

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
Département de Génie Civil et d'Hydraulique**

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Hydraulique

Spécialité : Traitement, Epuration et Gestion des eaux.

Thème

**Dimensionnement d'une station de
déminéralisation à la Daira de N'goussa
(W. Ouargla) par L'osmose inverse .**

Présenté par :

Bennai halima

Bennai ferdaous

Soumis au jury composé de :

BOUZIANE LAMYA

Grade MCB

Présidente

BAOUIA KAIS

Grade MCB

Examineur

BELMABEDI AMEL

Grade MAA

Promotrice

SEDDIKI AMOR

Grade Doctorant

Co-Promoteur

Année Universitaire: 2021/2022



Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos remerciements généraux à tous les professeurs travaillant dans le département de génie civil et hydraulique, puis nous voudrions mentionner notre professeur BELMABEDI.A pour son acceptation d'encadrer ce travail avec soutien, conseils et disponibilité au quotidien, et c'est un plaisir de travailler avec elle. Merci pour votre douceur et votre gentillesse, ainsi que le professeur

SEDDIKI.A

qui nous a donné le stock de connaissances disponible. Merci pour votre générosité et votre bienveillance, et sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté de revoir ce modeste ouvrage. Je tiens également à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Que Dieu le tout-puissant nous aide à mener à bien ce travail. Il a un premier et un dernier

remerciement.

Habima, ferdaous



Dédicace

*A celui qui a planté en moi la passion, volonté,
amour et tendresse*

*Et la persévérance est la chose la plus précieuse
qui existe, ma chère mère*

*A celui qui a passé sa vie sous ma garde
mon éducation, mon cher père*

A mon bien-aimés tous mes frères et sœurs

*A mon cher mari et à mes filles, mon amour et à la famille de mon
cher mari*

*A tous ceux qui m'ont appris une lettre,
m'ont appris un mot et m'ont fait comprendre une idée*

*Alors sois bien informé avec moi, et amène-moi
dans la civilisation avec ça A tout les amis*

A tous ceux qui me connaissent

Halima, ferdaous

Sommaire

Remercîment	I
Dedicase	II
Sommaire	III
liste des Tableaux	VI
Liste des Figures	VII
Introduction	2
Chapitre I Présentation De La Région D'étude	
I.1. INTRODUCTION	5
I .2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	5
I .3. PRESENTATION DE LA DAIRAN'GOUSSA	6
I .3.1.Situation géographique	6
I .3.2.Propriétés de la zone	7
I .4.SITUATION DEMOGRAPHIQUE	7
I .4.1.Le nombre d'habitants	7
I .5.GEOLOGIE	8
I .5.1.Généralités sur la géologie du Sahara	8
I .5.2.Géologie du Sahara septentrional	9
I .6. LA MORPHOLOGIE DE LA ZONE	9
I .7.TOPOGRAPHIE ET RESEAU HYDROPHIQUE	10
I .8.LES AQUIFERES DANS LA REGION	10
I .8.1.Le Continentale Intercalaire (CI)	11
I.8.2. Le Complexe Terminal (CT)	12
I .9.CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE	13
I.9.1.Température	13
I .9.2.Précipitations	13
I .9.3.L'évaporation	14
I .9.4.L'humidité de l'air	14
I .9.5.Vitesse de vent	14
I .9.6.Durée dissolution	15
I.10.Qualité des eaux de la daïra de N'GUOSSA	15
CONCLUSION	15
Chapitre II Qualité des eaux potable	
II.1.INTRODUCTION	17
II.2 .GENERALITES	17
II.2. 1.Définition de l'eau	17
II.2.2.Quantités nécessaire	18
II.2.3.Pour quoi traiter	18
II.2.4.Critères de choix	18

II .3.ORIGINE DES EAUX POTABLES	19
II .4. LES EAUX SOUTERRAINES	19
II .4.1.Généralités	19
II .4.2.Les problèmes de l'eau souterraine dans la région	
II.5. LES CRITÈRES DE POTABILITÉ DE L'EAU	21
II .6.TYPES DE POLLUANTS DE L'EAU POTABLE	21
II.7.CARACTERISTIQUES DES EAUX POTABLES	22
II.7.1. Caractéristiques organoleptiques	22
II .7.2.Propriétés physico-chimique	22
II .7.2.Propriétés bactériologiques	27
II .7.3.Normes de potabilité	27
II .7.4.spécification et utilisation de L'eau potable	28
II .7.5.Économies d'eau potable	28
II .7.6.Conclusion	29

Chapitre III Différentes Méthode D'adoucissement

III.1.INTRODUCTION	31
III.2. LES CAUSES DE L'ENTARTRAGE	31
III .3.DEFINITION DES OBJECTIFS DU TRAITEMENT	31
III .4.FICHE D'ANALYSE DES EAUX DE FORAGE (ADE unité d'Ouargla) :	31
III .5.TECHNIQUESD'ADOUCCISSEMENT	32
III .5.1.L'échangeur d'ions	32
III .5.1.1.Principe de l'échange d'ions	32
III .5.2.Décarbonatations à la chaux	33
III .5.3.L'osmose inverse	34
III .5.3.1.Module d'Osmose Inverse	34
III .5.4.Décarbonatation au carbonate de sodium (Na_2CO_3)	36
III .6. TYPESD'ADOUCCISSEUR D'EAU	37
III.6.1. Adoucisseur d'eau au CO_2	37
III .6.2. Adoucisseur d'eau sans électricité	37
III .6.3.Adoucisseur d'eau industriel	38
III.7. LA DURETE DU L'EAU	39
III .8. CONSEQUENCES DE LA DURETE	39
III .9 :APPAREILLAGESD'ANALYSE :	40
III .9.1.L'entartrage et ses conséquences :	40
III.10. CONCLUSION:	40

Chapitre IV Dimensionnement De La Station Adoucissement

IV .1. INTROUCTION :	42
IV .2. LIEU D'IMPLANTATION DE LA STATION :	42
IV .3. EVALUATION DES DEBITE D'EAUPOTABLE :	42
IV.3.1 - Estimation de la population :	42
IV.3.2 Calcul des débits de consommation	42
IV .4.Dimensionnement de la station de déminéralisation :	43
IV .4.1.Prétraitement	43
IV.4.1.1. Filtre à sable	43
IV.4.1.2.Microfiltration	45

IV.4.1.3. Osmose inverse	46
IV.4.1.4. Reminéralisations	66
IV.5.CONCLUSION :	67
Chapitre V Etude Technico Economiques Et Gestion De La Station	
V.1. Introduction	69
V .2. Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)	69
V.3. Prix de l'équipement de l'osmoseur	70
V .4.Charges annuelles d'exploitation (A)	70
V.5. Coût d'investissement indirect	70
V .6.Charge de main-d'œuvre	71
V.7. Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station	71
V.8. Coût de l'énergie électrique	73
V.9. Calcul du prix du m ³ d'eau produite par osmose inverse	74
V .9.1.Calcul du coût de production Coût _{TP}	74
V .9.2.Charges annuelles d'exploitation	74
V .10.Prix de vente P _v	75
V .11.Gestion	75
V .11.1Surveillance des stations	75
V .11.1.1 Prévention du colmatage	75
V .11.1.2.Maintenance des filtres à sable	76
V .11.1.3.Maintenance des osmoseurs	76
V .11.1.4.Suivi des performances	76
V .11.1.5 Paramètres à enregistrer	76
V .11.2. Nettoyage des membranes	78
V .11.3.Rejets du procédé	78
V .11.4.Apport d'un suivi à long terme	79
V .11.5.Hygiène et sécurité	79
V .12.Conclusion	79
Conclusion générale	81
Recommandations	81
Annexes	

Liste des tableaux :

Tableau I. 1.tableau des variations extrêmes de température au cours des mois de l'année .	13
Tableau I. 2.tableau des précipitations.	13
Tableau I. 3.Evaporation moyenne mensuelle en (mm) ANRH.	14
Tableau I.4: Humidité moyenne mensuelle (station de Ouargla).	14
Tableau II .01 : Qualité d'eau en fonction de sa dureté.	23
Tableau II. 02. Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (source ADE).	27
Tableau IV. 1 :Caractéristiques de cartouche.	46
Tableau IV. 02.:Caractéristiques initial de membrane	46
Tableau IV.03.Caractéristiques des eaux brutes (source ADE 2022)	52
Tableau IV.04 .:Molalité en mol/1000.gr d'eau.	52
Tableau IV .05 :Caractéristiques des eaux brutes (source ADE 2022)	53
Tableau IV.06 :Molalité en mol/1000.gr d'eau	53
Tableau IV.07 :Calcule la molalité des Concentration moyenne	54
Tableau IV. 08 :Le calcul de l'étage 2 résumé dans le tableau suivant	58
Tableau IV.09 :Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions	60
Tableau IV.10 :Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions	61
Tableau IV. 11 :La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion	64
Tableau IV.12.Calcul de la concentration de l'eau osmose pour la disposition 8/6	65
Tableau IV. 13 :Tableau récapitulatif de tous les résultats	66
Tableau V.01 : prix de la construction de l'unité	69
Tableau V.02:prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)	69
Tableau V.03 :prix de l'équipement de l'osmoseur	70
Tableau V.04 :charge de main-d'œuvre .	71
Tableau. 05 :Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station	73

Liste des figures:

Figure. I.1:la carte de situation géographique de la région wilaya d'Ouargla	6
Figure.I.2 : Situation géographique de la commune de N'GOUSSA[ANRH.OUARGLA]	7
Figure. I.3: Affleurements géologique de la région d'Ouargla (B.G , 2004)	8
Figure I. 4 : Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla.	10
Figure I.5 :Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972)	11
Figure I .6 :Coupe hydrogéologique transversale du "CI" (UNESCO, 1972)	12
FigureII.1 :Cas etcomposants de l'eau	17
Figure III. 1 :Principe de l'échange d'ion.	33
Figure III. 2 :L'osmose inverse.	34
Figure III .3 :Modules Tubulaires	35
Figure III. 4 :Modules Spirales	36
Figure III. 5 :Adoucisseur d'eau au CO ₂ .	37
Figure III. 6 :Adoucisseur d'eau sans électricité	38
Figure III. 7:Adoucisseur d'eau industriel.	38
Figure III.8 :Appareils multi paramètres	40

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction Générale

Devant les besoins croissants en eau potable et la rareté des ressources naturelles, l'humanité est conduite de plus en plus de rechercher, d'étudier et d'appliquer de nouvelles techniques permettant d'obtenir de l'eau de bonne qualité à partir des eaux considérées comme non potables telles que les eaux de mer et les eaux saumâtres. On entend par eaux saumâtres, les eaux dont la teneur en sels minéraux est comprise entre 1500 et 10000 mg/l.

Les stations de dessalement et de déminéralisation des eaux de mer ou des eaux saumâtres ont commencé à se développer à partir des années 50, depuis ces installations sont de plus en plus nombreuses à travers le monde.

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule ressource dans notre région, mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est reliée à la nature chimique des couches géologiques traversées.

Cette salinité présente un problème majeure, face à des conditions climatique défavorable, à une croissance démographique très importante, au développement industriel, les volumes d'eau mobilisées et mobilisable sont insuffisante et le recours à des ressources en eau non conventionnelles telle que: le dessalement des eaux saumâtres semblent être la solution incontournable.

La déminéralisation des eaux saumâtre est un sujet très importants actuellement, et de penser à réaliser des unités de dessalement de vient jour après jour une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable soit du coté quantitatif ou qualitatif (eau de bonne qualité, douce et agréable).

La ville de Ouargla se trouve au-dessus de ces zones et ou au fil du temps les effets de l'eau potable sont apparus à la vie de la population (bouchage les réseaux interne et externe, problèmes de santé dommages aux chauffe-eau ...).

Pour Résoudre ces problèmes il a été décidé de réaliser le projet « Etude, Réalisation, Exploitation et Assistance pour la maintenance de (09) neuf stations de Déminéralisation d'eau à Ouargla » Certains d'entre eux ont été exécutés.

La zone de n'goussa est en dehors du périmètre de ce projet, mais la qualité de l'eau qui s'y trouve et son manque de qualité nous obligent à l'approuver dans le cadre du plan d'opération.

Pou cette raison notre travail est partagé en deux parties:

Partie bibliographique : qui comporte 3 chapitres, dans le quel nous parlerons de généralités sur la zone d'étude, Généralité sur L'eau potable, et Technique de déminéralisation.

Introduction Générale

Partie Expérimentale: qui comporte deux chapitres, un sur le matériel et méthodologie de travail et un autre sur le Dimensionnement de la station de déminéralisation, et Etude technico-économiques et gestion de la station.

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre ; nous présentons un aperçu sur le cadre physique de la zone d'étude qui est la région de N'GOUSSA wilaya de Ouargla, en particulier sa situation géographique et son contexte climatique, situation démographique, et l'hydrologie, ainsi que l'état du réseau d'approvisionnement en eau potable actuel.

I .2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE :

La wilaya de Ouargla est considérée comme l'un des états les plus importants d'Algérie car c'est la capitale du sud-est, et un important pôle administratif et régional avec une superficie de 163230 km², La population est estimée à 590 958 habitants. Géographiquement située au Nord du Sahara algérien, dans le domaine aride du grand désert africain.

Administrativement, la Wilaya de Ouargla est située au Sud-est du pays dans les limites de latitude 28°45' et 33°55' et de longitude 3° et 9° 35' couvrant un territoire de 163 230 km².

Elle se situe à 128 m. d'altitude, à 190 km à l'Est de Ghardaïa, 388 km au Sud de Biskra et à 160 km au Sud-ouest de Touggourt, elle est limitée par :

- La Wilaya d'El-Oued et Touggourt au Nord,
- La Wilaya d'Illizi au Sud,
- Les Wilayat de TOUGOURT et Ghardaïa au Nord-Ouest et Ouest,
- La Wilaya de Tamanrasset au Sud-ouest
- Et par la Tunisie à l'Est.

La Wilaya est organisée administrativement en 10 Daïras 21 communes.

[Khouadja.B , Ataouat.B 2019]

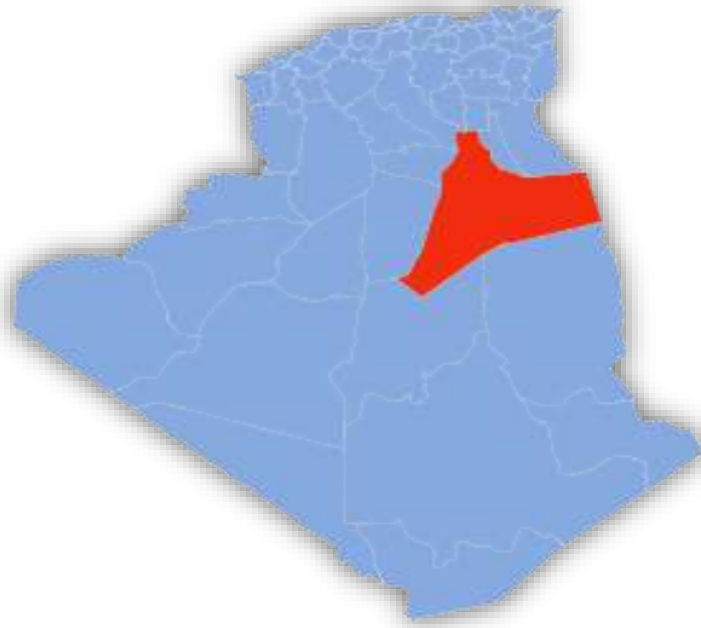


Figure. I.1: la carte de situation géographique de la région wilaya d'Ouargla

I .3. PRESENTATION DE LA DAIRAN'GOUSSA :

I .3.1.Situation géographique :

La région de N'GOUSSA est l'une des dix dairas de la wilaya de Ouargla se trouve au Nord de cette dernière sur une distance à 22 km. Elle est traversée par la route communale d'Ouargla- El Bour. Elle est peuplée par 22003 habitants, avec une densité de 5,7 hab. /km² pour une surface de 2 907 km².

Cette dépression ou cuvette s'étend entre les coordonnées : X : 32° 08' 27" Nord et Y : 5° 18' 30" Est. N'GOUSSA est délimitée par les dunes de sable à l'Est et par les palmeraies à l'Ouest. L'extension de N'GOUSSA se fait actuellement vers le Nord par des maisons traditionnelles et vers l'Est par un groupement d'habitations individuelles.

À l'Ouest se situe la Casbah constituée de maisons anciennes dont la majorité est ruinées. Le terrain est relativement plat, avec une côte moyenne de l'ordre de 130m au-dessus de la mer. Elle se limite :

- Au Nord par hadjira.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.
- Au l'Est par Hassi Ben ABDELLAH

- Au l'Ouest par Zelfana.

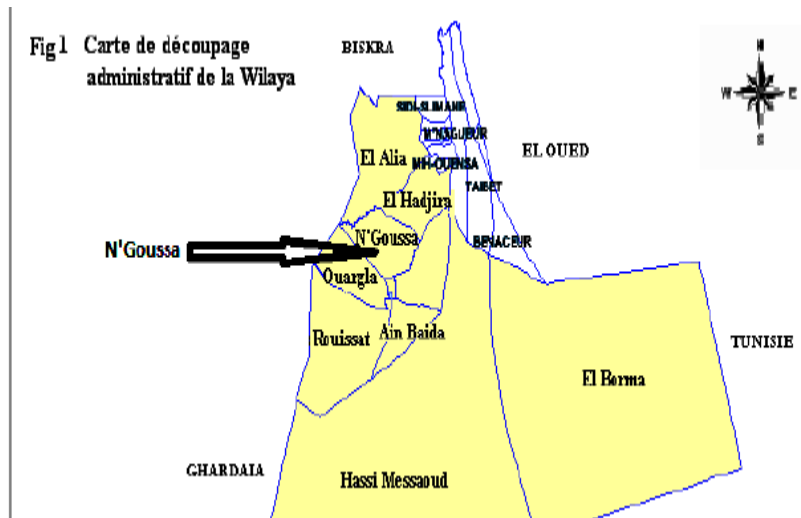


Figure.I.2 : Situation géographique de la commune de N'GOUSSA[ANRH OUARGLA]

I .3.2.Propriétés de la zone :

Les communes de la daïra de N'GOUSSA sont essentiellement des agglomérations agricoles, car elles accueillent la plupart des activités agricoles, que ce soit dans le domaine de remise en état ou du secteur agricole traditionnel, il est séparé du siège de la wilaya par des obstacles naturels: forêts de palmiers, sabkha et dunes de sable, et elles ont également un énorme potentiel touristique.[ANRH OUARGLA]

I .4.SITUATION DEMOGRAPHIQUE :

I .4.1.Le nombre d'habitants :

La population de la zone d'étude (district de N'GOUSSA) a été dénombrée en 2021 et elle a été estimée à 22003 habitants, avec un taux de croissance démographique estimé : 2,2% selon le guide statistique de l'année 2021. [Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire de la Wilaya de Ouargla]

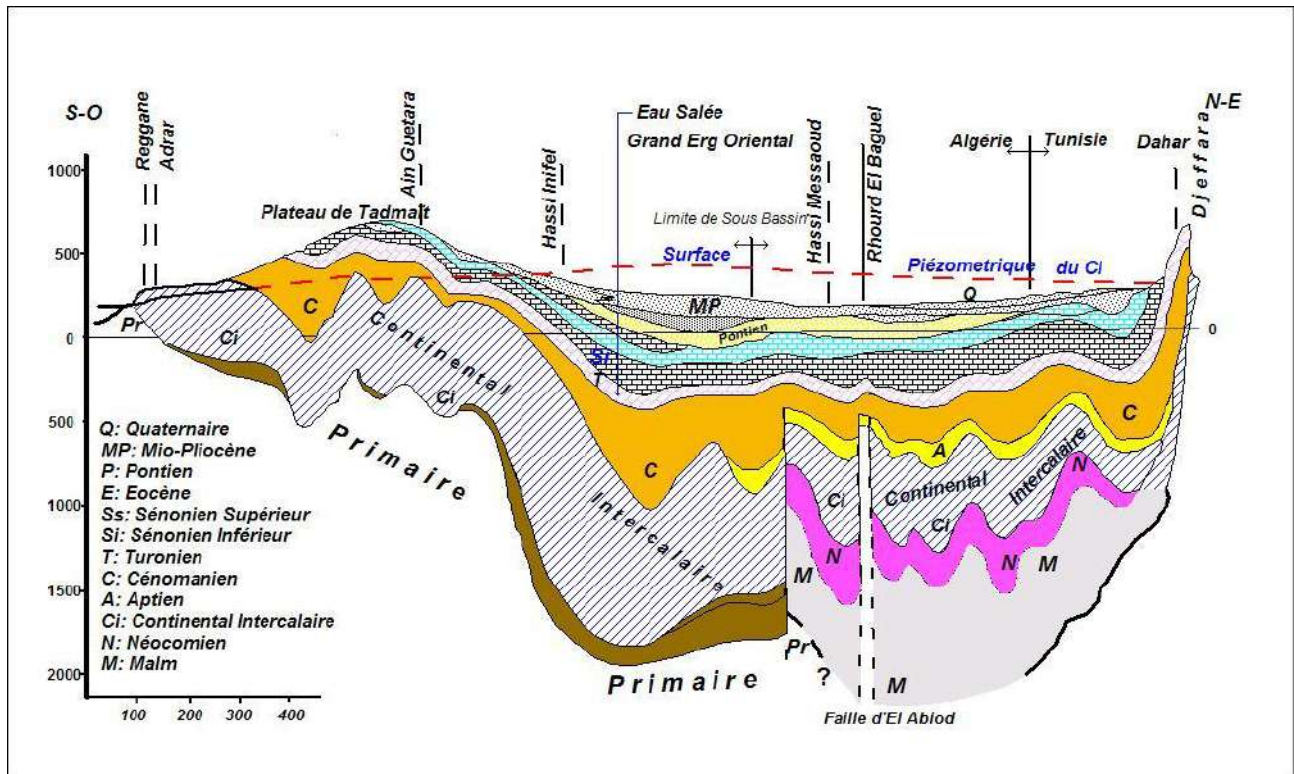


Figure. I.3: Affleurements géologique de la région d’Ouargla (B.G , 2004)

I.5.GEOLOGIE :

I.5.1.Généralités sur la géologie du Sahara :

Le Sahara est un grand désert formé de vastes étendues sableuses, (dunes) de matériaux caillouteux (ergs) et de massifs (Hoggar). Le Sahara est constituée d’un socle précambrien où repose une grande formation sédimentaire.

Ces formations sont regroupées dans plusieurs unités géomorphologiques. Qui subdivisent le Sahara en quatre :

- ✓ Chott Melghrir
- ✓ Sahara septentrional
- ✓ Hoggar et Tassili
- ✓ Saoura et Tindouf

La zone de notre étude appartient au Sahara septentrional.

I .5.2.Géologie du Sahara septentrional :

Le Sahara septentrional est ou le Bas Sahara est constitué par une série de dépôts alternativement marin et continentaux déposés dans le vaste bassin sédimentaire séparé par d'épaisses séries évaporites ou argileuses, soit :

- ✓ L'ensemble inférieur (anti-cénomarien) contient de puissantes série continentales d'âge du crétacé inférieur (continental Intercalaire).
- ✓ L'ensemble supérieur (sénonien inférieur) contient plusieurs niveaux marins et se termine par une épaisse série continentale sableuse, d'âge Moi-Pliocène.
- ✓ Le Bas Sahara à une altitude comprise entre 24 et 200 m. le socle de cette formation est surmonté par les grès primaires et au-dessus se trouvent les grès du continental Intercalaire (albien) ensuite viennent s'ajouter une stratification marine du sénonien et de l'éocène et par une autre de type continental Mio-Pliocène.[LIMANE. A.2016]

I .6. LA MORPHOLOGIE DE LA ZONE :

La géomorphologie de la région d'étude est constituée des éléments suivants :

- **Hamada Mio-plio-quadernaire** : c'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200 m. Ce plateau s'abaisse légèrement d'Ouest en Est où il est très fortement érodé et ne laisse que quelques buttes témoins appelées "goures".
- **Les glacis** : Sur les versants ouest de la cuvette s'étend du plus ancien au plus récent, d'Ouest en est sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Les glacis situés à 180 et 160 m se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux du Mio-Pliocène.
- **Les sebkhas** : Marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. Le chott (ou sebkha) constitue le point le plus bas, il est constitué de sable siliceux et/ou gypseux à croûte gypseuse de surface. Le bas fond se caractérise par une nappe phréatique permanente très peu profonde de 1 à 5 m. [C.Brahim , M.Abderaouf, B.Youcef,2016/2017]

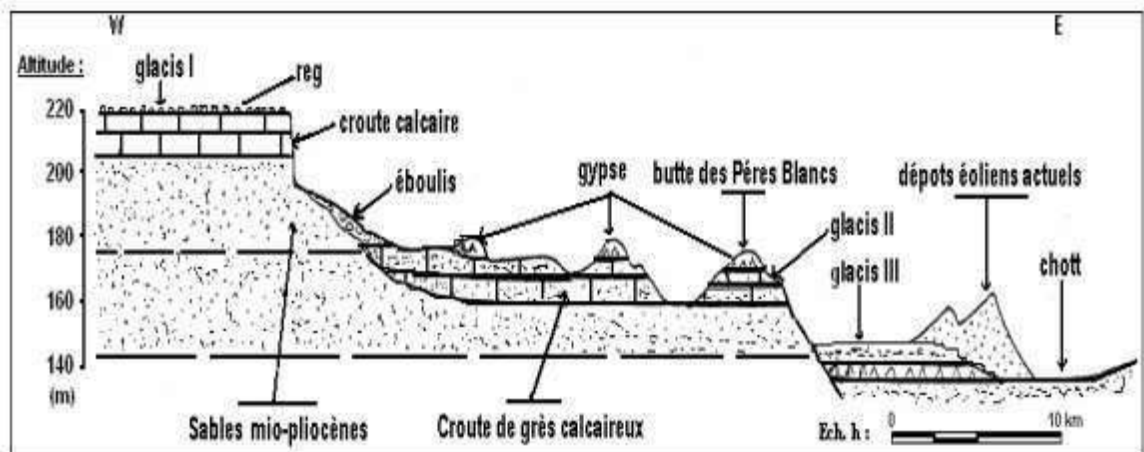


Figure I. 4 : Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla.

I.7. TOPOGRAPHIE ET RESEAU HYDROPHIQUE :

La ville est à une altitude moyenne de 135-140 m. On peut noter une légère pente du sud vers le nord (5m/km). En aval de Ouargla, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à « Sebkhet Safioune » qui est à 103 m d'altitude point le plus bas de la région.

D'ouest en est, on observe le profil topographique suivant : A l'ouest, un plateau d'altitude avoisinant 220 m descend avec une pente prononcée sur les agglomérations secondaires de « Khefdji » et « Bamendil ».

La palmeraie qui sépare ses agglomérations de la ville de Ouargla est légèrement en contrebas à 130 m puis le terrain remonte dans la ville entre 135 et 140 m avant de redescendre à la traversée de la palmeraie située à l'est de Rouissait pour rejoindre Ain Beida à l'est au environ de 135 m d'altitude.

La direction de drainage générale est nord - sud. Le réseau hydrographique et les drains qui rabattent la nappe phréatique rejoignent finalement la première Sebkha.

La station d'épuration de la ville (lagunage aéré) est également située au nord de la ville à l'amont de la première sebkha. [Khouadja.B& Ataouat.2019]

I.8. LES AQUIFERES DANS LA REGION :

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye. Ce bassin renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). Le domaine du SASS couvre une superficie d'environ 1 000 000 km² dont 70 % se trouvent en Algérie, 24 % en Libye et 6 % en Tunisie (Fig. 2-1)

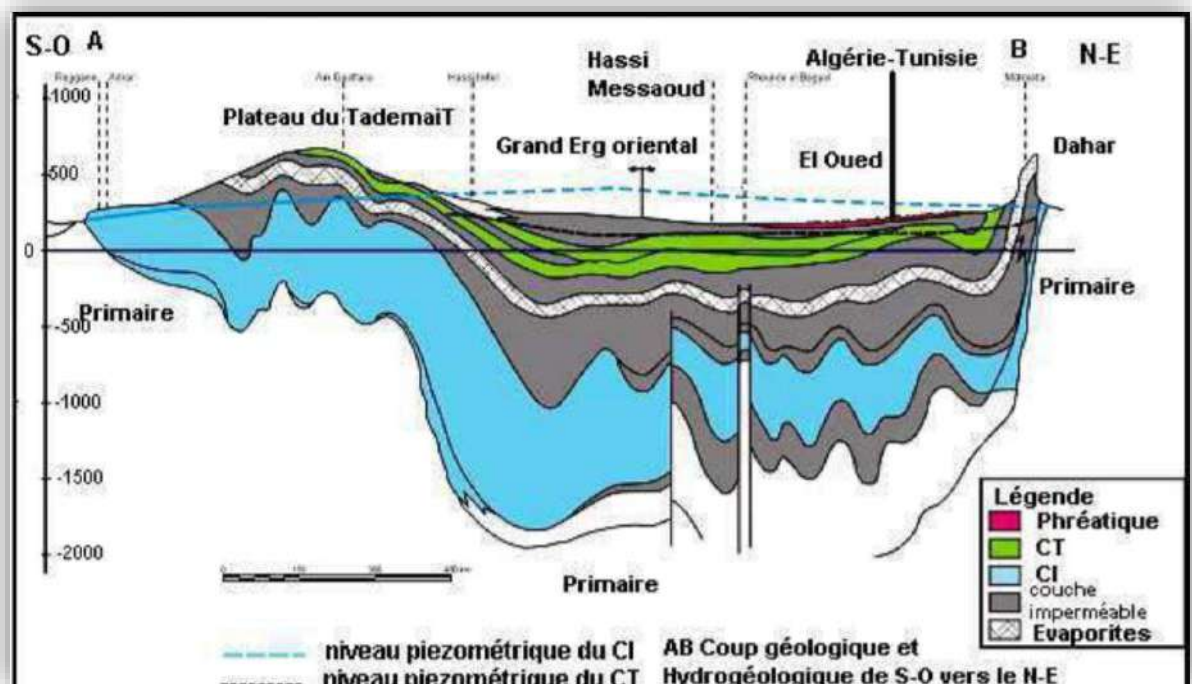


Figure I.5 : Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972)

I .8.1.Le Continentale Intercalaire (CI) :

Qui contiens la nappe albien :

C'est un de plus grands réservoirs souterrains en Afrique .Cette nappe couvre le Sahara septentrional, contenue dans les argiles sableuses et les grès du continental intercalaire elle constitue un très important réservoir. Sa lithologie est forme de 10% de grès, de (10÷50) % de grès argileux et 50% d'argiles.

Cet Aquifère est homogène avec une formation diversifiée en couches isolées les unes des autres. Sa hauteur dépasse 150 m et atteint 1000 m au nord-ouest. et elle se trouve à environ 1300 m de profondeur dans la ville de Ouargla. Son eau jaillit à la surface à une température de 57°C avec une faible teneur en sel (2 g/l) et est captée entre 1120 m et 1380 m de profondeur dans la région.

Le sens d'écoulement se fait du sud vers le nord. Un forage artésien peut donner un débit de 200 l/s avec une pression à la sortie de 20 bars et une conductivité hydraulique de $8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ dans la région d'étude.

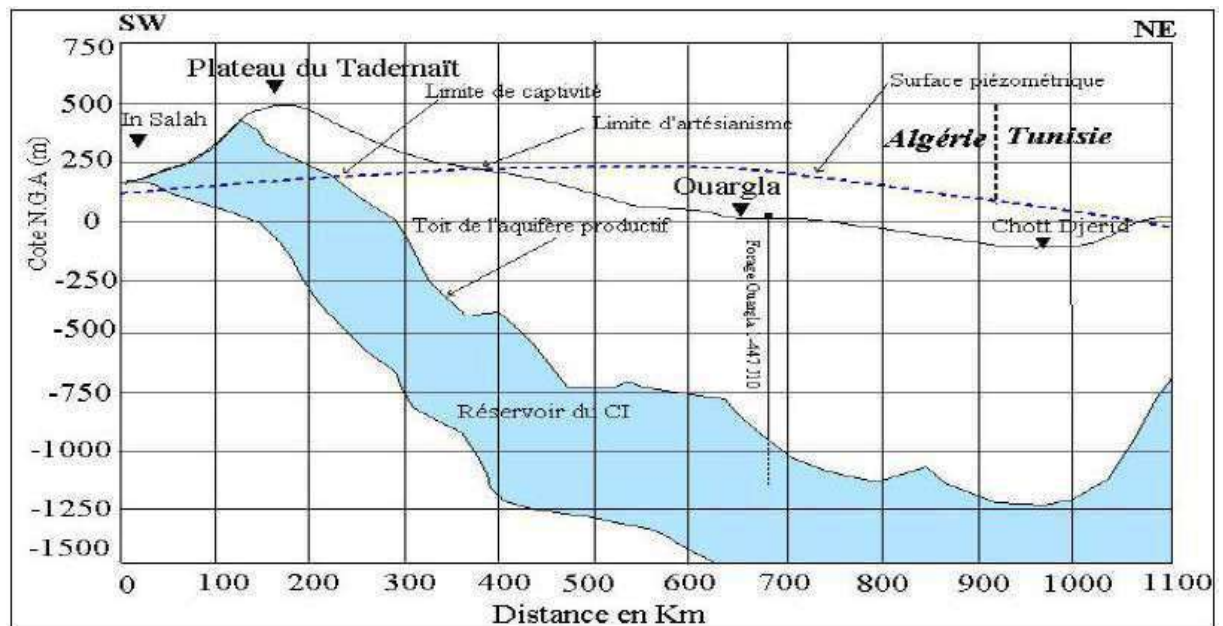


Figure I.6 : Coupe hydrogéologique transversale du "CI" (UNESCO, 1972)

I.8.2. Le Complexe Terminal (CT) :

Il contient deux nappes :

a)- La nappe de sénonien :

C'est une nappe sous sol de la vallée de l'oued Mya, elle est mal connue, il s'agit du sénonien lagunaire et de sénonien carbonate. La nappe de sénonien carbonaté est la plus exploitée dans la ville d'Ouargla pour l'alimentation en eau potable en raison de sa bonne La qualité chimique par rapport aux autres nappes

b)- La nappe de mio-paléocène :

C'est la nappe la plus importante et la plus exploitée pour satisfaire les besoins en eaux des superficies agricoles. Elle s'écoule du Sud-Sud-ouest ver le Nord-Nord Est en direction du chott Melghir, avec une profondeur qui varie d 60 à 200 m. salinité de l'eau varie 1,8 à 4 g/l (dans certaines cas elle atteint les 7 g/l), avec une température de 23 à 25 °C. Elle est exploitée par pompage avec une capacité de 15 à 40 l/s. Mise à part le complexe terminal, il existe d'autres nappes très mal connues, il s'agit du Sénonien Lagunaire, du Sénonien Carbonate et le Turonien.[CHINE.B,MESSAOUDIA, BELAOUDMOU.Y.2017]

I.9.CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE :

Le climat de la région d'Ouargla est un climat désertique particulièrement contrasté malgré l'attitude 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 hydro climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères. Les séries des données, qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique d'Ouargla

I.9.1.Température :

N'goussa est une région désertique, son climat est caractérisé par l'aridité, et donc à travers le tableau ci-dessous, nous notons que la température maximale en juillet est de 43,5 m, à la place La température minimale au mois de décembre est de 5,3 °C.

Tableau I. 1.tableau des variations extrêmes de température au cours des mois de l'année

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Out	Annuel
T°(C°) max	35.7	31.6	22.1	17.1	17.5	17.9	22	29.1	34.2	38.6	43.5	40.7	29.23
T°(C°) min	22.3	13.7	10.2	5.3	6.6	5.8	9.4	15.3	19.4	24	27.7	25.9	15.47

I.9.2.Précipitations:

Les précipitations sont les principaux facteurs climatiques. Généralement, il pleut rarement à Ouargla, sont irréguliers entre les saisons et les années.

Le cumul interannuel des précipitations enregistré au niveau de la station d'Ouargla est de 2,7mm.

Tableau I.2.tableau des précipitations

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Out	Moyenne
Moyenne(mm)	/	3.9	0.2	0.2	15.5	6.4	6.1	0	/	/	/	/	2.7

I.9.3.L'évaporation :

Régie par la température et accentuée par le pouvoir évaporant des vents secs, l'évaporation enregistre des grandes valeurs dans la zone d'étude. Sa moyenne est de 3248.0 mm/an avec un Minimum de 87.48 mm en janvier et un maximum de 457,05 mm en juin. C'est la principale source du déficit hydrique au niveau d'Ouargla.

Tableau I.3.Evaporation moyenne mensuelle en (mm) ANRH

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
Moye	280.1	110.2	88.9	86.6	120.9	174.2	138.6	146.8	300.2	167.0	417.6	396.7

I.9.4.L'humidité de l'air :

Le degré hygrométrique de l'air (ou 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. L'humidité est faible. Ceci est dû notamment au fait que la température de l'air en augmentant suite à l'importance l'insolation, fait accroître la capacité de rétention en eau de l'air.

Nous pouvons résumer les choses en disant que l'humidité relative dépend dans une large mesure de la température qui elle 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 42%.

Tableau I.4: Humidité moyenne mensuelle (station de Ouargla)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moy
H(%)	38.13	43.98	54.27	60.98	59.12	50.61	44.58	38.46	33.43	28.93	25.67	29.05	42.3

I.9.5.Vitesse de vent :

Nous pouvons dire que le vent c'est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de Ouargla. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 54.31 m/s.

I.9.6. Durée dissolution :

La variation annuelle de l'insolation concorde avec celle de la nébulosité, elle est de type méditerranéen présentant un maximum estival. Cependant, il existe plusieurs variations annuelles dues aux petits accidents provoqués par des ponts nuageux. On estime que la durée moyenne d'ensoleillement journalière est supérieure à 8 h/j, elle peut dépasser légèrement 12 h/j en Eté, tandis qu'elle ne dépasse pas 8 h en Hiver, alors que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juin-Août". Le minimum en Novembre à Février correspond à une durée d'ensoleillement plus basse de 176 h.

D'une manière générale, la durée moyenne est de l'ordre de 3008 h/an, soit 125 jours de soleil par an. [C.Brahim , M.Abderaouf, B.Youcef, 2016/2017]

I.10. Qualité des eaux de la daïra de N'GUOSSA :

Afin de déterminer la qualité physicochimique des eaux de la daïra de n'guossa, on a effectué des analyses sur des échantillons prélevés au niveau de forages qui alimentent la ville.

Il est à noter que les caractéristiques biologiques n'ont été pas mesurées car les eaux qui alimentent la ville sont souterraines de la nappe de Mio-Pliocène et La nappe de sénonien profonde et qui se considère comme protégée contre toute contamination.

CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les données nécessaires pour la région de N'guossa et les caractéristiques géographiques et géologiques. Le climat est chaud et sec en été et froid en hiver avec peu de pluie.

Chapitre II :
Qualité des eaux potable

II.1.INTRODUCTION :

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° et solide en dessous de 0 C°. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène.

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus, près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau.

II.2 .GENERALITES :

II.2. 1.Définition de l'eau :

C'est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire. L'eau constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leur poids en moyenne). L'eau se rencontre dans la nature sous trois états : solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression.

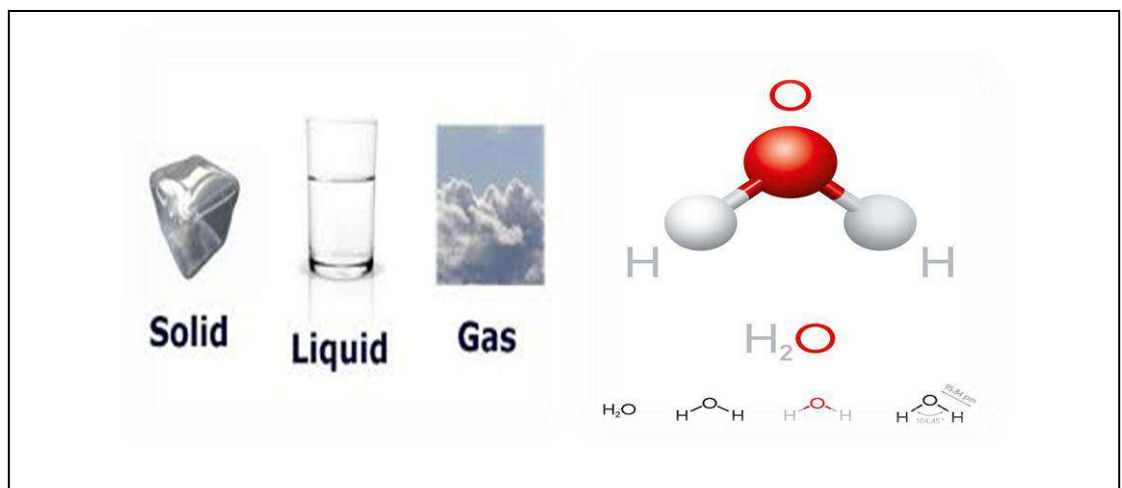


Figure II.1 : Cas et composants de l'eau

II.2.2. Quantités nécessaire :

On admet que l'homme consomme, en moyenne, 2 litres d'eau par jour pour la boisson et la cuisson. Cette quantité dépend des conditions climatiques et peut aller jusqu'à 3 ou 4 litres en pays chaud, mais reste faible par rapport à la consommation domestique de l'eau.

Celle-ci peut varier de quelques litres par jour dans les pays sans adduction publique et à faible confort ménager, jusqu'à plusieurs centaines de litres dans les pays très développés.

II.2.3. Pour quoi traiter :

Dans tous les cas, l'eau mise à disposition du consommateur dans le réseau de distribution doit être traitée, même si l'homme n'en consomme directement qu'une très faible proportion. Il est en effet dangereux pour la santé et économiquement prohibitif d'envisager un double réseau de distribution, l'un des réseaux distribuant l'eau destinée à la consommation et l'autre réseau distribuant l'eau destinée aux autres usages.

Quel que soit l'usage qu'en fera le consommateur, l'eau arrivant au robinet de ce consommateur doit donc être "potable". Il est nécessaire de traiter l'eau chaque fois que l'un des paramètres analytiques est supérieur aux normes en vigueur dans le pays considéré.

L'OMS établit pour chaque paramètre, des recommandations qui doivent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques de ce pays, pour aboutir aux normes réglementaires nationales.

II.2.4. Critères de choix :

Le choix de l'eau à traiter avant distribution dépend de plusieurs facteurs, Pour chacune des ressources dont on dispose (eau souterraine, eau de surface courante ou stockée), on évalue:

- **la quantité:** la "source" doit être capable de fournir, en toute circonstance, la quantité d'eau nécessaire. Dans les pays à précipitations très variables, il peut être nécessaire de prévoir un barrage pour retenir pendant les périodes de pluies la quantité dont on aura besoin en période sèche,

- **la qualité:** la qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur dans certains pays ; Il faut déterminer le procédé de traitement le mieux adapté pour potabiliser cette eau (variations journalières, saisonnières, climatiques) et des variations potentielles que l'on peut supposer pour le futur (construction d'un barrage par exemple). Il faut, en outre, se rappeler que, eau souterraine n'est pas synonyme d'eau pure de nombreuses

nappes sont en effet polluées soit bactériologiquement, soit par des nitrates, des produits phytosanitaires, des solvants chlorés ou des hydrocarbures.

- **l'économie:** il faut ensuite comparer les coûts d'investissement et de fonctionnement relatifs à chacune des ressources disponibles, pour assurer à la fois la quantité et la qualité de l'eau à distribuer stockage et transport de l'eau brute, traitement de l'eau, stockage et transport de l'eau traitée.

II .3.ORIGINE DES EAUX POTABLES :

a-Eaux de source, eaux minérales : les eaux dites « de source » sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine ; on parle alors d'eau potable. Les eaux minérales naturelles, possèdent des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées. Elles sont d'origine profonde et de composition physicochimique constante dans le temps.

b- Eaux brutes : destinée à la consommation humaine, est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine. Elle est ensuite acheminée vers une usine de traitement de l'eau où elle subit divers traitements physiques, chimiques, physico-chimiques et biologiques; Ressource en eau avant tout traitement de potabilisation va dépendre à l'autorisation de prélever cette eau pour la rendre potable et la filière de potabilisation appropriée. Ces eaux superficielles destinées à la production alimentaire doivent répondre à des exigences de qualité très précises et fixés par des organismes spécialisés

Les eaux brutes utilisables pour fournir de l'eau destinée à la distribution sont classées en trois catégories de qualité :

- A1, bonne ; traitement physique simple et désinfection
- A2, moyenne ; traitement normal physique, chimique et désinfection
- A3, médiocre ; traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection.

[GHERAIRI.Y2018/2019]

II .4. LES EAUX SOUTERRAINES :

II .4.1.Généralités :

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

purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute.

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- Turbidité faible, les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Température constante, les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- Débit constant. Contrairement à celle des eaux de 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 matériaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} ,... etc.) responsables de la dureté.
- Concentration élevée en Fer et en Manganèse. Ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

II .4.2.Les problèmes de l'eau souterraine dans la région

D'une façon générale l'Etat des eaux se présente comme suit :

- Les eaux destinées à l'AEP ne répondent pas aux normes de potabilité notamment en ce qui concerne la minéralisation ;
- La dégradation de la qualité des eaux du Mio-pliocène (salinité) ;
- Les eaux de la nappe phréatique présentent une forte salinité (>15 g/l) ajouté à cela une contamination de cette nappe par les eaux usées, ce qui présente une menace de pollution pour les autres nappes ;
- Remontée des eaux;
- Connaissance et gestion des ressources en eau souterraines ;
- Forages profonds (accidents et techniques de bouchage) ;
- Préservation qualitative des ressources en eau ;

Selon l'inventaire de l'ANRH édité en janvier 2005, les prélèvements de la nappe CT dans la cuvette de Ouargla sont 83 pour 222 forages exploités, tandis que les prélèvements dans la région de Ouargla, sont 74 pour 191 forages exploités. [ANRH OUARGLA]

II.5. LES CRITÈRES DE POTABILITÉ DE L'EAU :

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle.

A ce jour, il existe 63 critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en 5 grands paramètres :

1-Les paramètres physico-chimiques : ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.

2-Les paramètres organoleptiques : ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur.

3-Les paramètres microbiologiques : ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies, voire des épidémies.

4-Les paramètres liés aux substances indésirables : ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.

5-Les paramètres liés aux substances toxiques : les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième du gramme

II .6.TYPES DE POLLUANTS DE L'EAU POTABLE :

Les polluants de l'eau potable sont classés en 4 grandes catégories, dont les suivantes:

1-Polluants physiques: les polluants physiques comprennent toutes les substances qui affectent principalement l'apparence physique et les propriétés physiques de l'eau; Comme la matière organique en suspension dans les rivières et les ruisseaux, ou les sédiments résultant des processus d'érosion du sol.

2-Polluants chimiques: Les polluants chimiques comprennent des éléments et des composés naturels ou produits par l'homme. Tels que l'azote, les agents de blanchiment, les sels, les pesticides, les minéraux et les toxines produits par des bactéries ou des médicaments humains et animaux.

3-Polluants biologiques: comprennent les polluants biologiques ou microbes, les microorganismes présents dans l'eau; Tels que les bactéries, les virus, les protozoaires et les parasites.

4-Polluants radioactifs: Les polluants radioactifs comprennent des éléments chimiques qui peuvent émettre des rayonnements ionisants; En raison de ses atomes instables en raison de son nombre déséquilibré de protons et de neutrons; Calcium, uranium et plutonium.

II.7.CARACTERISTIQUES DES EAUX POTABLES:

II.7.1. Caractéristiques organoleptiques:

Ces caractéristiques englobent la turbidité, la couleur, l'odeur et le goût. Jadis, lorsque les eaux renferment ces propriétés, elles sont considérées comme potables.

*** Turbidité :**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matière en suspension. Une turbidité importante stimule la croissance des bactéries et entraîne une demande élevée en chlore. Une eau dont la turbidité est inférieure à 5 unités néphelométrique (UNT) est généralement jugée acceptable pour la consommation.

*** Couleur :**

La couleur de l'eau de boisson peut être imputable à la présence de matière organisme colorée, par exemple de substances humiques, de métaux tel que le fer et le manganèse ou de déchets industriels à coloration intense. La valeur guide est de 15UNT (unité colorimétrique)

***Goût etodeur :**

L'odeur de l'eau de boisson s'explique principalement par la présence de substances organiques. Certaines odeurs témoignent une augmentation d'activité biologique tandis que d'autres tirent leur origine d'une pollution industrielle.

II .7.2.Propriétés physico-chimique:

*** pH :**

Il dépend de l'équilibre calco-carbonique dans la plupart des eaux naturelles. Le pH de la plupart des eaux naturelles se situe entre 6.5et 8.5. Au dessous de ce seuil, l'eau est dite agressive. Il a un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de

certaines métaux toxiques tels que le plomb. Le pH influe sur les différents procédés de traitement physicochimique.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

*Température :

L'eau est plus agréable à boire fraîche que tiède. L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie de 9 à 12°C. Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers et autres. La température agit également sur les traitements physicochimiques des eaux.

* Conductivité :

Toute eau est plus ou moins conductible. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, elle augmente avec la concentration des sels ioniques dissous et aussi avec la température. La conductivité donne une idée précise sur la minéralisation de l'eau. [Djellakh.B ;Selfaoui.M. 2007/2008]

* Dureté (TH) :

La dureté de l'eau ou l'hydrométrie est une mesure globale de la concentration en sels (de calcium et de magnésium) dissous dans l'eau. Dans les zones où l'eau est très dure, les canalisations peuvent être obstruées par des dépôts de tartre. Une dureté de 100mg (CaCO₃)/l représente un bon compromis entre la corrosion et l'entartrage bien que, pour des considérations organoleptique, la valeur indicative recommandée soit fixée à 500 mg/l de (CaCO₃) ou soit entre 32 et 54 F°

Tableau II .01 : Qualité d'eau en fonction de sa dureté

Dureté (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Qualité d'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	dure	Très dure

* Titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique (TA) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

*** Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

*** Sels minéraux nécessaires :**

La nature et la composition de l'eau sont en relation avec sa structure naturelle. Au contact prolongé du sol, les eaux se chargent de plusieurs substances que l'on trouve communément dans l'eau, il s'agit essentiellement de sels minéraux comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le potassium (K^+), le sodium (Na^+), le chlore (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}), bicarbonate (HCO_3^-), les carbonate (CO_3^{2-}).

1- Calcium (Ca^{2+}) :

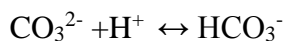
Considéré comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2 g/j. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe entre 100 à 300 mg/l. Dépendant de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration en calcium constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la corrosion (faible teneur). Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques et les protéger contre la corrosion.

2- Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100mg/l le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques, les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

3- Bicarbonates (HCO_3^-) :

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO_2 comme le montre les équilibres chimiques suivants :



4- Chlorures (Cl⁻) :

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux de surface et les eaux souterraines. Les eaux chlorurées alcalines sont laxative, mais généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l).

5- Sodium (Na⁺) :

Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26g/kg de la croûte terrestre.

Les eaux souterraines en contiennent parfois beaucoup, ce qui dans certains cas peut accroître leur salinité.

6 - Sulfates (SO₄⁻²) :

La teneur en sulfate (SO₄⁻²) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau est de l'ordre de 400mg/l.

7- Potassium (K⁺) :

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10à15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. [Bouziane.L.2018/2019].

8- Oxygène dissous :

L'oxygène dissous dans l'eau agit essentiellement sur les réactions d'oxydoréduction qui met en jeu le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés. Généralement, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et elles nécessitent une aération avant leur utilisation pour la consommation. [baouia.k.2020/2021].

*** Eléments Indésirables :****1- Fer (Fe):**

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine géologique, mais le plus souvent il provient de lessivage de terrains et de pollution minière ou métallurgique. Dans les eaux souterraines, le fer va se retrouver sous forme ferreuse Fe^{2+} qui est soluble. Dans les eaux superficielles plus aérées, le fer se trouve sous forme ferrique et précipite sous forme d'hydroxyde ferrique $Fe(OH)_3$. Le fer est un élément essentiel de la nutrition humaine. Les limites des potabilités sont basées sur les effets esthétiques, les effets ménagers et sur les inconvénients qu'il procure au réseau de distribution. Pour le sulfate de fer, on a trouvé comme seuil gustatif les valeurs de 0.1 à 0.2 mg/l.

2- Nitrates(NO_3^-) :

Un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50mg/l de nitrates.

3- Nitrites(NO_2^-) :

Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les adultes et la méthémoglobinémie chez les nourrissons. Donc, il est conseillé qu'une eau potable ne doit pas contenir plus que 0.1mg/l en azote nitreux.

4- Fluorures (F^-):

Il y'a des traces de fluorures dans de nombreux types d'eau, les teneurs les plus élevées se trouvent dans les eaux souterraines. On considère une teneur en fluore dans l'eau (0.4 mg/l) est favorable à la formation de l'email dentaire et protège les dents contre la carie. Des doses supérieures à 1mg /l risquent de faire, apparaître des taches sur l'email dentaire qui s'aggravent par des calcifications et des chutes des dents.

*** Eléments toxiques :**

Les éléments toxiques dans l'eau ayant une incidence directe sur la santé, ils regroupent les métaux lourds (mercure Hg, plomb Pb, cuivre Cu, cadmium Cd^{2+} Chrome Cr^{2+}), les pesticides et les hydrocarbures. Actuellement pour les éléments toxiques dans l'eau les teneurs tolérées sont de plus en plus minimales, parfois de l'ordre de micro de gramme par litre.[**KETTAB.A.1992**].

II .7.2.Propriétés bactériologiques:

L'eau destinée à la consommation humaine peut contenir des microorganismes pathogènes pouvant être responsables d'épidémies. 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, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets, qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz en moins de 48h à 35°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les coliformes pouvant former des gaz en moins de 24h à 44.5 °C.

On retrouve les bactéries de coliformes fécaux en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud. Etant donné que cette particularité est associée à la contamination fécale. On utilise de préférence les coliformes fécaux comme indicateurs de la qualité des eaux brutes, ce qui permet de déceler la présence d'organismes pathogènes à la source.

Les coliformes totaux étant largement répartis dans la nature, ils n'indiquent pas nécessairement qu'il y a une contamination. Par ailleurs, ces organismes survivent plus longtemps dans l'eau et résistent mieux à la chloration que les coliformes fécaux ou les bactéries pathogènes communes. On utilise donc de préférence les coliformes totaux comme indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau potable. La présence d'un organisme coliforme quelconque dans l'eau traité révèle en effet que le traitement n'était pas efficace ou qu'il y a eu une contamination après traitement. [**LIBRAIRIE EYROLLES.T .2005**].

II .7.3.Normes de potabilité:

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes. cesnormes ne sont pas définitives. Aujourd'hui on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare a des normes nationale (Algérienne) ou mondiale (OMS)[**KHADRAOUI.A ,TALEB.S**].

Tableau II. 02. Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (source ADE).

Paramètre	Unité	norme algérienne	norme de l'OMS
PH	/	6.5-8.5	6.5-9.2
Température	C°	25	/
Conductivité	µs/cm	2800	/
Résidus sec à 180°C	mg/l	2000	1500

Turbidité	NTU	2	5
Dureté total (TH)	mg/l	500	500
Calcium	mg/l	200	/
Magnésium	mg/l	150	150
Sodium	mg/l	200	/
Potassium	mg/l	20	/
Sulfate	mg/l	400	250
Chlorure	mg/l	500	250
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.1	0.1
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Phosphate	mg/l	0.5	0.5
Ammonium	mg/l	0.5	/
Matières organique	mg/l	3	/
Métaux lourds	mg/l	0.3	/
Fer	mg/l	0.3	0.3
Manganèse	mg/l	0.5	0.1

II .7.4.spécification et utilisation de L'eau potable:

L'eau potable peut être définie comme l'eau pour boire, cuisiner, laver les légumes et les fruits, préparer les aliments et les boissons, baigner et laver le corps, nettoyer les vêtements et nettoyer d'autres objets ...etc

II .7.5.Économies d'eau potable:

Les principales façons de réduire réellement la consommation d'eau potable :

- Le passage aux toilettes sèches, à litière bio-maîtrisée permet de réduire la consommation d'eau d'un ménage de 25 à 40 % tout en préservant l'environnement ;
- La récupération d'eaux pluviales, dans une citerne en plastique ou en béton. Le béton permet de tamponner l'acidité naturelle de la pluie et minéraliser l'eau pour qu'elle ne corrode pas les tuyaux.
- Une filtration adaptée est nécessaire pour certains usages domestiques Les toilettes à faible débit ou les dispositifs comme les sacs tank bank permettent des économies de près de 10 mètres cubes par an

II .7.6.Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons discuté des généralités et ses propriétés Type de pollution de l'eau potable et les facteurs physiques et chimiques de l'eau potable.

Chapitre III :

Différentes méthodes d'adoucissement

III.1. INTRODUCTION :

La Daïra de N'GOUSSA est alimentée en eau potable à partir des forages exploitants la nappe (Mio-Pliocène et Sénonien) ;

Le traitement doit être ajusté à la composition chimique de l'eau captée. Il varie donc d'un site à l'autre. Si, pour certaines eaux, un traitement partiel ou simple tel que la filtration rapide et la désinfection des eaux suffit, d'autres nécessitent un traitement complet plus ou moins complexe, voire des traitements spécifiques afin d'éliminer les polluants particuliers.

III.2. LES CAUSES DE L'ENTARTRAGE :

L'entartrage est principalement causé par la présence d'ions Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}) et Bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau. Le calcaire (carbonate de calcium : CaCO_3) est omniprésent dans la nature en tant que calcite, marne, craie et marbre. Il est très difficilement soluble. En revanche, il devient facilement soluble par réaction chimique avec de l'eau (H_2O) et du dioxyde de carbone (CO_2) et se transforme en di-hydrogénécarbonate de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ que l'on va retrouver notamment dans l'eau potable. Lorsque cette eau est chauffée, l'équilibre chimique s'inverse et conduit de nouveau à la précipitation et la cristallisation du calcaire (calcification) sous forme de CaCO_3 .

III.3. DEFINITION DES OBJECTIFS DU TRAITEMENT :

Ceux-ci peuvent être répartis en deux groupes :

- La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques.
- La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie. [KETTAB.A.1992].

III.4. FICHE D'ANALYSE DES EAUX DE FORAGE (ADE unité d'Ouargla) :

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée

en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié. Ce contrôle exécuté, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

III .5.TECHNIQUES D'ADOUCCISSEMENT :

Plusieurs procédés (physiques et chimiques) sont actuellement disponibles pour résoudre le problème d'entartrage. Les techniques d'adoucissement font appel à trois procédés, à savoir la décarbonatation qui n'élimine que les ions calcium et magnésium liés aux bicarbonates. Il s'agit alors d'un adoucissement partiel, et l'adoucissement total qui élimine l'ensemble des ions calcium et magnésium, mais sans modifier l'alcalinité de l'eau.

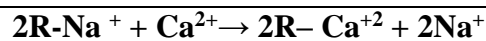
Le troisième procédé est représenté par la nanofiltration qui élimine partiellement les ions calcium, magnésium et bicarbonates. Parmi les procédés de décarbonatation, on trouve:

La décarbonatation à la chaux; la décarbonatation à la soude; la décarbonatation sur résines échangeuses d'ions du type cationique carboxylique, régénérée par une solution de chlorure de sodium.

- 1- **L'échangeur d'ions**
- 2- **Décarbonatations à la chaux**
- 3- **L'osmose inverse**
- 4- **Décarbonatation au carbonate de sodium (Na₂CO₃)**

III .5.1.L'échangeur d'ions :

C'est un procédé destiné à éliminer la dureté de l'eau par l'échange d'ions, l'eau dure passe sur un lit de résine cationique, préalablement saturé en sodium (Na⁺), qui s'échange avec les ions calcium (Ca⁺²) et magnésium (Mg⁺²), responsables de la dureté de l'eau:



III .5.1.1.Principe de l'échange d'ions:

Pour l'échange d'ion on retrouve essentiellement des résines échangeuses d'ions. Elles se présentent sous la forme de billes poreuses contenant de l'eau sur lequel un ion fixe est lié tels que des ions ammoniums pour les résines échangeuses d'anions et des ions sulfonâtes pour l'échange d'anion, qui aura d'avantage d'intérêt dans cette étude. À ces ions viennent des contre-ions qui eux sont mobiles et pourront être échangés par un autre cation

Il existe, pour les échangeurs de cations, deux variétés, les échangeurs avec des acides forts, qui échangeront mieux les cations que ceux avec des acides faibles. Tout cela va dépendre de l'utilisation des résines que ce soit en chromatographie, par exemple, où l'échange doit être rapide et donc des acides forts seront plus adaptés, ou bien pour déminéraliser de l'eau trop calcaire qui ne doit pas trop s'acidifier où les acides faibles seront plus aptes à répondre au besoin.

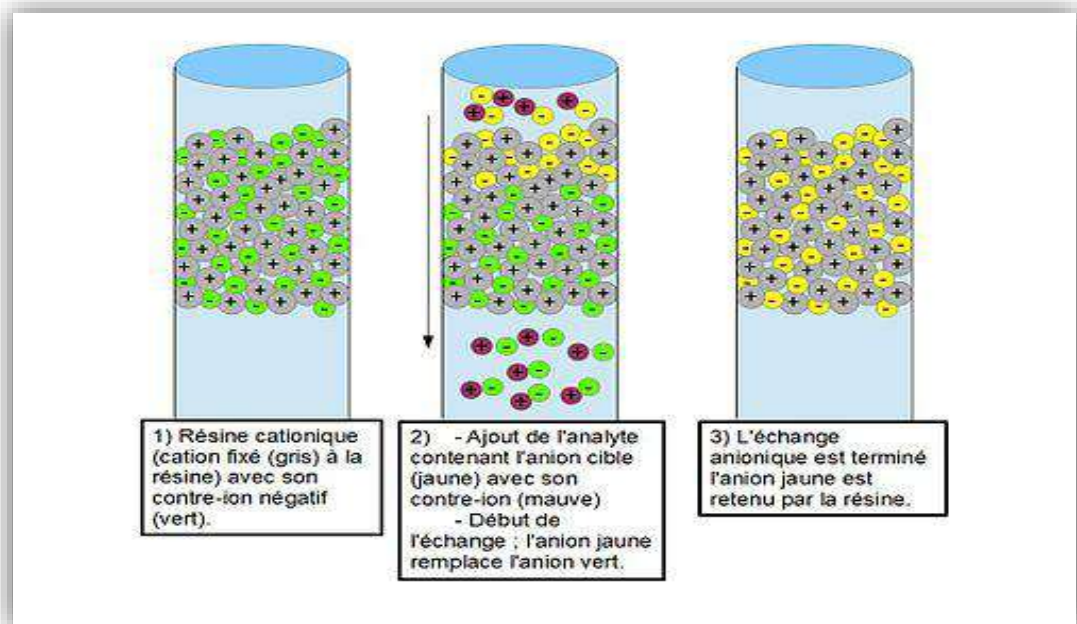
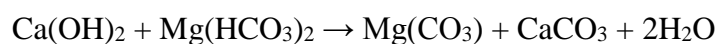
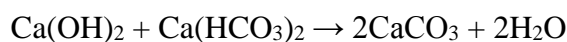


Figure III.1 : Principe de l'échange d'ion.

III .5.2. Décarbonatations à la chaux:

Ce procédé est employé lorsque la dureté carbonatée est due essentiellement aux ions Ca^{2+} . Pratiquement, l'addition de la chaux entraîne la précipitation du CaCO_3 (chaux seule) et du $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (chaux en excès), suite à l'augmentation du pH. La cinétique de cette réaction étant relativement lente, dont le procédé est accéléré soit par une recirculation des boues dans lesquelles se trouvent des germes de cristallisation déjà formés, soit en ajoutant des cristaux sur lesquels le carbonate de calcium s'agglomère (Antoly, 2003 ; Brodsky et Zdenek, 1971) :



L'addition de la chaux nécessite plusieurs précautions lors de sa mise en œuvre, et l'eau ne doit pas contenir des colloïdes en suspension qui peuvent gêner la cristallisation.

Il est donc parfois nécessaire d'ajouter un coagulant. La décarbonatation doit comprendre une zone de clarification appropriée pour séparer les cristaux de CaCO_3 de l'eau.

Cette technique présente un inconvénient à savoir la quantité de boues produites, mais celles-ci sont facilement déshydratées.

Cependant, ce procédé a plusieurs avantages tels qu'il est aisé à mettre en œuvre et ne nécessite pas l'utilisation d'équipements spécifiques, de plus, il n'est pas contraignant en exploitation.

III .5.3.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 ;

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.

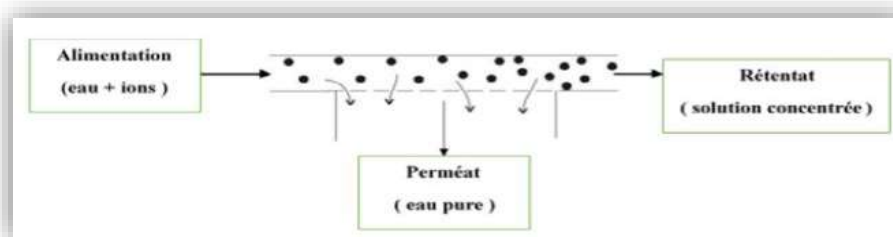


Figure III.2 :L'osmose inverse.

III .5.3.1.Module d'Osmose Inverse :

Pour être mises en œuvre, les membranes doivent être montées dans des supports appelés modules. Plusieurs critères sont à prendre en compte pour le choix d'un type de module:

- Le régime d'écoulement permettant de minimiser les phénomènes de polarisation (écoulement laminaire ou turbulent).

- La compacité qui est exprimée par le rapport de la surface filtrante ou volume de l'appareil.
- La facilité de démontage et de remplacement des membranes défectueuses.
- Le volume mort de l'appareil (exprimé en l/m²).

Actuellement quatre types de modules sont commercialisés:

a- Modules Tubulaires :

Ce type de module est constitué de tubes métalliques ou plastiques sur lequel est fixée la membrane semi-perméable. L'eau de mer sous pression circule à l'intérieur du tube et l'eau douce produite est récupérée à l'extérieur du tube. Le tube est soit poreux, soit perforé de trous pour permettre l'évacuation du perméat.

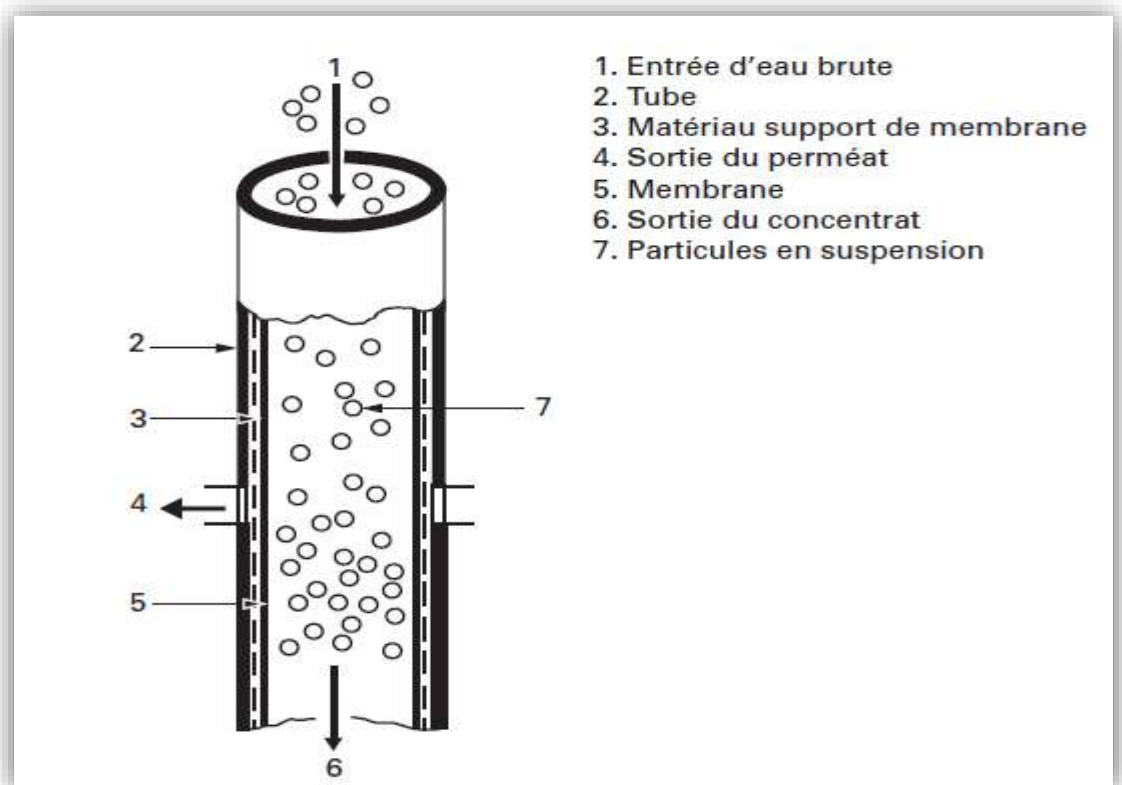


Figure III .3 :Modules Tubulaires.

b- Modules Fibres Creuses :

Ce sont comme des modules tubulaires composés de tubes de petits diamètres mais à la différence les fibres creuses jouent à la fois le rôle de membrane et de support, le liquide à traiter circule à l'extérieur de la fibre.

c- Modules Plans :

Ce type de module qui est le plus simple, est aussi le plus ancien, il peut se présenter soit sous forme de plaques unitaires, soit sous formes des cartouches.

d- Modules Spirales :

Dans ce type de module, les membranes planes sont enroulées autour d'un tube perforé et creux destiné à collecter le perméat, entre les membranes est placé un grillage plastique de 0.8 à 1.2 mm d'épaisseur, qui a pour but de créer une turbulence dans la circulation du fluide.

L'eau traitée renfermant les sels dissous entre à l'une des extrémités du rouleau et passe axialement à travers la membrane.

Afin de pouvoir exercer la pression requise sur le liquide à traiter, les rouleaux de membranes (appelés souvent cartouche) sont insérés dans des corps de pression tubulaires avec un système de joints aux extrémités.

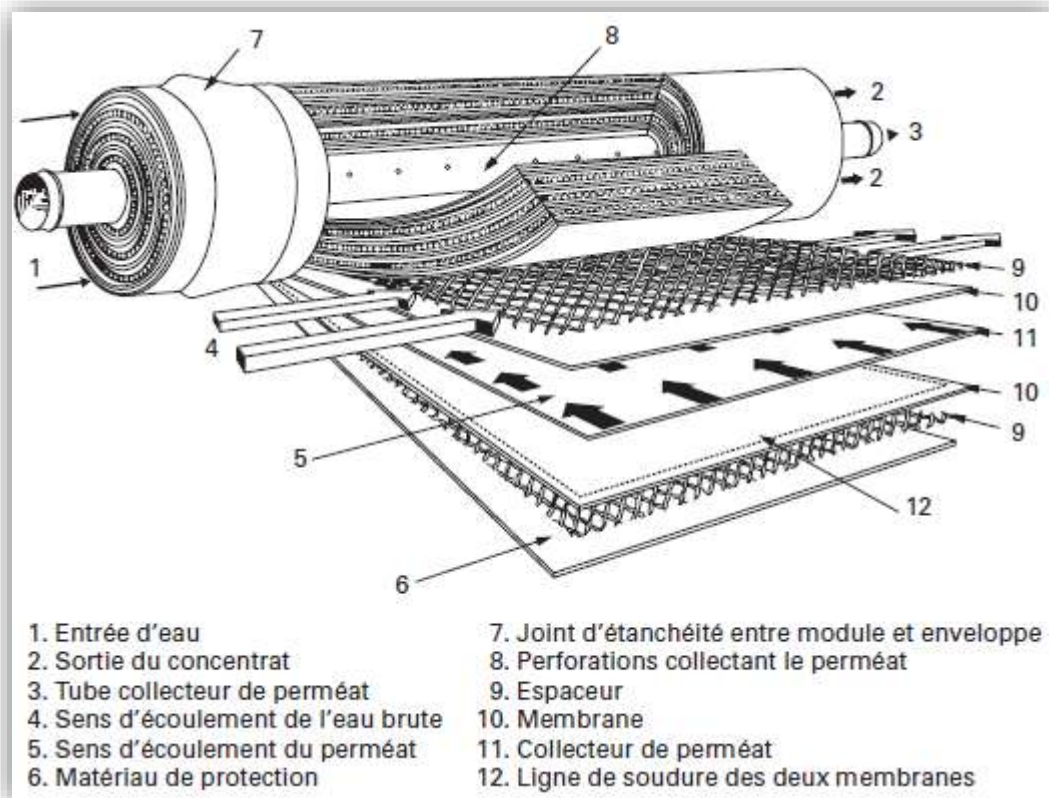


Figure III. 4 :Modules Spirales.

III .5.4.Décarbonation au carbonate de sodium (Na_2CO_3) :

Le carbonate de sodium a pour objectif de réduire la dureté permanente, c'est-à-dire, précipité le calcium et de magnésium lié aux chlorures et aux sulfates en solution.

III.6. TYPES D'ADOUCCISSEUR D'EAU :

Outre l'adoucisseur d'eau à résines échangeuses d'ions, il existe d'autres alternatives aussi efficaces selon les budgets et les spécifications de la qualité de l'eau ciblée. En premier lieu, on peut citer l'osmoseur d'eau, dispositif d'ultrafiltration d'eau généralement sous pression basé sur le principe de l'élimination des «grosses» molécules minérales et organiques contenues dans l'eau du réseau au passage sur un filtre à pores extrêmement petits.

L'adoucisseur d'eau au gaz carbonique consiste à injecter sous forme de gaz du CO₂ dans les canalisations d'eau en amont des robinets d'arrivée de façon à solubiliser dans l'eau sous forme de bicarbonates de calcium et de magnésium le calcaire se déposant sur les parois autrement.

L'univers des adoucisseurs d'eau est très vaste. Il existe une multitude de modèles d'adoucisseurs d'eau différents. Selon ses besoins, et son budget, ce ne sera pas le même adoucisseur qui nous correspondra. Choisir son adoucisseur d'eau demande de bien se renseigner au préalable. Ci-dessous, des exemples d'adoucisseurs d'eau qui sont commercialisés à l'échelle industrielle.

III.6.1. Adoucisseur d'eau au CO₂ :

C'est un adoucisseur qui permet, par injection de fines bulles de CO₂, d'adoucir l'eau que l'on reçoit chez soi. Il permet ainsi de transformer l'eau courante du robinet ou de la douche en eau douce beaucoup moins agressive pour la peau et surtout sans calcaire.



Figure III. 5 : Adoucisseur d'eau au CO₂.

III.6.2. Adoucisseur d'eau sans électricité:

Ceci est un système qui fonctionne sans électricité et permet ainsi de faire des économies d'énergie et d'argent (il n'est pas cher). Ce type de système fonctionne tout simplement avec la pression de l'eau ou avec des piles.



Figure III. 6 : Adoucisseur d'eau sans électricité.

III.3.3. Adoucisseur à eau industrielle.

Comme chaque appareil, un adoucisseur d'eau industriel possède des caractéristiques qui lui sont propres. En ce sens, il peut avoir une capacité qui varie entre 42 à 1130 litres de résine. La vanne est un simple disque. Concernant la régénération, elle se fait à contre-courant. De plus, durant la régénération, le by-pass est automatique.



Figure III. 7: Adoucisseur d'eau industriel.

III.7. LA DURETE DU L'EAU:

La dureté d'une eau traduit sa teneur globale en ions calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++}). Elle est exprimée en degrés hydrotimétriques : un degré français correspond à 4 mg/l de calcium ou à 2,4 mg/l de magnésium.

La dureté d'une eau est due à la présence des ions métalliques bivalents, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , mais en pratique on considère souvent que la dureté totale d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté calcique et la dureté magnésienne:

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}].$$

III.8. CONSEQUENCES DE LA DURETE:

Il existe plusieurs conséquences dont :

1. Conséquences pratiques et domestiques :

L'eau dure n'est pas mauvaise pour la santé. Au contraire, il semble que les populations alimentées en eau naturellement dure sont moins sujettes à l'infarctus du myocarde. En revanche, l'eau adoucie peut présenter certains inconvénients tels que pour des localités ayant des anciennes canalisations en plomb induit à la solubilité du plomb.

L'utilisation domestique des eaux dures pose les principaux problèmes suivants:

- L'eau dure mousse difficilement
- L'eau dure produit des dépôts calcaires qui rêche le linge, entartre la tuyauterie, les chaudières et les appareils électroménagers
- Elle durcit les légumes secs à la cuisson
- Goût désagréable au thé

2. Conséquences sanitaires

Le dépôt calcaire :

- Favorise la multiplication bactérienne dans les installations
- Augmente la fréquence des calculs urinaires
- Effet laxatif en cas de fragilité intestinale
- La mortalité par maladies cardiovasculaires est moindre.

III.9 : APPAREILLAGES D'ANALYSE :

Appareils multiparamètres le multiparamètre est un appareil portable permettant la mesure de différents paramètres chimiques comme la mesure PH mètre/redox, oxygène, conductivité/TDS.

L'appareil change de mode en fonction de la sonde qui lui est connectée. Compact et portable, cet appareil permet des mesures rapides et fiables, en laboratoire comme à l'extérieur.



Figure III.8 : Appareils multi paramètres.

III.2.L'entartrage et ses conséquences :

Le tartre, dépôt adhérent, est formé principalement par la précipitation du carbonate de calcium, environ 90 % du précipité global. Il est soit alcalin, principalement des carbonates de calcium et d'hydroxyde de magnésium ou non alcalin comme le sulfate de calcium qui existe sous trois formes: CaSO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ et $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Ces trois formes sont beaucoup plus solubles que le Carbonate de calcium et l'hydroxyde de magnésium.[Khouadja.B , Ataouat.B 2019]

III.10. CONCLUSION:

Dans ce chapitre, nous avons abordé les différentes techniques et étapes importantes d'adoucissement de l'eau potable.

Chapitre IV : Dimensionnement de la station adoucissement

IV .1. INTROUCTION :

La conception d'une station de déminéralisation est de dimensionner les différents procédés (prétraitement, Traitement principal ainsi que le poste de désinfection) que comporte cette première. Avant le Dimensionnement, on doit en premier temps choisir le lieu d'implantation de cette station.

IV .2. LIEU D'IMPLANTATION DE LA STATION :

D'après la visite de l'emplacement due forage on a trouvé qu'il y a un terrain vide pour la réalisation de notre Station

IV .3. EVALUATION DES DEBITE D'EAUPOTABLE :**IV.3.1 - Estimation de la population :**

Le nombre d'habitant actuel de la Daïra de N'GOUSSA 22003 hab. Le nombre d'habitant futur se calcule par la relation suivante :

$$P = p_0 (1+T)^n$$

Avec :

P: nombre-+583 d'habitant futur

P₀: nombre d'habitant actuel

T: taux d'accroissement

n: nombre d'année

T=2.2 %

n = 25 ans

$$P_{2032} = 22003(1 + 0.022)^{25} = 37910 \text{ hab}$$

IV.3.2 Calcul des débits de consommation*** Calcul de débit moyen journalier actuel et futur**

Le débit moyen est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{moy}} = N * D$$

Avec :

N : nombre d'habitant

D : dotation

Q_{moy} : débit moyen journalier

Le nombre d'habitant actuel de la daïra de N'GOUSSA est égale à 22003 hab et la dotation est égale à 200 l/j /hab.

$$Q_{\text{moy,ac}} = 22003 * 200 = 4400.6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy,fu}} = 37910 * 200 = 7582 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Détermination du débit maximal journalier**

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{max j}} = Q_{\text{moy j}} * K_j$$

Avec :

$$K_j : \text{coefficient de pointe an de régularité } 1.1 < K_J < 1.3$$

Dans notre cas on prend $K_J = 1.3$

$$Q_{\text{max j ac}} = 4400.6 * 1.3 = 5720.78 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{max j fu}} = 7582 * 1.3 = 9856.6 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Détermination de débit de pointe**

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{point}} = Q_{\text{moy j}} * K_P [4]$$

Avec :

$$K_P = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_{\text{moy j}}} = 1.5$$

Donc :

$$Q_{\text{pointe ac}} = 4400.6 * 1.5 = 6600.6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{pointe fu}} = 7582 * 1.5 = 11373 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV .4.Dimensionnement de la station de déminéralisation :

IV .4.1.Prétraitement

Avant de procéder à la déminéralisation de l'eau saumâtre, un prétraitement est nécessaire pour un bon fonctionnement de l'unité de point de vue physique, chimique et bactériologique. Le prétraitement est nécessaire pour éliminer les particules en suspension.

La chaîne de prétraitement se compose de :

- Filtration rapide.(filtre à sable).
- Microfiltration (filtre à cartouche).

IV.4.1.1. Filtre à sable

Le filtre à sable se compose de trois parties:

- Le fond de filtre qui sert à collecter et évacuer les eaux filtrées et à distribuer uniformément l'eau de lavage.
- Couche de charbon actif consistée existée au dessus de sable.
- Couche de sable de granulométrie 0.4 à 0.8 mm
- Couche de gravie de granulométrie 3 à 5 mm il existe en bas du filtre.

a. Calcul du filtre à sable

Les données :

* Débit d'eau traitée = **11373 m³/j**

* Porosité de sable $\xi = 0.45$

* Diamètre des particules de sable $d_p = 0.8$ mm

* La vitesse de passage de l'eau à travers le filtre est de 5 à 10 m/h

* viscosité dynamique du fluide $\eta = 1.026 \cdot 10^{-3}$ Kg/m.s

* La hauteur totale du lit filtrant (hauteur standard $L = 1.5$ m)

- Pour avoir un bon rendement de filtration, on prévoit généralement de point de vue hauteur $\frac{1}{3}$ de sable et $\frac{2}{3}$ de gravier.

[Etude expérimentale sur l'adoucissement de l'eau par précipitation chimique]

- La vitesse de passage doit être choisie à condition que la perte de charge dans le filtre soit faible (<1m)

B. Calcul des pertes de charge :

Le module poreux de Koseny-Carmen permet de calculer la perte de charge à travers un lit de particules de porosité ξ donnée et de diamètre d_p par la formule suivante :

$$\frac{\Delta P}{L} = K \cdot \eta \cdot \frac{V_F}{\varepsilon} \cdot \left[\frac{(1-\varepsilon) \cdot 6}{d_p \cdot \varepsilon} \right]^2$$

Avec

$\Delta p/L$: perte de charge par unité de hauteur du lit propre

K : Constante de Koseny-Carmen ($K=4.5$)

η : viscosité dynamique.

V_F : Vitesse de passage de l'eau choisie 8 m/h

La perte de charge à travers la couche de sable est :

$$\frac{\Delta P_s}{L_s} = K \cdot \eta \cdot \frac{V_F}{\varepsilon_s} \cdot \left[\frac{(1 - \varepsilon_s) \cdot 6}{dp_s \cdot \varepsilon_s} \right]^2$$

Application :

$$\frac{\Delta P_s}{L_s} = 4,5 \cdot 1,026 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\left(\frac{8}{3600}\right)}{0,45} \cdot \left[\frac{(1 - 0,45) \cdot 6}{0,0008 \cdot 0,45} \right]^2$$

$10^5 \text{ pas} \rightarrow 1 \text{ bars} \rightarrow 10 \text{ m}$ Avec:

$$\frac{\Delta ps}{ls} = 1915.83 \text{ pas} = 0.019 \text{ bars} = 0.19 \text{ m} < 1 \text{ m (acceptable)}$$

c. Calcul de la surface filtrante

$$\Omega = Q_F / V_F$$

$$Q_F = 11373 \text{ m}^3/\text{j} = 473.87 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Omega = \frac{473.87}{8}$$

$$\Omega = 59.231 \text{ m}^2$$

On prend $M=3$ filtres d'où la surface d'un filtre S sera égale à:

$$S = \frac{\Omega}{3}$$

$$S = 19.74 \text{ m}^2$$

Le diamètre d'un filtre sera égal à :

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{(S \times 4)}{\pi} \quad D = \sqrt{\frac{(19.74 \times 4)}{\pi}} D = 5.01 \text{ m}$$

IV.4.1.2. Microfiltration :

a. Calcul du filtre à cartouches

Ces filtres travaillent sous pression (de 4 à 200 bars) et permettent l'élimination de particules de plus fine jusqu'à 0.5 micro, et permis aussi la prévention de toute perte de matériaux filtrants ou de toute de particule par voie atmosphérique.

Il existe deux types de filtres à cartouches :

- 1-Les cartouches consommables
- 2-Les cartouches régénérables (par nettoyage)

Le filtre à cartouches choisi dans notre cas est de type consommable avec les caractéristiques suivantes :

Tableau IV.1 :Caractéristiques de cartouche.

Paramètres	Unité	Valeurs
Longueur (L)	M	0,9144
Surface effective de filtration (S)	m ²	0,3716
Vitesse effective de filtration (V)	m/j.	235,68
Perte de charge (p)	Bars	0,204

b. Calcul de débit par cartouche Q_c

$$Q_c = S * V = 0.3716 * 235.68$$

$$Q_c = 87.58 \text{ m}^3/\text{j}$$

On prend 3 filtres d'où la surface d'un filtre à cartouche donc chaque filtre traitée

$$Q_{al} = \frac{Q_a}{3} = \frac{11373}{3} = 3791 \frac{\text{m}^3}{\text{j}}$$

C .nombre des cartouches dans chaque filtre

$$N = \frac{Q_{al}}{Q_c} = \frac{3791}{87.58} = 43.28$$

Donc N=44 cartouches par filtre.

La perte de charge par tout les cartouches $\Delta p = N * \Delta p_c$

$$\text{Donc: } \Delta p = 44 * 0.204 = 8.97 \text{ bars.}$$

Donc la perte de charge par les cartouches est dans l'intervalle recommandé (4 à 200 bars)

IV.4.1.3. Osmose inverse :

Tableau IV. 02.:Caractéristiques initial de membrane

Les caractéristiques	Unité	Les valeurs
Débit spécifique initial Q_{E0}	GPM	8.33
Diamètre D	Inchs	7.95
Conversion y	%	85
Température T	°C	25
pression de fonctionnement P_f	Psi	400
Concentration de l'eau d'alimentation (en NaCl) CF_0	mg /l	1500
Taux de passage de sel SP_0	%	< 10
La perte de charge moyenne $\Delta p_{FRO}/2$	Psi	3

- GPD : gallon par jour et $1\text{m}^3/\text{j} = 264,2\text{ GPD}$
- GPM : gallon par minute
- 1 inchs = 2.54 cm
- 1 psi = 0.068 atmo et 1 atmo = 10^5 pas
- La perte de charge moyenne : $\Delta p_{\text{FRO}}/2 = 3\text{ psi}$

b.Méthode de calcul

Pour dimensionner le perméateur on suit les étapes suivantes :

1- Détermination des paramètres initial qui influençant le dimensionnement, qui sont :

- Perméabilité initial de membrane K_{wi}
- Molalité totale des eaux des forages m_T
- Concentration de l'eau d'alimentation C_F

Dans cette étape on étudier l'état d'une seul perméateur dans chaque étage.

2- Détermination le nombre de perméateur global pour l'installation. Dans cette étape pour les paramètres initiaux calculés précédant nous appliquons une chaîne de calcul pour chaque étage déterminé les paramètres suivant :

- Débit de production
- Débit d'alimentation
- Débit de rejet
- Les solides totaux de production
- Les solides totaux de rejet
- Perte de charge à trèvere le perméateur

3- Détermination la disposition de les perméateur

Dans cette étape on calcule le taux de conversion global et le débit de production totale, pour ces dernier on suppose une plusieurs arrangement et corrigé les calcule de l'étape précédant, et choisir le mieux adapté qui donne un débit de production élevé et nombre de perméateur déminé.

4- Détermination la qualité d'eau produite.

Dans cette étape pour la valeur de taux de passage de sels (SP) pour chaque étage et la concentration de sels de l'eau d'alimentation on détermine les valeurs de concentration des sels de l'eau de production.

5- Reminéralisations de l'eau produite pour adapter les normes de potabilité.

C'est sous ces conditions que le constructeur a établi les caractéristiques du module, dans notre cas, les conditions de fonctionnement sont différentes des conditions standard, par conséquent quelques corrections s'imposent, notamment la salinité de l'eau.

En effet le constructeur a utilisé une solution ne contenant que NaCl donc il faut qu'on ramène la salinité de notre eau à une salinité équivalente exprimée en ppm NaCl.

c.- Les facteurs influençant le dimensionnement

Dans le but de concevoir une installation utilisant le perméateurs, il est nécessaire de corriger la capacité ou débit de production de perméateurs en tenant compte des conditions de travail.

Le débit de production sous les conditions standards est donné par :

$$Q_{wi0} = K_{wi0} (\Delta p_0 - \Delta \Pi_0) \text{ [Anonyme: technical bulletin N°501, 1977 DUPONT COMPANY]}$$

Avec :

Q_{wi0} : débit initial à travers la membrane.

K_{wi0} : perméabilité initiale de membrane.

Δp_0 : différence de pression à travers la membrane.

$\Delta \Pi_0$: différence de pression osmotique.

$$\Delta p = P_{FR} - P_P$$

$$P_{FR} = \frac{P_F + P_R}{2} = P_{Fabs} - \frac{\Delta P_{FR}}{2}$$

Ou :

P_{Fabs} : pression absolue l'alimentation en (psi)

P_P : pression de l'eau produite en (psi)

P_{FR} : pression moyenne de l'eau dans le module en (psi)

$\Delta P_{FR} = P_F - P_R$ perte de charge à travers de module

Si on connaît le débit initial Q_{w0} aux conditions standard précitées, il est possible de calculer la perméabilité de la membrane qui à son tour peut être utilisée dans des conditions autres que standard.

$$K_{wi} = \frac{Q_{wi}}{\Delta P - \Delta \Pi}$$

$$K'_{wi0} = \frac{1}{\Delta P_0 - \Delta \Pi_0}$$

K'_{wi} : facteur de pression aux conditions standard en (psi)

La pression osmotique Π peut être calculée à partir des deux expressions suivantes :

$$\Pi = 1,12(T+273) \sum m_i \text{ en (psi)}$$

$$\Pi = \frac{0,0385 * C * (T+273)}{1000 - \frac{C}{1000}}$$

Avec :

T : température en (°C)

m_i : molalité de la soluté i en (moles/1000 gr de H₂O)

C : concentration en (ppm NaCl)

La différence de pression osmotique entre la solution concentrée et diluée séparées par la membrane est prise égale à la pression osmotique moyenne entre les deux solutions :

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = \frac{0,0385 * C_{FR0} * (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}}$$

$$C_{FR} = \frac{C_F + C_R}{2}$$

Avec :

C_F : concentration en sels dans l'eau d'alimentation en (ppm NaCl)

C_R : concentration en sels dans l'eau de rejet en (ppm NaCl)

$$C_R = \frac{C_F - C_P}{1 - Y}$$

Y : taux de conversion

C_P : concentration en sels de l'eau produite

Si on estime que dans la production $C_P \approx 0$ (SP < 10%)

$$C_R = \frac{C_F}{1 - Y}$$

Pour le module, aux conditions standard :

$$\frac{\Delta P_{FR0}}{2} = 3 \text{ psi}$$

$$P_{F2} = P_{F1} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} = 400 - 3 = 397 \text{ psi}$$

Pour calculer les Concentration en sels du rejet on prend les valeurs des C_{F0} et Y_0 dans le tableau (13)

d. Concentration en sels du rejet

$$CR0 = \frac{CF0}{1 - Y0} = \frac{1500}{1 - 0.85}$$

$$CR0 = 10000 \text{ ppm NaCl}$$

e. Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet

$$C_{FR0} = \frac{C_{F0} + C_{R0}}{2} = \frac{1500 + 10000}{2}$$

$$CFR0 = \frac{CF0 + CR0}{2} = \frac{1500 + 10000}{2}$$

$$C_{FR0} = 5750 \text{ ppm NaCl}$$

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = \frac{0,0385 * C_{FR0} * (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}} = \frac{0,0385 * 5750 * (25+273)}{1000 - \frac{5750}{1000}}$$

$$\Delta\pi = \pi_{FR} = \frac{0.0385 * CFR0 * (T + 273)}{1000 - \left(\frac{CFR0}{1000}\right)} = \frac{0.0385 * 5750 * (25 + 273)}{1000 - \left(\frac{5750}{1000}\right)}$$

$$\Delta\Pi_0 = 66.35 \text{ psi}$$

$$K' = \frac{1}{\Delta p_0 - \Delta\pi_0} = \frac{1}{397 - 66.35}$$

$$K'_{wi0} = 0.00302 \text{ psi}^{-1}$$

En utilisant $K'_{wi0} = 0.00302 \text{ psi}^{-1}$, il est possible de calculer le facteur de correction de la production des modules :

$$PCF = K'_{wi0} (\Delta P - \Delta\Pi) = K'_{wi0} (\Delta P - \Delta\Pi_{FR})$$

Avec :

$$\Delta P = P_F - \frac{\Delta P_{FR0}}{2}$$

Dans la relation de PCF devient :

$$PCF = K'_{wio} \left(P_F - \frac{\Delta P_{FR}}{2} - \Pi_{FR} \right)$$

PCF : facteur de correction de la production pour obtenir une productivité du perméateurs aux conditions de travail.

$$TCF = \frac{Q_w(T)}{Q_w(25^\circ C)} = 1.03^{(T-25)}$$

Avec :

TCF : facteur de correction du débit de production

$Q_w(T)$: débit de l'eau à la température ambiante

$Q_w(25^\circ C)$: débit de l'eau à 25°C

D'où le débit corrigé :

$$Q_F = Q_{wio} * PCF * TCF * MFRC$$

Avec :

MFRC : facteur de correction du flux de rétention de la membrane

f. Emplacement des perméateurs dans l'installation :

La plus grande performance est obtenue quand le flux traversant un paquet de perméateurs est suffisant pour maintenir une bonne distribution d'eau.

La pression d'alimentation au 2^{ème} étage est plus faible que celle du 1^{ère} étage du fait de la perte de charge à travers les perméateurs et différents raccords :

$$P_{F2} = P_{F1} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - \Delta P_{BAL}$$

ΔP_{BAL} : Perte de pression due aux raccords hydrauliques

$\Delta P_{BAL} = 35$ psi pour les perméateurs en utilisant en nylon.

G. Caractéristiques des eaux brutes de N'GOUSSA

Les caractéristiques des eaux se basent essentiellement sur les analyses physico-chimiques, le tableau suivant montre les concentrations des éléments chimiques dissous dans l'eau dans le

Forage1:

Tableau IV.03.Caractéristiques des eaux brutes (source ADE 2022)

élément	Concentration moyenne
Ca ²⁺	184,36
Mg ²⁺	99,65
Na ⁺	320
K ⁺	23
Cl ⁻	665,51
(SO ₄) ⁻²	595
(HCO ₃) ⁻	128,65
(CO ₃) ⁻²	0
(NO ₃) ⁻	4,18
La somme	2173,51
DEBIT (l/s)	20

h. Calcul de la molalité (m= mol/1000 gr d'eau)

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$\text{molalité} = \frac{\text{concentration} * 10^6}{1000 * \text{massemolaire}(10^6 - \text{salinitétotal})}$$

Avec cette relation on peut calculer la molalité de chaque constitution, et déduire la molalité total, en faisant la somme des molalité de tous les constituants. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau IV.04 .:Molalité en mol/1000.gr d'eau.

Elément	Concentration moyenne	masse molaire	Molalité des eaux
Ca ²⁺	184,36	40	0,00461904
Mg ²⁺	99,65	24,4	0,00409291
Na ⁺	320	23	0,01394335
K ⁺	23	39	0,00059103
Cl ⁻	665,51	35,5	0,0187876
(SO ₄) ⁻²	595	96	0,00621142
(HCO ₃) ⁻	128,65	61	0,00211361
(CO ₃) ⁻²	0	60	0
(NO ₃) ⁻	4,18	62	6,7566E-05
Somme	2173,51		0,05043

Forage2 :

Elément	Concentration moyenne
Ca ²⁺	220,44
Mg ²⁺	133,67
Na ⁺	400
K ⁺	28
Cl ⁻	799,81
(SO ₄) ⁻²	700
(HCO ₃) ⁻	133,09
(CO ₃) ⁻²	0
(NO ₃) ⁻	5,02
Somme	2420,03
DEBIT (l/s)	20

h. Calcul de la molalité (m= mol/1000 gr d'eau)

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$\text{molalité} = \frac{\text{concentration} * 10^6}{1000 * \text{massemolaire}(10^6 - \text{salinitétotal})}$$

Avec cette relation on peut calculer la molalité de chaque constitution, et déduire la molalité total, en faisant la somme des molalité de tous les constituants. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après :

élément	Concentration moyenne	masse molaire	Molalité des eaux
Ca ²⁺	220,44	40	0,00552
Mg ²⁺	133,67	24,4	0,00549
Na ⁺	400	23	0,01743
K ⁺	28	39	0,00072
Cl ⁻	799,81	35,5	0,02258
(SO ₄) ⁻²	700	96	0,00731
(HCO ₃) ⁻	133,09	61	0,00219
(CO ₃) ⁻²	0	60	0,00000
(NO ₃) ⁻	5,02	62	0,00008
La somme	2420,03		0,06133

.Tableau IV.07 : Calcule la molalité des Concentration moyenne .

élément	Concentration moyenne	masse molaire	Molalité des eaux
Ca ²⁺	202,40	40	0,00507126
Mg ²⁺	116,66	24,4	0,00479179
Na ⁺	360,00	23	0,015687
K ⁺	25,50	39	0,0006553
Cl ⁻	732,66	35,5	0,02068423
(SO ₄) ⁻²	647,50	96	0,0067598
(HCO ₃) ⁻	130,87	61	0,00215018
(CO ₃) ⁻²	0,00	60	0
(NO ₃) ⁻	4,60	62	7,4359E-05
somme	2220,19	2296,77	0,05588

* Calcul de la molalité totale :

$$m_t = \frac{\sum m_i * Q_i}{Q_i}$$

m et Q : sont respectivement les molalité et les débit des deux forages.

$$m_t = \frac{55.87 * 10^{-3} * 30}{30}$$

$m_T = 55.87 * 10^{-3} \text{ mol/1000 gr d'eau}$

* Calcul de la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl

Par l'égalité entre les deux équations (1) et (1') représenté ci- dessous on peut déterminés la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl

$$\Pi = 1.12 (T+273) m_T \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta \Pi = \frac{0.0385 * C_F * (T + 273)}{1000 - \frac{C_F}{1000}} \dots\dots\dots (1)'$$

$$(1)=(1)' \Rightarrow C_F = \frac{1.12 * m_T * 10^6}{38.5 + 1.12 * m_T}$$

A.N:

$$CF = \frac{1.12 \times 55.87 * 10 - 3 \times 10 - 6}{38.5 + 1.12 \times 55.87 * 10 - 3}$$

$$C_F = C_F = 1622.60 \text{ ppm NaCl}$$

Calcul du nombre de perméateurs

Nous admettons deux étages avec une conversion totale de 85% pour élever le débit de production

Etage 1

* Concentration de l'eau d'alimentation

$$C_{F1} = 1622.60 \text{ ppm NaCl}$$

On suppose $Y_1 = 50\%$

* Concentration en sels du rejet

$$CR1 = \frac{CF1}{1 - 0.5} = \frac{1622.93}{0.5}$$

$$C_1 CR1 = 3245.20 \text{ ppm NaCl}$$

* Concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet

$$C_{fr1} = \frac{CF1 + CR1}{2} = \frac{1622.67 + 3245.34}{2}$$

$$C_{FR} C_{FR1} = 2433.90 \text{ ppm NaCl}$$

* Pression osmotique de l'alimentation

$$\begin{aligned} PPF_1 &= 8.308 * 0.9 * (T + 273) * m_T \\ &= 8.308 * 0.9 * (25 + 273) * 55.88 * 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\text{PPFPPF}_1 = 124.48 \text{ kpa}$$

***Pression osmotique de production**

$$\text{PPP}_1 = 0.01 * \text{PPF}_1 = 0,01 * 124.51$$

$$\text{PPPPPP}_1 = 1.24 \text{ kpa}$$

***Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet**

$$ppfr1 = \frac{0.0385 * Cfr1 * (T + 273)}{1000 - \left(\frac{Cfr1}{1000}\right)} = \frac{0.0385 * 2433.90 * 298}{1000 - \left(\frac{2434.90}{1000}\right)}$$

$$\text{PPF PFR}_1 = 27.99 \text{ pas}$$

*** Facteur de correction de la production**

$$PCF1 = K'wi0 \left(Pf1 - \left(\frac{\Delta pfr0}{2}\right) - ppFR1 \right) = 0.00302(400 - 3 - 28)$$

$$\text{PCF}_1 = 1.11 \text{ pas}$$

*** Facteur de correction du flux de rétention de la membrane**

$$\text{MFRC}_1 = 0.8 \text{ à } 400 \text{ psi, } 25^\circ\text{c et } 3 \text{ ans durée de vie de la membrane (annexes tableau)}$$

***Facteur de correction de température**

$$\text{TCF} = (1.03)^{(T-25)} = (1.03)^{(25-25)}$$

$$\text{TCF TCF} = 1$$

***Débit de production**

$$Q_{p1} = \text{PCF}_1 * \text{TCF} * \text{MFRC}_1 * Q_{wi0}$$

$$= 1,11 * 1 * 0,8 * 8.33$$

$$Q_{p1} = 7.43 \text{ GPM}$$

***Débit d'alimentation**

$$Q_{f1} = \frac{Q_{p1}}{Y1} = \frac{7,43}{0.5}$$

$$Q_{F1} = 14,85 \text{ GPM}$$

* Débit de rejet

$$Q_{R1} = Q_{F1} - Q_{P1} = 14,85 - 7,43$$

$$Q_R \quad Q_{R1} = 7,43 \text{ GPM}$$

* Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet

$$Q_{fr1} = \frac{Q_{f1} + Q_{r1}}{2} = \frac{14,85 + 7,43}{2}$$

$$Q_{FR1} \quad Q_{FR1} = 11,14 \text{ GPM}$$

* Facteurs de correction du passage de sels

$$SPCF1 = \frac{(CF0 * CFR1)}{PCF1 * CF1 * CFR0} = 1500 * \frac{1622,60}{1,11 * 1622,60 * 5750}$$

$$SPC \quad SPCF1 = 0,35$$

* Taux de passage de sels

$$SP1 = SP0 * SPCF1 = 0,1 * 0,35$$

$$SP1 \quad SP1 = 0,035 = 3,5\%$$

* Les solides totaux dissous de la production

$$TDSP1 = SP1 * TDS0 = 0,035 * 2220,19$$

$$TDS \quad TDSP1 = 77,76 \text{ mg/l}$$

* Les solides totaux dissous du rejet

$$TDSR1 = (1 - SP1) * TDS0 = (1 - 0,035) * 2220,19$$

$$TDSTDSR1 = 2142,23 \text{ mg/l}$$

* Perte de charge à travers le perméateur

$$\Delta P_{FR1} = 0,703 * 13,68$$

$$\Delta P_{FR1} = 7.83 \text{ psi}$$

On applique les mêmes calculs dans les étages 2

Tableau IV. 08 : Le calcul de l'étage 2 résumé dans le tableau suivant.

Parameters	Formules	Unité	valeurs
Etage 2 Y₂ = 50%			
- Concentration de l'eau d'alimentation	- $C_{F2} = C_{R1}$	ppm NaCl	3245.20
- pression d'alimentation	- $P_{F2} = P_{F1} - \Delta P_{FR1}/2 - P_{BAL}$	Psi	361.08
- concentration en sels du rejet	$C_{R2} = \frac{C_{F2}}{1-Y_2}$	ppm NaCl	6490.39
- concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet	$C_{FR2} = \frac{C_{F2} + C_{R2}}{2}$	ppm NaCl	4867.79
- pression osmotique de l'alimentation	$m_2 = SP_1 * m_1$ $PPF_2 = 8,308 * 0,9 * (T + 273) * m_2$	mol/1000gr 'eau	0,00196 4,37
- Pression osmotique de production	$PPP_2 = 0.01 * PPF_2$	Kpa	0,044
- Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet	- $PPFR_2 = \frac{0,0385 * C_{FR2} * (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR2}}{1000}}$	Kpa	56,12
- facteur de correction de la production	$PCF_2 = K'_{wi0} (P_{F2} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - PPFR_2)$	psi	0,85
- facteur de correction du flux de rétention de la membrane	- $MFRC_2 = 0.825 \text{ à } 359,67$	Psi	0,828
- Débit de production	- $Q_{P2} = PCF_2 * TCF * MFRC_2 * Q_{wi0}$	GPM	5,88
- Débit d'alimentation	- $Q_{F2} = \frac{Q_{P2}}{Y_2}$	GPM	11,75
- Débit de rejet	- $Q_{R2} = Q_{F2} - Q_{P2}$	GPM	5,88
- Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet	- $Q_{FR2} = \frac{Q_{F2} + Q_{R2}}{2}$	GPM	8,81
- Facteurs de correction du passage de sels	- $SPCF_2 = \frac{C_{F0} * C_{FR2}}{PCF_2 * C_{F2} * C_{FR0}}$	-	0,46
- Taux de passage de sels	- $SP_2 = SP_0 * SPCF_2$	-	0,046
- Les solides totaux dissous de la production	- $TDSP_2 = SP_2 * TDSP_1$	mg/l	3,58
- Les solides totaux dissous du rejet	- $TDSP_2 = (1 - SP_2) * TDSP_1$	mg/l	74,38
- Perte de charge à travers le perméateurs	- ΔP_{FR2} [$Q_{FR2} = 13$ GPM, on tir ΔP_{FR2} (voir l'annexe)]	Psi	6,20

***Calcul des conversions :**

Nous nous sommes intéressés dans cette partie d'utiliser l'arrangement 8/6 pour la détermination des taux de conversion globale et des débits de production totale.

Pour calculer le débit de production totale, on prend les valeurs des différents débits de chaque étage.

$$\text{Etage 1 : } 8 \times QP1 = 8 \times 7.43 = 59.41 \text{ G0PM}$$

$$\text{Etage 2 : } 6 \times QP2 = 6 \times 5.88 = 35.26 \text{ GPM}$$

*** Débit de production total :**

$$QPT = 59.41 + 35.26$$

$$QPT = 94.67 \text{ GPM}$$

Calcul du débit d'alimentation par la formule suivante:

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{94.41}{0.85} Y_t = 85\%$$

:

Q_{FT} = 111.37 GPM

On calcule les différents conversions Y1, Y2 pour corriger les calculs de chaque étage.

$$Y1 = (59.41 / 111.37) * 100$$

$$Y1 = 53.34\%$$

$$Y2 = (35.26 / 111.37 - 59.41) * 100$$

$$Y2 = 67.85\%$$

Tableau IV.09 : Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

	Etage 01		Etage 02
Y ₁	53.34%	Y ₂	67.85%
C _F	1622,60	C _{F2}	3477,77
P _F	400	P _{F2}	361,65
C _R	3477,77	C _{R2}	10817,32
C _{FR}	2550,18	C _{FR2}	7147,54
M	0,05587	m ₂	0,00220
PPF	124,48	PPF ₂	4,91
PPP	1,24	PPP ₂	0,049
PPFR	29,33	PPFR ₂	82,59
PCF	1,04	PCF ₂	0,78
MFRC	0,80	MFRC ₂	0,828
TCF	1,00	TCF ₂	1,00
Q_P	6,93	Q_{P2}	5,38
Q _F	13,00	Q _{F2}	7,93
Q _R	6,06	Q _{R2}	2,55
Q _{FR}	9,53	Q _{FR2}	5,24
SPCF	0,39	SPCF ₂	0,69
SP	0,039	SP ₂	0,069
TDSP	87,48	TDSP ₂	6,01
TDSR	2132,71	TDSR ₂	81,47
ΔP _{FR}	6,70	ΔP _{FR2}	3,69

*** Calcul des nouvelles conversions**

Pour calculer le débit de production total, on calcule le débit total de chaque étage:

Etage 1 : $Q_{P1} = 8 * 6.93 = 55.47$ GPM

Etage 2 : $Q_{P2} = 6 * 5.38 = 32.29$ GPM

On calcule le débit de production totale par la formule suivant :

$$\text{Donc : } Q_{PT} = 55.47 + 32.29 \quad Q_{PT} = \mathbf{87.76 \text{ GPM}}$$

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivante

Soit une alimentation :

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{87.76}{0.85} Y_t = 85\%$$

$$Q_{FT} = 103.25 \text{ GPM}$$

Les différentes conversions inférieures à 1% les résultats acceptable ou les différentes conversions supérieures à 1% en Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

$$Y_1 = (55.47/109.10) * 100 = 50.85 \% \quad \Delta y_1 = 53.73 - 53.34 = 0.38\% > 1\%$$

$$Y_2 = (32.29/109.22 - 55.47) * 100 = 60.21\% \quad \Delta y_2 = 67.58 - 67.85 = 0.27\% > 1\%$$

Ces résultats sont en mauvais accord avec les premiers donc en calcul nouvelle correction.

Tableau IV.10 : Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

	Etage 1		Etage 2
Y ₁	53.20%	Y ₂	67.95%
C _{F1}	1622,60	C _{F2}	3506,53
P _{F1}	400	P _{F2}	361,68
C _{R1}	3506,53	C _{R2}	10817,32
C _{FR1}	2564,57	C _{FR2}	7161,93
m ₁	0,05587	m ₂	0,00221
PPF ₁	124,48	PPF ₂	4,94
PPP ₁	1,24	PPP ₂	0,049
PPFR ₁	29,50	PPFR ₂	82,76
PCF ₁	1,04	PCF ₂	0,78
MFRC ₁	0,80	MFRC ₂	0,828
TCF ₁	1,00	TCF ₂	1,00
Q _{P1}	6,93	Q _{P2}	5,38
Q _{F1}	12,90	Q _{F2}	7,96
Q _{R1}	5,97	Q _{R2}	2,58
Q _{FR1}	9,43	Q _{FR2}	5,27
SPCF ₁	0,40	SPCF ₂	0,68
SP ₁	0,040	SP ₂	0,068
TDSP ₁	88,02	TDSP ₂	6,01
TDSR ₁	2132,17	TDSR ₂	82,01
ΔP _{FR1}	6,63	ΔP _{FR2}	3,71

*** Calcul des nouvelles conversions**

Pour calculer le débit de production totale, on calcule le débit total de chaque étage :

$$\text{Etage 1 : } Q_{P1} = 8 * 6.93 = 55.45 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 2 : } Q_{p2} = 6 * 5.38 = 32.28 \text{ GPM}$$

On calcul le débit de production totale par la formule suivant :

$$\text{Donc : } Q_{PT} = 55.45 + 32.28$$

$$Q_{PT} = 87.72 \text{ GPM}$$

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivent

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{87.72}{0.85} Y_t = 85\%$$

$$Q_{FT} = 103.20 \text{ GPM}$$

$$Y_1 = (55.45 / 103.20) * 100 = 53.72 \% \quad \Delta y_1 = 53.72 - 53.73 = 0.01\% < 1\%$$

$$Y_2 = (32.28 / 113.22 - 55.45) * 100 = 67.59\% \quad \Delta y_2 = 67.59 - 67.58 = 0.01\% < 1\%$$

Ces résultats sont en bon accord avec les premiers.

*Calcul du débit spécifique du perméateurs à la production

$$Q_{spc} = \frac{Q_{pt}}{14} = \frac{87.72}{14} = 6.27 \text{ Gpm/perméateur}$$

*Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation

$$N_T = \frac{Q_{WT}}{Q_{SPC}}$$

Avec : Q_{WT} = débit total de production

Q_{WT} = débit d'eau brute x conversion total

$$Q_{WT} = \frac{3456 * 0.85 * 264.2}{24 * 60}$$

$$Q_{WT} = 538.97 \text{ GPM}$$

$$N_t = \frac{538.97}{6.27} = 86 \text{ perméateurs}$$

* Calcul du nombre de perméateur dans chaque ligne

Le calcul ce fait comme suit :

$$n = \frac{N_t}{2} = \frac{86}{2} = 43 \text{ perméateur}$$

* Calcul de la disposition par étage

$$\text{Etage 1 : } 43(8/14) = 24.58 \text{ perm}$$

$$\text{Etage 2 : } 43(6/14) = 18.43 \text{ perm}$$

*** Calcul des débits de production en m³/j**Etage 1 : $24.58 \times 6.93 = 170.33$ GpmEtage2 : $18.43 \times 5.38 = 99.16$ Gpm

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{Pt} = 170.33 + 99.16$$

$$Q_{Pt} = 269.48 \text{ GPM}$$

Donc le débit de production de notre installation d'osmose inverse pour la disposition

$$Q_{PT} = 2 \times Q_{Pt} = 2 \times 269.48$$

$$Q_{PT} = 538.97 \text{ GPM}$$

$$Q_{PT} = 2937.61 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Calcul du débit de rejet**

$$Q_{RT} = \text{Etage2} \times Q_{R2} \times N_T$$

$$Q_{RT} = 2.85 \times 86 \times 18.43$$

$$Q_{RT} = 95.12 \text{ GPM}$$

*** Calcul de la conversion totale**

$$Y_t = \frac{Q_{pt}}{Q_{pt} + Q_{rt}} = \frac{538.97}{538.97 + 95.12} \times 100$$

$$Y_T = 85,00\%$$

- Prévission de qualité d'eau osmose** Calcul de la concentration moyenne des deux forages**

Pour le calcul de la qualité des eaux produites, on va déterminer la concentration moyenne des deux forages pour chaque constituant, en utilisant la loi des sels transportés.

Les résultats obtenus sont dans le tableau ci-dessous :

Exemple de calcul :

$[Ca^{+2}]_1 = 184.36$ mg/l (cas de forage N'GOUSSA 01) avec $Q_1 = 20$ l/s

$[Ca^{+2}]_2 = 220.44$ mg/l (cas de forage N'GOUSSA 2) avec $Q_1 = 20$ l/s

$$[Ca^{+2}]_{moy} = \frac{Q1[Ca+2]1 + Q2[Ca+2]2}{\sum Q}$$

$$[Ca^{+2}]_{moy} = \frac{20[184.36] + 20[220.44]}{40}$$

$$[Ca^{+2}]_{moy} = 202.40 \text{ mg/l}$$

Tableau IV. 11 : La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion

Les ions	Concentration moyenne mg/l
Ca ⁺²	202,40
Mg ⁺²	116,66
Na ⁺	360,00
K ⁺	25,50
cl ⁻	732,66
SO ₄ ⁻	647,50
CO ₃ ⁻	0.00
HCO ₃ ⁻	130,87
TOTAL	2220,19

*** Calcul de la qualité de l'eau produite**

Avec :

Les valeurs ci-dessous dans le tableau

$$Y_1 = 53.72\% \quad Q_{P1} = 55.45 \text{ GPM} \quad SP_1 = 0,040$$

$$Y_2 = 67.59\% \quad Q_{P2} = 32.28 \text{ GPM} \quad SP_2 = 0,068$$

Etage 1

*** Concentration du l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P1} = SP_1 * [Ca^{+2}]_F = 0.040 * 202.40$$

$$[Ca^{+2}]_{P1} = 8.02 \text{ ppm}$$

*** Concentration du l'eau de rejet**

$$[Ca + 2]_{r1} = \frac{[Ca+2] - y_1 * [Ca+2]_{P1}}{1 - y_1} = \frac{202.40 - (0.5372 * 8.02)}{1 - 0.5372}$$

$$[\text{Ca}^{+2}]_{\text{R1}} = 428.07 \text{ ppm}$$

Etage 2*** Concentration du l'eau produite**

$$[\text{Ca}^{+2}]_{\text{P2}} = \text{SP}_2 * [\text{Ca}^{+2}]_{\text{R1}} = 0.068 * 428.07$$

$$[\text{Ca}^{+2}]_{\text{P2}} = 29.24 \text{ ppm}$$

*** Calcul de la concentration moyenne**

$$[\text{Ca}^{+2}]_{\text{moy}} = \frac{QP1 * [\text{Ca}^{+2}]_{\text{P1}} + QP2 * [\text{Ca}^{+2}]_{\text{P2}}}{QPT}$$

$$[\text{Ca}^{+2}]_{\text{moy}} = \frac{(8.02 * 55.45) + (32.28 * 29.24)}{87.72}$$

$$[\text{Ca}^{+2}]_{\text{moy}} = 15.83 \text{ ppm}$$

Suivant la même méthode, on fait les calculs pour le reste des concentrations, pour le 1^{er} étage ainsi que pour le 2^{eme}. Le tableau ci-après résume les différents calculs :

Tableau IV.12. Calcul de la concentration de l'eau osmose pour la disposition 8/6

Lesions	étage 1				étage 2		moyenne
	aliment	SP1	pro en ppm	rejet en ppm	SP2	pro en ppm	
Ca ²⁺	202,40	0,040	8,02	428,07	0,068	29,24	15,83
Mg ²⁺	116,66		4,62	246,73		16,85	9,12
Na ⁺	360,00		14,27	761,38		52,01	28,16
K ⁺	25,50		1,01	53,93		3,68	1,99
Cl ⁻	732,66		29,05	1549,54		105,85	57,31
(SO ₄) ⁻²	647,50		25,67	1369,43		93,55	50,65
(CO ₃) ⁻²	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
(HCO ₃) ⁻	130,87		5,19	276,78		18,91	10,24
(NO ₃) ⁻	4,60		0,18	9,73		0,66	0,36

Les résultats obtenus présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV. 13 :Tableau récapitulatif de tous les résultats

Les arrangements	Les étages	Taux de conversion par étage Y_i (%)	Nombre de perméateurs par étage	Débit de production par étage en (m^3/j)	Nombre de perméateurs total	Taux de conversion globale en %	Q_{PT} en (m^3/j)	Salinité résiduelle TDSPT en (mg/l)
8/6	1^{ère}	53.72	25	928.36	43	85%	2937.61	173.66
	2^{ème}	67.59	18	540.46				

Remarque

On remarque que l'eau osmose à une salinité de 173.66 ppm, alors que l'eau été à une salinité de 2220.19 ppm avant la déminéralisation.

IV.4.1.4. Reminéralisations

Les eaux produite très douce par apport les eaux potable pour les normes algérienne donc pour augmentée la salinité de l'eau produit pour adapté les eaux potable, on ajouté une quantité d'eau pure dans le réservoir de stockage.

* Calcul de la quantité d'eau ajoutée du réservoir

On donne :

- Salinité d'eau brute $TDS_{PU} = 2220.19$ mg/l
- Salinité d'eau produite $TDS_P = 173.66$ mg/l
- Salinité d'eau potable pour les normes algérienne $TDS_N = 500$ mg/l
- Débit d'eau produit $Q_P = = 2937.61$ m³/j

Pour déterminer la valeur du débit d'eau Q_A qui alimenté le réservoir de stockage on appliqué la formule de calcul la salinité tell que :

$$TDS_N = (\sum Q_i * TDS_i) / \sum Q_i$$

Donc :

$$TDS_N = (TDS_{PU} * Q_A + TDS_P * Q_P) / Q_P + Q_A$$

$$\text{Donc : } Q_A = ((TDS_N - TDS_P) Q_P) / (TDS_{PU} - TDS_N)$$

$$Q_A = \frac{(500 - 173.66) * 2937.61}{2220.19 - 500}$$
$$= 557.29 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc le nouveau débit de la production de la station est égale : $Q = Q_P + Q_A$

$$Q = 2937.60 + 557.29 = 3494.83 \text{ m}^3/\text{j} = 40.45 \text{ l/s}$$

La concentration des sels minéraux est égale **TDS = 500 ppm NaCl**

* Les pompes nécessaires pour la station

Le choix de la pompe se fait les critères suivants :

- Le débit d'exploitation
- L'hauteur manométrique totale H_{MT}
- La consommation d'énergie (puissance)

Donc: dans la station il existe trois type du pompe

- 02 Pompes centrifuges type IR65
- 02 Pompes immergé type PD
- 03 Pompe haut pression type MK 100

IV.5.CONCLUSION :

La station dimensionnée pour la déminéralisation des eaux de consommation à la Daira de N'GOUSSA débute par un prétraitement. Pour le traitement principal, on a opté pour l'osmose inverse, la membrane contient une ligne cette dernière est composée de deux étages.

On a choisi l'arrangement 8/6 car il présente le meilleur débit d'eau produite avec une meilleure qualité (le taux de l'eau produite est 85% du l'eau brute).

Concernant la désinfection, les eaux traitées sont dosées par l'hypochlorite de sodium afin de détruire les micro-organismes pathogènes.

Chapitre V :

Etude technico économiques et gestion de la station

V.1. Introduction

L'accord technique d'un projet n'implique pas sa réalisation directe car il doit être accepté de point de vue économique afin d'estimer son coût et de confirmer sa durée de vie.

L'étude technico-économique de la station de déminéralisation conçue est indispensable pour déterminer les différentes charges et dépenses qui entrent en jeu

Tableau V.1 .Prix de la construction de l'unité

N°	Nature des ouvrages	Unité de mesure	Quantité	Prix. U DA	Prix total DA
1	Bâtiment (hangar)	Unité	01	30 000 000	30 000 000
2	Clôture	m L	150	25 000	3 750 000
3	Pose de conduite	m L	300	4000	1 200 000
4	Deux réservoirs	Unité	2	35 000 000	70 000 000
				Total	10 4950 000

V.2. Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)

Les équipements sont tous ce qui appareillages et installations, et qui sont installées à l'intérieur de l'hangar

Les pompes : - 02 pompes immergées installé pour l'alimentation de l'unité

- 02 pompes centrifuges.
- 03 pompes hautes pression installé pour les étages.

Tableau V.2 .Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA
1	Transformateur	01	7 500 000	7 500 000
2	Groupe électrogène	01	5 333 800	5 333 800
3	Pompes immergées	02	180 000	360 000
4	Pompes centrifuges	02	500 000	1 000 000
5	Pompes haute pression	03	1 250 999	3 752 997
			Total	17 946 797

V.3. Prix de l'équipement de l'osmoseur

Tableau V.3 ..Prix de l'équipement de l'osmoseur

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA
1	Membranes	86	150 000	12 900 000
2	Corps des membranes	11	250 000	2 750 000
3	Filtre à cartouche	132	2 500	330 000
4	Corps du filtre à cartouches	3	40 000	120 000
5	Filtres à sables	3	1 600 000	4 800 000
	Appareille de dosage du l'eau de javelle	02	120 500	241 000
6	Appareille qui injectée Antiscalon	02	120 500	241 000
7	Ensemble des tuyaux sou pression (PVC)	200 ml (Φ110)	400	80 000
8	Ensemble des tuyaux haut pression (inoxe)	150 ml (Φ80)	1 000	150 000
Total				21 612 000

Les prix mentionnés dans les sont des prix en T.T.C et les dépenses pour le transport, l'installation et la manutention des équipements sont incluses en plus du coût d'investissement directs (CI).

Donc : le prix total d'investissement directe est égale : **122 896 797 DA**

V.4.Charges annuelles d'exploitation (A)

Les charge annuelles d'exploitation se composent de:

- * Coût d'investissement direct et indirect par an.
- * Charges de personnels
- * L'amortissement et les charges de maintenances et de réparation.
- * L'énergie consommée.

V.5. Coût d'investissement indirect

Il y a ce qu'on appelle les coûts d'investissement indirects (CII) et qui se compose de

- Intérêts (15 à 20 % de CI)
- Mesures prises (10 % de Ci)
- Imprévus (16%)
- Capital (5% de Ci)

Ces coûts seront repartis sur la durée de vie de l'unité et le résultat sera rajouté aux charges annuelles d'exploitation

$$C_{II/25} = \frac{122\,896\,797}{25} = 49\,15871.88 \text{ DA}$$

V.6.Charge de main-d'œuvre

Avant d'entamer les charges de personnel, il faut mentionner le personnel qui assure la gestion des unités

Tableau V.4.charge de main-d'œuvre

N°	Fonction	Nombre	Durée (mois)	Salaire	Total salaire
1	Chef d'exploitation	01	12	60 000	720 000
2	Ingénieur	01	12	50 000	600 000
3	Technicien	02	12	35 000	840 000
4	Agent de sécurité	02	12	25 000	600 000
5	Ouvrier	02	12	20 000	480 000
6	Femme domage	01	12	18 000	216 000
				Total	3 456 000

Pour le tableau, le choix du nombre de personnels de la station est en fonction de la taille de la station, de son importance et son régime en marche (24h).[Station dessalement IFRI .GARA]

V.7. Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station

1/L'amortissement

Tout bien durable perd sa valeur par usure ou par obsolescence (le matériel nouveau est techniquement plus avancé et le matériel acquis se démode vite).

L'amortissement est considéré comme la prise en compte de la perte de valeur que subit un bien durable.

C'est la répartition de la charge d'un bien durable sur le nombre d'utilisation. On retiendra deux types de calcul d'amortissement :

***Amortissement constant**

Le montant d'amortissement s'obtient en divisant d'achat par la durée probable d'utilisation

$$\text{Annuité d'amortissement} = \text{Valeur d'achat} / \text{Nombre d'année}$$

***Amortissement dégressif**

Le calcul de l'annuité d'amortissement s'effectue en appliquant le taux non pas à sa valeur nette à une date donnée ; elle est égale à la valeur d'origine des amortissements déjà effectués.

$$\text{Annuité d'amortissement} = \text{Valeur d'achat} * \text{Taux d'amortissement}$$

Pour notre étude, on a choisi l'amortissement constant.

Donc: **l'annuité d'amortissement = valeur d'achat/nombre d'année d'utilisation.**

Chaque type d'investissement (bâtiment, réservoir de stockage, pompes) à sa propre durée de vie d'où la nécessité de calculer l'amortissement de chaque investissement à part et de faire ensuite la somme.

Pour les charges de réparation et d'entretien des différents ouvrages et équipements, il est recommandé d'utiliser les taux mentionnés dans le tableau suivant partie entretien et réparation.

Les résultats trouvés dans le tableau suivant rentrent dans les charges annuelles.

Tableau V .5.Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station

N°	Natures des ouvrages et équipements	Capital investi K ou PDA	Charges d'amortissement		Charges de réparation et d'entretien	
			%	DA	%	DA
1	Equipements. Electrique	23 501 400	10	2 350 140	3,8	893 053,2
2	Pompes	51 129 97	20	1 022 599,4	3,8	194 293,886
3	Pose des conduites	1 200 000	5	60 000	2,2	26 400
4	Deux Réservoir	70 000 000	3,5	2 450 000	2,2	1 540 000
5	Clôture	3 750 000	3,5	131 250	2,2	82 500
6	Bâtiments	30 000 000	3,5	1 050 000	2,2	660 000
7	Appareille qui injectée antiscalon	241 000	50	120 500	3,8	9 158
8	Appareille de dosage du chlore	241 000	50	120 500	3,8	9 158
9	Filtres à sables	48 00 000	50	2 400 000	1,2	57 600
10	Corps du filtre à cartouches	120 000	10	12 000	2,2	2 640
11	Filtre à cartouche	330000	2400	7 920 000	10	33 000
12	Corps des membranes	275 0 000	5	137 500	2,2	60 500
13	Membranes	129 00 000	100	12 900 000	1,5	193 500
14	Ensemble de tuyaux (pvc)	80 000	3	2 400	2,2	1 760
15	Ensemble de tuyaux (inoxe)	150000	5	7 500	2,2	3 300
			T	30 684 389,4	Total	3 766 863,086

Pour le tableau la durée de vie des différentes ouvrages et équipements est représentée en pourcentage $\beta(\%) = (\text{durée de vie})^{-1} * 100$

Les charges moyennes de réparation des équipements sont estimées à 3.8 % de leur valeur.

[Djellakh. B ;Selfaoui .M 2008]

V.8. Coût de l'énergie électrique

La somme des puissances de la station est égale la puissance des pompages (p_t).

Le prix de 1Kwh est 8 DA

Donc coût de l'énergie est $C_E = 8 * p_t$

$$p_t = \sum np_i$$

Avec :

P_i : puissance de chaque pompe

n : nombre des pompes

$$p_t = 2*30 + 2*41 + 3*37 = 253 \text{ kw}$$

$$C_E = 8*289 = 2024 \text{ DA /h}$$

$$\text{Donc : } C_E = 17\,730\,240 \text{ DA/ans}$$

V.9. Calcul du prix du m³ d'eau produite par osmose inverse

V.9.1. Calcul du coût de production Coût_{Tp}

Connaissant les charges annuelles d'exploitation et la quantité d'eau produite, on peut déterminer le coût d'1m³ d'eau par la formule suivante :

$$\text{Coût}_{1p} \text{ (DA/m}^3\text{)} = \text{Charges annuelles d'exploitation (DA/an)/Quantité d'eau produite (m}^3\text{/an)}$$

$$\text{Coût}_{1p} = C/Q_{P/AN}$$

A cette valeur s'ajoute la T.V.A (Taxe à la Valeur Ajoutée) qui est 19% du Coût 1

Donc ;

Le coût_{Tp} total est :

$$\text{Le coût}_{Tp} = \text{Coût}_1 * (1 + 0.19)$$

Application :

V.9.2. Charges annuelles d'exploitation

$$\begin{aligned} C &= 122\,896\,797 + (30\,684\,389,4 + 3\,766\,863,086) + 3\,456\,000 + 17\,730\,240 \\ &= 179\,696\,289.48 \text{ DA/ans} \end{aligned}$$

$$\text{Coût}_{1p} = 179\,696\,289.48 / (2937.61 * 365) = 167.59 \text{ DA/m}^3 \text{ HT}$$

$$\text{Donc Coût}_{Tp} = (167.59 * 1.19) = 199.43 \text{ DA/m}^3 \text{ TTC}$$

Coût_{Tp} = 199.43 DA

V .10.Prix de vente P_v

Le coût calculé $Coût_T$ représente le prix de revient d' $1m^3$ d'eau produite. Pour avoir le prix de vente, il faut rajouter une marge de gain au de revient.

En plus de la rareté de l'eau de bonne qualité dans la zone, qui peut être un facteur important dans la détermination de la marge de gain (on peut choisir une grande marge), la loi du marché nous impose de faire un choix de marge de gain qui permet d'avoir un prix de vente d'une part acceptable par les clientèles et rentable pour le producteur.

La marge de gain choisie est de 20% du prix de revient d'où le prix de vente P_v est :

$$P_v = Coût_{Tp} * (1,2)$$

Application :

$$P_v = 199.43 * 1,2 = 239.32 \text{ DA}$$

277 393 823

$P_v = 239.32 \text{ DA}$

V .11.Gestion

Pour la réalisation d'une station de déminéralisation et les ouvrages annexes, des investissements très importants sont consentis, donc le bon fonctionnement de la station est recherchée, cela ne sera acquis que si cette station est bien entretenue et bien gérée.

V .11.1Surveillance des stations

V .11.1.1Prévention du colmatage

La stratégie générale de prévention du colmatage peut prendre les formes suivantes :

- Pré-filtration ;
- Enlèvement plus poussé des particules et des colloïdes par un autre procédé membranaire ou par un traitement conventionnel ;
- Ajustement de pH (acidification) pour déplacer les équilibres de solutés des sels susceptibles de précipiter (sel de fer, de manganèse, de calcium, de baryum...) ;
- Ajout d'un agent anti-tartre pour empêcher le dépôt de sels à la surface des membranes ;
- Coagulation de la Matière Organique Naturelle. En effet, l'effet colmatant des floes est, a priori, moins fort que celui des colloïdes ;
- Enlèvement du fer (Fe^{2+}) qui pourrait précipiter.

L'autre stratégie de prévention du colmatage consiste à limiter l'accumulation des agents

comatants à la surface de la membrane. La réduction de la vitesse de filtration (ou vitesse de permittions) réduit les risques de colmatage et amène à opérer les systèmes membranaires à plus faible pression transmembranaire.

Cela implique d'augmenter la surface de la membrane utilisée. L'autre manière de limiter l'accumulation des agents comatants à la surface de la membrane est d'augmenter le rétro transport des agents comatants vers le cœur de l'écoulement. Le colmatage biologique peut être limité en faisant des désinfections régulières du système. Le choix des solutions désinfectantes est alors limité par la nature du matériau membranaire. Les stratégies de prévention du colmatage peuvent être combinées.[BERLAND.j ; JUERY.c ;2002]

V .11.1.2.Maintenance des filtres à sable

On injecte simultanément, par le fond du filtre, de l'air et de l'eau; l'eau entraîne les impuretés vers les goulottes de lavage alors que l'air assure un passage suffisant pour décoller ces impuretés, signalons qu'il n'est pas nécessaire que le milieu filtrant soit en expansion pour que le lavage soit efficace. Après l'arrêt des soufflantes, il faut toute fois continue le lavage afin d'entraîner toutes les impuretés vers les goulottes de lavage

La vitesse de l'eau de lavage est une vitesse élevée permet de chasser les impuretés vers les goulottes et de reclasser le matériau filtrant.

V .11.1.3.Maintenance des osmoseurs

Généralement, la maintenance des osmoseurs est trop souvent négligée. Il en résulte une production d'eau de qualité inférieure à celle que l'on pourrait obtenir, et une durée de vie réduite des membranes.

V .11.1.4.Suivi des performances

- 1 L'essentiel du travail de maintenance, à l'exception d'opérations assez spécialisées mais peu fréquentes comme le changement des membranes par exemple, peut être fait par le personnel de maintenance sans faire appel à des fournisseurs extérieurs. [Henri Roque, Lavoisier, Paris (1990

V .11.1.5 Paramètres à enregistrer

Les paramètres à enregistrer – manuellement ou automatiquement quotidiennement sur un osmoseur sont :

- **Pressions**
 - * Pression avant le pré filtre
 - * Pression après le pré filtre et avant la pompe haute pression
 - * Pression après la pompe
 - * Pression en sortie des membranes, coté concentrât

* Pression du perméat (si celle-ci est différente de la pression atmosphérique)

- **Débits**

* Perméat

* Concentrât

- **Conductivité**

* Alimentation

* Perméat C_p

* Concentrât C_c

- **Température de l'eau d'alimentation**

Ces paramètres ne sont pas eux-mêmes une mesure directe des performances de l'osmoseur. Comme nous l'avons vu le débit varie en fonction de la température et la qualité de l'eau produite varie en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation or ces Paramètres varient au cours du temps dans pratiquement toutes les installations. Il est donc essentiel de procéder à quelques calculs à partir des valeurs enregistrées

- **Paramètres à calculer sur la base des enregistrements**

* Taux de recouvrement en % : En principe ce taux ne devrait pas varier. Il peut varier au cours de l'année si la température de l'eau d'alimentation varie.

* Débit de perméat à $T = 30\text{ °C}$ et $P_{moy} = P_{nominale}$: on parle souvent de normalisation du débit.

Comme nous l'avons vu plus haut, le débit varie en fonction de la température de l'eau et de la différence de pression à travers la membrane. On ne peut donc comparer directement les débits mesurés. Si le débit de perméat est resté constant alors les performances se sont dégradés d'avantage que si à température égale et à une différence de pression à travers la membrane qui aurait légèrement augmenté le débit de perméat était resté constant.

Il faut donc calculer :

* Conductivité moyenne : $C_{moy} = (C_{lim} + C_c)/2$

* Taux de rejet : $Rej = 1 - C_p/C_{moy}$

* Perte de charge, coté concentrât, à débit constant : la différence entre la pression en aval de la pompe haute pression et la sortie du concentrât des membranes d3:onne la perte de charge à travers les membranes, coté concentrât.

Ce paramètre est important, car il peut indiquer s'il y a un entartrage important des membranes comme les débits peuvent varier au cours du temps, il faut calculer la perte de charge à débit nominal.

L'approximation suivante est utilisable en pratique

$$\Delta P_{\text{nom}} = \Delta P_{\text{mesuree}} * \frac{2 * Q_{C \text{ nom}} + Q_{P \text{ nom}}}{2 * Q_C + Q_P}$$

$Q_{C \text{ nom}}$ et $Q_{P \text{ nom}}$ étant les débits de concentrât et respectivement de perméat nominaux et $\Delta P_{\text{mesuree}}$ étant la différence de pression effectivement mesurée. Pour les débits on peut aussi prendre les valeurs des débits lors de la mise en service pour $Q_{C \text{ nom}}$ et $Q_{P \text{ nom}}$

Nous avons maintenant 2 valeurs : le débit de perméat à 30 °C (et $P_{\text{moy}} = P_{\text{nominale}}$) et le taux de rejet des membranes qui reflètent les performances de l'osmoseur, et une valeur, ΔP_{norm} , qui est une mesure de l'état des membranes. Le taux de recouvrement doit être contrôlé pour vérifier qu'il ne varie pas plus que quelque % au cours de l'année. [HAMITI .S, LEHRCH .B .2021]

V .11.2. Nettoyage des membranes

Techniques de nettoyage des membranes Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible de perméabilité, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes. Les différentes techniques de nettoyage sont :

- Le rinçage ;
- Le rétro lavage à l'eau ou à l'air. Les fréquences des rétro lavages varient de 15 à 60 minutes tandis que leurs durées varient que 30 s à 3 minutes ;
- Le nettoyage mécanique avec une balle de mousse (uniquement pour les modules tubulaires et pour le colmatage dû à la Matière Organique Naturelle des eaux de surface) ;
- Le nettoyage chimique de la membrane (trempage et / ou circulation nettoyante).

Il est important aussi de procéder à des désinfections périodiques des systèmes membranaires (circuits / compartiment d'alimentation et de permet).

Les notices d'emploi détiennent des recommandations précises quant aux produits à utiliser pour désinfecter les membranes sans les détériorer.

V .11.3.Rejets du procédé

Les chaînes de traitement utilisant des membranes produisent différents types de rejets :

- Concentra ;

- Eaux de rinçage ;
- Eaux de lavage.

Le concentrât est rejeté en continu pendant la production ; Le débit et la composition du concentra sont liés aux taux globaux de récupération et de séparation. Le taux de récupération étant, en général, supérieur ou égal à 75%, le débit de concentrât correspond au maximum à 25% du débit d'alimentation. Les eaux de rinçage et de lavage sont rejetées de manière discontinue.

Lorsque la chaîne de traitement comprend un ou des ajouts de produits chimiques dans l'eau brute (coagulant, oxydant, acide, agent antitartre, etc.), les rejets des membranes contiennent en plus des substances présentes dans l'eau brute, les produits injectés pour traiter l'eau.

V .11.4.Apport d'un suivi à long terme

Le suivi à long terme permet de construire un précieux historique des membranes depuis le début de leur utilisation (base de données). Cet historique peut servir à ajuster les conditions d'opération et à prédire la durée de vie des membranes.

V .11.5.Hygiène et sécurité

En dehors des risques inhérents à toute usine de production d'eau potable (emploi de produits chimiques actifs, présence d'équipement électrique...), les usines qui utilisent des membranes de type ultrafiltration, nano filtration et Osmose inverse fonctionnent à des pressions supérieures à ce qui est normalement observé dans les usines conventionnelles. Le personnel doit être sensibilisé à ce risque.[BERLAND.j ; JUERY.c ;2002]

V .12.Conclusion

Dans notre cas, le mètre cube de l'eau produite est estimée à **239.32 DA**. Ceci après l'étude technico-économique de la station de dessalement afin d'assurer le bon fonctionnement et la bonne gestion et pour avoir une eau conforme de point de vue qualité et quantité.

Conclusion générale

Conclusion générale

A L'issue de cette étude, nous pouvons conclure beaucoup des choses :

La salinité de l'eau est l'un des principaux problèmes de la population d'Ouargla, l'état tente de trouver des solutions à ce problème en permettant aux spécialistes de ce domaine pour construire des stations de traitement d'eau potable.

Dans notre région, le procédé utilisé est celui de la déminéralisation par l'osmose inverse. A l'aide de ce procédé, on obtient une eau 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 (95%). L'eau osmosée est nettement en dessous des critères de potabilités d'une eau de consommation humain sur le plan physico-chimique, une ré-minéralisation est indispensable pour obtenir une eau qui répond au goût agréable des consommateurs toujours en respectant les normes.

Dans notre étude, nous avons discuté de la possibilité d'améliorer la qualité de l'eau potable dans la commune de N'goussa, c'est la raison de la réalisation d'une étude sur la mise en place d'une station de déminéralisation par osmose inverse.

Les résultats ont été très satisfaisants, car nous avons pu réduire la salinité totale de l'eau (TDS) de **2220.19** mg/l à **173.66** mg/l.

Recommandations

Afin d'obtenir un haut débit, nous pouvons ajouter un deuxième forage dans la station de traitement.

Si l'évacuation de l'eau n'est pas conforme aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé, il faut d'abord la traiter avant de la jeter car cela provoque un blocage de la station.

ANNAXES

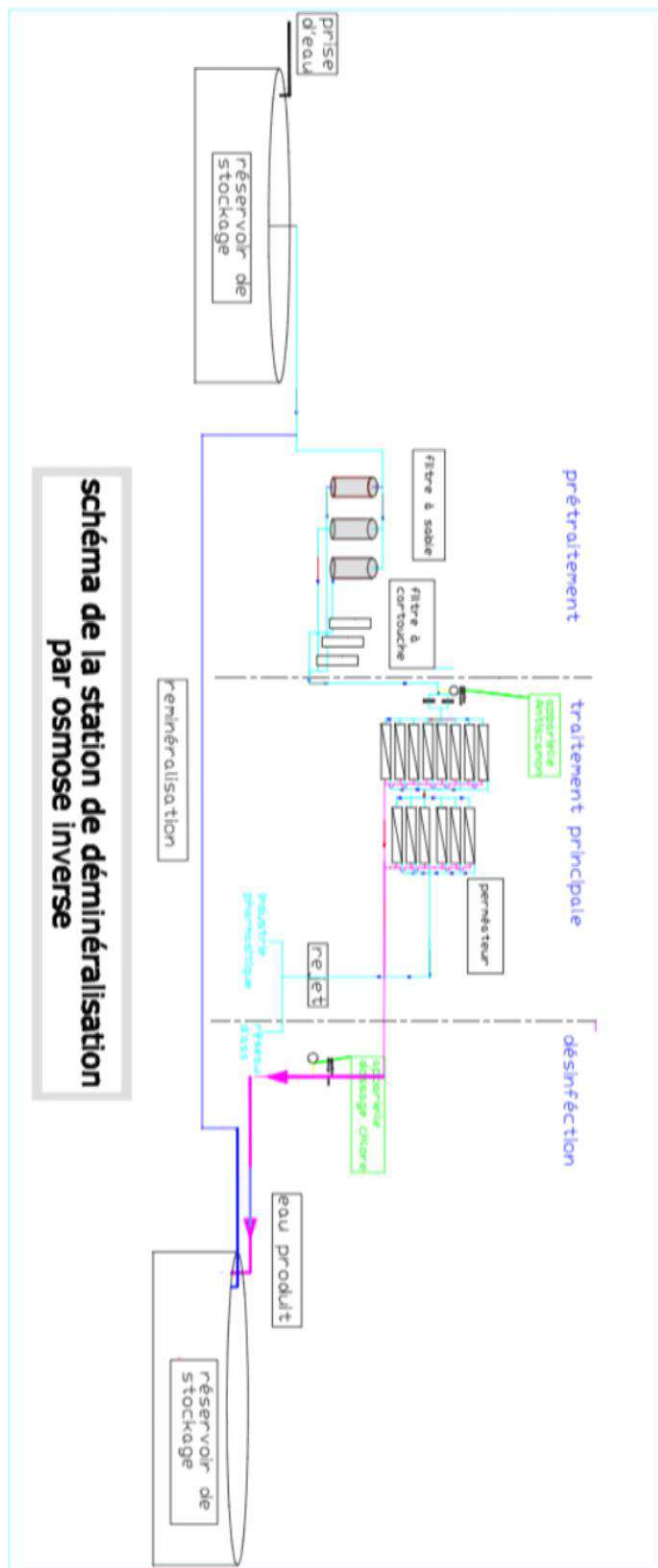


schéma de la station de déminéralisation par osmose inverse



Photo (01):Unité d'osmose inverse



Photo (02):les filtre a cartouche

Résumé :

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

1. ANRH OUARGLA
2. baouia.k. Cours Traitement des eaux(2020/2021) Maitre de conférence –B- à l'Université kasdi merbeh – Ouargla .
3. Belmabedi.A.(2018-2019) Cour de procédés membranaires. univ. Ouargla.
4. BERLAND.j ; JUERY.c ;2002 Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DES AFFAIRES RURALES Office International de l'Eau SNIDE <http://www.menv.gouv.qc.ca>
5. Bouziane.L (2018 / 2019) COURS D'HYDROCHIMIE .
6. C.Brahim , M.Abderaouf, B.Youcef,[Contributions a l'étude géologiques et hydrodynamiques du Complexe Terminal de la région de N'GOUSSA] Géologie Spécialité : Hydrogéologie 2016/2017.
7. Djellakh.B ;Selfaoui.M. Conception d'une station de déminéralisation des eaux potables pour la ville de Djamaa wilaya de l'oued 2007/2008
8. GHERAIRI.Y (2018/2019) Cour de traitement d'eau .
9. HAMITI .S, LEHRCH .B. Dimensionnement d'une station de déminéralisation à la Daïra de Sidi Khouiled (W. Ouargl)2021
10. Henri Roque, « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990)
11. kettab.A . (docteur d'état en hydraulique, maître de conférence à l'E.N.P), «Traitement des eaux (les eaux potables) », (1992)
12. khadraoui.A. Taleb.S. « Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité pollution et impact sur le milieu) », (2008).
13. Khouadja.B , Ataouat.B[Contribution à l'étude d'adoucissement des eaux Souterraines Cas de la Région d'Ouargla] université kasdi merbah –Ouargla 2019 .
14. LIMANE AHMED ;2016 Etude géochimique des nappes du complexe terminal (CT) dans la cuvette de Ouargla.MASTER .Hydrogéologie. Département des Sciences de la Terre et de l'Univers P8] .
15. Station traitement d'eau Ifri Gara
16. مديرية البرمجة ومتابعة الميزانية لولاية ورقلة

Résumé :

Résumé

L'eau de la région d'Ouargla est caractérisée par le taux élevé de la salinité l'ordre 3 g/l représentée comme eaux souterraines par deux grands systèmes aquifères superposés : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT), cette dernière, influe sur la santé du consommateur, qui provoque dans certain cas l'apparition des maladies graves. Donc il est nécessaire de trouver une méthode de dessalement efficace.

On a essayé de dimensionner une station pour améliorer la qualité de l'eau à la daïra de N'goussa par le procédé de Séparation membranaire qui fonctionne sur le principe de l'osmose inverse.

Les résultats de l'analyse montrent que l'eau produite après traitement est potable, et que le prix finale de vente est de l'ordre de : $P_v = 239.32 \text{ DA/m}^3$

Mots clés : la salinité, dessalement, l'osmose inverse, membrane, l'eau produite, dimensionnement

المخلص

تتميز مياه منطقة ورقلة بارتفاع معدل الملوحة ، بترتيب 3 جم / لتر مثل باعتبارها مياه الجوفية بنظامين كبيرين لخزانات المياه الجوفية: القاري الطبقة القارية والمركب النهائي ، وهذا الأخير ، يؤثر على صحة المستهلك ، مما يؤدي في بعض الحالات إلى ظهور أمراض خطيرة ، لذلك من الضروري إيجاد طريقة فعالة لتحلية المياه. حاولنا تحديد حجم محطة لتحسين جودة المياه في دائرة انقوسة من خلال عملية التي تعمل على مبدأ التناضح العكسي. تظهر نتائج التحليل أن الماء المنتج بعد المعالجة صالح للشرب ، وأن سعر البيع النهائي في حدود $PV = 239.32 \text{ DA / m}^3$

الكلمات المفتاحية: الملوحة ، التحلية ، التناضح العكسي ، الغشاء ، المياه المنتجة ، التحجيم ، المياه الجوفية.

Summary

The water in the Ouargla region is characterized by the high salinity rate of around 3 g/l represented as groundwater by two large superimposed aquifer systems: the Continental Intercalaire (CI) and the Complexe Terminal (CT), this last, influences the health of the consumer, which causes in certain cases the appearance of the serious diseases. Therefore it is necessary to find an effective method of desalination.

We tried to size a station to improve the quality of water in the daïra of N'goussa by the process of membrane separation which works on the principle of reverse osmosis.

The results of the analysis show that the water produced after treatment is drinkable, and that the final sale price is of the order of: $PV = 239.32 \text{ DA/m}^3$.

Keywords: salinity, desalination, reverse, osmosis, membrane, produced water, sizing, groundwater.