

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

**Faculté des Hydrocarbures des Energies Renouvelables
et des Sciences de la Terre et de l'Univers**

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Thème

**Étude d'efficacité du traitement des eaux dans les stations de
déméralisation des eaux saumâtres et d'épuration des eaux
usées dans la ville de Ouargla**

Présenté par

**SALEMI Ahmed
JAKANI Saleh**

Soutenu publiquement le 27/06/2018 devant le jury composé de :

Président	HADJ SAID Samia	Professeur	Université de Ouargla
Examineur	MELOUEH Walid	MCB	Université de Ouargla
Promoteur	BELLAOUEUR Abdelaziz	MCB	Université de Ouargla

Année universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENTS

Dieu merci d'avoir terminé ce travail

*Tout d'abord nous tenons à remercier notre
encadreur monsieur BELLAOUEUR Abdelaziz.*

*Nous tenons aussi à remercier tous les professeurs
de la géologie qui nous ont aidés et qui ont contribué à
notre formation durant la période de
nos études universitaires.*

*Nous remercions les honorables membres
du jury qui nous ont*

font l'honneur de corriger et juger notre travail.

*A tous les enseignants, à toute la promotion de
2^{eme} année mastère en hydrogéologie,
amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à
la réalisation de ce mémoire.*

الملخص

الغرض من هذا العمل دراسة نوعية المياه قبل وبعد الاستعمال في طقس جاف كمنطقة ورقلة حيث قمنا بإجراء دراسة تقنية لمحطتين، محطة معالجة مياه الصرف الصحي والتي تعتمد في المعالجة على نظام أحواض التهوية، ومحطة تحلية المياه الجوفية (المائلة للملوحة) والتي تعتمد في طريقة عملها على نظام التناضح العكسي الذي يتناسب الى حد ما ونوعية مياه الشرب المتوفرة في ورقلة (مياه ذات ملوحة عالية لا تتناسب والمعايير الوطنية والدولية). انطلاقا من نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه سواء الجوفية المالحة منها أو المستعملة، يمكننا القول أن إنجاز هذا النوع من المحطات له عائد إيجابي من خلال نوعية ودرجة التصفية ومقارنتها والمعايير الوطنية والدولية.

الكلمات المفتاحية: محطة التحلية، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، نوعية، المعايير الوطنية والدولية.

Résumé

Le présent travail a pour but d'étudier la qualité physico-chimique des eaux d'une région de climat saharien, en se basant sur le détail technique de deux stations de traitement des eaux. La station d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré et la station de déminéralisation des eaux saumâtres Ifri-Ouargla qui fonctionne par le procédé d'osmose inverse, procédés qui coïncident au qualité des eaux de cette région. A partir des résultats d'analyses physico-chimiques de ces eaux traitées, il déduit que le rendement positif de ces stations et la qualité des eaux traitées, sont conformes aux normes nationale et internationale.

Mots-Clés : station de déminéralisation, station d'épuration, qualité, norme.

Abstract

The present work aims to study the physico-chemical quality of the waters of a Saharan climate region, based on the technical details of two water treatment plants. The urban sewage treatment plant by aerated lagoons and the Ifri-Ouargla brackish water demineralization plant, which operates by the reverse osmosis process, processes that coincide with the quality of the waters of this region. Based on the results of physicochemical analyzes of these treated waters, he deduces that the positive yield of these stations and the quality of the treated water, comply with national and international standards.

Keywords: demineralization station, purification plant, quality, standard.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est un élément vital pour les êtres vivants. La totalité présente sur terre forme ce que l'on appelle l'hydrosphère. Son volume total est estimé à 1 400 millions de km³. Plus de 97 % est salée, et l'eau douce représente à peine 3% du volume total (Guerd et al. 2007).

Les origines des eaux de consommation sont multiples (eaux de surface, eaux souterraines), mais ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreuses (eaux souterraines). La disponibilité et la qualité de l'eau sont des enjeux majeurs, le chimiste y joue un grand rôle : analyser les eaux de boisson, traiter l'eau avant et après usage, l'adoucir, la dessaler, déminéraliser...

A Ouargla, les eaux souterraines ont constituées depuis des siècles la seules source d'alimentation en eau potable. Mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est reliée à la nature des couches géologiques traversées. Cette salinité présente un problème majeure, face à des conditions climatique défavorable et à une croissance démographique très importante (Belgaid, 2015).

La déminéralisation des eaux salées est un sujet très importants actuellement, et de penser à réaliser des unités de déminéralisation devient une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable soit du côté quantitatif ou qualitatif.

En effet, avec l'expansion de la ville et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées qui sont rejetées en milieu naturel. Le traitement des eaux usées est un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme.

Les eaux urbaines de la ville de Ouargla sont essentiellement d'origine domestique, elles sont traitées par la station d'épuration de Saïd Otba qui réduit les charges polluantes par lagunage aéré. Ces eaux sont acheminées vers Sebkhet Sefioune.

Notre étude s'articule en trois parties :

La première : C'est une partie générale sur la zone d'étude ;

La deuxième concerne le procédé de déminéralisation des eaux souterraines ;

La troisième concerne l'épuration des eaux usées.

Alors que pour l'objectif de notre travail, c'est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux déminéralisées destinées à la consommation humaine et celle des eaux épurées de la STEP Saïd Otba (ville de Ouargla).

Sommaire

Remerciements	
Résumé	
Introduction générale	01

I. Contexte général

1.1. Géographie.....	09
1.1.1. Situation géographique.....	09
1.2. Géomorphologie.....	09
1.3. Géologie.....	11
1.3.1. Géologie régionale.....	11
1.3.2. Géologie locale.....	12
1.4. Hydrogéologie.....	13
1.4.1. La nappe du Continentale Intercalaire.....	15
1.4.2. La nappe du Complexe Terminale.....	15
1.4.3. La nappe phréatique.....	16
1.5. Hydro climatologie.....	16
1.5.1. Introduction.....	16
1.5.2. La température.....	16
1.5.3. L'humidité de l'air.....	17
1.5.4. Le vent.....	18
1.5.5. L'Insolation.....	18
1.5.6. La pluviométrie.....	19
1.5.7. L'Evaporation.....	20
1.5.8. Caractérisation du climat de la région de Ouargla.....	20
1.5.8.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	20
1.5.8.2. Indice d'Aridité de DEMARTONNE.....	21
1.5.8.3. Climato gramme d'Emberger.....	22
1.5.9. Le déficit d'écoulement.....	23
1.5.9.1. L'ETR.....	23
1.5.9.2. L'ETP.....	23
1.6. Conclusion.....	24

II. Déminéralisation des eaux souterraine dans la ville de Ouargla

2.1. Introduction.....	26
2.2. Caractéristiques des eaux.....	26
2.2.1. Eaux marines.....	26
2.2.2. Eaux saumâtres.....	27
2.2.3. Eau déminéralisée.....	27
2.3. Présentation de la station de déminéralisation.....	28
2.3.1. Situation géographique.....	28
2.3.2. Procédé de traitement.....	29
2.3.3. Postes auxiliaires.....	31
2.3.4. Description du processus.....	31
2.3.4.1. Préparation de l'eau brute.....	31
2.3.4.2. Pompes d'alimentation basse pression	32
2.3.4.3. Filtre à sable.....	33
2.3.4.4. Réservoir d'eau filtrée.....	34
2.3.4.5. Pompes d'alimentation basse pression.....	34
2.3.4.6. Filtres à cartouches.....	34
2.3.4.7. Pompes d'alimentation haut pression.....	35
2.3.4.8. Osmose inverse.....	36
2.3.4.8.1. Principe.....	36
2.3.4.8.2. Pression osmotique.....	37
2.3.4.8.3. Membranes d'osmose inverse	37
2.3.4.8.4. Unité d'osmose inverse.....	38
2.3.4.8.5. Réservoir de l'eau déminéralisée.....	38
2.3.4.8.6. Potabilisation de l'eau osmosée par désinfection.....	38
2.4. Résultats d'analyses physico-chimiques.....	39
2.4.1. Le pH.....	39
2.4.2. La Conductivité électrique.....	40
2.4.3. La minéralisation globale.....	40
2.5. Faciès chimiques des eaux.....	41
2.6. Potabilité des eaux.....	42
2.7. Conclusion.....	43

III. Traitement des eaux usées dans la ville de Ouargla

3.1. Introduction.....	44
3.2. Principaux types de pollution des eaux.....	44
3.3. Origine des eaux entrant dans la station d'épuration Saïd Otba.....	45
3.4. Présentation de la station d'épuration des eaux usées.....	45
3.4.1. Situation géographique.....	45
3.4.2. Objectif de traitement des eaux usées.....	46
3.4.3. Mode de fonctionnement de la STEP.....	46
3.4.3.1. Le prétraitement.....	48
3.4.3.1.1. Dégrillage.....	48
3.4.3.1.2. Dessablage.....	49
3.4.3.2. Ouvrage de répartition.....	50
3.4.3.3. Traitement secondaire.....	50
3.4.3.3.1. Lagunes d'aération.....	50
3.4.3.4. Traitement complémentaire.....	52
3.5. Analyses physico-chimiques.....	53
3.5.1. Matériel et méthodes.....	54
3.5.1.1. Matières en suspension.....	54
3.5.1.1.1. Principe.....	54
3.5.1.2. La Demande Chimique en Oxygène.....	55
3.5.1.2.1. Principe.....	55
3.5.1.2.2. Réactif.....	55
3.5.1.3. La Demande Biochimique en Oxygène.....	56
3.5.1.3.1. Principe.....	56
3.5.1.4. La Conductivité Electrique et la température.....	57
3.5.1.4.1. Principe.....	57
3.5.1.4.2. Appareillage.....	57
3.5.1.4.3. Procédure.....	57
3.5.1.5. Le pH.....	58
3.5.1.6. L'oxygène dissous.....	58
3.5.1.6.1. Principe.....	58
3.5.2. Résultats et discussions.....	59
3.5.2.1. La température des eaux.....	59
3.5.2.2. Le pH des eaux.....	60
3.5.2.3. La Conductivité électrique des eaux.....	60
3.5.2.4. La salinité des eaux.....	61
3.5.2.5. L'oxygène dissous.....	62
3.5.2.6. La DCO.....	62
3.5.2.7. La DBO ₅	64
3.5.2.8. Le rapport DCO/DBO ₅	65
3.5.2.9. La matière en suspension.....	66
3.5.2.10. L'ammonium.....	67
3.5.2.11. Le nitrite.....	68
3.5.2.12. Le nitrate.....	68
3.5.2.13. Le phosphore total.....	69
3.6. Conclusion.....	69
Conclusion générale.....	70
Références bibliographiques.....	71

Liste des figures

Figure I.1 : Carte de situation géographique.....	10
Figure I.2 : Carte géologique régionale.....	12
Figure I.3 : Coupe hydrogéologique à travers le sahara.....	14
Figure I.4 : Températures moyennes mensuelles.....	17
Figure I.5 : Humidités moyennes mensuelles.....	18
Figure I.6 : Précipitation moyennes mensuelles.....	19
Figure I.7 : Evaporations moyennes mensuelles.....	20
Figure I.8 : Diagramme Ombrothermique de Gausсен.....	21
Figure I.9 : Climato gramme d'Emberger.....	22
Figure II.1 : Situation géographique de la station Ifri-gara-Ouargla.....	28
Figure II.2 : Schéma synoptique de la station d'Ifri.....	30
Figure II.3 : Pointes d'injections.....	32
Figure II.4 : Pompes d'alimentation basse pression.....	32
Figure II.5 : Unités des filtres à sable.....	34
Figure II.6 : Unités du cartouche.....	35
Figure II.7 : Pompes d'alimentation haute pression.....	35
Figure II.8 : Schéma de principe d'un traitement d'eau par osmose inverse.....	36
Figure II.9 : Pression osmotique des électrolytes.....	37
Figure II.10 : Technique de déminéralisation par osmose.....	38
Figure II.11 : Lige d'osmose inverse.....	39
Figure II.12 : Classification des eaux selon Schoeller-Berkaloff.....	42
Figure III.1 : Situation géographique de la STEP.....	46
Figure III.2 : Schéma de la STEP.....	48
Figure III.3 : Entrée des eaux usées à la station.....	48
Figure III.4 : Rétention mécanique des déchets.....	49
Figure III.5 : Technique de dessablage.....	49
Figure III.6 : Répartiteur vers les bassins d'aération.....	50
Figure III.7 : Lagune aéré.....	51
Figure III.8 : Aérateur.....	51
Figure III.9 : Lagune d'aération.....	52
Figure III.10 : Aérateur.....	52
Figure III.11 : Bassin de finition.....	53
Figure III.12 : Sortie des eaux épurées.....	53
Figure III.13 : Dispositif de filtration sous vide.....	54
Figure III.14 : Matière en suspension.....	54
Figure III.15 : Spectrophotomètre.....	55
Figure III.16 : Réacteur DCO.....	56
Figure III.17 : Réactifs DCO.....	56
Figure III.18 : DBO-mètre.....	57
Figure III.19 : Conductimètre.....	58
Figure III.20 : PH-mètre.....	58
Figure III.21 : Oxymètre.....	59
Figure III.22 : Variation de température des eaux usées brutes et traitées.....	60

Figure III.23 : Variation de pH des eaux usées brutes et traitées.....	60
Figure III.24 : Variation de la conductivité des eaux usées brutes et traitées.....	61
Figure III.25 : Variation de la salinité des eaux usées brutes et traitées.....	61
Figure III.26 : Variation de l'Oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées.....	62
Figure III.27 : Variation de la DCO des eaux usées brutes et traitées.....	63
Figure III.28 : Variation mensuelle de la DCO des eaux brutes et traitées.....	63
Figure III.29 : Variation mensuelle des rendements DCO.....	63
Figure III.30 : Variation de la DBO5 des eaux usées brutes et traitées.....	64
Figure III.31 : Variation mensuelle de la DB05 des eaux brutes et traitées.....	64
Figure III.32 : Variation mensuelle du rendement de la DBO5.....	65
Figure III.33 : Variation des rapports DCO/DBO5.....	65
Figure III.34 : Variation de MES des eaux usées brutes et traitées.....	66
Figure III.35 : Variation mensuelle de la MES des eaux usées brutes et traitées.....	66
Figure III.36 : Variation mensuelle des rendements de MES.....	67
Figure III.37 : Variation de l'ammonium dans les eaux usées brutes et traitées.....	67
Figure III.38 : Variation de nitrite dans les eaux usées brutes et traitées.....	68
Figure III.39 : Variation de nitrate dans les eaux usées brutes et traitées.....	68
Figure III.40 : Variation de phosphore total dans les eaux usées brutes et traitées.....	69

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Températures moyennes mensuelles.....	16
Tableau I.2 : Humidités moyennes mensuelles.....	17
Tableau I.3 : Vitesses moyennes mensuelles du vent.....	18
Tableau I.4 : Insolations moyennes mensuelles.....	19
Tableau I.5 : Pluviométrie mensuelle.....	19
Tableau I.6 : Evaporations moyennes mensuelles.....	20
Tableau I.7 : Classification des climats en fonction de l'indice de DEMARTONNE.....	21
Tableau I.8 : Indice d'Aridité de DEMARTONE.....	22
Tableau I.9 : ETP selon la méthode de Thornthwaite.....	24
Tableau II.1 : Caractéristiques des stations de déminéralisation.....	26
Tableau II.2 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux.....	41
Tableau II.3 : Potabilité des eaux.....	42
Tableau III.1 : Volume d'échantillon en fonction de la DCO.....	55



Chap. I.

CONTEXTE GENERAL

1.1. Géographie

1.1.1. Situation géographique

La région de Ouargla est située au Nord-Est du Sahara Algérien. Elle est distante de 850 Km de la capitale Alger et limitée :

- Au Nord par les wilayates d'El Djelfa et d'El Oued ;
- Au Sud par les wilayates d'Illizi et de Tamanrasset ;
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa et ;
- A l'Est par la Tunisie (fig. I.1).

En 2015, la population est estimée à 640 000 Habitants, répartie à travers 21 Communes.

La ville de Ouargla est située dans une dépression de superficie de l'ordre de 100 000 ha environ. Cette dépression, orientée SW-NE, s'étale sur une longueur de 45 km environ et une largeur de 2 à 5 km. Elle s'étend entre les coordonnées (UTM, Clarke 1880) suivantes :

$$X = 710\ 000 ; Y = 3\ 530\ 000 \quad \text{et} \quad X = 730\ 000 ; Y = 3\ 600\ 000$$

1.2. Géomorphologie

La ville de Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de Oued M'Ya. Cette dernière est caractérisée par une dissymétrie marquée par la présence d'une falaise occidentale particulièrement nette et continue, tandis que la limite orientale est imprécise.

Les éléments géomorphologiques caractéristiques de la région de Ouargla sont les suivants :

- Hamada Mio-Plio-Quaternaire :
 - A l'Ouest, un plateau calcaireur surplombe la cuvette de Ouargla à environ 230m d'Altitude en confluence avec Oued M'Zab et Oued N'Sa ;

- A l'Est, les limites de ce plateau ne sont pas nettes et ses rebords disparaissent souvent sous les sables des Ergs (Touil, Bou krezana et Arifdji) ;
- Ergs :
 - A l'Est et au Sud de la région, les dunes de sables peuvent atteindre 200m de hauteur et s'étend sur environ 2/3 du territoire de la région.
- Sebkhha : est une dépression naturelle alimentée généralement par le ruissellement originaire de terrains salés.
- Chott : est une dépression souvent plus étendue dans laquelle aboutissent les eaux de drainage et peut être partiellement ou totalement desséchée pendant la saison sèche (in Bellaoueur, 2008).

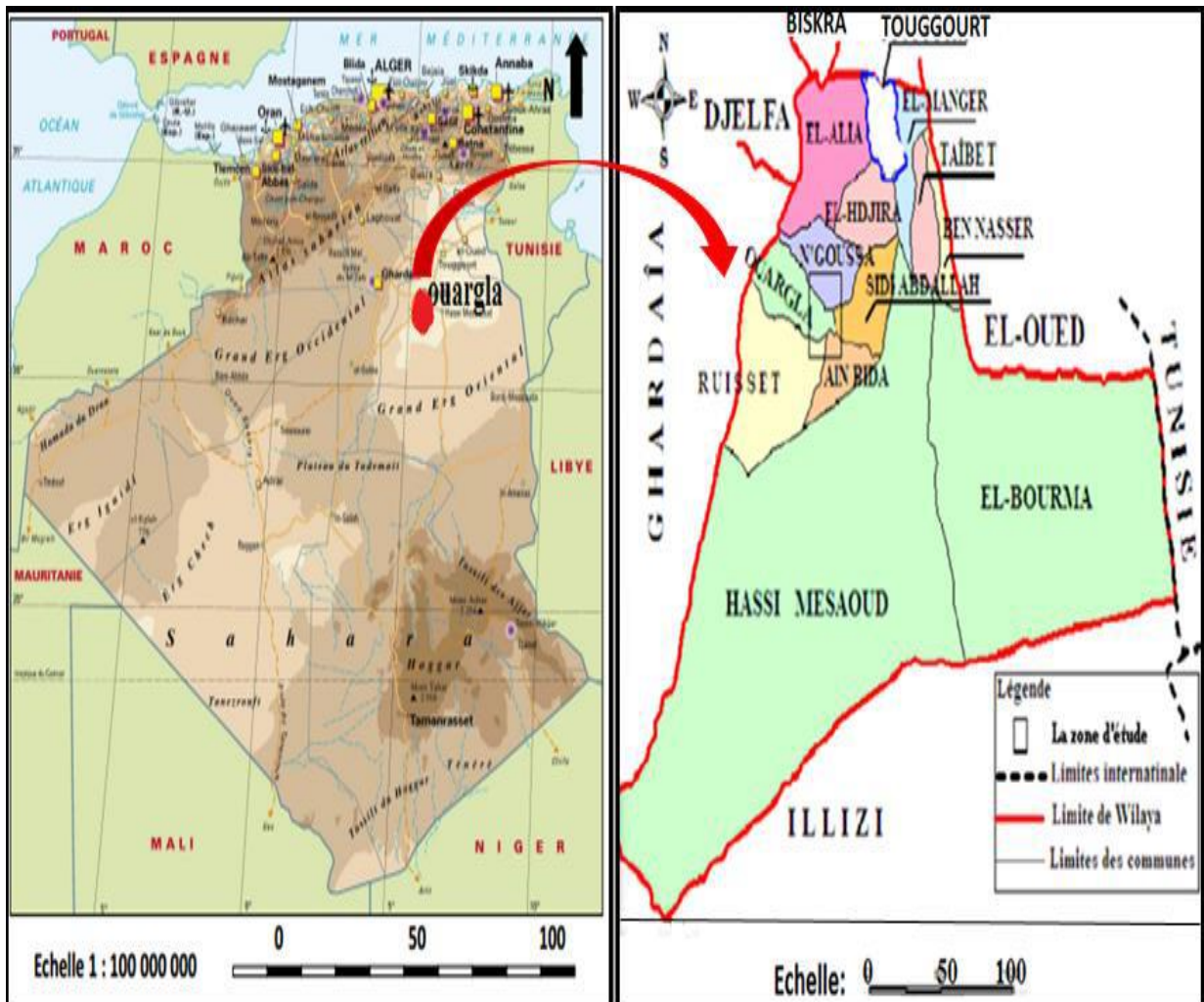


Figure I.1 : Carte de situation géographique

1.3. Géologie

1.3.1. Géologie régionale

Notre région fait partie de la plateforme saharienne.

Géo structurellement, cette plateforme est constituée d'un bouclier précambrien, n'émergeant des sédiments qu'ils surmontent que dans le Sahara Central (Massif du Hoggar) et le Sahara Occidental (Massif des Eglab). Il est constitué de roches éruptives et métamorphiques, aplani par l'érosion, et surmonté par des couches sédimentaires de plusieurs milliers de mètres, allant du Primaire (Cambrien) au Quaternaire. Ces couches sont plus ou moins plissées en forme d'un grand bassin sédimentaire dissymétrique. Ce bassin se subdivise en trois (03) sous domaines :

- Le bassin du Grand Erg Occidental ;
- Le bassin du Grand Erg Oriental ;
- L'anticlinal du M'Zab. (fig. I.2)

La région de Ouargla se trouve ainsi enfoncée dans la dépression de l'Oued M'ya. Cette dépression fait partie du Bas Sahara, qui offre une topographie basse (-40m) en dessous du niveau de la mer, au Chott Melrhir (au Nord). Elle est occupée par les formations du bassin oriental, qui renferme les puissants aquifères et les impressionnantes réserves pétrolifères et qui font la richesse du Sahara (Cornet, 1964).

L'épaisseur totale de la couverture sédimentaire atteint 400 m dans la partie sud et la partie ouest de la dépression, et elle augmente dans la partie nord jusqu'à 6000 m.

Les données géophysiques montrent que la dépression est structurellement affectée par les failles hercyniennes à partir du Cambrien jusqu'au Sénonien inférieur. Ces failles sont orientées Sud-Est / Nord-Ouest et traversent la région de Ouargla par l'Est.

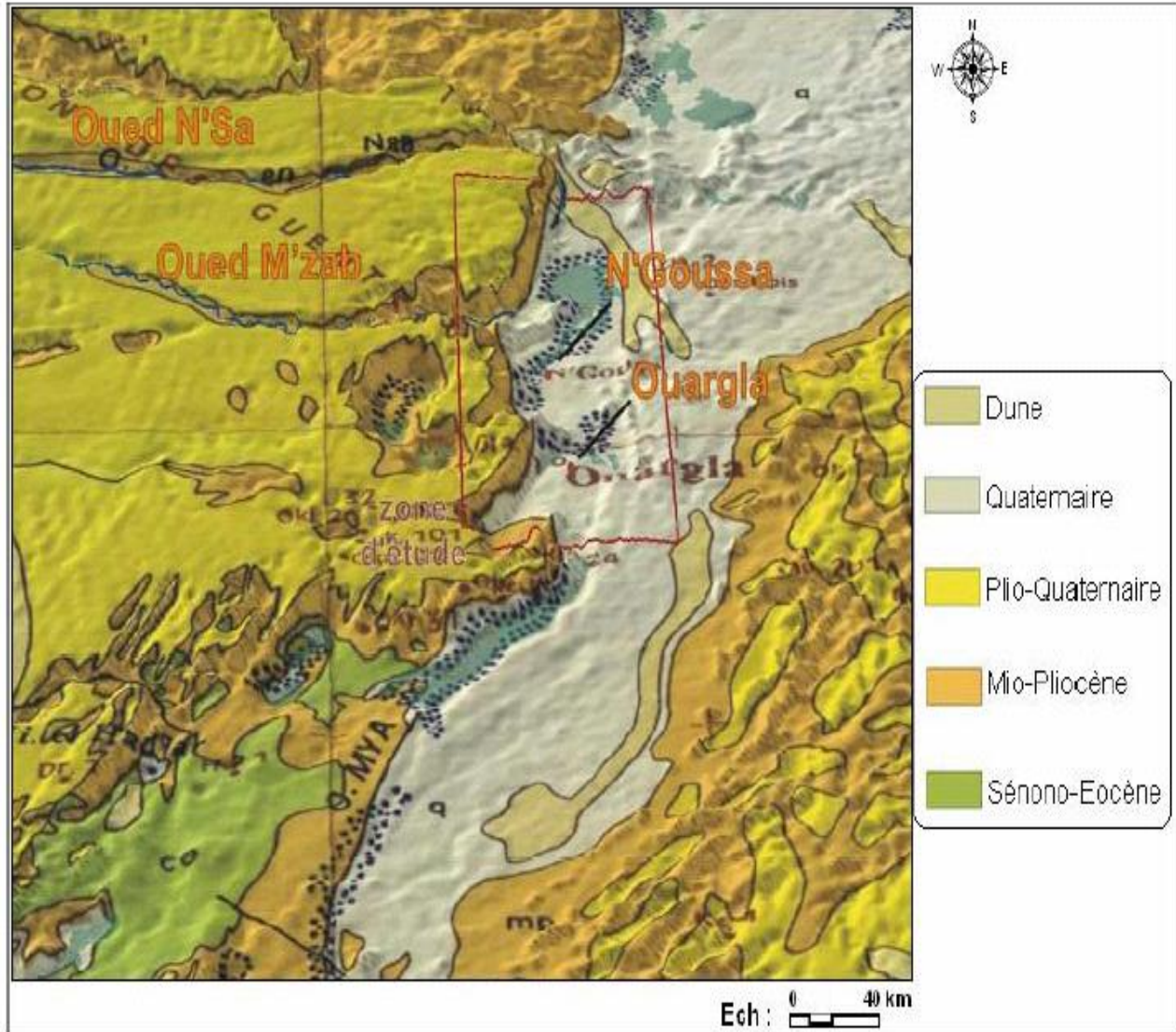


Figure I.2 : Carte géologique régionale (BG. 2004)

1.3.2. Géologie locale

Les affleurements géologiques à Ouargla sont des terrains d'âge Tertiaire et de dépôts détritiques quaternaires. Un dépôt continental du Mio-Pliocène, dans lequel alterne des sables siliceux, de grès, des argiles et parfois des marnes, localement équivalent au Miocène continental, en outre, le Pliocène continental constitue la structure des regs sous forme d'une croûte calcaire avec des poudings ou des calcaires lacustres.

Les travaux de Busson (1970) et de Fabre (1976), ainsi que l'analyse des données de forages profonds d'exploration pétrolière ou hydraulique, ont permis une description litho stratigraphique à travers tout le Sahara.

A l'échelle de la région d'étude, l'Albien est formé d'un dépôt gréseux continental à ciment argileux ou carbonaté et des passées d'argiles, connu sur une épaisseur de 400 m en moyenne repose sur l'Aptien ou la barre aptienne.

Le Vraconien (de 50 à 100m d'épaisseur), caractérisé par une alternance de niveaux argileux et dolomitiques, n'est qu'un terme de passage entre l'Albien (sommet du CI) et le Cénomaniens argilo évaporitique et carbonaté (base du CT). Il demeure indifférenciable de l'Albien ou du Cénomaniens (de 150 à 250 m d'épaisseur).

Le Turonien, d'une épaisseur de 70 m environ, est constitué de calcaire poreux et crayeux, et repose sur la série imperméable du Cénomaniens.

Le Sénonien lagunaire (350 m d'épaisseur), salifère et anhydritique, constitue le substratum imperméable aux Sénonien et Eocène carbonatés, ayant une épaisseur allant de 150 à 200 m. Alors que l'Eocène évaporitique, qu'est une formation lagunaire, constituée de calcaires, d'argiles, de marnes et d'anhydrites, très peu perméable et séparant l'Eocène carbonaté des sables du Mio-Pliocène.

Le Mio-Pliocène, est un puissant ensemble de grés, sables et d'argiles, qui repose en discordance sur l'Eocène et caractérisé par une forte hétérogénéité, aussi bien dans la direction verticale que dans les directions horizontales.

Le Quaternaire, constitué de sables alluviaux ou éoliens, fins à moyen, et sables gypseux et parfois argileux ou carbonaté, repose en discordance, et irrégulièrement dans la vallée, sur les séries moyennes du Complexe Terminal (Sénonien, Eocène, et Mio-Pliocène).

1.4. Hydrogéologie

Les terrains du Bas-Sahara assurant l'infiltration et la circulation souterraine des eaux sont essentiellement représentés par :

- Les formations sablo-gréseuses du Continental intercalaire ;
- Les bancs de calcaires marins du Cénomano-Turonien et du Sénono-Eocène ;
- Les accumulations sableuses fluvio-lacustres du Tertiaire Continental.

Le banc Cénomano-turonien contient une nappe dont les zones d'alimentation se situent à la périphérie du bassin. Dans les régions où affleure la formation, les eaux circulent dans les calcaires, en direction des parties basses de la cuvette, sous le toit imperméable des argiles du Sénonien inférieur qui peut atteindre une épaisseur de 300 m.

Malgré cette disposition favorisant une mise en charge des eaux, les calcaires du Cénomano-Turonien ne sont pas exploités dans le Bas-Sahara, car leurs couches plongeantes ne peuvent être atteintes qu'après la traversée de 500 à 600 m de morts-terrains au moins et leur fissuration faible ou inexistante, s'opposant à une bonne circulation des eaux, n'assure qu'une productivité très aléatoire.

Généralement ; On peut dire que le grand bassin sédimentaire du Sahara Septentrional contient trois principaux aquifères.

- A la base la nappe du Continental Intercalaire : l'un des plus grands réservoirs captifs du monde ;
- Au milieu la nappe du Complexe Terminal ;
- Au sommet les nappes phréatiques. (fig. I.3)

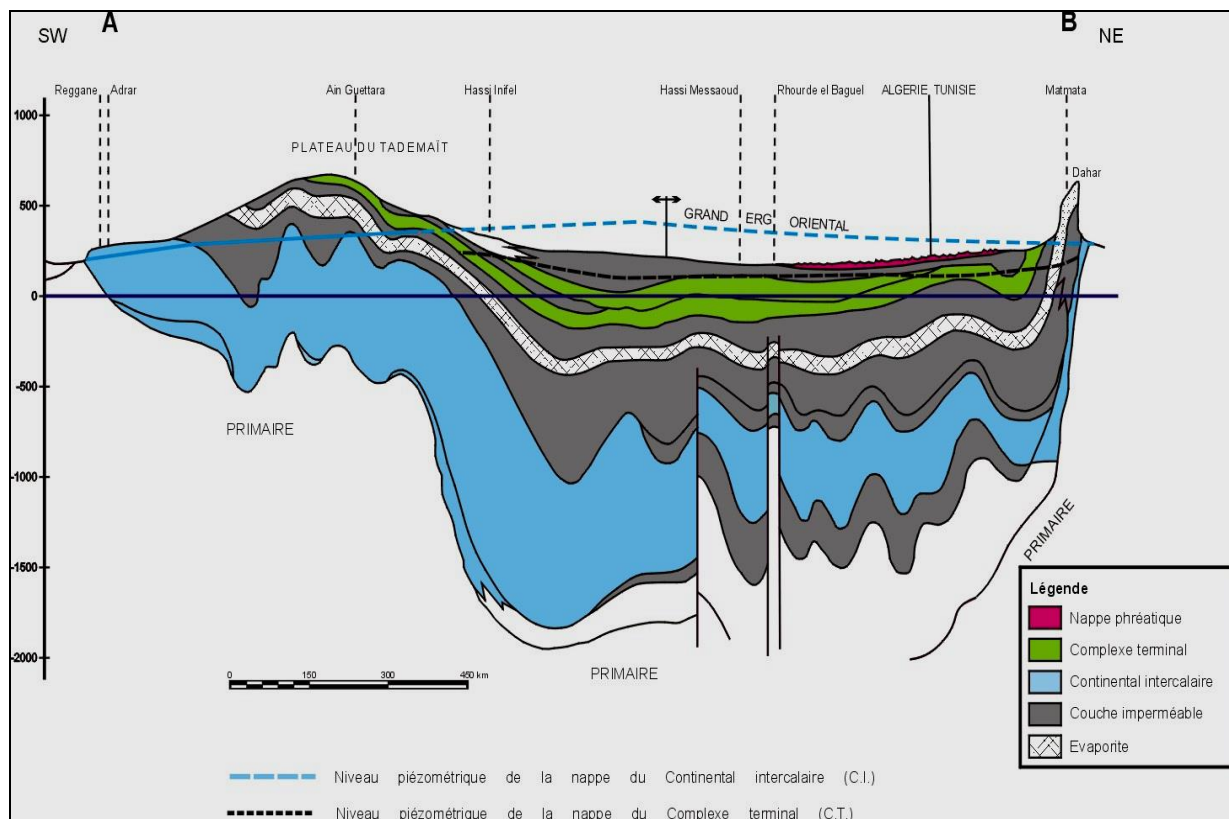


Figure I.3 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1972)

1.4.1. La nappe du Continentale Intercalaire

Le réservoir du Continentale Intercalaire (CI) est contenu dans les formations continentales du Crétacé Inférieur (Barrémien et Albien), et Composé essentiellement de grès, sables et argiles. Le réservoir s'étend sur environ 600 000 km², il est continu du Nord au Sud depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili et le Hoggar, d'Ouest en Est depuis la vallée de la Saoura jusqu'au désert libyen. Au Nord-Est de la dorsale du M'Zab. Le toit de l'aquifère, constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomaniens, est continu sur tout le bassin. (in Benali et al. 2014)

La profondeur augmente du Sud au Nord, de 1000 m au Bas Sahara, à 2000 m sous les chotts, provoquant ainsi une forte charge de la nappe sur tout le bassin oriental. Le substratum est constitué de formations argilo-sableuses et argileuses ou carbonatées d'âge de plus en plus récent du Sud vers le Nord. (in Houga et al. 2014)

Les eaux en provenance du Nord-Ouest se divisent sur l'axe de la dorsale du M'zab approximativement suivant deux directions, une partie s'écoule vers le Sud et le Sud-Ouest (Gourara, Touât et Tidikelt), et l'autre partie s'écoule suivant une direction Ouest-Est vers le golf de Gabes qui constitue son exutoire naturel.

Les eaux en provenance du plateau du Tinrhert s'écoulent vers le Nord-est sous l'Erg Oriental en direction de l'exutoire de Tunisie. Sur la région d'Ouargla, la nappe de C.I est captée à une profondeur comprise entre 1300 et 1400 m, le débit exploité par forage est de 100 l/s, en moyenne. Les forages captant cette nappe sont au nombre de (2) et fournissent un débit annuel de 7 Hm³ densité essentiellement à l'alimentation en eau potable des agglomérations de Rouissat et Ain El Beida, et caractérisée par une transmissivité de 8.10^{-3} m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 10^{-3} . (in Houga et al. 2014)

1.4.2. La nappe du Complexe Terminale

Le système aquifère du Complexe Terminal (CT) couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara Septentrional sur environ 350 000 Km². Le terme "nappe du complexe terminal" regroupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes. Cette nappe peut circuler dans l'une ou

encore dans les deux formations litho-stratigraphiques suivantes : (in Houga et al. 2014)

- Le Sénonien et l'Eocène carbonatés ;
- Le Mio-Pliocène sableux.

1.4.3. La nappe phréatique

Les nappes phréatiques sont partout présentes au Sahara et se situent généralement dans les zones de dépressions ou les vallées, elles sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles (sources) en provenance des aquifères plus profondes ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitants ces dernières.

1.5. Hydro climatologie

1.5.1. Introduction

Le climat de la région de Ouargla est un climat particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en Été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.

Ces paramètres hydroclimatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères.

1.5.2. La température

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures a été faite à partir des données recueillies de l'ONM-Ouargla pour la période (2008-2017). (tab. I.1)

La température est très élevée en Eté, avec une moyenne de 35 C° du mois le plus chaud (Juillet) et de 12 °C du mois le plus froid (Janvier). (fig. I.4)

Tableau I.1 : Températures moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T min (°C)	23.5	17.3	14.4	5.9	5.2	6.9	10.6	15.3	20.1	24.8	28.0	27.4
T max	38.1	31.8	24.4	19.6	19.3	21.3	25.6	30.9	35.4	40.4	43.8	42.7
T moy	30.84	24.58	19.4	12.78	12.25	14.12	18.1	23.09	27.76	32.55	35.89	35.04

(Station de Ouargla, 2008-2017)

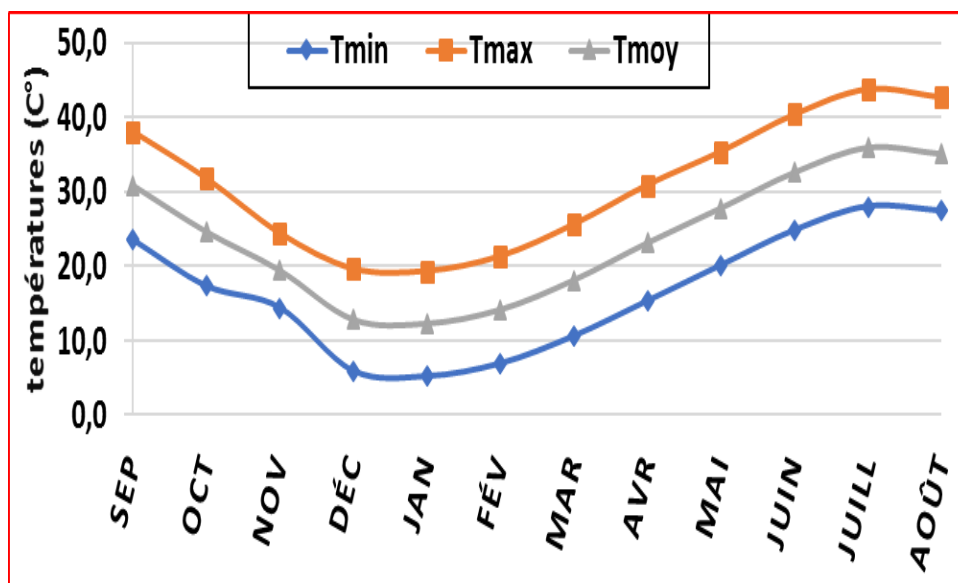


Figure I.4 : Températures moyennes mensuelles

1.5.3. L'humidité de l'air

Elle s'exprime par la tension de la vapeur d'eau et par l'humidité relative. C'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression, exprimée en pourcent (degré hygrométrique).

Nous indiquons dans le tableau (I.2) la moyenne mensuelle mesurée pendant (2008 à 2017).

Elle dépend dans une large mesure de la température qui elle est aussi dépend de la quantité de rayonnement reçue sur le sol. Il demeure que celle-ci n'est pas la seule, car d'autres facteurs interviennent aussi, notamment les vents, les nuages et l'ensoleillement. L'humidité moyenne annuelle est de 40,59 %.

Tableau I.2 : Humidités moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
H %	36.35	43.50	52.69	58.99	57	48.44	43.6	36.53	30.95	28.03	24.10	26.92

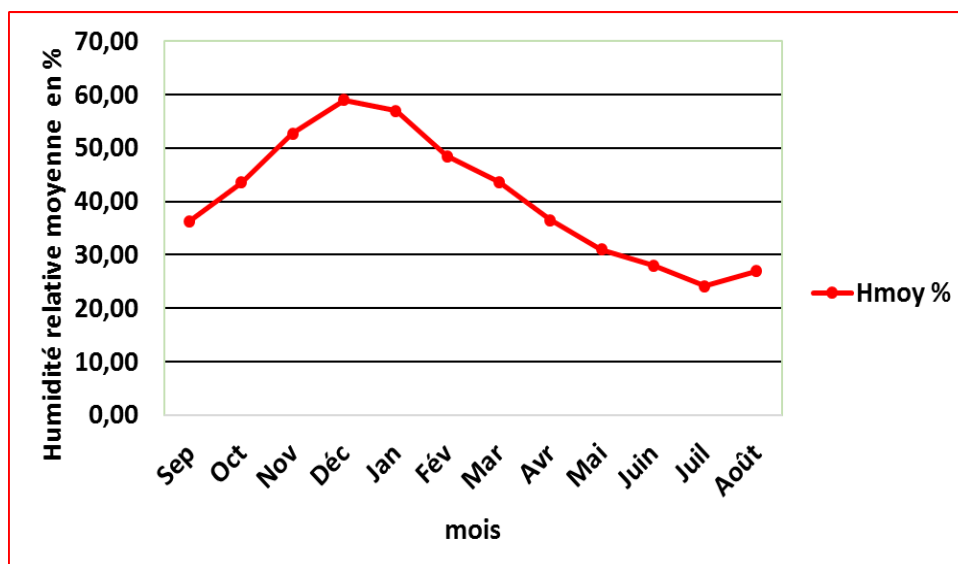


Figure I.5 : Humidités moyennes mensuelles

1.5.4. Le vent

Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines. Il est mesuré par un appareil appelé Anémomètre et exprimé en (m/s) ou (km/h). Il est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de Ouargla. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse.

On remarque que les vents dont la vitesse est supérieure à 3 m/s sont fréquents durant toute l'année. (tab. I.3)

Tableau I.3 : Vitesses moyennes mensuelles du vent

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Jui	Juil	Aoû
V moy (m/s)	3.2	3.9	2.3	2.1	3	3.8	3.3	4.1	5.4	4.9	4.8	3.6

(Station de Ouargla, 2008-2017)

1.5.5. L'insolation

La durée d'insolation pour un jour donnée est fonction de la latitude du lieu de mesure et du jour de l'année. Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil a brillé. L'analyse de la durée d'insolation en heure sera faite à partir des données recueillies de l'ONM - Ouargla période (2008-2017).

La variation mensuelle concorde avec celle de la nébulosité. Cependant, il existe plusieurs variations mensuelles dues aux petits accidents provoqués par des ponts

nuageux. Selon les valeurs mentionnées au tableau (I.4), on estime que la durée moyenne d'ensoleillement journalière est supérieure à 340 heures, tandis qu'elle ne dépasse pas 240 heures en Hiver.

Tableau I.4 : Insolations moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
Ins (h)	264.2	266.9	249.9	231	248.5	241.5	268.5	289.2	309.3	234.4	319.8	340.1

(Station d'Ouargla, 2008-2017)

1.5.6. La pluviométrie

Elle constitue avec la température les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné.

On remarque une grande irrégularité de la pluie : faible pendant l'Hiver et presque nulle en Été (inférieure à 0,5 mm). (tab. I.5)

Leur provenance en Hiver est due aux dépressions accompagnants la migration vers le Sud des fronts polaires. En règle générale les pluies sont d'intensité plutôt faible pour notre région.

Tableau I.5 : Pluviométrie mensuelle

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	An
P (mm)	5,2	6.2	2.7	3.8	8.5	3.2	5.2	1.5	1.6	0.8	0.4	0.3	40

(Station d'Ouargla, 2008-2017)

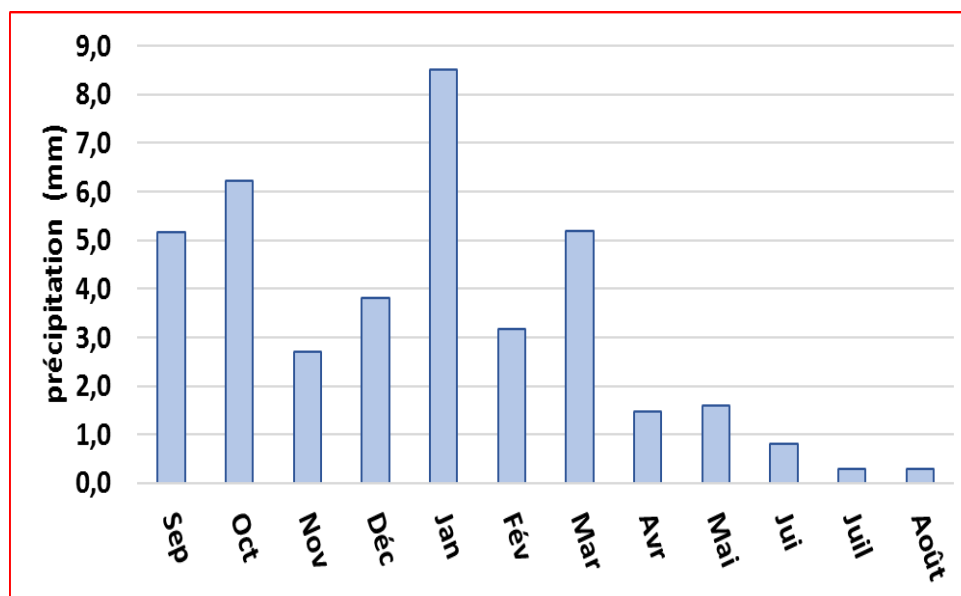


Figure I.6 : Précipitation moyennes mensuelles

1.5.7. L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température et la sécheresse de l'air. Ce terme représente la restitution de l'eau de surface terrestre sous forme de vapeur, à l'atmosphère en fonction de certaines conditions climatiques et physiographiques caractéristiques de la région.

Les valeurs moyennes mensuelles enregistrées depuis 2008 jusqu'à 2017 sont mentionnées dans le tableau I.6 ci-dessous.

Tableau I.6 : Evaporations moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Eva (mm)	271.5	203.7	121.5	83.4	93.5	124.6	182.3	234.4	307.45	366.5	433.3	384.5

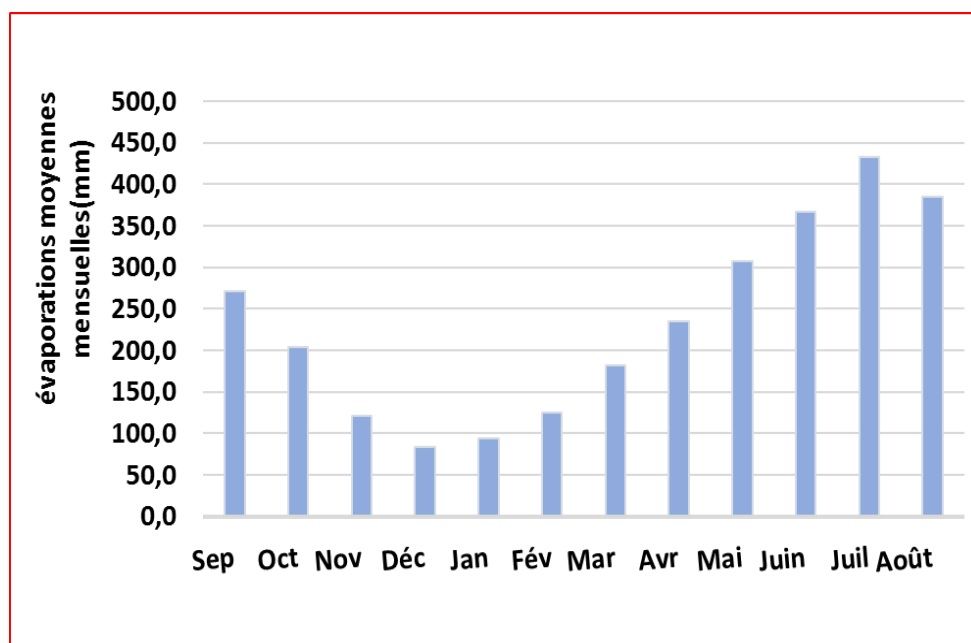


Figure I.7 : Evaporations moyennes mensuelles

1.5.8. Caractérisation du climat de la région de Ouargla

1.5.8.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Le diagramme Ombrothermique permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. L'aire comprise entre les deux courbes de la figure (I.8) représente la période sèche.

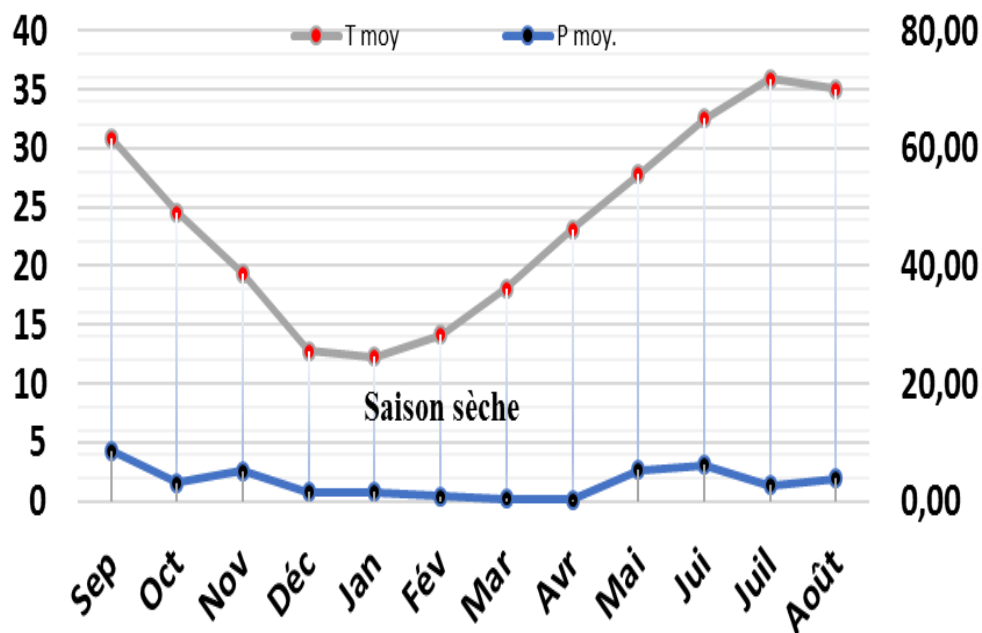


Figure I.8 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen

1.5.8.2. Indice d'Aridité de DEMARTONNE

D'après DEMARTONNE l'indice de l'aridité est exprimé comme suit :

$$I = P / (T+10)$$

Avec :

P : Précipitation annuelle

T : Température moyenne annuelle

Pour les valeurs de I comprises entre 0 et 5 se trouve le milieu est considéré comme Hyper-aride. (tab. I.7)

Tableau I.7 : Classification des climats en fonction de l'indice de DEMARTONNE

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper-aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

Pour la période considérée (2008-2017), l'indice d'aridité (de DEMARTONNE) de la région de Ouargla (0,1) traduit un climat Hyper-aride. (tab. I.8)

Tableau I.8 : Indice d'Aridité de DEMARTONE

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
P (mm)	5.2	6.2	2.7	3.8	8.5	3.2	5.2	1.5	1.6	0.8	0.4	0.3
T (C°)	30.84	24.58	19.4	12.78	12.25	14.12	18.1	23.09	27.76	32.55	35.89	35.04
I	0.13	0.18	0.09	0.17	0.38	0.13	0.19	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01

1.5.8.3. Climato gramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (QC) élaboré en 1990 est spécifique au climat méditerranéen. Il tient compte la position des précipitations et des températures sur un abaque approprié qui détermine l'étage bioclimatique.

$$QC = 3,43 [P / (M - m)]$$

Avec :

QC : Quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : Pluviométrie annuelle (en mm) ;

M : Température maximale moyenne du mois le plus chaud en °C ;

m : Température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.

La projection des résultats sur la climato gramme d'Emberger (fig.I.9), a permis de situer l'étage bioclimatique de la région de Ouargla qui est saharien à Hiver chaud.

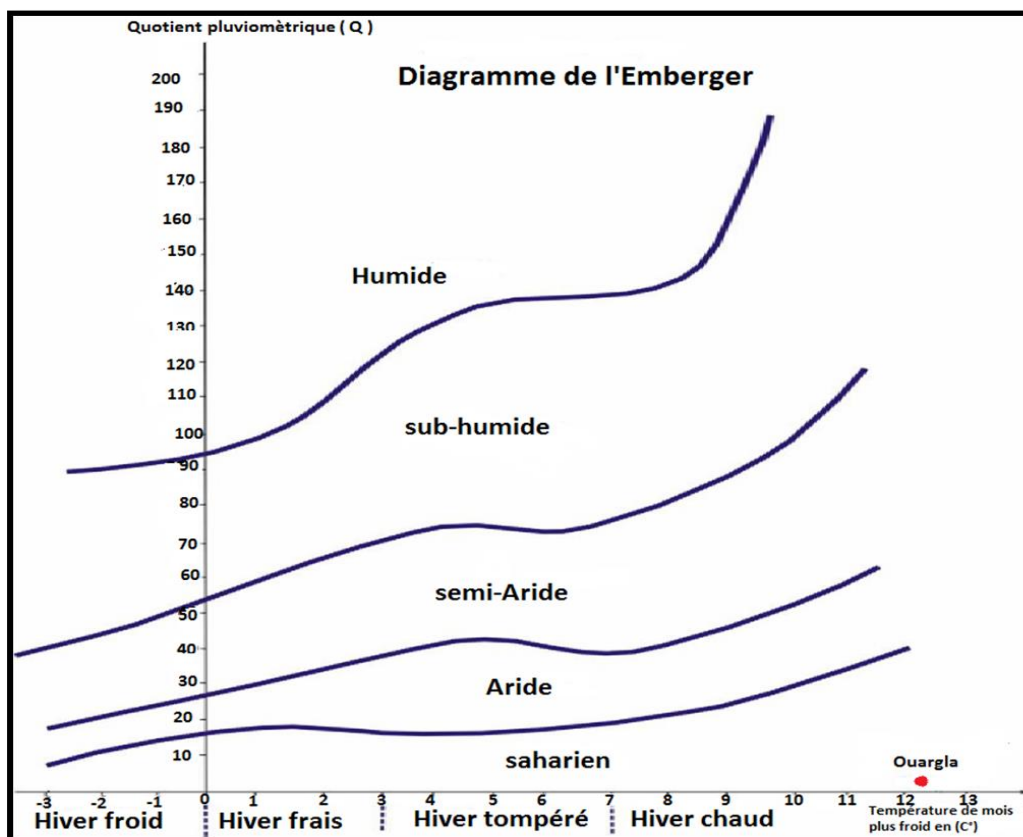


Figure I.9 : Climato gramme d'Emberger

1.5.9. Le déficit d'écoulement

L'évapotranspiration est un terme qui correspond à la quantité d'eau totale transférée vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. On distingue l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). On peut estimer la valeur de ce paramètre en fonction de la température et du module pluviométrique, grâce à plusieurs méthodes :

1.5.9.1. L'ETR

Elle représente les valeurs réellement transpirées fournies par les précipitations. Le calcul de l'ETR fait intervenir deux paramètres climatiques, à savoir : la température et la pluviométrie.

- **Formule de Turc : $ETR = P / \sqrt{[0,9 + (P^2/L^2)]} = 41,31 \text{ mm}$**

Avec :

P : Précipitations annuelles : (= 39,19 mm)

L = $300 + 25 T + 0.05 T^3$: (= 1217,12)

T : Température moyenne annuel : (= 23,87 °C)

Avec une température moyenne annuelle 23.87°C et une précipitation de 39.19 mm/an, l'application numérique donne une valeur de $ETR = 41.31 \text{ mm/an}$, ce qui indique que la formule n'est pas applicable pour notre région car l'évapotranspiration annuelle est très importante par rapport à la précipitation annuelle.

1.5.9.2. L'ETP

L'ETP est la quantité d'eau qui serait évaporée et /ou transpirée à partir d'une surface si l'eau est disponible. Elle n'était pas un facteur limitant car elle est utilisée pour évaluer les besoins en eau d'irrigation.

Pour calculer l'ETP on utilise :

- **Formule de Thornthwaite :**

Cette méthode consiste à calculer pour chaque mois, l'évapotranspiration potentielle en utilisant la relation :

$$ETP = 16 \cdot [10 \cdot (t/I)]^a \cdot K$$

Avec :

- ETP : Evapotranspiration potentielle du mois considéré (en mm d'eau) ;
- t : Température moyenne mensuelle du mois considéré (en °C) ;
- K : Coefficient d'ajustement mensuel ;
- a : Indice lié à la température : $a = I \times [1,6/100] + 0,5$
- i : Indice thermique mensuel : $i = [t/5]^{1.5}$
- I : Indice thermique annuel : $I = \sum i$

Tableau I.9 : ETP selon la méthode de Thornthwaite

	P (mm)	T °C	K	ETPcorr (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	ETP – P = D (mm)	Ex (mm)
Sep	8.51	30.84	1.05	113.05	0	8.97	104.54	0
Oct	3.15	24.58	0.91	77.89	0	3.32	74.74	0
Nov	5.19	19.4	0.75	50.67	0	5.47	45.48	0
Déc	1.48	12.78	0.7	31.15	0	1.56	29.67	0
Jan	1.58	12.25	0.73	31.14	0	1.67	29.56	0
Fév	0.81	14.12	0.78	38.35	0	0.85	37.54	0
Mar	0.35	18.1	1.02	64.29	0	0.37	63.94	0
Avr	0.3	23.09	1.15	92.47	0	0.32	92.17	0
Mai	5.12	27.76	1.32	127.6	0	5.4	122.48	0
Juin	6.2	32.55	1.33	150.75	0	6.54	144.55	0
Juil	2.7	35.89	1.33	166.22	0	2.85	163.52	0
Août	3.8	35.04	1.24	151.3	0	4.01	147.5	0
An	39.19	23.87	85.92	1094.9	0	41.31	1055.7	0

Selon la méthode de THORNTWAITE, le bilan hydrique de la région de Ouargla pour la période (2008-2017), est déficitaire. C'est-à-dire la quantité d'eau précipitée va tôt ou tard évaporée.

1.6. Conclusion

Le climat de la région de Ouargla est connu par son aridité marquée par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d'autre part. Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région. Ce climat est de type hyper-aride, il est caractérisé par un hiver froid et une période de sécheresse prolongée dominée par des vents. L'ETP calculée par la formule de Thornthwaite est de 1094 mm/an, alors que pour l'ETR, la valeur mesurée est de l'ordre de 41.31 mm/an.

Ces conditions climatiques laissent penser que le taux d'alimentation des nappes souterraines par infiltration directe des précipitations est quasiment nul, sauf dans les périodes des pluies torrentielles exceptionnelles.

Chap. II.

**DEMINERALISATION DES EAUX
SOUTERRAINES**

2.1. Introduction

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule source dans la région de Ouargla, mais elles présentent une forte salinité. La déminéralisation de ces eaux et la réalisation des unités de déminéralisation deviennent aujourd'hui une nécessité, car elles permettent la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable.

2.2. Caractéristiques des eaux

Actuellement ; neuf (09) stations de déminéralisation des eaux saumâtres ont été implantées. Chaque station est implantée à l'intérieur d'un complexe hydraulique déjà existant. Les neuf (09) complexes hydrauliques existants sont alimentés à partir de forages, et donnent des eaux d'une salinité de 3 g/l environ.

L'objectif de ces stations est d'améliorer la qualité des eaux potables et de réduire la salinité pour la ramener à une valeur inférieure à 0,5 g/l. Les paramètres physicochimiques sont conformes aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les neuf (09) stations permettront de traiter 70 500 m³/j pour fournir 75% d'eau traitée (tab. II.1)

Tableau II.1 : Caractéristiques des stations de déminéralisation (fiche technique du projet 2010)

Station	Eaux brutes (m ³ /j)	Eaux traits (m ³ /j)	Nombre d'habitants à desservir	Nombre de Forages
Gharbouz (s1)	3 000	2 250	10 000	2
Ain el Kheir (s2)	9 000	6 750	30 000	5
Hai Bouzid (s3)	4 500	3 375	15 000	3
Mekhadma (s4)	3 000	2 250	10 000	3
Ifri-gara (s5)	10500	7 850	35 000	4
Zyayna (s6)	3 000	2 250	10 000	2
El khafdji (s7)	7 500	5 625	25 000	3
Bamendil (s8)	3 000	2 250	10 000	2
El Hdeb (s9)	27 000	20 250	90 000	3
Total	70 500	52 875	235 000	26

2.2.1. Eaux marines

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur

comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7.5 et 8.4. La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées (in Atallah, 2014).

2.2.2. Eaux saumâtres

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont : CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 et Na Cl (in Atallah, 2014).

2.2.3. Eau déminéralisée

Il est connu que la consommation d'eau à faible teneur en minéraux a un effet négatif sur les mécanismes homéostasiques. L'homéostasie est la tendance de l'organisme à maintenir ses différentes constantes à des valeurs ne s'écartant pas de la normale (l'homéostasie assure, par exemple, le maintien de la température, du débit sanguin, de la tension artérielle, du pH, des volumes liquidiens de l'organisme, de la composition du milieu intérieur, etc.). Les expériences sur les animaux ont montré à plusieurs reprises que la prise d'eau déminéralisée mène à des hausses de la diurèse, volume de fluide cellulaire supplémentaire, diminution du volume des cellules rouges et certains autres changements hématocrites. Une étude allemande a prouvé que si l'eau distillée est ingérée, l'intestin doit ajouter des électrolytes à cette eau, les prenant des réserves du corps. L'ingestion d'eau distillée mène à la dilution des électrolytes dissous dans l'eau du corps. Une redistribution inadéquate de l'eau du corps peut compromettre la fonction des organes vitaux. Par le passé, des problèmes de santé aigus furent rapportés chez les escaladeurs de montagne qui avaient préparé leurs boissons avec de la neige n'ayant pas assez d'ions nécessaires. Une plus grave tournure d'une telle condition couplée avec un œdème du cerveau, des convulsions

et des acidoses métaboliques fut reportée chez des enfants dont les boissons furent préparées avec de l'eau distillée ou de l'eau en bouteille contenant très peu de minéraux (in Atallah, 2014).

2.3. Présentation de la station de déminéralisation Ifri-gara-Ouargla

2.3.1. Situation géographique

La station de déminéralisation Ifri-gara-Ouargla est située dans la région de la Sillis, elle est implantée à l'intérieur du complexe Ifri-gara dont la superficie est de 1683 m² (fig. II.1).



Figure II.1 : Situation géographique de la station Ifri-gara-Ouargla

La station a pour objectif de réduire la salinité de l'eau de façon à être conforme aux normes de potabilité nationale ou internationale et par conséquent diminuer et éliminer le phénomène d'entartrage des réseaux. Cette station possède une capacité de traitement de 10500 m³/j.

2.3.2. Procédé de traitement

Les principales composantes de la chaîne de traitement des eaux sont : (fig. II.2)

- Bassin d'eau brute ;
- Préparation et dosage d'hypochlorite de calcium ;
- Préparation de l'eau pour filtration sur sable ;
- Pompes d'alimentation des filtres à sable ;
- Filtre à sable ;
- Bassin d'eau filtrée ;
- Pompe d'alimentation basse pression ;
- Déchloration de l'eau filtrée ;
- Filtres à cartouches ;
- Pompe d'alimentation haute pression ;
- Unité d'osmose inverse ;
- Bassin d'eau osmoses ;
- Potabilisation de l'eau osmoses par désinfection.

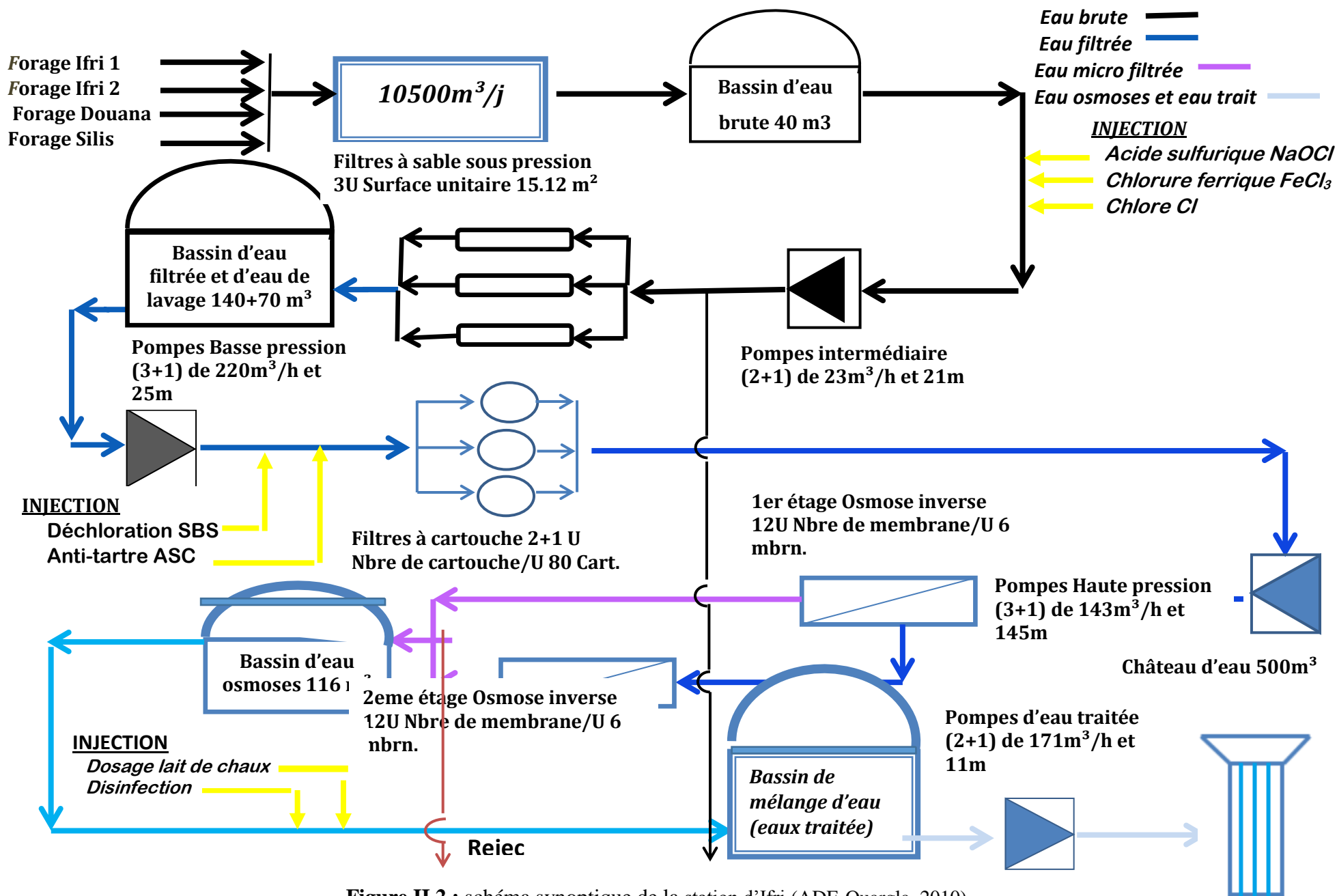


Figure II.2 : schéma synoptique de la station d'Ifri_(ADE-Ouargla, 2010)

2.3.3. Postes auxiliaires

En outre, les unités auxiliaires suivantes sont prévues pour l'exploitation dans les régions d'art de la station de traitement :

- Poste de rinçage à l'eau des filtres à sable ;
- Poste de nettoyage de membranes ;
- Poste de pompage des eaux usées ;
- Poste de préparation et de dosage des produits chimiques ;
- Poste d'eau de service.

2.3.4. Description du processus

La station est alimentée en eau brute à partir de quatre forages.

2.3.4.1. Préparation de l'eau brute

L'eau brute est désinfectée en aval des filtres à sable à l'aide de l'hypochlorite de calcium. Il est prévu un dosage en continu. Pour permettre le contrôle du taux de dosage de chlore, un appareil de mesure de chlore libre est monté sur la conduite principale.

Afin d'optimiser la filtration de l'eau, il est prévu le dosage de l'acide sulfurique H_2SO_4 et le chlorure ferrique. Les pointes d'injections sont situées en amont des filtres à sable.

La station de dosage est constituée d'un réservoir équipé de dessiccateurs d'air, situé en-dehors du local de dosage des produits chimie pour raison de sécurité, deux pompes de dosage des produites chimie et d'autre instruments nécessaires au fonctionnement automatique. L'acide sulfurique est dosé proportionnellement au débit de fonctionnement (ADE-Ouargla, 2010).

➤ **L'acide sulfurique H_2SO_4** améliore la coagulation et évité la formation de carbonate de calcium. Le dosage de carbonate de magnésium réduire le ph et empêcher le dépôt de tartre sur les membranes.

➤ **Le chlorure ferrique (coagulant)** permettant un piégeage plus efficace des matières en suspension et des colloïdes. Le Coagulant est dosé en amont des filtres à

sable pour améliorer la filtration. L'ion Fer (III), en modifiant la charge superficielle, provoque l'agglomération des colloïdes qui restent ainsi plus facilement piégés dans le volume filtrant. Les pointes d'injections sont situées en amont des filtres à sables (fig. II.3) (ADE-Ouargla, 2010).



Figure II.3 : Pointes d'injections

2.3.4.2. Pompes d'alimentation basse pression

Trois (2+1) pompes de 9600m³/j permettent de fournir une basse pression pour l'alimentation des filtres à sable (fig. II.4).



Figure II.4 : Pompes d'alimentation basse pression

2.3.4.3. Filtre à sable

Filtre à sable bicouche (contre les matières en suspension) et 3 unités surface unitaire de 15.12 m² (fig. II.5).

La filtration sur sable est un des procédés les plus répandus en traitement de l'eau. L'étape de filtration permet de séparer la phase continue (liquide) et la phase dispersée (solide). Elle fixe les matières en suspension les plus fines, jusqu'à un diamètre de 10 µm. Comparé à la décantation, le seuil de coupure est donc plus fin. L'eau passe au travers d'un milieu filtrant poreux, sous l'action d'une force de pression fournissant à la suspension l'énergie nécessaire qui lui permet de traverser le milieu poreux.

Il existe différents types de médias filtrants. Parmi les plus connus, citons le sable fin, qui présente un excellent rapport qualité prix, l'antracite, utile pour filtrer les plus grosses particules, ou le charbon actif, qui couple l'adsorption à la sédimentation pour mieux capter les matières en suspension. Dans chacun d'entre eux la sédimentation des matières en suspension se fait via plusieurs mécanismes : par défaut d'inertie, par la force centrifuge, par attraction réciproques (des masses ou électrostatique) des particules, ou par effet magnétique. Les filtres à sable peuvent ainsi filtrer des particules dont le diamètre est inférieur à celui des interstices du milieu filtrant.

Enfin, il existe différents types de vitesse de filtration. Les filtres, à sable lents à la charge hydraulique superficielle, ont des vitesses moyennes de flux comprises entre 0,10 et 0,30 m/h. Ils ont l'avantage de ne pas nécessiter un contrôle strict, mais en revanche réclament une importante surface au sol. Les coûts peuvent être assez importants et il y a parfois un risque de développement d'algues à l'intérieur du milieu filtrant. Les filtres rapides, à flux gravitationnel ou à pression, ont eux des vitesses moyennes de flux comprises entre 2,5 et 20 m/h. Grâce aux charges supportées (jusqu'à 20 m), ces filtres ont l'avantage de ne pas favoriser l'apparition d'algues ou de zones de pression négatives dans le bas du média filtrant. Cependant, un faible risque de traversée de particules subsiste avec ce procédé (in Belgaid, 2015).



Figure II.5 : Unités des filtres à sable

2.3.4.4. Réservoir d'eau filtrée

L'eau filtrée est transférée par une pompe d'alimentation basse pression et stockée dans un réservoir de capacité de 200 m³ équipé d'une sonde de mesure de niveau et un système anti-humidité (ADE-Ouargla, 2010).

2.3.4.5. Pompes d'alimentation basse pression

Quatre (3+1) pompes d'alimentation basse pression 8784 m³/j permettent d'alimenter des filtres à cartouche par de l'eau filtrée.

2.3.4.6. Filtres à cartouches

Quatre (3+1) unités ; 80 cartouches dans chaque filtre (fig. II.6).

Dans le but d'éviter le passage de grosses particules ou de sable fin dans le système de membrane, il est prévu un système de filtre à cartouche jetables. Les cartouches sont à base de fils en polypropylène à enroulement hélicoïdal avec un seuil de rétention nominal de 5 microns.

En aval des microfiltres, il est prévu des points de mesure de certains paramètres d'opérations comme le potentiel redox, le pH, la conductivité, la turbidité et la température.

Après le démarrage de l'unité de déminéralisation et dans le cas où la qualité de l'eau 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 rétablie de nouveau.



Figure II.6 : Unités du cartouche

2.3.4.7. Pompes d'alimentation haut pression

Quatre (3+1) pompes d'alimentation haute pression vers l'unité d'osmose inverse (8784 m³/j). Cette dernière peut être de types « segmenté », « chambre partie », et autres, etc. (fig. II.7).



Figure II.7 : Pompes d'alimentation haute pression

2.3.4.8. Osmose inverse

L'osmose inverse (fig. II.8) est un procédé de séparation en phase liquide par perméabilité à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient de pression. La membrane semi sélective permettant certains de transferts de matière entre deux milieu qu'elle sépare, en interdisant d'autre, ou plus généralement en favorisant certain par rapport à d'autre (in Mellal, 2011).

2.3.4.8.1. Principe

Le procédé osmose inverse consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane. En pratique, l'eau d'alimentation est pompée dans une cuve étanche où elle est pressurée contre la membrane. À mesure qu'une fraction de l'eau diffuse à travers la membrane, la teneur en sels de la fraction restante augmente. Dans le même temps, une partie de cette eau d'alimentation est rejetée, sans diffuser à travers la membrane. Sans ce rejet régulateur, l'eau d'alimentation pressurisée continuerait à accroître sa concentration en sels, ce qui engendrerait des problèmes tels que la précipitation des sels sursaturés et une pression osmotique accrue à travers la membrane (in Meziane, 2014).

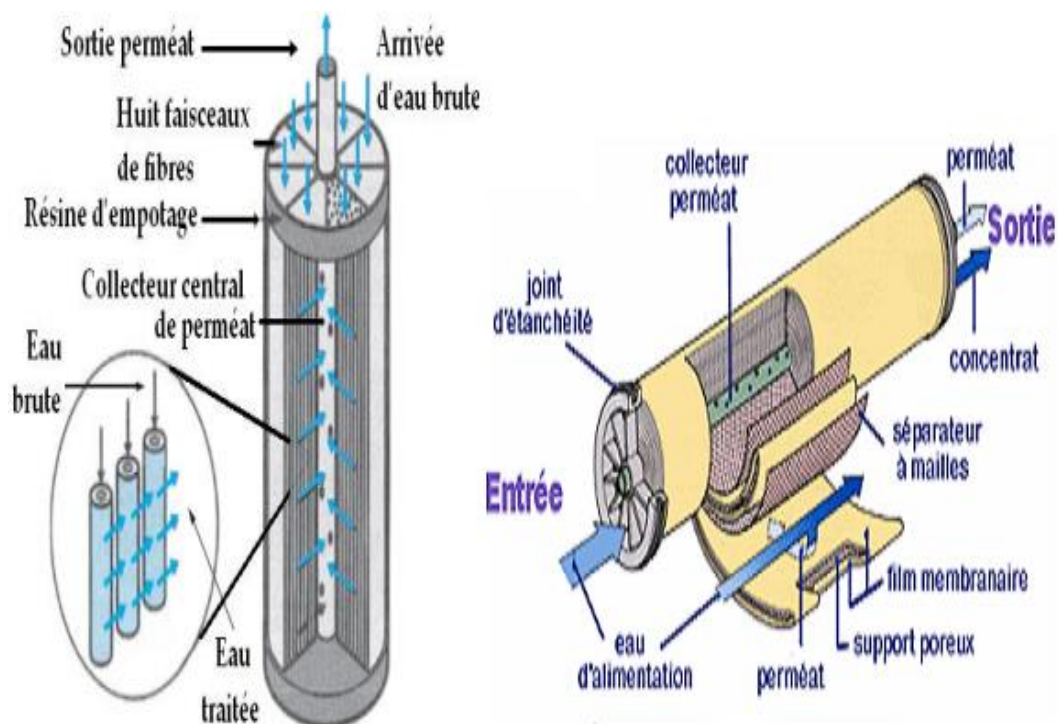


Figure II.8 : Schéma de principe d'un traitement d'eau par osmose inverse

2.3.4.8.2. Pression osmotique

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigée de la solution diluée vers la solution concentrée. Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler, cette pression est nommée la pression osmotique P (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (fig. II.9) : C'est le phénomène d'osmose inverse (in Meziane, 2014).

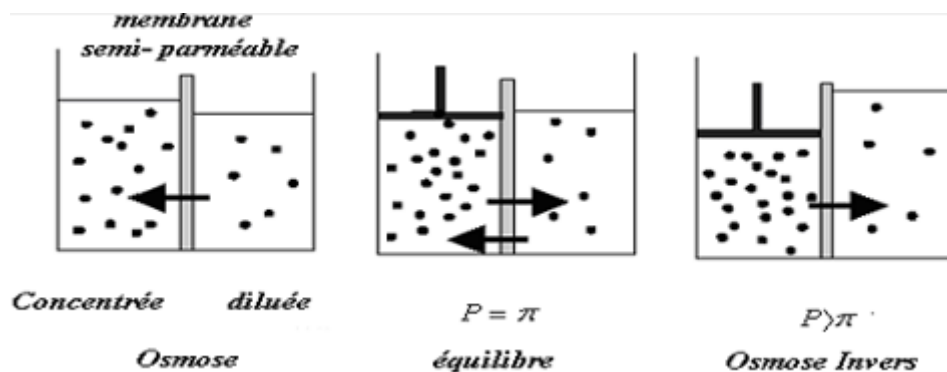


Figure II.9 : Pression osmotique des électrolytes

2.3.4.8.3. Membranes d'osmose inverse

Les membranes sont dites semi-perméables, elles laissent passer l'eau et retiennent plus de 90 % des sels et éléments organiques dissous (fig. II.10). Elles retiennent également toutes les matières colloïdales. Elles sont définies au niveau de leur aptitude au colmatage. Le passage en sel des membranes est le paramètre donnant la fuite de minéralisation de la membrane de l'eau salée vers l'eau dessalée. Une membrane qui retient 96 % de la salinité d'une eau a un passage en sel de 4 % (in Meziane, 2014).

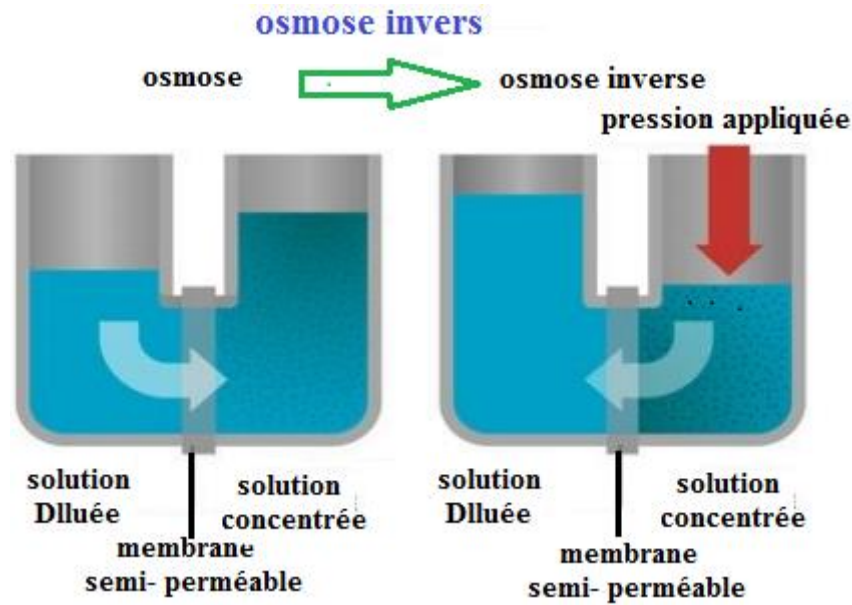


Figure II.10 : Technique de déminéralisation par osmose

2.3.4.8.4. Unité d'osmose inverse

Pour la station d'IFRI GARA, la configuration du système d'osmose inverse est la suivante :

Le traitement se fait sur traine d'osmose. Chaque traine compose deux passes : la première étage Osmose inverse comporte 12 unité, chaque unité comporte 6 membranes, la deuxième étage Osmose inverse comporte 12 unité, chaque unité compose de 6 membranes. En aval des filtres à cartouche, l'eau prétraitée est mise en pression grâce à une pompe à haute pression pour alimenter le traine d'osmose inverse dédiée (ADE-Ouargla, 2010) (fig. II.11).

2.3.4.8.5. Réservoir de l'eau déminéralisée

Il est destiné à accueillir l'eau déminéralisée issue de l'osmose inverse. Cette eau dessalée est utilisée aussi pour rincer les membranes d'osmose inverse en cas de colmatage (volume de bassin est 116 m³).

2.3.4.8.6. Potabilisation de l'eau osmosée par désinfection

Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration de l'eau par l'utilisation

d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel). La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage. A l'aide de l'une des pompes, l'eau traitée est pompée vers le réservoir de stockage, mais les réservoirs constituent un maillon privilégié de sédimentation des dépôts et par la même une zone à risque. Leur nettoyage doit être donc fréquent. Cette opération se fait d'une façon périodique tous les 15 jours par l'eau de javel (in Guerd et al. 2007).

En fin ; avant la sortie de l'eau il faut mesurer son pH et aussi la traiter par eau de javel de concentration faible 0,2 mg/l. La direction de la prévention sanitaire à exiger la javellisation de l'eau produite avant distribuer.



Figure II.11 : ligne d'osmose inverse

2.4. Résultats d'analyses physico-chimiques

Pour connaître les caractéristiques physico-chimiques des eaux dans la station Ifrigara, après chaque étape de traitement, deux campagnes ont été effectuées pour trois (03) type d'eau à savoir : l'eau brute, l'eau osmosée et l'eau de sortie.

2.4.1. Le pH

Le pH des eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés : d'une façon générale, les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains

pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7 ou inférieur (in Guerd et al. 2007).

Le pH est l'un des paramètres le plus important de la qualité de l'eau. La valeur du pH (7,7) de l'eau brute, répond aux normes nationales (6,5 à 8,5), contre des valeurs de 6,9 et 7,8 pour l'eau osmosée et de sortie (tab. II.2).

2.4.2. La Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais très approximative, la minéralisation globale de l'eau et l'en suivre l'évolution (in Guerd et al. 2007).

L'eau brute présente une conductivité très élevée (3,7 mS/cm) supérieur aux normes, contre des valeurs très faibles (0,2 mS/cm) pour l'eau osmosée et inférieurs aux normes pour l'eau de sortie (1,7 mS/cm) (tab. II.2).

2.4.3. La minéralisation globale

- **Le Ca :** Le Calcium est généralement l'élément dominant dans les eaux potable. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés et extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate (in Guerd et al. 2007).

Les teneurs sont inférieurs aux normes (tab. II.2).

- **Le Mg :** Le Magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, et leur teneur dépend de la composition des roches sédimentaire rencontrées. Les teneurs sont dans les normes pour l'eau brute (160 mg/l), contre des valeurs très faibles par rapport aux normes pour l'eau osmosée et de sortie (tab. II.2).
- **Le Na ; K ; Cl et SO₄ :** Les teneurs sont très élevées (507 ; 38 ; 980 et 880 mg/l) dans l'eau brute, très faible dans l'eau osmosée (42 ; 2,5 ; 95 et 11 mg/l) et dans les normes pour les eaux de sortie (275 ; 12 ; 463 et 320 mg/l) (tab. II.2).

- **Le Fe :** Les résultats obtenus montrent que les teneurs sont très faibles par rapport aux normes (tab. II.2).
- **Le F :** Les teneurs sont dans les normes pour l'eau brute (1,3 mg/l) contre des valeurs très élevées pour l'eau de sortie (4 mg/l) (tab. II.2).

Tableau II.2 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux (Mars 2018)

Paramètre	brutes	osmosée	de sortie	Norme Algérienne
	mg/l			
Ca ⁺⁺	132	3	98	200
Mg ⁺⁺	160	0,6	66	150
Na ⁺	507	42	275	250
K ⁺	38	2,5	12	15
Cl ⁻	980	95	463	600
SO ₄ ²⁻	880	11	320	400
CO ₃ ²⁻	0	0	0	/
HCO ₃ ³⁻	170	8	190	/
Fe ²⁺	0,03	0	0	0,3 (OMS)
F ⁻	1,35	0	4	1 (OMS)
PH	7,7	6,9	7,8	6,5 – 8,5
Température C°	24	17	22	25
Conductivité électrique (µs/cm)	3770	227	1700	2500
TAC (F°)	14	0,6	156	/
TH (F°)	143	0,9	52	/

2.5. Faciès chimiques des eaux

Selon Schoeller-Berkaloff, les eaux sont de qualité passable et de faciès chloruré sodique à dominance sulfaté. (fig. II.12)

- Chlorurées sodiques et potassiques pour l'eau brute et osmosée et ;
- Hyper chlorurée sodique pour l'eau de sortie.

Le faciès chimique des eaux brutes résulte de la nature gypseuse de la nappe. Pour l'eau osmosée, le changement de faciès chimique est dû à la nature des membranes qui retiennent les ions (Ca⁺², Mg⁺², Cl⁻, SO₄⁻² et Na⁺, K⁺) plus que les ions (HCO₃⁻ et CO₃⁻²). Les faciès sulfatés chlorures sodiques et calciques des eaux de sortie sont due lors de la javellisation.

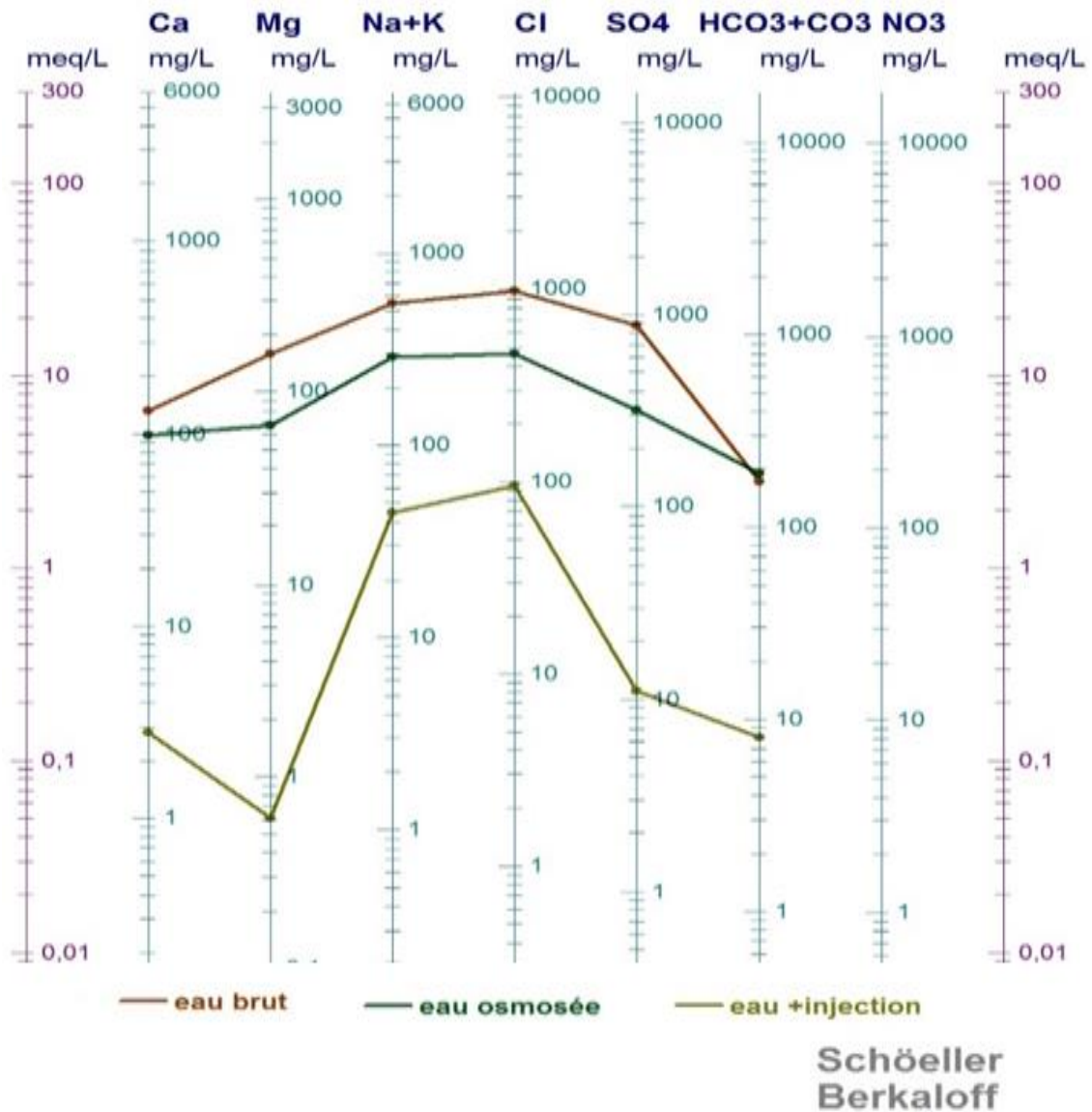


Figure II.12 : Classification des eaux selon Schoeller-Berkaloff

2.6. Potabilité des eaux

Nous examinerons dans cette partie la qualité chimique des eaux, en le comparant aux normes Algériennes de potabilité. Après déminéralisation l'eau devenue potable et de bonne qualité. (tab. II.3)

Tableau II.3 : Potabilité des eaux

Paramètre	pH	Cond (mS/cm)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Remarque
Norme Alg	6,5 – 8,5	2,5	200	150	250	15	600	400	Potable
Eau de sortie	7,8	1,7	0,95	0,61	42,5	2,5	95	11	Potable

2.7. Conclusion

Dans notre région, le procédé de dessalement utilisé est l'osmose inverse. A l'aide de ce procédé, on obtient une eau très déminéraliser et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse qu'il s'agit d'un fort taux de rétention pour tous les sels (70%).

Selon la classification de Piper et de Schoeller –Berkaloff, les eaux sont de faciès chloruré sodique et de qualité modérément douce à la sortie des stations ($7 > TH > 22$).



Chap. III.

EPURATION DES EAUX USEES

3.1. Introduction

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire, est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ».

Dans la ville de Ouargla, les eaux usées sont essentiellement d'origine domestique. Elles sont traitées par la station d'épuration de Saïd Otba.

3.2. Principaux types de pollution des eaux

- a. **La pollution physique :** C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau).
- b. **La pollution chimique :** Les produits chimiques qui polluent l'eau sont issus des engrais et des produits phytosanitaires qu'on utilise, comme les insecticides ou pesticides. Ces produits peuvent être charriés par les eaux de ruissellement et polluer les nappes phréatiques. Les engrais chimiques sont transportés dans les lacs et entraînent la dégradation de l'eau.
- c. **La pollution organique :** La pollution organique constitue la partie la plus importante et comprend essentiellement des composés biodégradables, les hydrocarbures et les détergents.
- d. **La pollution agricole :** L'utilisation excessive d'engrais chimiques et des pesticides pour l'agriculture et l'élevage apporte une présence d'azote et de phosphore en quantité excessive. Les pesticides constituent un problème majeur pour l'environnement.
- e. **La pollution microbiologique :** Se manifeste lors de l'existence de certains types de micro-organisme capables de se proliférer dans l'eau. Un grand nombre de micro-organisme peut proliférer dans l'eau, qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces micro-organismes.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons.

3.3. Origine des eaux entrant dans la station d'épuration Saïd Otba

- a. **Les eaux usées domestiques** : Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, des établissements et services résidentiels, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères ;
- b. **Les eaux ménagères** : Contiennent des matières en suspensions (terre, sable, déchets, Végétaux et animaux, matières grasses plus ou moins émulsionnées,...) et des matières dissout (sels minéraux et substances organiques déverses) (in Rahmani 2015).
- c. **Les eaux vannent** : Contiennent des matières minérales et constituent l'essentiel de la pollution. Elles se composent des eaux de cuisine, eaux de salle de bains et eaux de vannes (in Rahmani 2015) ;
- d. **Les eaux de drainage** urbain et agricole.

3.4. Présentation de la station d'épuration des eaux usées (STEP)

3.4.1. Situation géographique

La station d'épuration des eaux usées de Ouargla est située dans la région de Saïd Otba au Nord de la route RN 49. (fig. III.1)



Figure III.1 : Situation géographique de la STEP

3.4.2. Objectif de traitement des eaux usées

- Supprimer les nuisances et les risques de contamination au niveau des zones urbanisées ;
- Protéger le milieu récepteur ;
- Supprimer les risques de remontée des eaux ;
- Garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.

3.4.3. Mode de fonctionnement de la STEP

Cette station est de type lagunage aéré, la filière de traitement retenue est constituée de :

- Prétraitement ;
- Un premier étage de traitement par lagunage aéré ;

- Un second étage de traitement par lagunage aéré ;
- Un troisième étage de traitement par lagunage de finition et ;
- Lits de séchage des boues.

La station fonctionne sur la base des procédés de traitement biologique extensif par lagunage aéré. Elle est composée de six (6) bassins de traitement dans lesquelles la charge biodégradable de l'effluent est détruite par voie bactérienne. En aval des lagunes d'aération se situe deux lagunes de décantation, appelées aussi lagunes de finition, son rôle est de réduire à des teneurs très basses les polluants peu ou pas éliminés à fin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes volumineuses ou difficilement biodégradables, et aussi de limiter la fréquence de curage des lagunes.

Les eaux usées à traiter arriveront à la station d'épuration par l'intermédiaire de cinq stations de refoulement.

- **Refoulement 01** : conduite d'amenée des eaux usées DN 600 mm de la station de pompage nœud hydraulique de Chott ;
- **Refoulement 02** : conduite d'amenée des eaux usées DN 315 mm de la station de pompage Sidi Khouiled ;
- **Refoulement 03** : conduite d'amenée des eaux usées DN 400 mm de la nouvelle station de pompage Caserne/Hôpital ;
- **Refoulement 04** : conduite d'amenée des eaux usées DN 500 mm de la station de pompage Douane ;
- **Refoulement 05** : conduite d'amenée des eaux usées DN 700 mm de la station de pompage route N°Goussa.

Les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage. Un canal venturi est placé à la sortie des ouvrages de prétraitement en vue de mesurer le débit d'entrée.

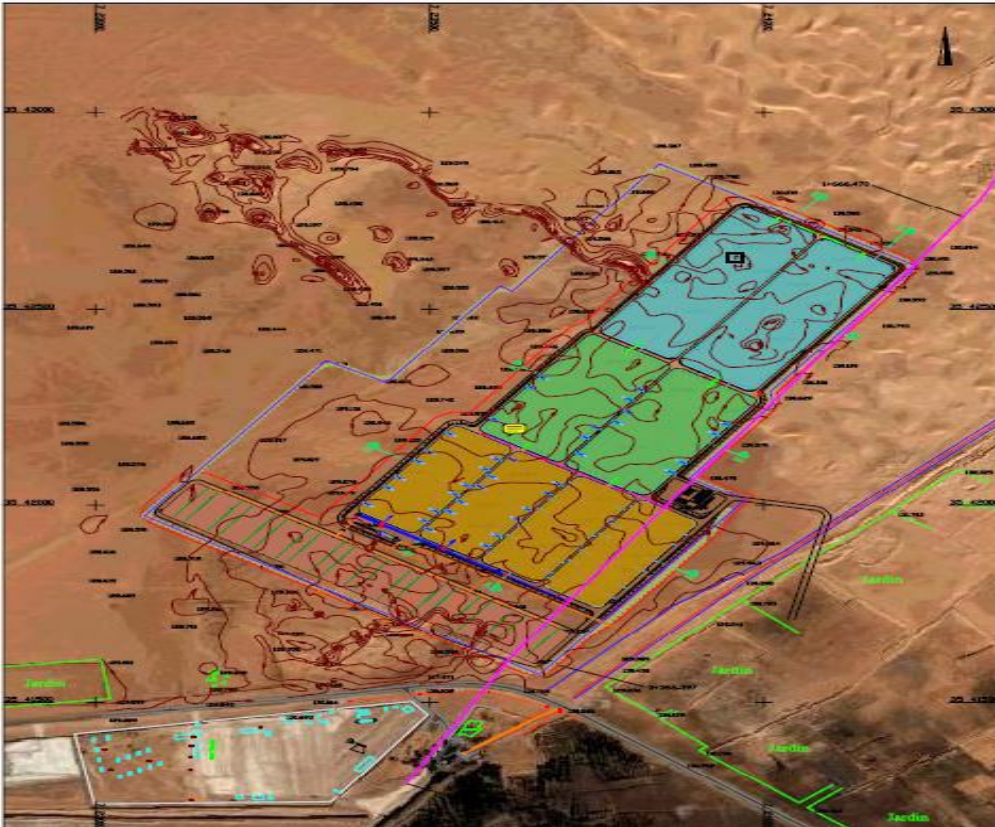


Figure III.2 : Schéma de la STEP



Figure III.3 : Entrée des eaux usées à la station (bassin de dégazage)

3.4.3.1. Le prétraitement

3.4.3.1.1. Dégriillage

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle. Un canal de secours équipé d'une grille

statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposé en parallèle permet de by-passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques (fig. III.4).

Les refus de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminés au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets (in Rahmani 2015).



Figure III.4 : Rétention mécanique des déchets

3.4.3.1.2. Dessablage

Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23 m de long. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chaque canal. Une pompe permet l'extraction des sables vers un classificateur à sable. Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonide. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'est pas équipée d'un système de déshuilage (ONA, 2011) (fig. III.5).



Figure III.5 : Technique de dessablage

3.4.3.2. Ouvrage de répartition

Il est disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage. Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques de 1,50 m de largeur, munis des obstacles pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service (in Rahmani, 2015) (fig. III.6).



Figure III.6 : Répartiteur vers les bassins d'aération

3.4.3.3. Traitement secondaire

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traiter subissent un traitement par le système de lagunage aéré. Cette étape est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

3.4.3.3.1. Lagunes d'aération

Les bassins d'aération (fig. III.7) sont revêtus de géomembrane bitumineuse de type PHD (Polyéthylène Haute Densité). Cette géomembrane est constituée par un liant bitumineux qui vient imprégner à cœur et surfacer un géotextile non tissé polyester. Le géotextile confère à la géomembrane ses propriétés mécaniques et le liant l'étanchéité (ONA, 2011).

a. Lagunes d'aération (1^{er} étage)

Les effluents sont répartis entre quatre (04) lagunes grâce à un répartiteur. Dans l'étage d'aération, l'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface (fig. III.8).

Cette aération mécanique favorise le développement des bactéries qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments. Le temps de séjour minimal dans les lagunes d'aération du premier étage est supérieur ou égal à 5 jours. La canalisation gravitaire de liaison (fabriquée en béton) entre l'ouvrage de répartition et les lagunes du premier étage, ainsi que la liaison entre deux lagunes d'étages différents est revêtue d'une géomembrane du même type PHD afin de faciliter la soudure et d'éviter les infiltrations et donc les affaissements. Actuellement, il n'y a que deux lagunes qui fonctionnent au niveau de cet étage (ONA, 2011).



Figure III.7 : Lagune aérée



Figure III.8 : Aérateur

b. Lagunes d'aération (2^{ème} étage)

Au deuxième étage, le nombre d'aérateurs et de bassins est inférieur au premier. Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées de 1^{er}

étage vers les lagunes aérées de deux étages (lagunes de décantation) (fig. III.9 ; III.10). Actuellement il n'y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage.

Les lagunes de deux étages doivent être régulièrement curées afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les dépôts des boues (ONA, 2011).

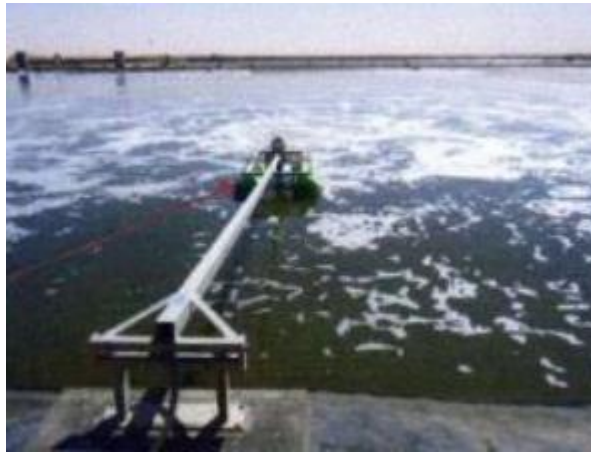


Figure III.9 : Lagune d'aération



Figure III.10 : Aérateur

3.4.3.4. Traitement complémentaire (Lagune de finition)

Les eaux sortant des lagunes aérées du 2^{ème} étage sont dirigées vers les deux lagunes de finition (fig. III.11). C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique, cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées). Actuellement ; il n'y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage. En entrée et sortie, un

canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits (ONA, 2011).

Les eaux épurées sont évacuées gravitairement vers Sebket Sefioune située à environ 40 km au Nord (fig. III.12).



Figure III.11 : Bassin de finition



Figure III.12 : Sortie des eaux épurées

3.5. Analyses physico-chimiques

Dans toutes stations d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination du pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

Dans cette étude nous essayons de suivre les paramétrées suivant : T °C, pH, CE, Salinité, DBO₅, DCO, O₂, MES, NO₂⁻, NO₃⁻ et PO₄⁻³.

Les prélèvements ont été réalisés au niveau des ouvrages de prétraitement (à l'entrée de la STEP) et à la sortie (bassin de finition).

L'analyse des paramètres physico-chimique a été faite au laboratoire de la STEP.

3.5.1. Matériel et méthodes

3.5.1.1. Matières en suspension (MES)

Le but d'analyse est de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau usée.

3.5.1.1.1. Principe

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée (fig. III.13 ; III.14).



Figure III.13 : Dispositif de filtration sous vide

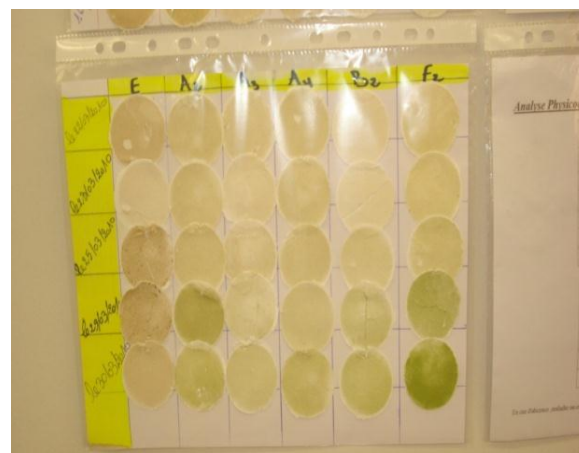


Figure III.14 : Matière en suspension

3.5.1.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La DCO nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de la DBO₅. (tab. III.1)

Tableau III.1 : Volume d'échantillon en fonction de la DCO

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0 - 40	432	1
Faible	0 - 80	365	2
Moyenne	0 - 200	250	5
Plus que moyenne	0 - 400	164	10
Un peu chargée	0 - 800	97	20
Chargée	0 - 2000	43.5	50
Très chargée	0 - 4000	22.7	100

3.5.1.2.1. Principe

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_2), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

3.5.1.2.2. Réactif

- Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations (fig. III. 17).



Figure III.15 : Spectrophotomètre



Figure III.16 : Réacteur DCO



Figure III.17 : Réactifs DCO

3.5.1.3. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)

3.5.1.3.1. Principe

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostat est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP. (fig. III.18)

$$DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur}$$



Figure III.18 : DBO-mètre

3.5.1.4. La Conductivité Electrique et la température

3.5.1.4.1. Principe

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du Conductimètre de poche de type (Conductimètre 3 m câble TetraCon325-3 avec sonde de température intégrée).

3.5.1.4.2. Appareillage

- Conductimètre de poche (Conductimètre 3 m câble TetraCon325-3 avec sonde de température intégrée) ; (fig. III.19)
- Pissette à eau déminéralisé ;
- Solution KCl (3 mol/l) pour calibrage.

3.5.1.4.3. Procédure

- Vérifier le calibrage de l'appareil ;
- Faire plonger l'électrode dans la solution a analysée ;
- Lire la CE et la température ;

- Rincer bien l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.



Figure III.19 : Conductimètre

3.5.1.5. Le pH

La mesure de pH a été effectuée directement par un PH mètre type WTW 340 I /Set, portatif et Electrode Sen Tix 41-3. (fig. III.20)



Figure III.20 : PH-mètre

3.5.1.6. L'oxygène dissous

3.5.1.6.1. Principe

La concentration réelle en oxygène dépend de la température, de la pression de l'air et de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques.

La détermination de la concentration en oxygène des eaux a été faite à l'aide d'un oxymètre de poche Oxi. 340i. (fig. III.21)



Figure III.21 : Oxymètre

3.5.2. Résultats et discussions

3.5.2.1. La température des eaux

Les valeurs journalières de la température présentent une moyenne de 25,37°C. Elles varient :

- Entre 28 et 20 °C pour les eaux brutes et ;
- Entre 24 et 15 °C pour les eaux traitées (fig. III.22).

Cette valeur est inférieure à la norme de rejet fixée par l'OMS appliqué en Algérie (30 C°).

La diminution de la température des eaux traitées par rapport à ceux des eaux brutes, peut être expliquée par l'effet de brassage exercé par les aérateurs mécaniques et les mouvements des eaux dans les bassins et entre les étages.

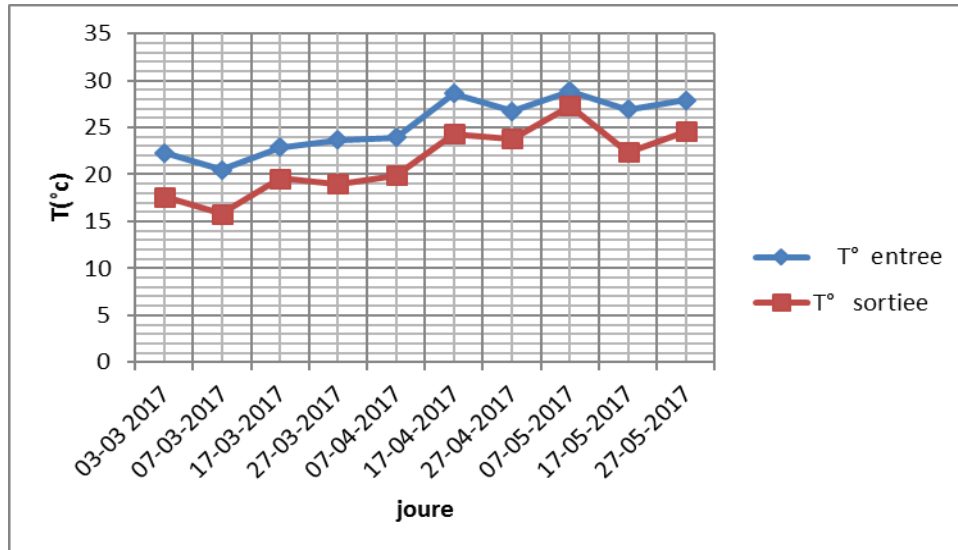


Figure III.22 : Variation de température des eaux usées brutes et traitées

3.5.2.2. Le pH des eaux

Les valeurs mesurées du pH sont variées entre 7,2 et 7,8 pour les eaux brutes et entre 7,2 et 8,3 pour les eaux traitées (fig. III.23). Ces valeurs sont conformes aux critères de rejet de l'OMS appliqués en Algérie (6,5 à 8.5).

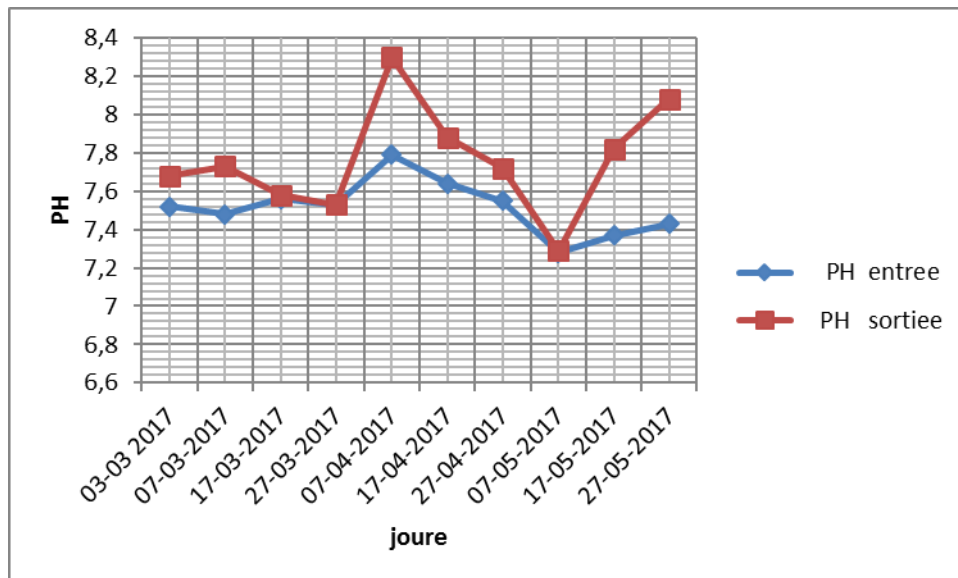


Figure III.23 : Variation de pH des eaux usées brutes et traitées

3.5.2.3. La Conductivité électrique des eaux

Les valeurs mesurées de la Conductivité sont variées entre 23000 et 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux brutes et autour de 12000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux traitées (fig. III.24). A la sortie on constate une stabilisation de la conductivité suite au traitement.

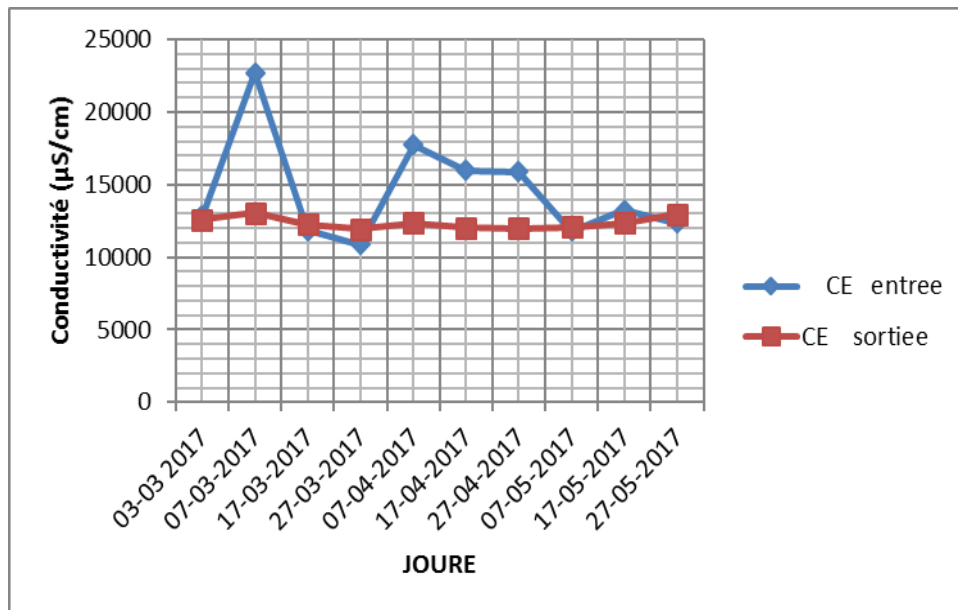


Figure III.24 : Variation de la conductivité des eaux usées brutes et traitées

3.5.2.4. La salinité des eaux

Les résultats montrent que les valeurs journalières sont variés de 6 à 14 g/l dans les eaux brutes et autour de 7 g/l pour les eaux traitées (fig. III.25). Cette dernière est due principalement à la précipitation des sels dissous au fond du bassin.

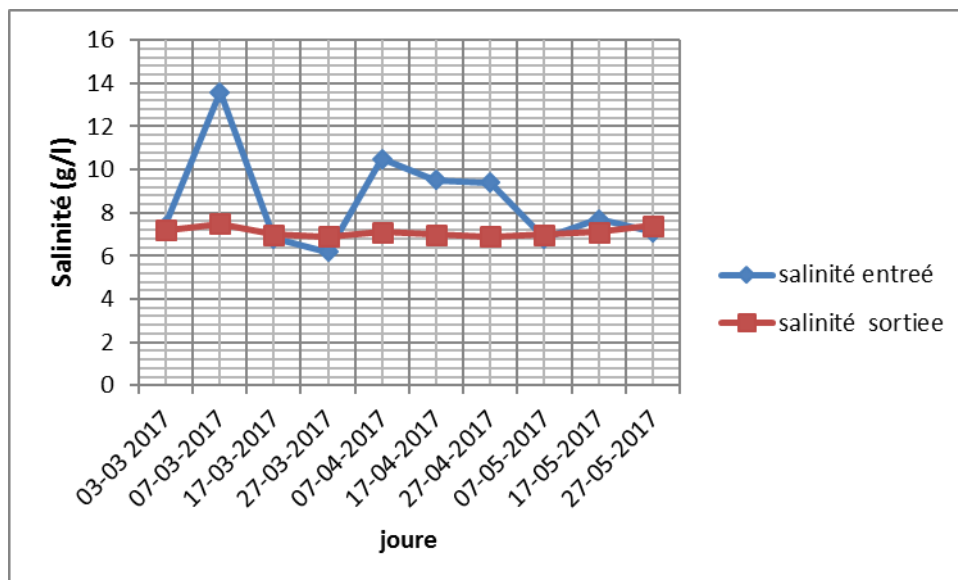


Figure III.25 : Variation de la salinité des eaux usées brutes et traitées

3.5.2.5. L'oxygène dissous

Comme le montre la figure (III.26), les valeurs d'oxygène dissous sont généralement élevées à la sortie par rapport à l'entrée. Elles sont autour de 4,3 mg/l pour les eaux traitées contre 1 mg/l pour les eaux brutes. Cette différence est expliquée par la présence de ventilation artificielle et la photosynthèse d'algues dans les bassins de ventilation.

La valeur moyenne obtenue (4,32 mg/l) pour l'eau traitée est inférieure aux critères de rejet de l'OMS (5 mg/l).

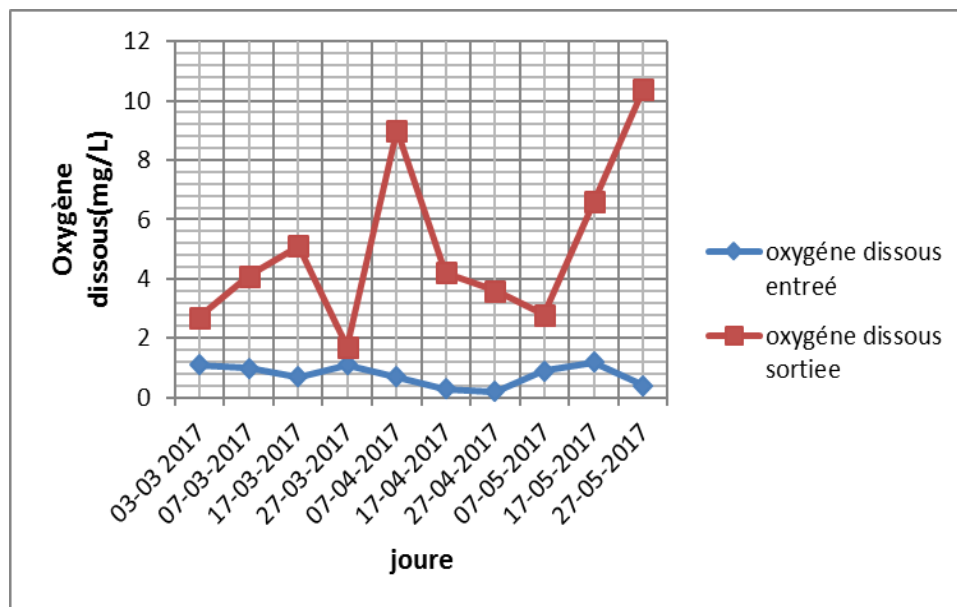


Figure III.26 : Variation de l'Oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées

3.5.2.6. La DCO

Les valeurs de la DCO des eaux brutes varient entre 234 et 482 mg/l. En revanche, les valeurs des eaux traitées varient entre 84,8 et 118 mg/l (fig. III.27).

Par rapport à la norme de l'OMS appliquée en Algérie (25 mg/l), la DCO de l'eau brute et traitée est très élevée.

Les figures (III.28) et (III.29) ci-dessous, présentent la variation mensuelle de la DCO dans les eaux brutes et traitées et par conséquent le rendement de la DCO au cours de l'épuration.

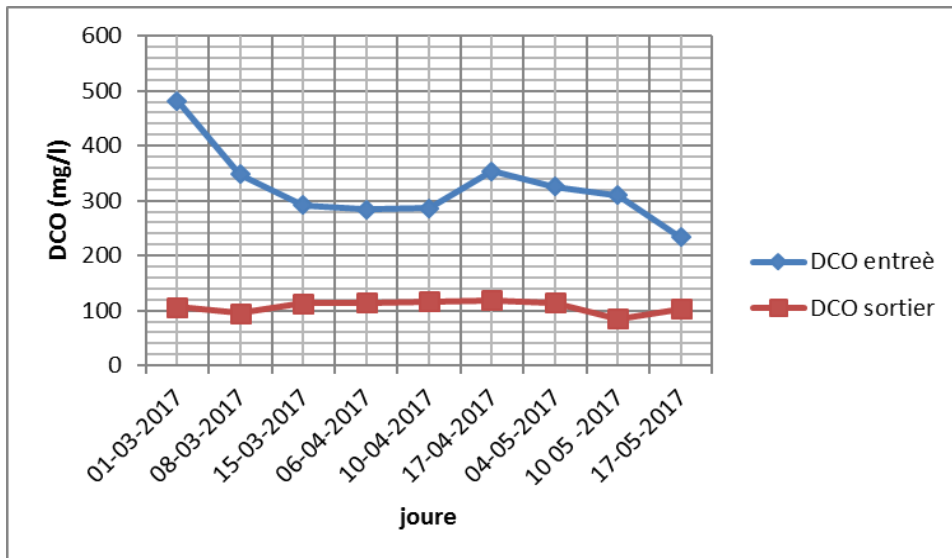


Figure III.27 : Variation de la DCO des eaux usées brutes et traitées

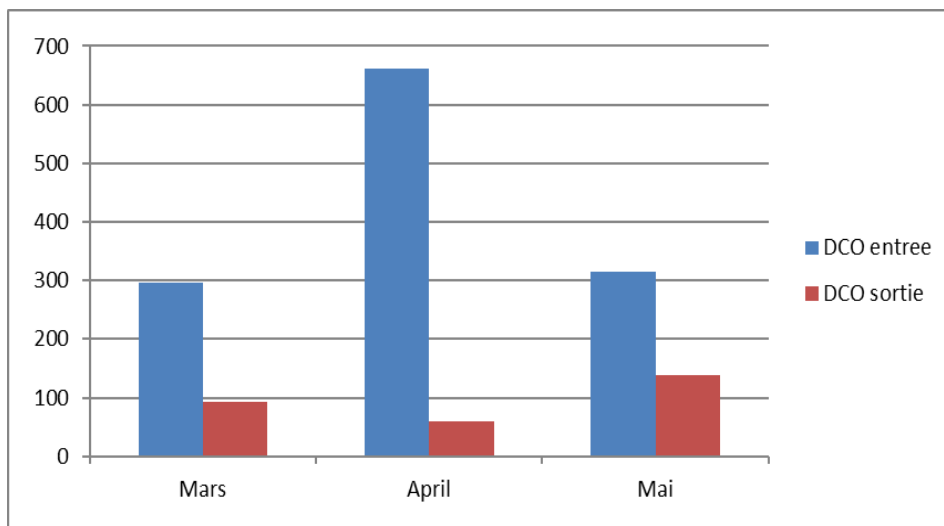


Figure III.28 : Variation mensuelle de la DCO des eaux brutes et traitées

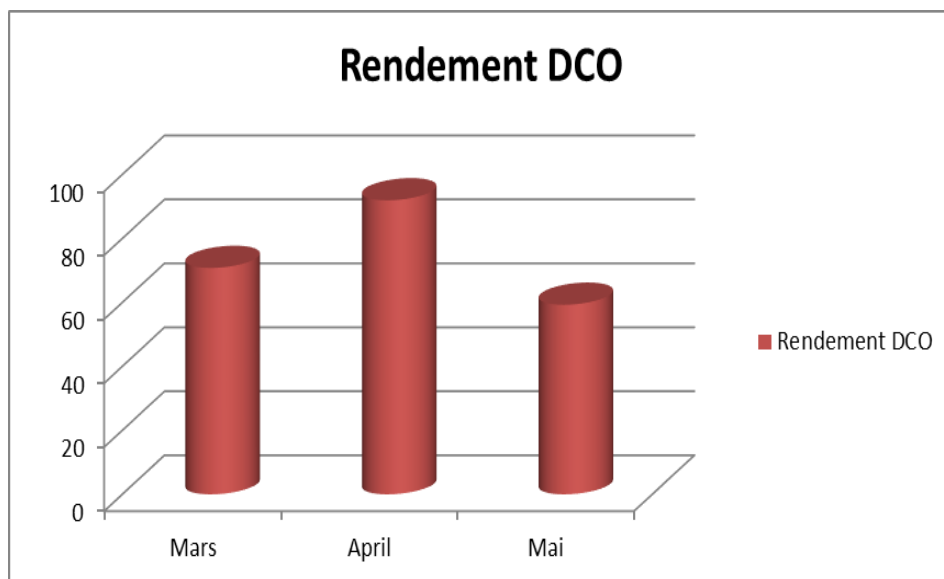


Figure III.29 : Variation mensuelle des rendements DCO

3.5.2.7. La DBO₅

La DBO₅ indique la quantité d’oxygène utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques.

La valeur moyenne trouvée est de l’ordre de 113 mg/l dans les eaux brutes contre 33 mg/l dans les eaux traitées. Cette dernière est supérieure à la norme de l’OMS appliquée en Algérie (3 mg/l) (fig. III.30).

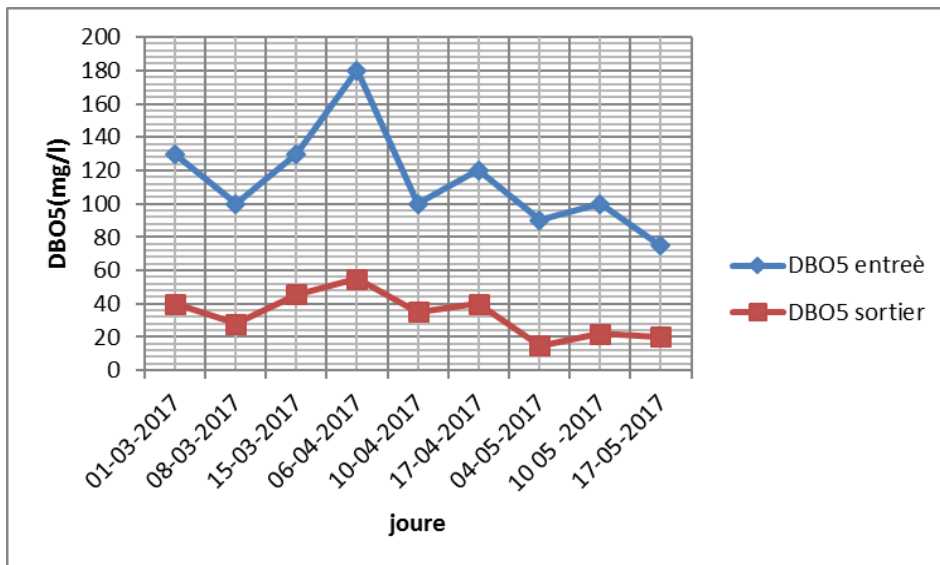


Figure III.30 : Variation de la DBO₅ des eaux usées brutes et traitées

La figure (III.31) présente les valeurs mensuelles de la DBO₅. La moyenne de l’eau brute du mois d’Avril est très élevée par rapport aux autres mois, cette variation est en relation avec la charge en matières organiques biodégradables, ainsi qu’avec leur richesse en micro-organismes.

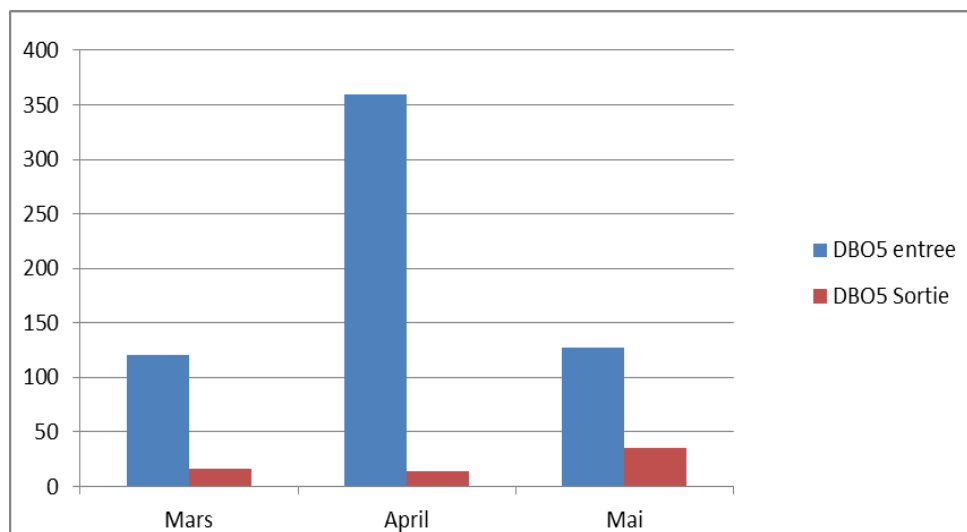


Figure III.31 : Variation mensuelle de la DB05 des eaux brutes et traitées

Les valeurs du rendement de la DBO_5 (fig. III.32) varient d'un mois à l'autre où elles atteignent leur maximum au mois d'Avril 97 %. Nous pouvons déduire qu'au-delà du mois d'Avril, l'effet de l'augmentation de la température influe négativement sur le rendement de la DBO_5 .

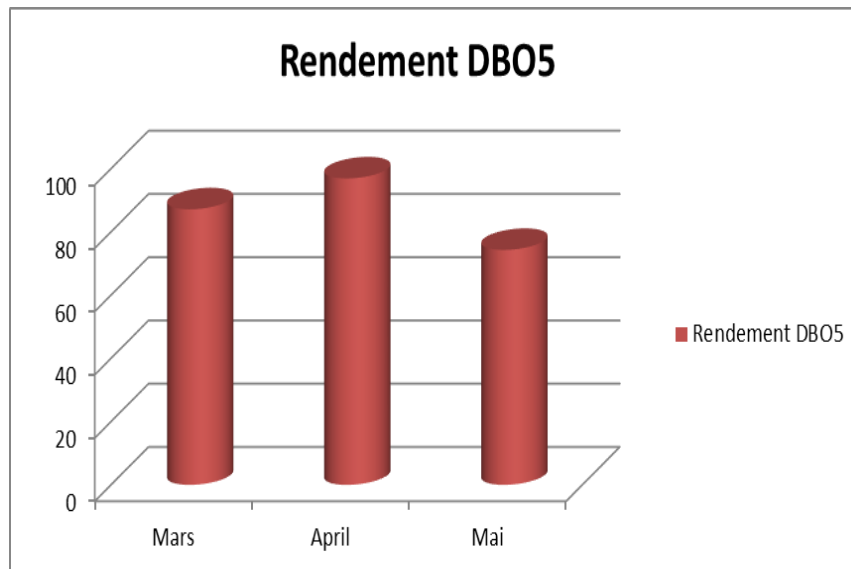


Figure III.32 : Variation mensuelle du rendement de la DBO_5

3.5.2.8. Le rapport DCO/ DBO_5

Les valeurs des rapports sont variées de 2 à 7,6 (fig. III.33). La diminution de la DCO à la sortie de la station s'interprète par la dégradation de la matière organique.

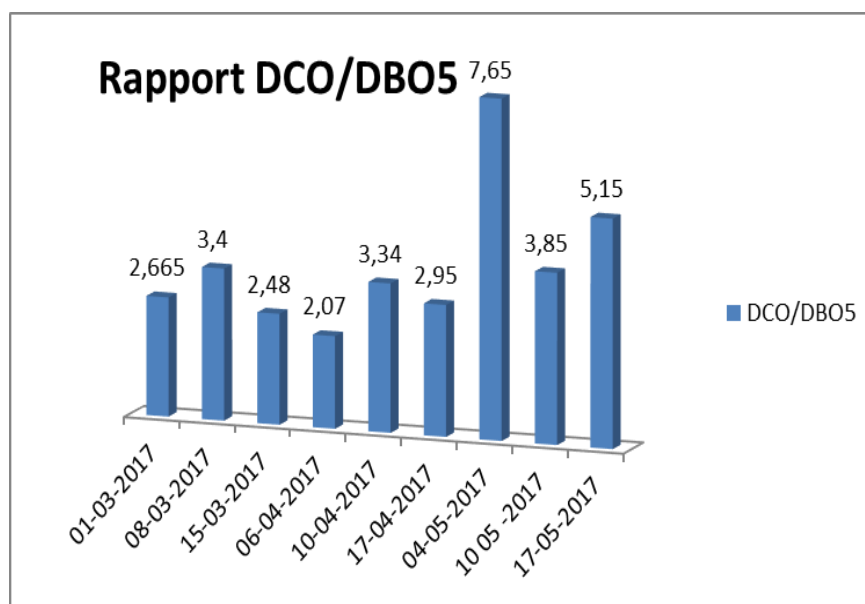


Figure III.33 : Variation des rapports DCO/ DBO_5

3.5.2.9. La matière en suspension (MES)

Les MES représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière mettant en péril la photosynthèse et par la suite l'auto épuration).

Les valeurs de MES sont varié de 50 à 280 mg/l pour les eaux brutes et de 35 à 160 mg/l pour les eaux traitées (fig. III.34). A la sortie, la valeur moyenne est de l'ordre de 82 mg/l. Cette valeur est supérieure à la norme de rejet de l'OMS appliquée en Algérie (3 mg/l).

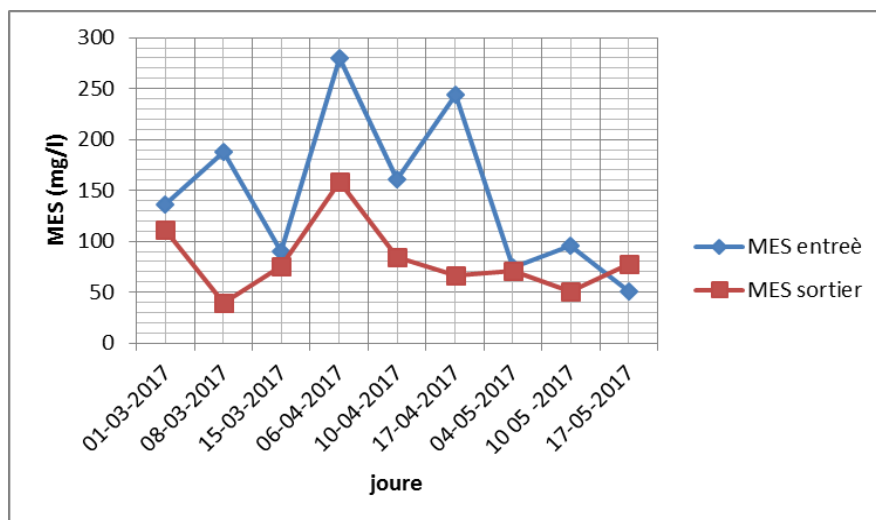


Figure III.34 : Variation de MES des eaux usées brutes et traitées

La figure (III.35) montre les valeurs mensuelles de MES dans l'eau brute et dans l'eau traitée.

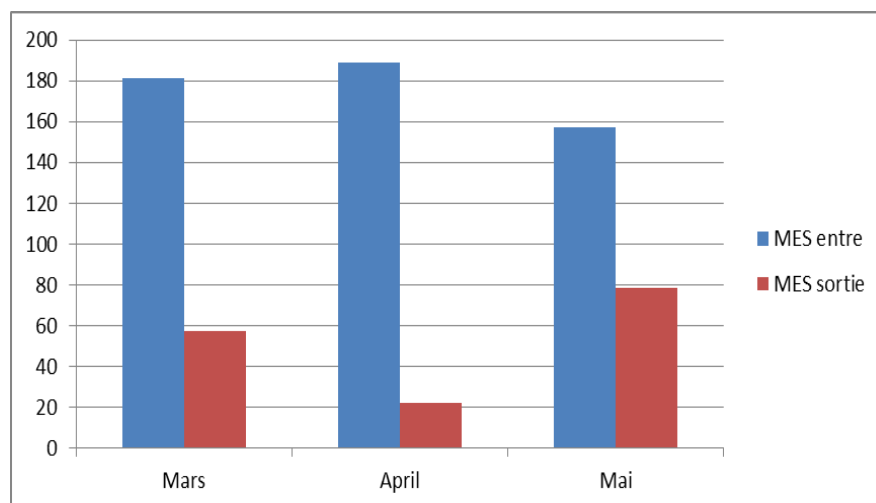


Figure III.35 : Variation mensuelle de la MES des eaux usées brutes et traitées

La variation des rendements mensuelles (fig. III.36) est fonction de certains facteurs (la charge organiques des effluents, climat, saison... etc.). Le rendement moyen total obtenu est de l'ordre de 71,18 %.

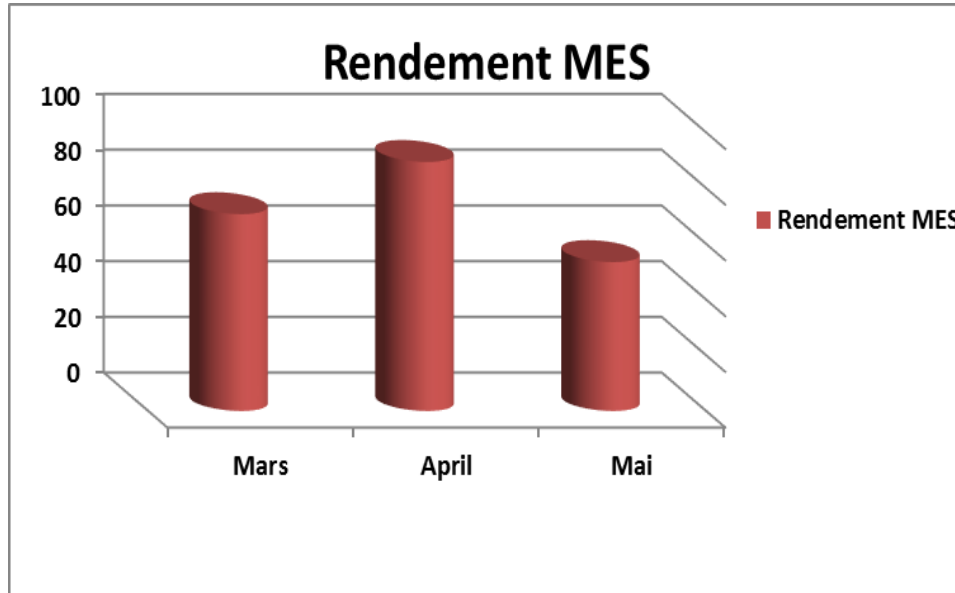


Figure III.36 : Variation mensuelle des rendements de MES

3.5.2.10. L'ammonium (NH_4)

Les teneurs en ammonium sont variés de 25 à 31 mg/l pour les eaux brutes et de 27 à 30 mg/l pour les eaux traitées (fig. III.37). Ces teneurs élevées sont caractéristiques des eaux résiduaires urbaines et ne répondent pas aux normes de rejet Algériennes (20 mg/l).

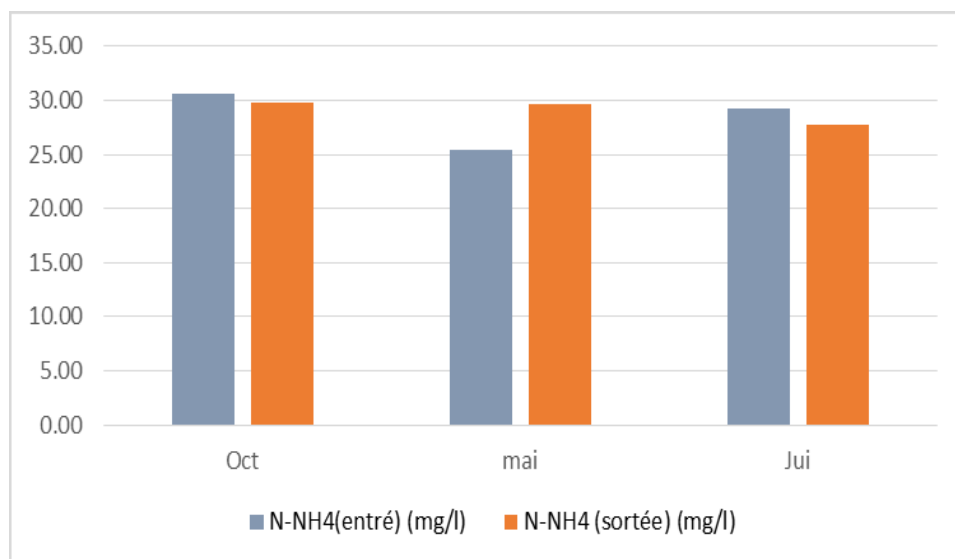


Figure III.37 : Variation de l'ammonium dans les eaux usées brutes et traitées

3.5.2.11. Le nitrite (NO_2)

Les teneurs sont variés de 0,06 à 0,14 mg/l pour les eaux brutes et de 0,05 à 0,1 mg/l pour les eaux traitées (fig. III.38).

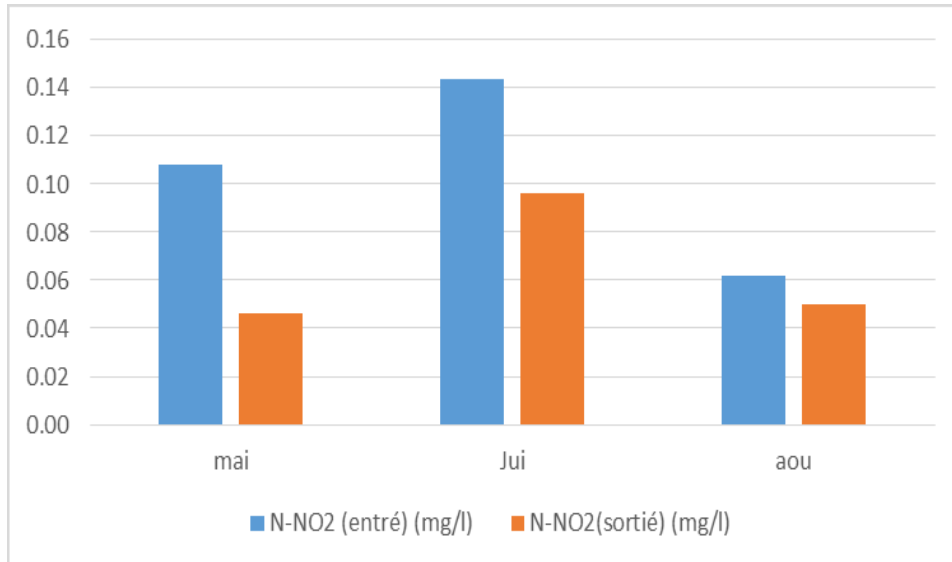


Figure III.38 : Variation de nitrite dans les eaux usées brutes et traitées

3.5.2.12. Le nitrate (NO_3)

Les teneurs sont variés de 0,18 à 0,22 mg/l pour les eaux brutes et de 0,04 à 0,15 mg/l pour les eaux traitées (fig. III.39).

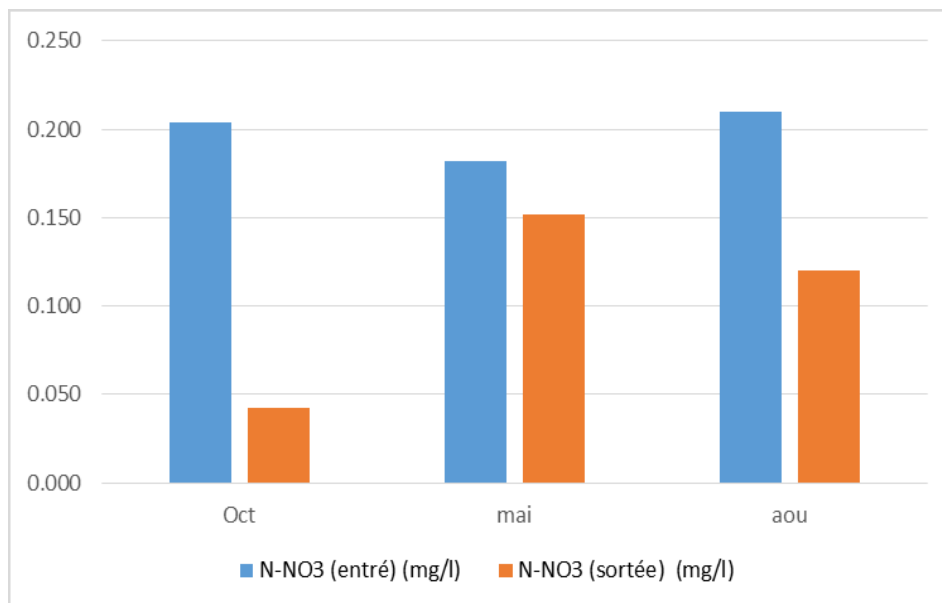


Figure III.39 : Variation de nitrate dans les eaux usées brutes et traitées

3.5.2.13. Le phosphore total (Pt)

Les teneurs sont variées de 3 à 4,5 mg/l pour les eaux brutes et de 2,6 à 2,8 mg/l pour les eaux traitées (fig. III.40). Ces valeurs dépassent les normes de rejet de l'OMS (0,03 mg/l).

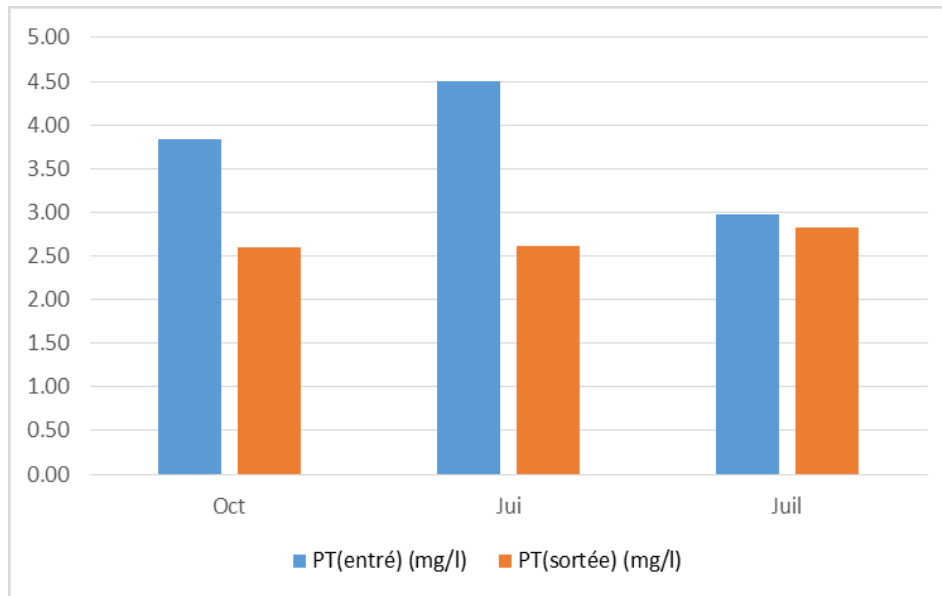


Figure III.40 : Variation de phosphore total dans les eaux usées brutes et traitées

3.6. Conclusion

Selon les résultats obtenus, nous distinguons une grande différence entre les valeurs de pollution des eaux traitées et celles des eaux brutes, ceci dénote que le procédé de lagunage aéré est très utile pour l'épuration des eaux usées. Des abattements de 74 % pour la DCO, de 86,11 % pour la DBO₅ et de 62 % pour les MES, sont observés.



CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les eaux dans la région de Ouargla sont légèrement saumâtre, dure et de qualité mauvaise. Cette situation oblige les autorités de penser au procédé de déminéralisation pour les eaux destinées à la consommation humaine (AEP) et d'épuration pour les eaux usées avant de les rejeter dans les milieux récepteurs.

Le procédé de déminéralisation utilisé, aujourd'hui dans la ville de Ouargla, est l'osmose inverse. A l'aide de ce procédé, on obtient une eau très déminéralisée et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse qu'il s'agit d'un fort taux de rétention pour tous les sels. Pour cela, une reminéralisation est indispensable pour obtenir une eau répond aux normes de potabilités (OMS).

Concernant l'épuration des eaux usées, le procédé de traitement utilisé dans la STEP de Saïd Otba est de type lagunage aéré.

Les résultats physicochimiques et bactériologiques obtenus ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la STEP de Saïd présentent une pollution organique, azotée et bactériologique assez élevée. L'épuration de ces eaux dans la STEP permet une bonne élimination de la DCO (eaux brutes = 358 mg/l ; eaux traitées = 107 mg/l), DBO₅ (eaux brutes = 114 mg/l ; eaux traitées = 54 mg/l), mais les teneurs en MES (eaux brutes = 165 mg/l ; eaux traitées = 45,5 mg/l) et en composés azotés, semblent augmenter à la sortie de cette station sous l'effet de la prolifération des algues.

Le lagunage aéré apparaît comme une technique performante dans le traitement des eaux usées sous le climat saharien, comme celui de la région de Ouargla.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

ADE-Ouargla 2010 : Fiche technique du projet « Etude, réalisation, exploitation et assistance pour la maintenance de (09) neuf stations de déminéralisation d'eau à Ouargla ».

ATALLAH A, 2014 : « procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de honaine ». Mémoire magister en agronomiques. Univ, Tlemcen.

BELGAID Dalila 2015 : Etude comparative sur le vieillissement de membranes d'osmose inverse exploitées sur sites industriels. . Mémoire magister en Génie des procédés. Univ, Chélif.

BELLAOUEUR A, 2008 : étude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives ». Mémoire magister en hydrogéologie. Univ, Batna. Algérie.

BENAISSA 2013 : « Etude sur le procédé d'osmose inverse pour le dessalement des eaux faiblement saumâtres ». Mémoire master en hydraulique. Univ, Ouargla.

BEN ALI T& SOUALAH B. 2014 : Etude géologique et sédimentologie des gara Mio-pliocène de l'Est de Oued M'y (Ouargla) Mémoire Ing. en géologie de l'ingénieur. Univ, Ouargla.

BENMOUAFFEKI D. 2011 : Etude de la variabilité spatio-temporelle de la salinité en milieux sableux. Cas de la palmeraie de l'Université de Ouargla. Mémoire Ing. en Agronomie saharienne de l'ingénieur. Univ, Ouargla.

BEN SAADIA ET GHEBBACHE, 2014 : « Etude qualitative des eaux de forages d'AEP de la vallée d'Oued Righ : Variation des teneurs en Fluorure en fonction de la piézométrie ». Mémoire magister en hydraulique. Univ, Ouargla.

DAHOU A et BREK A, 2013 : lagunage aère en zone aride performance épuratoire cas de (région d'Ouargla) Mémoire master génie de l'environnement. Univ, Ouargla.

DJIDEL M, 2008 : La pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla, Mémoire de doctorat en Hydrogéologie, université Baji Mokhtar, Annaba.

GUERD H& MESGHOUNI A, 2007 : Performance de la station de dessalement des eaux dans la région de l'El-Oued. Mémoire mestre en Biologie. Univ, Ouargla.

HOUGA A& SOLTANA A, 2014 : Contribution à la valorisation des potentiels locaux en granulats de la région d'Ouargla par les méthodes géotechniques. Mémoire Ing. en géologie de l'ingénieur. Univ, Ouargla.

MAAMRI D & LOUAZEN A, 2013 : qualité des eaux des aquifères cuvettes d'Ouargla. Mémoire Ing. Univ. Ouargla.

MELLAL 2011 : «Contribution à l'étude d'une station de dessalement par osmose inverse cas de la station de Ain béniane, Alger ». Mémoire magister en agronomiques. Univ, Annaba.

MEZANE S, 2014 : « Défluoruration des eaux potables de la ville de Ouargla par précipitation et osmose inverse ». Mémoire Ing. Hydraulique Univ. Ouargla.

RAHMANI A. 2015 : Epuration des eaux usées de la région de N'Goussa (Ouargla) par des végétaux performances épuratoire Mémoire master génie de l'environnement.

UNESCO. 1972 : Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional, Rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris.

ZARROUKI A, 2013 : gestion des ressources en eau dans la cuvette d'Ouargla. Mémoire master en hydrogéologie. Univ, Ouargla.