

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة
Année 2009

Faculté des Sciences de la Terre
Département de géologie

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

MAGISTER

THEME

**Ressources en eau et Essai de la gestion intégrée dans la vallée Sud
d'Oued Righ (W. Ouargla)
(Sahara septentrional algérien)**

Option : Hydrogéologie environnemental et modélisation

Par : Bouznad Imad Eddine

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Zouini .D M.C Univ. Badji Mokhtar- Annaba

DEVANT LE JURY :

Président :	Mr. Kherici.N	Pr.	Univ. Badji Mokhtar-Annaba
Examineurs :	Mme. Bousnoubra.H	Pr.	Univ. Badji Mokhtar-Annaba
	Mr. Derradji.F	M.C	Univ. Badji Mokhtar-Annaba

Remerciements

Au terme de ce travail, nous ne manquons d'adresser mes sincères remerciements à tous ce qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Ma premières reconnaissances sont adressées tout d'abord à mon promoteur, Monsieur Zouini Derradji qui a déployé ses efforts, pour nous faire profiter de ces vastes connaissances, de part son suivi continu et ces conseils fructueux et judicieux. Il nous a permis d'élaborer ce mémoire et qui sans aides, ce travail n'aurait point vu de jour.

Je voudrais également remercier les membres de jury, pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre mon travail :

- ❖ Mr Kherici.N, Pr. de l'université de Annaba.*
- ❖ Mme Bousnoubra.H, Pr. de l'université de Annaba.*
- ❖ Mr Derradji.F, M.C. de l'université de Annaba*

Je remercie toute l'équipe de l'ANRH de Touggourt particulièrement MR: Sayah Lambarek youcef, qui a met à notre disposition tous les documents nécessaires, constituant la base de ce travail. Ainsi que MR: ELALMI Foudil, Ben GuegaSalah et Senousi Salim.

Je remercie affectueusement MR Benhamza Messaoud qui m' a largement aidé au cours de la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont aux responsables de la direction de l'ADE de Touggourt.

Enfin, je tient à remercier tous les amis qui m'ont aidés et encouragés pour réaliser ce mémoire, je site spécialement Belksier.M et Boucena.F.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui me

Sont les plus chers au monde:

A la mémoire du plus chers du monde

Mon père qui nous a quitté pour toujours,

Repose toi en paix cher père. Je tiens toujours à ma promesse,

Je prie dieu le tout puissant de t'accueillir en son vaste paradis.

A ma très chère mère, qui a su m'élever,

Et m'orienter vers le droit chemin,

C'est également l'exemple d'une mère généreuse qui s'est sacrifiée jour après jour

pour notre bonheur, qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde

reconnaissance.

A mon grand frère Radouane, qui n'a jamais hésité de me présenter son immense

aide moral et financier.

A ma petite sœur Souhila l'unique de sa qualité et qu'elle m'a toujours porté dans

ces yeux et sur sa tête.

Imad Eddine

Liste des abréviations

- ABHS** : Agence de Bassin Hydrographique du Sahara.
- ADE** : Algérienne des Eaux.
- AEA** : Alimentation en eau pour l'agriculture.
- AEI** : Alimentation en eau pour l'industrie.
- AEP** : Alimentation en eau potable.
- AGID** : Agence de gestion pour l'irrigation et le drainage
- ANBT** : Agence Nationale des Barrages et de Transfert.
- ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
- CDARS** : commissariat de développement aux régions sahariennes
- CI** : continental intercalaire
- CT** : complexe terminal
- DHW** : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.
- DPAT** : Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire.
- DSA** : Direction des Services Agricoles.
- ERESS** : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional
- GIRE** : Gestion Intégrée des Ressources en Eau.
- MRE** : Ministère des Ressources en Eau.
- OMS** : Organisation mondiale de la santé.
- ONA** : Office National d'Assainissement.
- ONID** : Office National d'Irrigation et de Drainage.
- ONM** : Office National de Météorologie.
- ONS** : Office National de Statistiques.
- OSS** : Organisation du Sahara septentrional.
- SASS** : Système aquifère du Sahara septentrional.
- SAT** : Surface agriculture total.
- SAU** : Surface agriculture utilisée.
- STEP** : Station d'épuration.

Résumé

Elle occupe une superficie de 1874 km², représente administrativement 8 communes et englobe un nombre de population de 200916 habitants. La vallée sud d'Oued Righ est une unité de ressources en eau située au Sud Est Algérien, elle possède un réservoir très important des ressources hydriques : nappe phréatique, complexe terminal CT et la nappe albienne CI.

L'étude géologique nous a permis d'identifier la stratigraphie régionale qui allant de Mi pliocène jusqu'au Quaternaire. Le climat de la région est comme le climat saharien, se caractérise par une température élevée et un faible taux de précipitation, d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif.

L'application du concept de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée d'Oued Righ vient à résoudre les problèmes d'ordre quantitatifs et qualitatifs affectés tous les activités. Commencant en premier pas, par la mise en oeuvre de certaines mesures préliminaires permettront à un certain degré de réduire la consommation de l'eau, rabattre la nappe phréatique ce qui permettra au sol d'augmenter son pouvoir épurateur, réutilisation agricole des eaux évacuées et maintenir le site de rejets de point de vue écologique et sanitaire.

Une telle stratégie dans la vallée Sud d'Oued Righ contribue à optimiser les effets des rejets sur la qualité environnementale ainsi que la qualité des eaux restaurées sur le développement de l'agriculture locale.

Abstract

It occupies a surface of 1874km², represents 8 communes administratively and includes a number of populations of 200916 inhabitants, the valley of wadi Righ is a unit of resource water located at Algerian south-east. It has a reserve very Important of the hydrous resources: Ground water, the final complexes (CF) and gault (CI).

The geological investigation enables us to identify the regional stratigraphy which energy of miopliocène until the quaternary. The climate of the area is as the Saharan climates characterized by a high temperature and a weak rate of precipitation, of an important evaporation and an excessive solar radiation.

The application of the concept of the integrated management of the water resources in the valley of wadi Righ has suddenly solved these affected problems of a quantitative and qualitative nature all the activities. Starting, in first step, by the setting of certain preliminary measurements to allow unquestionable a degree to reduce the consummation of the water, to fold back the tablecloth, which to allow on the ground to increase its purifying capacity, agricultural reuse of evacuated water and maintain site of rejections from ecological and medical point of view.

Such a strategy in the valley of wadi Righ contributes to optimize the effects of the rejections on environmental quality as well as the quality of the water restored on the development of local agriculture.

ملخص

يتربع على مساحة 1874 كلم²، يمثل إداريا 8 بلديات و يقطنه 200916 نسمة ، غور وادي ريغ هو وحدة للموارد المائية تقع في الجنوب الشرقي الجزائري ، يمتلك خزان كبير جدا من المياه الجوفية: طبقة المياه السطحي، طبقة ال CI و طبقة ال CT .

الدراسة الجيولوجية سمحت لنا بالتعرف على الطبقات الجهوية التي توضع من عهد المييلبوسان إلى العهد الرابع. مناخ المنطقة مماثل للمناخ الصحراوي إذ يتميز بدرجة حرارة مرتفعة و بقلّة التساقط، كما يتميز بنسبة تبخر عالية و بأشعة شمسية مفرطة.

جاء مفهوم التسيير المندمج للموارد المائية في غور وادي ريغ بهدف حل هذه المشاكل ذات الطابع الكمي والكيفي التي تعاني منها كل النشاطات، تطبيقه بدأ بوضع بعض المعايير الأولية التي مكنت إلى درجة ما من تقليص استغلال المياه، خفض مستوى المياه الجوفية الذي يسمح للتربة بزيادة القدرة على التصفية، إعادة استعمال المياه المصروفة للسقي و حماية موقع الصرف من الناحية البيئية و الصحية.

هذه الإستراتيجية المتخذة في غور وادي ريغ ستساهم في وضع نضام من اجل صرف كميات المياه المسؤولة عن صعود المياه و ذلك لتخفيف تأثيرات المياه المصروفة على البيئة و كذا نوعية المياه المسترجعة على التطور المحلي للفلاحة.

Sommaire

Introduction Général.....	1
<i>Chapitre I : les caractéristiques naturelles de la vallée Sud d'Oued Righ</i>	
introduction.....	3
I. le cadre géographique	3
1. la situation géographique de la zone d'étude.....	3
2. Géomorphologie et Topographie.....	5
3. Climat et Végétation	5
4. Aperçu socio-économique	6
II. le cadre géologique.....	7
1. Cadre géologique régional	7
1.1. Les bassins sédimentaires de la plate forme saharienne	7
1.1.1. Bassin Tindouf et Reggane	8
1.1.2. Bassin de Bechar	8
1.1.3. Bassin de l' Ahnet-Timimoun	8
1.1.4. Bassin de Mouydir et de l' Aguemour-Oued Mya	8
1.1.5. La synéclyse d' Illizi-Ghadames	8
2. Cadre géologique local de Oued Righ	10
2.1. Cadre stratigraphique et paléontologique de la région d étude	12
2.1.1. Les formations de l' Ere Secondaire.....	13
2.1.2. Les formations de l' Ere Tertiaire	15
2.1.3. Les formations d' âge Quaternaire.....	17
3. Tectoniques	17
3.1. Tectonique générale.....	17
3.2. Paléogéographie	19
III. les données climatiques et sols	19

1. Etude des paramètres climatiques	20
1.1. La répartition des pluies mensuelles, annuelles et saisonnières.....	20
1.1.2. Répartition moyenne interannuelle des précipitations.....	21
1.1.3. Répartitions saisonnières des précipitations	22
1.2. La répartition des températures mensuelles et annuelles	23
1.2.1. La répartition des températures mensuelles	23
1.2.2. La répartition des températures annuelles	24
1.3. Synthèse climatique	25
1.3.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	25
1.3.2. Quotient pluviométrique d' EMBERGER	26
1.3.3. Indice d'aridité	27
1.4. Humidité relative de l'air	28
1.5. Les Vents	29
1.6. La durée d'insolation	29
1.7. Le bilan hydrique	30
1.7.1. Estimation de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle).....	31
1.7.1.1. D'après la formule de C.W .Thornthwaite	31
1.7.2. Estimation de la RFU(réserve facilement utilisable)	31
1.7.3. Estimation de l'ETR (l'évapotranspiration réelle).....	31
1.7.3.1. ETR selon la formule de Turc	31
1.7.3. 2. L'ETR selon la C.W .Thornthwaite	32
2. Les données des sols de la vallée Sud d'Oued Righ.....	33
2.1. Caractérisation générale des sols.....	33
2.1.1. Le premier profil	33
2.1.1.1. Classification	33
2.1.1.2 .Description morphologique.....	34
2.1.2. Le deuxième profil.....	34
2.1.2.1. Classification	34

2.1.2.2. Description morphologique	35
conclusion.....	35

Chapitre II : les ressources en eau de la vallée Sud d'Oued Righ

introduction.....	37
I. les eaux de surface	37
1. Les lacs.....	37
2. Le canal de oued Righ	38
2.1. Caractéristiques du canal	38
2.2. Calcul des paramètres hydrauliques par la méthode du jaugeage au moulinet.	39
2.2.1. Les Stations de mesure.....	41
2.2.2. Les Paramètres hydrauliques.....	41
2.3. Interprétation des résultats.....	42
2.3.1. Evolution du débit du canal au niveau des stations hydrométriques	43
II. le système aquifère et l'eau souterraine de la vallée Sud d'Oued Righ.....	45
1. La nappe phréatique.....	47
2. La nappe du complexe terminal (le Pontien CT)	48
2.1. La première nappe des sables CT1	48
2.2. La deuxième nappe CT2	48
2.3. La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3	48
2.4. la piézométrie de la nappe complexe terminal.....	49
3. La nappe du continental intercalaire (albienne CI)	50
3.1. Limites et morphologie du continental intercalaire	50
3.2. Toit du réservoir	51
3.3. Alimentation	52
3.4. Les exutoires.....	52
3.5. Épaisseur du réservoir	52
3.6. La piézométrie de la nappe continental intercalaire.....	53
4. Aperçu historique des études hydrogéologiques dans la région d'étude	55

4.1. Étude d' ERESS.....	56
4.2. Étude de SASS	56
III. les ressources et diagnostique de l'état actuel des eaux.....	57
1. la répartition de l'infrastructure hydraulique dans la vallée Sud d'Oued Righ....	57
1.1. Les forages.....	57
1.2. Les réservoirs de stockages.....	59
1.3. Stations d'épuration.....	59
1.3.1. Données Techniques de la station.....	60
1.3.2.Étapes de traitement	60
2. les problèmes posés par l'évolution hydrauliques	61
2.1. La remontée des eaux	61
2.2. La chute de l'artésianisme	62
2.3. La dégradation du canal de Oued Righ.....	62
2.4. Problème de la salinité.....	63
3. Analyse des causes principales de cette problématique.....	64
3.1. La croissance démographique.....	64
3.1.1. L'évolution de la population	64
3.1.2. Répartition de la population par commune.....	65
3.2. L'évolution du nombre des forages	66
3.3. Le développement agricole	68
3.4. Les rejets des eaux usées.....	69
4. Interaction entre les différents facteurs liés sur le secteur hydraulique.....	70
5. La mobilisation des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ	71
6. L'affectation des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ	72
conclusion.....	75
 <i>Chapitre III : Approche qualitatif des ressources en eau de la vallée Sud d'Oued Righ</i>	
Introduction.....	76
I. Interprétation des analyses chimiques de la nappe phréatique.....	76

1. Paramètres physiques.....	76
1.1. La Température	75
1.2. Potentiel hydrogène pH.....	77
1.3. Le potentiel d'oxydo réduction (Eh)	78
1.4. Conductivité électrique	78
1.5. Dureté totale	79
1.6. Résidu sec	79
2. Paramètres chimiques.....	80
2.1. Détermination des faciès chimiques.....	80
2.1.1 Diagramme de Piper.....	80
2.2. La répartition de éléments chimiques.....	81
2.2.1. Les cations.....	81
2.2.2. Les Anions	82
2.3. Aptitude des eaux à l'irrigation	83
2.3.1. Diagramme de Richards (Reverside).....	84
2.4. Potabilité des eaux de la nappe phréatique.....	85
II. Interprétation des analyses chimiques de la nappe du complexe terminal (CT)..	85
1. Paramètres physiques.....	85
1.1. La Température	85
1.2. Potentiel hydrogène pH.....	85
1.3. Le potentiel d'oxydo réduction (Eh)	86
1.4. La Conductivité électrique	86
1.5. Dureté totale.....	87
2. Les paramètres chimiques.....	87
2.1. La Détermination des faciès chimiques	87
2.1.1. Diagramme de Piper	87
2.2. La cartographie des éléments chimiques.....	87
2.2.1. Les cations.....	87

2.2.2. Les Anions.....	89
2.3. Aptitude des eaux à l'irrigation	91
2.3.1. Diagramme de Richards (Riverside).....	91
2.4. Potabilité des eaux de la nappe du complexe terminal.....	92
III. Interprétation des analyses chimiques de la nappe du continental intercalaire (CI).....	93
1. Paramètres physiques.....	93
1.1. La Température	93
1.2. Potentiel hydrogène pH.....	93
1.3. Le potentiel d'oxydo réduction (Eh)	94
1.4. Conductivité électrique	94
1.5. Dureté totale.....	94
2. Interprétations des analyses chimiques.....	95
2.1. Détermination des faciès chimiques	95
2.1.1. Diagramme de Piper	95
2.2 La cartographie des éléments chimiques.....	95
2.2.1. Les cations.....	95
2.2.2. Les Anions.....	97
2.3. Aptitude des eaux à l'irrigation	99
2.3.1. Diagramme de Richards (Riverside).....	99
2.4. Potabilité des eaux de la nappe du continental intercalaire (CI).....	100
Conclusion.....	101
<i>Chapitre IV : Besoin, utilisation, demande en eau et essai de gestion intégrée des ressources en eau</i>	
Introduction.....	102
I. Besoins, utilisation et demande en eau.....	102
1. l'alimentation en eau potable (AEP).....	102
1.1. Les Besoins et les demandes future en eau potables dans la vallée Sud d'Oued Righ	104

2. l'alimentation en eau pour l'agriculture (AEA).....	106
2.1. La répartition des Surfaces agricoles dans la vallée Sud d'Oued Righ	107
2.2. La répartition des palmiers dattiers dans la vallée Sud de Oued Righ.....	107
2.1.2. Le réseau d'irrigation.....	109
2.1.3. Le réseau de drainage.....	109
2.2. Les besoins et les demandes futures en eau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ	112
3. L'alimentation en eau industrielle (AEI).....	113
3.1. Les besoins future en eau industrielle dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	115
4. Les besoins en eau globales dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	116
5 .La confrontation besoins /ressources.....	117
II.Essai de gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ.	118
1. la structure institutionnelle de la gestion des ressources en eau.....	119
Références bibliographiques	
1.1. Les institutions du secteur public en Algérie.....	119
2. Stratégie et vision de gestion des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ	120
2.1. Les principales recommandations pour la mise en place d'une stratégie de la gestion de l'eau dans la vallée Sud d'Oued Righ	121
2.1.1. Stratégie pour l'eau potable.....	121
2.1.2. Stratégie pour l'eau d'irrigation.....	122
2.1.2.1. Techniques d'irrigation.....	122
2.1.2.2. Réutilisation des eaux de drainage.....	123
2.1.3. Stratégie pour les eaux usées.....	123
2.1.4. Stratégie social.....	125
2.1.5. Stratégie pour l'aménagement des eaux de surface	126
conclusion.....	127
Conclusion générale.....	128

Liste des figures

<i>N° de figure</i>	<i>Titre de figure</i>	<i>Page</i>
Figure n° 01 :	situation géographique de la zone d'étude par rapport l'Algérie.....	04
Figure n° 02 :	répartition de la zone d'étude par commune.....	05
Figure n° 03 :	vue du lac de Temacine.....	06
Figure n° 04 :	Carte des bassins sédimentaires (d'après Sonatrach)	07
Figure n° 05 :	Coupe géologique du Sahara Septentrionale d'après UNESCO.....	09
Figure n° 06 :	carte géologique du Sahara orientale 1/1000 000. extrait de la carte géologique nord ouest de l'Afrique (1976).	11
Figure n° 07 :	Coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par la Vallée de Oued Righ (A.Cornet, 1962). Modifié.....	12
Figure n° 08 :	Log stratigraphique synthétique schématique de la région de Touggourt.	16
Figure n° 09 :	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (1975 – 2007) Station.....	21
Figure n° 10 :	Répartitions moyennes interannuelles des pluies (1975-2007) station de Touggourt.....	22
Figure n° 11 :	Répartitions saisonnières des précipitations en % (Station de Touggourt)	23
Figure n° 12 :	Histogramme des températures moyennes mensuelles (1975-2007) Station de Touggourt.....	24
Figure n° 13 :	Répartitions moyennes interannuelles des températures (1975-2007).....	25
Figure n° 14 :	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN période (1975-2007).....	26
Figure n° 15 :	Climagramme d'EMBERGER.....	27
Figure n° 16 :	Répartition moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité aux stations De Touggourt (%) (1975/2007)	28
Figure n° 17 :	Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la vitesse des vents aux stations de Touggourt V (m/s) (1975/2007).....	29
Figure n° 18 :	Répartition moyenne mensuelle d'insolation a la station de Touggourt...	30
Figure n° 19 :	prise de vue du lac de Temacine.....	38
Figure n° 20 :	prise de vue du lac de Megarine.....	38
Figure n° 21 :	vue de section du canal d'Oued Righ Sud.....	39

Figure n° 22 : Variation du débit en fonction de la longueur du canal.....	43
Figure n° 23 : histogramme de l'évolution de débit du canal à la station Ranou.....	44
Figure n° 24 : histogramme de l'évolution de débit du canal à la station de Sidi Slimane.....	45
Figure n° 25 : coupe hydrogéologique synthétique de sahara septentrionale (UNESCO 1972).	46
Figure n° 26 : Carte des ressources en eau souterraines (continental intercalaire et complexe terminal), extrait de recueil des communications 1, 2002.....	47
Figure n° 27 : coupe hydrogéologique du complexe terminal de la région de Oued Righ (ANRH)	49
Figure n° 28 : carte piézométrique de la nappe du complexe terminal (Sass 2003).....	50
Figure n° 29 : Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du C (UNESCO, 1972)	51
Figure n° 30 : carte piézométrique de la nappe du continental intercalaire (d'après SASS 2003)	54
Figure n° 31 : Schéma récapitulatif des nombres de forages dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	58
Figure n° 32 : Photos de la station d'épuration de Touggourt.....	59
Figure n° 33 : La remontée de la nappe phréatique dans la région de Touggourt (Tatawine)	61
Figure n° 34 : Destruction des berges du canal en sable à cause des turbulents.....	62
Figure n° 35 : la salinité dans les palmeraies.....	63
Figure n° 36 : Palmeraies dégrader par la salinité.....	63
Figure n° 37 : l'évolution de la population d'Oued Righ Sud par commune.....	64
Figure n° 38 : la densité de la population dans la vallée d'oued Righ Sud.....	6
Figure n° 39 : courbe d'évolution du nombre des forages dans la région d'Oued Righ..	67
Figure n° 40 : la courbe d'évolution du nombre des palmiers dans la vallée Sud d'Oued Righ	68
Figure n° 41 : Les rejets des eaux usées dans le canal d'Oued Righ.....	69
Figure n° 42 : Interaction entre les différents secteurs liés à l'eau et leurs impacts sur la vallée Sud d'Oued Righ.....	70
Figure n° 43 : Taux de mobilisation des ressources en eaux souterraines dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	72
Figure n° 44 : Affectation des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	73

Figure n° 45 : Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	74
Figure n° 46 : histogramme de la variation de pH dans la nappe libre.....	77
Figure n° 47 : histogramme de la variation de la Conductivité électrique dans la nappe libre.....	79
Figure n° 48 : La représentation du diagramme de Piper de la nappe phréatique.....	80
Figure n° 49 : la répartition des concentrations des cations dans la nappe libre.....	82
Figure n° 50 : la répartition des concentrations des anions dans la nappe libre.....	83
Figure n° 51 : La représentation du diagramme de Richards de la nappe phréatique.....	84
Figure n° 52 : histogramme de la variation de pH des eaux de la nappe CT.....	86
Figure n° 53 : Carte d'iso teneurs de la conductivité électrique des eaux de la nappe CT	86
Figure n° 54 : La représentation du diagramme de Piper de la nappe CT.....	87
Figure n° 55 : Carte d'iso teneurs du Ca ⁺⁺ dans les eaux de la nappe CT.....	88
Figure n° 56 : Carte d'iso teneurs du Mg ⁺⁺ Dans les eaux de la nappe CT.....	89
Figure n° 57 : Carte d'iso teneurs du Na ⁺⁺ k ⁺ Dans les eaux de la nappe CT.....	89
Figure n° 58 : Carte d'iso teneurs du Cl ⁻ dans La nappe CT.....	90
Figure n° 59 : Carte d'iso teneurs du So ₄ [—] dans La nappe CT.....	90
Figure n° 60 : Carte d'iso teneurs du Hco ₃ ⁻ dans les eaux de la nappe CT.....	91
Figure n° 61 : La représentation du diagramme de Richards de la nappe CT.....	92
Figure n° 62 : histogramme de la variation de pH des eaux de la nappe CI.....	93
Figure n° 63 : Carte d'iso teneurs de la conductivité électrique des eaux de la nappe CI	94
Figure n° 64 : La représentation du diagramme de Piper de la nappe CI.....	95
Figure n° 65 : Carte d'iso teneurs du Ca ⁺⁺ dans les eaux de la nappe CI.....	96
Figure n° 66 : Carte d'iso teneurs du Mg ⁺⁺ dans Les eaux de la nappe CI.....	97
Figure n° 67 : Carte d'iso teneurs du Na ⁺⁺ k ⁺ dans Les eaux de la nappe CI.....	97
Figure n° 68 : Carte d'iso teneurs du Cl ⁻ dans les eaux de la nappe CI.....	98
Figure n° 69 : Carte d'iso teneurs du So ₄ ⁻⁻ dans la nappe CI.....	99
Figure n° 70 : Carte d'iso teneurs du Hco ₃ ⁻ dans la nappe CI.....	99
Figure n° 71 : La représentation du diagramme de Richards de la nappe CI.....	100
Figure n° 72 : la courbe d'évolution de la population dans la région d'Oued Righ Sud.	105
Figure n° 73 : Evolution dans le temps des besoins en eau potables dans La vallée Sud d'Oued Righ.....	106
Figure n° 74 : l'évolution des palmiers par commune dans la région d'Oued Righ Sud.	108
Figure n° 75 : La répartition des palmeraies dans la région d'Oued Righ sud.....	109

Figure n° 76 : l'évolution de la longueur du réseau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	110
Figure n° 77 : l'évolution de la longueur du réseau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	111
Figure n° 78 : la courbe d'évolution de la superficie agricole utilisée dans la région d'Oued Righ Sud.....	112
Figure n° 79 : Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans La vallée Sud d'Oued Righ.....	113
Figure n° 80 : la répartition des besoins en eau pour l'industrie dans la région d'oued Righ Sud.	115
Figure n° 81 : Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans La vallée Sud d'Oued Righ	116
Figure n° 82 : Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La vallée Sud d'Oued Righ.....	117
Figure n° 83 : Confrontation des potentialités reconnues- ressources mobilisées- besoins globaux.....	118
Figure n° 84 : Principe d'une station à filtres plantés de roseaux.....	125

Liste Des Tableaux

<i>N° de tableau</i>	<i>Titre de tableau</i>	<i>Page</i>
Tableau n° 01 :	Répartition de la superficie et de la population par commune.....	04
Tableau n° 02 :	Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952).....	18
Tableau n° 03 :	Les coordonnées géographiques de la station de Touggourt.....	20
Tableau n° 04 :	Variations des précipitations moyennes mensuelles (1975 – 2007) Station de Touggourt.....	20
Tableau n° 05 :	Variations des précipitations moyennes interannuelles (1975 – 2007) Station de Touggourt.....	21
Tableau n° 06 :	Répartitions saisonnières des précipitations (Station de Touggourt)...	22
Tableau n° 07 :	Données des moyennes mensuelles des températures (1975-2007) Station	23
Tableau n° 08 :	Données des moyennes interannuelles des températures (1975-2007) Station de Touggourt.....	24
Tableau n° 09 :	Répartition moyenne mensuelle de l'humidité aux stations de Touggourt (%) (1976-2007)	28
Tableau n° 10 :	Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la vitesse des vents aux stations de Touggourt V (m/s) (1975/2007).....	29
Tableau n° 11 :	Répartition moyenne mensuelle d'insolation aux stations de Touggourt.....	30
Tableau n° 12 :	L'ETR selon Turc à la station de Touggourt.....	32
Tableau n° 13 :	Résultats des calculs de l'ETR par les différentes méthodes.....	32
Tableau n° 14 :	Bilan hydrique selon C.W. Thornthwaite à la station de Touggourt....	32
Tableau n° 15 :	Résultat des analyses du sol pour le profile 01.....	34
Tableau n° 16 :	Résultat des analyses du sol pour le profile 02.....	35
Tableau n° 17 :	Coordonnées géographiques (GPS) et topographie des Stations.....	41
Tableau n° 18 :	Résultats des paramètres hydrauliques aux stations de jaugeage.....	42
Tableau n° 19 :	Résultats des débits de chaque station (au moulinet).....	43
Tableau n° 20 :	Répartition du débit du canal à Station Ranou.....	44
Tableau n° 21 :	Répartition du débit du canal à Station Sidi Slimane.....	44
Tableau n° 22 :	Données générales sur la nappe du continentale intercalaire	53

Tableau n° 23 :	Tableau récapitulatif du système hydrogéologique du bas Sahara.....	55
Tableau n° 24 :	Tableau récapitulatif des résultats obtenus par l'étude ERESS.....	56
Tableau n° 25 :	Réservoirs de stockage et leurs capacités.....	59
Tableau n° 26 :	Suivi des sous produits de prétraitement.....	60
Tableau n° 27 :	Résultats de l'auto surveillance des entrées et des sorties dans la STEP	60
Tableau n° 28 :	évolution de la population d'Oued Righ Sud par commune.....	64
Tableau n° 29 :	Répartition de la superficie, la population et la densité de la population par commune.....	65
Tableau n° 30 :	nombre de forages réels.....	67
Tableau n° 31 :	nombre de forages estimés.....	67
Tableau n° 32 :	nombre des palmiers réels.....	68
Tableau n° 33 :	nombre des palmiers estimés.....	68
Tableau n° 34 :	la situation de l'assainissement et des rejets des eaux usées.....	69
Tableau n° 35 :	Potentiel hydrique global dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	71
Tableau n° 36 :	La répartition de l'utilisation des eaux dans la vallée Sud d'Oued Righ	72
Tableau n° 37 :	Les valeurs des pH dans la nappe libre.....	77
Tableau n° 38 :	Les valeurs de la Conductivité électrique dans la nappe libre.....	78
Tableau n° 39 :	Classification des eaux souterraines selon la dureté totale.....	79
Tableau n° 40 :	Les valeurs du résidu sec dans la nappe libre.....	80
Tableau n° 41 :	Les valeurs des pH dans la nappe CT.....	81
Tableau n° 42 :	Tableau comparatif de la concentration des cations avec les normes de et l'OMS norme algérienne eaux souterraines de la nappe CT.....	92
Tableau n° 43 :	Les valeurs des pH dans la nappe CI.	93
Tableau n° 44 :	Tableau comparatif de la concentration des cations avec les normes de l'OMS et norme algérienne eaux souterraines de la nappe CI.....	100
Tableau n° 45 :	Situation actuelle de l'alimentation en eau potable dans la région d'Oued Righ Sud.....	103
Tableau n° 46 :	Tableau récapitulatif des caractéristiques des forages destinés à l'AEP dans la région d'Oued Righ Sud.....	104
Tableau n° 47 :	l'évolution de la population dans la région d'Oued Righ Sud.....	105
Tableau n° 48 :	Les besoins futurs en eau potables dans La vallée Sud d'Oued Righ..	105
Tableau n° 49 :	l'état actuel de la superficie agricole à travers la vallée Sud d'Oued Righ.....	107

Tableau n° 50 :	l'évolution du nombre des palmiers répartis dans la vallée Sud d'Oued Righ.....	108
Tableau n° 51 :	la longueur du réseau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ....	110
Tableau n° 52 :	la longueur du réseau de drainage dans la vallée Sud d'Oued Righ....	111
Tableau n° 53 :	l'évolution de la population dans la région d'Oued Righ Sud.....	112
Tableau n° 54 :	Les besoins futurs en eau pour l'agriculture dans La vallée Sud d'Oued Righ.....	113
Tableau n° 55 :	les caractéristiques des unités industrielles et leurs besoins en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ.	114
Tableau n° 56 :	Les besoins futurs en eau pour l'industrie dans La vallée Sud d'Oued Righ... ..	115
Tableau n° 57 :	Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La vallée Sud d'Oued Righ.....	117

Liste des abréviations

- ABHS** : Agence de Bassin Hydrographique du Sahara.
- ADE** : Algérienne des Eaux.
- AEA** : Alimentation en eau pour l'agriculture.
- AEI** : Alimentation en eau pour l'industrie.
- AEP** : Alimentation en eau potable.
- AGID** : Agence de gestion pour l'irrigation et le drainage
- ANBT** : Agence Nationale des Barrages et de Transfert.
- ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
- CDARS** : commissariat de développement aux régions sahariennes
- CI** : continental intercalaire
- CT** : complexe terminal
- DHW** : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.
- DPAT** : Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire.
- DSA** : Direction des Services Agricoles.
- ERESS** : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional
- GIRE** : Gestion Intégrée des Ressources en Eau.
- MRE** : Ministère des Ressources en Eau.
- OMS** : Organisation mondial de la santé.
- ONA** : Office National d'Assainissement.
- ONID** : Office National d'Irrigation et de Drainage.
- ONM** : Office National de Météorologie.
- ONS** : Office National de Statistiques.
- OSS** : Organisation du Sahara septentrional.
- SASS** : Système aquifère du Sahara septentrional.
- SAT** : Surface agriculture total.
- SAU** : Surface agriculture utilisée.
- STEP** : Station d'épuration.

Introduction

Générale

L'eau est vitale pour la survie, la santé et la dignité de l'homme, mais aussi une ressource fondamentale pour le développement humain. Les réserves d'eau souterraines sont sous une pression croissante.

Dans une région, qui reçoit moins de 150 mm de pluies annuelles comme la région d'Oued Righ, alors qu'une culture pérenne des palmiers dattiers par exemple, nécessite de 1500 à 2000 mm d'arrosage, la question des ressources en eau conditionne toutes les autres.

Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de Ressources non renouvelables représentées par deux grandes aquifères (le complexe terminal et le continental intercalaire). Ces deux systèmes hydrauliques fond du Sahara Algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique.

Malheureusement, la richesse en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ est accompagnée par différents problèmes dont la plus part sont liées directement à la mauvaise gestion de cette ressource en eau.

Une question fondamentale se pose ; comment dans ces conditions peut-on définir sérieusement une stratégie, qui puisse minimiser la demande en eau et de bien gérer les ressources en eaux disponibles. ?

La gestion est entendue dans sa définition la plus primaire. Il souligne que nous ne devons pas seulement nous focaliser sur l'exploitation des ressources en eau, mais plutôt gérer consciencieusement l'exploitation des réserves d'eau, de façon à assurer à long terme un usage soutenu continu pour les générations futures. Donc la gestion intégrée est plus que

nécessaire pour le développement durable et la restauration de la ressource en eau dans la vallée d'Oued Righ.

La GIRE est, surtout, une philosophie. Comme telle, elle offre un cadre conceptuel de gouverne dans le but d'une gestion et une mise en valeur, durable des ressources en eau. Ce qu'elle exige c'est que les gens essayent de changer leurs méthodes de travail, de regarder le tableau plus grand qui entoure leurs actions et de se rendre compte que celles-ci ne se produisent pas indépendamment des actions des autres. Elle cherche également à introduire un élément de démocratie décentralisée dans la façon dont l'eau est gérée, avec une insistance sur la participation des parties prenantes et la prise de décision au niveau inférieur le plus approprié.

Ainsi notre étude comporte les chapitres suivants :

- ❖ Le premier chapitre s'articule autour des caractéristiques naturelles de la vallée Sud d'Oued Righ (situation géographique, cadre géologique, caractéristiques climatiques et enfin les caractéristiques des sols).
- ❖ Le second chapitre est consacré aux ressources en eau de surface et souterraines. ainsi que le diagnostic de l'état actuel de ces ressources.
- ❖ Le troisième chapitre est relatif à la qualité des eaux souterraines de la vallée Sud d'Oued Righ.
- ❖ Le quatrième chapitre s'articule autour de deux axes principales où le premier est consacré aux besoins, utilisation et la demande en eau et Le deuxième est pour finaliser cette étude par un essai de gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée sud d'Oued Righ.

Introduction

La zone étudiée appartient au Bas Sahara. Cet environnement socio-économique se situe dans un contexte climatique de type désertique hyperaride, où Les précipitations sont très faibles et irrégulières ne jouent qu'un rôle limité dans la recharges des nappes.

Du point de vue géologique, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire, tous les terrains sont dissimulés en grande partie sous le Grand Erg Oriental. Seuls quelques affleurements sont observés, sur les bordures. La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminale.

I. Cadre géographique

1. Situation géographique de la zone d'étude

La vallée d'Oued Righ se situe au SUD-EST de l'Algérie, plus précisément au Nord-Est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental, et la bordure Sud du massif des Aurès, elle commence au Sud par le village d'El Goug (Touggourt) et se termine sur une distance de 150km plus au Nord vers le village d'Oum-Thiours (100 km de la wilaya de Biskra).

Administrativement la vallée d'Oued Righ fait partie de deux wilaya : Ouargla et Oued Souf. A cause de la grande extension de la zone d'étude, nous nous sommes seulement intéressés d'étudier la partie qui se trouve dans le territoire de la wilaya de Ouargla; autrement dit Oued Righ Sud qui englobe les daïra de Temacine, Touggourt et Megarine.

Du point de vue géographique, notre région d'étude n'est autre que la vallée sud d'Oued Righ, entité géographique bien définie.

Sa délimitation naturelle est marquée par:

- Au Sud les dunes de grand erg oriental de la wilaya de Ouargla.
- A l'Est les dunes de la wilaya d'Oued Souf.
- Au Nord les daïra de Djamaa, et El Meghaïer appartenant à la wilaya de Oued Souf.
- A l'Ouest par la wilaya de Gardaia.

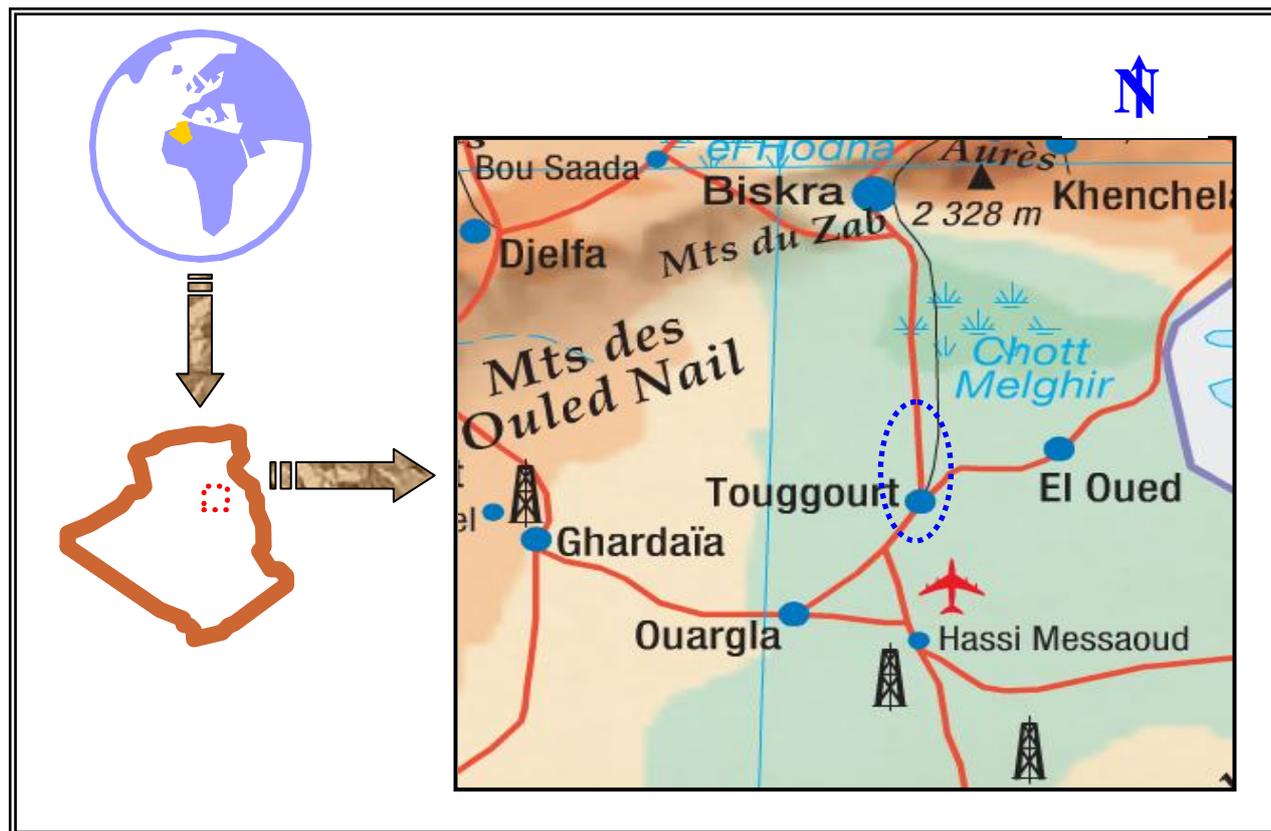


Figure.01.situation géographique de la zone d'étude par rapport l'Algérie

La vallée Sud d'Oued Righ occupe une superficie de l'ordre de 1874 km² qui est répartie en 8 communes et englobe une population de 200916 habitants.

Tableau.01. Répartition de la superficie et de la population par commune en 2008

<i>Commune</i>	<i>Population</i>	<i>Superficie km²</i>
Temacine	20011	300
Blidet Amor	14529	250
Touggourt	38877	216
Nezla	50595	132
Tebesbest	34866	26
Zaouïa	20566	30
Megarine	13661	285
Sidi Slimane	7851	635
TOTAL	200916	1874

Source : ONS

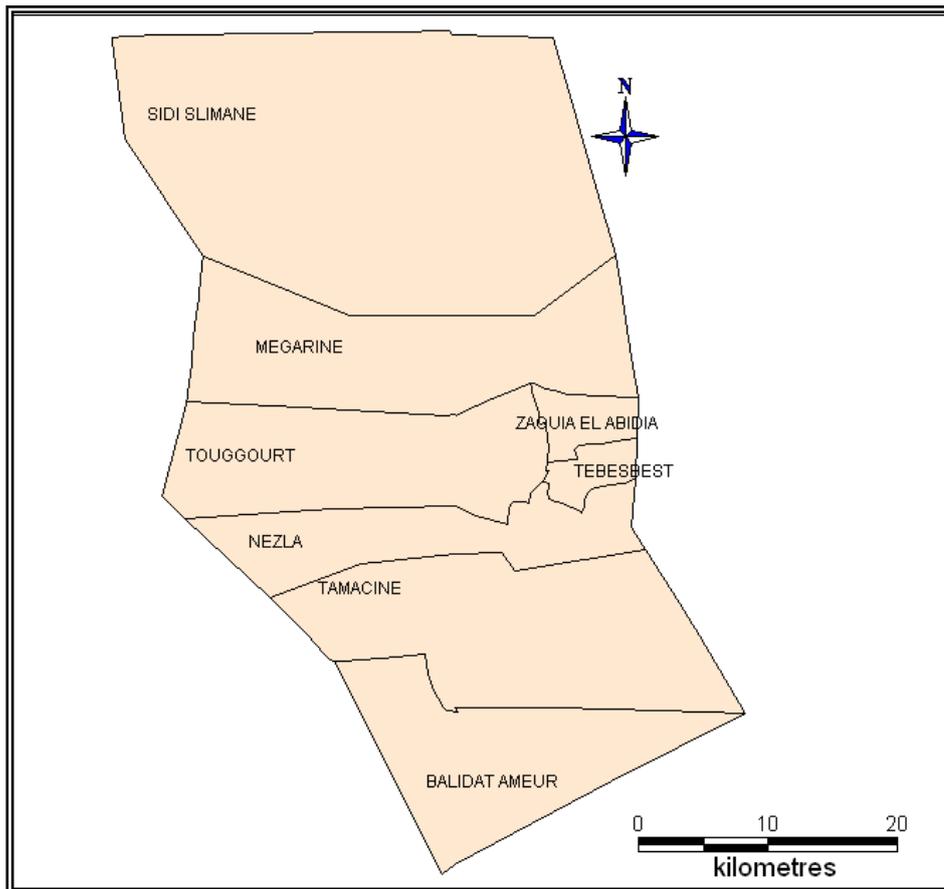


Figure.02.répartition de la zone d'étude par commune

2. Géomorphologie et Topographie

Cette région a une morphologie homogène, elle se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud / Nord.

La variation des côtes est nettement remarquable, Elle descend régulièrement de 90m à Goug, pour atteindre la cote 45 m à Djamaa.

Cette région est connue sous le nom du Bas Sahara, à cause de sa basse altitude notamment dans la zone du chott au Nord où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer.

3. Climat et Végétation

Le climat est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, ce qui ne favorise pas le développement de la végétation La température est très élevée en été et une humidité très faible.

La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'Oued Righ, elle est développée et occupe entre 10% à 15 % de la superficie de la région.

4. Aperçu socio-économique

Le domaine agricole qui était jadis la principale activité est un peu délaissé actuellement à cause du faible rendement des palmiers dû aux effets néfastes de la salinisation des eaux et des sols, des phénomènes de :

la remontée de la nappe phréatique, le vieillissement des palmiers...etc. de plus les sociétés pétrolières offrent des emplois plus rémunérés.

Parmi les espèces cultivées; la variété de Deglat Nour prédomine, suivie par Ghars , Degla Bayda ...etc.

On note aussi l'existence d'élevage et quelques espèces animales typiques (généralement Ovins et Caprins), les chèvres sont élevées pour leur lait et les brebis pour leur chair.

Dans le domaine de l'industrie, il existe plusieurs petites usines surtout des briqueteries implantées à proximité de la source de matière primaire, ainsi que des complexes de transformations hydrocarbures, transformation des plastiques, fabrique d'aluminium, ainsi que des entreprises de conditionnement de dattes.

Le tourisme existe aussi, de part l'existence de quelques repères touristiques comme les oasis, le lac de Temacine, les anciennes Medinas, les tombeaux des rois...etc. Et surtout la Zaouïa Tidjania qui accueille de nombreux visiteurs chaque année.



Figure.03. vue du lac de Temacine

II. le cadre géologique

L'un des aspects essentiels de l'étude hydrogéologique est l'identification des aquifères, Lesquels sont définis dans un espace fini et continu appelé : réservoir. Ce dernier est caractérisé par sa lithologie, sa localisation dans le sous-sol, sa structure et sa géométrie.

1. Cadre géologique régional

1.1. Les bassins sédimentaires de la plate forme saharienne

La plate forme saharienne est situé au Sud de l'Atlas saharien qui appartient au Craton Nord Africain et comprend un socle Précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes, on distingue d'Ouest en Est :

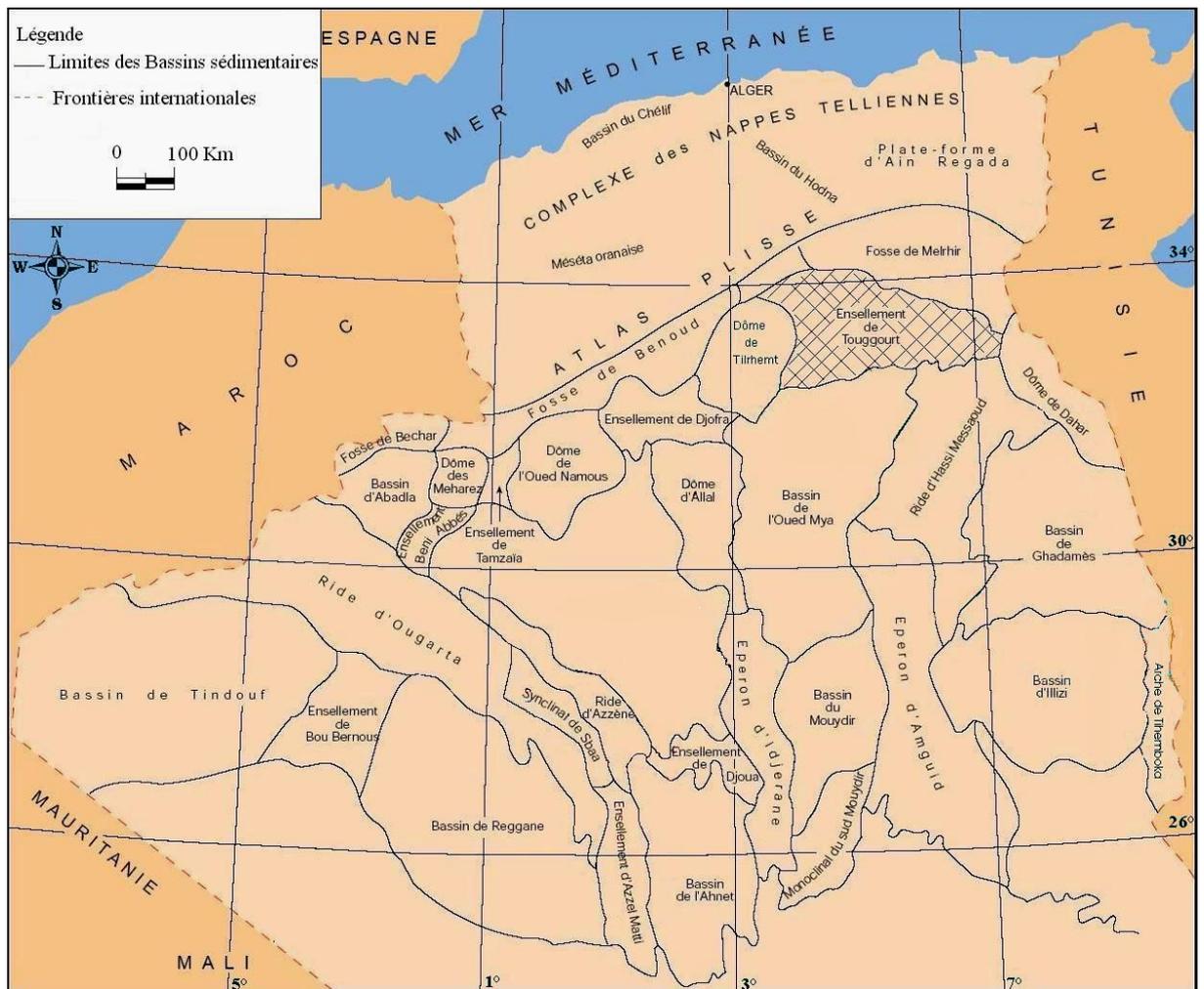


Figure. 04. Carte des bassins sédimentaires (d'après Sonatrach)

1.1.1. Bassin Tindouf et Reggane

Ce bassin est situé sur les bordures Nord et Nord -Est du Bouclier Reguibat où la couverture sédimentaire atteindrait 800 m, dans le bassin de Tindouf et 6500 m dans celui de Reggan.

1.1.2. Bassin de Bechar

Il est limité au Nord par le Haut Atlas, au Sud et à l'Ouest par la chaîne de l'Ouguarta, sa couverture sédimentaire serait épaisse de 8000 m en moyenne.

1.1.3. Bassin de l'Ahnet-Timimoun

Il est limité au Nord par les hauts fonds d'Oued Namous, à l'Ouest par la chaîne Ouaguarta, au Sud par le Bouclier Targui et à l'Est par la dorsale d'Idjrane-Mzab, sa couverture est de 4000 m.

1.1.4. Bassin de Mouydir et de l'Aguemour-Oued Mya

Ils sont limités à l'Ouest par la dorsale d'Idjerane-Mzab et à l'Est par la dorsale d'Amguid Elabiod, au Sud les sédiments Paléozoïques affleurent dans le Mouydir, au Nord dans la dépression d'Aguemour-Oued-Mya ; comblée par une puissante série Paléozoïque (5000 m à Oued Mya).

1.1.5. La synéclyse d'Illizi-Ghadames

Est limitée à l'Ouest par la dorsale d'Amguid el Abiod et à l'Est par la môle de Tihemboka et les confins Tuniso-Libyens dans le bassin de Ghadames, la couverture sédimentaire est supérieure à 6000 m.

Ainsi, les épaisseurs des séries (1000-8000m), renferment souvent les gisements hydrocarbures, notamment dans le Paléozoïque et le Trias ; leur nature, les déformations tectoniques et la subsidence, ont modelé la plate forme Saharienne en un certain nombre de bassins repartis en : province occidentale, la province orientale et la province Triasique.

C'est la province Triasique qui englobe le bas Sahara, qui nous intéresse dans cette étude. Située dans la partie septentrionale de la plate forme Saharienne, la province Triasique est un anticlinorium de direction Est-Ouest, où les éléments majeurs suivants ont été individualisés :

- La voûte de Tilrient et le haut fond de Telemzane.
- Le système structural de Djamaa-Touggourt.
- Le système de dislocation d'El Agreb-Messaoud.
- La môle de Dahar.

Ces éléments sont séparés par des dépressions (Oued Mya), où l'on rencontre les séries types de la province Triasique. Les dépôts Paléozoïques sont souvent très érodés, aussi profondément que l'Ordovicien ou le Cambrien.

- Le Mésozoïque est en discordant sur le Paléozoïque.
- Le Cénozoïque est représenté par une série détritique du Mio- Pliocène.
- La série sédimentaire du bassin triasique dépasse 4500 m d'épaisseur dans sa partie septentrionale, elle est caractérisée par une importante formation évaporitique.

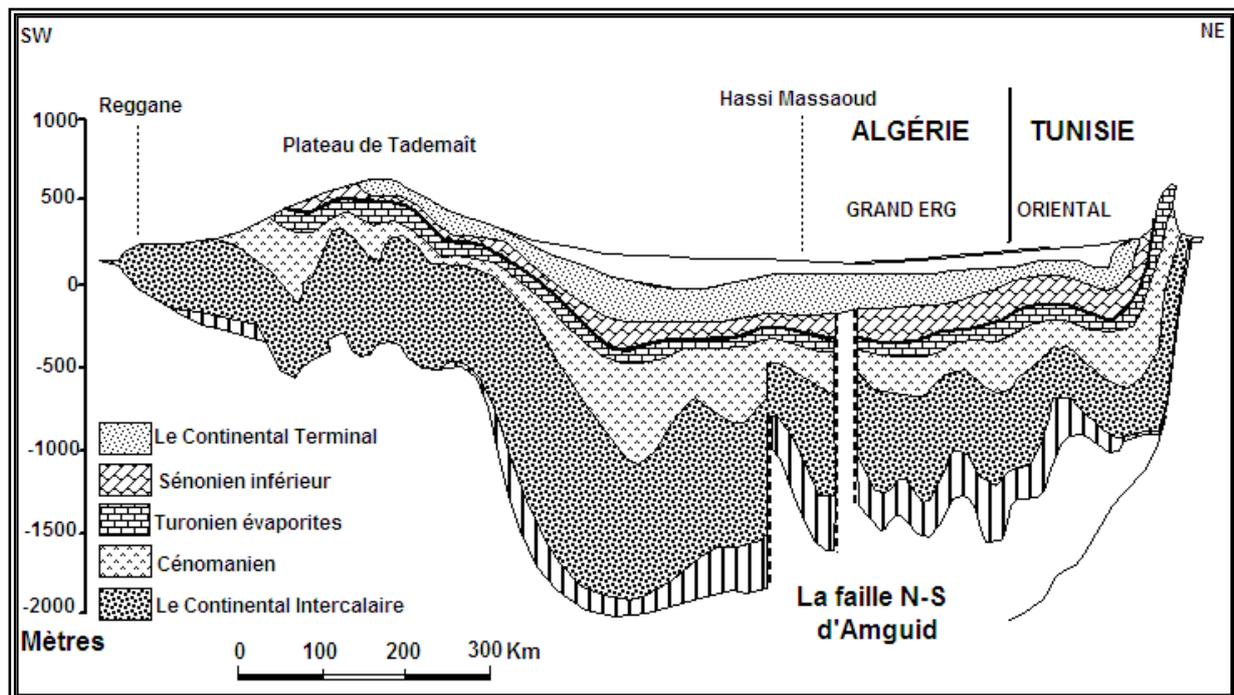


Figure.05. Coupe géologique du Sahara Septentrionale d'après UNESCO

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas Saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas Sahara, avec plus de 600 km de diamètre, il couvre 72000 km² de superficie, il s'étend des pieds des Aurès au Nord jusqu'aux Tassili au Sud. Une grande partie de bassin est recouverte par le Grand Erg Oriental, soit 125000 km², notre région fait partie de cet ensemble.

Le Bas Sahara se présente comme un vaste synclinal. à part le côté Nord, les autres bordures sont de hauteur modeste et s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée, matérialisée par l'axe SSW-NNE et parcourue par Oued Mya et Oued Righ, vers le Nord au contraire se dresse

une haute barrière composée des monts des Ouled Nail des Aurès et des Nemamcha .bordant une dépression longitudinale occupée par des chotts, et dont le fond est inférieure au niveau de la mer.

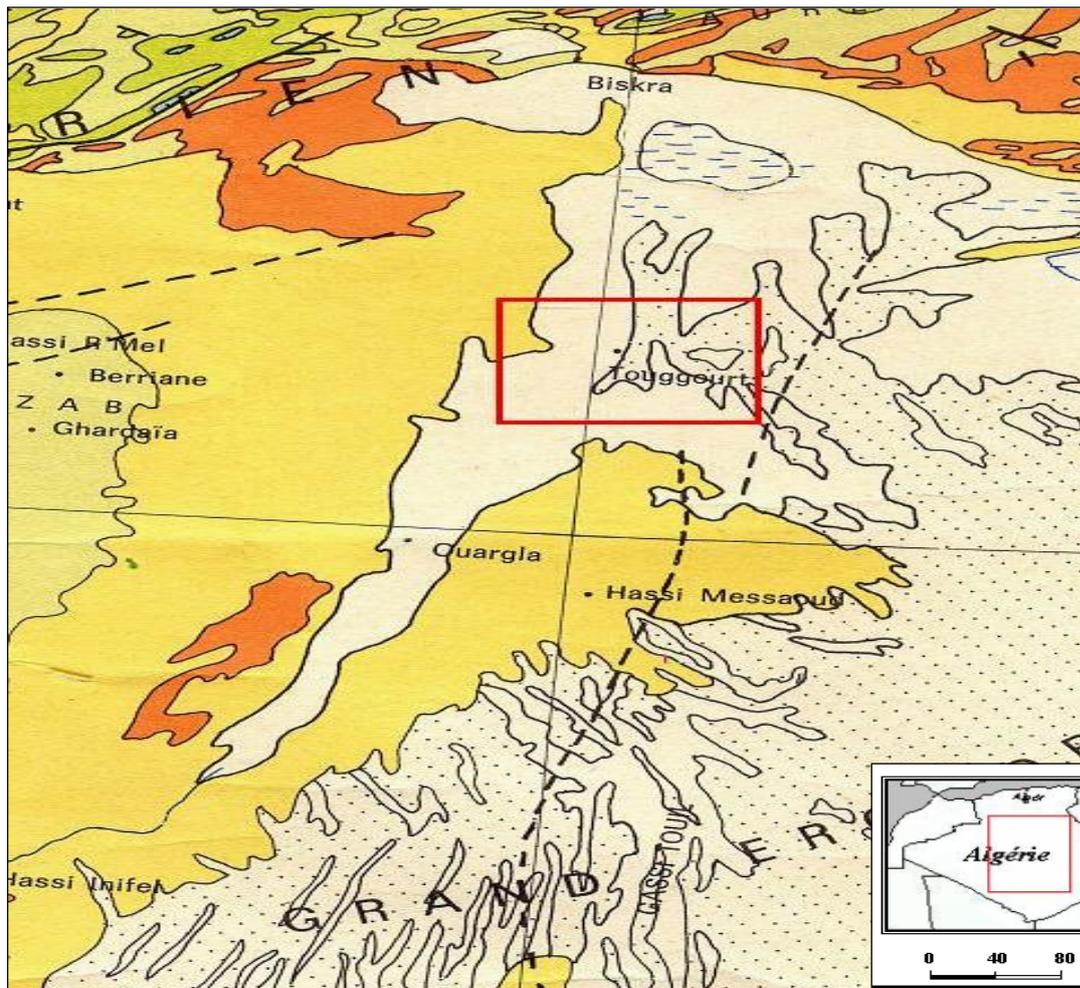
Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grand partie par le Grand Erg Orientale, cependant, quelques affleurements sont observés sur les bordures.

2. Cadre géologique local de Oued Righ

Pour étudier la géologie de la zone d'études, nous étendrons le champ d'investigation à tout le Bas Sahara, en raison de l'ampleur des phénomènes géologiques, stratigraphiques et tectoniques caractérisant la région.

Nous distinguant de bas en haut trois ensembles :

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud entre les plateaux de Tadmait et Tinghert et le massif du Hoggar.
- Les terrains du Mésozoïques et Cénozoïques constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.
- Des dépôts continentaux de la fin de Tertiaire et du Quaternaire, occupent le centre de la cuvette.



Légende

QUATERNAIRE CENOZOÏQUE

- QUATERNAIRE.
- Sebkhia, lacs.
- Dunes.
- Néogène + Oligocène.
- Eocène.

MESOZOÏQUE

- Crétacé indifférencié.
- Crétacé supérieur et moyen.
- Crétacé inférieur.
- Jurassique indifférencié.
- Jurassique supérieur et moy
- Jurassique inférieur.
- Trias ou Permo-Trias.

PALEOZOÏQUE

- Carbonifère indifférencié.
- Carbonifère supérieur et Permien.
- Carbonifère inférieur.
- Dévonien indifférencié.
- Dévonien supérieur et moyen.
- Dévonien inférieur.
- Silurien.
- Ordovicien.
- Cambrien.
- Primaire indifférencié.
- Champ de dykes.
- Contour, limite d'affleurement.
- Faille, décrochement.
- Front de chevauchement.

Figure.06. Carte géologique du Sahara orientale 1/1000 000. Extrait de la carte géologique Nord Ouest de l'Afrique (1976).

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle Précambrien (Furon, 1968) qui se situe entre 3000 et 5000 m. il s'ensuit que les dépôts sédimentaires font environ 4500 m d'épaisseur.

Dans cette étude nous nous intéressons surtout à la couverture sédimentaire Post Paléozoïque, qui renferme les principaux aquifères du Sahara.

2.1. Cadre stratigraphique et paléontologique de la région d'étude

Les formations géologiques sont décrites du plus ancien au plus récent :

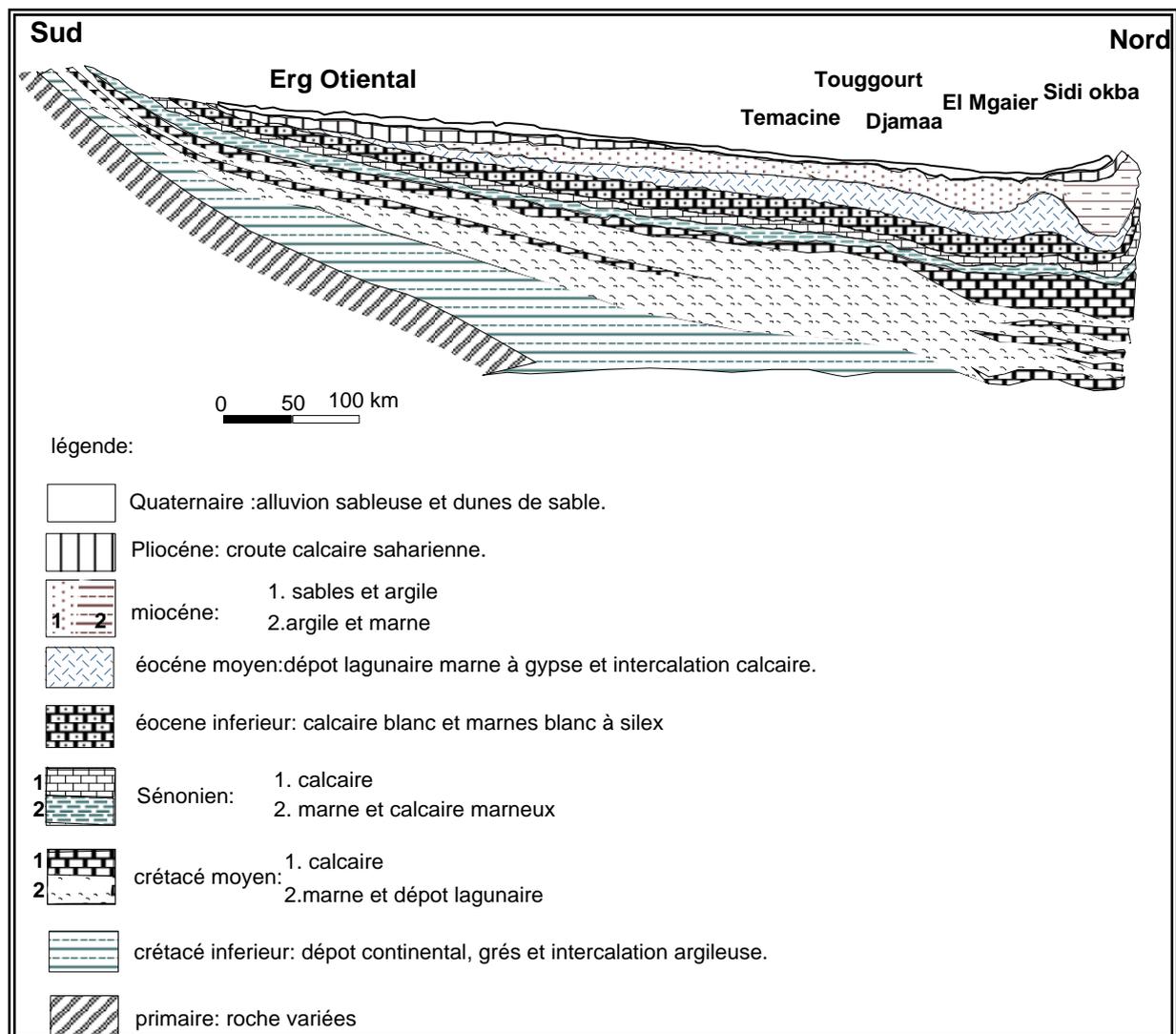


Figure.07. Coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par la Vallée de Oued Righ (A.Cornet, 1962). Modifié

2.1.1. Les formations de l'Ere Secondaire

❖ Crétacé

Cette époque géologique est intéressante pour deux raisons :

-D'une part, le Crétacé affleure sur les bords du Bas Sahara (Karpoff, 1952) repose sur le socle primaire composé des roches variées : schistes, grès et calcaire.

-D'autre part, l'étendue des affleurements crétacés est très importante en Algérie Orientale.

Ce Crétacé est une série en grande partie continentale formée d'une alternance de couches gréseuses et argileuses.

➤ Néocomien

Se subdivise en deux séries :

○ La série inférieure

A prédominance argileuse, elle est représentée par des argiles grises et vertes, plus au moins pélitique. Dans ces argiles, sont intercalées des dolomies microcristallines et cristallines.

○ La série supérieure

On distingue deux ensembles

-L'ensemble supérieur, constitue des dolomies et des calcaires microcristallins avec des intercalations d'argiles, de pélites et de marnes blanches et grises.

-L'ensemble inférieur, surtout anhydritique avec intercalations d'argiles plus au moins anhydritique, grises, vertes et rouges. Ces argiles passent à des marnes avec lits dolomitiques.

L'épaisseur du Néocomien est de 350 m.

➤ Le Barrémien

Son épaisseur varie entre 150-200 m. le Barrémien est constitué des grès fins à moyen à ciment argileux, avec des passes de dragées de quartz blanc laiteux, des intercalations de sables et de grès arkosique, plus au moins grossiers.

Cette épaisse série détritique poreuse du Barrémien constitue un important aquifère de Complexe Intercalaire.

➤ L'Aptien

L'Aptien est constitué de dolomies microcristallines à cristallines, parfois blanches, crayeuses et tendres, contenant des débris de mollusque et entrecoupé de marnes grises dolomitiques.

L'Aptien présente les caractéristiques d'un terrain semi-perméable, son épaisseur varie de 28 à 31 m.

➤ **L'Albien**

Il est essentiellement constitué de grès friables à ciment argileux et d'argiles sableuses. Les grès et les sables sont fins à très fins passant parfois à des pélites, les argiles souvent pélitiques sont de couleur grise ou verdâtre. Cette formation albienne présente les caractéristiques suivantes :

- Épaisseur croissant d'Est en Ouest,
- Teneurs élevées en éléments clastiques,
- Les teneurs en carbonates décroissants d'Est en Ouest depuis les valeurs supérieures à 10 % jusqu'à des valeurs proches de 0 zéro.
- l'Albien se présente comme une série très épaisse (200-300m).

➤ **Le Vraconien**

Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire. Le Vraconien est imperméable. Son épaisseur est de 110 m environ.

➤ **Le Cénomanién**

Le Cénomanién est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites et même des sels son épaisseur est de l'ordre de 200-250 m (formations imperméables).

➤ **Le Turonien**

Au Turonien le régime marin persiste dans le Bas Sahara, et la mer présente le maximum d'extension. Dans l'ensemble, le Turonien est calcaire et dolomitique, marneux à la base, et dolomitique, ou calcaire au sommet. Il est de l'ordre de 90-100 m.

➤ **Le Sénonien**

Dans tous le Bas Sahara, le sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue lithologique :

- Le Sénonien lagunaire, à la base.
- Le Sénonien carbonaté, au dessus.

○ **Le Sénonien lagunaire**

La limite inférieure, du sénonien lagunaire est généralement nette. En effet les évaporites et argiles Sénoniens sont aisément différenciables des calcaire et dolomies de Turonien. Le passage est beaucoup moins net entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté.

Du point de vue lithologique le Sénonien lagunaire est constitué par une alternance de bancs d'anhydrites, de dolomies, d'argiles et de sels.

Le Sénonien lagunaire est imperméable. Du point de vue hydrogéologique, ce niveau joue le rôle d'imperméable de base

- **Le Sénonien carbonaté**

Le Sénonien supérieur est carbonaté. Il est essentiellement constitué de dolomies et de calcaires micro-fissurés avec des intercalations de marnes d'argiles et plus rarement d'anhydrites.

La limite supérieure de ce niveau est encore plus floue, en effet, il y a pratiquement continuité lithologique entre le Sénonien et l'Eocène carbonaté. Les deux niveaux sont formés de calcaires de même nature –seule la présence de nummulites permet d'identifier l'Eocène. Le système carbonaté est essentiellement formé de dolomies et de calcaires dolomitiques, avec des intercalations de marnes et d'argiles, plus rarement d'anhydrites L'ensemble ayant une puissance de 800-900m

2.1.2. Les formations de l'Ere Tertiaire

- ❖ **L'Eocène**

Comme pour le Sénonien, on distingue dans l'Eocène deux ensembles lithologiques :

- L'Eocène carbonaté à la base.

- L'Eocène évaporitique au dessus.

- **L'Eocène inférieur (carbonaté)**

Il est composé de bancs de dolomies, de calcaire dolomitique, de calcaire à Nummulites et à rognons de silex. Il garde le même caractère lithologique, dans la vallée de l'Oued Righ, il a 100 m d'épaisseur à Sidi Slimane.

Avant la fin de l'Eocène carbonaté, la mer quitte définitivement le Sahara qui ne connaîtra plus qu'un régime continental, puis désertique et ce jusqu'à nos jours.

- **L'Eocène moyen (évaporitique)**

Au dessus de l'Eocène carbonaté, on rencontre une formation constituée par une alternance de calcaires, d'argiles, de marnes et d'anhydrites. Elle renferme une faune d'âge Eocène à Nummulites et Globigérines. C'est cette formation que l'on désigne dans le bas Sahara sous le nom d'Eocène évaporitique. Elle existe dans la vallée de l'Oued Righ, son épaisseur est de l'ordre de 100 m. Les bancs carbonatés sont suffisamment importants pour constituer des niveaux aquifères.

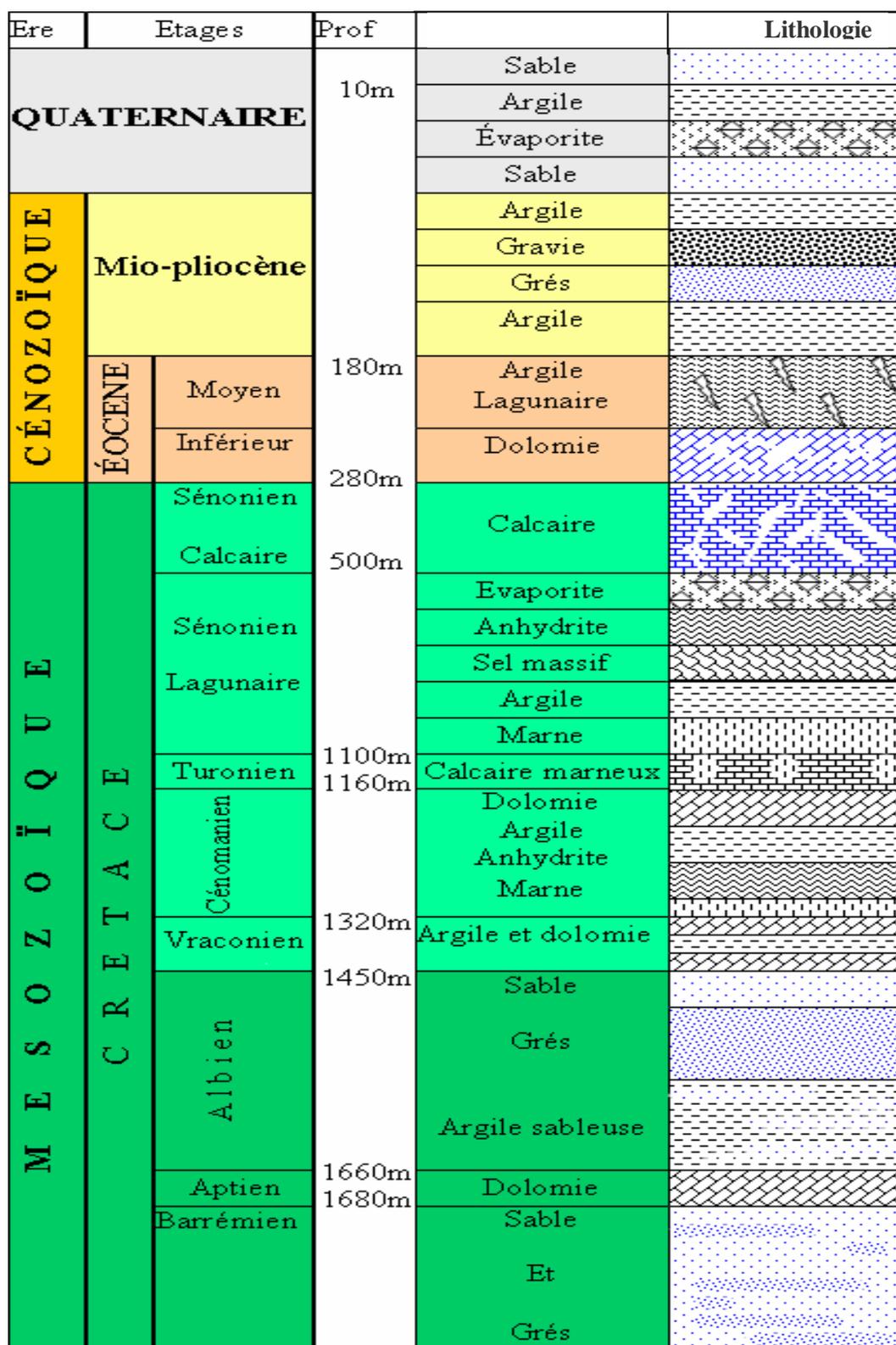


Figure.08. Log stratigraphique synthétique schématique de la région de Touggourt. (ANRH)

❖ Le Mio Pliocène

Il correspond au Complexe Terminal, C'est un puissant ensemble de sable et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance, indifféremment sur le Primaire, et le Crétacé inférieure : le Turonien, Cénomaniens, Sénonien et l'Eocène. Son épaisseur varie entre 140 m au Sud et 280 m au Nord.

Bel et Demargne (1966) distinguent de bas en haut quatre niveaux dans ces dépôts lenticulaires :

-Niveau 01 : argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara Oriental suivant une bande Nord-Sud. Ces argiles constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables de niveau 02.

-Niveau 02 : grés-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant à sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en argiles pour passer au niveau 03. Il atteint 400 m au Sud de Gassi Touil. Le niveau 02 est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène.

-Niveau 03 : C'est une formation argilo sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones ; elle est épaisse et constante que dans la région des chotts.

-Niveau 04 : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. Parfois en continuité avec le niveau 02. Le sommet de niveau 04 affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne). L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 300 m.

2.1.3. Les formations d'âge Quaternaire

Le Quaternaire est constitué de sable éoliens et sables argileux, résultat de la destruction de falaise Mio-Pliocène au Sud et à l'Ouest de la vallée de l'Oued Righ ; localement intercalés de lentilles d'argiles sableuse et gypseuses. Ces sables forment d'énormes accumulations dans le Grand Erg Oriental. C'est dans ce niveau que l'on rencontre la nappe phréatique. Son épaisseur est variable et peu atteindre localement une dizaine de mètre.

3. Tectoniques

3.1. Tectonique générale

La géométrie actuelle des formations du Continentale Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara est caractérisée par l'absence des déformations tectoniques importantes.

La chaîne des Maghrébides qui a subi plusieurs phases orogéniques au Tertiaire, va avoir des contre coups sur la Plate forme saharienne :

Les mouvements de l'Eocène moyen à supérieur, sont bien nets, la phase du Miocène inférieur lui succède et donne naissance au Tell et aux Aurès.

Enfin, la phase Plio-Quaternaire qui s'insert avec les précédentes dans la phase Alpine, d'où l'apparition des fractures de direction Est-Ouest forment la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud « Sillon Sud Aurèsien », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la naissance des chotts tel que chott Merouane et chott Melguig. La flexure Sud Atlasique de direction Est-Ouest sépare deux domaines distincts, c'est ainsi qu'on peut avoir au Nord des points culminants « Monts des Aurès » et au Sud les points les plus affaissés.

Nous présentons un tableau récapitulatif des étapes probables des tectoniques dans le Sahara algérien (d'après R. Karpoff 1952).

Tableau.02.Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff,1952)

Age	Style
1-Antecambrien	Plis très aigus, failles.
2-Paléozoïque	Mouvements amples d'axes est-ouest Formations de chaînes orientés N-S, NNE-SSW ou NW-SE sur des axes antécambriens
3-Poste Eocène et Ante Miocène	Rejeu des structures hercyniennes avec leur orientation Ancienne
4-Post-Miocène	Premiers plis d'axe NW-SE
5-Post Pliocène	Mouvements peut être dans la région Nord seule Plis en Genous de l' Aurès d'axe E-W
6-Fini Quaternaire Ancien	Plis affectant le Moi Pliocène seul ou accompagne du Quaternaire ancien, suivant deux axes orthogonaux Dont l'axe NW-SE est le principal.
7-Neolithique	Mouvements de grande amplitude à plis faibles et Localisés.

3.2. Paléogéographie

Le Cénomaniens est caractérisé par l'influence marine importante traduit par un milieu marin, tantôt franc, tantôt lagunaire (le Turonien supérieur et le Sénonien inférieur paraissent régressifs) Au cours de cette époque, un affaissement marque l'effondrement progressif de la partie centrale de la zone saharienne par un dépôt lagunaire .suivit d'une période d'arrêt au cours du Sénonien supérieur et l'Eocène inférieur.

Une réapparition d'un dépôt lagunaire qui comble définitivement la dépression de la cuvette saharienne.

Une élévation de l'ensemble, suivit d'un nouveau mouvement de descente selon l'axe de l'Oued Righ, cet exhaussement permet d'expliquer l'absence de l'Oligocène dans le Sahara.

Cet affaissement brusque du centre de la cuvette (région actuelle des chotts). Les cours d'eau venant de l'Ouest et du Sud entaillant de larges et profondes vallées dans la couverture Mio-Pliocène.

L'Oued Righ est Oued Igharghar formaient probablement alors un seul grand Oued avec Oued Mya comme affluent.

Un comblement partiel de la région effondré et des vallées qui l'entaillent et l'exhaussement local du se là la suite du quel l'Oued Righ se sépare de l'Oued Igharghar.

Un affaissement lent de la région des grands chotts est comblement de la vallée de l'Oued Righ à la suite d'importants apports pluviaux et éoliens. Ces apports finiront par envoyer l'Oued.

Les caractéristiques paléogéographiques du Sahara Oriental, du mésozoïque à l'actuel sont :

-l'existence d'une plateforme très régulière, sur laquelle toute variations du niveau de la mer, provoquent des changements remarquables dans la sédimentation.

-l'existante d'une mer peu profonde à partir de laquelle se produisent plusieurs transgressions dont une des plus importantes à celle de Cénomaniens.

-la régression définitive de la mer à la fin de l'Eocène qui s'accompagne de l'érosion d'une partie des calcaires de l'Eocène et du régime continental qui a remplacé le régime marin.

III. les données climatiques et sols

Plus que d'autres facteurs, le climat est le facteur le plus déterminant des ressources en eau. Les pluies, les températures, le vent, l'évaporation et autres phénomènes atmosphériques constituent le climat d'Oued Righ.

Ainsi, les mesures de la hauteur des précipitations sont indispensables pour connaître les ressources en eau et les besoins en irrigation. Les mesures des températures et la connaissance des caractéristiques des sols, sont nécessaires pour la détermination des cultures à pratiquer.

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont obtenues à partir des données de la Station météorologique de Touggourt pour une période s'étalant de 1975 à 2007.

Tableau.03.Les coordonnées géographiques de la station de Touggourt.

Station	X (m)	Y	Z
Touggourt	85	33°04'N	06°05'E

Source : ONM

1. Etude des paramètres climatiques

1.1. La répartition des pluies mensuelles, annuelles et saisonnières

La répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations conditionne le régime d'écoulement, ainsi que celui des nappes aquifères. La connaissance des précipitations saisonnières fait ressortir les saisons pluvieuse et non pluvieuse.

1.1.1. Répartition moyenne mensuelle des précipitations

Notre région d'étude fait partie du bas Sahara où la faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental. Le tableau 04 et la figure 09 ci-dessous montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

**Tableau.04.Variations des précipitations moyennes mensuelles (1975 – 2007)
Station de Touggourt**

Mois	Sep	Oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout
P(mm)	6.31	7.52	11.35	6.46	14.4	5.44	9.91	6.67	6.23	1.54	0.93	2.63

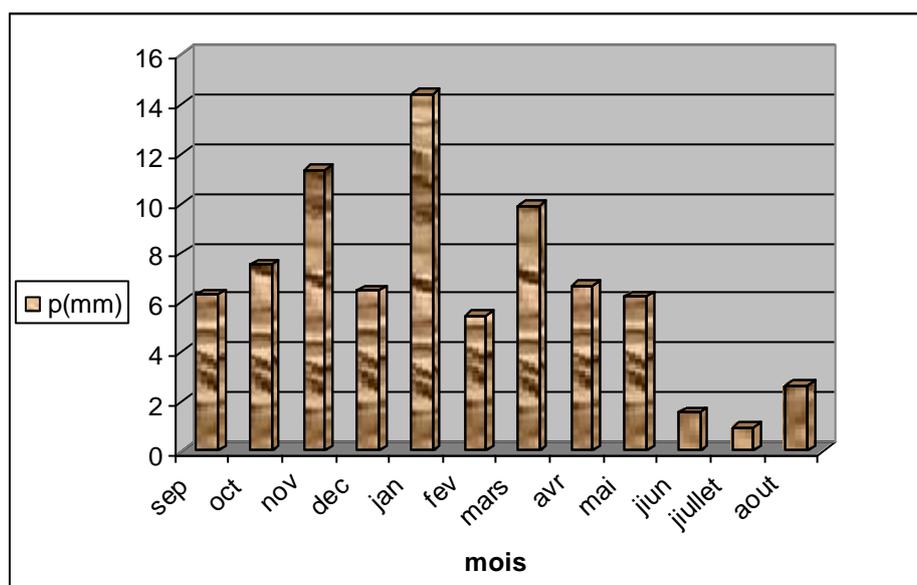


Figure.9.Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (1975 – 2007) Station de Touggourt

D’après l’histogramme on observe que le mois le plus pluvieux est le mois de janvier avec une valeur de 14.4 mm tandis que le mois le plus sec est celui de Juillet avec 0.93 mm.

1.1.2. Répartition moyenne interannuelle des précipitations

Afin de mieux visualiser l'année la plus pluvieuse durant la période d'observation, nous avons calculé les précipitations moyennes annuelles dont les résultats sont regroupés dans le tableau 05. La répartition annuelle des pluies est schématisée en figure 10 marquée par une Irrégularité annuelle :

Tableau.05.Variations des précipitations moyennes interannuelle (1975 – 2007) Station de Touggourt

Année	P (mm)	Année	P (mm)	Année	P (mm)
1975	118.1	1986	79.4	1997	64.2
1976	107	1987	41.7	1998	46.2
1977	44.7	1988	54.5	1999	118.1
1978	44.9	1989	11.5	2000	58.6
1979	51.9	1990	148.4	2001	141.2
1980	153	1991	42.8	2002	329.1
1981	43.4	1992	132.2	2003	69.2
1982	72.4	1993	55.2	2004	161.6
1983	31.6	1994	48.7	2005	25.7
1984	30.9	1995	61.4	2006	44.7
1985	33.7	1996	88.5	2007	77.1

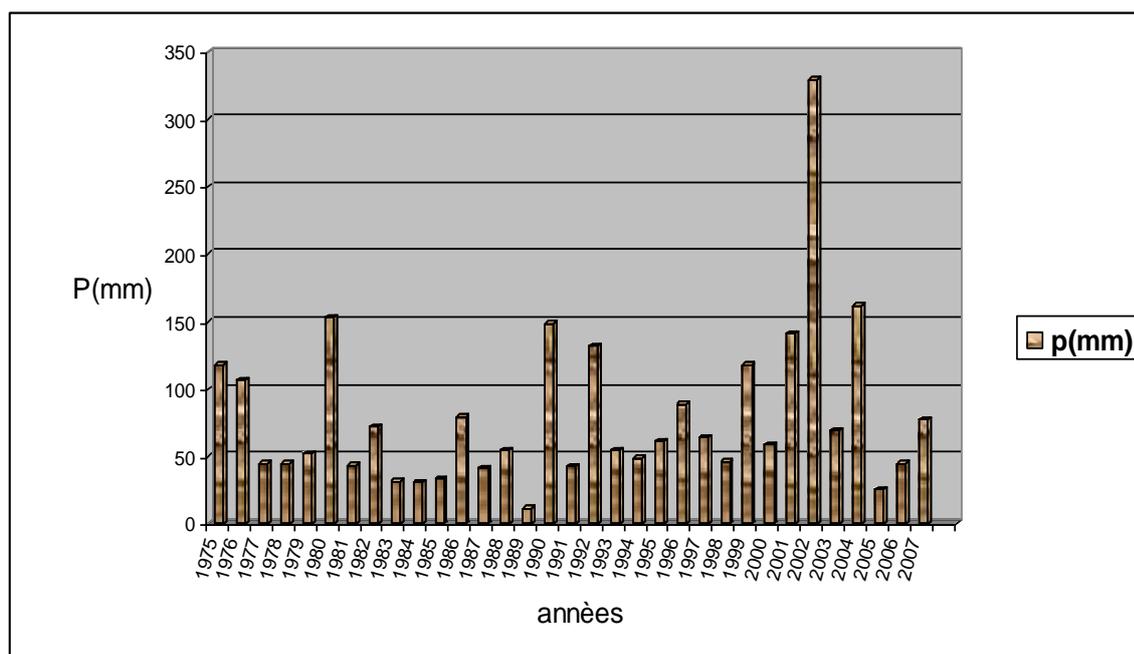


Figure.10. Répartitions moyennes interannuelles des pluies (1975-2007) station de Touggourt

L'année la plus arrosée est 2001/2002 avec une valeur de 329 mm et l'année la plus sèche est 1988/1989 avec une valeur de 11.5 mm.^s

1.1.3. Répartitions saisonnières des précipitations

Pour distinguer les pluies saisonnières survenant dans des conditions de températures différentes, nous avons calculé le pourcentage des précipitations de chaque saison par rapport au total annuel

Tableau.06. Répartitions saisonnières des précipitations (Station de Touggourt)

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
P (mm)	8.39			8.76			7.60			1.7		
P (%)	32			33			29			6		

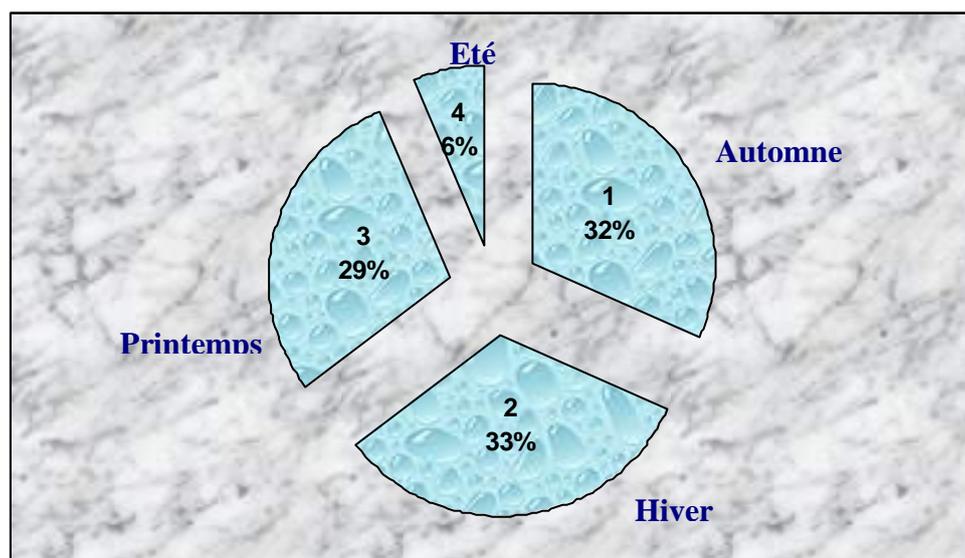


Figure.11. Répartitions saisonnières des précipitations en % (Station de Touggourt)

La représentation saisonnière dans la figure 11 montre une variation spéciale des précipitations entre les quatre saisons ; d'où la saison la plus pluvieuse est l'Automne et la saison la plus sèche est l'Eté.

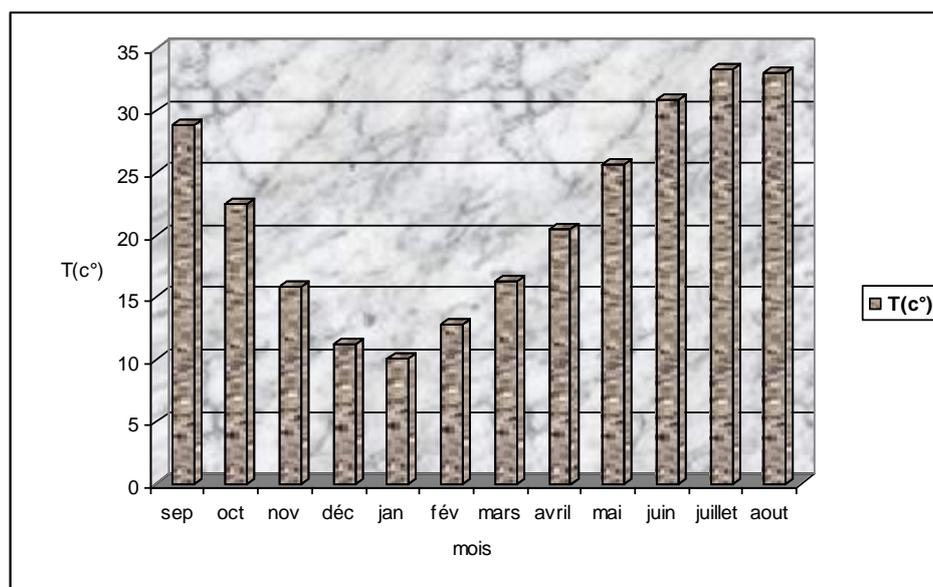
1.2. La répartition des températures mensuelles et annuelles

1.2.1. La répartition des températures mensuelles

La température est le second facteur après les précipitations qui conditionne le climat d'une région. Elle permet aussi d'estimer le déficit d'écoulement.

**Tableau. 07. Données des moyennes mensuelles des températures (1975-2007)
Station de Touggourt**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T (°C)	27.9	21.9	16.1	12.2	11.8	13.5	16.1	19.8	24.8	29.8	33	32.6



**Figure.12. Histogramme des températures moyennes mensuelles (1975-2007)
Station de Touggourt**

Les données observés pendant une période de 33 ans à la station de Touggourt font ressortir que les températures moyennes enregistrées prennent en général des valeurs élevées avec un maximum enregistré au mois de Juillet (33 °C) et un minimum pendant le mois de Janvier (11.8 °C).

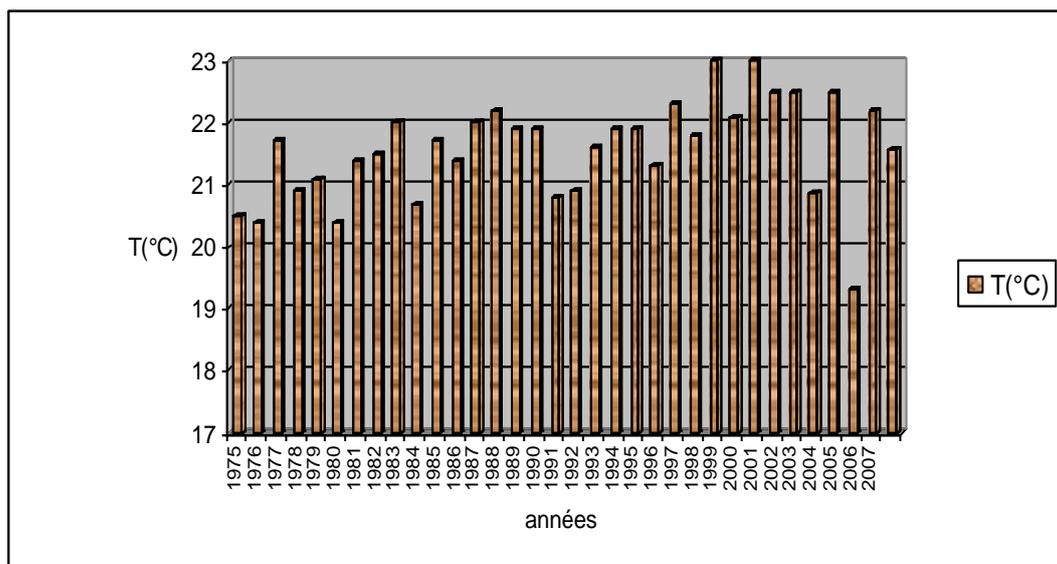
1.2.2. La répartition des températures annuelles

Le tableau ci-dessus présentent la répartition des températures moyennes annuelles sur une série de 33 ans (1975/2007), celle qui montre bien une irrégularité annuelle.

L'année la plus chaude est 1998/1999 avec une température moyenne de 23 °C et l'année la plus froide est 2005/2006 avec une moyenne de température égale à 19.30 °C.

**Tableau.08. Données des moyennes interannuelles des températures (1975-2007)
Station de Touggourt**

Année	T (°C)	Année	T (°C)	Année	T (°C)
1975	20.45	1986	21.38	1997	21.33
1976	20.35	1987	22.04	1998	21.79
1977	21.7	1988	22.2	1999	23.00
1978	20.88	1989	21.93	2000	22.12
1979	21.13	1990	21.88	2001	22.97
1980	21.41	1991	20.75	2002	22.53
1981	21.36	1992	20.85	2003	22.49
1982	21.53	1993	21.56	2004	21.97
1983	22.03	1994	21.94	2005	22.12
1984	20.74	1995	21.88	2006	19.30
1985	21.67	1996	21.3	2007	22.20



**Figure.13.Répartitions moyennes interannuelles des températures (1975-2007)
De la station de Touggourt**

1.3. Synthèse climatique

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence :

- Les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme pluviométrique de Gausсен.
- Le domaine climatique ou le type de climat suivant la méthode d'Emberger (climagramme d' Emberger) et le calcul de l'indice d'aridité.

1.3.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de Gausсен permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la température est double de la pluviosité.

Dans notre cas la courbe des pluies passe au-dessous de la courbe des températures, sauf le mois de janvier où la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures. Cette allure permet de constater que la période sèche s'étale le long de l'année avec une intense sécheresse au mois de juin à septembre sauf le mois de janvier où les précipitations dépassent les températures. (Fig. 14)

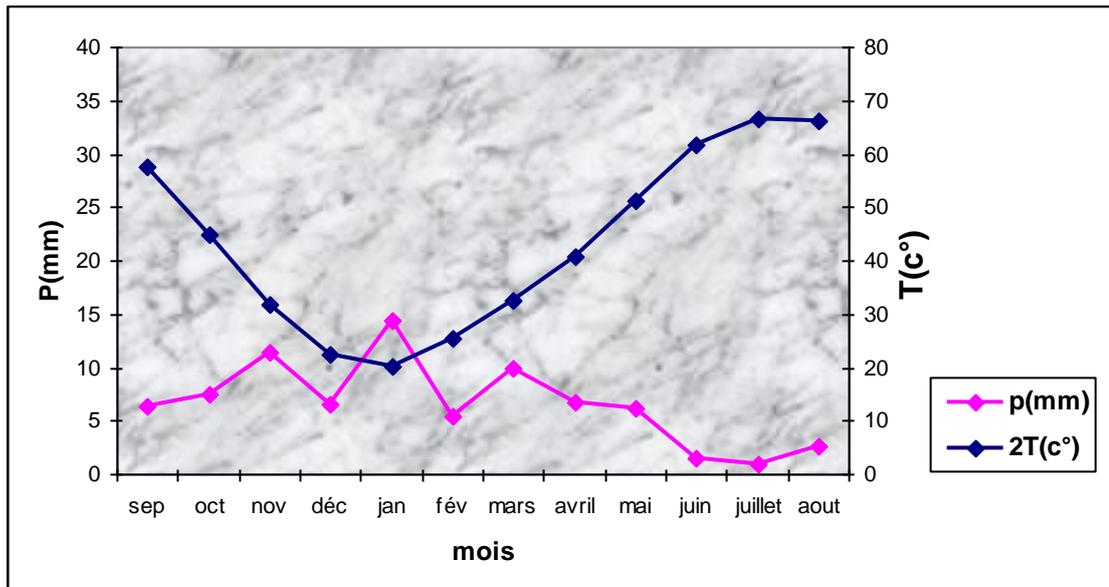


Figure.14. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN période (1975-2007)

1.3.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Pour qu'on puisse déterminer le climat de la région nous avons utilisé le climat gramme d'EMBERGER.

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. On reporte en abscisses la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées le quotient pluviométrique (Q₂) d'EMBERGER; Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie et qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

P: - pluviométrie moyenne annuelle (en mm).

M: - moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m: - moyenne des minima du mois le plus froid.

L'indice Q₂ calculé par cette formule est égal à **7.58**.

Le climagramme considère qu'une région est d'autant plus sèche lorsque le quotient est plus petit. L'emplacement de cet indice sur le climagramme d'EMBERGER, nous a permis de situer Touggourt dans l'étage bioclimatique Saharien aux hivers doux (Fig. 15).

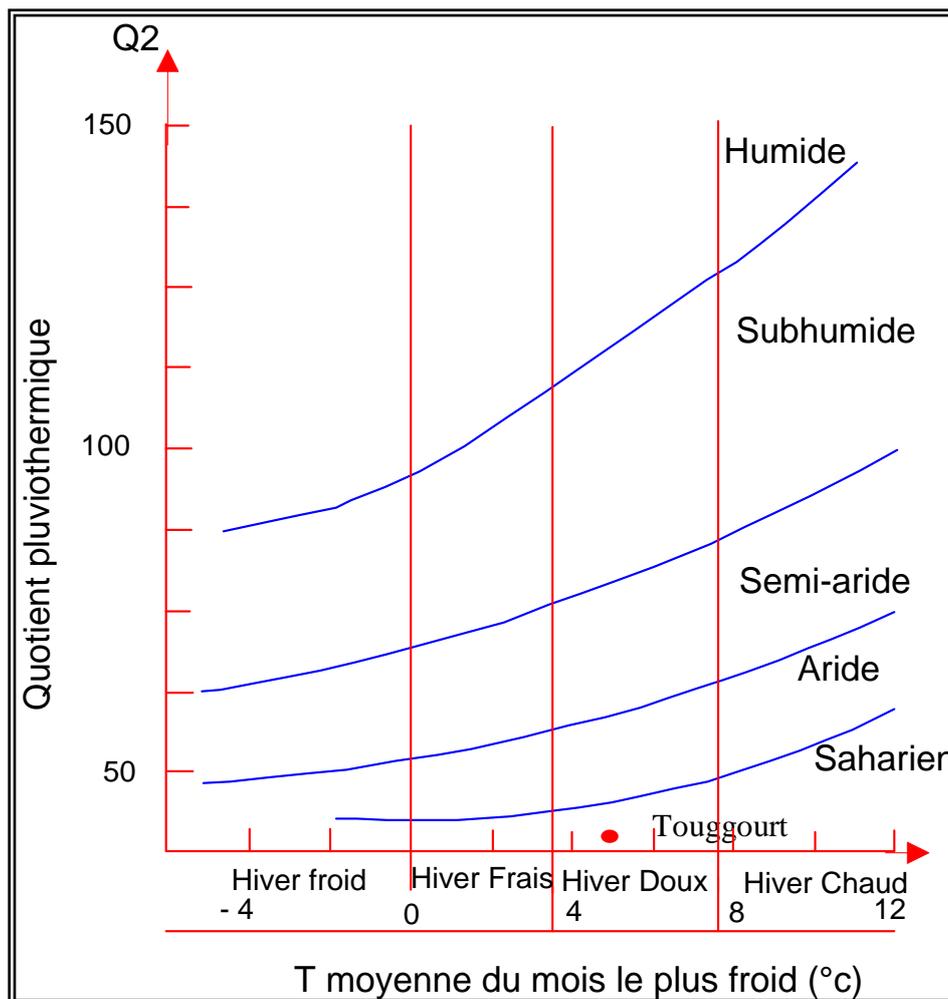


Figure.15.Climagramme d'EMBERGER

1.3.3. Indice d'aridité

Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en (°C), en appliquant la formule suivante :

$$I = P / T + 10$$

I : Indice d'aridité

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm).80.09

T : Température moyenne annuelle (°C).21.6

P = 80.09 mm ; T = 21.6 °C

$$I = 80.09 / 21.6 + 10 = 2.53 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$$

Sur la base des fourchettes de l'indice d'aridité fixées par De Martone, nous pouvons tirer le type de climat de notre région d'étude.

$I < 5$Climat hyper -aride

$5 \% < I < 7.5$Climat désertique

$7.5 \% < I < 10$Climat steppique

$10 \% < I < 20$Climat semi-aride

$20 \% < I < 30$Climat tempéré

Ce qui confirme que notre région est caractérisée par un climat hyper aride.

1.4. Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air est plus élevée en hiver qu'en été. Ceci s'explique par l'effet de la Température qui est élevée en été et basse en hiver; Les valeurs les plus importantes sont enregistrées en hiver (65.96%) celles-ci chutent presque de la moitié en été à 32.75%, Le maximum de l'humidité relative correspond au mois le plus froid .La moyenne annuelle est de 48%.

Tableau.09. Répartition moyenne mensuelle de l'humidité aux stations de Touggourt (%) (1976-2007)

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	av	mai	ju	jui	aout
H(%)	43,75	51,53	61,81	65,96	64,41	54,93	48,5	43,83	39,69	34,51	32,75	33,93

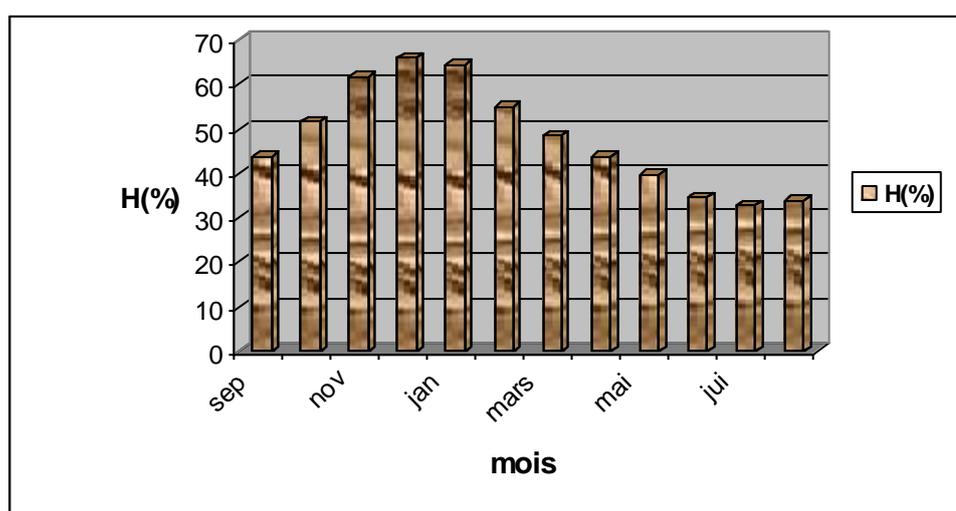


Figure.16. Répartition moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité aux stations De Touggourt (%) (1975/2007)

1.5. Les Vents

Dans les régions arides, les vents sont les principaux facteurs de l'édification des reliefs (Dunes) et dans la dégradation des sols (vannages).

Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été. Le Sirocco est un vent chaud et sec qui souffle en été et accélère l'évapotranspiration. Les vents de sable sont fréquents surtout au printemps et en été.

Tableau.10. Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la vitesse des vents aux stations de Touggourt V (m/s) (1975/2007)

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	ju	Jui	aout
V(m/s)	2,76	2,92	3,36	3,99	4,02	3,74	3,49	3,11	2,97	2,81	2,75	2,61

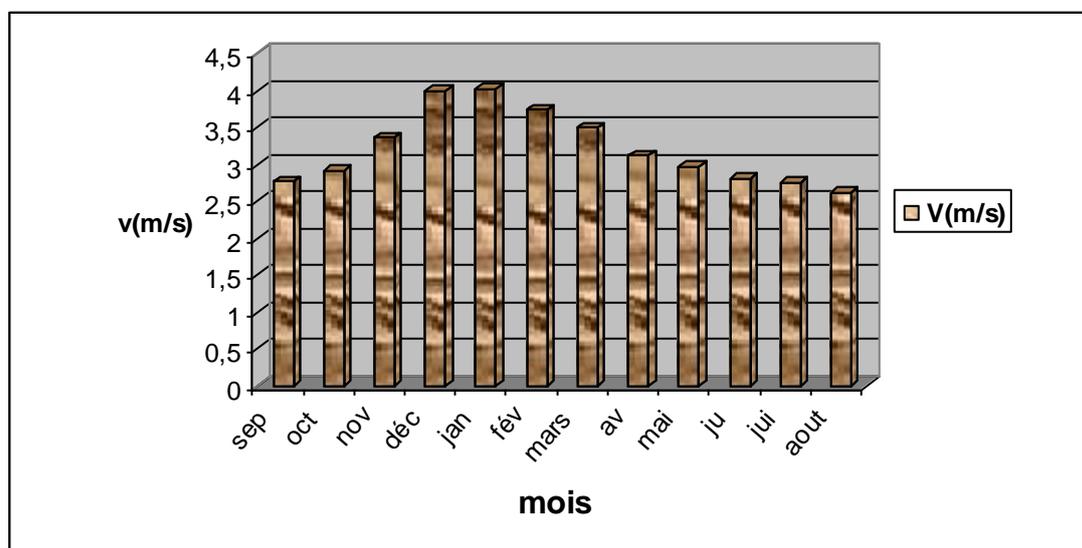


Fig.17. Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la vitesse des vents aux stations de Touggourt V (m/s) (1975/2007)

1.6. La durée d'insolation

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois de juillet avec une moyenne de 358.6 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de février avec une moyenne de 227.48heures.

Dans la région, le rayonnement solaire est excessif (le moyen annuel est de 3363.8 h/ans) ce qui traduit par un pouvoir évaporant élevé.

Tableau.11. Répartition moyenne mensuelle d’insolation aux stations de Touggourt (1975/2007)

Mois	sep	Oct	nov	dec	jan	Fév	Mars	avril	mai	juin	juillet	aout
DI (h)	280,98	266,58	238,8	233,85	229,9	227,84	262,64	285,07	314,04	330,69	358,6	334,82

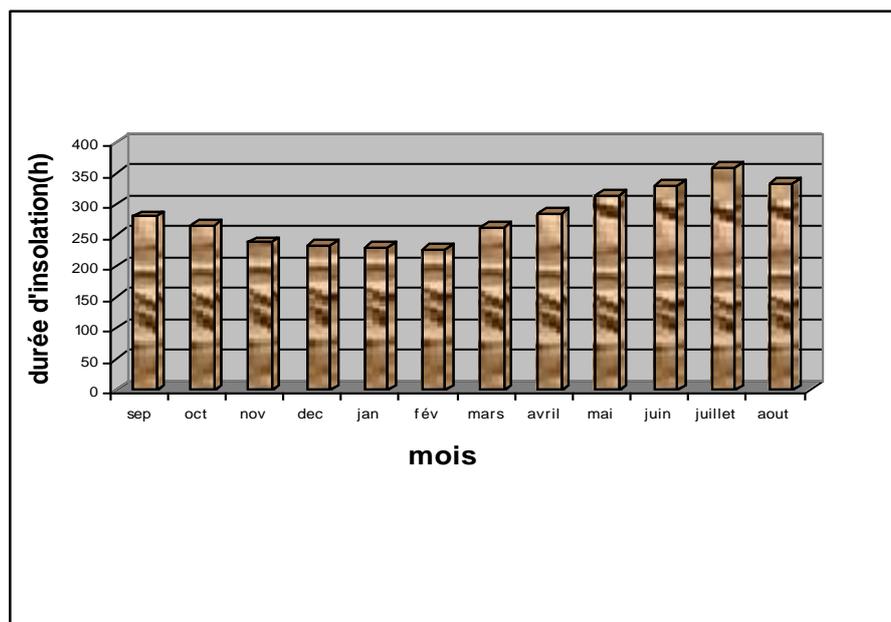


Figure.18. Répartition moyenne mensuelle d’insolation aux stations de Touggourt (1975/2007)

1.7. Le bilan hydrique

Dans cette étude nous allons évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique, à savoir l’écoulement, l’infiltration et l’évapotranspiration, ce dernier paramètre englobe l’ensemble des phénomènes d’évaporation physique et biologique, il est considéré comme le plus important car il conditionne l’abondance ou le déficit de l’eau pour la végétation. Il est utile de distinguer entre la notion d’évapotranspiration potentiel (ETP) qui est employée lorsque la surface évaporant est convenablement alimentée en eau et la notion d’évapotranspiration réel (ETR) qui distingue la quantité en eau perdue réellement par l’évapotranspiration.

1.7.1. Estimation de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)

1.7.1.1. D'après la formule de C.W .Thornthwaite

C.W. Thornthwaite a proposé également en 1948 une formule basée essentiellement sur les températures de l'air :

$$\text{ETP} = 16[10t/I]^a k$$

avec : $i = (t/5)^{1.514}$ $I = \sum_{i=1}^{12} i$ $a = 1.6*I/100 + 0.5 = 1.83$

ETP: évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (mm).

i: Indice thermique mensuel.

a: paramètre arbitraire lié à la température.

I: Somme des indices thermiques mensuels.

t: Température moyenne mensuelle (°C).

K: coefficient d'ajustement mensuel.

1.7.2. Estimation de la RFU (réserve facilement utilisable)

Selon G.Gastany lorsque les quantités d'eau prévenant des pluies dépasse celles perdus par l'évapotranspiration, le surplus est stocké et constitue ce qu'on appelle réserve facilement utilisable (RFU).

$$\text{RFU} = (P - \text{ETP}) + \text{RFU} (\text{mois précédent})$$

1.7.3. Estimation de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)

1.7.3.1. ETR selon la formule de Turc

$$\text{ETR} = P / \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}$$

Avec : $L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$;

ETR : évapotranspiration réelle (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

L : paramètre arbitraire lié à la température.

T : température moyenne annuelle (°C).

Tableau.12. L'ETR selon Turc à la station de Touggourt

station	P (mm)	L	T (°C)	ETR (mm/an)
Touggourt	79.75	1341.98	21.58	83.89

1.7.3. 2. L'ETR selon la C.W .Thornthwaite

On obtient l'ETR pour l'un des cas suivants :

Si $P < ETP \implies$ (1) suffisant $\implies ETR = ETP$
 (2) insuffisant égale à (0) $ETR = P + RFU$ (mois précédent)

Si $P > ETP \implies ETR = ETP$

Tableau.13. Résultats des calculs de l'ETR par les différentes méthodes

Station	ETR (TURC) (mm/an)	ETR de bilan de C.WThornthwaite (mm/an)
Touggourt	83.89	79.4

Les valeurs de tableaux ci dessus sont variables selon chaque méthode de travail, et pour cela la station météorologique de Touggourt a une évapotranspiration réelle moyenne de l'ordre de 81.64 mm/an.

Tableau.14. Bilan d'eau selon C.W.Thornthwaite à la station de Touggourt

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	total
P (mm)	6.31	7.52	11.35	6.46	14.4	5.44	9.91	6.67	6.23	1.54	0.93	2.63	79.4
T (mm)	28.79	22.43	15.87	11.18	10.1	12.74	16.26	20.41	25.6	30.87	33.35	33.04	-
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	-
I	14.2	9.7	5.7	3.4	2.9	4.1	6.0	8.4	11.9	15.7	17.7	17.4	117.1
ETP (mm)	139.4	72.6	28.3	11.6	9.8	16.6	35.9	65.8	123.9	194.9	237.9	217.7	1154.4
RFU (mm)	0	0	0	0	4.6	0	0	0	0	0	0	0	-
ETR (mm)	6.3	7.5	11.4	6.5	9.8	10.0	9.9	6.7	6.2	1.5	0.9	2.6	79.4
EXC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DA (mm)	133.1	65.1	17.0	5.1	0	6.6	26.0	59.1	117.7	193.3	237.0	215.1	1075.0

Le déficit annuel est de 1075 mm (1975-2007) ; il atteint son maximum au mois de Juillet avec 237 mm. Il nous donne une approximation des besoins en eau d'irrigation des cultures, vu que cette formule (Thornthwaite) aurait tendance à sous estimer les fortes ETP, particulièrement en zone aride et semi aride, où elle ne tient pas compte de l'accentuation de l'ETP due aux phénomènes adventifs.

2. Les données des sols de la vallée Sud d'Oued Righ

Les sols que nous rencontrons dans le sud algérien, présente un certain nombre de caractères communs à ceux d'autres régions arides .le milieu est en effet, caractérisé par des pluies très faibles, très irrégulières et une évaporation très forte.

Placés dans des conditions aussi sévères, les sols ont une évolution faible, leur structure est généralement définie ainsi: les éléments minéraux assez altérés ; les éléments solubles sont concentré en surface et accumulés à un niveau ou un autre du profil jusqu'à donner naissance à des nodules ou à des croûtes calcaires gypseuses.

Une coupe transversale fait apparaître dans la partie supérieure, un niveau quaternaire ancien constituer par une croûte gypso-calcaire recouverte de formations dunaires (erg). Ce niveau est également représenté dans la vallée par quelques petites buttes témoins.

Le fond de la vallée est comblé de sédiments sableux entrecoupés de lentilles d'argile salifère. La dénivelée entre le haut et le bas est de quelques mètres seulement et le relief est peu marqué.

2.1. Caractérisation générale des sols

En vue d'avoir une idée plus précise sur les sols, il a été jugé nécessairement de présenter les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de deux profils représentatifs des sols de la vallée à savoir : l'un représentant la classe des sols hydro morphes, halomorphes à action de nappe (sol médiocre) et l'autre la classe des sols peu évolués, profonds et légèrement salés. (Sol sain).

2.1.1. Le premier profil

2.1.1.1. Classification

- Classe : des sols peu évolués.
- S /classe : non climatiques.
- Groupe : d'apport éolien et anthropique.
- S/groupe : hydromorphes.
- Famille : gypseux et légèrement salé.
- Série : profonds.

2.1.1.2 .Description morphologique

0-30 cm : sec à frais, brun foncé de texture sableuse à structure polyédrique fine, enraciné, consistance et cohésion faibles, poreux, limite distincte irrégulière.

30-70 cm : idem que le précédent horizon, mais avec caractères d'hydromorphie de Gley et pseudo- gley.

70-120 cm : horizon de couleur bariolée (rouge clair et brun foncé) avec beaucoup de gley de texture très fine,de structure polyédrique moyenne, moyennement développée, consistance et cohésion moyennes, moyennement poreux.

Tableau.15. Résultat des analyses du sol pour le profil 01

Horizon (cm) Analyses	0 - 30	30 - 70	70 - 120
Argile %	0	0	0
Limon fin %	8	10	36
Limon grossier %	3	3	1
Sable fin %	48	46	18
Sable grossier %	9	8	4
Matières organiques ‰	0,87	0,7	0,32
Carbone ‰	5,1	4,5	1,9
Azote ‰	0,35	0,39	-
Phosphore T ‰	1,03	0,9	-
Phosphore ASS ‰	326	290	-
Potasse T ‰	0,97	0,85	-
Potasse ASS ‰ mg	11	11	-
PH	7,8	7,72	7,8
Conductivité Elect µs/cm	6650	7020	7020

Source : ABHS

2.1.2. Le deuxième profil

2.1.2.1. Classification

- classe : des sols hydromorphes
- S/ classe : peu humifères
- groupe : à remise en mouvement de gypse
- s/groupe : halomorphes
- famille : très salé
- série : nappe à 60 cm.

2.1.2.2. Description morphologique

0 – 25 cm : frais à humide de couleur brune, de texture sableuse à sablo- limoneuse faiblement enraciné, consistance et cohésion faible, poreux, avec quelques efflorescences Blanchâtres de sel, limite nette irrégulière.

25 – 60 cm : idem que le précédent, mais plus humide à mouillé, de texture sableuse à structure fondue et très bien enraciné avec des tâches d’hydromorphie, limite nette irrégulière.

Tableau.16. Résultat des analyses du sol pour le profilé 02

Horizon (cm)	0 - 25	25 - 60
Analyses		
Argile %	0	0
Limon fin %	18	8
Limon grossier %	5	5
Sable fin %	42	47
Sable grossier %	22	25
Matières organiques ‰	0,87	0,2
Carbone ‰	4,1	3,5
Azote ‰	0,3	0,14
Phosphore T ‰	0,6	0,59
Phosphore ASS ‰	73	130
Potasse T ‰	1,93	1,21
Potasse ASS ‰ mg	75	18
PH	8,2	8,12
Conductivité Elect µs/cm	4684	1277

Source : ABHS

Conclusion

La région de l’Oued Righ se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d’une large fosse de direction N-S.

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle Précambrien, située entre 3000 et 5000 m .il s’ensuit que les dépôts sédimentaires ont environ 4000 m d’épaisseur.

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateau de Tadmaït et Tinhert et le massif du Hoggar.
- Les terrains des Mésozoïques et du début du Cénozoïque constituent l’essentiel des affleurements des bordures.
- les dépôts continentaux Tertiaires et Quaternaires occupent le centre de la cuvette.

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

Le climat de Oued Righ est connu par son irrégularité. Les conditions varient d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. Cette irrégularité est marquée notamment par des pluies très faibles et des températures trop élevées.

En fonction des données de précipitations, températures et évaporation, nous sommes en mesure d'affirmer, que le climat de Oued Righ est de type hyper aride. L'aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui résulte d'une insolation importante (la moyenne annuelle 3363.8 h/ans), qui est elle-même la conséquence de la faiblesse des précipitations et de l'humidité de l'air.

L'établissement du bilan hydrique et l'estimation de ses paramètres nous permettent de ressortir les résultats suivants :

- La précipitation est de l'ordre de 79.4 mm qui contribue complètement à L'évapotranspiration réelle.
- Le bilan est déficitaire, l'excédent est nulle et la RFU est épuisée durant toute l'année malgré qu'elle présente uniquement une valeur de 4.6 mm pendant le mois de janvier.

Introduction

Dans la vallée Sud d'Oued Righ l'eau est le facteur limitant le développement économique et surtout de l'activité agricole. C'est pourquoi il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur. Tout le développement de cette région passe par l'extension et la rationalisation de ces activités, ce qui exige une maîtrise des problèmes de l'eau.

I. les eaux de surface

1. Les lacs

Les lacs qui se trouvent dans le territoire de notre région d'étude sont classés parmi les plus beaux et prestigieux lacs salés de la wilaya de Ouargla. On distingue deux lacs dans la région d'Oued Righ Sud, l'un est situé au Nord c'est le lac de Megarine et l'autre c'est le lac de Temacine au sud.

Ses situations géomorphologiques se présentent en une dépression qui est a priori un exutoire naturel des eaux d'irrigation drainées salées à plus de 10 g/l de résidu sec, et ce à partir des palmeraies limitrophes

La situation actuelle, notamment la pollution et la dégradation de la palmeraie environnante, font craindre le pire aux habitants. Ces lacs sont un symbole hautement traditionnel. Le réaménagement des zones humides donc devenu l'une des principales préoccupations du secteur de l'eau et de l'environnement dans la wilaya de Ouargla. Notamment l'une des premières actions c'est le plan de sauvegarde du lac Temacine qui comporte la prise en charge des rejets des eaux usées urbaines dans le grand canal d'Oued Righ.



Figure.19. Prise de vue du lac de Temacine Figure.20. Prise de vue du lac de Megarine

2. Le canal d'Oued Righ

Le canal de l'Oued Righ a été creusé en 1925 avec des méthodes traditionnelles et manuelles par la population de la région sur une longueur de 150 km à partir d'El Goug jusqu'au chott Merouane (exutoire naturel), une largeur de 10 m, une profondeur de 4 m et une pente de 1 ‰. Les 2/3 Sud du canal ont été creusés, tandis que 1/3 Nord est d'origine naturelle (Oued Khrouf). Les peuples de la région ont creusé ce canal pour le but de faire drainer les eaux en excès d'irrigation, des palmeraies et l'évacuation des eaux usées.

L'alimentation du canal est en effet, hors les quelques orages annuels, le fait des écoulements de drainage en provenance des palmeraies, donc le canal joue le rôle de collecteur principal de ces eaux qu'il conduit jusqu'à l'Oued Khrouf puis chott Merouane.

2.1. Caractéristiques du canal

- Longueur totale 136 km.
- Largeur moyenne 10 m.
- Profondeur moyenne 4 m.
- Vitesse moyenne d'écoulement 0,7 m/s.
- Débit moyen max 4 m³/s.
- Salinité moyenne 15 g/l.

Pente d'écoulement moyenne 1 ‰.

Le débit du canal de l'Oued Righ est de l'ordre 260 l/s au point du dépôt, et augmente progressivement vers l'aval 5000 l/s.



Figure.21. vue de section du canal d'Oued Righ Sud

2.2. Calcul des paramètres hydrauliques par la méthode du jaugeage au moulinet

La science qui s'occupe de la mesure des débits et de sa variation dans le lit d'un cours d'eau s'appelle l'hydrométrie.

Le débit est le seul élément intervenant dans la détermination du bilan hydrologique d'un bassin versant qui puisse être mesuré dans son ensemble avec une bonne précision.

Le débit Q (m^3/s) qui passe dans une section de mesure est par définition: (TOUAIBIA B., 2004)

$$Q = V_m \times S_m$$

Avec :

V_m : vitesse moyenne (m/s). Et S_m : surface de la section mouillée (m^2).

Il existe différentes méthodes de mesure de débit :

- Par jaugeage.
- Par application de formule de Chézy.

Parmi les jaugeages connus utilisés en hydrologie on peut citer le jaugeage au moulinet, le jaugeage au déversoir, le jaugeage au flotteur, le jaugeage chimique ...etc.

Dans notre cas nous avons utilisé la méthode de jaugeage au moulinet étant donné que cette méthode ne présente pas de difficultés opérationnelles sur le terrain d'une part et donne des résultats qui se rapprochent plus de la réalité d'autre part.

Cette méthode consiste à explorer le champ des vitesses le long de la section "S" considérée.

La vitesse de l'écoulement n'est pas uniforme sur la section transversale d'un cours d'eau. Il est donc nécessaire d'explorer le champ des vitesses en réalisant des mesures en plusieurs points de la section, généralement situés le long de verticales judicieusement réparties sur la largeur de l'oued. Pour effectuer une bonne mesure certains critères doivent être réunis:

-Les vitesses doivent être parallèles entre elles (pas de remous) et perpendiculaires à la section de jaugeage.

-La vitesse doit être suffisamment constante dans le temps pour une même hauteur d'eau (écoulement permanent).

-La profondeur de l'eau doit être suffisante par rapport au diamètre de l'hélice.

-Le fond ne doit pas contenir d'obstacles.

La mesure de la vitesse est basée sur la transformation du mouvement rectiligne de l'eau en un mouvement rotatif de l'hélice du moulinet.

Le débit se définit comme le flux du vecteur vitesse à travers cette section. Pour une section élémentaire dA , le débit correspondant sera :

$$dQ = v \cdot dA$$

Le débit total à travers la section du cours d'eau A est :

$$Q = \int_A v \cdot dA$$

D'une manière plus simple, la mesure du débit par cette méthode exige la détermination des vitesses ponctuelles en nombre suffisant pour permettre le calcul d'une vitesse d'écoulement moyenne (V) dans la section du cours d'eau considérée. Le débit transitant à travers cette section est alors :

$$Q = A \cdot V$$

2.2.1. Les Stations de mesure

Il existe quatre stations hydrométriques réparties le long du canal de Oued Righ .mais nous nous sommes seulement intéressés des deux stations qui se trouvent dans le territoire de notre région d'étude et qui représentent les points les plus favorables pour prendre les mesures des paramètres hydrauliques du canal. Il s'agit des stations de Ranou et de Sidi Slimane

- ❖ *Station de Ranou* : en amont du canal il réunit les drains et les rejets de Temacine.
- ❖ *Station de Sidi Slimane* : contrôle les rejets et les drains et de Touggourt.

Tableau.17. Coordonnées géographiques (GPS) et topographie des Stations

Station	Coordonnées			La pente I (%)	Longueur cumulée (Pk) Km
	X	Y	Z (m)		
<i>Ranou</i>	06°03'38''	33°02'48''	69	1,072	24.5
<i>Sidi Slimane</i>	06°04'31''	33°17'14''	37	1,17	55,92

2.2.2. Les Paramètres hydrauliques

- **La vitesse moyenne (V_m) :**

Elle est exprimée en (m/s):

$$V_m = Q/S_m$$

Avec:

Q : le débit (m^3/s). Et S_m : Section mouillée (m)

- **Rapport vitesse moyenne / vitesse moyenne de surface : V_m/V_{MS}**
- **Rayon hydraulique (R_h) :** Il est défini comme étant le rapport de la section mouillée au périmètre mouillé. Il s'exprime en mètres.

$$R_h = S_m/P_m$$

Avec :

S_m : section mouillée (m^2). Et P_m : périmètre mouillé (m).

Il faut donc intervenir implicitement d'une manière simplifiée mais parfois assez représentative les caractéristiques géométriques d'une section.

- **Profondeur moyenne (H_m) :** La profondeur moyenne est définie comme étant le rapport entre la section mouillée (S_m) et la largeur au miroir (L)

$$H_m = S_m/L$$

Avec

L : la largeur au miroir (m)

- **La largeur au miroir (L)** : Elle est définie comme étant la distance de la rive droite à la rive gauche normalement à la direction de l'écoulement. (REMINI B., 2005)
- **Nombre de Froude (F_R)** : Le nombre de Froude d'un écoulement à surface libre représente donc le rapport de la vitesse moyenne du courant à la vitesse de propagation d'une onde superficielle infiniment petite le long du courant considéré.

$$F_R = \frac{V_m}{\sqrt{gH_m}}$$

Avec :

V_m : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s).

g : l'accélération de la pesanteur (m/s²).

H_m : Profondeur moyenne (m).

Remarque :

F_R > 1 régime torrentiel.

F_R < 1 régime fluvial.

F_R = 1 régime critique.

Tous les résultats obtenus sont bien répartis dans le tableau 18.

Tableau.18. Résultats des paramètres hydrauliques aux stations de jaugeage.

station de mesure	paramètres hydrauliques									
	débit m ³ /s	V _m (m/s)	V _{ms} (m/s)	V _m /V _{ms}	S _m (m ²)	P _m (m)	R _h (m)	H _m (m)	Fr	Régime d'écoulement
Ranou	0.75	0.25	0.425	0.588	3.00	8.30	0.36	0.375	0.13	Fluvial
Sidi Slimane	1.95	0.63	0.668	0.943	3.06	5.2	0.85	0.68	0.85	Fluvial

2.3. Interprétation des résultats

D'après le calcul du nombre de Froude le régime d'écoulement dans toutes les stations hydrométriques est un régime fluvial.

Le calcul et les mesures ont montré que le débit au niveau du canal augmente tout en allant vers le Nord (tableau19).

Tableau.19. Résultats des débits de chaque station (au moulinet)

<i>Station</i>	<i>Ranou</i>	<i>Sidi Slimane</i>
Débit (m³/s)	0,75	1,95

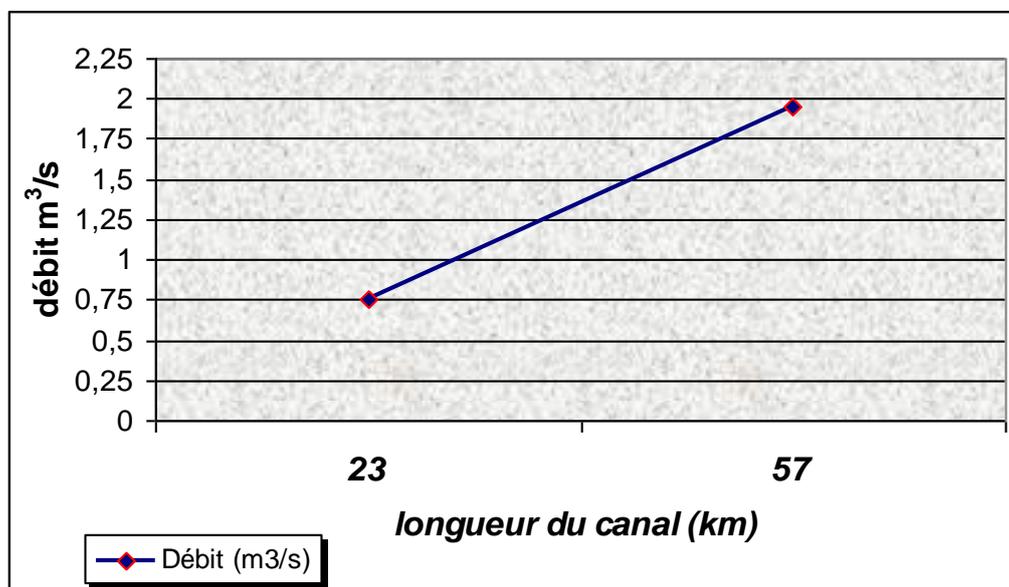


Figure.22. Variation du débit en fonction de la longueur du canal

D'après la figure ci-dessus on constate qu'il y a une nette augmentation du débit du canal entre la station de Sidi Slimane et celle de Ranou ce qui explique qu'il existe un apport important en eaux de drainage à partir des palmeraies.

2.3.1. Evolution du débit du canal au niveau des stations hydrométriques

L'évolution de la région d'Oued Righ se fait sentir à travers la multiplication du nombre de forages suite à l'augmentation du nombre d'habitants, du développement de leurs nécessités socio-économiques et de l'extension des palmeraies par de nouveaux périmètres irrigués.

Cette évolution a provoqué des débits de forages et des réseaux de drainages supplémentaires et une importante évolution spatiale et chronologique du débit du canal.

❖ Station Ranou

Le tableau 20 montre que en 1998 et 1999 la régression de la section mouillée cause des roseau et ensablement ce qui a provoqué une diminution du débit et une remonté de la nappe, par contre on remarque en 2001 que le débit est augmenté et même dépassé 0,728 l/s en 1995 à la station de Ranou, ceci s'explique par une opération de nettoyage et l'entretien du canal avant 2001.

Tableau.20. Répartition du débit du canal à Station Ranou

L'année	1993	1994	1995	1998	1999	2001	2006	2007	2008
Débits (m ³ /s)	0.47	0.588	0.728	0.53	0.394	0.813	0.615	0.75	0.75

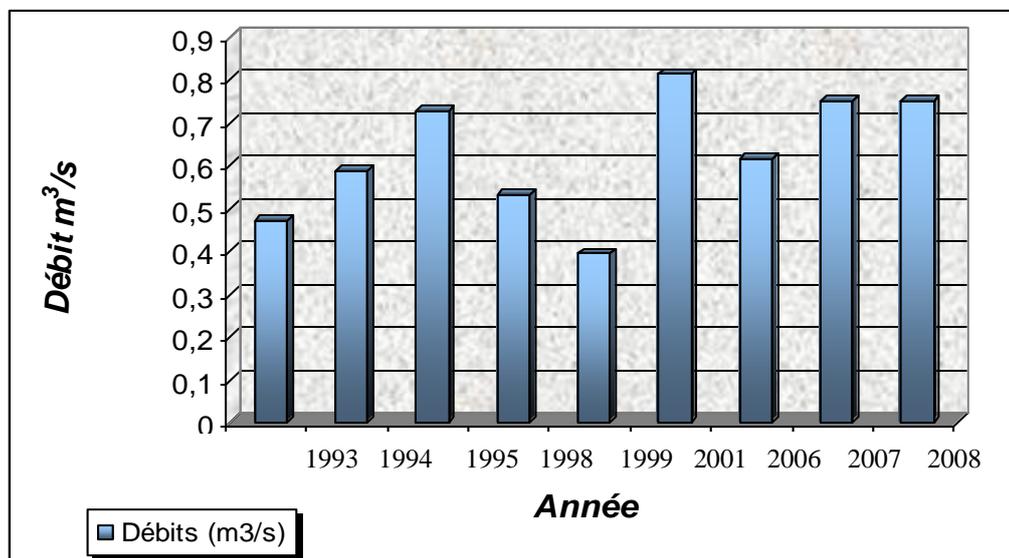


Figure.23.histogramme de l'évolution de débit du canal à la station Ranou

❖ Station de Sidi Slimane

Le tableau ci-dessous et la figure 24 montrant que la situation dans cette station est semblable à celle de la station de Ranou. La seule différence c'est les valeurs de débits qui sont plus élevés que les valeurs de la station précédente. Cette augmentation du débit due essentiellement aux apports importants en eaux de drainage à partir des palmeraies.

Tableau.21. Répartition du débit du canal à Station Sidi Slimane

L'année	1993	1994	1995	1998	1999	2001	2006	2007	2008
Débits (m ³ /s)	1.758	2.00	2.585	2.00	1.91	2.45	2.5	1.95	2.8

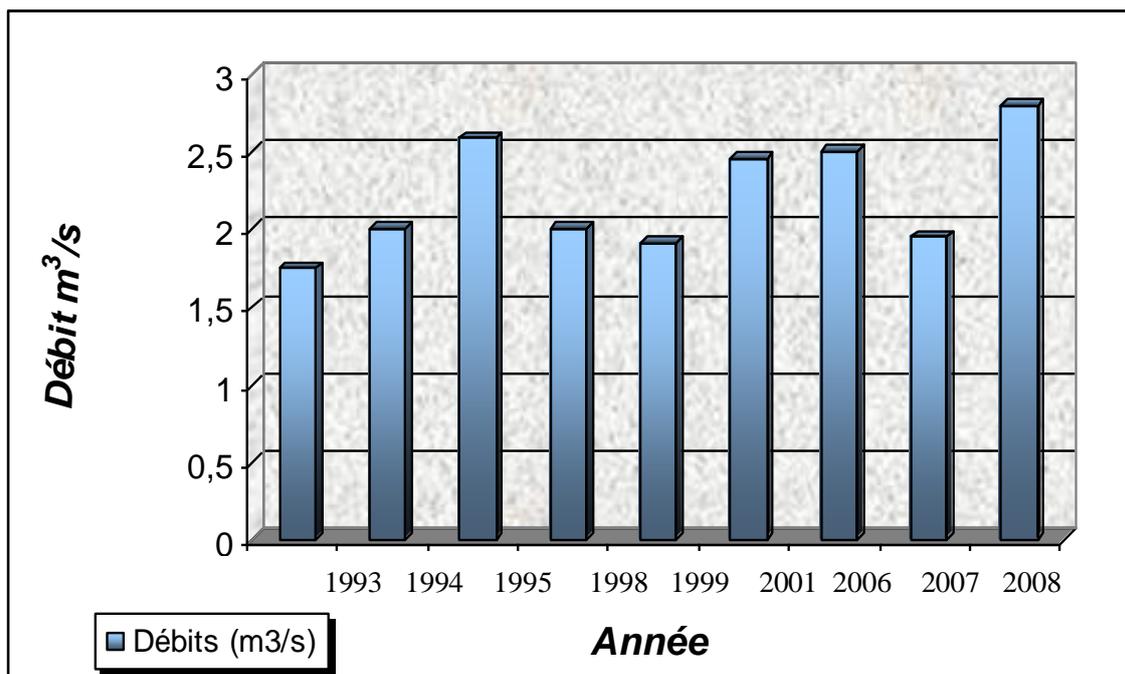


Figure. 24. histogramme de l'évolution de débit du canal à la station de Sidi Slimane

II. le système aquifère et l'eau souterraine de la vallée Sud d'Oued Righ

Les réserves théoriques des deux grandes aquifères sahariennes sont estimées à près de 60. 000 milliards de m³. Etant donné, l'importance des réserves, il n'est pas logique de limiter l'exploitation aux seuls volumes renouvelables. Si l'on se contentait d'en exploiter seulement le dixième, on obtiendrait un débit fictif continu de 100 m³/s pendant 2000 ans. Cependant, sur le plan pratique, les nappes subiront des rabattements continus, mais ceux-ci seront très variables suivant les endroits. Cet abaissement continu des niveaux se traduira sur le plan économique par :

- 1- un accroissement des investissements avec le temps
- 2 -augmentation du nombre de forages et des frais de pompage
- 3 -un accroissement du coût du mètre cube d'eau,
- 4 -une dégradation de la qualité des eaux par endroits (salinisation).

Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de Ressources non renouvelables représentées par les deux grandes aquifères :

- Continentale Intercalaire.
- Complexe Terminal.

Ces deux systèmes hydrauliques fond du Sahara Algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique.

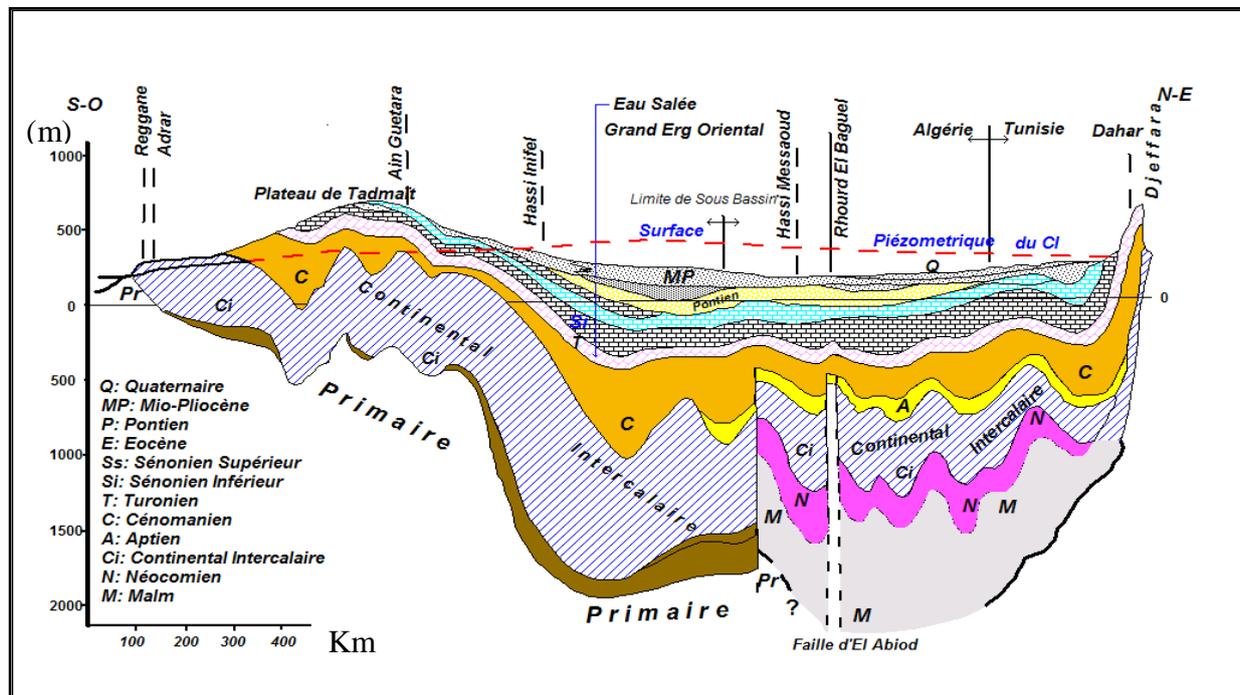


Figure.25.Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale (UNESCO 1972).

Le bassin sédimentaire du Sahara Septentrional constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de 780000 km². On distingue deux grands ensembles Post-Paléozoïques, constituant deux systèmes aquifères séparés par d'épaisses séries argileuses ou évaporitiques de la base du Crétacé Sud.

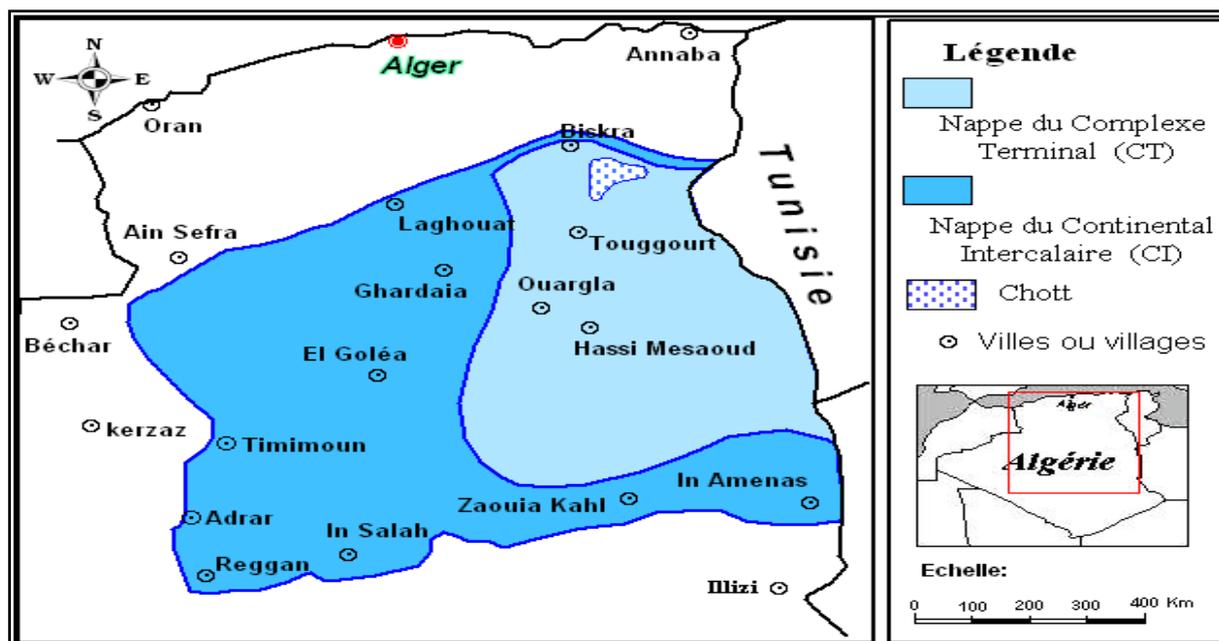


Figure.26. Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications², 2002.

1. La nappe phréatique

Elle est continue dans les niveaux sableux et argilo évaporitiques du Quaternaire. Elle se présente sous forme pelliculaire par apport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur et dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Mio-Pliocène.

La nappe phréatique est présentée dans toutes les oasis de la vallée. Elle est contenue dans les sables fin à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du Sud vers le Nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres.

Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités ; les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées, la conductivité électrique est de l'ordre de 4.91 ms/cm à 13.44 ms/cm.

La nappe phréatique est gonflée par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompages du CI et du CT. C'est pour drainer cet excès que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ. Elle est principalement alimentée par l'infiltration des eaux d'excès d'irrigation et des eaux d'assainissement, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du complexe terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation

2. La nappe du complexe terminal (le Pontien CT)

Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène (Busson, 1970; Fabre, 1976).

Le terme de nappes du Complexe Terminal qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique.

2.1. La première nappe des sables CT1

Hormis, La nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde, sa puissance varie entre 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grès, d'âge Mio -Pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argile constitue son substratum, et son toit est constitué par des argiles et des évaporites .c'est une nappe captive. Elle était jadis très exploitée avec des débits faibles à moyens, de l'ordre de 20 à 40 l/s. cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau , les forages qui la captent sont actuellement moins utilisés.

2.2. La deuxième nappe CT2

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-Pliocène .comme la première nappe, elle est formée essentiellement de grès, de gravier et de sable avec la présence de quelques lentilles argileuses. Son épaisseur est de 20 à 36m, elle est très exploitée avec un débit variant entre 25 et 45 l/s. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

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

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

2.3. La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse, sa puissance variée entre 200m à Touggourt et 360m à Meghaier. Il n'est pas très exploité. L'artésianisme étant à l'origine plus important au Nord. A la base, le Sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux (figure 27).

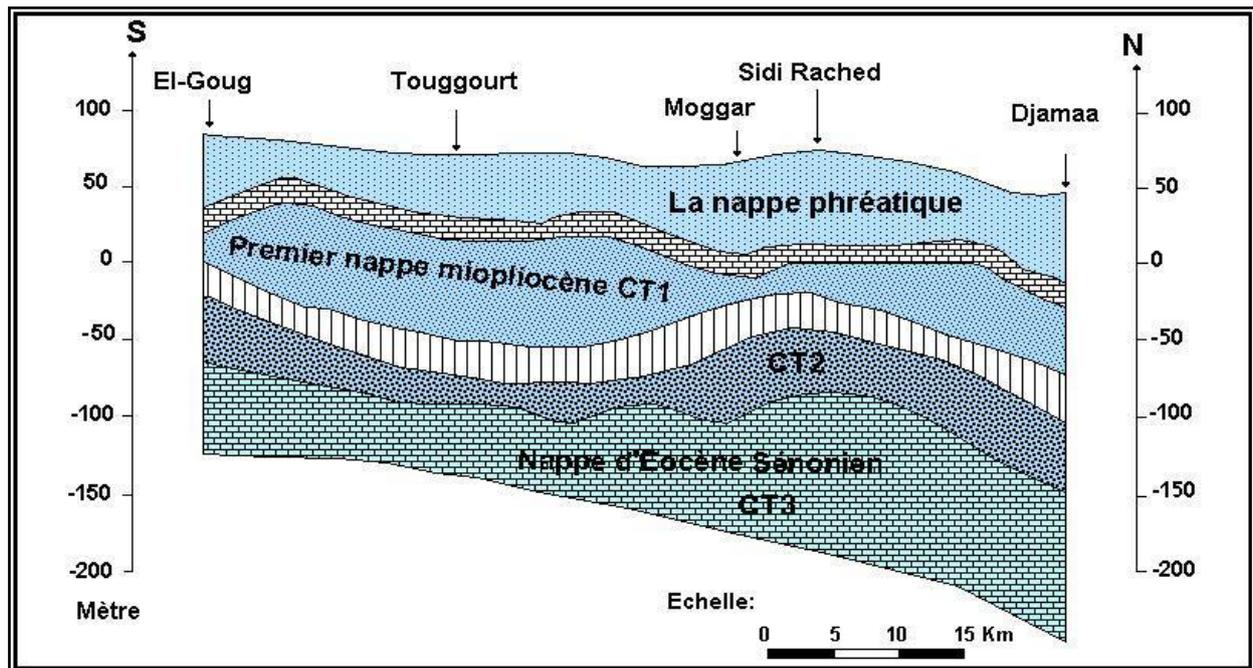


Figure. 27. Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de Oued Righ (ANRH)

2.4. La piézométrie de la nappe complexe terminal

La construction de la carte piézométrique du "CT" est le résultat de l'accumulation des contributions successives élaborées depuis quarante ans, depuis la publication par Cornet (1964) de la première carte piézométrique couvrant tout le Continental Terminal du Sahara. Parmi les contributions les plus significatives, on peut citer notamment Bel et Cuhe (1969) et le Projet ERESS (1972).

L'ensemble de ces travaux a permis de dresser une carte piézométrique « initiale » ou encore peu influencée par pompage, à l'échelle du bassin du Sahara Septentrional.

Cette piézométrie a concerné les formations calcaires sénoniens et éocènes ainsi que les sables du Pontien d'Oued Righ et de Djérid assez souvent en relais hydrogéologiques. Elle se raccorde parfaitement et permet d'avoir la continuité de l'écoulement souterrain en passant d'une zone à l'autre (OSS, 2003).

À l'échelle locale, ou dans la vallée de Oued Righ la carte ci dessous montre un écoulement qui se produit Dans le sens Sud Ouest –Nord Est (Fig. 28).

Généralement, la nappe présente un sens d'écoulement vers le Nord- Est, c'est-à-dire vers la zone des Chotts algéro -tunisiens.

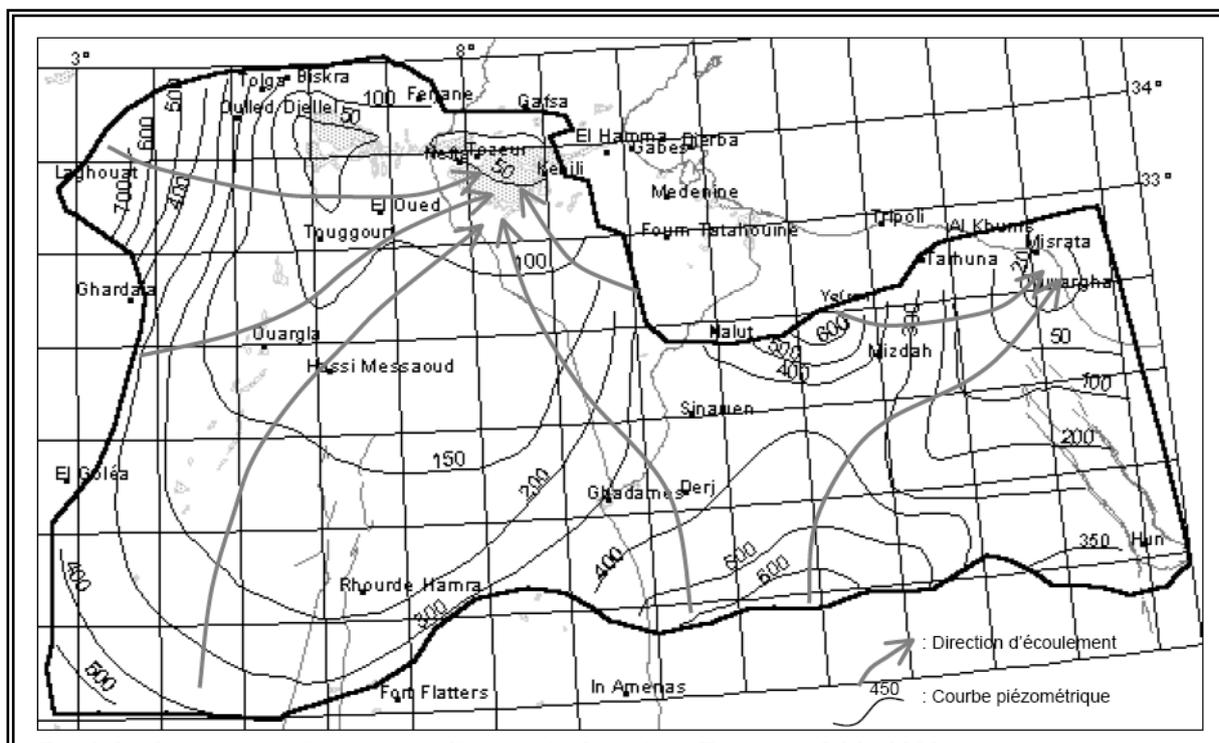


Figure.28.carte piézométrique de la nappe du complexe terminal (Sass 2003)

3. La nappe du continental intercalaire (albiennien CI)

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins (l'Algérie, la Tunisie et la Libye). La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600000 km². Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à 3.5x10⁹ milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination nappe Albien. Le terme Continental Intercalaire, par contre désigner l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara entre deux cycles marins, c'est le plus puissant aquifère du Sahara (250 -1000 m épaisseur).

3.1. Limites et morphologie du continental intercalaire

Le CI est limité au Nord par l'Atlas Saharien, à l'Ouest par l'axe Bechar Reggan et au Sud par l'axe Reggan- Ain Amenas ; à l'Est il se prolonge au delà des frontières Algéro -Libyenne et Algéro- Tunisienne. Il est partage par la dorsale du M'zab en deux bassins (figure 29) :

- Le bassin Occidental Oriental.
- Le bassin Oriental qui englobe le Bas Sahara.

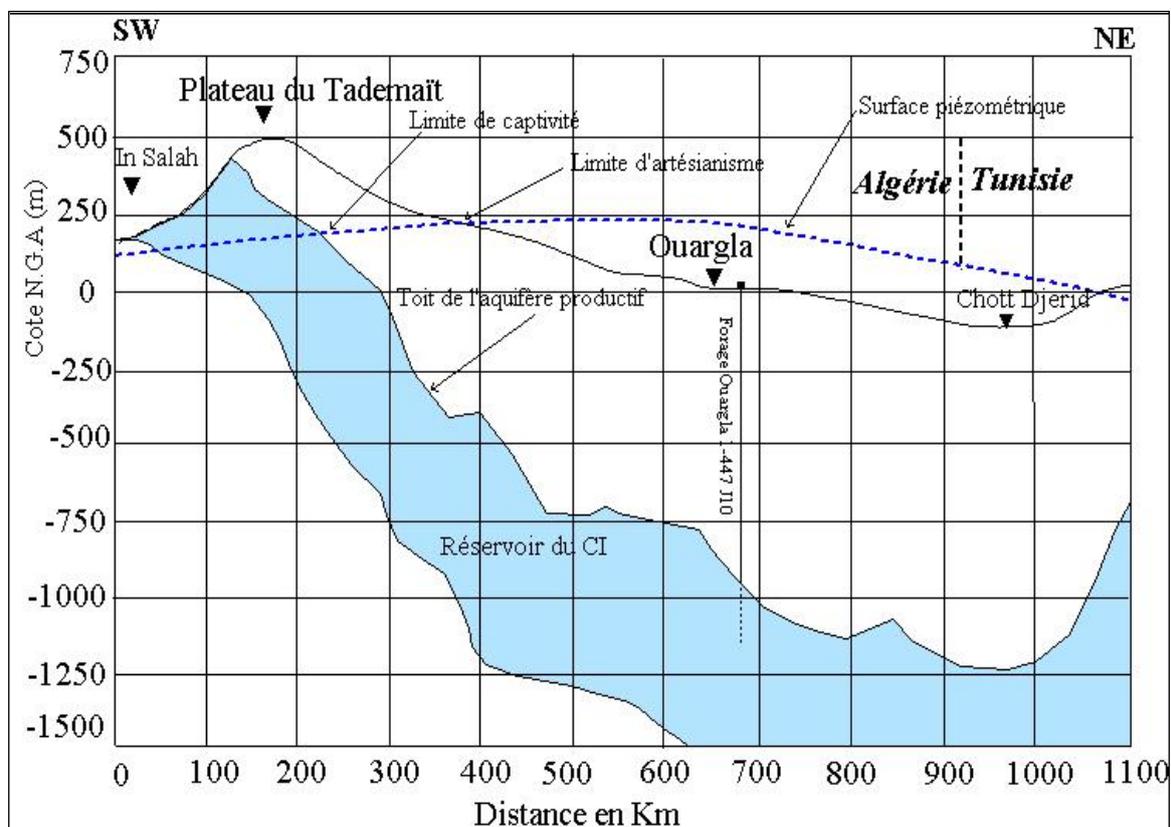


Figure.29. Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du C (UNESCO, 1972)

La transgression Cénomaniennne donne au Continentale Intercalaire une limite supérieure beaucoup plus uniforme que sa limite inférieure.

A la périphérique, le Continentale Intercalaire, se termine évidemment en biseau sur les anciens reliefs hercyniens, mais il atteint très vite une grande puissance dans les anciennes cuvettes d'accumulation.

Au sens large, le Continentale Intercalaire recoupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien (la définition donnée par l'UNESCO dans « l'étude sur les ressources en eau du Sahara Septentrional »).

3.2. Toit du réservoir

Le toit du CI débute presque toujours au toit de l'Albien (plus de 2000m par rapport au sol), le mur de CI coïncide avec la discordance hercynienne sous les plateaux du Tademaït et du Tinhert.

Le toit de cette nappe varie selon les régions : à l'Ouest (Gourara-Touat), il est en surface et l'aquifère forme une nappe libre captée par les foggaras .à l'Est, le toit plonge progressivement sous d'épais terrains, jusqu'à atteindre son maximum de profondeur dans la dépression d'Oued Righ.

Une même morphologie du substratum est observée dans le sens méridien, qui atteint son maximum au Nord, en bordure de l'Atlas Saharien.

3.3. Alimentation

Cette nappe s'est chargée au cours des périodes pluviales du Quaternaire. Actuellement, elle reçoit une faible recharge, surtout à partir du piémont de l'Atlas Saharien ; la quantité d'eau qui tombe annuellement sur les affleurements du Crétacé inférieur continental est estimée en 2,5 milliards m³/an. Mais, il est difficile d'appliquer à ces formations un coefficient d'infiltration, les conditions climatiques (hauteur de pluies faibles et évaporation intense), étant très différentes de celles des régions où ces coefficients ont pu être expérimentées :

Le volume d'eau emmagasiné dans le CI, évalué à 3.5×10^9 milliards m³, ce qui se signifie qu'il faudrait un débit continu de 1000 m³/s pendant 1000 ans pour le remplir.

3.4. Les exutoires

Ils sont constitués par :

- **Les foggaras** : longues galeries drainantes, fonctionnant sous un faible rabattement et utilisant la topographie locale pour permettre l'écoulement libre de l'eau vers des points bas (cas du bassin occidental).
- **Les puits artésiens** (bassin oriental).
- **Les sebkhas** : vastes étendues humides et salines, surfaces évaporantes dont le débit total n'est pas négligeable.

3.5. Épaisseur du réservoir

Son épaisseur utile est souvent déterminée à partir des diagraphies, cette épaisseur utile correspond à la sommation des horizons perméables gréseux et des couches calcaires dolomitiques de l'Aptien immergées au sein de cette série gréseux-sableuse.

Les plus fortes épaisseurs sont localisées à l'Est d'El Goléa où elles sont comprises entre 750m et 1000m. La vallée d'Oued Righ et les Zibans sont un peu moins bien lotis avec des valeurs inférieures à 350 m.

les caractéristiques du réservoir montrent que les niveaux argileux ne constituent jamais des horizons continus de grandes extensions qui permettraient la formation d'un système aquifère multicouche.

L'écoulement des eaux de cette nappe se fait dans la partie occidentale du Nord vers le Sud et dans sa partie orientale de l'Ouest vers l'Est (Tunisie).

Le Continental Intercalaire proprement dit nappe d'eau douce comprise dans les grès Albo-Barremiens. Le tableau 22 suivant récapituler toutes les caractéristiques de la nappe des continental intercalaires :

Tableau.22.Données générales sur la nappe du continental intercalaire (SASS)

Etendue	600 000 km²
Epaisseur total (m)	50 à 100
Profondeur (m)	60 à 2400
Profondeur au toit (m)	20 à 2000
Epaisseur de la couche utile productrice (m)	150 à 200
Débit (l/s)	50 à 400
Niveau statique par apport au sol (m) (Menaia)	Artésien (25 bars)
Rabatement par apport au N.S (m)(toute la région)	Artésien
Transmissivité ($10^{-3} m^2 / s$)	10 à 30
Coefficient d'emmagasinement (10^{-4})	6 à 1200
Alimentation moyenne ($h.m^3 / an$)	270
Réserve théorique calculée (m^3)	50000 × 10⁹
Température (°c)	25 à 70
Salinité des eaux	0,5 à 6g/l

3.6. La piézométrie de la nappe continental intercalaire

Pour élaborer la carte piézométrique du "CI", les données publiées dans les études précédentes telles que ERESS en 1972, ont été mises à contribution. Nous utiliserons la carte piézométrique du "CI", élaborée dans le cadre du projet SASS 2003 (figure 30).

Cette carte définit l'écoulement de la nappe à l'état naturel, peu ou pas influencé par pompage. Concernant notre zone d'étude, L'écoulement de cette nappe se produit Dans le sens Ouest - Est, où les eaux en provenance de l'Atlas Saharien, se convergent vers l'exutoire tunisien.

N.B :C'est la dorsale du M'Zab l'axe Nord-Sud qui sépare l'écoulement dans les sous bassins Occidental et Oriental en ces deux directions distinctes précitées (Nord-Sud et Sud-Nord).

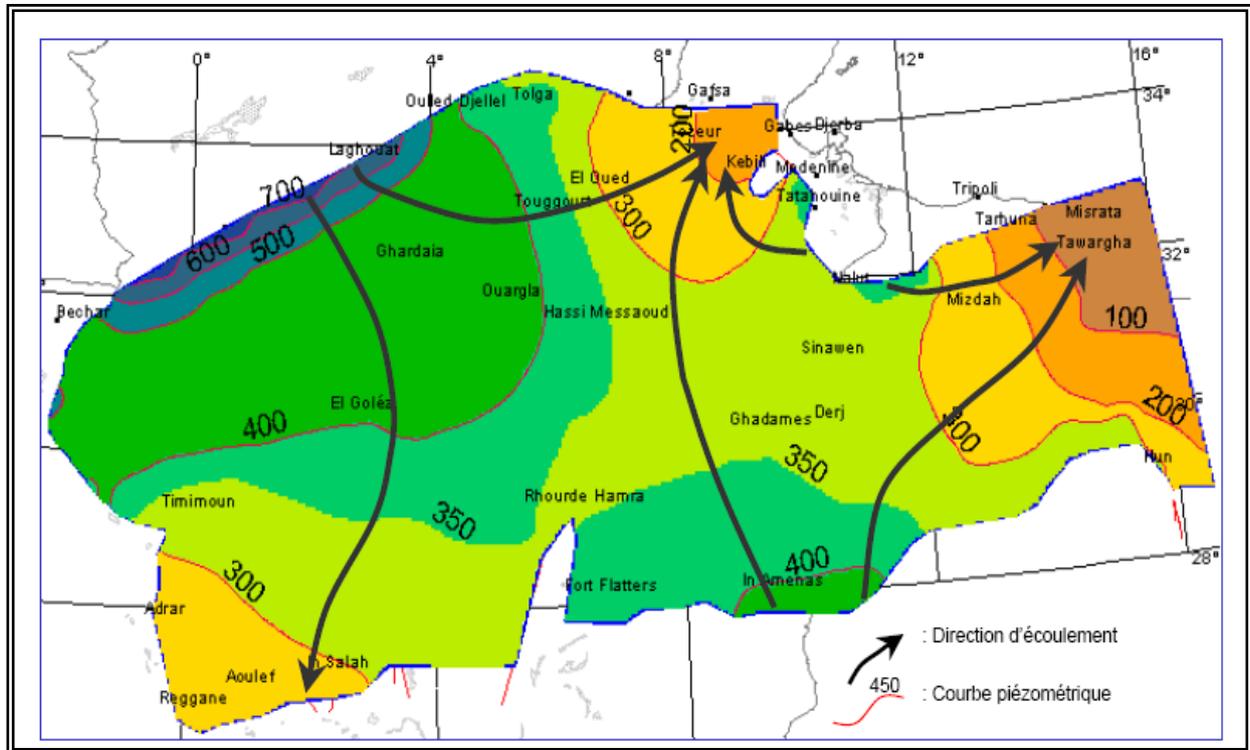


Figure.30. carte piézométrique de la nappe du continental intercalaire (d'après SASS 2003)

Le tableau 23 synthétise les unités stratigraphiques et lithologiques et indiquant les unités hydrogéologiques correspondantes.

Tableau.23. Tableau récapitulatif du système hydrogéologique du bas Sahara (ANRH)

ERE	Etage		Lithologie	Nature Hydrogéologique
	Quaternaire		Sables	Nappe superficielle (la nappe phréatique)
			Argiles, évaporites.	Substratum (imperméable)
Tertiaire	Moi -Pliocène		Sables	1 ^{ère} nappe des sables (Complexe Terminal).
			Argiles gypseuses	(semi-perméable)
		Pontien	Sables, graviers et grès	2 ^{ème} nappe des sables (Complexe terminal).
	Eocène	Moyen	Argiles lagunaires	Substratum
		Inférieur		Nappe des calcaires (Complexe Terminal).
Secondaire	Crétacé	Sénonien calcaire	Dolomies et calcaires	(Complexe Terminal).
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum
		Cénomanién	Argiles, marnes	Substratum
		Albien		Nappe albienne
		Barrémien	Sables et grès	(Continental Intercalaire).

4. Aperçu historique des études hydrogéologiques dans la région d'étude

Les premières conclusions qui se dégagent après plusieurs années d'exploitation des nappes du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara septentrional sont surtout celles liées aux problèmes de gestion, de planification et de suivi de la ressource en eau. ;

En effet, Il est difficile d'imaginer une gestion rationnelle et durable sans modification du fonctionnement physique, chimique et biologique de l'environnement. Il est difficile également de gérer une ressource sur un territoire aussi vaste sans un modèle mathématique de gestion. Dans ce cadre plusieurs études de modélisation de la ressource hydrique ont été effectuées à fin de bien gérer leur exploitation, parmi eux en cite :

ERESS- 1972 et actualisé en 1985, par le CDARS en 1999, avec le concours de l'Ecole des Mines de Paris, de l'ANRH et celui du SASS (OSS) avec la collaboration également de l'ANRH en 2002. L'élaboration de ces outils indispensables a permis surtout de prévoir à

moyen et long terme l'évolution de la nappe en fonction des prélèvements proposés, ainsi que les conséquences de son utilisation.

4.1. Étude d' ERESS

Les hypothèses de la simulation de l'étude ERESS constituent la base d'évolution et de gestion de la ressource hydrique pour les deux nappes.

Leurs scénarios à hypothèses fortes font ressortir des potentialités d'exploitations de ressource en eau à différents horizons illustrés dans le tableau 24.

Tableau.24. Tableau récapitulatif des résultats obtenus par l'étude ERESS

Donnés	Prélèvements des deux nappes en l/s			
Régions	Vallée Oued Righ Sud		Vallée Oued Righ Nord	
Nappe Horizon	CT	CI	CT	CI
1981	1788	570	4441	854
1990	4761	2622	5970	1435
2000	9772	3802	5970	2485
2010	9772	3802	5970	2485
2040	9772	3802	5970	2485

Parmi les conclusions principales de l'étude ERESS une classification des régions en fonction de leurs potentialités en eau, notre région d'étude (Oued Righ) est classifiée ainsi:

* Vallée Sud d'Oued Righ comme zone a potentialité moyenne, elle répondre a la demande telle qu'elle est envisageable à l'horizon 2000.

* Vallée Nord d'Oued Righ classifiée comme zone a faible potentialité.

4.2. Étude de SASS

L'étendue géographique international des deux nappes a exigé une gestion tripartite de leur ressources en eaux, c'est dans ce contexte que l'organisation OSS a établi un model mathématique de gestion appelée système aquifère du Sahara septentrional SASS.

Concernant notre région d'étude la simulation du model SASS prévoit des débits encore susceptibles d'être prélevés.

On note que la simulation SASS n'a pas tenu compte les petites localités de notre division, et elle n'a pas estimé le débit additionnel pour la partie sud de la vallée d'Oued Righ, Or elle traite la région de Ouled Djellal de la Wilaya de Biskra comme l'une des localités de la vallée d'Oued Righ.

III. les ressources et diagnostic de l'état actuel des eaux

Au cours de ces dernières décennies, des nombreuses zones arides ont subi des transformations socio-économiques et démographiques aussi importantes que rapides, qui se sont traduites par des pressions très importantes sur l'environnement, et en particulier sur les ressources en eau. L'eau constitue un enjeu du développement économique ; celui-ci est principalement fondé sur les ressources naturelles.

1. la répartition de l'infrastructure hydraulique dans la vallée Sud d'Oued Righ

Les infrastructures hydrauliques jouent un rôle primordial dans la sécurité hydrique et alimentaire du pays et rend de précieux services à l'économie nationale. Elles contribuent, au développement de l'accès à l'eau potable, à la stabilisation de la production agricole grâce à l'irrigation de plus de 11062 d'hectares, et au développement industriel.

1.1. Les forages

Selon le rapport de l'ANRH de la subdivision de Touggourt en 2004, le nombre total des forages recensés dans la région d'Oued Righ Sud est de l'ordre de 425 forages.

Parmi les 425 forages recensés seulement 339 forages (CT, CI) sont exploités, tous les 6 forages CI sont en service et 86 forages CT non exploités. En se basant sur des critères d'expertise prenaient sur terrain parmi ces 86 forages CT non exploités, 62 forages sont classés exploitables, ils sont généralement à l'arrêt, non électrifier, de réserves, nouveaux forages, abandonnés à cause de l'éloignement,...etc. les 24 forages restés non récupérables qui nécessitent leur bouchage sont généralement des puits ensablés, accidentés, mal réalisés, très anciens, à eau très salés, taris...etc.

Dans cette zone la nappe du Complexe Terminal (Mio-pliocène et Eocène) est exploitée par 333 forages, parmi ces forages seulement 2 forages sont destinés pour l'alimentation en eau potable, les autres sont destinés essentiellement pour l'irrigation de plus d'un million des palmiers réparties dans toute la région d'étude .

La vallée sud d’oued Righ correspond à la zone où la nappe du Complexe Terminal est la plus exploitée. Elle est captée à une profondeur variant entre 30 et 240 m et Le débit fourni par forage est compris entre 10 et 40 l/s. Le volume soutiré est 263.76 hm³/an.

Quant à la nappe du Continental Intercalaire, elle est captée par 06 forages fournissant chacun un débit de l’ordre de 130 l/s, en moyenne. Le débit prélevé de cette nappe est évalué à 25 Hm³/an, Les 06 des forages CI sont destinés pour l’alimentation en eau potable.

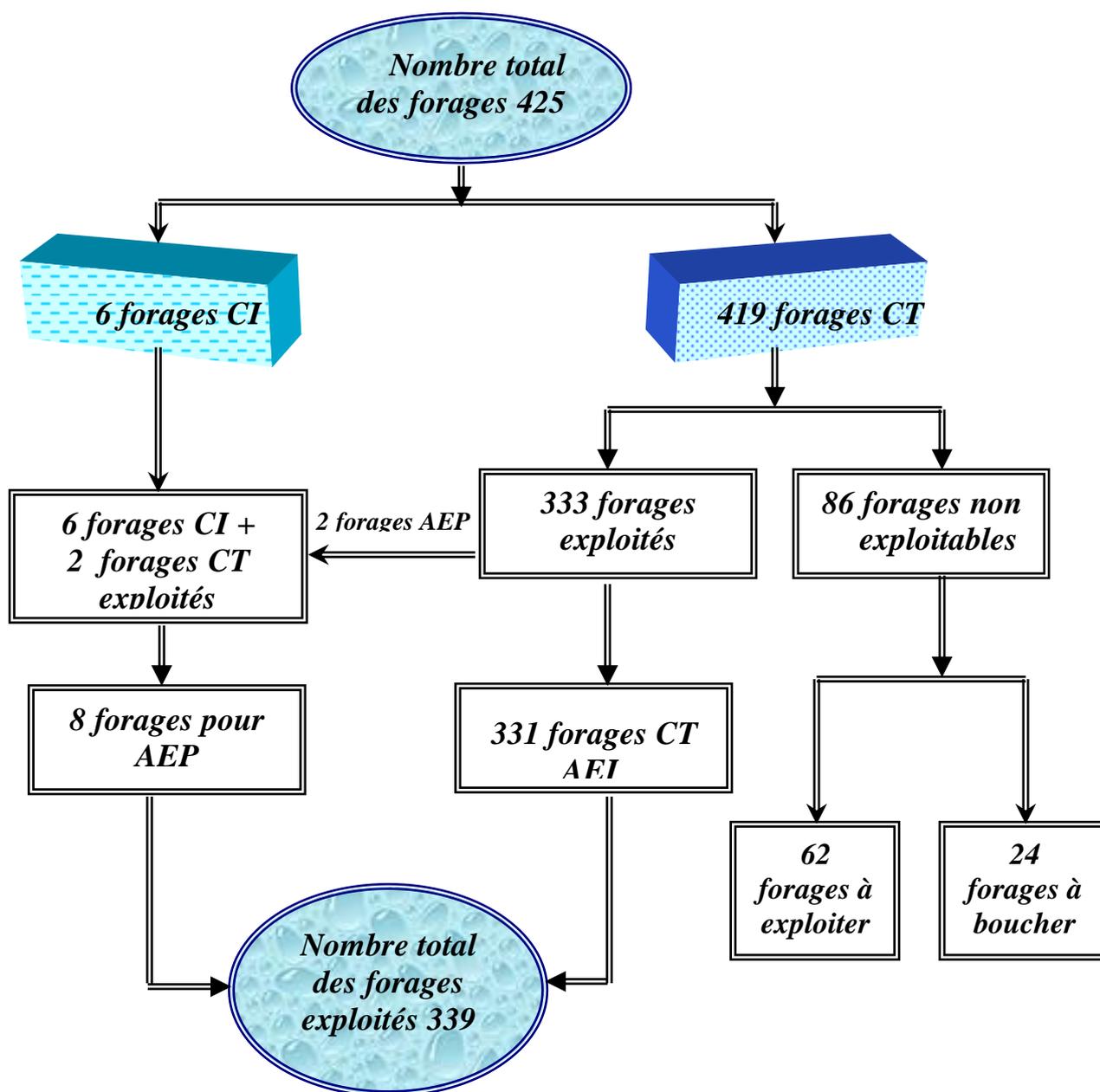


Figure.31.Schéma récapitulatif des nombres de forages dans la vallée Sud d’Oued Righ.

1.2. Les réservoirs de stockages

La priorité donnée au secteur de l'eau depuis des années a permis de disposer d'un patrimoine d'infrastructures hydrauliques, constitué d'une dizaine de réservoirs de tailles diverses, avec une capacité de stockage totale de 15050 hm³, de 17 ouvrages de stockages.

Ces infrastructures hydrauliques jouent un rôle primordial dans la sécurité hydrique et alimentaire de la vallée Sud d'Oued Righ et rend de précieux services au secteur socioéconomique.

Tableau.25. Réservoirs de stockage et leurs capacités

Commune	nombre des réservoirs	capacité m ³
<i>Temacine</i>	1	300
<i>Blidet Amor</i>	2	550
<i>Touggourt</i>	5	10000
<i>Nezla</i>	2	350
<i>Tebesbest</i>	1	1500
<i>Zaouïa</i>	1	750
<i>Megarine</i>	3	1050
<i>Sidi Slimane</i>	2	550
TOTAL	17	15050

Source : ADE

1.3. Stations d'épuration

La seule station d'épuration des eaux usées dans la région d'étude est située à Ben yassoued, dans commune de Tebesbest, daïra de Touggourt sur la route d'Oued Souf. Elle s'étend sur une superficie de 5 Hectares. Elle a été mise en service le 20/11/1991, réhabilité en 2003 et traite aujourd'hui une partie des rejets d'eaux usées déversées par la ville de Touggourt.



Figure. 32. Photos de la station d'épuration de Touggourt

1.3.1. Données Techniques de la station

Station d'épuration à boues Activées, faible charge aération prolongée prévue pour 62.500 habitants équivalents.

- Capacité nominale de traitement et qualité moyenne requise des eaux usées avant traitement
- Débit moyen : 9360 m³/jour
- Débit de pointe: 390 m³/heure
- Charge de solide en suspension (MES) : 0.070 kg/hab/jour
- Demande biologique d'oxygène (DBO) : 54 g/hab/jour
- Charge moyenne de DBO/jour : 3 375 kg/j
- Charge moyenne de DCO/jour : 5 625 kg

Tableau.26. Suivi des sous produits de prétraitement

Déchets solides m ³ /mois	Sables m ³ /mois	Graisses et huiles m ³ /mois
1	7	0,05

1.3.2.Étapes de traitement

Le processus de traitement comporte les étapes suivantes:

1. Criblage grossier à l'aide de dé grilleur à barreaux mécaniques.
2. un canal à sables aérés élimine le sable et les graisses.
3. Le traitement biologique est accompli dans des bassins à aération mécanique.
4. Décantation dans les clarificateurs circulaires raclés secondaires.
5. Les boues activées de retour sont refoulées par des pompes à vis d'Archimède
6. Les eaux usées traitées utilisées aux fins de l'irrigation seront désinfectées au chlore.
7. Pas de traitement des boues, il y a 16 lits de séchage.

Tableau.27.Résultats de l'auto surveillance des entrées et des sorties dans la STEP

ENTREE STEP (EAU BRUTE)					SORTIE STEP (EAU TRAITE)			
Volume m ³ /j	MES mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	PH	MES mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	PH
4800	740	420	766	7,31	23	20	27	7,86

2. les problèmes posés par l'évolution hydrauliques

Les zones des palmeraies connaissent d'énormes problèmes dont la plus part sont liées directement aux conditions naturelles de la région tel que : morphologie du terrain, forte évaporation, salinité des eaux et des sols.

En outre la mauvaise exploitation des palmeraies (travaux culturaux, entretien, mode d'irrigation) Ces contraintes conjuguées à une utilisation abusive des eaux profondes pour l'irrigation sont traduites plusieurs problèmes telle que :

2.1. La remontée des eaux

La multiplication des forages, les pompages intensifs à débit de 20 à 300 l/s, les drainages insuffisants et les rejets des eaux usées engendrent certains problèmes particuliers tel que la remontée du niveau hydrostatique de la nappe phréatique.

La nappe phréatique de la vallée d'Oued Righ subit une remontée progressive de son niveau piézométrique et qui semble s'aggraver avec les années. Les premiers signes de la remontée de la nappe phréatique sont visibles dans certains région telle que la région de Marjaja et Tatawine où la profondeur de l'eau est faible.

D'après les gents de Touggourt ce phénomène a été observé aussi au niveau des cimetières où l'eau a empêché les gents de creuser dans certaines zones de ces cimetières.

C'est vrai que la situation actuel de cette nappe n'a pas encore arrivée a celles des régions limitrophes, tel que Oued Souf et Ouargla où ces villes vivent une situation dramatique, mais une remontée de la nappe phréatique dans ces localités n'est pas exclue.



Figure.33.La remontée de la nappe phréatique dans la région de Touggourt (Tatawine)

2.2. La chute de l'artésianisme

Cette région était jadis caractérisée par l'artésianisme des forages des deux complexes hydrauliques (CT, CI). Cependant, depuis quelque temps, la disparition de l'artésianisme des forages du CT s'est manifestée. La surexploitation de cette nappe a entraîné un rabattement du niveau statique, qui s'est répercuté sur la chute de l'artésianisme qui a d'ailleurs presque entièrement disparu des forages du CT, hormis ceux captant la nappe du Sénonien, qui reste artésienne avec un faible débit 0,3 à 1 l/s.

En conséquence, presque tous les forages du CT nécessitent actuellement un équipement de pompage. Les forages de l'Albien en revanche restent artésiens mais progressivement une diminution de la pression y est constatée.

2.3. La dégradation du canal de Oued Righ

Malgré le grand réservoir des eaux souterraines dans cette région, il n'y a pas des cours d'eaux ou des rivières qui nous aident à évacuer les eaux de drainage et d'assainissement. C'est pour ça que les habitants de cette vallée ont creusés ce canal artificiel. Vu la nature sableuse du sol de la région et sa richesse en sel ainsi que la pente élevée dans certain tronçon du canal collecteur on observe un phénomène de démolition et d'érosion sur les berges et cela à son tour provoque d'autres problèmes de bouchage et d'ensablement.

Le passage de ce canal dans les zones chotteuses ou sableuses provoque la destruction des berges notamment à Temacine, Kerdache, Sidi Slimane, Bourkhis et Boufeggoussa. Les zones où la pente est élevée des turbulences provoquent de la destruction des berges à Sidi Slimane et Boufeggoussa.

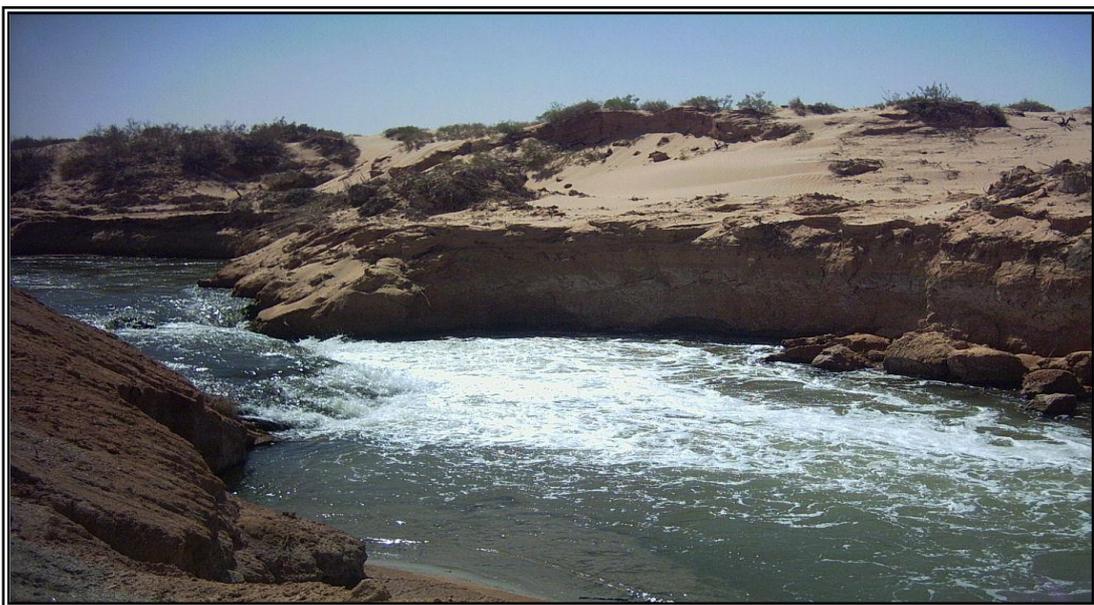


Figure.34. Destruction des berges du canal en sable à cause des turbulents

2.4. Problème de la salinité

Selon l'ABHS, l'accumulation des sels dans les sols a pour origine plusieurs facteurs dont les principaux sont : les eaux d'irrigation, les roches parentales plus ou moins salées, la très forte évaporation et surtout la concentration des sels, dans le temps en l'absence de drainage (dessalage).

Dans les sols halomorphes, la salinité maximum en surface peut atteindre les 50 mmhos/cm et décroît brusquement ou progressivement avec la profondeur. Cette teneur en sels dans les sols, qui est une contrainte pour l'agriculture peut être corrigée par un lessivage d'hiver. Le caractère de salinité des sols peut varier d'une façon quantitative et qualitatif surtout en présence d'un plan d'eau en relation étroite avec la dynamique des nappes saumâtres imposées par les conditions géomorphologiques et climatiques de la région.

Du point de vue qualitatif, les sels solubles de l'extrait de pâte saturée sont dominés par le chlorure et représentent un fort taux de la saumure anionique totale. Selon les zones et parmi les cations, le sodium vient en première place. Le pH de ces sols halomorphes est souvent alcalin, résultant surtout d'une importante teneur en gypse.

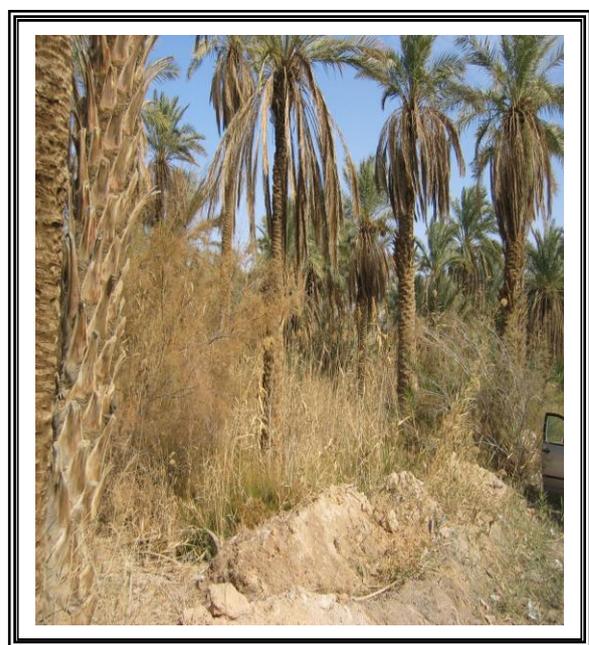
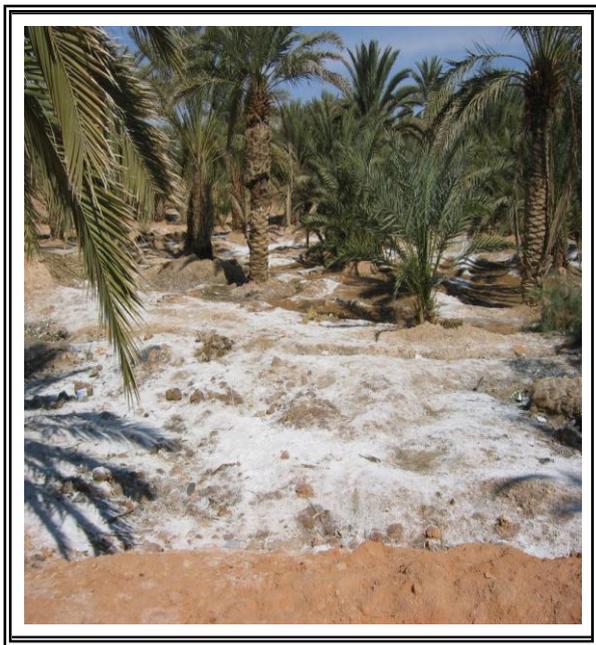


Figure.35.la salinité dans les palmeraies **Figure.36. Palmeraies dégradées par la salinité**

3. Analyse des causes principales de cette problématique

3.1. La croissance démographique

3.1.1. L'évolution de la population

La population, constitue à la fois, l'objet et le but de toute action de gestion des eaux. Sa répartition, sa densité et son évolution déterminent et guident l'action de celle-ci. Tenir compte de ses éléments, c'est mettre de son côté toutes les chances de réussite.

La vallée Sud d'Oued Righ totalisait 200916 Habitants en 2008, alors qu'elle comptait 81600 habitants en 1977, Le tableau 28 donne une vue de l'évolution de la population à travers toutes les communes de la région d'étude :

Tableau.28.évolution de la population d'Oued Righ Sud par commune

commune	Population 1977	Population 1987	Population 1998	Population 2008
<i>Temacine</i>	8300	11583	15933	20011
<i>Blidet Amor</i>	6800	8610	12135	14529
<i>Touggourt</i>	16400	23978	32940	38877
<i>Nezla</i>	19600	27178	40524	50595
<i>Tebesbest</i>	13800	18268	29840	34866
<i>Zaouïa</i>	6400	9546	15381	20526
<i>Megarine</i>	5900	7871	10996	13661
<i>Sidi Slimane</i>	4400	5137	6822	7851
Total	81600	112171	164571	200916

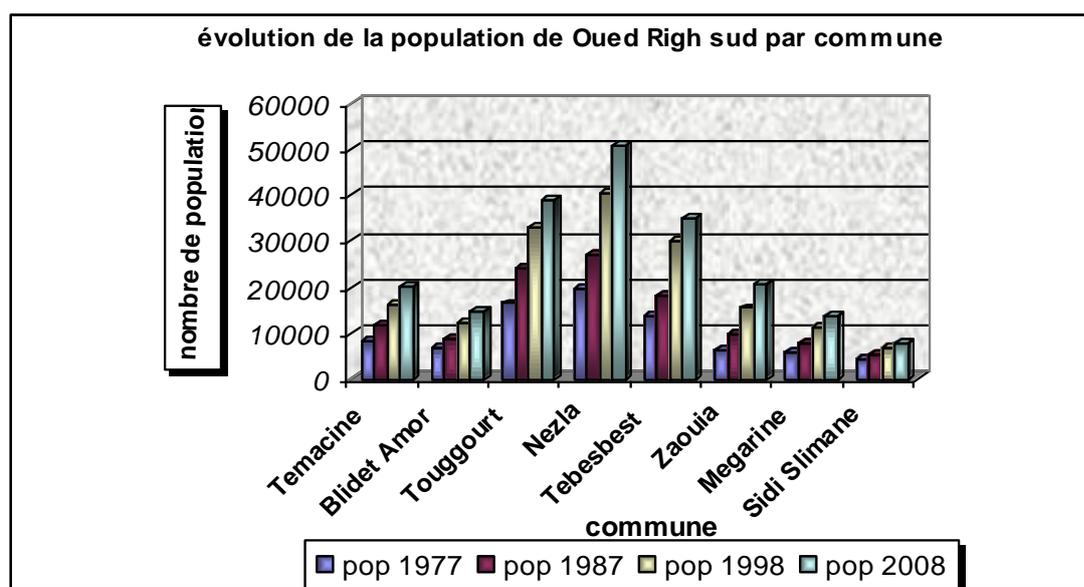


Figure.37. l'évolution de la population d'Oued Righ Sud par commune

3.1.2. Répartition de la population par commune

La densité qui est un caractère dont l'étude est nécessaire donne une vision du cadre de découpage de l'espace des unités dans lequel ont été collectés ou peuvent être calculés les chiffres de la population. Nous constatons à travers les données de l'année 2008 que la densité moyenne est de l'ordre de 384.97 hab. /km².

Tableau.29. Répartition de la superficie, la population et la densité de la population par commune

<i>Commune</i>	<i>Population 2008</i>	<i>Superficie km²</i>	<i>Densité hab /km²</i>
Temacine	20011	300	66,70
Blidet Amor	14529	250	58,12
Touggourt	38877	216	179,99
Nezla	50595	132	383,30
Tebesbest	34866	26	1341,00
Zaouïa	20526	30	684,20
Megarine	13661	285	47,93
Sidi Slimane	7851	635	12,36
TOTAL	200916	1874	/

Source : ONS

Nous avons établi une carte qui résume la répartition des communes dans la région d'étude et qui donne une idée globale sur la densité de la population (figure 38).

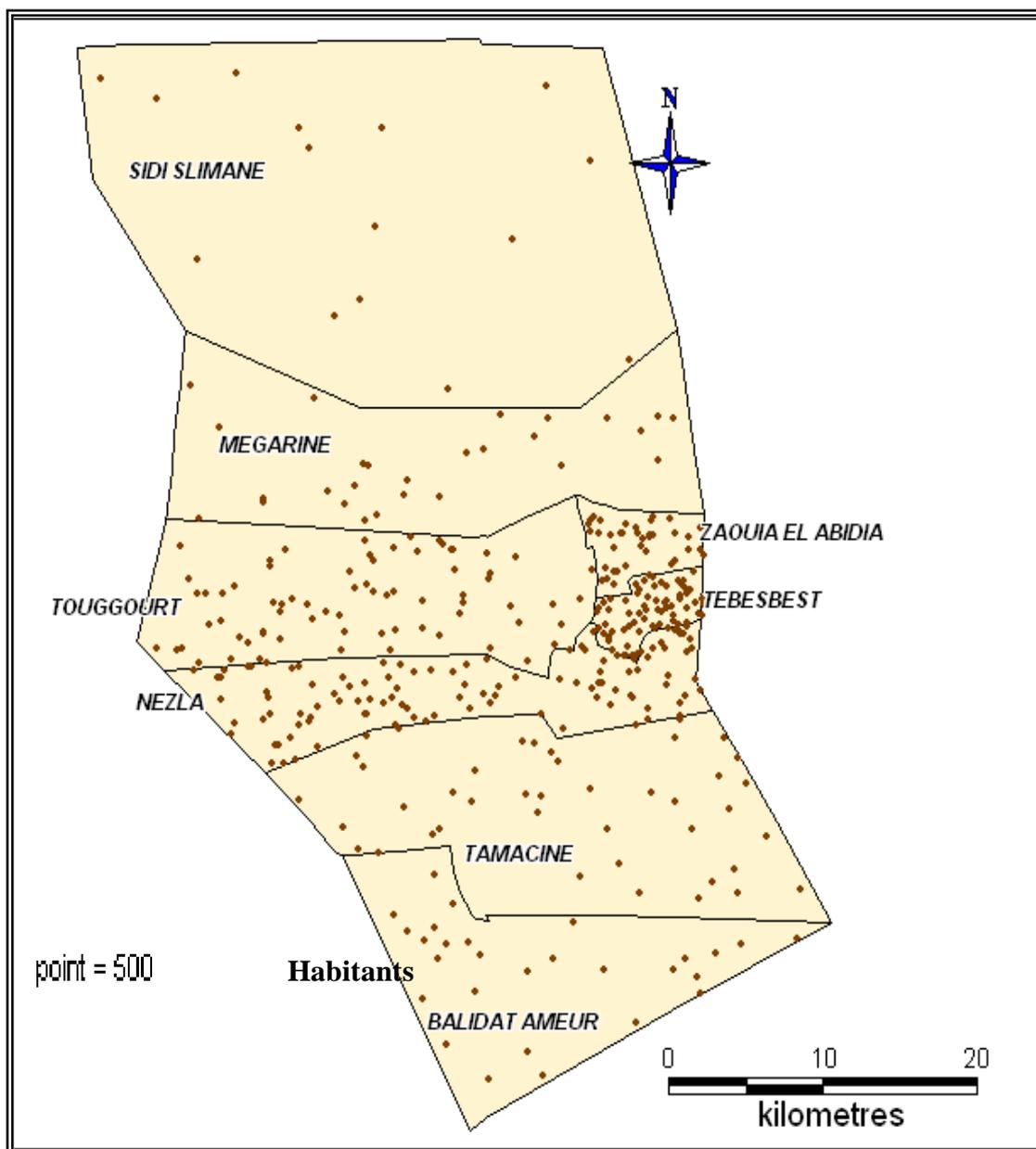


Figure.38.la densité de la population dans la vallée d'oued Righ Sud

3.2. L'évolution du nombre des forages

Le nombre total des forages a progressé sur la vallée Sud d'Oued Righ au cours des années, il a passé de 180 en 1975 à 425 en 2004 comme le montre le tableau 30 . Pour estimer le nombre des forages futurs dans la vallée Sud d' Oued Righ nous avons choisi la méthode de la régression et corrélation linéaire (figure 39). Cette théorie constitué la base sur laquelle les estimations d'une variable dépendante peuvent être fait à partir de la connaissance des valeurs d'une ou de plusieurs variable indépendantes, donc l'objectif essentiel de l'analyse en régression est l'estimation de Y à partir de X par l'équation d'une droite : $y = a x + b$.

Le coefficient de corrélation R exprime le degré d'association entre une variable et une autre

Si R=1 dépendance fonctionnel direct.

Si R= 0.8 à 1 une bonne corrélation direct.

Si R= 06 à 08 une corrélation direct modérée.

Si R= 0 à 06 la corrélation est insuffisante.

Le nombre de forage est estimé par la régression linéaire entre les années et le nombre des forages cette régression nous a donné l'équation suivante :

$$Y=9.0065x-17626$$

Où : y : le nombre de forages et x : les années

R= 0.97 ce qui exprime par une bonne corrélation entre les année et le nombre de forages

Les résultats obtenus par cette équation montrent que le nombre de forages augmente d'une année à l'autre et atteint 747 forages en 2040. Le tableau 31 donne le nombre des forages estimés.

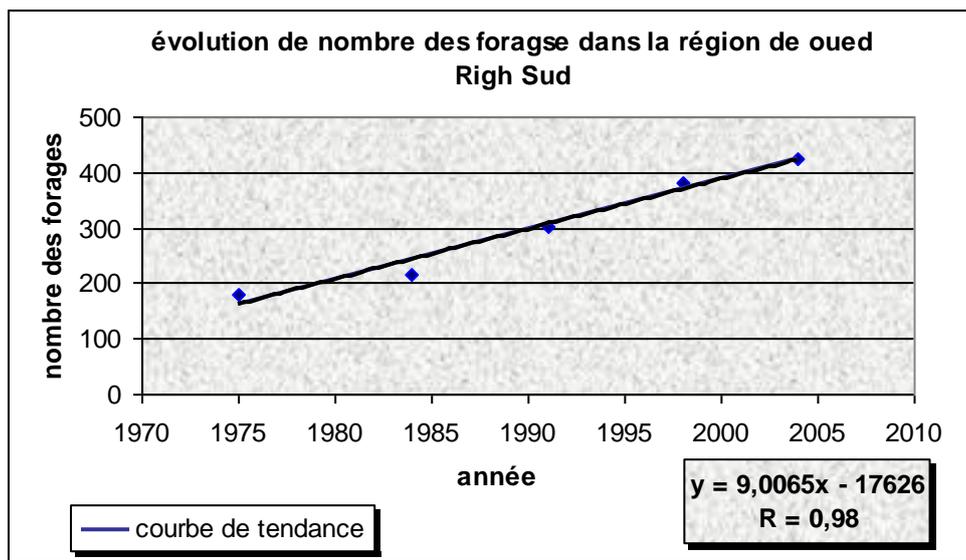


Figure.39.la courbe d'évolution du nombre des forages dans la région d'Oued Righ Sud

Tableau.30.nombre de forages réels

Année	forages
1975	180
1984	216
1991	301
1998	380
2004	425

Tableau.31.nombre de forages estimés

Année	forages
2010	477
2020	567
2030	657
2040	747

3.3. Le développement agricole

Une véritable révolution agricole s'est développée au cours de ces dernières années, encouragée par les aides et les appuis de l'état, par des aides financières, directes à travers des dons, ou indirectes par une fourniture du matériel et équipements agricoles, des engrais... ;

La culture des palmiers est fondamentale dans la région d'Oued Righ et représente la part du lion. Elle est particulièrement adaptée au climat comme tout le bas Sahara, et correspond à des oasis de palmeraies utilisant seulement les eaux souterraines, donc les palmeraies ont sans doute , un rôle dans le maintien des groupes humaines au sein de cette zone aride.

La figure 40 Montre clairement l'évolution du nombre des palmiers de 1998 à 2008 et les résultats obtenus par l'équation de la régression linéaire entre les années et le nombre des palmiers a montrée que le nombre des palmiers sera le double en 2050 et atteint 2.131 millions palmiers (tableau 33).

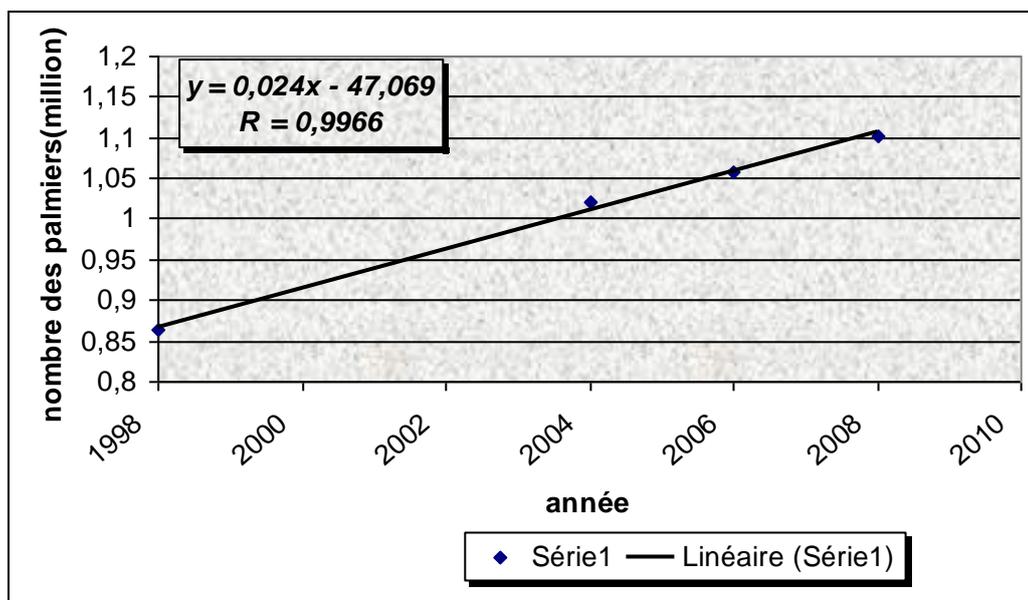


Figure.40.la courbe d'évolution du nombre des palmiers dans la vallée d'Oued Righ Sud

Tableau.32.nombre des palmiers réels

Années	nombre des palmiers (million)
1998	0,864
2004	1,02
2006	1,058
2008	1,102

Tableau.33.nombre des palmiers estimés

Années	nombre des palmiers (million)
2010	1,171
2020	1,411
2030	1,651
2040	1,891
2050	2,131

Cette situation s'interprétait par une augmentation persistante des besoins en eau, en conséquence, une mobilisation plus importante des ressources hydriques dans la région.

3.4. Les rejets des eaux usées

La vallée Sud d'Oued Righ compte 8 communes dotées d'un réseau d'assainissement qui représente un linéaire de plus de 460.6 km avec un taux de raccordement élevé dépasse 90% dans toutes les communes sauf la commune de Temacine où le taux de raccordement au réseau d'assainissement est de 70 %. Parmi ces 8 communes, Il existe une seule station d'épuration dans la région de Touggourt. Tous le volume des eaux usées (17740,512 m³/j) de la région de Oued Righ Sud rejeté directement dans le canal, Cette situation a été provoquée des problèmes sur l'environnement et la qualité des eaux du canal, par la présence des algues, des matières organiques et minérales, et des sels.

Tableau.34.la situation de l'assainissement et des rejets des eaux usées

Commune	situation fin 2008			
	longueur du réseau km	Nombres des points de rejets	taux de raccordement en %	volume des rejets m ³ /j
Temacine	44	5	70	916,704
Blidet Amor	42	5	99	1223,424
Touggourt	93,87	0	97	0
Nezla	89,1	4	94	3611,52
Tebesbest	71,72	3	94	7487,424
Zaouïa	47,91	2	95	1238,112
Megarine	40	2	92	2543,616
Sidi Slimane	32	2	91	719,712
TOTAL	460,6	23	/	17740,512



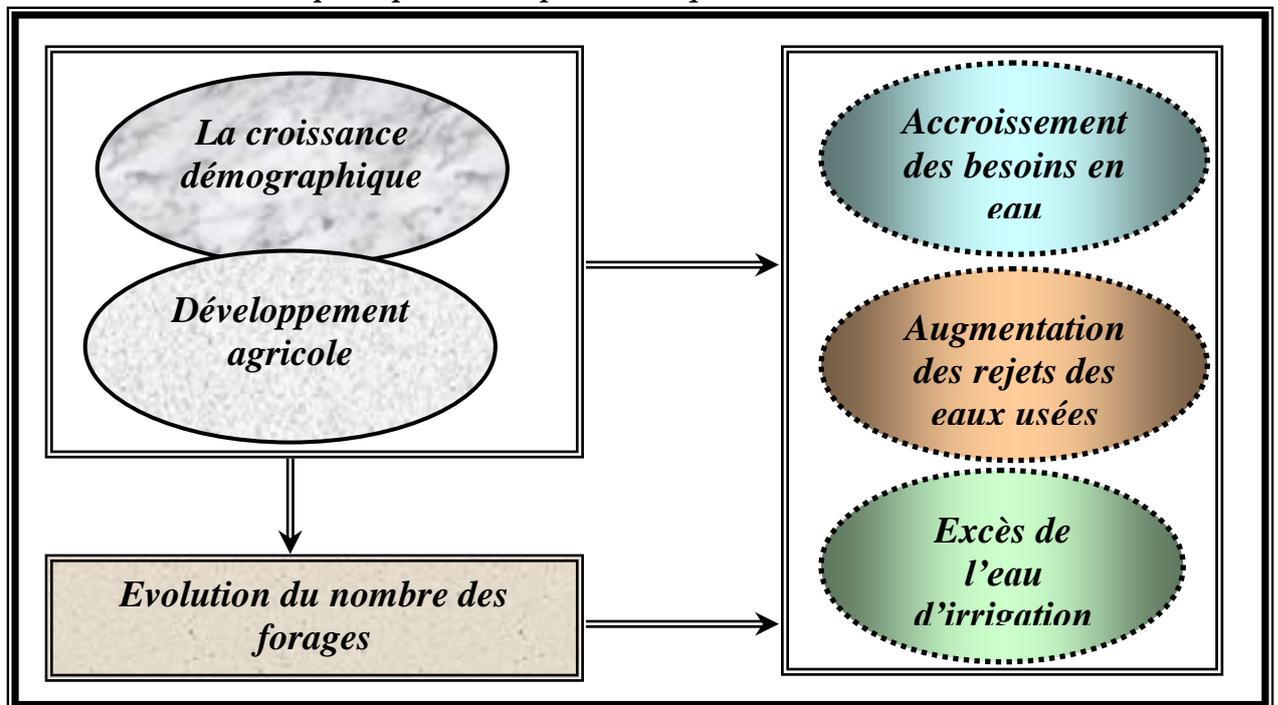
Figure.41.Les rejets des eaux usées dans le canal d'Oued Righ

4. Interaction entre les différents facteurs liés sur le secteur hydraulique

La croissance démographique et le développement agricole sont les plus importants facteurs agît le plus rudement sur l'évolution du nombres des forages ; ce qui traduit par l'accroissement des besoins en eau, l'augmentation des rejets des eaux usées et l'excès de l'eau d'irrigation. Ces différents facteurs amènent à un état instable des ressources en eau, traduits par la remontée de la nappe phréatique, La chut de l'artésianisme, La dégradation du canal de Oued Righ et Le problème de salinité

Par conséquent, ces différents problèmes sont accompagnés par des impacts négatifs sur le secteur sanitaire, agricole et environnemental. (Figure 42)

Phase 01 : les causes principales de la problématique



Phase 02 : les problèmes posés

Phase 03 : les conséquences de ces problèmes

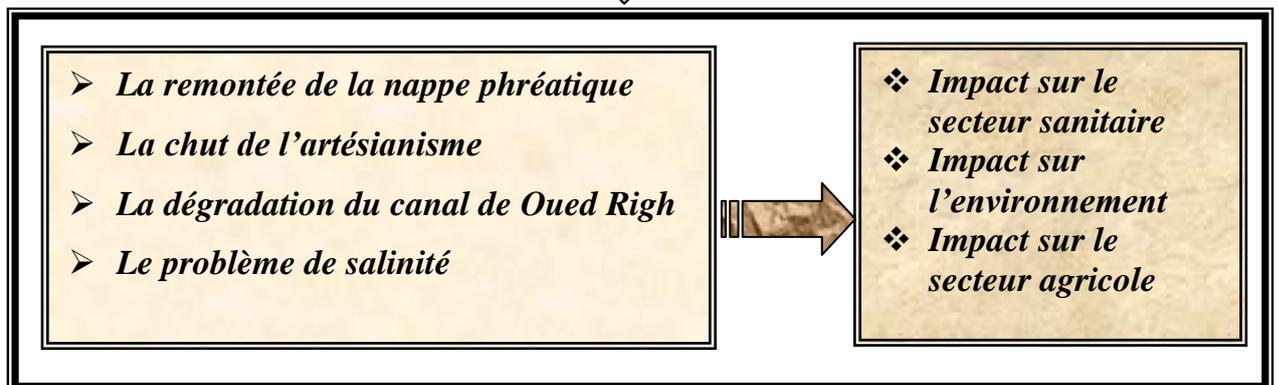


Figure.42. Interaction entre les différents secteurs liés à l'eau et leurs impacts sur la vallée Sud d'Oued Righ

5. La mobilisation des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ

Les potentialités en eau pour les deux nappes dans le cadre de l'Hypothèse CT22 et CI24 du modèle ERESS sont évaluées à 156 m³/s. soit environ 2,7 milliards de m³/an pour le CI et 2,2 milliards de m³ pour le CT.

L'inventaire de forages et des débits extraits réalisé en 2004 par le secteur de l'ANRH de Touggourt fait ressortir un débit total de l'ordre de 296.2 Hm³/An sur toute la vallée Sud d'Oued Righ et un nombre de 425 forages au total, mais seulement 288.67 hm³/An sont exploitées réellement.

Les potentialités en eaux sont évaluées à 428 Hm³/An pour l'Oued Righ Sud selon le modèle mathématique actualisé en 1985(Hypothèse forte simulation CI24, CT22) par le PNUD.

- Potentialités : 428 hm³/an.
- Prélèvements : 288.67 hm³/an.

Tableau.35.Potentiel hydrique global dans la vallée Sud d'Oued Righ

Aquifères	Potentialités Hm ³ /an	Prélèvements Hm ³ /an
CT	308	263.76
CI	120	24.91
Total	428	288.67

Source : ANRH Ouargla

en matière de mobilisation, les eaux souterraines sont restées la seule source dans notre région d'étude, le volume mobilisable est estimé à 428 Hm³/an, mais seulement 288.67 Hm³/an sont exploitées, soit un taux de 67 % des eaux souterraines mobilisables. Près de 33 % des ressources souterraines restent encore à mobiliser, par l'implantation des forages et la réhabilitation de ceux qui sont en mauvais état (figure 43).

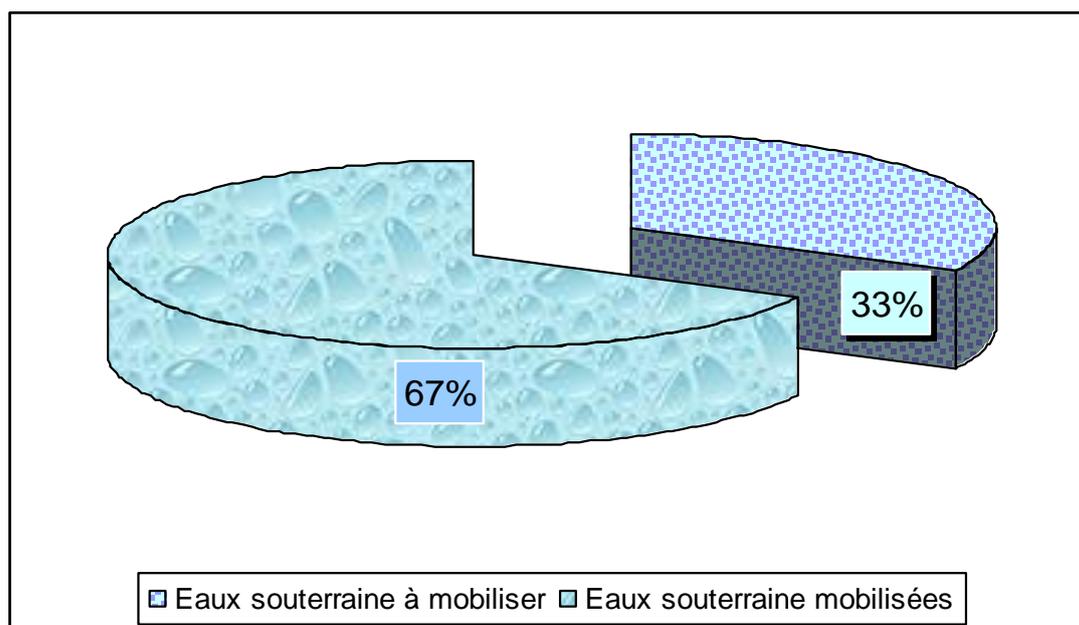


Figure.43.Taux de mobilisation des ressources en eaux souterraines dans la vallée Sud d'Oued Righ

6. L'affectation des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ

L'utilisation des ressources en eau pour des besoins de consommation se classe en un certain nombre de catégories, à savoir : la consommation domestique, production agricole et les utilisations industrielles (figure 44). L'agriculture est de loin le plus gros consommateur et absorbe, selon les estimations, en moyenne 90% du volume total d'eau utilisé.

Tableau.36.La répartition de l'utilisation des eaux dans la vallée Sud d'Oued Righ

Commune	utilisation des eaux		
	AEP L/S	AEI L/S	AEA L/S
Temacine	220	30	1912
Blidet Amor	120	0	1293
Touggourt	45	90	90
Nezla	260	10	2050
Tebesbest	39	0	834
Zaouïa	20	34	900
Megarine	100	15	1040
Sidi Slimane	50	0	950
TOTAL	854	179	9069

Source : DHW

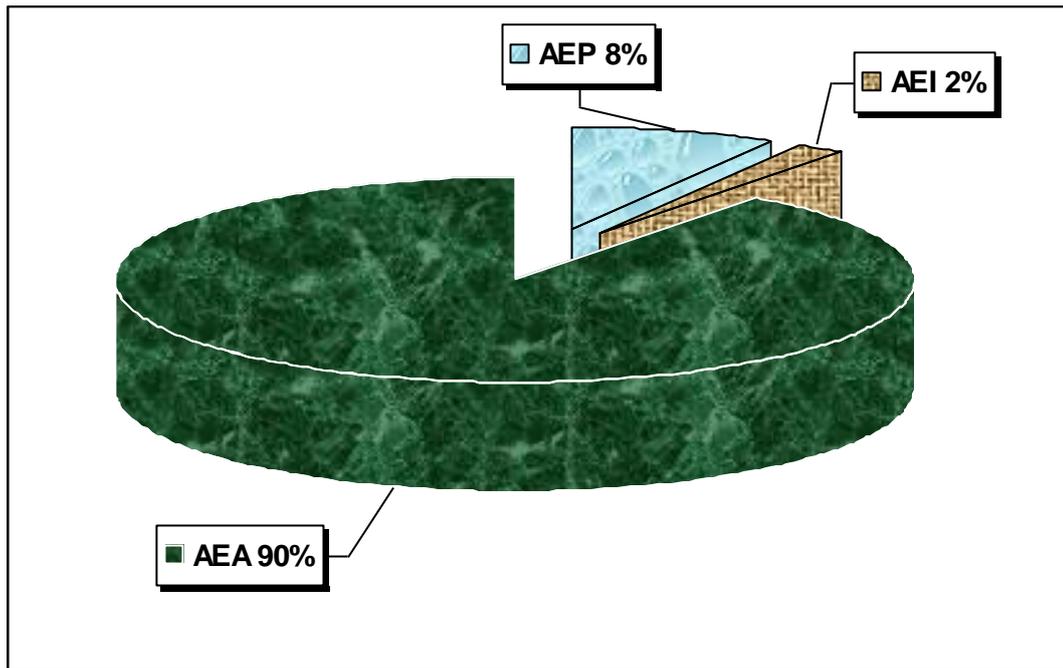


Figure.44. Affectation des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ

La figure (45) ci-dessous montre clairement les Potentialités en eau reconnues dans la vallée Sud d'Oued Righ, ainsi que l'affectation des ressources en eau.

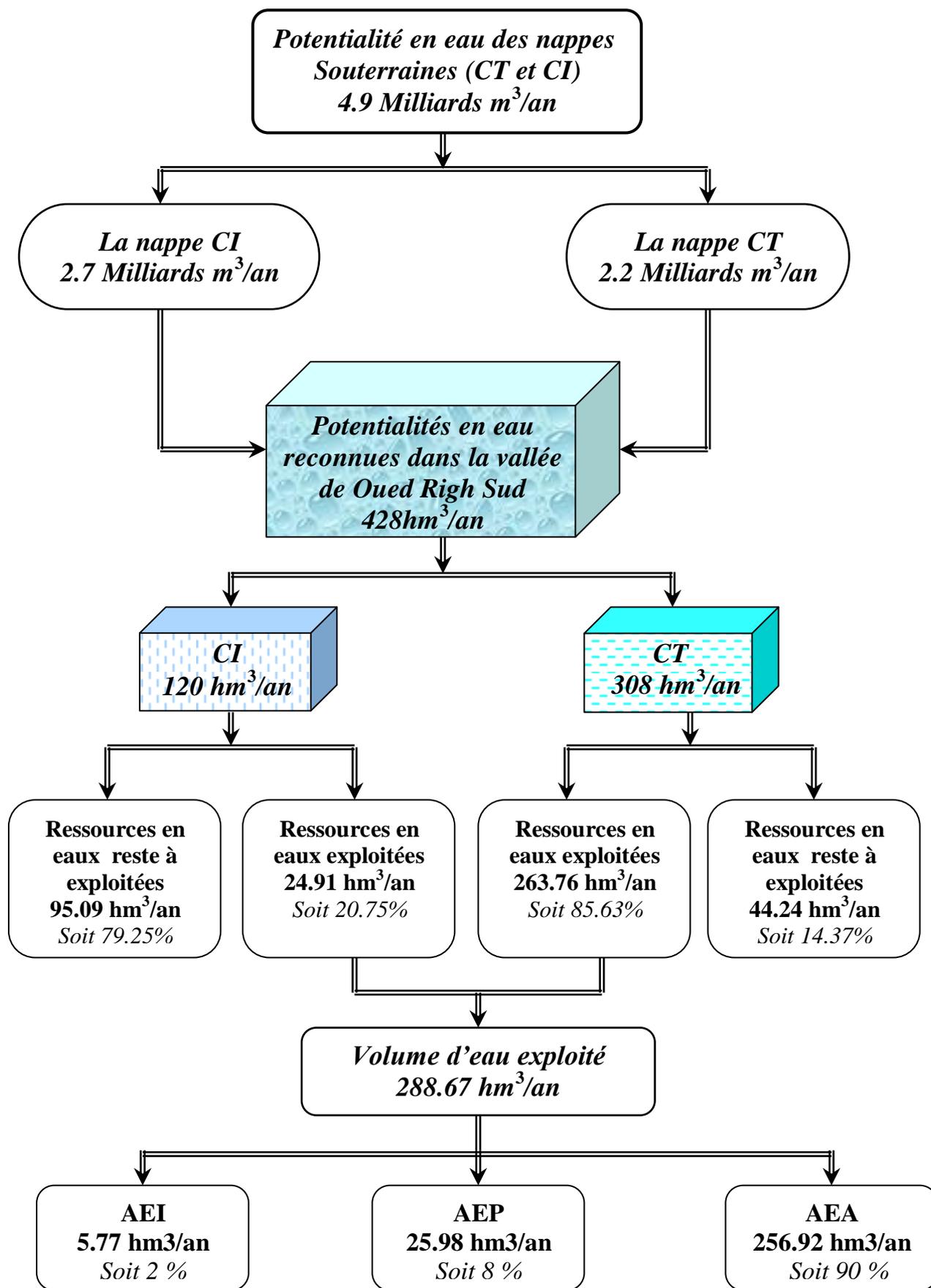


Figure.45.Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans la vallée Sud d'Oued Righ

Conclusion

Les eaux de surface de notre région sont présentés par :

Les lacs de Megarine et de Temacine qui se présentent en une dépression qui est a priori un exutoire naturel des eaux d'irrigation drainées salées à plus de 10 g/l de résidu sec, et ce à partir des palmeraies limitrophes.

Le canal de l'Oued Righ qui a été creusé en 1925 avec des méthodes traditionnelles et annuelles par la population de la région. L'analyse des paramètres hydrauliques qui ont été calculés a montré qu'il y a une nette augmentation du débit du canal entre la station de Sidi Slimane et celle de Ranou ce qui explique qu'il existe un apport important en eaux de drainage à partir des palmeraies.

Les unités aquifères, qui sont étudiées, ont une grande extension et débordent très largement le cadre de notre région d'étude. La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser quatre (03) unités aquifères principales :

- Nappe phréatique : Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités
- Complexe Terminal : Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène
- Continentale Intercalaire : Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à 3.5×10^9 milliards m^3 environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination nappe Albien.

L'examen des cartes piézométrique établies par le SASS pour les nappes CT et CI nous a montré que dans la vallée d'Oued Righ l'écoulement de la nappe du complexe terminal se produit dans le sens Sud Ouest –Nord Est. Concernant la nappe du continental intercalaire, l'écoulement se produit dans le sens Ouest - Est, où les eaux en provenance de l'Atlas Saharien, se convergent vers l'exutoire tunisien.

La croissance démographique et le développement agricole sont les plus importants facteurs agissant le plus rudement sur l'évolution du nombre des forages ; ce qui traduit par l'accroissement des besoins en eau, l'augmentation des rejets des eaux usées et l'excès de l'eau d'irrigation. Ces différents facteurs amènent à un état instable des ressources en eau, traduits par la remontée de la nappe phréatique, La chute de l'artésianisme, La dégradation du canal de Oued Righ et Le problème de salinité

Introduction

L'étude de la qualité des eaux souterraines est un complément indispensable à la gestion des ressources en eau.

L'étude du chimisme des eaux souterraines consiste à donner un aperçu sur la qualité des Eaux des trois nappes aquifères: la nappe phréatique, la nappe du complexe terminal et enfin la nappe du continental intercalaire.

Les analyses de la nappe phréatique ont été effectuées par Guettiche.S et Benabdsadok. D en Août 2006 sur 12 échantillons (puits) réparties sur toute la vallée d'Oued Righ (mémoire D'ingéniorats promotion 2005-2006 .Université de Constantine). Malheureusement le nombre des échantillons qui se trouve dans notre région d'étude est seulement quatre, ce nombre reste insuffisant pour une meilleur interprétation ainsi que pour faire la cartographie. Mais on peut prendre au moins une idée générale sur la nature de cette eau.

Pour la nappe du complexe terminal (CT) et continental intercalaire (CI), on s'est basé sur les analyses qui ont été effectuées en février 2008 par le laboratoire de l'ADE à Ouargla.

Six forages (pour chaque nappe) réparties à travers la vallée Sud d'Oued Righ ont fait l'objet de mesures sur site et ont porté sur les paramètres physiques suivant : la température, le pH, Le potentiel d'oxydo réduction (Eh), la conductivité électrique et la dureté total.

Par ailleurs, l'analyse chimique effectuée a portée sur les éléments suivants: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Hco₃⁻.

Cette étude hydro chimique a pour but de :

- ✓ Déterminer les faciès chimiques des eaux.
- ✓ Etablir des cartes de : conductivité, et des éléments majeurs.
- ✓ Avoir une idée sur l'aptitude de l'eau à l'irrigation.
- ✓ Avoir une idée sur la potabilité de l'eau des ces nappes.

I. Interprétation des analyses chimiques de la nappe phréatique**1. Paramètres physiques****1.1. La Température**

L'un des facteurs qui influe sur la vitesse de réactions chimiques, donc sur la conductivité électrique, et qui joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique et sur tous bactérienne est la température.

L'augmentation de la température est fonction de la profondeur est de l'ordre de 1°C pour 35m.

La température moyenne des eaux de la nappe phréatique de notre zone d'étude est de l'ordre de 22°C, et celle de l'air est de 21, 76°C.

1.2. Potentiel hydrogène pH

Le pH est une mesure de la concentration en proton en solution. C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau.

Les valeurs mesurées de pH présentés dans le tableau 37 montrent que toutes les valeurs se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité avec une petite variations entre les valeurs.

Tableau.37.Les valeurs des pH dans la nappe libre

pH	Forages
Sidi Slimane	7.4
Megarine	7.4
Zaouia	7.2
Nezla	6.9

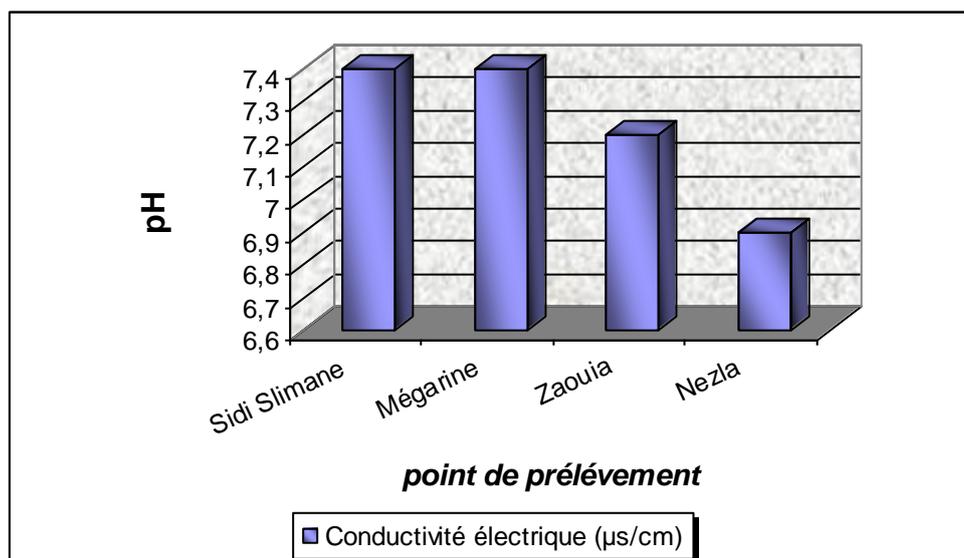


Figure.46.histogramme de la variation de pH dans la nappe libre

1.3. Le potentiel d'oxydo réduction (Eh)

Le potentiel d'oxydo-réduction (Eh) est une mesure de la concentration des électrons en solution (en mV). L'Eh régnant dans le milieu de dépôt agit sur l'intensité de l'activité biologique, sur l'état d'oxydation de certains éléments (Fer, Mn...), et sur l'évolution de la matière organique :

$Eh > 0$: milieux oxydants en contacts avec l'air (milieux aériens, aquatiques superficielles ou agités).

$Eh < 0$: milieux réducteurs, à l'abri de l'air (milieux aquatiques calmes, eaux stratifiées, sols hydro morphes).

Les valeurs de Eh qui ont été mesurés sur le terrain sont tous négatif, ce qui indique un milieu réducteur due probablement à la présence des bactéries réductrices.

1.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide .sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration.

Pour la vallée Sud d'Oued Righ, les eaux de la nappe phréatique présentent des valeur de conductivité varie entre 1260 $\mu\text{s/cm}$ et 7100 $\mu\text{s/cm}$. Elles sont importantes au centre (Megarine, Zaouïa) diminuent vers le nord et le sud (Sidi Slimane, Nezla).

Tableau.38.Les valeurs de la Conductivité électrique dans la nappe phréatique

<i>Forages</i>	<i>Conductivité électrique ($\mu\text{s/cm}$)</i>
Sidi Slimane	1340
Megarine	7100
Zaouïa	6850
Nezla	1260

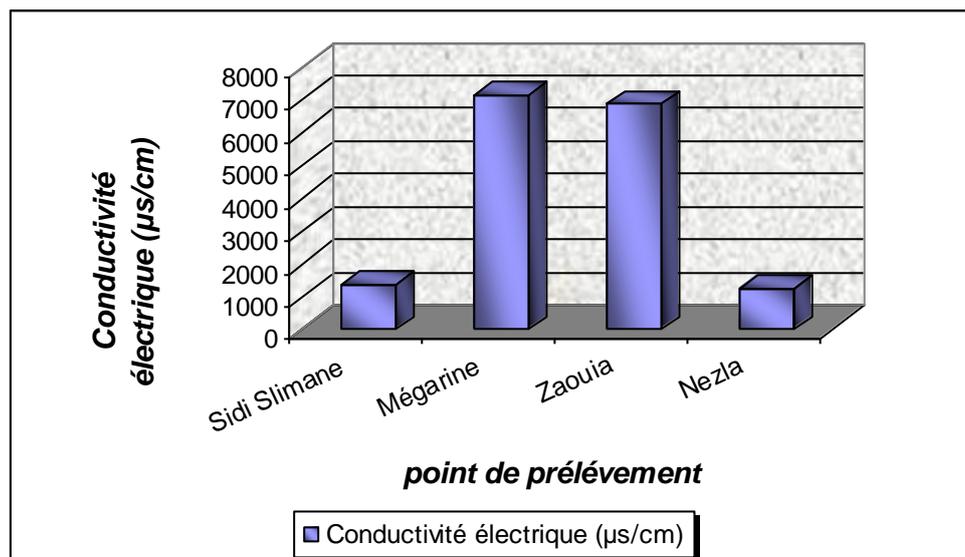


Figure.47. histogramme de la variation de la Conductivité électrique dans la nappe phréatique

1.5. Dureté totale

La potabilité de l'eau peut être évaluée par la dureté ou le degré hydrotimétrique qui correspond à la teneur en calcium et magnésium. Exprimée en degré français (°F), elle est calculée par la formule suivante :

$$DHT (°F) = (r Ca^{++} + r Mg^{++}) \times 5$$

Tableau.39. Classification des eaux souterraines selon la dureté totale

Dureté (°F)	0 – 3	3 - 15	15 – 30	> 30
Eau	Très douce	Douce	Dure	Très dure

L'ensemble des eaux analysées présentent un Th>200°f.

1.6. Résidu sec

Exprimé en gramme par litre (g/l) ou milligramme par litre (mg/l).représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous et la matière organique contenus dans l'eau, obtenue par dessiccation de l'eau à 110°c.

Les analyses chimiques des résidus secs (tableau 40) montrent que toutes les valeurs sont de l'ordre de 6.7 g/l. cette valeur reste très élevée et peut être du à l'évaporation qui est intense dans notre région d'étude.

Tableau.40.Les valeurs du résidu sec dans la nappe libre

Forages	Résidu sec g/l
Sidi Slimane	6,7
Megarine	6,7
Zaouia	6,8
Nezla	6,7

2. Paramètres chimiques

2.1. Détermination des faciès chimiques

2.1.1 Diagramme de Piper

Le diagramme de piper permet de visualiser sur le triangle des anions ou des cations les échantillons analysés et de définir non seulement leur faciès grâce aux éléments majeurs, mais de suivre également leur évolution dans le temps.

Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysée sont globalement chloruré sodique.

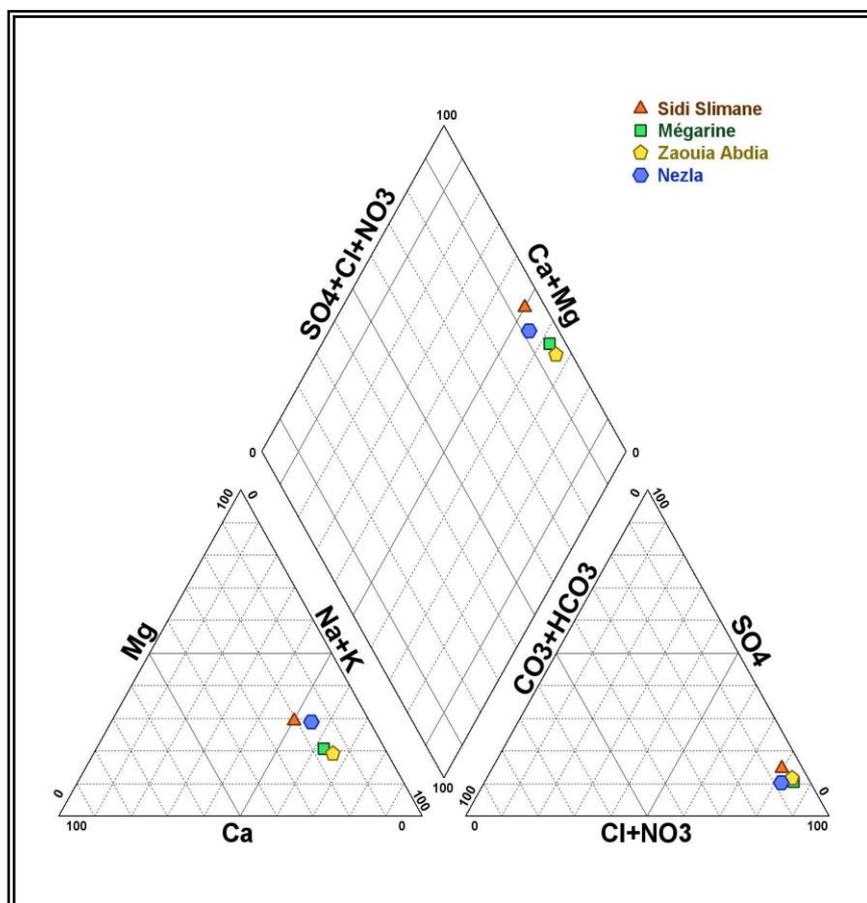


Figure.48.La représentation du diagramme de Piper de la nappe phréatique.

2.2. La répartition des éléments chimiques

2.2.1. Les cations

-Le calcium (Ca^{++})

Le calcium provient soit de la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 , soit à la dissolution des gypses $\text{CaSO}_4 (\text{H}_2\text{O})_2$. La dissolution qui s'en suit est favorisée par le gaz carbonique provenant de l'atmosphère et du sol.

Les valeurs de la concentration du calcium présentés dans la figure 49 montrent que Les teneurs en calcium varient entre 366 et 462 mg/l. ces valeurs sont élevées est dépassent largement la norme fixé par l'OMS qui est de l'ordre de 200 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du forage de Sidi Slimane.

-Le Magnésium (Mg^{++})

Second élément intervenant dans la dureté totale des eaux, Ces ions proviennent de la dissolution des roches magnésiennes du gypse et des minéraux ferromagnésiens et surtout de la mise en solution des dolomies et des calcaires dolomitiques. Donc les origines du magnésium sont comparables à celle du calcium.

La figure 49 montre que la courbe du magnésium est presque en coïncidence par celle du calcium à l'exception de la valeur au niveau de Megarine (250 mg/l).

On note que ces valeurs du magnésium dépassent la norme de l'OMS qui a été fixé à 150 mg/l.

-Le sodium et le potassium (Na^+ , K^+)

Le sodium et le potassium sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportion variable. Le sodium peut provenir du lessivage des formations géologiques riches en NaCl ; le potassium est beaucoup moins abondant que le sodium, rarement présent dans l'eau.

Les concentrations enregistrées sur la figure 49 montrent que la teneur en Na^+ et K^+ sont très élevées et dépassent largement la norme de l'OMS 100 mg/l .avec une valeur maximale de 1848 mg/l dans le forage de Zaouïa.

L'augmentation des valeurs est due aux eaux chargées provenant de la dissolution des sels de la croûte superficielle par les eaux d'irrigations, et par les rejets des eaux usées.

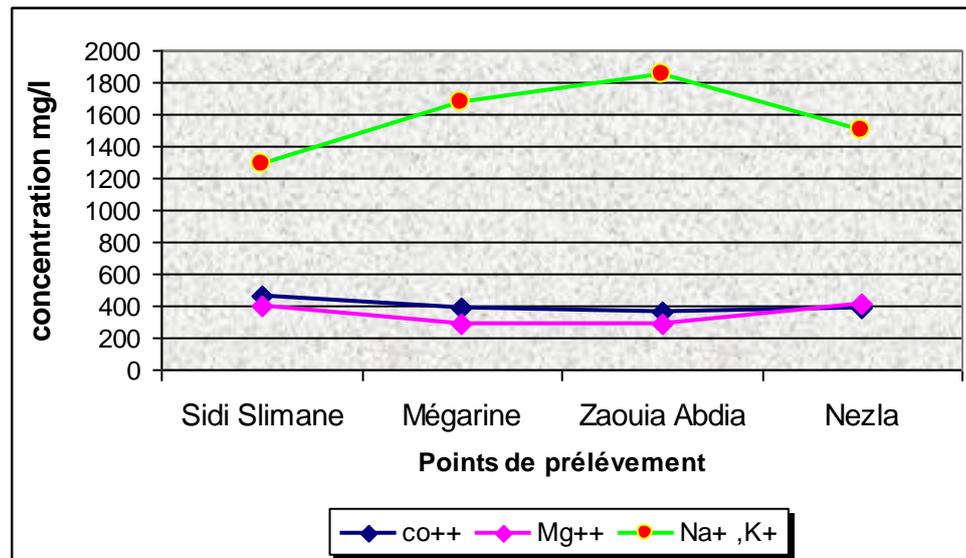


Figure.49.la répartition des concentrations des cations dans la nappe libre

2.2.2. Les Anions

-Les chlorures Cl⁻ :

Ils sont toujours présent dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau résulte de :

- La dissolution des sels naturels par le lessivage de terrains gypseux, marneux ou argileux.
- L'évapotranspiration intense dans les régions où le niveau piézométrique est proche de la surface du sol, c'est le cas de la nappe phréatique de notre région d'étude.

Les valeurs de la concentration du chlore sont bien présentées dans la figure 50 par des teneurs trop élevés par rapport à la norme de l'OMS 350 mg/l. Qui sont dépassées 3349 mg/l au niveau du forage de Nezla.

La forte concentration du chlore due essentiellement à la dissolution des sels et l'évaporation.

-Les sulfates (SO₄²⁻) :

Les sulfates sont toujours présents dans l'eau naturelle, leur présence dans l'eau provient de :

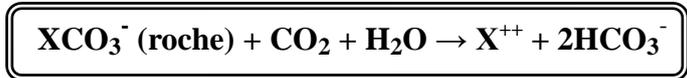
- La dissolution des formations gypseuses.
- Légère solubilité de CaCO₃ avec des passées gypseuses.
- Des eaux usées industrielles.

Les résultats des analyses chimiques, donnent des valeurs des sulfates varient entre 564.9mg/l et 829.9mg/l. ces valeur sont très élevées par rapport à la norme de l'OMS qui est 250 mg/l. Cette augmentation des teneurs peut être due a la dissolution des formations gypseuses.

-Les bicarbonates HCO_3^- :

Elles proviennent de la dissolution des roches carbonatées en fonction de la tension en CO_2 , de la température, le pH de l'eau et la nature lithologique des terrains traversés.

Les bicarbonates sont le résultat de l'équilibre physicochimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, selon l'équation générale suivante :



Les valeurs de la concentration de HCO_3^- sont comprises entre 300 mg/l au niveau du forage de Megarine et 588 mg/l au forage de Nezla.

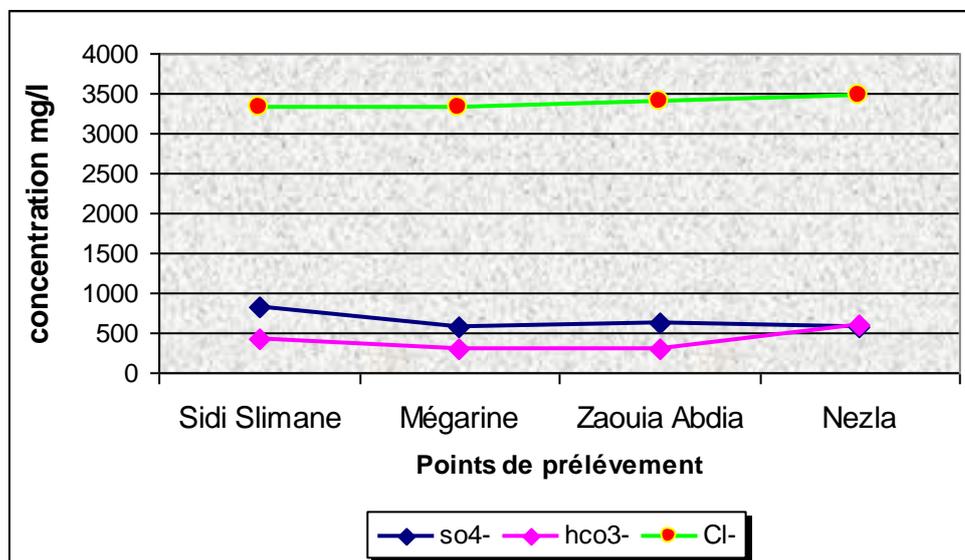


Figure.50.la répartition des concentrations des anions dans la nappe libre

2.3. Aptitude des eaux à l'irrigation

L'aptitude des eaux à l'irrigation est reliée à son effet sur les sols et les cultures, ces derniers sont effectués de matières différentes par la nature des sels dissout dans les eaux destinées à l'agriculture.

Il est connu que les sels minéraux contenus dans l'eau ont des effets sur le sol, les plantes et les être humains. Ces sels peuvent perturber le développement physique des plantes par l'absorption de l'eau quoi agit sur le processus osmotique. En plus les sels causent des changements dans la structure du sol, sur sa perméabilité et sur son aération, affectant directement le développement de la plante.

2.3.1. Diagramme de Richards (Reverside)

Il est connu en général que le développement des plantes est très faibles ou nul dans les sols saturé en sodium (Lourrier 1976).

Pour cette raison Richards à établit en 1956 un diagramme qui repose sur le croisement de deux critères :

- le premier est la conductivité électrique (C.E.) Ce critère vise à quantifier la charge en sel de la solution et par voie de conséquence le risque de salinisation. Les eaux sont classées de C1 à C5 selon le risque croissant de salinisation.
- le second est le S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio) de l'eau ou bien le taux de sodium échangeable induit par l'eau dans le sol. Ce second critère permet d'évaluer le risque de sodisation du sol par l'eau d'irrigation. Les eaux sont classées de S1 à S4 selon le risque croissant de sodisation.

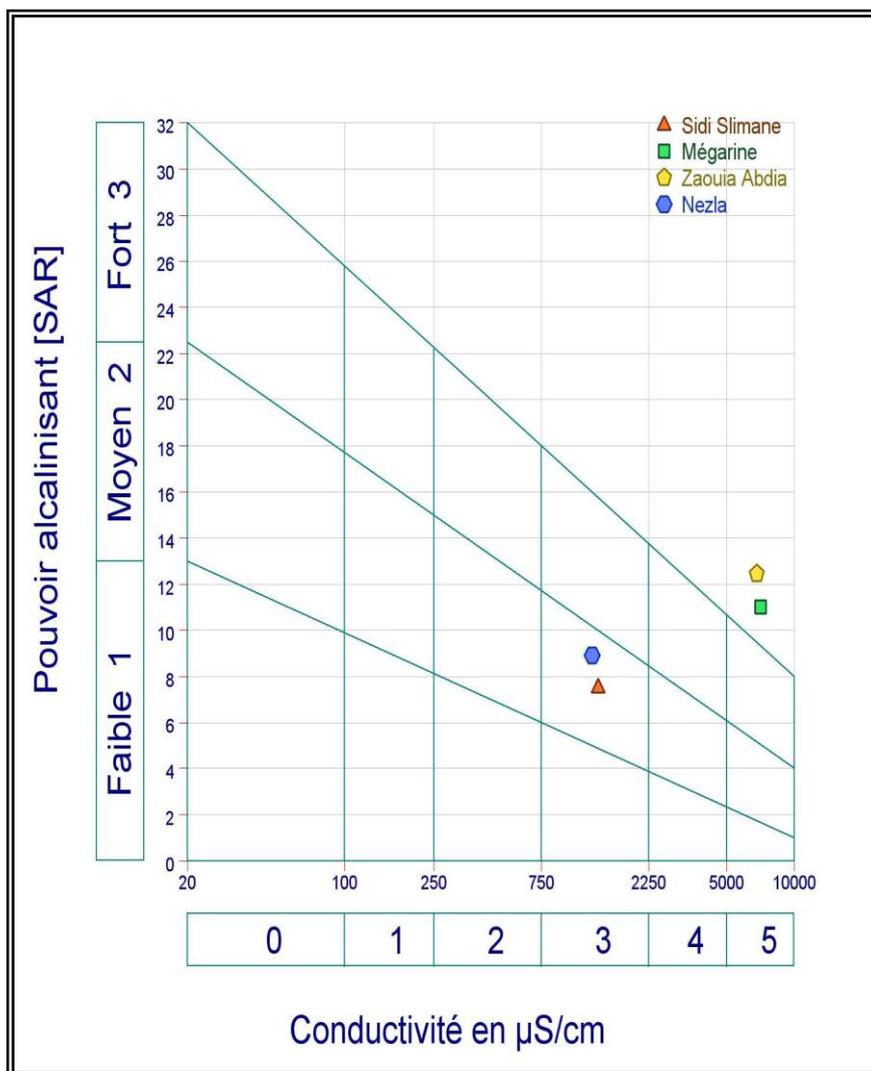


Figure.51. La représentation du diagramme de Richards de la nappe phréatique

D'après le digramme on observe que deux valeurs sont placées dans la classe C3 S2, ce qui indique une eau à forte salinité et le danger d'alcalinisation du sol est appréciable. Les deux autres valeurs sont placées hors le digramme traduisant le fait que les eaux de la nappe phréatique ont une qualité chimique très mauvaise pour l'irrigation.

2.4. Potabilité des eaux de la nappe phréatique

Les interprétations précédentes des analyses chimiques pour cette nappe montrent que tous les éléments chimiques que se soit cations ou anions dépassent largement les normes fixées par l'OMS pour une eau potable. Ainsi que les paramètres physiques telle que la conductivité et les résidu sec. Ce qui indique que les eaux de la nappe phréatique sont imbuables.

II. Interprétation des analyses chimiques de la nappe du complexe terminal (CT)

1. Paramètres physiques

1.1. La Température

La température moyenne des eaux de la nappe du complexe terminal est de l'ordre de 23°C, et celle augmentation de la température du essentiellement à la profondeur de cette nappe.

1.2. Potentiel hydrogène pH

Les valeurs de pH présentés dans le tableau ci-dessous montrent clairement que toutes ces valeurs se trouvent dans l'intervalle de potabilité.

Tableau.41. Les valeurs des pH dans la nappe CT

<i>Forages</i>	<i>févr-08</i>
D41F83	7.31
D46F103	7.27
D47F24	7.32
D32F160	7.53
D34F136	7.01
D33F117	7.41

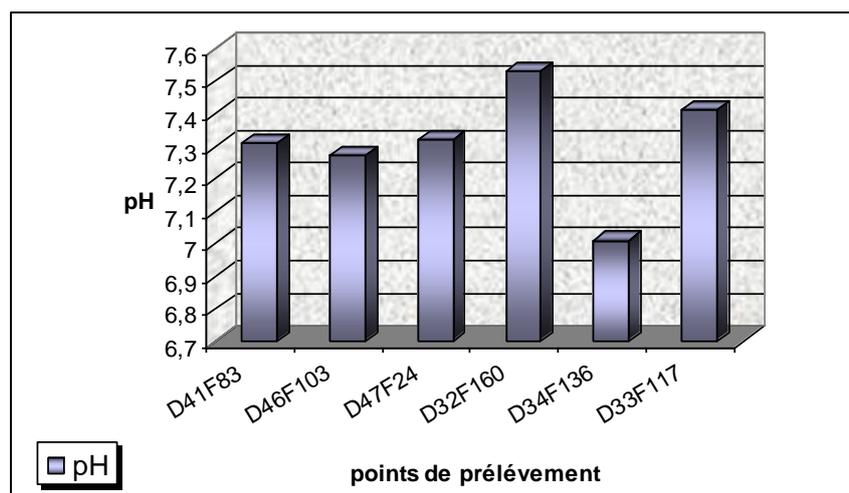


Figure.52. histogramme de la variation de pH des eaux de la nappe CT

1.3. Le potentiel d'oxydo réduction (Eh)

Les valeurs obtenus de Eh sont tous négatifs, ce qui indique que le milieu est réducteur dans toute cette nappe.

1.4. La Conductivité électrique

Les mesures sont effectuées pendant la période de Février 2008. La carte ci-dessous (figure 53), fait ressortir que les valeurs de la conductivité sont élevés et varies entres 4460 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les forages qui se trouvent au Nord et au Sud Ouest, et 5590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui localise au centre de la carte et à l'extrême Sud Est et Nord Est.

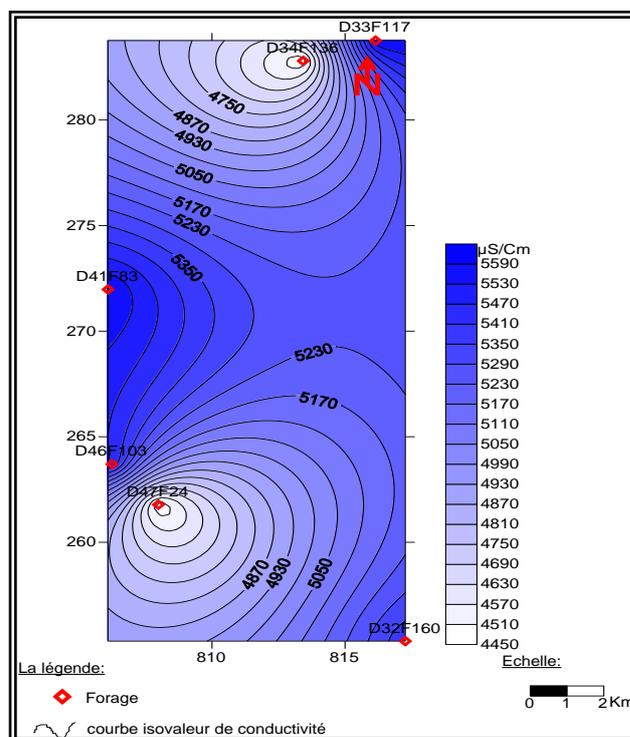


Figure.53. Carte d'iso teneurs de la conductivité électrique des eaux de la nappe CT

1.5. Dureté totale

Les eaux analysées de la nappe du complexe terminal présentent un $Th > 100^{\circ}f$. ce qui traduit par une eau très dure.

2. Les paramètres chimiques

2.1. La Détermination des faciès chimiques

2.1.1. Diagramme de Piper

La représentation des concentrations des éléments chimique des différents points d'eau sur le diagramme de Piper (fig.54) Pour la période Février 2008 montre que la majorité des échantillons coïncident sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté sodiques.

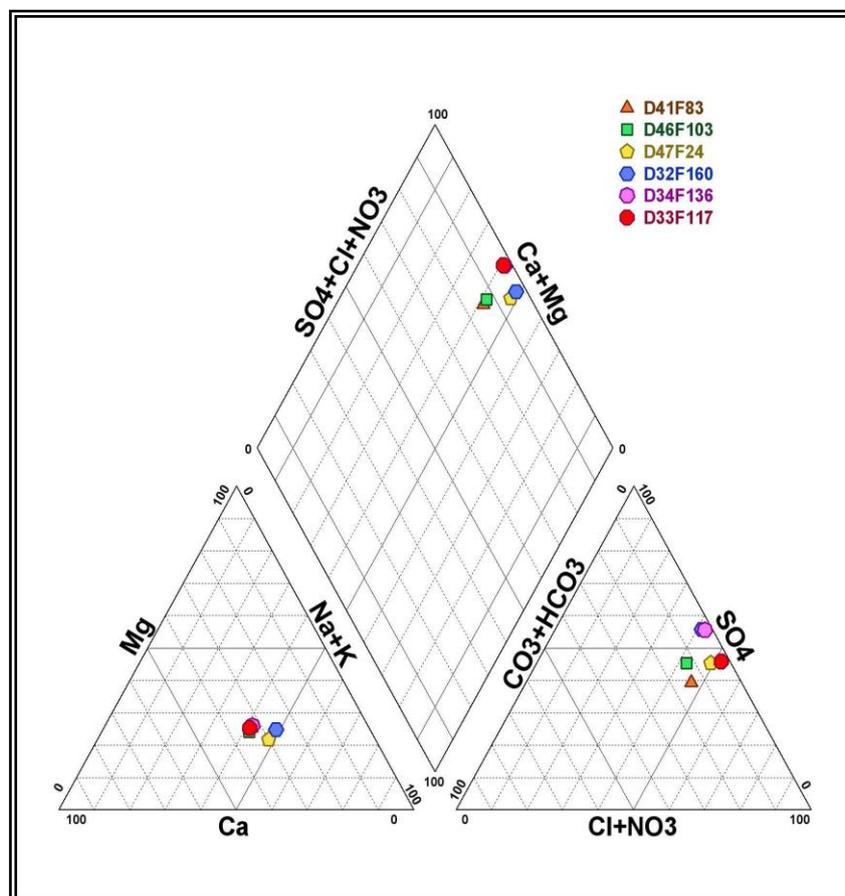


Figure.54. La représentation du diagramme de Piper de la nappe CT

2.2. La cartographie des éléments chimiques

2.2.1. Les cations

- Le Calcium (Ca^{++})

La distribution des valeurs de calcium sur la carte de la figure 55 montre bien que les teneurs en Ca^{++} les plus élevés (500 à 525 mg/l) sont enregistrés à l'extrême Nord Est et au Sud Est de

la carte, tan disque les valeurs faibles (385 à 445 mg/l) sont situés au Sud, centre et au Nord Ouest de la carte

On note que les valeurs du calcium sont supérieures à la norme de l'OMS qui est de l'ordre de 200 mg/l.

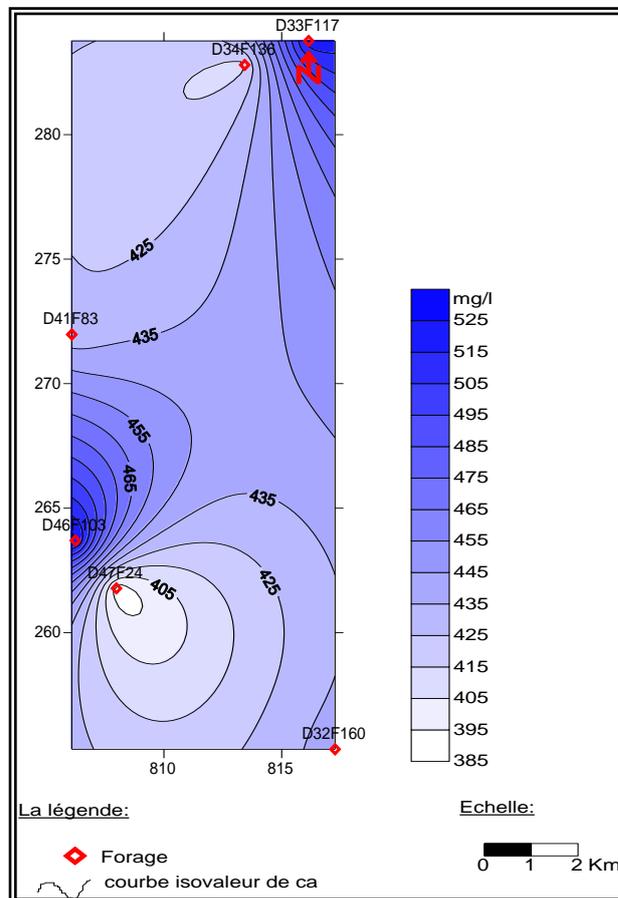


Figure.55. Carte d'iso teneurs du Ca^{++} dans les eaux de la nappe CT

- Le Magnésium (Mg^{++})

La figure 56 donne une vision sur la répartition du magnésium sur la région d'étude. On observe que les valeurs de la concentration de Mg^{++} se trouvent dans l'intervalle de la norme de l'OMS (200 mg/l) et la plus part des teneurs qui dépassent cette valeur sont localisées dans la partie Est de la carte.

- Le sodium et potassium ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)

La figure 57 montre clairement la répartition des concentrations de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, qui sont dépassés largement la norme fixée par l'OMS et sont comprise entre 560 et 920 mg/l.

On observe une augmentation des teneurs lorsqu'on allant vers le Sud et atteindre la valeur de 920 mg/l à l'extrême Sud. L'origine du sodium est liée principalement au couche argileuse imperméable (échange de base) et certains formations évaporétiques.

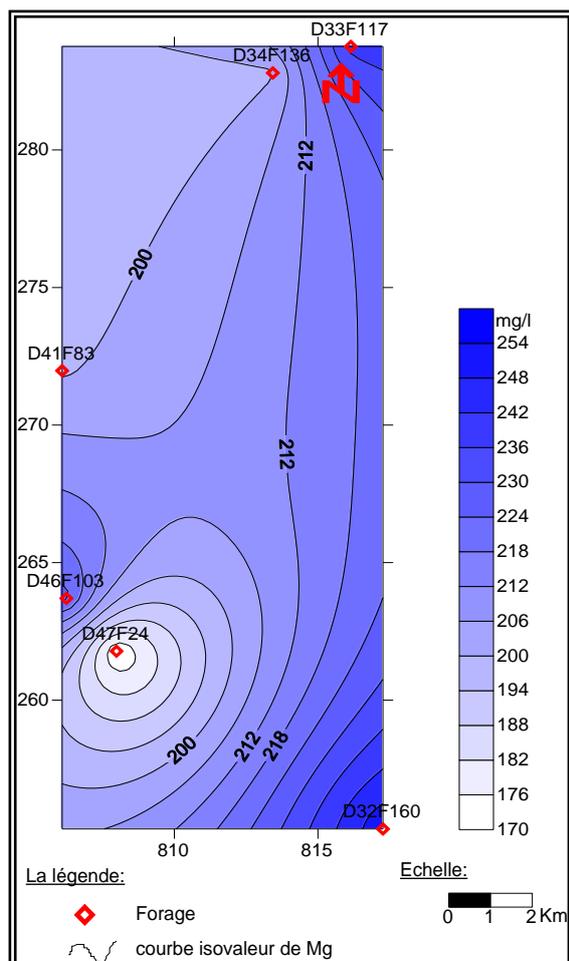


Figure.56. Carte d'iso teneurs du Mg^{++}
 Dans les eaux de la nappe CT

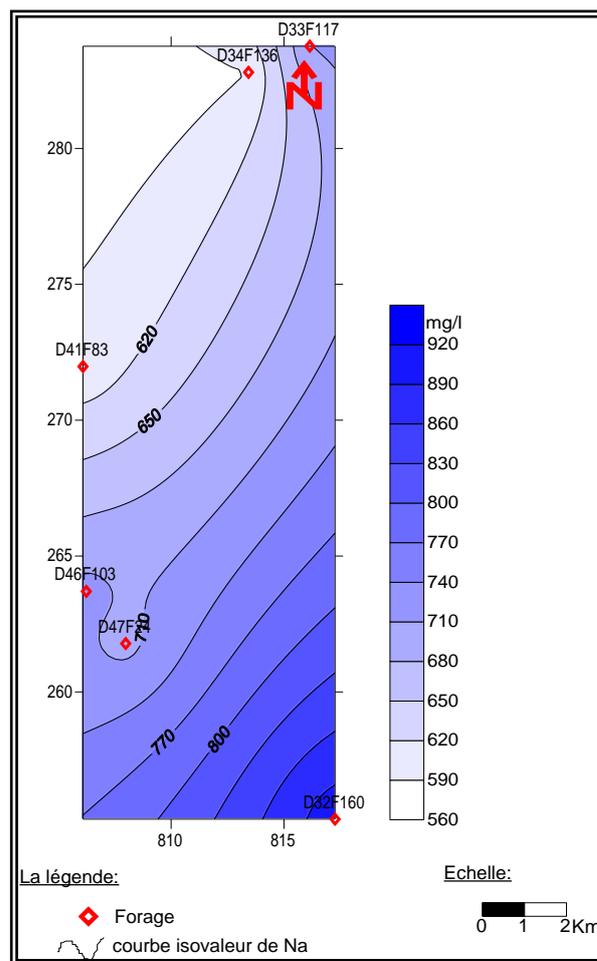


Figure.57. Carte d'iso teneurs du $Na^+ + k^+$
 Dans les eaux de la nappe CT

2.2.2. Les Anions

- Les Chlorures (Cl^-)

Les teneurs en chlorures qui sont réparties dans la figure 58 sont extrêmement élevées et dépassant les normes limites de l'OMS (350 mg/l). Elles augmentent en allant du Sud vers le Nord. Les valeurs varient de 840 à 1380 mg/l. Ces teneurs proviennent de la dissolution des sels naturels par le lessivage des formations salifère,

- Les Sulfates (SO_4^{--})

Les valeurs des sulfates distribués dans la figure 59 montrant que toutes ces valeurs sont supérieures à la norme (250 mg/l). Les teneurs du SO_4^{--} varient entre 1050 et 1770 mg/l où les plus fortes valeurs ont été enregistrés au Nord et à l'extrême Sud Est de la carte. Cette augmentation peut être due à la dissolution des formations gypseuses.

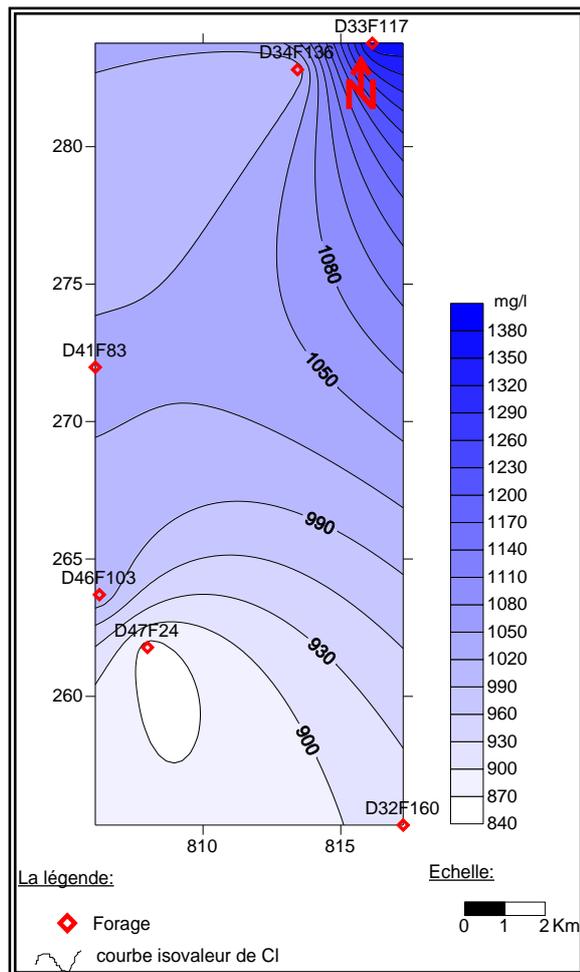


Figure.58. Carte d'iso teneurs du Cl⁻ dans la nappe CT

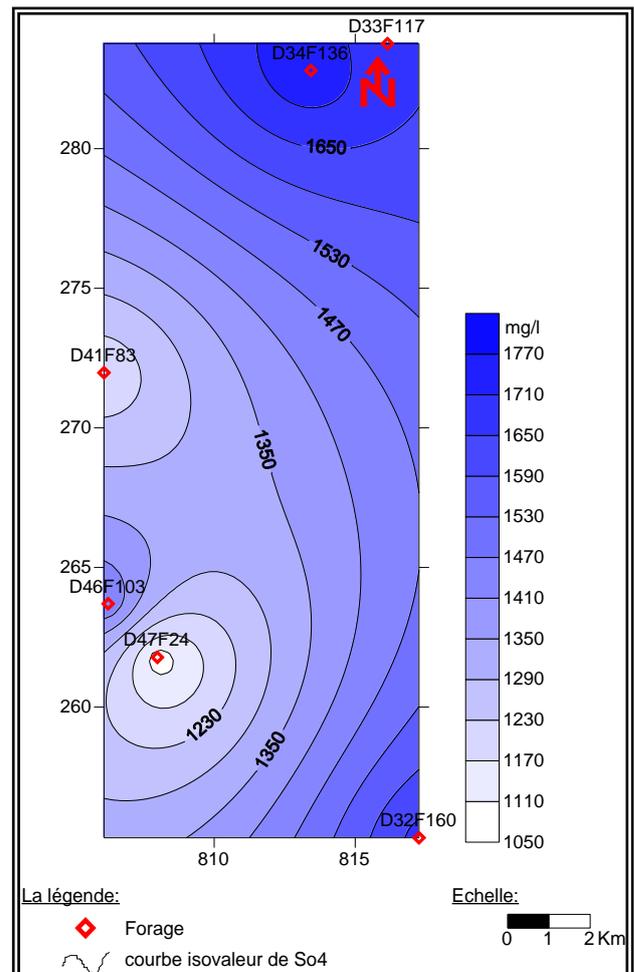


Fig.59. Carte d'iso teneurs du So₄²⁻ dans la nappe CT

- Les Bicarbonates (HCO₃⁻)

Les concentrations des bicarbonates présentés sur la figure 60 montrant des valeurs varient entre 80 et 520 mg/l. on remarque que la concentration de HCO₃⁻ se fait progressivement de l'Est en Ouest et les valeurs les plus faibles (<100 mg/l) sont localisées au Nord Est et Sud Est de la carte.

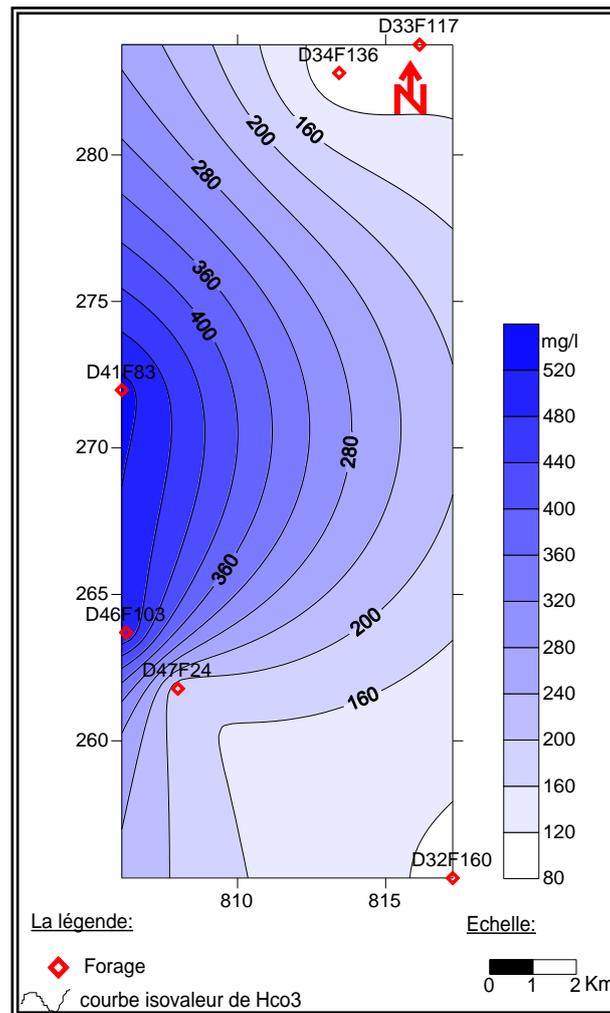


Figure.60. Carte d'iso teneurs du Hco₃⁻ dans les eaux de la nappe CT

2.3. Aptitude des eaux à l'irrigation

2.3.1. Diagramme de Richards (Riverside)

Les résultats obtenus par Le digramme de Richardes nous a montrer que toutes les valeurs sont placées entre la classe C4 S2 et C5 S2, ce qui indique une eau à forte salinité. Le danger d'alcalinisation du sol est appréciable, traduisant le fait que les eaux de cette nappe ne convenant pas à l'irrigation. Mais pouvant être utilisées sous certaines conditions :

- certains cultures telles que les palmiers.
- sol très perméable.

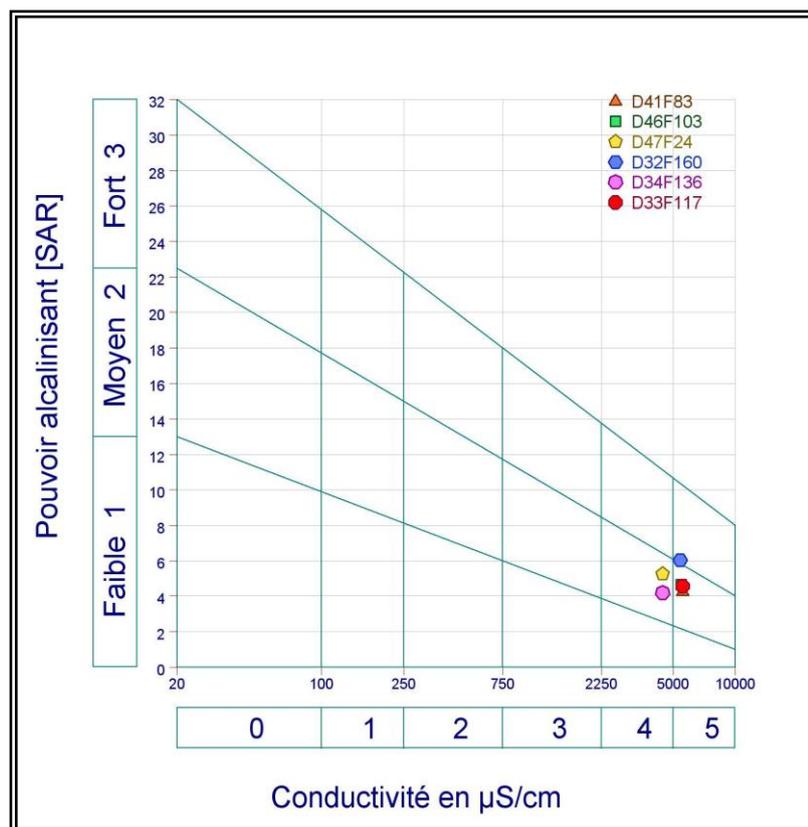


Figure.61. La représentation du diagramme de Richards de la nappe CT

2.4. Potabilité des eaux de la nappe du complexe terminal

Les résultats obtenus nous à montrer que seulement les teneurs en Mg^{++} sont dans l'intervalle des valeurs limites. Les teneurs Ca^{++} , Cl^- , K^+ , Na^+ et So_4^{-} ont dépassées les normes de l'OMS (250mg/L) et la norme Algérienne (400 mg/l) pour les eaux potables, l'excès de ces éléments dans l'eau de boisson peut entraîner des problèmes sur la santé humaine. Donc l'utilisation de cette eau pour AEP sans traitement est déconseillée.

Tableau.42. Tableau comparatif de la concentration des cations avec les normes de l'OMS et norme algérienne eaux souterraines de la nappe CT

minéralisation globale mg/l	forages						Normes	
	D41F83	D46F103	D47F24	D32F160	D34F136	D33F117	Norme OMS	Norme algérienne
Ca^{+2}	428,85	529,05	388,77	440,88	412,82	521,04	200	200
Mg^{+2}	199,3	226,03	170,37	252,77	199,3	238,18	150	150
$Na^+ + k^+$	600	720	700	910	590	710	120	200
Cl^-	1025,22	1014,31	856,94	915,04	996,38	1372,57	350	500
So_4^{-2}	1175	1475	1075	1675	1775	1650	250	400
HCo_3^-	535,92	518,5	170,12	112,92	88,72	112,92	,	,

III. Interprétation des analyses chimiques de la nappe du continental intercalaire (CI)

1. Paramètres physiques

1.1. La Température

L'OMS ne recommande aucune valeur limite de la température, pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme.

Les températures enregistrées au cours des prélèvements donnent une température moyenne de l'ordre de 28 °C. Cette augmentation est due à la profondeur de la nappe du continental intercalaire.

1.2. Potentiel hydrogène pH

Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il représente une action dans la détermination de l'agressivité de l'eau vis-à-vis des métaux.

Les résultats des analyses sont représentés dans le tableau 43 et montrent que toutes les valeurs de pH sont dans l'intervalle de potabilité.

Tableau.43. Les valeurs des pH dans la nappe CI.

Forages	févr-08
D34FA3	7.32
D34FA2	7.33
AIN SAHRA	7.24
D30F1	7.31
D46FA1	7.34
D25F1	7.36

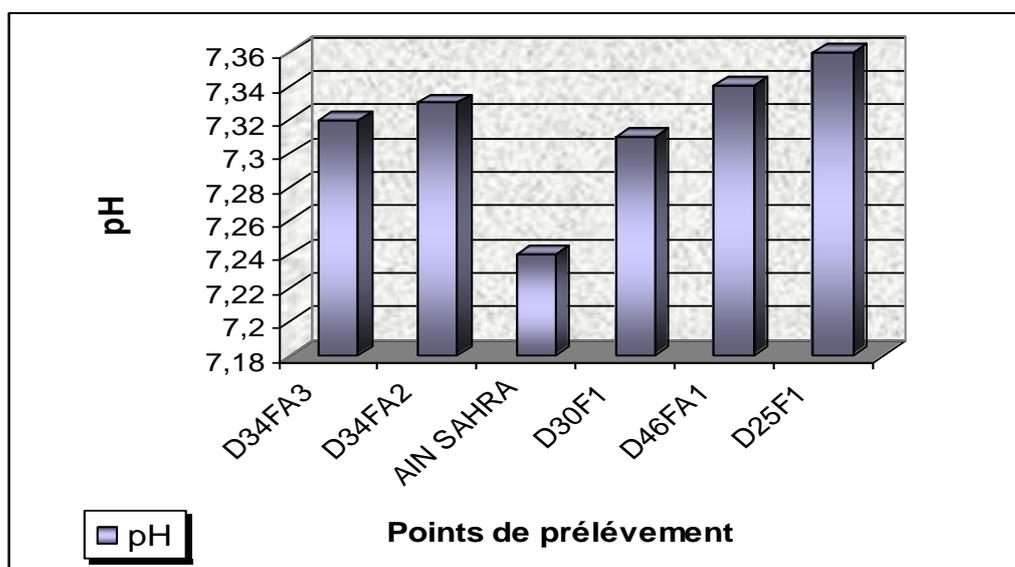


Figure.62. histogramme de la variation de pH des eaux de la nappe CI

1.3. Le potentiel d'oxydo réduction (Eh)

Les analyses des prélèvement présente un milieu réducteur caractérise la nappe de CI, car tous les Eh sont négatif, ce phénomène dû probablement à la présence des bactéries réductrices.

1.4. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale dans l'eau. Pour nos échantillons les valeurs de la conductivité électrique présentés dans la figure 63 sont variés entre 2350 et 3050 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les valeurs les plus faibles sont rencontrées dans les eaux qui se trouvent au centre de la carte.

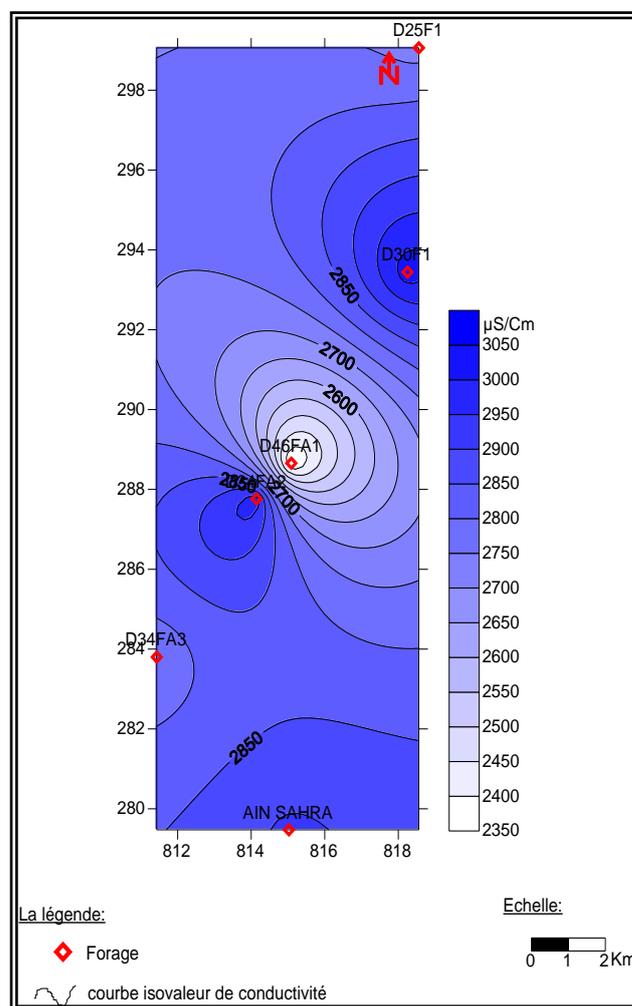


Figure.63. Carte d'iso teneurs de la conductivité électrique des eaux de la nappe CI

1.5. Dureté totale

Les eaux analysées Dans la nappe CI présentent un $\text{Th} > 100^\circ\text{f}$. Indiquant une dureté très élevée.

2. Interprétations des analyses chimiques

2.1. Détermination des faciès chimiques

2.1.1. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysées sont globalement sulfatées Calciques. Cela est dû à la nature des terrains traversés.

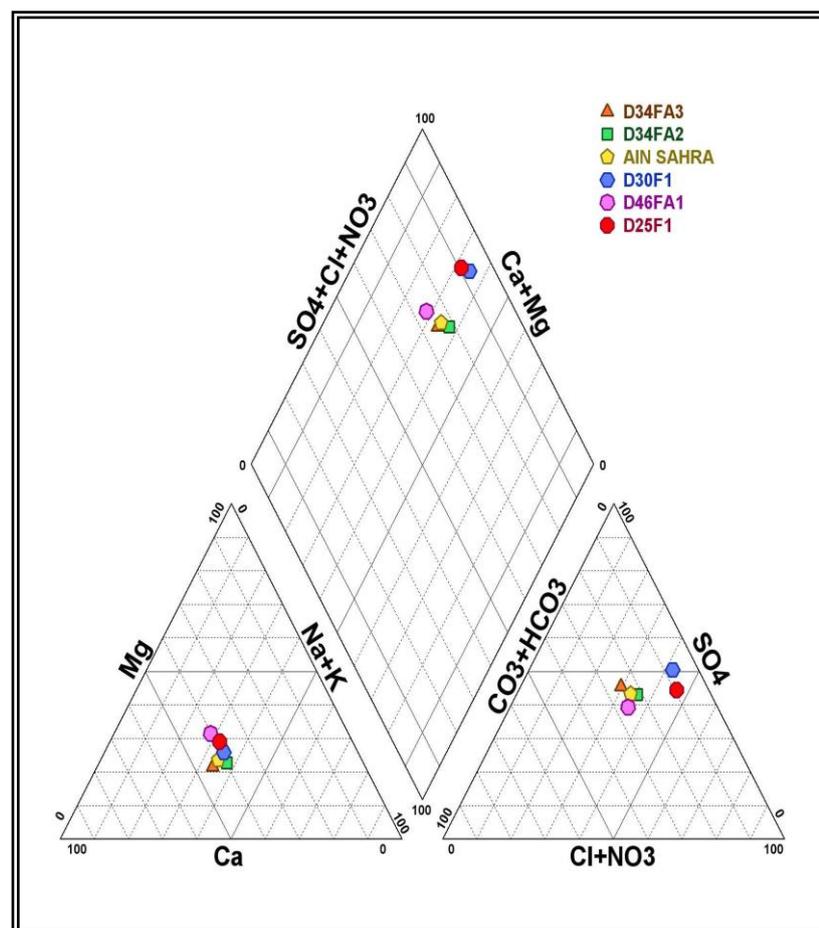


Figure.64. La représentation du diagramme de Piper de la nappe CI

2.2 La cartographie des éléments chimiques

2.2.1. Les cations

- Le Calcium (Ca^{++})

Les résultats des analyses du calcium présentés dans la figure 65, nous a montrés que les valeurs obtenus ne dépassent pas largement la norme de l'OMS (200 mg/l) et elles sont variés entre 232 et 268 mg/l. où la valeur la plus faible se localise au centre de la carte.

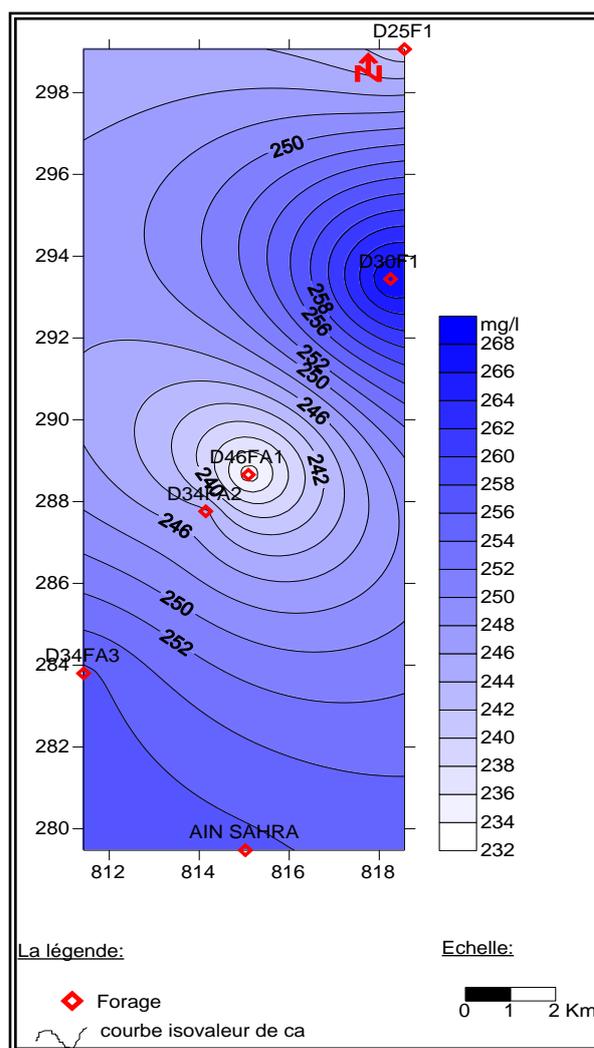


Figure.65. Carte d'iso teneurs du Ca^{++} dans les eaux de la nappe CI

- Le Magnésium (Mg^{++})

Les valeurs des concentrations du magnésium sont présentées dans la figure 66 et montrent que sur l'ensemble des prélèvements les teneurs en Mg^{++} sont relativement faibles et inférieure à la norme fixée par l'OMS qui est 150 mg/l. on observe aussi que les valeurs les plus faibles sont situés au Sud et elles augmentent lorsqu'on allant vers le Nord.

- Le sodium et potassium ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)

Les teneurs de sodium et potassium enregistrés sur la figure 67 sont supérieures à la norme limite 100 mg/l. elles sont variées entre 170 et 260 mg/l où les valeurs faibles se localisent au centre de la carte. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant de chlorure de sodium.

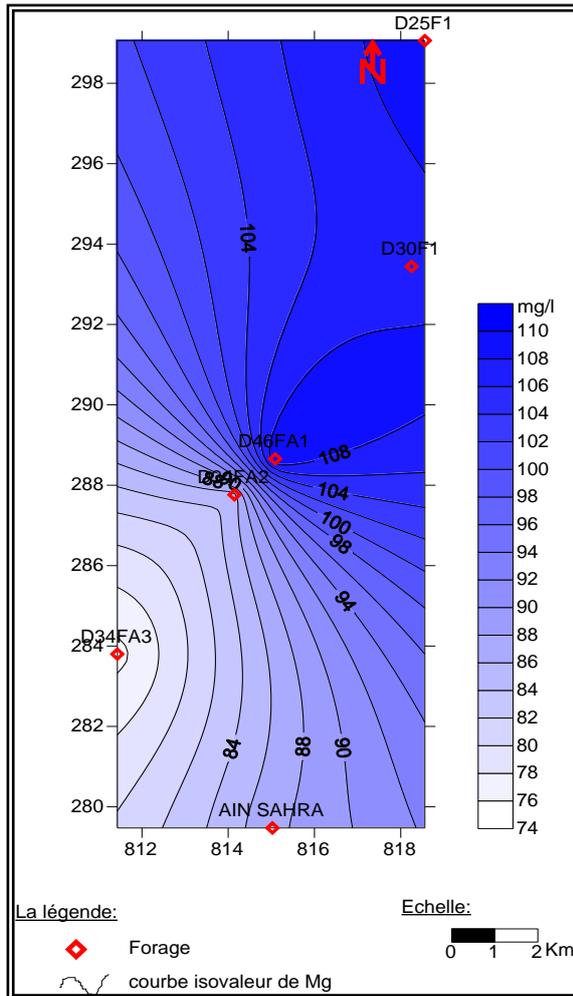


Figure.66. Carte d'iso teneurs du Mg^{++} Dans Les eaux de la nappe CI

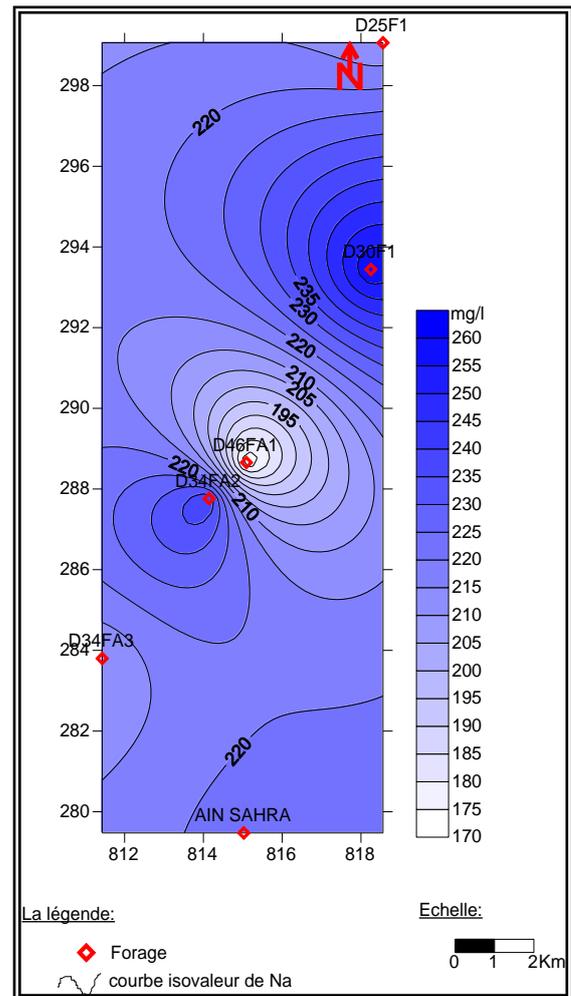


Figure.67. Carte d'iso teneurs du $Na^{+} + k^{+}$ Dans les eaux de la nappe CI

2.2.2. Les Anions

- Les Chlorures (Cl)

Les teneurs fortes en chlorures communiquent à l'eau un goût désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium.

Pour les prélèvements des eaux effectués les teneurs en sulfates sont fortes dans l'eau du continental intercalaire (figure 68), notamment les eaux qui se trouvent dans la partie Nord (540 mg/l), cette valeur dépasse largement les normes de l'OMS, ce caractère chloruré dû à la dissolution des formations salifères.

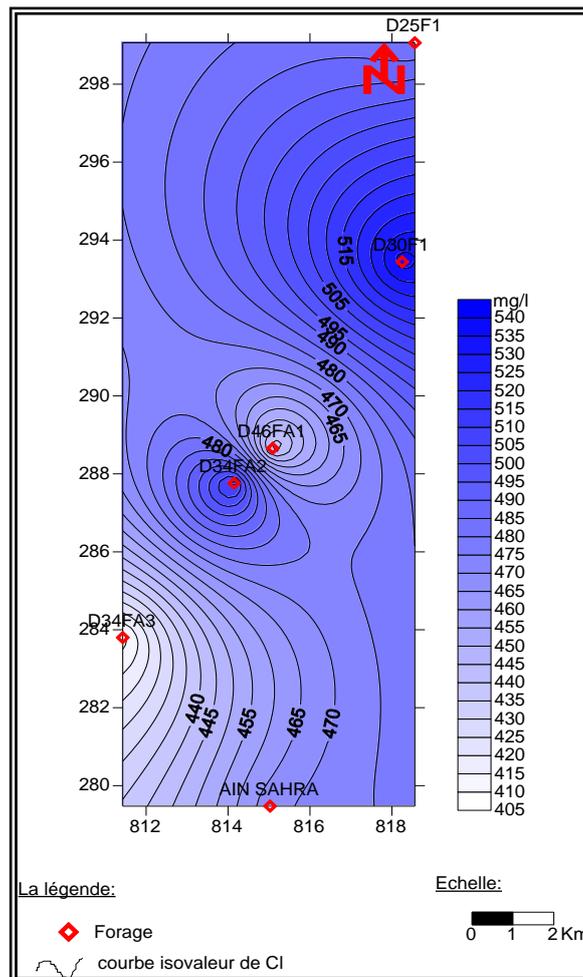


Figure.68. Carte d'iso teneurs du Cl⁻ dans les eaux de la nappe CI

- Les Sulfates (SO₄²⁻)

Les résultats des analyses effectués révèlent des valeurs très élevées dans les eaux de tous les forages. Les résultats obtenus sont variés entre 620 mg/l au Nord et au centre de la carte et 880 mg/l dans la partie Sud (figure 69), les teneurs en sulfate sont largement supérieures aux normes de potabilité (250 mg/l).

Ces teneurs élevées dus probablement à l'oxydation des minéraux sulfurés présents dans les calcaires ou par la dissolution de gypse dans les terrains traversés.

- Les Bicarbonates (HCO₃⁻)

Les valeurs des bicarbonates présentés sur la figure 70 montrent clairement que les teneurs les plus faibles (200 mg/l) sont localisés au Nord et à l'extrême Nord Est et elles commencent à augmenter lorsqu'on allant vers le Sud pour atteindre des valeurs de 620 mg/l.

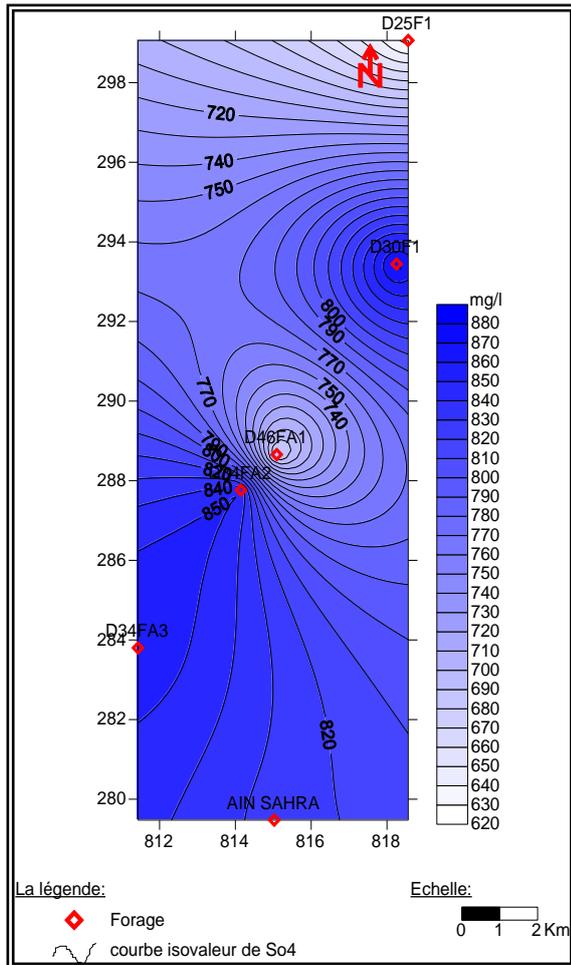


Figure.69. Carte d'iso teneurs du SO_4^{--}
Dans la nappe CI

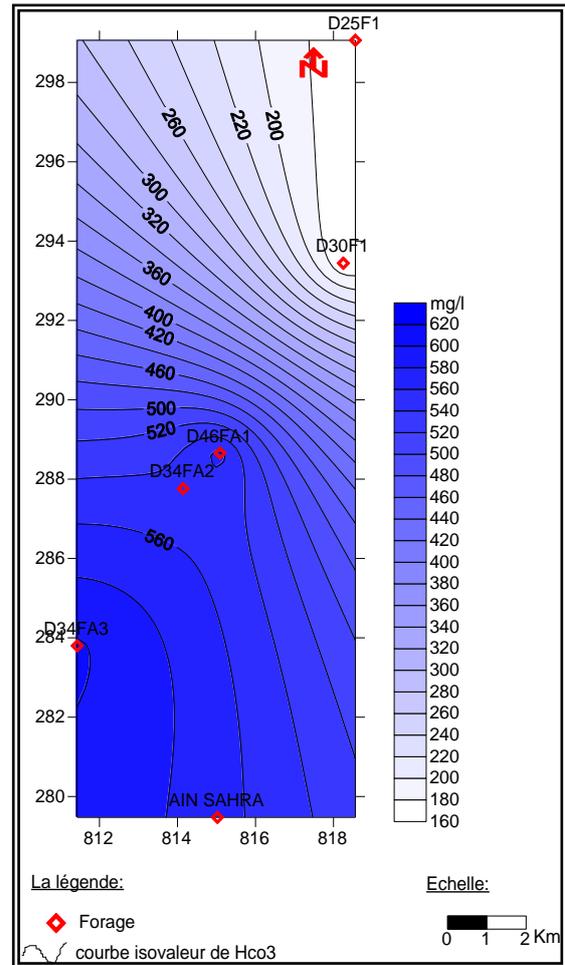


Figure.70. Carte d'iso teneurs du HCO_3^-
Dans la nappe CI

2.3. Aptitude des eaux à l'irrigation

2.3.1. Diagramme de Richards (Riverside)

Le digramme de Richards ci dessous nous a montré que toutes les valeurs sont placées dans la classe C4 S1, ce qui traduit par une eau à forte salinité. Le danger d'alcalinisation du sol est moins par rapport à la nappe CT. Donc on peut utiliser l'eau de cette nappe pour l'agriculture des palmiers qui est la principale activée de notre région d'étude.

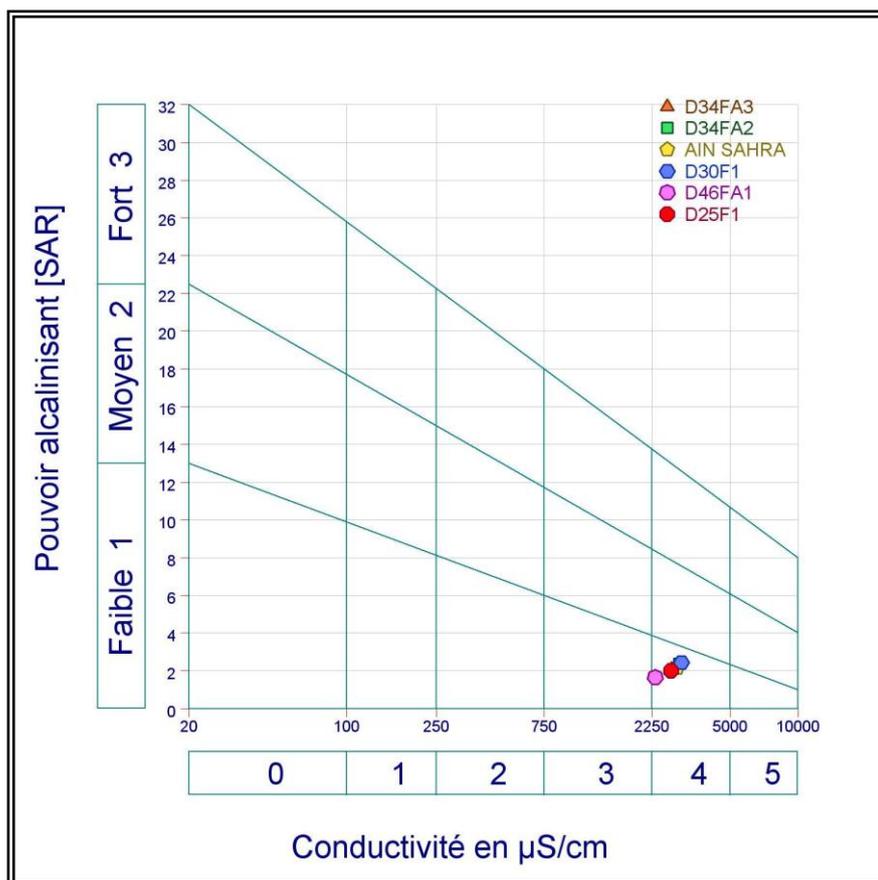


Figure.71.La représentation du diagramme de Richards de la nappe CI

2.4. Potabilité des eaux de la nappe du continental intercalaire (CI)

À partir des résultats obtenus on a constaté que les teneurs en Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , K^+ et Na^+ sont dans l'intervalle des valeurs limites, les teneurs en sulfates ont dépassées les normes de l'OMS (250mg/L) et la norme Algérienne (400 mg/l) pour les eaux potables, l'excès de sulfates dans l'eau de boisson peut entraîner des troubles intestinaux.

Tableau.44.Tableau comparatif de la concentration des cations avec les normes de l'OMS et norme algérienne eaux souterraines de la nappe CI

minéralisation globale mg/l	forages						Normes	
	D34FA3	D34FA2	AIN SAHRA	D30F1	D46FA1	D25F1	Norme OMS	Norme algérienne
Ca^{+2}	256,51	244,48	256,51	268,53	232,46	240,48	200	200
Mg^{+2}	75,34	85,06	87,49	106,94	109,94	109,37	150	150
$\text{Na}^+ + \text{k}^+$	210	240	223	260	170	210	120	200
Cl^-	407,52	514,16	468,46	537,69	435,37	480,56	350	500
So_4^{-2}	857	850	825	875	675	625	250	400
HCo_3^-	602,3	541,53	567,13	161,7	566,42	165,65	,	,

Conclusion

Les interprétations des analyses chimiques de la nappe phréatique, montrent que tous les éléments chimiques que se soit cations ou anions dépassent largement les normes fixées par l'OMS pour une eau potable. Ainsi que les paramètres physiques telle que la conductivité et les résidu sec.

Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysée sont globalement chloruré sodique.

Le diagramme de Riverside montre que les eaux de la nappe phréatique ont une qualité chimique très mauvaise pour l'irrigation.

Les résultats obtenus par l'interprétation des analyses chimiques de la nappe du complexe terminal (CT), nous à montrer que seulement les teneurs en Mg sont dans l'intervalle des valeurs limites. Les teneurs Ca^{++} , Cl^- , K^+ , Na^+ et So_4^{--} ont dépassées les normes de l'OMS (250mg/L) et la norme Algérienne (400 mg/l) pour les eaux potables, l'excès de ces éléments dans l'eau de boisson peut entraîner des problèmes sur la santé humaine. Donc l'utilisation de cette eau pour AEP sans traitement est déconseillée.

Le diagramme de Piper montre que la majorité des échantillons coïncident sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté sodiques.

Le digramme de Richardes nous a montré que Le danger d'alcalinisation du sol est appréciable, traduisant le fait que les eaux de cette nappe ne convenant pas à l'irrigation. Mais pouvant être utilisées pour la culture des palmiers qui est la principale activité agricole dans notre région d'étude.

À partir de l'interprétation des analyses chimiques de la nappe du continental intercalaire, on a constaté que les teneurs en Ca, Mg, Cl, K et Na sont dans l'intervalle des valeurs limites, les teneurs en sulfates ont dépassées les normes de l'OMS (250mg/L) et la norme Algérienne (400 mg/l) pour les eaux potables, l'excès de sulfates dans l'eau de boisson peut entraîner des troubles intestinaux.

Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysées sont globalement sulfatées Calciques.

Le digramme de Richardes a montré que Le danger d'alcalinisation du sol est moins par rapport à la nappe CT, et on peut utiliser l'eau de cette nappe pour l'agriculture des palmiers sans aucun problème.

Introduction

Les projections de population indiquent qu'au cours des 25 années à venir, il faudra de la nourriture pour encore 2 ou 3 milliards de personnes. L'eau est de plus en plus perçue comme une contrainte majeure pour la production alimentaire, équivalent sinon plus cruciale que la pénurie de terre. L'agriculture irriguée est déjà responsable de plus de 70% de toutes les extractions d'eau (plus de 90% de toute l'utilisation à la consommation de l'eau). Même avec une estimation de 15 à 20% de besoins additionnels d'eau d'irrigation au cours des 25 années à venir, ce qui est probablement minoré, de sérieux conflits sont susceptibles d'arriver entre l'eau pour l'agriculture irriguée et l'eau pour les autres utilisations des hommes et de l'écosystème. (Sommet du Millénaire en septembre 2000).

L'utilisation des ressources en eau pour des besoins de consommation se classe en un certain nombre de catégories, à savoir : la consommation domestique, la production agricole et les utilisations industrielles.

L'agriculture est de loin le plus gros consommateur dans la région d'Oued Righ et absorbe, selon les estimations, en moyenne 90 % du volume total d'eau utilisé.

La plupart des utilisations de l'eau apportent des avantages à la société mais elles ont également des impacts négatifs qui peuvent empirer grâce à des procédures de gestion insuffisante, l'absence de réglementation ou le manque de motivation provoquée par les régimes de gouvernance de l'eau en place.

I. Besoins, utilisation et demande en eau

1. L'alimentation en eau potable (AEP)

Actuellement, la région d'Oued Righ Sud est alimentée en eau potable par différentes nappes souterraines. Les captages se situent dans différentes zones :

-La nappe du continental intercalaire est exploitée par 6 forages, dont le débit total est de 670 l/s

- l'exploitation de la nappe du complexe terminal pour l'eau potable est assurée par 2 forages qui fournissent un débit de 40 l/s.

La vallée Sud d'Oued Righ est donc alimentée par 8 forages qui donnent globalement un débit de 710 l/s, soit un potentiel moyen de 350 l/j/hab. pour une population qui atteignait 200916 habitants en 2008. On constate que cette dotation moyenne journalière en eau potable est très élevée, et qu'elle dépasse de loin toutes les normes reconnues; sachant que la dotation nationale n'excède pas les 150 l/j/hab.

Concernant le niveau de service, le taux de raccordement moyen est de l'ordre de 97.75 % Pour l'ensemble des communes de la région. Pour distribuer cette ressource en eau potable, la vallée Sud d'Oued Righ dispose d'un réseau de canalisation de 718.85 km de longueur et de 15 réservoirs dont la capacité de stockage total est de 15050 m³ (tableau 45).

Tableau.45. Situation actuelle de l'alimentation en eau potable dans la région d'Oued Righ Sud

commune	Population2008	dotation l/j/hab.	longueur de réseaux (km)	taux de raccordement %
<i>Temacine</i>	20011	367	82,6	99
<i>Blidet Amor</i>	14529	364	71,29	95
<i>Touggourt</i>	38877	307	161,24	98
<i>Nezla</i>	50595	307	161,36	98
<i>Tebesbest</i>	34866	307	101,38	98
<i>Zaouïa</i>	20526	307	44,38	98
<i>Megarine</i>	13661	341	65,24	98
<i>Sidi Slimane</i>	7851	515	31,36	98

Source : DPAT

L'analyse des données du tableau 45 permet de tirer la localisation des zones les plus consommatrices de l'eau potable :

- les communes de Touggourt, Nezla, Tebesbest et Zaouïa concentrent le plus d'habitants, ce qui traduit par une dotation journalière de l'ordre de 307 l/j/hab.
- la commune de Sidi Slimane est la mieux alimentée avec une dotation de 515 l/j/hab. on peut expliquer cette situation par la faible population de cette commune 7851 habitants.
- les communes qui se trouvent dans la partie sud (Temacine et Megarine) ont une dotation journalière de 376 l/j/hab. avec une population moyenne par rapport aux autres communes.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des forages qui constitués l'ouvrage principal de l'alimentation en eau potable dans la région d'Oued Righ Sud. Ce tableau présent la répartition des forages qui captent la nappe CI et les forages implantés dans la nappe CT qui sont en service pour AEP ou les autres qui sont en réserves et en panne par manque d'équipement.

Tableau.46. Tableau récapitulatif des caractéristiques des forages destinés à l’AEP dans la région de Oued Righ Sud

Forage	Coordonnées			Profondeur	Année de réalisation	Nappe	Débit	Usage	état
	X	Y	Z				(L/S)	H/J	
Albien Blidet Amor D46FA1	5° 59' 24"	32° 57' 05"	95	1580	1984	Albien	120	AEP 24	Bon
AEP Blidet Amor D46 F103 Temacine	5° 58' 47"	32° 56' 40"	85	130	1995	Mio-plio		AEP	réserve
Albien Blidet Amor D46 FA1 Temacine	5° 59' 24"	32° 57' 05"	95	1580	1984	Albien		AEP 24	Bon
Tamellaht AEP D41 F83	6° 00' 50"	33° 00' 38"	/	177	1994	Mio-plio		AEP	En panne
Albien II D34 bis FA 2 Nezla	6° 06' 12"	33° 03' 27"	89,8	1760	1974	Albien	150	AEP 24	Bon
Albien Ain Sahara Nezla	6° 02' 54"	33° 04' 27"	/	1799	1978	Albien	150	AEP 24	Bon
AEP Ben Yessoued D33 F116 Tebesbest	6° 04' 58"	33° 06' 28"	65,23	95	2002	Mio-plio		AEP	réserve
Bel air AEP Château D33 F117 Tebesbest	6° 04' 19"	33° 07' 13"	57,91	85	2002	Mio-plio		AEP	réserve
AEP Complexe Hydr D34F136 Touggourt	6° 03' 34"	33° 05' 48"	77	78	1993	Mio-plio	20	AEP 24	Bon
AEP Zaouïa D32 F160	6° 05' 03"	33° 07' 38"	56,69	80	1993	Mio-plio	20	AEP 20	Bon
Albien D30 F1 Megarine	6° 04' 38"	33° 11' 24"	67,06			Albien	150	AEP 24	Bon
AEP Megarine D29 F96	6° 05' 55"	33° 11' 38"	57,6	158	1993	Mio-plio		AEP	réserve
Albien II Temacine D25 F2	6° 06' 38"	33° 17' 43"	61,6	1775	1975	Albien	100	AEP 24	Bon

1.1. Les Besoins et les demandes futurs en eau potables dans la vallée Sud d'Oued Righ

Le plus souvent, on rapporte la demande en eau potable au nombre d'habitants. Pour calculer l'évolution de la population de la vallée d'Oued Righ Sud, nous avons préférés la méthode de la régression linéaire qui permette l'estimation de y (population) à partir de x (années) par une formule d'une droite, et obtenir les mesures des erreurs lors de l'utilisation d'une courbe de régression comme base d'estimation.

Les données qui constituaient la base de cette régression sont bien enregistrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau.47. l'évolution de la population dans la région de Oued Righ Sud

Années	1977	1987	1998	2008
population	81600	112171	164571	200916

Source : ONS

La figure 72 montre qu'il existe une bonne corrélation directe entre les années et la population ce qui exprime par un coefficient de corrélation de l'ordre de 0.99. à partir de l'équation que nous avons ressortir par la courbe de régression, nous pouvons donc estimer le nombre des population pour les prochaines années. Ce qui nous a aider à calculer les besoins AEP futurs.

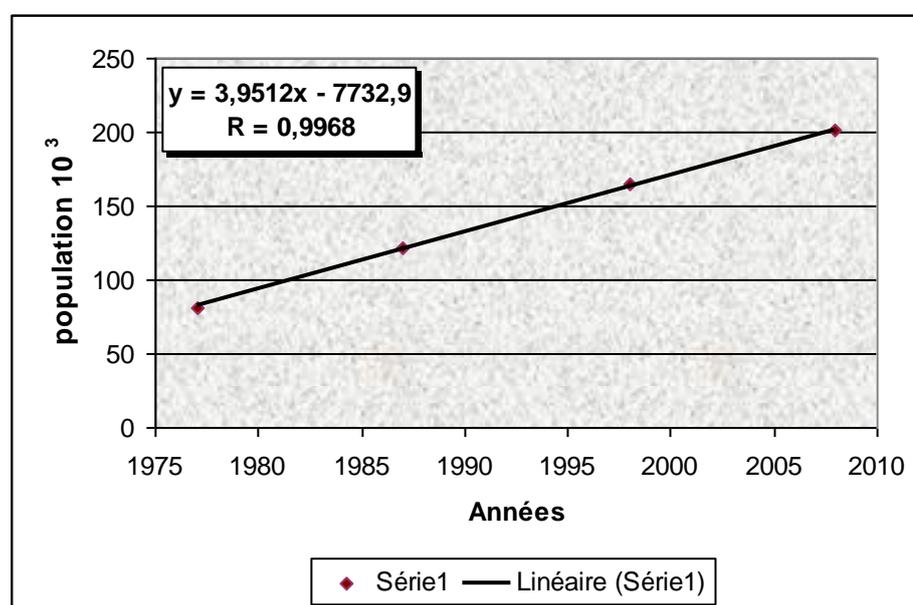


Figure.72.la courbe d'évolution de la population dans la région d'Oued Righ Sud.

Le tableau ci-dessous résume l'évolution des besoins en eau en parallèle avec l'évolution de la Population, selon une dotation moyenne de 350 l/j/hab.

Tableau.48. Les besoins futurs en eau potables dans La vallée de Oued Righ Sud

Année	2010	2020	2030	2040	2050
population	209012	248524	288066	327548	367060
besoin AEP Hm³/an	26,70	31,75	36,80	41,84	46,89

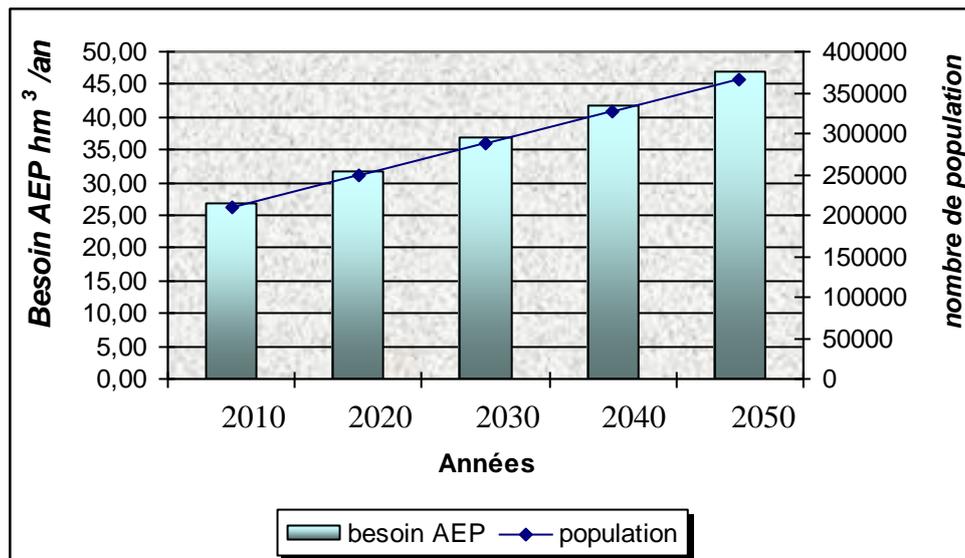


Figure.73. Evolution dans le temps des besoins en eau potables dans La vallée Sud d'Oued Righ

L'augmentation des besoins AEP est liée directement à l'évolution de la population. Cette observation est bien marquée par la figure 73 où les besoins en AEP ont augmentés de 26.70 hm^3/an en 2010 à 36 hm^3/an en 2030, pour atteindre en 2050 environ 46 hm^3/an .

Cette évolution a été expliquée par l'accroissement de la population d'une part et la stabilisation de la demande en eau potable d'autre part.

2. l'alimentation en eau pour l'agriculture (AEA)

En Algérie, dans les conditions climatiques marquées par la faiblesse et la mauvaise répartition des apports pluviométriques selon les régions, l'irrigation est indispensable pour assurer une production agricole régulière en quantité suffisante.

En 1987, le ministère de l'hydraulique a déconcentré ses activités opérationnelles, en chargeant l'AGID des maîtrises d'oeuvre et d'ouvrage des projets de développement des grands périmètres irrigués, de l'assistance, du suivi et de l'évaluation de l'activité des offices des périmètres d'irrigation. Cette activité concerne uniquement le programme des grands périmètres irrigués. Les programmes de petite et moyenne hydraulique et les projets de mise en valeur des régions sahariennes sont suivis par d'autres organismes, notamment, les Directions de l'hydraulique de wilaya DHW et les Directions de l'agriculture de wilaya DSA, le Commissariat au développement des régions sahariennes CDARS, le Haut commissariat au développement de la steppe HCDS, la Générale des concessions agricoles GCA.

La création de l'ONID est l'une des différentes restructurations agraires pratiquées. Il est un établissement public à caractère industriel et commercial, chargé de la gestion et l'exploitation des ressources en eau et les infrastructures hydrauliques dans les périmètres d'irrigation que

l'Etat ou les collectivités territoriales lui concèdent. L'ONID est chargé notamment de la commercialisation de l'eau d'irrigation.

Actuellement la vallée Sud d'Oued Righ est alimentée par 331 forages qui donnent globalement un débit de l'ordre de 9000 l/s.

2.1. La répartition des Surfaces agricoles dans la vallée Sud d'Oued Righ

Le paysage oasien dépend avant tout de l'aménagement des ressources hydrique, qui conditionnent l'extension des terres cultivées de la surface agricole utilisée (SAU).

Dans un milieu aride comme notre région, la SAU est généralement moyenne et faible comme le montre le tableau 49 .avec une SAU de 39% soit 11062 hectare, dont 9584 hectare seulement sont cultivés par des palmiers dattiers, soit 82.18 % de la SAU. Le reste du SAU 1721 hectares sont non comptés.

Les données du tableau 49 permettent de montrer l'état actuel des superficies agricole réparties à travers la vallée Sud d'Oued Righ.

Tab.49 :l'état actuel de la superficie agricole à travers la vallée Sud d'Oued Righ

<i>Commune</i>	<i>SAT hectares</i>	<i>SAU hectares</i>	<i>SAU réserver aux palmiers hectares</i>	<i>Taux du SAU réserver aux palmiers %</i>	<i>SAU non comptée hectares</i>
Temacine	4390	1865	1805	96,78	138
Blidet Amor	3949	1525	1360	89,18	184
Tougourt	2551	400	83	20,75	318
Nezla	1820	1400	1295	92,50	133
Tebesbest	1129	1000	904	90,40	110
Zaouïa	1168	900	867	96,33	46
Megarine	4950	1953	1605	82,18	398
Sidi Slimane	7760	2019	1665	82,47	394
TOTAL	27717	11062	9584	/	1721

Source: DSA

2.2. La répartition des palmiers dattiers dans la vallée Sud d'Oued Righ

Le nombre total de palmiers est de 1102668, avec 879709 palmiers productifs, soit 79.78 % du nombre total de palmier. La figure 74 Donne l'évolution du nombre des palmiers par commune de 1998 à 2008. D'une manière générale, la densité totale des palmiers est de 115 par hectare et celle des palmiers productifs est de 91 par hectare.

Le tableau 50 et la figure 75 montrent clairement la répartition des palmiers pour chaque commune de notre région d'étude.

Tableau.50. l'évolution du nombre des palmiers réparti dans la vallée Sud d'oued Righ

Commune	1988		2004		2008	
	Nombre total des palmiers	Nombre total des palmiers en production	Nombre total des palmiers	Nombre total des palmiers en production	Nombre total des palmiers	Nombre total des palmiers en production
Temacine	158348	116651	175779	128855	187965	134519
Blidet Amor	129409	109439	166982	137721	175373	142284
Touggourt	4916	200	5439	1000	9263	2130
Nezla	138646	117089	155008	127365	161749	133200
Tebesbest	81886	70412	128383	106934	131391	108900
Zaouïa	106291	81530	105808	87305	108996	89580
Megarine	133577	105292	154119	129390	171338	146430
Sidi Slimane	110960	90371	128549	108054	156593	122666
TOTAL	864033	690984	1020067	826624	1102668	879709

Source : DSA

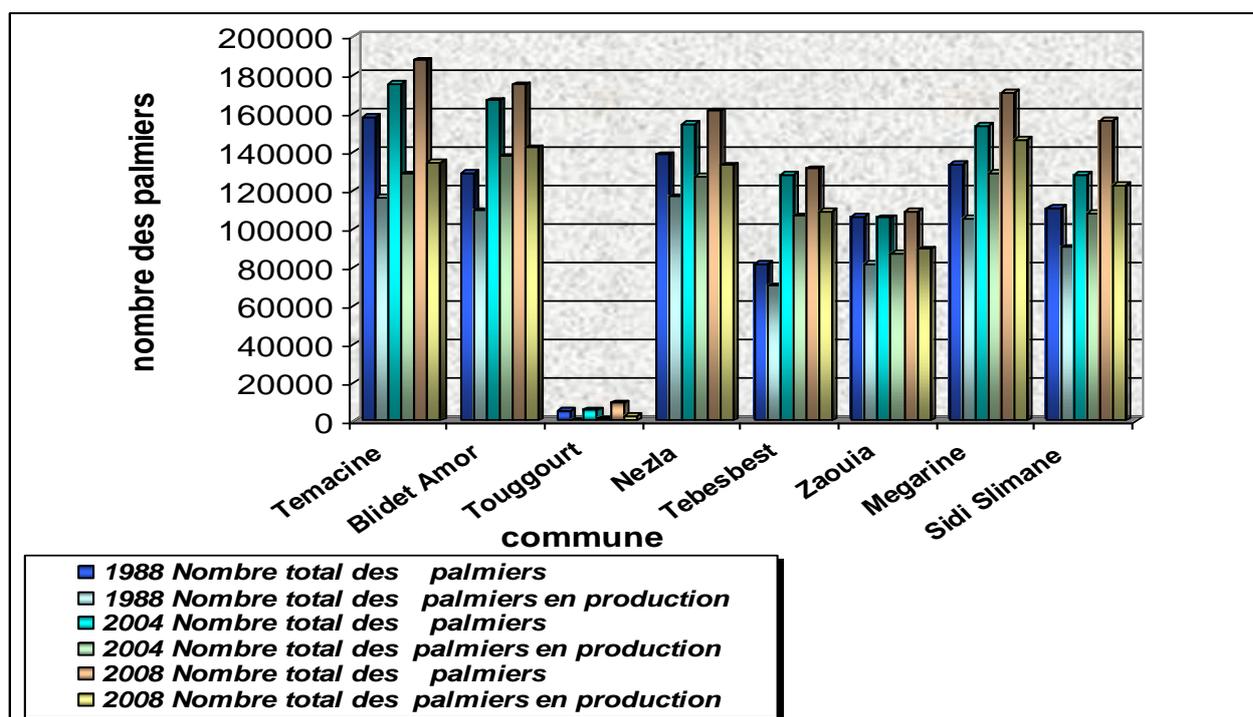


Figure.74. l'évolution des palmiers par commune dans la région d'Oued Righ Sud.

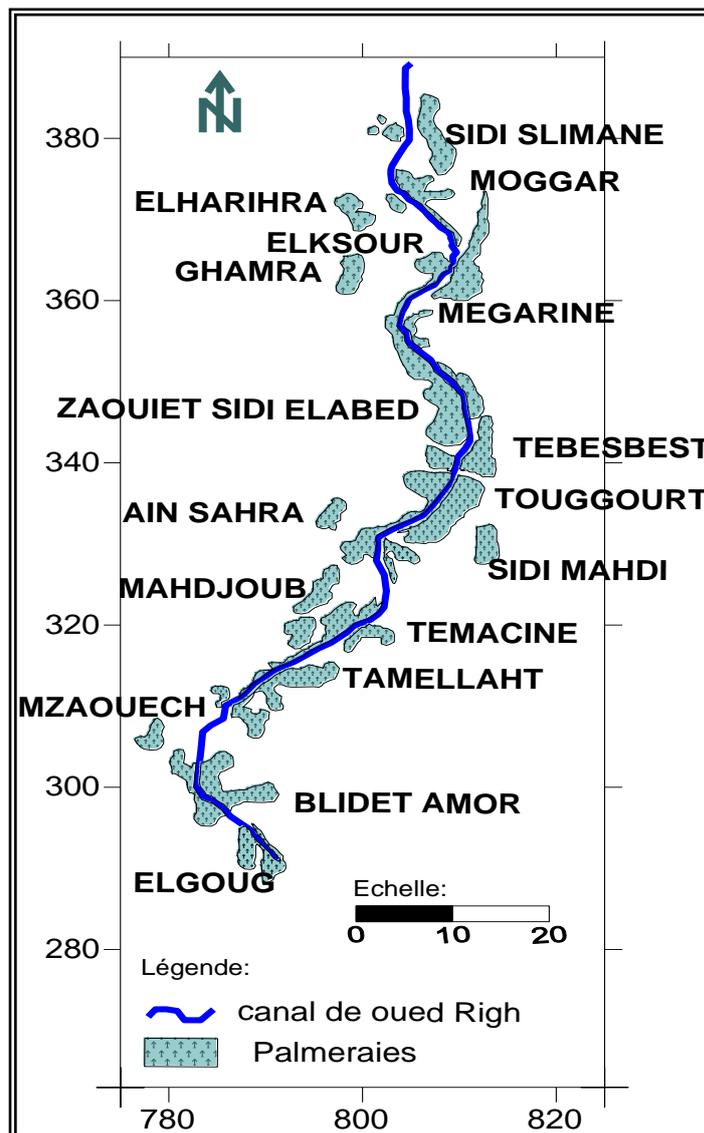


Figure.75. La répartition des palmeraies dans la région d'Oued Righ sud (ANRH modifié)

2.1.2. Le réseau d'irrigation

L'efficacité de l'irrigation ne dépend pas seulement du débit des forages, des puits et des sources, mais aussi de la disposition du réseau de distribution des eaux, qui assure essentiellement la répartition optimale de l'eau au pied des arbres et dans les cultures.

Ainsi notre région d'étude dispose d'un réseau de distribution de l'ordre de 268,58 km répartie dans toutes les palmeraies d'Oued Righ Sud. Le tableau 51 et la figure 76 montrent bien la répartition des réseaux par commune et leur évolution de 1998 à 2008.

Tableau.51.la longueur du réseau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ.

Commune	Irrigation		
	longueur du réseau en 1998 (km)	longueur du réseau en 2004 (km)	longueur du réseau en 2008 (km)
Temacine	18	20,66	22,66
Blidet Amor	5,5	7,5	9,5
Touggourt	2	4,3	6,32
Nezla	24	26,7	62
Tebesbest	42	43,9	62,25
Zaouïa	16	17,81	17,82
Megarine	27	29,5	31,46
Sidi Slimane	5,6	55,57	56,57
TOTAL	140,1	205,94	268,58

Source : ONID

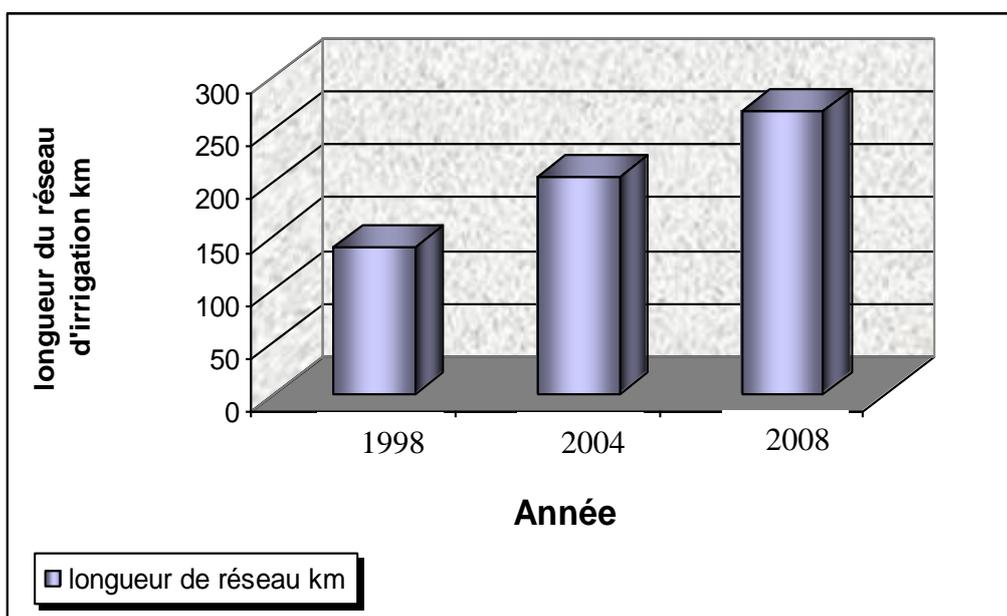


Figure.76.l'évolution de la longueur du réseau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ.

2.1.3. Le réseau de drainage

Le drainage est une nécessité pour, au moins un tiers des terres irriguées. C'est un facteur capital dans tous projets d'irrigation, surtout dans notre région d'étude.

Le drainage est assuré par des émissaires naturels (petits oueds) et par des fossés, d'environ d'un mètre de profondeur, aménagés dans certaines palmeraies. Le tableau ci-dessous détaille l'évolution de la longueur du réseau et sa répartition par commune.

Tableau.52.la longueur du réseau de drainage dans la vallée Sud d'Oued Righ.

Commune	Drainage		
	longueur du réseau en 1998 (km)	longueur du réseau en 2004 (km)	longueur du réseau en 2008 (km)
Temacine	620	627,42	637,42
Blidet Amor	390	392,45	403,95
Touggourt	5	7,3	12,7
Nezla	25	28,7	42,86
Tebesbest	190	194,86	197,86
Zaouïa	15	16,69	19,69
Megarine	35	38,6	38,6
Sidi Slimane	70	71,7	71,7
TOTAL	1350	1377,72	1424,78

Source : ONID

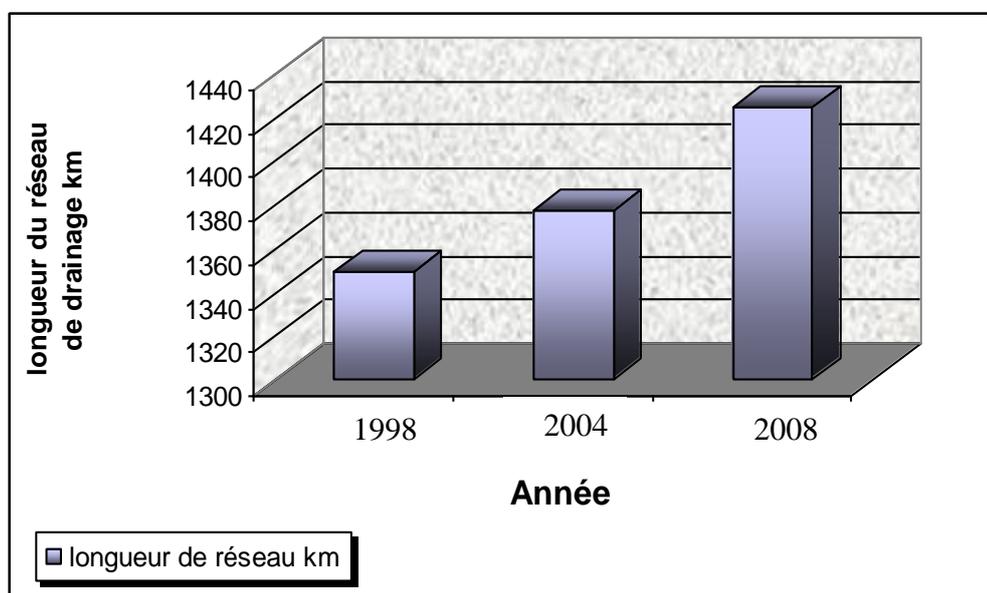


Figure.77.l'évolution de la longueur du réseau d'irrigation dans la vallée Sud d'Oued Righ.

2.2. Les besoins et les demandes futures en eau d’irrigation dans la vallée Sud d’Oued Righ

Les besoins en eau d’irrigation sont directement liés à l’augmentation de la SAU irriguée. Pour estimer les besoins futurs en eau d’irrigation on est obligé d’évaluer l’évolution de la SAU irrigables. Les valeurs de la SAU irriguée pour les prochaines années sont calculées à partir de la régression linéaire entre les années et les SAU irriguées (Tableau53).

Tableau.53.l’évolution de la population dans la région d’Oued Righ Sud

Année	2004	2006	2008
SAU irriguée	9014,18	9376,3	9584

Source : DSA

L’équation que nous avons ressortis par la courbe de tendance de la régression linéaire nous a permet de calculer le nombres d’hectare de la SAU irriguée pour les prochaines décennies (figure 78).

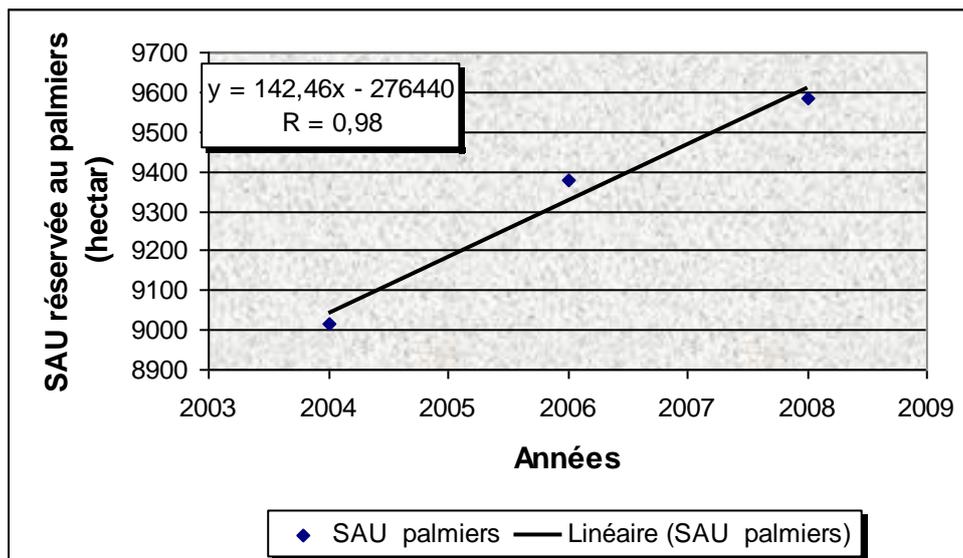


Figure.78. la courbe d’évolution de la superficie agricole utilisée dans la région d’Oued Righ Sud

NB : on note que le coefficient de corrélation R= 0.98, donc il existe une bonne corrélation directe entre les années et le nombre de la SAU irriguée.

Les besoins en eaux d'un hectare sont évalués à 27337 m³/ha/an en 2008. À partir de cette valeur, nous pouvons calculer les besoins en eau d’irrigation pour les années prochaines. Tous les résultats obtenus sont bien enregistrés dans le tableau 54.

Tableau.54. Les besoins futurs en eau pour l'agriculture dans La vallée Sud d'Oued Righ

Années	2010	2020	2030	2040	2050
SAU palmiers ha	9904,6	11329,2	12753,8	14178,4	15603
Besoin AEA hm ³ /an	270,76	309,7	348,65	387,6	426,53

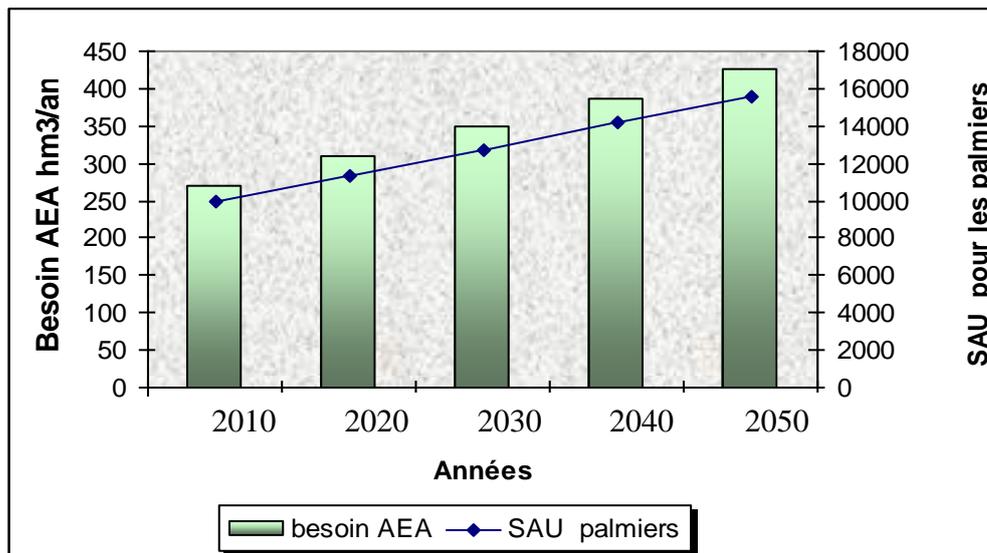


Figure.79. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans La vallée Sud d'Oued Righ.

Les résultats obtenus sont bien détaillés dans la figure 79 et montrent que Les besoins en eau d'irrigation s'élèvent en fonction de la SAU irriguées de 270,76 hm³/an en 2010 à 348,65 hm³/an en 2030, pour atteindre un volume de 426,53 hm³/an en 2050.

On observe que les valeurs des besoins en AEA pour les prochaines décennies restent très élevées et peuvent créer d'énormes problèmes sur notre région d'étude telle que la remontée de la nappe phréatique et la salinité. Donc une intervention sur le secteur agricole est plus que nécessaire pour diminuer cette quantité d'eau. Actuellement la meilleure solution c'est l'utilisation des nouvelles techniques d'irrigation.

3. L'alimentation en eau industrielle (AEI)

La consommation d'eau industrielle est extrêmement variable et elle dépend évidemment du type d'industrie, et vu l'absence des industries à forte intensité d'eau (telles que l'industrie chimique, la sidérurgie et la pâte à papier...) les ressources mobilisables à des fins industrielles ne représentent que 2 % du total des ressources mobilisables de notre région.

Pour satisfaire leurs besoins en eau, on les a raccordées aux réseaux urbains de la ville, d'après l'enquête menée auprès la direction hydraulique de la wilaya de Ouargla, les besoins

en eau pour ces unités industrielles s'élèvent à 15465,6 m³/j, les besoins de ces unités par commune sont répertoriés dans le tableau 55.

Tableau.55.les caractéristiques des unités industrielles et leurs besoins en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ.

Dénomination de l'entreprise	commune	activités	Effectifs	date de création	Besoin en eau m3/j
(SARL) entreprise de réalisation du ciment de l'EST ERCE	Tougourt	ensachage des ciments	/	/	7776
(SARL) entreprise de l'industrie des métaux EIM		production charpente métallique	/	/	
(SARL) entreprise de fabrication des matériaux de construction EFMC		fabrication des matériaux de construction	/	/	
(SARL) société céramique carreaux SCS		faïence et plinthe	91	1991	
(EURL) verrerie horr mokhtar		verre eau	11	1995	
(SARL) société rymel plastique		emballage plastique	140	1987	
(SARL) société algérienne verre oisis-SAVO		verre eau	81	1991	
(SARL) société cartonerie TRAPEC		emballage carton	9	1996	
(SARL) céramique magreb Hamrouni Khaled		faïence et plinthe	65	2004	
(SARL) briqueterie modern oisis BMO		brique rouge	143	1985	
(SARL) société mousse du sud		matelas, coussins	185	1981	
(SARL) Sicaplast	Zaouïa	Tube PVC	11	1994	2937,6
(EURL) moulin Djadai		semoules farine	30	1994	
(SARL) société briqueterie techina SBT		brique rouge	139	1993	
(SARL) briqueterie STB	Temacine	brique rouge	95	1994	2592
(SARL) briqueterie SPMC		brique rouge	75	1990	
(SARL) unité céramique		céramique	25	2005	
(EURL) société briqueterie Nezla	Nezla	brique rouge	95	2003	864
(SARL) moulin Ahlem	Megarine	semoules farine	25	2001	1296

Source: DPAT

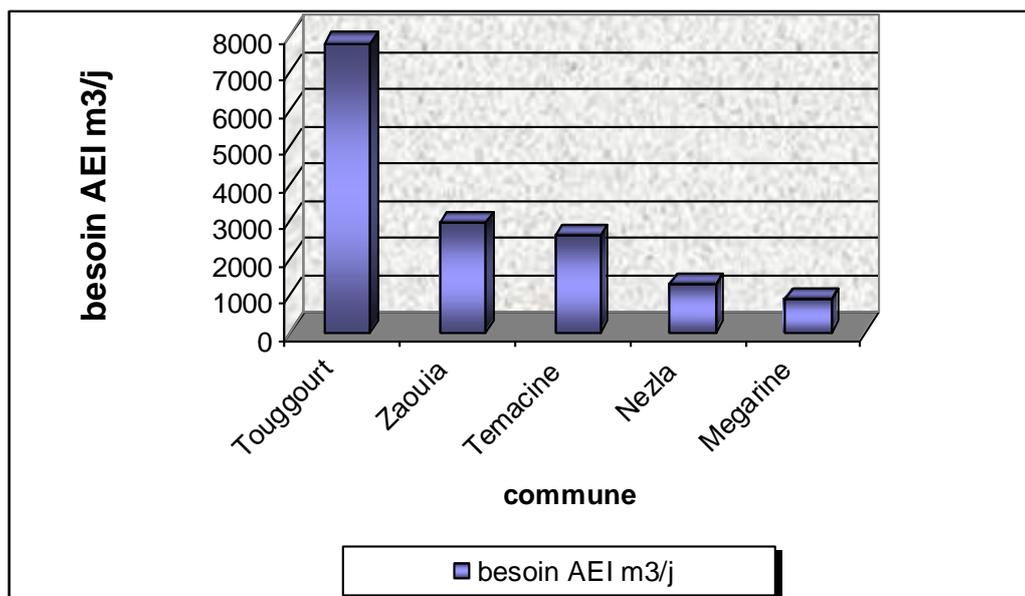


Figure.80.la répartition des besoins en eau pour l'industrie dans la région d'oued Righ Sud.

Globalement la consommation en eau industrielle est actuellement faible, puisqu'elle ne présente qu'environ 2 % de la consommation par rapport les autres utilisateurs (AEP et AEA)

3.1. Les besoins futurs en eau industrielle dans la vallée de Oued Righ Sud

La vallée de oued Righ ne dispose pas des industries à forte intensité d'eau par rapport aux régions limitrophes telle que Ouargla et Hassi Messaoud où l'industrie consomme la plus grande partie des ressources en eau. Donc notre région n'a pas été classée parmi les zones industrielles en Algérie.

Pour faire une projection dans le temps des besoins en eau pour l'industrie, en admettant un taux d'accroissement annuel moyen de 2 % des besoins actuels qui ont été estimés à 5.77 hm³/an en 2008. Les résultats obtenus sont bien détaillées dans le tableau ci dessous.

Tableau. 56. Les besoins futurs en eau pour l'industrie dans La vallée Sud d'Oued Righ

Années	2008	2010	2020	2030	2040	2050
Besoin AEI hm³/an	5,77	6.08	7,154	8,308	9,462	10,616

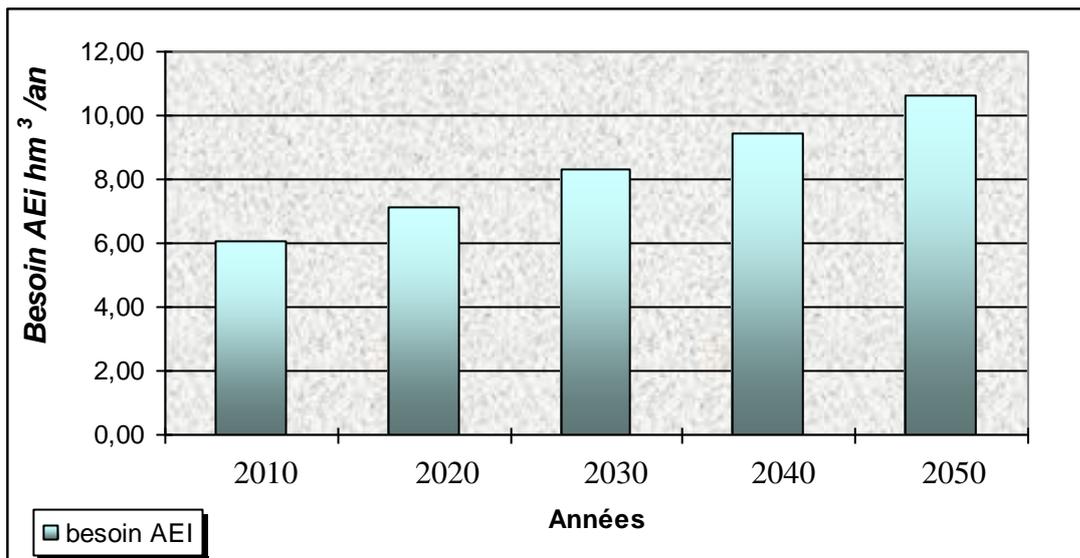


Figure. 81. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans La vallée Sud d'Oued Righ.

Les résultats obtenus sont bien enregistrés dans la figure 81 et présente que Les besoins en eau pour l'industrie s'élèvent en fonction du temps de 6 hm³/an en 2010 à 8.3 hm³/an en 2030, pour atteindre un volume de 10.61 hm³/an en 2050.

On observe que les valeurs des besoins en AEI pour les prochaines décennies restent encore faibles par rapport d'autres utilisateurs. Le recyclage des eaux de l'industrie est l'un des meilleures solutions pour diminuer les quantités d'eau réservée à l'industrie.

4. Les besoins en eau globale dans la vallée Sud d'Oued Righ

Les besoins en eaux globales pour l'ensemble de la région d'étude sont considérables, varies entre 297,46 hm³/an en 2010 à 393,76 hm³/an en 2030 pour atteindre 484,04 hm³/an en 2050. Les besoins en eau potables et industrielle atteignent environ 33 hm³/an en 2010 à 45 hm³/an en 2030 pour arrivées en 2050 à 57 hm³/an, et la demande ne cessera de s'accroître du fait de l'augmentation de la population et du développement économique. Mais c'est l'irrigation qui est la plus grande consommatrice, avec près de 270 hm³/an en 2010 et 348 hm³/an en 2030 et atteindre les 226 hm³/an en 2050. C'est dans ce domaine qu'il est possible de faire des économies en utilisant les nouvelles techniques d'irrigation. Le tableau 57 montre bien tous les résultats obtenus

Tableau.57. Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La vallée Sud d'Oued Righ.

Années	2010	2020	2030	2040	2050
Besoin AEA hm³/an	270,76	309,7	348,65	387,6	426,53
Besoin AEP hm³/an	26,7	31,75	36,8	41,84	46,89
Besoin AEI hm³/an	6,08	7,154	8,308	9,462	10,616
Besoins globales hm³/an	297,46	348,60	393,76	438,90	484,04

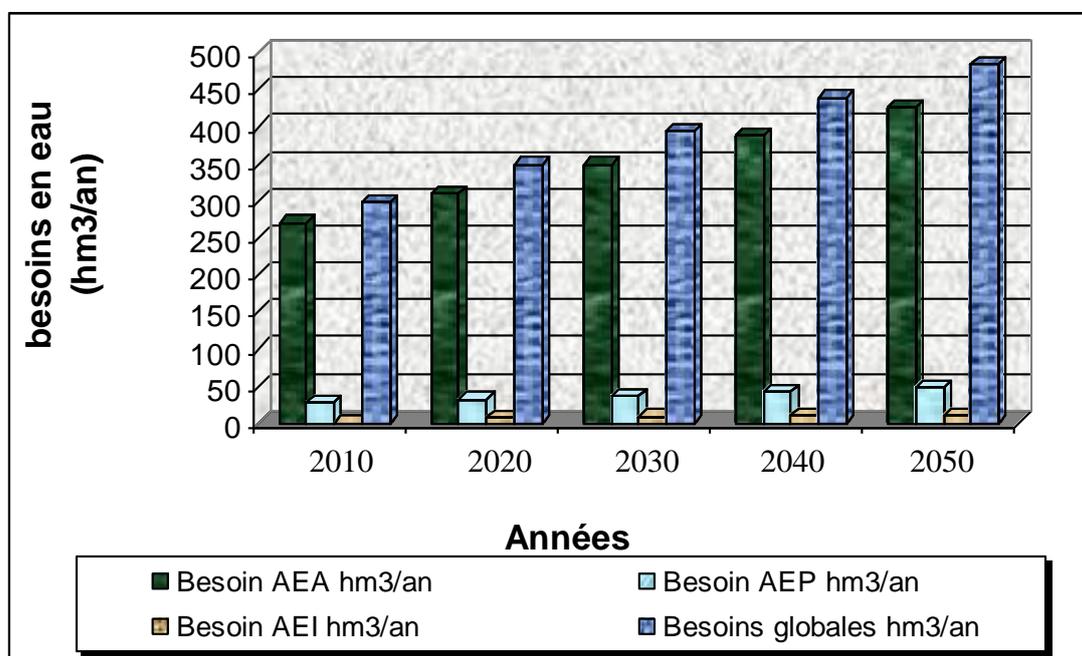


Figure.82. Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La vallée Sud d'Oued Righ.

5 .La confrontation besoins /ressources

La base de tout gestion des ressources en eau repose sur la confrontation des ressources en eau exploitables avec les besoins des différents types d'utilisateurs (eau d'irrigation, eau potable et eau industrielle).

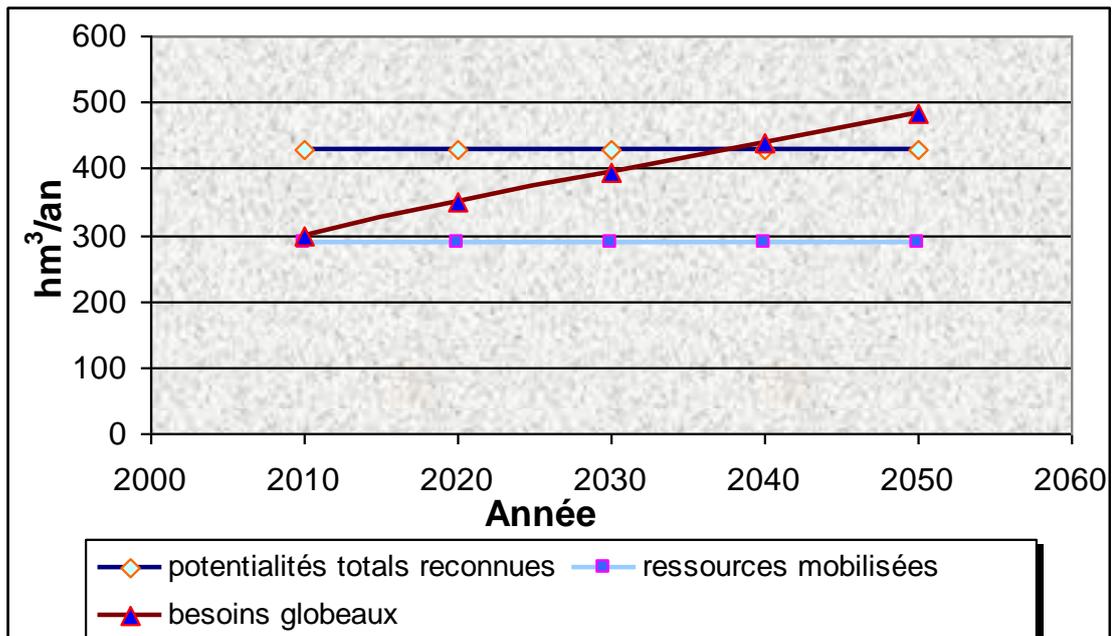


Figure.83. Confrontation des potentialités reconnues- ressources mobilisées- besoins globaux

Le graphique ci-dessus (figure83) montre bien que le volume actuellement mobilisé dans la vallée Sud d'Oued Righ est insuffisant pour satisfaire les besoins en eau des différents secteurs au cours des prochaines décennies. Si l'offre ne présente pas un potentiel de croissance parallèle à celui de la demande, les situations de rareté de l'eau dans la vallée Sud d'Oued Righ vont se multiplier dans les prochaines années, et le déficit sera plus accentué et atteindra un volume de 150 hm³/an en 2040.

Les besoins globaux dépassent les potentialités totales reconnues à partir de l'année 2040, On est donc dans la transition vers la rareté de l'eau, ce qui oblige tous les responsables dans le secteur hydraulique de faire appel à une nouvelle stratégie de gestion pour la réduction de la consommation de l'eau du différents secteurs.

II. Essai de gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ

La GIRE est une méthode systématique pour une exploitation pérenne, une répartition et un suivi de l'utilisation des ressources en eau en fonction du contexte social, économique et objectifs environnementaux

Quand la responsabilité de l'eau potable repose sur une agence, pour l'eau sur une autre pour l'irrigation et encore une autre pour l'environnement, le manque de relations intersectorielles entraîne une gestion et une mise en valeur non coordonnées des ressources en eau, ayant pour résultat des conflits, du gaspillage et des systèmes non durables

En Algérie, tout comme dans beaucoup de régions du monde, le développement et la gestion des ressources en eau ont été entravés par la pénurie de celle-ci, les lacunes du cadre des politiques, le manque de connaissances et d'information, et l'insuffisance des moyens institutionnels. Des questions reflètent la tendance générale des problèmes et des enjeux associés à une approche fragmentée de la gestion des ressources en eau.

Mais l'expérience a montré que lorsque les ressources hydrauliques sont connues et bien identifiées et que les financements sont disponibles, les problèmes concernant l'élaboration des projets et l'exécution des ouvrages d'infrastructure, dans la très grande majorité des cas, pourraient être résolus de façon favorable.

1. la structure institutionnelle de la gestion des ressources en eau

Beaucoup de pays ne disposent pas de politiques nationales en matière d'eau, ce qui constitue un handicap majeur car c'est la politique qui sert de fondement à la législation, à la planification stratégique et à la gestion opérationnelle. L'adoption et la mise à jour continue de politiques nationales en matière d'eau doivent donc constituer des priorités pour chaque pays.

Même lorsqu'il existe des politiques, elles sont souvent inappropriées, et la législation en matière d'eau est mal élaborée dans plusieurs cas. C'est notamment le cas au niveau des problèmes liés à la qualité de l'eau, qui ne font pratiquement l'objet d'aucune législation.

Généralement, il n'existe aucune responsabilité institutionnelle dans ce domaine. On ne pourrait améliorer cette situation qu'en élaborant un cadre institutionnel et juridique approprié, qui prendrait en compte le droit coutumier et les pratiques traditionnelles.

1. 1. Les institutions du secteur public en Algérie

Les directions les plus impliqués en Algérie dans la gestion de l'eau sont :

➤ **Le ministère des ressources en eau (MRE) :**

Dans le cadre de la politique général du gouvernement et de son programme d'action, le ministre des ressources en eau propose les éléments de la politique nationale dans le domaine des ressources en eau et assure le suivi et le contrôle de leur mise en œuvre conformément aux lois et règlement. Parmi les institutions chargées pour l'application de cette politique on cite : la direction des étude et des aménagements hydrauliques (DEAH), la direction de la mobilisation des ressources en eau (DMRE), la direction de l'alimentation en eau potable (DAEP), la direction de l'assainissement et de la protection de l'environnement (DAPE), la

direction de l'hydraulique agricole (DHA), la direction de la planification et des affaires économiques (DPAE).

➤ au niveau local, dans chacune des 48 wilayas du pays, le MRE dispose d'une direction de L'hydraulique (DHW) qui avec les directions locales des autres départements ministériels constituent l'exécutif de la wilaya.

➤ Au niveau intermédiaire, le MRE est doté de :

✓ Trois agences (établissement public à caractère administratif) ; l'agence nationale des ressources en eau (ANRH), l'agence nationale des barrages et de transfert (ANB) et l'agence nationale de réalisation et gestion des infrastructures hydrauliques pour l'irrigation et le drainage (AGID).

✓ Deux établissements public à caractère industriel et commercial doté de personnalité moral et de l'autonomie financière, l'algérienne des eaux (ADE) et l'office national de l'assainissement.

-l' ADE est chargé d'assurer sur tout le territoire national de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion et des opérations de production, transport, traitement, stockage, adduction, distribution et d'approvisionnement en eau potable et industrielles. Ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant.

-L'ONA est chargé d'assurer sur tout le territoire national la protection de l'environnement hydrique et la mise en œuvre de la politique nationale d'assainissement en concertation avec les collectivités locales.

✓ Cinq agences des bassins hydrographiques (établissement public à caractère industriel et commercial) sous tutelle du MRE, créés dans le cadre de la nouvelle politique de l'eau en 1996.ces cinq agences sont chargées de la gestion intégrée des ressources en eau.

2. Stratégie et vision de gestion des ressources en eau dans la vallée de Oued Righ Sud

La gestion des ressources en eau doit toujours s'opérer dans un cadre caractérisé par trois objectifs interdépendants ; sociaux, économiques et environnementaux, et chercher à satisfaire, de manière équilibrée. Il est à noter qu'une vision globale et durable de la ressource en eau doit tenir compte:

- les potentialités hydriques de la région étudié
- Des différents partenaires dans le secteur de l'eau.
- protection de l'environnement.

- structure socioéconomique de la population.

Le principal objectif de cette stratégie, consiste à favoriser une approche intégrée de la gestion des ressources en eau pour atteindre les objectifs de réduction de la consommation de l'eau et par conséquent arriver au développement économique et à la protection de l'environnement. L'approche intégrée prend en compte la demande croissante de l'eau et les diverses utilisations concurrentes des ressources en eau dans la région d'Oued Righ Sud. Les principales composantes de cette approche sont les suivantes :

- L'alimentation en eau potable est une priorité et La distribution de l'eau régulièrement et tous Les jours.
- Gérer l'utilisation de l'eau de façon intégrée et globale dans les domaines de l'agriculture, de l'irrigation, de l'assainissement et de la consommation domestique et industrielle.
- Assurer l'aménagement intégré des eaux de surface (lacs et canal d'Oued Righ).
- Elaborer et mettre en oeuvre l'infrastructure institutionnelle et technique la mieux indiquée pour la gestion de l'eau.

2. 1. Les principales recommandations pour la mise en place d'une stratégie de la gestion de l'eau dans la vallée Sud d'Oued Righ

Les stratégies à venir et la vision devraient tenir compte des quelques idées proposées ci dessus.

2.1.1. Stratégie pour l'eau potable

La demande accrue liée à la croissance démographique rapide pèsera lourdement sur les ressources en eau dans les régions arides et semi aride. Pour atteindre l'objectif de minimiser la demande et de bien gérer la quantité d'eau réserver à l'AEP, un certain nombre de procédures ont été définies :

- ✓ La réduction des horaires d'allocations d'AEP de 06 heures/24 heures au lieu de 24 heures/24 heures pour chaque cité, réparties sur toute la journée selon les heures de pointes.
- ✓ La modernisation des conduites d'adduction et des réseaux de distribution d'eau ainsi que l'instauration des systèmes de détection et de contrôle de fuites.
- ✓ Le traitement des eaux destinées à l'AEP par la nappe du complexe terminal CT car l'interprétation des analyses chimique, nous a montré que les teneurs des éléments chimiques dépassent la norme de l'OMS et la norme algérienne. On note qu'il existe déjà une station de traitement privé à caractère commercial dans la commune de Touggourt.

- ✓ la révision de la tarification des eaux : taux progressifs en fonction du volume consommé. Une bonne tarification constitue la clef d'une gestion plus rationnelle des ressources en eau.

En l'absence de mécanismes efficaces de tarification, l'on a tendance à gaspiller l'eau du fait du mauvais entretien des robinets et des canalisations, de l'existence de branchements illicites et de méthodes d'irrigation inefficaces

Les prix représentent les signaux et les incitations nécessaires à une bonne utilisation de l'eau. Ils incitent également les producteurs à fournir de l'eau à des niveaux optimaux. La protection sociale et l'efficacité de la répartition des ressources sont maximisées lorsque les prix de l'eau sont égaux au coût économique de sa production et distribution. C'est en ce sens que l'on considère l'eau comme un bien économique.

2.1.2. Stratégie pour l'eau d'irrigation

La dose d'irrigation, dépend avant tout de l'évapotranspiration (ETP), dont les valeurs annuelles sont comprises entre 1200 et 1500 mm, pour les cultures irriguées.

Les besoins quotidiens varient de manière importante au cours de l'année : 2 à 4 mm en hiver et 8 à 10 en été. L'irrigation doit respecter ces besoins, variables dans le temps et dans l'espace. Les doses d'irrigation nécessaires peuvent être calculées que par des stations expérimentales régionales, qui doivent informer les agriculteurs. La conception des réseaux doit aussi permettre de contrôler les quantités d'eaux distribuées.

2.1.2.1. Techniques d'irrigation

La connaissance empirique de l'irrigation est bien souvent prise en défaut chez les agriculteurs. Ils font, presque toujours quand ils le peuvent, des irrigations excessives, en particulier en hiver. Ce provoque l'hydromorphie et la salinité des sols dans la région d'Oued Righ Sud.

Pour toutes ces raisons, l'irrigation goutte à goutte apparaît comme la meilleure solution, selon BROCHAR.P en 1983 les avantages généraux de l'irrigation localisée, peuvent se résumer comme suit :

-une économie de l'eau très appréciable (entre 30 à 50 %) donc une possibilité d'irriguer une plus grande surface avec la même quantité d'eau. Ainsi une installation au goutte à goutte sur une palmier dattier, utilise un débit de 0.45 l/s/ha, alors que les normes par l'irrigation traditionnelle dans le Bas- Sahara, sont de 0.80 l/s/ha.

-une augmentation sensible des rendements, car les plantes, toujours correctement alimentées, ne subissent à aucun moment de choc végétatif.

-une réduction des adventices, car le sol reste sec entre les plantes.

En effet, actuellement, il faut en moyenne 350 l/j pour irriguer un palmier, alors que les nouvelles techniques permettraient de ramener cette quantité à 250 l/j

2.1.2.2. Réutilisation des eaux de drainage

Les eaux de drainage constituent une ressource non négligeable. Les superficies irriguées sont estimées à 9584 hectare, soit 82.18 % de la superficie agricole utile, tout en mobilisant presque 256 Millions de m³/an d'eau d'irrigation. Approximativement, nous pourrions récupérer de ces eaux d'irrigation au moins 10 % qui pourront être surveillés (sur le plan qualité) et réutilisés.

2.1.3. Stratégie pour les eaux usées

La pénurie des stations d'épuration provoque des problèmes immédiats d'hygiène et de qualité de l'eau, ce qui cause des maladies et constitue, dans bon nombre de cas, une grave menace pour l'environnement. L'un de ces problèmes les plus sérieux et les plus répandus provient des effets de la pollution sur le canal de Oued Righ, situation qui est imputable au manque d'installations de traitement des eaux usées dans les zones urbaines et industrielles.

Le développement agricole, industriel et la croissance démographique ; ont poussé les autorités à entreprendre les mesures adéquates afin de protéger les sites de rejet des eaux usées d'une pollution certaine à plus ou moins longue échéance. Les éléments suivants sont les procédures, qu'on a proposé pour l'amélioration du secteur des eaux usées dans la vallée de Oued Righ Sud :

✓ Traitement des eaux usées par la création des stations d'épuration :

La création des stations d'épuration autour des principales concentrations urbaines est devenue impérative comme mesure de prévention et de réduction du risque. Avec la réalisation des stations d'épuration dans les diverses régions, Malheureusement la présence d'une seule station d'épuration dans la région de Touggourt n'a pas pu résoudre le problème de pollution causé par les rejets des eaux usées, cette défaillance est due à la capacité insuffisante de la station. Pour cela l'office national d'assainissement a proposée au niveau

du ministère des ressources en eau, trois autres stations d'épuration pour les grandes agglomérations.

Le volume des eaux épurées rejetées deviendra de plus en plus important. Ces eaux constituent actuellement des ressources non négligeables pour l'irrigation des palmeraies. Cette eau de seconde main est toujours disponible indépendamment des saisons.

Le recyclage de ces importantes quantités d'eau en agriculture est une solution judicieuse, la réutilisation de ces eaux traitées débouchera sur deux profits capitaux pour l'agriculture et pour l'environnement.

✓ traitement par les filtres plantés de roseaux :

Ce sont des dispositifs plus simples qui utilisent le pouvoir d'épuration des milieux naturels mais qui ne peuvent être utilisés que pour des volumes d'eaux usées faibles et des surfaces d'installation plus importantes. Ils sont bien adaptés aux petites agglomérations rurales.

Ce procédé consiste à faire circuler gravitairement les effluents domestiques au fil de bassins successifs aménagés en paliers, dans lesquels on a pris soin de créer un milieu extrêmement favorable à l'activité épuratoire, grâce à des minéraux et des végétaux.

Le premier filtre joue le rôle de décanteur. Les matières en suspension retenues sont déshydratées et compostées sur place. Le résidu est transformé en terreau qui s'accumule très lentement sur la surface des filtres.

Au deuxième étage, le traitement de la matière organique dissoute se poursuit.

Au troisième étage une recirculation des eaux permet, le cas échéant, d'effectuer un traitement tertiaire de finition.

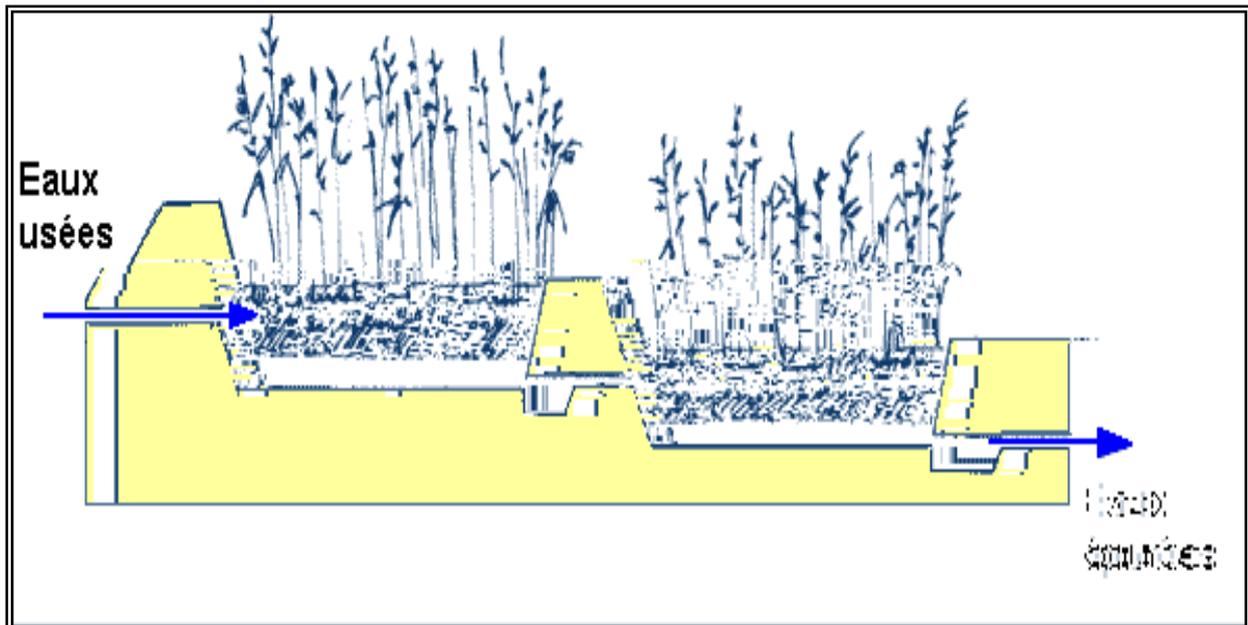


Figure.84.Principe d'une station à filtres plantés de roseaux

- ✓ La lutte contre le gaspillage, le contrôle régulier des fuites, la réhabilitation du réseau et par conséquent l'investissement adéquat, doivent être un objectif et une priorité permanente.

2.1.4. Stratégie social

L'évaluation critique des problèmes sociaux devra donc constituer un des volets standard des Projets d'adduction d'eau. Dans ce cadre, un certain nombre de procédures ont été proposés :

- ✓ L'éducation sous forme de programmes dès le primaire et de sensibilisation de la population à l'utilisation et à la bonne gestion des ressources en eau représente un élément essentiel pour l'amélioration de la santé.
- ✓ Une politique et une éducation contre le gaspillage en plus d'un prix juste
- ✓ La sensibilisation de la société civile d'une culture de l'eau par la mise en oeuvre d'une Politique efficace, régulière et soutenue d'informations, de formation, et de vulgarisation
- ✓ L'eau a une valeur économique et sociale, et le principe de qui consomme paye et qui pollue paye doit être systématiquement appliqué.
- ✓ Il faut favoriser la formation et la recherche dans le domaine de l'eau par un investissement conséquent en moyens matériels et humains.
- ✓ La formation des agriculteurs est un investissement indispensable. Elle est réalisée sous forme d'une assistance technique, notamment dans le domaine de l'irrigation .mais la formation à donner ne peut pas être limitée à un simple conseil. Car celui qui irrigue doit voir des notions précises sur la conservation de l'eau.

2.1.5. Stratégie pour l'aménagement des eaux de surface

Le réaménagement des zones humides dans la région d'Oued Righ Sud (lac de Temacine et lac de Megarine) est devenu l'une des principales préoccupations du secteur de l'eau et de l'environnement dans la wilaya de Ouargla.

Le réaménagement des lacs et la protection durable contre la pollution nécessitent :

- ✓ La prise en charge des rejets des eaux usées urbaines dans ces lacs et notamment dans le lac de Temacine.
- ✓ La sensibilisation des hommes qui vivent à proximité qui y déversent leurs déjections ce qui provoquent la pollution des eaux.

Le canal joue un rôle très indispensable dans la région, il protège l'environnement en évacuant les eaux de drainage et d'assainissement. Donc Le canal d' Oued Righ représente le poumon de la vallée Oued Righ comme le dit tous les hydrauliciens et hydrogéologues.

Actuellement, Le canal collecteur tend vers une dégradation importante à cause des plusieurs phénomènes, la protection durable du canal d'Oued Righ nécessite :

- ✓ Le nettoyage durable des végétations qui se trouvent sur les berges du canal, provoquant un obstacle à l'écoulement des eaux et détruit les berges non protégées, ce qui conduit à un comblement du lit de l'oued.
- ✓ La cimentation des berges dans certaines parties du canal, qui sont presque détruites par l'érosion ou par la turbulence où la pente est élevée. le phénomène de la destruction des berges reste un danger permanent pour la stabilité des berges. .
- ✓ la lutte contre la pollution que se soit rejets des eaux usées ou déchets solides rejeter dans le canal.
- ✓ Enfin, La lutte contre, Le développement des parasites et la multiplication naturelle de certains insectes qui peuvent transmettre des maladies parasitaires parfois mortelles pour l'être humain.

Conclusion

L'utilisation des ressources en eau pour des besoins de consommation se classe en un certain nombre de catégories, à savoir : la consommation domestique, la production agricole et les utilisations industrielles.

La vallée de Oued Righ Sud est alimentée en eau potable par 8 forages qui donnent globalement un débit de 710 l/s, soit un potentiel moyen de 350 l/j/hab. pour une population qui atteignait 200916 habitants en 2008. Pour distribuer cette ressource en eau potable, la vallée de Oued Righ Sud dispose d'un réseau de canalisation de 718.85 km de longueur et de 15 réservoirs dont la capacité de stockage total est de 15050 m³

L'augmentation des besoins AEP est liée directement à l'évolution de la population où les besoins en AEP ont augmentés de 26.70 hm³/an en 2010 à 36 hm³/an en 2030, pour atteindre en 2050 environ 46 hm³/an.

Actuellement la vallée Sud d'Oued Righ est alimentée en eau pour l'irrigation par 331 forages qui donnent globalement un débit de l'ordre de 9000 l/s. Pour distribuer cette ressource notre région dispose d'un réseau de distribution de l'ordre de 268,58 km.

Les besoins en eau d'irrigation s'élèvent en fonction de la SAU irriguées de 270,76 hm³/an en 2010 à 348,65 hm³/an en 2030, pour atteindre un volume de 426,53 hm³/an en 2050.

La consommation d'eau industrielle est généralement faible à cause de l'absence des industries à forte intensité d'eau. Les besoins en eau pour l'industrie s'élèvent en fonction du temps de 6 hm³/an en 2010 à 8.3 hm³/an en 2030, pour atteindre un volume de 10.61 hm³/an en 2050.

Les besoins en eaux globales pour l'ensemble de la région d'étude sont considérables, varient entre 297,46 hm³/an en 2010 à 393,76 hm³/an en 2030 pour atteindre 484,04 hm³/an en 2050. La confrontation entre besoins et ressources montre que le déficit sera plus accentué et atteindra un volume de 150 hm³/an en 2040 où les besoins globaux dépassent les potentialités totales reconnues à partir de l'année 2040.

Seule une nouvelle stratégie, consiste à intégrer la gestion de l'eau dans la politique économique et environnementale, susceptible de prévenir les impacts négatifs éventuels. Cette stratégie devrait tenir compte de la sensibilisation des populations à la bonne gestion des ressources en eau et à la réduction de la consommation par la lutte contre le gaspillage, ainsi que l'utilisation des nouvelles techniques de l'irrigation et la réutilisation des eaux de usées (après traitement) et des eaux de drainage pour l'irrigation des palmeraies.

Conclusion Générale

La vallée de Oued Righ Sud se trouve dans le territoire de la wilaya de Ouargla. Notre zone d'étude occupe une superficie de 1874 km². administrativement elle représente les daïra de Temacine, Touggourt et Megarine et englobe un nombre de population de 200916 habitants.

La région de l'Oued Righ se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction N-S.

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle Précambrien, située entre 3000 et 5000 m. il s'ensuit que les dépôts sédimentaires ont environ 4000 m d'épaisseur.

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateau de Tadmait et Tinhert et le massif du Hoggar.
- Les terrains des Mésozoïques et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures.
- les dépôts continentaux Tertiaires et Quaternaires occupent le centre de la cuvette.

Le climat de Oued Righ est de type hyper aride. L'aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui résulte d'une insolation excessive (le moyen annuel 3363.8 h/ans). La précipitation est de l'ordre de 79.4 mm qui contribue complètement à L'évapotranspiration réelle. Le bilan est déficitaire, l'excédent est nulle et la RFU est épuisée durant toute l'année malgré qu'elle présente uniquement une valeur de 4.6 mm pendant le mois de janvier.

Les ressources en eau de notre région sont présentés par :

Les eaux de surface : Les lacs de Megarine et de Temacine qui se présentent en une dépression qui est a priori un exutoire naturel des eaux d'irrigation drainées salées à plus de 10 g/l de résidu sec. L'analyse des paramètres hydrauliques qui ont été calculés a montré qu'il y a une nette augmentation du débit du canal entre la station de Sidi Slimane et celle de Ranou.

Les eaux souterraines : La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser 03 unités aquifères principales :

- Nappe phréatique : Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités
- Complexe Terminal : Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène.

- Continentale Intercalaire : Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à 3.5×10^9 milliards m^3 environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination nappe Albien.

L'examen des cartes piézométrique établies par le SASS pour les nappes CT et CI nous a montré que dans la vallée de Oued Righ l'écoulement de la nappe du complexe terminal se produit Dans le sens Sud Ouest –Nord Est .Concernant la nappe du continental intercalaire, L'écoulement se produit Dans le sens Ouest – Est.

Le nombre des forages exploités dans La vallée de Oued Righ sud est actuellement de l'ordre de 339 forages. Et pour stocker la quantité d'eau soutirée à partir de ces forages, notre région dispose d'une dizaine de réservoirs de tailles diverses, avec une capacité de stockage totale de 15050 hm^3 , de 17 ouvrages de stockages

La croissance démographique et le développement agricole sont les plus importants facteurs agît le plus rudement sur la remontée de la nappe phréatique, La chut de l'artésianisme, La dégradation du canal de Oued Righ et Le problème de salinité.

Les Potentialités en eau reconnues sont de l'ordre de $428 \text{ hm}^3/\text{an}$ selon l'étude d'ERESS, mais seulement 288.67 hm^3 sont exploitées réellement. L'utilisation de ces ressources en eau pour des besoins de consommation se classe en un certain nombre de catégories : production agricole 90%, consommation domestique 8 % et l'utilisation industrielle 2%.

L'interprétation des analyses chimiques des trois nappes montre:

Dans la nappe phréatique tous les éléments chimiques, que se soit cations ou anions dépassent largement les normes fixées par l'OMS pour une eau potable. Ainsi que les paramètres physiques telle que la conductivité et les résidu sec. Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysée sont globalement chloruré sodique. Et Le diagramme de Riverside montre que les eaux de la nappe phréatique ont une qualité chimique très mauvaise pour l'irrigation.

Les résultats obtenus par l'interprétation des analyses chimiques de la nappe du complexe terminal (CT), nous à montrer que seulement les teneurs en Mg sont dans l'intervalle des valeurs limites. Les teneurs Ca^{++} , Cl^- , K^+ , Na^+ et So_4^- ont dépassées les normes de l'OMS et la norme Algérienne pour les eaux potables, l'excès de ces éléments dans l'eau de boisson peut entraîner des problèmes sur la santé humaine. Le diagramme de Piper montre que la majorité des échantillons coïncident sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté sodiques. Et Le digramme de Richardes nous a montré que Le danger d'alcalinisation du sol est appréciable, traduisant le fait que les eaux de cette nappe ne convenant pas à l'irrigation. Mais pouvant être utilisées pour la culture des palmiers.

À partir de l'interprétation des analyses chimiques de la nappe du continental intercalaire, on a constaté que les teneurs en Ca, Mg, Cl, K et Na sont dans l'intervalle des valeurs limites, les teneurs en sulfates ont dépassées les normes de l'OMS et la norme Algérienne pour les eaux potables, l'excès de sulfates dans l'eau de boisson peut entraîner des troubles intestinaux. Le diagramme de Piper permet de constater que les eaux analysées sont globalement sulfatées Calciques. Et le digramme de Richardes a montré qu'il n'y a plus un danger pour l'utilisation des eaux de cette nappe dans le domaine de l'agriculture des palmiers.

La vallée Sud d'Oued Righ est alimentée en eau potable par 8 forages qui donnent globalement un débit de 710 l/s, soit un potentiel moyen de 350 l/j/hab. pour une population qui atteignait 200916 habitants en 2008. L'augmentation des besoins AEP est liée directement à l'évolution de la population où les besoins en AEP ont augmentés de 26.70 hm³/an en 2010 à 36 hm³/an en 2030, pour atteindre en 2050 environ 46 hm³/an.

Actuellement la vallée Sud d'Oued Righ est alimentée en eau pour l'irrigation par 331 forages qui donnent globalement un débit de l'ordre de 9000 l/s. Les besoins en eau d'irrigation s'élèvent en fonction de la SAU irriguées de 270,76 hm³/an en 2010 à 348,65 hm³/an en 2030, pour atteindre un volume de 426,53 hm³/an en 2050.

Les besoins en eau pour l'industrie s'élèvent en fonction du temps de 6 hm³/an en 2010 à 8.3 hm³/an en 2030, pour atteindre un volume de 10.61 hm³/an en 2050.

Les besoins en eaux globales pour l'ensemble de la région d'étude sont considérables, varient entre 297,46 hm³/an en 2010 à 393,76 hm³/an en 2030 pour atteindre 484,04 hm³/an en 2050.

La confrontation entre besoins et ressources montre que Le déficit sera plus accentué et atteindra un volume de 150 hm³/an en 2040.

Les stratégies à venir et la vision devraient tenir compte des quelques idées proposées ci dessus.

Dans ce cas, seule une nouvelle stratégie, consiste à intégrer la gestion de l'eau dans la politique économique et environnementale, susceptible de prévenir les impacts négatifs éventuels. Cette stratégie devrait tenir compte de la sensibilisation des populations à la bonne gestion des ressources en eau et à la réduction de la consommation par la lutte contre le gaspillage, ainsi que l'utilisation des nouvelles techniques de l'irrigation et la réutilisation des eaux de usées (après traitement) et des eaux de drainage pour l'irrigation des palmeraies.

Références bibliographiques

AIDAOUIS (1994) : Ressources en eau et aménagement hydro agricole dans la région de Biskra. Thèse de doctorat. Université de Nancy. (297 P).

AMROUNE.A (2008) : hydrogéologie et qualité des eaux souterraines de la plaine de M'sila. Mémoire de magister. Université de Batna (131P).

ANRH (2004) : Rapport de l'inventaire des forages d'eau de la vallée d'Oued Righ (16 P).

BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT (2000) : Politique de gestion intégrée des ressources en eau (94).

BELHADJ.M (2006) : évolution de la pollution du barrage de Zit emba wilaya de Skikda Mémoire de magister. Université de Batna. (93 P).

BELLAOUEUR.A (2008) : étude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla soumise à la remonté des eaux de la nappe phréatique et perspective des solutions palliatives

BZIOUI. B (2005) : Rapport sous régionale sur la mise en valeur des ressources en eau en Afrique du Nord (88).

FENAZI. B (2008) : Hydrogéologie, vulnérabilité et gestion des eaux du bassin versant d'Oued Djendjen. Mémoire de magister. Université de Annaba. (148 P).

GUETTICHE. S, BENABDSADOK. D (2006) : Contribution à l'étude de la possibilité d'utilisation des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigation dans la région d'Oued Righ. Mémoire d'ingénieur. Université de Constantine. (135 P).

HABAIEB.H, ALBERGEL.L : Vers une gestion optimale des ressources en eau de la Tunisie. Mission IRD de Tunis. Institut National Agronomique de Tunisie (8 P).

KETTAB.A (2000) : les ressources en eau en Algérie, stratégie et vision. Ecole Nationale Polytechnique ENP (9 P).

KHADRAOUI. A (2005) : Gestion intégrée des ressources en eau et des sols dans les oasis Algérienne, cas de la vallée d'Oued Righ. Conférence Euro –Africaine – Paris - 22 & 23 mars 2005 (10 P).

KHECHANA. S (2007) : étude de la gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'Oued Souf. Mémoire de magister. Université de Annaba. (130 P).

KHELFAOUI. F (2008) : Ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin de Saf-Saf. Mémoire de magister. Université de Annaba (127 P).

MECIBAH.I (2008) : Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'Oued Guebli. Mémoire de magister. Université de Annaba. (209 P).

MEDJANI. F (2007) : Ressources en eau, vulnérabilité et développement durable dans la plaine de Skikda Mémoire de magister. Université de Annaba. (88 P).

ONA (2009) : Rapport sur la station d'épuration de Touggourt (17 P).

SAADALLB (2007) : étude de la qualité des eaux des ressources issues du massif dunaire de Bouteldja. Mémoire de magister. Université de Annaba. (82 P).

SAYAH LAMBARAK. M (2008) : étude hydraulique du canal d'Oued Righ et détermination des caractéristiques hydrauliques. Mémoire de magister. Université de Ouargla (82P).

