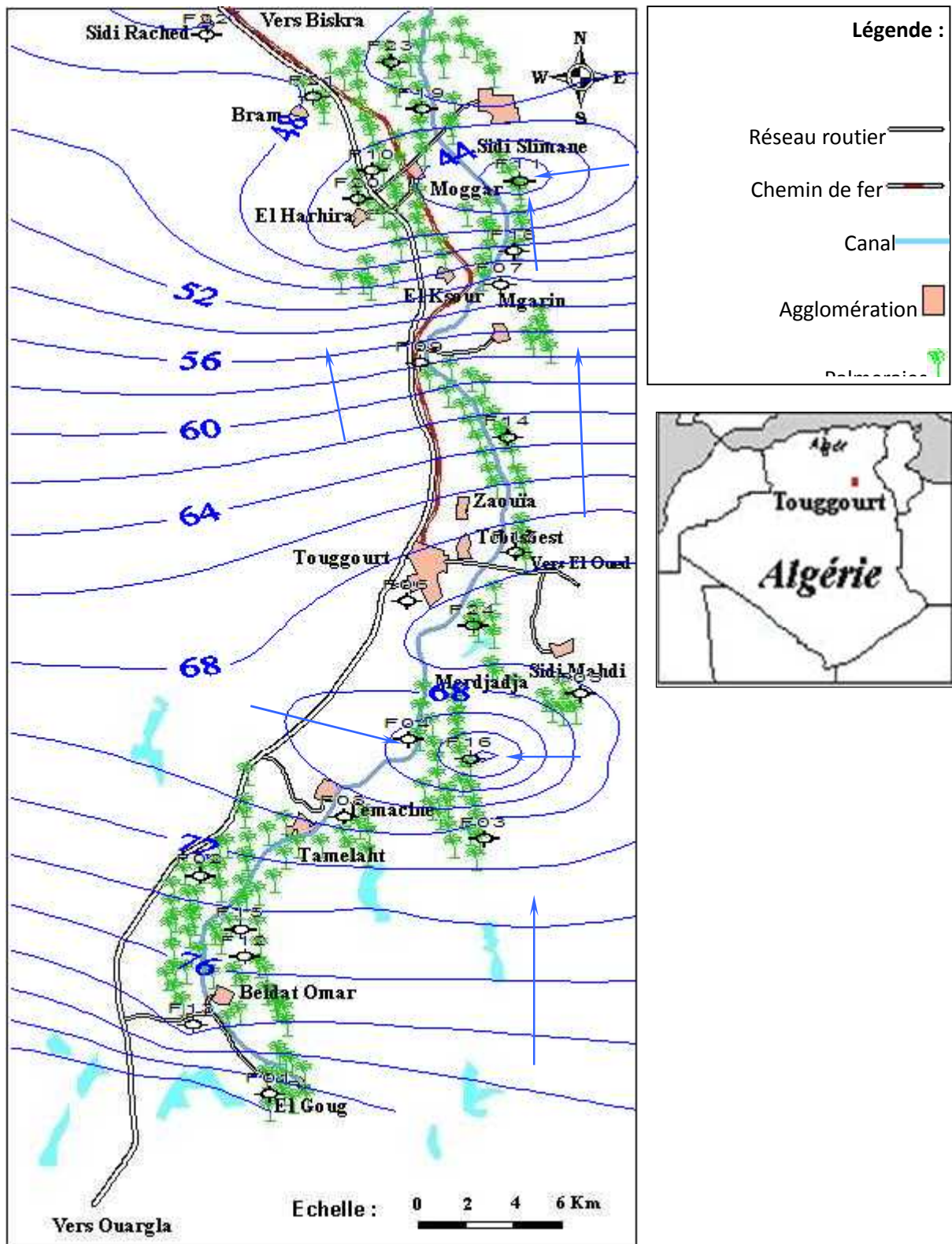


Fig. 15 : Carte piézométrique de la deuxième nappe du Mio-pliocène (CT2)

(HELAL et OURIHANE ,2004) .

III-3-Carte piézométrique de la troisième nappe (Sénono-Eocène ; CT3):

Cette carte (**fig.15**) a été établie à partir des relevés piézométriques de 26 forages, de la campagne hydrogéologique de 2003.

Etant moins exploitée, la troisième nappe présente une surface piézométrique plus « tranquille ». Un seul cône de dépression apparaît autour de Moggar, au Nord.

Le sens des écoulements souterrains se fait globalement vers le Nord Nord-est, avec un gradient hydraulique compris entre 0,1 et 0,4‰

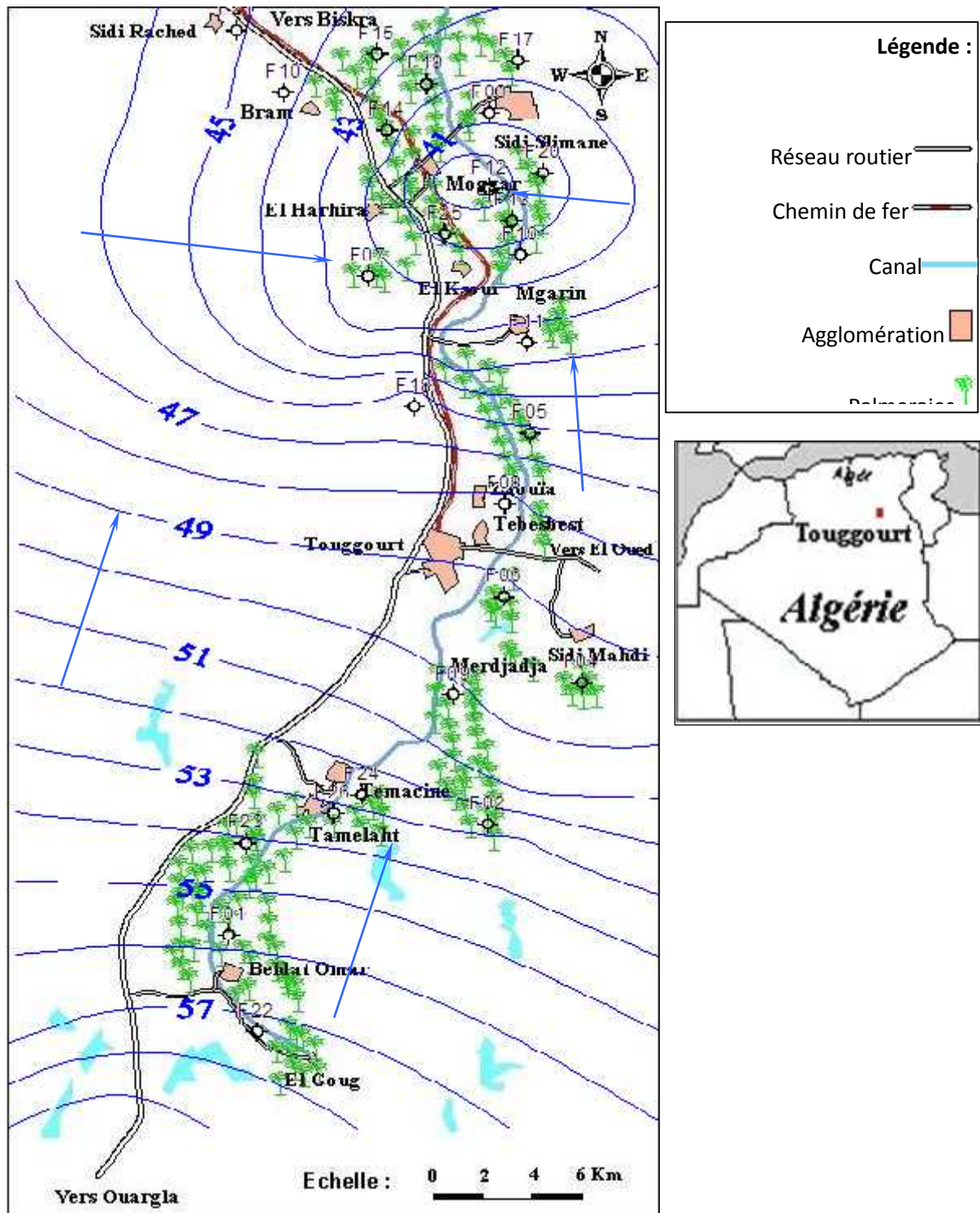


Fig. 16 : Carte piézométrique de la troisième nappe du Sénonien Eocène (CT3) (HELAL et OURIHANE, 2004) .

IV- Conclusion:

L'écoulement général des eaux souterraines se fait vers le nord, conformément à la topographie de la région. Le gradient hydraulique de l'ordre de 1 ‰ .

Les nappes étudiées (CT2) sont en charges et leurs niveaux hydrostatiques, assez proches les uns des autres. Généralement, les nappes les plus profondes présentent les niveaux hydrostatiques le plus hauts.

Enfin, les nappes étant quelques fois très sollicitées pour l'irrigation des palmeraies, leurs surfaces piézométriques présentent des cônes de dépressions quelques fois importants, notamment dans les zones de surexploitation de Sidi Slimane au Nord, Zaouïa , dans la partie médiane. Parmi les zones les moins exploitées, Baldat Amor, qui se situe au sud, et à l'amont de laquelle on note l'inexistence de forages à moins de 60Km, présente le niveau piézométrique le plus élevé.

HYDROCLIMATOLOGIE

I-Introduction :

De sens large, le Sahara algérien est caractérisée par des périodes de sécheresse prolongées, il correspond à un désert zonal dans la typologie des zones désertiques. **(FAURIE et al, 1980).**

Le climat de la vallée de l'Oued Righ est un climat désertique, caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, et par des températures accusant des amplitude journalières et annuelles importantes et par une faible humidité de l'aire et par des vents de sable parfois très violents. Pour décrire le climat de la vallée, nous avons fait une synthèse climatique des dernières 10 ans **(2005-2015).**

II-Etude des paramètres climatiques:

II-1-Température:

La région de l'Oued Righ est caractérisée par des températures très élevées, la température moyenne annuelle est de 20,51°C, avec 31,18°C en juillet pour le mois le plus chaud et 9,98°C en janvier pour le mois le plus froid, avec des extrêmes de $T_M=38,6^\circ\text{C}$ en juillet et $T_m=4,25^\circ\text{C}$ en janvier (**Tableau 02**).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
T moy	9,98	11,50	15,63	19,79	24,27	28,75	31,18	31,03	26,92	21,61	15,03	10,52	20,51
T max	16,1	17,72	22,12	26,61	30,96	34,46	38,6	37,71	33,03	27,95	21,39	16,68	26,94
T min	4,25	5,54	9,37	13,46	17,59	21,75	25,46	24,28	20,82	15,56	9,05	5,5	14,38

Tab 02: Températures moyennes mensuelles à Touggourt (2005-2015)

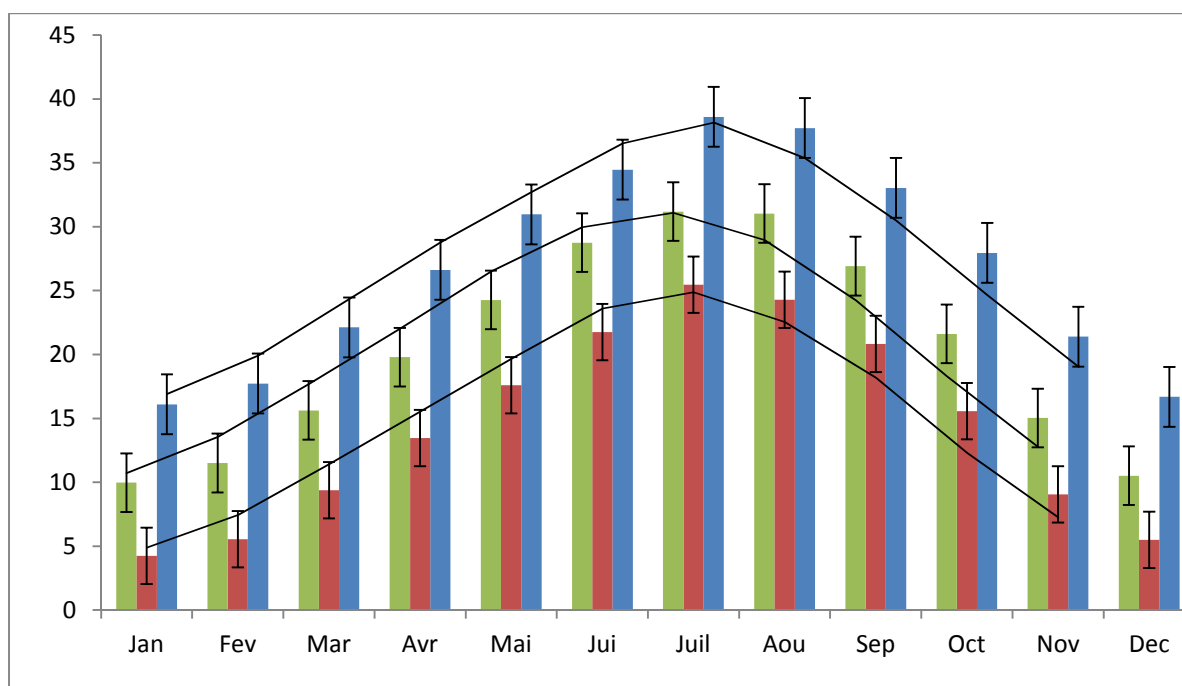


Fig. 17 : Variation mensuelle des températures moyennes à la station de Touggourt (2005-2015)

II-2-Précipitation :

Dans notre région d'étude, les précipitations sont très rare et irrégulières à travers les saisons et les années, elle reçoit un cumule annuelle de l'ordre de 46,33mm, La répartition est marquée par une sécheresse presque absolue au mois juillet de l'ordre 0.05mm et le maximum en janvier avec 12.54mm (**Tableau 03**).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Cumule annuelle
P(mm)	12,54	3,42	3,93	6,50	1,03	0,55	0,06	3,13	4,95	4,45	2,11	3,68	46,33

Tab 03: Précipitation moyennes mensuelles à Touggourt (2005-2015)

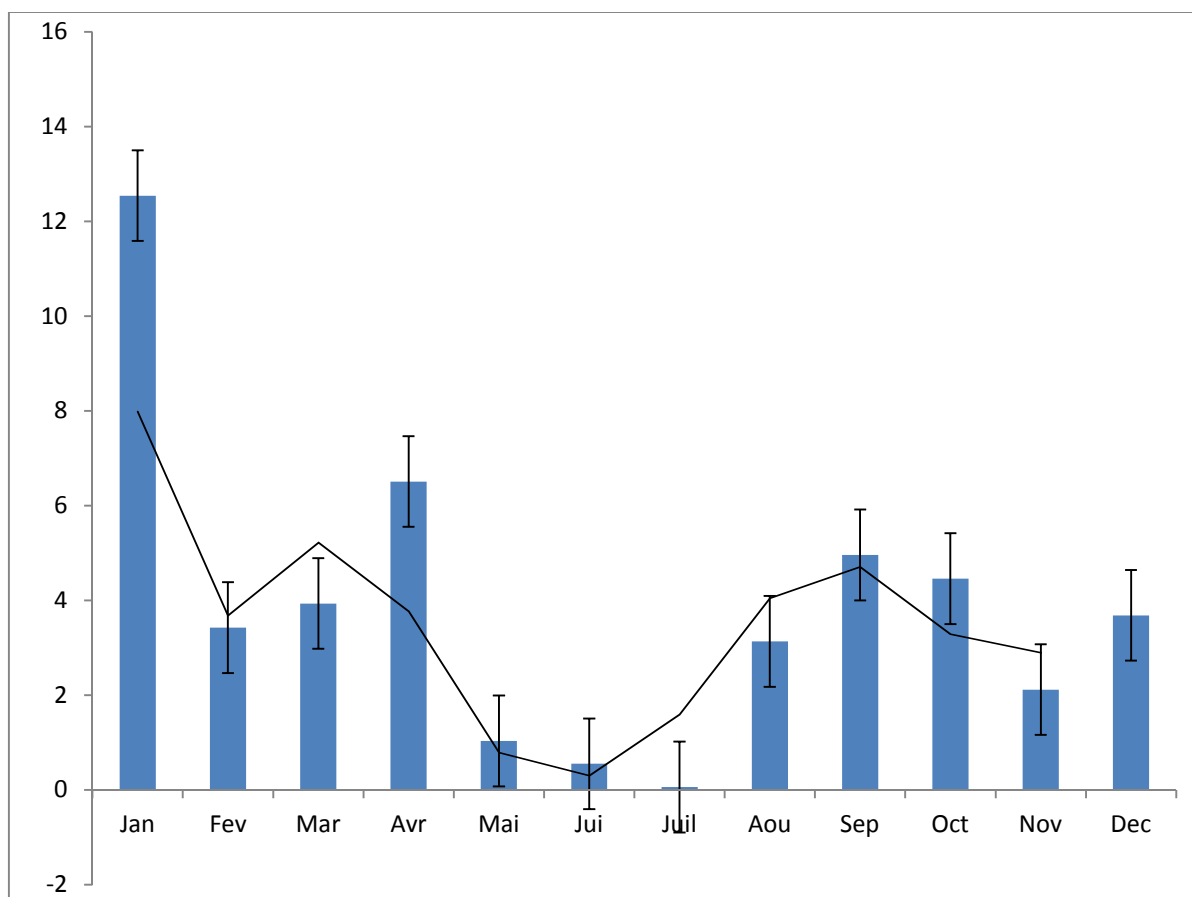


Fig. 18 : Variation mensuelle de précipitation moyenne à la station de Touggourt (2005-2015)

II-3-L'humidité :

Les valeurs de l'humidité relative de la région d'étude sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 26% et 60%, sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 41,99%. Juillet 26,91% est le mois le plus sec et décembre 59,09 % est le mois le plus humide (**Tableau 04**).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
H %	58,37	49,21	43,19	38,23	33,3	29,66	26,91	30,04	39,58	44,88	51,50	59,09	41,99

Tab 04: Humidité relative moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015)

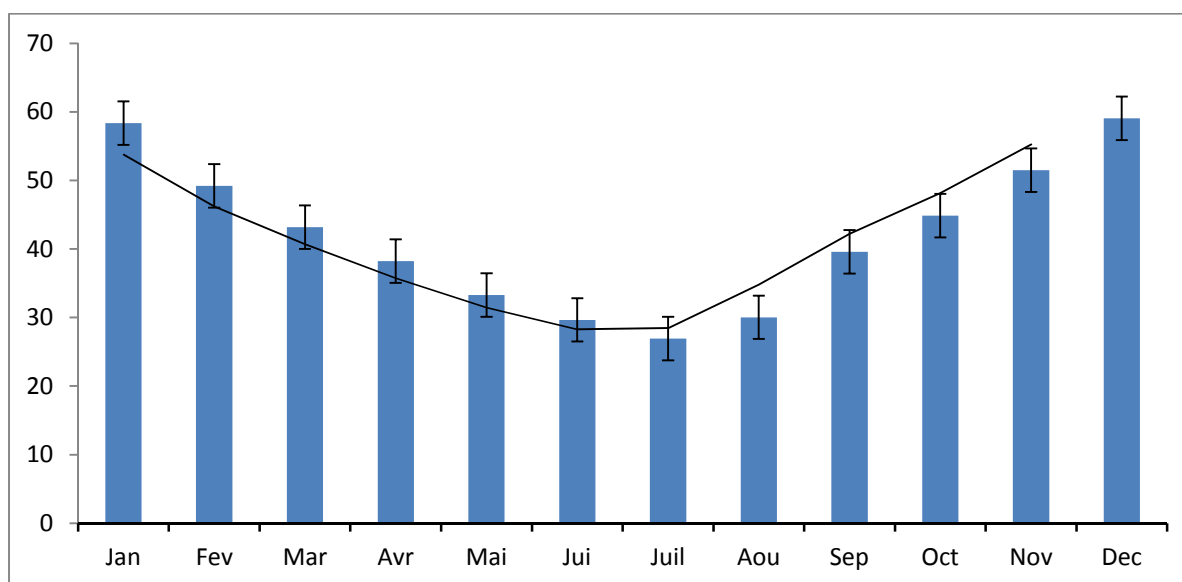


Fig. 19 : Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne à la station de Touggourt (2005-2015)

II-4-Vents:

D’après l’O.N.M pour la période (2005-2015), les vents sont fréquents sur toute l’année , avec une moyenne annuelle de 1,45 m/s. Le maximum de vitesse du vent annuelle est enregistré au mois de avril avec une valeur de 1,83 m/s et le minimum en mois décembre avec 0,86 m/s. ces vents soufflent suivant des directions différentes (**Tableau 05**).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
V (m/s)	1,4	1,69	1,72	1,83	1,81	1,7	1,45	1,32	1,3	1,16	1,23	0,86	1,45

Tab 05: Vents moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015)

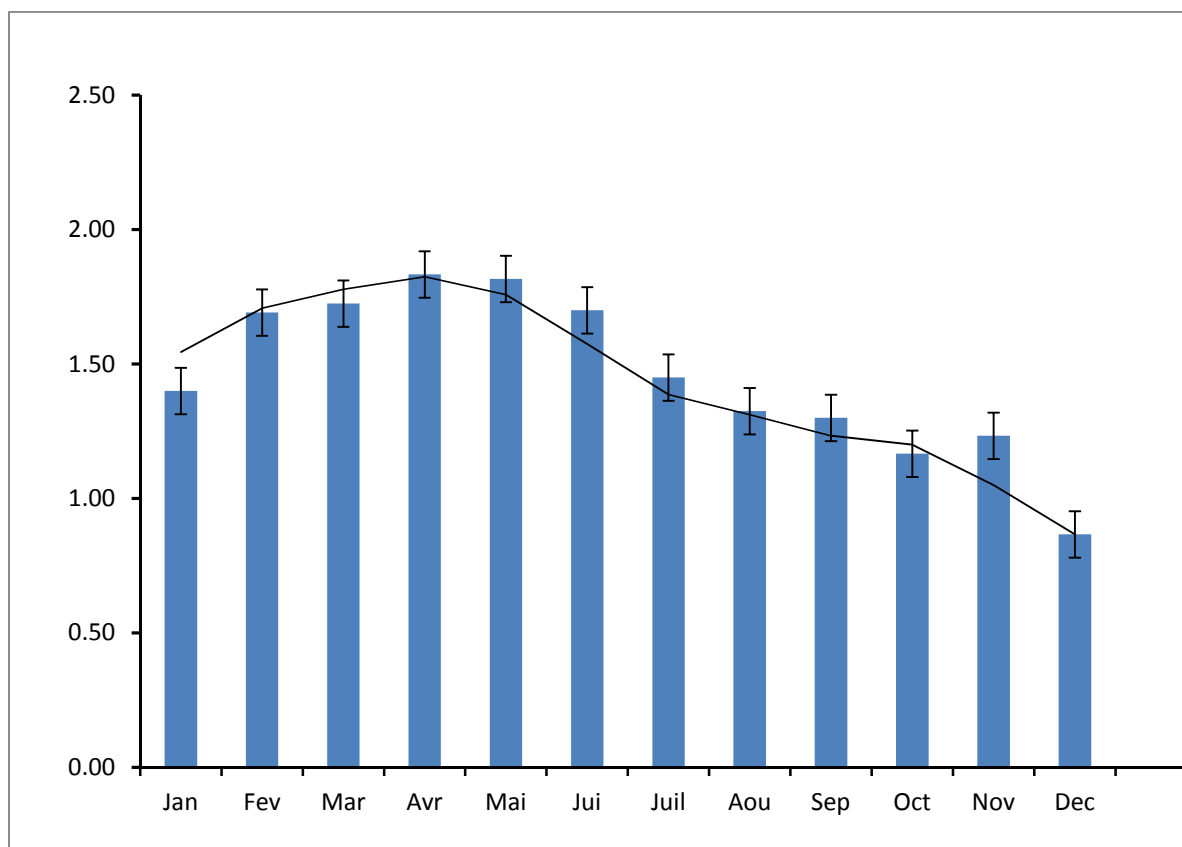


Fig. 20 : Variation mensuelle de le vent moyenne à la station de Touggourt (2005-2015)

II-5-L'évaporation :

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'aire et l'agitation de cet air. Dans le Sahara algérien l'eau évaporée annuellement serait de 3 à 5 mètres environ suivant les localités, c'est-à-dire une valeur infiniment plus forte que la quantité d'eau qui tombe sur le sol lors des pluies (OZENDA, 1983).

Dans la région de l'Oued Righ l'évaporation est très importante, le maximum est de l'ordre de 302,25 mm enregistré au mois de juillet et le minimum est marqué au mois de décembre avec 71,58 mm. La moyenne annuelle de l'ordre de 174,23 mm (Tableau 06).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
I(h)	77,70	103,65	142	189,48	219,16	266,37	302,26	259,14	187,13	155,94	116,39	71,58	174,23

Tab 06: Evaporation moyenne mensuelle à Touggourt (2005-2015)

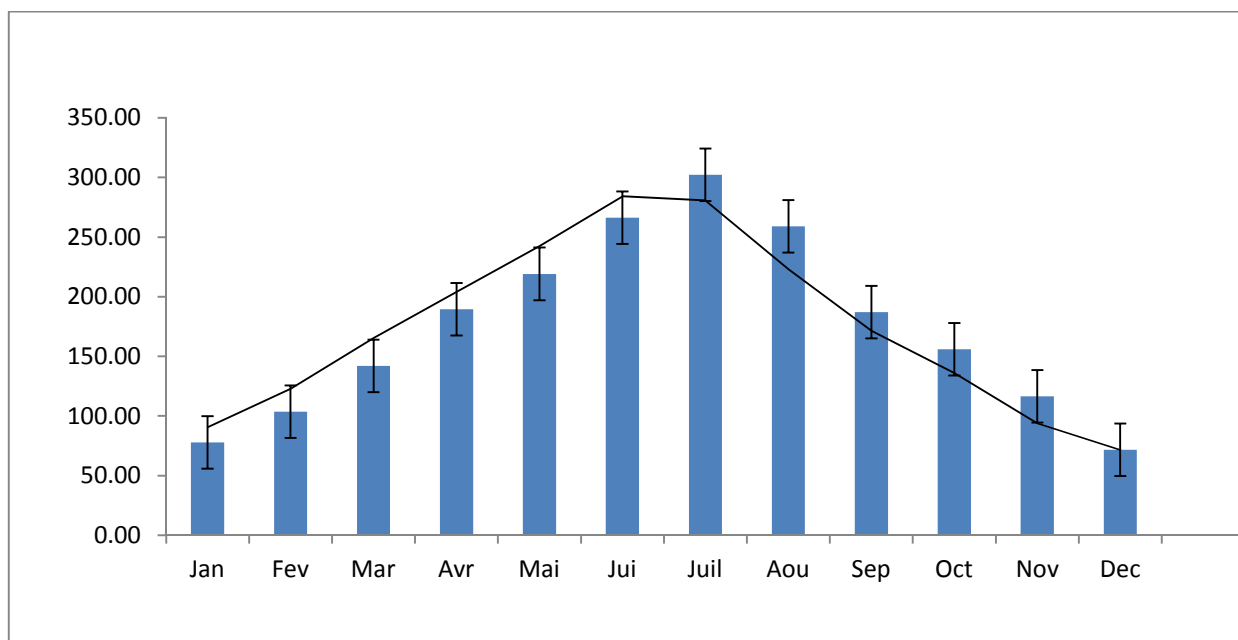


Fig. 21 : Variation mensuelle de l'évaporation moyenne à la station de Touggourt (2005-2015)

II-6-Durée de l'insolation :

L'insolation est la durée d'apparition du soleil .Elle varie en fonction de l'altitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires. La vallée de l'Oued Righ reçoit une durée d'ensoleillement relativement très forte, le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée de 329.89 heures et le minimum au mois de Février avec une durée de 217,9 heures (**Tableau 07**).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
I(h)	228,43	217,9	247,78	260,75	301,19	286,31	329,89	308,06	249,1	248,33	234,15	219,01	260.90

Tab 07: L'insolation moyennes mensuelles à Touggourt (2005-2015)

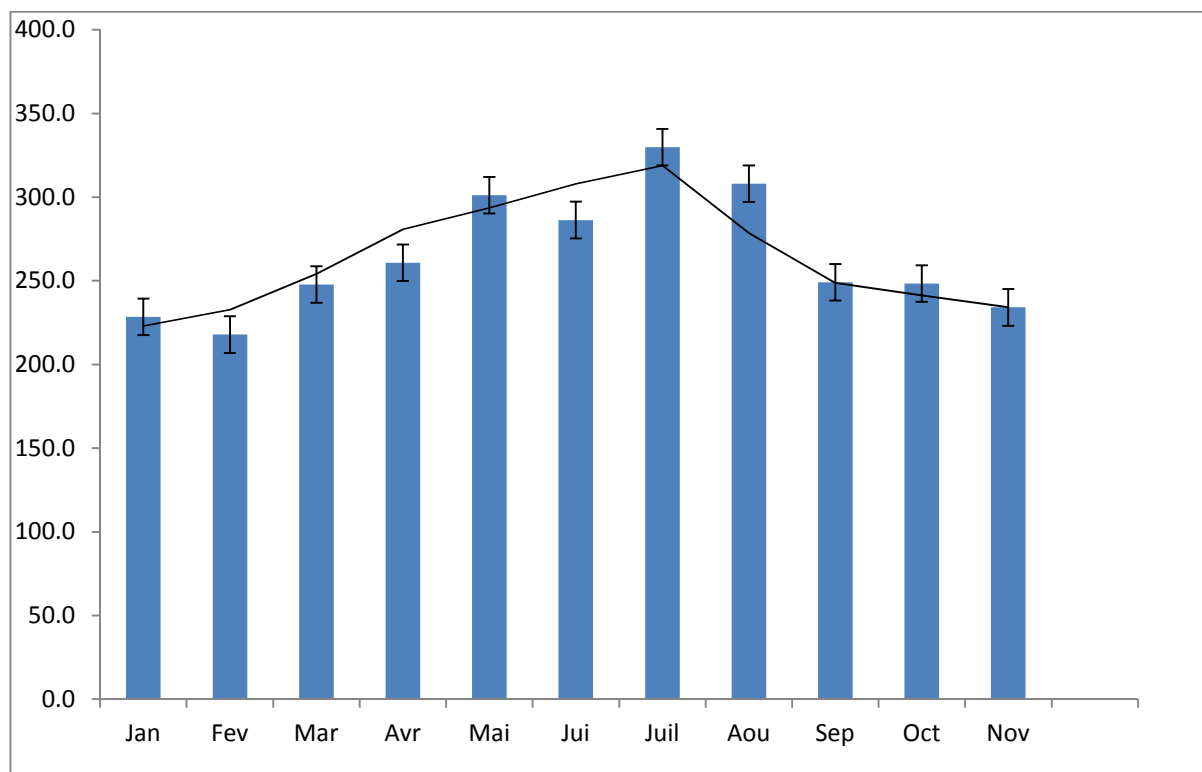


Fig. 22 : Variation mensuelle de l' insolation moyennes à la station de Touggourt (2005-2015)

II-7-Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS:

Pour Gausсен un mois « sec » si le quotient des précipitations mensuelles « P » exprimé en (mm), par la température moyenne « T » exprimé en (°C) est inférieur à deux (02). La représentation sur une même graphique de la température et des précipitations moyennes mensuelle, avec en abscisse les mois, permet d'obtenir les diagrammes Ombrothermique qui mettant immédiatement en évidence les saisons sèches et les saisons pluvieuse (GERARD 1999).

La (fig. 23) montre que le climat de la région de Touggourt est caractérisé par une sécheresse permanente pendant toute l'année (climat saharien) .

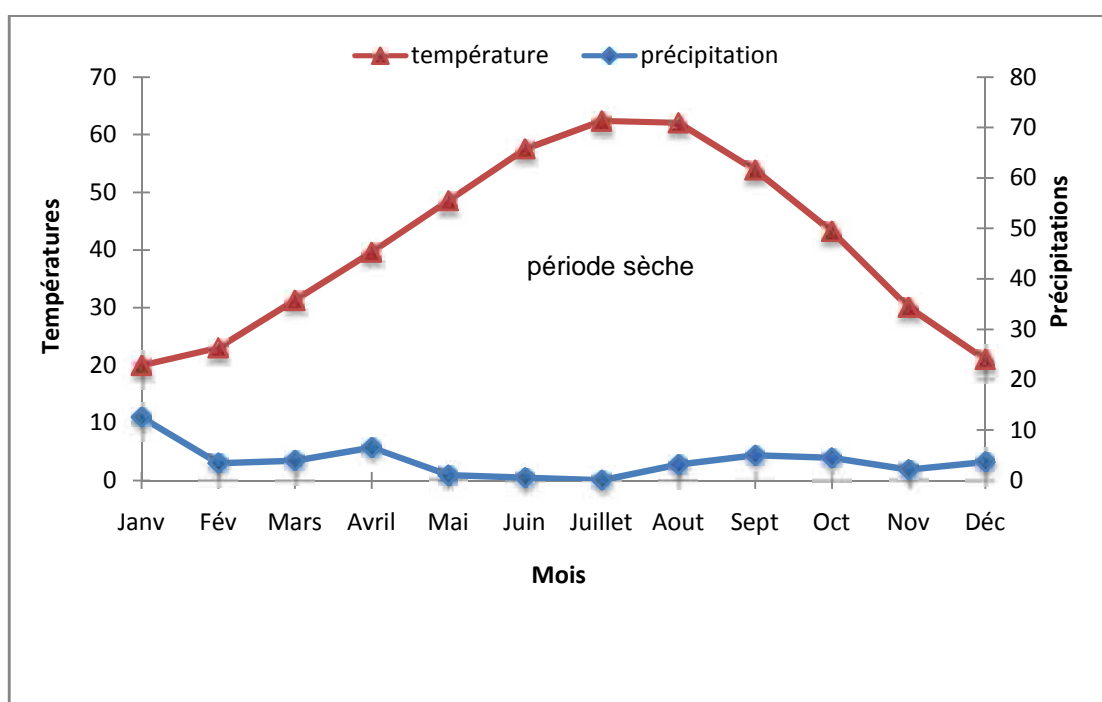


Fig. 23 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région de Touggourt (2005-2015)

III-Conclusion :

Le climat de l'Oued Righ se caractérise comme toutes les régions Sahariennes par un climat continental aride, froid en hiver et chaud en été . Donc on peut dire que les précipitations annuelles moyennes de la région sont faibles et irrégulières, de l'ordre 46,33 mm, et ne jouent aucun rôle dans la recharge directe des nappes et des températures annuelles moyennes de l'ordre de 20,51 °C..L'humidité relative moyenne annuellement est de 41,99 %, et l'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 174,23 mm/an .

❖ Légende:

T M : Moyenne mensuelle des températures maximales, exprimée en degrés Celsius.

T m : Moyenne mensuelle des températures minimales, exprimée en degrés Celsius.

T moy : Températures moyenne annuelle, exprimée en degrés Celsius.

P : Précipitation mensuelle en millimètre.

H : Moyenne mensuelle d'humidité relative exprimée en pourcentage.

V : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent en mètre par seconde.

E : Evaporation mensuelle en millimètre.

I : Insolation mensuelle en millimètre.

HYDRODYNAMIQUE

I - Introduction :

Les pompages d'essai font partie des tests hydrauliques les plus communément pratiques. Le principe du test hydraulique dans un aquifère consiste à appliquer une perturbation hydraulique et à mesurer la réaction de la nappe qui est fonction des propriétés du milieu (Gutierrez, 2014). La perturbation peut-être un prélèvement (ou une injection) quasi instantanée d'un volume d'eau dans le forage (*slug test*) ou une modification brève de pression dans l'ouvrage contrôlée par un dispositif (*pulse test*). Si ces méthodes sont faciles à mettre en œuvre et économiques, elles présentent relativement peu d'intérêt en hydrogéologie lorsqu'il s'agit d'estimer un débit d'exploitation ou de caractériser en détails les propriétés des aquifères, car elles n'intéressent qu'un faible volume autour de l'ouvrage.

Les pompages d'essai ont pour objectifs :

- de caractériser la productivité du forage et de déterminer le débit de pompage optimal et les contraintes d'exploitation ou de diagnostiquer son état par rapport à un test antérieur. Cet essai, dit essai de puits ou essai par paliers de débit, se pratique par la réalisation de pompages de courte durée, à débit constant pendant la durée du pompage (palier), mais différent à chaque palier ;
- d'obtenir les paramètres hydrodynamiques caractéristiques de l'aquifère qui entrent dans les équations utilisées pour la prédiction des rabattements, des calculs d'interférences entre puits ou de la délimitation des zones d'appel, et qui sont utilisés dans les modélisations mathématiques du comportement des nappes souterraines.

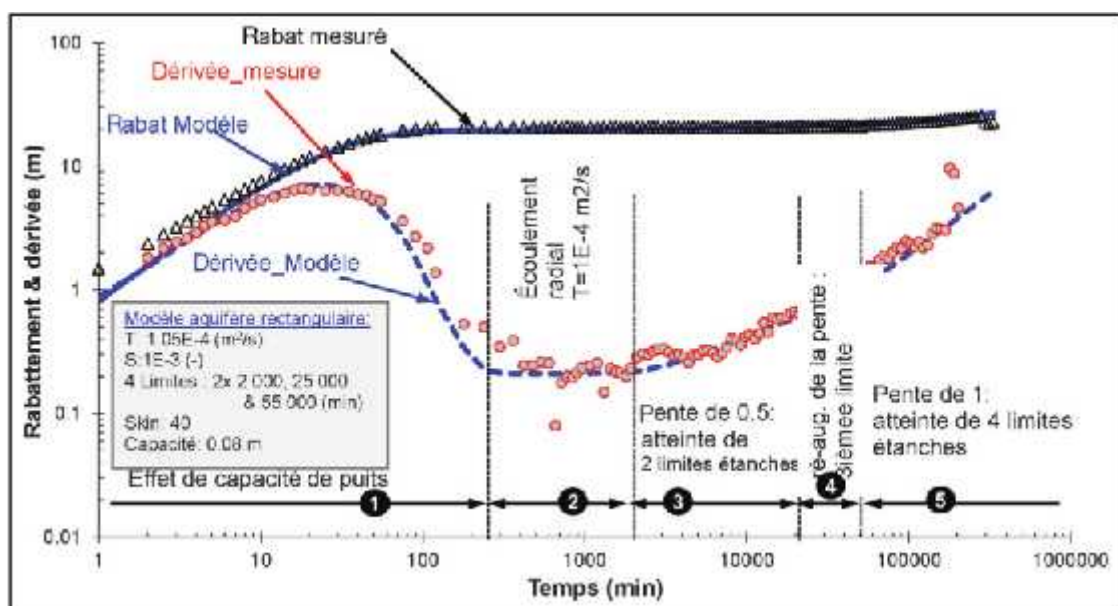


Fig. 24 : Exemple de diagnostic et de modélisation d'un essai par pompage de longue durée (Source : <http://ouaip.brgm.fr/>)

II - Principaux types d'essais de pompage :

Il existe de nombreux types d'essais parmi lesquels il faut choisir. Les essais les mieux adaptés aux situations dans lesquelles travaillent les ingénieurs WatHab sont les suivants :

1. Essai par paliers : conçu pour déterminer le rapport à court terme entre le rendement et le rabattement du forage testé. Il consiste à effectuer des pompages dans le forage, avec une série de paliers à débit différent, le débit augmentant habituellement à chaque palier. Le dernier palier devrait se rapprocher du rendement maximal estimé pour le forage.

2. Essai à débit constant : effectué en pompant à un débit constant beaucoup plus long temps que dans l'essai par paliers, il est conçu avant tout pour fournir des informations sur les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère. Il n'est possible de déduire des informations relatives au coefficient d'emménagement de l'aquifère que si les données proviennent de forages d'observation appropriés.

3. Essai de remontée : consiste à observer la remontée des niveaux d'eau après l'arrêt du pompage à la fin d'un essai à débit constant (et parfois après un essai par paliers). Il est utile pour vérifier les caractéristiques de l'aquifère déduites des autres essais, mais n'est valide que si une valve anti-retour (clapet de pied) est placée sur la colonne de refoulement, sinon l'eau est refoulée dans le forage.

Ces essais peuvent être réalisés individuellement ou combinés.

En général, une suite complète d'essais commence par un essai par paliers, dont les résultats aident à déterminer le débit de pompage de l'essai à débit constant, et se termine par l'essai de remontée. Le concept de l'essai peut être adapté pour une utilisation dans des forages de tailles diverse (petite, moyenne ou grande), les différences principales étant le débit de pompage, la durée de l'essai et la complexité du système d'observation. Chaque type d'essai sera décrit plus en détail dans les chapitres suivants.

II -1 – Essai par paliers :

II -1- 1- Introduction :

L'essai par paliers (parfois appelé essai par paliers de rabattement) est conçu pour déterminer le rapport à court terme entre le rendement et le rabattement dans le forage testé. Il consiste à effectuer une série de pompages à différents débits, pendant des temps relativement courts (normalement, toute la série peut être terminée en un jour). Un essai par paliers peut être réalisé de différentes façons, mais la plus courante est la suivante :

- ❖ commencer par un débit de pompage faible, et l'augmenter à chaque palier, sans débrancher la pompe entre les paliers.
- ❖ Prévoir quatre à cinq paliers au total, les débits de pompage progressant par échelons plus ou moins réguliers entre le minimum et le maximum.
- ❖ Tous les paliers devraient avoir la même durée, la plus courante étant de 60 à 120 minutes.
- ❖ Le débit du dernier palier devrait être égal ou supérieur au débit d'exploitation prévu lorsque le forage fonctionnera à pleine capacité. Cela n'est possible, bien sûr, que si la pompe utilisée pour l'essai peut fournir un tel débit.

II -1-2 - Équipement et limites :

Pour effectuer un essai par paliers, l'équipement suivant est nécessaire :

- ❖ une pompe motorisée complète, comprenant alimentation, colonne de refoulement, vannes et conduites de refoulement, montés de telle sorte que le débit puisse être modifié pour atteindre les débits voulus pour les différents paliers. La plupart des pompes travaillent à une vitesse fixe, donc généralement, on y parvient en « étranglant » la pompe au moyen d'une vanne, puis en ouvrant progressivement cette dernière pour atteindre des débits de plus en plus grands.

- ❖ Un chronomètre pour mesurer le temps de pompage et de remontée.
- ❖ Une sonde piézométrique pour mesurer les niveaux d'eau.
- ❖ Un dispositif pour mesurer le débit de pompage (seau et chronomètre, débitmètre, etc.).

- ❖ Un carnet, ou un formulaire standard, et un crayon pour consigner les données de l'essai.

- ❖ Du papier millimétré linéaire et une règle pour reporter les résultats. Les essais par paliers sont conçus essentiellement pour fournir des informations sur les caractéristiques de performance des forages (rapport rendement rabattement). Il est possible d'utiliser les résultats d'un essai par paliers pour évaluer la transmissivité d'un aquifère ,et les méthodes à employer se trouvent dans les principaux manuels d'hydrogéologie. Le présent guide se concentre sur les performances du forage. Les résultats d'un essai par paliers ne sont pas vraiment appropriés pour prédire le comportement d'un forage lors de pompages à long terme ; pour cela, il vaut mieux effectuer un essai à débit constant.

II -1-3 - Réglage des débits de pompage :

Le jour précédant l'essai de pompage, il est recommandé d'essayer le réglage des vannes, pour obtenir les débits voulus pour chaque palier.

On utilise en général des robinets vanne ou à soupape réglés manuellement au moyen d'une manette à vis. Fermez totalement la vanne, puis ouvrez-la complètement et comptez le nombre de rotations de la manette entre ces deux positions.

Expérimentez le réglage en faisant un nombre différent de rotations depuis la position fermée, afin d'obtenir les différents débits prévus pour les paliers, et notez les résultats.

II – 1- 4 – Choix de la durée du palier :

Dans la pratique, la durée de chaque palier dépend du nombre de paliers et du temps total disponible pour l'essai (en général une journée), mais 60, 100 ou 120 minutes sont des durées de paliers courantes. Idéalement, le niveau d'eau dans le forage devrait se rapprocher de l'équilibre à la fin de chaque palier, mais ce n'est pas toujours réalisable.

Même si le niveau d'eau n'atteint pas l'équilibre à la fin de chaque palier (en d'autres termes s'il continue à baisser lentement), les résultats de l'essai seront tout de même utiles.

Ils donnent un « instantané » des performances du forage dans certaines conditions, et peuvent être comparés aux résultats du même essai (débits et durée des paliers identiques) répété à un autre moment, pour voir si les performances du forage ont changé. Si le niveau d'eau continue à baisser rapidement à la fin du premier palier, on peut décider de prolonger la durée du palier (et d'ajuster les paliers suivants en augmentant aussi leur durée). Vous trouverez plus de détails théoriques et pratiques sur les essais par paliers.

II – 1- 5- Déroulement de l'essai par paliers :

Une fois que l'équipement est prêt et que les différentes tâches ont été attribuées, l'essai se déroule de la façon suivante :

1. Choisissez un point de référence (par ex. le bord supérieur du tubage) à partir duquel tous les relevés du niveau d'eau seront effectués, et mesurez le niveau d'eau résiduel. Le niveau doit être stable avant le début de l'essai, donc celui-ci ne doit pas être réalisé un jour où le forage vient d'être fait ou développé, ou lorsque l'équipement est testé.

2. Ouvrez la vanne au réglage prévu pour le premier palier (fixé lors de l'essai précédemment décrit) et enclenchez simultanément la pompe et le chronomètre. Ne modifiez pas constamment le réglage de la vanne pour obtenir un débit particulier (par ex. un chiffre rond pour le nombre de litres par minute). Visez plutôt un débit approximatif et mesurez le débit réel.

3. Mesurez le niveau d'eau dans le forage toutes les 30 secondes pendant les 10 premières minutes, puis toutes les minutes pendant 30 minutes, et enfin toutes les 5 minutes jusqu'à la fin du palier (la durée de chaque palier ayant été fixée lors des préparatifs de l'essai). Si vous oubliez de mesurer le niveau d'eau au moment prévu, notez précisément l'heure à laquelle le relevé est effectué. Consignez tous les relevés sur le formulaire standard prévu pour les essais par paliers.

4. Mesurez le débit de pompage juste après le début du palier, puis à intervalles réguliers (toutes les 15 minutes paraît raisonnable). S'il y a une accélération nette du rabattement, ou si la pompe fait un bruit différent, mesurez le débit à comment-là également. Si le débit de pompage change de manière significative (disons plus de 10 %), ajustez la vanne pour maintenir un débit aussi stable que possible durant tout le palier. Veuillez à ne pas trop corriger, ce qui aggraverait encore le problème.

5. la fin du 1er palier, ouvrez la vanne jusqu'au réglage prévu pour le 2e palier, notez l'heure (ou redémarrez le chronomètre) et répétez les mesures du niveau d'eau et du débit de pompage.

6. Répétez la procédure pour les paliers suivants, en augmentant progressivement le débit de pompage à chaque palier.

7. la fin du dernier palier (qui sera probablement le 4 ou le 5) débranchez la pompe, notez l'heure (ou redémarrez le chronomètre) et mesurez la remontée du niveau d'eau aux mêmes intervalles que ceux auxquels vous avez mesuré le rabattement lors de chaque palier. Continuez pendant la durée d'au moins un palier, idéalement beaucoup plus longtemps, jusqu'à ce que le niveau d'eau se rapproche du niveau enregistré avant l'essai. Pour une explication détaillée de la période de remontée.

II-2- Essai à débit constant :

L'essai à débit constant est l'essai de pompage le plus couramment pratiqué, et son concept est très simple : on effectue des pompages à débit constant sur une longue durée (de plusieurs heures à plusieurs jours, voire plusieurs semaines) en observant les niveaux d'eau et les débits de pompage. Pour que ces essais à débit constant aient une utilité maximale, il faudrait mesurer les niveaux d'eau à la fois dans un forage d'observation et dans le forage de pompage (ou mieux encore, dans plusieurs forages d'observation situés à des distances différentes du forage de pompage). Le présent guide se concentre sur l'exploitation des données obtenues uniquement dans le puits de pompage. L'analyse des données des essais à débit constant permet de déduire la transmissivité de l'aquifère (Chapuis, R.P. 1999).

II- 2- 2 - Équipement et limites:

Pour effectuer un essai à débit constant, l'équipement suivant est nécessaire :

❖ une pompe motorisée complète avec alimentation ,colonne de refoulement, vannes et conduites d'évacuation .Il faut accorder une grande attention au système d'évacuation lors des essais à débit constant, surtout si l'essai doit durer plusieurs jours. Assurez-vous que l'eau ne va pas revenir dans le forage ou causer des ennuis en s'accumulant ou en s'écoulant à un endroit inapproprié.

La meilleure solution consiste habituellement à l'évacuer dans un canal à écoulement naturel à une certaine distance du forage.

❖ Un chronomètre pour mesurer le temps de pompage et de remontée.

❖ Une sonde piézométrique pour mesurer les niveaux d'eau. Un capteur avec enregistrement de donnée serait très utile, si c'est possible, car il continue à collecter des données lorsque les collaborateurs chargés des sondages manuels se reposent.

❖ Une méthode pour mesurer le débit de pompage (seau et chronomètre, débitmètre, ou déversoir).

❖ Un carnet, ou un formulaire standard, et un crayon pour consigner les données des essais.

❖ Du papier millimétré semi-logarithmique et une règle pour reporter les résultats .Lors d'un essai à débit constant, les deux décisions principales à prendre concernent le débit de pompage et la durée de l'essai :

❖ Débit de pompage : en règle générale, le débit de pompage choisi est égal au débit visé lorsque le forage fonctionnera à pleine capacité, bien que certains hydrogéologues préfèrent pour l'essai un débit de 25-50 % supérieur au débit de pompage prévu pour l'exploitation. Les informations fournies par un essai de pompage sont très utiles pour décider de ce débit, qui dépendra également de la façon dont le forage est exploité. Le débit de l'essai de pompage peut être soit le débit effectif de la pompe lorsqu'elle est enclenchée, soit le débit moyen à long terme (incluant les périodes d'exploitation sans pompage). Si l'essai porte en priorité sur la durabilité à long terme, il serait préférable d'utiliser le débit moyen de pompage.

❖ Durée de l'essai : idéalement, un essai à débit constant devrait être assez long pour que le niveau d'eau atteigne l'équilibre, ou du moins s'en rapproche. Le temps nécessaire dépend des propriétés hydrauliques de l'aquifère .nouveau, les résultats de l'essai par paliers aideront à voir comment l'aquifère réagit aux pompages. Pour un forage de petite taille ou de taille moyenne, un ou deux jours devraient être suffisants, mais pour un grand forage qui doit approvisionner une population importante ,une durée d'une ou deux semaines est plus courante.

Il est parfois problématique de maintenir un débit stable lors d'un essai à débit constant, surtout si le débit choisi provoque un rabattement important. Cela provient du fait qu'avec une pompe

centrifuge (le modèle le plus couramment utilisé), le débit de pompage est influencé par la charge.

Il faut signaler que la pompe doit être installée plusieurs mètres au-dessous du niveau d'eau le plus bas escompté au cours de l'essai.

II - 2- 3- Déroulement de l'essai à débit constant:

Une fois que l'équipement est prêt et que les différentes tâches ont été attribuées, l'essai se déroule de la façon suivante :

1. Choisissez un point de référence (par ex. le bord supérieur du tubage) à partir duquel tous les relevés du niveau d'eau seront effectués, et mesurez le niveau d'eau résiduel. Le niveau doit être stable avant le début de l'essai, donc celui-ci ne doit pas être réalisé un jour où le forage vient d'être fait ou développé, ou lorsqu'un essai par paliers est effectué.
2. Ouvrez la vanne au réglage approprié et enclenchez simultanément la pompe et le chronomètre.
3. Mesurez le niveau d'eau dans le forage toutes les 30 secondes pendant les 10 premières minutes, puis toutes les minutes pendant 30 minutes, et enfin toutes les 5 minutes pendant 2 heures. Après 2 heures, observez la vitesse à laquelle le niveau d'eau baisse encore, et définissez une fréquence appropriée pour les relevés de niveau d'eau jusqu'à la fin de l'essai.
4. Mesurez le débit de pompage juste après le début de l'essai, puis à intervalles réguliers (toutes les 15 minutes paraît raisonnable pendant les premières heures, puis fixez une fréquence adéquate pour le reste de l'essai).
5. à la fin de l'essai, débranchez la pompe, notez l'heure(ou redémarrez le chronomètre) et mesurez la remontée du niveau d'eau aux mêmes intervalles que ceux auxquels vous avez mesuré le rabattement. Continuez jusqu'à ce que l'eau soit remontée au niveau d'avant l'essai, ou en soit proche.

III - La mesure :

Au cours du pompage d'essai, les mesures enregistrent le rabattement de la nappe et le débit en fonction du temps, selon une fréquence appropriée, à l'aide d'une sonde électrique ou d'un

dispositif d'acquisition automatique. Elles peuvent être accompagnées de mesures et observations complémentaires (conductivité, température, turbidité, odeur, etc.) qui traduisent l'évolution du cône de rabattement dans l'espace et servent à analyser les phénomènes d'arrivée d'eau.

IV – Le logiciel utilisé (Aquifère Test) :

IV-1- Logiciel Aquifère Test :

Ce logiciel permet :

- D'interpréter les données d'essais de pompage et de perméabilité et estimer les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères étudiés.
- De prévoir l'impact d'un pompage sur son environnement.
- De présenter rapidement les données et résultats d'une étude sous forme de rapport.
- Calcul des paramètres hydrauliques en différents contextes (aquifère à nappe libre, aquifère à nappe semi-captive, aquifère à nappe captive ou aquifères fracturés).

IV-1-1- Avantages des nouveaux dispositifs : les dernières versions du logiciel permettent des analyses avancées des dérivées, et des représentations graphiques des diagnostics. Elles permettent aussi de tracer les cartes d'isohypses et faire des corrections barométriques et de la tendance de ligne de base.

IV-1-2- Applications : parmi les applications possibles du logiciel Aquifère Test, on cite :

- Estimation des propriétés hydrodynamique d'un aquifère (conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement ,transmissivité).
- Prévision de l'impact d'un pompage sur son environnement (cône de dépression).
- Optimiser la configuration de test de pompage en fonction du diamètre de puits, du débit de pompage, la position des crépines ...
- Optimiser l'utilisation de différent pompage d'une même zone.
- Déterminer la présence de limite de flux ou d'interférence enter puits durant le pompage.
- Préparer des rapports professionnels de pompage d'essai pour les soumettre aux autorités gestion de l'eau.
- Concevoir les cartes d'impact des pompages.

IV-2- Etapes d'interprétation d'un essai de pompage parle logiciel Aquifère Test :

2-1-Pumping test : dans cette phase ,on introduit les informations sur le projet, le nom et la date de l'essai, les propriétés de l'aquifère (épaisseur, type et),définition des unités, transmissivité, temps.

2-2- Dicharge : cette application entré la valeur de débit constant ou variant, mais le débit variant contenue chaque palier avec à chaque temps.

2-3- water Levels :dans l'application entré le niveau statique de l'aquifère et complet le tableau(temps ,rabattement ,niveau dynamique) pour constituer un courbe temps en fonction de rabattement.

2-4- Analysis : cliqué sur (Data form) et le simple Fit pour déterminée les paramètres hydrodynamique (T et S) et dessinée la courbe Temps en fonction de rabattement.

2-5- Reports : c'est la dernière application dans cette logiciel pour donner les résultats des caractéristique hydrodynamiques d'un aquifère.

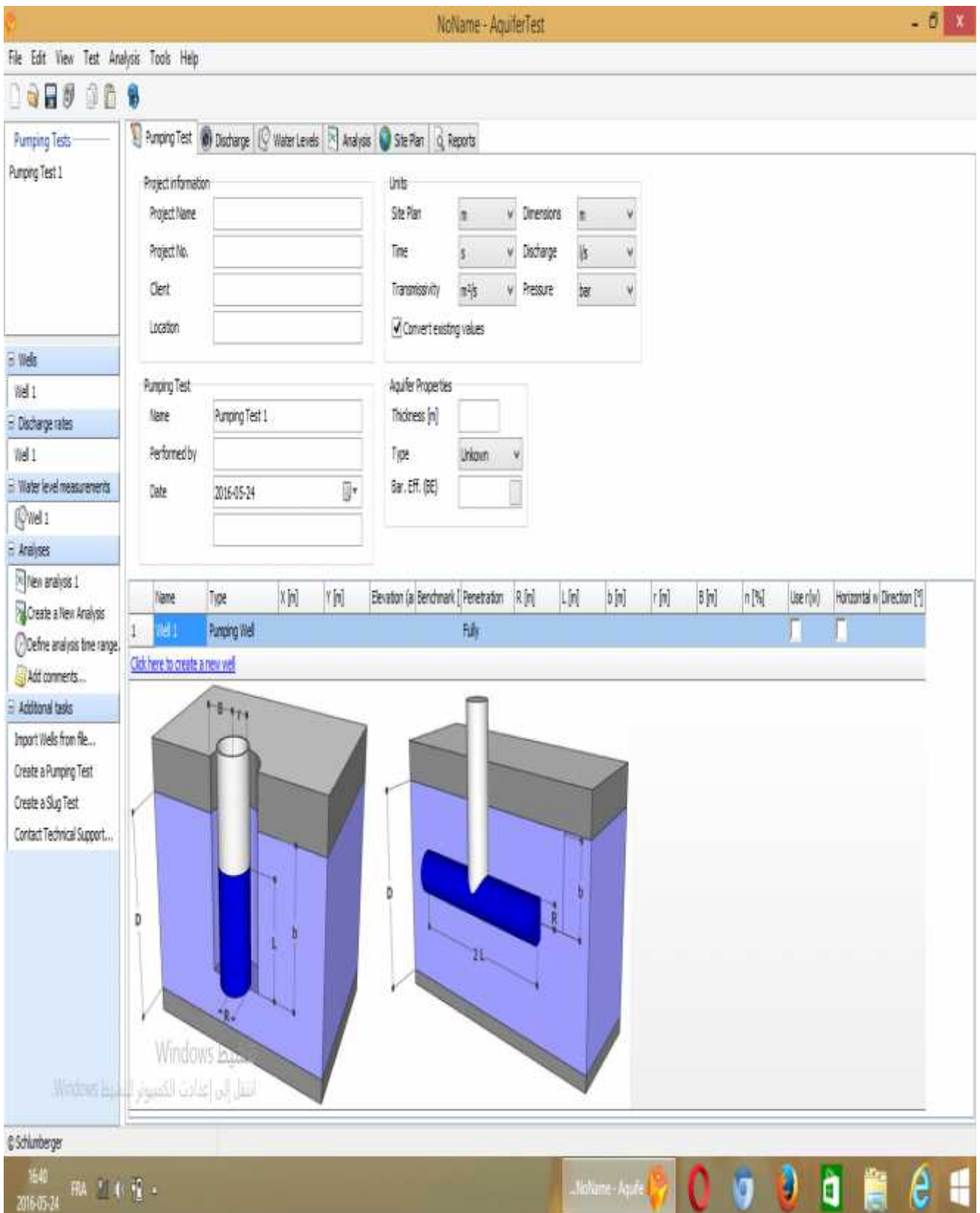


Fig. 25 : configuration des paramètres de l'essai de pompage

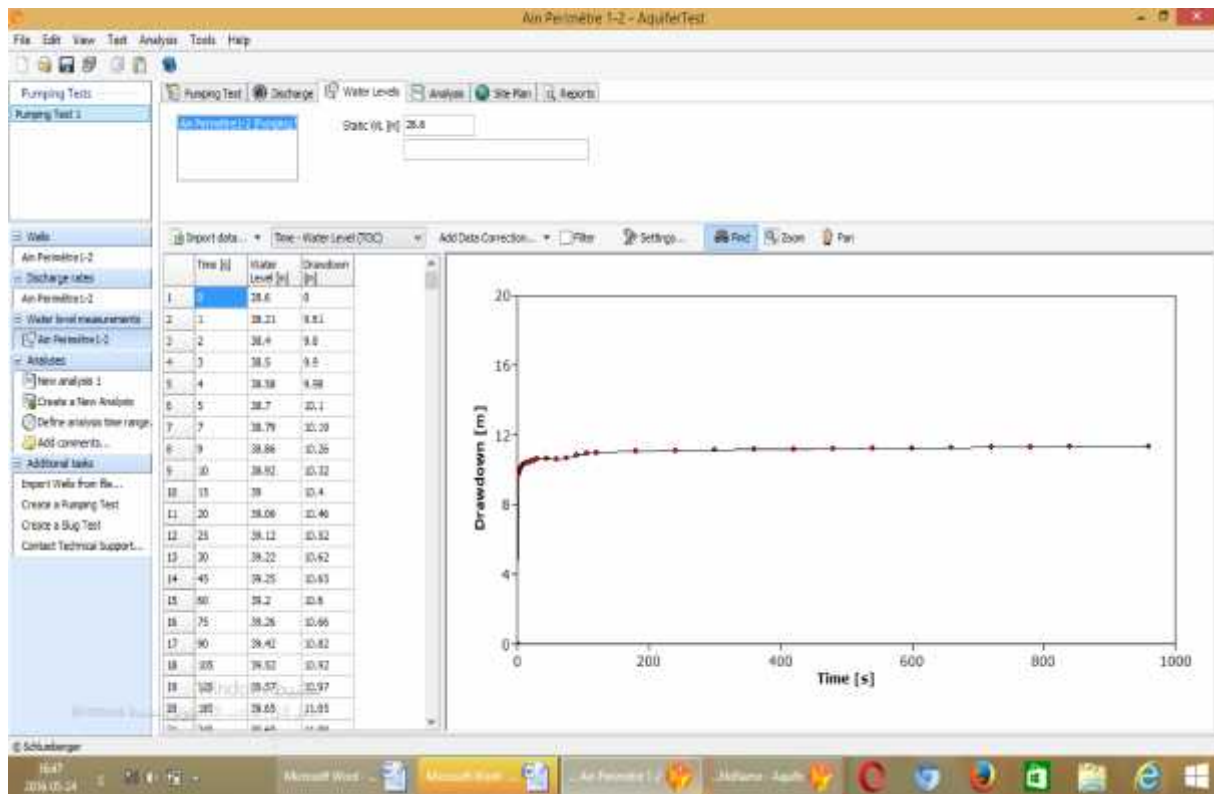


Fig..26 : implémentation des niveaux d'eau en fonction du temps

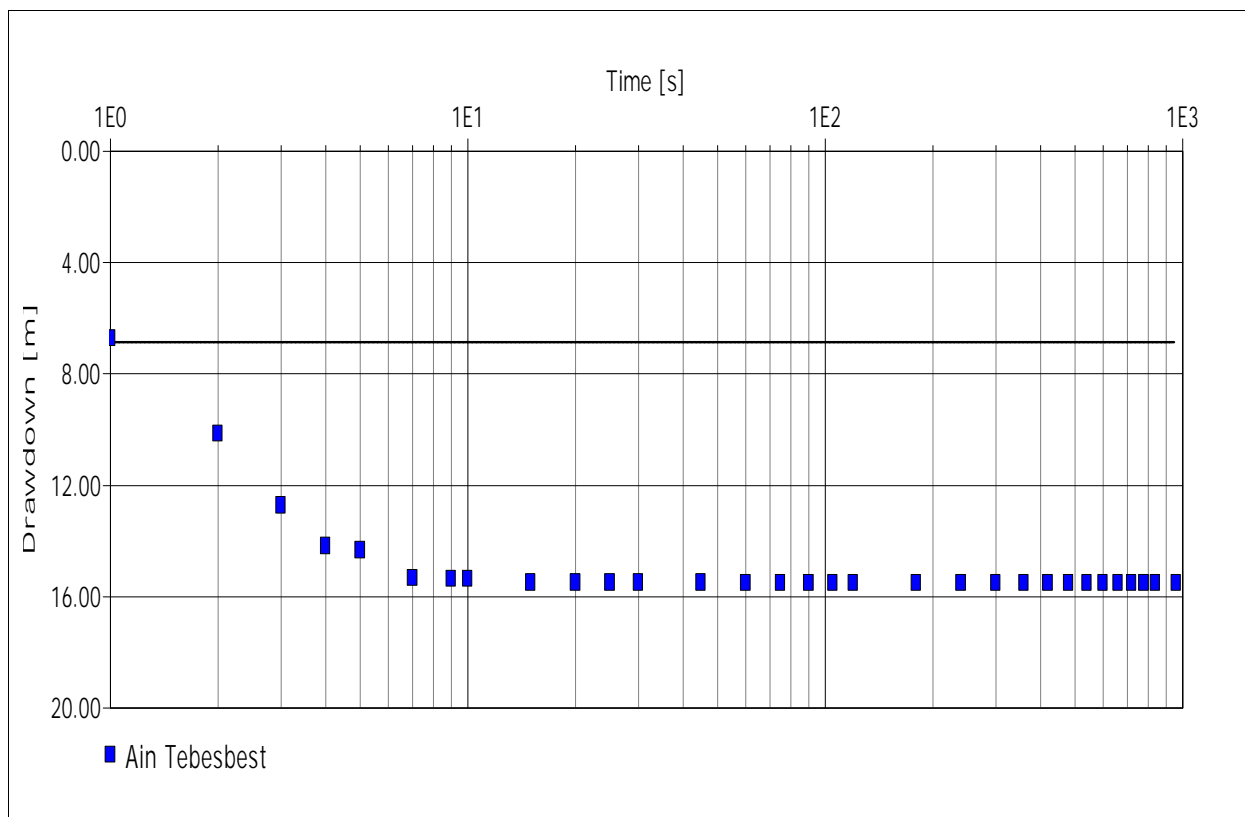


Fig.. 27 : la courbe Temps – Rabattement par logiciel aquifère test

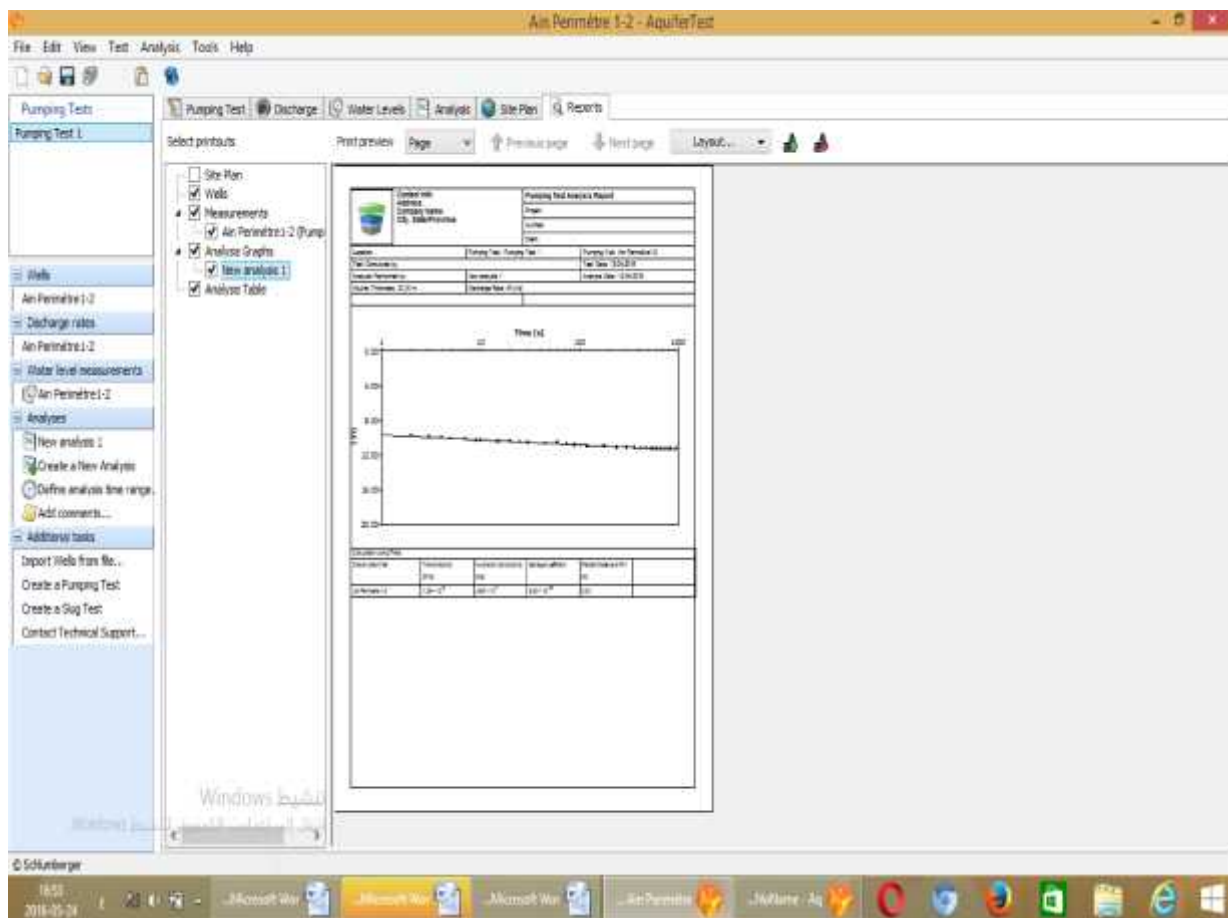


Fig. 28 : de phase de reporter dans logiciel aquifère test

V- METHODES D'ANALYSES :

Les méthodes d'interprétation des pompages d'essai ont considérablement évolué au cours des dernières décennies du fait des progrès en matière de mesure et de traitement des données.

- Theis
- Theis avec correction de Jacob : La solution de Jacob dérive de la solution de Theis, plus ancienne (1935), dont l'interprétation se faisait également de manière visuelle par superposition des mesures à un abaque en coordonnées log-log.
- Neumann
- Boulton
- Hantush-Jacob (Walton)

- Hantush : Ils traitent les effets dits de puits sensibles au de but du pompage, de limites rectilignes simples ou multiples, d'influence de drainance à travers une couche semi-perméable (Hantush, 1961) ou de retard spécifique à l'écoulement des nappes libres (égouttement).
- Hantush Bierschenk
- Warren-Root
- Moench
- Cooper Papadopulos
- Agarwal Recovery
- Theis Recovery

Cooper Jacob 1 : Temps Rabattement: La plus célèbre, parce que la plus simple à mettre en œuvre, est la solution dite de Jacob (ou de Cooper-Jacob, 1946) qui détermine graphiquement les paramètres T et S par les caractéristiques d'une (ou plusieurs) droites dans un graphique semi-logarithmique passant par les rabattements observés.

- Cooper Jacob 2 : Distance Rabattement
- Cooper Jacob 3 : Temps Distance Rabattement

VI- Méthodes appliquées : (Theis et Cooper Jacob) :

VI-1- Méthode de Theis :

Charles V. Theis (1935) a été le premier à développer une solution représentant l'effet du pompage pour un écoulement en régime transitoire qui tenait compte à la fois du facteur temps et de l'emmagasinement dans la formation (Chantale Blais, 1996).

L'équation de Theis est la solution analytique de l'équation générale précédente et elle s'exprime :

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-y} dy}{y} = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

Où :

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

Et :

$$W(u) = -0,5772 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{3 \times 3!} \dots$$

$W(u)$ est la fonction de puits de Theis et sa valeur peut être évaluée en développant l'intégrale de l'équation du rabattement en série de Taylor.

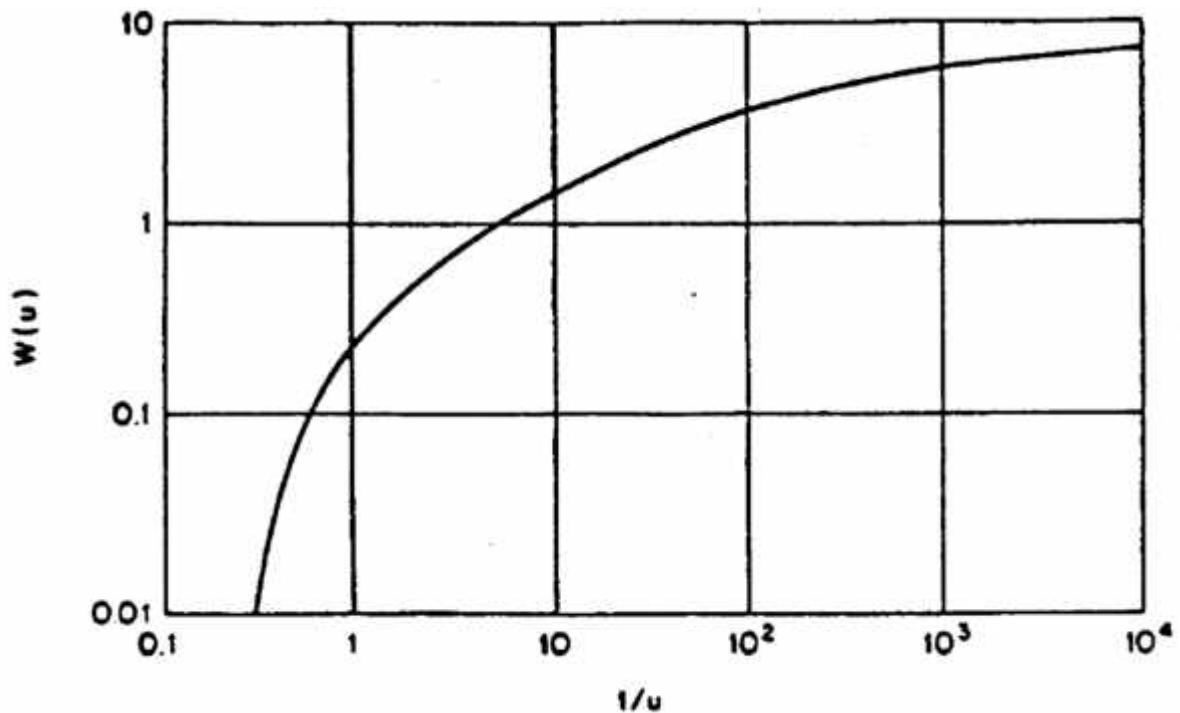


Fig. 29 : courbe type de Theis (in Chantale Blais, 1996)

En pratique, le calcul de T et S consiste à reporter les rabattements(s) en fonction de temps de pompage (t) en coordonnées bi logarithmique et à superposer la courbe obtenue sur la courbe théorique en maintenant les axes de coordonnées parallèles. On superpose généralement la courbe standard de Theis exprimée en $1/u$ de façon à avoir un sens de abscisses croissant sur les deux courbe.

La coïncidence entre les deux graphiques permet de faire correspondre à un point quelconque d'un graphique un point de l'autre et l'identification des coordonnées de ce couple de points(s, t) et (W(u), u) permet de calculer T et S par les formules :

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) \text{ et } S = \frac{4T(t/r^2)}{u}$$

Avec : T : transmissivité en m^2/s ;

Q : débit de pompage (m^2/s) ;

s : rabattement (m) ;

Au temps (t) S : Coefficient d'emmagasinement et r : rayon du puits.

VI-2- La méthode d'analyse de Cooper-Jacob :

elle se base sur une simplification de la méthode de Theis(Theis, 1935). Elle est applicable pour des valeurs de t grande ou de r petit (pour lesquelles une simplification de cette équation est possible).

La méthode de Cooper-Jacob est une méthode logarithmique de la droite de Jacob. Cette équation prend notamment pour hypothèses que l'aquifère est confiné et que le puits y pénètre entièrement. L'équation de Cooper-Jacob se définit par la formule suivante :

$$s = (2.3Q/4\pi) * \log(2.25T /r^2S)$$

De cette équation on déduit l'équation qui est utilisée pour le calcul de la transmissivité :

$$T = 2.3Q/4\pi (t)\log(2.25T /r^2S)$$

Où :

T : la transmissivité (m^2/s)

Q : le débit de pompage (m^3/s)

t : le temps (s)

S : le coefficient d'emmagasinement (sans dimension)

r : la distance entre le puits d'observation et le puits pompé (m)

s : le rabattement au temps t

En pratique, la procédure d'analyse est la suivante (Dross P. 2011) :

1. Préparez un graphique sur du papier millimétré semi logarithmique en reportant les niveaux d'eau sur l'axe y (linéaire), en mètres au-dessous du point de référence, et le temps sur l'axe x (logarithmique), (en minutes, depuis le début du pompage).
2. Reportez les niveaux d'eau en fonction du temps pour la durée de l'essai. Tracez la droite la mieux ajustée qui passe par ces points, en ignorant les premières données et en se concentrant sur les données relevées du milieu à la fin de l'essai.
3. À partir de cette droite, mesurez le paramètre s , qui est la différence de niveau d'eau (en mètres) pendant un cycle logarithmique.
4. Calculez le débit moyen de pompage sur la durée de l'essai, Q en $m^3/jour$.
5. Introduisez les valeurs de Q et s dans la formule ci-dessous pour calculer la transmissivité T. Assurez-vous que les unités correctes ont été utilisées, et T sera exprimé en $m^2/jour$.

$$T=0.183 Q/ s$$

Cette méthode peut être appliquée pour chaque piézomètre et permet ainsi d'analyser l'hétérogénéité spatiale de T et S.

VII- Résultats et interprétations :

Dans cette partie nous allons présenter les résultats des essais de pompage réalisés sur huit forages de la région de Touggourt. En réalité, les essais concernant la deuxième (2^{ème}) nappe des sable CT2 dans la zone d'étude sont de deux types : essais de longue durée à débit constant.

VII-1- Interprétation des essais de longue durée à débit constant

Nous avons analysé les données de terrain des huit essais (enregistrements des niveaux d'eau en fonction du temps de pompage) en utilisant le logiciel Aquifère Test en appliquant deux méthodes : la méthode de Theis et la méthode de Cooper-Jacob. Deux exemples seront présentés en détail :

VII-1-1 Le forage d'Ain Kharboucha situé à Temacine : les sables de CT2 sont situés à une profondeur de 118 m, avec une épaisseur de 28 m. L'essai de pompage a duré 960 minutes (16 heures) suivi d'une remontée de même durée.

La figure suivante représente l'évolution des rabattements en fonction du temps.

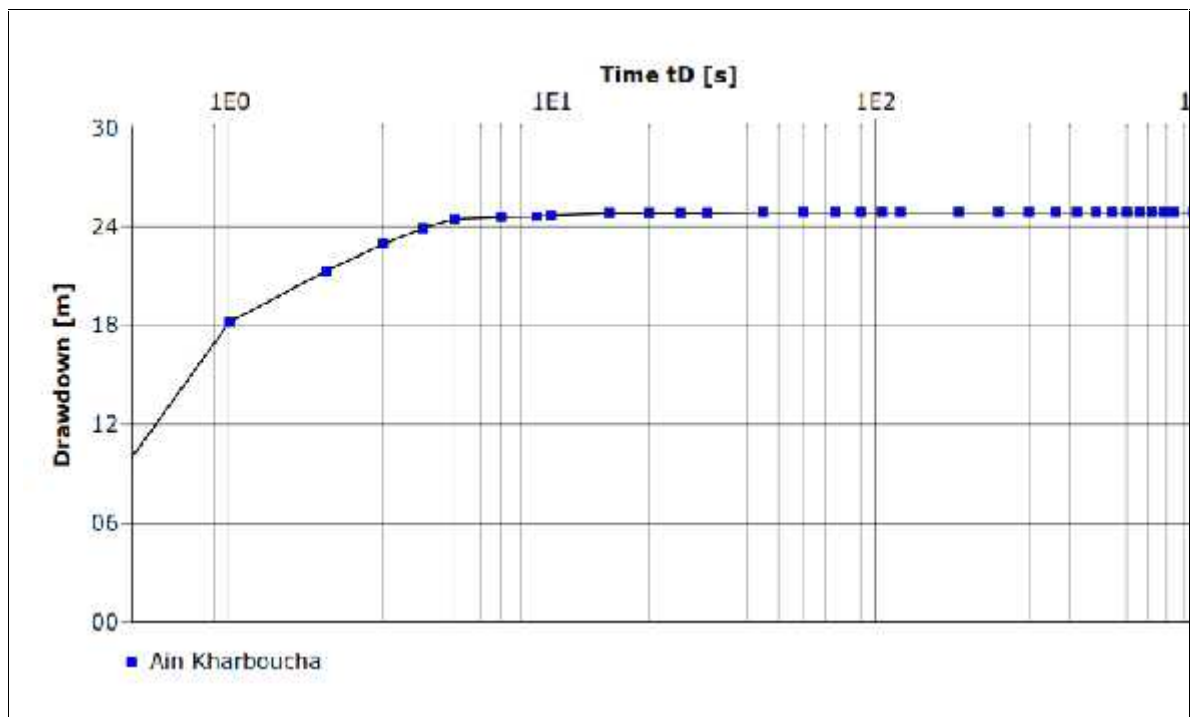


Fig. 30 : la courbe temps-rabattements du forage d'Ain Kharboucha

VII-1-1-1 La méthode de Theis :

L'analyse des données par la méthode de Theis a permis de calculer les paramètres hydrodynamiques de la nappe étudiée. Après 148 itérations, le modèle a convergé vers la courbe représentée ci-après.

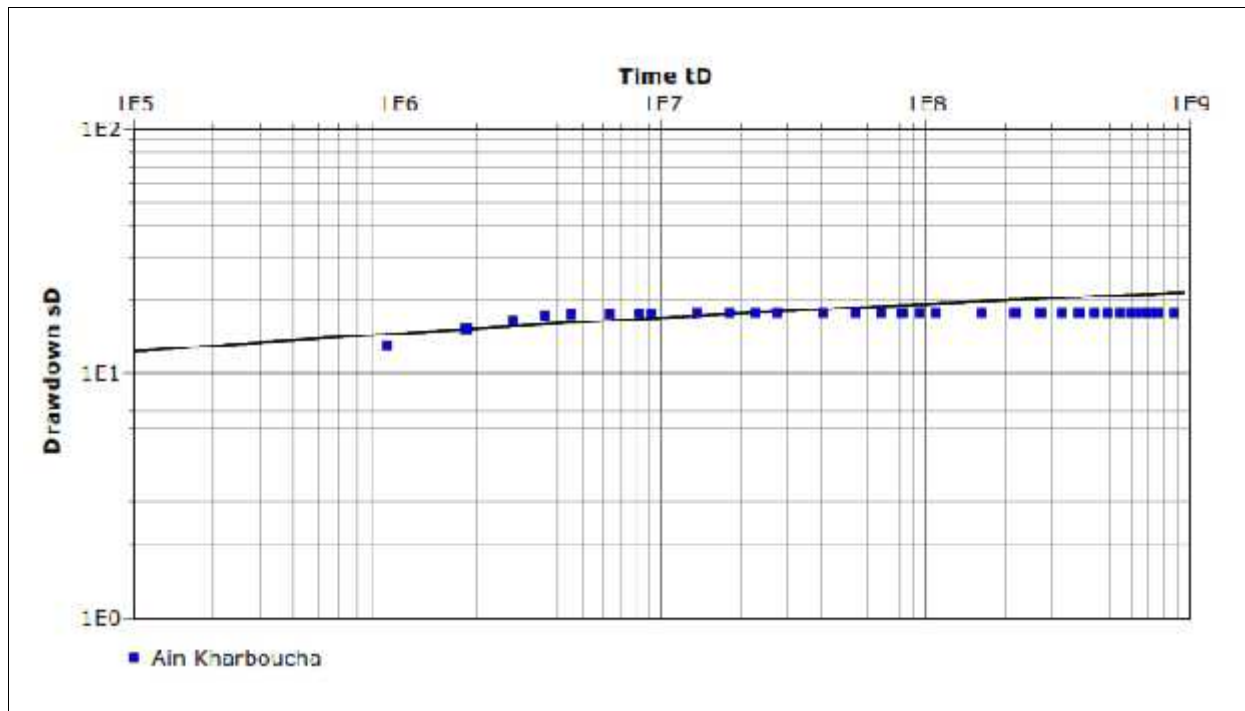


Fig. 31 : méthode de Theis appliquée au forage d'Ain Kharboucha

Les valeurs de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement sont reproduite dans le tableau suivant :

Calculation using Theis				
Observation Well	Transmissivi [m ² /s]	Hydraulic Conductivity [m/s]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [m]
Ain Kharboucha	1.14×10^{-3}	4.07×10^{-5}	2.60×10^{-8}	0.22

Tab 08 : résultats de l'analyse par la méthode de Theis pour le forage d'Ain Kharboucha

La valeur de la transmissivité de l'ordre de $1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, la valeur du coefficient d'emmagasinement est faible de l'ordre de 2.6×10^{-8} reflétant des réserves en eaux de faibles quantités. La perméabilité de $4.07 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ signifie que les sables du CT2 sont relativement argileux.

VII-1-1-2- La méthode de Cooper-Jacob :

L'analyse des données par la méthode de Cooper-Jacob a permis de calculer les paramètres hydrodynamiques de la nappe des sables CT2. Après 105 itérations, le modèle a convergé vers la courbe représentée ci-après.

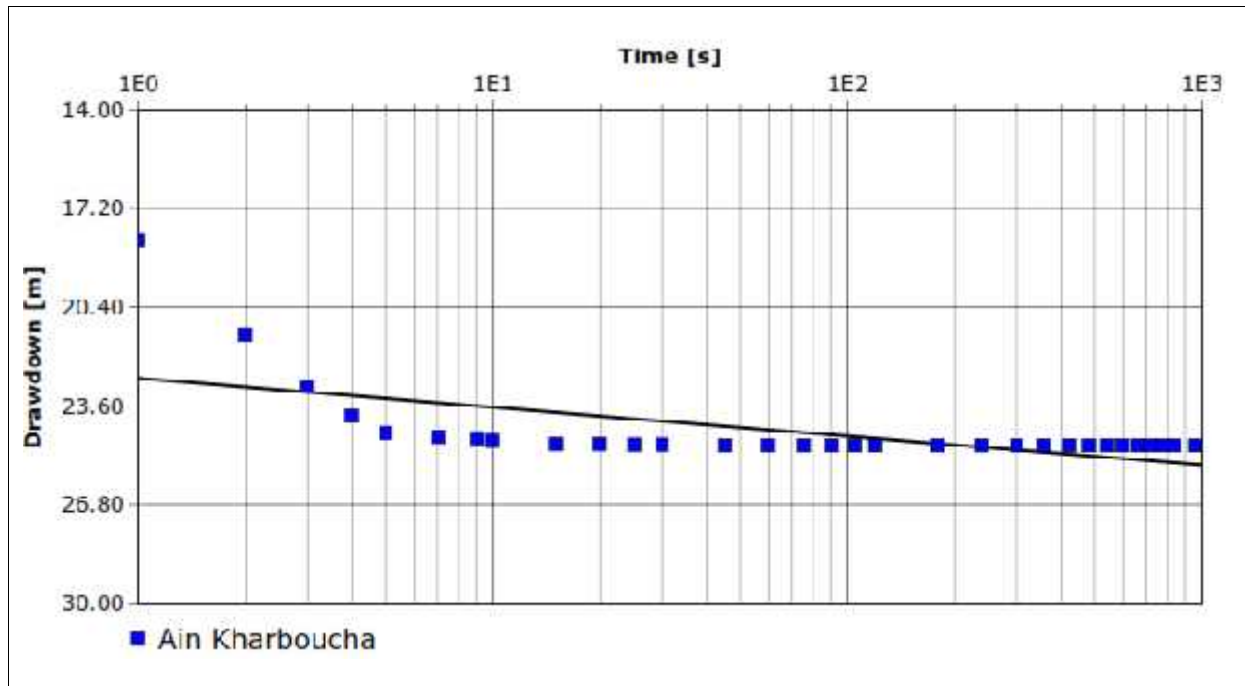


Fig. 32 : méthode de Cooper-Jacob appliquée au forage d'Ain Kharboucha

Les valeurs de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement sont reproduite dans le tableau suivant :

Calculation using COOPER & JACOB				
Observation Well	Transmissivity [m ² /s]	Hydraulic Conductivity [m/s]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [m]
Ain Kharboucha	3.92×10^{-3}	1.40×10^{-4}	8.76×10^{-26}	0.22

Tab 09 : résultats de l'analyse par la méthode de Cooper-Jacob pour le forage d'Ain Kharboucha

La valeur de la transmissivité de l'ordre de $3.92 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, la valeur du coefficient d'emmagasinement est très faible de l'ordre de 8.76×10^{-26} ce qui donne l'impression que la méthode n'est pas bien adaptée. La perméabilité de $1.40 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ signifie qu'il s'agit de sables fins à argileux.

VII-1-2- Le forage d'Ain Périmètre 41 situé à **Blidet Amor** : la nappe CT2 commence à une profondeur de 116 m, son épaisseur atteint 30 m. L'essai de pompage a duré 960 minutes (16 heures) suivi d'une remontée de même durée.

La figure suivante représente l'évolution des rabattements en fonction du temps.

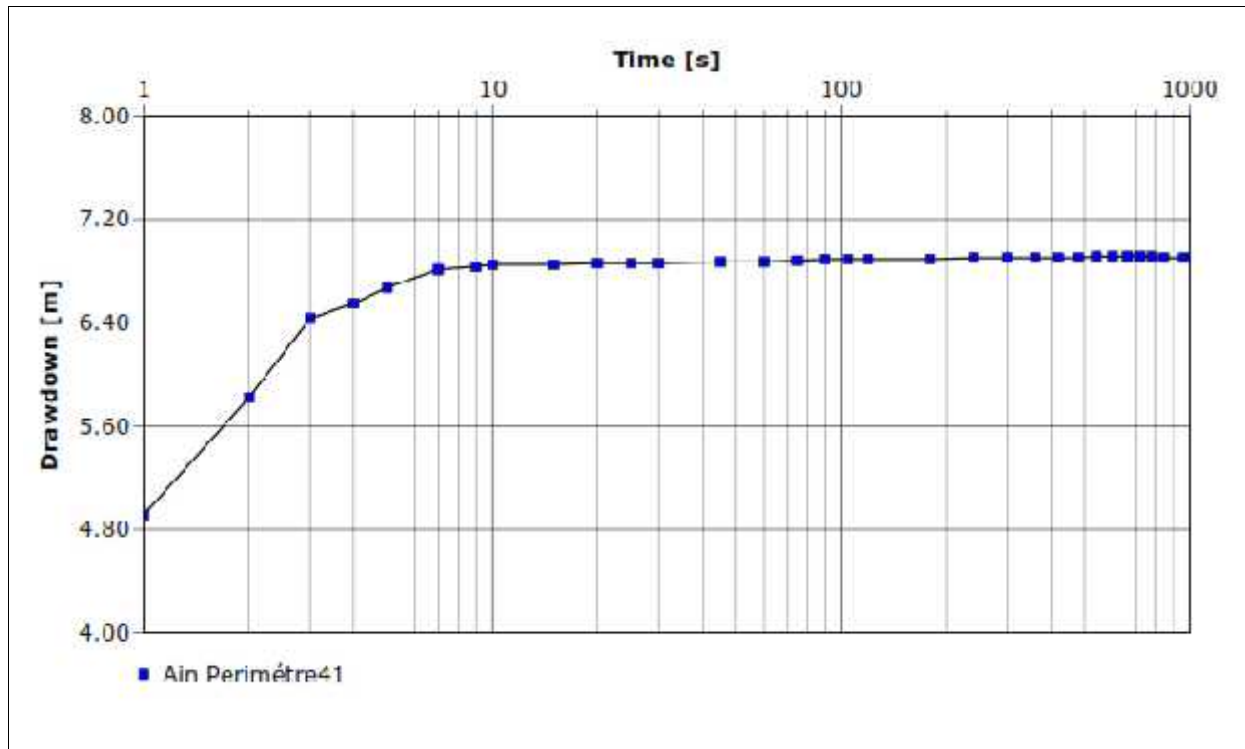


Fig. 33 : la courbe temps-rabattements du forage d'Ain Périmètre 41

VII-1-2-1- La méthode de Theis :

La première méthode d'interprétation pour le puits d'Ain Périmètre 41 est celle de Theis qui a permis de calculer surtout la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement de la nappe. Après 83 itérations, le modèle a convergé vers la courbe représentée ci-après.

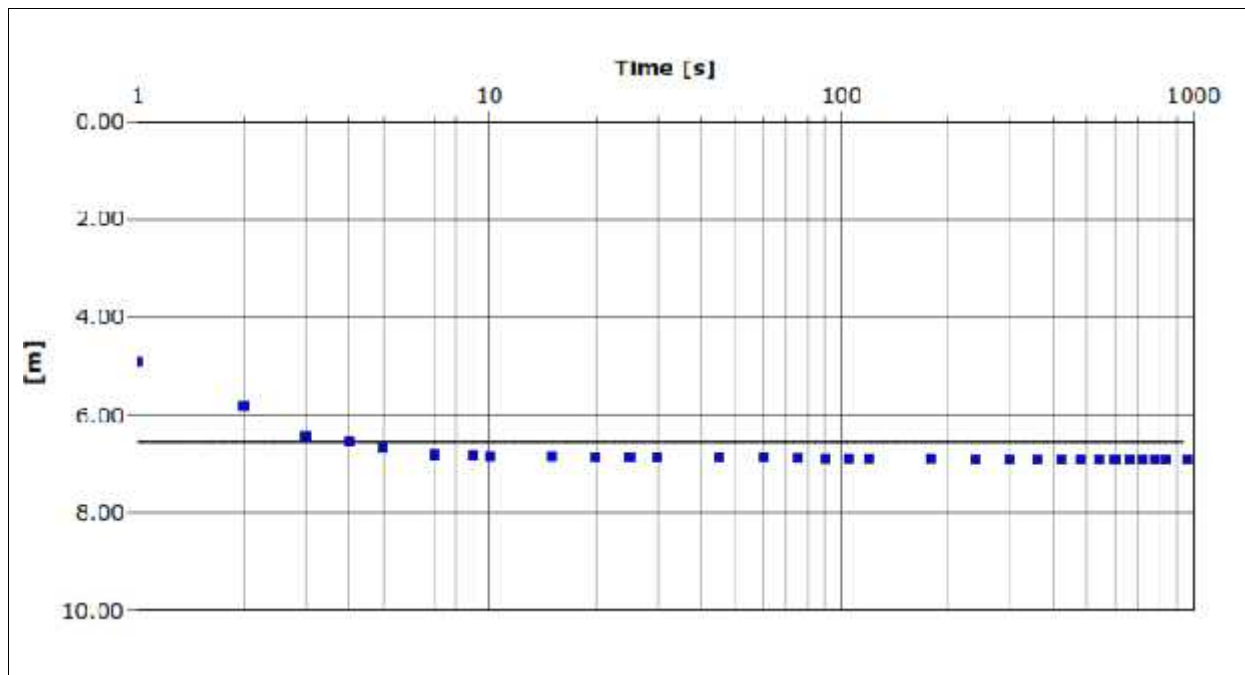


Fig. 34 : méthode de Theis appliquée au forage d’Ain Périmètre 41

Les valeurs de la transmissivité et du coefficient d’emménagement sont reproduite dans le tableau suivant :

Calculation using Theis				
Observation Well	Transmissivity	Hydraulic Conductivity	Storage coefficient	Radial Distance to PW
	[m ² /s]	[m/s]		[m]
Ain Perimètre41	2.68×10^{-4}	8.92×10^{-6}	1.19×10^{-4}	

Tab 12 : résultats de l’analyse par la méthode de Theis pour le forage d’Ain Périmètre 41

On remarque que pour ce forage les sables sont moins imperméables avec une conductivité hydraulique de l’ordre de 8.92×10^{-6} , la transmissivité est de $2.68 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$. le coefficient d’emménagement est très fort par rapport à une nappe captive qui sont généralement de l’ordre de 1.19×10^{-4} .

VII-1-2-2- La méthode de Cooper-Jacob :

Les données du forage d’Ain Périmètre 41 sont traitées par la méthode de Cooper-Jacob et après 105 itérations, le modèle a convergé vers la courbe représentée ci-après.

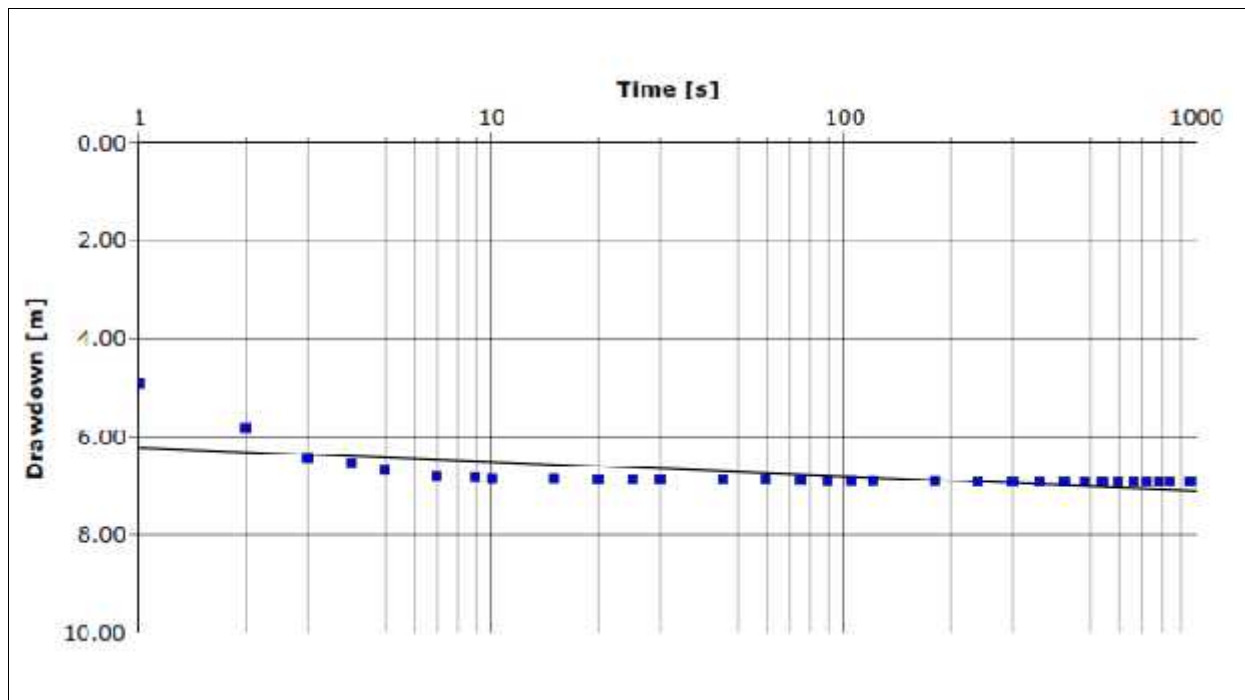


Fig. 35 : méthode de Cooper-Jacob appliquée au forage d’Ain Périmètre 41

L’interprétation par cette méthode a donné les valeurs des paramètres hydrodynamiques reportés dans le tableau suivant :

Calculation using COOPER & JACOB				
Observation Well	Transmissivity	Hydraulic Conductivity	Storage coefficient	Radial Distance to PW
	[m ² /s]	[m/s]		[m]
Ain Perimètre41	1.40×10^{-2}	4.67×10^{-4}	1.32×10^{-22}	0.22

Tab 11: résultats de l’analyse par la méthode de Cooper-Jacob pour le forage d’Ain Périmètre 41

On remarque surtout que la valeur du coefficient d’emmagasinement est très faible de l’ordre de 1.32×10^{-22} ce qui est incompatible avec les ressources exploitées à partir de cette nappe.

CONCLUSION GENERALE

L'étude réalisée s'est intéressée à l'aspect des quantités des eaux de la région de Touggourt, nous avons tenté d'exposer brièvement les principaux résultats obtenus .

La région d'étude qui fait partie du Sahara septentrional, la vallée de l'Oued Righ est située dans un lit fossile (Oued Igharghar) d'un large fossé de subsidence de direction Sud-Nord, suivant une pente longitudinale de 1‰ depuis El Goug jusqu'à chott Mérouane. Les formations géologiques sont en majeure partie d'âge quaternaire et résultent de l'érosion continentale des dépôts Mio-pliocène.

La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminale

Le Complexe Terminal se distingue en deux formations aquifères très exploitées dans la région de Touggourt. Ce sont :

- La première nappe des sables .
- La deuxième nappe du sable .

En réalité, les essais concernant la deuxième (2^{ème}) nappe des sable CT2 dans la zone d'étude sont de deux types : essais de longue durée à débit constant et essais à débit variable (en paliers).

Les valeurs de la transmissivité et du coefficient d'emménagement selon **la méthode de Theis** sont reproduite pour le forage d'Ain Kharboucha est de transmissivité de l'ordre de $1.14 \cdot 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$, la valeur du coefficient d'emménagement est faible de l'ordre de $2.6 \cdot 10^{-8}$ reflétant des réserves en eaux de faibles quantités. La perméabilité de $4.07 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$ signifie que les sables du CT2 sont relativement argileux. Et pour le forage d'Ain Périmètre 41 on remarque que pour ce forage les sables sont moins imperméables avec une conductivité hydraulique de l'ordre de $8.92 \cdot 10^{-6}$, la transmissivité est de $2.68 \cdot 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$. le coefficient d'emménagement est très fort par rapport à une nappe captive qui sont généralement de l'ordre de $1.19 \cdot 10^{-4}$.

Selon la **méthode de Cooper-Jacob** appliquée au forage d'Ain Kharboucha les valeurs de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement sont pour ce forage de l'ordre de $3.92 \cdot 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ de transmissivité, la valeur du coefficient d'emmagasinement est très faible de l'ordre de $8.76 \cdot 10^{-26}$ ce qui donne l'impression que la méthode n'est pas bien adaptée. La perméabilité de $1.40 \cdot 10^{-4} \text{m/s}$ signifie qu'il s'agit de sables fins à argileux. Et pour le forage d'Ain Périmètre 41 on remarque surtout que la valeur du coefficient d'emmagasinement est très faible de l'ordre de $1.32 \cdot 10^{-22}$ ce qui est incompatible avec les ressources exploitées à partir de cette nappe.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. ABHS, Décembre 2006, Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Sahara septentrional, mission I: ressources en eau et en sols et infrastructure de mobilisation.
- [2]. Alexis Gutierrez, Benoit Dewandel, 2013 : L'interprétation des pompages d'essai : quelles nouveautés ; Revue géologues, N° 178, pp 49-53.
- [3]. Bettahar. A ,2013. Aspects qualitatifs des eaux de la région de Touggourt (Nappe du Complexe Terminale et Continentale Intercalaire) Sud-Est de l'Algérie. Mémoire Master, option: hydrogéologie. Univ. Kasdi Merbah - Ouargla .
- [4]. Ben hamida. R., & Talbi. E., 2004. Bilan Hydrique de la vallée d'Oued Righ. Mémoire D'ingénieur, spécialité: hydraulique saharienne. Univ. Ouargla.
- [5]. Bender., 1998. Plan directeur général de développement des régions saharienne, les autres ressources naturelles (hors sols et eaux), 85p.
- [6]. CRSTRA, Novembre 2008, Centre de Recherche Scientifique et sur les Régions Arides, mission : étude régional de la vallée d'oued Righ.
- [7]. Chapuis, R.P.[1999]. Guide des essais de pompage et de leurs interprétations. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 156 pages.
- [8]. Chantale Blais, 1996. Caractérisation des propriétés hydrauliques au CTED de la ville de Montréal. Mémoire de Maître ès sciences (M. SC.), Université du Québec, INRS-Géoressources. 266 pages.
- [9]. Dadoun . J., 2007. Essai de pompage . Office internationale de l'eau . Développer les compétences pour mieux gérer l'eau .
- [10]. Dubost , 1992. Ecologie, Aménagement et développement Agricole des Oasis Algériennes. Edition 2002, N° Dépôt légal ; 1092-2002. 36.
- [11]. Dross P. 2011. Guide pratique pour les essais de pompage de puits. Unité eau et habitat Comité international de la Croix-Rouge. 108 pages.

[12]. Hammouda. N., 2013. Contribution à l'étude de l'effet de l'action anthropique sur les zones humides du Sud-est du Sahara (Cas de l'Oued Righ). Mémoire Master Académique , spécialité : Protection de la ressource sol-eau et d'environnement. Univ. Kasdi Merbah - Ouargla .

[13]. Helal. F., & Ourihane. D., 2004. Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal de la région de Touggourt. Aspect hydrochimique et problèmes techniques poses. Mémoire d'ingénieur, option: hydrogéologie. Univ. Houari Boumediene

[14]. Theis, C.V. (1935). The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and the duration of discharge of a well using groundwater storage. American Geophysical Union, Transaction, 16, p. 519-524

الملخص

تزرخ مدينة تقرت بمخزون جوفي كبير يتمثل في : المتداخل القاري و المركب النهائي ، تمثل كمية مياه الجيوب متوسطة العمق للمركب النهائي مشكل كبير خاصة و انه الأكثر استغلالا .

إن الهدف من هذا العمل هو تحديد الخصائص الهيدروليكية للجيوب متوسطة العمق للمركب النهائي و إجراء مقارنة بينها.

بعد تطرقنا لطريقة (Theis) و (Cooper Jacob) من خلال برنامج (Aquifère test) لحساب الخصائص الهيدروليكية وبعد النتائج المحصل عليها, نستنتج ان الخصائص الهيدروليكية الثلاث تزيد في الجيوب التي تقع في منتصف المنطقة المدروسة .

كلمات المفتاح: المتداخل القاري. المركب النهائي. طريقة ناييس . طريقة كوبر جكوب . برنامج اكيفار تاست . الخصائص الهيدروليكية

RESUME

La région de Touggourt contient une importante quantité de ressources en eau souterraine. Ces dernières sont représentées par deux grands aquifères: le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. La quantité de la nappe des forages moyennement profondeurs ,la deuxième nappe de sable (CT2) de ces eaux pose un grand problème, parce que très exploitée , L'objectif de cette étude est déterminer les paramètres hydrodynamique de la nappe CT2 de cette région et leur impact sur l'environnement. D'après les résultats obtenus et traités par la méthode de Theis et Cooper Jacob par logiciel Aquifère Test pour calculer les paramètres hydrodynamiques et après interprétation des résultats, on peut dire que les trois paramètres hydrodynamique augment dans les nappes qui trouvées à la médiane de la zone d'étude .

Mots clés : Complexe Terminal, Continental Intercalaire, Méthode de Theis , Méthode de Cooper Jacob, logiciel Aquifère Test, paramètres hydrodynamiques .

ABSTRACT

The area of Touggourt consists of a good amount of underground water resources. These resources consist of two big aquifers: the Terminal Complex and the Continental Intercalary. The quantity layers refouiller medium profounder . The second layers sand these water it's a big problem . because much exploitation . alimentation the layers of the area . The objectives of the present study its determination the parameter hydrodynamic the layers this area and their impact on environmental . After the resultants obtained and trait from the méthodes utilizations Theis and Cooper Jacob of the logical Aquifère Test at calculation the parameter hydrodynamic and after interpretation the resultants . it could be said that the three parameter hydrodynamic splint of the layers who bear of the medium area advised .

Keywords: Terminal Complex, Continental Intercalary, Theis method's , Cooper Jacob method's , logical Aquifer Test . parameter hydrodynamic .