

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2019



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع...../2019

Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : OUVRAGE HYDRAULIQUE

Thème

**ETUDE DE FAISABILITE D'UN BARRAGE INFERO-FLUX
SUR OUED DJEDI A OULED DJELLEL (DE LA WILAYA
DE BISKRA)**

Nom et Prénom de l'étudiant :
Lahlali Ahmed

Encadreur : Dr.ZOUITA Nadjoua
Co-Encadreur : LOGHRAICHI Yazid

Promotion Juillet 2019

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre Dieu, notre créateur, pour le courage et la patience qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.

Ainsi nos parents qui nous aident.

Je remercie mon encadreur M : ZOUITA Nadjoua pour ses orientations et conseils. Ainsi que Pr : BOUZIENE Toyfik et LABADI Abdellah et

Mm : YUCEF Lilla et Mm : RIZIG Assia

Tous les remerciements au Dr : LOGHRAICHI Yazid

Je tiens aussi à exprimer mes profonds remerciements à mes collègues de travail.

Enfin mes remerciements s'adressent aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger mon travail.

LAHLALI AHMED.

Dédicace

*Tout d'abord, nous sommes fidèlement
reconnaissant à Allah que Cette recherche a
été menée avec succès.*

*Je dédie ce modeste mémoire: A ma très
chère mère.*

A mon très chère père.

A mon très chère l'époux

A mes très chères frères.

A mes très chères sœurs

A toute la famille.

A tous mes collègues

A tous ceux qui m'ont fait vivre la joie

Et le bonheur.

A tous ceux que j'aime et m'aiment.

RESUME

Le barrage souterrain est un système consistant à retenir des eaux souterraines par un para fouille (corps du barrage) mis en place en travers des chenaux des eaux souterrains. Dans sa fonction de retenir de l'eau par un endiguement (barrage), il retient des eaux souterraines, en les accumulant dans des formations géologiques, il est construit dans le sous-sol nécessitant ainsi des installations de pompage.

L'avantage d'un barrage souterrain est d'éviter les pertes par évaporation il offre également de l'eau de bonne qualité.

Le barrage souterrain est destiné à l'exploitation des nappes phréatiques qui sont réalimentées par des chutes de pluie. Permettant ainsi d'utiliser des ressources renouvelables.

L'objectif essentiel recherché dans la création d'un barrage souterrain au niveau de l'axe oued Djedi à la commune d'Ouled Djellal est l'amélioration des ressources hydriques d'une région à faibles potentialités en eau souterraine, dont les nappes alluviales sont généralement tributaires des recharges épisodiques apportées par les eaux de crues.

ABSTRACT

The underground dam is a system of retaining groundwater by a burrow (body of the dam) set up across the groundwater channels. In its function of retaining water by a dam (dam), it retains groundwater, accumulating it in geological formations, it is built in the basement thus requiring pumping facilities.

The advantage of an underground dam is to avoid evaporation losses it also offers water of good quality.

The underground dam is intended for the exploitation of groundwater which is fed by rainfall. Allowing the use of renewable resources.

The main objective sought in the creation of an underground dam at the Djedi wadi axis in the commune of Ouled Djellal is the improvement of the water resources of a region with low groundwater potential, including alluvial aquifers. are usually dependent on episodic recharge made by flood waters.

ملخص

السد تحت الأرض هو نظام للاحتفاظ بالمياه الجوفية بواسطة حجر (جسم السد) تم إنشاؤه عبر قنوات المياه الجوفية. في وظيفتها للاحتفاظ بالمياه عن طريق سد (سد) ، فإنها تحتفظ بالمياه الجوفية ، وتتراكم في التكوينات الجيولوجية ، وهي مبنية في الطابق السفلي وبالتالي تتطلب مرافق الضخ.

ميزة سد تحت الأرض هو تجنب خسائر التبخر كما أنه يوفر مياه ذات نوعية جيدة. ويهدف السد تحت الأرض لاستغلال المياه الجوفية التي تغذيها الأمطار. السماح باستخدام الموارد المتجددة.

الهدف الرئيسي المنشود لإنشاء سد تحت الأرض في محور وادي جدي ببلدية أولاد جلال هو تحسين الموارد المائية لمنطقة ذات إمكانات منخفضة للمياه الجوفية ، بما في ذلك طبقات المياه الجوفية. تعتمد عادة على التغذية العرضية التي تصنعها مياه الفيضانات.

La liste des abréviations

A.N.R.H	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
ENEHYD	Entreprise Nationale des Etudes Hydrauliques
AEP	Alimentation en eau potable
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
TP	Température annuelle en(C°)
ETP	Evapotranspiration potentiel (mm) Pr précipitation annuelle (mm)
ETR	Evapotranspiration réelle (mm) Exc : excédante (mm)
Def	Déficit Agricole (mm)
RFU	Réserve facilement utilisable (mm)
Hr	L'humidité relative (%) TA : Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TH	Titre Hydrotimétrique
PH	Potentiel d'Hydrogène
F°	Degré française

La Liste de tableau

N°	Titre	PAGE
1	Précipitations moyennes mensuelles en mm (2012-2013).	11
2	Principaux oueds de Chott Melhrir	13
3	Présente la température moyenne (2012-2013).	14
4	Les principaux paramètres physico-morpho métriques du bassin versant.	18
5	Moyennes annuelles des précipitations	18
6	Températures annuelles à la station de Biskra. Période 1976-2008	20
7	Estimation des réserves exploitables	27
8	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation	39
9	Classification des eaux d'irrigation de la nappe souterraine d'Ouled Djellal par le calcul du SAR (Sodium absorption ratio)	43
10	classification des eaux d'irrigation (norme USDA) (AYERS, 1976 in ZELLA, (1991))	44
11	Tableaux caractéristique de coupe de barrage	52

N°	Titr	Page
1	Carte de la région d'Ouled Djellal (Google map 2019), 2013)	4
2	Situation géographique de la Wilaya de Biskra	4
3	Carte géologique de la région de Ouled Djellal.	5
4	Coupe géologique Nord-Sud de la région d'étude	8
5	Log-stratigraphique d'un forage à Ouled Djellal	9
6	Le Bassin versant de Chott Melghir	12
7	Réseau hydrographique d'Oued M'zi	12
8	Profil du bassin versant de l'Oued Djedi	14
9	Bassin versant de Oued Djedi	14
10	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station de Laghouat	17
11	Variation inter-annuelle des précipitations à la station de Biskra	19
	Précipitations moyennes mensuelles station de Biskra Période 1976/2008	19
12		
13	Températures mensuelles maximales, moyennes et minimales. Station de Biskra	20
	Diagramme pluviothermique à la station d'Ouled Djalal	22
14	Coupe stratigraphique longitudinale d'un profil travers de la cuvette de l'oued (Rapport hydrogéologique mission II, ANRH)	25
15	Répartition des points d'eau de la wilaya de Biskra (ANRH, 2000)	26
16	Nouvelle carte piézométrique de la cuvette de l'Oued Djdaie (Lahlali, 2019)	29
17	La carte Piézométrique de la cuvette de l'Oued Djedi (ANRH 2000)	31
18	Nouvelle carte piézométrique (Lahlali, 2019)	32
19	Carte piézométrique; 1995/ 2019 (LAHLALI, 2019)	32
20	Profil piézométrique Juin 2019, (LAHLALI .A, 2019)	33
21	Profil piézométrique 1995/ 2019, (LAHLALI .A, 2019)	33
22	Représentation des eaux selon le diagramme de Piper (Jouin 2019).	38
23	Histogrammes des conductivités (Jouin 2019).	40
24	Histogrammes des cations des eaux de la nappe inféro-flux (méq/l)	41
25	Histogrammes des anions des eaux de la nappe d'inféroflux en (méq/l)	42

26	Diagramme de classification des eaux d'irrigation(M.ZOUITA NADJWA .mémoire fin d'étude de ingénieure D'état en agronomie en 1998 -1999 .(Contribution a l 'étude de l'extension de l'aire d'irrigation de Hamma Bouziane (Constantine) ,et l'élaboration d'un	43
27	Diagramme de Wilox	45
28	Diagramme de Riverside	45
29	Différence entre barrage et barrage souterrain	49
30	coupe transversale de barrage souterrain sur Oued Djedi	53

La Liste de Photo

N°	Titre de photo	Page
01	Barrage infero-flux sur l'Oued Djedi (OuledDjellal de Biskra) par rapport à l'ancien ouvrage hydraulique, (LAHLALI .A ,2019)	51
02	Axe de barrage infero-flux sur l'Oued Djedi (OuledDjellal de Biskra.(LAHLALI .A ,2019)	51
03	Retenu Oued Djedi, (LAHLALi. A,. 2019)	55
04	Saguiat de Traifia, (LAHLALi. A,. 2019)	55
05	Le corps de barrage (LAHLALi.A, 2019)	56
06	Evacuateur de crue - Oued Djedi, LAHLALi.A, 2019)	57
07	Retenu Oued Djedia, (LAHLALi. A,. 2019)	57
08	Sed Diefel; (évacuateur de crue) , (LAHLALi. A, 2019)	58
09	Crête de barrage du Sed Oued Laassal,LAHLALi. A, 2019)	58
10	Seguiat de Sed Oued LIASSEL)	59
11	(Sed Traifia,LAHLALi. A, 2019)	59

Chapitre I : Cadre géographique et géologique de la région d'étude

<i>I.1.INTRODUCTION.....</i>	<i>3</i>
<i>I.2.La situation géographique.....</i>	<i>3</i>
<i>I.3.Cadre géographique.....</i>	<i>4</i>
<i>I.4.Cadre géologique de la région d'Ouled Djellal.....</i>	<i>5</i>
<i>I.4.1Quaternaire</i>	<i>6</i>
<i>I.4.2Miocène supérieur (Pontien).....</i>	<i>6</i>
<i>I.4.3Pliocène</i>	<i>6</i>
<i>I.4.4Eocène moyen (Lutétien).....</i>	<i>6</i>
<i>I.4.5Eocène inférieur.....</i>	<i>6</i>
<i>I.4.6Sénonien supérieur</i>	<i>6</i>
<i>I.4.7Sénonien inférieur</i>	<i>7</i>
<i>I.4.8Turonien</i>	<i>7</i>
<i>I.4.9Cénomaniens</i>	<i>7</i>
<i>I.4.10Albien.....</i>	<i>7</i>
<i>I.4.11Aptien.....</i>	<i>8</i>
<i>I.4.12Barrémien.....</i>	<i>8</i>
<i>I.5.Conclusion</i>	<i>10</i>

Chapitre II : Cadres Hydro-Climatique

<i>II.1Introduction.....</i>	<i>11</i>
<i>II.2Le bassin endoréique de Chott Melhir.....</i>	<i>11</i>
<i>II.3Le bassin versant de oued Djedi</i>	<i>13</i>

II.4 Les écoulements	15
II.5 Etude quantitative	16
II.6 Aspect Climatologique	16
II.6.1 Le Bassin versant de Oued M’Zi	17
II.6.2 Le bassin versant de Oued Djedi	17
II.6.2.1 Les précipitations moyennes annuelles	18
II.6.2.2 Les températures.....	20
II.6.2.3 Indiced’aridité de DERMARTONNE:	21
II.6.2.4 Diagramme pluviothermique	21
II.6.3 Caractéristiques géométriques du bassin versant	22
II.6.3.1 L’indice de compacité de Graveleuse (K_G).....	22
II.6.3.2 Dimension du rectangle équivalent:.....	23
II.7 Conclusion	23

Chapitre III: Etude hydrogéologique

III. Hydrogéologie de la région	25
III.1. Les principales ressources en eau de la région	26
III.2- Etude de la nappe de l’inféro-flux de l’Oued Djedi	27
III.2.1. Caractéristiques générales de la nappe	27
III.2.2. La morphologie de l’aquifère	28
III.3- Hydrodynamique de la nappe	28
III.4. Mode d’alimentation de la nappe	29
III.5. Piézomètre	29
III.5.1. Inventaire des points d’eau	34
III.5.2. Interprétation de la carte piézométrique	34

<i>III-6. Mode d'exploitation de la nappe.....</i>	<i>34</i>
<i>Conclusion</i>	<i>34</i>

CHAPITRE IV: Qualités eaux

<i>IV- Introduction</i>	<i>36</i>
<i>IV-1. Caractéristiques physico-chimique</i>	<i>36</i>
<i>IV-1-2 Température</i>	<i>36</i>
<i>IV-1-3 Conductivité</i>	<i>36</i>
<i>IV-2. Paramètres chimique</i>	<i>37</i>
<i>IV-3 Les méthode de travailles.....</i>	<i>37</i>
<i>IV-3. 1- Représentation des eaux selon le diagramme de Piper.....</i>	<i>38</i>
<i>IV-4- Résultats et discussion.....</i>	<i>39</i>
<i>IV-4-1- Les caractéristiques physiques.....</i>	<i>39</i>
<i>IV.5. Paramètres chimique</i>	<i>40</i>
<i>IV-6. Aptitude des eaux à l'irrigation.....</i>	<i>42</i>
<i>Conclusion</i>	<i>46</i>

CHAPITRE V : Etude d'aménagement

<i>Introduction</i>	<i>48</i>
<i>- Les causes de la mise en place du barrage inféro-flux.....</i>	<i>50</i>
<i>V-2- Le choix du site de barrage</i>	<i>52</i>
<i>V-2-1- La fiche technique de barrage inféro-flux d'Ouled Djallel.</i>	<i>53</i>
<i>V-3- Estimation du débit de l'inféro-flux</i>	<i>55</i>

<i>V-4-LES PROPOSITIONS</i>	57
<i>Evacuateur des crues:</i>	57
<i>3-Réhabilitation d'un Sed Existant sur Oued DIFFEL</i>	58
<i>-Réhabilitation d'un Sed existant sur Oued LIASSEL</i>	59
<i>4-Réhabilitation d'un Sed Existant sur Oued TRAIFIA</i>	60
<i>5-Recharge Artificielle de la nappe</i>	60
<i>Conclusion et recommandation</i>	60
<i>Conclusion General</i>	62

INTRODUCTION GENERALE:

INTRODUCTION GENERALE:

En Algérie l'eau se raréfie d'une année à l'autre notre pays est parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialité hydraulique ; il est dans la catégorie des 17 pays africains touchés par le stress hydrique.

L'état Algérien a adopté ces dernières années la stratégie de construction des barrages et retenues collinaires additionnée à quelques barrages qui ont été construits avant l'Indépendance comme le barrage Foum El Gharza de Biskra.

Dans les zones arides où on rencontre un taux d'évaporation très important avec une faible pluviométrie le choix de construire un barrage souterrain est peut-être une solution pour l'emmagasinement de l'eau dans des conditions ; climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques spécifiques.

Dans ce travail nous présenterons une étude de faisabilité d'un barrage souterrain inféoflux sur Oued Djedi à Ouled Djellal c'est une des 12 Daïras de la wilaya de Biskra.

La ville d'Ouled Djellal caractérisée par un climat aride, avec une pluviosité moyenne de l'ordre de 150mm /an, et une température pouvant atteindre les 50 degrés au mois d'Aout, a enregistré un accroissement démographique excessif ces dernières années, induisant une augmentation de la demande en eau de façon telle qu'il faut bien penser à la gestion de cette ressource dont 100% est assurée par les eaux souterraines.

Les rabattements des niveaux d'eau dans les différents aquifères qui caractérisent la Ville d'Ouled Djellal, ne cessent pas de baisser créant ainsi des zones non saturées très importantes influant sur le caractère de la perméabilité des formations. Devant une telle situation, et pour résoudre ce problème, il est impératif de trouver une solution technique afin d'assurer un équilibre dans les nappes par la technique du barrage souterrain.

Ces types d'ouvrages réalisés au-dessus des niveaux des grands cours d'eau du Sud appartenant à la catégorie des grands oueds secs durant presque toute l'année, et la crue lorsqu'elle se présente ; elle est dévastatrice. Une grande partie de ces eaux écoulées dans l'oued pénètre dans le sous-sol pour former ainsi une nappe phréatique considérable.

Le barrage souterrain sert à améliorer les disponibilités en eau souterraines dans la vallée en

empêchant la vidange naturelle de la nappe.

Donc l'objectif de ce barrage inféro-flux est d'augmenter les capacités hydriques de la région, amender les conditions de vie des populations locales et les fixer, en leur assurant l'irrigation et l'eau pour leurs bétails. Cet ouvrage devra améliorer les disponibilités en eau souterraines dans la vallée en empêchant la vidange naturelle de la nappe.

C'est dans ce cadre que la direction des ressources en eau a inscrit une étude d'un barrage inferoflux sur Oued Djeddi à Ouled Djellel, effectué par le bureau d'étude (BOUAOUD .F, 2017) en se basant sur des études géologique, hydrologique et une étude hydrogéologique ont été élaborées.

Donc, l'objectif est de chercher la meilleur solution endiguer le chemin d'écoulement souterrain .Le travail du bureau d'études va dans le sens de la découverte de la meilleure conception possible, prenant en considération toutes les conditions et contraintes de la région. L'étude de faisabilité, dont la mission est de faire une analyse approfondie des variantes probables, a permis de découvrir des alternatives qui si sont imposées d'elles mêmes.

Notre travail consiste à présenté le choix du site de l'inféroflux de point de vue technique ainsi que les matériaux et la méthode de construction de ce barrage souterrain qui sera d'une utilité pour la région d'Ouled Djellel qui souffre depuis des années d'une baisse considérables des niveaux piézométrique de sa nappe souterraine.

Pour la présentation de ce travail nous donnerons :

- Une étude générale sur la région d'Ouled Djellel commençant par ; la situation géographique de la zone d'étude par rapport au chef lieu de la wilaya ainsi que la situation du sous bassin versant de l'Oued Djedi par rapport à son bassin versant de chott Melrhir.

- Un aperçue concernant les barrages souterrain inferoflux ; Leurs conceptions ainsi que leurs avantage et inconvénients, et l'utilité de ce genre d'ouvrage hydraulique pour la région d'Ouled Djellel

- Un aperçue hydro climatique de la zone d'étude ainsi qu'un aperçue hydrogéologique

INTRODUCTION GENERALE:

-Une étude des qualités physico chimiques de la nappe souterraine du sous bassin versant de l'Oued Djedi en se basant ; sur d'anciennes études effectuées sur la région de Ouled Djellel, ainsi que des analyses sur l'eau de 4 puits réalisés dans les laboratoires de l'université Mohamed Kheider de Biskra, pendant le mois de Juin 2019, après avoir effectué plusieurs sorties d'études sur le site.

D'autres sorties d'études ont été également effectuées pour ; comprendre la cause du choix de l'emplacement du barrage souterrain sur l'Oued Djedi de Ouled Djellel par le bureau d'étude (et aussi de prendre des mesures du niveau piézométrique de la nappe souterraine à travers quelques puits et forage pour élaborer une nouvelle carte piézométrique en utilisant une sonde et par la suite traiter les résultats par le *logiciel Covadis* ; pour obtenir de nouvelles cartes piézométriques qui seront comparées aux anciennes.

-Le dernier chapitre sera consacré à une étude de l'aménagement du site pour l'implantation du barrage souterrain en se basant sur une étude de faisabilité effectuée par un bureau d'études pluridisciplinaires à la demande de la direction des ressources en eau de la wilaya de Biskra

A la fin de cette étude il y aura une partie consacrée à quelque proposition et recommandation après avoir été en contact avec les citoyens de cette région et après avoir effectué quelques constatations malgré le manque d'études effectuées sur ce genre de barrage et le manque d'information concernant la région d'Ouled Djellel.

I.1. INTRODUCTION

Dans la région de Ouled Djellal, comme dans beaucoup d'autres des marges sahariennes, les principales activités économiques sont liées aux cultures du palmier dattier et à l'élevage. L'importance des palmeraies est due surtout à la présence de nappes souterraines et/ou phréatiques très productives et peu profondes, dont l'exploitation date de plus d'un siècle.

Cependant, le développement récent dans la région des Ziban se caractérise par l'extension, la diversification et la rationalisation des activités économiques. L'eau étant ici le facteur limitant du développement, et surtout de l'activité agricole, il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur [2]. Ainsi, les forages profonds encouragés par l'Etat ont rendu possible l'exploitation intensive de vastes superficies, considérées auparavant pendant des siècles comme zones de parcours.

La zone d'étude est située dans la wilaya de Biskra environ à 100 Km au Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya.

I.2. LA SITUATION GEOGRAPHIQUE

La daïra d'Ouled Djellel est situé au Sud-Ouest de la wilaya de Biskra qui constitue un trait d'union phare entre le nord, le sud, et l'ouest du fait de sa situation du côté sud-est de l'Algérie. La wilaya est située au sud-est de l'Algérie aux portes du Sahara. Avec une altitude de 112 m au niveau de la mer. Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie.

Le Chef-lieu de la wilaya est située à 400 km au Sud-Est de la capitale Alger limitée au Nord par le domaine préatlasique et les montagnes des Aurès, au Sud par les reliefs d'Ouled Djellal, à l'Est par la zone de Chott (Chott Mehrlir) et à l'Ouest par les plaines steppiques de la région de Djelfa. (SEMAR et SENGOUGA, 2013).

La wilaya s'étend sur une superficie de 21671 km² avec une population de 633234 habitants (2018) répartie à travers 33 communes (ANDI, 2013).



Figure I.1 : Carte de la région d'Ouled Djellel (Google map 2019)

Oued Djedi et à peu près à 1 km au Sud de la ville d'Ouled Djellal, avec les coordonnées suivantes : $-34^{\circ}25'$ et 32° Nord et $5^{\circ}03'$ et 51° Est

I.3. CADRE GEOGRAPHIQUE

La région des Ziban s'étend sur les piémonts de l'Atlas saharien qui se partage en trois massifs montagneux : du Zab, des Aurès et des Néménchas, juste à la flexure de contact entre le bouclier saharien rigide et tabulaire et les plissements très marqués de l'Atlas.

La wilaya de Biskra se situe au Nord-Est du Sahara septentrional, elle s'étend sur une superficie de 21671 km^2 , et compte une population de plus de 570.000 habitants.

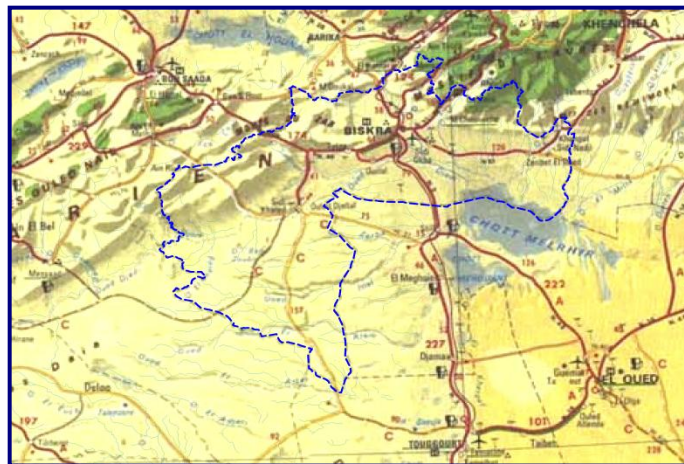


Figure I.2: Situation géographique de la Wilaya de Biskra

Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord Est par la wilaya de Khenchela, au Nord Ouest par la wilaya de M'sila, à l'Est par la wilaya de Tébessa, à l'Ouest par la wilaya de Djelfa, au Sud par la Wilaya d'El Oued et Ouargla.

I.4. CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'OULED DJELLAL

La région de Ouled Djellal représente un pays de transition structurale et sédimentaires, au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles et de failles d'orientation Est Ouest appelé "Accident Sud Atlasique".

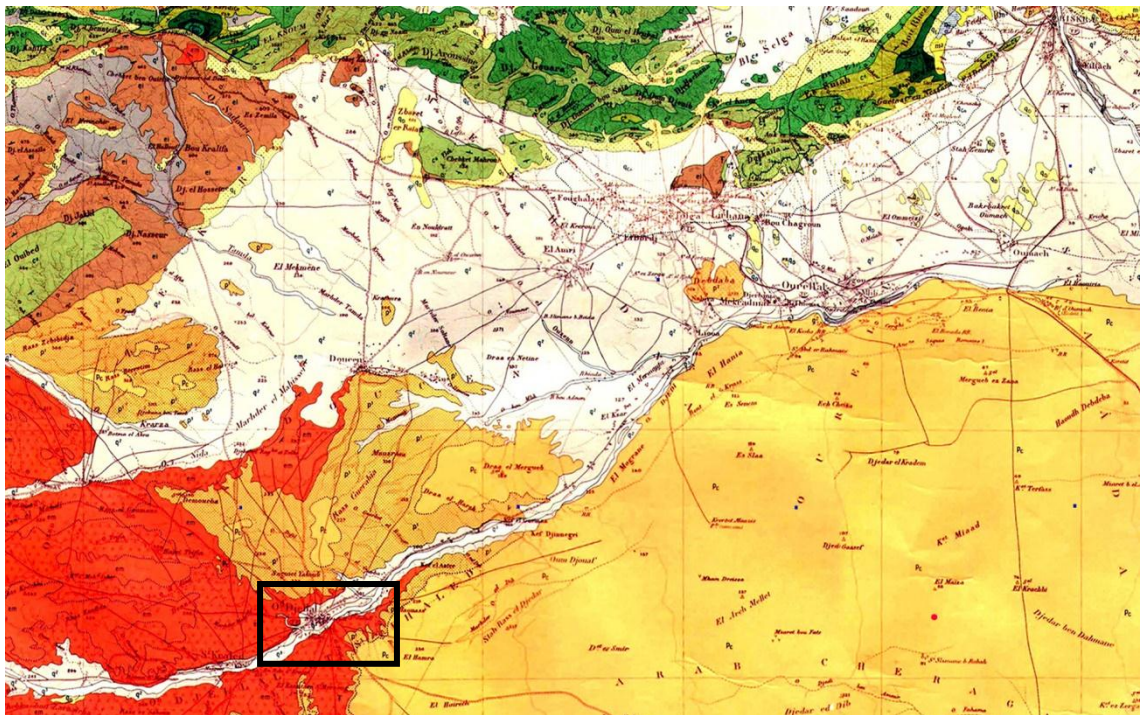


Figure I.3 : Carte géologique de la région de Ouled Djellal.

La région d'Ouled Djellal se caractérise par des terrains sédimentaires, allant du Quaternaire au sommet jusqu'au Barrémien à la base.

I.4.1 Quaternaire

Il s'étend largement dans la plaine en couvrant les dépressions, les vallées, il est caractérisé par une érosion des dépôts pliocènes ainsi que par alluvionnement important (sables et argiles) dans les grandes plaines.

I.4.2 Miocène supérieur (Pontien)

Il affleure seulement dans la dépression (combe) de l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal. Il est représenté par des argiles et marnes multicolores souvent très sableuses. C'est un dépôt continental détritique : argiles, sables, graviers et marnes.

I.4.3 Pliocène

Il est représenté par des poudingues, des bancs de grés et d'argiles sableuses à proximité des massifs (Chetma, Chaïba et Ouled Djellal) passant à des couches rouges sableuses et gypseuses dans la plaine.

Il est également représenté par la croûte calcaro-gypseuse englobant souvent des masses de poudingues, des sables et des graviers dans le sud de l'Oued Djedi.

I.4.4 Eocène moyen (Lutétien)

C'est un dépôt exclusivement lagunaire représenté par des argiles, du gypse en couches épaisses, des anhydrites et des calcaires dolomitiques. Les couches gypseuses et calcaires sont très développées dans la région d'Ouled Djellal.

I.4.5 Eocène inférieur

Sa puissance varie entre 150 et 200 mètres. Ce sont des calcaires blancs riches en silex noirs ; ils affleurent au Nord de Tolga.

I.4.6 Sénonien supérieur

Il est représenté par des calcaires cristallins et dolomitiques en couches très épaisses, des intercalations lagunaires marneuses et gypseuses très nombreuses à l'Ouest (Djebel Gouara et sur le flanc Nord du

Djebel Bou Rhezal). Ce sont des calcaires maestrichtiens reposant sur les marnes noirâtres du campanien (à Dalaat el hamra).

I.4.7 Sénonien inférieur

Il affleure sur le flanc Nord de djebel Bou Rhezal, sa puissance est de 300 à 400m. Ce sont des calcaires gris ou blancs alternant régulièrement avec des marnes grisâtres, parfois gypseuses.

I.4.8 Turonien

Il est représenté uniformément dans toute la zone montagneuse par un épais niveau de 200 à 300m d'épaisseur composé de calcaire cristallin de calcaire marneux et de calcaire dolomitique.

I.4.9 Cénomaniens

Cet étage affleure aux deux extrémités de la région de Biskra, surtout au niveau de la combe du Djebel Bou Rhezal et au nord-est de Borj Chaïba, sa puissance est de 500 m. Ce sont des calcaires marneux avec intercalations marneuses et gypseuses.

I.4.10 Albien

Il affleure dans la combe de l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal et au nord de Chaïba. Il est constitué en majeure partie par des grès rouges ou gris avec intercalation d'argile rouge, sa puissance est d'environ 250 m.

A la base de la série, les formations sont gréseuses (50 à 100 m.) : grès fins à ciment calcaire beige gris à Ouled Djellal. Au sommet, les formations sont plus carbonatées (environ 100 m) : calcaire gris et marnes gris noires à Sidi Khaled ; calcaire blancs à gris et argiles grises à vertes à Ouled Djellal.

I.4.11 Aptien

Cette couche est visible seulement vers Chaïba, elle présente un faciès lagunaire avec intercalation marine, il est constitué par des argiles et des marnes multicolores, des anhydrites, des calcaires dolomitiques et des dolomies. L'épaisseur de ce dépôt est d'environ 60 m.

Les forages ont traversé 50 m. de dolomies et de calcaires argileux à Sidi Khaled, mais rien d'équivalent à Ouled Djellal où l'on a pu noter une absence totale des faciès carbonatées entre le Barrémien et l'Albien qui sont gréseux, Il peut s'agir ici d'un changement latéral de faciès ou d'une lacune de sédimentation.

I.4.12 Barrémien

Cette couche affleure uniquement vers Chaïba. Elle est constituée par les grés rouges avec quelques intercalations argileuses.

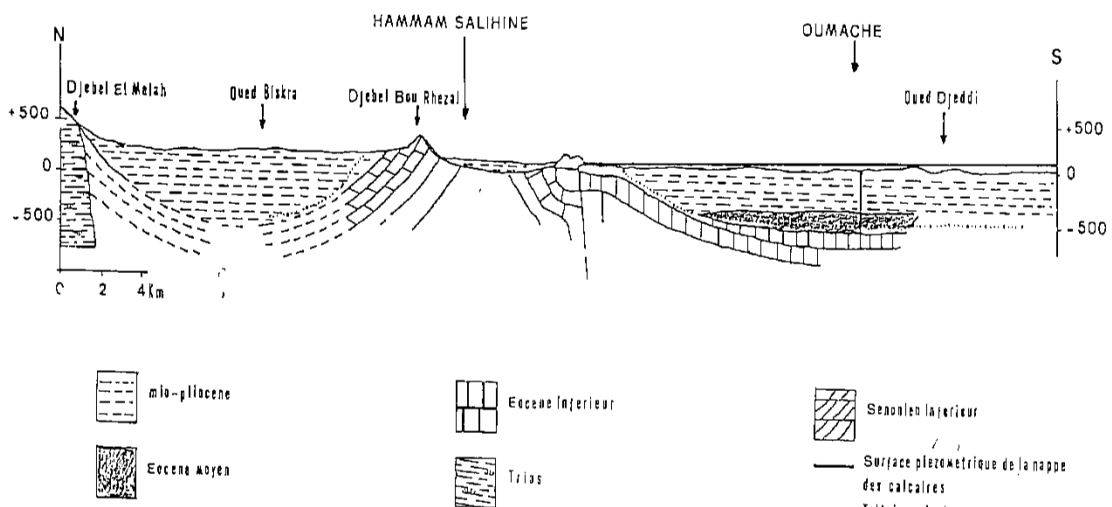


Figure I.4: Coupe géologique Nord-Sud de la région d'étude

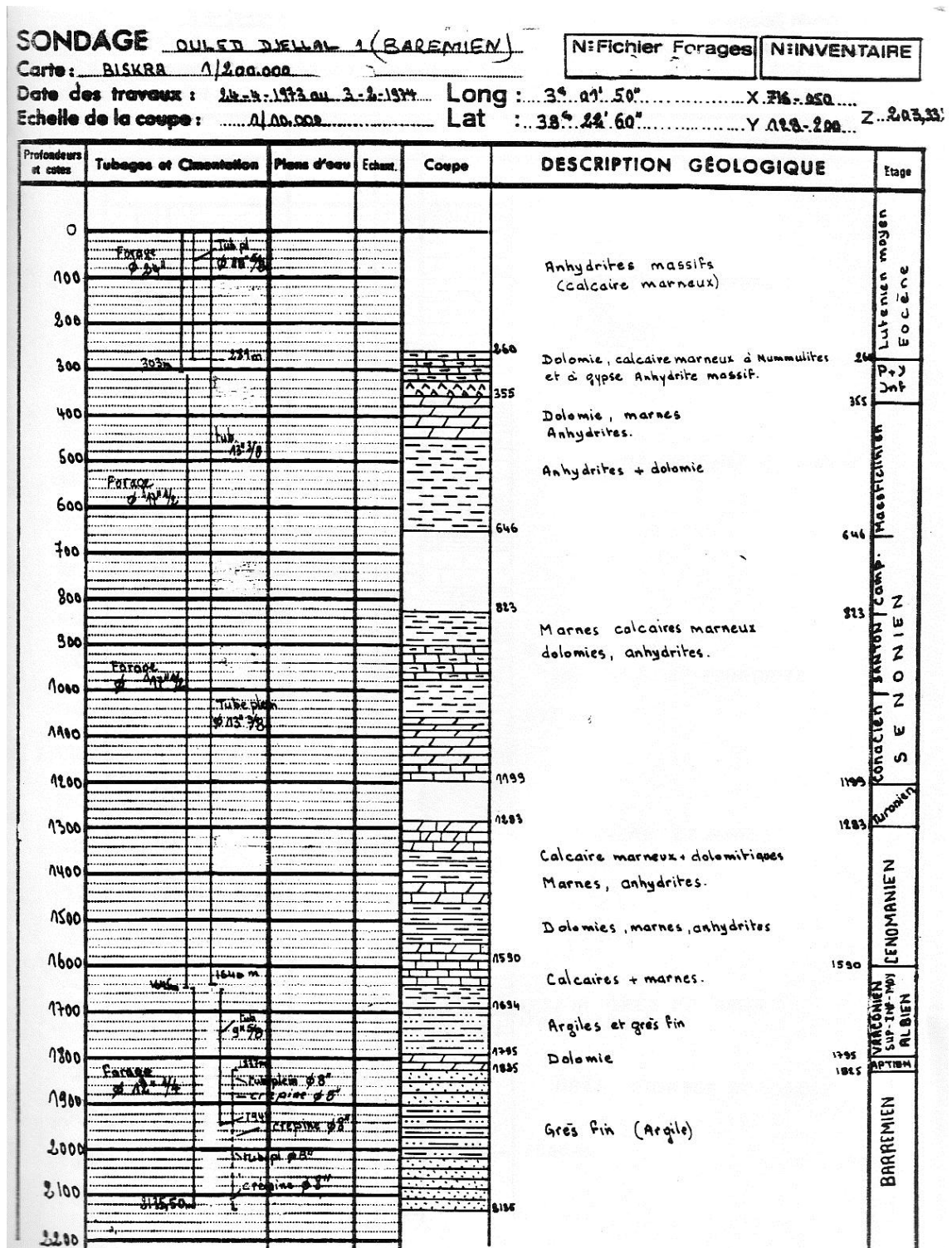


Figure I.5 : Log-stratigraphique d'un forage à Ouled Djellal

I.5. CONCLUSION

Du point de vue stratigraphique le secteur d'étude est formé essentiellement par des terrains attribués au Secondaire, Tertiaire et Quaternaire. Le Crétacé constitue l'essentiel des synclinaux : Les formations gréseuses du Barrémien-Albien forment des synclinaux coffré à fond plat. Les formations marno-carbonatées du Cénomaniens, Turonien et Sénonien : les synclinaux perchés.

Du point de vue structural notre secteur est à cheval entre deux domaines structuraux ; un domaine atlasique caractérisé par la succession d'anticlinaux et des synclinaux perchée dont le centre est occupé par le crétacé supérieur et un domaine saharien.

Du point de vue lithologique les terrains affleurant ont une nature silico-clastique ce qui favorise le développement des systèmes phréatique à plusieurs niveau : superficiel pour les importantes alluvions Quaternaire, et profond pour les terrains du continental intercalaire.

II.1 INTRODUCTION

Le bassin versant du chott Melrhir mesure environ 700000 km², dont seulement 250000 km² ont un réseau actif (J. DUBIEF, 1953). Pour des pluies annuelles estimées à 30 milliards de mètres cubes, le ruissellement représenterait environ 4 milliards de mètres cubes (J. DUBIEF, 1953). En fait, la connaissance du régime des oueds du Bas Sahara algérien reste très fragmentaire malgré des progrès récents, ce qui empêche de les comparer avec d'autres cours d'eau du domaine désertique (R. COOKE et al., 1999).

Les oueds qui fournissent les volumes d'eau les plus importants proviennent de l'Atlas saharien, depuis les Monts des Ksour, à l'ouest, jusqu'aux Nemencha, à l'est. Ce sont principalement les Aurès (2326 m) qui alimentent les principaux cours d'eau. Les débits de ces oueds restent mal connus, d'autant que selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Biskra, les stations hydrométriques sont en panne.

II.2 LE BASSIN ENDOREIQUE DE CHOTT MELRHIR

Le bassin versant de Chott Melrhir couvre une superficie de 68 750 km², soit 3,4% de la surface du bassin saharien, il s'étend entre les chaînes de l'Atlas saharien (Aurès, Nemencha et les monts de Batna) au nord, jusqu'à la dépression du Sahara septentrional. L'endoréisme est le caractère principal du bassin. Ce dernier compte trente (30) sous bassins, il est drainé par un chevelu hydrographique d'une longueur de 37 822 km d'oueds, coulant vers les zones de dépression, et dont le plus important est celui de Chott Melrhir. Les principaux oueds sont ceux qui drainent les versants sud des Aurès : Oued El Haï (140 km), Oued El Abiod (152 km), Oued el Arab (170 km) et l'Oued Djedi (500 km) qui reçoit les eaux de la partie occidentale du Djebel Amour en avant de la ville de Laghouat et traverse toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra (Dubief, 1953 in Chabour, 2006).

Le niveau de base de tous les oueds du versant Sud de l'Aurès est de -36m ; ils ne l'atteignent qu'à l'occasion de leurs plus grandes crues.

L'Oued M'zi né dans le Djebel Amour, il descend en direction de Laghouat. Au – delà de la zone d'épandage située immédiatement à l'aval de Ksar El Hirane, il prend le nom d'Oued Djedi qu'il conservera jusqu'à son débouché sans le Chott Melghir. Il occupe une surface de 6153 Km² et un périmètre de 390 Kms.

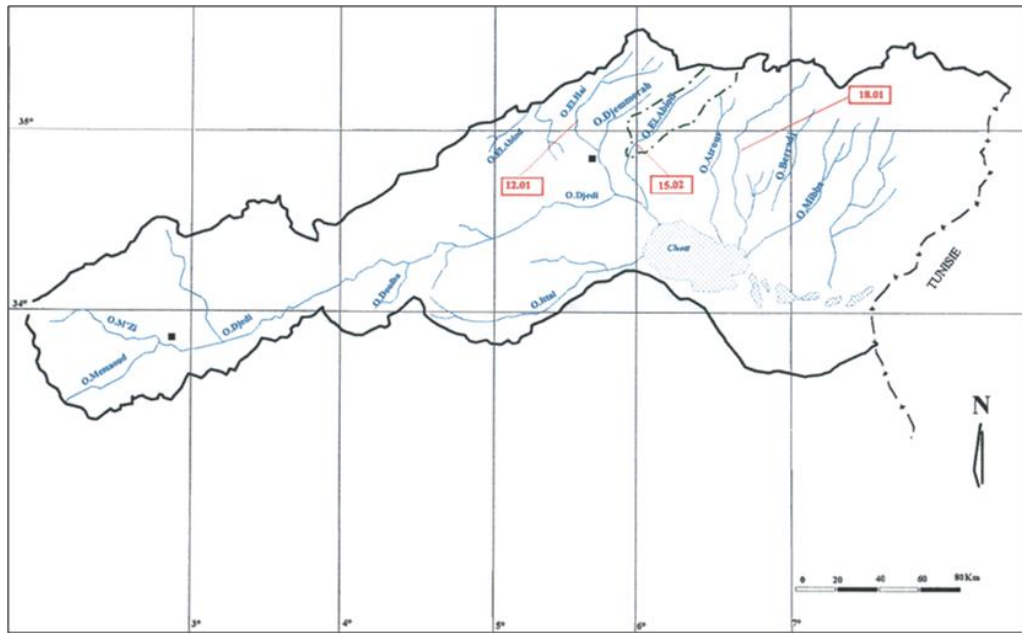


Figure II.1: Le Bassin versant de Chott Melghir

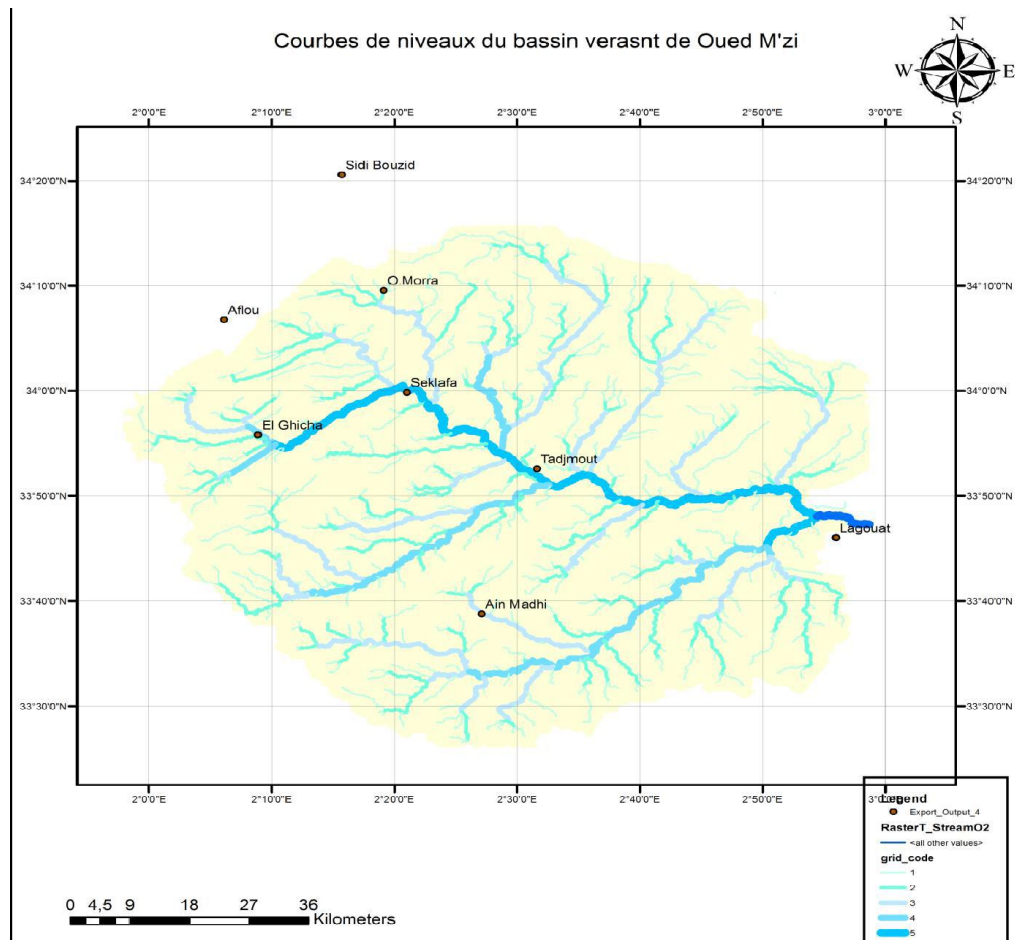


Figure II.2: Réseau hydrographique d'Oued M'zi

Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melghir, le chott reçoit les eaux des principaux oueds suivants : A l'Est, oued El Arab, principal oued de la zone, avec ses 5 affluents, et Oued El Haguef, au Nord, Oueds El Abiod et Biskra qui se jettent dans l'Oued Djeddi au lieu dit Sâada, à l'Ouest, Oued Djeddi avec ses 6 affluents.

Tableau II.1 : Principaux oueds de Chott Melhrir

Oueds	Longueur (Km)	Apport Interannuel (m ³ /an)
Oued Djedi	380	32,70
Oued El Hai	22,5	13,21
Oued Labiod	80	11,20
Oued Biskra	57	6,05

II.3 LE BASSIN VERSANT DE OUED DJEDI

Le bassin versant de l'oued Djedi couvre une superficie de 24 200 Km². C'est le cours d'eau le plus important du bassin versant (Chott Melghir). Il traverse toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra et se jette dans le Chott Melghir. Il est orienté Ouest – Est, mais au cours de son trajet, il subit des déviations locales et c'est ainsi qu'au niveau de Sidi Khaled il bifurque au Nord pour ne reprendre sa direction initiale qu'au niveau de Lioua.

La confluence des deux oueds M'zi et Messad forme l'origine de l'Oued Djedi. Sur son passage, il reçoit plusieurs oueds provenant du flanc sud de l'Atlas saharien.

Les principaux affluents sont pour la partie occidentale :

- l'oued M'Zi qui prend naissance à une altitude de 1593 m.
- l'oued Messad qui prend naissance à une altitude de 1000 m.
- l'oued Merguel et l'oued Moudjbara qui prennent naissance à une altitude d'environ 1400 mètres et se rejoignent pour former l'oued Demmed.

Selon le profil de l'Oued Djedi en remarque qu'il y a une pente très importante entre la région de l'Oued Djellel et l'exutoire de chott Mélgahir ce qui explique la réduction de temps de concentration des eaux de pluies dans la zone d'étude.

Les précipitations moyennes annuelles dans le bassin chott Melghir varient entre 200 et 300mm/an, le bassin est équipé d'un réseau de mesure dont le nombre d'année complète est de 15 à 20 ans en moyenne (Semar et Sengouga, 2013)

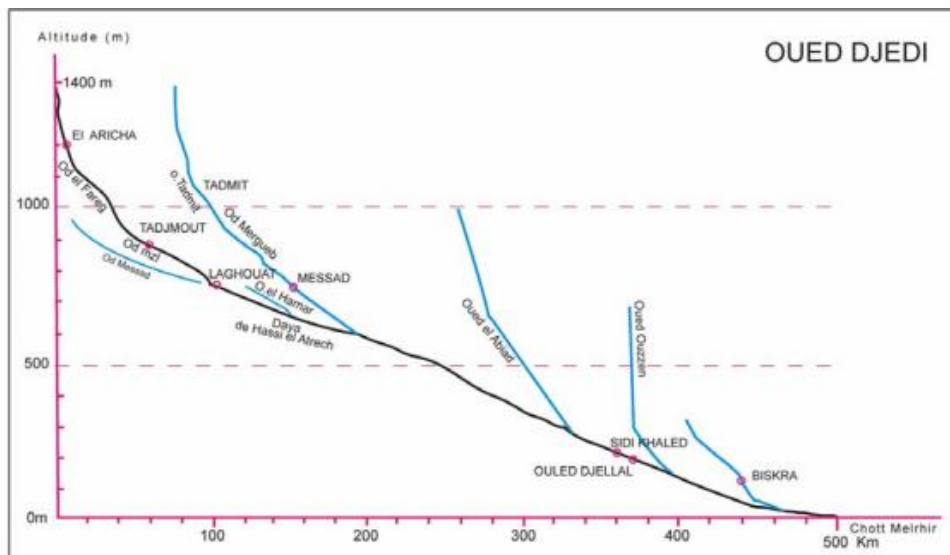


Figure II.3 : Profil du bassin versant de l'Oued Djedi (établie d'après Dubief J., 1953 in MEBARKI, 2005)

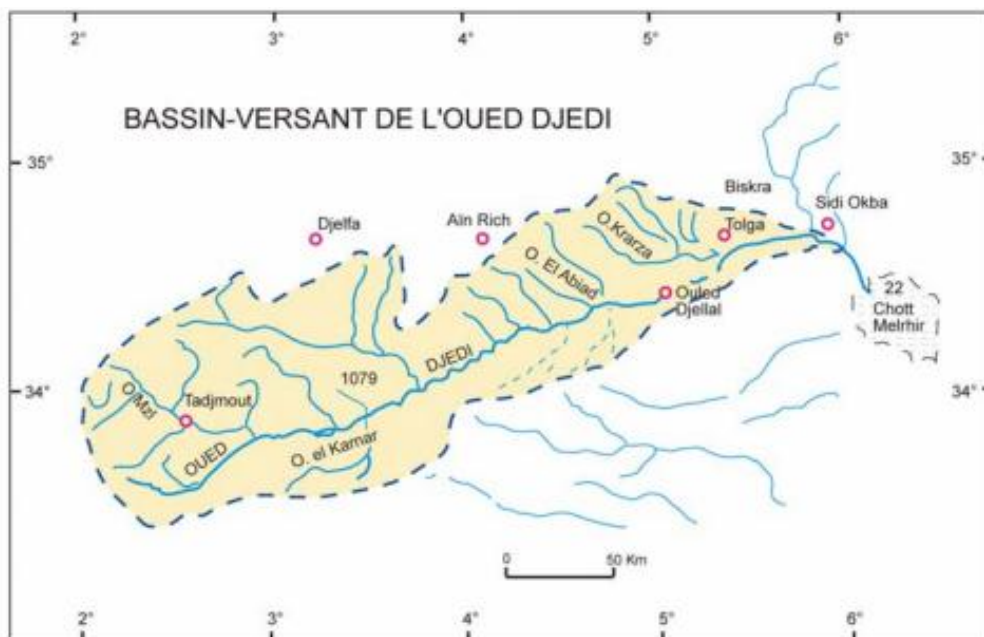


Figure II.4 : Bassin versant de l'Oued Djedi (établie d'après Dubief J., 1953 in MEBARKI, 2005)

Dans les régions arides et semi-arides, les précipitations, étant caractérisées par de fortes irrégularités, ont généralement des effets dévastateurs et néfastes à travers les crues des cours d'eau. Ces oueds qui ne présentent pas d'écoulement pérennes sont, en fait, la principale origine de l'alimentation des aquifères, notamment les nappes de l'inféro-flux.

Le régime pluviométrique des cours d'eau est fonction du régime de la pluviométrie. Ces cours d'eau se caractérisent par un régime torrentiel et se manifestent dans de courtes durées. Les apports sont très variables d'une année à l'autre.

Une partie importante de l'eau de ces cours d'eau est évaporée et le reste alimente les aquifères souterrains. Ces écoulements qui sont diffus sur les flancs des reliefs deviennent concentrés au niveau des oueds. Les eaux précipitées sur les hauteurs septentrionales (Atlas saharien, Aurés) sont acheminées vers les zones basses (chott).

La vitesse d'écoulement des eaux et la vitesse de propagation des crues sont, essentiellement, en relation avec la pente hydrographique. L'étude du profil en long des cours d'eau nous renseigne sur leurs effets dévastateurs et le mode d'alimentation des aquifères.

II.4 LES ECOULEMENTS

L'oued Djeddi a un écoulement temporaire, il ne présente un écoulement superficiel que pendant quelques jours par an, à la suite de crues. Les mesures de débits de l'oued Djedi sont effectuées au niveau de la seule station de M'lili équipée d'un limnigraphe.

Les précipitations étant très faibles et mal réparties, il reste que ce sont les crues locales ou régionales qui sont la cause principale de l'alimentation des nappes superficielles.

Les seuls cours d'eau qui provoquent un écoulement notable sont ceux de la rive gauche qui descendent de l'Atlas saharien. La puissance des crues diminue d'amont en aval. Ainsi la puissance des crues des affluents des cours d'eau inférieurs peut parfois décroître, suffisamment, pour que celles-ci soient entièrement absorbées avant leur arrivée à l'oued Djedi.

D'une façon générale le nombre de crues diminue avec la distance à partir de la source. Cette diminution est accentuée pendant les mois chauds. En gros, elles passent de 20 par an après 62 Km. de parcours (Tadgemount) à 12 après 106 Km (Laghouat), à 4 ou 5 après 372 Km (Ouled Djellal) et seulement 2 à 3 au niveau de Biskra. Les seules données complètes concernant les mesures des crues ont été réalisées entre 1946 et 1950 au niveau de l'oued Biskra le nombre de jours de crues est plus important, il est de 8.2 (Nesson, 1975). Ces nombres comprennent les origines locales et lointaines. Ainsi les crues locales sont de 1 à 2 par an au niveau d'Ouled Djellal.

On observe, ainsi, des crues qui se produisent en aval d'un point donné sans qu'il y ait une crue en amont. Ce cas est très fréquent en hiver ; ces crues sont alimentées, soit par des affluents inférieurs, soit par une résurgence d'une crue de l'inféroflux, au passage d'un seuil rocheux. Ce dernier cas s'observe au pied du djebel Bou Kahil, où après érosion et transport des dépôts récents de l'oued, l'eau circule sur un substratum calcaire et marneux. Ce

phénomène s'observe aussi au niveau du djebel Milok où les eaux proviennent de la nappe d'inféro-flux après franchissement d'une barre calcaire du Turonien.

A Ouled Djellal, la variation des nombres de crues présente deux maxima. L'un, le plus élevé au début du printemps, l'autre plus faible en automne.

II.5 ETUDE QUANTITATIVE

Les méthodes utilisées pour déterminer les débits de pointe de crues centenaires sont surtout basés sur les analyses de crue observées. Il s'agit de déterminer le débit maximum des crues en se basant sur les données d'observation des stations hydrométriques qui se trouvent à proximité des sections étudiées.

Les périodes d'observation des stations sont trop courtes, en ce qui concerne l'étude faite à Ouled Djellal. Néanmoins les résultats sont pratiquement comparables à ceux des autres méthodes (méthodes synthétiques, abaques de Chaumont, méthodes de comparaison avec d'autres bassins versants...). Cette étude statistique se base sur les données s'étalant sur trois années (Chabour Nabil, 2006).

Les débits maximum estimés pour une période de retour centennale sont de l'ordre de $4000\text{m}^3/\text{s}$. Ces résultats tiennent compte de l'apport de certains confluent se trouvant à l'aval de Ouled Djellal avant la station de M'lili.

Peu de travaux existent en ce qui concerne les débits des écoulements des oueds dans cette région. Cependant quelques données sont recueillies au niveau de l'ANRH et concernent surtout les secteurs où ont été implantés des barrages.

II.6 ASPECT CLIMATOLOGIQUE

La région des Zibans, sur le plan météorologique, constitue une zone de transition entre plusieurs phénomènes climatiques, notamment, le passage du régime climatique méditerranéen au climat saharien caractérisé par des influences desséchantes qui règnent, pendant une partie de l'année, sur le Sahara septentrional.

Le relief caractérisé par les derniers chaînons de l'Atlas saharien et formant une barrière aux influences méditerranéennes accentue les contrastes climatiques entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne.

Les écoulements de oued Djedi proviennent donc des précipitations sur le flanc Sud de l'Atlas Saharien, principalement au Nord de Laghouat et au Nord de Ouled Djellal.

II.6.1 Le Bassin versant de Oued M'Zi

Les données climatiques de la région sont puisées de la station climatologique professionnelle de l'ONM située au chef-lieu de Laghouat. Cette station se trouve à 400 mètres d'altitude avec une longitude, latitude respectives de 2°53' Est et 33°48' Nord. Laghouat s'étale sous un climat saharien. Le total pluviométrique annuel enregistré est de 136 mm réparties de façon hétérogène. La pluviométrie mensuelle maximale absolue observée durant la période 1990-2008 est de 52 mm enregistrée pendant le mois de Décembre 1999, ceci démontre le caractère orageux des précipitations durant ce mois.

Le mois le plus sec est représenté par le mois de Juillet (3.5 mm) ; par contre le mois le plus pluvieux, relativement, est le mois de Septembre avec 20.4 mm. Il est à signaler que la saison automnale est relativement la plus pluvieuse avec 31 % du cumul annuel.

La température moyenne maximale atteint 38.1°C le mois d'Août. Par contre, au mois de janvier la température moyenne minimale atteint 02°C. Il est à signaler que la température maximale absolue est de 44.6 °C enregistrée durant le mois de Juillet 2005 ; et que la température minimale absolue est de - 6°C enregistrée durant le mois de Décembre 2007.

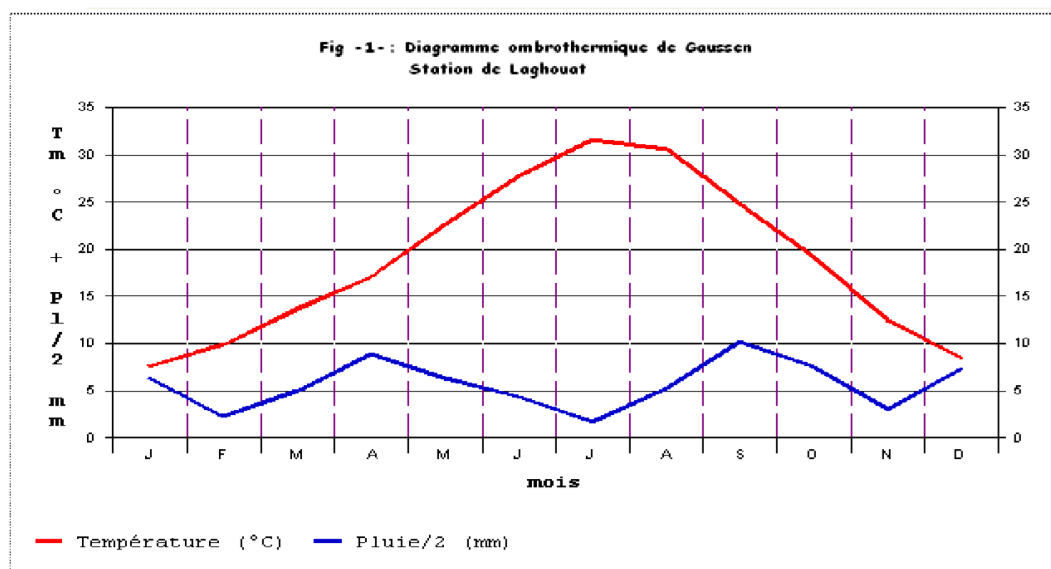


Figure II.5 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station de Laghouat

II.6.2 Le bassin versant de Oued Djedi

La carte des précipitations moyennes en Algérie réalisée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H., 1990) donne la répartition spatiale des précipitations. Cette carte au 1/500 000 couvre une période s'étalant de 1922 à 1989. Les traits essentiels qui

s'en dégagent montrent une évolution longitudinale avec une augmentation des précipitations d'Ouest en Est et une évolution latitudinale avec une diminution des précipitations du Nord (littoral) au Sud (Sahara). A cela s'ajoute une évolution locale due à l'influence de l'altitude et de l'orographie.

II.6.2.1 Les précipitations moyennes annuelles

Les moyennes annuelles calculées au niveau des stations de Biskra, Ouled Djellal et El Outaya sont mentionnées sur le tableau II.2. Conformément au schéma général, on observe une diminution de la pluviosité du Nord vers le Sud en ce qui concerne la plaine saharienne (entre Biskra et ouled Djellal). En revanche la moyenne annuelle est plus élevée à Biskra qu'à El Outaya située plus au Nord.

Tableau II.2 : Moyennes annuelles des précipitations

Station	Altitude	Longitude	latitude	Moy. Annuelle 1926-1950	Moy. Annuelle 1968 - 1990
Biskra	85 m	5°45'	34°47'	144.8 mm*	125 mm
El Outaya	282 m	5°44'	35°01'	-	119 mm
Ouled Djellal	196 m	5°40'	34°25'	118.3 mm*	-

*Dubief (1959)

Le choix de deux périodes est guidé par le fait que la période récente comporte beaucoup de lacunes et qu'en plus, ceci peut nous renseigner sur les éventuels changements climatiques sur des périodes assez longues. Nous remarquons que pour la station de Biskra, la période 1926-1950 est relativement plus humide que celle de 1968 –1990.

Pour une même période (1969/90), les variations interannuelles sont, cependant, très importantes. L'évolution interannuelle des totaux moyens annuel (Fig. IV.2) montre que l'année la plus pluvieuse est 1969/70 avec une hauteur de 497 mm et l'année la moins pluvieuse est 1983/84 avec une hauteur de 38 mm (Chabour Nabil, 2006).

Les valeurs des moyennes mensuelles sont faibles, elles sont cependant relativement élevées pour une zone aride si l'on considère que le désert est limité par l'isohyète 100 mm. Les maximums correspondant aux mois les plus pluvieux sont enregistrés à l'automne, de septembre à décembre, avec une moyenne mensuelle maximale de 18.6 mm pour la station d'Ouled Djellal et de 22.5 mm pour Biskra et au printemps de février à mai. Avec un maximum de 12.8 à la station d'Ouled Djellal et de 18.7 pour la station de Biskra.

L'analyse des données des précipitations annuelles (fig.II.6), mesurées à la station de Biskra pour la période 1976/2008, **montre une moyenne annuelle de 144.26mm.**

Les valeurs moyennes annuelles sont faibles, par contre les irrégularités interannuelles sont importantes avec un maximum de 280.1mm en 2005/06 et un minimum de 35.4mm en 1983/84. En outre, l'examen du graphique montre une tendance générale à une très légère reprise, malgré certaines années sèches (1999 à 2003 à titre d'exemple).

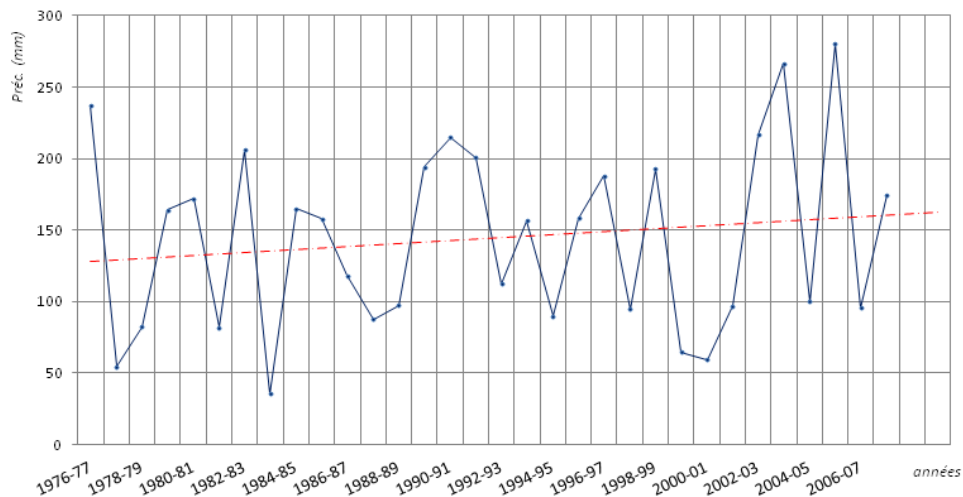


Figure II.6 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station de Biskra période 1977-2008

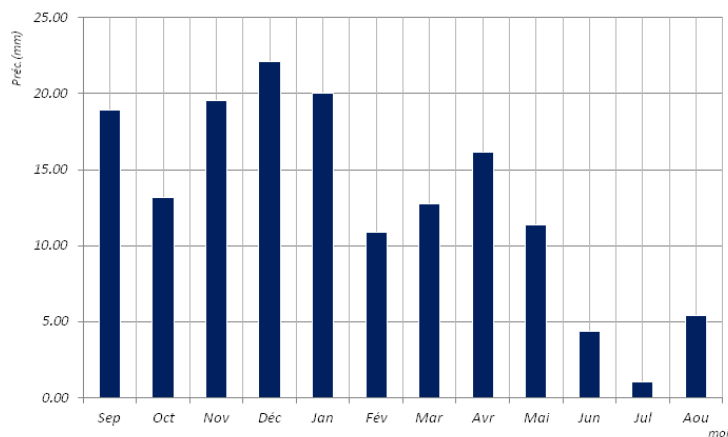


Figure II.7: Précipitations moyennes mensuelles station de Biskra Période 1976/2008

Les moyennes mensuelles quant à elles (fig.2.8), montrent que la fréquence des pluies est maximum au mois de décembre tandis que le minimum correspond au mois de juillet. Ce qui caractérise d'une manière générale les zones arides avec une longue saison sèche et chaude en été et des mois pluvieux en automne, hiver et au printemps.

II.6.2.2 Les températures

Les valeurs du tableau II.3, reportées sur le graphique (fig.II.8), montrent que les températures moyennes les plus basses ont été enregistrées aux mois de janvier et décembre avec 12°C, et les températures moyennes les plus élevées ont été enregistrées aux mois de juillet et août avec 33°C. La température moyenne annuelle quant à elle est de 21.7°C.

Tableau II.3: Températures annuelles à la station de Biskra. Période 1976-2008

Mois Temp.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy. annuelle
Moyenne	12	13	16	20	25	30	33	33	28	22	16	12	21.7
Maximale	21	24	28	33	38	42	45	44	40	33	26	22	33
Minimale	3	3	5	8	13	18	22	22	17	12	6	3	11
Amplitude	18	21	23	25	25	24	23	22	23	21	20	19	22

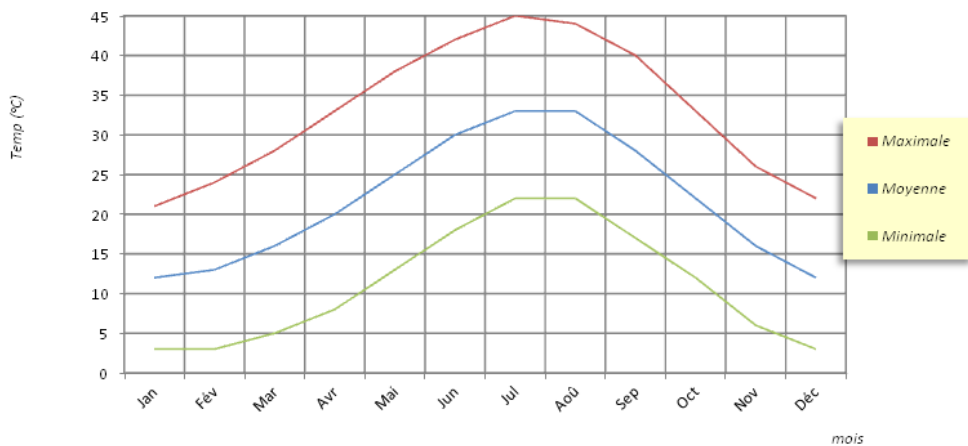


Figure II.8 : Températures mensuelles maximales, moyennes et minimales. Station de Biskra, période 1976-2008.

Loin de l'influence de la mer, l'effet de continentalité est bien marqué. Ceci donne une valeur élevée de l'amplitude thermique annuelle moyenne, de l'ordre de 22°C.

Avec une température de 12°C aux mois de janvier et décembre, les risques de gelée au sol demeurent très minimes dans la région.

Par contre, ces fortes valeurs de températures favorisent une intense évaporation.

Le climat du secteur d'étude est aride et sec ; avec des hivers froids et secs et des étés chauds et secs. La température moyenne annuelle à Biskra est de l'ordre de 22,3 °C, avec un minimum de 11,4 °C en janvier et un maximum de 34,2 °C en juillet.

Les données climatologiques consultées montrent un taux d'humidité élevé pendant les mois de Novembre, Janvier et Février, respectivement de l'ordre de 54.7 %, 57.8 %, 55.4%, 50.02%, tandis que le plus faible est remarqué au mois de Juin (28.4%).

En été, et durant la période des températures maximales arrivent des Siroccos Sud-Est. En période hivernal, il ya une prédominance des vents Nord-Ouest amenant l'humidité de l'Atlantique du Nord. Le maximum des forces des vents est enregistré en hiver et en printemps, les vents de sable sont fréquents en Mars, Avril et Mai.

II.6.2.3 Indice d'aridité de DERMARTONNE :

En se basant sur le régime des précipitations et des températures, (DEMARTONNE 1923) a défini un indice d'aridité (A).

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

P : Précipitation moyennes annuelles (mm).

T : Températures moyennes annuelles (°C).

Tel que :

20 < A < 30	—————>	climat tempéré
10 < A < 20	—————>	climat semi-aride
7.5 < A < 10	—————>	climat steppique
5 < A < 7.5	—————>	climat désertique
A < 5	—————>	climat hyperaride

Pour le cas d'Ouled Djallel ou la température et les précipitations moyennes annuelles sont respectivement de T= 21.55°C et P= 47 mm ; Il en résulte un indice d'aridité de DERMARTONNE de 1.48. On en déduit que le climat de la région d'Ouled Djellal est de type hyperaride.

II.6.2.4 Diagramme pluviothermique

En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir la courbe pluviothermique dont le but est de déterminer les périodes sèche et humide.

Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois. Cette relation permet d'établir un

diagramme pluviothermique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations (Bureau.d'étude: BOUAOUD .F, 2017).

Lorsque les températures passent au-dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est déficitaire en eau, et lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est humide.

A partir de ce diagramme, on constate que durant l'année hydrologique, la région est caractérisée uniquement par une période sèche.

La détermination de cette période a une importance primordiale pour déterminer les besoins en eau d'irrigation. Sachant que dans cette période l'évaporation dans la région de Ouled djellal est à son maximum ce qui implique un rabattement de la nappe souterrain qui fut la seul source d'eau dans cette région agricole à vocation d'élevage bovin (la race de Ouled Djellal connue mondialement).

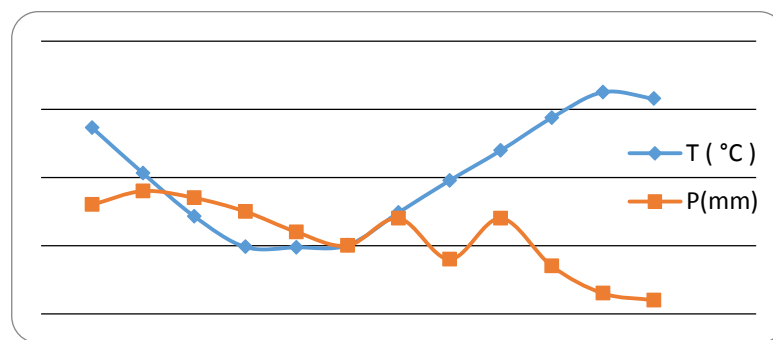


Figure II.9 : Diagramme pluviothermique à la station d'Ouled Djelal

II.6.3 Caractéristiques géométriques du bassin versant

Les résultats obtenus sur l'Oued Djedi sont pour le bassin versant total sont les suivants :

Surface : $A= 8400\text{km}^2$.

Périmètre : $p =950 \text{ km}$.

II.6.3.1 L'indice de compacité de Graveluse (K_G)

Cette indice nous renseigne sur la forme du bassin et donc sur la vitresse de concertation des eaux à l'exutoire. Il s'exprime par le rapport entre le périmètre du bassin, à celui d'un cercle de même surface

$$K_G = \frac{\text{perimètre}(p)}{2 \times \sqrt{\pi \times \text{surface}(s)}} = 0.28 \times \frac{p}{\sqrt{s}}$$

K_G : indice de compacité de Graveluse.

P : périmètre du bassin versant (km)

A : surface du bassin versant (km²)

KC =1,5 .le bassin versant de l'Oued Djedi est donc de forme allongé.

II.6.3.2 Dimension du rectangle équivalent :

L. Roche (1962) compare le bassin versant à un rectangle de même superficie et même indice de compacité. La longueur et la largeur du rectangle de Roche, sont calculées à l'aide des formules suivantes :

$$L = \frac{1}{2} \cdot K_G \cdot \sqrt{\pi \cdot A} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{\pi} \cdot K_G} \right)^2} \right) \text{ avec } K_G \geq \frac{2}{\sqrt{\pi}}$$

$$l = \frac{1}{2} \cdot K_G \cdot \sqrt{\pi \cdot A} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\sqrt{\pi} \cdot K_G} \right)^2} \right) \text{ avec } K_G \geq \frac{2}{\sqrt{\pi}}$$

L: longueur du bassin versant en (km)

l : largeur du bassin versant en (km) A : surface du bassin versant (km²)

K_G : indice de compacité de Graveleuse

Les valeurs obtenues pour le bassin de l'oued djedi sont : Longueur : L= 305 km.

Largeur : l = 110 km

II.7 CONCLUSION

Le bassin versant de l'Oued Djedi est alimenté par plusieurs effluents, qui parviennent des altitudes avec une pente très accentuée. Ce qui provoque un temps de concentration réduit des précipitations ; donc le ruissèlement se fait en dépit de l'infiltration et par conséquence une faible alimentation de la nappe souterraine d'Ouled Djellal.

De point de vue climatique la région d'étude est caractérisée par des hivers doux et peux pluvieux avec des précipitations irrégulières dans l'espace et dans le temps. En été le climat est sec et chaud avec des températures qui peuvent atteindre des seuils maximales pendant les mois juillet et aout. Ces conditions climatiques favorisent une évaporation très importante.

III. Hydrogéologie de la région :

L'étude hydrogéologique de la région d'Ouled Djellel sera un appui scientifique pour le choix du site du barrage souterrain sur l'Oued Djedi et en même temps détermination de la zone de la recharge de la nappe souterrain en s'aidant de la carte géologique de la région (figure n°14) .

De nouvelle carte piézométrique sont élaborées à l'occasion de cette étude après avoir effectué des mesures sur quelques forage sur les deux rives de l'Oued Djedi qui démontre l'état actuel du niveau de la nappe souterraine d'Ouled Djellel.

Dans cette partie, il est également important d'interpréter l'essentiel des travaux effectués sur le terrain à savoir :

- La reconnaissance de terrain et l'inventaire des points d'eau.
- Le nivellement des puits et forages du secteur d'étude en vue de l'établissement d'une carte piézométrique.
- L'estimation du volume d'eau extrait, et les ressources liées à l'inféro-flux.

III.1. Les principales ressources en eau de la région :

Les Ziban font partie d'un immense bassin sédimentaire qui est le "**Bas-Sahara**". Ce bassin est particulièrement bien doté en formations **perméables** autorisant la circulation souterraine des eaux .Les unes, surmontées de terrains imperméables, Permettent l'existence **des nappes captives**, tandis que les autres, situées au sommet des dépôts, sans couverture étanche, peuvent receler des nappes phréatiques.

Les eaux souterraines appartiennent donc, à un bassin hydrogéologique complexe dont les principaux éléments sont constitués par quatre ensembles aquifères superposés :

- Nappe phréatique "superficielle des alluvions "
- Nappe des sables du Mio-Pliocène
- Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur dite (nappe de Tolga)
- Nappe profonde des grès du continental intercalaire dite "**nappe albienne**".

En ce qui concerne les eaux de surface, nous trouvons Oued Djedi avec les principaux affluents. Autrement dit .des versants Est Sud de l'Atlas saharien, qui s'écoulent vers la cuvette du Chott Melghir. Ces apports illustrent dans un sens l'importance de la lame d'eau reçue, En plus de son impluvium propre à la région des Ziban, qui va alimenter les réservoirs souterrains

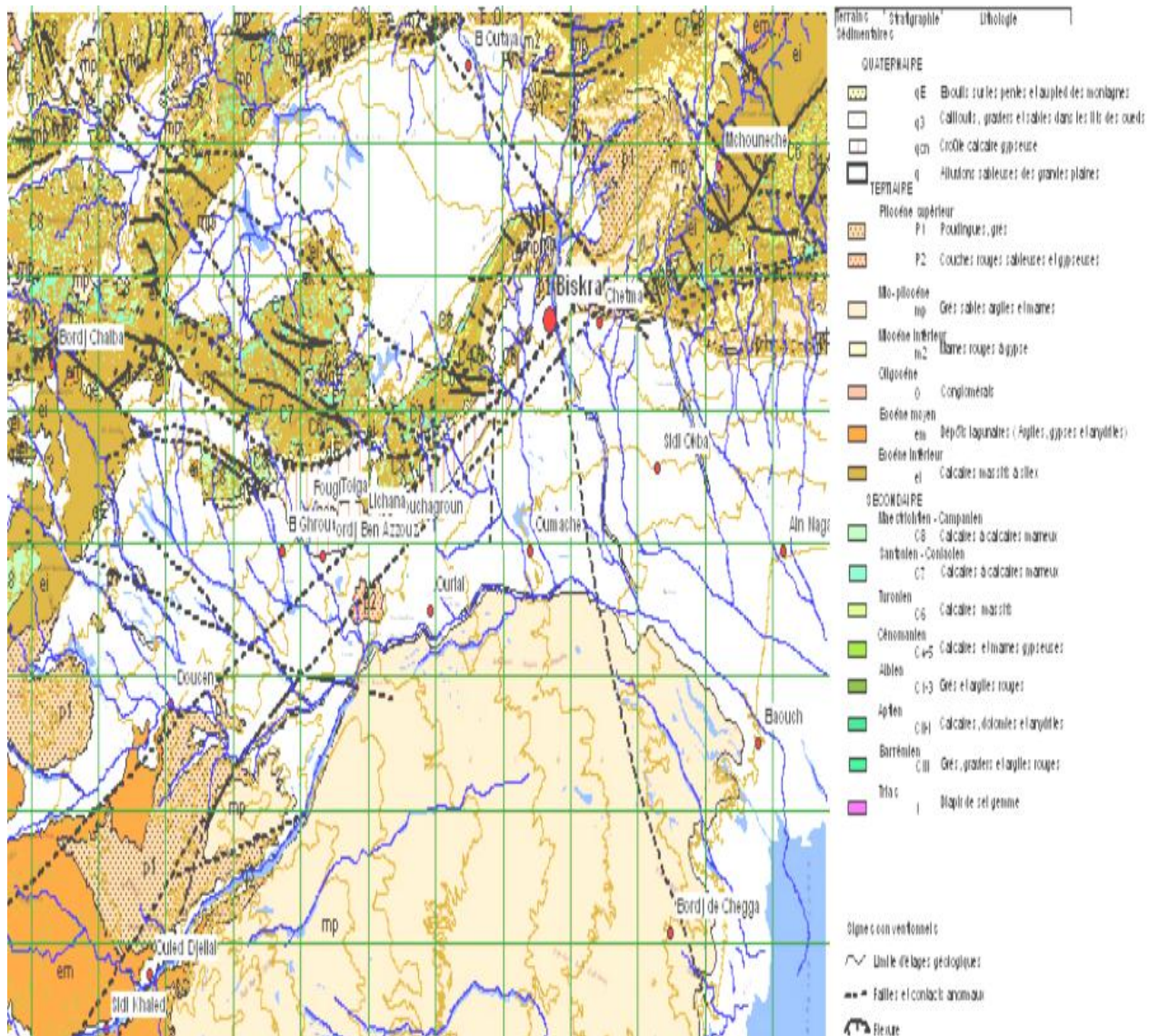


Figure. N °14 : Carte géologique de la zone d'étude , ANRH , 2000)

III.2-Etude de la nappe de l'inféro-flux de l'Oued Djedi :

III.2.1. Caractéristiques générales de la nappe

C'est une nappe d'inféro-flux .les nappes inféro –flux

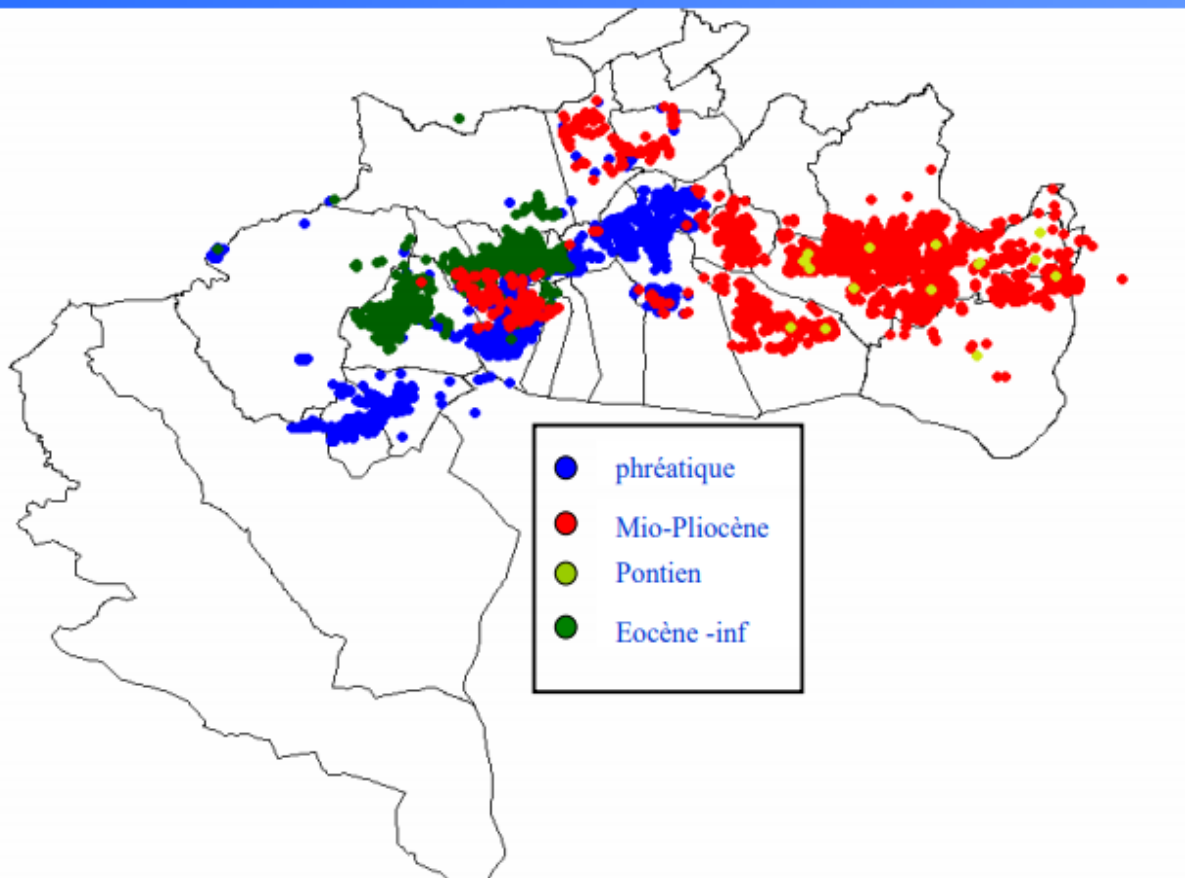
constituent la ressource

principale d'Ouled djallel. (Figure N°15). L'inféro-flux est un écoulement souterrain des eaux dans les alluvions et la couche d'altération de la roche sous-jacente, qui à été creusé par l'Oued Djedi. Cette nappe est libre alimentée par les crus ; Son exploitation se fait actuellement par des puits artésiens et des forages.

III.2.2. La morphologie de l'aquifère :

La morphologie de la cuvette est favorable à la conservation et la circulation souterraine des eaux. Il s'agit d'une gouttière topographique limité par un relief gneissique , comblée par d'alluvions provenant de la désagrégation des roches cristallines

Figure 15 : Répartition des points d'eau de la wilaya de Biskra (ANRH, 2000)



III.3-Hydrodynamique de la nappe:

L'écoulement de l'eau souterraine est déterminé par suivants : coefficient de perméabilité et transmissivité, gradient et charge hydraulique, et débit d'une nappe et vitesse, d'écoulement des eaux souterrains.

Les essais de pompage réalisé au niveau des forages F1.F2.et puits P2 (2017) ont donné :

Un transmissivité égal à $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Le coefficient d'emmagasinent varie entre 3,14% et 6,% Le débit d'inféro-flux donnée par la loi de DARCY en 2017 par Levassor est 1.26l/s.

Au site du barrage des essais de type de Lefranc ont été exécutés démontre une faible profondeur et dont les résultats sont donnés par le tableau suivant

Les valeurs montrent l'existence locale en subsurface, de niveaux fins limoneux.

Tableau N° 04 : Estimation des réserves exploitables

période	Epaisseur moyenne de l'aquifère (m)	Réserves exploitables
2017	10	6 H m ³

La source : Bureau. d'étude: BOUAOUD .F, 2017)

En dix d'exploitation, la réserve exploitable a diminué de 6 Hm³.

III.4. Mode d'alimentation de la nappe.

La nappe est encaissée entre la bordure de roches métamorphiques formant le relief. De sorte que le réseau hydrographique achemine les eaux de précipitation en convergeant vers l'aquifère alluvionnaire et alimente donc la nappe. Les eaux pluviales sont collectées dans l'aire de la cuvette ou s'établissent des crues.

La réalimentation de la nappe s'effectue, soit par infiltration directe des pluies, soit par infiltration des eaux de crues qui s'étalent sur les alluvions. Les apports pluviométriques interannuels sont estimés à 29 millions m³. L'infiltration directe des précipitations représentent un volume d'environ 1.6 millions de m³

La topographie avoisinante à la cuvette est plutôt favorable au ruissellement vers les bordures du lit majeur.

La recharge est favorisée par une faible pente du lit de l'oued, la lithologie perméable des alluvions de surface, les dépressions de la cuvette (grande aire réceptrice, possibilité d'épandage des crues.....) et les longueurs des crues qui dépassent le site du barrage, couvrant ainsi toute la cuvette, sont fréquentes. (Bureau.d'étude: BOUAOUD .F, 2017)

III.5. Piézomètre :

III.5.1. Inventaire des points d'eau :

Un inventaire des points d'eau est réalisé à l'occasion de cette étude effectué pendant le mois **de Juin en 2019** sur la cuvette d'Oued Djedi et ce à l'aide d'un GPS portable. Pour parvenir aux évaluations des ressources en eau souterrain de la nappe en fait une sélection et utilisation des données d'un réseau de 12 points d'eau. (12 forages ont ainsi été inventoriés.)

La mesure des niveaux piézométrique s'effectue depuis la surface à l'aide d'une sonde Piézométrique.

Les résultats des mesures ont été traités par le Logiciel COVADIS par (MR LOGRAICHI.Y) ; où il a fait ressortir de nouvelles cartes piézométriques en se basant sur les nouveaux niveaux piézométriques.

La plupart des puits mesurés sont destinée à l'irrigation des petites parcelles de cultures situées aux bordures de l'Oued Djedi . Ces puits sont réalisés selon le schéma traditionnel, et équipés, pour la plupart d'un empilement de bises en béton de différents diamètres, pour maintenir les parois.

Cet inventaire consiste à la mesure des paramètres suivants : profondeur des puits, niveau statique et la description des caractéristiques des ouvrages d'exploitation (équipement, usage).

Ces ouvrages sont équipés pour la plupart par un seul groupe motopompe.

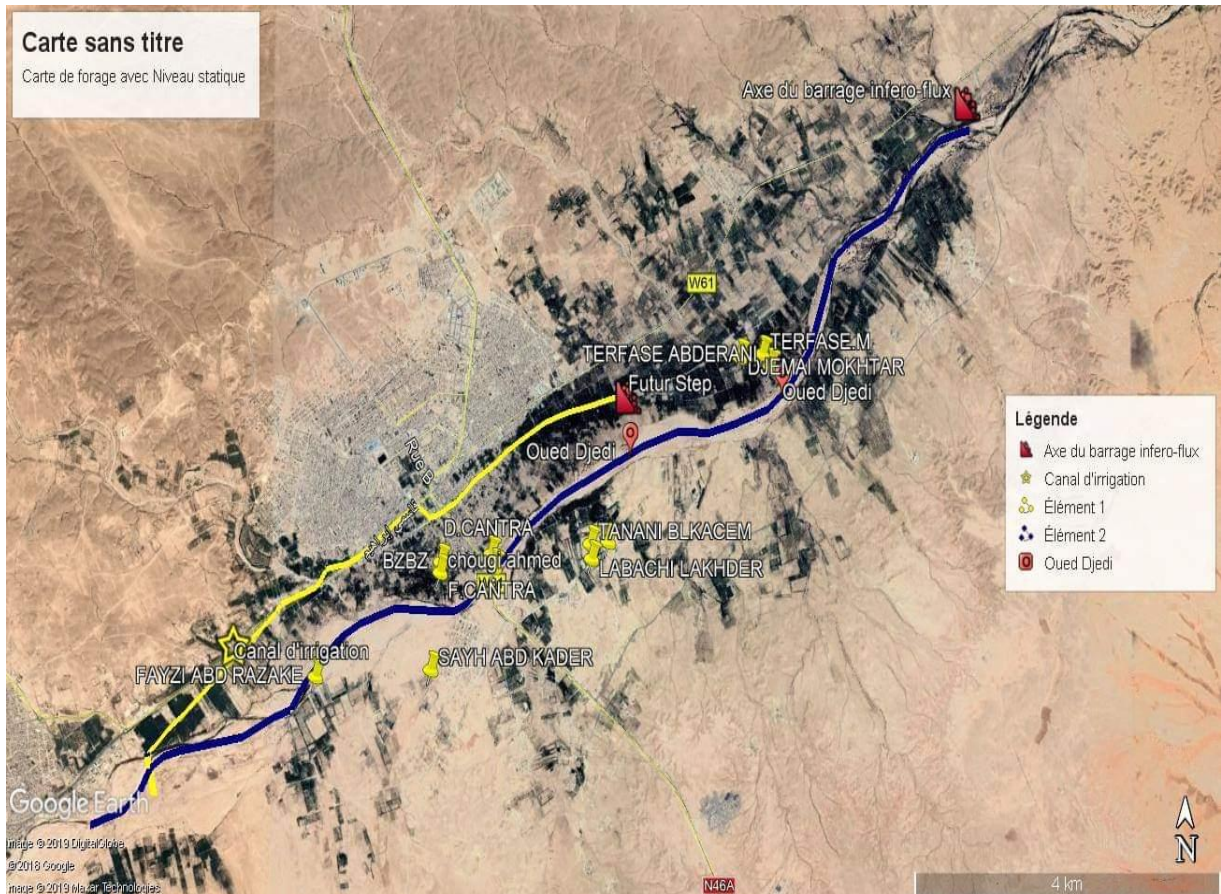


Figure n°16 : Prise de niveau piézométrique des 12 forages de la région d'Ouled Djellel ,(LAHLALI. A, 2019)

III.5.2. Interprétation de la carte piézométrique :

La carte piézométrique établie par (l'ANRH année 2000.) et réalisée par la méthode de triangulation, a permis de tracer les lignes de courant et par conséquent les principaux axes d'écoulement et les lignes de partage des eaux.

L'examen de cette carte à permis le calcul d'un paramètre très important dans l'écoulement, il peut être calculé de plusieurs façons notre cas, il est calculé par la formule Suivante :

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

I: gradient hydraulique (sans dimension).

H₁, H₂ : désignent les niveaux piézométriques déterminés par les courbes hydro-isohypses.

L : désigne la distance entre les deux points de niveaux piézométriques.

L'échelle de la carte est **2 cm ----- 0.5 km**

L'analyse des courbes hydro-isohypses permet de distinguer 04 principales zones :

- Zone Nord.
- Zone centrale.
- Zone sud.
- Zone sud-sud ouest

-Zone nord :

Les courbes hydro-isohypses sont très serrées sont parfois aplaties et parfois resserrées, les lignes de courant divergent vers le centre d'Oued Djedi. La cote la plus élevée est de 200m et la plus faible est de 180m.

Le gradient hydraulique varie de $1.22.10^{-2}$ à $8.56.10^{-3}$ ce qui va expliquer que la vitesse de l'écoulement d'eau est redressée du nord vers le sud de cette zone.

Ce dernier caractérise une forte perméabilité, justifiée par la présence des alluvions.

-Zone centrale :

C'est une zone de captage des eaux le niveau piézométrique est inférieure à 180m les lignes

De courant sont convergentes vers le puits 06. (Voir carte piézométrique)

Les courbes hydro-isohypses sont aplaties trop serrées ce qui explique un gradient hydraulique fort avec une grande vitesse.

Le gradient hydraulique est de $3.83 .10^{-2}$ entre les courbes piézométriques 180m et 200m

Caractérise les formations sables limoneux argileuse ce qui explique une faible perméabilité.

-Zone sud :

Les courbes hydro-isohypses sont aplaties. Les lignes de courant sont divergentes vers l'oued, avec un gradient hydraulique de $4.29.10^{-2}$ entre les courbes piézométriques 200m et 170m donc une perméabilité faible caractérise les formations sables argileux.

-Zone ouest :

Les courbes hydro- isohypses sont aplaties; les lignes de courant sont divergentes, l'écoulement se fait dans la direction, vers le cours d'eau. La cote la plus élevée 300m, et la plus faible est de 170m. Le gradient hydraulique est de l'ordre de $4.40 \cdot 10^{-2}$.

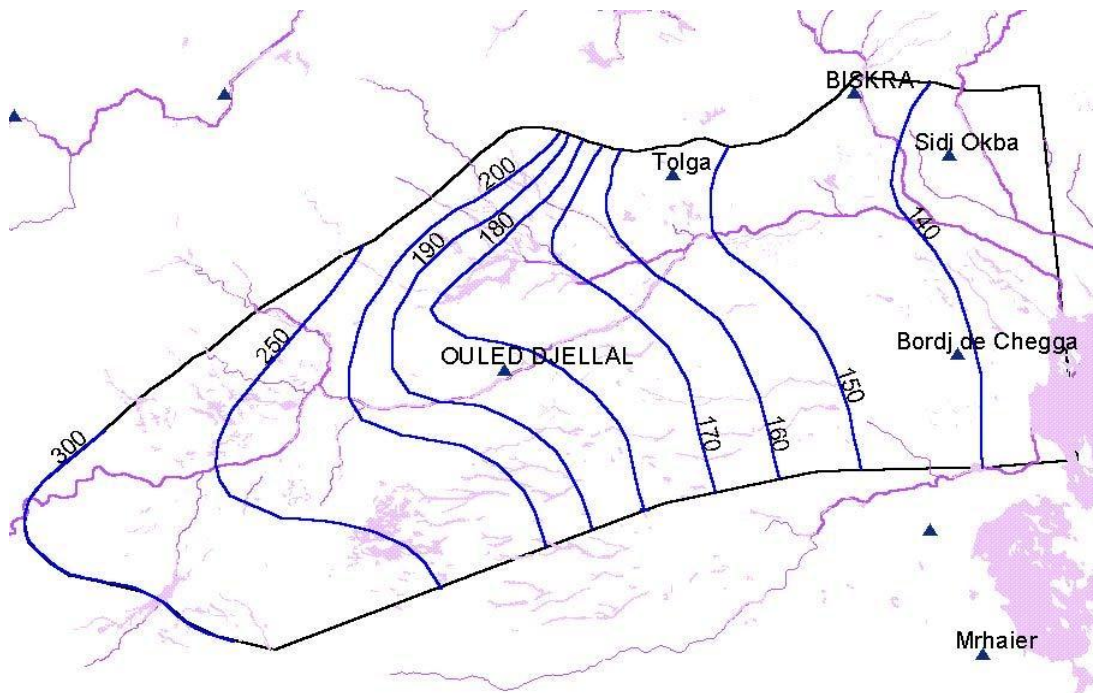


Fig. n°17. La carte Piézométrique de la cuvette de l'Oued Djedi (ANRH 2000)

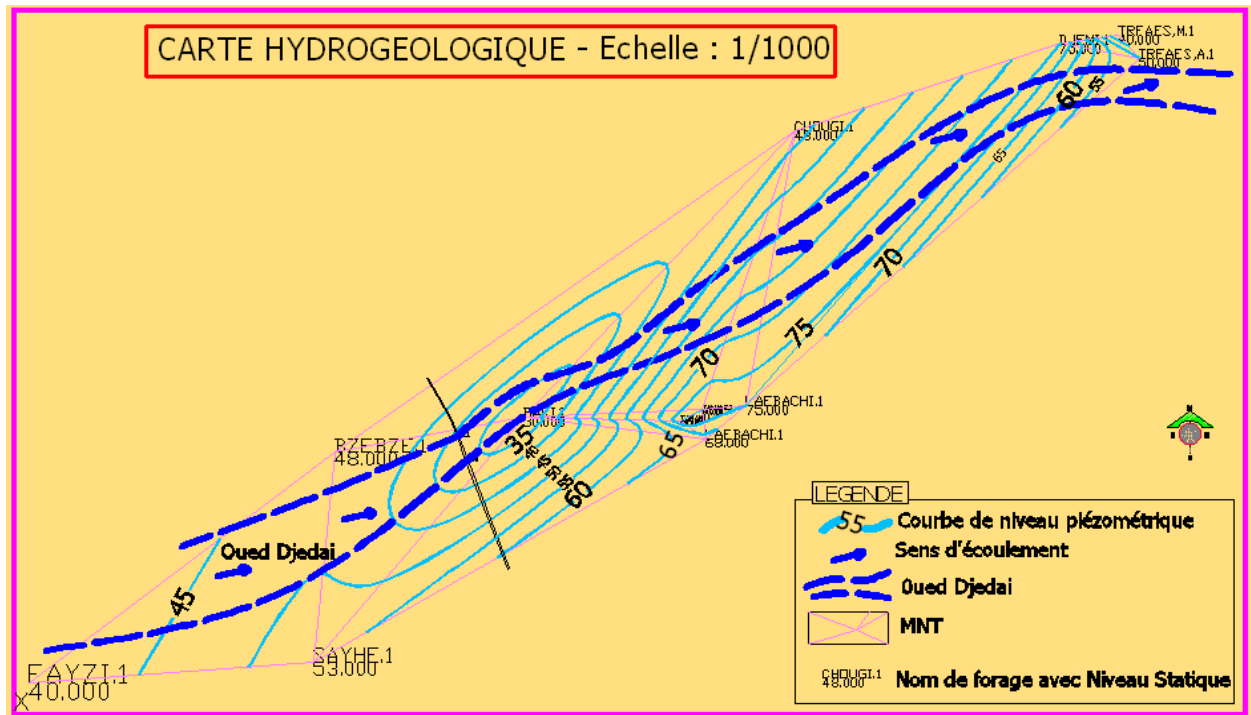


Figure. N °18: Carte piézométrique Juin 2019.(LAHLALI, 2019)

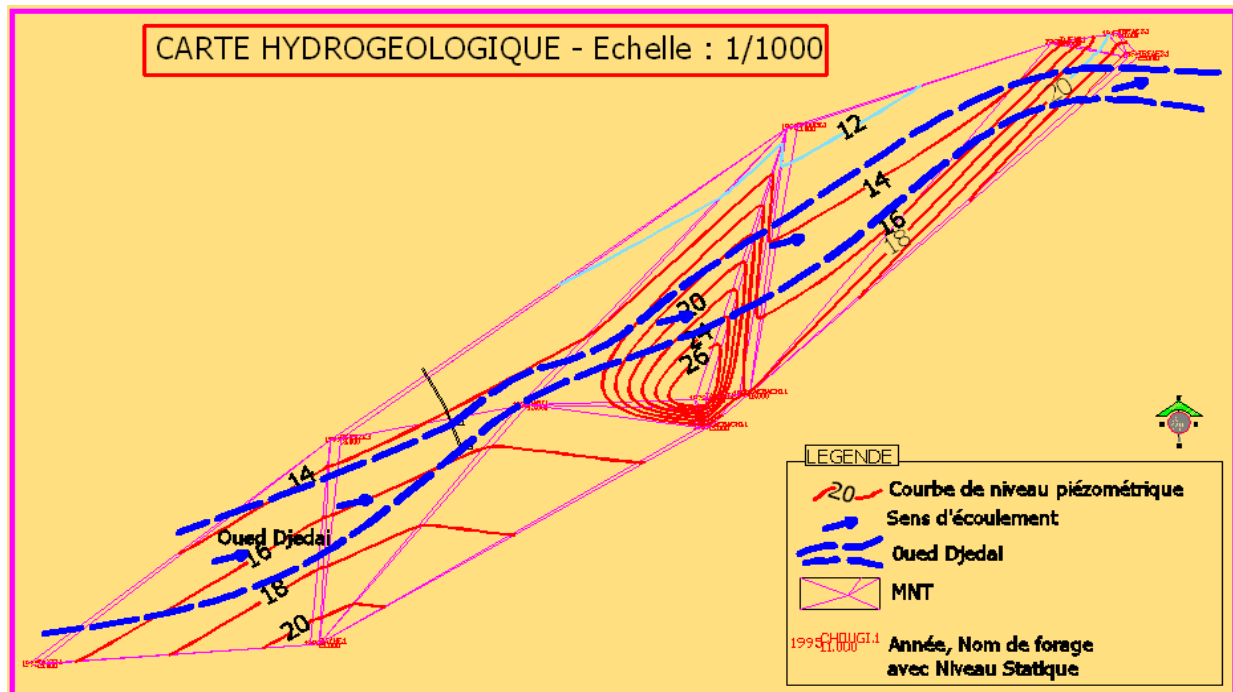


Figure N °19: Carte piézométrique; 1995/ 2019 (LAHLALI, 2019)

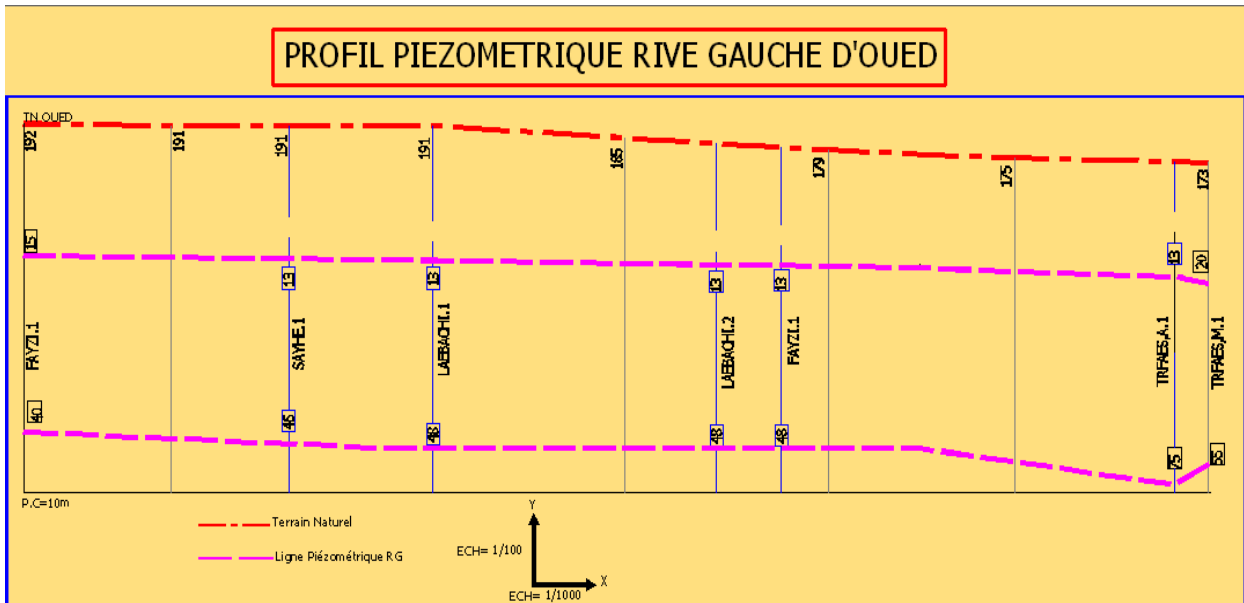


Figure N °20: Profil piézométrique Juin 2019, (LAHLALI .A, 2019)

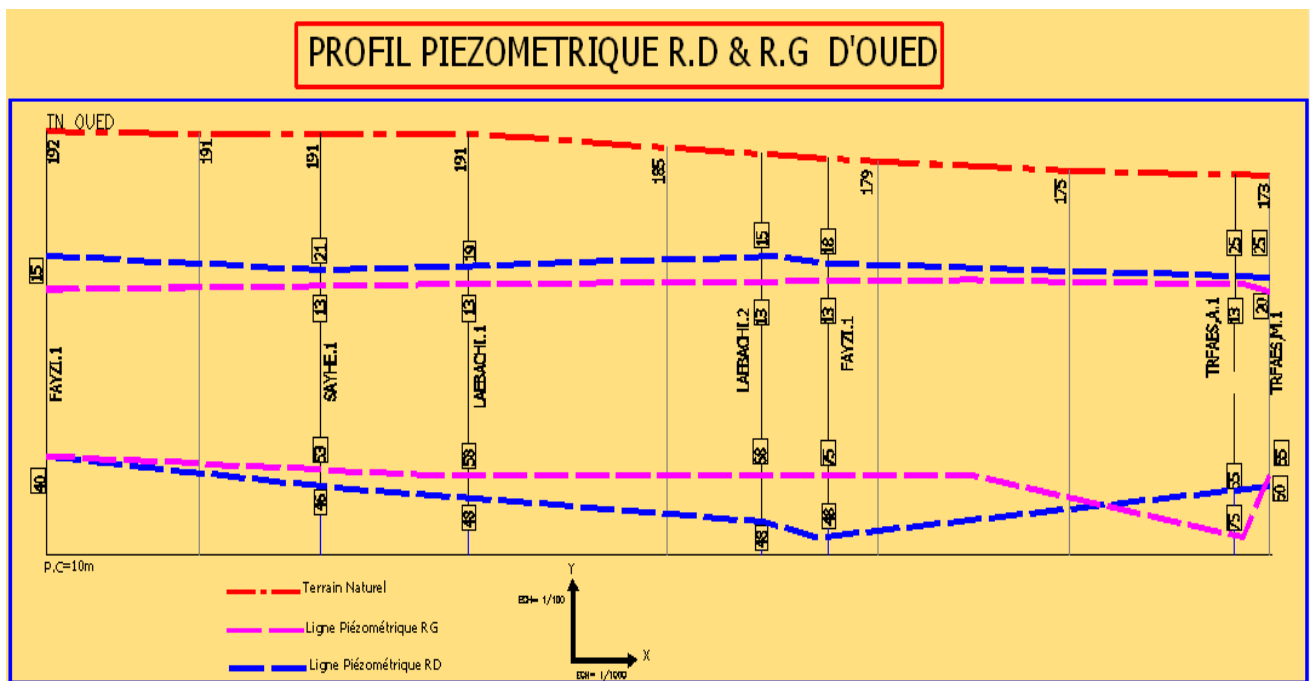


Figure N °21: Profil piézométrique 1995/ 2019, (LAHLALI .A, 2019)

III-6. Mode d'exploitation de la nappe

L'alimentation de la nappe de la cuvette dépend en grande partie des crues des Oueds. Le ruissellement provoque la recharge des alluvions. Cette recharge étant proportionnelle à la surface submergée et au temps de submersion. De ce fait la recharge ne peut être cernée que par une étude fréquentielle des apports comparés à la recharge effective observée par un réseau de piézomètres. En somme, les alluvions des oueds s'apparentent beaucoup plus aux réservoirs de surface c'est-à-dire les barrages qu'aux réservoirs souterrains (aquifères).

- L'infiltration des eaux dans le sol s'effectue lors des inondations du lit d'oued au moment des crues. Les débits de crue sont importants, et l'étude hydrologique estime le volume d'une crue décennale à 527 m³.
- Une deuxième source d'alimentation, non moins importante, provient de l'infiltration des eaux d'irrigation et des rejets des eaux usées.
- La troisième source d'alimentation dépend des précipitations directes sur la surface de cuvette selon le bureau d'étude : BOUAOUD .F, 2017) .

Conclusion

La nappe de ouled djallel est caractérisé par : L'épaisseur alluvionnaire atteinte de 35,5 m. La carte piézométrique montre que le sens d'écoulement de l'infero-flux suit parfaitement l'axe de la vallée (amont vers l'aval).

Le gradient hydraulique d'envoi de 0,003

Le débit de réservoir est estimé à 1,26l/s.

Le débit de l'infero-flux estimé à l'aide de la formule de DARCY est de 1,22 m³/s, le barrage souterrain permettra de récupérer le débit sous écoulé estimé en période sèche à 18,9 l/s (jan 1991) ; d'ou une augmentation des disponibilités en eau.

Selon la carte géologique Figure n°(14) Les fissures ou les failles qui existent dans la partie Sud Ouest d'Ouled Djellel aux limites de Sidi Khaled, peuvent être une zone de recharge de la nappe phréatiques dans cette zone, la nature géologique est **Eocen Moyen**. Les agriculteurs de la région d'Ouled Djellel et selon des observations déclarent que pendant les crues qui parviennent par l'Oued Laasal l'un des effluents Nord Ouest de l'Oued Djedi les niveaux de leurs forages augmentent et cette Oued passe selon la carte géologique au alentour des failles.

Introduction:

L'étude hydrochimiques sera basée sur l'interprétation des mesures des paramètres physico-chimiques et des analyses de 4 échantillons prélevée pendant le mois de juin 2019 dans la région d'Ouled Djellel au niveau des forages implantés dans les deux rives de l'Oued Djedi Voir carte de localisation du lieux de prélèvements figure n°. Elle a pour but de montrer la répartition quantitative des différents éléments dissous dans l'eau . L'appréciation de la potabilité des eaux et leur aptitude à servir pour l'A.E.P et l'irrigation

Les analyses ont été réalisées au laboratoire d'université Mohamed Kheider de Biskra.

Elles ont porté sur les éléments chimiques majeurs suivants : Les cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ .

Les ions : So_4^- Cl^- Co_3^- Hco_3^-

IV.1. Paramètres physiques:

➤ **pH** : C'est le cologarithme de la concentration en hydrogène .il mesure l'activité des

Ions H^+ contenus dans une eau .le pH détermine l'acidité de l'eau.

$$\text{PH} = -\text{Log} (\text{H}^+).$$

➤ **Température**

Dans les eaux de la nappe inféro –flux de la cuvette de Ouled Djelale , les températures mesurées varient entre $25,80 \text{ C}^\circ$ et $26,90 \text{ C}^\circ$. La température est presque stable, cela est du au fait que les prélèvements ont été effectués à des profondeurs de niveau d'eau relativement élevées.

➤ **Conductivité**

La conductivité permet de mesurer la propriété de l'eau à conduire le courant électrique qui Dépend de la concentration en sels dissous. Elle permet donc, d'évaluer le degré de minéralisation d'une eau.

IV.2.Paramètres chimique :➤ **Le calcium (Ca^{++}):**

Sa présence résulte principalement de l'infiltration des eaux météoriques à travers des formations carbonatées. La dissolution qui s'en suit est favorisée par le gaz carbonique provenant de l'atmosphère et du sol.

➤ **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.

➤ **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 sulfates (SO_4^-) :**

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

- ◆ Des formations gypseuses.
- ◆ Légère solubilité de $CaCO_3$ avec des passées gypseuses.
- ◆ Des eaux usées industrielles

➤ **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.

➤ **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.

IV-3- Les méthodes de travail :

Après les prélèvements des eaux de la nappe souterraine du bassin versant de l'Oued Djedi ; des analyses physico-chimiques sont effectuées au niveau des laboratoires de l'université Mohamed Kheider de Biskra en utilisant plusieurs méthodes déterminant la qualité des eaux souterraines du bassin versant de l'Oued Djedi de la région d'Oued Djellal :

*Recherche des éléments physico-chimiques entre anions et cations

*Utiliser quelques méthodes qui utilisent les résultats des analyses pour déterminer la qualité

des eaux analysés, ensuite présenté ces résultat selon plusieurs types de diagrammes.

IV.3.1- Représentation des eaux selon le diagramme de Piper :

Cette classification permet la représentation des échantillons en fonction des pourcentages des quantités en réaction des cations et des anions dans chaque triangle du diagramme. Nous obtenons un point triple pour les cations et un autre pour les anions de chaque échantillon.

Le prolongement des points dans le losange détermine un point unique caractéristique du faciès chimique de l'eau, qui permet une approche globale de la composition chimique des eaux.

Les points projetés dans les triangles (Fig. N°.23) montrent une tendance vers le pôle bicarbonate pour les anions et calcique ou magnésique pour les cations. Dans le losange, tous les points sont places dans l'aire du faciès bicarbonaté calcique ou magnésique.

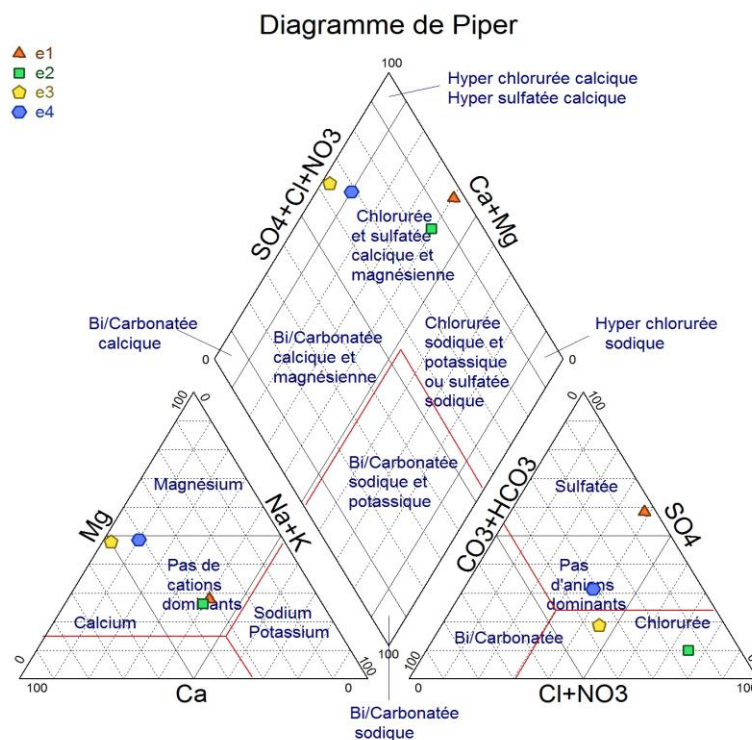


Figure. N °22. Représentation des eaux selon le diagramme de Piper (juin2019).

IV-4- Résultats et discussion :

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux utilisées à l'irrigation des 4 Périmètres étudiés sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau n° 5 : Tableau récapitulative des résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la nappe souterraine du bassin versant de l'Oued Djedi

L'eau	CE ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Cations solubles en (meq/l)				Anions solubles en (meq/l)			SAR	Classe Reverside
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO4 ⁻⁻	HCO ³⁻		
SEO	350	7.65	7.62	4.05	8	0.13	20	10.6	11	3.32	C4S1
F1	421	7.15	16.7	9.42	25.65	0.46	25.1	51	3.64	6.54	C2S1
F2	627	7.3	276	127	34	40	600	107	208	7.46	C2S1
F3	2080	7.41	50	29.17	2.87	0.2	34.66	54.08	134	24.22	C2S4
F4	521	7.54	89	63	25	0.3	70	80	102	2.867	C2S1

IV-4-1- Les caractéristiques physiques :**➤ pH :**

Les valeurs de pH obtenues pour les différents puits sont comprises entre 6,85 et 7,51, c'est-à-dire proche de la neutralité, avec une légère tendance vers la basicité, ce qui va expliquer l'absence des ions CO⁻.

Par ailleurs. Le pH d'équilibre de l'ensemble des échantillons analysés est inférieur au pH mesuré. Révélant le caractère incrustant des eaux.

➤ **Température :** On constate les valeurs mensuelles de la température présentent une moyenne de 20.3, elles varient entre une valeur maximal relevée en juin (2019) de 25.8°C, et une valeur minimale relevée en janvier (2019) de 8°C, pour les eaux brutes, et entre 25°C et 8.2°C avec une moyenne 15.95°C, pour les eaux traitées.

➤ Conductivité

Les résultats des analyses ont révélé les valeurs de la conductivité à 25.80 C° et 26.90 C° des 4 échantillons qui varient entre 4,3 .10² et 3. 10² $\mu\text{S/cm}$.

L'observation de l'histogramme de conductivité montre que (figure 24) la valeur de la

conductivité varie entre 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 640 $\mu\text{S}/\text{cm}$

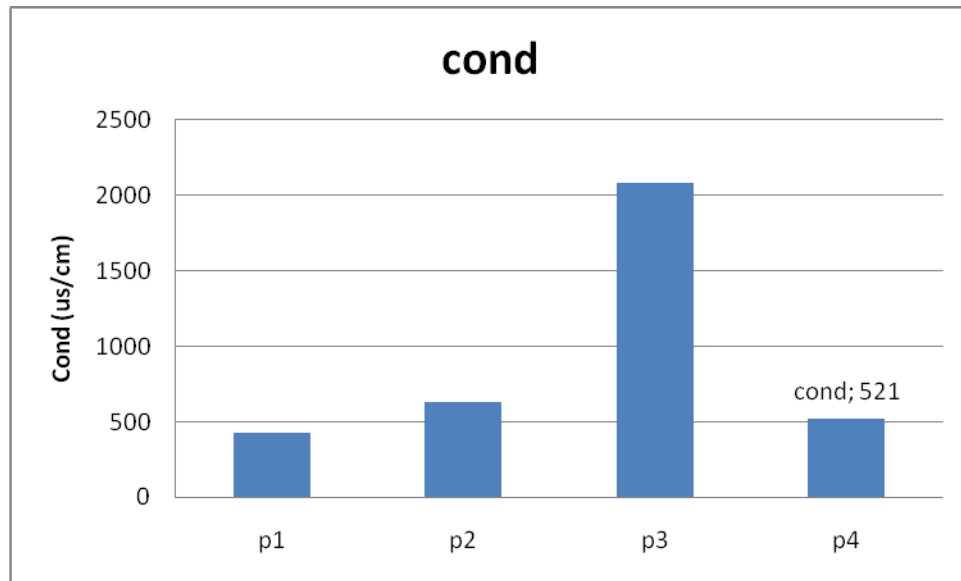


Figure N °23: Histogrammes des conductivités (juin 2019).

Les puits p1 et p4 sont les moins minéralisés alors que les eaux du puits p3 sont d'une dureté remarquable. Selon l'emplacement des points de prélèvement n'en constate que les puits à proximité de l'Oued Djedi présente des eaux faiblement minéralisés.

IV.3. Paramètres chimique :

➤ Le calcium (Ca^{++}):



Les teneurs de Ca^{2+} de la nappe libre sont comprises entre 1,88 méq/l comme valeur minimale, elles vont atteindre la valeur maximale 8,32 méq/l.

➤ 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.

On constate que les valeurs des concentrations en Mg^{2+} sont proches au niveau des différents forages. La teneur maximale est de 1,13 méq/l, et la concentration minimale est de 4,3 méq/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.

La teneur maximale de Na^+ est 7 még/l, et la concentration minimale est de 0,5 még/l, et la teneur maximale de K^+ est 0,4 még/l, et la concentration minimale est de 0,02 még/l.

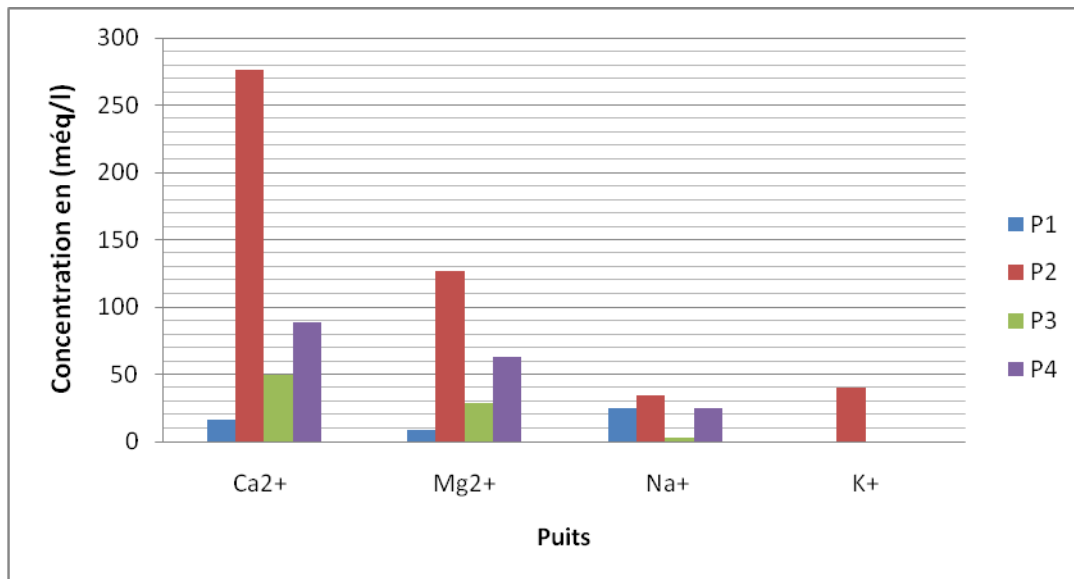


Figure. N °24: Histogrammes des cations des eaux de la nappe inféro-flux (még/l)

➤ **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. La teneur maximale de Cl^- est 5,5 még/l, et la concentration minimale est de 0,5 még/l.

➤ **Les sulfates (SO_4^{2-}) :**

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

- ♦ Des formations gypseuses.
- ♦ Légère solubilité de CaCO_3 avec des passées gypseuses.

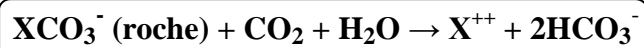
♦ Des eaux usées industrielles

La teneur maximale de SO_4^{2-} est 107 méq/l, et la concentration minimale est de 51.59 méq/l.

➤ **Les bicarbonates HCO_3^- :** 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 concentrations en HCO_3^- sont faibles, elles sont comprises entre 3,64 méq/l et 208 méq/l.

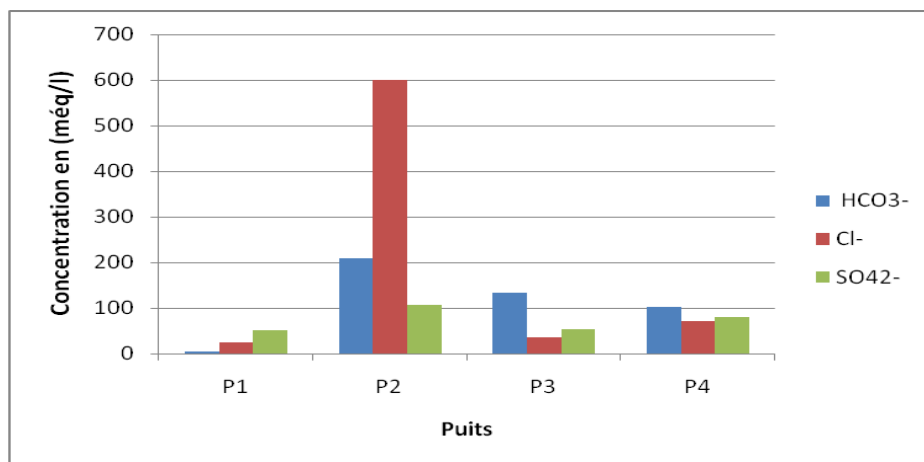


Figure. N °25: Histogrammes des anions des eaux de la nappe d'infiltration en (méq/l)

IV.4. Aptitude des eaux à l'irrigation :

➤ **Diagramme de Wilcox et Riverside:**

Le sodium est un élément des bases alcalines et alcalino-terreuses, joue un rôle important dans le maintien de la perméabilité des sols pour l'irrigation.

Pour déterminer ce risque, Wilcox a créé une classification qui considère le rapport du sodium absorbé par le sol (SAR) et la minéralisation totale.

Donc le SAR, sera calculé par la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na^{++}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Où les concentrations sont exprimées en méq/l

Nous allons utiliser les résultats des analyses physico-chimiques présentées dans le tableau n° 10

Tableau n° 6 : Classification des eaux d’irrigation de la nappe souterraine d’Ouled Djellel par le calcul du SAR(Sodium absorption ratio)

PUITS	SAR	CE(μS/cm)	Coordonnées	SAR	La classe
E1/P1	5.4307	421	XYZ	7.10	C ₂ S ₁ Excellente
			X,y, z	2.39	C ₂ S ₁ Excellente
E2/ P2	0.4561	627			
			X,y,z	0.45	C ₃ S ₁ Admissible
E3/ P3	24.22	2080			
			X,y z	2.87	C ₂ S ₁ Excellente

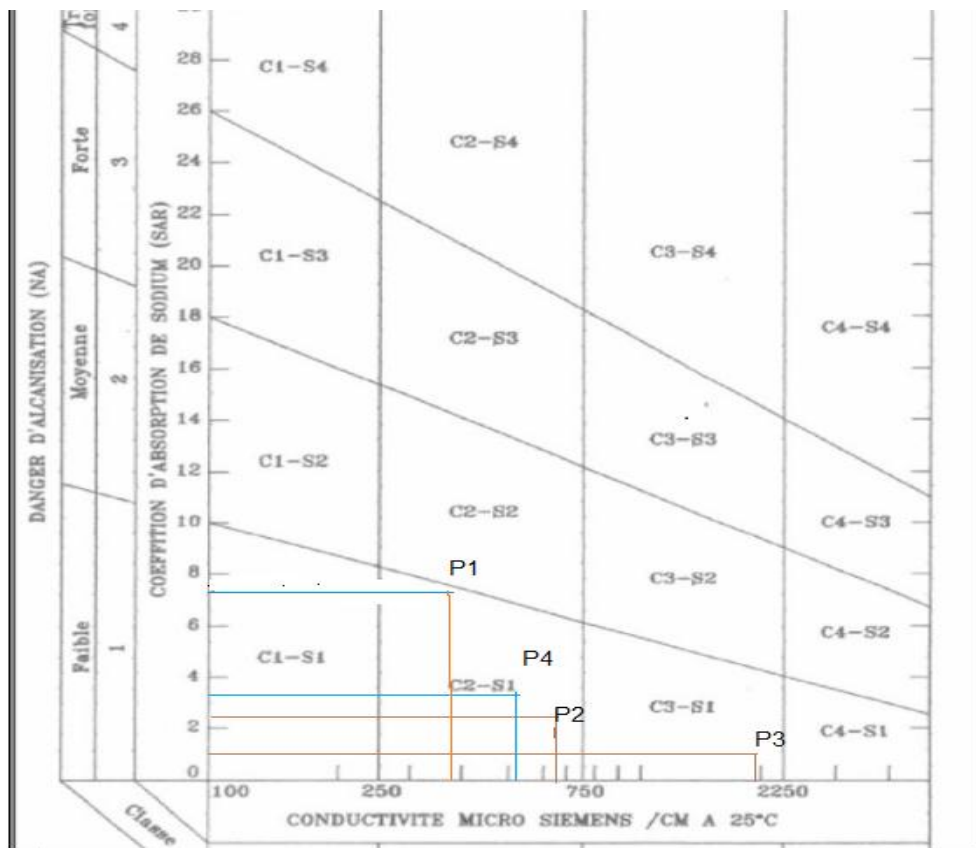


Figure. N °26: Diagramme de classification des eaux d’irrigation (Clément et Galent,.1979 in ZOUITA ,1999)

L'application de cette méthode sur les 4 prélèvements des eaux de la nappe positionnées sur les diagrammes de Wilcox et Riverside du fait de leurs conductivités non élevées les places dans la classe des eaux excellentes pour ; P1 ,P2 et P4 à admissible pour le P3 ; selon le calcul du SAR (Voir tableau n°11).

Les eaux d'inféoflux et admissible pour les eaux de socle. D'après les diagrammes de Wilcox et Riverside, ces eaux convenant à l'irrigation, elles ont une salinité faible. Le diagramme de Wilcox montre que l'eau de la nappe d'inféoflux est de bonne qualité pour l'irrigation (fig. n°28).

Cette méthode se traduit sous forme d'un diagramme qui définit cinq classes d'eau qui sont présenté dans le tableau suivante :

Tableau. N° 7 : classification des eaux d'irrigation(norme USDA) (AYERS , 1976 in ZELLA ,(1991))

Degré	Classe	Qualité	L'état d'utilisation
1	C1-S1	Excellente	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol. P1, P2, P4
2	C2-S1 C2-S2	Bonne	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité
3	C3-S1 C3-S2 C2-S3	Admissible	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée P3
4	C4-S1 C4-S2 C3-S3	Médiocre	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
5	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Mauvaise	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

Figure. N °27 :Diagramme de Wilox

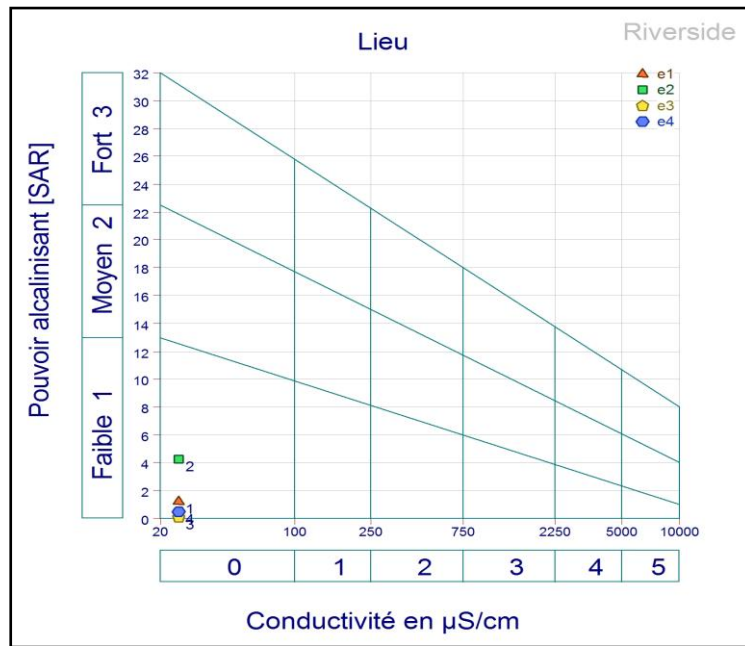


Figure. N °28: Diagramme de Riverside

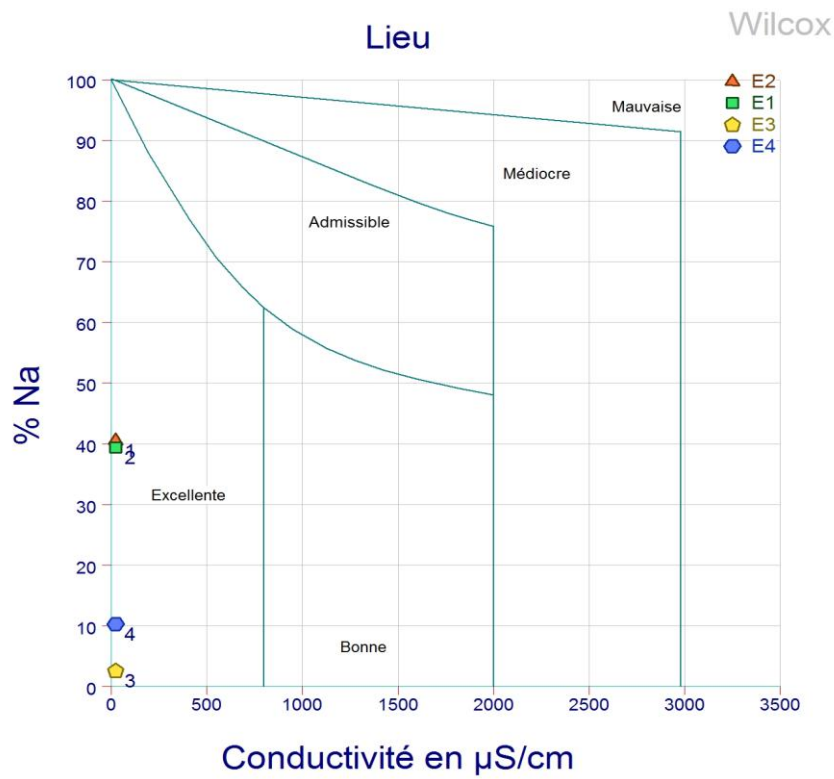


Figure. N °29 . Diagramme Riverside

Conclusion:

Les eaux de cette nappe inféofux de l'Oued Djedi qui est situé dans la région d'Ouled Djellel de Biskra sont peu minéralisées surtout à proximité de l'Oued et plus spécialement la partie Nord de la zone d'étude, les valeurs de la conductivité sont faibles pour la majorité des analyses en peu même déduire que dans les zone à faible minéralisation est faible salinité qu'il y a dilution de l'eau qui peut être due à la recharge de la nappe dans cette zone ; surtout pour les forages (P1, P2 et P4) , des études complémentaires doivent être faite pour prouver cette hypothèse .

Pour Le quatrième prélèvement P3 qui appartient à la partie sud de l'Oued est peut être d'un autre type de captage ; c'est le seul prélèvement parmi les 4 effectués et qui a été pris dans la partie sud de l'Oued dans un puits éloigné de la rive présente des valeurs élevé de la conductivité donc une minéralisation élevé mais une qualité admissible

La faible minéralisation des eaux est liée à la nature lithologique de l'aquifère, qui est essentiellement quartzitique. Les eaux de la nappe sont douces, ce qui en fait des eaux chimiquement potables et propres à l'irrigation. Les différentes classifications chimiques adoptées permettent de distinguer que le faciès bicarbonaté calcique est prédominant.

Introduction:

Les barrages souterrains sont destinés à capter le débit naturel souterrain d'exhaure et donc d'améliorer les disponibilités en eau dans les régions à faible pluviométrie . Le principe du choix du site favorable pour un barrage souterrain est le même que celui d'un barrage superficiel, c'est-à-dire qu'il faut choisir un site qui peut retenir un maximum d'eau pour un coût minimum.

Etude d'aménagement d'un barrage Infero-flux sur l'Oued Djedi d'Ouled Djellel, a été réalisé par le bureau d'étude ; BOUAOUD .F, 2017), cette étude c'est basé sur d'autres études ; hydrologique, géologiques, hydrogéologiques....etc.

Le choix du site du barrage est d'une extrême importance c'est lui qui déterminera la stabilité du corps du barrage souterrain, et la recharge de la nappe souterraine d'ouled Djellel qui est alimenté par l'Oued Djedi qui portera le corps du barrage.

Dans la zone d'étude l'ouvrage hydraulique existant depuis 1947 sera évoqué dans cette étude vue son utilité pour l'alimentation du barrage souterrain de la région d'Ouled Djellel. Des propositions et des recommandations à la fin de ce chapitre.

V-1- Les causes de la mise en place du barrage inféro-flux.

La réalisation du barrage souterrain appelé barrage d'inféro-flux est destinée à récupérer la nappe d'infero -flux et présente de multiples avantages ; ils sont en général faciles à réaliser par rapporte à un barrage.

Le barrage souterrain ne pose pas de problème de sécurité et en même temps il réserve d'eau souterrain de la pollution et les protège de l'évaporation.

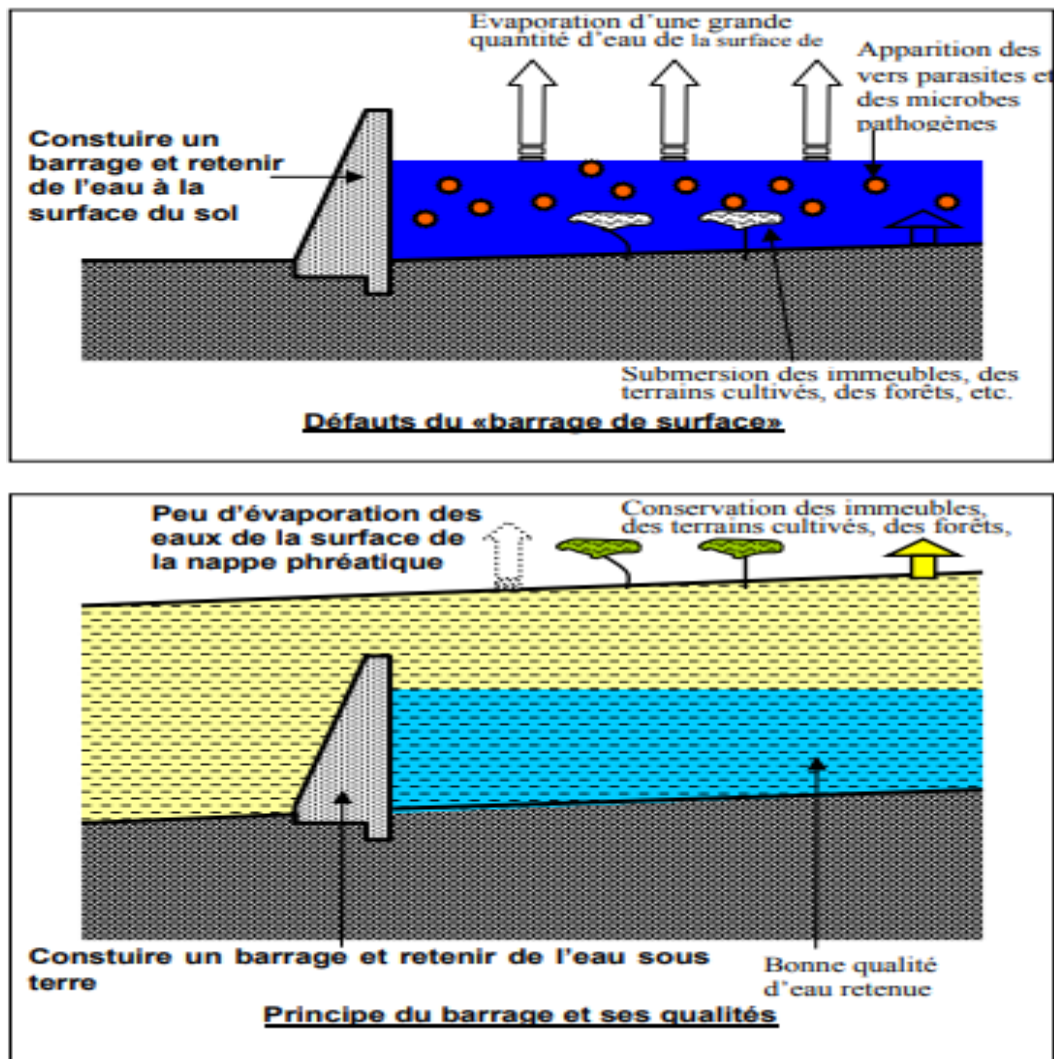


Figure n° 29 : Différence entre barrage et barrage souterrain

La mise en place du barrage souterrain consistera à empêcher la vidange naturelle de l'aquifère. Il s'en suivra :

- Un relèvement du niveau statique de la nappe.
- Une modification, à la baisse, du gradient d'écoulement naturel.
- Un volume d'eau retenu par le barrage de 1,15 million de m³.

Un déversement superficiel (émergence) de la nappe sur le (seuil) de l'ouvrage, en l'absence de rabattement de la nappe par pompage à l'amont de l'ouvrage.

Le rabattement régulier de la nappe dans la partie aval de la cuvette est indispensable pour protéger la surface libre de la nappe de l'évaporation par conséquent, le captage se fera préférentiellement dans cette zone.

La situation nouvelle de la nappe engendre la création conventionnelle de deux types de réserves :

1. les réserves permanentes qui sont constituées par tout le volume d'eau retenu souterrainement par l'ouvrage.

2. les réserves dynamiques, plus importantes lors de la recharge, elles correspondent à la surface libre de la nappe prise l'ensemble de la cuvette (Bureau.d'étude: BOUAOUD .F, 2017)

V-2- Le choix du site de barrage :

Le choix du site de barrage est important pour capter tout l'écoulement de la nappe et relever le niveau statique de la nappe. Ce choix nécessite une bonne connaissance de plusieurs paramètres ; Géologique, hydrologique, hydrogéologique, climatiques et même historique.

La région d'Ouled Djellel dispose d'un ancien ouvrage hydraulique qui date de 1947 qui se trouve dans la partie Sud Ouest et qui existe jusqu'à ce jour et qui peut être mis en réhabilitation vue son importance pour la région (voir photo n° et figure n° 32 carte google) cet ancien ouvrage peut aider pour l'alimentation du nouveau barrage souterrain

site propose situé sur l'Oued Djedai, sur les coordonnées :

X : 31 S

Y : 689144.47 m E

Z : 3809885.94 m N

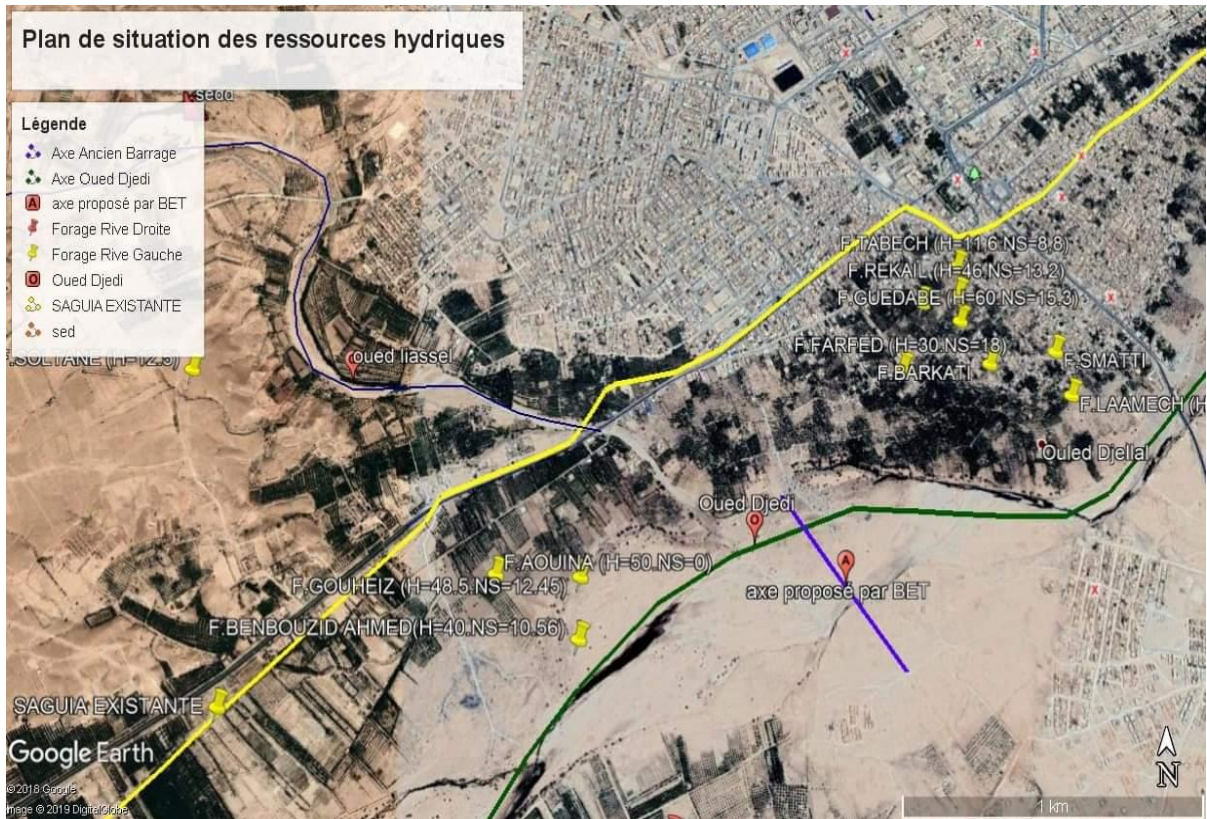


Photo N °1: Barrage infero-flux sur l'Oued Djedi (Ouled Djellal de Biskra) par rapport à l'ancien ouvrage hydraulique, (LAHLALI .A ,2019)



Photo N °2: Axe de barrage infero-flux sur l'Oued Djedi (Ouled Djellal de Biskra). (LAHLALI .A ,2019)

***De point de vue technique le choix du barrage souterrain qui doit être exécuté sont :**

- La transmissivité déterminée est égal à $1,7 \cdot 10^{-3}$ m²/s.
- Le coefficient d'emmagasinement varie à 25%
- L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les crues.

La mode d'exploitation de la nappe d'une part à partir des puits des paysans pour l'irrigation et d'autre part à partir des forages d'A.E.P.

L'emplacement de barrage inferoflux est proposé par le bureau d'étude de dans la partie Nord Est de la localité d'Ouled Djellel vers Biskra voir la carte Figure n° ...

L'ménagement se compose de l'amont à l'aval par :

- Cande d'approche
- Seuil déversant
- La Palplanche

V-2-1- La fiche technique de barrage infero-flux d'Ouled Djellel.

- Longueurs des créés : 131.4 m.
- Profondeur maximale: 10m.
- Capacité de stockage : 1.200.000.00 (BOUAOUD .F, 2017)

Tableau n° 8 : Caractéristique de coupe de barrage

L'aménagement	Seuil déversant (en béton armée)	Mur paroi moulée (en béton armée)	Canal d'approche (en béton armée)	BASSIN d'affouillement en enrochement	Restitution En enrochement
Dimension	B=1m H=1.5m L=112m	B=0.7m H= 7m L=112m	B=112 m H=2.5 m L=5 m	B=112 m H=1.5 m L=10 m	B=112 m L=5 m
	Type Creager				

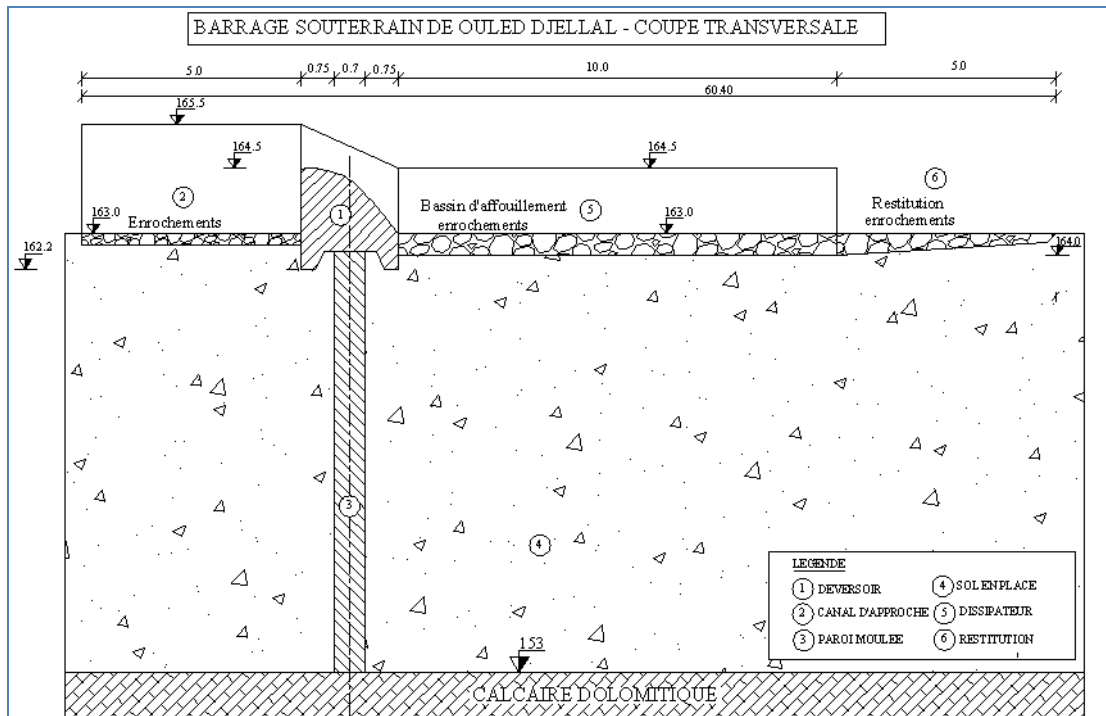


Figure. N °30: Coupe transversale de barrage souterrain sur Oued Djedi
(BOUAOUD .F, 2017)

V-3- Estimation du débit de l'inféro-flux

* Réserves statiques

Les réserves (réserves totales) emmagasinées en période des hautes eaux ont été évaluées selon les mesures effectuées au niveau de la nappe (niveau de l'aire alluviale et du socle fissuré).

Ces mesures sont liées aux paramètres de calcul, notamment la superficie et la valeur de porosité efficace. (Pour la nappe libre)

-Le calcul des réserves est effectué par la méthode suivant :

Avec : $W = V \cdot N_E$.

$$V = S \cdot E_{\text{moy}}$$

V : volume (m^3)

E_{moy} : épaisseur moyenne saturée.

N_E : porosité efficace (10% pour les alluvions et 5% pour le socle fissuré).

W : réserve d'eau statique

S : surface (longue largeur) de l'aquifère

(m²). Donc les résultats sont :

$$W = S \cdot E_{\text{moy}} \cdot N_E \quad S = L \cdot l = (9000 \cdot 300) = 2700000 \text{ m}^2$$

$E_{\text{moy}} = 7,5$ pour les alluvions et $11,5$ pour le socle

fissuré. Donc :

$$W_1 = 2700000 \cdot 7,5 \cdot 0,10 = 2025000 \text{ m}^3 \quad (\text{pour les alluvions})$$

$$W_2 = 2700000 \cdot 11,5 \cdot 0,05 = 1552500 \text{ m}^3 \quad (\text{pour le socle}$$

fissuré) Les réserves totales sont de l'ordre $W_1 + W_2 = 21,8075$ millions de m³

Selon le bureau.d'étude: BOUAOUD .F, 2017)

*Réserves dynamiques

On tente d'estimer le débit (Q) du sous écoulement de l'inféro –flux utilisant par la loi de DARCY :

$$Q = K \cdot S \cdot I$$

Avec : Q : débit de l'inféro –flux (m³ / s)
S) K : perméabilité du milieu (m / s)

I : Gradient hydrique au niveau de la section sans dimension.

S : Section à travers laquelle s'effectue l'écoulement (m²)

$$S = 350 \cdot 10 = 3500 \text{ m}^2.$$

$$K = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ (m/s)} \quad \text{au site de barrage inféro-flux (F .Djdai -1991)}$$

$$I = 0,003$$

$$\text{Donc: } Q \text{ (m}^3 \text{ / s)} = 0,00126 \text{m}^3 \text{ / s.} = 1,2 \text{l/s}$$

(BOUAOUD .F, 2017)

Remarque :

Le gradient hydraulique a été établi d'après le profil piézométrique le long l'axe de l'oued d'Ouled Djellel ; le débit de l'inféro –flux dépend du niveau statique de l'Oued Djedi, il augment avec le relèvement du niveau statique et aussi il dépend des débits pompés au niveau de la nappe.

V-4-LES PROPOSITIONS:

En plus de la construction du barrage inféro-flux qui doit être construit sur l'Oued Djedi d'Ouled Djellel, on propose d'autres aménagements, qui ont pour but d'enrichir les solutions de la zone d'étude, nous avons proposé des variantes comme suit :

1- Réhabilitation d'un barrage existant sur Oued Djedi, ainsi le canal d'irrigation qui longe toute la communauté d'Ouled Djellel du son Sud Ouest vers son Nord Est et se termine à nouveau dans l'Oued Djedi après avoir servi à l'irrigation de tout les parcelles agricole d'où il passe (voir photo n° et

Photo n°)

*** Le canal d'irrigation:**



Photo N °3: Retenu Oued Djedi, (LAHLALI. A., 2019)

Le barrage contient un système d'irrigation se forme d'un canal à plusieurs section (rectangulaire, demi cercle et trapézoïdale), l'état de cette dernière et totalement ensasé nécessite un curage périodique chaque passage des crues



Photo N °4: Saguiat de Traifia, (LAHLALI. A., 2019)

Le départ Seguia d'oued TRAFIA détérioré, nécessite une réfection

Réhabilitation d'un barrage existant sur Oued Djedai, ainsi le canal d'irrigation.

En 1947, un barrage provisoire est établi en amont de la localité, les travaux devaient être poursuivies et le service de l'hydraulique fore et équipe 3 puits à grande profondeur, mis à la disposition des besoins collectifs. Ainsi les récoltes de dattes bénéficient d'une valeur commerciale, les pâturages sont améliorés et de reconstitution. D'où importantes palmeraies européennes

La grande palmeraie de la ville, située à la sortie est de la ville est appelée : Deiffel. Toute la ville d'Ouledjellel. Etait traversée par le "SEIL", qui irriguait les jardins de la ville irriguait les jardins de la ville ainsi qu'une partie de la palmeraie appelée "Ghaba".

D'un barrage existant sur oued djedai destiné à l'irrigation (31s, 686069.94 m E, 3808307.05 m N) que à été réalisé en (1947 à 1958) (https://jeanyvesthorrignac.fr/wa_files/INFO_20_20425_20OULED_20DJELLAL.pdf).

Présentation de l'ancien ouvrage hydraulique: En suppose que cet ouvrage qui existe avant l'indépendance

***Le Corps de l'ouvrage hydraulique**

1- Photo N °5: Le corps de barrage (LAHLALI.A, 2019)

Le corps de barrage a été réalisé sous la forme d'un seuil déversant en gabions le long transversal de l'Oued Djedi. Le corps est en état de dégradation, nécessite un réaménagement.

****Evacuateur des crues:**

Photo N °6 : Evacuateur de crue - Oued Djedi, LAHLALI.A, 2019)

Réhabilitations avec un curage de l'Evacuateur : L'évacuateur des crues il est en béton armée, en bon état, nécessite une réfection sur les murs latéraux.

3-Réhabilitation d'un Sed Existant sur Oued DIFFEL.

- **Proposition de la rehabilitation d'un Sed existant sur Oued DIFFEL.**



Photo N °7: Retenu Oued Djdia, (LAHLALI. A., 2019)

Le Sed existant sur Oued Diffel se forme d'un seuil déversant en béton armée, il est en bon état nécessite une réfection dans quelque endroit, avec le système d'irrigation se forme des SAGUIA.



Photo N °8: Sed Diefel; (évacuateur de crue) , (LAHLALI. A, 2019)

À la sortie de Sed une Seguia existant vers les palmerais avoisinantes, le départ de cette dernière est état de dégradation.

3-Réhabilitation d'un Sed existant sur Oued LIASSEL.



Photo N °9: Crête de barrage du Sed Oued Laassal, LAHLALI. A, 2019)

Le Sed existant sur Oued LAASSEL se forme d'un seuil déversant en béton armée, il est en bon état nécessite une réfection dans quelque endroit, avec le système d'irrigation existant se forme des SAGUIA.



Photo N °10: Seguiat de Sed Oued LIASSEL)

Début de Seguia LIAASEL à partir de Sed existant en (1947).

4-Réhabilitation d'un Sed Existant sur Oued TRAIFFIA.



Photo N °11: (Sed Traiffia,LAHLALI. A, 2019)

Le Sed existant sur Oued TRAIFFIA se forme d'un seuil déversant en béton armée, il est en bon état nécessite une réfection dans quelque endroit, avec le système d'irrigation se forme des SAGUIA.

5-Recharge Artificielle de la nappe :

Les opérations de la recharge artificielle permettent de compenser un débit de sécurité insuffisant et aussi de définir les zones favorables à cette recharge ainsi que les actions à entreprendre pour améliorer bien cette opération.

Les paramètres jouant un rôle fondamental dans le processus de recharge concernent d'une part les caractéristiques des eaux destinées à la recharge et d'autre part celles du milieu récepteur à savoir l'aquifère.

Il ya donc lieu de considérer les conditions hydrologiques, géomorphologiques, pédologiques, géologiques, hydrogéologiques et hydrodynamiques qui vont contrôler et conditionner le processus de réalimentation.

L'alimentation artificielle est pratiquée pour maintenir des taux d'infiltration élevés et accroître la surface mouillée ainsi que le temps de contact entre l'eau et le sol. Les ouvrages de recharge doivent comprendre des dispositifs destinés à sélectionner et régulariser les débits à infiltrer ainsi que les appareils de mesure et de suivi.

Le choix du dispositif à mettre en œuvre dépend de l'adéquation des quatre facteurs :

- Ressource en eau disponible pour la recharge ;
- Contexte hydrogéologique ;
- Surface disponible ;
- Objectif.(ENNAJI Widad,Mémoire de fin d'études pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Etude de la zone favorable pour la recharge artificielle de la nappe phréatique Mansra, 2014)

Conclusion et recommandation :

Cette étude a été à prouvé par le maitre d'ouvrage (DRE Biskra),elle est faisable pour une réalisation d'un barrage infero-flux au niveau de la commue Ouled Djellal sur l'axe de l'Oued Djedai. La réalisation de cette étude à été inscrit au niveau de L'ANBT.(Agence Nationale des Barrages et Transferts)

Sur la base de la faisabilité de barrage infero-flux, nous avons approfondi les solutions technique pour suggérée d'autre variantes d'aménagements ; qui serviront sans aucun doute à la régularisation du débit de l'Oued Djedi vue que ; Oued Diefel, O.Laassal, sont tous ces effluents et servent à son alimentation et par conséquence ; l'alimentation du barrage souterrains infero-flux de l'Oued Djedi.

CONCLUSION :

Du point de vue faisabilité le barrage souterrain sur l'oued djeddai est réalisable et n'implique aucune difficulté technique particulière. Toutes les variantes sont techniquement réalisables. Reste que c'est l'économie qui départage entre les alternatives proposées.

Au vue des résultats de l'étude des cours des alternatives, la variante barrage inferoflux de type combiné paroi moulée- clé d'étanchéité proposée au client est assez économique comparativement a toutes celles qui ont été étudiées.

En effet il est aisé de constater que cette solution est la moins couteuse. L'ouvrage peut assurer la pérennité d'une grande partie des besoins de l'irrigation, permettant ainsi le développement du secteur de l'agriculture. Le barrage n'implique pas de submersion de terres et n'entraîne donc pas de grave destructions de la nature ni de problèmes, tels que le déplacement de population.

Dans le barrage souterrain, l'eau accumulée dans le sous sol a une qualité largement meilleure que l'eau de surface, et peut être consommée sous réserves d'additifs chimiques comme l'eau tirée des puits ordinaires.

Le barrage souterrain dont le corps est logé dans sol présente une stabilité mécanique remarquable par rapport au barrage en surface et ne nécessite donc pas d'entretien. Même s'il est endommagé, les dégâts ne s'étendent pas aux régions situées à l'aval.

Dans le cadre de cette etude le il y a plusieurs propositions de rehabilitation qui seron rentable pour l'alimentation de la nappe souterraine de l'oued Djedi et par concéquences une bon rendement après la construction de l'inféro- flux qui sera construit dans le site choisi par le bureau d'étude qui convient à nos propostion vue qu'il y aura l'instalation d'une STEP à la sortie d'Ouled Djellel dont les rejets traits alimenteront l'Oued Djedi et par consequence l'alimentation de la nappe inféro- flux.

Conclusion General

Le barrage inféro-Flux sera bénéfique pour la region d'Ouled qui est une zone à vocation agricole, et qui souffre actuellement d'un stress hydrique qui a provoqué une chute des rendements, le barrage souterrain est une solution pour les problem de cette region à court et à long terme.

Références bibliographiques :

- Dubieff, 1953 in Chabour. N, 2006). Mémoire de doctorat de (Hydrogéologie s domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie) (**Chabour Nabil .2006**).
- (Nesson, 1978; Chabour Nabil,2006). **Nesson C.** (1975) : L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas-Sahara algérien ; Recherches sur l'Algérie. Mémoires et documents. Service de doc. et de cartographie géographiques. CNRS. Nouvelle série, V17. pp. 7- 99.
- (OULD BABA SY, 2005) **Ould Baba Sy M.** (2005) Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara
- Septentrional. Thèse Doctorat en Géologie, Univ. Tunis, El Manar.
- (BRL, 1998a) Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes. Rapport sur les connaissances d'ensemble. A.N.R.H. Algérie.
- (B.ETUDE BOUAOUD .F) :(Bureau.d'étude: BOUAOUD .F, 2017)(etude d'un barrage infero-flux sur oued djedai commune ouled djellal)
- BUREAU D'ETUDE BARA MOHAMED(مكتب النجاح الدراسات في الري -بغزة محمد
- **ZOUITA ,N** ; (1999) : Contribution a l 'étude de l'extension de l'aire d'irrigation de Hamma Bouziane (Constantine) ,et l'élaboration d'un Réseau d'irrigation pour les (800ha) irrigués partir de la station d'épuration (ibn Ziad)) mémoire fin d'étude de ingénieure D'état en agronomie.
- (https://jeanyvesthorrignac.fr/wa_files/INFO_20_20425_20OULED_20DJELLAL.pdf.
- .(ENNAJI Widad,Mémoire de fin d'études pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Etude de la zone favorable pour la rcharge artificielle de la nappe phréatique Mansra, 2014)
- Aissaoui ,A ;(2016) :HYDROLOGIE ET HYDROLOGIE DU BASSIN VERSANT DE L' OUED M'ZI (LAGHOUAT ,ALGERIE).