

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث 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 : ...../2022



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم الهندسة المدنية والري  
المرجع ...../2022

## Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème

**Réhabilitation de la station de traitement d'Ouled Djellal**

Nom et Prénom de l'étudiant :  
Chebétî Bachir

Encadreur : Masmoudi Toufik

Promotion: Juin 2022



# DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail :*

- ❖ *A mon père ; ma mère et ma femme pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard ;*
- ❖ *A mon frère et mes sœurs et aussi mes enfants.*
- ❖ *A toute la famille : CHEBETI ;*
- ❖ *A tous mes amis de l'Hydraulique*
- ❖ *A tous mes amis de travail et de l'université.*
- ❖ *A tous le personnel de CTH.*
- ❖ *Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans ma formation .*
- ❖ *A tous mes amis.*

*CHEBETI Bachir*

## Remerciement

*Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :*

- \* A mon promoteur Mr : MASMOUDI Toufik pour ces conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon projet. Je tiens aussi à remercier tous les personnes qui ont m'aidé de près ou de loin.*
- \* A tout le corps enseignant et le personnel de l'Hydraulique et de CTH qui ont contribuer de près ou de loin à ma formation.*
- \* Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail.*
- \* Je tiens aussi à remercier mes amis qui m'a aidé pendant la réalisation de projet surtout Mabrouki.T et Leghrichi.Y.*

## ملخص :

تبقى الزيادة في احتياجات المياه وتوافر المياه ذات نوعية جيدة تحديا موضعيا بالنسبة للعالم كله وخاصة بالنسبة للجزائر

إن محطات معالجة المياه الصالحة للشرب المصنوعة من الخرسانة، ليست فقط باهضة الثمن وإنما

تتطلب مدة طويلة للإنجاز

إن الهدف من دراستنا هذه تتمثل في الحصول على أحسن نوعية للماء الصالح للشرب بأقل تكلفة لتقوية التزويد

بالمياه الصالحة للشرب لبلدية أولاد جلال، وذلك باختيارنا لإعادة تأهيل محطة معالجة المياه منجزة مسبقا (جاهزة)

و التي تحوي مراحل كاملة للمعالجة الفيزيو آيميائية من بين أهم مزاياها:

- تكلفة أقل ثمن

- مدة انجاز قصيرة نسبيا

## Résumé :

L'augmentation des besoins en eau et la disponibilité de l'eau de bonne qualité demeure un challenge d'actualité, généralement pour le monde entier et particulièrement pour L'Algérie.

Les stations de traitement d'eau potable en béton armé sont non seulement coûteuses, mais nécessitent également une longue durée de réalisation

L'objectif de notre étude consiste à obtenir une bonne qualité d'eau potable avec moins de cout pour renforcer l'AEP de la commune de OULED DJELLAL en choisissant une réhabilitation de la station de traitement d'eau potable préfabriquée qui comprendra une filière complète de traitement physico-chimique identique à celle qui est utilisé dans les stations conventionnelles parmi les principaux avantages de cette dernière on a :

- Coût le plus bas.
- Durée de réalisation relativement court.

## Abstract:

The increase in water needs and the availability of good quality water remains a current challenge, generally for the whole world and particularly for Algeria

The treatment plants of concrete reinforced conventional drinking water are not only expensive but also require a long construction period.

The objective of our study consists in obtaining a good quality of drinking water with less cost to reinforce the AEP of the commune of OULED DJELLAL by choosing a rehabilitation of the prefabricated drinking water treatment station which will include a complete sector physical-chemical treatment identical to that used in conventional stations, among the main advantages of the latter we have:

- lowest cost
- Relatively short completion time.

<b>Liste des figures</b>	
<b>Le titre</b>	<b>P</b>
Figure I.1: Carte de la région d'Ouled Djellal (Google map 2021)	3
Figure I.2 : Situation géographique de la Wilaya d'Ouled Djellal par rapport à Biskra	4
Figure I.3: Le milieu naturel de Biskra et Ouled Djellal, (Hamdi et Zeghoudi, 2017)	6
Figure I.4 : Histogramme de Précipitations moyennes mensuelles en mm	9
Figure II.1 : Carte de la situation géographique du bassin versant de chott Melghir,	12
Figure II.2 : Carte de découpage administratif du bassin versant de chott Melghir	13
Figure II.3 : Le bassin versant chott Melghir (www.anrh.dz)	14
Figure II.4: Bassin versant de l'Oued Djedi établie d'après ; Dubief J., 1953 in MEBARKI, 2005)	15
Figure II.5 : Profil du bassin versant de l'Oued Djedi	16
Figure II.5 : Partie de la carte hypsométrique de la région d'Ouled Djellel	18
Figure II.7: Courbe hypsométrique (Gaurichi.y,2010)	19
Figure II.8: La carte topographique d'Ouled Djellal (ANRH de Biskra 2020)	19
Figure II.9: Crue de l'Oued Djedi , Mai 2021	22
Figure II.10: Crue de l'Oued Djedi , 29 Septembre 2020,( Selmouni.K,2020)	22
Figure II.11 : Le réseau Hydrographique de la wilaya de Biskra.	24
Figure III.1: Carte géologique de la région d'Ouled Djellal	25
Figure III.2: La carte d'esquisse géologie de la région de la wilaya de Ouled Djellal	26
Figure III.3: Grés de l'Albien inférieur (Benddin. S, 2019)	27
Figure III.4 : Calcaires marneux. (Benddin. S, 2019)	28
Figure III.5: Schéma de l'aquifère à nappe libre	31
Figure III.6: Schéma de l'aquifère a nappe captive (Google)	32
Figure III.7: Schéma d'une nappe semi-captive, (Amkadni .Y, Alaoui. I(2012))	32
Figure III.8 : Répartition des points d'eau de la wilaya de Biskra (ANRH,2000)	33
Figure III.8 : Prise de niveau piézométrique des 12 forages de la région d'Ouled Djellal	36
Figure III.9 : Ouvrage de prise sur oued Djedi	37
Figure III.10: Le canal d'irrigation travers l'ancienne ville d'Ouled Djellal	38
Figure III.11: La construction du canal d'irrigation l'ancienne ville d'Ouled Djellal, Photo des archives de l'APC de O.D en 1949	38
Figure IV.1: Bains publiques à Mohenjo-Daro, Pakistan (Guerram A, 2011)	41
Figure IV.2: un aqueduc Romain, (Guerram A, 2011)	41
Figure V.1: Les aquifères inventoriés au niveau de la région de Biskra (ANRH, 2008)	54
Figure VI. 1 : Schéma station l'osmose inverse	70
Figure VI. 2 : Schéma hydraulique de la station	71
Figure VI.3 : Principe de l'osmose inverse	72
Figure VI.4 : Installation de dessalement d'eau de mer tangentielle	73
Figure VI.5 : Variation de la facturation en DA d'électricité pour chaque mois	87
Figure VI.6: Histogramme des factures en fonction des tarifs	88
Figure VI.7 : La résultante vectorielle de l'énergie active et réactive	90
Figure VI.8 : Diagramme de choix de types de turbine	93
Figure VI.9:Forme des courbes de rendement de différentes turbines pour des débits variables.	94

<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Le titre</b>	<b>P</b>
Tab 1 : Facteurs climatiques pour l'État au cours de l'année 2015 (Source Département des transports ( <a href="http://wilayabiskra.dz/">http://wilayabiskra.dz/</a> ))	7
Tab 2 : quantité de pluie précipitation au cours de l'année 2015	8
Tab 3: La quantité de précipitation au cours des 21 dernières années	8
Tab 4 : Précipitations moyennes mensuelles (2009)	9
Tab 5 : Les observations pluviométriques de ces deux stations sont :	9
Tab 6 : Caractéristiques de l'inféro-flux, la source : BET Bouaoud.F, 2017)	34
Tab 7 : Les abattements moyens dus à la clarification (Guerram A, 2011)	49
Tab 8 : Les nappes souterraines d'Ouled Djellal (ANRH, 2008)	53
Tab 9 : Les forages albiens de la région de Biskra	55
Tab 10 : Le réseau d'eau potable de Ouled Djellal et Sidi Khaled	56
Tab 11 : Classes de turbidité usuelles (NTU ou néphélocimétrie turbidité unit)	60
Tab 12 : Factures de la station en DA (années 2017)	87
Tab 13 : Tableau récapitulatif de calcul de la facture	88
Tab14: Le type de condensateur	92
Tab 15 : Caractéristiques des différents types de turbines	94
Tab 16 : Rendement des générateurs à charge totale	95
Tab 17: les domaines d'utilisation des différents types de turbines	98
Tableau IV.8. Tableau récapitulatif des résultats.	99

<b>Liste d'abréviation</b>	
<b>AEP</b>	<b>A</b> limentation en <b>E</b> au <b>P</b> otable
<b>ANRH</b>	<b>A</b> gence <b>N</b> ational de <b>R</b> echerche <b>H</b> ydrique
<b>ADE</b>	<b>A</b> legria <b>D</b> e <b>E</b> au
<b>OMS</b>	<b>O</b> rganisme <b>M</b> ondial de <b>S</b> ante
<b>ANAT</b>	<b>A</b> gence <b>N</b> ational <b>A</b> lgérien de <b>T</b> erritoire
<b>ABHS</b>	<b>A</b> gence des <b>B</b> assins <b>H</b> ydrique <b>S</b> aharienne
<b>DRE</b>	<b>D</b> irection de <b>R</b> essource en <b>E</b> au

## Sommaire

## Remerciements

## Résumé

## Liste des tableaux

## Liste des Photos

## Liste des figures

## Liste d'abréviation

## Introduction générales

01

<b>Chapitre I : .....Généralité sur la région d'étude</b>	<b>P</b>
I-1-Situation et cadre géographique	03
I-2 Développement de la ville d'OuledDjellal	04
I-3 Aspect climatologique	07
A- Etude des précipitations	07
B- L'Humidité relative	10
C- Les vents et le sirocco	10

<b>Chapitre II :..... Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal</b>	<b>P</b>
II-1- Introduction	11
II-1-1-Présentation du bassin versant de chott Melghir	11
A-La Situation géographique	12
B-Le découpage administratif :	13
II-1-2-Présentation du bassin versant d'oued djedi :	14
II-1-2-1 Caractéristiques morphométrique du bassin versant	17
A\ Indice de compacité de Gravelius	17
B\Dimension du rectangle équivalent	20
II-1-2-2 -Les écoulements et les infiltrations de la région d'Ouled Djellal:	21
II-1-2-3. La détermination des débits de crues :	24
II-1-2-4-Les débits des effluents de l'Oued Djedi	



<b>Chap III : .....Etude géologique et hydrogéologique</b>	<b>P</b>
III-1- Introduction	25
III-1-1-Quaternaire	25
III-1-2-Pliocène	25
III-1-3-Eocène moyen (Lutétien)	26
III-1-4-Eocène inférieur	26
III-1-5-Sénonien supérieur	26
III-1-6-Sénonien inférieur	27
III-1-7-Cénomaniens	27
III-1-8-Albien	27
III-1-9-Turonien	28
III-1-10-Aptien	28
III-1-11-Barrémien	28
III-1-12-Miocène supérieur (Pontien)	29
III.2- Hydrogéologie de la région	29
III-2-1-Les principales ressources en eau de la région	29
III .2-2- Etude de la nappe de l'inféro-flux de l'Oued Djedi	33
II .2.2-1-Caractéristiques générales de la nappe :	33
II .2.2.2 La morphologie de l'aquifère :	33
III .3 -Hydrodynamique de la nappe :	34
III .4 -Mode d'alimentation de la nappe :	34
III .5-Piézomètre	35
III .5.1-Inventaire des points d'eau	35
III .6-Mode d'exploitation de la nappe :	36
Conclusion :	37

<b>Chapitre IV : .....Généralités sur la qualité et le traitement des eaux</b>	<b>P</b>
IV.1 -Introduction	39
IV.2 Qualités générales des eaux souterraines.	39
IV.3 Histoire du traitement de l'eau potable	40
IV.4 Normes de qualité	42
IV.4.1 Normes microbiologique	43
IV.4.2 Normes et recommandations pour les paramètres physiques et chimique	44
IV.5 Aperçu sur les modes de traitements	44
IV.5.1 La clarification dans le traitement de l'eau	44
IV.5.2 Coagulation – Flocculation	45
IV.5.3 Décantation - Filtration rapide	45
IV.5.4 Filtration lente	46
IV.5.5 Recommandations - Conclusions	49
IV.6 Conclusion :	50

<b>Chapitre V : .....Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal</b>	<b>P</b>
V.1 Introduction	51
V.2 Les eaux superficielles de l'Oued Djedi et ces effluent	51
V.3 Les eaux souterraines de la région d'Ouled Djellal	52
V.3-1•Nappe phréatique	52
V.3-2•Nappe des sables du Moi-Pliocène :	52
V.3-3•Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur dite	53
V.3-4•Nappe profonde des grès du continental intercalaire dite "nappe albienne	53
V.4Statistiques sur le secteur des ressources en eau de Ouled Djellal	56
V.6Origine et caractéristiques des eaux à traiter	57
V.6.1 Nature des eaux Traitées	57
V.6.2 Débit Nominal d'eau Traitée	57
V.6.3 Caractéristiques des eaux traitées	57
V.6.4 Importance des paramètres analysés	58
V.6.5 Paramètres analysés	58
V.6.5.1 Paramètres physico-chimiques :	58
V.6.5.2Paramètres bactériologiques	64
Conclusion	66

<b>Chapitre VI : ..... Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal .</b>	<b>P</b>
VI.1 Introduction	67
VI.2 Résultats et discussion	67
VI.2.1 Résultats d'analyses	67
VI.3 Présentation de la station de déminéralisation par osmose inverse	70
VI.3.1 Schéma hydraulique de la station	70
VI.3.2 Filière de traitement.	71
VI.3.3 L'osmose inverse	71
VI.3.3 Prétraitement :	73
VI.3.3.1 Préchloration	73
VI.3.3.2Filtres à sable	74
VI.3.3.3filtre à charbon actif	75
VI.3.3.4Microfiltration	76
VI.3.3.5 Le système de lavage et de rinçage :	76
VI.3.3.6 Déchloration	76
VI.3.3.7 Système Osmose Inverse	77
VI.3.3.8 Système de lavage et de rinçage	78
VI.3.3.9 Correction de pH	78
VI.3.3.10 Post Chloration	79
VI.4 Qualité et débit d'eau traitée	79
VI.4.1 Le taux de conversion	79

VI.4.2 Consommation des produits chimiques	80
VI.5 Installation et spécifications des équipements	80
VI.5.1 Pompes doseuse	80
VI.5.2 Réservoirs	80
VI.5.3 Filtration	81
VI.5.4 Filtre à charbon actif	81
VI.5.5 Micro-filtration	81
VI.5.6 Système osmotique	81
VI.5.7 Instrumentations	81
VI.5.7 Les vannes	82
VI.5.8 Équipement du Laboratoire	83
VI.6 Spécification des équipements électriques	83
VI.6.1 Tableau de commande	85
VI.6.2 Automate PLC (contrôleur logique programmable)	85
VI.6.3 Système SCADA	85
VI.6.4 Câbles de puissance, de contrôle et de mise à la terre	85
VI.6.5 Transformateur	85
VI.6.6 Groupe électrogène de secours	86
VI.6.7 Alarme incendie	86
VI.6.8 Éclairage et prises de courant	86
VI.7 Diagnostic des factures et l'optimisation de l'utilisation de l'énergie électrique	87
VI.7.1 Factures de la station en DA (année 2017)	87
VI.7.2 Calcul de la facture avec les différents tarifs :	88
VI.7.3 Compensation de l'énergie réactive :	88
VI.7.3.1 Energies et puissances électriques	89
VI.7.3.2 Moyens de compensation :	91
VI.7.3.3 La compensation automatique :	91
VI.7.4 La sélection de type de turbine	92
VI.7.4.1 Calcul de la production annuelle de l'énergie électrique	96
VI.7.4.2 Dimensionnement de la turbine	96
VI.7.4.2.1 La vitesse de rotation N	96
VI.7.4.3 La vitesse spécifique	97
VI.7.5 Calcule des dimensions de la turbine	98
Conclusion	100

Conclusion générale
Bibliographique

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

### **Introduction générale :**

L'eau, cette denrée précieuse, rare et épuisable. Le stock d'eau douce planétaire existant est très faible si on le compare à la masse d'eau salée, selon des chiffres de l'organisation des Nations Unies, plus de 2 milliards de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et plus de 4,5 milliards de personnes ne disposent pas de services d'assainissement adéquats (OMS et UNICEF, 2017). Ce paradoxe que connaît le monde, d'un côté on manque d'eau et au même temps la terre est couverte aux deux tiers par les océans. C'est donc un problème de quantité insuffisante en eau douce par contre, il y a abondance en eau salée.

En Algérie, malgré les investissements énormes consentis depuis 2000 par le secteur des ressources en eau, en réalisant des barrages et le recours au dessalement d'eau de mer (ressource non conventionnelle), l'Algérie reste un pays marqué par le stress hydrique. Il est de ce fait fort dépendant des aléas climatiques. Devant la rareté de la ressource en eau conventionnelle, l'Algérie ne peut plus se permettre de tourner le dos à la possibilité d'utiliser les énormes quantités d'eaux non conventionnelles et les eaux saumâtres pour combler le déficit hydrique.

Dans ce contexte, l'objectif primordial de notre étude est d'étudier la remise en état d'une installation de déminéralisation des eaux brutes de la région d'Ouled Djellal et de présenter une solution technique pour une mise en marche pérenne.

Pour aboutir à notre objectif, le manuscrit est scindé en deux parties :

La première partie est une approche bibliographique formée de trois chapitres, le premier chapitre, nous a permis de faire une description générale de la région d'étude.

Les données bibliographiques cités dans le deuxième chapitre, nous a permis d'exposer le potentiel hydrologique de la région d'Ouled Djellal et de voir les différents types de ressources hydriques.

Le troisième chapitre de cette partie bibliographique sera consacré à une description générale et structurale de la nature géologique et hydrogéologique de la région d'étude. Le quatrième chapitre permettra dans un premier temps, de donner une appréciation sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux minéralisées et cela après la description générale de différentes

méthodes et matériels utilisés dans l'analyse des eaux destinées à la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal.

Le cinquième chapitre permettra dans un premier temps, de donner une appréciation sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux minéralisées et résiduaires testées et cela après la description générale de différentes méthodes et matériels utilisés dans les analyses des eaux brutes.

Et pour achever la partie expérimentale, l'étude de la réhabilitation de la partie traitement et la partie de l'énergie électrique, permettra d'évaluer l'optimisation de la consommation de l'énergie électrique et qui représente un obstacle devant la partie gérante de cette station.

Enfin, une conclusion générale rassemble les principaux résultats de cette étude

# **CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉ SUR LA RÉGION D'ÉTUDE**

**Chapitre I : Généralité sur la région d'étude****I-1-Situation et cadre géographique :**

Dans ce chapitre un aperçu général sur la ville d'Ouled Djellal ; situation géographique et administratif surtout que dernièrement elle est devenue une wilaya selon le dernier découpage administratif.

La wilaya d'Ouled Djellal est située au sud-est de l'Algérie. Avec une altitude de 196 m au niveau de la mer, Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie, La wilaya s'étend sur une superficie de 11 410 km<sup>2</sup> avec une population de plus de 200.000 habitants avec 6 communes Chaïba, Doucen, Sidi Khaled, El Besbes, Ras El Miâd, en plus du chef-lieu. (Algérie presse service)

Ouled Djellal est créée le 26 novembre 2019. En 2021, elle est officialisée comme étant la 51<sup>ème</sup> wilaya selon le nouveau découpage administratif.

Auparavant, elle était une wilaya déléguée, créée selon la loi n° 15-140 du 27 mai 2015, portant création de circonscriptions administratives dans certaines wilayas et fixant les règles particulières qui leur sont liées, ainsi que la liste des communes qui sont rattachées à elle. Avant 2019, elle était rattachée à la wilaya de Biskra. La wilaya d'Ouled Djellal est située dans le Sahara algérien, sa superficie est de 11 410 km<sup>2</sup>.



Figure I.1: Carte de la région d'Ouled Djellal (Google map 2021)



Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 390 km au Sud- Est de la capitale Alger limitée au :

Nord par la wilaya de Msila,

Nord-est par la wilaya de Biskra,

L'ouest par la wilaya de Djelfa,

L'est par la wilaya d'El M'Ghair,

Sud par la wilaya d'Ouargla .

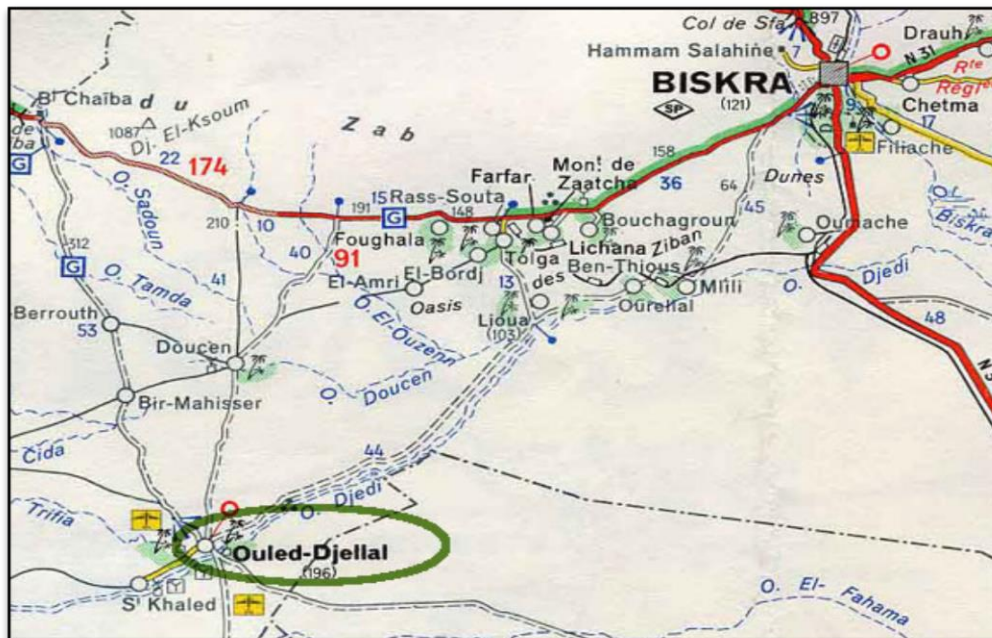


Figure I.2 : Situation géographique de la Wilaya d'Ouled Djellal par rapport à Biskra(Google: fr.geneawiki.com), (Selmouni. K. 2020)

## I-2 Développement de la ville d'Ouled Djellal

Avant 1990, la ville d'Ouled Djellal était un véritable cul de sac, mais aujourd'hui, grâce aux nombreuses routes qui ont vu le jour progressivement, Ouled Djellal est devenue une plaque tournante du trafic routier.

D'autres éléments naturels et technologiques ont contribué à la restriction de la forme actuelle du tissu bâtie de la ville et ont orienté son extension, il s'agit de : l'Oued Djedi et notamment Oued El Assel. Les terrains sableux sur les rives d'Oued Djedi, situé sur le côté Ouest et côté Nord-est de la ville.

Située à la jonction de deux oueds (Djedi et el-Issel), issus des eaux pluviales d'Aflou, Laghouat par Oued M'zi et du nord du pays ; bien avant, son économie était basée sur l'artisanat (burnous, selles de chevaux, etc.), mais actuellement, elle est basée exclusivement sur l'élevage ovin et l'agriculture, en particulier les dattes *Deguelet Nour, Litima, MouchDeguela*, les figues, grenades et raisins. Ouled Djellal, située géographiquement entre Biskra et Djelfa, est appelée en arabe : bled ENNEKHLA wa ERREKHLA, c'est-à-dire, ville de la brebis et du palmier, par allusion à la ville de Djelfa (wilaya connue pour son élevage ovin) et à la ville de Biskra (wilaya connue pour la culture du palmier). Deux particularités de la ville d'Ouled Djellal :

En matière d'irrigation, une partie de l'eau qui alimente les cultures locales est puisée dans des forages albiens entre 1800 et 2000 mètres de profondeur - elle est naturellement chaude et légèrement saumâtre et est traitée avant distribution. La région est également productrice d'ovins. Une race ovine locale qui porte le nom de la ville *race* Ouled Djellal dite aussi race blanche est connue mondialement, plusieurs scientifiques lui ont consacré des ouvrages sur ses performances. En 2007, l'état a mis en service le centre d'insémination artificielle à Ouled Djellal.

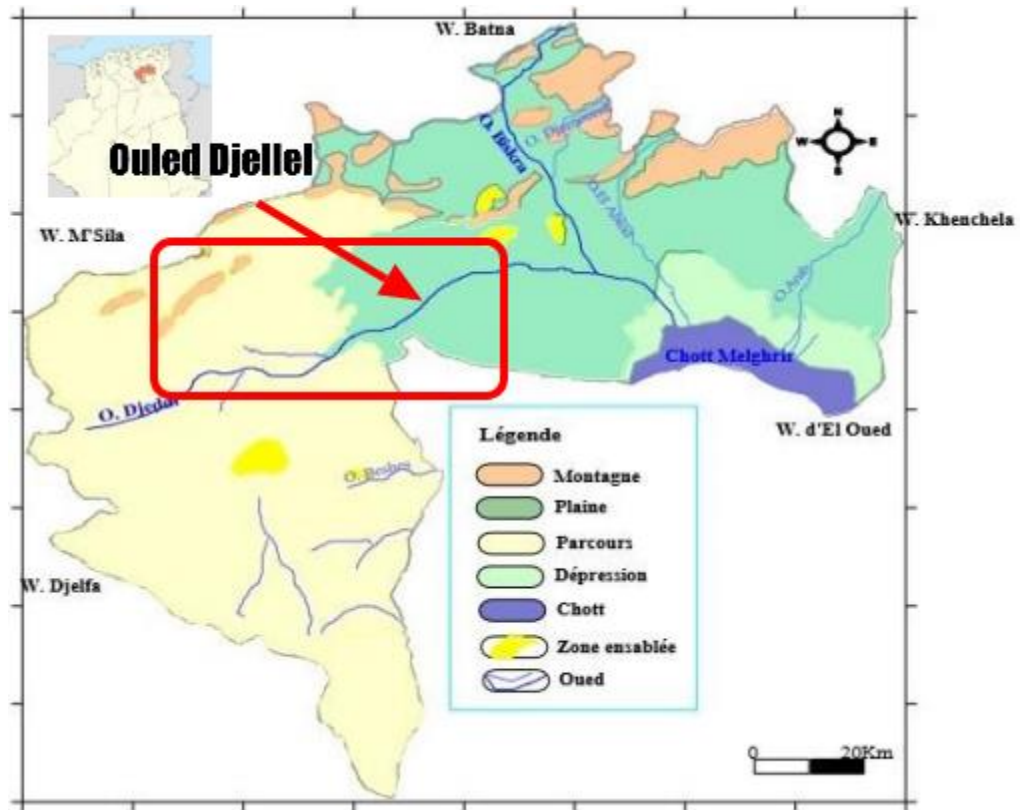


Figure I.3: Le milieu naturel de Biskra et Ouled Djellal, (Hamdi et Zeghoudi, 2017)

**I-3- Aspect climatologique :**

Aspect climatologique Dans un pays comme l'Algérie caractérisé par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat désertique du sud en passant par le climat des montagnes, des hauts plateaux, il est nécessaire de pouvoir préciser le type climatique du secteur que l'on étudie. Notre région d'étude, 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

La région d'Ouled-Djellal fait partie du climat méditerranéen à étage bioclimatique saharien caractérisé par des hivers secs et froids et des étés secs et chauds. (Guezainia, Ilyes ,Guerram Abdel Djalil(2010/2011) . (Température entre 35 et 45 °C le jour, et entre 25 et 35 °C la nuit), en période chaude et en hiver ; (la température entre 10 et 20 °C le jour, et entre -2 et 5 °C la nuit). Selon une étude de Selmouni. K, 2020 en la tableau suivant ;

**Tab 1** : Facteurs climatiques pour l'État au cours de l'année 2015 (Source Département des transports (<http://wilayabiskra.dz/> )

Mois	(°C)Tmoy	Précipitation (mm)	Humidité %	Vent m/s)(
Janvier	11.7	3.3	57	2.3
Février	12.3	18.3	57	2.6
Mars	16.5	18.6	46	1.9
Avril	22.4	0	38	2.1
Mai	28	1.6	22	2.2
Juin	31.2	0.3	29	2.2
Juillet	34.3	0	27	1.9
Aoute	34.2	3.8	34	2.2
Septembre	29.3	22.4	46	1.8
Octobre	23.5	34.6	53	1.7
Novembre	17.6	3.8	55	1.8
Décembre	12.2	0	63	1.7
<b>la somme ou moy annuelle</b>	<b>22.77</b>	<b>106.7</b>	<b>44</b>	<b>2.0</b>

**A- Etude des précipitations :**

Le terme « précipitations » englobe toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, que se soit sous forme liquide (pluie) ou sous forme solide (neige, grêle). Dans

notre région d'étude, les précipitations sont faibles

La wilaya de Biskra est équipée d'un réseau pluviométrique de 07 postes gérés par l'Agence nationale des ressources, réparti assez uniformément à travers la wilaya: Biskra, Djemourah, M'Ziraa, FOUM ELKHERZA, Doucen, Sidi Okba et SidiKhaled. Les données pluviométriques recueillies auprès des services de l'agence nationale des ressources hydrauliques ont permis de constater que le réseau pluviométrique est fonctionné là 77% notamment pour M'Ziraa et Doucen. Signalons que la station de la ville de Biskra est représentative pour l'ensemble de la wilaya, notamment ce qui concerne les différents calculs de l'ETP, ETR et le bilan hydrique.

Ce qui suit est la quantité de précipitation au cours de l'année 2015, estimée à 106,7 mm, ce qui est une bonne quantité, si on la compare à l'année précédente, où elle a atteint 143,5 mm. Il faut noter que la plus grande quantité de précipitations que l'État a connue s'élevait à 294,1 mm en 2004. Selon (Selmounie, K, 2020) ;

**Tab 2 :** quantité de pluie précipitation au cours de l'année 2015 (<http://wilayabiskra.dz/>)

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	La somme
Précipitation (mm)	3,3	18,3	18,6	0	1,6	0,3	0	3,8	22,4	34	3,8	0	106,7

A titre de comparaison, nous prendrons les données de la station Biskra pour les 21 dernières années.

**Tab 3:** La quantité de précipitation au cours des 21 dernières années (<http://wilayabiskra.dz/>)

Années	Précipitation (mm)	Années	Précipitation (mm)
1994	156	2005	58.8
1995	90	2006	173
1996	153	2007	98.8
1997	155	2008	118.4
1998	51	2009	139.8
1999	190	2010	185.5
2000	55	2011	282.3
2001	88.8	2012	54.5
2002	39.6	2013	143.5
2003	159	2014	45.3
2004	294.1	2015	106.7

Les précipitations sont très faibles et irrégulièrement réparties dans le temps et dans l'espace, les précipitations moyennes annuelles La pluviométrie moyenne annuelle dans la région est faible mais les variations interannuelles sont très fortes.

**Tab 4 :** Précipitations moyennes mensuelles (2009)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne annuelle
Pluviométrie (mm)	42,1	1,2	0	19,6	8,4	24,1	29,4	28,4	7	27,3	0	5,6	193,1

L'évolution des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Ouled Djellal, pour différentes périodes (**Tab 4**) montre que les valeurs de précipitations maximales sont marquées principalement, en mois de Septembre avec un maximum de 42.1 mm, alors que le mois le plus sec est celui de novembre et juillet, avec une valeur enregistrée de 0 mm.

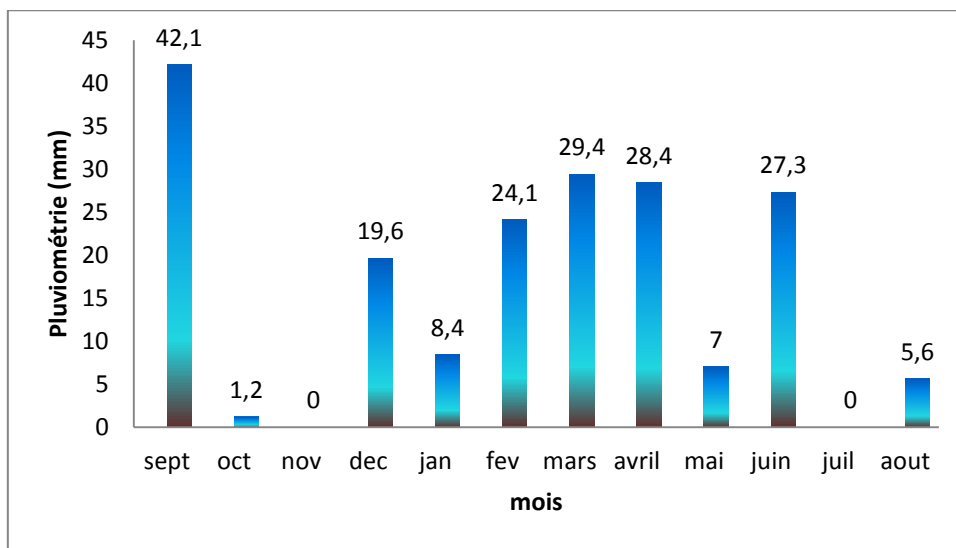


Figure I.4 : Histogramme de Précipitations moyennes mensuelles en mm

- En règle générale les pluies sont d'intensité plutôt faible pour la région avec une moyenne annuelle de l'ordre de 193,1 %.

**Tab 5 :** Les observations pluviométriques de ces deux stations sont (Direction des ressources en eaux, 2020) :

Commune	Code station	H, m	P°, mm	Pj, mm	Exp clim, b	Cv	T obs, ans
Biskra	061406	124	134	25.6	0.19	0.60	50
OuledDjellal	060901	196	118	24.8	0.18	0.62	50

-Actuellement, la région de Doucen et Sidi Khaled appartient à la wilaya d'Ouled Djellal. L'histogramme (Figure I.4) montre que les précipitations sont relativement importantes à partir du mois de septembre jusqu'au mois d'avril alors que le reste de l'année reste faible (particulièrement en juillet et août).

Le graphe montre la même répartition mensuelle des précipitations pour les différentes stations. La lame précipitée mensuelle moyenne varie entre 0,5 et 16 mm et le total moyen annuel est autour de 114 mm.

**B- L'Humidité relative**

Les données recueillies par l'ANRH entre 1970 et 1998, donnent une humidité relative moyenne mensuelle de l'ordre de 45 %. Le minimum de l'humidité relative est atteint en juillet (28.4%) et correspond aux mois les plus chauds. Le maximum d'humidité relative est observé en décembre (59%), suivi du mois de janvier (58 %).

**C- Les vents et le sirocco**

Les vents prédominants proviennent de deux courants principaux qui sont :

- En saison froide : des vents chargés de sables du secteur nord ; ouest
- En saison chaude : le sirocco du secteur sud- Est.

Les vents peuvent atteindre des pics de vitesse supérieure à 80 Km/h. et amènent l'humidité de l'Atlantique Nord. Cette région reste tributaire de la circulation des masses d'air propres à la méditerranée occidentale avec une ouverture des vents sahariens chauds. Les vents dominants soufflent du Nord-Ouest (32.08 %) avec un maximum secondaire de direction Nord (23.18 %).

Le vent saisonnier à dominance estivale, de direction est-ouest, à une vitesse de 42 m/s, constitue une entrave pour l'élevage. Le vent de sable (le sirocco), vent de printemps chaud et sec, apparaît dès le mois de février et peut durer jusqu'en mai ou en juin ; il souffle à une vitesse de 30 m/s, augmentant l'évaporation du sol et la transpiration des végétaux et des animaux.

**CHAPITRE II : ETUDE  
HYDROLOGIQUE DE LA RÉGION  
D'OULED DJELLAL**



**Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal**

**II-1- Introduction**

L'étude hydrologique a pour objectif d'étudier statistiquement les précipitations maximales journalières afin d'estimer le débit maximal probable de projet et les précipitations total annuel qui vont nous permettre la détermination des écoulements liquide et solide. D'autre part, La régularisation de l'écoulement a pour objectif la détermination de la capacité optimum de la retenue ainsi que le niveau correspondant qui permettent de rendre réguliers les débits de l'Oued Djedi, ce dernier permettra de satisfaire les besoins d'irrigation et l'élevage et même pour l'alimentation en eau potable avec le moindre risque de défaillance possible. Par contre l'étude de laminage consiste à déterminer la côte maximale atteinte par le plan d'eau, ainsi que le dimensionnement optimum de l'évacuateur de crue en fonction des hauteurs laminées sans affecter la sécurité globale du barrage. Hydrologiquement la région d'Ouled Djellal appartient au sous bassin versant de l'Oued Djedi qui se trouve dans le grand bassin versant n°6 de Chott Melghir.

**II-1-1-Présentation du bassin versant de chott Melghir**

Ce grand bassin versant couvre une superficie de 68 750 km<sup>2</sup>, soit 3,4% de la surface du bassin saharien, il s'étend entre les chaînes de l'Atlas saharien (Aurès, Nememcha 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 Melghir. 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 (Lahlali. A (2019), 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

## Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal

d'Oued Djedi qu'il conservera jusqu'à son débouché sans le Chott Melghir. Il occupe une surface de 6153 Km<sup>2</sup> et un périmètre de 390 Kms.

### **A-La Situation géographique :**

Le bassin versant de Chott Melghir qui fait partie du bassin hydrographique du Sahara se localise au Nord EST du Sahara algérien, il se situe environ 200 à 300 km de la cote méditerranéenne, dans la zone de transition entre le domaine atlasique et le domaine saharien.

Le bassin couvre une superficie d'environ 69 127 Km<sup>2</sup>, soit près de 2,9% du territoire national et d'un périmètre de 1 927 Km, il a une forme rectangulaire de 613 x 255 km orientée suivant la direction Ouest-Est, se limite par les coordonnées suivantes :

- 33° 18' 00'' et 35° 36' 00'' de latitude Nord
- 01° 54' 00'' et 08° 30' 00'' de longitude EST

Le bassin est limité au nord respectivement de l'Est à l'Ouest par le Bassin hydrographique Constantinois, Bassin hydrographique du Hodna, Bassin hydrographique de Zehrez et le Bassin Hydrographique du Chelif, au sud par le sous bassin du Sahara septentrional, à l'Est par le Chott Djérid (territoire tunisien), à l'Ouest par le sous bassin de Saoura Tindouf.

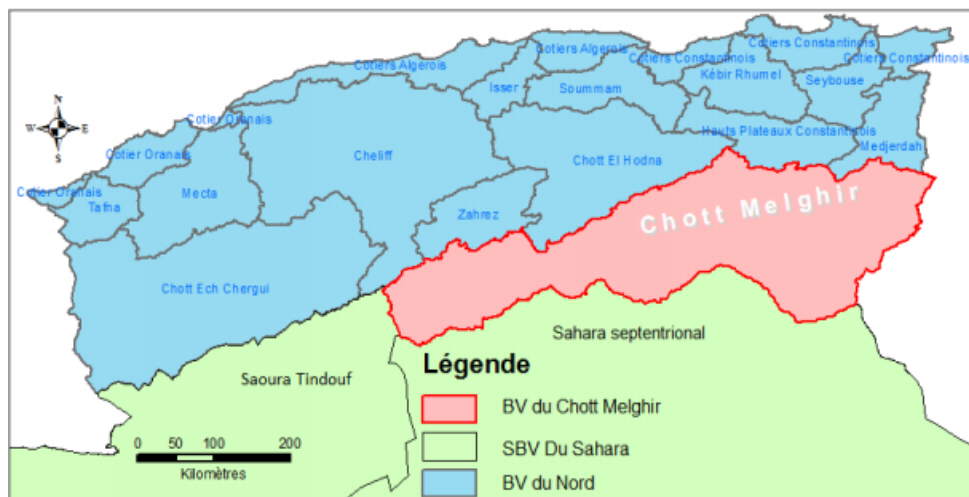


Figure II.1 : Carte de la situation géographique du bassin versant de chott Melghir, ( Ramoul.F, 2018)

### **B-Le découpage administratif :**

Selon le découpage administratif de 1984, le territoire du bassin versant de chott Melghir se partage entre huit wilayas. Il couvre partiellement sept wilayas (Laghouat, Batna, Tébessa, M'sila, Djelfa, El oued et, Khenchela) et uniquement la Wilaya de Biskra en totalité. Le bassin comptabilise 104 communes. L'importance relative de chacune de ces entités administratives, à l'intérieur du bassin versant

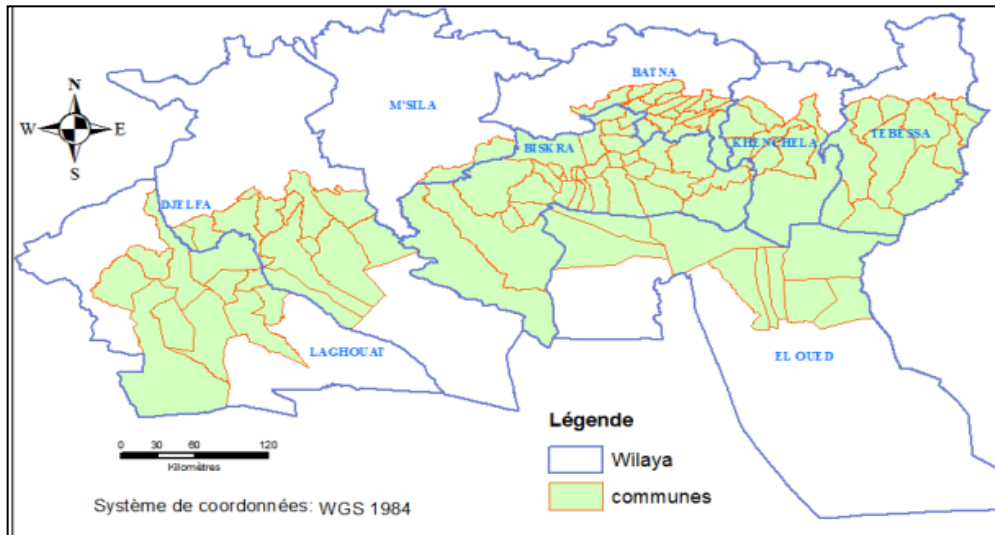


Figure II.2 : Carte de découpage administratif du bassin versant de chott Melghir( Ramoul.F, 2018)

Les bassins du Melghir (Figure II.2) couvrent en gros une superficie de 685000 km<sup>2</sup>, sur lesquels 250000 peuvent être considérés comme appartenant encore au domaine de l'endoréisme actif et 200000 à celui des ergs. (Ouled- baba.M(2005))

L'aire totale du bassin du Chott Melghir atteint 68 750 km<sup>2</sup>. Mais, nous ne prenons pas en compte l'ensemble de la surface drainée de l'Oued Djedi (26 800 km<sup>2</sup>), bassin dont l'artère maîtresse dépasse les 500 km (Mebarki.A(2005), Dubief J., (1953)).

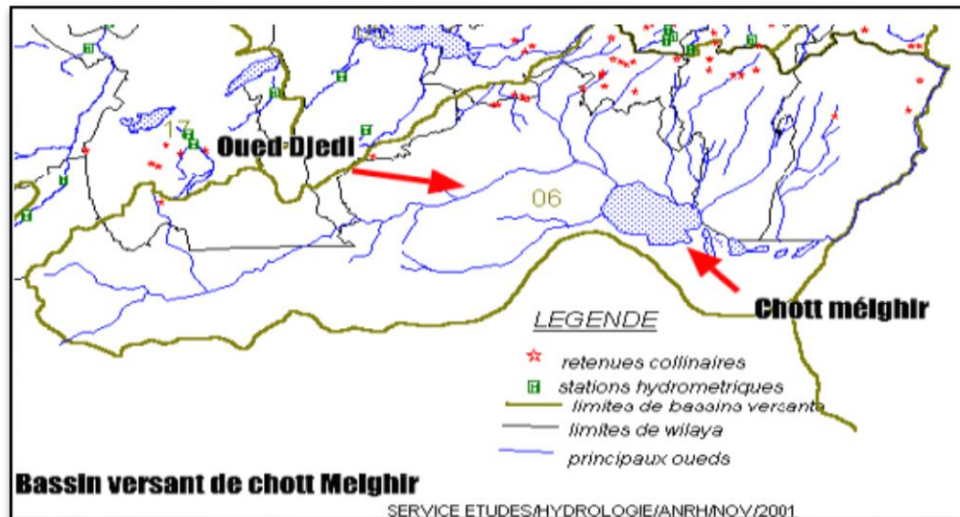


Figure II.3 : Le bassin versant chott Melghir ([www.anrh.dz](http://www.anrh.dz))

### II-1-2-Présentation du bassin versant d'Oued Djedi :

Le bassin du Djedi couvre une superficie de 26800 km<sup>2</sup> environ. La longueur de l'artère maîtresse dépasse légèrement les 500 km. L'O. Djedi proprement dit peut-être considéré comme le collecteur de la vaste gouttière qui s'étend entre l'Atlas saharien et le plateau des daïas (Dubief, 1953). Entre Laghouat (Altitude : 752 m) et Ouled Djellal (Altitude : 156m) l'oued Djedi reçoit une quinzaine d'affluents sur sa rive gauche et finit son parcours après 500 m dans le chott Melrhir (Altitude : -26 m) (Ouled Baba.M (2005), BRL, (1998a)).

D'une façon générale, les seuls cours d'eau qui provoquent un écoulement accidentel notable sont ceux de la rive gauche qui descendent de l'Atlas saharien. Les deux plus importants affluents sont l'O. Mzi, si on ne le considère pas comme artère maîtresse, et l'O.Mergueb. Tous les deux prennent naissance vers 1400 m d'altitude et ont des bassins versants de superficies comparables : 4500 km<sup>2</sup> pour le premier, 4300 km<sup>2</sup> pour le second. Plus à l'Est, les affluents deviennent moins importants, leurs origines étant à une altitude bien moins élevée et leurs bassins beaucoup plus restreints (Ouled Baba .M, (2005) et Dubief, (1953)). Pour le calcul de l'alimentation des nappes, le bassin versant de l'Oued Djedi sera rattaché à l'Atlas saharien. La fréquence moyenne des écoulements est de 10 j/an à Laghouat, de 5 j/an à Ouled Djellal et seulement de 2 à 3 au sud de Biskra.

En amont de Laghouat, l'oued Mzi a un écoulement pérenne de 100 I/s provenant de sources nées d'une remontée des eaux d'inféro flux lors d'une cluse de calcaires turoniens constituant le Jebel Milok. L'étude des apports de l'oued M'zi à Sekhafa (BRL, 1998a) a

## Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal

permis d'estimer les débits de crue décennale et centennale à 650 et 1250 m<sup>3</sup>/s.  
(MEBARKI.A(2005)).

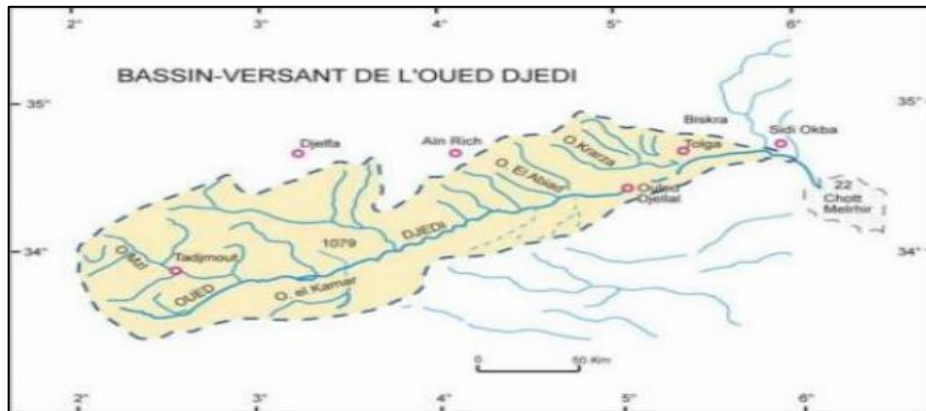


Figure II.4: Bassin versant de l'Oued Djedi établie d'après ;  
( Dubief J., 1953 et Mebarki A, 2005)

## Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal

L'Oued Djedi 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'Ouled Djellal et l'exutoire de chott Mélghir ce qui explique la réduction de temps de concentration des eaux de pluies dans la zone d'étude, et explique la torrencialité de son écoulement

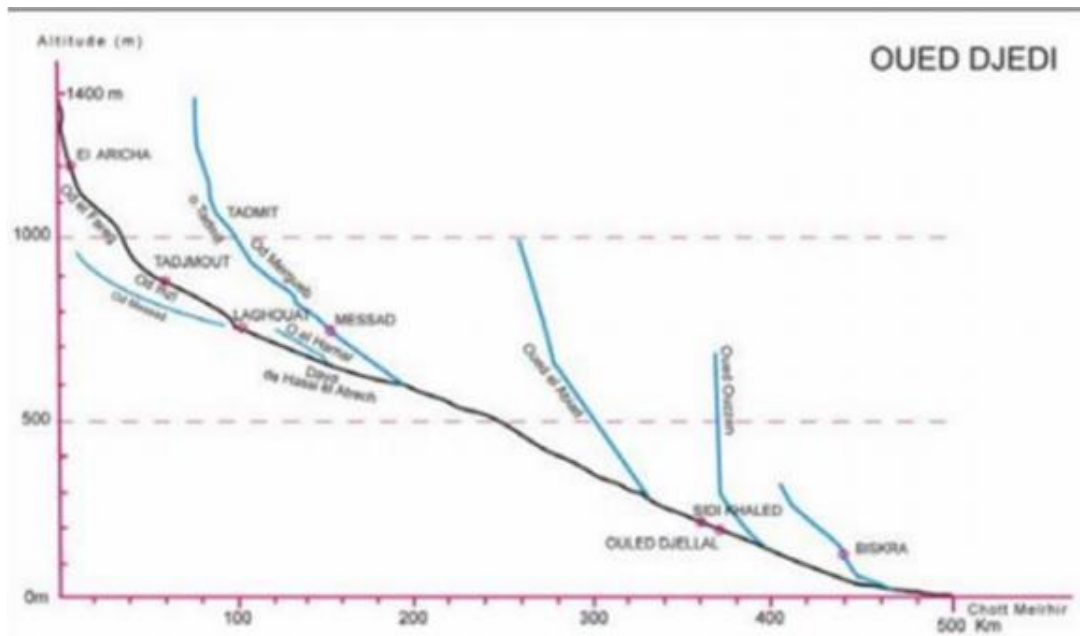


Figure II.5 : Profil du bassin versant de l'Oued Djedi (établie d'après Dubief J., 1953 in MEBARKI, 2005)

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, Aurès) sont acheminées vers les zones basses (chott).

## **Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal**

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. (Tahraoui K, 2020)

### **II-1-2-1 Caractéristiques morphométrique 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 :  $p = 950 \text{ km}$

#### **A\ Indice de compacité de Gravelius**

L'indice de compacité (KG) renseigne sur la forme du bassin versant qui a une grande influence sur l'écoulement global du cours d'eau et surtout sur l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin, résultant d'une pluie donnée. Il est établi en comparant le périmètre du bassin à celui d'un cercle qui aurait la même surface. Il s'exprime par la formule suivante (Bedine.S, 2019, ROCHE, 1963)

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

KG : Indice de compacité de Gravelius

P : Périmètre stylisé en km du bassin versant

A : Superficie du bassin versant en  $\text{km}^2$ .

- Lorsque  $K_G$  est proche de 1 le bassin versant est de forme quasiment circulaire
- Lorsque le  $K_G$  est supérieur à 1, le bassin versant est de forme allongée.
- Un bassin versant circulaire est mieux drainé qu'un bassin allongé.
- $K_G = 1,5$ . le bassin versant de l'Oued Djedi est donc de forme allongé

#### **B\ 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 :

## Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal

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

Avec

L: longueur du bassin versant en (km)

l : largeur du bassin versant en (km)

A : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

KG : indice de compacité de Graveleuse

Les valeurs obtenues pour le bassin de l'Oued Djedi sont : Longueur : L= 305 km.  
Largeur : l = 110 km (Lahlali .A ,2019)

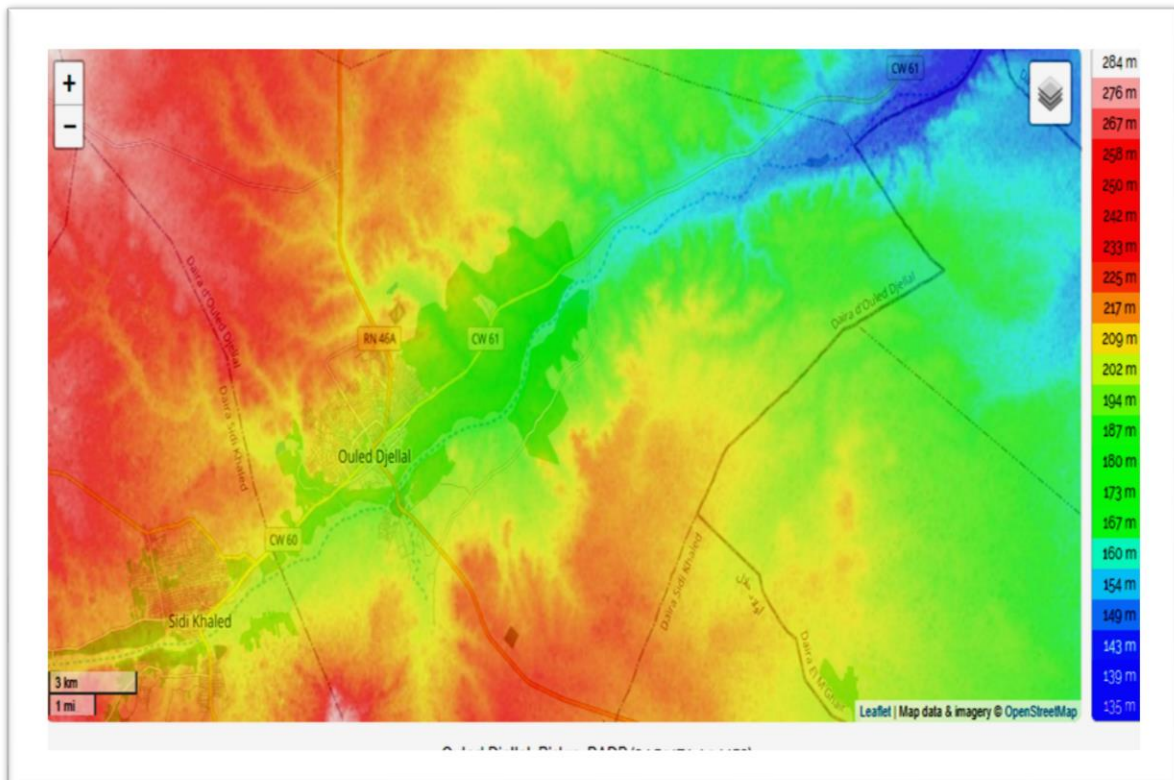


Figure II.5 : Partie de la carte hypsométrique de la région d'OuledDjellel  
(Selmouni. K.2020)



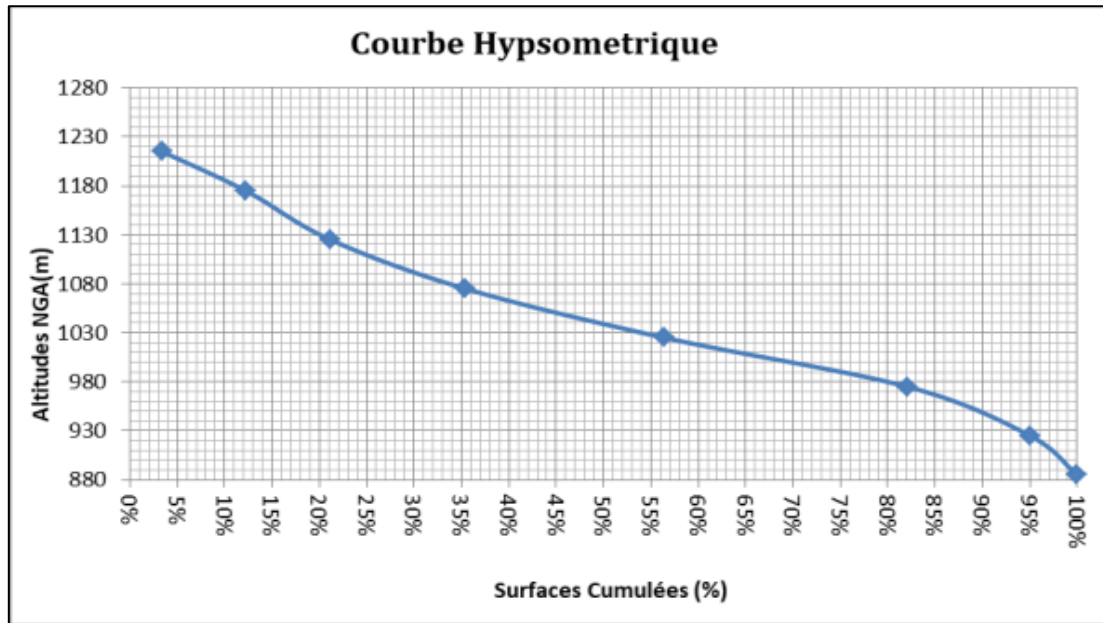


Figure II.7: Courbe hypsométrique (Gaurichi.y,2010)

De point de vue topographique la région d'Ouled Djellal est une plaine ; absence de montagne

**Les plateaux :** Moins élevée que montagneuse, elle est représentée dans les contreforts et s'étend jusqu'au côté sud -ouest, formant ce que l'on appelle le plateau Ouled Djellal

**Les plaines :** Sur l'axe El-Outaya-Daoucen, se développent vers l'est et couvrent la quasi-totalité la commune de Daoucen, les dairates d'El-Outaya, Sidi Okba et Zeribet El-Oued .

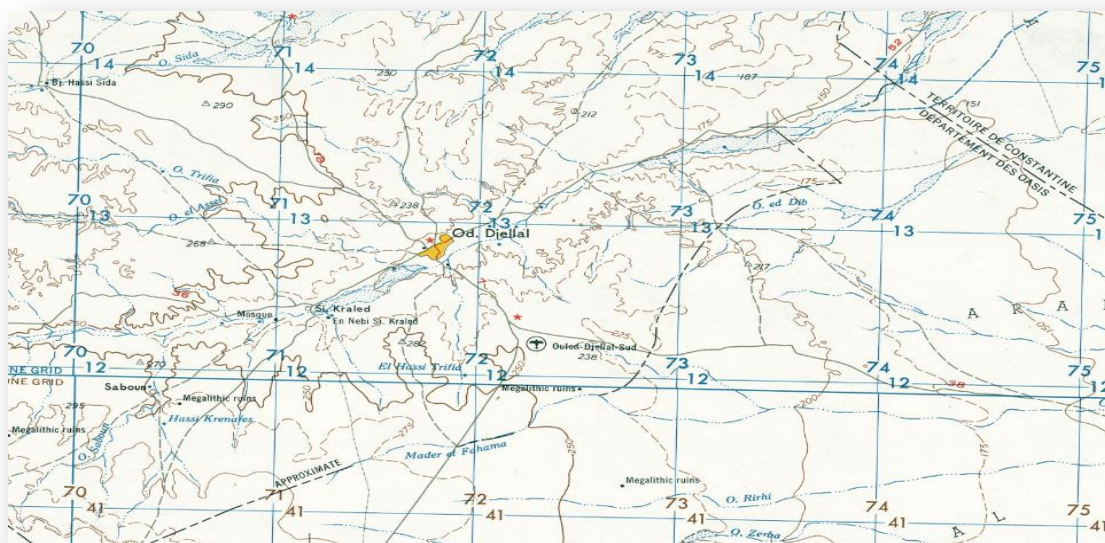


Figure II.8: La carte topographique d'Ouled Djellal (ANRH de Biskra 2020)

## **Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal**

### **II-1-2-2 -Les écoulements et les infiltrations de la région d'Ouled Djellal:**

Nous abordons ici un des problèmes capitaux du Sahara. A première vue, selon DUBIEF (1953), il y a une opposition irréductible entre ces deux ordres de faits. C'est, vraisemblablement, pour pallier cette difficulté apparente que divers météorologistes et géographes ont été amenés à imaginer les chutes de pluies au Sahara sous forme de déluges localisés.

En fait, le problème ne présente pas de difficultés si l'on fait intervenir l'intensité des précipitations, c'est-à-dire leur vitesse de chute, et la vitesse de pénétration de l'eau dans le sol. Il est bien évident qu'il y aura excès momentané d'eau à la surface de la terre dès que l'intensité de la pluie sera supérieure à la vitesse d'absorption de l'eau par celle-ci. Lorsque la pellicule d'eau libre ainsi formée aura une épaisseur suffisante, un ruissellement apparaîtra. Il sera, évidemment, d'autant plus rapide que la pente sera plus forte et la végétation plus clairsemée. Autrement dit, les facteurs intervenant dans le phénomène du ruissellement sont :

- \* D'une part, l'intensité et la quantité de pluie tombée,
- \* D'autre part, la perméabilité du sol arrosé, son pendage et l'état de sa couverture végétale.

On peut y ajouter, dans une certaine mesure, l'évaporation qui agit sur la petite pellicule d'eau formée momentanément à la surface du sol.

Les pluies sahariennes, caractérisées par leurs faibles valeurs quantitatives, peuvent donner lieu au ruissellement encore important observé, de nos jours, dans le Sahara .

Une grande partie de ces eaux ruisselantes s'infiltré dans les lits des Oueds, selon (Ouled Baba.M, (2005), l'Oued Djedi 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 hydrométrique de M'lili équipée.

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.

## **Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal**

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. (LAHLALI .A ,2019).

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 N, (2006).

Les débits maximums estimés pour une période de retour centennale sont de l'ordre de 4000 m<sup>3</sup> /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.

Les Infiltration beaucoup moins importante que l'écoulement qui est favorisé par la pente du bassin versant, l'évaporation est également importante vue le climat aride de la région ce qui explique la mauvaise recharge de la nappe souterraine qui est à, son tour interpréter par un rabattement important de la nappe souterraine surtout dans le nord de l'Oued Djedi

### **II-1-2-3. La détermination des débits de crus :**

Les crues sont les événements correspondant à la circulation des débits exceptionnels dans les bassins versants, elles sont influencées par de nombreuses variables, parmi lesquelles on cite l'intensité, la durée et la distribution de la pluie dans le bassin ainsi que sa topographie etc.

Les débits des crues ont une influence directe sur le régime hydrologique, particulièrement en Algérie, où les oueds, à cause de la grande irrégularité, passant de débits nuls à des débits de crues exceptionnels.



Figure II.9: Crue de l'Oued Djedi , Mai 2021



Figure II.10: Crue de l'Oued Djedi , 29 Septembre 2020,( Selmouni.K,2020)

Les crues dépendent essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie, de plus, le rôle physique du bassin versant n'est pas négligeable.

De ce fait, l'évolution de la crue obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse, sa vitesse est largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, les paramètres morfo métriques du bassin (indice de compacité, densité de drainage, rapport

## **Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal**

des confluences et des longueurs, etc...), par la pente des thalwegs. La forme du lit, la largeur de la vallée. De plus, les diverses branches du chevelu hydrographique interviennent bien qu'à un degré moindre dans l'évolution ou la perturbation d'une crue. Les techniques utilisées pour la détermination des crues dépendent pour une grande part des données disponibles.

Presque chaque problème qui se produit est dû aux variations des conditions et des données qui font que c'est la disponibilité des données plutôt que la nature des problèmes qui conditionnent la procédure.

Il existe de nombreuses méthodes empiriques pour l'estimation des crues, leur étude détaillée permet une vue d'ensemble du développement historique de l'hydrologie. Les traités d'hydrologies donnent les formules les plus souvent utilisées et leurs domaines d'application.

D'une façon générale, les formules empiriques s'appuient surtout sur des informations d'ordre général qui ressortent de la comparaison d'un grand nombre de bassins versants.

L'absence d'observations hydrométrique de longue durée sur beaucoup de petits cours d'eau a suscité l'établissement de très nombreuses formules pour le calcul du débit maximum de la crue probable. Ces formules sont basées sur l'expérimentation ou sur certaines informations propres à certaines régions pour les quelles ont été déterminées.

Ces formules empiriques sont à prendre avec précaution dans le sens où si elles sont valables dans une région, elles ne le sont pas dans l'autre et donnent souvent des valeurs sous-estimées ou surestimées.

Les débits donnés par ces formules tiennent compte essentielles de la (superficie, de la pluviométrie, de la fréquence des crues .etc...) du bassin considéré.

Cette partie hydrologique a pour but de déterminer les débits de crues de projet aux différentes fréquences de l'Oued Djedi.

## **Chapitre II : Etude hydrologique de la région d'Ouled Djellal**

### **II-1-2-4 Les débits des effluents de l'Oued Djedi**

Selon LAHLALI. A. 2019 ; Les débits souterrains suivants ont été évalués pour quelques oueds importants de la région (ANAT).

- OUED EL ABIADH 40 l/s
- OUED LASEL 29 l/s
- OUED DIFEL 32 l/s
- OUED TRAFIA 20 l/s

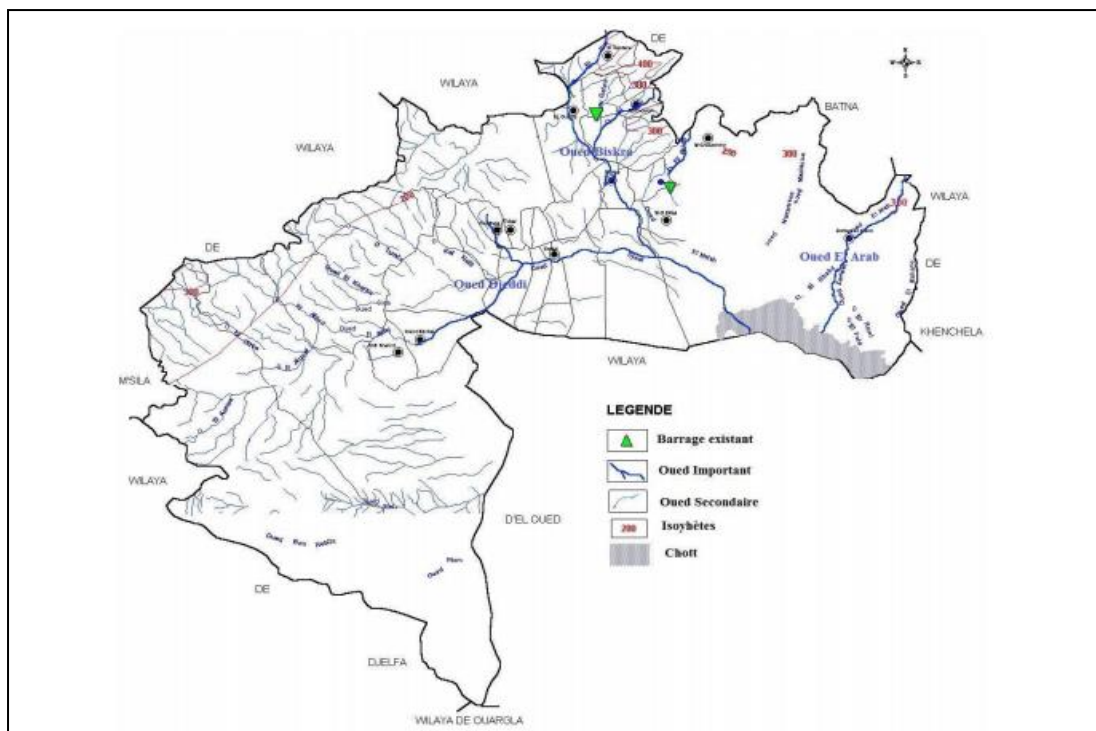


Figure II.11 : Le réseau Hydrographique de la wilaya de Biskra.  
(Bouchmale .F.2017)

# **CHAPITRE III : ETUDE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE**

**III-1- Introduction**

La région d'OuledDjellal 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".

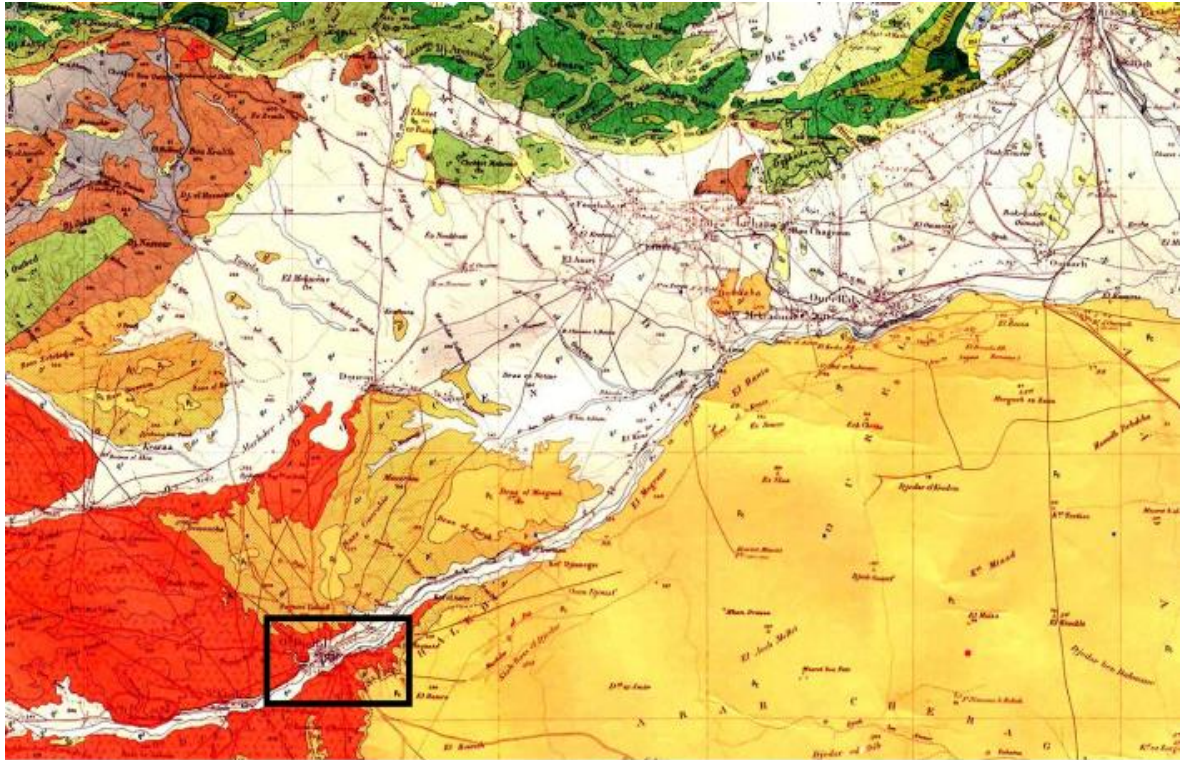


Figure III.1: Carte géologique de la région d'OuledDjellal.

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

**III-1-1 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. (Ahmed, 2019)

**III-1-2 Pliocène**

Il est représenté par des poudingues, des bancs de grés et d'argiles sableuses à proximité des massifs 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. (Lahlali. A. 2019)

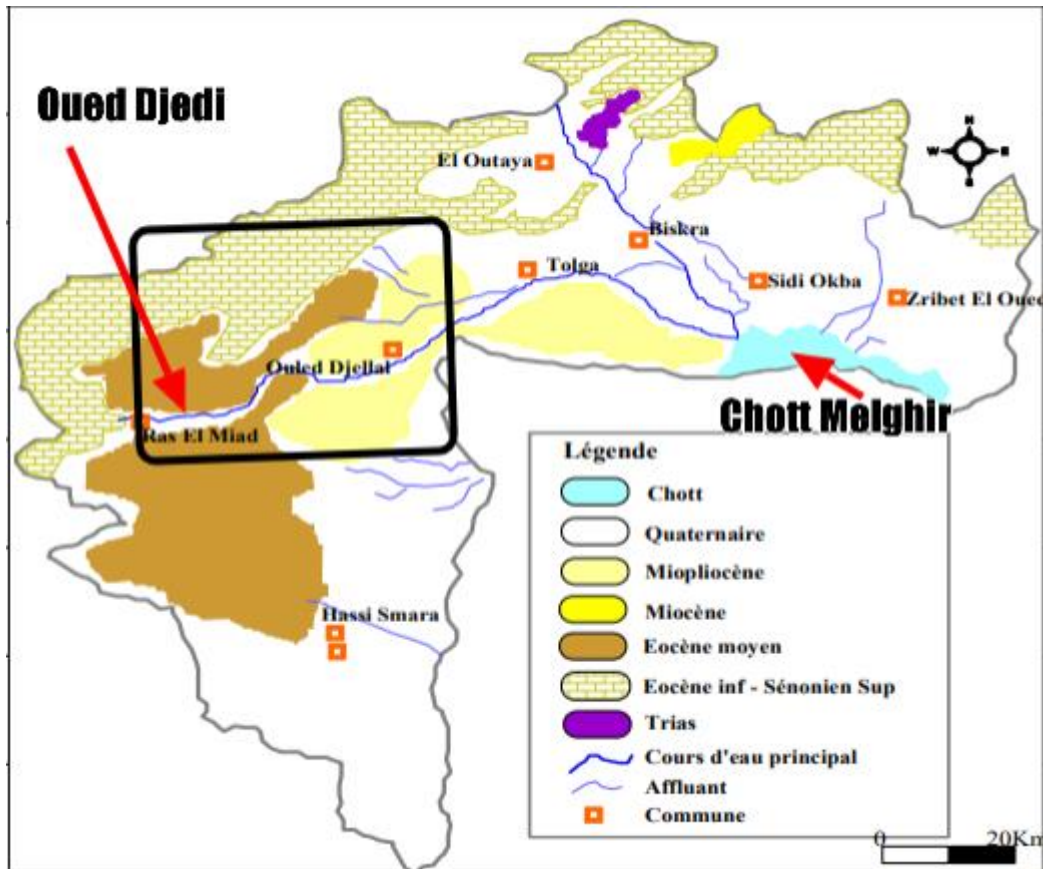


Figure III.2: La carte d'esquisse géologique de la région de la wilaya de Ouled Djellal (Hamdi A A - Zeghoud M C. 2017)

### III-1-3 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. (Lahlali. A. 2019)

### III-1-4 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.

### III-1-5 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).

**III-1-6 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. (LAHLLALIA(2019)

**III-1-7 Cénomanién**

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 BorjChaïba, sa puissance est de 500 m. Ce sont des calcaires marneux avec intercalations marneuses et gypseuses (ahmed, Juillet 2019)

**III-1-8 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 OuledDjellal. 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 . (Lahlali .A.2019)



Figure III.3: Grés de l'Albien inférieur (Benddin. S, 2019)

**III-1-9 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. (Lahlali.A.2019)



Figure III.4 : Calcaires marneux. (Benddin. S, 2019)

**III-1-10 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.(Ahmed, 2019)

**III-1-11 Barrémien**

Cette couche affleure uniquement vers Chaïba. Elle est constituée par les grés rouges avec quelques intercalations argileuses.(ahmed, Juillet 2019)

**III-1-12 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 marne

**III.2- Hydrogéologie de la région****Introduction :**

L'étude hydrogéologique de la région d'Ouled Djellal sera un appui scientifique pour la détermination de la zone de la recharge de la nappe souterrain en s'aidant de la carte géologique de la région ; c'est cette zone qui peut être l'ouverture qui peut provoquer la pollution des eaux souterraines surtout dans la zone où il y a une perméabilité importante ; pour cette raison et par manque de données et d'étude il faudrait effectués des analyses physico-chimique dans ces zones surtout sur les puits à faible profondeurs .

Les eaux homogènes et fossiles du L'aquifère Albien appelé aussi nappe du continental intercalaire **CI**, ont été rechargées lors des périodes humides et plus froides du Pléistocène inférieur (Guendouz & Moulla, 1995, 1996). Un fonctionnement hydraulique actuel se manifeste, caractérisé par un très faible taux de remplissage sinon négligeable, un écoulement vers le sud Est et des exutoires représentés par les forages profonds captant cette nappe. (Bouziane M.T et Laabadi A S, 2009) Les eaux souterraines qui se trouve à des profondeurs élevées ne cours pas le risque de pollution causé par Oued Djedi dans ces captages

**III-2-1 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 :

## **Chap III : Etude géologique et hydrogéologique**

- Nappe phréatique "superficielle des alluvions qui est prédisposé à une pollution causées par les eaux véhiculées par Oued Djedi qui en période sèche apporte des eaux d'assainissement

- 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.

**Classification des nappes : En peut classer les nappes selon :**

**Classification selon des critères piézométriques :**

On peut classer les nappes selon critères piézométriques comme suit

a) Les nappes libres ;

b) Les nappes captives;

c) Les nappes semi-captive.

**a) Nappe libre :**

Selon (Tahraoui. K.2020); Dans une nappe libre, la surface piézométrique peut, en fonction des conditions climatiques et de la recharge de la nappe par les précipitations, fluctuer librement dans la formation aquifère considérée car celle-ci s'étend au-dessus de la surface piézométrique (GILBERT. 1998) voir figure suivante :

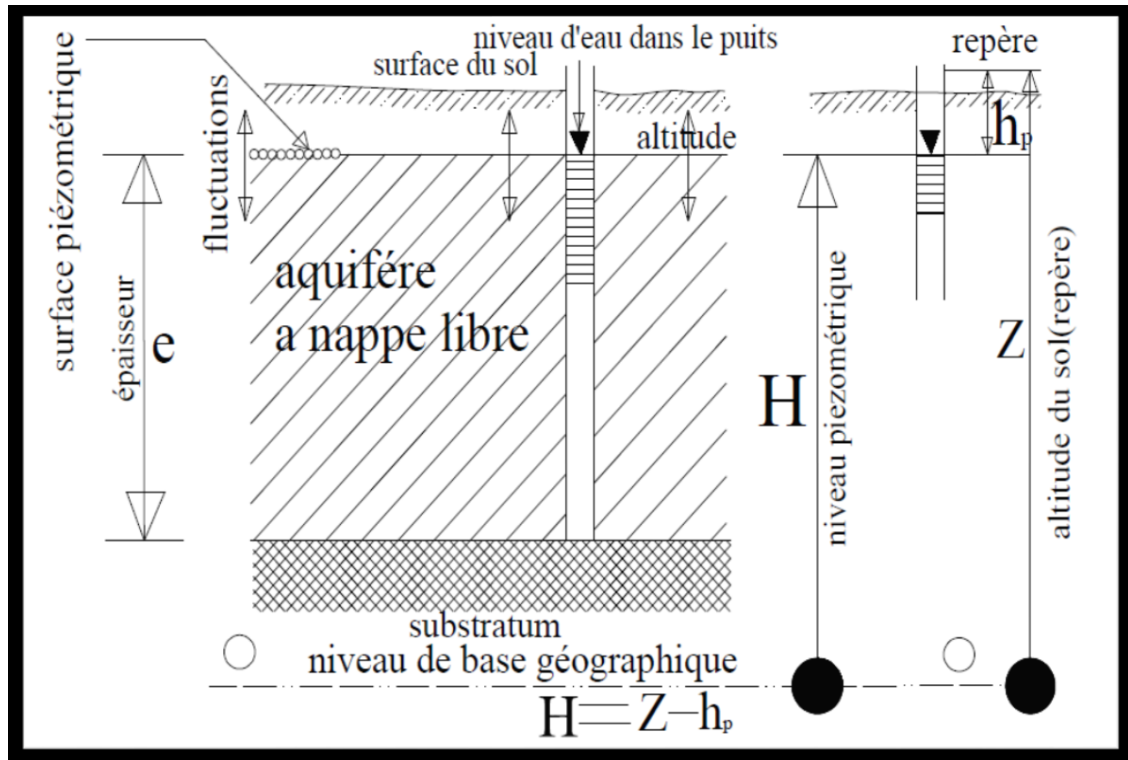


Figure III.5: Schéma de l'aquifère à nappe libre.  
(MOSLEMEL.M, 2015 in GILBERT. 1998); In Tahraoi.K. 2020

**b) Les nappes captives:**

Une nappe captive est une nappe qui est surmontée par une formation peu perméable où la surface aquifère est très poreuse et dont la charge hydraulique (surface piézométrique) de l'eau qu'elle contient est supérieure au toit de la nappe. Elle est sous pression.

Ces nappes sont difficilement rechargées car leur bassin d'alimentation en surface est limité. Elles représentent une ressource en eau particulière, moins importante sur le long terme que les nappes phréatiques, mais souvent mieux protégées des pollutions. (<https://www.aquaportail.com>)

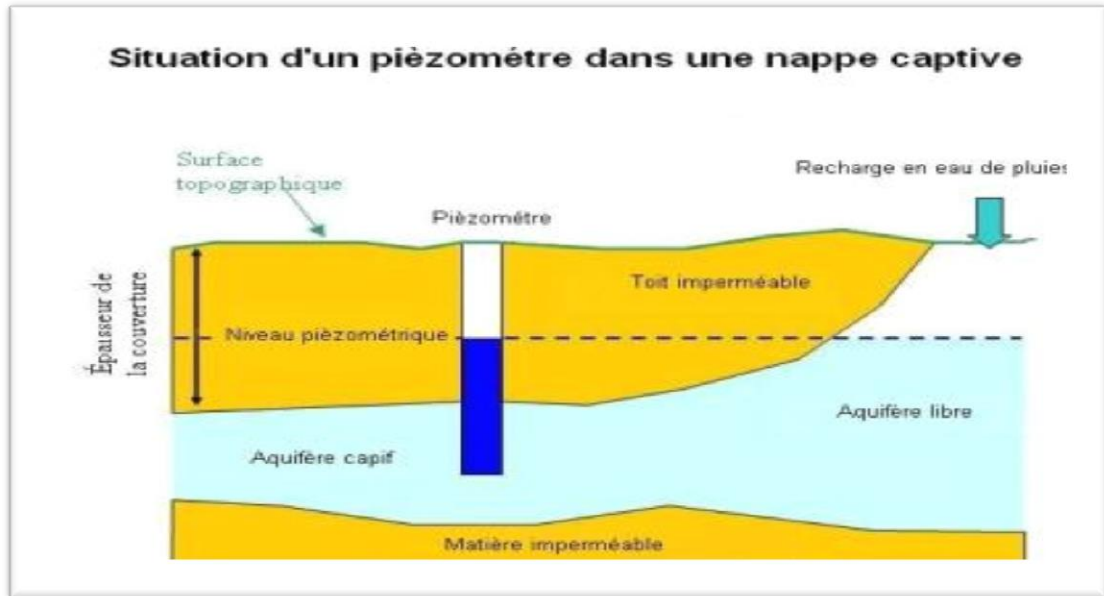


Figure III.6: Schéma de l'aquifère a nappe captive (Google)

**c- Les nappes semi-captives:**

L'eau provient non seulement de la nappe mais aussi de la couche semi-perméable qui la surmonte, en admettant que cette couche soit (partiellement) saturée. L'effet du pompage est de faire baisser la charge hydraulique de la nappe, et de créer ainsi une différence de charge entre la nappe principale et la couche semi-perméable.

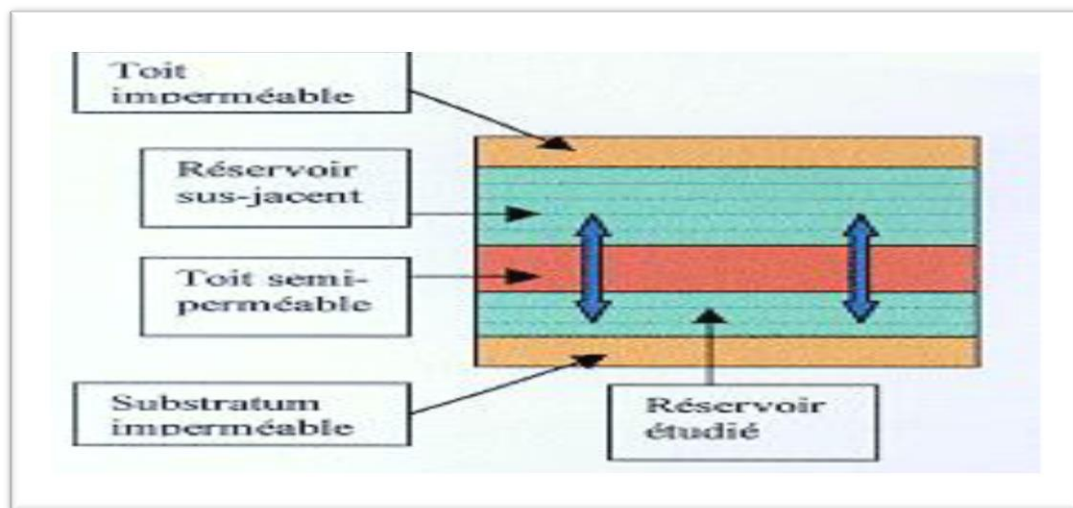


Figure III.7: Schéma d'une nappe semi-captive, (Amkadni .Y, Alaoui. I(2012))

- *Les eaux souterraines* ; dans la région de Biskra et Ouled Djellal est contenue dans les deux grands systèmes aquifères qui sont : le complexe terminal (CT) et le continental intercalaire (CT) tous deux surmontés par la nappe phréatique qui est

présenté dans l'ensemble des oasis. (UNESCO, 1972). Dans la région de Biskra, il faut signaler que 90,34% du volume d'eau souterraine mobilisé (686,5 Hm<sup>3</sup> /an) est destinés l'irrigation (ABHS ,2005).

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

#### **II .2.2-1Caractéristiques générales de la nappe :**

C'est une nappe d'inféro-flux. Les nappes inféro –flux constituent la ressource principale d'Ouled Djallal.. 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. C'est cette zone qu'il faut inspecter et la mettre sous observation avec des analyses physico – chimique via les puits existants

#### **II .2-2.2 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.

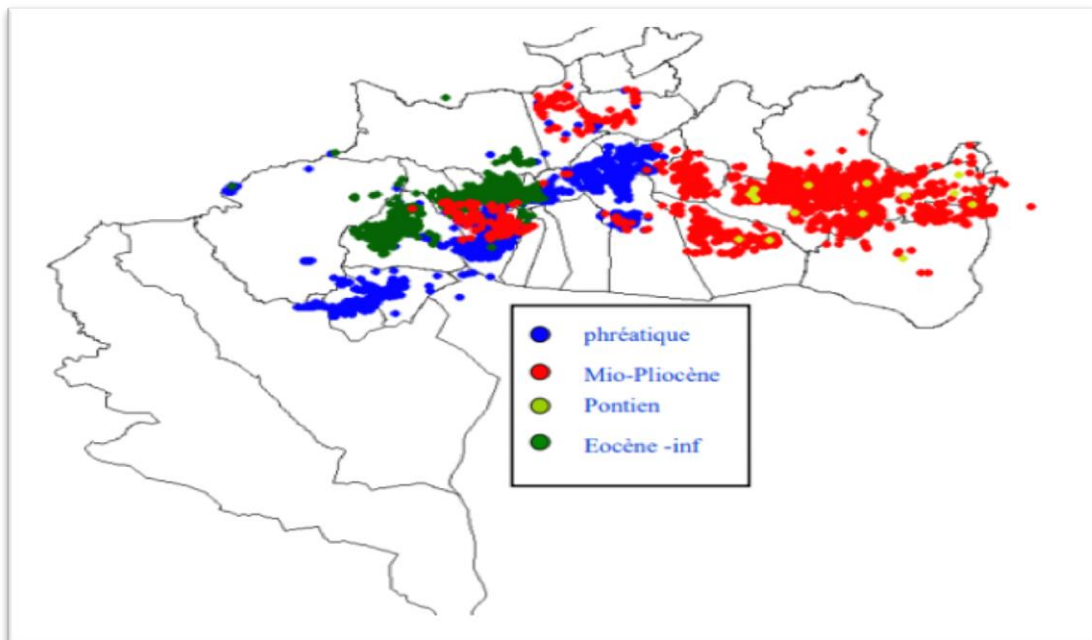


Figure III.8 : Répartition des points d'eau de la wilaya de Biskra (ANRH,2000)



**III .3 Hydrodynamique de la nappe :**

Selon (Lahlali. A, 2019) ; 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'emmagasinement 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 sub - surface, de niveaux fins limoneux.

Tab 6 : Caractéristiques de l'inféro-flux, la source : BET Bouaoud.F, 2017)

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

**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 m<sup>3</sup> . L'infiltration directe des précipitations représentent un volume d'environ 1.6 millions de m<sup>3</sup>

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 dimensions 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)

C'est zone de recharge peuvent être le lien entre les eaux polluées véhiculées par l'oued et les eaux souterraines sachant la ville d'Ouled Djellal ne dispose pas d'une station d'épuration

### **III .5 Piézomètre**

#### **III .5.1 Inventaire des points d'eau**

Selon (Lahlali .A. 2019) ; Un inventaire des points d'eau est réalisé à l'occasion d'une étude effectuée 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 maintien 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

Aves des puits non protégés, il y a risque de pollution de la nappe souterraine surtout dans les zones perméables.

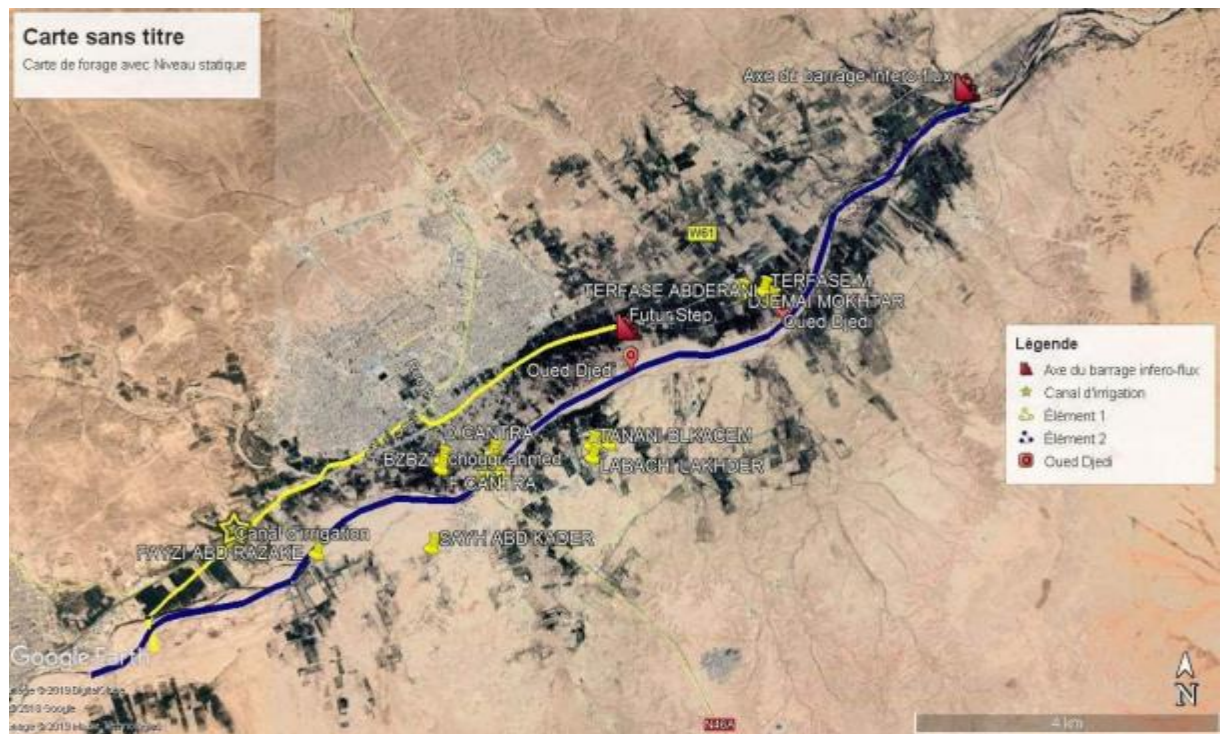


Figure III.8 : Prise de niveau piézométrique des 12 forages de la région d'Ouled Djellal ,(Lahlali. A, 2019)

### III .6Mode 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 rédepiézomètres. 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  $527 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- ♣ 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 l'études du BET (Bouaoud.F, 2017).

**Conclusion :**

Le mode de la recharge de la nappe souterraine en se basant sur ces trois cas, a une influence directe sur la pollution de la nappe souterraine :

\*Pour le premier cas ; pendant les crues Oued Djedi véhicule les eaux de précipitation venant de plusieurs effluent et cette charge tout au long de son passage par des rejets solides qui sont jetées sur les abords de l'Oued Djedi en même temps pendant la période sèche, il y a également les eaux d'assainissements surtout de la ville d'Ouled Djellal et de Sidi Khaled



Figure III.9 : Ouvrage de prise sur Oued Djedi

\*En période sèche les eaux véhiculées par l'Oued Djedi alimente l'ancien canal d'irrigation qui est à l'heure actuelle est utilisé pour l'irrigation ; se canal qui était à ciel ouvert est actuellement couvert dans la partie qui passe par l'ancienne ville d'Ouled Djellal qui contient les palmerais, donc les eaux polluées risquent de s'infiltrer vers les eaux souterraines et surtout dans les zones de recharges, cette hypothèse demande plus de recherche

Le risque de pollution de la nappe souterraine de la région d'Ouled Djellal par l'Oued Djedi qui véhicule les eaux d'assainissements demande des études plus approfondies surtout en absence d'une station d'épuration qui n'est toujours pas disponible pour le traitement des eaux usées de cette wilaya dont la population est en croissance.

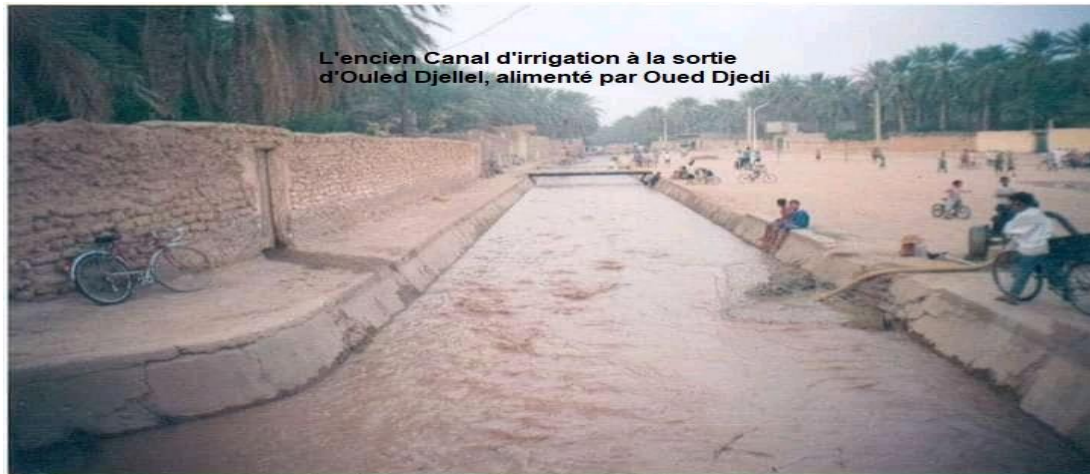


Figure III.10: Le canal d'irrigation travers l'ancienne ville d'Ouled Djellal



Figure III.11: La construction du canal d'irrigation l'ancienne ville d'Ouled Djellal,  
Photo des archives de l'APC de O.D en 1949

**CHAPITRE IV : GÉNÉRALITÉS**

**SUR LA QUALITÉ ET LE**

**TRAITEMENT DES EAUX**

### **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

#### **IV.1 -Introduction :**

L'eau est l'une des ressources les plus importantes de la planète. L'alimentation en eau peut être limitée en quantité et en qualité. L'importance de la limitation du point de vue qualitatif est illustrée par le fait que 97 % de l'eau de la Terre est contenue dans des océans et a une teneur en sels d'approximativement 35 000 mg/l ce qui limite énormément l'utilisation de cette immense quantité d'eau comme source d'eau potable.

En réalité, l'eau douce et la pluie ne sont pas uniformément distribuées à la surface de la Terre et c'est pour cette raison que plusieurs régions dans le monde font face actuellement à la sécheresse. En plus, l'humanité a pollué et continue à polluer certaines réserves d'eau douce à cause du manque de planification et des pratiques irresponsables contribuant ainsi au déficit global en eau potable.

#### **IV.2 Qualités générales des eaux souterraines.**

On retrouve quatre sources principales d'eau brutes : les eaux souterraines, les eaux de surface, les eaux de mer les eaux saumâtres, les eaux usées.

Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

##### **-Eaux souterraines :**

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les caractéristiques de ses eaux varient très peu dans le temps.

Les eaux souterraines sont inégalement réparties dans le temps et représentent les caractéristiques suivantes :

- Turbidité faibles. Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible.
- Température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible car ces eaux ne sont pas en contact avec les substances végétales.

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

- Débit constant. Contrairement à celle des eaux de la rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- Dureté souvent élevée les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalent responsable de la dureté.
- Concentration élevée de fer et de manganèse.

### **IV.3 Histoire du traitement de l'eau potable :**

Les hommes ont été alimentés en eau depuis des siècles. Avant, l'eau de rivière fournissait directement l'eau dans le but d'être potable. Lorsque les gens restaient en permanence à un certain endroit, c'était toujours près d'un lac ou d'une rivière. Lorsqu'il n'y avait pas de rivière ni de lacs, les peuples utilisaient les eaux souterraines pour avoir de l'eau potable. Elle était pompée depuis des puits.

Lorsque la population humaine a commencé à s'agrandir intensément, les approvisionnements en eau n'étaient plus suffisants. L'eau potable devait être extraite depuis différentes sources.

Il y a environ 7000 ans, Jéricho (Palestine), stockait l'eau dans des puits qui étaient utilisés comme des sources. Les hommes ont alors commencé à développer des systèmes de transport d'eau potable. Le transport s'effectuait grâce à de simples canaux, des digues en sable ou en roche. Plus tard, ont commencé à utiliser des sortes de canalisations. L'Égypte utilisait des branches de palmier, la Chine et le Japon utilisaient du bambou. Par la suite, ils ont commencé à utiliser l'argile, le bois et même le métal. Le peuple Persa a recherché des rivières et des lacs souterrains. L'eau arrivait par les trous des roches dans des puits dans les plaines.

Vers 3000 av. J.C., le Pakistan s'approvisionnait énormément en eau. Dans ce pays avait des bains publics avec des installations de chauffage de l'eau et des salles de bains.

Dans la Grèce antique, l'eau de source, l'eau de puits et l'eau de pluie ont commencé à être utilisés très tôt. À cause de l'expansion de la population urbaine, la Grèce a été forcée de stocker l'eau dans des puits et de la transporter à la population par l'intermédiaire d'un réseau de distribution. L'eau utilisée était emportée dans les égouts avec l'eau de pluie. La Grèce furent les premiers à s'intéresser à la qualité de l'eau.



## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**



Figure IV.1: Bains publics à Mohenjo-Daro, Pakistan (Guerram A, 2011)

Les Romains furent les plus grands architectes et constructeurs de réseaux de distribution d'eau. Ils s'approvisionnaient en eau grâce aux rivières, aux sources ou aux eaux souterraines. Les Romains ont construit des barrages dans les fleuves, afin de former des lacs. L'eau de lac était aérée puis fournie à la population. L'eau de montagne était le type d'eau le plus populaire, grâce à sa qualité.

Pour le transport de l'eau, des aqueducs furent construits. Grâce à ces aqueducs, l'eau était transportée sur des dizaines de kilomètres. Les installations en ville étaient faites en béton, en roche, en bronze, en argent, en bois ou en plomb. L'extraction de l'eau était protégée contre les polluants extérieurs.



Figure IV.2: un aqueduc Romain, (Guerram A, 2011)

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

Après la chute de l'empire romain, les aqueducs ne furent plus utilisés. De 500 à 1500 apr. J.C., il n'y a eu très peu de développement dans le secteur du traitement de l'eau. Au Moyen-âge, de nombreuses villes sont apparues. Dans ces villes des installations en bois furent utilisées. L'eau était extraite des rivières ou des puits, ou depuis l'extérieur des villes. Rapidement, les conditions sont devenues non hygiéniques, puisque les déchets et les excréments étaient déversés dans l'eau. Les personnes qui buvaient cette eau devenaient malades ou mourraient. Pour résoudre ce problème, les hommes ont commencé à boire de l'eau provenant de l'extérieur de la ville, ou les rivières n'étaient pas polluées. Cette eau était transportée dans la ville par les porteurs d'eau.

Le premier système d'approvisionnement en eau potable pour alimenter une ville entière fut construit à Paisley, en Ecosse en 1804 par John Gibbs, dans le but d'approvisionner en eau sa blanchisserie et la ville entière. Durant trois ans, l'eau filtrée était transportée aux consommateurs. Y a eu grand projet d'installation de traitement de l'eau. L'eau était décantée pendant 12 heures avant d'être filtrée. Les filtres étaient constitués de sable et de charbon de bois et étaient remplacés toutes les 6 heures.

En 1827, l'anglais James Simpson a construit un filtre à sable pour purifier l'eau de boisson.

Depuis le début du siècle, d'importants progrès ont été réalisés en matière de traitement des eaux. La désinfection continue des eaux est maintenant une chose importante. Des produits désinfectants dioxyde de chlore assurent une meilleure désinfection. Certains développements dans le domaine de la décantation et de la filtration ont entraîné la réduction de la taille des équipements. Par ailleurs, le raffinement des techniques de laboratoire permet de mesurer avec davantage de précision les concentrations des différentes substances contenues dans une eau ; on peut ainsi déterminer si une eau est potable. Grâce à la technologie actuelle on peut rendre à peu près n'importe quelle eau et ce quel que soit son degré de pollution.

### **IV.4 Normes de qualité :**

L'eau devrait ainsi être agréable au goût, dépourvue d'odeur désagréable et limpide. Ce type sommaire d'évaluation a conduit dans plusieurs cas à des catastrophes. Aujourd'hui, on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

on les compare à des normes. Ces normes ne sont pas définitives étant donné que le déversement des eaux usées industrielles augmente la quantité et la diversité des produits toxiques présents dans une eau. De plus les développements en microbiologie, en chimie analytique et en épidémiologie permettent de mieux cerner les effets de différentes qualités d'eau sur la santé humaine. Les normes, c'est-à-dire les concentrations maximales acceptables et les modalités d'application, sont différentes d'un pays à l'autre.

### **IV.4.1 Normes microbiologique :**

Les deux groupes de microorganismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

- **Le groupe des coliformes totaux :** comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives et qui fermentent le lactose avec dégagement de gaz en moins de 48h à 35° c.

Les coliformes totaux étant largement répartis dans la nature, ils n'indiquent pas nécessairement qu'il y a contamination, ces organismes survivent plus longtemps dans l'eau et résistent mieux à la chloration que les coliformes fécaux

- **Le groupe des coliformes fécaux :** comprend les coliformes pouvant former des gaz en moins de 24h à 44.5° c.

On retrouve les bactéries coliformes fécales en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux. On utilise de préférence les coliformes fécaux comme indicateurs de la qualité des eaux brutes, ce qui permet de détecter la présence d'organismes pathogènes à la source.

#### **Remarque :**

\*) On utilise de préférence les coliformes totaux comme indicateur de l'efficacité de traitement de l'eau potable.

\*) La présence d'un organisme coliforme quelconque dans l'eau traitée révèle que le traitement a été inefficace ou qu'il y a eu contamination après traitement mais ces indicateurs (coliformes fécaux et totaux) sont actuellement remis en doute par plusieurs chercheurs.

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

Peut-on vraiment, à l'aide de ces seuls indicateurs, conclure à l'absence de risques microbiologiques pour la santé humaine. ?

Des études récentes montrent qu'il n'y a pas de liens entre ces indicateurs et la présence des organismes pathogènes tels que les Virus ou les protozoaires.

Par la suite deux autres paramètres ont été ajoutés et qui sont les suivants :

1) Le dénombrement des colonies de fond sur les filtres à membranes pour les coliformes totaux. Ces colonies ne devraient pas y avoir plus de 200 colonies de fond

2) Le dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives.

-La concentration de ces bactéries ne devrait pas dépasser 500BHA/100ml.

### **IV.4.2 Normes et recommandations pour les paramètres physiques et chimique**

Le but de ces normes est de fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé. Des objectifs esthétiques ont été proposés car une eau de mauvaise qualité esthétique fait naître un doute sur sa salubrité dans l'esprit du consommateur. Souvent une mauvaise qualité esthétique découle d'une contamination chimique ou bactériologique. Les normes des substances présentant un risque direct pour la santé sont contrôlées et comparées avec des recommandations.

Ces derniers proposent des concentrations maximales acceptables (CMA) pour les substances qui peuvent nuire à la santé se sont des valeurs limites au-delà desquelles il serait possible d'observer un effet sur la santé.

### **IV.5 Aperçu sur les modes de traitements**

#### **IV.5.1 La clarification dans le traitement de l'eau**

Le traitement de l'eau destinée à l'alimentation humaine a pour but d'éliminer les éléments indésirables ou de les ramener à des valeurs fixées par les normes de qualité.

Il porte essentiellement sur les constituants de l'eau présents sous forme dissoute en solutions ou en suspension vraies ou colloïdales (turbidité, pollutions chimiques et bactériologiques).

Les filières de traitement sont définies en fonction de la qualité des eaux brutes et notamment de leur degré de pollution micro-biologique. Elles seront soit complètes

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

dans le cas des eaux fortement polluées comme les eaux de surface, soit sommaires (filtration + désinfection ou simple désinfection) lorsque l'eau brute présentera une meilleure qualité; tel est le cas des eaux souterraines.

Le traitement de l'eau est le moyen le plus important de maîtriser la qualité microbiologique de l'eau potable ; notamment, lors de la clarification et surtout de la désinfection.

La clarification consistant à retenir les matières en suspension et colloïdes incluant les micro-organismes qui y sont fixés, va donc permettre de préparer l'étape finale de désinfection. Située après le dégrillage-tamissage, elle comprend généralement une coagulation, une floculation, une décantation et une filtration rapide. Elle peut se résumer parfois à une simple filtration lente.

### **IV.5.2 Coagulation – Floculation**

Cette première phase précède la séparation solide - liquide (décantation - filtration). Elle permet l'agrégation des particules d'origine organique ou minérale difficilement éliminables par simple décantation ou filtration, parce que chargées électrochoc-négativement, elles se repoussent mutuellement. La coagulation consiste donc à ajouter à l'eau un électrolyte permettant de neutraliser ces charges négatives et de former des floes. Ce coagulant chimique, en général un sel d'aluminium ou de fer (sulfate d'alumine, chlorure ferrique...), doit respecter des critères de pureté tels qu'aux doses employées en traitement, ils ne conduisent en aucun cas à dépasser les normes de potabilité. Parfois, un adjuvant de floculation est ajouté (silice activée, alginates, amidons, polymères anioniques de synthèse).

L'efficacité de cette double étape (coagulation et floculation) est difficile à contrôler. Plusieurs facteurs (pH, température, sels dissous, turbidité, couleur de l'eau, conditions du mélange, qualité et dose de réactifs) entrent en jeu. Sa maîtrise passe en général par des essais de floculateur de laboratoire (Jar Test) qui sont optimisés avant sa transposition sur l'usine.

### **IV.5.3 Décantation - Filtration rapide**

Une fois formée, les floes sédimentent dans un bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'efficacité de cette étape dépend là encore de nombreux

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

facteurs (caractéristiques des floccs, viscosité et température de l'eau, caractéristiques de l'ouvrage et conditions hydrauliques).

Après décantation, l'eau est complètement clarifiée par passage gravitaire sur des filtres à sable dits "rapides". Cette dernière étape permet la rétention physique maximale à travers l'épaisseur du massif filtrant des micro-floccs, de la turbidité et de la couleur précipitée n'ayant pas décanté. Le filtre est en général constitué d'une couche de sable (0,70 à 1,00 m d'épaisseur) d'une taille effective TE comprise entre 0,80 à 1,00 mm admettant une vitesse moyenne de passage de 6 m/h. La fréquence de lavage (à l'eau et à l'air) des filtres est définie en fonction de la qualité des eaux, du degré de colmatage et de la contamination microbiologique.

On peut également utiliser un filtre bicouche composé d'une couche de sable (de 0,60 m d'épaisseur et même TE) surmontée d'une couche d'anthracite (0,40 à 0,70 m) à granulométrie supérieure (TE = 1,2 à 2 mm). Un tel filtre permet d'accroître la capacité de rétention tout en admettant des vitesses de passage plus élevées sans augmentation de la fréquence des lavages. Ici encore, la fréquence dépend de plusieurs facteurs qu'il faudra contrôler (vitesse, hauteur des couches, granulométrie, fréquence de lavage, caractéristiques des ouvrages) en fonction de la qualité de l'eau et des objectifs fixés.

### **IV.5.4 Filtration lente**

Une alternative à cette filtration rapide est la filtration lente sur sable, technique ancienne, simple, efficace et fiable si elle est maîtrisée.

On peut éventuellement l'intégrer après une filtration rapide mais appliquée individuellement elle permet d'atteindre les mêmes objectifs de qualité. Seules, les fréquences de colmatage différeront. Employé seul, ce traitement biologique ne nécessite aucun réactif chimique, son principe étant basé sur le passage de l'eau à une faible vitesse (0,1 à 0,5 m/h) au travers d'un massif de sable fin (TE = 0,2 à 0,5 mm) sur une épaisseur de 0,60 à 1,00 m. Au bout de quelques jours, voire quelques semaines selon le climat, il se forme en surface un film biologique actif composé d'algues et des bactéries.

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

Tout comme la biomasse se développant au sein du massif filtrant, il contribue à l'élimination des micro-polluants organiques (COT, matières humiques) et minéraux, ainsi qu'à la rétention efficace des micro-organismes.

Autant ce procédé présente des avantages (simplicité, fiabilité, performance), autant les risques de dysfonctionnement (colmatage par les algues, difficulté de lavage du sable, production de goûts et d'odeurs provenant de l'activité biologique mal contrôlée) ajoutées à d'autres inconvénients (surfaces importantes de mise en œuvre, maintenance lourde) en réduisent son intérêt.

### **La clarification dans l'élimination des micro-organismes**

La clarification élimine les micro-organismes, soit par rétention directe, soit indirectement par rétention de la turbidité véhiculant ces germes (adsorption sur les matières en suspension et colloïdales).

On distingue deux étapes dans la rétention directe : la coagulation - floculation - décantation et la filtration rapide. La première retient surtout les bactéries, les virus et certaines algues, la seconde vise plutôt les micro-organismes plus gros (protozoaires, métazoaires et algues filamenteuses). La filtration lente quant à elle, permet d'atteindre l'ensemble des agents microbiens, compte tenu des conditions de filtration mises en œuvre.

Autrefois, pour juger de son efficacité, les virus et les bactéries indicatrices (coliformes, streptocoques, flore totale) étaient surtout suivis et parfois, les kystes de parasites (*Entamoeba histolyca*) contrôlés. Aujourd'hui, compte tenu de la recrudescence depuis les années 80 d'épidémies de giardioses et cryptosporidioses notamment aux USA et au Royaume Uni, les *Giardia* sp. et *Crypto-sporidium* sp. ont beaucoup été étudiés et servent de plus en plus de témoins aux USA. Ainsi aux Etats Unis, suite aux amendements de 1986 apportés à la loi sur l'eau (SDWA : Safe Drinking Water Act), un règlement sur le traitement des eaux de surface (SWTR : Surface Water Treatment Rule) a été établi EN 1989. Celui-ci exige que les traitements des eaux de surface démontrent, grâce aux étapes de filtration et de désinfection,

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

Ces règlements montrent l'intérêt porté et à porter notamment à la clarification (filtration) vis-à-vis de l'élimination des micro-organismes, mais aussi de la turbidité, véritable indicateur de la présence de ces germes.

Décantation, les bacilles (Coliformes, Pseudomonas) étant mieux éliminés que les coques (Streptocoques, Staphylocoques), compte tenu de leur forme et de leur taille.

Pendant cette première étape et sans préchloration, les taux d'élimination varient de 74 à 97 % pour les coliformes (voir tableau ci-dessous)

Ces différences proviennent des conditions de mise en œuvre de la coagulation (température, pH, dose et nature des réactifs, conditions d'agitation) en unités de traitement ou en pilote. La qualité de l'eau (turbidité, concentration microbienne) et les méthodes d'analyses microbiologiques employées interfèrent également. La filtration ne contribue que très peu à cette rétention bactérienne puisque les taux globaux de la clarification sans préchloration ne dépassent jamais 99,9 %, aussi bien pour les coliformes que pour la flore hétérotrophe aérobie revivifiable. Qu'il s'agisse donc de filtre monocouche ou de bicouche, les rendements sont comparables à condition de ne pas dépasser une vitesse de passage de 25 m/h.

La température de l'eau ne semble pas jouer un rôle important. Que l'eau soit à 5 ou 18°C; les rendements d'élimination des coliformes ou de la flore hétérotrophe varient très peu. Ce n'est pas le cas de la filtration lente pour laquelle la température joue un rôle certain vis-à-vis de la rétention microbienne. L'activité biologique régnant en surface et dans le massif de sable s'installe et agit d'autant plus vite et mieux que la température est élevée, la vitesse de passage lent, l'eau brute riche en nutriments, l'épaisseur de sable grande et sa granulométrie fine.

Que ce soit par la filtration lente ou rapide, la clarification mise en œuvre dans les meilleures conditions permet d'éliminer jusqu'à 99,99 % des coliformes. La flore hétérotrophe est néanmoins mieux retenue dans le second cas (99,9 %) que dans le premier (97 %); un relargage du sable mature pourrait être l'explication.

Les abattements moyens dus à la clarification auxquels nous pouvons nous attendre sont les suivants :

Tab 7 : Les abattements moyens dus à la clarification (Guerram A, 2011)



## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

Micro-organismes	Clarification	
	Par filtration rapide % de rétention	Par filtration lente % de rétention
Coliformes	75 - 99,9	75 - 99,9
Flore hétérotrophe	50 - 99,99	50 - 97
Virus	90 - 99	90 - 99,9
Giardia sp.	90 - 99	90 - 99,9
Amibes	90 - 99	
Algues	90 - 99	

### **IV.5.5 Recommandations - Conclusions**

L'élimination des micro-organismes par clarification n'est ni uniforme ni constante. Un germe sera plus ou moins bien retenu selon sa taille, sa forme et sa charge électrique. L'analyse microbiologique ne donnera pas un résultat constant pour une même eau selon la méthode utilisée (en milieu liquide ou par filtration sur membrane. L'influence d'un ensemble de facteurs susceptibles de perturber et de rendre difficile l'élimination des micro-organismes n'est pas à négliger.

Qu'ils soient liés à la qualité de l'eau (turbidité, matières organiques et minérales, populations microbiennes, température, pH) ou au traitement (nature et dose des réactifs, conditions de mélange, de décantation, de filtration, type de matériau, hauteur et granulométrie du sable, vitesse de passage, charges appliquées...) l'influence de ces facteurs ne permet pas à la clarification d'atteindre des taux d'élimination maximums et constants. L'impact d'une pollution accidentelle, d'une pluviométrie abondante entraînant un lessivage des sols, l'insuffisance de périmètre de protection sont autant de paramètres contribuant à la dégradation d'une ressource et à l'instabilité de sa qualité. Les risques de dysfonctionnement sur la station (insuffisance des purges de décanteur, panne sur les agitateurs, déficience de lavage des filtres...) sont également des éléments imprévus, sources de perturbation.

Néanmoins, des mesures préventives peuvent être prises. Elles commencent par la protection et la gestion des ressources. Le choix, l'optimisation des filières, la

## **Chapitre IV : Généralités sur la qualité et le traitement des eaux**

conduite des installations est à considérer au mieux. Le contrôle régulier du traitement (auto-surveillance microbiologique, jar-test, turbidimètre en continu, compteur de particules) permet également d'en accroître sa maîtrise.

L'action de la clarification sur la qualité sanitaire de l'eau est tout autant directe qu'indirecte. Directe parce qu'elle élimine les micro-organismes, indirecte parce qu'elle prépare l'eau à une post-désinfection efficace. On ne saurait trop rappeler qu'on ne désinfecte bien que ce qui est propre; ici en l'occurrence, une eau correctement débarrassée de ses particules dissoutes ou en suspension. Entreprise donc dans les meilleures conditions, la clarification permettra de limiter les doses de désinfectants à appliquer et par là même d'en réduire leurs inconvénients (sous-produits toxiques, goûts).

Par ailleurs, la clarification intervient sur le contrôle indirect de la stabilité biologique de l'eau distribuée. Par son action de rétention de la matière organique -- et notamment de sa fraction biodégradable, le CODB (Carbone organique dissous biodégradable) source nutritionnelle pour les micro-organismes la clarification permettra de limiter le risque de prolifération bactérienne sur les réseaux de distribution.

Les moyens et les outils existent. Sachons bien les utiliser afin que la clarification atteigne les meilleurs objectifs et permette de garantir à l'eau traitée une qualité sanitaire ainsi qu'une stabilité biologique lors de sa distribution.

### **IV.6 Conclusion :**

La meilleure défense possible contre le problème des substances humiques et les matières en suspension présentant dans l'eau, demeure dans la source d'eau qui est souterraine (Forage) de grande qualité.

L'élimination ou la réduction des contaminations présente la meilleure solution à long terme.

Dans le but de produire une eau potable et améliorer la qualité de cette eau on va étudier le cas de la ville de **OULED DJELLAL**.

**CHAPITRE V : ETUDE DES  
RESSOURCES EN EAUX  
DE LA RÉGION D'OULED  
DJELLAL**

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

### **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

#### **V.1 Introduction**

Dans la zone désertique des Ouled Djellal, où la demande en eau est très importante en raison de la croissance démographique, du développement agricole et de l'exploitation des eaux souterraines, sachant que les eaux souterraines des Ouled

Djellal souffrent d'une baisse importante et qu'un autre problème s'ajoute, qui est la contamination de certains puits par les eaux usées, où la Oued Djedi est devenue le cours naturel des eaux usées Les soins de santé de Sidi Khaled et Ouled Djellal, et grâce à notre voyage d'étude à Wilaya de Ouled Djellal , nous avons pu recueillir quelques informations liées à ce problème. Sur la base des données recueillies dans Région Le but de ce travail est de déterminer la qualité des eaux de surface et souterraines, l'aptitude de l'eau à la consommation et son aptitude à l'irrigation

#### **V.2 Les eaux superficielles de l'Oued Djedi et ces affluent**

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 Demme. Selon le profil de l'Oued Djedi en remarque qu'il y a une pente très importante entre la région de l'Ouled Djellal et l'exutoire de chott Mélghir ce qui explique la réduction de temps de concentration des eaux de pluies dans la zone d'étude, et explique la torrencialité de son écoulement

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

## Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal

se manifestent dans de courtes durées. Les apports sont très variables d'une année à l'autre.

Les débits souterrains suivants ont été évalués pour quelques oueds importants de la région (ANAT, 2020).

- OUED EL ABIADH 40 l/s
- OUED LASEL 29 l/s
- OUED DIFEL 32 l/s
- OUED TRAFIA 20 l/s

### **V.3 Les eaux souterraines de la région d'Ouled Djellal**

Sur la base de l'étude hydrologique de la ville d'Ouled Djellal, on peut déterminer la zone de recharge des eaux souterraines à partir de la carte géologique de la zone. C'est cette zone qui peut être à l'origine de la pollution des eaux souterraines, notamment dans la zone à haute perméabilité

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

**V.3-1•Nappe phréatique** " Il s'agit de nappes superficielles généralement exploitées par puits. Ces nappes sont localisées dans les plaines et les lits d'oueds. Ce sont des nappes peu profondes. Elles sont constituées généralement par les formations quaternaires. Elles sont alimentées, directement par les précipitations, les eaux de crues, parfois par drainante à partir des aquifères situés plus en profondeur et artésiens, les eaux de drainage, les fuites occasionnées par les ouvrages de canalisation et les forages et enfin par le retour des eaux à partir de l'irrigation. Le système aquifère d'inféro-flux le plus important de la région est, sans conteste, celui de la nappe en gouttière de l'oued Djeddi. (Hamdi et Zeghoudi. 2017).

Cette nappe est prédisposée à une pollution causées par les eaux véhiculées par oued Djedi qui en période sèche apporte des eaux d'assainissement

**V.3-2•Nappe des sables du Mio-Pliocène** : Cet aquifère est constitué par une alternance d'argiles, des sables, de graviers et conglomérats avec des passées gypseux. Il repose en discordance sur les assises imperméables du miocène marin et de l'éocène moyen. Il est recouvert de dépôt alluvionnaire peu épais, de croute

## Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal

gypseuse et de sable. Le moi-pliocène affleure au nord-est et au sud tous le long de l'Oued Djeddi

**V.3-3•Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur dite** (nappe de Tolga) . Le mur de la nappe est composé par des niveau carbonatés correspondant au Sénonien inférieur. L'alimentation de la nappe s'effectue essentiellement par deux zones d'affleurement l'une au Nord de Tolga ou l'Eocène inférieur affleure sur une étendue de 70 km et l'autre à l'Ouest de Doucen et Oued Djellal. Au Nord et au Nord Est de la wilaya, cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien d'une profondeur comprise entre 200 et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau.

**V.3-4•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

Tab 8 : Les nappes souterraines d'OuledDjellal (ANRH, 2008)

Wilaya	Nappe	Profondeurs (m)
Ouleddjellal	Phréatique	20-60
	Moi-pliocène	90-250
	Eocène inferieur	90-500
	Albien	1700-2600

**\* Aquifère superficiel.**

On entend par là les nappes d'eau exploitées à travers des puits dont la profondeur ne dépasse pas 90 mètres, dont la source est l'eau des vallées voisines. Ils sont nombreux dans la région, mais son niveau est peu élevé. Nous mentionnons le Couche d' Oued Djedi , C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface Avec les eaux usées d'Ouled Djellal et de Sidi Khaled, du fait de sa présence

## Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal

dans une zone à fort taux de pénétration, et nous avons eu un entretien avec quelques agriculteurs de la zone d'Ouled Djellal qui nous ont assuré que les eaux souterraines qu'ils utilisent pour irriguer les forêts de palmiers et les cultures agricoles sont contaminées par les eaux usées qui se jettent dans l'Oued Djedi.

### \*Aquifère profond (La nappe Albien)

Dans la région Etude, cette nappe a environ une épaisseur de 500 mètres (secteur d'Ouled Djellal) et est constituée par le complexe Albien La profondeur de ce toit, dans le secteur d'Ouled Djellal et de Sidi Khaled se situe à environ 2000 mètres L'exploitation de cet aquifère est très couteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 60°C. Cette nappe est représentée dans la wilaya, Les eaux souterraines situées à grande profondeur ne sont pas à risque de pollution.

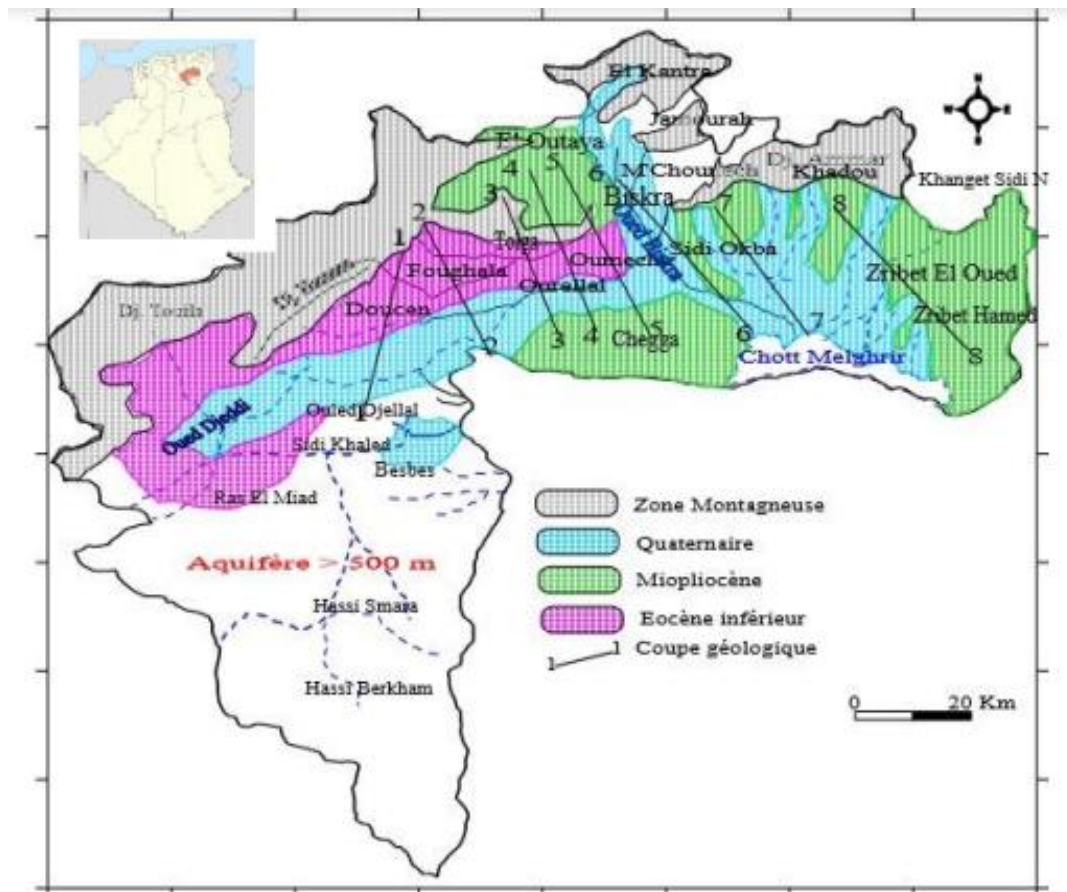


Figure V.1: Les aquifères inventoriés au niveau de la région de Biskra (ANRH, 2008)

**Chapitre V : Étude des ressources en eaux  
de la région d'Ouled Djellal**

Tab9 : Les forages albiens de la région de Biskra  
(Bouziane MT et Laabadi M S. 2009)

Commune	Lieu dit	Année Réal	Prof (m)	Débit (l/s)	Propre	Pression Init.	Usage	Obs
Ras Miad	Ras El Miad	1983	1741	60	APC	3,8 bars	-	Non Exp
Ras Miad	Hassi Berkhr	1984	1641	60	APC	14 bars	AEP+IRR	Exploite
Ras Miad	Hassi smara	1983	1740	50	APC	14 bar	AEP+IRR	Exploite
Besbès	El houba	1984	1912	60	APC	-	AEP	Exploite
Besbès	Besbès	1982	1933	50	APC	3,8 bars	AEP	Exploite
Besbès	Ras El Djader	1981	2729	70	APC	14 bars	AEP	Exploite
Sidi khaled	Sidi khaled N°1	1956	2500	100	APC	16 bars	AEP	Exploite
Sidi khaled	Sidi khaled N°2	1982	2150	80	APC	11 bars	AEP	Exploite
Sidi khaled	Sidi khaled N°3	1983	2040	80	APC	12 bars	AEP	Exploite
Ouled djellal	Ouled djellal	1983	2170	80	APC	15 bars	AEP	Exploite
Ouled djellal	Ouled djellal	1974	2138	80	APC	14 bars	AEP	Exploite
Ouled djellal	Ouled djellal	1982	2200	80	APC	13 bars	AEP	Exploite
Doucen	Doucen	1979	2200	80	APC	15 bars	AEP	Exploite
El Ghrous	APC El Ghrous	1981	2309	60	APC	14 bars	IRR	Exploite
Foughala	APC Foughala	1989	2250	80	APC	-	IRR	Exploite
Tolga	APC Tolga	1984	2081	120	APC	17 bars	IRR	Exploite
Bouchagroune	APC Bouchagroune	1988	2381	120	APC	-	IRR	Exploite
El Hadjeb	APC El Hadjeb	1986	2333	120	APC	-	AEP	Exploite
M'Lili	APC M'Lili	1987	2413	35	APC	24 bars	IRR	Exploite

A travers le tableau, on constate que les puits de grande profondeur ne sont pas exposés au risque de pollution (propre) et sont aptes à la consommation et à l'abreuvement

Plusieurs facteurs se sont associés pour que les eaux de l'Albien soient chimiquement moyennement chargées il s'agit :

- Du temps de séjour très important.
- De l'écoulement en contact avec les formations argileuses sous forme d'intercalations dans les grès et les formations carbonatées et marneuses formant le toit de l'aquifère.
- De la grandeur de la surface de contact entre la roche magasin et les eaux. Cette surface est naturellement proportionnelle à la longueur du trajet des eaux souterraines et à l'épaisseur du réservoir.
- De la température élevée des eaux, qui a pour rôle d'activer la dissolution de certains sels, tels que le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{CaCO}_3$  et le  $(\text{Mg}, \text{Ca})\text{CO}_3$ .



**Chapitre V : Etude des ressources en eaux  
de la région d'Ouled Djellal**

- Ainsi que de la pression considérable exercée par les formations plus récentes sur l'aquifère mettant la nappe en charge

**V.4 Statistiques sur le secteur des ressources en eau de Ouled Djellal**

Tab 10 : Le réseau d'eau potable de Ouled Djellal et Sidi Khaled

Commune	Population	Réseau d'eau potable jusqu'à (31\12\2020)										Réseau d'assainissement jusqu'à (31\12\2020)	
		Longueur du réseau (km)			Besoins m <sup>3</sup> /jour	Nombre de vertus		Quantité de production allouée à l'irrigation agricole (m <sup>3</sup> /jour)		Installations de stockage		Longueur du réseau (km)	La quantité d'eaux usées vers step m <sup>3</sup> /j
		Canal d'addition	Réseau de distribution	Total		Potable	Albien	Potable	Albien	Nombre	Volume de stockage (m <sup>3</sup> )		
Ouled Djellal	82451 habitants	48.00	202.00	250.00	12367.65	11	5	\	18144	13	21350	160	18247.68
Sidi Khaled	55206 habitants	67.92	118.15	186.07	8280.90	11	4	\	8899.20	9	4900	92.48	9331.20
Total	137657 habitants	115.92	320.15	436.07	20648.55	22	9	\	27043.20	22	26250	252.48	27578.88

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

### **V.6 Origine et caractéristiques des eaux à traiter**

#### **V.6.1 Nature des eaux Traitées**

Les eaux à traiter proviennent à partir de champs captant de la ville de BIR NAAM situe a environ 15 km du chef-lieu de la daïra.

#### **V.6.2 Débit Nominal d'eau Traitée**

La station doit pouvoir fournir nominalement un débit de 100 m<sup>3</sup>/j (soit 1,157 l/s) d'une eau traitée conforme aux spécifications. Ce débit correspond à la demande du jour de pointe à long terme d'une eau de qualité.

Comme indiqué ci-dessus, le débit nominal est à fournir quel que soit la qualité de l'eau arrivant à la station.

#### **V.6.3 Caractéristiques des eaux traitées**

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les caractéristiques de ses eaux varient très peu dans le temps.

Les eaux souterraines sont inégalement réparties dans le temps est représentent les caractéristiques suivantes :

Turbidité faibles. Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.

- Contamination bactérienne faible.
- Température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible car ces eaux ne sont pas en contact avec les substances végétales.
- Débit constant. Contrairement à celle des eaux de la rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- Dureté souvent élevée les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalent responsable de la dureté.
- Concentration élevée de fer et de manganèse.

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

### **V.6.4 Importance des paramètres analysés**

Une eau potable ne doit pas être seulement "bonne à boire", elle doit répondre aux normes établies par une réglementation internationale soit OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Les "Eaux destinées à la consommation humaine" sont, entre autres, définies comme étant des eaux qui peuvent être consommées ou être utilisées dans la fabrication des denrées alimentaires à l'exclusion des eaux minérales. En d'autres termes cela concerne donc l'eau froide et l'eau chaude sanitaire distribuées dans l'habitat, l'hôtellerie, les bureaux, les cuisines, ...

La qualité des eaux destinées à la consommation humaine est déterminée en termes de limites pour les principaux paramètres, cités ci-dessous :

### **V.6.5 Paramètres analysés**

#### **V.6.5.1 Paramètres physico-chimiques :**

##### **➤ Couleur :**

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV.

##### **➤ Turbidité :**

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre, elle nuit au taux de filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection, le contact entre les germes pathogènes et l'agent désinfectant étant défavorisé. L'un des buts primordiaux du traitement est de réduire la turbidité dans le cas d'une turbidité élevée et contenant des matières organiques.

D'après les normes, la turbidité maximale acceptable est de 5 NTU (car elle est alors perceptible) et l'objectif est égal ou inférieur à 1. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU.

##### **➤ Température :**

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles.

Une température élevée peut favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques.

Les acteurs des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température.

### ➤ Goûts et Odeurs

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur.

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO<sub>2</sub> ou le sulfure d'hydrogène H<sub>2</sub>S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution.

### ➤ Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce qu'il réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables.

Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates.

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe.

Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution.

### ➤ Nitrates et Nitrites : ( $\text{NO}_3^-$ et $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète. Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique et alimentaire. La teneur en nitrates de l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution bactériologique par suite de l'oxydation de l'ammoniac.

### ➤ PH :

Le pH de l'eau conditionne les équilibre physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableuses ou granitiques. Il est alcalin dans les calcaires. Le pH est corrigé selon le cas par élimination du  $\text{CO}_2$  dissous en excès ou par correction de la dureté carbonatée.

### ➤ Turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière.

Tab 11 : Classes de turbidité usuelles (NTU ou néphélobimétrie turbidity unit)

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

### ➤ La Conductivité électrique :

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température. Elle est donnée à 20°C.

Le Niveau guide de la conductivité à 20°C d'une eau destinée à la consommation humaine : 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- ❖ 50 à 400 : qualité excellente
- ❖ 400 à 750 : bonne qualité
- ❖ 750 à 1500 : qualité médiocre mais eau utilisable
- ❖ 1500 : minéralisation excessive

### ➤ Résidu sec :

Il exprime la totalité des sels dissous dans l'eau et des suspensions organiques et minérales obtenues par pesées (évaporation à 110°C/24h), C'est donc la minéralisation totale de l'eau.

### ➤ Fer total :

La présence du fer dans l'eau est :

Soit d'origine naturelle : le fer est abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures ; la craie contient des nodules de marcassite (sulfure), soit due à la corrosion de canalisations de distribution en fonte ou en acier.

La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations.

Le fer est un élément essentiel de la nutrition humaine. Les besoins journaliers sont de 1 à 2 mg.

Concentration maximale admissible dans les eaux destinées à la consommation humaine : 0.2 mg/l.

- Paramètres ioniques

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

➤ Les Cations :

➤ Sodium Na :

Le sodium se retrouve partout dans le milieu aquatique. Ses concentrations varient considérablement selon les paramètres hydrologiques et géologiques régionaux et locaux, la saison et le mode d'utilisation du sel.

➤ Fer et manganèse :

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc.

Dans les eaux de surface, le fer et le manganèse se trouvent en général à l'état oxydé et précipité ; ils sont donc éliminés par les traitements classiques de clarification.

➤ Les Anions :

• Chlore Cl:

C'est un désinfectant utilisé dans le traitement de l'eau dans le but de tuer ou enlever les organismes capables de donner une infection. Il affecte le goût et l'odeur de l'eau.

Le chlore est toxique pour l'homme et les animaux à forte dose.

Les kystes tels que les protozoaires, agent de l'amibiase ne sont pas détruits par le chlore et ils ont une résistance très caractérisée au chlore et doivent être éliminés par la filtration.

• Sulfate SO<sub>4</sub>

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux et ont de nombreuses applications commerciales, principalement dans l'industrie chimique. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle.

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale.

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution.

- Fluor F :

Le fluor est un oligo-élément présent naturellement dans l'eau, sa teneur dépend de la nature des roches traversées par l'eau.

Des concentrations élevées en ions fluorures peuvent être rencontrés parmi les roches détritiques (sable, argile, grès), ce qui impliquerait une dissolution du Fluor dans ces roches. La présence du fluor peut aussi être attribuée aux échanges anioniques dans les intercalations argileuses.

- La Dureté TH (Calcium, Magnésium):

Le titre hydrotimétrique (TH) exprime la teneur en sels de calcium et de magnésium (la dureté totale).

Le calcium est un métal alcalino-terreux présent dans les eaux des forages d'In Ghar.

Les sels de calcium sont obtenus lors de l'attaque de roches calcaires (qui sont formées essentiellement de carbonate de calcium) par l'anhydride carbonique dissous ( $\text{CO}_2$ ).

Le magnésium est un élément qu'on retrouve dans de nombreux minéraux et dans les calcaires. La teneur en magnésium est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés, il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates ( $\text{MgCO}_3$ ) et de bicarbonates ( $\text{Mg}_2\text{HCO}_3$ ).

Une eau dure, par son apport en calcium et en magnésium, est bonne pour la santé, mais par contre elle accélère l'entartrage des conduites et réagit mal au savon.

- Le titre alcalimétrique complet TAC:



## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

Le titre alcalimétrique (TA) permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau.

L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution étalon d'acide fort en présence d'un indicateur coloré de pH :

La Phénolphtaléine qui vire du rouge à l'incolore à un pH de 8,5.

Le TA dose la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonate à un pH de 8,5 (le Titre alcalimétrique complet correspond à la totalité des bicarbonates et des carbonates).

- **Mesure du TA**

Dans un erlenmeyer contenant 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 gouttes de phénolphtaléine.

- Si le pH < 8,5, la solution ne se colore pas en rose : le TA est = 0, dans notre cas.
- Si le pH > 8,5, la solution est rose : le TA est déterminé par addition de liqueur alcalimétrique (solution d'acide sulfurique N/25), V (ml), nécessaire au virage de la phénolphtaléine

Si les eaux contiennent des phosphates en quantité négligeable on peut aisément montrer que pour des pH inférieurs à 8,5 le TA est nul (concentration négligeable en ion OH<sup>-</sup> et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), et que le TAC se résume à la mesure des ions bicarbonates.

### **V.6.5.2 Paramètres bactériologiques**

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle permet également de contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement.

Les coliformes totaux ne sont pas tous d'origine fécale. Ils ne sont donc pas indicateurs d'une pollution fécale. Leur recherche est cependant utile pour contrôler la qualité d'une eau après traitement.

D'après l'OMS, les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries de ce groupe proviennent également de fèces animales, ou se rencontrent même sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils

## **Chapitre V : Étude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

soient résistants à la dessiccation, et apportent donc une information supplémentaire sur une pollution.

D'après l'OMS, l'indicateur le plus utile pour estimer la pollution fécale est *Escherichia Coli*. En effet, il est abondant dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matières fraîches), assez persistant pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20°C varie d'une semaine à un mois). Sa recherche spécifique

est cependant difficile sur le terrain, c'est pourquoi on utilise de façon routinière les bactéries coliformes thermo-tolérantes.

## **Chapitre V : Etude des ressources en eaux de la région d'Ouled Djellal**

### **Conclusion**

La région d' Ouled Djelall a une superficie large qui donne la possibilité de trouver une déférons analyse des eaux donc qui donne une gamme très large de traitement et prétraitement.

**CHAPITRE VI : ÉTUDE DE CAS DE  
LA STATION DE  
DÉMINÉRALISATION PAR (OI)  
D'OULED DJELLAL**

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

### Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal .

#### VI.1 Introduction

La commune de OULED DJELLAL dispose de forages dont les caractéristiques physico-chimiques sont citées dans le chapitre précédent.

Le système de traitement de l'eau retenu est la déminéralisation par osmose inverse. Le débit d'eau traitée à produire doit être de 100 m<sup>3</sup>/j

#### VI.2 Résultats et discussion

##### VI.2.1 Résultats d'analyses

<i>Paramètres</i>	<i>unités</i>	<i>Valeurs Limites algérienne</i>	<i>Valeurs Limites OMS</i>	<i>F 01</i>	<i>F 02</i>
<i>Turbidité (FTU) EB</i>	<i>NTU</i>	5	-	07	06
<i>Turbidité (FTU) ED</i>	<i>NTU</i>	5	-	06	06
<i>Ph</i>	<i>Unité Ph</i>	6,5 - 9	6,5 - 9	7.65	7.53
<i>Conductivité a 25°C</i>	<i>µS/cm</i>	2800	-	1300	1300
<i>Résidu sec a 105°C</i>	<i>mg/l</i>	-	500	838	844
<i>Nitrate</i>	<i>mg/l</i>	50	50	02	1.1
<i>Carbonate</i>	<i>mg/l(CaCo3)</i>	500	-	00	00
<i>Chlorure</i>	<i>mg/l</i>	500	250	200	205
<i>Dureté Totale (°F)</i>	<i>°F</i>	20	20	30.9	30.9
<i>Sulfate</i>	<i>mg/l</i>	400	500	235	225
<i>Calcium</i>	<i>mg/l</i>	200	-	95	95
<i>Magnésium</i>	<i>mg/l</i>	-	-	17.3	17.3
<i>Sodium</i>	<i>mg/l</i>	200	-	186.6	182.5
<i>Potassium</i>	<i>mg/l</i>	12	-	30	30
<i>Bicarbonate</i>	<i>mg/l</i>	-	-	247.05	244
<i>Bactériologiques</i>	-	-	-	-	-

#### ➤ Nitrate

Les résultats d'analyses des forages ressortir une faible concentration en nitrates (1.1 et 2 mg/l) qui est due à la décomposition de matières végétales ou animales,

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**

### ➤ Résidu sec :

Indicateur de qualité par excellence, le Résidu Sec (RS) traduit le taux des sels minéraux contenus dans une eau.

Dans notre cas, les résultats d'analyses (838 et 844 mg/l) ont permis de constater que les eaux des forages enregistrent des concentrations supérieures à la valeur guide indiquée dans les normes de l'OMS (500 mg/l), et inférieures à la concentration admissible (2000 mg/l).

### ➤ PH

L'analyse des résultats obtenus indique que dans les deux cas, les eaux étudiées répondent aux critères en vigueur. Les valeurs moyennes du pH dans les forages sont 7,65 et 7,53. Ces valeurs s'inscrivent dans la fourchette des valeurs généralement observées pour les eaux potables. Ce qui montre la neutralité de ces eaux

### ➤ Turbidité :

La turbidité est le premier paramètre perçu directement par le consommateur, elle désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière.

Les résultats d'analyses montrent des turbidités moyennes dans les deux forages sont de 6 et 7 NTU, d'après le tableau cette valeur est comprise entre 5 et 30 NTU donc elle indique une eau légèrement trouble mais près de la claire.

Puisque notre eau est de source souterraine d'où est très pauvre en matières organique ce qui conduit que la turbidité peut avoir une origine inorganique mais celle-ci ne risque généralement pas d'affaiblir le procédé de désinfection.

### ➤ La Conductivité électrique :

Les valeurs de la conductivité moyennes dans les deux forages sont 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

D'après le Niveau guide de la conductivité à 20°C d'une eau destinée à la consommation humaine : il s'agit d'une eau moyennement minéralisée.

### ➤ Les sulfates

Les valeurs des sulfates dans les deux campagnes sont 225 et 235 mg/l.

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

Ces valeurs sont supérieures à 150 mg/l d'où peuvent occasionner un gout perceptible mais l'objectif organoleptique est établi à 500 mg/l

### ➤ Le Sodium

Les valeurs du sodium dans les deux campagnes sont 182.5 et 186.6 mg/l.

Puisque ces valeurs sont inférieures à 200 mg/l, l'objectif organoleptique est établi.

### ➤ Le Magnésium

La quantité des deux campagnes est de 17.3 mg/l, d'où d'après les normes on trouve qu'il n'y a pas un niveau guide, mais il y a une concentration maximale admissible de l'ordre 150 mg/l ce qui implique que la concentration du Magnésium ne représente aucun risque sur la qualité des deux forages.

### ➤ Le Potassium

La quantité des deux campagnes est de 30 mg/l, d'où d'après les normes on trouve qu'il n'y a pas un niveau guide pour l'OMS et 12 mg/l comme concentration maximale admissible pour la norme Algérienne, d'où le Potassium a une teneur élevée dans les deux forages.

### ➤ Dureté

La dureté s'exprime en ppm w/v(ou mg/L) de [CaCO3](#) ou en [degré français](#)(symbole °F) .(1 degré français correspond à  $10^{-4}$  mol/L soit 4 milligrammes de [calcium](#) ou 2,4 milligrammes de [magnésium](#) par litre d'[eau](#) ou bien 10 mg/L de [CaCO3](#)).

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique					
TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	Supérieur à 42
Eau	Très douce	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

Les résultats obtenus pour nos échantillons analysés pour la dureté totale a une concentration de 30.9 °F.

D'après la plage de valeurs du titre hydrotimétrique, le champ captant sont caractérisés par une eau dure d'où elles sont considérées de moindre qualité même si le consommateur l'accepte mais tolérables.

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**

### ➤ Chlorures

Les valeurs trouvées pour les deux campagnes sont 200 et 205 mg/l. ces valeurs sont en dessous des valeurs limites acceptées par la norme de référence.

### ➤ Les Bicarbonates :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'espèce basique telle que les ions bicarbonates et les ions carbonate

Les résultats d'analyses montrent que la teneur en bicarbonates des eaux des deux forages est sensiblement élevée, variant entre 244 et 247.05 mg/l, donnant ainsi une alcalinité relativement importante mais dans les normes (500 mg/l), car la valeur maximale enregistrée (247.05 mg/l)

Puisque les valeurs des ions carbonatés sont nulles d'où l'alcalinité déterminée est due à la présence de bicarbonate pour ces eaux.

### **VI.3 Présentation de la station de déminéralisation par osmose inverse**

Le système de traitement de l'eau existant est la déminéralisation par osmose inverse. Le débit d'eau traitée à produire est de 100 m<sup>3</sup>/j.

#### **VI.3.1 Schéma hydraulique de la station**

L'eau brute est collectée puis transportée par une conduite vers une bache à eau de stockage et reprise par une conduite pour subir un traitement a fin de subir une potabilisation et distribuée via des robinets de puisage installés sur la bache d'eau traitée.

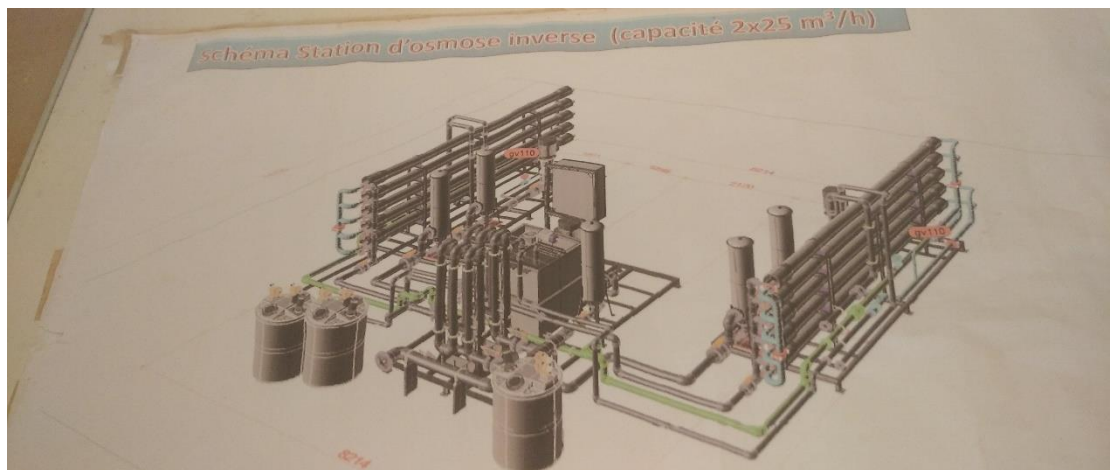


Figure VI. 1 : Schéma station d' osmose inverse



## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**



Figure VI. 2 : Schéma hydraulique de la station

### **VI.3.2 Filière de traitement.**

La chaîne de traitement prévue est la suivante :

- Préchloration
- Filtre à sable
- filtre à charbon actif
- Déchloration
- microfiltration (Filtre a cartouche)
- Osmose inverse
- Correction de PH
- Post-chloration

### **VI.3.3 L'osmose inverse**

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer ;
- Le dessalement des eaux saumâtres ;
- La production d'eau ultra pure ;

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

- La production d'eau de process...

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable.

Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires. La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration.

La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique.

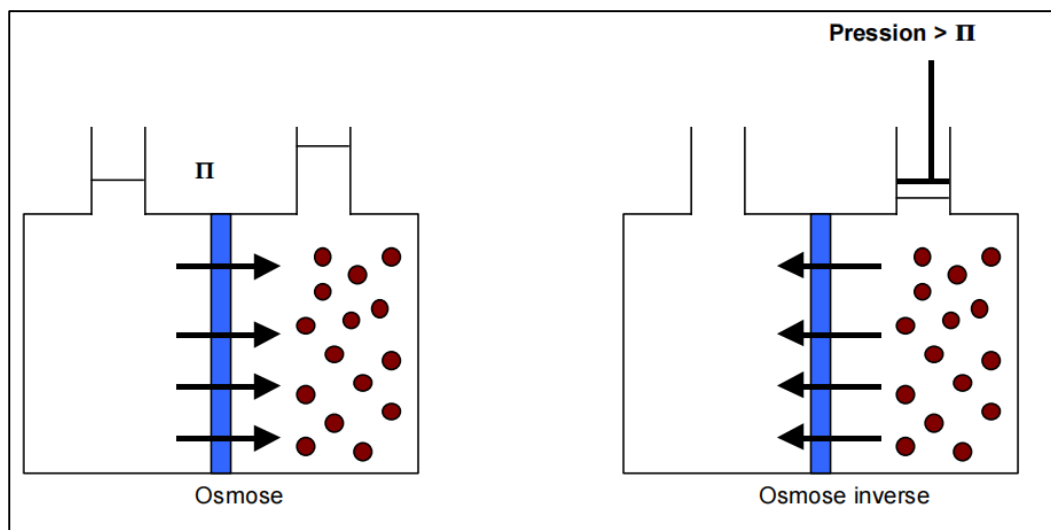


Figure VI.3 : Principe de l'osmose inverse

([http://perso.wanadoo.fr/jose.braun/separation/uf\\_et\\_oi.htm](http://perso.wanadoo.fr/jose.braun/separation/uf_et_oi.htm) – consulté en décembre 2021)

La pression osmotique  $P$  est d'autant plus importante que la concentration est élevée et que la masse molaire est faible.

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**

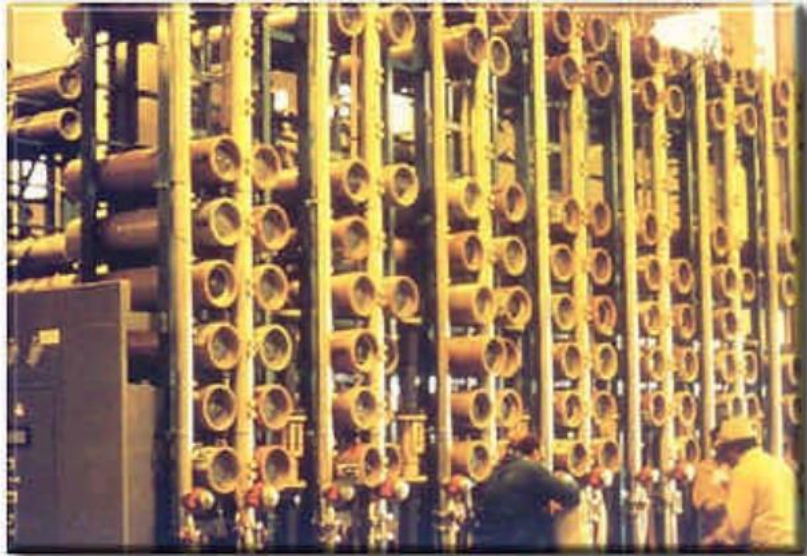


Figure VI.4: Installation de dessalement d'eau de mer tangentielle

(Source : <http://www.cfm-membrane.com> consulté en décembre 2021)

### **VI.3.3 Prétraitement :**

#### **VI.3.3.1 Préchloration**

Un système d'injection de chlore est prévu pour doser le chlore en continu pendant le fonctionnement normal de l'unité de déminéralisation en amont des filtres à sable.

Ce système sera contrôlé par une pompe de dosage d'hypochlorite de sodium avec toute la robinetterie et l'instrumentation nécessaires.

#### **Dimensionnement**

Nombre des pompes : 02 (01 en réserve)

Point d'injection : en amont de filtre à sable

Produit Chimique : Hypochlorite de sodium (NaOCl)

Débit à traiter : 5.56 m<sup>3</sup>/h

Dosage maximal : 3 mg/l

La concentration du produit 12%

La concentration de la solution chimique 100%

La densité 1,1 Kg/l

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**

Besoin journalier =  $3 \times 5.56 \times 24 / (1000 * 0.12) = 3,34 \text{ Kg/j}$

Dosage journalier =  $3,34 / (1,1 * 1) = 3,04 \text{ l/j}$

Choix de Réservoir 150 L

### **VI.3.3.2 Filtres à sable**

La filtration par le sable est une méthode robuste utilisée très fréquemment pour enlever les particules solides suspendues dans l'eau. Chaque filtre est en fait constitué de plusieurs couches de sable, gravier et Anthracite.

Quantité : deux (02) filtres en série

Débit total d'eau d'alimentation :  $5.56 \text{ m}^3/\text{h}$

Charge surfacique (Vitesse de Filtration) =  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$

Débit = Surface x La charge surfacique

Surface = Débit / La charge surfacique =  $5.56 / 5 = 1.11 \text{ m}^2$

### **Dimension unitaire des filtres proposés**

Longueur : 1 m

Surface = 2 x Diamètre x Longueur

On prend un diamètre de 1 m

Surface =  $2 \times 1 \times 1 = 2 \text{ m}^2$

Des vannes pneumatiques installées sur la tuyauterie d'entrée et de sortie de l'eau permettra d'en renverser la direction sur demande.

Des mesures de l'indice de colmatage (SDI) sont effectuées lors d'approvisionnements en eau relativement propre (eau potable) afin de déterminer le contenu des colloïdes, indiquant ainsi à quelle vitesse une membrane RO sera colmatée (encrassement).

$$SDI = \frac{(1 - t_i/t_f) \cdot 100}{T}$$

Avec :

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

$t_i$  : le temps nécessaire pour remplir 100 ml.

$t_f$  : le temps nécessaire pour remplir 100 ml après avoir filtré pendant 15 minutes.

$T$  : la durée totale du test (toujours 15 minutes)

Pour des résultats fiables, au moins deux mesures doivent avoir des valeurs de SDI similaires (+/- 0,5).

SDI1 = 3, SDI2 = 3,5 : la mesure est acceptable

SDI1 = 3, SDI2 = 3,7 : la mesure n'est **PAS** acceptable

**SDI = 0-3**: Les conditions standard s'appliquent.

**SDI = 3-5**: Des conditions spéciales pour le rendement RC (recovery) et le débit de perméat s'appliquent comme indiqué dans le manuel d'instructions de l'installation.

**SDI = 5-6**: L'eau ne convient pas à l'alimentation d'une unité NF ou RO sauf si la teneur en colloïdes est réduite par un prétraitement supplémentaire (ex. de la floculation).

**Débit d'eau entrante : 5.56 m<sup>3</sup>/h pour le filtre**

**Qualité d'eau sortante :**

**SDI < 5 lorsque la Turbidité initiale est > 5 NTU**

**SDI < 3 lorsque la Turbidité initiale est < 5 NTU**

**Groupe de pompage Pour l'alimentation des Filtres à sable :**

Deux (01 en réserve) pompes centrifuges fabriquées en acier inoxydable seront installée pour alimenter les filtres à sable leur capacité unitaire sera **de 5.56 m<sup>3</sup>/h à 3 bars** avec moteurs tropicalisés et variateurs de vitesse

**VI.3.3 filtre à charbon actif**

Ce traitement est prévu dans le but d'enlever le chlore et absorber aussi les molécules organiques en les confinant à l'intérieur des micros pores éliminant les couleurs et les goûts indésirables

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

### **VI.3.3.4 Microfiltration**

Dans le but d'éviter le passage des grosses particules ou de sable fin, pouvant s'introduire dans le système de membranes, il est prévu un système de filtre de sécurité à cartouches jetables. Il sera fourni un 01 filtre.

Les cartouches sont à base de fils en polypropylène à enroulement hélicoïdal avec un seuil de rétention nominal de 5 microns. En aval des micros filtres il est prévu des points de mesure de certains paramètres d'opérations comme le potentiel redox, le PH, la conductivité et la température.

Après le démarrage de l'unité de déminéralisation et dans le cas où la qualité de l'eau brute est en dehors des conditions de fonctionnement requises par les membranes, une vanne de décharge, installée en aval du micro filtre peut-être ouverte pour évacuer l'eau vers le rejet jusqu'à ce que les conditions requises soient à nouveau rétablies.

### **VI.3.3.5 Le système de lavage et de rinçage :**

Le lavage à contre-courant des filtres à sable est assuré par l'eau brute qui est stockée dans la bache d'eau brute.

### **VI.3.3.6 Déchloration**

La solution de déchloration ( $\text{NaHSO}_3$  : Bisulfite de Sodium) sera dosée pour l'élimination totale du chlore libre. L'injection de ce réactif chimique est prévue en amont des micros filtres à cartouche par une pompe doseuse.

Nombre des pompes de dosage : 02

Point d'injection : amont les micros filtre

Produit Chimique : Meta bisulfite de sodium  $\text{NaHSO}_3$

Débit d'eau Total à traiter :  $5.56 \text{ m}^3/\text{h}$

Dosage maximal :  $4 \text{ mg/l}$

La concentration du produit : 95%

La concentration de la solution chimique 10%

La densité  $1,1 \text{ Kg/l}$

Besoin journalier =  $4 \times 5.56 \times 24 / (1000 * 0.95) = 0.56 \text{ Kg/j}$

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

Dosage journalier  $0.56 / (1,10 * 0,10) = 1 \text{ l/j}$

Choix de Réservoir 150 L

### **VI.3.3.7 Système Osmose Inverse**

Après avoir passé à travers les micros filtres, l'eau prétraitée est pompée par une pompe à haute pression permettant d'atteindre la pression demandée par le système d'osmose inverse pour alimenter les tubes de pression renfermant les membranes d'Osmose Inverse.

L'osmose Inverse est configurée en deux lignes en parallèles :

#### **Pompe à haute pression**

Quantité : deux (2)

Localisation : à l'entrée de système d'osmose inverse

Débit d'eau à traiter =  $5.56 \text{ m}^3/\text{h}$

#### **Système d'osmose Inverse (Modules et Membranes)**

Il y a deux lignes (en parallèle)

##### **1<sup>er</sup> ligne :**

Nombre des Modules = 04

Nombre des Membranes : 04

Arrangement : En parallèle

Débit d'eau brute =  $2.78 \text{ m}^3/\text{h}$

##### **2<sup>eme</sup> ligne :**

Nombre des Modules = 04

Nombre des Membranes = 02

Arrangement : En parallèle

Débit d'eau à l'entrée =  $2.78 \text{ m}^3/\text{h}$

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

Il y a deux lignes (en parallèle)

### **VI.3.3.8 Système de lavage et de rinçage**

Ce système est utilisé pour le nettoyage et la désinfection des membranes. La solution de nettoyage est préparée dans une bache puis recirculée avec les pompes de nettoyage à travers le micro filtre de la station de nettoyage et les blocs d'osmose inverse.

L'opération est déclenchée de façon manuelle selon le besoin

Débit demandé par module : 12,3 m<sup>3</sup>/h

#### **Réservoir du système de Rinçage:**

Quantité : 02

La durée de chaque rinçage : 15 min

Débit de pompe de rinçage : 2.78 m<sup>3</sup>/h

Capacité de réservoir : 500 L

### **VI.3.3.9 Correction de pH**

Nombre des pompes de dosage : 2

Point d'injection : ligne d'eau traitée

Produit Chimique : Na OH

Débit d'eau : 4.17 m<sup>3</sup>/h

Dosage maximal : 1,5 mg / l

La concentration du produit : 100%

La Concentration de la solution chimique : 46%

La densité : 1.54 kg/l

Besoin journalier :  $1.5 * 4.17 * 24 / (1000 * 0.46) = 0.33 \text{ kg / jour}$

Dosage journalier =  $0.33 / (1,54 * 1) = 0.5 \text{ l/j}$

Choix de Réservoir (séjour 24 h) = 150 L



## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**

### **VI.3.3.10 Post Chloration**

Nombre des pompes de dosage : 02

Point d'injection : ligne d'eau traitée.

Produit Chimique : Hypochlorite de sodium (NaOCl)

Débit à traiter : 4.17 m<sup>3</sup>/h

Dosage maximal : 1 mg / l

La concentration du produit : 12%

La Concentration de la solution chimique : 100%

La densité : 1.1kg/l

Besoin journalier (kg/jour) =  $1 * 4.17 * 24/1000 = 0.1$  kg/jour

Dosage journalier =  $0.1 / (1,1 * 0.12) = 0.76$  l/j

Choix de Réservoir (séjour 24 h) 150 L

### **VI.4 Qualité et débit d'eau traitée**

Caractéristique des eaux brutes à l'entrée de l'unité d'osmose inverse :

Débit à traiter : 5.56 m<sup>3</sup>/h (à l'entrée de la station)

Caractéristiques des eaux traitées garanties :

Débit d'eau traitée : 4.17 m<sup>3</sup>/h

Salinité totale : 300 - 600 mg/l

L'eau traitée est conforme aux normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

#### **VI.4.1 Le taux de conversion**

Le taux de conversion minimum à garantir pour l'ensemble de l'installation du système d'osmose inverse projetée est de 75%.

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**

**VI.4.2 Consommation des produits chimiques**

<i>Produits Chimiques</i>	<i>[ ]</i>	<i>Dose</i>	<i>Débit</i>	<i>Consommation</i>	
	<i>%</i>	<i>mg/l</i>	<i>m3/h</i>	<i>Totale (kg/j)</i>	<i>Pendant 1 année (ton /année)</i>
<i>Hypochlorite de sodium</i>	<i>12</i>	<i>3</i>	<i>5.56</i>	<i>3.34</i>	<i>12.19</i>
<i>Méta bisulfite de sodium</i>	<i>95</i>	<i>4</i>	<i>5.56</i>	<i>0.56</i>	<i>2.04</i>
<i>Hydroxyde de sodium</i>	<i>46</i>	<i>1,5</i>	<i>4.17</i>	<i>0.33</i>	<i>1.20</i>
<i>Hypochlorite de sodium</i>	<i>12</i>	<i>1</i>	<i>4.17</i>	<i>0.1</i>	<i>0.37</i>

**VI.5 Installation et spécifications des équipements**

**VI.5.1 Pompes doseuse**

Type : TEKNA ACL 902
Débite maximum : 10 l/h
Pression : 10 bars
Cycle de pulsation maximum : 400 T/min
Connexion : 4/6
Alimentation électrique : 230V/ 50-60 Hz
Classe d'isolement : F
Degré de protection : IP 65
Température de fonctionnement : -10 .....40 °C

**VI.5.2 Réservoirs**

Fonctionnement : stockage des produits chimiques
Matériau : polyéthylène

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**

Description : forme cylindrique fermé de capacité 150 L

**VI.5.3 Filtration**

Fonctionnement : Elimination de turbidité et matière en suspension. Ainsi que les métaux lourds et des matières organiques

TYPE : Filtre Cleer HI FLO 9 Filtre Cleer UF 36

**VI.5.4 Filtre a charbon actif**

Fonctionnement : absorber les molécules organiques éliminant aussi les couleurs et les goûts indésirables

TYPE : HI FLO 9 UR 36

**VI.5.5 Micro-Filtration**

Fonctionnement : Elimination de la matière en suspension a 5 um

Type : Filtre Gard système GDSF 15

**VI.5.6 Système Osmotique**

Fonctionnement : Désalinisation au moyen de membranes a osmose inverse

Type : AQUA CLEER MFP 2200

**VI.5.7 Instrumentations**

Instrument	Endroit
pH mètres	Ligne d'alimentation et produit d'osmose inverse
Conductivité mètres	Ligne d'alimentation et produit d'osmose inverse
Potentiel oxydoréduction	Ligne d'alimentation d'osmose inverse
Turbidité mètre	Ligne d'alimentation et produit d'osmose inverse

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**

Chlore résiduel	Ligne d'alimentation et produit d'osmose inverse
Transmetteurs de pression différentielle	Ligne commune des Filtres à sable
Débitmètres / transmetteur de débi	Ligne de produit et rejet d'osmose inverse
Monomètre	Ligne de refoulement
Interrupteur de pression basse	Ligne d'aspiration de pompe à haute pression
Interrupteur de pression haute	Ligne de refoulement de pompe à haute

**VI.5.7 Les vannes**

<b>Vannes</b>	<b>Matériau</b>
Vanne à papillon	Fonte avec une couche de caoutchouc, PN 16
Vanne de vérification	Balancement, Acier Inox 316, PN 16
Vanne à balle	Acier Inox 316, PN 16 NPT connexion
Vanne sphérique	Acier Inox 316, PN 16 NPT ou colle
Pour les petites tailles	PVC

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation**  
**par (OI) d'Ouled Djellal**

**VI.5.8 Équipement du Laboratoire**

<b>Équipement</b>	<b>Analyse</b>	<b>Description</b>
Oxygène dissout mètre	Oxygène dissout	Choix : 0-20 mg/l, précision : +/- 0.5 % compensation automatique de température
PH mètre	PH	Choix. 0-14 précision : 0.02
Thermomètre	Température	Type : digital
Conductivité mètre	Solides dissouts et Conductivité	Choix : 0-2000 $\mu$ s /cm 9 V Batterie compensation automatique de température
Turbidité mètre	Turbidité	Choix : 0-9.99, 100-1000 NTU
Four avec pompe d'aspiration	Matière suspendue	57 litre, 25 °C 2 rayons
Colorimètre	Alcalinité et dureté	
spectrophotomètre	Ca, Mg, Fe, Cl <sub>2</sub> , phosphate, sulfate, silice, chlorure	Longueur d'onde : 340-900 NM, registre donné : 500 point
Jar test		essais de décantation
Réactifs et produits chimique		Tous les réactifs Nécessaire
Lot de verrerie		Tous les types et quantités des verreries nécessaires

**Équipement de laboratoire**

<b>Équipement</b>	<b>Qté</b>	<b>Description</b>
Boîtes à outils de mécanicien	02	Boite complète avec jeux de clés, tournevis, pinces et autres outils nécessaires à l'entretien

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**

Boîtes à outils d'électricien	02	Boite complète avec tous les outils nécessaire
Boîtes à outils de technicien instrumentiste	02	Boite complète avec tous les outils nécessaire (multimètres numériques, fers à souder et autres petits outils)
treuil chaîne différentiel	01	Capacité : 01 tonne
Perceuse à main	01	à deux vitesses à haut rendement, capable de percer jusqu'à un diamètre de 10 mm
Perceuse à main	01	à deux vitesses, capable de percer jusqu'à un diamètre de 6 mm
Jeu de clés dynamométriques	01	pour écrous allant jusqu'à 40 mm environ
Jeux de clés	02	fermées/ouvertes
Jeux de clés à molettes	02	
Jeux de tournevis	02	
Jeux de tournevis cruciforme	02	
Jeux de ciseaux à bois	02	jusqu'à environ 25 mm
Jeux d'extracteurs de vis pour trous	02	capacité approximative de 25 l
Appareils à mesurer l'isolement	01	avec chariot de transport
appareil de soudage, oxyacétylénique et d'oxycoupage	02	
Bouteilles d'oxygène et d'acétylène	01	
Standard de coupe de tôle	01	jusqu'à 50 mm d'épaisseur et de soudage de tôles jusqu'à 10 mm d'épaisseur, et avec régulateurs de l'oxygène et de l'acétylène et tuyaux souples
Matériel de calibrage et d'essai équipement contrôle	01	

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

perceuse à bras radial	01	une capacité de perçage de 25 mm
Une scie à métaux à entraînement par moteur électrique à deux vitesses	01	

### **VI.6 Spécification des équipements électriques**

#### **VI.6.1 Tableau de commande**

Le tableau de commande est construit en tôle, et entièrement assemblée et câblé, pourvu des commutateurs, boutons-poussoirs, lampes de signalisation et autres accessoires nécessaires pour le bon fonctionnement de l'installation. Le contrôle de l'installation est réalisé par des PLC.

L'actionnement de l'installation et l'avancement des séquences de régénération seront réalisés par un panneau de commande ; L'installation de traitement d'eau, complète, est visualisée au moyen d'une poste de contrôle et supervision.

#### **VI.6.2 Automate PLC (contrôleur logique programmable)**

Le PLC sera installé dans l'armoire de commande

#### **VI.6.3 Système SCADA**

Le système SCADA consiste en un poste de travail pour l'exploitation et le contrôle de la station via un logiciel, il sera inséré sur le poste de commande, connecté au PLC sur l'armoire de contrôle principal.

#### **VI.6.4 Câbles de puissance, de contrôle et de mise à la terre**

- **Câbles de contrôle**

La taille minimum de fils sera 2.5 mm<sup>2</sup> en PVC de type isolé pour des moteurs et 1.5 mm<sup>2</sup> pour des commandes. La quantité et la taille de conducteurs seront conformément aux règlements et usages.

- **Câbles de puissances**

Les câbles de puissance des moteurs seront dans des conduits souterrains en PVC / PVC/ CU, sur des chemins de câble ou des conduits rigides acier en surface du sol. La quantité et la taille de conducteurs seront conformément aux règlements et usages.

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

### **VI.6.5 Transformateur**

- Quantité : 01
- Tension de service : 11 KV (Poste d'arrivée)
- Connections : DYN
- Service : tous les moteurs de L'unité
- Fréquence : 50 Hz
- Impédance : 5.5 %

### **VI.6.6 Groupe électrogène de secours**

- Quantité : 01
- Débit d'eau de la station : 100% du débit nominal
- Installations sous-pression : pression de service
- Facteur de puissance nominal : 0.8
- Tension nominale : 380 V
- Fréquence nominale : 50 Hz

### **VI.6.7 Alarme incendie**

Le système d'alarme proposé est de type conventionnel. Il est constitué de :

- Panneau, 8 zones ou plus, 2 circuits bell, chargeur de batterie, batterie 12 VDC,
- Monté en avertisseur et interface
- Conventionnel détecteur de fumée complet avec base
- Conventionnel bell, 6 inch, plus que 80 Db
- Conventionnel strobe de lumière, 24 VDC
- Conventionnel manuel brise- glace

### **VI.6.8 Éclairage et prises de courant**

L'éclairage et les prises de courant seront installés en nombre suffisant et en apparent à partir des coffrets d'éclairage et prises de courant.



## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

### VI.7 Diagnostic des factures et l'optimisation de l'utilisation de l'énergie électrique

#### VI.7.1 Factures de la station en DA (année 2017)

Ces factures sont calculées pour le tarif 41

Tab 12 : Factures de la station en DA (années 2017)

Mois	Facture (DA)
Janvier	701449,94
Février	500308,05
Mars	567964,37
Avril	427688,77
Mai	230126,53
Juin	168070,05
Juillet	484002,32
Aout	69292,41
Septembre	66216,26
Octobre	66216,26
Novembre	66216,26
Décembre	439683,24

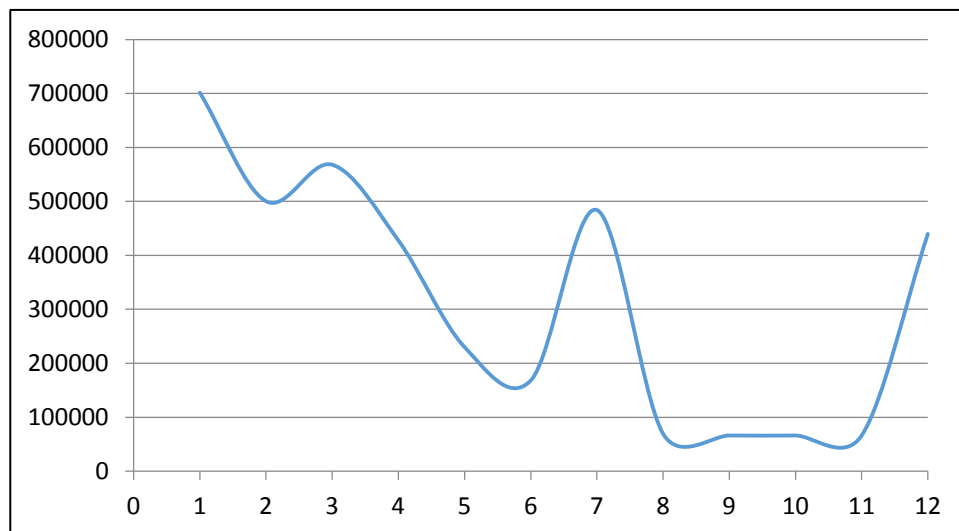


Figure VI.5 : Variation de la facturation en DA d'électricité pour chaque mois

La figure VI.4, présente une lacune au niveau des mois aout jusqu'à septembre, ce qui entraîne l'arrêt de la station dans cette période. La valeur majeure parmi toutes les factures est celle de janvier.

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

### VI.7.2 Calcul de la facture avec les différents tarifs :

Après calcul avec les différents tarifs on aboutit aux résultats illustré dans le tableau suivant : Tab 13 : Tableau récapitulatif de calcul de la facture

Puissance (kWh)	tg $\phi$	Tarif 41 (DA)	Tarif 42 (DA)	Tarif 43 (DA)	Tarif 44 (DA)
230	0,30	701 462,34	672 632,97	717 936,90	832 031,11

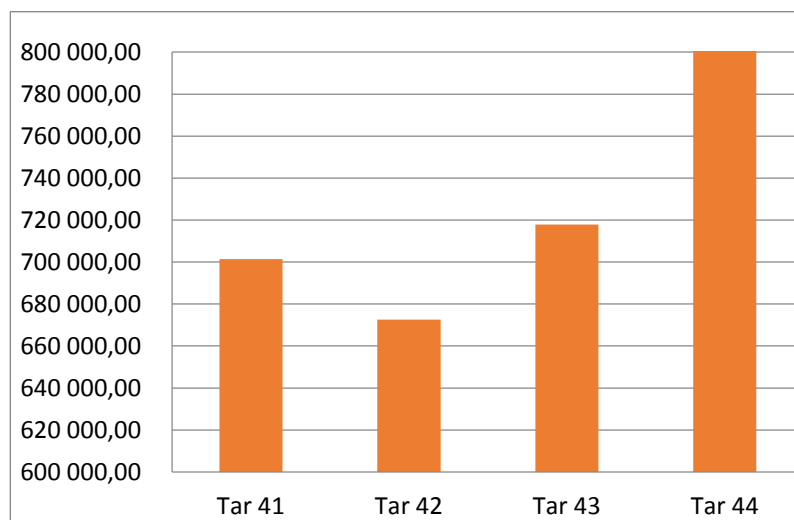


Figure VI.6: Histogramme des factures en fonction des tarifs

### VI.7.3 Compensation de l'énergie réactive :

Tout système électrique utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie : **l'énergie active** et **l'énergie réactive**. Dans les processus industriels utilisant l'énergie électrique seule l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production en énergie mécanique, thermique, lumineuse, ..., l'énergie réactive sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques (moteurs, autotransformateurs, ...). Par ailleurs, certains constituants des réseaux électriques de transport et de distribution (transformateurs, lignes, ...) consomment également dans certains cas d'exploitation de l'énergie réactive.

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

### **VI.7.3.1 Energies et puissances électriques**

Une installation électrique, en courant alternatif, comprenant des récepteurs tels que transformateurs, moteurs, ballastes de tubes fluorescentes ou tout autres récepteurs ont l'intensité est déphasée par rapport à la tension, consomme de l'énergie réactive. Cette dernière (exprimée en kilo var heure – kVArh) est facturée au même titre que l'énergie active par les fournisseurs d'énergie. L'énergie réactive fait donc consommer plus de puissance et contribue ainsi à alourdir la facture d'électricité.

#### ➤ **Puissance réactive**

Elle n'est pas une puissance à proprement parler puisque l'on ne peut pas en tirer un travail comme la puissance active. La puissance réactive Q est définie en analogie à la puissance active P.

$$Q=U*I*\sin\phi$$

#### ➤ **Énergie réactive**

Elle sert en particulier à créer dans les bobinages des moteurs, transformateurs, le champ magnétique sans lequel le fonctionnement serait impossible. Elle correspond à la puissance réactive Q (kVAr abréviation de "volt-ampère-réactif"). L'énergie s'exprime en kilo var par heures (kVArh).

Contrairement à l'énergie active, l'énergie réactive est dite "improductive" pour l'utilisateur.

$$\text{Énergie réactive} = E_r = \text{puissance réactive} \times \text{temps}$$

#### ➤ **Puissance active**

C'est elle qui provoque, par exemple, un mouvement dans le cas d'un moteur, ou un dégagement de chaleur dans le cas d'une charge résistive, elle pourrait être qualifiée de puissance "utile". La propriété unique d'une puissance active est de faire un travail. Une charge absorbe une puissance active lorsque le courant est en phase avec le courant.

La puissance active s'exprime en watt (W).

#### ➤ **Énergie active**

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

Elle représente en physique la capacité d'un système à produire un travail, qui pourra entraîner un mouvement, une lumière, une chaleur ou même de l'électricité. L'énergie s'exprime en joules (système international d'unité), mais souvent en kilowatts par heures (KWh). L'énergie est donc la consommation d'un système produisant un travail pendant une heure.

Énergie active =  $E_a$  = consommation = puissance active x temps

### ➤ Énergie apparente

Elle est la résultante vectorielle de l'énergie active et réactive.

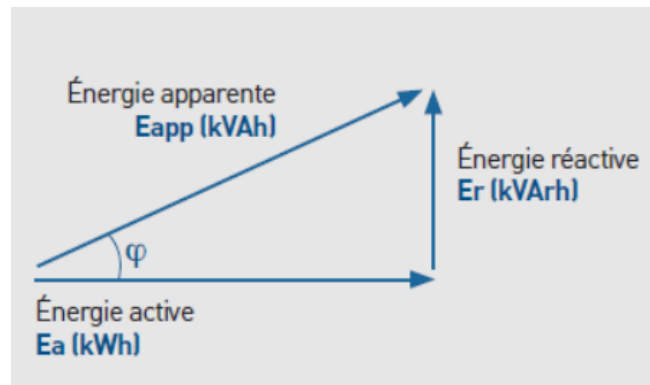


Figure VI.7 : La résultante vectorielle de l'énergie active et réactive

### ➤ Facteur de puissance

Par définition le facteur de puissance d'une installation électrique (FP) est égal au rapport de la puissance active  $P$  (kW) sur la puissance apparente  $S$  (kVA).

$$FP = P \text{ (kW)} / S \text{ (kVA)}$$

En général  $FP = \cos\varphi$

Un bon facteur de puissance c'est :

- $\cos\varphi$  élevé (proche de 1)
- $\text{outg}\varphi$  faible (proche de 0)

Un facteur de puissance égal à 1 ne conduira à aucune consommation d'énergie réactive et inversement. Les appareils de comptage d'énergie enregistrent les consommations d'énergie active et réactive. Les fournisseurs d'électricité utilisent généralement apparaître le terme  $\text{tg}\varphi$  au niveau de leur facture.

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

Cosφ et tgφ sont liés par la relation suivante :

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + (\tan \varphi)^2}}$$

### **VI.7.3.2 Moyens de compensation :**

La compensation peut se faire en basse tension ou en haute tension en utilisant des condensateurs. En basse tension la compensation est réalisée avec deux familles de produits :

- Les condensateurs de valeurs fixes ou condensateurs fixes,
- Les équipements à régulation automatique ou batteries automatiques qui permettent d'ajuster en permanence la compensation aux besoins de l'installation. Lorsque La puissance à installer est supérieure à 800 avec une charge stable et continue il peut être plus économique de choisir des batteries de condensation haute tension à installer sur le réseau.

### **VI.7.3.3 La compensation automatique :**

Installées en tête de l'ensemble de la distribution basse tension ou d'un secteur important, les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du cos j est détectée par un relais var métrique qui commande automatiquement l'enclenchement et le déclenchement des gradins en fonction de la charge et du cos j désiré. Le transformateur de courant doit être placé en amont des récepteurs et des batteries de condensateurs.

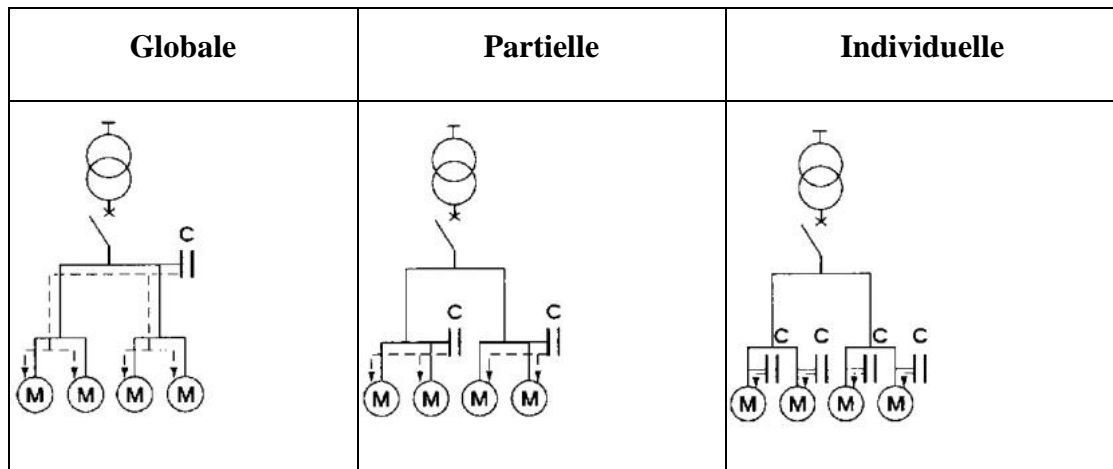
La compensation automatique permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge et évite, ainsi, le renvoi d'énergie réactive sur le réseau SNG et les surtensions dangereuses pour les circuits d'éclairage lors des marches à faible charge de l'installation.

#### **A. Installation d'une batterie de condensateurs**

Les condensateurs peuvent être installés à différents niveaux de l'installation. A partir des schémas suivants, identifier le type de compensation :

**Tab14: Le type de condensateur**

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**



- **Globale :**

La batterie de condensateurs est raccordée en tête de l'installation et reste en service de façon permanente. Ce mode de compensation convient lorsque la charge est stable et continue.

- **Partielle :**

La batterie de condensateurs est raccordée au tableau de distribution et fournit l'énergie réactive par atelier ou par groupe de récepteur. Ce mode de compensation convient lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont différents.

- **Individuelle :**

La batterie de condensateurs est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur du type inductif, notamment les moteurs. Elle convient lorsque la puissance de certains récepteurs est très importante par rapport à la puissance totale, elle offre le plus d'avantages.

**VI.7.4 La sélection de type de turbine :**

Le choix d'un type de turbine va être fonction de la chute nette et du débit. La figure permet de sélectionner un type de turbine en fonction de la chute et du débit.

- Le débit de la pompe est de  $Q = 0.064 \text{ m}^3/\text{s}$
- La hauteur de chute nette est de 156 m. (la différence entre la pression à la sortie de pompe HP (72.6 bars) et à l'entrée des modules d'osmose (57 bars))

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

Par projection on a choisi la turbine Pelton.

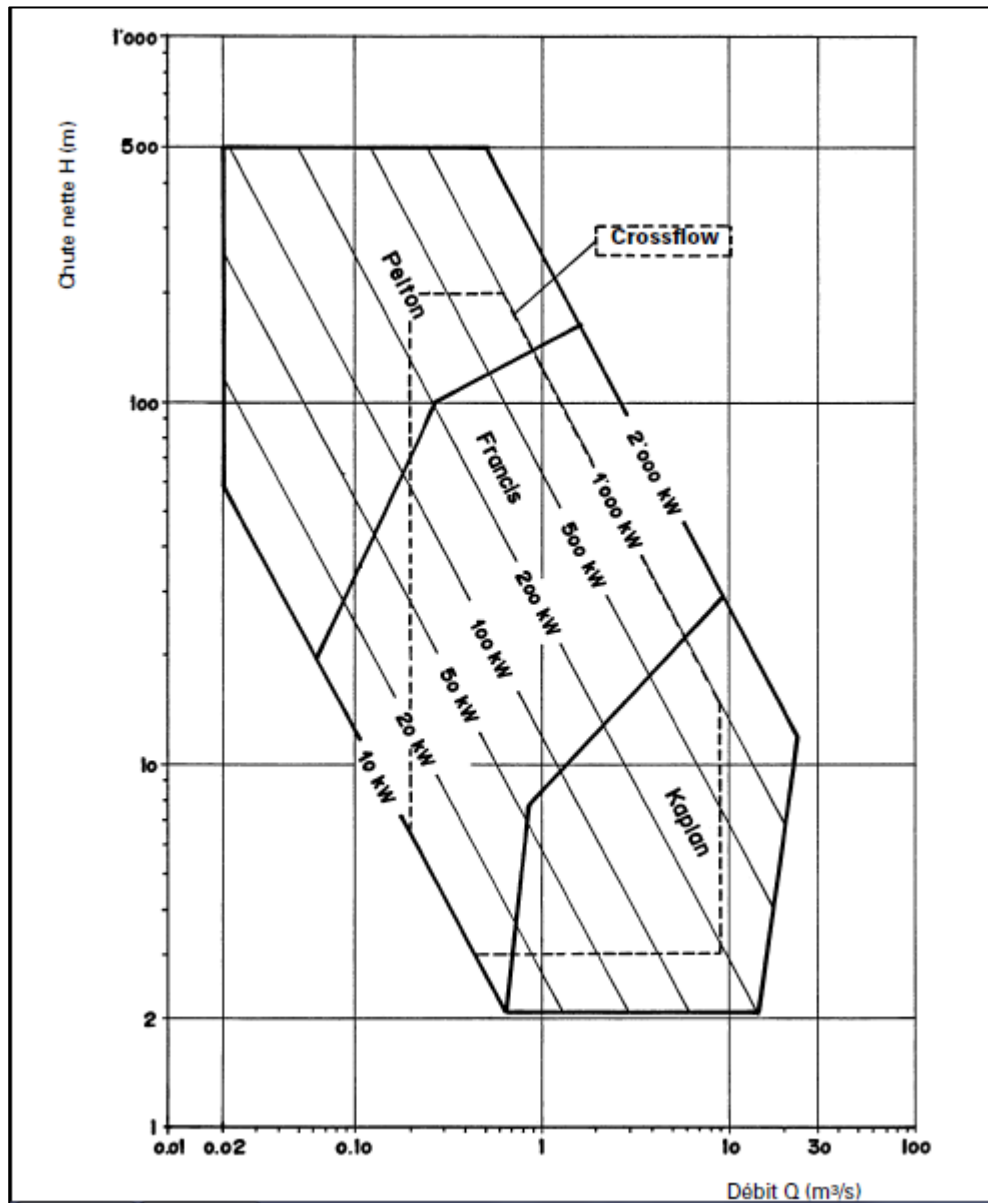


Figure VI.8 : Diagramme de choix de types de turbine

### A. La puissance mécanique :

La connaissance du rendement de la turbine permet de calculer la puissance mécanique :

$$P_{mec} = \eta Q H \rho g$$

Avec :  $P_{mec}$  : puissance mécanique en (w)

$\eta$ : rendement de la turbine pris égale à 85% d'après le tableau

## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

**Q** : débit total (m<sup>3</sup>/s)

**H** : la chute nette (m)

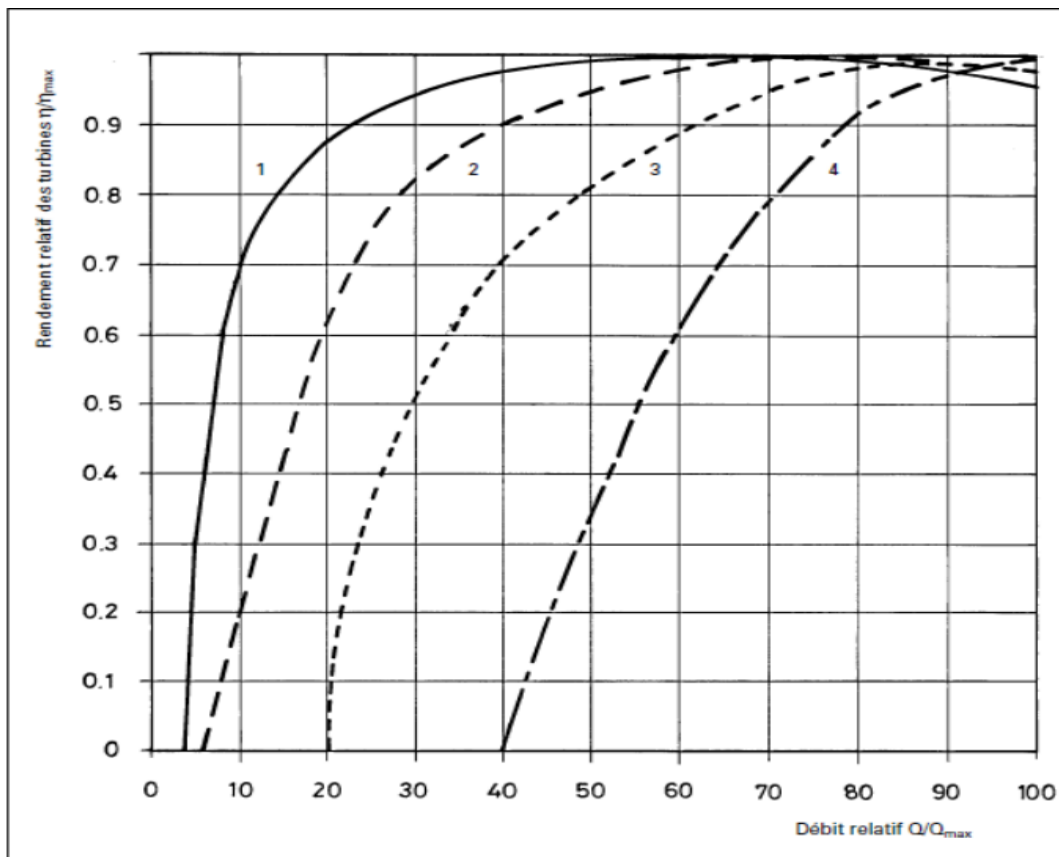
**ρ** : masse volumique de l'eau de mer (=39kg/m<sup>3</sup>)

**g** : accélération gravitaire

Le tableau suivant donne les caractéristiques des différents types de turbines :

Tab 15 : Caractéristiques des différents types de turbines

Nom	Type	Rendement maximum	Débit min. turbinable
Pelton	action	84 à 90%	10% de $Q_{max}$
Francis	réaction	84 à 90%	30% de $Q_{max}$
Kaplan	réaction	84 à 90%	20% de $Q_{max}$
Crossflow	action	78 à 84%	20% de $Q_{max}$
Pompe inversée	réaction	75 à 90%	débit fixe





## Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal

Figure VI.9: Forme des courbes de rendement de différentes turbines pour des débits variables.

Ordre de grandeur des rendements maximum	$\eta_{max}$ :
▪ Courbe1 : Turbine Pelton	$\eta_{max} = 84-90\%$
Turbine Crossflow à 2 cellules	$\eta_{max} = 78-84\%$
▪ Courbe2 : Turbine Kaplan	$\eta_{max} = 84-90\%$
▪ Courbe3 : Turbine Francis	$\eta_{max} = 84-90\%$
Turbine Crossflow à 1 cellule	$\eta_{max} = 78-84\%$
▪ Courbe4 : Pompe inversée	$\eta_{max} = 75-90\%$

### **B. La puissance électrique :**

C'est la puissance directement disponible aux bornes du générateur. Elle se calcule en introduisant le rendement du générateur.

$$P_{el} = \eta * P_{mec}$$

**Avec :**  $P_{el}$ : puissance électrique (w)

$\eta$ : rendement du générateur (pris égale 82%)

$P_{mec}$ : puissance mécanique (w)

La puissance électrique instantanée dépend du débit de la turbine.

Tab 16 : Rendement des générateurs à charge totale

P <sub>el</sub> [kW]	$\eta_{gmax}$
1 à 5	80% – 85%
5 à 20	85% – 90%
20 à 100	90% – 95%
> 100	95%

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

### **VI.7.4.1 Calcul de la production annuelle de l'énergie électrique**

Production annuelle : 8760 heures / année

E annuelle = 8760 \* Pél = 23939,307KWh

Le prix de l'énergie produite : elle sera égale à la multiplication de la puissance produite par la somme des prix de l'énergie dans les postes horaires pour le tarif 42, elle est de l'ordre de 6 015,63 DA par mois.

### **VI.7.4.2 Dimensionnement de la turbine**

Une fois le type de la turbine connu on passe à la détermination de sa vitesse spécifique et ces dimensions.

**VI.7.4.2.1 La vitesse de rotation N :** correspond au nombre de tours effectués la roue par unité de temps, donnée toujours en tours /minute (tr/min).

La vitesse de rotation d'un générateur est liée à la fréquence constante du réseau 50 Hz. Donnée par la formule suivante :

$$N = 60f/P$$

**Avec :** N : vitesse de rotation (tr/min)

f : fréquence du réseau (Hz)

p: nombre de paires de pôles

Les générateurs synchrones, selon leur nombre de pôles, tourneront aux vitesses suivantes :

1 paire de pôles n = 3000 t /min

2 paires de pôles n = 1500 t /min

3 paires de pôles n = 1000 t /min

4 paires de pôles n = 750 t /min

5 paires de pôles n = 600 t /min

6 paires de pôles n = 500 t /min

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation** **par (OI) d'Ouled Djellal**

Les vitesses de rotation des générateurs seront supérieures de 1 à 2% aux valeurs indiquées, une légère survitesse étant nécessaire pour créer le champ magnétique dans la machine.

En pratique : – La vitesse maximum est limitée à 1500 t / min (2 paires de pôles), pour tenir compte de la survitesse de l'emballement qui provoque des contraintes mécaniques très importantes au-delà des vitesses d'emballement de 1,8 fois la vitesse nominale sous la chute nette H nominale. De ce fait, des génératrices à 1 paire de pôles ne sont que rarement installées (vitesse d'emballement 6000 t / min).

– En dessous de 600 t / min (6 paires de pôles et plus), le volume du générateur, donc son prix par rapport à la puissance installée, augmente parallèlement à une baisse du rendement dû à une augmentation des pertes, en particulier magnétiques.

Lorsque la vitesse de rotation de la turbine est inférieure à 600 t /min, elle entraîne généralement une génératrice à faible nombre de pôles (1000 ou 1500 t / min) par l'intermédiaire d'une transmission à courroie ou d'un multiplicateur à engrenages par exemple.

Donne notre cas le nombre de pair de pôles c'est 2 avec une vitesse de rotation de 1500 tr/min.

**VI.7.4.3 La vitesse spécifique :** elle est définie comme étant le nombre de tours par minute auquel devra tourner la roue à un débit de 1 m<sup>3</sup>/s et une hauteur de 1 m. données par la relation suivante :

$$N_s = NP^{1/2}H^{-5/4}$$

**N<sub>s</sub>** : vitesse spécifique (tr/min)

**N** : vitesse de rotation (tr/min)

**P** : puissance (kWh)

**H** : hauteur de chute brute (m)

Après calcul on a obtenue une vitesse spécifique de 20.81 tr/min, elle est incluse dans le domaine de 2 < N<sub>s</sub> < 31 donc la turbine est une turbine Pelton à une roue et un jet.

Tab 17: les domaines d'utilisation des différents types de turbines

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**

Ns (tr/min)	Type de turbine
2 à 31	Pelton à 1 roue et un jet
31 à $31\sqrt{2}$	Pelton à "1 roue et 2 jets" ou "2 roues et 1 jet"
$31\sqrt{2}$ à 62	Pelton à "2 roue et 2 jets" ou "1 roue et 4 jets"
75 à 400	Francis
500 à 1200	Hélice ou Kaplan

**VI.7.5 Calcule des dimensions de la turbine**

Le diamètre de la roue :

$$D_r = (37 * H^{1/2})/N$$

Le diamètre d'injecteur :

$$D_j = (0.545 * Q^{1/2})H^{1/4}$$

Après calcul

$$D_j = 0.039m$$

$$D_r = 0.308m$$

Le tableau suivant est un tableau récapitulatif de l'application :

**Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation  
par (OI) d'Ouled Djellal**

**Tableau IV.8. Tableau récapitulatif des résultats.**

Le prix final optimisé de la facture	418139.6	DA/an
Le facteur de puissance $\cos\phi$	0.95	-
Pression à l'entrée des modules	570	m
Pression à la sortie de la Pompe HP	726	m
La chute nette (pression nominal)	156	m
Le débit	0.064	m <sup>3</sup> /s
la masse volumique de l'eau saumâtre	1039	Kg/m <sup>3</sup>
Rendement de la turbine	85	%
Le rendement de générateur	82	%
La fréquence de réseau	50	Hz
Le nombre de paire de pôles	2	-
La puissance mécanique	3.333	kW
La puissance électrique	2.73	kW
L'énergie électrique produite	2.733	kWh
Production annuelle de l'énergie électrique	23939.307	kWh
La vitesse de rotation	1500	tr/min
La vitesse spécifique	20.81	tr/min
Diamètre de la roue	31	cm
Diamètre de l'injecteur	4	cm

## **Chapitre VI : Étude de cas de la station de déminéralisation par (OI) d'Ouled Djellal**

### **Conclusion :**

Les eaux souterraine d'Ouled Djellal est la sources primordiale qui alimente cette région en eau potable et les eaux destinées à l'irrigation ; ces dernières années en remarque un rabattement des nappe souterraines, ajoutant à cela un risque probable de pollution de la nappe souterraine surtout celle qui est faible profondeur et qui est alimenté par Oued Djedi qui véhicule les eaux d'assainissement de la ville d'Ouled Djellal et de Sidi Khaled , en absence d'une station d'épuration ; la pollution de l'environnement est donc certaine par ces effluent qui se transmette vers son exutoire naturel Chotte Melghir ainsi que l'alimentation de la nappe souterraine d'Ouled Djellal.

Après une étude détaillée on a obtiens les résultats suivant :

- ✓ Le code de tarification qui est porter sur celui qu'est à la fois avantageux le mieux et minimise les couts pour la collectivité est le tarif 42. Ce code nous à permet de minimiser la facture de 28829 DA/mois, qui est l'équivalent de 345952 DA/an.
- ✓ Le facteur de puissance  $\cos\phi$  de toute l'installation est bon, autour de 0.95, ce qui veut dire qu'on n'est pas besoin de l'améliorer.
- ✓ On à opter pour une turbine Pelton à un jet et une roue, qui nous à permet de produire une énergie de 2,733 kWh avec un prix de 6 015,63 DA/mois équivalent de 72 187,60 DA/an.

La facture est optimisée de 418139.6 DA/an.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

## Conclusion générale :

Au fur et à mesure de la croissance de la population, la demande en eau augmente et notamment les eaux superficielles. Il faut agir pour préserver les ressources en eau, pour que la qualité de l'eau soit le privilège de toute l'humanité et pour qu'elle soit en quantité suffisante. On a constaté à partir des caractéristiques de l'eau de la localité de OULED DJELLAL et les analyses effectuées que cette eau captée ne répond pas aux normes de potabilité. En effet, elle contient des produits indésirables, il faudra donc lui enlever des éléments, pour que l'eau possède certaines qualités conformes aux normes OMS. Les stations de traitement des eaux potables conventionnelles en plus de leurs coûts très élevés qui permettent de procéder à la turbine, nécessitent un temps de réalisation. La recherche permanente d'une meilleure qualité de l'eau distribuée en courte durée amène le traiteur à développer son esprit et opter pour la station de traitement d'eau potable de construction métallique, solide et compacte en plus de la possibilité de son caractère modulaire présente les avantages suivants :

- Génie civil très réduits.
  - Temps de réalisation relativement court.
  - Possibilité d'augmenter la production en fonction du besoin par l'ajout d'un module.
- Notre station de traitement d'eau potable préfabriquée comprend une filière complète de traitement physico-chimique identique à celle qui est utilisée dans les stations conventionnelles ; À savoir :

- Pré-chloration.
- Coagulation-floculation.
- Décantation.
- Filtration.
- Désinfection.

Donc le choix d'une station monobloc répond parfaitement de l'exigence de la situation à Ouled Djellal. De plus vu que ce type de station est maîtrisée en Algérie, nous recommandons l'utilisation de ces stations monoblocs.



### Bibliographiques

- Baruth Edwarde (1990): Water traitement
- Benhafid M.S : Cours de protection et sécurité de travail (ENSH).
- Claude Cardot (1999): Traitement de l'eau, procédés physico- chimiques et biologique.
- Claude Cardot(2001) : Génie de l'environnement, techniques appliqués au traitement des eaux.
- Documents da la D.H.W (2008) : concernant la station récupérée de OULED DJELLAL.
- Moteur de recherche Google (2008).
- LE PDAU 2008 : récupéré de L'APC de OULED DJELLAL de l'année 2008.
- Raymond Desjardins (1997) : Le traitement des eaux.
- Vaillant J.R (1970): Protection de qualité des eaux et maîtrise de la pollution.
- W.J Mass Chelein(1996) : Processus unitaire de traitement de l'eau potable.
- Lahlali. A (2019) : Bassin versant de l'Oued Djedi
- Bouaoud.F (2017) : Caractéristiques de l'inféro-flux
- Guerram A(2011) : Les abattements moyens dus à la clarification ; Bains publiques à Mohenjo-Daro, Pakistan et un aqueduc Romain
- ANRH (2008) : Les nappes souterraines d'Ouled Djellal ; Les aquifères inventoriés au niveau de la région de Biskra
- Hamdi et Zeghoudi (2017) : Le milieu naturel de Biskra et Ouled Djellal,
- MEBARKI (2005) ;Dubief.J(1953) : Bassin versant de l'Oued Djedi
- Gaurichi.y, (2010) : Courbe hypsométrique
- ANRH de Biskra (2020) : La carte topographique d'Ouled Djellal, Répartition des points d'eau de la wilaya de Biskra
- Selmouni.K (2020) : Crue de l'Oued Djedi , 29 Septembre 2020
- Benddin. S(2019) : Grés de l'Albien inférieur et Calcaires marneux.
- Amkadni .Y, Alaoui. I (2012) : Schéma d'une nappe semi-captive.
- Ramoul.F(2018):Carte de découpage administratif du bassin versant de chott Melghir
- Tahraoui.K(2020): L'étude du profil en long des cours d'eau.
- Bouchmale.F (2017): Le réseau Hydrographique de la wilaya de Biskra.
- Bouziane MT et Laabadi MS(2009):Les forages albiens de la région de Biskra.

# ANNEXE



