

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة جيلالي بونعامة خميس مليانة  
Université Djilali Bounaama Khemis Miliana  
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre  
قسم الجيولوجيا

Département de Science de la terre



Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

*Domaine : Sciences de la Terre*

*Spécialité : Hydrogéologie*

**Thème :**

**Etablissement de carte de ressources en eaux souterraines de la  
willaya de Tipaza**

**Soutenu le : 04/07/2018**

**Par : M<sup>elle</sup> Benmeddah Khadidja**

Devant le **Jury :**

**President:** Mr Bensaada M

M.C B U. Djilali Bounaama, Khemis Miliana

**Examineurs:**

Mr Boucefiane AEK

M.A. A U. Djilali Bounaama, Khemis Miliana

Mr Zedame

M.A.A U. Djilali Bounaama, Khemis Miliana

**Encadrer par :**

**Promoteur: Mr Said Ramdane**

M.A.A U. Djilali Bounaama, Khemis Miliana

**Co-Promoteur: Mr Danoni. B**

**Ingénieur DREW Tipaza**

**Co-Promoteur: Mr Belaidi. M**

**Chef service ANRH Blida**

*Année Universitaire : 2017/2018.*

## Remerciements

Dans le cadre de ce mémoire je tiens à remercier vivement les personnes qui m'ont aidé d'une manière précieuse pour venir au bout des objectifs de mon travail. Ces personnes sont nombreuses et je commencerais par :

Mer Said Ramdan, mon promoteur à qui je dois tout, qui a accepté de m'encadrer pour la réalisation de ce travail, il a su m'orienter, m'encourager, qu'il trouve ici mon sincère et vif remerciement et mes respects les plus profonds.

Ma famille, pour leur grand soutien et encouragement mais surtout pour leur soutien financier tout le long de la réalisation de ce travail ainsi que tout le long de ma carrière d'étudiant.

Mer Danoni Brahim, mon Co-promoteur, ingénieur et chef de bureau de la mobilisation des ressources en eau souterraine et Mer Madi Djahid, chef service de mobilisation des ressources en eau à la Direction des ressources en eau de la wilaya de Tipaza qui ont mis à ma disposition toutes les données disponibles ainsi que leur accueil cordial et chaleureux. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance, qui s'adresse aussi à l'ensemble du personnel du service.

Mer Belaidi, chef de service de l'ANRH de Blida et Mer Yahiaoui Amar chef d'antenne de l'ANRH de Kolea pour toute leur aide et leur précieuse contribution en mettant à ma disposition toutes les informations nécessaires pour la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du jury, d'avoir accepté de juger mon travail notamment Mer Bensaada Mohamed qui présidera le jury et Messieurs Boucefiane AEK et Zedame qui examineront mon travail.

Je ne peux conclure ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants du département des sciences de la nature et de la terre, qui sont à l'origine de ma formation durant tout le long cycle de mes études.

# *Dédicace*

*A l'esprit de mon père qui est toujours vivant dans mon cœur.*

*A ma grande mère et ma chère mère pour ses sacrifices et son amour, son aide, son soutien et son encouragement. Que dieux le tout-puissant la protège.*

*Je dédie également ce travail :*

*Mes chers frères et leurs femmes et mes sœurs et leur marie.*

*A tous mes neuneus et mes nièces.*

*A toute la grande famille Benmeddah qui m'est très chère.*

*A mes oncle et tante et a tous mes cousins et cousine.*

*A mon promoteur qui m'a encadré, encourager et préparé pour ce jour-là.*

*A l'ensemble des enseignants du département de Science de la terre*

*A ma chère amie BenKada Soumia qui m'a partagé tous le meilleur et le pire pendant cinq ans.*

*A toute la promotion Hydrogéologie et Géotechnique.*

*A tous ceux qui connait et qui aime khadidja.*

B. khadidja

## Table des matières

Remercîment	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
résumé	
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude</b>	
cadre géographique de la région d'étude :.....	4
<u>1.1</u> présentation de la zone d'étude : .....	4
<u>1.2</u> les limites géographiques : .....	4
<u>1.3</u> découpage administratif .....	4
1.4 la géomorphologie :.....	6
<u>1.5</u> hydrographie.....	8
<u>3</u> .developpement socio-economique .....	9
<u>3.1</u> .potentiels humains :.....	9
<u>3.2</u> .potentiels agricoles : .....	10
<u>3.3</u> .développement forestier .....	10
<u>3.4</u> .développement touristique .....	10
<u>3.5.1</u> 'industrie : .....	10
<u>4</u> .les ressources hydriques :.....	10
<u>4.1</u> .les ressources conventionnelles :.....	10
4.1.1.les eaux e surfaces.....	10
<u>4.1.2</u> .les eaux souterraines : .....	11
<u>4.2</u> .ressources non conventionnelles : .....	12
<u>4.2.1</u> .les eaux de dessalement (sdem) : .....	12
<u>4.2.2</u> .les eaux d'épuration (step) .....	12

<u>5</u> .environnement :	12
<u>5.1</u> .la pollution urbaine :	13
<u>5.2</u> .pollution industrielle :	13
<u>5.3</u> .la pollution des eaux :	13

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

1-cadre géologique .....	15
1-1 contexte géologique régional .....	15
1-2 -contexte géologique local .....	18
1-2-1 stratigraphie .....	18
conclusion.....	23
2-description des formations aquifères.....	25
2-1. l'aquifère de la mitidja .....	25
2.1.1. l'aquifère de la l'Astien.....	26
2-1-2-l'aquifère des alluvions de la mitidja.....	27
2-1-3 caractéristiques hydrodynamiques.....	27
2-1-4 géométrie et structure des aquifères: .....	31
2-1-5 caractéristiques hydrodynamiques.....	33
2-2 les nappes des oueds actuels .....	33
2.2-1- la nappe de l'oued nador :.....	34
2-2-2- la nappe de l'oued el hachem: .....	37
<u>2-2-3</u> - la nappe de l'oued mazafran.....	42
2-2-4 la nappe de l'oued sebt : .....	42
2-2-5 la nappe de oued harbil : .....	44
2-2-6- oued ikilen .....	45
2.2.7- la nappe de l'oued messelmoune : .....	46
2-2-8-la nappe de l'oued damous .....	47
2-3- l'aquifère du cordon dunaire.....	49
2-4- la formation de l'astien .....	49

2-5- les formations karstiques : .....	49
2-5.1 djebel boumaad : .....	49
2-5.2 autres formations calcaires : .....	50

### **Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique**

1 introduction .....	53
2 les paramètres climatiques.....	53
2-1 les précipitations .....	53
2-2 evolution annuelle des précipitations .....	53
2-2-1 comblement des lacunes .....	55
2-2-2-Répartition des précipitation moyennes annuelles.....	57
2-3 les précipitations mensuelles : .....	58
2-4-estimation de la lame d'eau précipitée à l'échelle du bassin versant .....	59
2-4-1 méthodes des isohyètes : .....	60
2-4-2 méthode de polygone de thiessen .....	62
2-4-3-méthode arithmétique.....	65
2-4-4 discussion des résultats.....	65
2-5-température .....	66
2-6-diagramme ombrothermique.....	67
2-7-l'humidité relative : .....	68
2-8-le vent .....	69
3-bilan hydrologique .....	70
3-1-evapotranspiration .....	70
3-1-1 evapotranspiration potentielle.....	70
3-1-2 evapotranspiration réelle (etr).....	71
3-1-2-1 bilan de thornthwaite : .....	71
3-1-2-2 méthode de turc .....	72
3-1-2-3 méthode de coutagne : .....	73

3-1-2-4 récapitulation et comparaison des résultats .....	74
3-2- estimation de la lame d'eau ruisselée : .....	74
3-3- estimation de l'infiltration : .....	77

#### **Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine**

1-introduction .....	80
2-aperçu theorique sur l'évaluation de la reserve et ressources en eau souterraine. ....	80
2-1 notion des réserves et ressources en eau .....	80
2-2-Ctégorie des réserves en eau souterraines.....	80
2-2-1 Réserve totale de l'aquifère et ressources en eau .....	80
2-2-2 Réserve régulatrice des aquifères à nappe libre .....	81
2-2-3 Réserve permanente .....	81
2-2-4 réserve en eau souterraine exploitable.....	81
2-3 catégorie des ressources en eau souterraine.....	81
2-3-1 ressources en eau souterraine renouvelable naturelle.....	81
2-3-2 ressources en eau souterraine non renouvelable.....	82
2-3-3 evaluation de la ressource en eau souterraine exploitable.....	82
2-4-estimation de la réserve en eau souterraine .....	82
2-4-1- principe d'évaluation.....	82
2-4-2 méthode d'évaluation quantitative de la ressource en eau souterraine.....	82
2-4-3 renouvellement de la réserve en eau souterraine .....	83
2-4-4 surexploitation et exploitation régulatrice d'une nappe.....	83
3- partie pratique .....	84
3-1 données disponibles et acquisition complémentaire .....	84
3-1-1 donnée de forages .....	84
3-1-2 données sur les paramètres hydrodynamiques.....	84
3-1-3 données géophysiques .....	84
3-2- la réserve totale.....	85
3-3- volume de la réserve régulatrice .....	89

3-4 la réserve permanente.....	91
3-5- le taux et la durée de renouvellement de la réserve :.....	91
4- quantification des volumes extraits des nappes par forages .....	92
5- carte des ressources en eau .....	92
5-1- cartes des réserves totales .....	92
5-2- carte des ressources en eau souterraine de la wilaya de tipaza.....	93
6- conclusion .....	94
conclusion générale .....	96
références	
les annexes	

## Liste des tableaux

Tableau N° 2: les bassins versant de la willaya de Tipaza.....	8
Tableau N° 3 : Caractéristiques géométriques des bassins versants .....	9
Tableau N°4 : les caractéristiques des déférents barrages.....	11
Tableau N°5 : capacité des retenues collinaires .....	11
Tableau N°6 : station de dessalement de la willaya de Tipaza. ....	12
Tableau N°7 : station de traitement des eaux de la willaya de Tipaza.....	12
Tableau N°9 : Précipitations annuelles des Sept stations de la période (2000-2015).....	54
Tableau N°10 : Précipitations annuelles des stations de la période (2000-2010).....	55
Tableau N°11 : Représentation des données des précipitations moyennes annuelles des différentes stations sélectionnées (2000-2015) après comblement des lacunes.....	56
Tableau N°12 : précipitation moyennes mensuelles de la période 2000-2015 (ANRH). ....	59
Tableau N°13 : Evaluation de la lame d'eau précipitée sur les sous-bassins versant par la méthode des isohyètes.....	62
Tableau N°14 : Evaluation de la lame d'eau tombée sur les sous bassin versant de la région par la méthode de polygones de Thiessen.....	65
Tableau N°15 : récapitulatif des valeurs de Lp obtenues par les trois méthodes.....	66
Tableau N°16 : Températures moyennes enregistrées à la station du Barrage Boukerdane (1988-2015).....	66
Tableau N°17 : Moyenne mensuelle des températures et précipitations enregistrées à la station de Boukerdane (1988-2015).....	67
Tableau N°18 : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative au niveau de la station du Barrage Boukerdane (période 1988-2015).....	68
Tableau N°19 : Valeurs moyennes mensuelles de la vitesse du vent, station Boukerdane (Période 1988-2015).....	69
Tableau N°20 : valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite.....	70
Tableau N°21 : bilan hydrologique moyen par la méthode de Thornthwaite .....	72
Tableau N°22 : résultats de l'ETR obtenus par les trois méthodes.....	74
Tableau N°23 : caractéristiques et coordonnées de situation des stations hydrologiques des oueds de la région.....	75
Tableau N°24 : Apports mensuel et annuel de quelque oued dans la région.....	75

Tableau N°25 : Caractéristiques Des Oueds .....	77
Tableau N°26 : tableau récapitulatif des termes du bilan hydrologique.....	78
Tableau N°27 : valeurs de la porosité efficace moyenne pour les principaux réservoirs. ....	84
Tableau N°28 : les réserves totales des aquifères. ....	86
Tableau N°29 : les réserves régulatrices des aquifères. ....	89
Tableau N°30 : les réserves renouvelables des aquifères.....	90
Tableau N°31 : les réserves permanentes des aquifères.....	91
Tableau N°32 : taux et durée de renouvellement des aquifères. ....	91
Tableau N°33 : Récapitulation des résultats de l'évolution des différents réservoirs en eau souterraine. ....	94

## Liste des figures

- Figure N°1 : Carte de localisations de la zone d'étude ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figures N°2 : Carte géomorphologique de la wilaya de Tipaza .... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figures N°3 : Cadre structural schématique de l'Algérie (Wildi 1983).....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N° 4 : Carte géologique de la wilaya de Tipaza (a partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N° 5 : Notice de la Carte géologique de la wilaya de Tipaza (a partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°6 : Exquise géologique de la plaine de la Mitidja (In carte hydrogéologique de la région d'Alger (ANRH, 1972) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°7 : Coupes géoelectrique de la plaine de la mitidja (CGG, 1969).... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N° 8 : Carte piézométrique de la plaine de la Mitidja (campagne juin 1996.(Said Ramdane 1999) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°9 : Log synthétique des terrains de remplissage de la plaine de la Mitidja.... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°10 : : Coupes hydrogéologique et géophysiques dans la plaine de la Mitidja (1,2 et 3).....30
- Figure N° 11 : colonne lithostratigraphique de la Mitidja(Messaoude Nacer 1987 ; amélioré par l'auteur) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°12 : Situation des coupes géo électriques (CGG, 1969).. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°13 : coupe géoélectrique de la plaine de la Mitidja..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N° 14 : Carte de Localisation de la vallée d'oued Nador ... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°15 : Carte géologique de la plaine d'oued Nador ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N° 16 : Coupes géophysiques (4) dans la la vallée de l'oued Nador (C.G.G.1967).....37
- Figure N° 17 : Carte de Localisation de la zone d'étude. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 18 : carte géologique de la plaine d'oued el hachem ... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°19 : Coupe transversale dans la vallée de oued el Hachem (Extrait de la notice explicative de la carte hydrogéologique de la région d'Alger 1/200.000). **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°20 : Coupes géophysiques (5) dans la vallée de l'oued EL Hachem (C.G.G.1966)  
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 21 : Carte piézométrique de l'oued El Hachem octobre 2009.....41

Figure N° 22 : Situation de la plaine alluviale d'oued Mazafran.....42

Figure N°23 : Situation de la plaine alluviale d'oued Sebt sur un extrait de la carte topographique de la feuille de Gouraya au 1/50000. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure ° 24 : Situation des plaines alluviales de Oued Damous et de oued Harbil sur un extrait de la carte topographique au 1/50000 de la feuille de Gouraya.....**Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°25 : Coupes géophysiques (7) dans la vallée de l'oued SEBT ANRH (BURGAP 2005)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°25 : Coupes géophysiques (7) dans la vallée de l'oued SEBT ANRH (BURGAP 2005)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 26 : Coupes géophysiques (8) dans la vallée de l'oued Ikelen (C.G.G.1969)  
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 27 : Coupes géophysiques (6) dans la vallée de l'oued Messelmoune ANRH (BURGAP 2005)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 28 : Coupes géophysiques (9) dans la vallée de l'oued Damous .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 29 : Carte géologique d'oued Damous ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 30 : carte géologique des massifs karstiques..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N° 31 : Extrait de la carte géologique de la feuille de Tipaza au 1/50000 montrant l'extension des affleurement de l'aquifère du cordon dunaire et des sables et grès de l'Astien sur les collines du Sahel en bordure nord de la plaine de la Mitidja.....51

Figure N°32 : Variation des précipitations annuelles au copurs de la périaode 200-2015 dans la région orientale de la wilaya de tipaza ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°33 : Variation des précipitations annuelles au copurs de la périaode 200-2015 dans la région centre de la wilaya de tipaza ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°34 : Variation des précipitations annuelles au copurs de la périaode 200-2015 dans la région occidentale de la wilaya de tipaza ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°35 : Variation mensuelle des précipitations (Période : 1988-2015)... **Erreur ! Signet non défini.**

Fig. N°36 : carte de variation des précipitations par méthode des isohyètes. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Fig. N°37 : carte de variation des précipitations dans la wilaya de par méthode polygone de Thiessen..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°38 : Variation de la température mensuelle de la station de Barrage Boukerdane (période1988-2015)..... **Erreur ! Signet non défini.**

FigureN°39 : Diagramme Ombrothermique. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°40 : Variation de l’humidité mensuelle de la station de Barrage Boukerdane (période 1988-2015)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°41 : Variation de vitesse de vent mensuelle de la station de Barrage Boukerdane (période 1988-2015)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°42 : variation des apports mensuels des stations de la région ....**Erreur ! Signet non défini.**

Fig. N°43 : Catégories des réserves.....81

## **Liste des annexes**

ANNEXE N°1 : Population résidente des ménages ordinaire et collective (MOC) selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuelle moyen (1998-2008)

ANNEXE N°2 : tableau et graphe de comblement des lacunes.

ANNEXE N°3 : Précipitation mensuelle et annuel des stations étudiées.

## **Abréviation**

ARNH : Agence National des Ressource Hydrique.

APC : Assemblé Populaire Communale.

DHW : Direction hydraulique de la willaya

SIG : Système d'Information Géographique.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

ONS : Office National des Statistique.

S : coefficient d'emmagasinement.

$n_e$  : porosité efficace.

ETP : Evapotranspiration Potentiel.

ETR : Evapotranspiration Réelle.

R : Ruissellement.

I : Infiltration.

DA : Déficit Agricole.

CGG : Centre Géophysique et Géologique.

$K_c$  : Indice de compacité de Gravillus.

SAU : Surface Agricole Utile.

SDEM : Station de Dessalement des Eaux de Mer.

STEP : station de Traitement des Eaux et d'épuration.

## Résumé

La présente étude consacrée à l'estimation des réserves en eau souterraine qui sert à établir une carte des ressources en eau souterraine emmagasinées dans des aquifères qui s'étendent sur une superficie couvrant 438km<sup>2</sup>, soit un peu plus de 25% de la superficie totale du territoire de la wilaya qui s'étend sur 1707km<sup>2</sup>.

Le traitement des données de logs de forages, des caractéristiques lithologiques des formations géologiques et surtout des résultats de la reconnaissance géophysique (logs géo électriques) a permis de reconnaître l'extension des ensembles aquifères dans la wilaya et de circonscrire aussi leur géométrie et surtout la variation latérale de leur épaisseur. Les aquifères ainsi identifiés ont été ensuite décrits sur la base de leurs propriétés hydrogéologiques. L'alimentation de ces aquifères est essentiellement assurée à partir de l'infiltration d'une lame d'eau des précipitations annuelles qui sont de 567.30mm avec un taux d'infiltration de 4%. Les résultats issus de l'estimation des paramètres hydro climatologiques donnent un taux d'évaporation élevé (80%).

A l'issue de cette étude, nous avons pu estimer la lame d'eau des aquifères et de leur réserves totales à environ de 4028hm<sup>3</sup>. Les réserves renouvelables sont de l'ordre de 11hm<sup>3</sup>. La répartition de ces réserves en eau souterraine est illustrée par deux documents cartographiques établis en combinant les outils de cartographie automatique et d'analyse thématique.

**Mots clefs :** aquifères, ressources en eau, réserves totales, réserves renouvelables, alluvions, , Tipaza, plaine de la Mitidja, plaine de oued Nador.

## **summary**

This groundwater reserves estimation study has provided a map of groundwater resources stored in aquifers covering an area of 438 km<sup>2</sup>, or just over 25% of the total area of the territory of the wilaya which extends on 1707km<sup>2</sup>.

The cross-checking of logging data, the lithological characteristics of the geological formations and especially the results of the geophysical reconnaissance (geo-electric logs) made it possible to recognize the extension of the aquifer complexes in the wilaya and to circumscribe also their geometry and especially the lateral variation of their thickness. The aquifers thus identified were then described on the basis of their hydrogeological properties. The supply of its aquifers is essentially ensured from the infiltration of the annual precipitations which are 567.30mm with an infiltrated rate of 4%. The results from the estimation of hydro-climatological parameters give a high evaporation rate (80%).

At the end of this study, we were able to estimate the volume of aquifers and their total reserves at around 4028hm<sup>3</sup>. The renewable reserves are of the order of 11hm<sup>3</sup>. The distribution of these reserves in groundwater is illustrated by two cartographic documents established by combining the tools of automatic cartography and thematic analysis.

**Key words:** aquifers, water resources, total reserves, renewable reserves, alluvial deposits,, Tipaza, plain of Mitidja, plain of Nador wadi.

## ملخص

سمحت هذه الدراسة مخصصة تقدير احتياطات المياه الجوفية لنا أن يقترح خريطة موارد المياه الجوفية المخزنة في طبقات المياه الجوفية التي تمتد على مساحة تغطي  $438 \text{ km}^2$ ، ما يزيد قليلا عن 25% من المساحة الكلية أراضي ولاية التي تمتد على  $1707 \text{ km}^2$

سمحت الازدواجية في بيانات السجل الحفر، وخصائص الصخرية من التكوينات الجيولوجية وخصوصا نتائج المسح الجيوفيزيائي (السجلات الجيولوجية الكهربائية) التعرف على مدى مجموعات طبقات المياه الجوفية في المحافظة وأيضا تعريف الهندسة وخاصة التباين الجانبي لسمكها. بعد ذلك تم وصف طبقات المياه الجوفية التي تم تحديدها على أساس خصائصها الهيدروجيولوجية. يتم توفير الطاقة من طبقات المياه الجوفية بشكل رئيسي من تسلل الأمطار السنوية من  $567.30 \text{ mm}$  التي تسلت بمعدل 4%. النتائج الناتجة عن تقدير المعلمات المناخية المائية تعطي معدل تبخر مرتفع (80%).

في نهاية هذه الدراسة، تمكنا من تقدير حجم طبقات المياه الجوفية وإجمالي احتياطياتها بنحو 4028 سم 3. الاحتياطيات المتجددة هي من 11. 3. 11  $\text{hm}^3$  ويتضح توزيع هذه الاحتياطيات في المياه الجوفية من خلال وثيقتين لرسم الخرائط تم إنشاؤها من خلال الجمع بين أدوات رسم الخرائط التلقائي والتحليل الموضوعي.

**الكلمات المفتاحية:** طبقات المياه الجوفية وموارد المياه، وإجمالي الاحتياطيات والإمدادات المتجددة، الطمي، تبيازة، متبجة عادي، عادي وادي الناظور.

# Introduction Générale

---

## Introduction générale

L'eau est le don de la nature et c'est un droit qui reflète une réalité incontestable « sans eau, pas de vie ». C'est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour de nombreuses activités humaines. 70% de la superficie de la terre est occupée par l'eau avec seulement 2,2% de qualité douce, et dont 22% proviennent des eaux souterraines. Ces dernières représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement et parfois même aucun. Le maintien de cette avantage relative requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de cette ressource.

La source d'alimentation de l'eau souterraine est l'infiltration à la surface du sol, d'une fraction fixe de l'eau qui y parvient ou précipitation efficace.

Dans la wilaya de Tipaza comme dans toutes les régions du pays, la plupart des besoins en eau sont assurés par l'exploitation des eaux souterraines, par des forages, puits et captage des sources.

Actuellement, l'enjeu hydraulique est de comment mieux répondre aux besoins des utilisateurs (AEP ; industrie et agricole) avec des ressources en eau relativement limitées. A long terme, face à la croissance de la demande, les volumes mobilisables risquent de ne pas être totalement garantis compte tenu des aléas climatiques et de la dégradation de la quantité et la qualité des eaux superficielles et souterraines. Dans ce contexte, le concept de gestion intégré des ressources dans un cadre multisectoriel permet d'actionner au même temps sur divers facteurs. Pour ce faire, la quantification des ressources en eau est primordiale. En effet, la nécessité de faire un comptage ou une évaluation des volumes prélevés et des volumes disponibles est incontournable dans la mesure où elle permet d'assurer une maîtrise des prélèvements compatibles avec l'eau naturellement disponible.

Pour remplir notre objectif nous avons structuré ce présent travail en quatre parties :

Dans la première partie nous allons donner un aperçu géographique et nous décrirons les moyens socioéconomiques de la région ainsi que les ressources hydriques et l'environnement.

L'étude géologique et hydrogéologique pour connaître les formations géologiques susceptibles de former des aquifères a permis d'identifier les ensembles aquifères de la wilaya et de synthétiser leurs propriétés hydrogéologiques.

La troisième partie est consacrée à l'étude hydrologique dans le but de quantifier les paramètres hydrologiques et climatiques qui permettront d'évaluer le bilan hydrologique et surtout l'estimation du taux d'infiltration qui constitue l'élément essentiel de la recharge des nappes de la région

Dans la dernière partie, après un aperçu théorique sur l'évaluation de la réserve et ressource en eau souterraine, nous précisons à partir de l'exploitation des données de l'étude hydrogéologique et géophysique la configuration géométrique et la puissance des horizons aquifères. Ceci permettra d'évaluer les différentes réserves en eau souterraine dans les systèmes aquifères identifiés. L'analyse statistique et thématique des données collectées nécessaires pour cette évaluation de la ressource, établie par l'usage des outils de cartographie thématique et automatique a nécessité l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG), qui nous permet de stocker, d'organiser et de gérer les données, de les mettre à l'exploit pour proposer une carte de répartition des ressources en eaux dans la wilaya. Ce document devra fournir une base d'information à tous les gestionnaires dans le cadre de la

# Introduction Générale

---

recherche de nouvelles ressources pour satisfaire les besoins en eau actuels et futurs pour les différents secteurs utilisateurs.

Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale où nous récapitulerons les principaux résultats obtenus et nous signalerons toutes recommandations jugées utiles pour améliorer cette étude.

# Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

## Cadre Géographique de la région d'étude :

### 1.1 Présentation de la zone d'étude :

La région de Tipaza est une région côtière située à 70 km à l'Ouest de la capitale Alger. Elle s'étend sur 120 Km depuis la commune de Douaouda à l'Est, jusqu'à celle de Damous du côté Ouest et 50 km de littoral sur une largeur de 20 Km environ vers le sud.

La zone étudiée se situe dans le grand bassin versant (02) du côtier Algérois d'une superficie de 3580 Km<sup>2</sup> comprenant lui-même 22 sous-bassins équipés de 33 pluviomètres et 6 pluviographes.

### 1.2 Les limites géographiques :

La wilaya de Tipaza est limitée par :

- La mer méditerranée au Nord ;
- La Wilaya de Blida au Sud-Est ;
- La Wilaya d'Aïn-Defla au Sud-Ouest ;
- La Wilaya de Chlef à l'Ouest ;
- la Wilaya d'Alger à l'Est.

### 1.3 Découpage administratif

La wilaya de Tipaza est composée de 10 Daïras et 28 communes.

Tableau N°1 : découpage administrative de la willaya de Tipaza.

DAIRAS	SUPERFICIE EN Km <sup>2</sup>	COMMUNES
AHMEUR EL AÏN	178,17	Ahmeur El Ain, Bourkika, Sidi Rached
DAMOUS	239,19	Damous, Larhat, Beni Melleuk
CHERCHELL	230,64	Cherchell, Sidi Ghiles, Hadjret Ennous, Sidi Semiane
BOU SMAÏL	58,39	Bou Ismail, Ain Tagourait, Bou Haroun, Khemisti
TIPASA	66,00	TIPASA
FOUKA	24,84	Fouka, Douaouda
GOURAYA	322,89	Gouraya, Messelmoune, Aghbal
HADJOUT	181,31	Hadjout, Mered
KOLEA	137,5	Koléa, Chiba, Attatba
SIDI AMAR	268,48	Sidi Amar, Nador, Menaceur

# Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

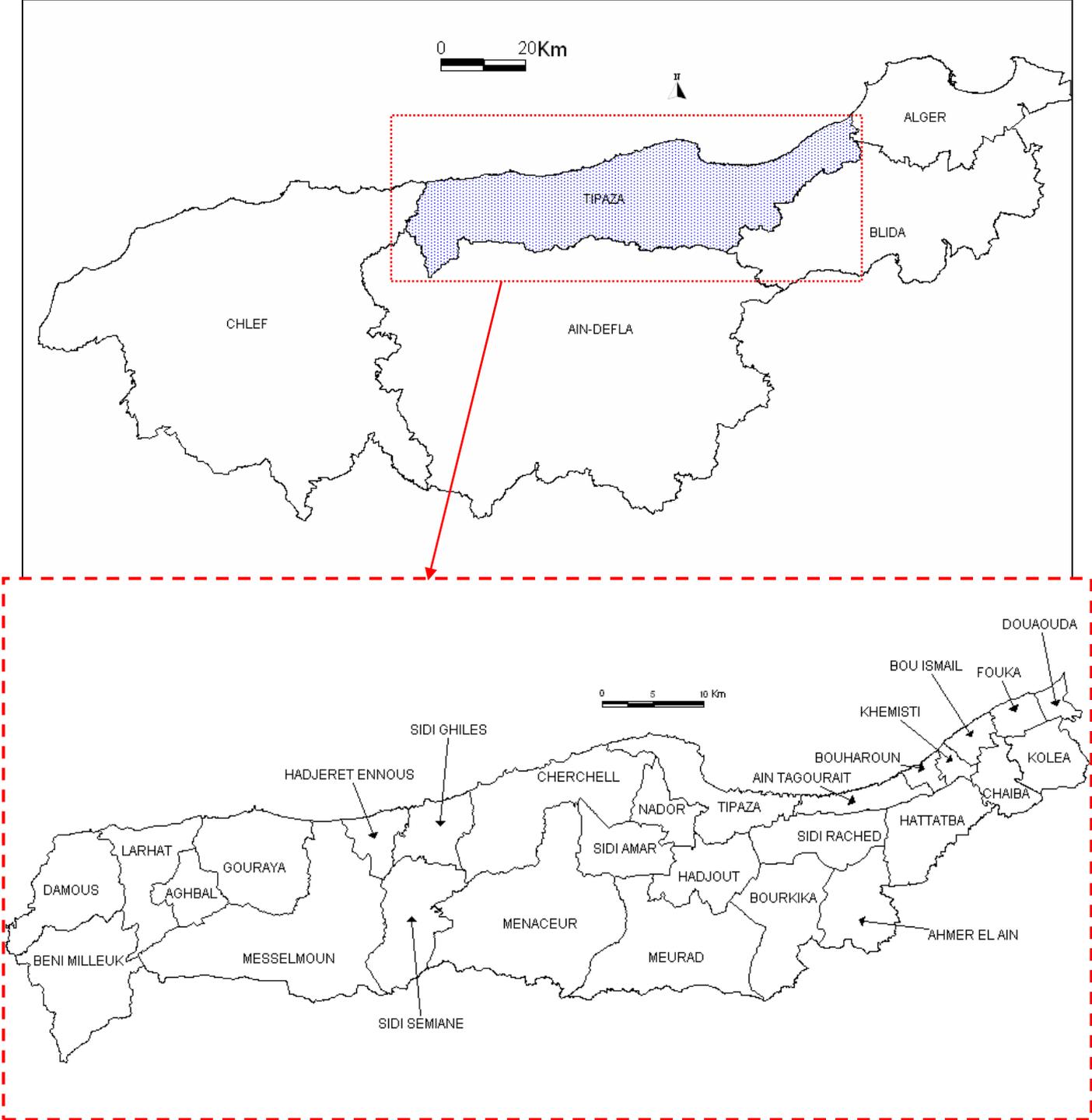


Figure N°1 : carte de localisations de la zone d'étude

# Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

---

## 1.4 La géomorphologie :

Le territoire de la wilaya de Tipaza couvre une superficie de 1 707 km<sup>2</sup> qui se répartit en quatre grands ensembles :

- Montagnes : 336 km<sup>2</sup> soit 19.6 % de la superficie de la Wilaya ;
- Piémonts et collines : 577 Km<sup>2</sup>, soit 33.8 % de la superficie ;
- Plaines : 611 Km<sup>2</sup>, soit 35.7 % du territoire de la Wilaya,
- Autres : 183 Km<sup>2</sup>, soit 10.8 % de la superficie de la Wilaya. (oueds , barrage ...)

Au nord-ouest de la Wilaya, la chaîne de montagne comprenant l'Atlas blidéen laisse place à deux importants ensembles :

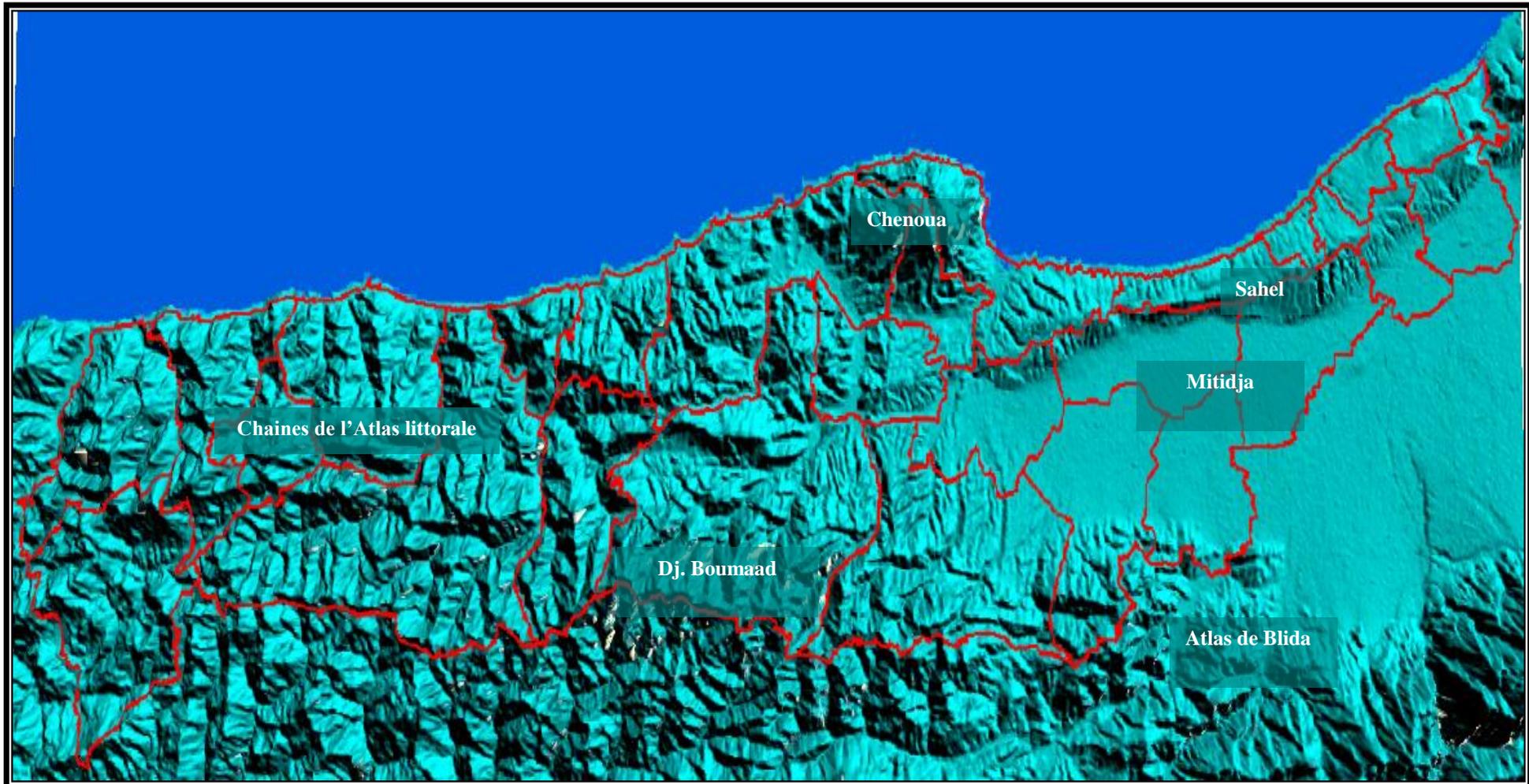
- Les Monts du Dahra et du Zaccar ;
- Les Monts du Chenoua.

Au nord-est, la Mitidja s'étend essentiellement sur la wilaya de Blida et se trouve limitée au niveau de la wilaya de Tipasa par le bourrelet constitué par le Sahel.

Au nord du Sahel un cordon littoral présente un rétrécissement et une élévation graduelle d'Est en Ouest jusqu'à disparition par endroits à Tipasa et dans les Daïras de Cherchell et Sidi Amar où le relief très accidenté autour du mont du Chenoua présente des escarpements importants en bordure de la mer.

## Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

---



Figures N°2 : Carte géomorphologique de la wilaya de Tipaza

# Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

## 1.5 Hydrographie

Compte tenu de sa position géographique la willaya de Tipaza dispose d'un réseau hydrographique relativement important. D'Est en Ouest, nous rencontrons :

Oued Mazafran ; Oued Nador ; Oued El-Hachem ; Oued Messelmoun ; Oued Sebt ; Oued Harbil et Oued Damous.

Ces cours d'eau drainent les bassins versants suivants :

Tableau N° 2: les bassins versant de la willaya de Tipaza.

Code	Bassin versant
0212	Oued Mazafran
0210	Oued Djer-Bouroumi
0204	Sahel
0203	Oued El Hachem-Nador

Les caractéristiques de ces bassins sont reportées dans le tableau N° : elles portent sur la largeur (L) et la longueur (I) du rectangle équivalent, ainsi que de l'indice de compacité de Gravillus (Kc).

$$kc = \frac{p}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} =$$

$$I = \frac{KC\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KC}\right)^2} \right] =$$

$$L = \frac{K\sqrt{A} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc}\right)^2} \right]}{1.12} =$$

**A= Surface**

**P= Périmètre**

**Kc= Indice de compacité de Gravillus**

**I= Largeur du rectangle équivalent**

**L= Longueur du rectangle équivalent**

## Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

Tableau N° 3 : Caractéristiques géométriques des bassins versants

Bassin versant 0212		
<b>A= 424.3 Km<sup>2</sup></b>	<b>P= 100.4 Km</b>	
<b>Kc=1.36</b>	<b>I=10.7Km</b>	<b>L=39.44Km</b>
Bassin versant 0210		
<b>A=899.3 Km<sup>2</sup></b>	<b>P= 194.5 Km</b>	
<b>Kc=1.82</b>	<b>I=10.3Km</b>	<b>L=86.90Km</b>
Bassin versant 0203		
<b>A= 1178 Km<sup>2</sup></b>	<b>P= 94.24 Km</b>	
<b>Kc=1.76</b>	<b>I=12.2Km</b>	<b>L=95.86Km</b>
Bassin versant 0204		
<b>A=112.3 Km<sup>2</sup></b>	<b>P= 216 Km</b>	
<b>Kc=2.49</b>	<b>I=2.52Km</b>	<b>L=44.60Km</b>

Ces caractéristiques géométriques permettent de caractériser les modalités des écoulements des eaux superficielles suggérant à priori l'infiltration aux dépens du ruissellement des eaux superficielles (les bassins sont allongés avec Kc supérieure à 1)

### Développement socio-économique

La région d'étude recèle de nombreuses potentialités socio-économiques, principalement en matière d'agriculture et industriel, mais aussi humaines et touristique. Chacune de ces potentialités nécessite pour leurs subsistances et leur développement une quantité d'eau considérable.

#### 1.6 Potentiels humains :

La population totale de la wilaya est de 591.010 habitants, soit une densité de 363 habitants au km<sup>2</sup>. Calculer par selon la commune de residence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen (1998-2008). Dans le tableau (voir annexe)

# **Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude**

---

## **1.7 Potentiels agricoles :**

Le potentiel en sol cultivable de la wilaya de Tipasa est de 72 929 ha, dont 64 772 ha de surface agricole utile (SAU). La superficie irriguée est estimée à 12 215 ha (19 % de la SAU). Les terres sont délimitées en trois grandes zones agro-climatiques :

## **1.8 Développement Forestier**

Avec une superficie de 40 375 ha, les forêts et les maquis occupent 23,61 % du territoire de la wilaya de Tipasa (170 700 ha). Les forêts sont réparties inégalement à travers la wilaya, environ 27 415 ha, soit 60 % du total sont concentrés dans la région ouest (Damous, Cherchell, Gouraya, Sidi Amar).

## **1.9 Développement touristique**

La wilaya de Tipasa se distingue par sa vocation touristique. Elle dispose d'un potentiel touristique et d'un patrimoine historique important. La côte s'étend sur près de 123 km.

La wilaya enregistre chaque année une affluence considérable qui dépasse les 3 millions de visiteurs durant la saison estivale.

## **1.10 L'industrie :**

Le tissu industriel de la wilaya de Tipaza est composé essentiellement de petites et moyennes entreprises (PME). Le type d'activité le plus répandu est celui lié à la production de matériaux de construction, suivi de l'agroalimentaire.

## **Les types des ressources en eau**

### **Les ressources hydriques :**

Elles sont divisées en deux types : Les ressources conventionnelles et les ressources non conventionnelles

#### **1.11 Les ressources conventionnelles :**

Elles se divisent en eau de surface et en eau souterraine :

##### **1.11.1 Les eaux de surfaces :**

Elles sont exploitées au moyen de barrages et de retenues collinaires. La wilaya de Tipaza dispose de trois Barrages (Barrage de Boukerdane ; Barrage de Boudjebroune ; Barrage de Keff Eddir) et de deux retenues collinaires.

## Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

---

Les caractéristiques de ces barrages sont :

Tableau N°4 : les caractéristiques des différents barrages

Nom de Barrage	Boukerdane	Boudjebroune	Keff Eddir
Localisation	Sidi Amar	Meurad	Damous
Oued	El Hachem	Sidi Bouyahia	Damous
Année de mise en service	1996	1862	En cours de remplissage
Capacité initiale	97 Hm <sup>3</sup>	1 Hm <sup>3</sup>	125 Hm <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	21,10 Hm <sup>3</sup> /an	1,5 Hm <sup>3</sup> /an	
Volume régulatrice	49 Hm <sup>3</sup> /an	75%	60 Hm <sup>3</sup> /an

Les retenues collinaires :

Tableau N°5 : capacité des retenues collinaires

Retenues collinaires	Capacité total
Attatba (Ain Zouaoua)	0,120 Hm <sup>3</sup>
Hadjret Ennous (Mouloud Azizi)	0,160 Hm <sup>3</sup>

### 1.11.2 Les eaux souterraines :

Les nappes alluviales des oueds et des plaines constituent les principales nappes aquifères de la willaya, auxquelles s'ajoutent quelques formations géologiques perméables telles que les calcaires de Chenoua.

# Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

---

## 1.12 Ressources non conventionnelles :

### 1.12.1 Les eaux de dessalement (SDEM) :

La wilaya de Tipasa comprend quatre (4) stations de dessalement d'eau de mer

Tableau N°6 : station de dessalement de la wilaya de Tipaza.

Nom de la station	Débit d'eau potable
Douaouda	120 000 m <sup>3</sup> /jour
Oued Sebt	100 000 m <sup>3</sup> /jour
Fouka	20 000 m <sup>3</sup> /jour
Bousmail	3000 m <sup>3</sup> /jour

### 1.12.2 Les eaux d'épuration (STEP)

La wilaya dispose de stations d'épuration qui sont (tableau suivant)

Tableau N°7 : station de traitement des eaux de la wilaya de Tipaza.

Station d'épuration	Capacité	Débit
Hadjout	70.000 Eq.Hab.	11.200m <sup>3</sup> /j.
Chenoua	70.000 Eq.Hab.	11.200m <sup>3</sup> /j.
Koléa	75.000 Eq.Hab.	11.000m <sup>3</sup> /j.

### Environnement :

L'analyse de la situation de l'environnement et du milieu naturel dans la wilaya nécessite la prise en considération des causes profondes enregistrées lors de la gestion des ressources

## **Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude**

---

naturelles et des déchets. Les activités liées à l'occupation du sol (urbanisation, industrie et tourisme génèrent un risque de pollution qui peut se résumer comme suit :

### **1.13 La pollution urbaine :**

18 décharges publiques à travers 28 communes sans compter les autres lieux de dépôt de déchets sont recensées dans la wilaya. La majorité ne répondent pas aux normes techniques de gestion, vu le rapprochement des villes et le manque des aires de traitement des déchets.

### **1.14 Pollution industrielle :**

La wilaya ne dispose pas d'un tissu industriel important à l'exception de quelques unités industrielles dont l'effet sur l'environnement est limité. D'autres unités respectent ses engagements en la matière et ce conformément aux dispositions réglementaires en matière de protection de l'environnement. Les établissements sont soumis aux taxes, dont les recettes seront transférées à la caisse nationale de l'environnement.

### **1.15 La pollution des eaux :**

Elle est due à l'évacuation des eaux usées urbaines ou industrielles ainsi qu'à l'utilisation des produits chimiques pour l'agriculture. Ce facteur engendre des conséquences directes sur les eaux superficielles et souterraines. Les eaux marines sont touchées en fin de parcours. Il a été recensé 110 rejets au niveau de la wilaya avec un volume de 45394m<sup>3</sup>/j. Les communes du littoral au nombre de 14 comptent à elles seules 72 rejets avec un volume de 32080m<sup>3</sup>/j.

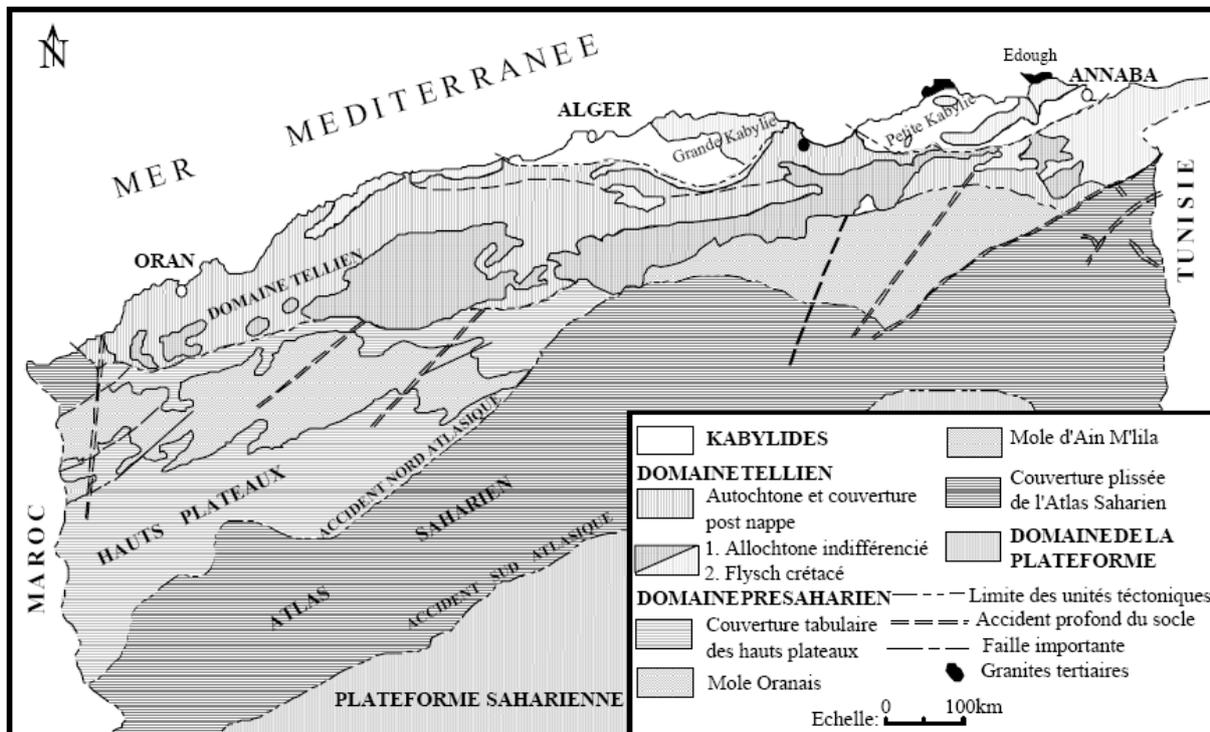
# Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

## 1-Cadre géologique

### 1-1 Contexte géologique régional

L'Algérie située dans la partie nord du craton africain, peut être divisée en trois grands ensembles structuraux (Figure III.1.). Il s'agit des domaines fortement différenciés au cours des phases tectoniques mésozoïque et cénozoïque. Ce sont du Nord au Sud :

- Le domaine Tellien (l'Atlas tellien) ;
- Le domaine des hauts plateaux ou les hautes plaines ;
- Le domaine de l'Atlas Saharien.



Figures N°3 : Cadre structural schématique de l'Algérie (Wildi 1983)

#### a. Domaine de l'Atlas tellien

Il se compose de deux ensembles :

- le Tell méridional au sud, constitué par les chaînes de l'Ouarsenis, des Bibans et des Babors,
- le Tell septentrional au Nord comprenant les noyaux kabyles, la chaîne calcaire ou dorsale kabyle et les flysch Sud et Nord kabyles.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

De part et d'autre de ces chaînons d'orientation Est-Ouest, nous avons des dépressions a remplissage néogènes et quaternaires.

### **a.1. Tell méridional**

Nous pouvons distinguer plusieurs zones ou unités qui sont souvent de même âge.

- Les unités autochtones ou para – autochtones :

Ces unités apparaissent en différents endroits de l'Atlas tellien méridional : sur le littoral Oranais, dans les massifs du Chélif, de l'Algérois, de l'Ouarsenis et des Bibans.

Ces unités sont constituées de terrains mésozoïques souvent affectés d'un métamorphisme léger ; leur extension est réduite.

- Les nappes telliennes ou masse allochtones :

Elles sont formées par un empilement de nappes appartenant à différentes unités tectoniques. Les unes constituent les nappes telliennes formées de dépôts marno-calcaires du Crétacé – Miocène, située généralement au-dessus de la précédente.

### **a.2. Tell septentrional**

Localisé au Nord de l'Atlas tellien, sa structure est complexe ; il comprend :

- **Les massifs anciens ou massifs kabyles ou encore domaine des massifs primaires**

Ils sont essentiellement constitués de terrains cristallophylliens sédimentaires ou volcaniques, d'âge paléozoïque (Anté-Gothlandien : Durand-Delga 1961). Ces massifs anciens sont bien développés en Grande et Petite Kabylie. Nous retrouvons leur équivalent à l'Ouest : ce sont les massifs d'Alger, du Chenoua et Cap Ténès.

- **La chaîne calcaire ou dorsale kabyle**

Elle est constituée de sédiments mésozoïques à Eocène formés d'empilement d'écailles liées à l'orogénèse de l'Eocène – moyen.

- **L'Oligocène kabyle**

Formé d'une molasse débutant à sa base par un conglomérat et se poursuivant par des grès arkosiques que l'on retrouve sur les bordures Sud du massif du Chenoua.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

### **- Les flysch (Crétacé à Miocène)**

Ces flysch peuvent se présenter soit sous la dorsale kabyle en contact anormal, soit sur l'Oligocène kabyle en contact anormal ou encore en position comparable à ceux du Tell méridional.

### **b. Domaine des hautes plaines ou hauts plateaux**

C'est le domaine présaharien ou encore l'avant pays de la chaîne alpine d'Algérie. Nous pouvons distinguer, de l'Ouest à l'Est, les unités suivantes :

- Le môle Oranais ;
- Les hautes plaines Oranaises ;
- Les hautes plaines Algéroises ;
- Les hautes plaines Constantinoises ;
- Le môle d'Ain M'Lila.

La série stratigraphique est plus complète et plus épaisse dans la partie orientale que dans la partie occidentale, avec des fréquentes variations de faciès à l'intérieur d'un même étage, en particulier du Sénonien ; ces variations de faciès sont liées à l'existence d'une instabilité du soubassement sous-marin, créant des hauts fonds où se déposent des formations récifales. La limite entre les hautes plaines et l'Atlas saharien est marquée par une série de fractures correspondant à l'accident Nord – Atlasique.

### **c. Domaine de l'Atlas saharien**

Ce domaine est composé par des sédiments mésozoïques qui ont été plissés durant les phases orogéniques tertiaires. Ce sont de grands plis d'orientation WSW – ENE. Entre les hauts plateaux et la plate – forme saharienne, l'existence d'un sillon subsidiant a permis la naissance de l'Atlas saharien. Les sédiments qui se sont accumulés durant le Mésozoïque et le Cénozoïque ont formé les puissantes séries néritiques et continentales. Du point de vue structure, ce sont des plis anticlinaux étroits et très allongés de type coffrés. La limite méridionale de l'Atlas saharien est marquée par une série d'accidents souples ou cassants constituant la flexure Sud – Atlasique. Au-delà de cette flexure Sud – Atlasique, c'est le domaine de la plateforme saharienne, comprenant le Sahara occidental et le Sahara oriental.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

### **1-2 -Contexte géologique local**

Affectée par les mouvements orogéniques alpins et hercyniens, l'Algérie du Nord présente une importante complexité géologique, cependant elle a été l'objet de plusieurs études géologiques.

#### **1-2-1 Stratigraphie**

##### **a- Les terrains éruptifs**

Ils n'apparaissent qu'en pointements de faible superficie en bordure du littoral. Ils sont représentés par des Granites, Granodiorites au sud de Hadjret En Nous et des Syénites près de Cherchell, des liparites quartzifères et feldspathiques et dacites sur le flanc sud du Chenoua.

Les affleurements sont plus importants sur la bordure du bassin synclinal Miocène de Menaceur où la roche est surtout constituée d'Angitendésites, où prospère la forêt de chaîne liège.

Toutes ces roches éruptives fournissent des sols non calcaire, siliceux très caillouteux et superficiels à vocation strictement forestière.

##### **b- Les terrains primaires**

Ils ne sont présents que sur la moitié du Nord du Mont du Chenoua. Le Dévonien y est représenté par une série de schistes noirs, micro brèches et grès et le Permien par des conglomérats à éléments siliceux, grès variés et argiles rouges.

##### **c- Les terrains secondaires**

Ils sont représentés par :

###### **c-1 Le Trias**

Il forme des pointements isolés assez nombreux dans la partie Est du Zaccar et dans le mont de Chenoua. Il est formé de calcaires jaunâtres, d'argiles rouges ou bariolées et de dolomie.

###### **c-2 Le Jurassique**

Il est formé de calcaire dur comportant quelque fois silex et constitue les lignes de crêtes, les pics et les falaises abruptes. On rencontre cette formation sur le versant Est du Chenoua dépourvu de sols et de couverture végétale.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

### **c-3 Le Crétacé**

Très largement dominant dans le périmètre d'étude, il se décompose en trois étages distincts.

#### **Le Crétacé inférieur**

Constitue les massifs centraux et les lignes de crêtes du Zaccar (Dj. Bou Maad). Il est composé de schistes, de grès, de quartzites et de calcaires.

L'Albien, formé d'argiles brunes gréseuses et de grès quartziteux, se rencontre surtout dans la forêt de Tizi Franco et de Bou Harb.

Cette formation apparaît également au Sud de Menaceur où le chêne liège prolifère sur des grès.

#### **Le Crétacé moyen**

Il est représenté par le Cénomaniens et le Turonien observé dans le versant Nord et sur le djebel Nador.

Le Cénomaniens dominant est caractérisé par une alternance de marne argileuses ou de marno-calcaires tendre et roches calcaires dures.

L'érosion a créé un relief accusé par enlèvement des marnes qui forment les bas-fonds et les vallées. Les calcaires durs forment les crêtes rocheuses. Ces formations donnent rarement naissance à des sols cultivables. C'est un substrat géologique à vocation essentiellement forestière.

#### **Le Crétacé supérieur**

Est représenté par le Sénonien et le Danien. Il est formé par des marnes schisteuses présentant des lentilles de calcaires. Les marnes Cénomaniennes donnent naissance à des sols agricoles du moins dans les zones à topographie favorable ; sur les fortes pentes, elles sont couvertes de forêts de pins.

Ces formations géologiques sont à vocation agricole lorsque la topographie et l'épaisseur du sol sont favorables et à vocation forestière sur les hauts piémonts.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

### **e- Les terrains Tertiaires**

#### **e-1 L'Eocène**

Il apparaît sous forme de petits affleurements très dispersés au Sud-Est du massif du Chenoua. Il est formé de marnes, de grès, de calcaires et de calcaire gréseux de l'Eocène inférieur.

#### **e-2 Le Miocène**

On le retrouve principalement dans la plaine de l'oued Messelmoune et de sidi Ghiles. Il est représenté par plusieurs assises à la base des grès grossiers.

Lorsqu'elle affleure, cette assise donne des pentes rocheuses souvent ravinées.

Au-dessus, viennent s'étager des couches argilo-gréseuses, puis des marnes parfois gréseuses du Burdigalien. Seules les argiles rouges donnent des terres agricoles. Les grés et poudingues sont recouverts par des broussailles.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

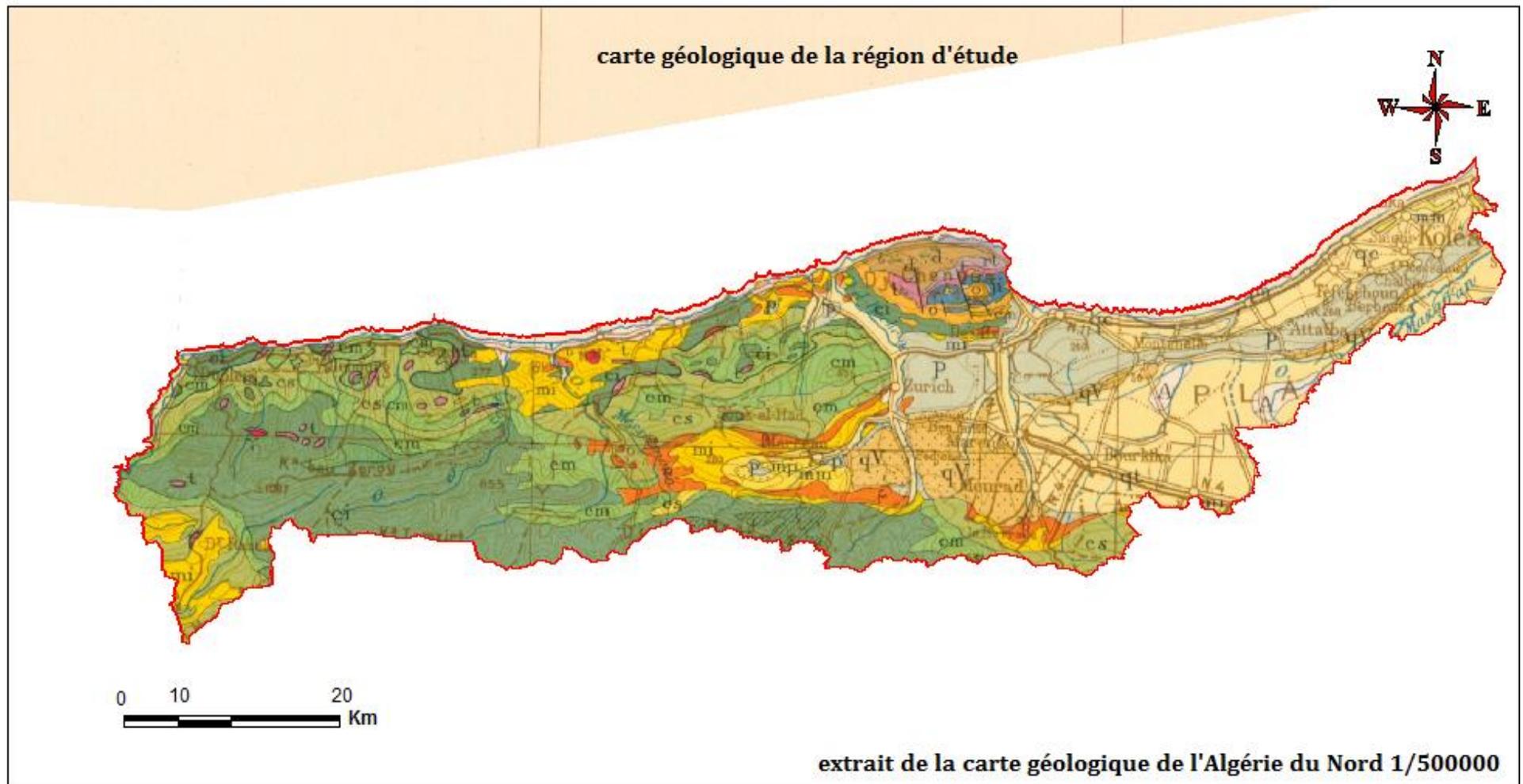


Figure N° 4 : Carte géologique de la wilaya de Tipaza (a partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000)

# Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

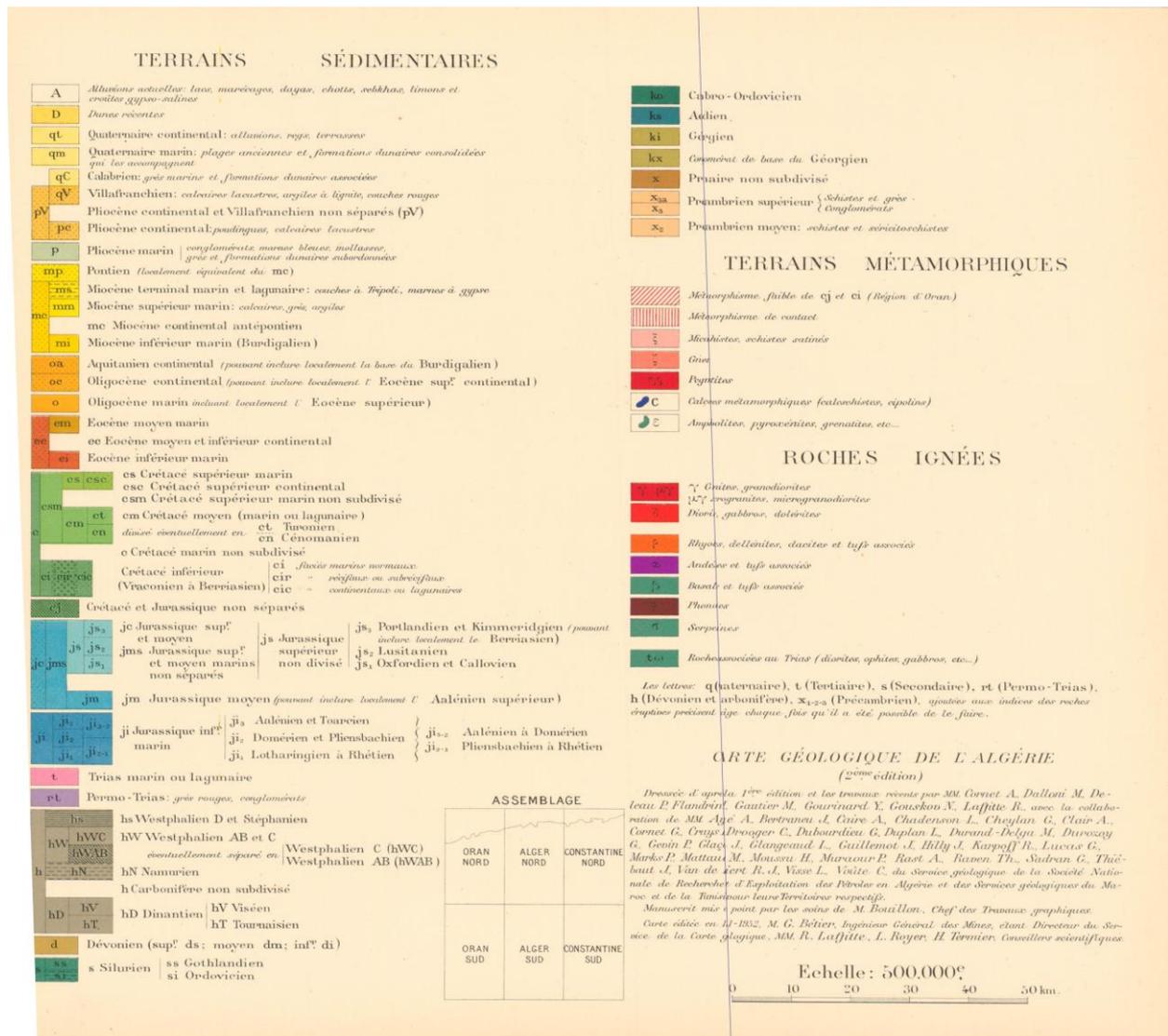


Figure N° 5 : Notice de la Carte géologique de la wilaya de Tipaza (a partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000)

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

### **e-3 Le Pliocène :**

Il occupe essentiellement la plaine de la Mitidja Ouest où il affleure largement. Il forme un affleurement de couches gréseuses jaune qui se plongent par des sables à l'ouest. Par ailleurs, les couches Pliocènes sont constituées par les molasses astiennes du sahel à l'est de Sidi Amar.

Le Pliocène affleure aussi au sud du Cherchell sous forme de mollasse très grossière.

A l'Est du bassin de Menaceur, les éventails des cônes de déjection d'Age Pliocène supérieur, sont découpés par des petites vallées.

### **f- Les terrains quaternaires**

Les formations Quaternaires, généralement meuble, donnent des sols alluviaux profonds à vocation agricole par excellence. Elles couvrent les plaines littorales, et les terrasses alluviales des principaux oueds (Mazafran, El Hachem, Nador, Messelmoune et Damous).

Les plaines littorales sont formées par les alluvions actuelles des plages, les dunes actuelles et anciennes (dunes consolidées). Des alluvions anciennes ou récentes donnent généralement des sols sableux convenant parfaitement aux cultures maraichères.

Les terres des terrasses alluviales des oueds sont de texture variable selon les endroits, selon leur Age et selon leurs positions géomorphologiques.

Ces terrasses sont le plus souvent formées d'excellentes terres agricoles localement noyées dans des cônes de déjection et des dépôts torrentiels.

Les principales plaines de la willaya sont constituées par des sédiments Plio-Quaternaires.

Enfin le comportement hydrogéologique des différentes formations existantes dans la willaya de Tipaza.

### **Conclusion**

En conclusion, nous pouvons dire que la région de Tipaza est située dans le domaine alpin caractérisé par une géologie complexe avec affleurement des massifs anciens (massifs primaires), la chaîne calcaire ou dorsale kabyle, l'Oligocène kabyle et les flyschs (Crétacé à Miocène). Au sein de cette structure très accidentée des plaines alluviales d'érosion ou subsidentes se sont formées avec remplissage détritico-plio-quaternaire.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

Du point de vue hydrogéologique, la lithologie des terrains affleurant dans la région d'étude nous permet de classer les formations en trois grands ensembles qui sont :

### **Les formations perméables :**

- Les dépôts du quaternaire dont, vu leur extension et leurs caractéristiques hydrogéologique constituent le principal réservoir d'eau souterraine.
- Les sables dunaires consolidés du sahel.
- Les grès et poudingues du Miocène inférieur.
- Les poudingues de l'Oligocène.
- Les calcaires gréseux de l'Eocène inférieur.
- Les calcaires du Jurassique.
- Les calcaires siliceux du Trias.

### **Les formations semi-perméables :**

- Les marno-calcaires du Sénonien et du Cénomanién.
- Marnes schisteuses du Crétacé supérieur.
- Les argiles gréseuses du Miocène.

### **Les formations imperméables**

- Les roches éruptives (granites, granodiorites, feldspaths. . . etc.)
- Les schistes noirs du Dévonien.
- Les argiles rouges ou bariolées du Trias.
- Les marnes du Burdigalien.

Cette classification des terrains en fonction de leur potentiel aquifère sera retenue pour la suite de notre travail. Elle constitue l'élément de base sur laquelle nous nous baserons pour l'établissement de la carte des ressources en eau souterraines de la willaya.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

### **2-Description des formations aquifères**

Au niveau de la wilaya de Tipaza, après la consultation et la synthèse des données disponibles sur la géologie et de l'hydrogéologie de la région, nous distinguons 4 types d'aquifères qui sont les suivantes :

- ❖ L'aquifère de la Mitidja
- ❖ L'aquifère des vallées des cours d'eau actuels
- ❖ L'aquifère du cordon dunaire
- ❖ L'aquifère de l'Astien du Sahel d'alger.
- ❖ L'aquifère karstique des reliefs carbonatés (Zeccar, Chenoua)

#### **2-1. L'aquifère de la Mitidja**

La plaine de la Mitidja s'étend sur une superficie de 1300 à 1450 Km<sup>2</sup>, (100km de longueur et 8 à 18km de largeur), orientée WSW-ENE.

Elle est limitée au Nord par le bombement du Sahel de 260m d'altitude prolongé à l'Est par le massif cristallin de Bouzarea (407m) ; à l'Ouest par le massif de Chenoua (905m) ; vers le Sud la plaine est brusquement interrompue par l'Atlas Blidéen. Cet aquifère s'étend sur le territoire de la wilaya de Tipaza, notamment dans sa partie Sud-Est , ou on retrouve les communes de de Hameur El Ain, de Bourkika, de Hadjout , Htatba et Sidi Rached.

Représentée par sa partie ouest, qui se situe entre l'Atlas au sud et le Sahel algérois au nord, cette formation présente des passages latéraux de faciès (voir coupes suivantes).

Le cadre géologique local est caractérisé par la série lithostratigraphique représentée dans la figure suivante (Fig.2). Au sein de la séquence sédimentaire de la Mitidja, on peut distinguer les aquifères de la formation de l'Astien et ceux de la formation de la Mitidja (Soltanien-Tensiftien) qui reposent sur les marnes du Plaisancien formant la limite inférieure imperméable de presque tout le bassin. Ces deux aquifères sont séparés par la formation semi-perméable des argiles jaunes d'El Harrach (Fig.3).

Toutefois, vu son importance et le coût réduit des opérations de sa mise en exploitation, l'aquifère des alluvions quaternaires est de loin le plus exploité.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

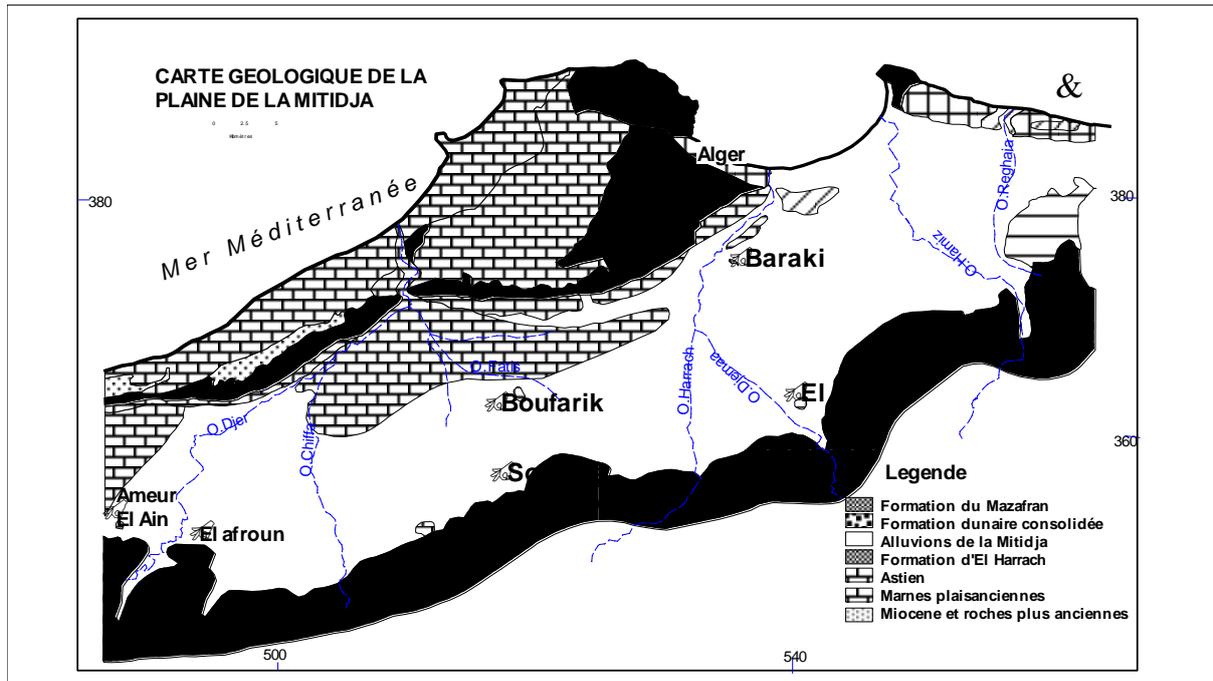


Figure N°6 : Exquise géologique de la plaine de la Mitidja (In carte hydrogéologique de la région d'Alger (ANRH, 1972))

### 2-1-1 L'Aquifère de l'Astien :

Le réservoir astien est généralement constitué par le faciès des grès fins consolidés. Il est généralement captif au centre de la plaine avec des niveaux piézométriques au-dessus du toit de l'aquifère et il est libre dans les zones d'affleurement de l'Astien, dans le Sahel. Les écoulements souterrains se font depuis les bordures vers le centre de la plaine. Les coupes géoélectriques (Fig.3) montrent que le toit de cet aquifère se trouve à environs 400m de profondeur à Oued El Alleug et à 200m dans le Mazafran. Son épaisseur moyenne est de 100 m.

L'alimentation de cet aquifère se fait essentiellement par les infiltrations des eaux de pluie sur le Sahel où il affleure. Il est également alimenté par la nappe alluviale sus-jacente par drainance à travers les marnes jaunes peu épaisses et dont la perméabilité varie de  $10^{-7}$  à  $10^{-8}$  m/s (Benie Partners, 1972).

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'Astien sont mal connues. Les estimations de la perméabilité donnent des valeurs qui varient dans de larges fourchettes avec une moyenne de l'ordre de  $4,3 \text{ m}$  et le coefficient d'émagasinement est compris entre  $5 \cdot 10^{-6}$  et  $5 \cdot 10^{-3}$

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

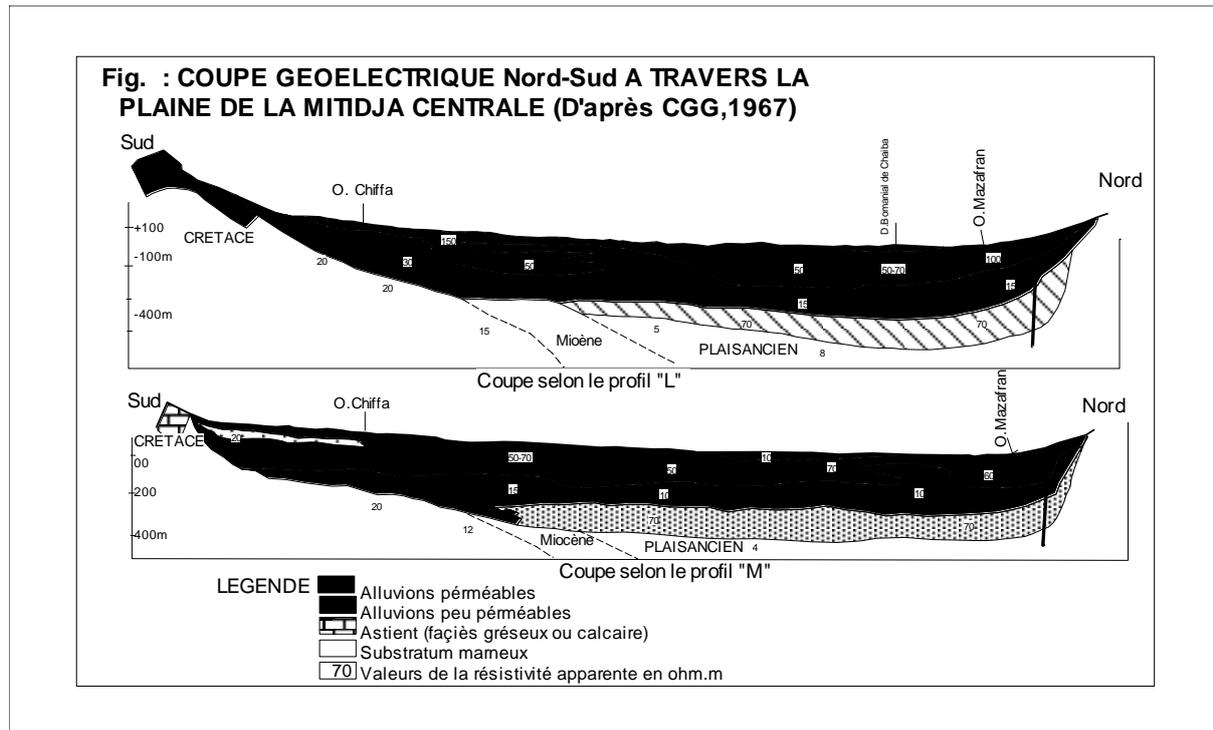


Figure N°7 : Coupes géoelectrique de la plaine de la mitidja (CGG, 1969)

### 2-1-2-L'aquifère des alluvions de la Mitidja

Les sédiments clastiques de la formation de la Mitidja et les sédiments fluviaux récents constituent l'aquifère le plus important de la plaine de la Mitidja. Cet aquifère, composé de graviers et de galets alternant avec des limons et argiles, occupe toute l'étendue la plaine. Sa limite inférieure est constituée par les marnes de la formation d'El Harrach et sa limite supérieure est libre sauf dans la zone du Mazafran où la nappe est captive sous les limons du Rharbien. Les coupes géo-électriques (Fig....) montrent que l'aquifère se développe sur une épaisseur de 100 à 200m en moyenne et va en s'amincissant vers le sud pour atteindre l'Atlas.

### 2-1-3 Caractéristiques hydrodynamiques

Les transmissivités sont très variables, mais très élevées et reflètent très exactement la morphologie des comblements alluviaux récents. Faibles sur les hauts fonds marneux et dans les piémonts de l'Atlas ( $10^{-3}$  à  $5.10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ ), elles atteignent  $4.10^{-2} \text{m}^2/\text{s}$  dans les chenaux correspondant aux anciennes vallées du Mazafran. Les coefficients d'emmagasinement sont moyens : de  $6.10^{-2}$  à  $7.10^{-2}$  dans la partie libre de la nappe et de  $2.10^{-4}$  dans la partie captive de la nappe, près du Mazafran

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

La piézométrie dont la forme est "modelée" par les hétérogénéités morphologiques et par l'existence de grandes stations de pompage, présente des gradients hydrauliques décroissants d'amont vers l'aval ( $I = 3\%$  en amont du piémont,  $0,5\%$  en aval du piémont et  $0,1\%$  dans la plaine). Les courbes isopièzes, parallèles à l'Atlas en amont, s'incurvent vers l'aval pour mettre en évidence la convergence des écoulements vers les principaux exutoires naturels (cluse du Mazafran) ou artificiels (champs de captage) où s'effectue un pompage permanent (Figure N°8). Sous l'influence conjuguée des alimentations hivernales et des pompages estivaux, la nappe présente des fluctuations saisonnières importantes.

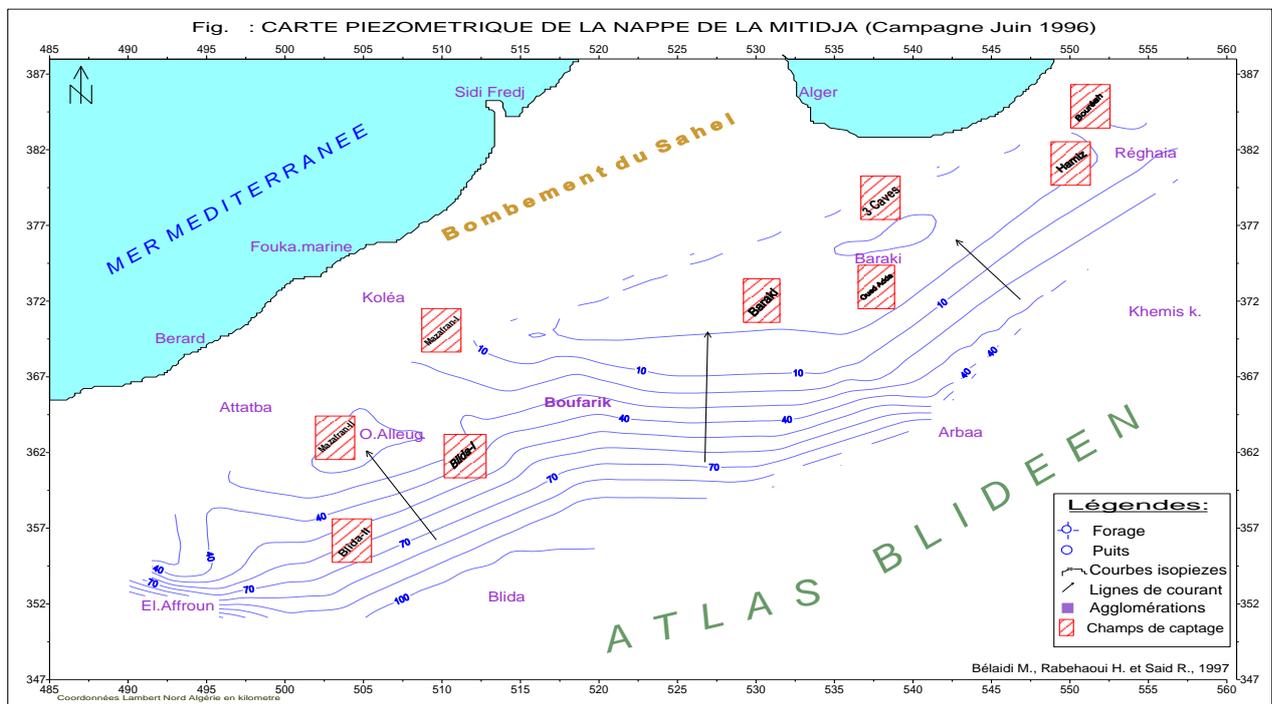


Figure N° 8 : Carte piézométrique de la plaine de la Mitidja (campagne juin 1996).(Said Ramdane 1999)

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

		Age	Formation	Lithologie	Epaisseur	Aquifère existants
Quaternaire	Pleistocène	Actuel / récent	Alluvions des oueds, dunes, piémont de l'Atlas	Sable / Gravier, Sables éoliens, limons argileux	< 10 m 10 à 20 m	
		Rharbien	Formation du Mazafran Formation de Hallola Formations dunaires	Limons et argiles limoneuses Sables consolidés	10 à 60 m 15 à 50 m	
		Soltanien Tensiftien	Formation de la Mitidja	Altéranance de graviers, de sables et d'argiles	100 à 200 m	Aquifère de la Mitidja
		Amirien Saltinien	Non identifié dans la plaine de la Mitidja	—	—	
		Villafran- chien	Formation d'El Harrach	Argiles et cailloutis	0 à 200 m moyenne 100 m	
Tertiaire	Pliocène	Astien	Grès, sables, calcaires	100 à 130 m	Aquifère de l'astien	
		Plaisancien	Marnes et argiles bleues	200 m		
	Miocène et roches plus anciennes	Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives.	Diverses mais peu significatives dans l'évolution du bassin sédimentaire	—		

Figure N°9 : Log synthétique des terrains de remplissage de la plaine de la Mitidja

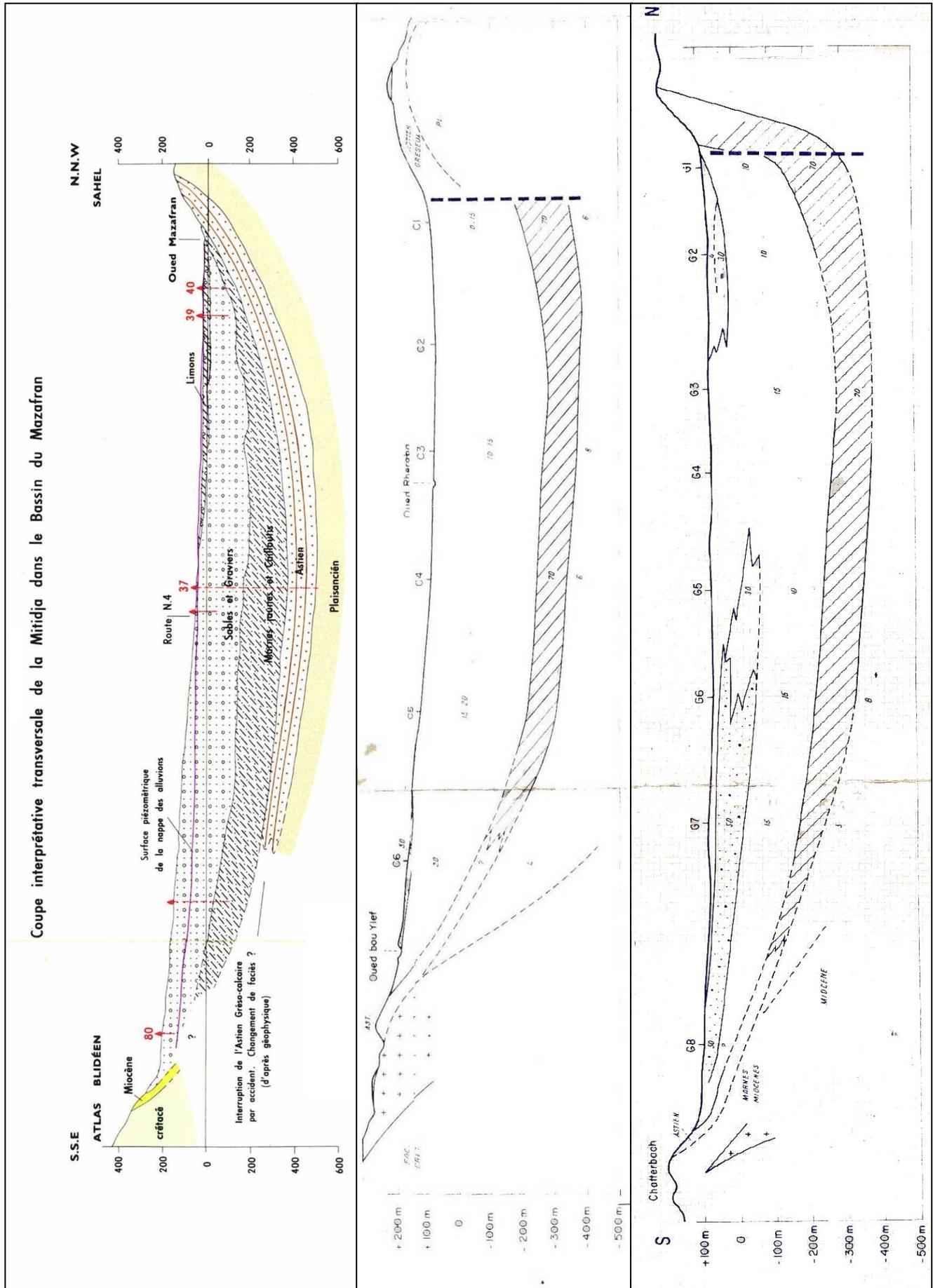


Figure N°10 : : Coupes hydrogéologique et géophysiques dans la plaine de la Mitidja (1,2 et 3)

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

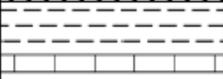
	Système	Etage	Lithologie	Description	Epaisseur
<b>QUATÉNAIRE</b>	Holocène	Actuel/Récents	Alluvions des oueds		< 15
	Pléistocène	Flandrien	Limons et argiles limoneuses		30
			Sables consolidés		30
		Soltanien / Tensifrien	Alternance de graviers et d'argiles		100 -200
		Calabrien / Villafranchien	Argiles, et cailloutis		30
<b>TERTIAIRE</b>	Pliocène	Astien	Grès, sables, calcaires, Argiles sableuses		130
		Plaisancien	Marnes et Argiles bleues		> 200
	Miocène	Vindobonien	Argiles et marnes à lentilles de calcaires		50
		Burdigalien	Argiles et marnes à lentilles de grès		?

Figure N° 11 : colonne lithostratigraphique de la Mitidja(Messaoude Nacer 1987 ; amélioré par l'auteur) .

### 2-1-4 Géométrie et structure des aquifères:

La carte des résistivités apparente montre que dans la partie Ouest de la plaine , c'est-à-dire dans la zone qui fait l'objet de notre étude, un recouvrement en majorité conducteur (peu perméable) s'étendant de Hadjout à une ligne Mouzaia-Attatba. Cette zone est particulièrement conductrice dans la dépression du lac Halloula, dont le remplissage est très argileux. Les forages réalisés dans cette zone confirment cet alluvionnement argileux de forte épaisseur. Les résistances transversales maximums indiquent le prolongement du massif astien gréseux et calcaro-gréseux d'Attatba-Koléa sous le recouvrement alluvionnaire. Les épaisseurs de ce faciès peuvent être alors égales ou supérieures à 150m. L'allure générale des coupes géo électriques établies à partir des données des sondages électriques dans le secteur d'étude montre la figure si après.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

- ❖ Un niveau superficiel plutôt conducteur (10 ohm.m) d'épaisseur variable de 10 à 25m correspondants au recouvrement argileux. Ces niveaux reconnus dans la zone étudiée ne sont pas contenus sur toute l'étendue de la plaine.
- ❖ Un horizon résistant profond (70 ohm.m), correspond à un faciès gréseux ou calcaire de l'Astien dont le toit est enfoui à plus de 350m de profondeur dans le voisinage de la région étudiée. Ce niveau Astien affleurant sur les bordures du Sahel plonge sur les alluvions de la Mitidja. Une faille verticale à été mis en évidence qui limite cet aquifère affleurant dans le sahel et tres enfoui sous les alluvions fins dans le plaine de la Mitidja.
- ❖ Enfin un substratum très conducteur (5 ohm.m) correspondant au Plaisancien.

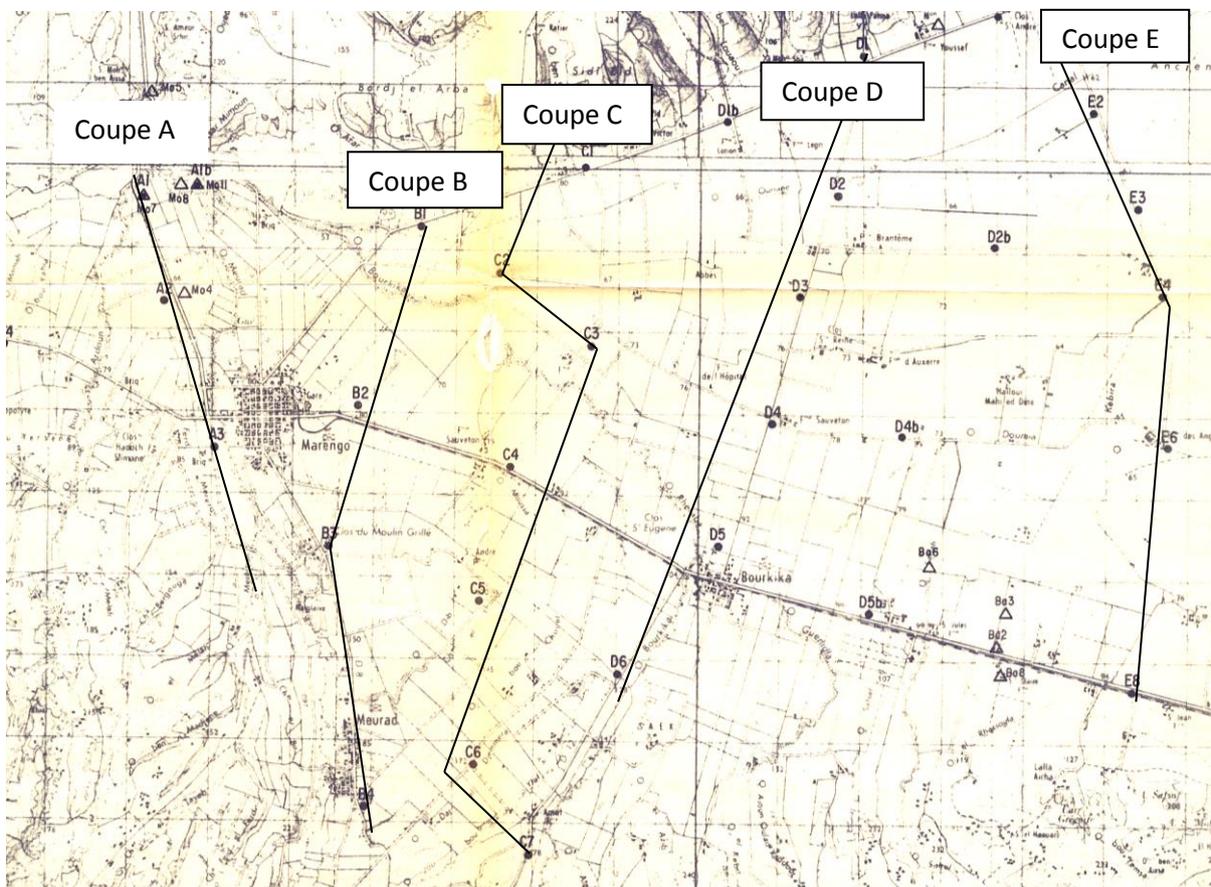


Figure N°12 : Situation des coupes géo électriques (CGG, 1969)

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

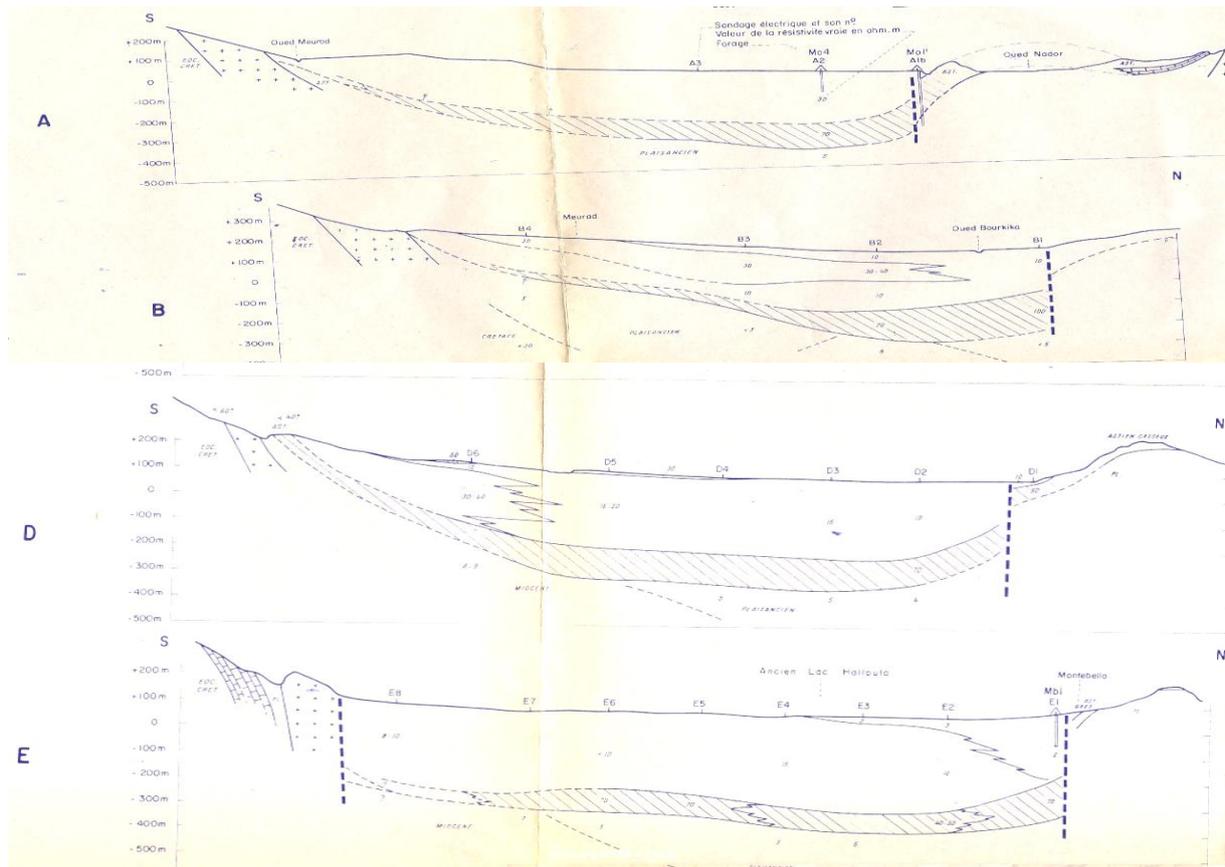


Figure N°13 : coupe géoélectrique de la plaine de la Mitidja.

### 2-1-5 Caractéristiques hydrodynamiques

Les transmissivités sont très variables, mais très élevées et reflètent très exactement la morphologie des comblements alluviaux récents. Faibles sur les hauts fonds marneux et dans les piémonts de l'Atlas ( $10^{-3}$  à  $5.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s), elles atteignent  $4.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s dans les chenaux correspondant aux anciennes vallées de la Chiffa et du Mazafran. Les coefficients d'emménagement sont moyens : de  $6.10^{-2}$  à  $7.10^{-2}$  dans la partie libre de la nappe et de  $2.10^{-4}$  dans la partie captive de la nappe, près du Mazafran.

### 2-2 Les nappes des oueds actuels

Elles sont constituées par les alluvions actuelles déposées par l'écoulement des oueds de la chaîne littoral vers la mer. On distingue :

- La nappe d'oued Nador
- La nappe d'oued el Hachem
- La nappe d'oued Messelmoun
- La nappe d'oued Sebt

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

- La nappe d'oued Damous
- La nappe d'oued Harbil
- La nappe de IKILEN

### 2.2-1- La nappe de l'oued Nador :

Elle se situe dans la zone comprise entre la mer méditerranéenne au nord, le bourrelet du Sahel au sud et à l'est et le massif de Chenoua à l'ouest (Fig.1).

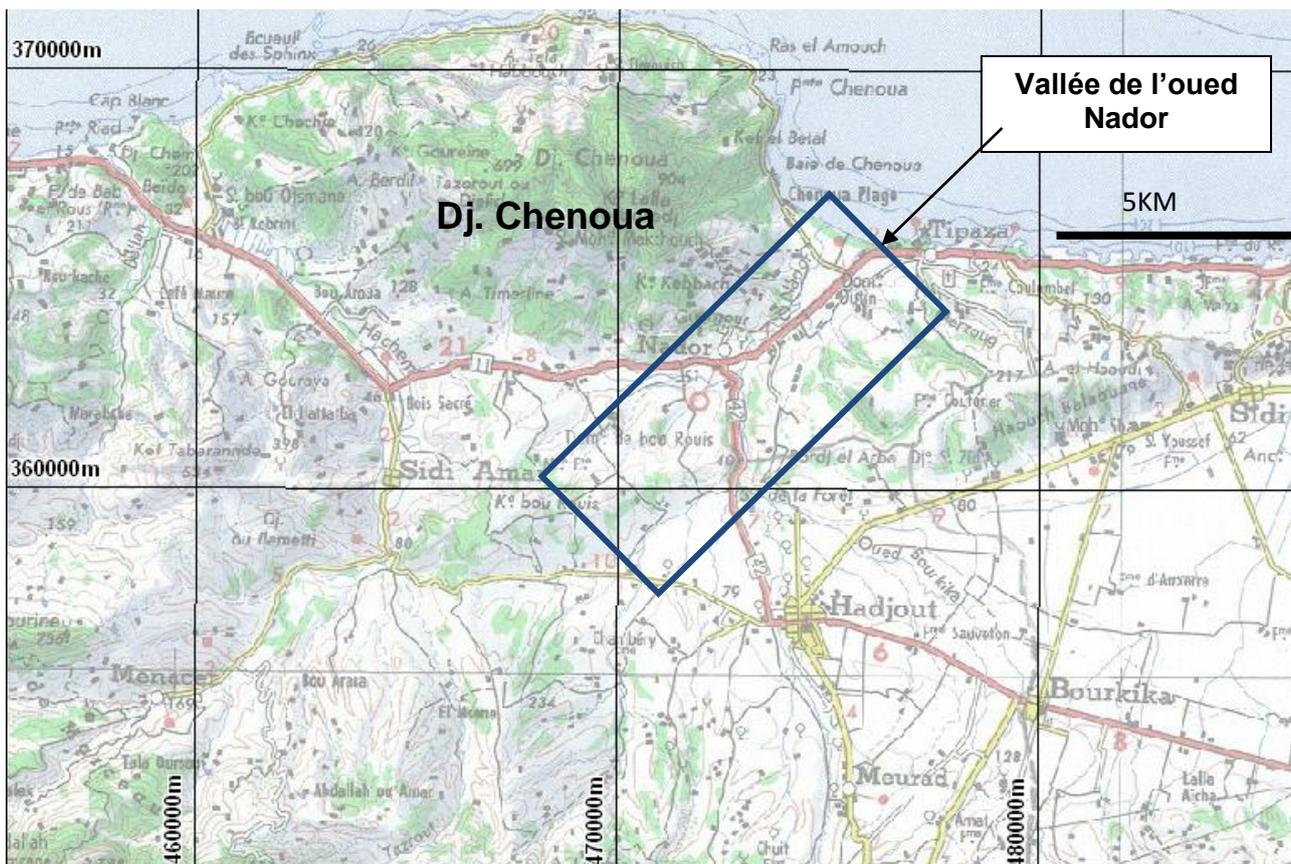


Figure N° 14 : Carte de Localisation de la vallée d'oued Nador

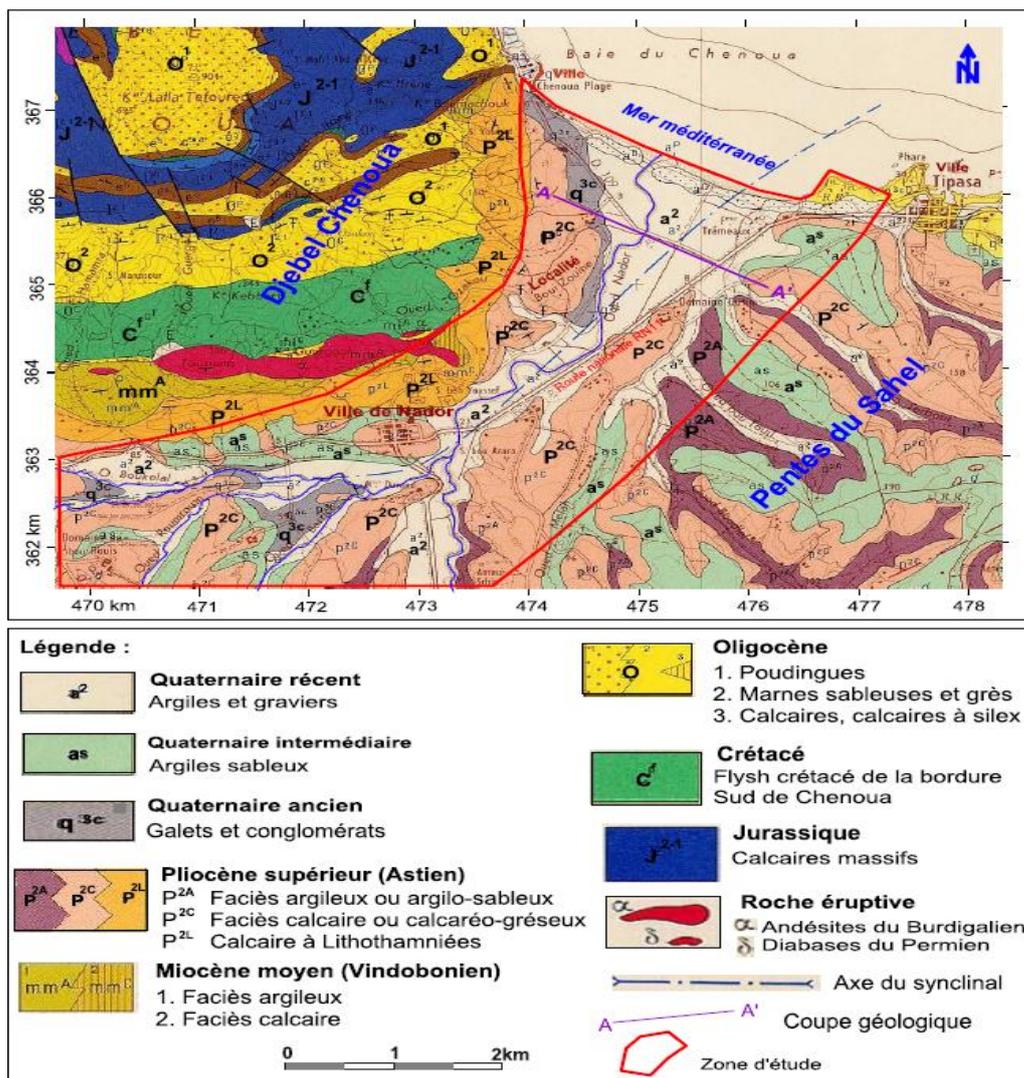
#### a- Aperçu hydrogéologique :

- La nappe de l'oued Nador est superposée à l'axe synclinal des formations du Pliocène. Elle est limitée Au nord par une molasse calcaire-gréseuse de 20° de pendage ;
- Au sud par molasse gréseuse à ciment marneux passant à des sables et argile plus ou moins rubéfiées ;
- Les marnes bleues du Plaisanceinne sont visibles à l'Est de la zone d'étude.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

- Au nord de la ville de Nador, il y'a les calcaires à lithothamnium sous-jacent au molasse astienne.

D'un point de vue hydrogéologique, la lithologie du recouvrement alluvionnaire est à prédominance argileuse, avec des bancs grossiers de 4 à 5 m d'épaisseur, dont l'épaisseur globale ne dépasse pas une quarantaine de mètres. La molasse de l'Astien sous-jacente présente une variation de faciès, elle est plus grossière et aquifère vers le coté de Chenoua et plus marneuse vers le Sahel. La transition de la molasse vers les marnes du plaisancien, se fait progressivement sur un horizon marno-sableux d'une vingtaine de mètre.



Extrait de la carte géologique de Tipaza 1/50.000, carte publié en 1962 par IGN

Figure N°15 : Carte géologique de la plaine d'oued Nador

L'étude géophysique réalisée dans la plaine alluviale de l'Oued Nador en 1967, met en évidence l'existence des terrains suivants (voir exemple de la figure 4) :

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

- ❖ Alluvions de 3 à 10 ohm.m
- ❖ Alluvion de 15 à 20 Ohm.m
- ❖ Molasse gréseuse Astien et horizon marno sableux de base de 50 Ohm.m
- ❖ Substratum marneux de 5 à 10 Ohm.m.

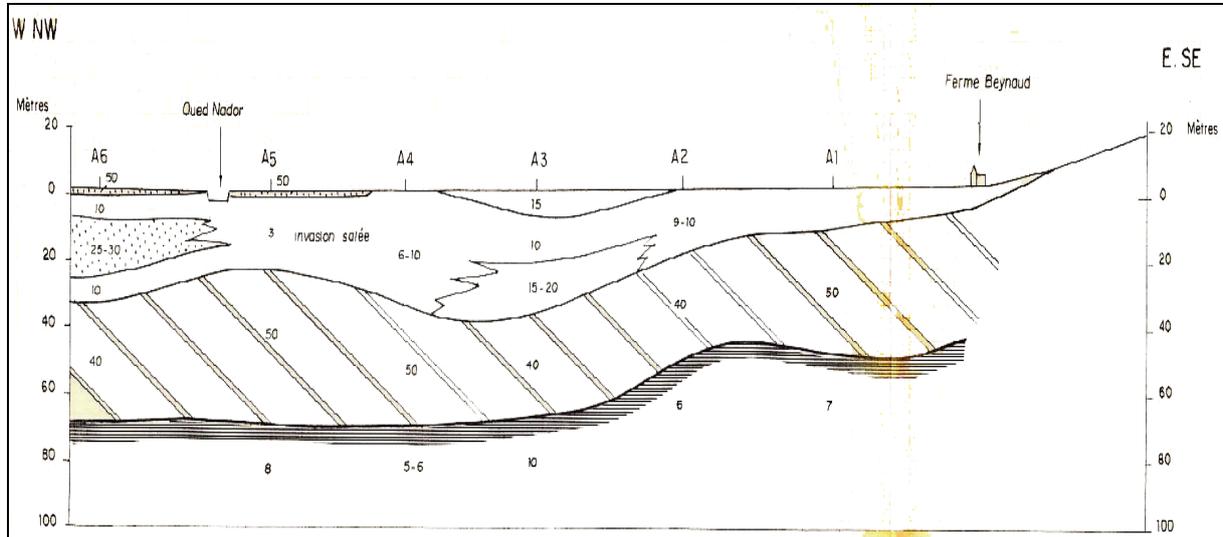


Figure N° 16 : Coupes géophysiques (4) dans la vallée de l'oued Nador  
(C.G.G.1967)

### b-Caractéristiques hydrodynamiques

Afin de bien illustrer l'état de la nappe de l'oued Nador, nous avons représenté les résultats des campagnes piézométriques pour l'année hydrologique 2009, sous forme de cartes piézométriques.

L'examen de la figure N° 16 permet de relever les points suivants :

- ❖ L'existence de deux sens d'écoulement, l'un suit le sens de l'oued dans la direction SSW-NNE, et l'autre qui est à l'inverse du premier s'écoule de la mer vers une dépression piézométrique en aval la plaine;
- ❖ Les courbes piézo-

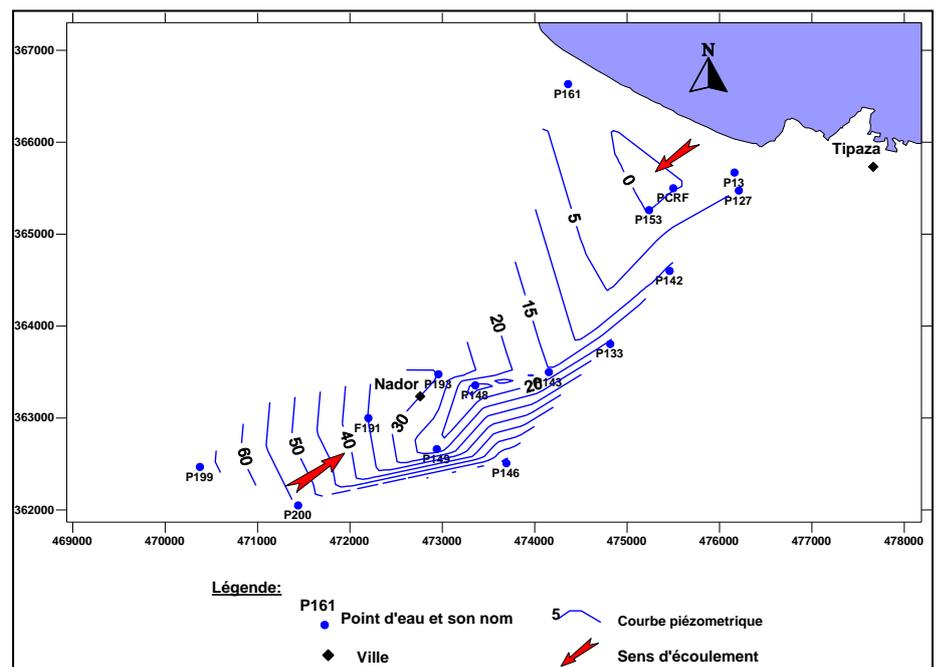


Figure N° 17 : Carte piézométrique de la nappe de l'oued Nador (octobre 2009, ANRH).

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

métriques convergent vers l'oued, indiquant l'alimentation de ce dernier par la nappe ;

- ❖ Les gradients hydrauliques varient de 39‰ entre P146 et P143, à 18‰ entre P199 et F191 et à 1‰ entre P143 et P153 ;

### 2-2-2- La nappe de l'oued El Hachem :

La plaine de l'oued El Hachem se situe au Sud-est de la ville de Cherchell, au pied du versant Sud Ouest du massif de Chenoua. Elle est imitée au à Sud par Djebel Boumaâd, au Nord par la mer méditerranéenne et à l'Est par le massif de Gouraya (voir Fig.1).

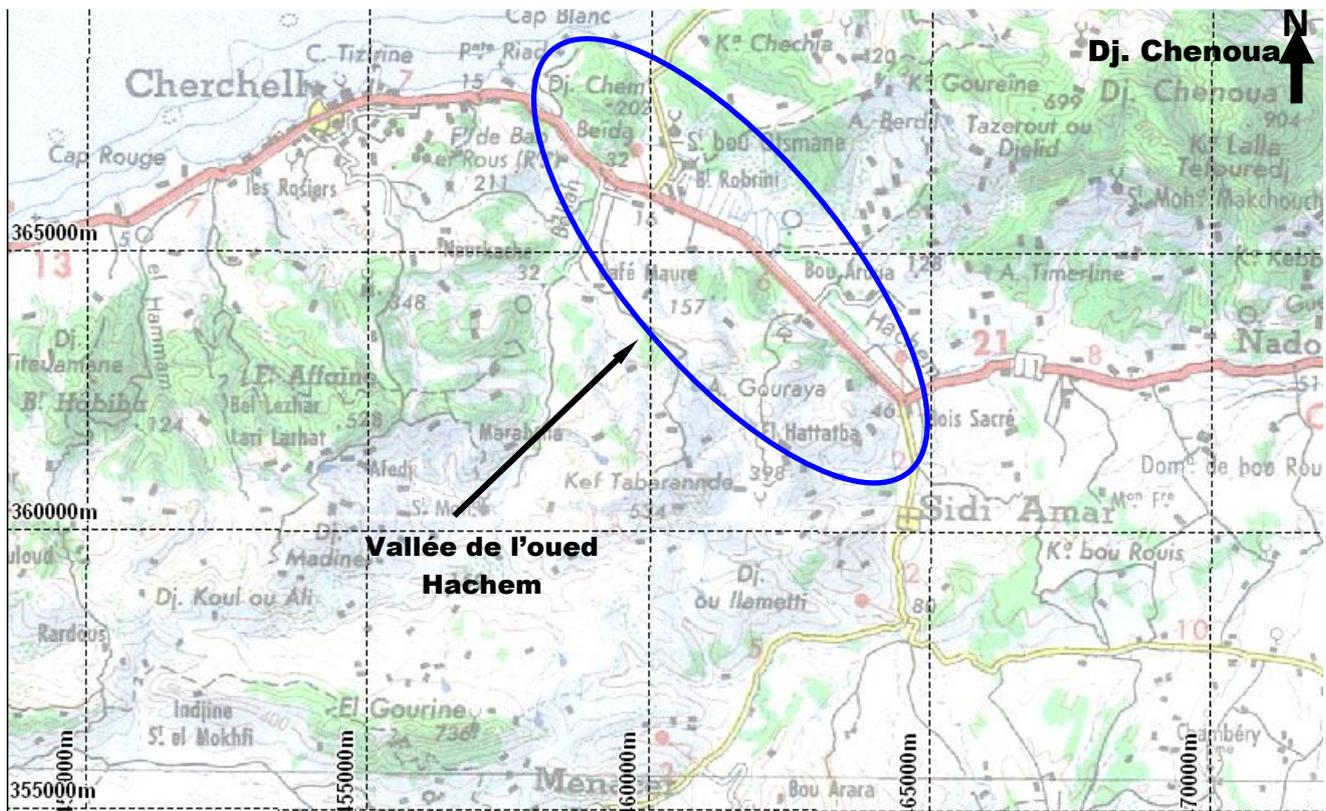


Figure N° 17 : Carte de Localisation d'Oued El Hachem.

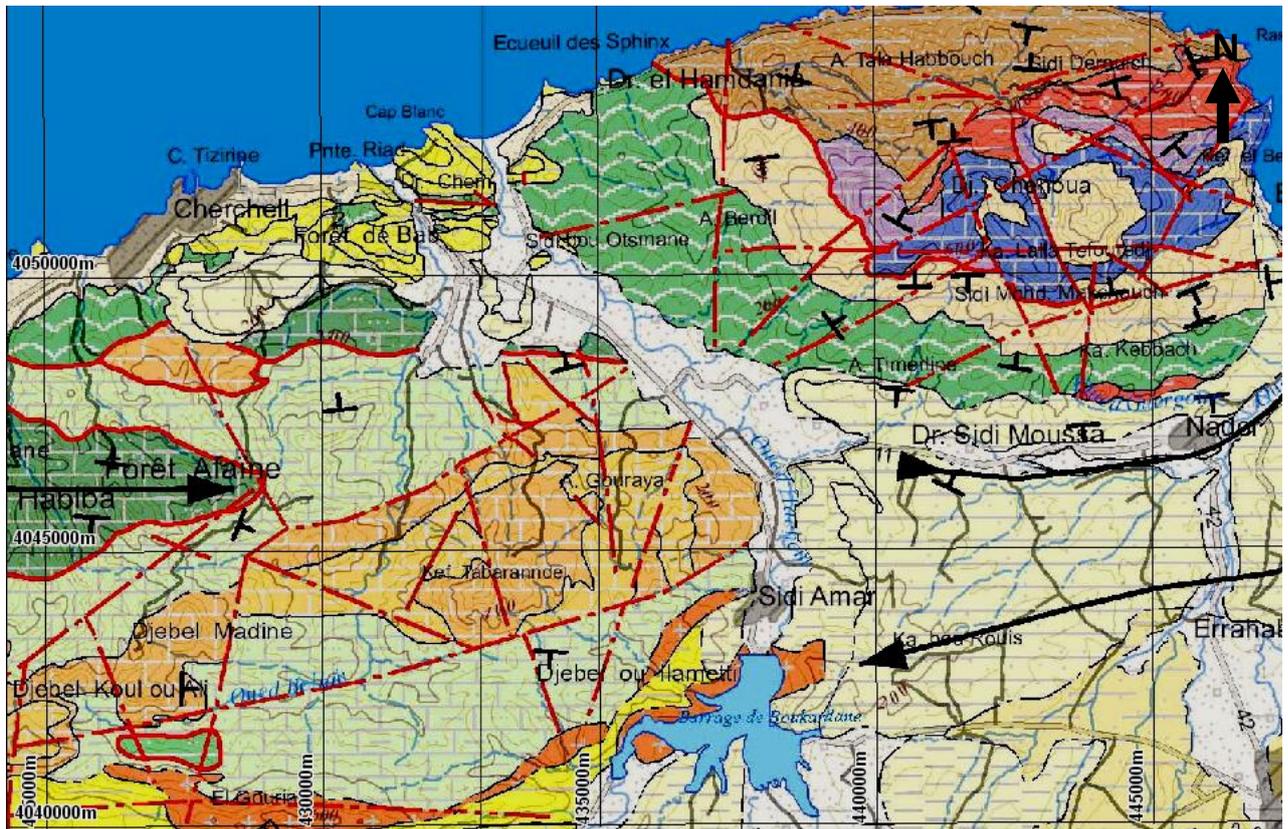
Le contexte géologique de la zone d'étude présente une grande complexité, du fait de la présence de plusieurs zones stratigraphiques et tectoniques différenciées à la suite des plissements nummulitiques, du Nord au sud :

- La terminaison de la zone des massifs de Kabylie représentées par le Chenoua constitué au Nord par des roches métamorphiques, de schistes, de poudingues et de grès primaires,

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

surmontés par les grès rouges et les cargneules du Permo-Trias. Cette zone est limitée au Sud par les calcaires liasiques et des couches éocènes transgressives sur le Lias.

- La zone des Flysch albo-aptien sépare la région des massifs avec le payé crétacé, elle borde la côte sur la feuille de Cherchell et Gouraya.
- Le payé crétacé
- Le Néogène transgressive sur les zones nummulitiques, conservé dans les parties déprimées (synclinale néogènes bordant la mer, prolongement du sahel d'Alger sur la bordure Ouest de la feuille de Cherchell).
- Les terrasses de 15 à 20 m ;
- Les alluvions récentes dans les vallées large à fonds plats.



Extrait de la carte géologique au 1/200000 de l'Algérie du Nord (ANRH, 2008)

Figure N° 18 : carte géologique de la plaine d'Oued el Hachem

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères



A Quaternaire (Holocène): Alluvions actuelles - sables, graviers, limons et argiles



<sup>1</sup><sub>2</sub>Pl<sup>1</sup> Pliocène supérieur (Astien/Piacenzien supérieur):  
Calcaires gréseux, calcaires construits, grès, marnes jaunes, sables



E<sup>2</sup> Eocène moyen (Lutétien): Marnes argileuses et marno-calcaires



E<sup>1</sup> Eocène inférieur (Ypresien): Calcaires



K<sup>2</sup><sup>3-6</sup> Crétacé supérieur (Coniacien-Maestrichtien): Marnes grises et calcaires lites au sommet



K<sup>1</sup><sup>5+6</sup> Crétacé inférieur (Aptien et Albien):  
Flysch – alternance de marnes, d'argiles et de quartzites et de grès

Le cours d'eau d'oued Hachem a formé les dépôts alluvionnaires à l'extrême Ouest de la Plaine de la Mitidja en lessivant les sédiments carbonatés aux alentours. L'aquifère formé d'alluvions est d'une superficie de 13 km<sup>2</sup>, la nappe est libre entre Bou Aroua et Zurich et captive au Nord. Les alluvions de cette aquifère sont formées de la base au sommet par des :

- Argiles rouges ;
- Galets et graviers de 5 à 20 m constituent le réservoir aquifère ;
- Argile et sable, avec intercalation de quelques lits de graviers.

Le substratum est formé en majorité de marne du Crétacé, et de calcaire Eocène. La perméabilité varie de  $6 \times 10^{-4}$  à  $1.2 \times 10^{-2}$  m/s.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

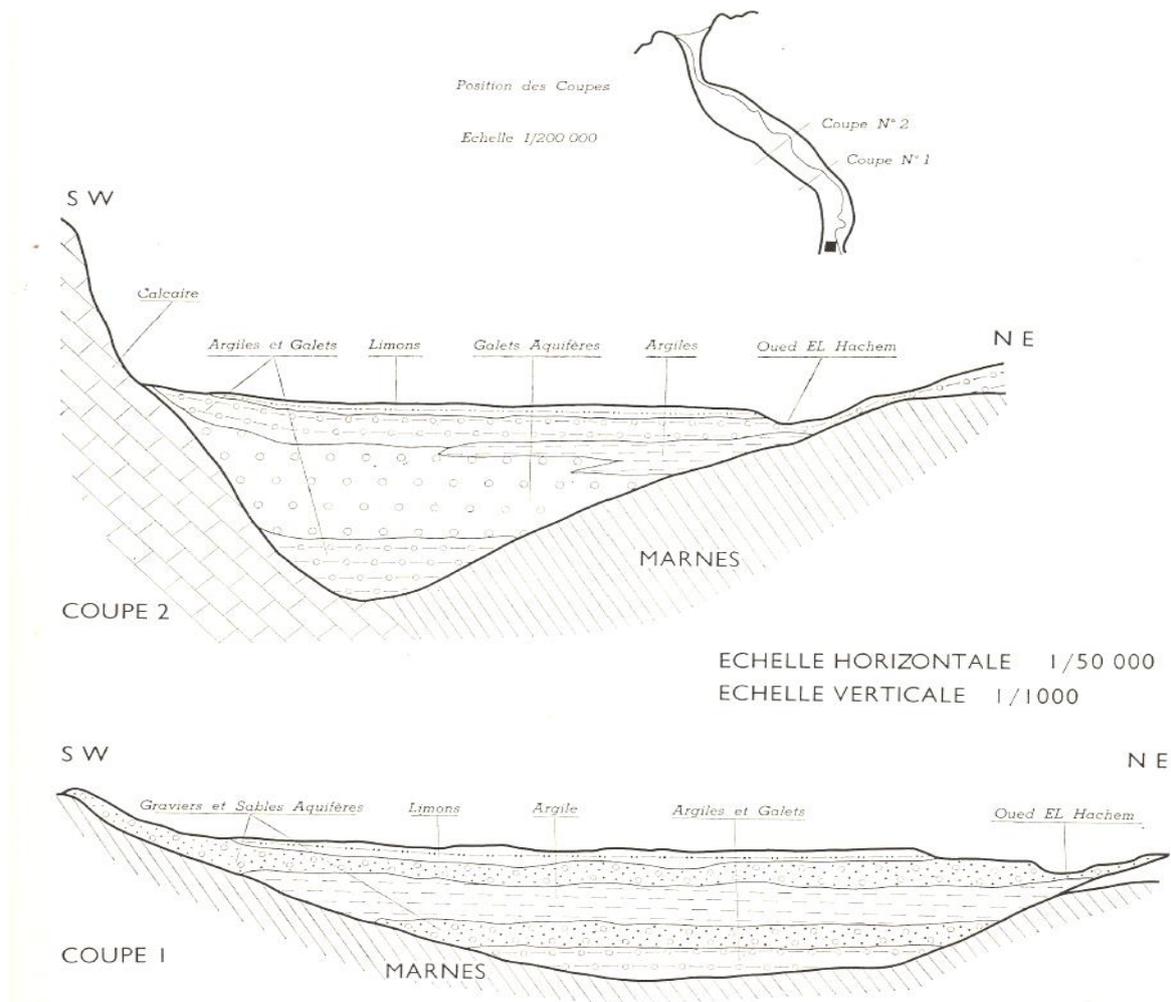


Figure N°19 : Coupe transversale dans la vallée de oued el Hachem (Extrait de la notice explicative de la carte hydrogéologique de la région d'Alger 1/200.000).

L'examen de la coupe géophysique réalisée dans la partie aval captive de la nappe de l'oued El Hachem, montre les niveaux suivants (Voir Fig. 5) :

- Un substratum pliocène d'une résistivité de 3 ohm.m ;
- Un niveau grossier de résistivité de 50 à 60 ohm.m et de 3 à 14 m d'épaisseur représenté par le réservoir aquifère ;
- Un niveau supérieur fin de résistivité qui varie de 5 à 10 ohm.m et d'une épaisseur de 17 m, avec des passages grossiers vers le centre de la plaine.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

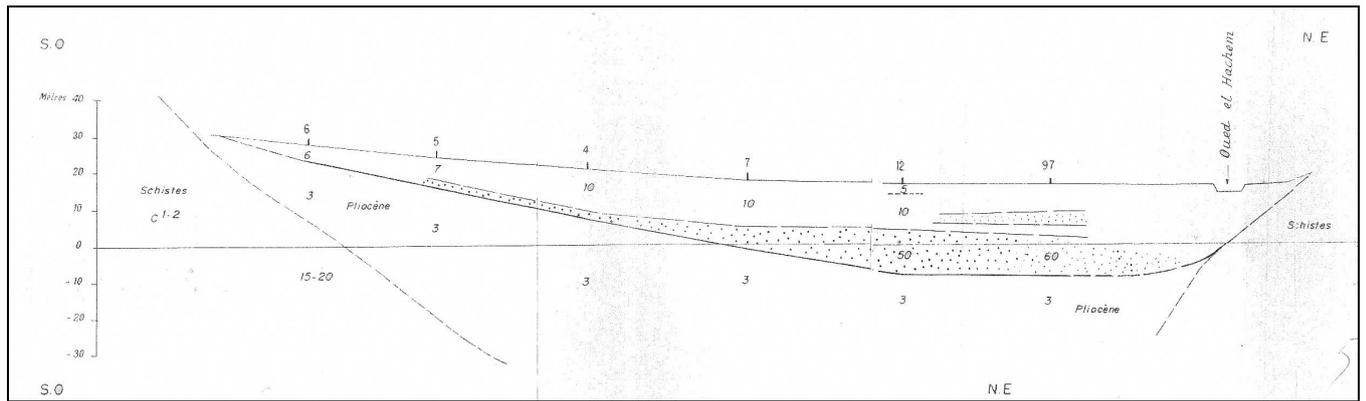


Figure N°20 : Coupes géophysiques (5) dans la vallée de l'oued EL Hachem (C.G.G.1966)

### a-caractéristiques hydrodynamiques :

L'examen de la figure N° 20 permet de relever les points suivants :

- ❖ L'existence de deux sens d'écoulements le plus important suit le sens d'écoulement de l'oued dans la direction SE-NE, l'autre de direction NNE-SSW qui alimente la nappe de la partie l'Ouest en provenance du massif carbonaté de Gouraya.
- ❖ Les courbes piézométriques convergent légèrement vers le centre de la plaine, indiquant l'alimentation de la nappe par les bordures.
- ❖ Les gradients hydrauliques varient de 10‰ à 22‰;
- ❖ Les niveaux piézométriques varient entre 1.48 m et 43.6 m. L'alimentation de la nappe, est assurée par deux processus :
  - Les précipitations en période pluvieuse sur un impluvium réduit représenté par la plaine et ses deux versants estimés à 60 Km<sup>2</sup>, soit 27% du bassin versant de l'oued El Hachem, cela se traduit par une très faibles recharge ;

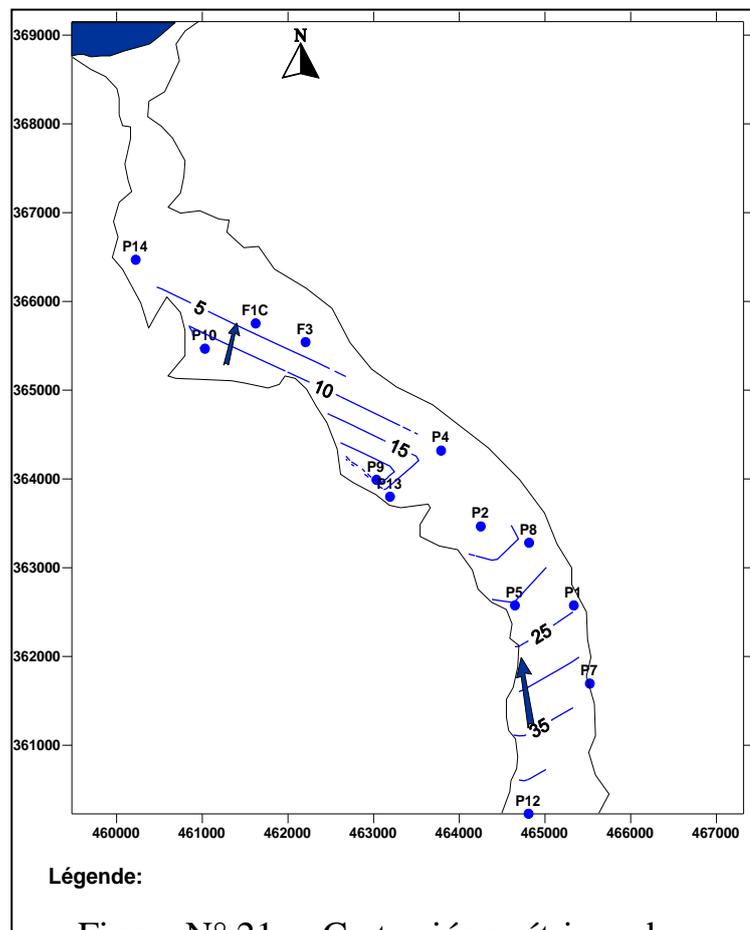


Figure N° 21 : Carte piézométrique de l'oued El Hachem octobre 2009

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

- La recharge de la nappe par les lâchées du barrage de Boukourdene en période estivale,

### 2-2-3- La nappe de l'oued Mazafran

Cette nappe est formée par les dépôts alluvionnaires qui se sont développées autour du cours d'eau de l'oued Mazafran, durant le Quaternaire actuel et récent. Elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne, à l'est et l'ouest par le Sahel et au sud par la Mitidja. L'aquifère est composé principalement de graviers, sable, avec argiles et limons, son épaisseur est de 10 à 20 m et sa transmissivité varie de  $10^{-3}$  à  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s.

### 2-2-4 La nappe de l'oued Sebt :

La vallée de l'oued Sebt appartient a la commune de Gouraya et se situe à 24 Km à l'est de Cherchell, d'après l'étude réalisé par le bureau d'étude BURGAP 2005 au compte de l'ANRH met en évidence les formations suivantes (voir Figure 25):

- Le crétacé calcaire marneux à la base ;
- Le moi-pliocène gréseux ;
- Le recouvrement alluvionnaire peut répondre.

L'aquifère alluvial de l'Oued Sebt est composé principalement de sables, graviers, argiles et limons, sa superficie est de 3.1 km<sup>2</sup>.

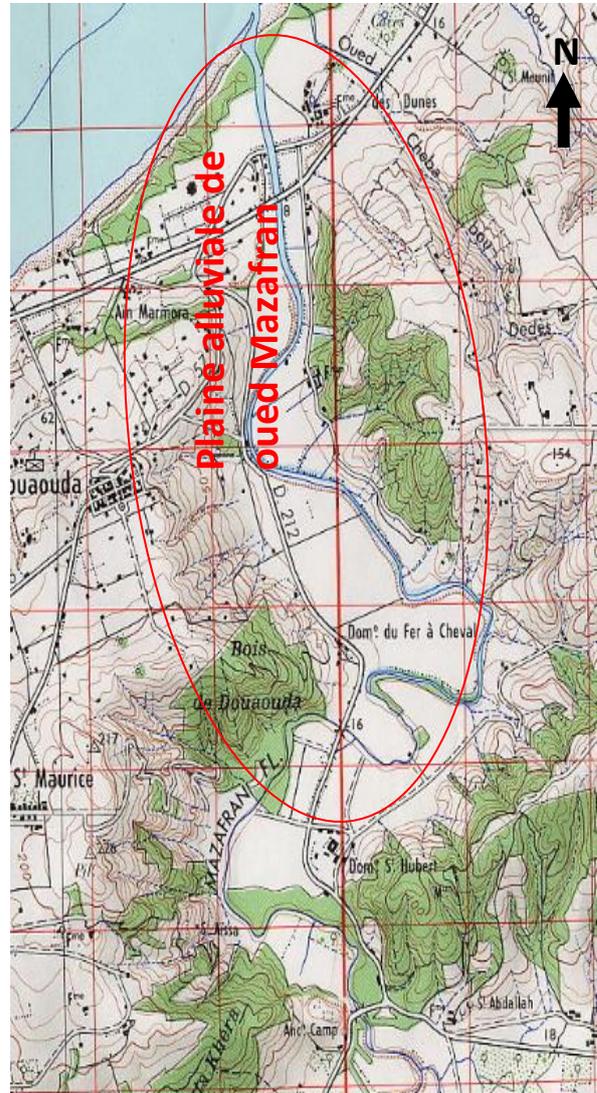


Figure N° 22 : Situation de la plaine alluviale d'oued Mazafran

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

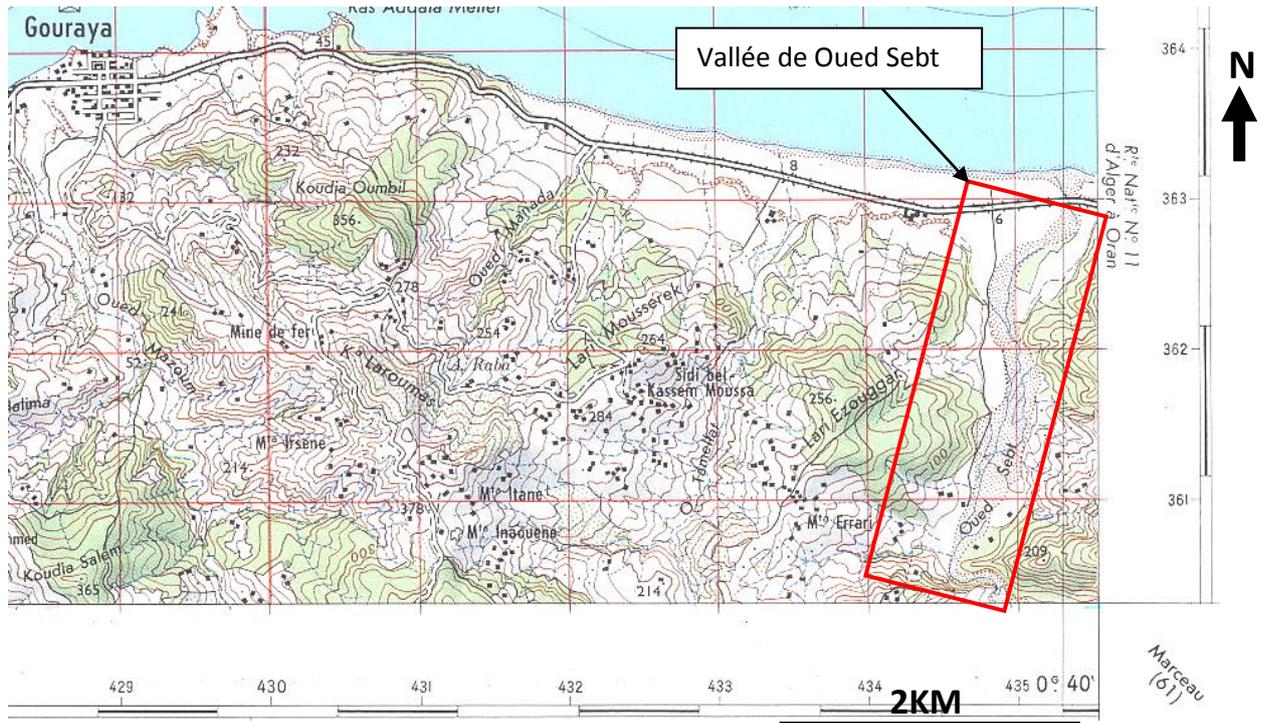


Figure N°23 : Situation de la plaine alluviale d’oued Sebt sur un extrait de la carte topographique de la feuille de Gouraya au 1/50000.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

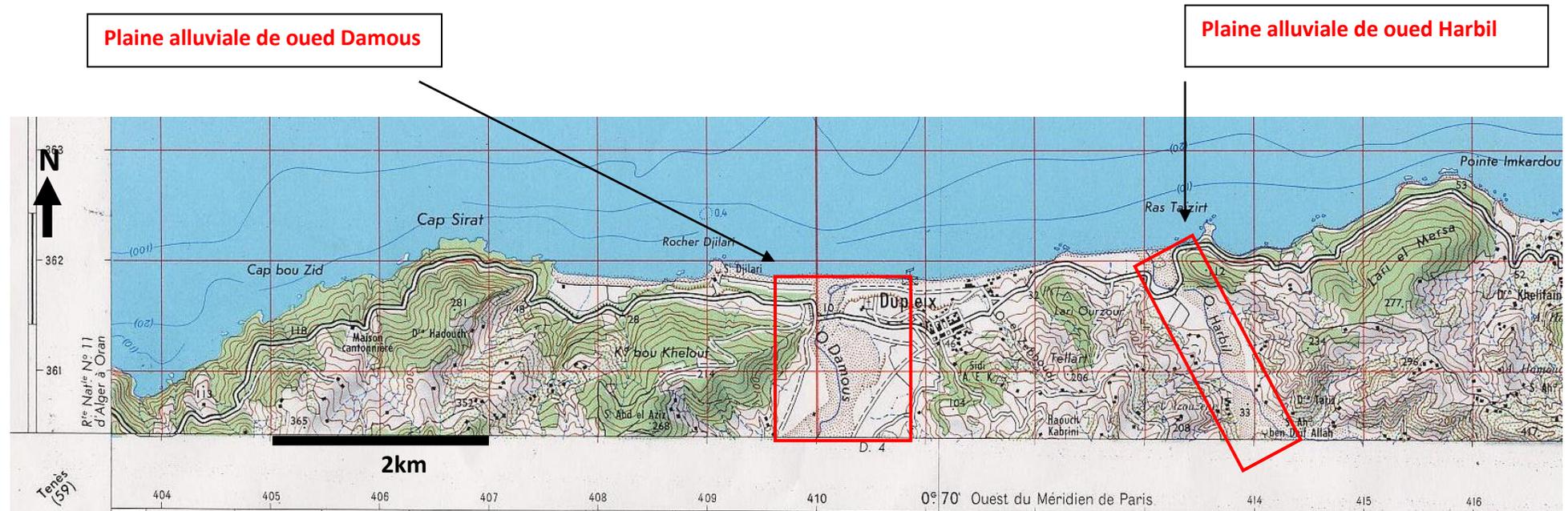


Figure ° 24 : Situation des plaines alluviales de Oued Damous et de oued Harbil sur un extrait de la carte topographique au 1/50000 de la feuille de Gouraya

### 2-2-5 La nappe de Oued Harbil :

L'Oued Harbil se situe dans l'espace qui est limité à l'Ouest par le bord est du sous-bassin versant Côtier Cherchell, limitée à l'Est par Cherchell, au Nord par la mer Méditerranée et au Sud par la ligne passant entre le Djebel Bou-Maad et le Djebel Bou-Tismene.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

Il s'agit des dépôts alluvionnaires peu répandues, dont l'épaisseur résulte des effets érosifs de petits cours d'eau rivaux. Les dépôts alluvionnaires sont en général d'origine carbonatée avec la présence fréquente des particules grossières.

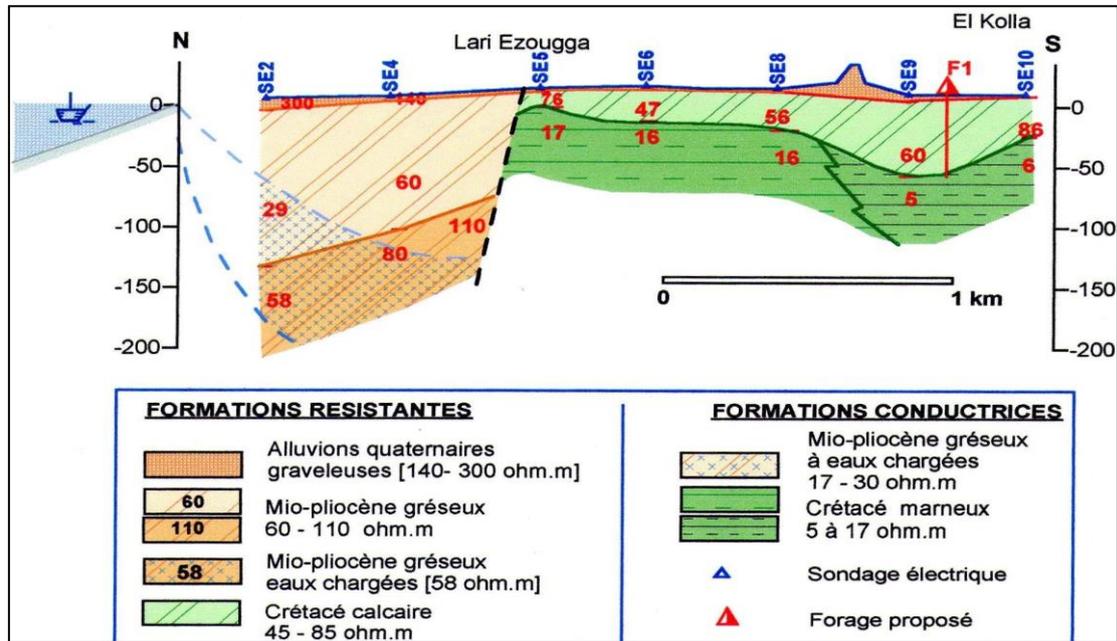


Figure N°25 : Coupes géophysiques (7) dans la vallée de l'oued SEBT ANRH (BURGAP 2005)

### 2-2-6- Oued Ikilen

L'oued Ikilen se situe à 1.5 km à l'ouest de l'agglomération de Gouraya, dont la vallée entaille, dans une direction N-S, les marnes schisteuses noires à lentille de calcaire du Sénonien (voir Figure 26).

L'étude de la CGG de 1969 met en évidence les terrains suivants :

- Sables schisteux sec de résistivité qui varie entre 60 à 80 Ohm.m et d'une épaisseur de 2 à 3 m
- Sables schisto- graveleux humide de résistivité 40 à 50 Ohm.m et d'épaisseur de 5 à 12 m, ce terrain représente le réservoir aquifère.
- Sable schisteux ou argileux de résistivité de 30 Ohm.m peu différencié du substratum ;
- Substratum schisteux et argileux de résistivité de 20 à 25 Ohm.m ;

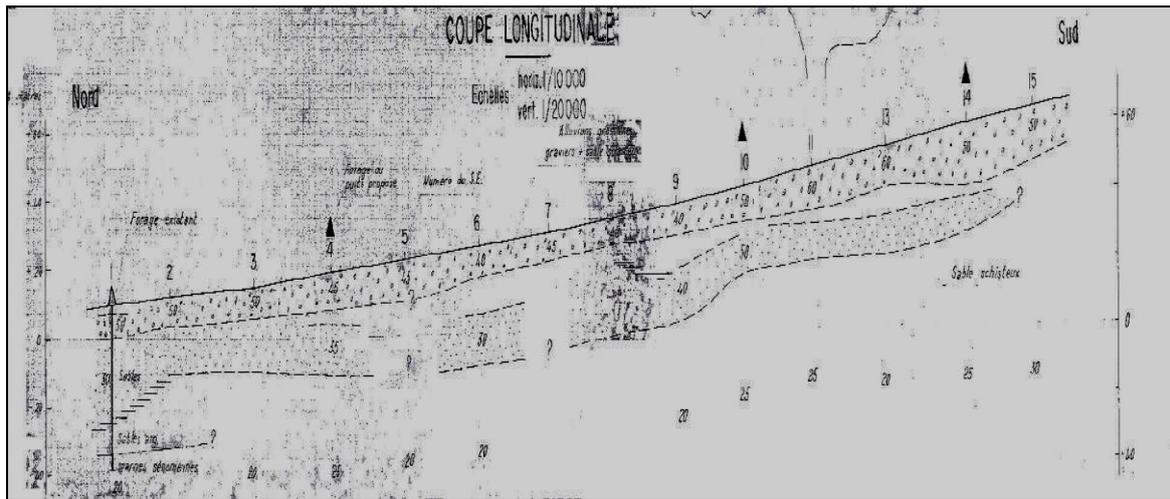


Figure N° 26 : Coupes géophysiques (8) dans la vallée de l'oued Ikelen  
(C.G.G.1969)

### 2.2.7- La nappe de l'oued Messelmoune :

Elle se situe à 18 km à l'est de la ville de Cherchell. Elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne, au sud par le massif du Djebel Boumaâd et à l'est et l'ouest par les versants du bassin de Cherchell (voir Figure 27).

D'un point de vue géologique nous rencontrons les terrains suivants :

- L'unité inférieure des flysch Albo-Aptien à Cénomaniens, visible au sud de la feuille de Cherchell de nature divers ; calcaire, marne, marno-calcaire et schiste.
- Le Miocène poste nappe de nature gréseuse et marneuse.
- Les alluvions quaternaires, dans la basse vallée, composées de sable, gravier, limon et un couvert détritique de pente. L'épaisseur globale des alluvions est de 17 m d'après le seul forage existant.

Les alluvions anciennes et récentes du lit d'oued forment une nappe aquifère d'une superficie d'environ 4.76 Km<sup>2</sup>, qui repose sur un substratum marneux du Miocène. L'épaisseur des alluvions formant l'aquifère est comprise entre 5 et 40 m. Généralement la nappe aquifère est exploitée par quelques agriculteurs par des forages et des puits peu profonds ne dépassant pas les 40 m de profondeur. Le débit fournis par ces ouvrages est compris entre 3 et 30 l/s . Le substratum de la nappe est constitué par les formations imperméables traversées par l'Oued. Il s'agit soit des roches éruptives du Burdigalien, des marnes plus récentes, ou bien des flysch Albo-Aptiens. L'alimentation de la nappe s'effectue principalement par les eaux des crues de

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

l'oued.

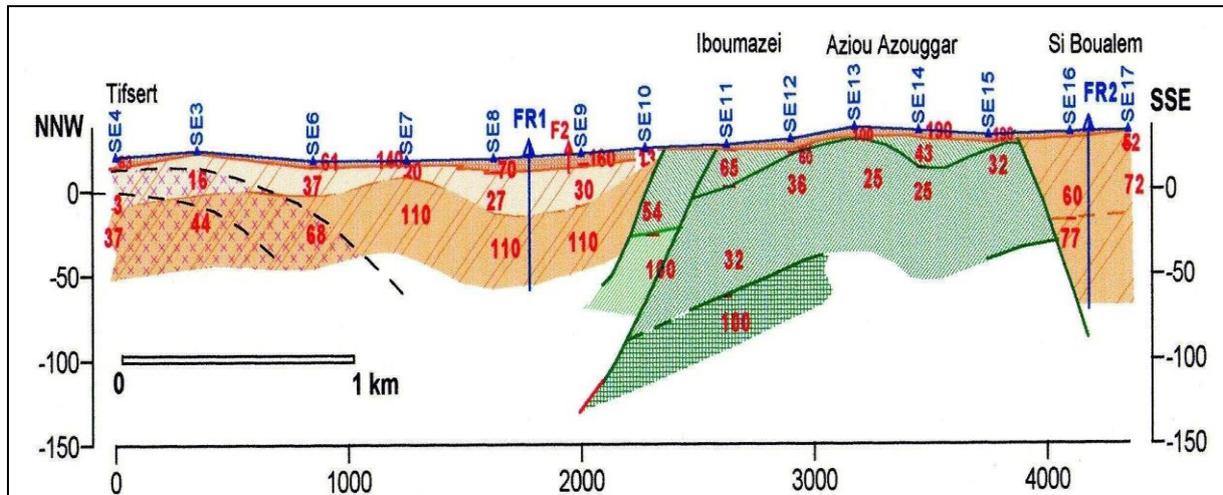


Figure N° 27 : Coupes géophysiques (6) dans la vallée de l'oued Messelmoune ANRH (BURGAP 2005)

### 2-2-8-La nappe de l'Oued Damous

L'oued Damous est situé à l'extrémité ouest de la wilaya de Tipaza, il représente la limite entre les communes de Ténès, coté Chélif et de Damous, coté Tipaza. Il se situe dans le sous-bassin versant Côtier Cherchell, limité au Nord par la mer Méditerranée et limité de l'Ouest et de l'est par Djebel Boumaad et le Djebel Bou Tismene,

Il s'agit des dépôts alluvionnaires peu répandues, dont l'épaisseur résulte des effets érosifs de petits cours d'eau riverains. Les dépôts alluvionnaires sont en général d'origine carbonatée avec la présence fréquente des particules grossières.

L'étude géophysique par la méthode électrique réalisée dans la région en 1966, montre que les alluvions sont plus développées au nord avec une épaisseur qui varie de 50 à 60 m et une résistivité de 15 à 25 ohm.m indiquant un matériel plus fin, au centre l'épaisseur est de 20 à 30 m, plus au sud les alluvions sont plus grossières et résistants.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

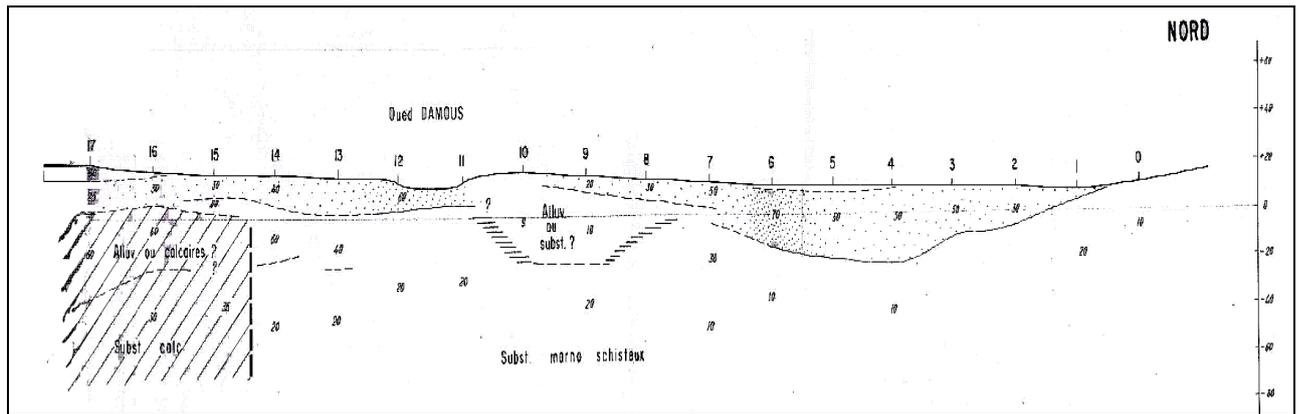
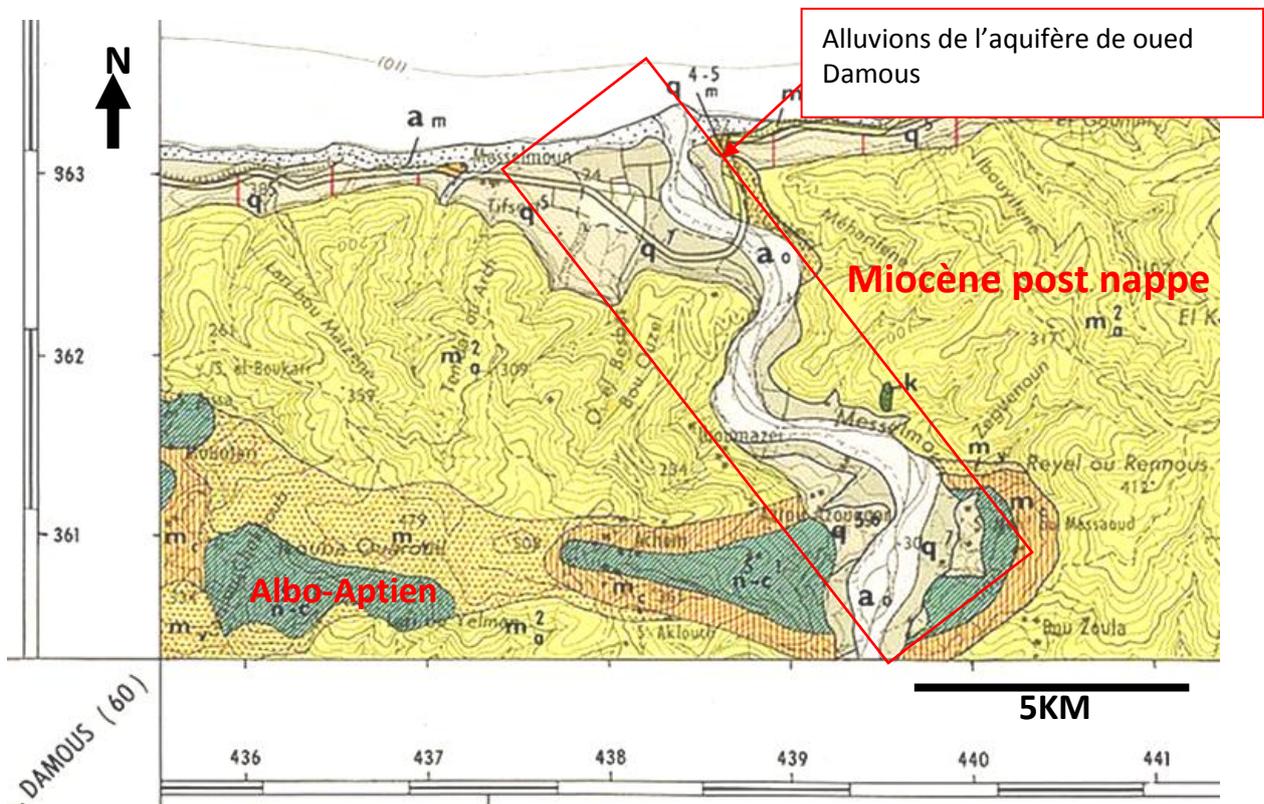


Figure N° 28 : Coupes géophysiques (9) dans la vallée de l'oued Damous



Extrait de la carte géologique de la feuille de Cherchel au 1/50000

Figure N° 29 : Carte géologique d'oued Damous

Seules les alluvions de l'Oued constituent un aquifère intéressant et ce, au niveau de l'embouchure de l'Oued, là où les terrasses sont plus étendues avec des épaisseurs considérables du dépôt alluvionnaire. Ceci est d'ailleurs confirmé par les nombreux forages existants qui ont recoupés jusqu' 40 m d'alluvions et fournissent un débit de 20 à 30 l/s.

## **Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères**

---

Vers l'amont de l'Oued, les terrasses deviennent plus restreintes avec une faible épaisseur des alluvions, par conséquent le débit des puits et forages régresse.

D'autre part, loin vers l'amont du site du barrage (10 Kms environs), un forage d'une profondeur de 81 m a été réalisé par la DHW de la Wilaya de Tipaza a fourni un débit de l'ordre de 5 l/s. Ce forage a recoupé sous 20 m d'alluvions, et une alternance d'argiles et de schistes quartzitiques, ce qui nous laisse dire que les schistes et quartzites fournissent aussi un débit qui est modeste mais exploitable.

### **2-3- L'aquifère du cordon dunaire**

Les formations dunaires forment la bordure Nord du Sahel Algérois allant de Bérard à Douaouda (Côtiers Ouest). Les formations dunaires sont des dépôts récents d'âge Quaternaire. Ces dépôts dunaires se composent de sables meubles éoliens à grains fins à moyen, argileux par endroits, souvent cimentés à la base en un grès calcaire constituant de petites corniches. Le substratum est constitué par les marnes plaisanciennes. Ces formations forment une nappe libre, s'écoulant vers la mer, alimentée exclusivement par des précipitations. L'épaisseur moyenne de ces formations est de 30 m et les débits soutirés de cette nappe sont très faibles (0.5 à 1.5l/s).

### **2-4- La formation de l'Astien**

L'Astien affleure sur le bourrelet du sahel allant de la cluse de Mazafran au massif de Chenoua, il est constitué principalement de grès, calcaire gréseux, marne jaune.

L'épaisseur de cette formation varie de 100 à 150 m sous la Mitidja, sous l'effet de l'érosion elle est entre 20 et 80 m sous la nappe alluvial de l'oued Nador. Cette nappe est exploitée par des forages d'irrigation et d'AEP.

### **2-5- Les Formations karstiques :**

#### **2-5.1 Djebel Boumaad :**

Djebel Bou Maad est situé au Nord de l'Oued Hachem et de l'Oued Messelmoun, et au Sud du Djebel Zacar Rherbi.

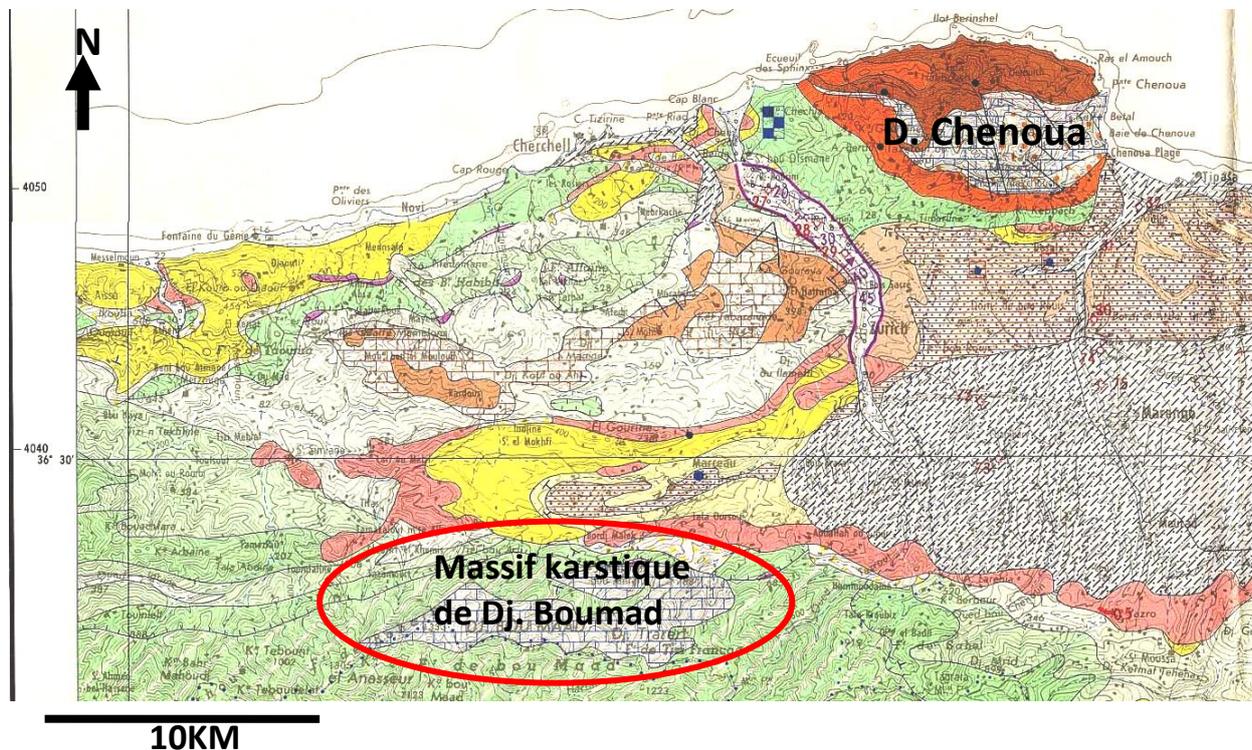
Il est constitué par des calcaires jurassiques, perméables, avec les caractéristiques de karst. De nombreuses failles et déplacements verticaux rendent la porosité et la perméabilité plus importantes, ce qui donne naissance à plusieurs sources. L'aquifère formé au niveau des calcaires fissurés est d'âge jurassique-Malm.

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

### 2-5.2 Autres formations calcaires :

En plus du Djbel Boumaad, il ya d'autres formations a caractère karstiques relativement moins importantes, qui sont les suivantes :

- **Le Massif calcaire de Gouraya :** ces formations sont d'âge Eocène, dont la nature est calcaire à marno-calcaire, il contribue à l'alimentation de la nappe de l'oued El Hachem du coté SW.
- **Le Massif de Chenoua :** C'est une formation d'âge Jurassique constituée principalement de calcaires massifs, il peut présenter des porosités de fissure de type karstique



Extrait de la carte hydrogéologique de la région d'Alger au 1/200000

Figure N° 30 : carte géologique des massifs karstiques

## Chapitre 2 : Géologie et propriété hydrogéologique des aquifères

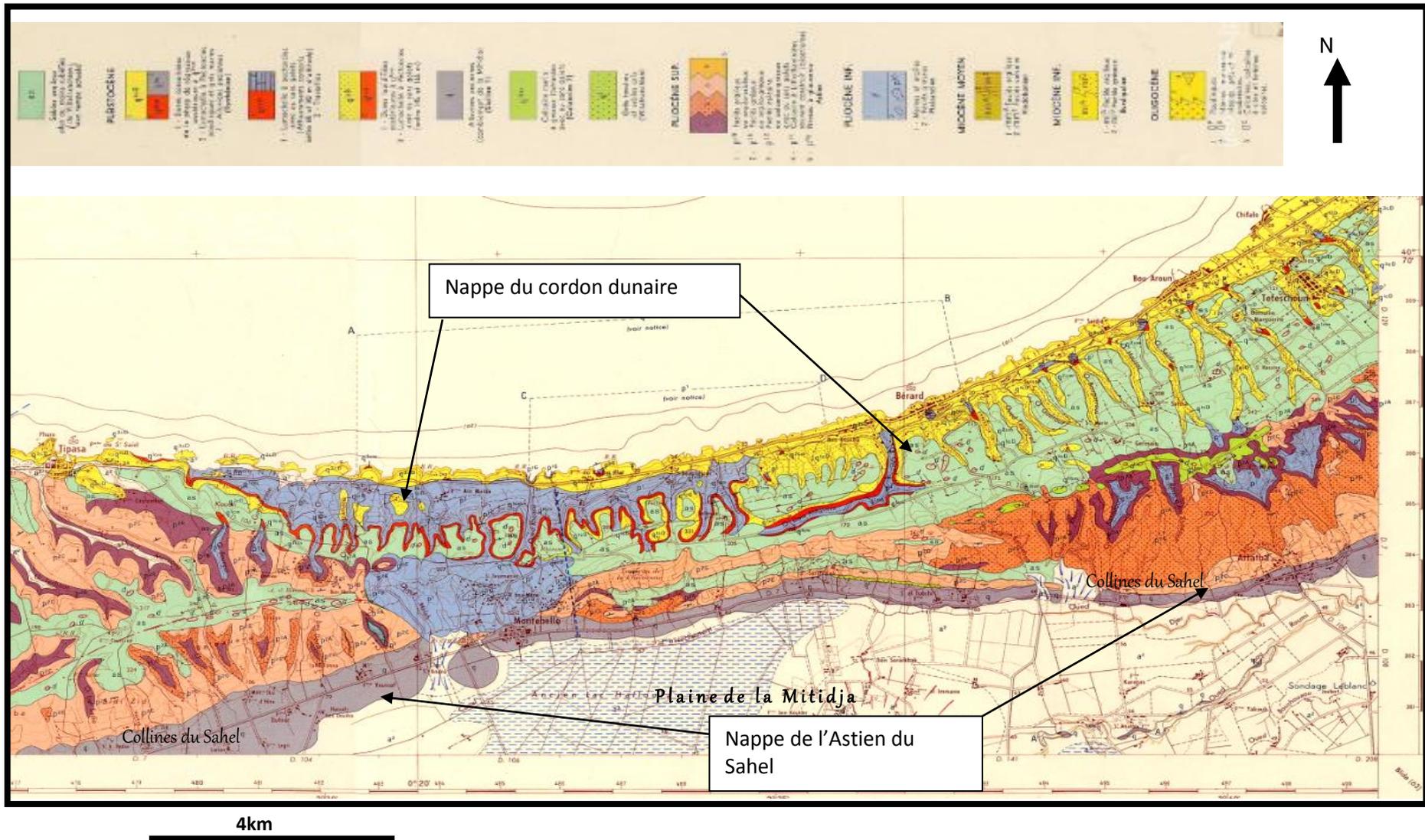


Figure N° 31 : Extrait de la carte géologique de la feuille de Tipaza au 1/50000 montrant l'extension des affleurement de l'aquifère du cordon dunaire et des sables et grés de l'Astien sur les collines du Sahel en bordure nord de la plaine de la Mitidja

# Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

## 1 Introduction

De par sa position méditerranéenne, la wilaya de Tipaza située au Nord de l'Algérie est soumise à un climat tempéré humide, avec des hivers pluvieux et doux et des étés chauds et secs.

Pour mieux caractériser le régime climatique au sein de notre région d'étude nous avons sélectionné sept stations pluviométriques et une station climatique avec des données de mesures des précipitations et des températures couvrant le territoire de la willaya en une période de 15ans (2000-2015). Les différentes caractéristiques relatives à ces stations sont compilées dans le tableau suivant

Bien que le nombre et la répartition de ces stations paraissent à première vue satisfaisant pour mener cette étude, la réalité est toute autre car les informations que fournissent ces stations sont incomplètes pour ce qui concerne la pluviométrie, à l'exception des paramètres climatiques.

Tableau N° 8 : caractéristiques des stations pluviométriques utilisées.

Stations	Coordonnées Lambert		Z(m)	Code ANRH
	X	Y		
Cherchell (O. Bellah)	458800	367550	20	020319
Gouraya	429300	363800	43	020315
Boukerdane	464300	359900	110	020329
Kolea	506700	370800	120	021233
Ain Tagourait	492050	366850	59	020403
Sidi Ghiles	448450	364800	15	020313
Damous	411200	361350	40	020203

Source : ANRH

## 2 Les paramètres climatiques

### 2-1 Les précipitations

Les précipitations constituent la composante fondamentale de l'hydrologie et la connaissance de cet apport d'eau aux bassins versants est essentielle pour appréhender l'état des réserves en eau dans le sous-sol, la recharge des nappes et le régime des cours d'eau.

### 2-2 Evolution annuelle des précipitations

### **Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique**

Elles représentent la variation annuelle de la pluviométrie sur les bassins versants de la région. Les hauteurs moyennes des précipitations annuelles enregistrées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques des Sept stations d'observations sont compilées dans le tableau suivant.

Tableau N°9 : Précipitations annuelles des Sept stations de la période (2000-2015)

Année	Koléa	Ain Tagourait	Boukerdane	Cherchell	Sidi Ghiles	Gouraya	Damous
2000-2001	471.45	397.8	426.5	432.35	503.85	549.7	541.8
2001-2002	622.5	438.4	509.25	423.5	548.3	537.6	529.9
2002-2003	699.7	515.3	568.95	512.35	511.55	492.25	457.65
2003-2004	603.45	481.7	614.7	588.4	557.45	550.05	514.3
2004-2005	614	476.5	658.45	609	601.05	630.25	584
2005-2006	602.05	461.1	<b>582.42</b>	635.3	<b>625.37</b>	682.4	<b>633.56</b>
2006-2007	651.05	522.85	<b>607.65</b>	700.75	<b>658.39</b>	<b>659.28</b>	<b>625.13</b>
2007-2008	748.2	575.8	<b>657.73</b>	663.25	<b>627.10</b>	<b>618.43</b>	<b>586.10</b>
2008-2009	702.9	<b>528.72</b>	<b>613.20</b>	598.4	<b>573.01</b>	<b>590.86</b>	<b>559.78</b>
2009-2010	755.4	<b>595.12</b>	<b>676.01</b>	<b>667.22</b>	<b>630.42</b>	<b>620.12</b>	<b>587.72</b>
2010-2011	832.05	<b>645.83</b>	<b>757.07</b>	<b>714.79</b>	<b>670.10</b>	<b>640.34</b>	<b>607.03</b>
2011-2012	740.75	<b>565.47</b>	760	<b>698.76</b>	<b>656.73</b>	<b>633.52</b>	<b>600.52</b>
2012-2013	607.2	<b>477.10</b>	<b>643.32</b>	<b>606.37</b>	<b>579.66</b>	<b>594.25</b>	<b>563.01</b>
2013-2014	534.2	<b>428.79</b>	<b>538.37</b>	<b>370.12</b>	<b>382.58</b>	<b>493.84</b>	<b>467.08</b>
2014-2015	563.35	<b>448.08</b>	<b>556.62</b>	<b>384.57</b>	<b>394.63</b>	<b>499.98</b>	<b>472.95</b>
<b>Moyenne</b>	<b>649.88</b>	<b>503.92</b>	<b>611.35</b>	<b>573.68</b>	<b>568.01</b>	<b>586.19</b>	<b>555.39</b>

On constate ainsi que les données contiennent plusieurs lacunes et que seule la station de Koléa présente une série complète.

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Tableau N°10 : Précipitations annuelles des stations de la période (2000-2010)

Année	Boukerdane	Gouraya	Cherchell	kolea	Damous	Ain Tagourait	Sidi Ghiles
2000	428.3	468.5	466.7	472.9	441.2	461.1	389.8
2001	424.7	630.9	398	470	642.4	334.6	617.9
2002	593.8	444.3	449	775	417.4	542.2	478.7
2003	544.1	540.2	575.7	624.4	497.9		544.4
2004	685.3	559.9	601.1	582.5	530.7	475.1	570.5
2005	631.6	700.6	616.9	645.5	637.3	478	631.6
2006		664.2	653.7	558.6		444.2	
2007			747.8	743.5		601.5	
2008			578.7	752.9		550.1	
2009			618.1	652.9			
2010				857.9		682.9	
2011	755.1			806.2			
2012	764.9		684.3	675.3			
2013				539.1			
2014	555		211.8	529.3			
2015				597.4			

### 2-2-1 Comblement des lacunes

La méthode d'homogénéisation consiste à régénérer les modules pluviométriques annuels pour une période donnée, à détecter et à corriger les erreurs systématiques d'observations.

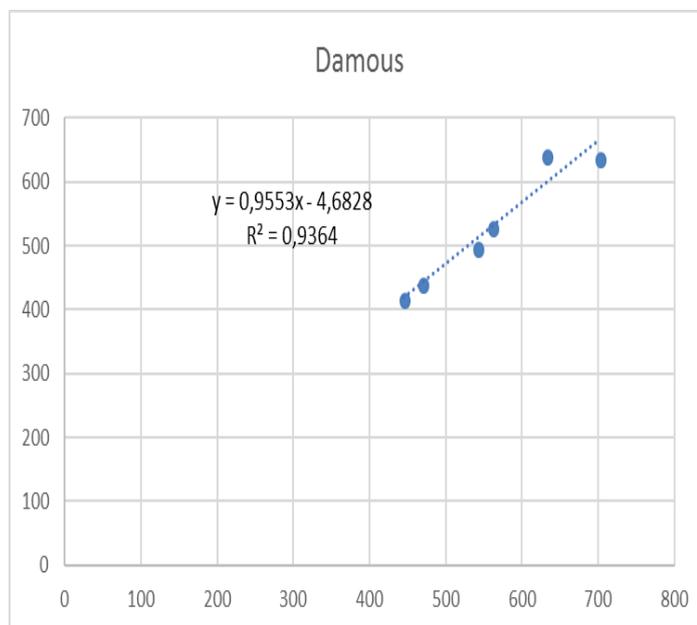
Pour combler les lacunes d'observations, nous avons utilisé la méthode de régression linéaire qui permet :

- D'établir une relation mathématique pouvant exister entre deux séries de données pluviométrique (x et y).
- D'effectuer une extension d'une série courte (y) à l'aide d'une autre (x) plus longue dépourvue de lacunes.
- De déterminer à partir de la méthode des moindres carrés, la droite de régression qui est de la forme  $y=ax+b$  ; avec **R** (coefficient de corrélation) qui doit être supérieur ou égal à **0.7**.

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

### Le comblement des lacunes :

annee	Gouraya	Damous
2000	468,5	441,2
2001	630,9	642,4
2002	444,3	417,4
2003	540,2	497,9
2004	559,9	530,7
2005	700,6	637,3
2006	664,2	629,83
2007	679,9241	644,85
2008	593,76765	562,54
2009	613,84195	581,72
2010	663,904311	629,54
2011	662,312565	628,02
2012	647,57085	613,94
2013	568,164222	538,08
2014	406,8321	383,96
2015	582,88699	552,15



Les autres tableaux de comblement de lacune et les graphes sont présent dans la liste des annexes

Les résultats obtenus par cette méthode sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau N°11: Représentation des données des précipitations moyennes annuelles des différentes stations sélectionnées (2000-2015) après comblement des lacunes.

Année	kolea	Ain Tagourait	Boukerdane	Cherchell	Sidi Ghiles	Gouraya	Damous
2000	472.9	461.1	428.3	466.7	389.8	468.5	441.2
2001	470	334.6	424.7	398	617.9	630.9	642.4
2002	775	542.2	593.8	449	478.7	444.3	417.4
2003	624.4	488.48	544.1	575.7	544.4	540.2	497.9
2004	582.5	475.1	685.3	601.1	570.5	559.9	530.7
2005	645.5	478	631.6	616.9	631.6	700.6	637.3
2006	558.6	444.2	533.26	653.7	619.14	664.2	629.83
2007	743.5	601.5	682.05	747.8	697.64	654.37	620.43
2008	752.9	550.1	633.43	578.7	556.58	582.50	551.78
2009	652.9	507.34	592.98	618.1	589.45	599.24	567.77

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

2010	857.9	682.9	759.05	716.36	671.41	641.00	607.67
2011	806.2	608.78	755.1	713.23	668.81	639.68	606.40
2012	675.3	522.16	764.9	684.3	644.67	627.38	594.65
2013	539.1	432.04	521.76	528.45	514.66	561.14	531.37
2014	529.3	425.55	555	211.8	250.51	426.55	402.80
2015	597.4	470.62	558.25	557.34	538.76	573.42	543.10

### 2-2-2 Répartition des précipitations moyennes annuelles

Les diagrammes de la figure qui suit illustrent la distribution des précipitations moyennes annuelles aux différentes stations (période 2000-2015).

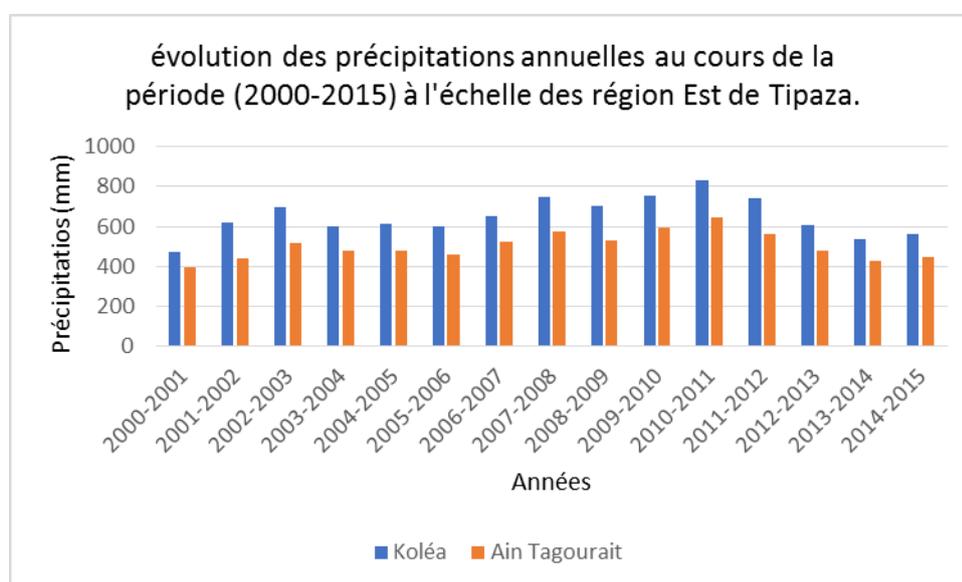


Figure N°32 : Variation des précipitations annuelles au copurs de la périaode 200-2015 dans la région orientale de la wilaya de tipaza

### Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

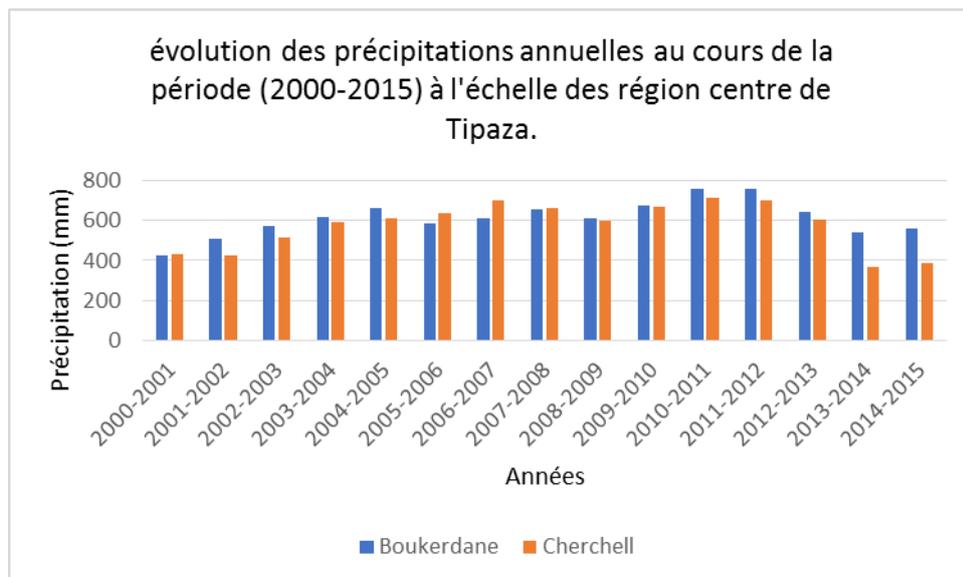


Figure N°33 : Variation des précipitations annuelles au copurs de la période 200-2015 dans la région centre de la wilaya de tipaza

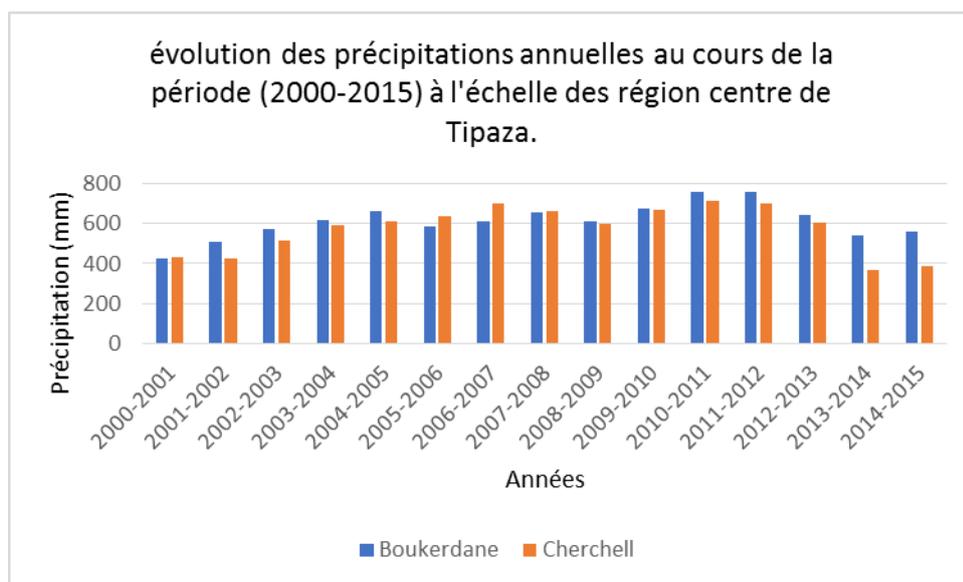


Figure N°34 : Variation des précipitations annuelles au copurs de la période 200-2015 dans la région occidentale de la wilaya de tipaza

Les graphiques montrent la variation des précipitations annuelles durant la période (2000-2015). Les stations de Koléa et Ain Tagourait qui caractérisent la région est de la wilaya de Tipaza montrent que la période la plus pluvieuse s'étale de 2007 à 2012 avec un maximum de 857mm enregistrée en 2010 au niveau de la station de Koléa. La partie centrale de la wilaya est caractérisée par le même régime pluviométrique avec des précipitations qui varient de

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

528.45mm enregistrée en 2013 à la station de Cherchell à 764 mm enregistrée en 2012 au niveau de la station de Boukerdane.

Les stations de Sidi Ghiles, de Gouraya et de Damous réparties sur les régions occidentales de la wilaya montrent que l'année la plus pluvieuse est 2010 avec 671.41mm enregistrée au niveau de la station de Sidi Ghiles et la plus sèche est 2014 avec 382.58mm au niveau de la même station.

### 2-3 Les précipitations mensuelles :

Les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles enregistrées dans la région durant la période 2000 à 2015 pour les sept stations d'observation sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau N°12 : précipitation moyennes mensuelles de la période 2000-2015 (ANRH).

	SEPT	OCT.	NOV.	DEC.	JAN	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	MOYENNE MENSUELLE
Cherchell	25.99	48.15	114.1	98.72	71.35	85.44	58.81	50.41	49.41	5.37	1.6	4.54	51.16
Boukerdane	34.5	49.93	107.98	90.49	78.44	87.93	71.7	45.92	42.94	5.85	2.06	2.84	51.72
Gouraya	15.48	52.08	132.01	101.06	64.72	63.44	50.9	56.79	43.01	4.73	1.18	4.4	49.15
Kolea	24.30	55.51	117.9	99.71	86.0	86.84	63.52	42.72	44.11	5.43	1.50	8.96	53.04
Ain Tagou-rait	35.15	55.87	94.87	85.50	69.89	60.48	45.48	36.52	32.69	4.55	1.02	6.02	44.00
Sidi Ghiles	16.80	29.30	94.81	81.41	80.87	66.73	39.08	41.65	47.71	2.46	3.30	4.75	42.41
Damous	25.26	38.28	114.91	76.7	71.08	73.13	32.71	43.1	46.38	2.18	1.2	2.85	43.98

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

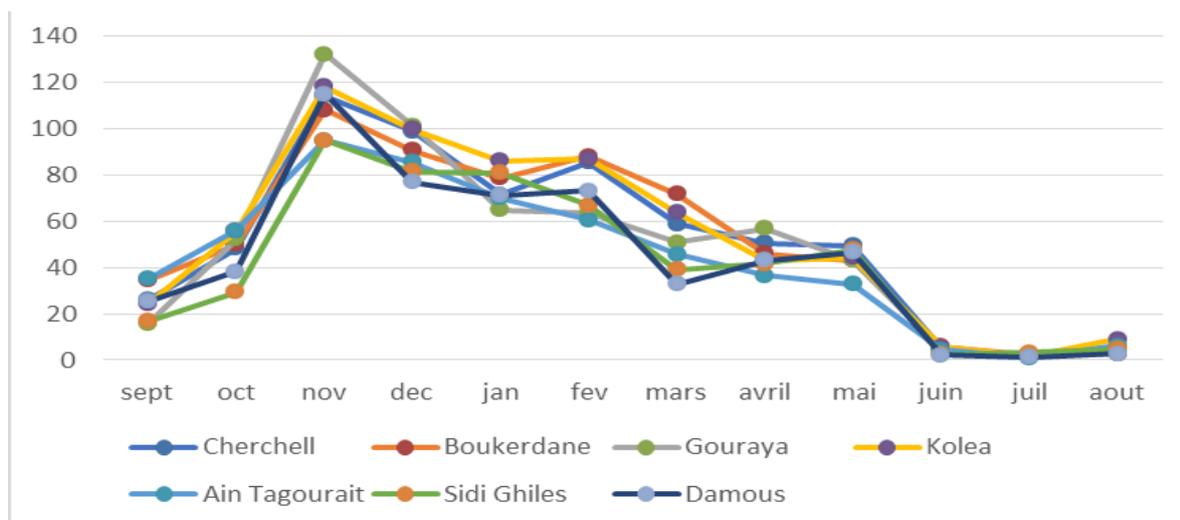


Figure N°35 : Variation des précipitations moyenne mensuelle des précipitations (Période : 2000-2015).

Le graphique de la figure N° montre l'évolution des précipitations mensuelles enregistrées au niveau des sept stations pluviométriques sur une période de (1988-2015). On constate que Novembre est le mois le plus pluvieux (avec 132.01mm enregistrée au niveau de la station de Gouraya), alors que le mois de Juillet est le plus sec (avec 1.02mm de précipitation marqué à la station d'Ain Tagourait).

### 2-4-Estimation de la lame d'eau précipitée à l'échelle du Bassin versant

La lame d'eau moyenne précipitée durant la période (2000-2015) à l'échelle des bassins versants de notre région d'étude a été déterminée par trois méthodes à savoir :

- La méthode des isohyètes
- La méthode des polygones Thiessen
- La méthode de la moyenne arithmétique

#### 2-4-1 Méthodes des isohyètes :

Cette méthode est très fiable, car le tracé des courbes isohyètes sont basé essentiellement sur les précipitations enregistrées au niveau des postes pluviométriques existants. De plus elle tient compte de plusieurs facteurs qui interviennent dans la variation de la pluviométrie (relief ; altitude ; exposition des versants, etc. ...)

La lame d'eau précipitée s'obtient par le calcul du quotient de la somme des volumes partiels par la surface totale du bassin versant :

$$Lp = \frac{\sum Pi * Si}{\sum Si} = \frac{Vt}{St}$$

## **Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique**

---

Avec :

Pi : précipitation moyenne annuelle de la station.

Si : Surface délimitée par les courbes isohyètes.

Vt : volume total d'eau tombé sur le bassin.

St : surface totale du bassin versant.

Lp : Lame d'eau moyenne annuelle précitée sur le bassin.

### Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

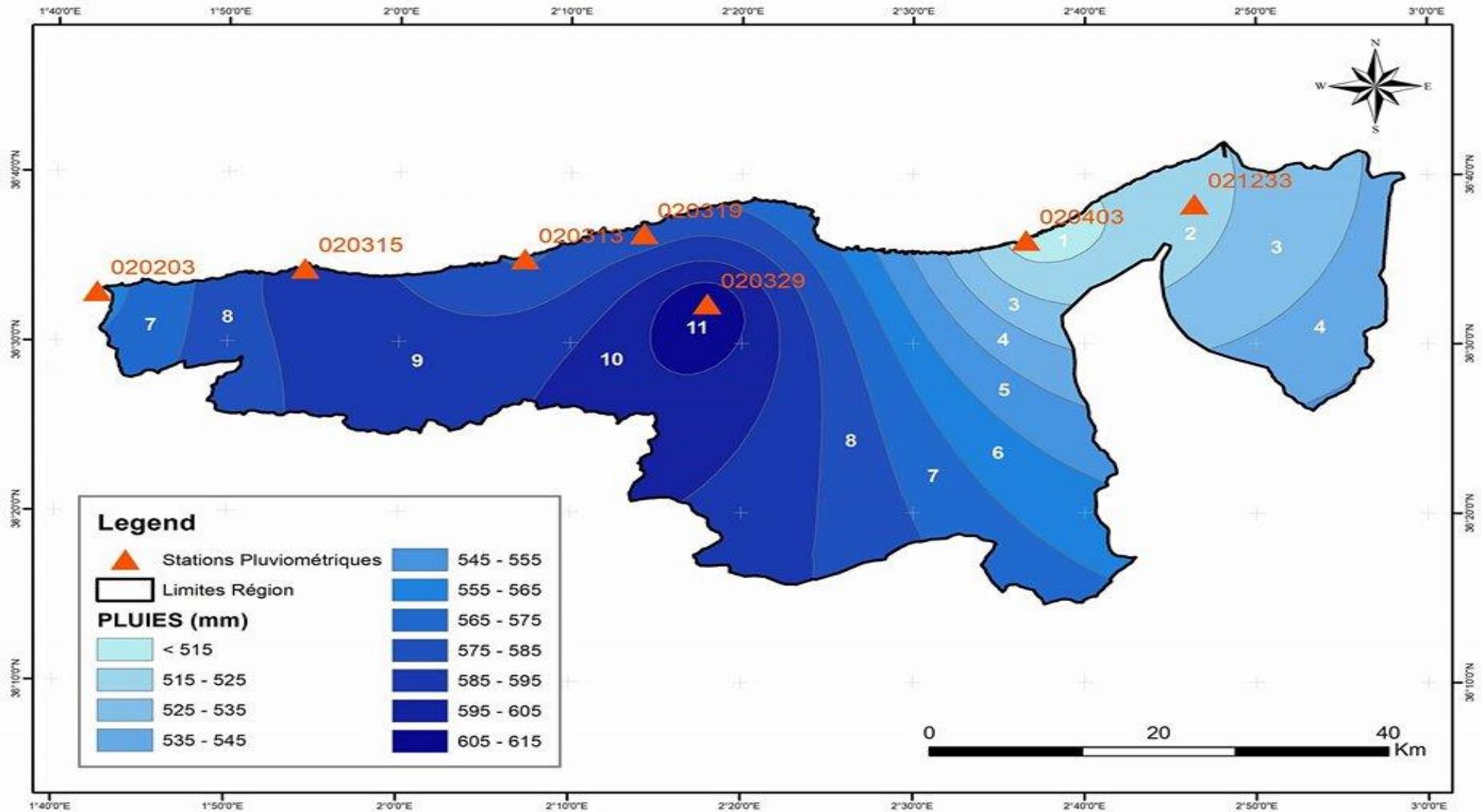


Fig. N°36 : carte de variation des précipitations par méthode des isohyètes.

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant (N°13).

Tableau N°13 : Evaluation de la lame d'eau précipitée sur les sous-bassins versant par la méthode des isohyètes. ( à partir du volume)

	Surface inter- isohyètes (Km)	Pluviométrie inter- isohyètes considérée en (mm)	Volume d'eau (hm <sup>3</sup> )	Lame précipitée
1	28.1243	515	14.48	
2	160.198	525	84.10	
3	246.639	535	131.95	
4	217.503	545	118.53	
5	121.357	555	67.35	
6	288.937	565	163.25	
7	190.02	575	107.36	
8	401.838	585	231.06	
9	616.557	595	360.68	
10	262.943	605	156.45	
11	63.3421	615	38.32	
Total	2597.4584		1473.56	0.567

La lame d'eau moyenne précipitée est estimée à 567.30 mm pour la période 2000-2015

$$L_p = \frac{V_t}{S_t} = \frac{1473.56 * 10^{-3} \text{ Km}^3}{2597.46 \text{ Km}^2} = 567.30 * 10^{-3}$$

### 2-4-2 Méthode de polygone de Thiessen

Cette méthode est basée sur un découpage géométrique du bassin versant, où chaque poste pluviométrique représente une zone d'influence. La détermination de ces espaces d'influence s'effectue en traçant les médiatrices des segments de droites joignant les postes pluviométriques deux à deux. La lame d'eau tombée sur le bassin versant est alors la moyenne des précipitations enregistrées par les divers pluviomètres, pondérée par les surfaces des zones d'influence respective :

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

---

$$L_p = \frac{\sum P_i \times S_i}{\sum S_i} = \frac{V_t}{S_t}$$

Avec :

$L_p$  : lame d'eau moyenne annuelle précipitée sur le bassin versant.

$P_i$  : précipitation moyenne annuelle de la station dans le polygone.

$S_i$  : surface de polygone considéré.

$V_t$  : volume d'eau total tombé sur le bassin versant.

$S_t$  : surface totale du bassin.

# Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

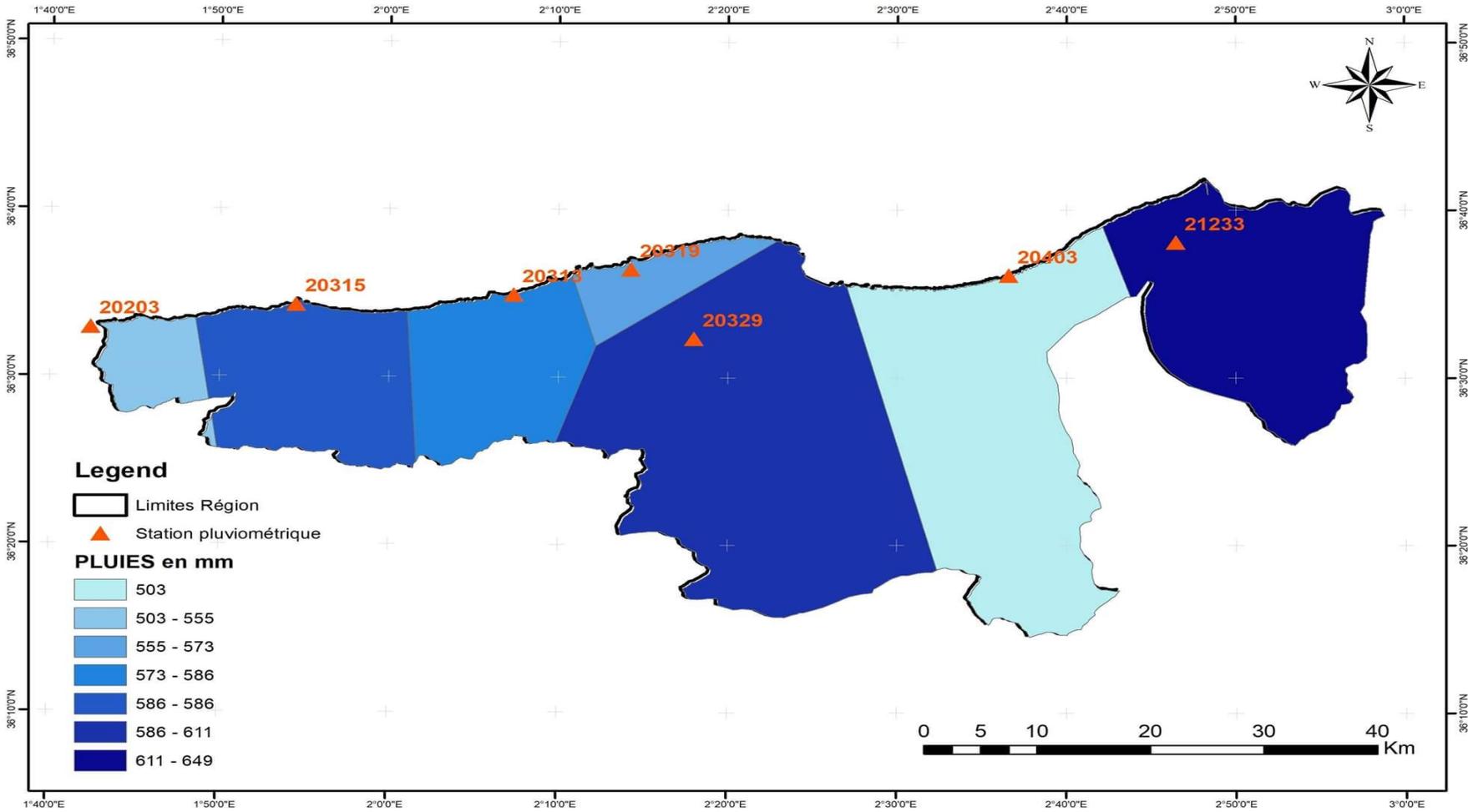


Fig. N°37 : carte de variation des précipitations dans la wilaya de par méthode polygone de Thiessen.

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Estimation de la lame d'eau par la méthode de polygone de Thiessen.

Les résultats obtenus par cette méthode de pondération sont exprimés dans le tableau suivant.

Tableau N°14 : Evaluation de la lame d'eau tombée sur les sous bassin versant de la région par la méthode de polygones de Thiessen.

	Pluie (mm)	Surface (km <sup>2</sup> )	Vt=Si*Pi (hm <sup>3</sup> )	lame précipitée (mm)
020203	555.37	81.6829	45.3642322	
020313	568.01	249.809	125.883751	
020403	503.92	617.345	354.152306	
020315	586.19	286.665	162.828587	
020319	573.67	85.7751	524.386074	
021233	649.88	455.341	295.917009	
020329	611.35	836.86	543.858577	
Total		2613.478	158.044307	604.72

### 2-4-3 Méthode arithmétique :

Cette méthode consiste à calculer la moyenne arithmétique des précipitations moyennes annuelles observées au niveau de chaque station. C'est la méthode la plus simple et la plus rapide. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$P = \frac{\sum P_i}{N}$$

Avec :

**P** : lame d'eau précipitée (mm).

Pi : précipitations annuelles de chaque station d'observation (mm)

N : nombre de station

Ainsi, les résultats obtenus par cette méthode donnent une lame d'eau précipitée de **578.46mm à l'échelle de toute la région d'étude.**

### 2-4-4 Discussion des résultats.

Les résultats obtenus par les trois méthodes sont récapitulés dans le tableau suivant :

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Tableau N°15 : récapitulatif des valeurs de Lp obtenues par les trois méthodes.

Méthode	Thiessen	Isohyètes	Arithmétique
Lp mm)	604.73	567.30	578.35

Les trois méthodes donnent des valeurs qui sont différentes. L'écart entre les valeurs obtenues par les trois méthodes varie de 26.38 mm à 11.04 mm. La méthode de polygones de Thiessen est une méthode géométrique qui ne s'applique que pour les régions qui subissent un régime pluviométrique régulier. Mais compte tenu des reliefs et des différentes altitudes dans la région et des expositions des bassins versant a la mer, nous retiendrons pour le calcul du bilan hydrologique la valeur calculée par la méthode des isohyètes (Lp= 567.31 mm).

### 2-5-Température

A partir des données prit du mémoire de fin d'étude de « caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de la nappe alluviale de l'oued El Hachem » qui est faite par Mohamed M et Ben Smaili K en 2015/2016.

La température est un facteur déterminant dans l'établissement d'un bilan hydrologique, car le phénomène de condensation et de l'évaporation est intimement lié à la température. Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé des données de la station hydrométrique de Boukerdane. Les températures mensuelles en (°C) relevées à cette station pour la période (1988-2015) sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau N°16 : Températures moyennes enregistrées à la station du Barrage Boukerdane (1988-2015).

	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout
T moy.min(°C)	16.39	12.33	9.38	7.26	5.62	5.87	7.95	9.66	12.84	17.5	19.84	19.63
T moy.moy (°C)	23.1	19.52	15.41	12.22	11.22	11.88	13.64	15.46	18.8	22.22	26.16	26.49
T moy. Max (°C)	30.94	28.63	22.47	18.37	17.96	18.33	20.61	22.41	26.3	29.66	33.45	33.42

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

La variation de la température moyenne mensuelle, sur la période de (1988-2015), montre que les valeurs les plus élevées sont observées pendant l'été (Juillet – Aout) avec des températures allant jusqu'à 33.45°C. Les valeurs les plus basses 5.62 à 5.87°C, ont été observées pendant la période hivernale (Janvier – Février). La valeur de la température moyenne annuelle dans est de 18°C. Cette valeur sera retenue pour les besoins des calculs des paramètres climatiques

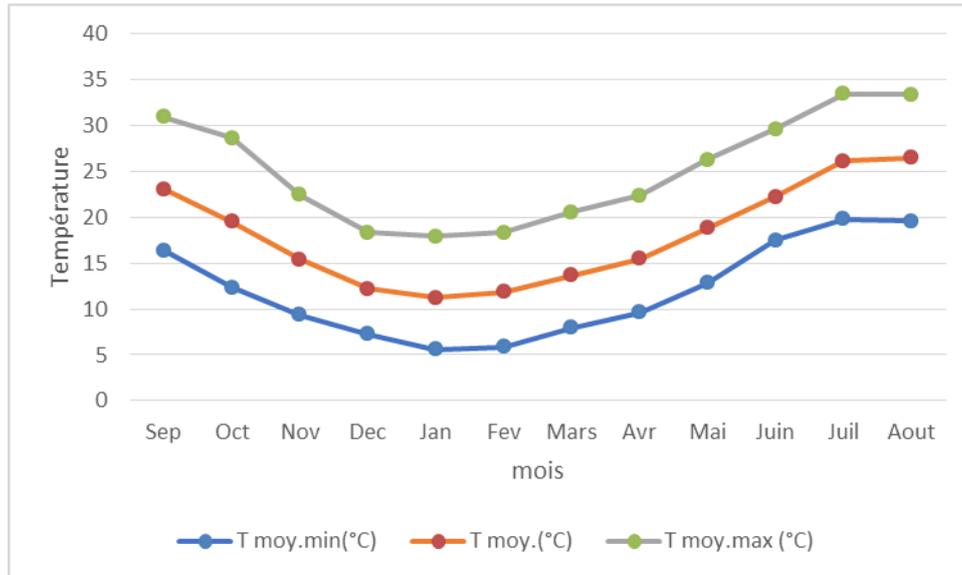


Figure N°38 : Variation de la température mensuelle de la station de Barrage Boukerdane (période 1988-2015).

### 2-6-Diagramme Ombrothermique

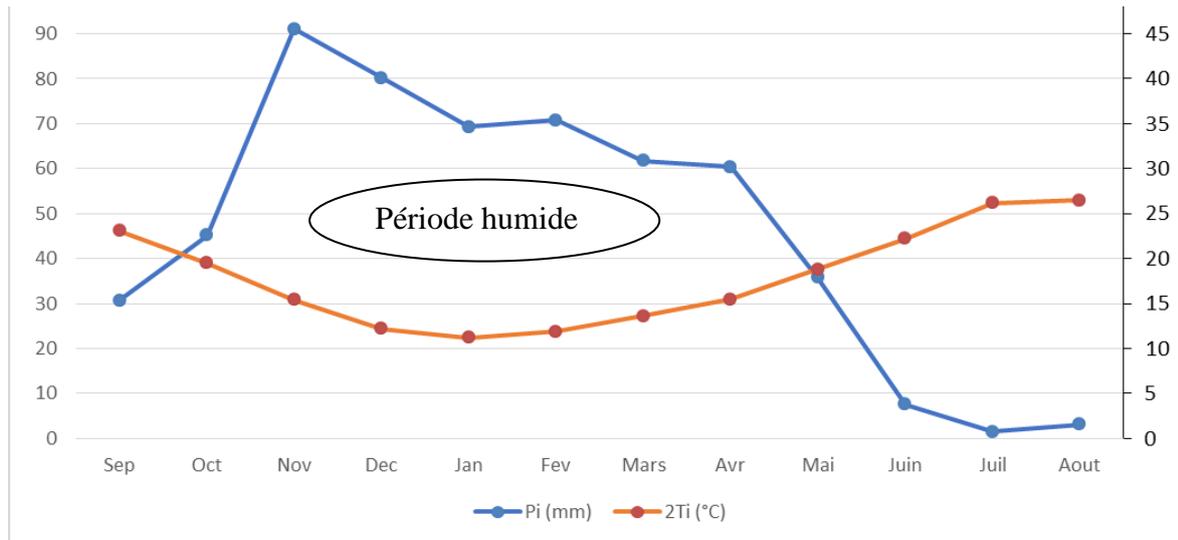
Pour construire un diagramme ombrothermique on porte sur l'axe horizontal des mois de l'année, sur l'axe verticale les températures à droite et les précipitations à gauche. On représente des précipitations mensuelles par la colonne rouge et les températures mensuelles par des points qu'on doit relier par une courbe bleue.

Dans notre cas on a choisi la station de Boukerdane, dont les valeurs de la température moyenne mensuelle et des précipitations sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°17 : Moyenne mensuelle des températures et précipitations enregistrées à la station de Boukerdane (1988-2015).

	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout
Pi (mm)	30.65	45.22	91.04	80.22	69.25	70.8	61.78	60.39	35.78	7.57	1.56	3.15
2Ti (°C)	23.1	19.52	15.41	12.22	11.22	11.88	13.64	15.46	18.8	22.22	26.16	26.49

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique



FigureN°39 : Diagramme Ombrothermique.

### 2-7-L'humidité relative :

L'humidité relative ou l'état hydrométrique est le rapport exprimé en pourcentage de la tension maximale correspondant à la température T.

TableauN°18 : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative au niveau de la station du Barrage Boukerdane (période 1988-2015).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Moy
H %	77	75	73	74	75	72	74	73	74	75	77	79	75

Le tableau montre que la valeur de l'humidité relative la plus élevée est enregistrée au mois d'Aout, avec une valeur de 79% et la valeur minimale est observée en hiver, au mois de Février, ( 72%). Il est à signaler que l'humidité relative dans cette région augmente le matin et le soir de la journée par rapport à midi du jour.

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

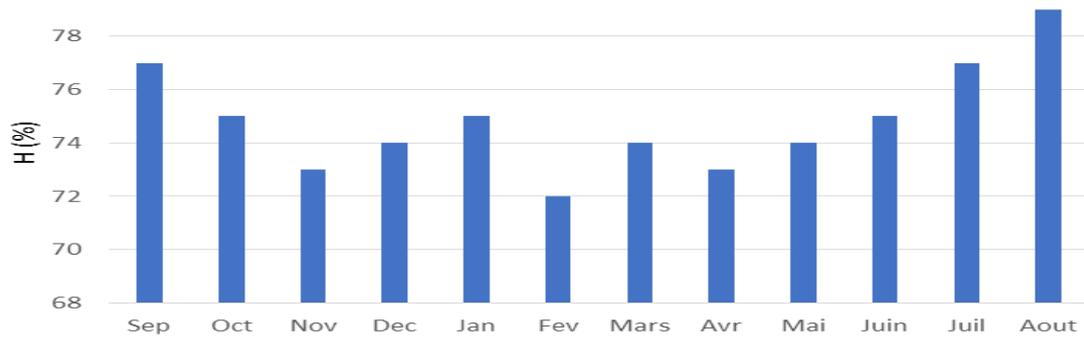


Figure N°40 : Variation de l'humidité mensuelle de la station de Barrage Boukerdane (période 1988-2015).

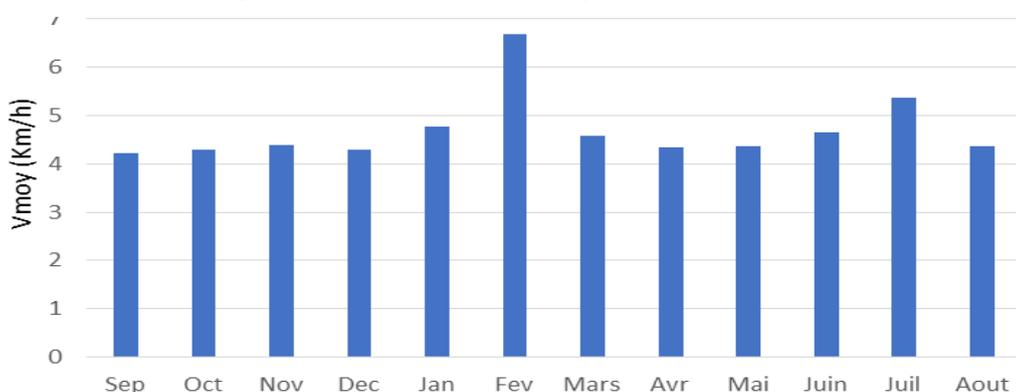
### 2-8-Le vent

Le vent a une influence directe sur le régime climatique d'une région tel que les précipitations, l'évapotranspiration. Donc, il convient de connaître la répartition mensuelle des vents, leur direction et leur fréquence (voir tableau suivant).

Tableau N°19 : Valeurs moyennes mensuelles de la vitesse du vent, station Boukerdane (Période 1988-2015).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Moy
V moy (Km/h)	4.23	4.29	4.39	4.29	4.78	6.69	4.57	4.33	4.36	4.65	5.37	4.36	4.69

Dans cette région les vents dominants sont ceux qui soufflent du Nord-Est et de l'Ouest avec des vitesses moyennes mensuelles variant entre 4.23Km/h au mois de Septembre à une vitesse moyenne maximale de 6.69Km/h au mois de Février. Mais généralement, les vitesses moyennes sont les mêmes pour toute l'année à l'exception du mois de Février.



## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Figure N°41 : Variation de vitesse de vent mensuelle de la station de Barrage Boukerdane (période 1988-2015).

### 3-Bilan hydrologique

#### 3-1-Evapotranspiration

##### 3-1-1 Evapotranspiration potentielle

Elle correspond à l'évapotranspiration d'une surface, qui serait suffisamment approvisionnée en eau pour évaporer la quantité d'eau maximale permise par les conditions climatiques.

La détermination de l'ETP se fait en utilisant une méthode simple, qui se fait intervenir que la température ; c'est la formule de Thornthwaite qui s'exprime par l'expression suivante :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a$$

Où :

$$a = 1.6(I/100) + 0.5$$

I= indices thermique annuel :  $I = \sum_i^{12} i$

i = Indice thermique mensuel :  $i = (T/5)^{1.514}$

T= Température moyenne mensuelle en (°C).

Ce qui donne : I=80.36 et a=1.78

ETP=Evapotranspiration potentielle en (mm)

T= Température moyenne du mois en (°C)

Les valeurs obtenues sont corrigées coefficient de correction K qui dépend de la latitude du bassin.

Tableau N°20 : valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite.

	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
T(°C)	23.10	19.52	15.41	12.22	11.22	11.88	13.64	15.46	18.80	22.22	26.16	26.49	18.01
ETP (mm)	104.80	77.66	50.98	33.73	28.98	32.08	41.03	51.27	72.63	97.80	130.78	133.73	855.47
K	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.80	
I	4.29	7.86	5.49	3.86	3.39	3.70	4.56	5.51	7.42	9.56	12.24	12.48	80.36
ETPc (mm)	91.17	66.01	52.50	36.76	35.03	39.13	50.87	59.47	74.80	94.86	112.47	113.67	826.77

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

ETP=évapotranspiration potentielle obtenus par la formule de Thornthwaite.

ETPc=évapotranspiration potentielle corrigée.

ETPc annuelle =826.77mm.

### 3-1-2 Evapotranspiration réelle (ETR)

Elle correspond à l'évapotranspiration qui se produit dans les conditions réelles de teneur en eau et du sol : c'est la lame d'eau effectivement évaporée. L'estimation de celle-ci est possible, grâce à certains formule empiriques telle que : Turc, Coutagne, Wundt et la méthode de bilan de thornthwaite.

#### 3-1-2-1 Bilan de Thornthwaite :

Cette méthode consiste à calculer tout d'abord pour chaque mois une ETP que l'on peut assimiler au pouvoir évaporant de l'atmosphère sur le bassin considéré. On estime que le sol est saturé, lorsque sa réserve facilement utilisable atteint une valeur de 100mm (il est souvent pris entre 50mm et 200mm). Le mois de Septembre a été pris comme référence de départ, il correspond à la période ou la réserve en eau du sol est épuisée. On distingue trois cas :

-1<sup>er</sup> cas : Si  $P \geq ETP$  ; on pose l'ETR = ETP et l'excédent des précipitations sur l'ETR est emmagasiné dans l'humidité du sol et dot il augmente les réserves jusqu'à ce que ce dernier soit saturé et le reste s'infilte.

-2<sup>eme</sup> cas : Si  $P < ETP$  ; l'ETR mobilise alors l'ensemble des réserve du sol jusqu'à ce qu'elle devienne égale à l'ETP.

- Si  $P + RFU \leq ETP$ ,  $ETR = P + RFU$ .
- Si  $P + RFU > ETP$ ,  $ETR = ETP$ .

-3eme cas : Si  $P = ETR$ , une fois la réserve d'humidité du sol épuisée, l'ETR devient égale aux précipitations, on obtient alors un déficit du bilan (Thornthwaite 1948).

L'estimation des réserves utiles est basée sur la structure du terrain et le couvert végétal. Les résultats du calcul de l'ETR sont résumés dans le tableau N.

Le bilan hydrologique, effectué par rapport au sol, des apports d'eau (pluie, remontées capillaires à partir de la nappe...), et des pertes d'eau (évapotranspiration, ruissellement,

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

infiltration...). Il exprime que la différence entre les apports et les pertes d'eau dans le sol est égale à la variation de la réserve d'eau.

La formule classique du bilan hydrologique est s'écrit comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P = précipitation moyenne annuelle en (mm).

R = Ruissellement moyen annuel en (mm).

I = Infiltration moyenne annuelle en (mm).

Le tableau suivant présente le bilan hydrologique moyen par la méthode de Thornthwaite, au niveau de la station de Barrage Boukerdane (1988-2015).

Tableau N°21 : bilan hydrologique moyen par la méthode de Thornthwaite

	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
P(mm)	30.65	45.22	91.0	80.2	69.25	70.8	61.78	60.3	35.87	7.57	1.56	3.15	557.54
T(°C)	23.10	19.52	15.4	12.2	11.22	11.8	13.64	15.4	18.80	22.22	26.16	26.49	
ETP (mm)	104.80	77.66	50.9	33.7	28.98	32.0	41.03	51.2	72.63	97.80	130.78	133.73	855.47
P- ETP	-73.43	-32.44	40.0	46.4	40.27	38.7	20.75	9.12	-36.76	-90.80	-129.2	-130.58	
RFU 100	0	0	40.0	86.5	100	100	100	100	63.24	0	0	0	
ETR(mm)	30.65	45.22	50.9	33.7	28.98	32.0	41.03	51.2	35.87	70.81	1.56	3.15	425.33

L'analyse du tableau de bilan hydrologique nous amène à dire que l'ETP est élevée au mois d'Août jusqu'au mois de Septembre, avec une valeur maximale de 133.73mm au mois d'Août, rendant ainsi nécessaire l'irrigation. À partir du mois de Novembre, on assiste à une reconstitution de stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de Janvier à Avril. Au-delà de cette période, on assiste à une baisse de la RFU, traduisant un épuisement du stock qui s'amorce dès la fin du mois d'Avril.

### 3-1-2-2 Méthode de Turc

L'ETR peut être calculée par la formule de Turc qui s'exprime comme suit :

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

$$ETR = \frac{p}{\sqrt{0.9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

$$\text{Soit : } T = 17.075^\circ\text{C}$$

$$L = 975.79$$

$$P = 557.54\text{mm pour la station de Boukerdane.}$$

$$P = 567.30\text{mm pour toute la région par la méthode des isohyète.}$$

On aura :  $ETR_1 = 437.23\text{mm}$  pour la station Boukerdane

$ETR_2 = 509.86\text{mm}$  pour toute la région.

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm)

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle ( $^\circ\text{C}$ )

### 3-1-2-3 Méthode de Coutagne :

Cette méthode exige une condition pour qu'elle soit applicable :

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$$

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.145t}$$

$$1) \quad 0.416 < 0.557 < 1.66$$

$$2) \quad 0.416 < 0.567 < 1.66$$

P1 : précipitation moyenne de la station de Boukerdane = 557.54mm

P2 : précipitation moyenne de toute la région = 567.30mm

T : température moyenne annuelle = 17.075 $^\circ\text{C}$

$ETR = P - \lambda P^2$  On déduit :  $ETR = 464.28\text{mm}$  (station Boukerdane).

$ETR = 470.75\text{mm}$  (toute la région).

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

### 3-1-2-4 Récapitulation et comparaison des résultats

Les résultats de l'évapotranspiration réelle (ETR) obtenus par les trois méthodes sont empilés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°22 : résultats de l'ETR obtenus par les trois méthodes

Méthode	Thorntwaite	Turc	Coutagne	Moyenne
ETR (mm) Boukerdane	425.33	437.23	464.28	442.28
ETR (mm) Sur l'ensemble des bassins versant	425.33	509.86	470.75	468.64

Nous constatons d'après le tableau ci-dessus que les valeurs de l'ETR obtenues par les méthodes de Thorntwaite, Turc et Coutagne sont assez proches. Cependant, la méthode de Coutagne présente la moyenne la plus proche de la moyenne des trois stations pour toute la région.

### 3-2- Estimation de la lame d'eau ruisselée :

L'application de la formule de Tixeront-Berkaloff pour une année moyenne, donne le résultat suivant :  $R = P^3/3.ETP^2$

Où

R : Ruissèlement (mm)

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm), P= 567.30mm

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm), ETP= 826,77mm

L'application numérique donne R= 89mm

Nous avons également estimée le ruissellement a partir des débits des apports mesurées au niveau des stations hydrométriques regroupées dans le tableau suivant, et dont la situation est illustrée par la figure suivantes. :

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Tableau N°23 : caractéristiques et coordonnées de situation des stations hydrologiques des oueds de la région

Nom de station	Code d'ANRH	(X) Lambert	(Y) Lambert
O. Bellah	020323	458650	367500
O. El Hachem	020301	475850	358850
O. Mesdour	020331	461850	356450
Fer à cheval	021201	509950	373200

Les calculs établis sont récapitulés dans le tableau suivant (Source : ANRH Blida)

Tableau N°24 : Apports mensuel et annuel de quelque oued dans la région

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne Annuelle
O. Belah	0,14	0,24	0,58	0,87	0,97	1,11	1,11	0,58	0,39	0,13	0,07	0,05	6,21
O. El Hachem	0,19	1,89	2,64	4,08	4,35	5,53	6,29	2,76	2,18	0,39	0,05	0,01	31,49
Fer à Cheval	0,69	3,77	6,14	12,30	17,58	24,23	28,51	13,16	7,53	1,70	0,60	0,40	122,82
Mesdour	0,06	0,18	0,53	0,88	1,43	1,86	2,47	1,61	1,04	0,47	0,10	0,01	10,64

Le tableau présente les différents apports mensuels et annuels de quelques oueds dans la région :

- La valeur la plus élevée dans la station de l'oued Bellah est de  $1.11\text{hm}^3$  mesurée aux mois de Février et Mars et la plus base est de  $0.05\text{hm}^3$  mesurée au mois d'Août et la moyenne annuelle de cette station est de  $6.21\text{hm}^3$ .
- La valeur la plus élevée mesurée au niveau de la station de l'oued El Hachem est de  $6.29\text{hm}^3$  mesurée au mois de Mars et la plus base est de  $0.01\text{hm}^3$  au mois d'Août. la moyenne annuelle de cette station est de  $31.49\text{hm}^3$ .
- La valeur la plus élevée au niveau de la station de Fer à Cheval est de  $28.51\text{hm}^3$  mesurée au mois de Février et la plus base est de  $0.40\text{hm}^3$  mesurée au mois d'Août . la moyenne annuelle de cette station est de  $122.82\text{hm}^3$ .

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

- La valeur la plus élevée dans la station de l'oued Mesdour est de  $2.47\text{hm}^3$  mesurée au mois de Février et la plus basse est de  $0.01\text{hm}^3$  mesurée au mois d'Août . la moyenne annuelle de cette station est de  $10.64\text{hm}^3$ .

A partir de ces apports on trouve que la moyenne annuelle des apports dans la région est de  $42.79\text{hm}^3$ .

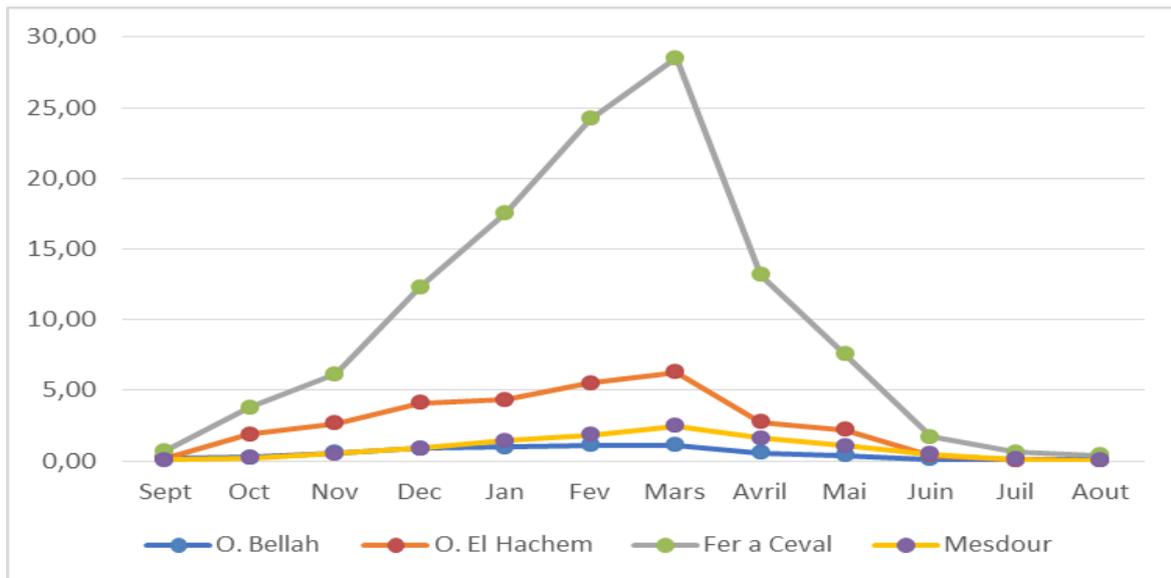


Figure N°42 : variation des apports mensuels des stations de la région

Les graphiques présentent la variation mensuelle des apports des oueds, on trouve que le plus grand débit est mesuré au niveau de la station de Fer à cheval à l'est de la wilaya et le plus faible débit est enregistré au niveau de la station de l'oued El Hachem.

La lame d'eau ruisselée se définit en divisant les apports annuels moyens des oueds et par la surface du bassin versant. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau N° : 25

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Tableau N°25 : Caractéristiques Des Oueds

La station	Apport annuelle en hm <sup>3</sup>	Superficie du bassin équivalent en km <sup>2</sup>	Lame d'eau ruisselée en mm
Oued Bellah	6.21	1178	5.27
Oued El Hachem	31.49		26.73
Oued Mesdour	10.64		9.03
Fer à cheval	122.82	424.3	289.4
Barrage Boukerdane	21.10	1178	17.9
Barrage Boudjebroune	1	899.3	1.5
TOTAL	193.26	2614 (tous les bassins de la région)	73.93

### 3-3 Estimation de l'infiltration :

L'infiltration est déduite de l'équation du bilan hydrologique :

$$I = P - (R + ETR)$$

Où

Nous permet de dire que la méthode de Tixeront-Berkaloff et celle des apports des oueds ne sont pas valable pour notre région d'étude, par ce que, si on détermine l'infiltration par la méthode de bilan hydrique on trouve :

P = Précipitation moyenne annuelle en (mm) ; P = 567.30mm.

ETR = Evapotranspiration réelle en (mm) ; ETR = 468.64mm

R = lame d'au ruisselée en mm ; R = 89mm (Tixeront-Berkaloff)

R = lame d'au ruisselée en mm ; R = 89mm 73.93mm (Apports)

$I = P - (R + ETR)$ ,  $I = 567.30 - (277.11 + 468.64) = -178.45$ mm.

$I = 567.30 - (73.93 + 468.64) = 24.73$ mm.

## Chapitre 3 : paramètre hydroclimatique et bilan hydrologique

Il est à noter que cette valeur ne présente pas réellement l'infiltration dans tous les bassins, car on a pas tenu compte des infiltration par excès des eaux d'irrigation et la possibilité d'alimentation des nappes par les oueds (relation oueds-nappes) .

Les valeurs des différents termes du bilan hydrologique sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°26 : tableau récapitulatif des termes du bilan hydrologique

Terme du bilan	P	ETR		R		I	
	mm	mm	%	mm	%	mm	%
Valeurs	567.30	468.64	82.60	73.93	13.03	24.73	4.37

# Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

---

## 1-INTRODUCTION

L'aquifère est un complexe de deux constituants en interaction : le réservoir et l'eau souterraine. La première fonction du réservoir est l'emmagasinement souterrain réglant le stockage et la libération de l'eau gravitaire.

Le réservoir est identifié par la caractéristique et la genèse de ses vides, pores et fissures. Les réserves en eau souterraine, c'est la quantité d'eau gravitaire stockée dans l'aquifère qui repose sur l'étude de la fonction capacitive du réservoir.

## 2-APERÇU THEORIQUE SUR L'EVALUATION DE LA RESERVE ET RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE.

L'évaluation de la réserve en eau souterraine, finalité de l'étude hydrogéologique, met en œuvre des méthodes et des moyens, dont les critères doivent être définis avec rigueur afin de présenter des résultats homogènes.

### 2-1 Notion des réserves et ressources en eau

La différence entre le concept de réserve et de ressource ne doit préter à aucune équivoque. La réserve en eau souterraine est la quantité ou le volume d'eau gravitaire emmagasinée dans l'aquifère à une date donnée ou stockée au cours d'une période moyenne annuelle, dans une tranche d'aquifère délimitée. Elle résulte de la fonction capacitive du réservoir aquifère. Evaluée en unité de volume, elle est exprimée en hectomètre cube (million de m<sup>3</sup>).

La ressource en eau est la quantité ou le volume d'eau pouvant être extrait d'un domaine circonscrit (aquifère d'une région) pendant une période donnée compte tenu de critères ou de contraintes techniques ou socioéconomiques. Elle résulte du comportement hydrodynamique de l'aquifère et est exprimé en terme de débit (m<sup>3</sup>/s ou hm<sup>3</sup>/an).

### 2-2 Catégorie des réserves en eau souterraines

La catégorie de la réserve en eau souterraine est définie par le volume d'eau gravitaire stocké au cours d'une durée moyenne dans une tranche d'aquifère délimitée. Quatre type de réserve en eau souterraines sont définis : réserve totale, réserve régulatrice, réserve permanente (géologique) et réserve en eau exploitable.

#### 2-2-1 Réserve totale de l'aquifère et ressources en eau

C'est la quantité d'eau gravitaire contenue dans le volume d'un système aquifère défini par ces conditions aux limites limité à la base par le substratum. La limite supérieure est le toit imperméable pour l'aquifère à nappe captive et la surface piézométrique maximale moyenne pour celui à nappe libre. Cette réserve correspond au volume d'eau qu'il est possible d'extraire d'un aquifère définitivement sans causer une surexploitation de la nappe. Elle est exprimée en mètre cube (m<sup>3</sup>) ou (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>).

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

### 2-2-2 Réserve régulatrice des aquifères à nappe libre

C'est le volume d'eau gravitaire contenu dans la zone de fluctuation de la surface piézométrique d'un aquifère à nappe libre. Elle est déterminée par référence à une période définie (hauteur de fluctuation annuelle ou moyenne annuelle).

### 2-2-3 Réserve permanente

C'est le volume d'eau non renouvelé dans les conditions naturelles d'alimentation.

Dans le cas d'une nappe libre, elle est limitée par la surface piézométrique minimale moyenne et pour les nappes captives, la réserve permanente est très peu différenciée de la réserve totale.

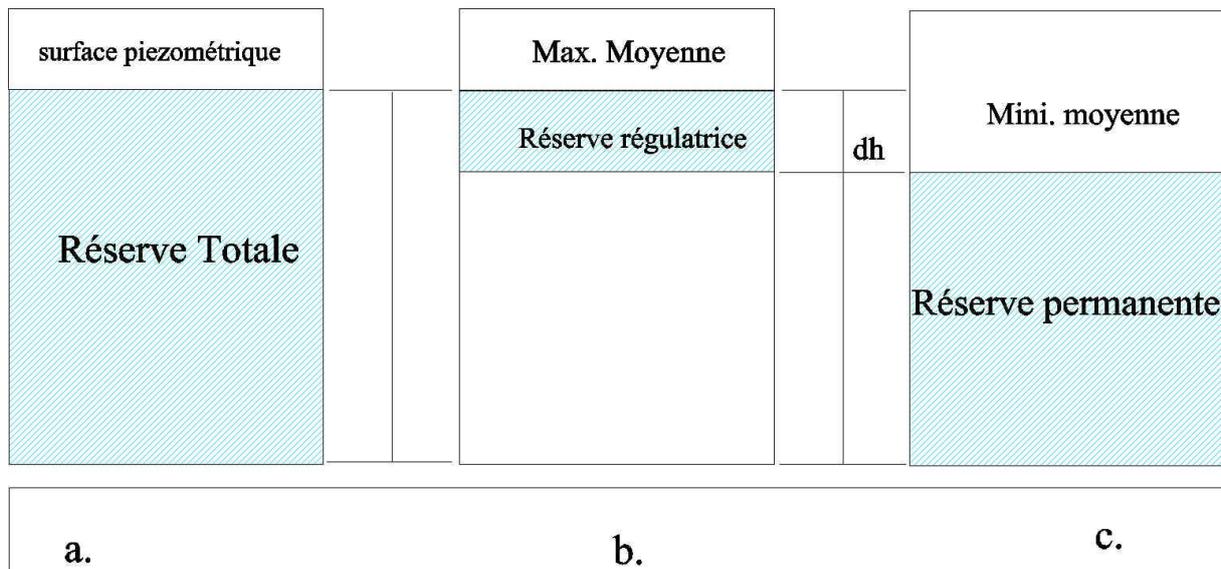


Fig. N°43 : Catégories des réserves.

### 2-2-4 Réserve en eau souterraine exploitable

C'est le volume d'eau maximal qu'il est possible, pratiquement, d'extraire de la réserve géologique ou totale d'un aquifère, temporairement ou définitivement, dans des conditions économiques acceptables. Elle est exprimée en mètre cube ( $m^3$ ) ou  $m^3/km^2$ .

## 2-3 Catégorie des ressources en eau souterraine

Les ressources en eau souterraines peuvent être classées en deux catégories : ressources en eau souterraine renouvelable et non renouvelable.

### 2-3-1 Ressources en eau souterraine renouvelable naturelle

Elle représente le débit de l'écoulement souterrain total, «  $Q_w$  », sortant du bassin hydrogéologique. C'est le cas de la plus part des aquifères à nappe libre, suffisamment alimentés par les pluies efficaces ou les relations hydrauliques avec les cours d'eau superficiels.

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

---

### 2-3-2 Ressources en eau souterraine non renouvelable

C'est la ressource en eau souterraine non renouvelable procurée, pendant une durée interannuelle, nécessairement limitée par ponctuation sur la réserve permanente des aquifères. C'est le cas des eaux souterraines contenues dans des formations aquifères très profondes ou captives isolés de la surface par des niveaux imperméables ou situés loin des zones de recharge naturelle. Leur exploitation est désignée sous le nom d'exploitation minière.

### 2-3-3 Evaluation de la ressource en eau souterraine exploitable

Cette évaluation peut s'établir suivant les étapes suivantes :

- Définition d'un objectif : consiste à l'étude de la structure de la demande d'utilisation à satisfaire, exprimée en quantité et en qualité ;
- Identification du système aquifère : mettre en évidence les fonctions du réservoir et du comportement hydrodynamique et hydrochimique ;
- Définition des contraintes : physique et technique (évolution de la fonction débit/rabattements) de la qualité de l'eau et socioéconomique (coût de production de l'eau) ;
- Elaboration de programmes d'exploitation : dispositif de captages et rythmes de pompages ;
- Prévision et évaluation des effets des programmes d'exploitation sur le système aquifère.

La réserve s'exprime alors par le produit :

$W = V \cdot \eta e$  dans le cas d'une nappe captive.

$W = V \cdot S$  dans le cas d'une nappe libre.

Avec :

S : Coefficient d'emménagement

$\eta e$  : Porosité efficace

### 2-4-Estimation de la réserve en eau souterraine

#### 2-4-1- Principe d'évaluation

La réserve en eau souterraine, « W » est estimée différemment selon que l'on considère un aquifère à nappe libre ou captive. Elle est évaluée par traitement d'un couple de données à savoir l'aquifère et celui de l'évaluation de la ressource en eau souterraine exploitable.

#### 2-4-2 Méthode d'évaluation quantitative de la ressource en eau souterraine

L'évaluation quantitative de la ressource en eau souterraine repose sur l'acquisition et le traitement de données se rapportant aux fonctions capacitives et conductrices du réservoir et sur le comportement hydrodynamique du système aquifère considéré. D'où trois ensembles de données peuvent être définis :

- Conditions aux limites : définies par les conditions d'alimentation de l'aquifère (débit des apports) et débit des écoulements provoqués. Cette alimentation est assurée par

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

l'infiltration efficace des précipitations ou par les relations hydrauliques entre nappe et nappe ou nappe et affluents.

- Paramètres hydrodynamiques : sont principalement la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement, le calcul de ces paramètres est indispensable pour la planification de l'exploitation de la ressource.
- Caractéristique du complexe aquifère/ouvrage de captage : fonction débit/ rabattement, débit d'exploitation maximum et productivité.

### 2-4-3 Renouvellement de la réserve en eau souterraine

La réserve en eau souterraine est essentiellement renouvelée par les apports de l'infiltration efficace. En régime naturel, cette alimentation compense les sorties dues à l'écoulement souterrain ( $Q_w$ ), étant donné que la différence de réserve  $\Delta W$ , est constante. Classiquement, deux paramètres sont définis : le taux et la durée de renouvellement.

- Le taux de renouvellement représente la fraction de la réserve totale renouvelée en une moyenne, il est défini comme le rapport de l'alimentation efficace moyenne annuelle (IE ou I) exprimée en volume, à la réserve totale moyenne WM. Il est donné en pourcentage :

$$\text{Taux de renouvellement} = \frac{IE}{WM} = \frac{QW}{WM} \text{ en } \%$$

- La durée de renouvellement est la durée théorique nécessaire pour que le volume cumulé de l'alimentation de l'aquifère, soit égal à sa réserve totale WM :

$$\text{Durée de renouvellement} = \frac{WM}{IE} = \frac{WM}{QW} \text{ (année)}$$

### 2-4-4 Surexploitation et exploitation régulatrice d'une nappe

Toute exploitation est déséquilibrante en termes de bilan et entraîne de nouvelles conditions hydrodynamiques, on parlera d'un régime d'équilibre influencé. Les prélèvements de débits dans une nappe souterraine contribuent à diminuer la réserve d'eau dans les limites de l'air d'influence de l'ouvrage. Si par ailleurs, l'alimentation naturelle de la nappe reste stable, cela n'entraînera aucune surexploitation, si ce n'est une surexploitation totale et l'équilibre global de la nappe sera respecté.

La surexploitation peut être donc définie comme une exploitation en régime de déséquilibre accentuée qui entraîne une diminution de la réserve permanente sur une période assez longue. L'exploitation doit alors se concevoir en termes de stock et non plus en termes de flux.

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

### 3- partie pratique

#### 3-1 Données disponibles et acquisition complémentaire

##### 3-1-1 Donnée de forages

Nous avons utilisé la base de données sur les forages répertoriés au niveau de la BHW et à partir de là on a pu connaître la répartition des forages, les débits et les volumes extraits.

##### 3-1-2 Données sur les paramètres hydrodynamiques

Nous avons utilisé toutes les caractéristiques géologiques et lithologiques des formations qui ont permis de délimiter leur (extension latérale, de connaître leur nature lithologique).

Ces deux paramètres nous ont servi pour déterminer leurs propriétés hydrodynamiques à savoir le coefficient d'emmagasinement et la porosité efficace.

Par manque des données des essais de pompage nous avons fait appel au tableau N° établi par G. Castany ; par contre pour la nappe de la Mitidja nous avons utilisé les données des coefficients d'emmagasinement et la porosité déduite des modèles mathématiques réalisés par Binnie et Partners.

Tableau N°27 : valeurs de la porosité efficace moyenne pour les principaux réservoirs.

Type de réservoirs	Porosité efficace%	Types de réservoirs	Porosité efficace %
Gravier gros	30	Sable gros + silt	5
Gravier moyen	25	Silt	2
Gravier fin	20	Vases	0,1
Gravier + Sable	15 à 25	Calcaire fissuré	2 à 10
Alluvions	8 à 10	Craie	2 à 5
Sable gros	20	Grès fissuré	2 à 15
Sable moyen	15	Granite fissuré	0,1 à 2
Sable fin	10	Basalte fissuré	8 à 10
Sable très fin	5	Schistes	0,1 à 2

« G. Castany »

« Dans les aquifères à nappe libre, le coefficient d'emmagasinement est égale, en pratique, à la porosité efficace. Par contre dans l'aquifère à nappe captive, il est de 100 à 1000 (voir 10000) fois plus petit. » (G.Castany)

##### 3-1-3 Données géophysiques

L'utilisation des logs Géophysiques nous en montre que la plupart des plaines alluviales des aquifères étudiés ont fait l'objet d'une étude géophysique par la CGG ou par le bureau d'étude BERGAP ses études ont permis d'établir des coupes géoélectriques que nous avons exploitées pour extraire notamment des épaisseurs des niveaux aquifères et leur variation dans l'espace.

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

Ses épaisseurs ont servi pour déterminer les différentes tranches d'épaisseur pour le calcul des réserves.

L'exploitation de ces données ont permis de faire des cartes d'égaies épaisseurs. (Exemple de carte de l'aquifère de la plaine alluviale d'oued Damous )

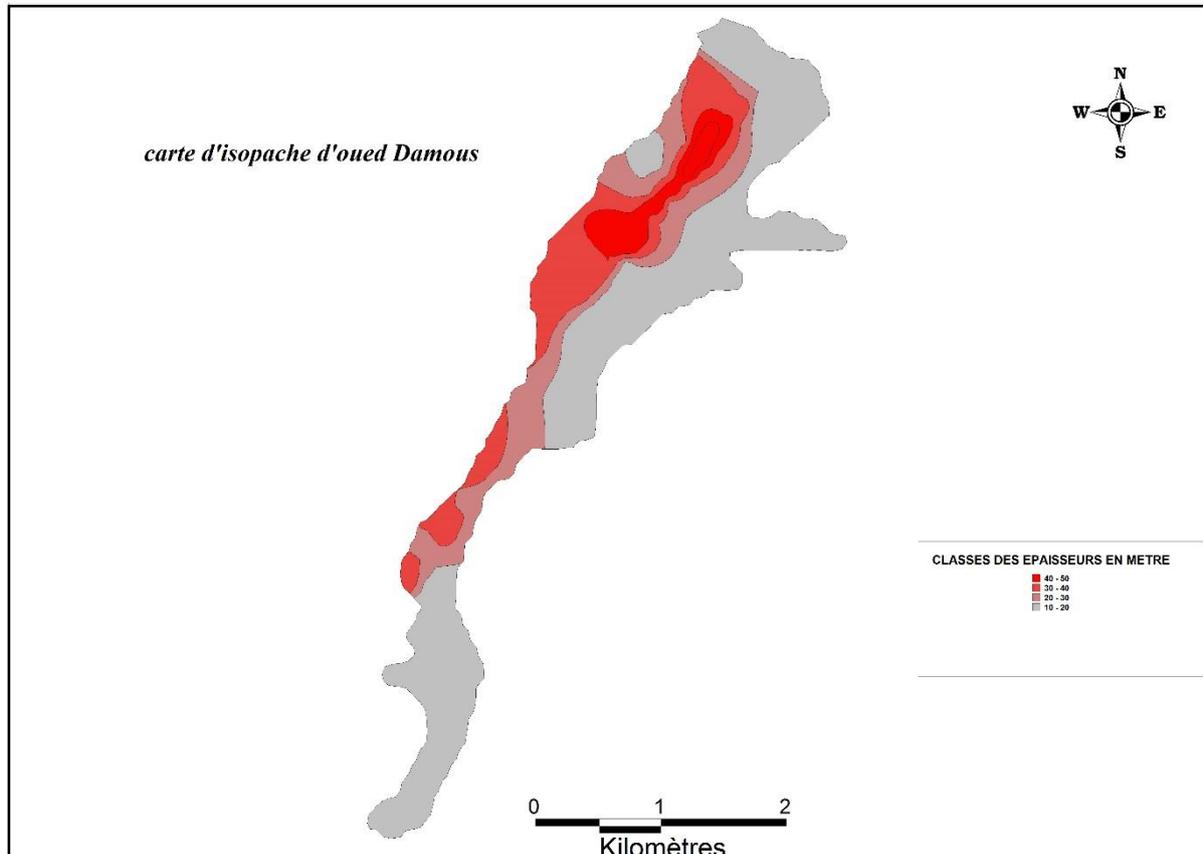


Figure N° 44 : Carte en isopache de la plaine alluviale d'oued Damous

### 3-2- La réserve totale

Pour obtenir le volume des réserves totales, nous avons procédé comme suit :

- Calcul des épaisseurs des aquifères à partir des coupes géo électriques,
- Etablissement des cartes isopaches de chaque niveau aquifère en utilisant la cartographie automatique (à l'aide de logiciel surfer),
- Planimétrie des superficies partielles de chaque intervalle des épaisseurs
- Calcul des volumes des aquifères qui correspond au produit de l'épaisseur de l'aquifère par sa surface,
- Calcul des réserves totales «  $W_t$  » en multipliant le volume obtenu par le coefficient d'emménagement «  $S$  » pour les nappes libre et par la porosité quand il s'agit des nappes captive.

Les résultats des réserves obtenues sont établis dans les tableaux suivant :

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

Tableau N°28 : les réserves totales des aquifères.

<b>A Aquifères de la Mitidja</b>			
<b>A-1 Aquifère des alluvions de la Mitidja</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS (hm<sup>3</sup>)</b>
(0-100)	50	28,02	1401
(100-200)	150	58,67	8800,5
(200-300)	250	75,53	18882,5
(300-400)	350	35,9	12565
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			41649
Coefficient d'emmagasinement « S »			0,065
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			2707,185
<b>A-2 Aquifère de l'Astien (captive)</b>			
<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= H x n (hm<sup>3</sup>)</b>	
100	198,12	19812	
Porosité		0,0005	
Réserve totale		9,906	
<b>A-3 Aquifère de l'Astien (libre)</b>			
<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>	
20	82,15	1643	
Coefficient d'emmagasinement « S »		15%	
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )		246,45	
<b>Aquifère de la vallée de l'oued Nador</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>
(40 - 50)	45	2,83	127,35
(50 - 60)	55	0,81	44,55
(60 - 70)	65	0,9	58,5
(70 - 80)	75	2,07	155,25
(80 - 90)	85	0,49	41,65
(90 - 100)	95	0,31	29,45
(100 - 110)	105	0,1	10,5
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			467,25
Coefficient d'emmagasinement « S »			10%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			46,72
<b>Aquifère de la vallée de l'oued El Hachem</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

(5 - 15)	10	1,57	15,7
(15 - 25)	20	0,88	17,6
(25 - 35)	30	4,04	121,2
(35 - 45)	40	1,25	50
(45 - 55)	50	0,102	5,1
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			209,6
Coefficient d'emmagasinement « S »			20%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			41,92
<b>Aquifère de la vallée de l'oued Messelmoune</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>
(5 - 15)	10	3,23	32,3
(15 - 25)	20	1,15	23
(25 - 35)	30	0,232	6,96
(35 - 45)	40	0,104	4,16
(45 - 55)	50	0,177	8,85
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			75,27
Coefficient d'emmagasinement « S »			10%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			7,52
<b>Aquifère de la vallée d'oued Sebt</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>
(10 - 20)	15	0,042	0,63
(20 - 30)	25	1,269	31,725
(30 - 40)	35	0,2	7
(40 - 50)	45	0,04	1,8
(50 - 60)	55	0,042	2,31
(60 - 70)	65	0,045	2,925
(70 - 80)	75	0,2	15
(80 - 90)	85	0,112	9,52
(90 - 100)	95	0,032	3,04
(100 - 110)	105	0,033	3,465
(110 - 120)	115	0,61	70,15
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			147,565
Coefficient d'emmagasinement « S »			10%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			14,75
<b>Aquifère de la vallée d'oued Iklilen</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>
15 - 25	20	0,395	7,9

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

20 - 30	25	0,156	3,9
25 - 35	30	0,714	21,42
30 - 40	35	0,166	5,81
35 - 45	40	0,319	12,76
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			51,79
Coefficient d'emmagasinement « S »			15%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			7,77
<b>Aquifère de la vallée d'oued Harbil</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>
70 - 80	75	0,4	30
40 - 60	50	0,94	47
20 - 30	25	2,22	55,5
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			132,5
Coefficient d'emmagasinement « S »			10%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )			13,25
<b>Aquifère de la vallée d'oued Damous</b>			
<b>Intervalle d'épaisseur</b>	<b>H moy (m)</b>	<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>V= HxS(hm<sup>3</sup>)</b>
(5 - 15)	10	2,85	28,5
(15 - 25)	20	0,76	15,2
(25 - 35)	30	0,98	29,4
(35 - 45)	40	0,3	12
(45 - 55)	50	0,057	2,85
Volume total de l'aquifère (hm <sup>3</sup> )			87,95
Coefficient d'emmagasinement « S »			10%
Réserve total (hm <sup>3</sup> )			8,79
<b>Aquifère des formations dunaires</b>			
<b>H moy (m)</b>	<b>S Km<sup>2</sup></b>		<b>V= H*S</b>
30	55,95		1678,5
Coefficient d'emmagasinement « S »			15%
Réserve totale(hm <sup>3</sup> )			251,775
<b>Aquifère des monts de Chenoua</b>			
905	11,9		10769,5
Coefficient d'emmagasinement « S »			5%
Réserve total (hm <sup>3</sup> )			538,475

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

Aquifère karstique de djebel Zaccar		
H moy	S Km2	V= H*S
500	23,31	11655
Coefficient d'emmagasinement « S »		5%
Réserve totale (hm <sup>3</sup> )		582,75

### 3-3- Volume de la réserve régulatrice

La réserve régulatrice «  $W_r$  » correspond au volume de la zone de fluctuation de la nappe que l'on multiplie par le coefficient d'emmagasinement. Pour ce faire, nous avons utilisé les valeurs piézométriques des nappes mesurées en hautes eaux et en basses eaux (ANRH). Pour les aquifères, dont on dispose de données spatiales, nous avons utilisés les cartes en courbe de fluctuation de la nappe (cas de la nappe de la Mitidja, d'oued Nador et de Oued El Hachem). Par contre, pour les autres aquifères de la wilaya, nous ne disposons malheureusement pas de mesures piézométriques.

Tableau N°29 : les réserves régulières des aquifères.

Aquifères de la Plaine de la Mitidja			
Classe d'épaisseur	Moyenne de la classe en (m)	Surface partielle (si) en Km <sup>2</sup>	Volume partiel V=si.m (hm3)
0 – 2.5	1.5	212	318
2.5 – 3.5	3	77.05	231.15
3.5 – 4.5	4	26.95	107.8
>4.5	4.5	11.42	51.39
Volume de l'horizon de fluctuation piézométrique (hm <sup>3</sup> )			708.34
Coefficient d'emmagasinement « S »			0.02
Réserve régulatrice (hm <sup>3</sup> )			14.17
Aquifères de la Plaine d'oued El Hachem			
Classe d'épaisseur	Moyenne de la classe en (m)	Surface partielle (si) en Km <sup>2</sup>	Volume partiel V=si.m (hm3)
0 – 0.6	0.3	3.337	1.001
0.6 – 1	0.8	2.818	2.254
1 – 1.4	1.2	4.334	5.200
1.4 – 1.8	1.6	2.953	4.724
1.8 – 2.2	2	4.593	9.186
2.2 – 2.6	2.4	3.009	7.221
2.6 – 3	2.8	9.297	26.031
3 – 3.4	3.2	0.1602	0.512
>3.4	3.4	0.03679	0.125
Volume de l'horizon de fluctuation piézométrique (hm <sup>3</sup> )			56.25
Coefficient d'emmagasinement « S »			0.07
Réserve régulatrice (hm <sup>3</sup> )			4
Aquifères de la Plaine d'oued Nador			
Classe d'épaisseur	Moyenne de la classe en (m)	Surface partielle (si) en Km <sup>2</sup>	Volume partiel V=si.m (hm3)
0 – 0.60	0.3	2.801	0.840
0.60 – 1	0.8	5.902	4.721
1 – 1.4	1.2	29.64	35.568

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

>1.4	1.4	6.422	8.990		
Volume de l'horizon de fluctuation piézométrique (hm <sup>3</sup> )			50.12		
Coefficient d'emmagasinement « S »			0.07		
Réserve régulatrice (hm <sup>3</sup> )			3.5		
aquifères	hauteur de fluctuation de niveau piézométrique	surface	volume	Coefficient d'emmagasinement	réserve
Plaine alluviale d'oued messelmoune	6	4,893	29,358	10%	2,9358
Plaine alluviale d'oued sebt	6	2,625	15,75	10%	1,575
Plaine alluviale d'oued Iklilen	6	1,75	10,5	15%	1,575
Plaine alluviale d'oued Harbil	5	3,56	17,8	10%	1,78
Plaine alluviale d'oued Damous	5	4,947	24,735	10%	2,4735

Pour les autres aquifères (Djebel Zaccar, mont de Chenoua, Bombement du Sahel et l'aquifère de l'Astien), par manque de données sur la piézométrie (fluctuation de la nappe), la réserve régulatrice a été estimée en multipliant les surfaces partielles de leur impluvium par la lame d'eau infiltrée déterminée au chapitre hydroclimatologie ( $I = 24.73\text{mm}$ ). Toutefois, nous tenons à rappeler que les résultats obtenus sont sous-estimés, car la recharge des nappes se fait aussi bien par l'apport des infiltrations mais aussi par les oued et les autres nappes limitrophes. Les résultats obtenus sont compilés dans le tableau suivant :

Tableau N°30 : les réserves renouvelables des aquifères.

Aquifères	Surface (Km2)	Réserve renouvelable (Hm3)
Oued Messelmoune	4,698	0,12
Oued Sebt	3,108	0,08
Oued Iklilen	1,748	0,04
Oued Harbil	3,409	0,09
Oued Damous	5,295	0,13
Formation dunaire	55,95	1,4
Aquifère de l'Astien du Sahel	115,51	2,88
Aquifère du mont de Chenoua	12,25	0,31
Aquifère de Djebel Zaccar	23,31	0,58

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

### 3-4 La réserve permanente

La réserve permanente « Wp » est calculée par soustraction de la réserve régulatrice de la réserve totale :  $W_p = W_t - W_r$ .

Tableau N°31 : les réserves permanentes des aquifères.

Aquifères	Réserve total	Réserve régulatrice	Réserve permanente
Plaine de la Mitidja	2717,09	49,58	2667,51
Plaine alluviale d'oued Nador	37,38	3,5	33,88
Plaine alluviale d'oued El Hachem	41,92	4	37,92
Plaine alluviale d'oued Messelmoune	6,78	2,94	3,84
Plaine alluviale d'oued Sebt	13,29	1,58	11,71
Plaine alluviale d'oued Iklilen	7,77	1,5	6,27
Plaine alluviale d'oued Harbil	13,25	1,78	11,47
Plaine alluviale d'oued Damous	7,92	2,48	5,45

### 3-5- Le taux et la durée de renouvellement de la réserve :

Le taux de renouvellement est le rapport de l'alimentation moyenne annuelle de l'aquifère, il est donné en pourcentage par la formule suivante :

$$\text{Taux de renouvellement} = Q_w / W_t = IE / W_t$$

La durée de renouvellement est la durée théorique nécessaire pour que le volume cumulé de l'alimentation de l'aquifère soit égale à sa réserve totale moyenne.

$$\text{Durée de renouvellement} = W_t / Q_w$$

Les résultats des calculs obtenus pour les différents aquifères sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau N°32 : taux et durée de renouvellement des aquifères.

Aquifères	Taux de Renouvellement	Durée de Renouvellement
Mitidja	1,82%	53,80 ans
Oued Nador	9,36%	9,68 ans
Oued El Hachem	9,54%	9,48 ans
Oued messelmoune	43,34%	1,31 an
Oued sebt	11,86%	7,43 ans
Oued Iklilen	20,27%	3,93 ans
Oued Harbil	13,43%	6,44 ans
Oued Damous	31,25%	2,20 ans

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

---

### 4- Quantification des volumes extraits des nappes par forages

L'exploitation des données des forages inventoriés par la direction de la ressource en eau de la wilaya de Tipaza a permis d'estimer les volumes soutirés des nappes entre 2015 et 2016 à plus de 33 hm<sup>3</sup>/an. Ce volume concerne bien évidemment l'ensemble des nappes. Les tableaux compilant ces données sont présentés en annexe.

### 5- Carte des ressources en eau

L'utilisation des données des différentes fractions des réserves calculées dans le cadre de ce travail ainsi que la répartition et l'extension des aquifères dans la wilaya nous a mener a établir deux documents cartographiques :

- Carte des ressources en eau souterraine de la wilaya de Tipaza
- Cartes des réserves totales en eau souterraine de la wilaya de Tipaza

Ces deux cartes ont été établies en utilisant toute la masse de données relative :

- A la répartition des aquifères dans la wilaya,
- Leurs extensions latérales délimitées sur la base des conditions aux limites,
- La géométrie des aquifères déterminée en utilisant des données des forages de la lithologie des formations géologiques et surtout des logs géo électriques,
- Les paramètres hydrodynamiques (niveau de fluctuation des nappes, hauteur d'eau dans les aquifères, porosité, coefficient d'emmagasinement)

Pour ce faire, nous avons utilisé un système d'information géographique (MapInfo) qui a permis d'établir les calculs des différentes fractions des réserves en eau souterraine, en combinant, grâce aux outils de cartographie spatiale et d'analyse thématique multicritère tous les paramètres cités ci-dessus.

#### 5-1- Cartes des réserves totales

Les cartes des ressources en eau souterraines montrent que la partie orientale de la willaya est relativement pauvre en eau souterraine, car les affleurements sont représentés par des schistes et marnes du Crétacé.

Les réserves totales dans ces régions sont étroitement liées aux nappes côtières des plaine alluviales de l'oued Damous, Oued Harbil, Oued Iklilen, Oued Sebt et Oued Messelmoune qui constituent une réserve en eau totale qui varie entre 5 à 14hm<sup>3</sup> ; cela est dû à la faible extension latérale des alluvions et leur faible épaisseur.

Dans la partie centre, deux nappes alluviales sont exploitées par des forages. Ces aquifères renferment une ressource d'un volume total de quarante millions de mètre cube ; Il s'agit des nappes d'Oued El Hachem et d'Oued Nador.

A l'est, on retrouve les aquifères avec un potentiel de leurs réserves plus importants (250 à 350 Mm<sup>3</sup>) vu leurs extensions latérales des systèmes aquifères notamment les dépôts dunaires du littoral et la mollasse de l'Astien sur le Sahel plus particulièrement sur son versant Sud.

La nappe de la Mitidja occupe toute la partie sud-est de la willaya et referme une réserve totale relativement importante qui est de 2719hm<sup>3</sup>, Cette réserve est celle contenue dans l'aquifère des alluvions (nappe de la Mitidja) et de la mollasse astienne enfouis à plus de 300m de profondeur.

## **Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine**

---

Les aquifères karstiques du mont de Chenoua ( $538,5\text{hm}^3$ ) et du Djebel Zaccar ( $582,5\text{hm}^3$ ) mais les ressources sont peu connues vu l'inexistence des études et des forages de reconnaissance.

### **5-2- Carte des ressources en eau souterraine de la wilaya de Tipaza**

La carte des ressources en eau souterraines montre que la partie orientale de la wilaya est relativement pauvre en eau souterraine, car les affleurements sont représentés essentiellement par des schistes et marnes du Crétacé. Les réserves renouvelables dans cette région sont étroitement liées aux nappes côtières des plaines alluviales de l'oued Damous, Oued Harbil, Oued Iklilen, Oued Sebt et Oued Messelmoune qui emmagasinent une ressource en eau renouvelable inférieure à  $0,05\text{hm}^3$  ; cela est dû à la faible extension latérale des alluvions et leur faible épaisseur, bien que les apports sont plus importants.

Dans la partie centrale, deux nappes alluviales sont exploitées par des forages. Ces aquifères emmagasinent une ressource d'un million de mètres cubes. Il s'agit des nappes des Oued El Hachemet et Nador.

A l'est, on retrouve des aquifères avec un potentiel de renouvellement de leurs ressources plus importants ( $1$  à  $3\text{Mm}^3$ ) vu leurs extensions latérales des systèmes aquifères notamment les dépôts dunaires du littoral et la molasse de l'Astien sur le Sahel.

La nappe de la Mitidja occupe toute la partie sud-est de la wilaya et renferme une réserve renouvelable relativement importante, vu l'existence de deux niveaux aquifères d'une part (aquifères des Alluvions et l'Astien captive) et leur grande extension d'autre part.

Les aquifères karstiques du mont de Chenoua et du Djebel Zaccar peuvent stocker jusqu'à  $1\text{hm}^3$  mais les ressources sont peu connues vu l'inexistence des études et des forages de reconnaissance.

## Chapitre 4 : Estimation des réserves en eau souterraine

### 6- Conclusion

Les résultats de l'évaluation numérique par les moyens de SIG des différents types des réserves en eau souterraines des aquifères de la willaya de Tipaza sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau N°33 : Récapitulation des résultats de l'évolution des différents réservoirs en eau souterraine.

Aquifères	Surface (Km2)	Réserve totale (Hm3)	Réserve permanentes (Hm3)	Réserve renouvelable (Hm3)
Plaine alluviale de la Mitidja	198	2717,09	2667,51	4,95
Plaine alluviale d'Oued Nador	6,51	37,38	33,88	0,16
Plaine alluviale de Oued El Hachem	7,858	41,92	37,92	0,2
Plaine alluviale d'Oued messelmoune	4,698	6,77	3,84	0,12
Plaine alluviale d'Oued sebt	3,108	13,28	11,71	0,08
Plaine alluviale d'Oued Iklilen	1,748	7,77	6,27	0,04
Plaine alluviale d'Oued Harbil	3,409	13,25	11,47	0,09
Plaine alluviale d'Oued Damous	5,295	7,92	5,45	0,13
Formation Dunaire	55,95	251,73	/	1,4
Aquifère de l'Astien	115,51	346,47	/	2,88
Aquifère du mont de Chenoua	12,25	582,5	/	0,31
Aquifère de Djebel Zaccar	23,31	582,5	/	0,58

A partir de ce tableau on remarque que la surface des aquifères est de 437,65km<sup>2</sup>, soit 26% de la surface totale de la willaya. Ces aquifères contiennent une réserve totale de 4564,55hm<sup>3</sup> et une réserve renouvelable de 10,94 hm<sup>3</sup>/an (apports par l'infiltration provenant des précipitations). Par ailleurs, l'exploitation des nappes par les forages pour les besoins en eau potable et d'irrigation est estimée à 33hm<sup>3</sup>/an. Ce volume extrait est trois plus grand que celui des réserves renouvelables. Cette surexploitation peut engendrer l'épuisement des réserves et le rabattement des surfaces piézométriques, notamment dans les nappes côtières, exposant ainsi la ressource a une pollution par le phénomène du biseau salé.

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

La connaissance et surtout la quantification des ressources en eau d'une région est primordiale que ce soit pour leur gestion ou leur protection contre les risques de pollution et leur surexploitation. Dans cette optique notre travail est orienté vers la réalisation d'une carte des ressources en eau souterraines de la wilaya de Tipaza. Pour ce faire, une démarche en quatre étapes a été entreprise :

La première étape a porté sur la reconnaissance et la description des systèmes aquifères circonscrits dans les limites d'extension de la wilaya. A ce titre, les paramètres géomorphologique, hydrographique ainsi que le potentiel socio-économique de notre zone d'étude ont été définis dans le premier chapitre.

Dans un second chapitre, nous avons synthétisé et définis tous les ensembles aquifères reconnus par leurs caractères géologiques et leurs propriétés hydrogéologiques

L'étude hydrologique basée sur l'estimation des paramètres du bilan hydrique dans les bassins versants circonscrits dans la wilaya a permis de déduire une lame d'eau précipitée de l'ordre de 567,30mm, dont 83% sont reprises par l'évaporation. Le ruissèlement est de l'ordre de 74mm et l'infiltration, déduite, est alors estimée à 25mm. Cette lame d'eau constitue l'unique source de recharge des aquifères et de renouvellement de la ressource en eau souterraines exploitable dans la région d'extension de la wilaya de Tipaza.

L'utilisation des logs de forage, de la description lithologique des formations géologiques et surtout des résultats de la reconnaissance géophysique (logs géo électriques) a permis de reconnaître l'extension des ensembles aquifères dans la wilaya et de circonscrire aussi leur géométrie et surtout la variation latérale de leur épaisseur. Le recoupement de ces données a permis ainsi de définir des systèmes aquifères alluviaux, de faible extension, qui s'étendent à l'ouest de la wilaya. Il s'agit entre autres des nappes alluviales liées aux cours d'eau de l'oued Damous, de oued Harbil, de oued Iklilen, de oued Sebt et de oued Messelmoune qui constituent une réserves de 7hm<sup>3</sup> à 15hm<sup>3</sup>. Dans la région centrale de la wilaya ce sont les aquifères de l'oued Nador et de l'oued El Hachem qui renferment une ressource respectivement de 35hm<sup>3</sup> et 40hm<sup>3</sup>. La partie sud de la wilaya s'étend sur la plaine de la Mitidja qui abrite deux aquifères (alluvion du quaternaire et l'Astien) d'une grande extension avec une réserve totale de 2700hm<sup>3</sup>. En bordure du littoral affleurent les formations quaternaires du cordon dunaire avec un potentiel hydrique de 200hm<sup>3</sup>. Sur le versant sud du

## Conclusion générale

---

Sahel s'étendent les grès et sables de l'Astien avec une épaisseur variable d'une dizaine de mètres à une centaine de mètres et constitue un aquifère de 600hm<sup>3</sup>. Les calcaires liasique et jurassique affleurant sur le Djebel Zeccar et du Chenoua forment aussi des aquifères aux potentialités peu connues.

Ainsi, pour l'ensemble de la wilaya, on estime les réserves totales à plus 4028hm<sup>3</sup>, mais les réserves renouvelables ne dépassent pas 11hm<sup>3</sup>. Ces réserves sont renouvelées par les apports par infiltration des eaux de précipitation principalement, avec un taux et une durée de renouvellement faibles dans la Mitidja (< 2%) et relativement élevé dans les plaines alluviales liées aux cours d'eau.).

L'utilisation des outils de cartographie automatique et d'un SIG ont facilité l'usage de cartographie des ressources en eau, c'est ainsi que nous proposons dans le cadre de ce mémoire une carte des ressources en eau renouvelable ou exploitable et une carte des réserves totale des aquifères.

Nous terminons ce travail par quelques recommandations que nous jugeons indispensables pour l'exploitation de la ressource en eau souterraine dans la wilaya d'une part, et d'autre part pour l'amélioration de ce travail.

- Réduire la surexploitation des aquifères côtiers dans les parties avales aux risques de provoquer une contamination des nappes par le biseau salé.
- Effectuer des essais de pompage avec suivi des rabattements dans des piézomètres en vue d'évaluer le coefficient d'emmagasinement des nappes, paramètres très manquants pour l'estimation précise des réserves en eau.
- Suivre les niveaux piézométriques des nappes à différentes périodes de l'année afin d'évaluer les fluctuations du niveau piézométrique. Cela permettra d'évaluer de manière plus précise le volume des réserves renouvelable.
- Réaliser quelques forages de reconnaissance avec programme d'essai de pompage pour reconnaître les potentialités des aquifères de l'Astien dans la Mitidja et ceux des karsts du Chenoua et du Zeccar.
- 
-

## Bibliographie

---

- AMMARI ABD EL-HADI., 2012. Vulnérabilité à l'envasement des barrages (cas du bassin hydrographique des côtiers Algérois). Thèse de doctorat (27/09/2012).
- ANAAT « ATLAS cartographique » wilaya de TIPAZA phase IV direction de l'environnement de la WALIYA de TIPAZA
- ANAAT, Avril 2016. Le plan d'aménagement du territoire de la WILAYA de TIPAZA programme de la mise œuvre.
- ANDI ,2013. WILAYA de TIPAZA article sur la WILAYA (2013).
- Annuaire piézométrique de la plaine de la Mitidja (Année 1996 – 1997). 1998.
- ANRU., 1972. Notice explication de la carte hydrogéologique de la région d'Alger 1/200.000.
- Ban\_Achour N., N. benmelha, Avril 1993, Hydrogéologie de la partie Nord Orientale de Plaine de la Mitidja (Algérie). Mémoire de fin d'études.
- Belaidi M., H. Rabehaoui. 1997. Etat de la surface piézométrique de la nappe de Mitidja « campagne d'Octobre 1997 ».
- Belaidi M., H. Rabehaoui. 1998. Etat du réseau de la Mitidja (Evolution de niveau piézométrique de la Mitidja (compte rendu de Mission de Février 1998).
- Belaidi M., H. Rabehaoui. 2001. Note sur l'évolution de la profondeur de la nappe de la Mitidja (campagne de Mars – Sept 2001).
- Belaidi M., H. Rabehaoui. 2002. Note sur l'évolution de la profondeur de la nappe de la Mitidja (campagne Octobre 2002).
- Bensmaili Khadidja., 2016. Caractéristique physico – chimique des eaux souterraines de la nappe alluviale de l'oued el Hachem (Tipaza) mémoire de fin d'étude de Master
- BEREGH, Juin 2002. Etude géophysique par les méthodes électriques et sismique réfraction dans la Baie d'Alger.
- Beziada M., juin 1994. Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja Est (Application d'un modèle mathématique «ASM » au bassin Côtier Algérois. Thèse présentée à l'Université de Franche-Comté.
- Binnie et Partners, Aout 1983. Modèle mathématique de la nappe de ma Mitidja.
- Blaidi M., Menagoudjil. 1991, Aperçu sur le réseau de surveillance quantitatif et qualitatif de la nappe de la Mitidja sur la période de 1995 – 1991.

## Bibliographie

---

- Bouachi I., B. TOUABIA, F. DERMOUNI. Approche méthodologique de calcul du débit pluvial en cas d'insuffisance de donnée, cas de la région de TIPAZA. Revue semestrielle scientifique et technique.
- Bouderbala AEK., 2015. Contribution des méthodes hydro chimique et géophysique a l'équation de la minéralisation dans les zones côtières cas de la nappe alluviale de l'oued Nador – TIPAZA (Algérie). thèse de doctorat 21/11/2015.
- Boukhelifa M., 2011. Contribution à la modélisation de la relation "pluie débit" en absence de données hydrométriques : cas d'une zone urbaine (ville de TIPAZA) mémoire de magistère (13/01/2011).
- BURGAP. , 2005. Etude par prospection électrique des vallées de l'oued Sebt et oued Messelmoune Mohamed maliva.
- Castang G., 1984 .Réalisation d'une cartographie des ressources en eau (notamment des ressources en eaux souterraine à petite ou grand échelle (Paris 1984)
- Castany G, 1982. « Principe et méthode de l'hydrogéologie » DUNOD, Paris, 1998 pour la nouvelle présentation ISBN 2, Bordas, Paris, 1982.
- CGG. , 1967. Etude par prospection électrique dans la plaine de la Mitidja et Nador.
- CGG., 1966. Etude par prospection électrique de la vallée de l'oued el hachein
- CGG., 1969. Etude par prospection électrique des vallées de l'oued Iklilen et Damous
- Couhab R., F. Belgheddouch, 2004. « Notice explicative de la carte des ressource en eau souterraine de la willaya de Tipaza » mémoire de fin d'étude.
- Djoudar Dahbia., 2003. « Vulnérabilité et protection des nappes aquifère en région côtière application aux alluvions de la Mitidja orientale » Thèse de magistère.
- Hadj Yahya chaieb – Eddra. A., 2017. « Pollution Nitratée de la plaine alluviale de la Mitidja (champ captant de Baraki) » mémoire de fin d'étude de master.
- Imerzoukene S., Février 1995. Hydrochimie et simulation de l'écoulement des eaux souterraines et de la position de l'interface eau douce – eau salée dans la partie Est de la plaine de la Mitidja (Algérie). Thèse.
- Larbi Arezki, 2012. utilisation d'un SIG et d'un modèle mathématique pour la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin côtier Algérois 02a (10/06/2012).
- Lepvrier C.,1967. Structure du massif de Chenoua. Bll. Soc. Géol. De France.
- MADI.A., 2016. Géostatique et SIG pour la modélisation spécialisée de la pollution nitratée dans la plaine du haut –CHELIF. thèse de doctorat (2015/2016).

## Bibliographie

---

- Mania J., Imerzoukene, J.M Braillon. 1985. Pollution Saline de la nappe cotiere à l'Est d'Alger. Revue hydrogéologie n°3, 1985, 1985 pp 213-226.
- Merouche A., 2013. « Aptitude physico – chimique des eaux de surface et souterraine à l'irrigation de la région de Mitidja ouest » mémoire de fin d'étude de master.
- Messahel. B., 2013. Etude de valorisation des eaux usées épurées en irrigation (cas de périmètres agricole de la MITIDJA. Rapport général du projet P.N.R (ressource en eau).
- Nassoupoulos.Hypatia, 2012. Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée. Thèse de doctorat (13/03/2012).
- Notice explicatif de la carte hydrogéologique de l'Algérie.
- Programme d'aménagement côtier (PAC), 2005. Elément de plan de gestion pour la zone littorale rapport de troisième phase. Centre d'activités régionales. Aires spécialement protégées (02/2005).
- Rapport (×2) de la situation du niveau d'eau souterrain de la Mitidja (en arabe) fichier des campagnes.
- SALH.S., 2013. choix des instruments politiques pour la préservation phréatique d'AHMEUR-EL-AIN (WILAYA de TIPAZA) (2012/2013).
- Sidi Moussa M., 1995. Contribution à l'élaboration d'une méthodologie d'implantation des réseaux de surveillance de la qualité des eau souterraines.
- Sidi Moussa M., 1999. Les phénomènes de pollution des eaux souterraines de la nappe de la Mitidja.
- Sidi Moussa M., M Belaidi, H. Rabehaoui. Juin 1997. Essai de quantification de la ressource en eau et étude des fluctuations de la nappe alluviale de la Mitidja.
- Souad chergui S., S. Zenoudi, 2004. « Evaluation et protection de la ressource eau souterrain de la nappe alluviale de Bas Sebaou (grand kabily) » mémoire de fin d'étude.

## Les Annexes

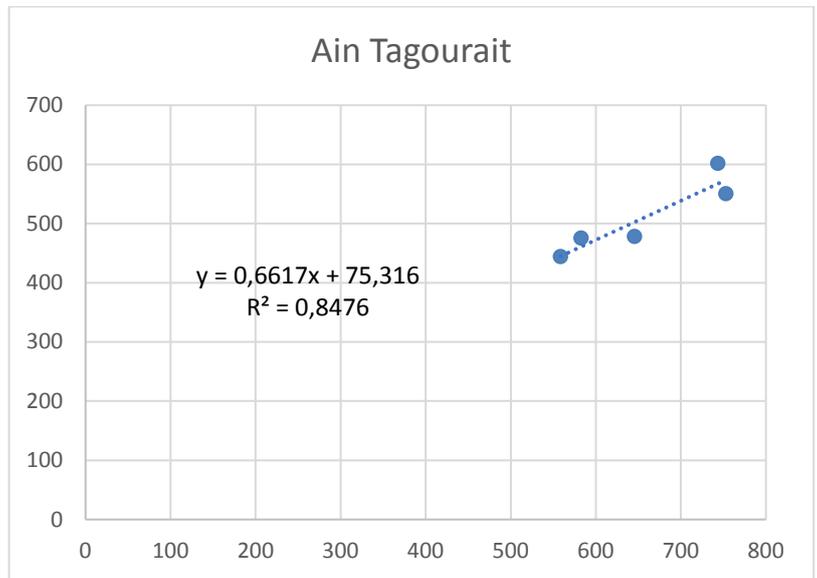
ANNEXE N°1 : Population résidente des ménages ordinaire et collective (MOC) selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuelle moyen (1998-2008)

Commune	الجنس		المجموع Total	معدل النمو Taux d'accroissement	البلدية
	ذكور Mâles	إناث Féminin			
Tizana	12713	12518	25231	1,4	أبيزنا
Manacout	12491	12489	24980	1,3	عنصرية
Lafat	3238	3021	3259	0,4	الأزحاف
Douaouda	11340	11268	22608	2,7	دولوعة
Dounda	11131	11265	22396	1,7	بورقنة
Khemis	7602	7468	15070	1,9	خميس
Aghbal	3638	3464	3122	0,8	أغبال
Hadjout	24064	24097	48161	1,3	حديوط
Sidi Amar	6273	6228	12501	2,1	مهدى عمر
Gouraya	10153	9891	20044	1,5	قوراية
Nador	4841	4248	9089	1,8	النظير
Chaiba	11176	11220	22396	2,3	الشحية
An Tagounit	5272	5241	10513	1,4	عن تاورانت
Cherchell	23608	24827	48435	1,7	تشرشل
Demoua	8201	8412	16613	1,8	الدموع
Merad	10114	9801	19915	1,3	مراد
Fouka	23251	23408	46659	2,2	فوكا
Dou (small)	20605	20818	41423	0,8	دوامساتين
Amer El An	15206	14500	29706	1,5	أمر العين
Douharoun	5215	4807	9922	1,5	دوهارون
Sidi Ghiles	7988	7563	15551	1,4	مهدى غيلاس
Masselhouc	3805	3648	7453	1,4	مسلون
Sidi Rachid	5218	5344	10562	1,4	مهدى رشيد
Kolea	22425	26071	54496	1,7	القمية
Adzba	11725	11214	22939	2,1	المطخية
Sidi Ganiene	1514	1418	2932	0,2	مهدى مسولين
Deri M'elack	4038	4027	8065	1,5	بني ملوك
Hadjane Erroua	1125	815	2123	2,2	حجرة القمص
<b>Total</b>	<b>298883</b>	<b>291133</b>	<b>590016</b>	<b>1,6</b>	<b>المجموع</b>

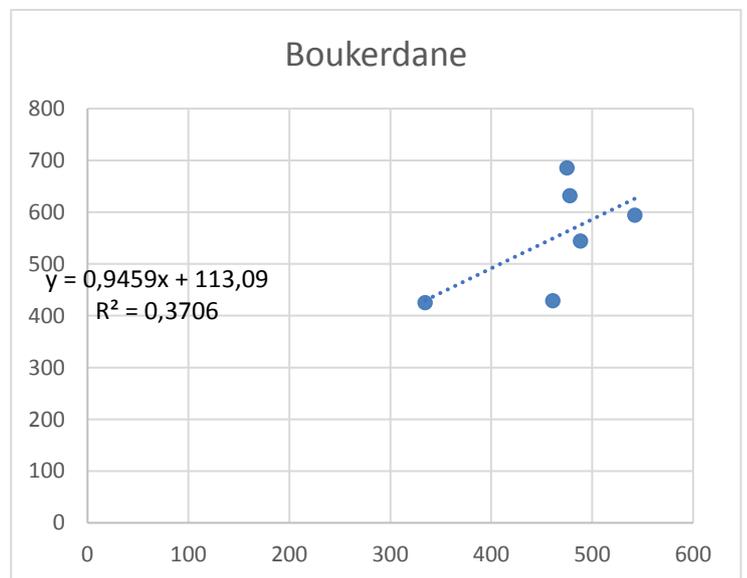
## Les Annexes

ANNEXE N°2 : tableau et graphe de comblement des lacunes.

annee	kolea	Ain Tagourait
2000	472,9	461,1
2001	470	334,6
2002	775	542,2
2003	624,4	488,48
2004	582,5	475,1
2005	645,5	478
2006	558,6	444,2
2007	743,5	601,5
2008	752,9	550,1
2009	652,9	507,34
2010	857,9	682,9
2011	806,2	608,78
2012	675,3	522,16
2013	539,1	432,04
2014	529,3	425,55
2015	597,4	470,62

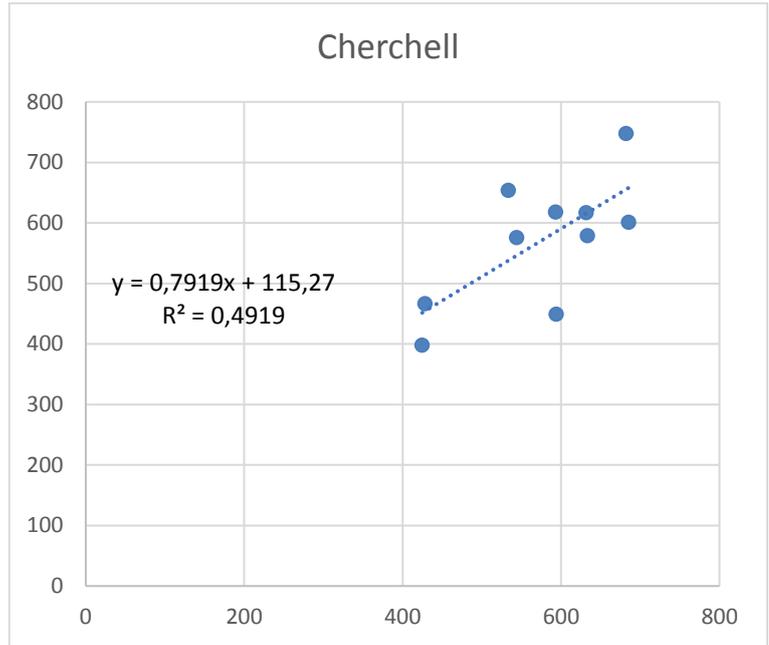


annee	Ain Tagourait	Boukerdane
2000	461,1	428,3
2001	334,6	424,7
2002	542,2	593,8
2003	488,48148	544,1
2004	475,1	685,3
2005	478	631,6
2006	444,2	533,26
2007	601,5	682,05
2008	550,1	633,43
2009	507,33993	592,98
2010	682,9	759,05
2011	608,77854	755,1
2012	522,16201	764,9
2013	432,03847	521,76
2014	425,55381	555
2015	470,61558	558,25

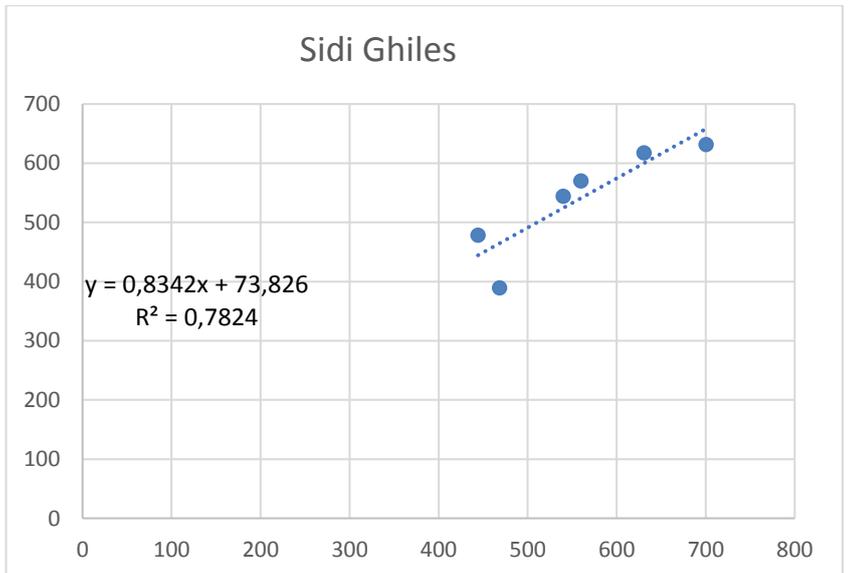


## Les Annexes

annee	Boukerdane	Cherchell
2000	428,3	466,7
2001	424,7	398
2002	593,8	449
2003	544,1	575,7
2004	685,3	601,1
2005	631,6	616,9
2006	533,25878	653,7
2007	682,04885	747,8
2008	633,42959	578,7
2009	592,98284	618,1
2010	759,04511	716,36
2011	755,1	713,23
2012	764,9	684,3
2013	521,755189	528,45
2014	555	211,8
2015	558,245277	557,34

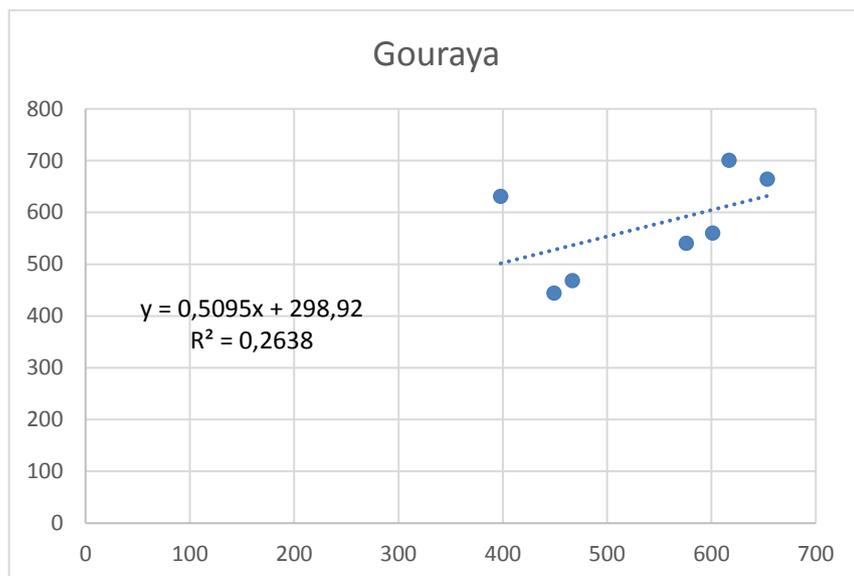


annee	Gouraya	Sidi Ghiles
2000	468,5	389,8
2001	630,9	617,9
2002	444,3	478,7
2003	540,2	544,4
2004	559,9	570,5
2005	700,6	631,6
2006	664,2	627,90
2007	679,9241	641,02
2008	593,76765	569,15
2009	613,84195	585,89
2010	663,904311	627,65
2011	662,312565	626,33
2012	647,57085	614,03
2013	568,164222	547,79
2014	406,8321	413,21
2015	582,88699	560,07



## Les Annexes

annee	Cherchell	Gouraya
2000	466,7	468,5
2001	398	630,9
2002	449	444,3
2003	575,7	540,2
2004	601,1	559,9
2005	616,9	700,6
2006	653,7	664,2
2007	747,8	<b>679,92</b>
2008	578,7	<b>593,77</b>
2009	618,1	<b>613,84</b>
2010	716,357823	<b>663,90</b>
2011	713,23369	<b>662,31</b>
2012	684,3	<b>647,57</b>
2013	528,447934	<b>568,16</b>
2014	211,8	<b>406,83</b>
2015	557,344435	<b>582,89</b>



## Les Annexes

---

ANNEXE N°3 : Précipitation mensuelle et annuel des stations étudiées.

Code station : 021233													
Nom station : KOLEA SECTEUR													
2000	5,4	35,8	120,4	45,4	122,1	78,4	1,8	44,9	18,7	0	0	0	472,9
2001	59,4	41,7	81,9	67,6	43,4	18,8	63,2	31,9	24,2	0,6	5,6	31,7	470
2002	9,5	58,2	119,8	139	196,1	149,5	12,9	62,3	19,3	0	7,3	1,1	775
2003	15,3	41	78,2	114,6	105,2	68,5	50,4	21,4	125,2	1,4	0	3,2	624,4
2004	39,5	32,7	68,2	154,9	72,3	136,3	49	21,3	6,9	0	1,4	0	582,5
2005	9,4	53,8	110,7	102,6	117,4	97	17,6	8,6	128,4	0	0	0	645,5
2006	63,8	9,3	33,8	200,6	18,8	45,3	115,6	59,1	1,1	6,3	0	4,9	558,6
2007	36	115,7	291	96,7	27,9	29,2	61,2	19,6	49,3	8,8	8,1	0	743,5
2008	59,4	51,4	189,5	170,9	111,7	13,8	71,5	64,1	15,3	0	1,1	4,2	752,9
2009	136,8	8,2	63,3	103,9	56,9	82,1	98,1	32,9	20,5	6,9	0	43,3	652,9
2010	2,6	132	143,3	88,1	132,9	90,4	58,1	81,6	109,6	18,8	0,5	0	857,9
2011	7,3	53,8	110,6	55,8	35,6	261,3	121,6	105,6	17	0	0	37,6	806,2
2012	12,2	51,7	116	24,3	103,6	96	62,9	72,1	121	0	0	15,5	675,3
2013	10,5	10,9	222,3	82,1	60,4	41,3	47,2	6,1	18	38,8	0	1,5	539,1
2014	14,1	75,3	59,4	139,9	92,5	81,7	49,7	0	10,9	5,3	0	0,5	529,3
2015	20,2	116,7	76	0	79,6	99,9	132,9	52,1	20	0	0	0	597,4

## Les Annexes

Code station : 020329													
Nom station : BOUKOURDENE													
BGE													
2000	6,3	86	74,8	29,6	107,8	50,5	0,8	60,7	11,5	0,3	0	0	428,3
2001	18	11,3	175,2	46,2	23,4	19,5	65,2	28,9	22,5	0	6,5	8	424,7
2002	26,5	24,5	90,5	74,1	155,1	124,9	13,3	43,3	39,8	0	0	1,8	593,8
2003	2,7	27,7	106,1	60,5	81,3	46,5	52,4	76,2	83,1	3,6	0	4	544,1
2004	27,7	27,7	120,3	143	98,9	145	95	24,1	3	0	0	0,6	685,3
2005	13,7	33,2	78,7	133,7	136,7	67,8	19,2	8,2	140,4	0	0	0	631,6
2006	71,4	2	19,1	210,8	12,4	44,8	103	92,5	2,8	0	-999	0	
2007	60,2	120,2	196,4	123	15,6	20,5	88,5	9,5	41,5	-999	15,5	0	
2008	34,9	59,5	103	-999	-999	-999	73	86,5	0	0	0	17,5	
2009	101,2	3,5	81	117	97,5	104,5	98	38		6	0		
2010	19,5	97,6	99	59,5	108,6	108,4	36,4	86,9	93,5	18	0		
2011	4,5	44,6	106,8	68	6,6	322,6	91,4	99,2	11,4	0	0	0	755,1
2012	9	57,6	79,7	79,7	104,6	94,5	47,7	90,3	194,5	0	0	7,3	764,9
2013		44,9	195,1	67,2	45,1	49,7	158,5	6,2	38,7	53,8	0	0,6	
2014	6	59,1	65,8	117,4	89,1	131,8	77,6	0	8,2	0	0	0	555
2015	85,1	94,5	-999	0	61,1	116,2	127,2	69,7	17,4	0,3	8,9	0	
2016	5,3	2,8	192,5	184	318,4	35	39	10,4	1,5	11,3		0	



## Les Annexes

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
Code station : 020319													
Nom station : BELLAH RN 11													
2000	5,5	84,8	81,2	62,2	77	63,1	0,3	74,4	18	0,1	0,1	0	466,7
2001	23,1	2,3	112,6	61	30,6	16,7	73,3	36,6	24,8	1	4,8	11,2	398
2002	15,7	20,6	56,7	47,2	147,3	89,8	13,4	38,6	17,2	0	1,1	1,4	449
2003	9	47,4	101,3	56,9	77,1	48,5	40	79,7	102	2,3	1,3	10,2	575,7
2004	22,7	27,9	89,5	128,4	69,4	147,2	95,8	16,4	1,1	0	0	2,7	601,1
2005	14,6	33,6	100,8	140,4	90,6	64,3	12,6	13,2	143,8	1,9	0,5	0,6	616,9
2006	67,4	0,7	51,6	294,8	14	63,4	80,5	76,8	15	0	0	3	667,2
2007	54,9	144,9	249,8	114,8	14	18,4	50,1	14,2	44,7	30,3	11,7	0	747,8
2008	39,1	53,3	95,4	104,3	131	13,8	61,2	62,8	14,9	0	0	2,9	578,7
2009	86	2,4	77,6	86,5	79,6	91,6	105,8	39,5	10,9	14,3	0,7	23,2	618,1
2010	15,4	144,3	135	72,1	82,8	136,8	26,6		89,6	14,4	0		
2011	9	51	156,4	58,3	29,5	245,3		110,2	14,5	0	0,2	3,3	
2012	0,9	37	98,1	25,9	88,1	93,9	66,7	91,7	181,6	0	0,4	0	684,3
2013	22,8	9,3	177,7		47,3	42,6	88,9	1,3	10,5	9,7	-999	0,6	
2014	3,8	14,7	13,8	30,6	20,7	60,8	49,4	0	16,7	1,3	0	0	211,8
2015	17,6	0	0	0	54	104,4	90,3			1	2,2	0	
2016	9,7	5,9	185,8	113	195,2	33,5	46,9	9,5	3,1				

## Les Annexes

---

num	jour	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
127353	Code station : 020203													
127354	Nom station : Damous													
127359	1988	14,4	18,9	67,6	150,9	13,4	35,1	103	60,3	8,2	11,2	1,3	18,9	503,2
127360	1989	59,3	3,5	36,2	18	77,4	0	44,7	77,7	48	0,2	4,7	0	369,7
127361	1990	0,3	56,1	94,7	86,5	77	47,3	106,9	1,8	41,1	13,2	-999	0	
127362	1991	14,1	49,8	48,4	14,6	116,3	12,9	89,9	46,7	40,9	20	4,6	0	458,2
127363	1992	0	35,9	60,8	63,5	0	53,7	15,2	45,9	12,4	0	0	1,8	289,2
127364	1993	18,4	87	47,2	17,2	87,4	45,4	3,3	57,3	2,7	0	0	0	365,9
127365	1994	85,4	26,9	-999	78,7	85,1	79,8	72,5	20,2	0	8	-999	-999	
127366	1995	81,9	-999	61	66,1	52	130,3	67,3	143,2	0	0	-999	-999	
127367	1996	-999	-999	30	42,9	59,9	21,2	19	0	0	0	0	-999	
127368	1997	5,5	54,4	113,2	53,7	67,5	47,9	42,4	29,8	45	0	0	8,7	468,1
127369	1998	12,2	49,8	68,3	15,8	132,6	121,6	13,8	0	0	-999	0	-999	
127370	1999	31	15,1	88,6	130	6,8	0,8	13,8	10,2	12,4	0	0	0	308,7
127371	2000	20,5	91,7	82,6	24,3	79,5	68,1	0	62,8	10,9	0,8	0	0	441,2
127372	2001	63,1	1,5	288,2	62,4	23	23,4	77,2	51,8	30,9	0	7	13,9	642,4
127373	2002	14,7	24,7	62,8	30,9	116,8	77,5	8	38,3	40,3	0	0,2	3,2	417,4
127374	2003	0	21,1	89,3	73,8	43,8	60	28,9	69,6	99,1	12,3	0	0	497,9
127375	2004	7,7	39,3	77,6	119,9	63,1	120	75,5	27,6	0	0	0	0	530,7
127376	2005	45,6	51,4	89	148,9	100,3	89,8	6,7	8,5	97,1	0	0	0	637,3

# Les Annexes

## ANNEXE N°4

Nom du Champ Captant	Nom de la nappe	Commune	Localités desservies	Nom du forage	Débit l/s 2016	prof(m)	Année de mise en service	volume produit(m³/an) 2015	volume produit (m³/an) 2016
Ménaceur	Sable de l'astien	Menaceur	C/LMenaceur	F1 Ain Khellil	2,45	50	2 002	63 035	77 117
				F2 Ain Khellil	2,20	75	2 008	80 000	69 000
				F2 bis Ain Khellil	4,00		2 014	169 000	126 000
			Tidhaf	F1 Tidhaf	1,00	100	2 008	31 536	31 536
			D Fadjana	F1 Fadjana	3,00	50	2 002	94 608	94 608
			Tighza	F1 tighza	7,78	100	2 008	245 350	245 350
Sidi Amar	Alluvion du Quaternaire d'oued El Hachem	Sidi Amar	C/L Sidi Amar	F1 Sidi Amar	7,50	100	1 986	323 994	235 857
			D Bakdiche	F1 Bakdiche	2,31			72 848	72 848
Oued sebt Gouraya	Alluvion du Quaternaire d'oued Sebt	Gouraya	C/L Gouraya M'haba et Izerghrathen et Cité Rabet	F01	6,00	50	2 002	201 762	180 458
				F02	10,00	50	2 002	350 000	290 000
			D Oued sebt	F03	5,00	50		163 000	150 000
			C/L Gouraya M'haba et Izerghrathen et Cité Rabet	F04	8,00	50	avr-02	252 000	200 000
				F05	10,00	50	mai-02	346 000	300 000
				F06	5,00	50	2 002	158 000	138 000
			Sidi Benyoussef	F07	4,00	50	2 008	126 000	115 000
Oued Kellal Gouraya	Alluvion du Quaternaire d'oued Kellal		C/L et el kelaa	F01	24,72			860 912	570 049
				F02	9,21			320 000	273 000
			F3:Sidi Brahem Complexe la crique douar Safi complexe Militaire	F03	6,11	48	2 002	234 000	192 000
			Nouraya et Bourabah	F04	1,40	50	nov-02	50 000	35 000
Cherchell	Alluvion du Quaternaire d'oued El Hachem	Cherchell	C/L Cherchell et Sidi Ghiles	F2 Cherchell	23,05		1 994	1 083 446	726 000
				F8 Cherchell	22,00			550 000	670 892
				F10 Cherchell	11,11	54	14/10/2008	390 000	350 000
				F1 Cherchell	28,61			910 000	901 000
Cherchell	Alluvion du Quaternaire d'oued El Hachem	Cherchell	Ichrifaine cherchell et D sidi Amar	F1 bis	10,27			500 000	322 000
			Hamdania Cherchell et Beldj Tipasa	F1 ex Amia	7,77			240 000	245 000
			Bordj el ghoula	F1 Hamidia	5,27		2 006	140 000	166 000
			Benkheira	F3 OEI Hachem	11,38			500 000	321 000
			Bakora	F1 Bakora	7,22		1 990	227 690	227 690

## Les Annexes

				F2 Bakora	10,00	72	2 008	0	0
			Ben Sallah et Terme elil	F4 Bakora	12,50		09/02/2008	394 200	394 200
				F1 Ben Sallah	2,00	90	2 007	0	0
Messelmoune	Alluvion du Quaternaire d'oued Messelmoune	Hajret ennous	Chef lieu	F2	12,22	35	2 005	340 119	385 091
		Messelmoune	Chef lieu	F1	23,00	23	1 985	725 000	397 952
				F2	15,00		2 016		204 000
			Morsli	F2 (Frères Morsli)	6,00	17	1 985	170 000	189 000
			Abidate	F3 (Frères Abidat)	6,00	30	1 991	170 000	188 000
Messelmoune	Calcaires fissurés	Messelmoune	Bouhriz	F1 Bouhriz	6,00	108	2 008	18 189	53 347
Oued Damous	Alluvion du Quaternaire d'oued Damous	Damous	Cité Hamidia	F1	35,00			1 253 901	1 000 000
			C/L C Bordj	F2	11,00	60	18/03/2005	41 732	347 171
Oued Harbil	Alluvion du Quaternaire d'oued Harbil	Damous	C/L ,Beni Htita et Abdou	F1	8,00		2 002	245 000	200 831
				F2	13,00	60	nov-02	250 000	316 000
			Chef lieu et zones épars	F3 (Larhat)	13,00		2 002	230 000	200 000
				F4	16,00		2 002	310 399	300 000
Oued Mellah	Alluvion Quaternaire d'Oued Mazafran	Larhat	Oued Mellah	F1	5,83	50	mars-02	200 708	181 890
Oued Larabâa	Alluvion du Quaternaire d'oued Larbaa	Sidi Semiane	Oued Larabâa	F1	3,61	25	2002	26528	82 521
				F2	6,00		2016		30 000
Aghbal	Schistes fissurés	Aghbal	C/L Aghbal	F1 (Nador)	1,94	80	2003	63020	42 273
				F2 (Lamsarth)	1,93	80	2003	62000	43 000
Oued EL Kebir	Alluvion du Quaternaire d'oued EL Kebir	Beni milleuk	Oued EL Kebir	F1	1,74	85	2007	25816	30 000
				F2	1,73	80	2008	26000	30 983
Mitidja Ouest	Alluvion du Quaternaire d'oued Mitidja Ouest	Ahmeur El Ain	Douadi	F1 Douadi	7,00			189216	200 701
				F2 bis	10,00		2016		52 000
			C/L Ahmeur El Ain et C/L Bourkika+zones épars de deux communes	F8	5,00	150	2002	160274	100 000
				F10	3,00	200	nov-02	90000	85 000
				F11	14,00	175		370000	410 000
				F12	8,00	200	10/06/2008	260000	220 000
				F13	11,00	185	08/04/2009	350000	300 000
				F15	5,00	200	04/07/2013	300000	145 000
			C/L Sidi Rached	F16	6,38	180	04/07/2013	300000	180 000
			Bouharoune , Aun Tagourait et Khemustri parfois vers Ahmeur El Ain et Bourkika	F17	20,00	150	15/03/2016		470 000

## Les Annexes

			Khelifa tayeb	F1 Khelifa tayeb	6,67	120	2007	126144	210 345
			Merkada	F1 Merkada					0
Mitidja Ouest	Alluvion du Quaternaire d'oued Mitidja Ouest	Bourkika	Kerfa	F2 Kerfa	5,00			180887	145 092
			Henni	F1 Henni	3,00	120		130000	92 000
			C/L Bourkika	F3	6,00	175	nov-02	180000	150 000
				F4	4,00	132	2005	143000	120 000
				F5	5,00		03/07/2008	142000	130 000
			Mahiedine	F6(Mahiedine)	6,00	142	2007	252288	170 000
			Sahel	F2 Sahel	9,00		2016		90 000
				F1 Sahel	0,55		29/10/2008	17344,8	0
			Chevalier	F1 Chevalier	3,89		2012	122675,04	122 675
Si Ayache	F18 Si Ayache	5,00	150	01/08/2013	157680	157 680			
Sidi Rached	Sable et grès de l'astien	Sudu Rached	C/L	F1	4,00	120	03/07/2008	112441	120 000
				F2 bis	5,00			112000	152 000
			D Si Lahouel	F7 Si Lahouel	9,00	160	05/03/2007	252288	281 900
			DSi Marouane	F1 Si Marouane	5,00	145	2004	157680	38 880
Hadjout	Alluvion du Quaternaire d'oued Bourkika	Hadjout	VSA Errahaba	F1 VSA Errahaba	6,00			200611	188 300
			C/L Hadjout et Meurad	F2	4,00			154000	126 700
				F5	14,00			500000	442 000
				F6	4,00			150000	126 099
				F9	3,00			100000	95 000
				F7 BIS	15,00		2015	580000	473 000
	Bordj larbaa	F1 Bordj larbaa	8,00	130	2001	252288	252 000		
	Abderahmane	F2Bordj larbaa	3,00	140	2007	94608	95 000		
Si othman	F1 Si othman	2,00	108	juin-02	59918,4	63 000			
	alluvion d'oued Boudjebroune	Meurad	Boudjebroune	F1	2,00	126	2006	0	0
Nador	Alluvion du Quaternaire d'oued Nador	Nador	C/L Nador	F1	8,00	85		311000	250 000
				F5	9,00	81	1984	320432	270 895
Sidi Rached	Sable et grès de l'astien	Tipasa	Ouzakou Tipasa	F3 Ouzako	16,00			520000	470 000
			Benkheira et Essehane Tipasa et Boucetta Sidi Rached	F1 Benkheira	3,00	100	15/06/1905	92195	94 000
				F2 Benkheira	4,00	105	10/11/2004	130000	120 468
Halloula (Kandouri)	Alluvion du Quaternaire d'oued halloula	Attatba	Aun TagouraitBouharoune et Khemisti	F4 bis	25,00		2015	380949	788 000
				F3BIS	20,00		2015	782000	640 000
				F6BIS	26,00		2015	683000	

## Les Annexes

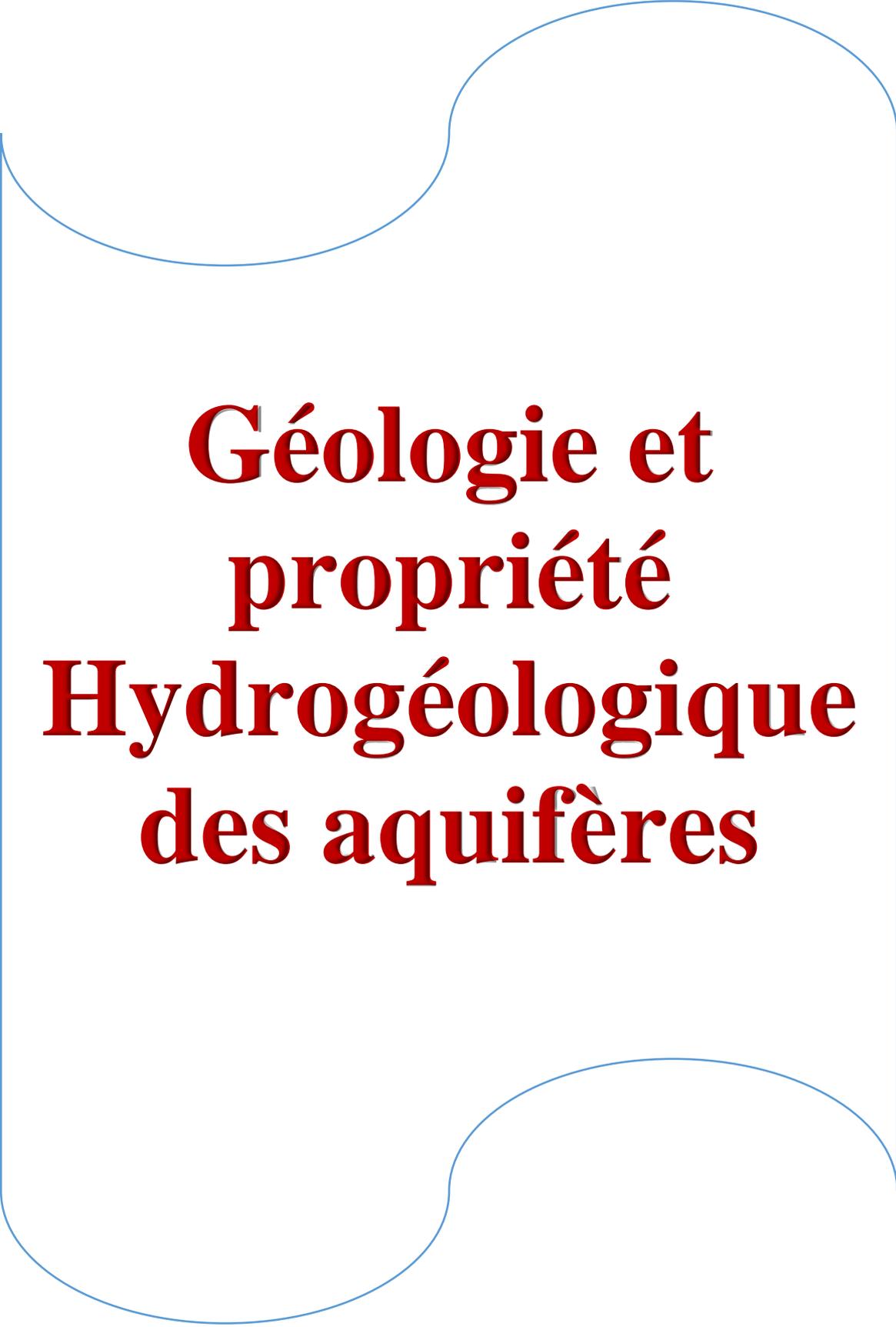
			F8	20,00	200	03/04/2014	494000	466623	
			F5	9,00		2003	0		
			F9	25,00	170	26/11/2014	382000	788000	
Berbessa	Alluvion du Quaternaire d'oued Berbessa (Mitidja Ouest)	Chaïba	Koléa	F1 VSA	8,00			0	0
			Fouka	F2Berbessa	8,00	172	2003	390000	242383
			Chaïba	F3 Berbessa	4,00		2002	130866	242300
			Zone haute de	F4	13,33	145	mars-02	0	0
			Bou Ismail	F5 bis	12,00		2016		301000
				F6 bis	9,00		2016		283000
				F7	23,64	160	2004	810000	386000
				F8	13,00	200	2004	490000	406000
				F9	17,00	125	2009	580000	536000
Attatba	Alluvion du Quaternaire d'oued djer	C/L Attatba	F804 (F14)	10,43	166	2010	329071	200000	
			F805 (F15)	11,90		2010	376000	280000	
			FA5	10,81			340000	250000	
			FA6	11,90	140	2005	376000	290000	
			FA7bis	10,72		2015	339000	280000	
		Bouchakour	F1	6,67			210000	9849	
		Chenoui	F1	11,71	145	nov-02	369000	284000	
		Safrani	F1	7,01	140	07/04/2010	55000	90000	
		VSA Halloula	F2	8,00	122	2004	231720	260383	
		Tayeb EL Djoughlali	F2	10,00	110	2006	241710	306539	
		Rahmane Attatba et 40 logts Sidi Rached	F3	7,00	145	13/02/2008	266322	120000	
			F2	7,50		2016		130818	
		Yafouffi et Mellasse	F1	11,00	150	30/09/2008	300515	142497	
			F2	5,00			201000	80000	
Zaimi	F1 bis	8,00	142	04/03/2009	249202	232639			
Koléa	Alluvion Quaternaire d'Oued Mazafran	Koléa	l'eau de ces forages est refoulée vers RV 30000 m3 Mouaz qui sera mélangée avec les eaux de la SDEM vers 17 communes	F7	13,00	130		408082	335557
				F11	6,00	112	1992	185000	170000
				F12	17,00	185	07/2002	510000	520000
				F14	15,00	136	04/2004	472000	350000
				F17	27,00	138	04/2007	850000	580000
				F18	16,00	125	13/09/2009	500000	450000

## Les Annexes

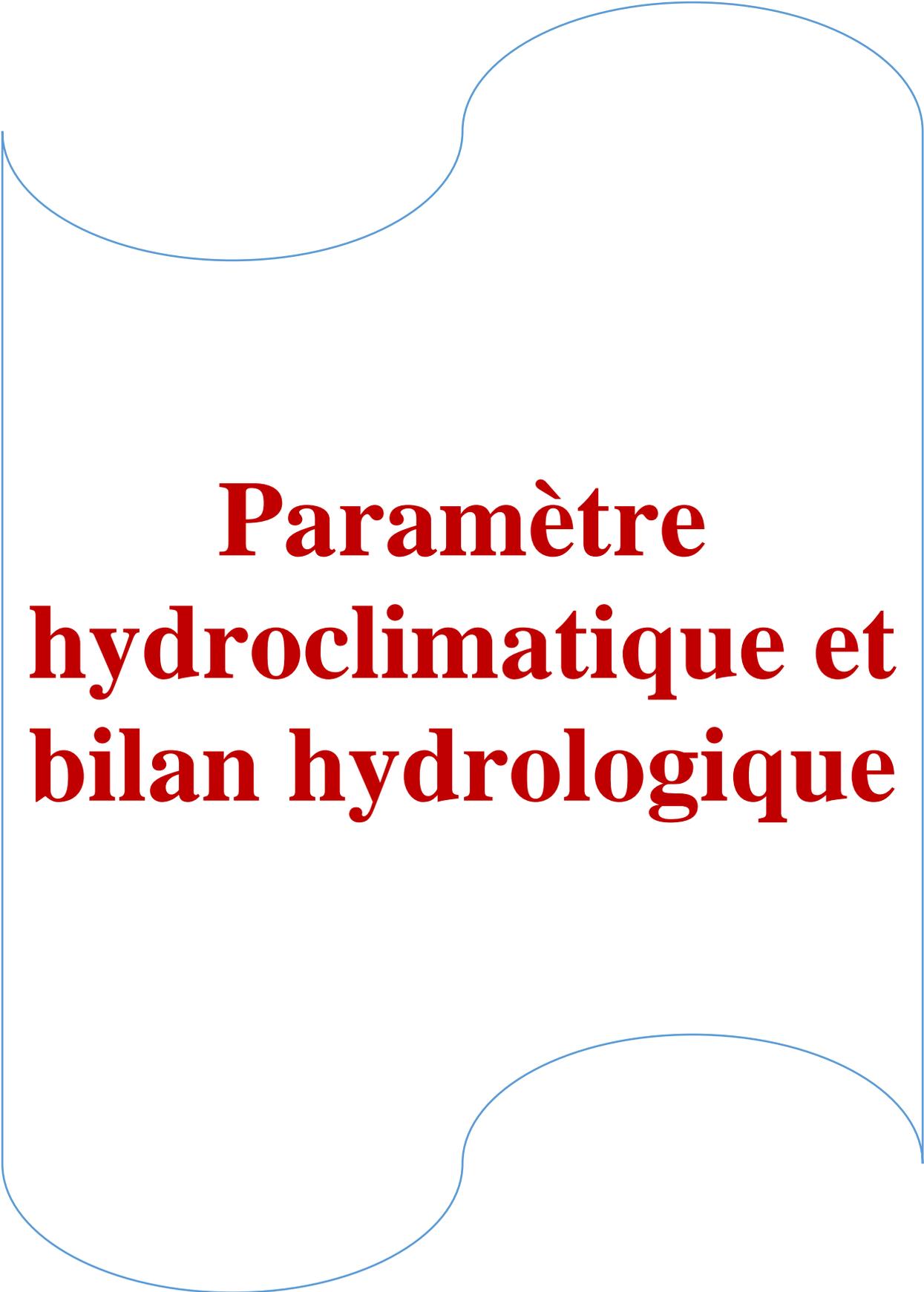
			d Kisserli +RV 30000 M3Mouaz	F15	13,00	136	2005	408000	450 000
Tektaka	Alluvion Quaternaire d'Oued Mazafran	Chaiba	Bou Ismail +Quota Douar Tektaka Chaiba	F1 bis	5,00		06/200 3	155616	150 703
				F2 bis	9,00	150	2003	280000	260 000
				F3	18,00	145		410000	507 000
				F6	17,00	160	03/200 2	486000	260 000
				F8 bis	9,00	200		330000	260 000
				F9	12,00		2009	327000	370 000
				F10	13,00	165	2010	405000	404 000
				F3BIS	18,00		2016		520 000
<b>Total</b>				<b>136</b>				<b>35 540 816</b>	<b>32 774 690</b>



# **Présentation de la zone d'étude**



**Géologie et  
propriété  
Hydrogéologique  
des aquifères**



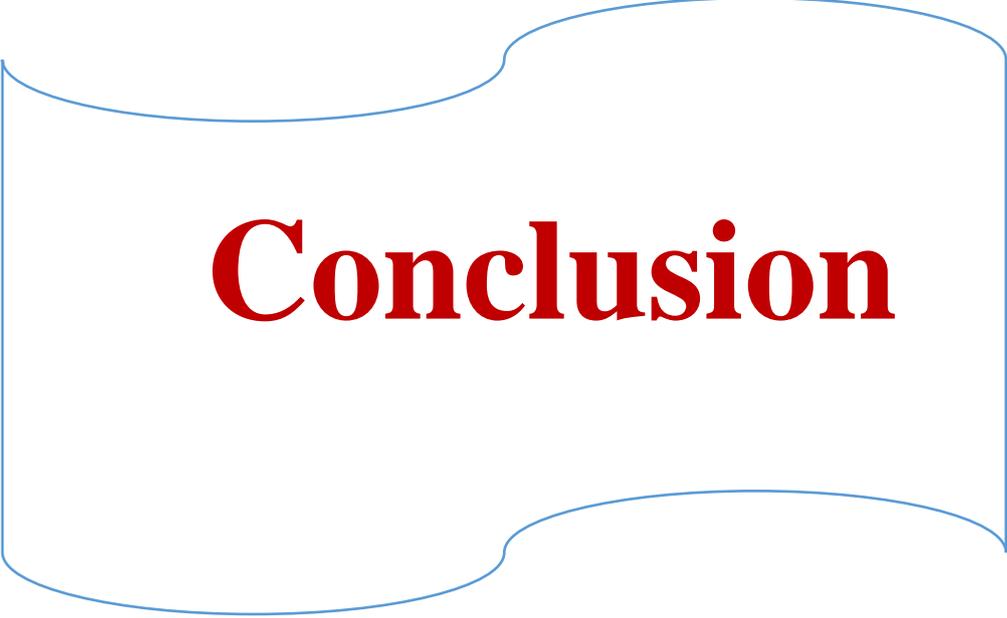
**Paramètre  
hydroclimatique et  
bilan hydrologique**



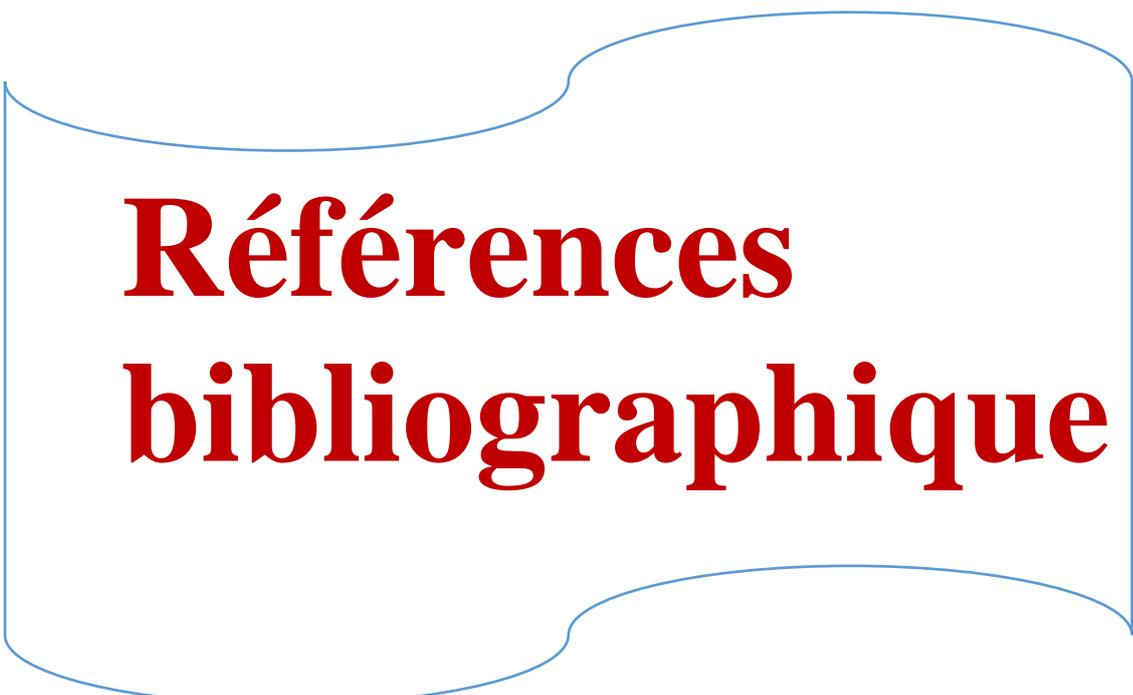
# **Introduction**



**Estimation des  
réserves en eau  
souterraines**



# **Conclusion**



**Références  
bibliographiques**