

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique
جامعة عين تموشنت - بلحاج بوشعيب
Université Ain Témouchent– Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Hydraulique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme Master en:
Domaine : Hydraulique
Spécialité : Hydraulique urbaine
Thème

DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION A IN AMENAS WILAYA D'ILLIZI

Présenté par :

Mr : BENDOUMA KHADIJA

Devant le jury composé de :

President

Examineur

Encadrant

Année Universitaire 2024/2025



Remerciement

- Je voudrais tout d'abord remercier le Dieu très miséricordieux et sa sainte miséricorde de m'avoir donné force et patience et de m'avoir aidé à réaliser et à accomplir ce travail.
- Je tiens à remercier particulièrement M. Abbou, Professeur à l'Université BelhadjBouchaib, Ain T'émouchent, et M. Nehari Abdel Rahman, Chef du Département d'hydraulique , qui ont eu l'honneur de m'encadrer et qui ont grandement contribué à mes côtés lors de la réalisation de ce thèse, tant par leurs qualités scientifiques et humaines que par leurs efforts. Je voudrais exprimer tout mon respect.
- Je tiens également à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'arbitrer ce modeste travail.
- J'adresse également mes remerciements aux responsables et employés de la gare d'In Amenas pour leur aide et leur bon accueil à la gare, et un merci tout particulier à l'ingénieur Ben Fadhila Zakaria.
- Enfin, nous adressons également nos remerciements à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.





Dédicace

- Je dédie ce modeste travail
- A Mes chers parents
- A Mes Frères
- A Mes sœurs
- A Mes amis
- A Ma famille
- A toute la promotion 2024-2025



Résumé

La déminéralisation de l'eau est devenue essentielle dans le sud algérien où la seule ressource en eau disponible, les eaux souterraines, est souvent fortement salinisée. Cette technique permet de transformer cette eau impropre à la consommation en une ressource précieuse pour les populations locales. Notre travail vise à mesurer la performance de la station de déminéralisation par osmose inverse d'In Amenas la wilaya d'Ilizi en évaluant la qualité de l'eau produite. L'évaluation de la qualité de l'eau a été réalisée à l'entrée, au milieu et à la sortie du processus de traitement. Le suivi de certains paramètres physico-chimiques (la conductivité de l'eau, le pH, le [Cl²] et la turbidité) a montré que l'eau produite répond aux normes de potabilité (très bonne qualité). Cette étude montre que l'osmose inverse est une méthode prometteuse pour traiter les eaux souterraines en Algérie.

ملخص

أصبحت إزالة المعادن من المياه أمرًا ضروريًا في جنوب الجزائر حيث غالبًا ما يكون المورد المائي الوحيد المتاح، وهو المياه الجوفية، شديد الملوحة. تتيح هذه التقنية تحويل هذه المياه غير الصالحة للاستهلاك إلى مورد ثمين للسكان المحليين. يهدف عملنا إلى قياس أداء محطة التنقية بالتناضح العكسي في عين أميناس بولاية إليزي من خلال تقييم جودة المياه المنتجة. تم إجراء تقييم جودة المياه عند مدخل ووسط ومخرج عملية المعالجة. أظهر رصد بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية (موصلية المياه، ودرجة الحموضة، [Cl²] والعمارة) أن المياه المنتجة تلبى معايير الشرب (نوعية جيدة جدًا). توضح هذه الدراسة أن التناضح العكسي هو وسيلة واعدة لمعالجة المياه الجوفية في الجزائر.

Abstract

Water demineralization has become essential in southern Algeria where the only available water resource, groundwater, is often highly salinized. This technique makes it possible to transform this water unfit for consumption into a valuable resource for local populations. Our work aims to measure the performance of the reverse osmosis demineralization plant of In Amenas in the wilaya of Illizi by evaluating the quality of the water produced. The water quality assessment was carried out at the inlet, in the middle and at the outlet of the treatment process. The monitoring of certain physicochemical parameters (water conductivity, pH, [Cl²] and turbidity) showed that the water produced meets the standards of potability (very good quality). This study

SOMMAIRE

REMERCIEMENT

DEDICACE

RESUME

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLAUX

LISTE DES CARTES

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE.....**Error! Bookmark not defined.**

I .1.INTRODUCTION :3

I.2.LES DIFF2RENTS TYPES DE TRAITEMENT :3

I.2.1. STATION DE DESSALEMENT :3

I.2.2.STATION DE POMPAGE :12

I.2.3.STATION D'EPURATION :26

I.2.4. STATION DE DEMINERALISATION :37

I.3.CONCLUSION :48

CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .**Error! Bookmark not defined.**

II.1.INTRODUCTION.....50

II.2.LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIF:50

II.3.LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET52

II.4.SITUATION DE L'AEP :61

II.5. ESTIMATIONS DES BESOINS EN EAU:65

II.6.CONCLUSION :69

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

.....**Error! Bookmark not defined.**

III.PRESENTATION DU PROJET.....	71
III.1. INTRODUCTION.....	71
III.2 PROCEDE DE DEMINERALISATION PAR OSMOSE INVERSE :.....	71
III.3 PRETRAITEMENT :.....	72
III.4 SYSTEME OSMOSE INVERSE	78
III.5 QUALITE ET DEBIT D’EAU TRAITEE GARANTIS.....	82
III.6. ÉQUIPEMENT DU LABORATOIRE	83
III.7 ÉQUIPEMENTS D’ATELIER :.....	85
III.8 CONCLUSION :.....	87
CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS Error!	
Bookmark not defined.	
IV.1.INTRODUCTION	89
IV.2. RESULTATS ANALYTIQUES DES EAUX BRUTS :.....	89
IV.3. RESULTATS ANALYTIQUES DES EAUX TRAITEES (OSMOSEES) :.....	99
IV.4 CONCLUSION.....	103
CONCLUSION GENERAL	105
ANNEXES	106
LISTE DES ABRÉVIATIONS	120

LISTE DES FIGURES

N°	FIGURE	PAGE
CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE		
1	station de désalement	3
2	Schéma général d'une installation de dessalement	4
3	Les procédés de dessalement	5
4	roue ouverte	13
5	roue semie ouverte	13
6	roue fermée	13
7	schéma d'une pompe centrifuge.	15
8	dégraisseurs.	26
9	Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques	28
10	Schéma de principe des boues activées.	29
11	Décanteur secondaire « clarificateur »	30
12	Schéma simplifié d'un épaisseur.	32
13	Déshydratation des boues.	33
14	l'osmose inverse	36
15	Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets(MED).	39
16	Schéma de principe d'une unité d'évaporation simple-effet avec compression de vapeur.	40
CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS		

17	Échantillons instantanés à partir des forages H01, H19, H07, H10, H11, et le mélange.	86
----	---	----

LISTE DES TABLAUX

N°	TABLAUX	PAGE
CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE		
1	Découpage administratif de la wilaya d'Ilizi	48
2	Moyennes mensuelles et annuelle des Précipitations Période : 1994-2010	49
3	Températures moyennes mensuelles en (°C) période 1994-2010	49
4	Les vents moyens mensuels et annuels période (1994-2010)	50
5	Évaporation mensuelle et annuelle moyenne (période : 1994-2010).	50
6	Ensoleillement mensuel et annuel moyen (Période : 1994 – 2010).	51
7	Potentiel hydrique mobilisé et exploité	51
8	Répartition des ouvrages d'exhaure d'eau par commune	51
9	Principaux oueds de la wilaya	52
10	population scolarisable et scolarisée	53
11	population scolarisable et scolarisée	54
12	infrastructure sanitaire	54
13	équipements de la SONATRACH	
14	Évolution de la population future de la commune de In Amenas	56
15	complexe hydraulique de In Amenas	57
16	Caractéristique des forages d'In Amenas	59
17	Nombre d'abonnés	59

18	Volumes produits et distribuée m3/ an et en m3/ j	60
19	Volumes totaux facturés	60
20	Adaptation de la dotation avec le nombre de population	61
21	Besoins domestiques	62
22	Débit d'équipement	62
23	Besoins moyens journaliers	63
24	Débit de pointe	64
25	Débit caserne (militaire)	64
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION		
26	tonnage des produits chimiques durant une année	78
27	équipement du laboratoire	79
28	équipement de l'atelier technique	81
CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS		
29	Normes de potabilité Algérienne et OMS	87
30	Résultats d'analyses eaux bruts des 05 forages et le mélange	89
31	Résultats d'analyses des eaux traités à partir de la station de déminéralisation à IN AMENAS en date du 25/07/2024	96
32	Résultats d'analyses des eaux traités à partir de la station de déminéralisation à INAMENAS en date du 27/07/2024	97

LISTE DES CARTES

N°	FIGURE	PAGE
CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE		
1	station de déssalement	3
2	Schéma général d'une installation de dessalement	4
3	Les procédés de dessalement	5
4	roue ouverte	13
5	roue semie ouverte	13
6	roue fermée	13



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource vitale, tant pour la vie humaine que pour les activités industrielles et économiques. Cependant, dans plusieurs régions du monde, notamment en zones arides et semi-arides comme le sud algérien, la disponibilité d'une eau de qualité reste un défi majeur. Dans ces régions, l'eau souterraine constitue souvent la principale source d'approvisionnement, mais elle se caractérise généralement par une forte minéralisation, ce qui limite son usage domestique et industriel. D'où l'intérêt croissant pour le développement de solutions de traitement telles que la déminéralisation, afin d'adapter la qualité de l'eau aux besoins spécifiques.

Le présent mémoire s'inscrit dans cette problématique et porte sur le dimensionnement d'une station de déminéralisation d'eau dans la région d'In Amenas, située au sud-est de l'Algérie. Cette zone, connue pour ses importantes activités gazières, requiert un approvisionnement en eau déminéralisée répondant à des normes strictes, notamment pour les besoins des installations industrielles.

Afin d'atteindre cet objectif, ce travail est structuré en quatre chapitres principaux. Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique, qui présente les différents procédés de traitement et de déminéralisation de l'eau, ainsi que les normes de qualité à respecter. Le deuxième chapitre offre une présentation détaillée de la zone d'étude, mettant en évidence ses caractéristiques géographiques, climatiques, et hydrogéologiques. Le troisième chapitre constitue le cœur du travail, avec le dimensionnement technique de la station de déminéralisation, en tenant compte des besoins en eau et des contraintes locales. Enfin, le quatrième chapitre traite de la qualité des eaux et propose une interprétation des résultats obtenus à travers les analyses physico-chimiques, en vue d'évaluer la performance du traitement proposé.

Ce travail vise ainsi à contribuer à une meilleure gestion des ressources en eau dans les régions sahariennes, en proposant une solution technique adaptée et durable aux besoins spécifiques de la zone d'In Amenas.



CHAPITRE I: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.INTRODUCTION :

L'eau est une ressource essentielle à la vie, mais malheureusement, elle peut être contaminée par divers polluants. Afin de rendre l'eau sûre pour la consommation humaine et pour l'environnement, différents types de traitement des eaux sont utilisés. Dans ce chapitre, nous explorerons les différentes méthodes de traitement des eaux, allant du traitement physique au traitement chimique, pour garantir la qualité de l'eau que nous utilisons au quotidien.

I.2.LES DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT :

I.2.1. station de désalement :

I.2.1.1. définition de désalement :

Le dessalement s'appelle aussi désalinisation ou plus rarement dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. L'eau de mer contient en moyenne 35g/L de sel qui sont essentiellement des chlorures de sodium (76%) et de magnésium (11%), des sulfates de magnésium (5%), de calcium (3,5%) et de potassium (2,4%). Dans l'eau, Les sels sont sous forme d'anions : chlorures et sulfates parallèlement aux cations : sodium, magnésium, calcium et potassium. La salinité de l'eau de mer n'est pas constante. Dans les zones maritimes chaudes et partiellement fermées elle est plus élevée : en méditerranée elle varie de 36 à 39g/L, dans Le Golfe Persique elle peut monter au -delà de 60g/L. C'est l'inverse dans les mers froides recevant de forts apports fluviaux : 7g/L dans la Baltique.



Figure01:station de désalement[20]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

I.2.1.2.Schéma général d'une installation de dessalement :

On peut diviser une installation de dessalement en 4 postes principaux:

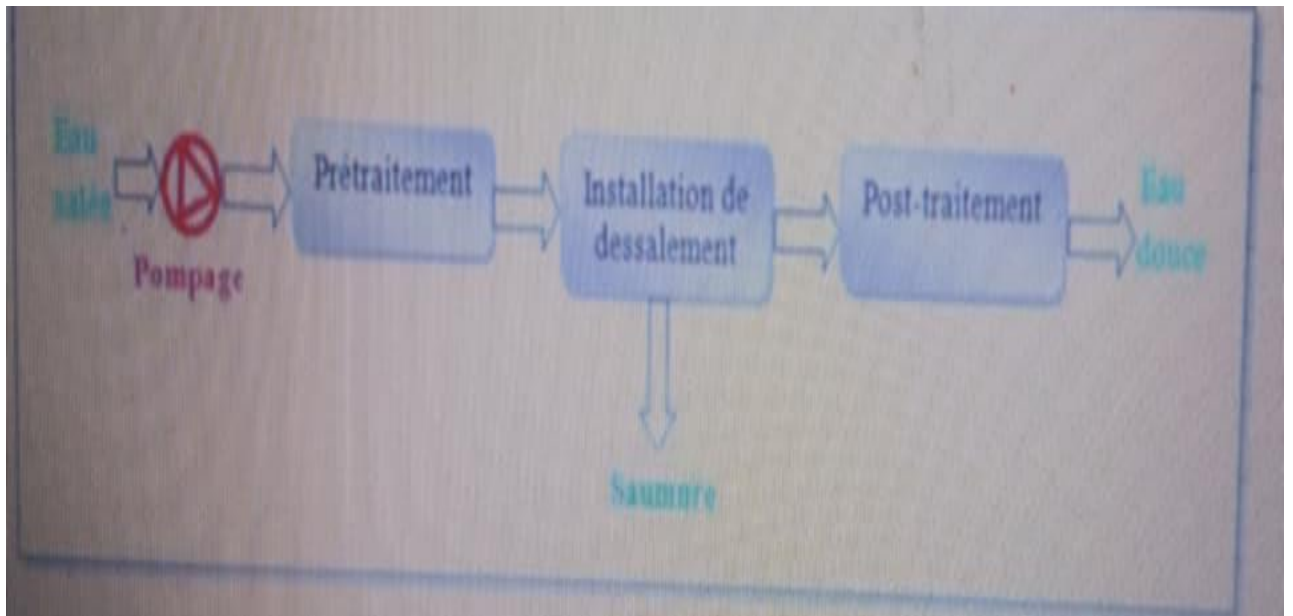


Figure 2:Schéma général d'une installation de dessalement[1]

I.2.1.3. Différents procédés de dessalement :

Un auteur a recensé 27 procédés différents de dessalement. Ces différents procédés peuvent être classés en trois grandes familles : [1]

a) Les procédés faisant intervenir un changement de phase :

- Evaporation.
- Congélation.

b) Les procédés de perméation sélective à travers une membrane :

- Transfert d'ions sous l'action d'un champ électrique (électrodialyse),
- Transfert d'eau sous l'action d'un gradient de pression (osmose inverse). [1]

c) Les procédés chimiques :

- échange d'ions,

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- extraction par solvant .

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent

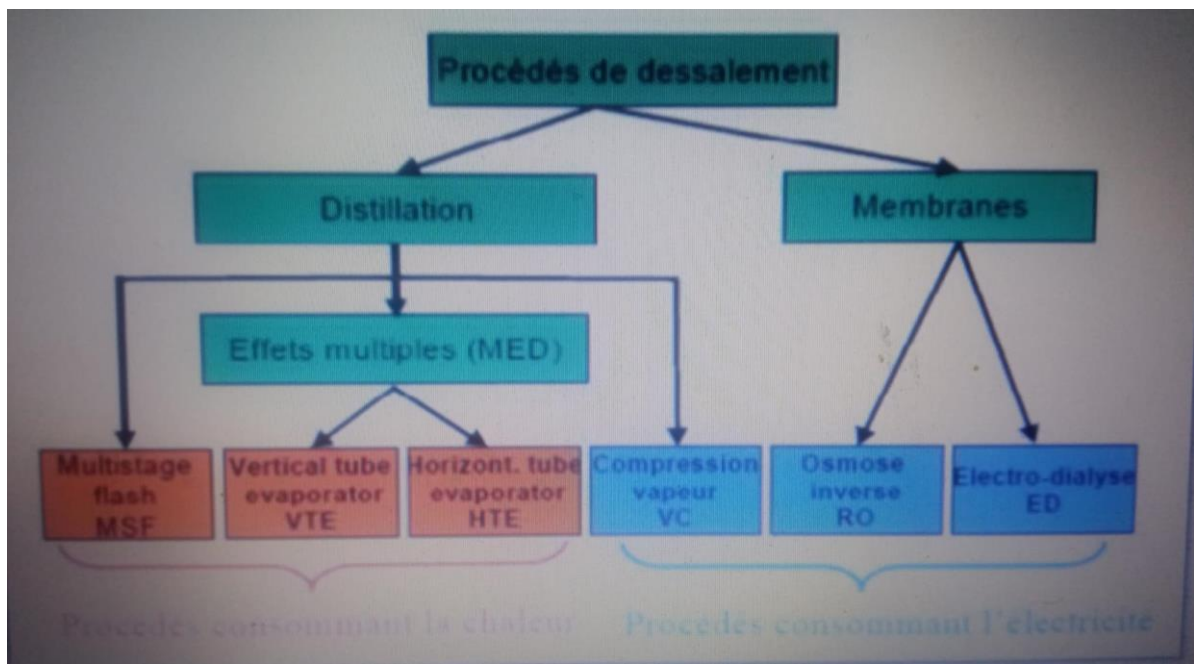


Figure 3: Les procédés de dessalement[22]

I.2.1.3.1. Procédés de dessalement par changement de phase :

a)La distillation :

Ce procédé est la première technique historiquement utilisée dans le dessalement de l'eau de mer du fait, probablement, de sa simplicité. Cette méthode consiste à faire évaporer l'eau salée grâce à la chaleur produite par une chaudière ou plus simplement par le soleil. Par ce processus, les sels ainsi que les autres composés dissous se déposent tandis que de la vapeur d'eau s'élève. Cette dernière est ensuite recondensée afin de recueillir l'eau douce[1]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

1)Principe :

Sur ce montage, l'eau de mer contenue (en 2) est chauffée au moyen d'un bec bunsen (en 1). L'eau se transforme alors en vapeur et passe (en 3), où sa température est évaluée à l'aide d'un thermomètre (en 4). La vapeur passe ensuite (en 5) dans la colonne réfrigérante (alimentée en eau froide par le 6 et le 7). Elle est alors condensée et redevient donc liquide. Ainsi (en 8) on obtient de l'eau pure et parfaitement potable. [1]

2)Les différents types de distillation:

Les procédés de distillation qui peuvent être utilisés sont les suivants :

- Distillation à simple effet ;
- Distillation à multiple effet ;
- Distillation par détente successive appelée aussi multi flash ;
- Distillation par compression de vapeur.

- **Distillation à simple effet :**

Son principe est simple il reproduit le cycle naturel de l'eau :

- Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer.
- La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide.
- Un groupe électropompe soutire l'eau condensée; un deuxième l'eau de mer concentrée ou saumure.

Cette première solution est simple à mettre en oeuvre met n'offre qu'un rendement réduit, aussi elle n'est utilisée que dans les navires disposant d'une source d'énergie thermique.

- **Distillation à multiple effet :**

Une installation de distillation à effet multiple est constituée par la juxtaposition de n cellules fonctionnant selon le principe de l'effet simple (Figure I.6). Le fluide de réchauffage porte à l'ébullition l'eau de mer admise dans la première cellule (entre 70 et 80°C), qui est aussi la cellule où règne la température la plus haute. La vapeur émise par l'ébullition de l'eau de mer est transférée dans la cellule voisine, où on maintient une pression légèrement inférieure. La température d'ébullition diminuant avec la pression, on vaporise l'eau de mer présente dans la deuxième cellule. C'est le deuxième effet. On peut

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

évidemment répéter l'opération plusieurs fois, la limite basse étant donnée par la température de l'eau de mer froide[1]

- **La distillation Multi-Flash (MSF) :**

Ce procédé dit « Flash » consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du chauffage. Lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C, elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation partielle instantanée par détente appelée Flash. Une fraction de l'eau s'évapore (Figure I.7) pour se condenser sur les tubes du condenseur placé en haut de l'enceinte et l'eau liquide est recueillie en dessous des tubes. C'est l'eau de mer chaude qui se refroidit pour fournir la chaleur de vaporisation. L'ébullition s'arrête quand l'eau de mer a atteint la température d'ébullition correspondant à la pression régnant dans l'étage considéré. Le phénomène Flash est reproduit ensuite dans un deuxième étage[1]

où règne une pression encore plus faible. La vaporisation de l'eau est ainsi réalisée par détentes successives dans une série d'étages où règnent des pressions de plus en plus réduites. On peut trouver jusqu'à 40 étages successifs dans une unité MSF industrielle. [1]

- **La distillation par compression de vapeur (VC) :**

Le procédé de distillation par compression de vapeur (VC) est utilisé pour des installations de dessalement de petite ou moyenne capacité. Le procédé par compression de vapeur diffère des autres procédés de distillation en ce qu'il n'utilise pas de source de chaleur extérieure mais la compression de la vapeur d'eau . [1]

L'eau à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermiquement isolée, la vapeur produite est aspirée par un compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée. [1]

En ce qui concerne le fonctionnement de ce système, l'eau de mer se vaporise, par exemple à la température de 90 °C et à la pression de 0,7 bar absolu. La vapeur ainsi produite est ensuite comprimée jusqu'à la pression de 1 bar absolu, puis envoyée dans le faisceau de chauffe du bouilleur ou elle se refroidit à pression constante, puis se condense en cédant à l'eau de mer la chaleur nécessaire à son ébullition. [1]

3)Les avantages de la distillation :

- Indépendance à la variation de la qualité d'eau brute
- Utilisation pour des grandes capacités de production d'eau
- Exploitation relativement aisée

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- Une eau produite présentant un TDS faible requis particulièrement pour les besoins industriels[1]

4) Les inconvénients de la distillation :

- Un taux de conversion bas (inférieur à 35%) ;
- Une consommation spécifique d'énergie relativement élevée ;
- Une non flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ;
- Un coût d'investissement élevé[1]

b)La congélation :

La congélation de l'eau de mer fournit des cristaux de glace exempte de sel, et depuis des temps immémoriaux, les riverains des mers arctiques se sont ainsi procuré de l'eau douce.

[1]

1)Le dessalement par congélation :

Lorsqu'on refroidit une eau de mer jusqu'à environ -2°C , il y a formation de cristaux de glace constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentrée, elle résiste mieux à la congélation. Si l'on fait baisser davantage la température, la production de glace augmente.

Signalons cependant qu'au environ de -9°C , le sulfate de sodium décahydraté a tendance à précipiter. Pour produire de l'eau pure, il est donc préférable de ne pas refroidir l'eau au - dessous de cette température.

Le dessalement des eaux de mer par congélation est particulièrement intéressant dans les régions où la température de l'eau est souvent inférieure à 0°C , car dans ces conditions, on peut aménager des bassins à ciel ouvert. Lorsque la température est suffisamment basse, on remplit ces bassins sur une hauteur de 10 à 15 cm, lorsque la couche de glace atteint une épaisseur de 1 à 1,5 cm, on enlève la saumure et on recueille la glace, qu'il ne reste plus qu'à laver et à faire fondre (il faut utiliser 30 à 35% de l'eau douce ainsi produite pour laver la glace et la débarrasser de sa pellicule d'eau de mer) [1]

2)Les avantages:

- Les appareillages sont moins exposés à la corrosion à de faibles températures comparativement aux températures d'ébullition atteintes lors de l'évaporation de l'eau ;
- Il n'y a pas de problèmes d'entartrage car les sels restent dissous à faible température
- L'eau douce obtenue est bien minéralisée et bien aérée ce qui constitue une excellente boisson[34]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

3) Les inconvénients:

- Cette technique est généralement plus onéreuse que l'évaporation de l'eau : la chaleur nécessaire pour congeler de l'eau est plus coûteuse que celle utilisée pour son évaporation ;
- Il existe une difficulté majeure concernant la séparation des cristaux de glace et de la saumure qui nécessite des opérations complexes : il reste une couche limite de saumure collée aux cristaux. [1]

I.2.1.3.2. Les procédés membranaires :

Les techniques dites de séparation par membranes, constituent une révolution dans le domaine du traitement de l'eau de mer. Leur principe consiste non pas à éliminer chimiquement les microorganismes mais à les extraire physiquement. Elles n'utilisent aucun réactif chimique, sauf pour leur entretien. Très fiables, elles permettent de produire une eau très pure et de qualité constante. [35]

a) L'osmose inverse (OI) :

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si l'on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler: cette pression est nommée la pression osmotique.

Si l'on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique: c'est le phénomène d'osmose inverse. [33]

L'osmose inverse sera détaillée dans le chapitre III

b) Electrodialyse :

L'électrodialyse est un procédé à membranes très ancien puisque la première installation date des années 1960. Ce procédé consiste à éliminer des sels dissous dans l'eau saumâtre par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique. [1]

1) Description du procédé :

Le terme dialyse désigne la diffusion d'un soluté à travers une membrane qui lui est perméable au solvant. L'électrodialyse désigne donc le transfert d'ions à travers une

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

membrane qui leur est perméable sous l'effet d'un champ électrique. L'électrodialyse est donc un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions contenus dans une solution. L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique. [1]

2)Le dessalement par électrodialyse :

L'électrodialyse est une technique utilisée pour le dessalement de l'eau de mer. Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement d'une unité de dessalement en parallèle, où l'on obtient en sortie de l'eau douce et de la saumure. Il existe également des configurations en série et d'autres modèles de systèmes d'électrodialyse. Le principe repose sur l'application d'un courant électrique dans les bacs externes, attirant les ions Na^+ vers la cathode (électrode négative) et les ions Cl^- vers l'anode (électrode positive). Grâce à la sélectivité des membranes (les membranes cationiques ne laissent passer que les ions Na^+ , et les membranes anioniques que les ions Cl^-), de l'eau douce est produite dans deux des quatre compartiments. Il est souvent nécessaire de réaliser un prétraitement pour éliminer les solides en suspension dont le diamètre excède $10\ \mu\text{m}$ avant l'électrodialyse. [1]

3)Les avantages :

L'électrodialyse présente plusieurs avantages notables :

- elle permet d'obtenir une eau de très bonne qualité avec une faible concentration de saumure.
- elle se révèle très compétitive par rapport à l'osmose inverse pour le traitement des eaux à faible concentration saline.
- la consommation électrique de l'électrodialyse est proportionnelle à la salinité de l'eau, ce qui la rend particulièrement économe en énergie ($3\text{-}8\ \text{kWh/m}^3$) pour le dessalement de solutions faiblement salines comme les eaux saumâtres. [1]

4)Les inconvénients :

Cependant, l'électrodialyse présente certaines limitations :

- Elle n'est pas efficace pour les solutions à forte concentration en sel ; pour le dessalement de solutions plus salées que les eaux saumâtres, la consommation énergétique augmente considérablement ($15\text{-}25\ \text{kWh/m}^3$).
- elle n'est pas adaptée au traitement des eaux contenant moins de 0.04% de sels.
- l'électrodialyse génère des rejets de saumure, ce qui peut entraîner une augmentation de la salinité des eaux réceptrices, avec des conséquences négatives telles que la

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

dégradation des sols et de la végétation, la contamination des nappes phréatiques et la perte de biodiversité. [1]

I.2.1.3.3. Les procédés chimiques :

a) Echangeurs d'ions :

L'échange d'ions est une technologie privilégiée pour l'élimination sélective de contaminants spécifiques dans l'eau potable. Très sélectif comparé à d'autres procédés, il est largement utilisé à grande échelle pour cibler la dureté, les nitrates, le bore, les matières organiques naturelles, les perchlorates, les chromates, l'uranium et divers autres métaux. L'échange ionique repose sur une permutation réversible entre les ions constitutifs d'un matériau, l'échangeur ionique, et les ions présents dans la solution en contact avec cet échangeur. [1]

b) Application en dessalement :

La déminéralisation de l'eau par échange d'ions s'effectue en la faisant passer à travers des réservoirs contenant des résines cationiques et/ou anioniques. La résine cationique remplace chaque cation (ion positif) par un ion hydrogène (H^+), tandis que la résine anionique échange chaque anion (ion négatif) par un ion hydroxyde (OH^-). Les ions hydrogène et hydroxyde ainsi libérés se combinent ensuite pour former de l'eau (H_2O), réalisant ainsi la déminéralisation. [36]

c) Les avantages:

- Ce procédé élimine les ions dissous de l'eau.
- Les résines utilisées nécessitent une régénération par ionisation à l'aide d'acides et de bases.
- L'échange d'ions constitue une solution rentable pour la purification de l'eau. [1]

d) Les inconvénients :

- Cependant, l'échange d'ions présente des limites. Il n'élimine pas efficacement les bactéries, les composés organiques, les particules ou les pyrogènes.
- Sa capacité est limitée, car une fois tous les sites d'ions saturés, la rétention cesse.
- la régénération chimique des lits ionisés peut générer des composés organiques et des particules.
- les résines à usage unique requièrent une eau prétraitée de bonne qualité pour garantir des résultats efficaces et économiques. [1]

I.2.1.2. Les avantages de dessalement :

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

Le dessalement de l'eau de mer offre plusieurs avantages significatifs :

- il constitue une solution précieuse en cas d'urgence, notamment lorsque les réserves d'eau sont contaminées par l'eau salée, comme lors des tsunamis en Asie.
- l'irrigation avec de l'eau dessalée est bénéfique pour l'environnement car elle contribue à réduire la salinisation des sols. [1]

I.2.1.3. Les inconvénients de dessalement :

Bien que le dessalement de l'eau de mer réponde aux besoins en eau douce, il présente plusieurs inconvénients significatifs, quel que soit le procédé utilisé. Parmi ceux-ci figurent :

- d'importants besoins énergétiques
- l'utilisation de produits chimiques pour le nettoyage des membranes
- la présence potentielle de traces de métaux lourds provenant des installations
- l'absence de législation spécifique concernant la potabilité de l'eau produite
- un volume d'eau douce obtenu insuffisant par rapport à l'eau de mer prélevée
- la dégradation de l'environnement marin due à l'extraction d'eau et au rejet de saumure fortement concentrée en sels. [1]

I.2.2. station de pompage :

I.2.2.1. Définition d'une pompe :

Une pompe est une machine transformant l'énergie mécanique en énergie de pression, permettant ainsi d'aspirer une masse d'eau d'un point bas et de la refouler vers un point plus élevé. En générant une différence de pression (ΔP) entre son entrée et sa sortie, la pompe nécessite une énergie dont la quantité dépend de plusieurs facteurs :

- les propriétés du fluide (masse volumique ρ , viscosité dynamique μ)
- les caractéristiques de l'écoulement (pression, vitesse V , débit Q , hauteur H)
- les caractéristiques de l'installation (longueur des conduites L , diamètre D , et rugosité absolue ϵ). [2]

I.2.2.2. Les différents types des pompes :

On distingue principalement deux grandes catégories de pompes :

- les pompes centrifuges, qui sont des pompes rotatives
- les pompes volumétriques, qui sont des pompes cycliques. [2]

I.2.2.3. Les pompes centrifuges :

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans les pompes centrifuges, l'augmentation de pression est obtenue grâce à la force centrifuge que la roue (ou propulseur) rotative communique au fluide à l'intérieur du corps de pompe, dirigeant ainsi le fluide de l'entrée vers la sortie. [2]

I.2.2.4 Constitution d'une pompe centrifuge :

Typiquement, une pompe centrifuge est composée des éléments suivants :

- **La roue :**

L'organe principal d'une pompe centrifuge est la roue (ou propulseur), aussi appelée turbine, impulseur ou rotor. Constituée d'un moyeu fixé à un arbre et portant des aubes (ailettes), elle tourne à l'intérieur du corps de la pompe, formé de deux coquilles. La force centrifuge générée par cette rotation est communiquée au fluide, augmentant sa pression et le dirigeant de l'entrée vers la sortie. La conception de la roue, notamment la fixation des aubes (sur un ou deux côtés à des disques), permet de distinguer les rotors ouverts, semi-ouverts et fermés (voir figures 4, 5 et 6). [2]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE



Figure 4 : roue ouverte[23]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE



Figure 5: roue semie ouverte[24]

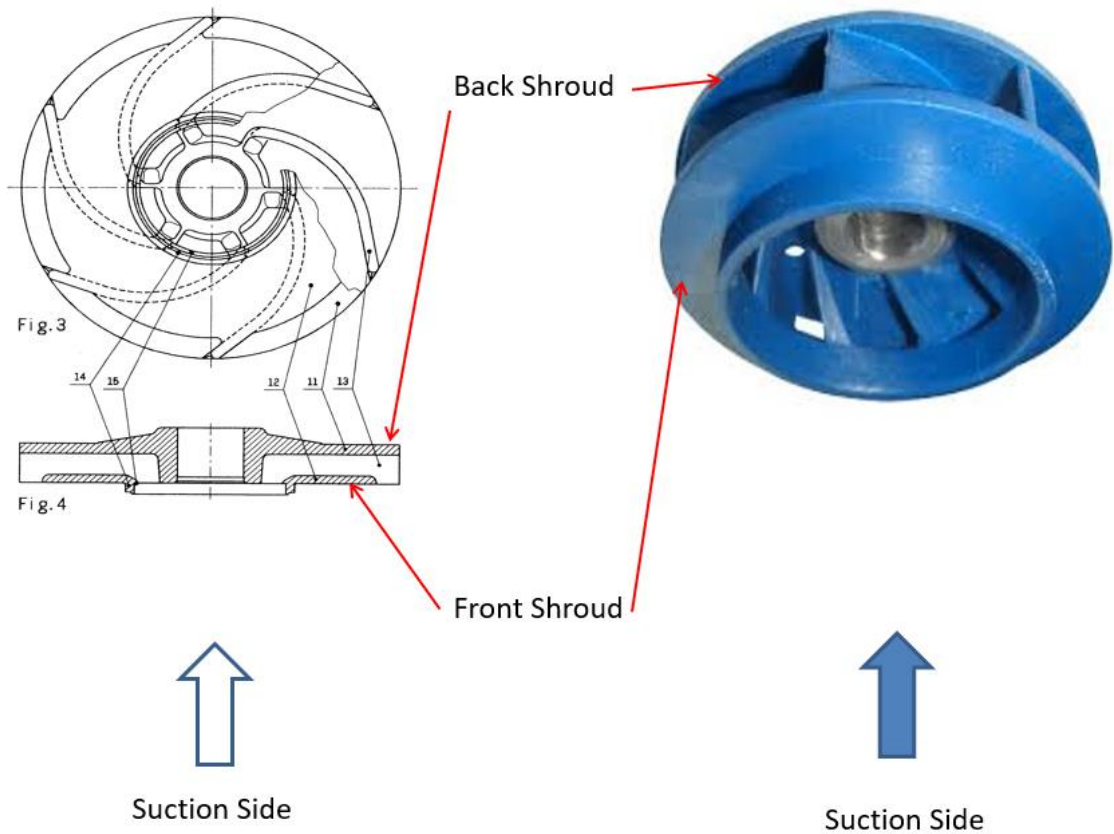


Figure 6: roue fermée[25]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Le distributeur :**

Agissant comme un conduit profilé, le distributeur a pour fonction d'orienter l'eau avec une vitesse et une direction adéquates vers l'orifice d'entrée (ou ouïe ou oeillard) de la roue de la pompe. Sa forme typiquement conique et convergente permet d'optimiser l'écoulement en améliorant le parallélisme et l'homogénéité des vitesses des filets liquides, et il est positionné en aval de la conduite d'aspiration. [37]

- **Le diffuseur :**

La roue directrice est un composant fixe doté d'aubes dont la courbure est opposée au sens de rotation de la roue principale. Bien que non systématiquement présente, elle permet d'augmenter la pression de la pompe en ralentissant progressivement la vitesse du liquide.

- **La volute :**

La volute, également appelée colimaçon, constitue le corps de la pompe. C'est une enveloppe en forme de spirale qui agit comme un diffuseur. [2]

- **Le divergent :**

Le canal de sortie, caractérisé par un élargissement progressif, constitue la dernière étape du processus de diffusion. [2]

I.2.2.5.Le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge :

Le fluide pénètre dans la pompe centrifuge par l'ouïe et est guidé vers la roue à aubes rotative par un distributeur central. La rotation de la roue, sous l'effet de la force centrifuge, communique de l'énergie cinétique au fluide, augmentant ainsi sa vitesse et sa pression potentielle. Cette énergie cinétique est ensuite progressivement convertie en pression lors du passage du fluide à travers un diffuseur périphérique (pour optimiser le flux et réduire les pertes) et la volute, un collecteur en spirale. La volute, dont la section s'élargit (cône divergent), contribue à ralentir davantage le fluide et à transformer l'énergie cinétique restante en pression. Ainsi, entre l'entrée et la sortie de la roue, l'énergie totale du fluide est augmentée (Figure 7).[2]

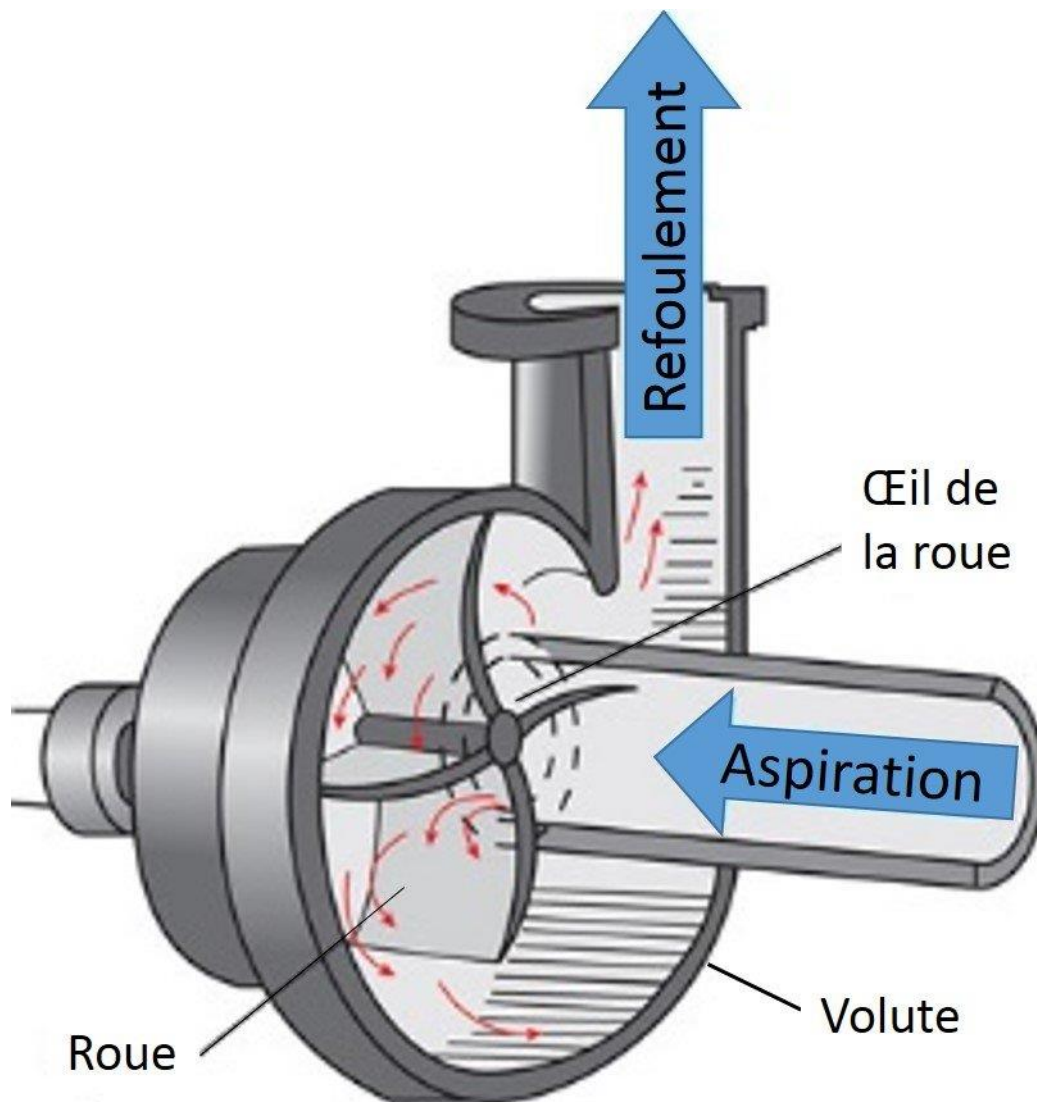


Figure 7: schéma d'une pompe centrifuge. [26]

I.2.2.6. La classification des pompes centrifuges :

Généralement, les pompes sont classées selon :

a- La disposition de l'axe de la pompe :

La classification des pompes se fait généralement selon l'orientation de leur axe :

- **les pompes à axe horizontal** : conçues pour une installation en surface avec un entretien et un démontage facilités
- **les pompes à axe vertical** : principalement utilisées immergées pour les puits profonds et actionnées par un moteur en surface ou immergé (groupe électropompe immergé).[2]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

b-La position de la pompe par rapport au niveau d'aspiration:

Les pompes sont également classées selon leur mode d'aspiration :

- pompes à aspiration en dépression
- pompes à aspiration en charge.[2]

c-Le nombre de roues :

La complexité d'une pompe, mesurée par le nombre de roues, est un autre critère de classification. On distingue ainsi :

- **les pompes monocellulaires** : caractérisées par une unique roue
- **les pompes multicellulaires** : qui comportent au moins deux roues disposées en série sur l'axe, permettant d'atteindre des pressions de refoulement importantes.[2]

d-La forme des aubes :

Les pompes centrifuges sont également classées selon la direction d'entrée du fluide. On distingue ainsi :

- **Les pompes centrifuges axiales** : Dans ce type de pompes, le fluide pénètre axialement, c'est-à-dire parallèlement à l'axe de rotation.
- **Les pompes semi-axiales (ou hélico-centrifuges)** : Ces pompes sont ainsi nommées car le fluide pénètre dans la roue selon une direction intermédiaire entre l'axiale et la radiale.[2]

I.2.2.7.Paramètres de choix des pompes :

En hydraulique, le choix de la pompe est crucial et étroitement lié aux conditions d'exploitation réelles de l'installation de pompage. Pour une sélection pertinente et précise, il est essentiel de considérer trois paramètres fondamentaux :

- le débit de refoulement Q
- la hauteur manométrique totale H_{mt}
- la vitesse spécifique de la pompe n_s .

La valeur de la vitesse spécifique n_s est déterminante car elle informe sur le type de roue (axiale, hélico-centrifuge ou radiale) et, par conséquent, sur la pression de fonctionnement de la pompe (haute, moyenne ou faible). Un choix éclairé permet de minimiser le gaspillage d'énergie et d'optimiser les coûts d'exploitation.[2]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

I.2.2.8.L'installation des pompes centrifuges:

L'installation d'une pompe requiert le respect de certaines règles fondamentales. Il est impératif d'éliminer tout point haut sur la canalisation d'aspiration, car l'air qui s'y accumulerait inévitablement provoquerait le désamorçage de la pompe. Le raccordement à cette conduite doit être réalisé par des tronçons convergents dont la partie supérieure est maintenue horizontale, et des coudes à grand rayon de courbure sont de rigueur. Cette dernière précaution est d'autant plus importante pour les pompes à double entrée, où un coude trop prononcé engendrerait une alimentation déséquilibrée. Enfin, dans une configuration de pompes opérant en parallèle sur une conduite de refoulement commune, l'angle de jonction de chaque pompe à cette conduite doit impérativement être de 45°. [2]

I.2.2.9.Les avantages des pompes centrifuges :

Les avantages incluent :

- Leur construction simple, sans clapets ni soupapes, les rend faciles à utiliser et économiques.
- Elles offrent souvent un meilleur rendement que les pompes volumétriques.
- Elles conviennent à une vaste gamme de liquides, offrent un débit régulier et un fonctionnement silencieux, voire quasi inaudible. [2]
- Leur construction simple, avec peu de composants mobiles, assure une longue durée de service.
- Le débit de refoulement peut être facilement ajusté via une soupape en sortie ou en modifiant la vitesse de rotation.
- Leur vitesse de rotation élevée permet un entraînement direct par moteur électrique ou turbine.
- Elles intègrent un limiteur de pression, ce qui élimine le besoin d'une soupape de sécurité externe.
- Leur fonctionnement est très silencieux grâce à un bon équilibrage des masses et à l'absence de masses oscillantes.

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- Elles assurent un refoulement continu sans pulsations.
- Elles peuvent acheminer des matières solides.
- Elles sont adaptées aux applications de forte puissance.
- Elles offrent une concentration de puissance élevée dans un espace de construction réduit.[38]

I.2.2.10.Les inconvénients des pompes centrifuges :

- Elles sont difficilement, voire pas du tout, adaptées au pompage de liquides à haute viscosité.
- Le pompage de liquides trop visqueux peut s'avérer problématique, voire impossible, avec ce type de pompe.
- Les liquides ayant une viscosité élevée constituent une limitation pour les pompes centrifuges.
- Leur efficacité diminue considérablement, voire devient nulle, avec des liquides très visqueux.
- Ces pompes ne sont généralement pas recommandées pour les fluides à forte viscosité.[2]

I.2.2.11.définition de station de pompage :

La station de pompage, que l'on désigne également par les termes station de relevage ou poste de pompage, est une installation conçue pour surmonter des différences d'altitude ou des distances importantes en augmentant la pression d'un fluide, qu'il s'agisse principalement d'eau, mais aussi d'eaux usées, d'hydrocarbures, ou d'autres liquides.

I.2.2.12.Les types de stations de pompage :

On distingue principalement deux configurations pour la disposition générale des groupes électropompes.[2]

I.2.2.12.1.Les installations immergées :

On distingue deux configurations possibles :

• 1 ere disposition :

Dans une configuration à pompe verticale (axe vertical), le corps de la pompe est immergé sous le niveau des plus basses eaux, tandis que le moteur est installé en surface.

• 2 ème disposition :

Les groupes électropompes immergés, où le couple pompe/moteur vertical est submergé dans un forage ou un puits, sont typiquement utilisés pour des refoulements nécessitant de

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

hautes pressions. De ce fait, on privilégie l'emploi de pompes multicellulaires plutôt que monocellulaires.[2]

I.2.2.12.2.Les avantages et les inconvénients des installations immergées :

- Possibilité de s'affranchir de la superstructure du bâtiment.
- Simplification de la conception des travaux de génie civil.
- Réduction du coût d'investissement.
- Simplification de la réalisation des travaux de génie civil.
- Équipement hydraulique simplifié pour les pompes immergées avec moteur en surface.
- Absence de tuyauteries d'aspiration pour les groupes électropompes immergés.[2]

I.2.2.12.3.Les avantages et les inconvénients des installations à l'abri des eaux :

- Installation de la pompe, du moteur et des équipements hydrauliques plus flexible et aisée.
- Exploitation simplifiée.
- Accès facile au matériel (élimine les problèmes d'encombrement).
- Équipement électrique protégé (soustrait aux risques de dégradation).
- Meilleure sécurité pour le personnel.
- Interventions sur la pompe et le moteur facilitées.
- Conditions de travail plus acceptables pour la maintenance.
- Consommation d'énergie réduite (rendement global supérieur aux groupes électropompes immergés).[2]

I.2.2.13.Exemples de réalisation de station de pompage :

I.2.2.13.1.Stations de pompage fixes :

La disposition des groupes adoptée se caractérise par l'utilisation de groupes à axe horizontal installés en surface. Deux configurations principales sont envisagées pour les groupes électropompes à axe horizontal.[2]

La première consiste à installer les groupes en surface, au-dessus du niveau maximal de l'eau. Cette solution garantit une sécurité totale contre les inondations et facilite l'entretien, mais elle engendre une hauteur d'aspiration importante, posant des problèmes d'amorçage

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

(nécessité de pompes à vide) et un risque de cavitation (nécessité de vérifications). La construction ne requiert pas de fondations profondes, mais le bâtiment est plus étendu.[2]

La seconde configuration place les groupes en sous-sol, avec des conduites d'aspiration plongeant dans un bassin de prise alimenté par le canal. Cette disposition permet de s'affranchir des problèmes de hauteur d'aspiration, mais peut être contrainte par la topographie du terrain. Une alimentation directe par conduite en charge est une alternative si la station est plus basse que le canal. Fondamentalement, cette configuration se caractérise par des groupes à axe horizontal installés en sous-sol.[2]

I.2.2.14. Les principales exigences soumises à la station de pompage :

Tout projet de station de pompage doit tenir compte des recommandations suivantes :

- Réduire le coût du génie civil.
- Organiser l'exécution des travaux par phases.
- Déterminer le nombre de pompes selon des calculs technico-économiques.
- Employer des matériaux de conception variée.
- Normaliser les solutions techniques.
- Utiliser des projets-types.
- Éviter les zones inondables.[39]

I.2.2.15. Le choix de l'emplacement de la station de pompage :

La sélection de l'emplacement de la station et la conception des ouvrages sont soumises à plusieurs exigences : assurer des conditions de fonctionnement optimales avec une emprise au sol réduite, garantir l'accessibilité à l'ensemble des installations pour les véhicules, engins et pompiers, tenir compte des variations du niveau d'eau pour l'exploitation, et s'adapter au relief pour l'alimentation en énergie électrique ainsi qu'aux conditions géologiques du site.[2]

I.2.2.16. Les équipements hydrauliques de la station de pompages :

Les accessoires nécessaires au fonctionnement, à la sécurité et à la protection des installations de pompage sont classés en deux catégories : les équipements amont et les équipements aval.

- Les équipements à l'aspiration (amont de la pompe).

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- Les équipements au refoulement (aval de la pompe)[2]

I.2.2.16.1. Les équipements en amont de la pompe :

- **Les grilles :**

Ces dispositifs sont exclusivement utilisés pour les eaux brutes afin d'empêcher l'introduction de corps solides dans la pompe.[2]

- **La crépine :**

Conçue pour prévenir l'introduction accidentelle de corps solides dans la pompe, elle est constituée d'un cylindre perforé qui filtre les objets de taille inférieure à celle de la grille principale.[2]

- **La conduite d'aspiration :**

Pour assurer un bon fonctionnement et éviter le piégeage d'air dans la conduite d'aspiration, les tronçons horizontaux doivent être installés avec une légère pente de 2% en direction de la pompe. Cette inclinaison permet l'évacuation continue des bulles d'air, rendant toute contre-pente inacceptable.[2]

- **Le clapet d'aspiration (clapet à crépine) :**

Dans les installations où la pompe n'est pas immergée, un clapet anti-retour est placé sur la conduite d'aspiration. Sa fonction principale est d'empêcher le retour de l'eau lorsque la pompe s'arrête, assurant ainsi le maintien de la colonne d'eau et évitant des amorçages trop fréquents. Ce clapet peut être combiné avec la crépine d'aspiration pour former un ensemble unique.[2]

- **Les joints :**

Dans le cas d'une conduite d'aspiration en dépression, l'étanchéité des joints est primordiale pour prévenir toute infiltration d'air. Pour cela, les soudures sont préférées aux joints à emboîtement et filetés. Le raccordement aux équipements tels que clapets, vannes et pompes se fera idéalement avec des joints à brides, souvent conçus avec des caoutchoucs décomposables pour faciliter le démontage lors des opérations de maintenance ou de réparation.[2]

- **Les coudes :**

Les coudes sur la conduite d'aspiration doivent être peu nombreux et présenter un grand rayon de courbure. Il est préférable d'éviter d'installer un coude juste avant la bride d'aspiration.[2]

- **Le convergent d'aspiration :**

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

Un convergent est utilisé pour raccorder la conduite d'aspiration à la pompe. Son rôle est d'assurer une accélération progressive de l'écoulement, ce qui favorise une répartition uniforme des vitesses et, grâce à la position horizontale de sa partie supérieure, évite la formation de poches d'air.[2]

- **La tubulure d'aspiration :**

La tubulure de raccordement entre la pompe et la conduite d'aspiration a un diamètre (d_a) plus petit que celui de la conduite d'aspiration (D_a), précisément dans un rapport de 1,2 ($D_a = 1,2d_a$).[2]

- **La ventouse :**

Son rôle principal est d'assurer le dégazage de la conduite en évacuant l'air présent lors de la mise en service, permettant ainsi le remplissage par l'eau. (Contrairement à d'autres cas où elle permettrait l'entrée d'air lors du remplissage, ce n'est pas le cas pour une conduite d'aspiration).[2]

I.2.2.16.2. Les équipements en aval de la pompe :

- **Le divergent :**

Étant donné la vitesse élevée de l'eau à la sortie de la pompe dans les conduites de refoulement, il est nécessaire de la ralentir pour la maintenir dans des limites acceptables.[40]

- **Le clapet de refoulement :**

Afin d'éviter tout retour d'eau lorsque la pompe s'arrête, un clapet anti-retour est souvent placé à sa sortie. Les clapets à battant, un type fréquent, sont adaptés aux installations sur conduites horizontales.[2]

- **La vanne de refoulement :**

Cette vanne, habituellement installée à la sortie de la pompe en association avec le clapet anti-retour, assure plusieurs rôles essentiels. Elle permet d'isoler la pompe lors des opérations de maintenance et de démontage. Dans le cas des pompes centrifuges, elle est utilisée lors des phases de démarrage et d'arrêt. De plus, sa manœuvre progressive est cruciale pour atténuer les coups de bélier causés par les changements rapides de la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement.[41]

Le joint de démontage :

La bride de démontage facilite l'assemblage et le désassemblage des éléments de robinetterie. Lors du montage, il est crucial de s'assurer du bon positionnement du guidage, car tout déplacement ultérieur est impossible une fois les écrous de fixation serrés.[2]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- **La conduite de refoulement**

La tubulure de refoulement assure le transport de l'eau de la pompe vers le collecteur de refoulement. Cette sortie permet l'évacuation de l'eau vers la conduite de refoulement, dont le diamètre est déterminé selon le catalogue.[2]

- **La conduite de vidange :**

Présente le long de la conduite de refoulement, la conduite de vidange permet d'évacuer l'eau restante dans le collecteur à l'arrêt de la pompe. Son diamètre (d_v) est déterminé par la formule $d_v = 0.25D_r$ (où D_r est le diamètre de la conduite de refoulement).[2]

- **Le collecteur de refoulement :**

Le collecteur achemine l'eau vers les points de refoulement. Son diamètre est déterminé par des études technico-économiques.[2]

- **Le by-pass :**

Positionné entre l'aspiration et le refoulement de la pompe, le by-pass intègre un clapet qui reste fermé durant le fonctionnement normal. Lors d'un arrêt soudain de la pompe, la dépression générée dans la conduite entraîne l'ouverture de ce clapet, limitant la dépression à la pression d'aspiration. De plus, le clapet assure une fonction anti-retour pour l'eau.[2]

I.2.2.17. Avantages des Stations de Pompage :

. Les systèmes de pompage offrent de multiples avantages, notamment :

- le transport de fluides sur de longues distances ou en altitude
- le maintien d'une pression adéquate dans les réseaux
- l'assurance d'un débit constant ou variable
- la possibilité d'exploiter des sources éloignées
- la facilitation du relevage des eaux usées
- l'amélioration de l'efficacité du transport
- la mise en place de systèmes de stockage et de régulation
- l'intégration potentielle de systèmes de traitement
- l'automatisation du fonctionnement et une grande flexibilité de conception.

I.2.2.18. Inconvénients des Stations de Pompage :

- **Coût initial élevé de l'investissement.**

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Coûts d'exploitation significatifs :**
 - Forte consommation d'énergie électrique.
 - Frais importants de maintenance et de réparations.
 - Nécessité de personnel dédié à l'exploitation et à la maintenance.
- **Risques opérationnels :**
 - Fréquent risque de pannes.
 - Possibilité d'interruptions de service.
- **Impact environnemental potentiellement négatif :**
 - Consommation énergétique globale.
 - Risque de fuites de fluides (polluants).
 - Génération de nuisances sonores et de vibrations.

I.2.3.station d'épuration :

I.2.3.1.définition de la station d'épuration (station de traitement):

Une station d'épuration, en tant que centre de traitement de l'eau, a deux missions principales :

- procéder au recyclage des eaux usées en assurant l'élimination des substances polluantes qu'elles contiennent, avant leur déversement dans le milieu naturel.
- Rendre les eaux naturelles propres et potables est une autre mission de la station d'épuration. Située en aval du réseau de collecte des eaux usées et en amont du milieu naturel, il existe différentes filières de stations d'épuration adaptées au type et à la quantité de pollution à traiter.[3]

I.2.3.2.procédés d'épuration des eaux usées :

I.2.3.2.1.Prétraitement :

La nature hétérogène et parfois volumineuse des matières véhiculées par les collecteurs urbains d'eaux usées, notamment dans les réseaux unitaires, nécessite un prétraitement. Cette étape est cruciale pour la protection des pompes de relevage, la prévention des

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

obstructions dans les conduites, la réduction de l'abrasion des appareils de traitement et l'élimination des éléments pouvant nuire aux traitements ultérieurs.

Une station d'épuration peut intégrer une ou plusieurs des opérations de prétraitement listées ci-dessous, l'étendue de ces opérations étant déterminée par l'importance de la station et les caractéristiques de l'eau brute.[4]

- dégrillage
- dessablage
- dégraissage
- déshuilage

a)Dégrillage :

Le dégrillage a pour objectif de retirer les matières solides les plus importantes transportées par l'eau brute. Pour ce faire, l'effluent d'entrée est filtré à travers une grille aux barreaux espacés selon la taille des éléments à retenir.[4]

b)Dessablage :

L'objectif du dessablage est de débarrasser l'effluent des sables et des particules minérales, qu'elles soient fines ou grossières. Ce processus protège les conduites et les pompes de la corrosion et empêche le colmatage des canalisations par l'accumulation de dépôts au cours du traitement.[4]

c)Déshuilage-Dégraissage :

Le déshuilage, une séparation liquide-liquide, se distingue du dégraissage, une séparation solide-liquide réalisée par flottation. Le dégraissage utilise l'injection d'air en fond de bassin pour faire flotter les corps gras. Ces derniers sont récupérés par raclage en surface, puis stockés en vue de leur élimination, soit en décharge, soit par incinération.

L'objectif de ces deux procédés est de supprimer les corps gras des eaux usées afin de ne pas compromettre l'efficacité du traitement biologique qui suit.[4]



Figure 8 : dégraisseurs.

I.2.3.2.2. Traitement primaire :

Le traitement primaire, basé sur des procédés physiques naturels (filtration, décantation) et parfois physico-chimiques (coagulation-floculation), voit son efficacité influencée par le temps de séjour et la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la sédimentation). La décantation primaire, avec une vitesse ascensionnelle de 1.2 m/h, permet une élimination notable de 40 à 60% des MES, environ 40% de la MO, 10 à 30% des virus, 50 à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires, tout en entraînant une partie des micropolluants. Les méthodes utilisées sont de nature physique (décantation, flottation) et, occasionnellement, physico-chimique.[4]

a) Décantation physique :

Utilisée dans presque toutes les installations d'épuration et de traitement des eaux, la décantation est une méthode dynamique de séparation continue des phases solide et liquide. Elle repose sur la sédimentation des matières en suspension et des colloïdes agglomérés en floc, en raison de leur densité supérieure à celle de l'eau. Les particules décantées sont collectées au fond du bassin pour une extraction périodique, et l'eau clarifiée ainsi obtenue est dirigée vers l'étape suivante du traitement.[4]

b) Décantation physico-chimique :

Afin d'améliorer la décantation, des réactifs chimiques sont souvent ajoutés au décanteur pour favoriser l'agglomération des particules. Deux techniques principales sont employées

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

1)Coagulation :

La coagulation consiste à déstabiliser les particules colloïdales en suspension en ajoutant des réactifs minéraux cationiques. Ces réactifs ont pour effet d'annuler les charges électriques des particules, favorisant leur agglomération. Le procédé implique l'injection et une dispersion rapide de ces sels minéraux.[42]

2)Floculation :

L'action des coagulants entraîne l'agglomération des particules en suspension. L'efficacité de cette floculation peut être accrue par l'ajout de flocculant. Les particules ainsi agrégées forment des floccs qui peuvent être aisément séparés de l'eau par des techniques de décantation et de filtration.[42]

3) Filtration :

La filtration est un procédé physique utilisé pour clarifier les liquides chargés de matières solides en suspension. En traversant un milieu poreux (le filtre), le liquide est séparé des solides, qui forment un dépôt appelé gâteau de filtration. Le liquide résultant, ou filtrat, est ainsi débarrassé efficacement des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, par conséquent, de certaines odeurs.[43]

I.2.3.2.3.Traitements biologiques :

Après le traitement primaire, un traitement biologique secondaire est mis en œuvre pour affiner l'épuration de l'effluent. Les procédés biologiques, largement répandus pour le traitement des eaux usées urbaines et de certaines eaux résiduaires, simulent les processus naturels d'autoépuration. L'autoépuration est la faculté d'un milieu aquatique à retrouver sa qualité initiale suite à une pollution. On distingue deux types de procédés biologiques : extensifs et intensifs.[4]

a)Procédés biologiques intensifs :

Les stations d'épuration urbaines modernes utilisent principalement des procédés biologiques intensifs. Ces techniques visent à concentrer et à accélérer, sur des surfaces réduites, les processus naturels de transformation et de dégradation des matières organiques.[4]

b)Disques biologiques (cultures fixées) :

Le système des biodisques repose sur des disques parallèles montés sur un axe horizontal en rotation. Ces disques alternent immersion dans l'eau décantée à traiter, où ils absorbent les substrats polluants, et émergence à l'air libre, où ils captent l'oxygène nécessaire à la dégradation. Un biofilm actif se forme sur les deux faces des disques, qui mesurent 1 à 3 m

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

de diamètre, sont espacés de 20 mm et tournent lentement (1-2 tr/min). Les boues biologiques excédentaires se décrochent des disques et sont collectées dans un clarificateur secondaire pour traitement final avant rejet.

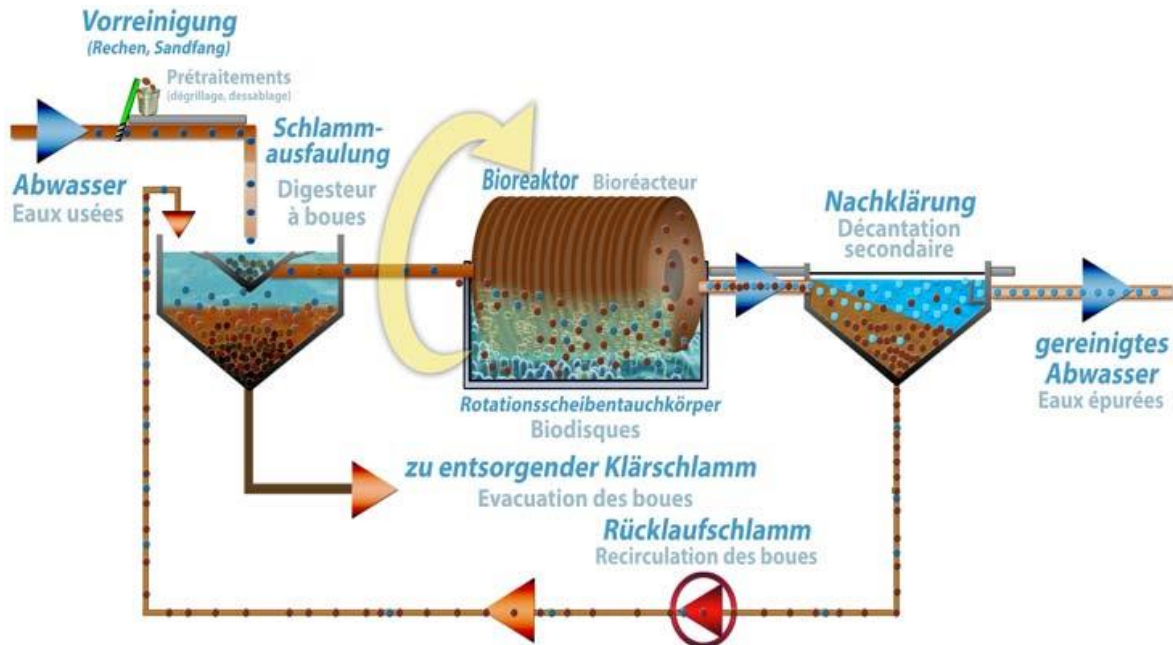


Figure 9 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques[27]

c)Lits bactériens :

Cette méthode d'épuration biologique, appelée lit bactérien, repose sur le principe de cultures fixées. Elle est fréquemment employée pour le traitement des eaux très chargées, notamment celles issues des industries agroalimentaires et viticoles. Le système consiste à faire adhérer des micro-organismes à des matériaux poreux. L'effluent est ensuite réparti par aspersion à la surface du lit, et l'oxygénation est assurée par une circulation naturelle de l'air de bas en haut. L'eau à traiter entre par le haut et l'eau épurée est évacuée par le fond, ce qui permet de maintenir un environnement aérobie optimal. Un inconvénient notable de ce dispositif est la nécessité d'une installation de relevage. La biomasse qui se développe à la surface du support se détache spontanément lorsqu'elle atteint une épaisseur excessive, nécessitant alors une étape de décantation pour sa séparation de l'effluent.[4]

d)Boues activées :

Le procédé des boues activées, découvert en 1914 et largement utilisé pour le traitement biologique aérobie, repose sur le développement d'une population bactérienne qui dégrade

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

la pollution organique. L'eau à traiter est introduite dans un bassin d'aération où ces bactéries, formant des flocons (boues activées), sont maintenues en suspension par brassage. L'aération du bassin, assurée par diverses méthodes (brassage, injection d'air comprimé ou d'oxygène pur), fournit l'oxygène nécessaire à l'activité métabolique des bactéries. Le mélange homogène ainsi obtenu est appelé liqueur mixte. Une étude indique que ce système (boues activées suivi de clarification) est efficace pour l'élimination des virus (jusqu'à 90 %) et des bactéries (60 à 90 %), mais moins pour les kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes.

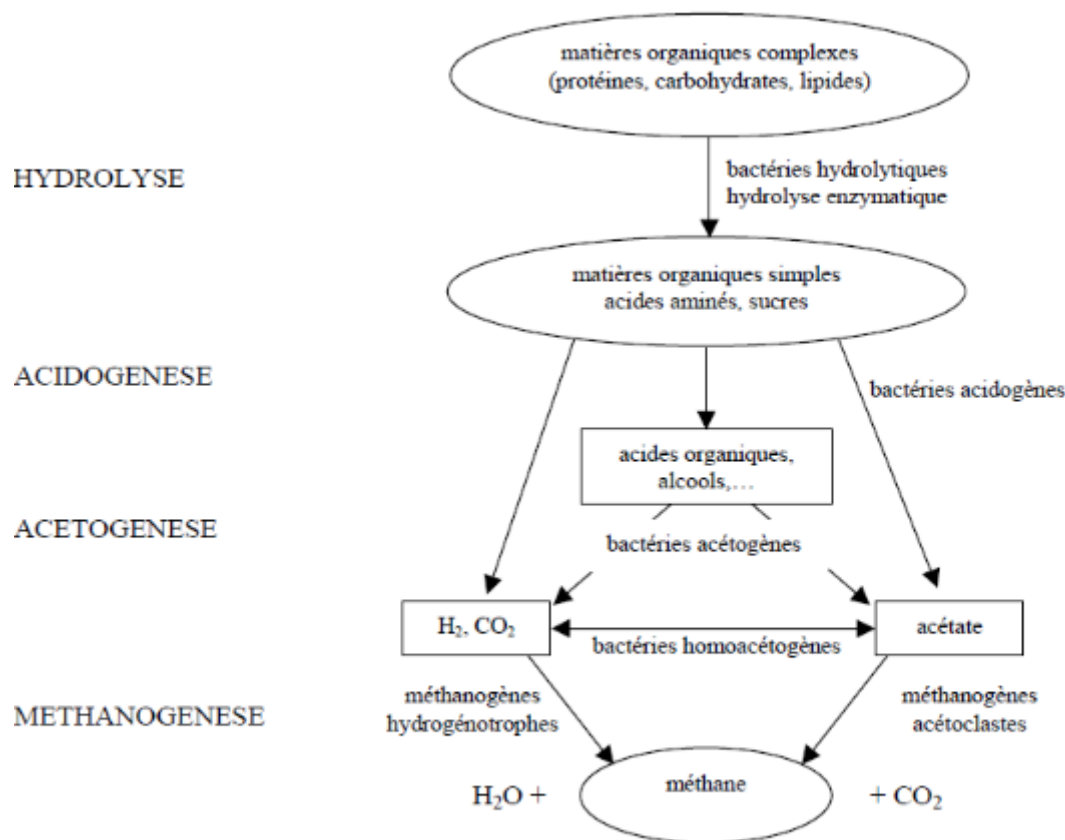


Figure 7 : Principe de la digestion anaérobie (d'après Moletta, 2002)

Figure 10 : Schéma de principe des boues activées. [28]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

I.2.3.2.4. Décantation secondaire :

Le clarificateur secondaire est un décanteur circulaire équipé d'un système de raclage. Il reçoit l'effluent biologique (liqueur mixte) en provenance des réacteurs biologiques via une chambre de répartition. La séparation des phases solide (boues biologiques) et liquide (eau épurée) s'effectue par sédimentation. Les boues décantées sont extraites par un système de pompage sous vide. Une fraction du flux de boues est recyclée en tête des réacteurs biologiques (première chambre du répartiteur) afin de maintenir une concentration de biomasse active suffisante pour l'épuration. L'excédent de boues est dirigé vers un épaisseur (flotteur) pour la gestion de la biomasse. Le rendement épuratoire de ce système est supérieur à 99%, permettant de réduire la concentration en solides en suspension de 3-4 g/l en entrée à une valeur inférieure à 30 mg/l dans l'effluent traité.[4]

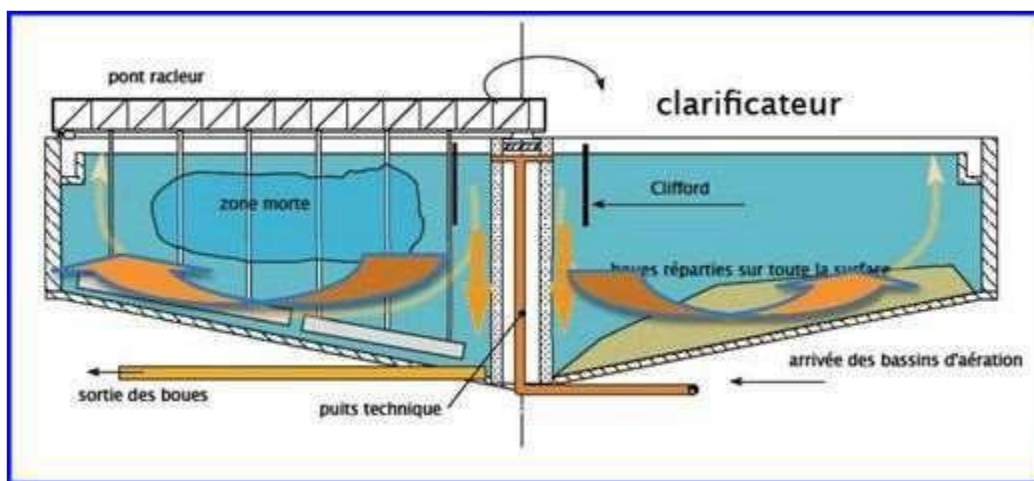


Figure11: Décanteur secondaire « clarificateur »

I.2.3.2.5. Les traitements tertiaires :

Les eaux usées domestiques, après avoir subi des traitements primaires et secondaires, peuvent encore contenir une pollution azotée, phosphatée et biologique significative. Les traitements tertiaires, également désignés comme traitements complémentaires,

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

interviennent alors pour éliminer ces polluants résiduels, assurant ainsi une meilleure protection des milieux naturels dans lesquels ces eaux sont rejetées.[4]

a) Désinfection :

Dans le contexte d'une valorisation par réutilisation, les eaux usées nécessitent des étapes de traitement tertiaire, ciblant principalement l'abattement des micro-organismes pathogènes. Ces procédés, distincts des filières d'épuration classiques, sont fréquemment mis en œuvre dans les unités de production d'eau destinée à la consommation humaine. Il est donc raisonnable de considérer qu'ils constituent l'équipement technique minimal requis pour une station d'épuration envisageant la réutilisation. La désinfection chimique sera assurée par des traitements à base de :[4]

1)Chlore : Le chlore est un agent oxydant énergétique qui interagit avec les molécules réduites et organiques, ainsi qu'avec les micro-organismes. L'efficacité de ce traitement est fortement tributaire des étapes de purification et de clarification préliminaires, qui permettent de restreindre la quantité de chlore à utiliser. Il est également important de considérer le coût substantiel de la décoloration, une étape visant à réduire considérablement la toxicité de certains composés dérivés formés pendant le traitement.[4]

2)Ozone (O₃) :

La désinfection à l'acide peracétique est une méthode employée principalement aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen-Orient. En France, son utilisation semble limitée à la station d'épuration de Saint-Michel-en Grèves (Côtes d'Armor). Ce procédé se distingue par son efficacité contre les bactéries, les virus (étant le seul réellement efficace) et les protozoaires. Les études de toxicité sur les organismes aquatiques (poissons, crustacés, algues) n'ont pas démontré de toxicité. L'acide préceltique, le dioxyde de chlore et les ferrates peuvent également être utilisés pour la désinfection.[4]

Il existe aussi des traitements physiques tel que :

3)Rayons ultraviolets :

Cette méthode de désinfection utilise des lampes à mercure, agencées parallèlement ou perpendiculairement au courant d'eau, dont l'émission lumineuse s'attaque directement aux micro-organismes. Ce traitement est caractérisé par sa simplicité d'installation et d'utilisation, puisqu'il n'implique ni entreposage ni manipulation de composés chimiques, et qu'il préserve l'intégrité chimique de l'effluent.[4]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

I.2.3.2.6.Traitement des boues :

Les boues constituent le flux résiduaire majoritaire des stations d'épuration. Leur filière de traitement représente environ 30% de l'investissement initial d'une station. Le traitement des boues est mis en œuvre afin d'atteindre les objectifs suivants : la stabilisation de la matière organique, visant à réduire leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination biologique ; et la réduction volumique par déshydratation, afin de minimiser les coûts associés à leur évacuation et leur valorisation éventuelle.[4]

a)Epaississement :

Afin de réduire le volume des boues et d'accroître leur concentration pour faciliter la déshydratation, l'épaississement est une étape initiale indispensable. Ce processus, analogue à la clarification qui produit un surnageant avec peu de solides, utilise la gravité pour augmenter la teneur en matières en suspension des boues. Deux grandes familles de procédés sont utilisées pour l'épaississement : les méthodes gravitaires et les méthodes dynamiques.[4]

1)Epaississement statique gravitaire :

L'épaississement gravitaire des boues est réalisé par décantation dans une cuve cylindrique à fond conique. Sous l'effet de la pesanteur, la boue se concentre et est évacuée par le fond. L'eau surnageante est récupérée et recyclée en amont de la station. Ce procédé permet d'augmenter la concentration des boues d'un facteur 2 à 8, correspondant typiquement à une teneur en matière sèche maximale de 3 à 3.5%.[4]

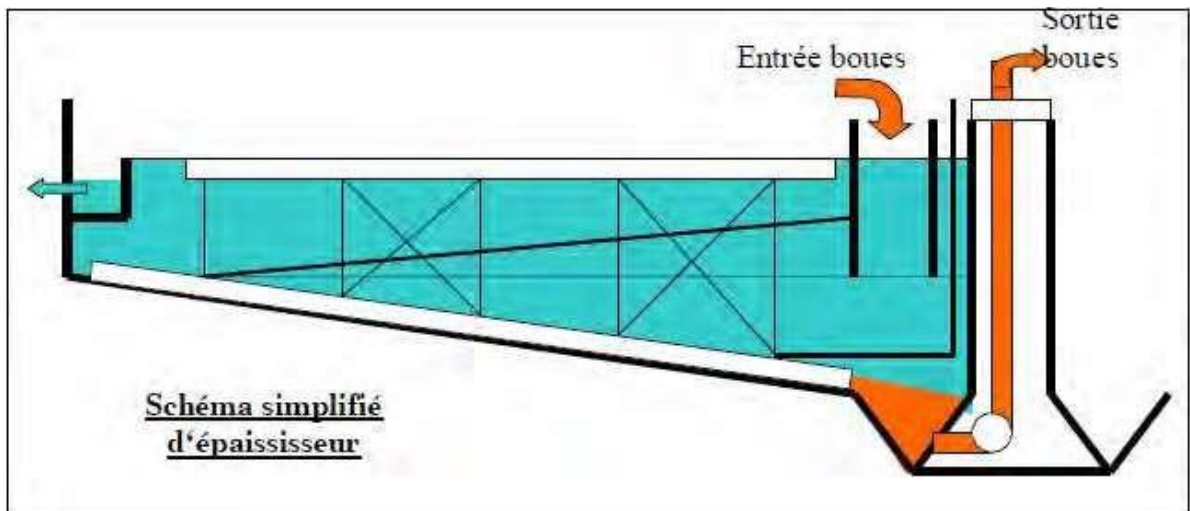


Figure12:Schéma simplifié d'un épaisseur.

2)Epaississement dynamique :

L'épaississement dynamique ou mécanique fait appel à diverses méthodes. La flottation et la centrifugation sont généralement mises en œuvre pour les installations de taille moyenne à grande. L'égouttage constitue une alternative pour les petites stations d'épuration, souvent associées aux boues biologiques d'aération prolongée. Cette technique permet une diminution du volume des boues de l'ordre de 6 à 7, soit une siccité avoisinant les 5 à 8%. L'égouttage implique une consommation d'environ 5 kg de polymère par tonne de matière sèche et une dépense électrique de 30 à 60 kWh par tonne de matière sèche.[4]

b)Déshydratation :

L'objectif des procédés de déshydratation est de faire évoluer la boue de son état liquide vers une consistance plus solide, adaptée aux exigences de son utilisation ou de son élimination finale.[4]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE



Figure 13 : Déshydratation des boues. [29]

I.2.3.3.les avantages de station d'épuration d'eau :

Les avantages des stations d'épuration d'eau peuvent être regroupés comme suit :

- **Protection de l'environnement** : Réduction de la pollution des eaux naturelles, préservation de la biodiversité.
- **Santé publique** : Élimination des agents pathogènes, prévention de la contamination des sources d'eau potable, amélioration de l'hygiène et de la qualité de vie.
- **Valorisation des ressources** : Possibilité de réutilisation de l'eau traitée, valorisation des sous-produits.
- **Impact économique et social** : Soutien aux activités économiques, création d'emplois, amélioration de la valeur foncière.
- **Cadre légal et progrès** : Conformité aux réglementations, innovation technologique.

I.2.3.4.les inconvénients de station d'épuration :

- Nécessite un investissement initial conséquent.
- Engendre des coûts d'exploitation récurrents.
- Implique des dépenses pour la maintenance et les réparations.
- Est consommatrice d'énergie.
- Génère des boues résiduelles.
- Peut entraîner des émissions dans l'atmosphère.

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- Conduit au rejet d'effluents traités.
- Présente des risques de pollution accidentelle.
- Est soumise à la variabilité des charges polluantes à traiter.

I.2.3.5.Objectif de traitement :

Une station de traitement des eaux usées joue un rôle crucial dans la réduction de la pollution en épurant les eaux usées domestiques et industrielles. Son objectif est de restituer à l'Oued Safsaf des eaux traitées qui répondent aux normes de qualité idéales, assurant ainsi la protection de l'environnement. Par ailleurs, ce processus génère des boues qui peuvent être réutilisées en agriculture comme amendement organique et fertilisant. La station d'épuration de la ville de Skikda illustre ce fonctionnement avec son système de "boues activées à faible charge", comprenant des étapes de traitement de l'eau (prétraitement, décantation primaire, traitement biologique, clarification) et des boues (épaississement, digestion anaérobie, déshydratation mécanique, stockage), aboutissant à l'élimination efficace de la pollution des eaux.[5]

I.2.4. station de déminéralisation :

I.2.4.1.définition de station de déminéralisation :

Une station de déminéralisation est une installation industrielle dont la fonction est d'extraire la presque totalité des ions minéraux dissous (sels) contenus dans l'eau à traiter, qu'elle soit issue de sources souterraines, de rivières, de lacs, ou encore d'eau de mer ou saumâtre ayant subi un traitement initial.

I.2.4.2.les techniques de déminéralisation :

I.2.4.2.1. Les principaux technologies de dessalement des eaux :

On distingue actuellement deux grandes catégories de technologies de dessalement de l'eau, basées sur le principe physique ou chimique mis en œuvre :

- **Les procédés utilisant des membranes:**

À savoir, l'osmose inverse et l'électrodialyse.

- **Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases :**

À savoir, La congélation et la distillation.

La distillation et l'osmose inverse sont les technologies de dessalement d'eau de mer qui ont démontré leur efficacité et qui sont les plus largement commercialisées à l'échelle mondiale. Les autres procédés ont eu moins de succès en raison de problèmes liés à la

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

consommation d'énergie et aux investissements importants qu'ils nécessitent.

Indépendamment du procédé de séparation sel/eau choisi, toute installation de dessalement comporte un schéma en quatre étapes :

- un pré-traitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produits anti-tarte.
- une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière.
- le post-traitement avec une éventuelle reminéralisation de l'eau produite.
- le procédé de dessalement lui-même.
- Le processus en quatre étapes permet de rendre l'eau de mer potable ou apte à un usage industriel, en réduisant sa salinité à moins de 0,5 gramme de sels par litre.[7]

a) Procédés à membranes :

1. L'osmose inverse

Le procédé d'osmose inverse permet de séparer l'eau des sels dissous en utilisant des membranes semi-perméables et une pression élevée, typiquement entre 54 et 80 bars pour le traitement de l'eau de mer. Opérant à température ambiante et sans changement de phase, ce système utilise des membranes polymères qui laissent passer les molécules d'eau mais bloquent les particules, les sels dissous et les molécules organiques dont la taille dépasse 10^{-7} mm. La consommation énergétique est principalement liée au fonctionnement des pompes haute pression. L'eau résultante de l'osmose inverse a une concentration en sels d'environ 0,5 g/L.[7]

• Principe de l'osmose inverse

L'osmose est le transfert de solvant (généralement de l'eau) à travers une membrane semi-perméable, induit par une différence de concentration. Dans un système à deux compartiments séparés par une telle membrane et contenant des solutions de concentrations différentes, l'eau se déplace de la solution la moins concentrée vers la plus concentrée. Pour contrer ce flux, une pression appliquée sur la solution concentrée peut le réduire jusqu'à l'annuler. Dans le cas où la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est définie comme la pression osmotique.[7]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

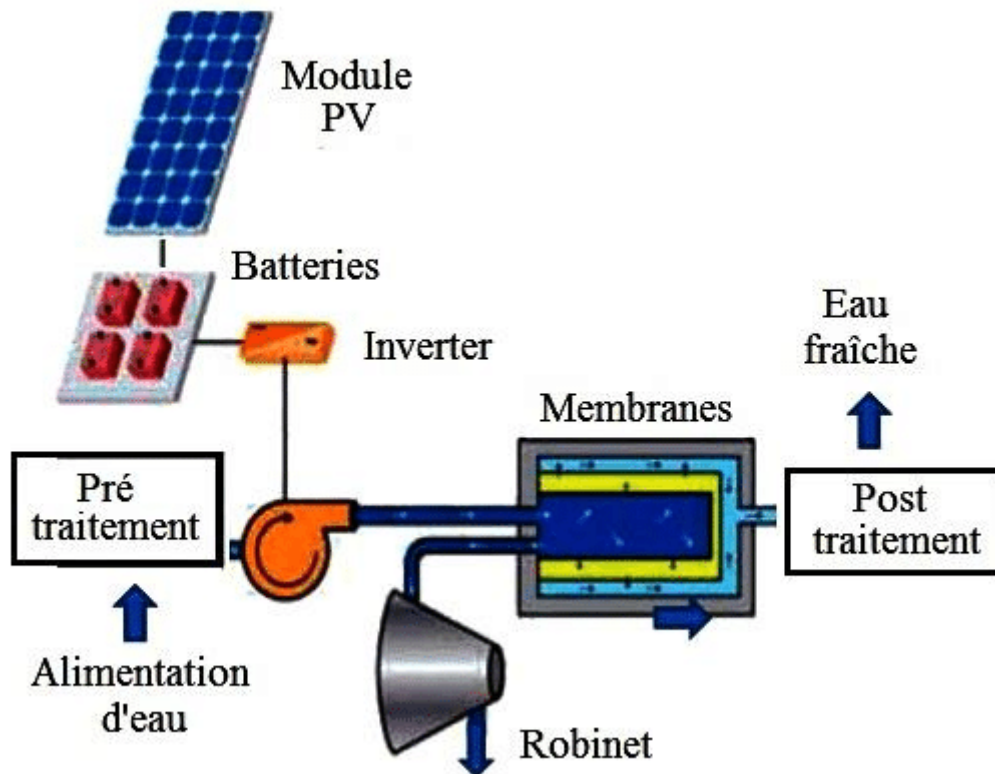


Figure 14: l'osmose inverse[30]

Si la pression appliquée à la solution concentrée dépasse la pression osmotique, le flux d'eau s'inverse, passant de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est l'osmose inverse. Pour les solutions diluées, la pression osmotique (π) est donnée par la loi de van'tHoff : [7]

$$\pi = i \times C \times R \times T$$

i : est le coefficient de dissociation

C : la concentration en sels

R : la constante des gaz parfaits

T : la température.

Le débit spécifique d'eau produite (J_1) est proportionnel à la différence entre la pression appliquée (P) et la pression osmotique (π) :

$$J_1 = A \times (P - \pi)$$

A : est la perméabilité à l'eau.

Le flux spécifique de sel (J_2) à travers la membrane est proportionnel à la différence de concentration (ΔC) de part et d'autre :

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

$J_2 = B \times \Delta C$.

B : est la perméabilité au sel.[7]

- **Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse :**

Le dessalement par osmose inverse exige un prétraitement rigoureux de l'eau de mer afin d'éviter le colmatage des membranes par les matières en suspension, ce qui compromettrait rapidement l'efficacité du procédé. Il est crucial de retenir toutes les particules de taille supérieure à 10 à 50 μm (selon le type de module). Pour cela, on utilise une pré-filtration grossière suivie d'une filtration sur sable, éliminant ainsi les plus grosses particules. Un traitement biocide et une acidification sont ensuite indispensables pour prévenir le développement de micro-organismes et la formation de dépôts de carbonates sur la membrane. Une filtration finale sur cartouches assure la rétention des particules de l'ordre de quelques dizaines de μm qui auraient pu passer à travers le filtre à sable.[7]

La pompe haute pression permet d'acheminer l'eau de mer prétraitée vers le module d'osmose inverse contenant les membranes. Un autre phénomène important est la polarisation de concentration : au fur et à mesure de la filtration, la concentration en sels augmente du côté de la membrane où ils sont retenus. Cette augmentation de la pression osmotique peut entraîner des précipitations. Pour maintenir un rendement optimal, une partie de l'eau est utilisée pour nettoyer la surface de la membrane du côté de la solution salée, selon un principe de filtration tangentielle. L'eau qui ne traverse pas la membrane est appelée rétentat, et celle qui la traverse est le perméat.[44]

- **Définition : techniques à flux tangentiel/flux croisé :**

La filtration frontale (DEF), où le flux d'alimentation est dirigé perpendiculairement à la membrane, présente des inconvénients majeurs tels que le colmatage rapide des pores et la formation d'un "gâteau" de rétentat à la surface. Ces phénomènes réduisent l'efficacité et nécessitent des nettoyages fréquents.[7]

Pour surmonter ces limitations, la filtration à flux tangentiel ou croisé (TFF/CFF) a été développée. Dans ce mode de filtration, le flux d'alimentation s'écoule parallèlement à la membrane. Le perméat (fluide et petits solutés) traverse la membrane perpendiculairement, tandis que le concentré (particules et gros solutés) est évacué. L'écoulement tangentiel crée une turbulence qui limite l'accumulation de particules à la surface de la membrane,

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

réduisant ainsi le colmatage. De plus, l'énergie du rétentat sous pression peut être partiellement récupérée grâce à une turbine, améliorant l'efficacité énergétique.[7]

Les membranes jouent un rôle fondamental dans les processus de séparation naturelle, comme la dialyse et l'osmose dans les organismes vivants. Sur le plan industriel, elles sont au cœur de deux technologies importantes : l'électrodialyse (ED) et l'osmose inverse (OI).[7]

2/ Électrodialyse (ED) : L'électrodialyse (ED) est une technique de dessalement basée sur la mobilité des ions dans un électrolyte lorsqu'il est soumis à un champ électrique. Le dessalement est réalisé grâce à des membranes qui éliminent sélectivement les sels, produisant ainsi de l'eau douce. Commercialisée depuis les années 1960, une unité ED typique est constituée de plusieurs centaines de cellules assemblées en une pile par des électrodes externes. L'eau d'alimentation circule simultanément à travers ces cellules, générant un flux continu d'eau dessalée et de saumure concentrée, dont le débit dépend de la conception du système. La sélectivité des membranes (cationiques pour Na⁺ et anioniques pour Cl⁻) permet d'obtenir de l'eau douce dans deux des quatre compartiments. L'ajout de produits chimiques peut être nécessaire pour réduire l'entartrage.[7]

b)Les procédés de distillation :

Le dessalement par distillation repose sur le chauffage de l'eau de mer pour provoquer une évaporation partielle. La vapeur d'eau, dépourvue de sel, est alors condensée pour produire de l'eau douce liquide. Ce procédé, qui accélère le cycle naturel de l'eau, a été utilisé dès l'Antiquité pour de petites quantités d'eau douce à bord des navires. L'inconvénient majeur de la distillation est sa forte demande énergétique, liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau (environ 2250 kJ/kg à 100°C). Pour pallier ce problème, des techniques industrielles multi-effets ont été développées, permettant de récupérer l'énergie libérée lors de la condensation. Le marché du dessalement thermique est principalement dominé par deux procédés : la distillation à détente étagée (MSF) et la distillation à multiples effets (MED).[7]

1/ Le procédé de distillation à détente étagée (Multi-Stage Flash distillation MSF) :

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

Le procédé MSF maintient l'eau sous pression pendant le chauffage jusqu'à environ 120°C, puis l'introduit dans une série d'enceintes à pression décroissante où une vaporisation instantanée ("flash") se produit. La vapeur se condense sur des tubes refroidis, et l'eau douce est recueillie. La chaleur de vaporisation est fournie par le refroidissement progressif de l'eau de mer. L'eau de mer est préchauffée en circulant dans les condenseurs des étages successifs, récupérant la chaleur de condensation, avant d'être portée à 120°C par de la vapeur externe. Un dévésiculateur élimine les gouttelettes d'eau salée entraînées par la vapeur. L'avantage principal est la limitation de l'entartrage car l'évaporation n'a pas lieu sur les surfaces chauffantes. L'énergie requise est principalement thermique (pour la chaudière), potentiellement peu coûteuse si de la vapeur basse pression est récupérée, ainsi qu'électrique pour les pompes de circulation. Le MSF manque de flexibilité et est principalement utilisé pour les très grandes capacités de production.[7]

2/ Le procédé de distillation à multiples effets (Multi-Effect distillation MED) :

Le dessalement par MED utilise l'évaporation d'eau de mer préchauffée (70-80°C) sous vide sur une surface d'échange. La chaleur nécessaire provient de vapeur ou d'eau chaude récupérée. La vapeur produite dans un premier "effet" est condensée dans un second "effet" à pression plus basse, libérant de la chaleur qui sert à évaporer davantage d'eau de mer, et ainsi de suite à travers plusieurs effets. Seule l'énergie du premier effet est externe, l'augmentation du nombre d'effets diminuant la consommation énergétique spécifique. La technologie la plus répandue est celle des évaporateurs à tubes horizontaux arrosés, où l'eau de mer forme un film mince sur les tubes chauffés, assurant un bon transfert de chaleur. Ce type d'évaporateur a supplanté les anciens modèles à tubes immergés.[7]

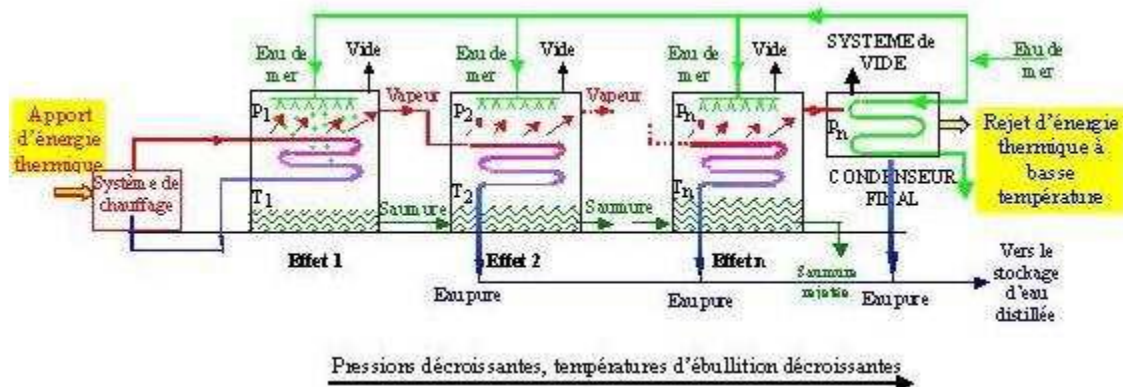


Figure 15 : Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets[31]

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

(MED).

Une autre technologie en développement est l'évaporateur multiple effet à plaques. L'eau de mer s'écoule en fine pellicule sur une mince plaque métallique, chauffée par la vapeur provenant de l'effet précédent qui circule sur l'autre face de cette plaque. Plusieurs de ces plaques, entre lesquelles alternent le flux d'eau de mer et de vapeur chauffante, sont assemblées en parallèle pour former un effet. La vapeur générée est recueillie dans une enceinte cylindrique (calandre) où sont logées les plaques, puis acheminée entre les plaques d'une autre calandre constituant l'effet suivant.[7]

Le système Easy MED, une conception compacte brevetée en 1998, utilise des cellules élémentaires intégrant des zones d'évaporation et de condensation agencées de manière à ce que chaque zone d'évaporation soit située entre deux zones de condensation de l'effet précédent. Cet agencement permet une compacité accrue en éliminant les volumineuses calandres traditionnelles. L'énergie principale requise est thermique pour le premier effet, mais la récupération de chaleurs résiduelles est possible. L'électricité alimente les pompes et le système de vide. En MED, l'ébullition au contact des surfaces d'échange expose au risque d'entartrage, nécessitant un traitement acide et une limitation de la température de tête. Pour optimiser l'efficacité énergétique, la compression mécanique de vapeur (MVC) peut être intégrée aux systèmes MED (simple ou multiple effet). La vapeur produite est comprimée, augmentant sa température de saturation et permettant sa réutilisation comme source de chaleur pour l'évaporation dans l'effet suivant, se condensant et relançant le cycle.[7]

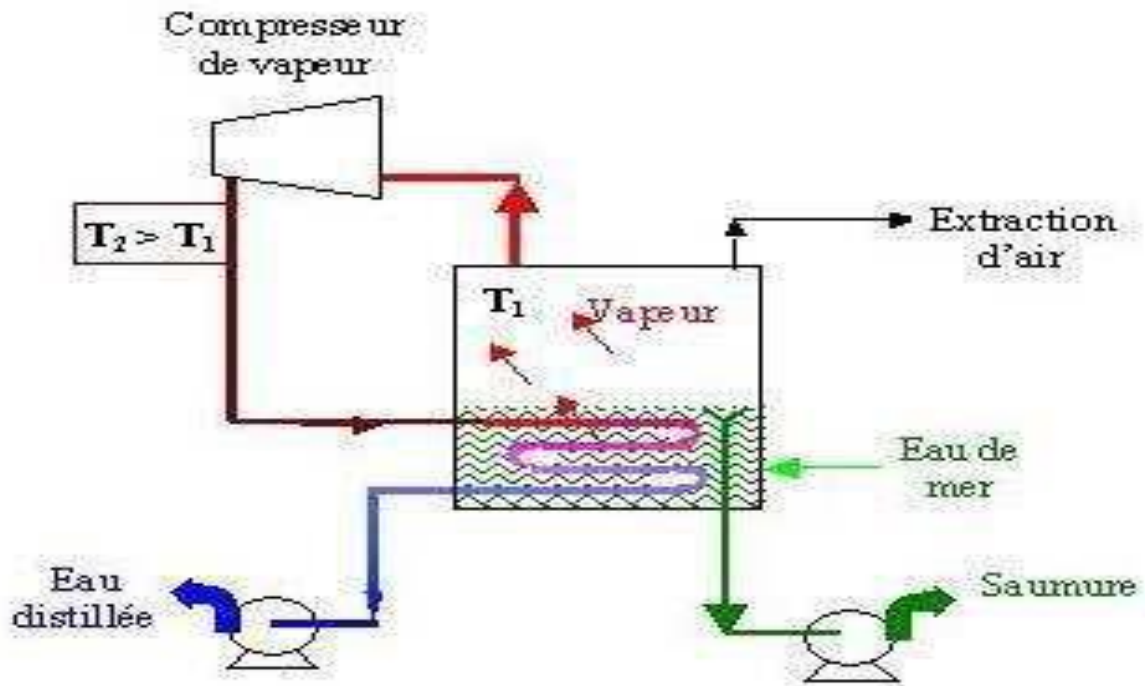


Figure 16 :Schéma de principe d'une unité d'évaporation simple-effet avec compression de vapeur. [32]

I.2.4.3. Autres procédés :

D'autres procédés ont été utilisés pour le dessalement des eaux saumâtres ou marines. Bien qu'ils n'aient pas atteint le rendement de la distillation ou de l'osmose inverse, ils se sont avérés utiles dans certains contextes ou nécessitent encore des améliorations. [7]

I.2.4.3.1. Congélation :

La congélation permet de dessaler l'eau de mer car les sels dissous sont naturellement exclus lors de la formation des cristaux de glace. Refroidir l'eau salée dans des conditions contrôlées pour former ces cristaux est donc une méthode de dessalement. Plusieurs procédés de congélation existent, et quelques usines ont été construites sur ce principe au cours des cinquante dernières années. [7]

I.2.4.3.2. Distillation sur membrane :

Le procédé hybride distillation-membrane combine la distillation et la filtration membranaire. L'eau salée est chauffée pour générer de la vapeur, laquelle traverse une membrane sélective qui retient l'eau liquide. La vapeur d'eau ainsi séparée est ensuite condensée sur une surface froide pour produire de l'eau douce. [7]

I.2.4.3.3. Humidification solaire :

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

Le dessalement direct par énergie solaire a été exploré avec divers dispositifs imitant le cycle hydrologique naturel : le soleil chauffe l'eau salée, produisant de la vapeur qui est ensuite condensée sur une surface froide pour recueillir de l'eau douce. Actuellement, peu d'usines solaires ou éoliennes existent dans les pays méditerranéens, suggérant que cette technologie est encore en phase d'expérimentation pour une application industrielle et commerciale à grande échelle.[7]

I.2.4.3.4. La microfiltration :

- **Principe et applications de la Microfiltration (MF):** La microfiltration est un procédé physique qui permet de séparer d'un fluide des espèces dont la taille varie entre 0,05 et 10 μm . Ces espèces, qu'elles soient sous forme de solutés ou de particules, sont retenues à la surface d'une membrane poreuse par un mécanisme d'exclusion. Les membranes couramment utilisées sont en polyamide, polypropylène ou en matériaux inorganiques (oxydes métalliques ou céramiques).[7]
- **Filtration frontale (DEF) versus Filtration tangentielle (TFF/CFF):** En mode de filtration frontale, la totalité du fluide est forcée à travers la membrane, entraînant l'accumulation de rétentat à la surface et la formation d'un gâteau qui réduit progressivement le débit et nécessite un arrêt pour nettoyage. Contrairement à cela, la filtration tangentielle fait circuler le fluide parallèlement à la membrane à une vitesse de 0,5 à 5 m/s. Le perméat traverse la membrane perpendiculairement, tandis que le rétentat (concentré) est récupéré en continu. Ce flux tangentiel limite l'obstruction des pores, permettant un fonctionnement continu et la récupération des deux flux. La pression transmembranaire typique en MF varie de 0,05 à 3 bars. La MF est applicable à la séparation solide-liquide, mais aussi liquide-liquide pour les émulsions huile dans l'eau.[7]
- **Applications industrielles et potentiel de valorisation:** Dans le traitement des effluents industriels, la MF vise à récupérer des particules ou des macrosolutés tout en produisant un fluide propre, que ce soit pour purifier un flux ou recycler les composés retenus. Un exemple est la rétention d'agrégats métalliques dans des eaux de rinçage. Bien que le perméat puisse respecter les normes de rejet, le rétentat concentré peut poser des problèmes de toxicité s'il n'est pas valorisé. Une approche plus intégrée consiste à remplacer des traitements classiques par la MF. L'application à des effluents de blanchisserie riches en polluants a montré une réduction significative de la DCO, une extraction des huiles et une élimination des MES, tout en conservant les

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

tensioactifs et la température, ouvrant la voie au recyclage de l'eau et à l'économie d'énergie. Le rétentat, riche en matière organique, peut même être valorisé comme combustible.[7]

- **Conditions et complémentarité de la MF:** La MF est particulièrement efficace lorsque les composés à séparer ont des tailles significativement différentes de ceux du fluide à purifier. Cependant, son utilisation doit être envisagée dans le cadre d'un processus global de traitement, car une seule étape de MF ne suffit généralement pas. Dans les applications de clarification, la MF peut réduire l'encrassement des membranes en aval, soulignant la nécessité de combiner différentes techniques pour une épuration complète des effluents.[7]

I.2.4.3.5.L'ultrafiltration :

L'ultrafiltration (UF) est un procédé de séparation membranaire sous pression, similaire à la microfiltration mais utilisant des membranes aux pores plus fins (0,5 à 4 nm). La séparation repose sur l'exclusion de taille, complétée par la forme et l'encombrement stérique des molécules dissoutes. Les membranes asymétriques poreuses sont courantes, permettant d'adapter leurs propriétés aux conditions souhaitées. Fonctionnant en mode tangentiel avec des pressions modérées (1-5 bars), l'UF est utilisée pour fractionner, concentrer et purifier des solutions, le produit d'intérêt pouvant être le filtrat, le concentré ou les deux. Des exemples d'application incluent la clarification de jus de fruits, la récupération d'enzymes dans la brasserie, le recyclage d'eaux de lavage et de tensioactifs dans l'industrie textile, ainsi que la réduction de la toxicité et de la couleur des effluents de papeteries. L'UF permet de séparer des composés de taille très proche, mais le rétentat génère souvent des boues complexes et difficiles à valoriser, aboutissant fréquemment à leur mise en décharge. Les recherches s'orientent vers l'application de l'UF sur de petites unités pour un recyclage en amont, réduisant la complexité des effluents finaux et ouvrant la voie à des systèmes en boucle fermée pour le perméat et le concentré, positionnant l'UF comme un outil de prévention et de tri des effluents.[7]

I.2.4.3.6.Nanofiltration :

Se situant entre l'ultrafiltration (UF) et l'osmose inverse (OI) en termes de capacité de séparation (1-5 nm), la nanofiltration (NF) est un procédé membranaire utilisant la pression comme force motrice. Les membranes de NF se distinguent par leur seuil de coupure qui permet le passage des ions monovalents et des petites molécules, contrairement à la

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

rétenion plus importante observée en OI. Cette caractéristique se traduit par une pression de fonctionnement plus faible (5-10 bars) en NF, car la contribution des ions monovalents à la pression osmotique est minimisée dans le rétentat. Par conséquent, la NF est moins énergivore que l'OI. Ses applications incluent la séparation ionique (notamment mono/divalents), le dessalement d'effluents et la désacidification. Bien que concurrente de l'électrodialyse pour la séparation d'ions, l'efficacité de la NF peut être influencée par la complexité de l'effluent, soulignant la nécessité d'études comparatives pour évaluer la sensibilité relative des deux techniques.[7]

I.2.4.4. Avantages des procédés de déminéralisation :

Les procédés de déminéralisation présentent plusieurs avantages notables :

- Fonctionnement à température ambiante, préservant les molécules sensibles, notamment dans l'agroalimentaire.
- Absence de recours à des réactifs chimiques d'extraction, éliminant une source de pollution.
- Faible consommation énergétique par rapport à la distillation pour le dessalement, avec une réduction de la consommation de 3 à 4 fois.
- Pas de production de boues.
- Qualité constante de l'eau traitée.
- Capacité à traiter de grandes quantités d'eau, particulièrement pertinent pour le dessalement.[7]

I.2.4.5. les Inconvénients des procédés déminéralisation :

- Le colmatage des membranes réduit leur capacité à laisser passer l'eau et altère leur efficacité à retenir les sels.
- Les membranes ne parviennent jamais à retenir tous les sels présents dans l'eau.
- La durée de vie des membranes est limitée, soit par leur usure physique, soit par leur détérioration au contact des produits chimiques utilisés pour leur nettoyage.
- Le coût des technologies de déminéralisation reste substantiel.
- La quantité d'eau douce obtenue est inférieure à la quantité d'eau salée initialement traitée.
- Le rejet des effluents, notamment la saumure concentrée, peut avoir un impact négatif sur l'environnement récepteur.

CHAPITRE I: RECGERCGE BIBLIOGRAPHIQUE

- Le volume de saumure généré par le processus est important.[7]

I.3.CONCLUSION :

Pour conclure, notre exploration a révélé la vaste gamme des traitements de l'eau, depuis la filtration élémentaire jusqu'à des techniques avancées telles que l'osmose inverse.

L'efficacité de chaque méthode est intrinsèquement liée à la qualité initiale de l'eau et aux objectifs de traitement. Dans un contexte d'innovation technologique continue et de défis environnementaux croissants, le développement de solutions de traitement de l'eau toujours plus efficaces et durables est primordial pour assurer un accès équitable à une eau potable de qualité. Une gestion de l'eau réussie à l'avenir nécessitera une approche holistique, combinant des traitements sur mesure et une intendance responsable de cette ressource vitale.



***CHAPITRE II: PRESENTATION
DE LA ZONE D'ETUDE***

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1.INTRODUCTION

Le premier pas de notre étude consiste à choisir l'emplacement de la zone de recherche. Ce chapitre se concentrera sur la ville d'In Amenas, détaillant sa localisation géographique et climatique, les caractéristiques physiques et environnementales, sa superficie, sa population, et ses ressources en eau. Pour entamer, commençons par exposer les informations essentielles concernant la ville.

II.2.LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIF:

II.2.1.situation géographique d'In Amenas :

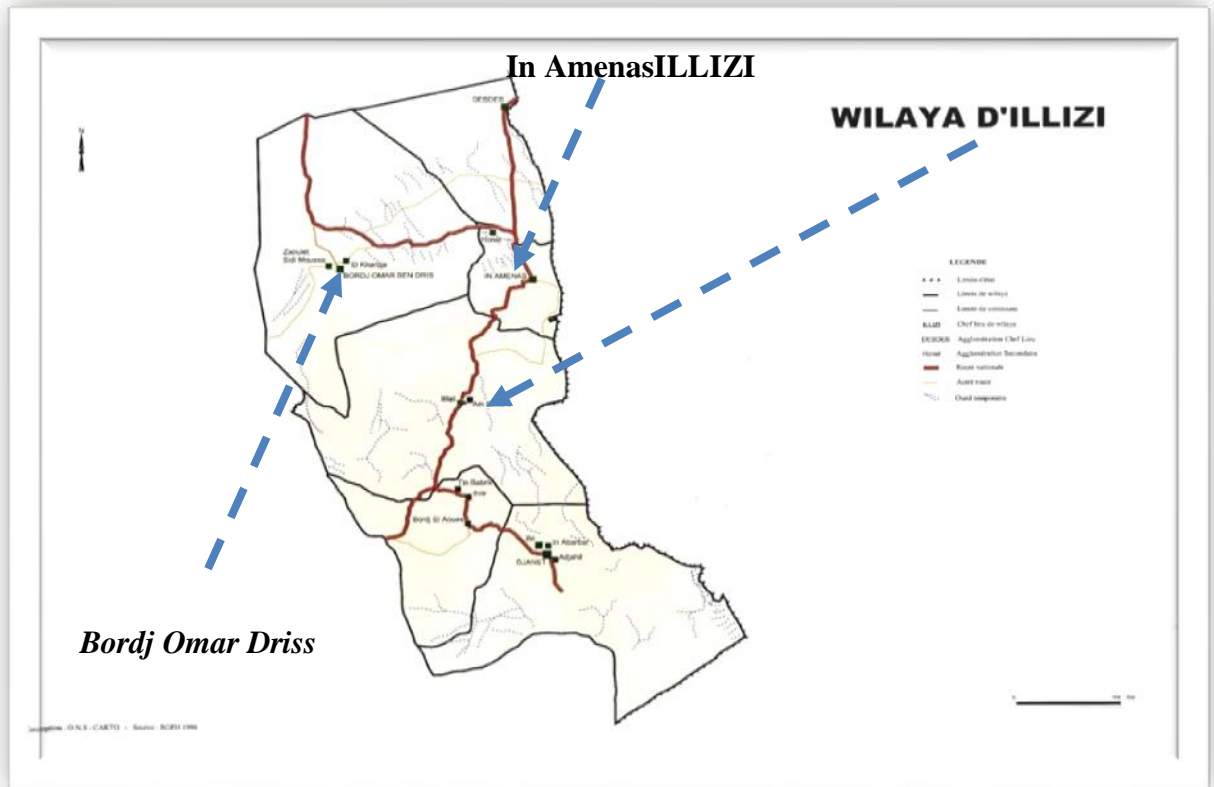
In Amenas, véritable pilier de l'industrie pétrolière algérienne, se dresse au cœur du Sahara. Située à 1600 km d'Alger, cette ville stratégique, à proximité de la frontière libyenne, représente le deuxième plus grand champ d'exploitation du pays. Avec une production quotidienne de 5000 m³, In Amenas joue un rôle crucial dans l'économie nationale. Pour soutenir cette activité, des infrastructures essentielles ont été développées, comprenant des centres de stockage, des bases de vie et des zones industrielles, le tout dans un rayon de 5 km. La région est structurée en trois secteurs majeurs (Zarzaitine, Edjeleh et l'ouest avec Tiguentourine), tous exploités par Sonatrach, témoignant de l'importance de ce pôle énergétique.

La commune D'IN AMENAS fait partie de la wilaya d'ILLIZI en tant que chef lieu de commune et de daïra, avec une superficie de 129945,96 Km², elle est située sur un axe important à environ 250 Km au nord d'ILLIZI, à 730 Km au sud de Hassi Messaoud et 680 Km au Nord de Djanet. Son altitude est d'environ 550 m, et elle a comme coordonnées une longitude de 9°36' et une latitude de 28°03'. [8]

Elle est limitée administrativement par les communes :

- ❖ Au SUD: par la commune d'Illizi
- ❖ Au L'EST: par la Libye
- ❖ Au L'OUEST: par la commune de bordj Omar Driss
- ❖ Au Nord : par la wilaya de Ouargla

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



Carte N°1: Limite administrative[9]



Carte N°2: Image (Google earth) de la ville d'In Amenas[11]

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.2.2.Organisation administrative:

Le tableau ci-dessous présente la répartition administrative de la **wilaya d'illizi**. Le territoire est subdivisé en **six communes**, regroupées au sein de **cinq daïras** et de **deux circonscriptions administratives**. La commune chef-lieu de wilaya (CLW) est **illizi**.

Tableau 1 : Découpage administratif de la wilaya d'illizi[9]

Wilaya	Circonscriptions administratives	Daïras	Communes
ILLIZI		Illizi	Illizi (CLW)
	Djanet	Djanet	Djanet Bordj El Houass
		In Aménas	In Aménas
	DebDeb	Deb Deb	Deb Deb
		Bordj Omar Driss	Bordj Omar Driss

II.3.LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET ENVIRONNEMENTALES :

II.3.1. La géologie :

La région d'In Aménas repose principalement sur la formation des argiles triasiques du Zarzaitine, une zone géologique réputée pour ses riches gisements pétroliers sahariens. Les forages ont révélé que cette formation argileuse dépasse 180 mètres d'épaisseur et repose sur une épaisse couche carbonifère. Les études de sol ont mis en évidence la prédominance d'une argile rouge bariolée, caractérisée par une palette de couleurs (mauve, jaune, vert, bleu) et une forte compacité. En surface, une couche d'altération, résultant de l'érosion par le soleil, la pluie et le vent, recouvre cette argile. Les variations thermiques provoquent des fractures verticales dans le sous-sol, qui sont ensuite comblées par le sable transporté par le vent et les précipitations.[10]

II.3.2.Le climat :

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

In Amenas se caractérise par un climat aride typique du Sahara, avec des étés longs, torrides et secs, contrastant avec des hivers doux et occasionnellement pluvieux. Les précipitations, extrêmement faibles et irrégulières, varient considérablement d'une année à l'autre, tant en quantité qu'en répartition. [10]

II.3.2.1. Précipitation :

À In Amenas, la moyenne annuelle des précipitations, calculée sur la période (1994-2010), est de 30 mm. Cependant, cette valeur moyenne masque une réalité plus complexe, car les précipitations sont extrêmement variables d'une année à l'autre.

Les précipitations sont rares, mais elles peuvent être fortes à l'occasion. Le tableau ci-dessous illustre les différentes précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la période (1994-2010).[10]

Tableau N°2: Moyennes mensuelles et annuelle des Précipitations Période : 1994-2010[12]

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
P(mm)	2,40	1,62	4,79	3,79	1,64	6,67	0,00	0,80	2,17	3,15	1,21	1,71	29,95

II.3.2.2. Température :

La température joue un rôle déterminant dans le climat d'une région, en interaction avec d'autres facteurs climatiques. À In Amenas, on distingue deux périodes distinctes : une saison froide, de novembre à mars/avril, et une saison chaude, de juin à septembre.

Le tableau ci-dessous illustre les différentes températures moyennes mensuelles et annuelles en (°C) pour la période (1994-2010).[09]

Tableau n°3 : Températures moyennes mensuelles en (°C) période 1994-2010 [12]

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
Tmoy	10,62	13,48	18,46	23,37	28,56	31,91	33,05	33,14	30,64	24,24	16,89	11,77	23,01

II.3.2.3. Vent :

Dans les environnements arides, les vents jouent un rôle crucial dans la formation du paysage, l'érosion de la végétation et la dégradation des sols (Halitim, 1984). Les vents du

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

sud, secs et froids en hiver, se transforment en été en un sirocco chaud et desséchant. Ce vent, qui souffle environ 15 jours par an, provoque des tempêtes de sable. La direction, la vitesse et la fréquence des vents varient considérablement tout au long de l'année. Au Sahara, ces vents peuvent réduire l'humidité atmosphérique jusqu'à 20 %.

Les vents suivant l'Office National de la Météorologie(ONM), de 1994 à 2010, sont les plus forts pendant la période comprise entre mars et juillet, avec des moyennes qui sont toujours supérieures à 4 m/s. Pendant les autres mois de l'année, la vitesse mensuelle moyenne du vent varie entre 3 et 5 m/s.[10]

Le tableau ci-dessous illustre les vitesses moyennes mensuelles des vents en m/s pour la période (1994-2010).

Tableau n°4 : Les vents moyens mensuels et annuels période (1994-2010)[12]

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	M. A
V (m/s)	3,48	4,03	4,66	5,07	5,51	5,08	4,59	4,43	4,35	4,37	3,61	3,23	4,37

II.3.2.4.Evaporation:

L'analyse du tableau révèle une évaporation marquée durant la période estivale. Le pic d'évaporation est atteint en juin, avec une valeur de 602,81 mm, tandis que le minimum est enregistré en janvier, avec 185,93 mm. La moyenne annuelle de l'évaporation s'élève à 4831,75 mm.[9]

Tableau n° 5: Évaporation mensuelle et annuelle moyenne (période : 1994 -2010).[12]

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
Evap (mm)	185,93	233,00	332,56	410,44	528,50	602,81	582,19	601,94	527,19	375,94	263,06	188,19	4831,75

II.3.2.5.Ensoleillement:

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

On observe que les valeurs maximales sont enregistrées pendant les mois d'été, de juin à août, avec un pic notable en juillet (362,81 heures).[9]

Tableau n°6: Ensoleillement mensuel et annuel moyen (Période : 1994 – 2010).[12]

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou t	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
Ensol (h)	261,38	252,81	280,50	276,81	285,88	303,63	362,81	340,19	277,13	283,13	262,25	226,75	3413,25

II.3.3.Hydrogéologie :

In Amenas ne dispose pas de nappe phréatique accessible à faible profondeur, selon une étude géotechnique montrée par des sondages géotechniques. La ville est donc alimentée en eau potable par une source située à 50 kilomètres. En revanche, une nappe souterraine profonde de type albien a été découverte lors de forages entre 180 et 250 mètres de profondeur[10]

Tableau 7 : Potentiel hydrique mobilisé et exploité[15]

Désignation	Potentiel Exploité en m ³ /jour	Potentiel Mobilisé en m ³ /jour
Puits	9 624	36 202
Forages	195 710	583 294
Autres (Sources)	0	0
Total	205 334	619 496

Le tableau révèle que les ressources en eau de la région sont souterraines et profondes. Elles permettent de couvrir les besoins locaux, avec environ un tiers du potentiel mobilisable actuellement exploité.

Tableau 8 : Répartition des ouvrages d'exhaure d'eau par commune[15]

Communes	Forages réalisées		Forages		
	Nbre	Débit (L/S)	Mobilisé	Exploités	Débit m ³ /j

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

			s		
Illizi	67	729	67	27	24 072
Djanet	78	760	78	27	20 724
In Amenas	308	2398	308	237	134 688
Deb-Deb	98	1138	98	50	35 079
B.O.Driss	287	2761	287	243	154 483
B.EL Haoues	13	99	13	5	3 888
Total	851	7885	851	589	372 934

Malgré la disponibilité globale des ressources hydriques, une inégalité de répartition est constatée entre les communes du nord (In Amenas, B.O.D, Deb Deb) et celles du sud (Illizi, Djanet, B.E.H).

L'eau de surface est rare dans la zone du projet en raison de la faible rétention d'eau et du ruissellement élevé. Les dayas retiennent une partie de l'eau, mais la majorité s'infiltre dans les oueds, notamment le réseau hydrologique développé du plateau de Tiguentourine. Lors de fortes pluies, le plateau de Tiguentourine présente quatre zones hydrogéologiques distinctes, allant du ruissellement à l'écoulement canalisé. La zone de la CPF est caractérisée par la présence de la séquence de Zarzaitine et des aquifères paléozoïques du bassin d'Illizi.

II.3.4. hydrographie :

Le réseau hydrographique de la wilaya d'Illizi est comme suit :

Tableau 9: Principaux oueds de la wilaya[15]

Communes	Principaux oueds	Bassin versant ou source	Sens d'écoulement
Deb-deb	-O.Merksène	Imazellouane	Sud – Nord
	-O.Tissimite	Petits mots du sud	Sud - Nord
Bordj Omar Driss	-O.Iharar	Hoggar	S-O-N-E
	-O.Indekak	Atafaitafa (Tassili)	Sud – Nord

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE

In Aménas	-O.Timedratine	Monticules du Nord	Sud – Nord
Illizi	-O.Djaret	Tassili	Sud – Nord
	-O.Imihrou	Tassili	Sud – Nord
	-O.Tarat	Tassili	S-O-N-E
Bordj el Houes	-O.Ihrir	Tassili	Sud – Nord
	-O.Boourahla	Tassili	Sud – Nord
	-O.Igharghar	Tassili	Sud – Nord
Djanet	-O.Tafassasset	Tassili	Sud – Nord
	-O.Issendilence	Tassili	Sud – Nord
	-O.Djanet	Tassili	Sud – Nord

II.3.6. Niveau d’équipement :

II.3.6.1. Education :

Les données relatives à la population scolarisable et scolarisée âgée de 6 à 19 ans au 31 décembre 2011 sont présentées dans le tableau suivant :[9]

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau 10: population scolarisable et scolarisée[9]

<i>Age</i>	<i>Population scolarisable</i>		<i>Population Scolarisée</i>		<i>Taux %</i>	
	<i>Total</i>	<i>Dont filles</i>	<i>Total</i>	<i>Dont filles</i>	<i>Total</i>	<i>Dont filles</i>
<i>6</i>	<i>172</i>	<i>77</i>	<i>229</i>	<i>104</i>	<i>1,33</i>	<i>1,35</i>
<i>6-15</i>	<i>1658</i>	<i>795</i>	<i>1234</i>	<i>700</i>	<i>0,74</i>	<i>0,88</i>
<i>15-19</i>	<i>639</i>	<i>287</i>	<i>294</i>	<i>146</i>	<i>0,46</i>	<i>0,51</i>

Le tableau précédent révèle une diminution du taux de scolarisation avec l'âge. Cette tendance peut indiquer un manque d'infrastructures éducatives ou de personnel d'encadrement. Le tableau suivant présente la répartition des établissements et des salles de classe par cycle d'étude.

Tableau 11: population scolarisable et scolarisée[16]

<i>cycles d'étude</i>	<i>Nombre d'établissement</i>	<i>Nombre de classe</i>	
		<i>Existant</i>	<i>utilisées</i>
<i>1^{er} et 2^{eme}</i>	<i>7</i>	<i>59</i>	<i>37</i>
<i>3^{eme}</i>	<i>1</i>	<i>19</i>	<i>19</i>
<i>secondaire</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>9</i>

II.3.6.2. sanitaire :

Le secteur sanitaire de la ville d'In Amenas souffre d'un manque d'infrastructures, comme l'illustre le tableau ci-dessous.[9]

Tableau 12: infrastructure sanitaire[16]

<i>Polyclinique</i>	<i>Salles de soins</i>	<i>Maternité</i>	<i>Unité d'urgence médicales</i>	<i>E.P.S.P</i>
<i>01</i>	<i>03</i>	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>

II.3.6.3. Socioculturel :

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ville d'In Amenas dispose des infrastructures suivantes : deux maisons de jeunes, une auberge, trois mosquées, un stade communal et un complexe sportif de proximité (CSP).[9]

II.3.6.4.Agriculture :

La wilaya d'Ilizi dispose de seulement 11 592 hectares de terres agricoles, ce qui représente 0,04% de sa superficie totale. À In Amenas, les activités agricoles sont principalement axées sur le gardiennage de troupeaux et l'élevage de bétail, tandis que les cultures permanentes se limitent essentiellement aux palmiers-dattiers.[9]

II.3.6.5. Industrie :

L'activité industrielle à In Amenas est principalement axée sur l'exploitation des hydrocarbures par les différentes unités de la SONATRACH présentes sur son territoire. La commune ne possède pas d'autres unités industrielles développées.[9]

Le tableau ci-dessous détaille l'ensemble des équipements de la SONATRACH présents à In Amenas.

Tableau 13: équipements de la SONATRACH[9]

<i>Nom d'unité</i>	<i>Nombre</i>
SH-DP	01
SH-RTT	01
ENTP	01
ENGCB	01
ENGTP	01
ENSP	01
BENSP	01
DTR	01
SHLUMBERGER	01

II.3.7. étude

La projection commune d'In Amenas en tenant compte de quartiers et des démographiques des des Sols (POS)

démographique :

démographique de la Amenas a été établie l'extension des projections Plans d'Occupation prévus dans le Plan

Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU). L'évolution du taux d'accroissement a été déterminée en fonction du mode de vie, du planning familial et du développement socioculturel.[9]

II.3.7.1. Évolution de l'accroissement de la population aux horizons du projet :

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'évolution future de la population de la commune sera estimée à l'aide de la formule suivante :

$$P = P0 (1 + X)^n \dots\dots\dots 1$$

P : représente la population projetée.

P0 : la population de l'année de référence.

X : le taux de croissance.

n :le nombre d'années dans l'intervalle de temps considéré.[9]

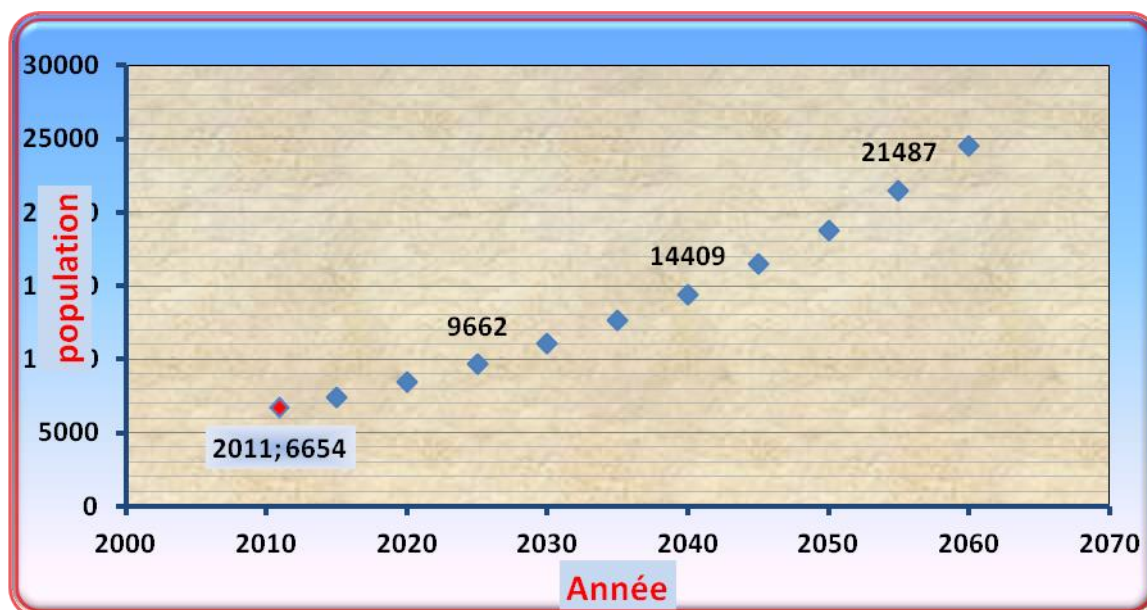
On fixe ce taux d'accroissement égal (X= 2,7 %) pour différents horizons d'études

La population de référence (P0), basée sur les résultats du 31 décembre 2011 (voir tableau N°14), est de 6654 habitants. Les valeurs de population calculées à partir de cette base sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 14 : Évolution de la population future de la commune de In Amenas[9]

	X	1+X	n	(1+x) ⁿ	Population
2011					6654
2015	0,027	1,027	4	1,112	7402
2020	0,027	1,027	9	1,271	8457
2025	0,027	1,027	14	1,452	9662
2030	0,027	1,027	19	1,659	11039
2035	0,027	1,027	24	1,895	12612
2040	0,027	1,027	29	2,165	14409
2045	0,027	1,027	34	2,474	16462
2050	0,027	1,027	39	2,826	18807
2055	0,027	1,027	44	3,2293	21487
2060	0,027	1,027	49	3,689	24549

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



Carte03: Évolution de la population en fonction du temps

II.4.SITUATION DE L'AEP :

Le secteur hydraulique occupe une place cruciale dans le développement et revêt une importance stratégique pour l'État. À In Amenas, l'eau potable provient principalement des forages.

Les infrastructures de stockage de la ville d'In Amenas comprennent :

II.4.1.Un complexe hydraulique :

il est composé de :

Les infrastructures de stockage de la ville d'In Amenas comprennent :

- 1 chambre des vannes
- 1 station de déminéralisation
- 1 station de pompage
- 4 réservoirs de stockage[9]

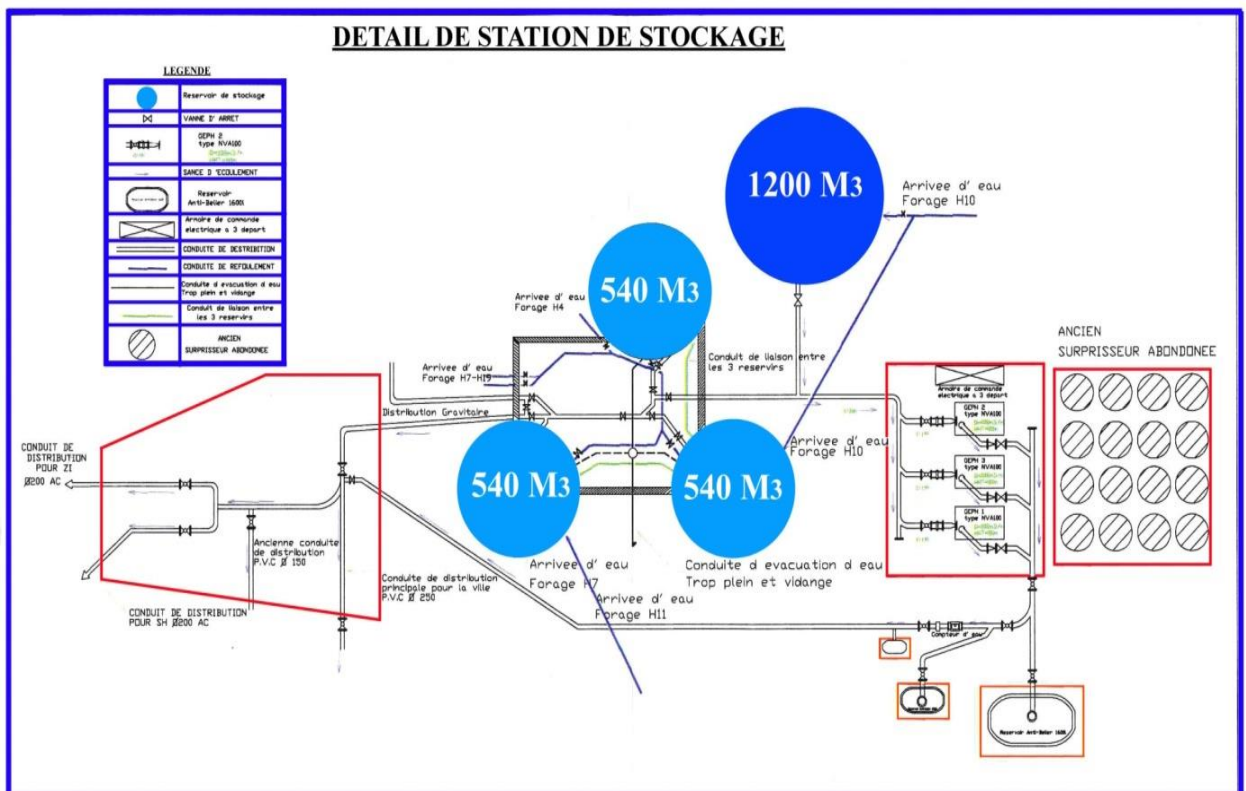
Les tableaux suivants présentent les caractéristiques du complexe hydraulique :

Tableau 15: complexe hydraulique de In Amenas[13]

Réservoirs de stockage				
N° de	Année de	Matériau de	Capacité	Hauteur de

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Réservoir	réalisation	construction	(m3)	réservoir (m)
R1	1959	métallique	540	10.80
R2	1959	métallique	540	10.80
R3	1959	métallique	540	10.80
R4	1994	métallique	1200	9
Station de pompage				
Nombre		Débit m3/h		HMT
2+1(réserve)		108		80
NB : Actuellement elle est à l'arrêt				
Station de déminéralisation				
Nombre		Débit m3/j		
01		120		
NB : Le traitement se fait par osmose inverse				



Carte04 : Détail De Station De Stockage[9]

II.4.2.chateau d'eau

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ville d'In Amenas s'est dotée d'un nouveau château d'eau, construit en béton armé et de type château sur tour. Ses caractéristiques techniques sont les suivantes : un volume de 500 m³, une hauteur de 18 mètres et une adduction propre de 2677 mètres linéaires.[9]

II.4.3..Adduction :

L'adduction se fait à partir des six (06) forages voir figure 13 alimentent quatre réservoirs d'eau dont cinq sont en service et un (01) est à l'arrêt pour un linéaire total de 5702 ml [14]

- Un forage (H10) alimente un réservoir d'eau d'une capacité de 1200 m³.
- Trois (03) forages (H4 - H19 – H7) alimentent un réservoir d'eau d'une capacité de 540 m³ .
- Quatre (04) forages (H10 - H4 - H19 – H7) alimentent un réservoir d'eau d'une capacité de 540 m³ .
- Quatre (04) forages (H11- H7- H4-H19) alimentent un réservoir d'eau d'une capacité de 540 m³ .

Les caractéristiques de ces forages sont données dans le tableau ci-après (tableau 16)

Tableau 16 : Caractéristique des forages d'In Amenas[13]

		X	Y	Profondeur (m)	Année de mise en service	Débit	Ns	Nd	Diamètre de forage	État
H1	ZERZATINE	554.879	3101.674	354	1959	8.34	155	161	9''5/8	En service
H4	ZERZATINE	554.565	3102.325	285	1965	12	159	179	13''3/8	En arrêt
H7	ZERZATINE	555.565	3102.550	285	1979	10	160	185	13''3/8	En service
H10	ZERZATINE	554.315	3102.545	294	1984	10	156	170	13''3/8	En service
H11	ZERZATINE	554.790	3102.071	320	1986	6	152	173	9''5/8	En service
H19	ZERZATINE	554.650	3101.625	353	1994	8	154	160	13''3/8	En service

II.4.4. distribution :

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

In Amenas dispose d'un réseau d'AEP type mixte (maillé et ramifié) pour la distribution d'eau potable aux usages domestiques, administratifs et industriels. Au 31 décembre 2011, ce réseau comptait 2304 abonnés, répartis de la manière suivante :

Actuellement la distribution d'eau dans la ville In Amenas est dotée d'un réseau d'AEP type maillé et ramifié est destinée pour la consommation : Domestique ; Administratives ; Industrielle, le nombre d'abonnés en 31-12-2011 était de 2304 abonnés reparti comme suit :[9]

Tableau 17 : Nombre d'abonnés[14]

Consommateur	Nombre
domestiques	1197
Administratives	217
industrielle	42
forfait	848
totale	2304

II.4.4.1.Volumes produits et distribué :

Les volumes d'eau produits et distribués dans la commune d'In Amenas au 31 décembre 2011, fournis par l'ADE d'Illizi, sont présentés ci-dessous. Le tableau suivant détaille les consommations d'eau enregistrées pendant cette période :[9]

Tableau 18 :Volumes produits et distribuée m^3/ an et en m^3/ j [9]

Année	2011	
	(m^3/an)	(m^3/j)
Production	1.027.000	2813,7
Distribution	(m^3/an)	(m^3/j)
	912.000	2498,6

NB

La Distribution est destinée pour la consommation : ménage ; Administratives ; Industrielle, commerce, citernage.

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La production d'eau potable par la station de déminéralisation pour la ville de In amenas n'a pas suivi une progression durant la période 2004-2011 et elle est restée quasi-stationnaire avec une moyenne annuelle d'environ 23725 m³

II.4.4.2.Volumes facturés :

Nous donnons dans ce qui suit les volumes totaux facturés en eau des différents usages a été faite sur la base des données statistiques fournies par l'ADE Illizi pour l'année 31-12-2011.

Tableau 19 : Volumes totaux facturés[14]

Année	2011	
	Consommation (m ³ / an)	Consommation (m ³ / j)
Ménage	220805	604,95
Administration	252030	690,49
Commerce	26958	73,86
Industrie	231521	634,30
Citernage	35264	96,61
Total	766578	2100,21
Nombre d'abonnés = 2307 abonnés		
Consommation en eau par abonné = 0,912 m ³ / j		

Nous remarquons que il ya une perte de **145412 m³** entre le volume distribué et le volume facturé.

II.5. Estimations des besoins en eau:

Les horizons de l'étude ont été définis en tenant compte de la durée de vie et de la capacité (10 000 m³/j) de la station projetée. La quantité d'eau nécessaire est déterminée par plusieurs critères :

- le niveau de vie de la population.
- le nombre d'habitants.
- le développement urbain
- les ressources existantes.[9]

a) Besoins domestiques :

L'évaluation quantitative des besoins permettra de déterminer les volumes d'eau nécessaires à la consommation. Le tableau suivant présente l'adaptation de la dotation en fonction de la population[9]

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau 20 : Adaptation de la dotation avec le nombre de population[9]

N ^{bre} d'habitants	Moins de 5 000 hab	5 à 10 000 hab	10 à 20 000 hab	20 à 100 000 hab
Dotation (m³/hab/an)	12 à 50	24 à 62	30 à 75	30 à 75
Dotation (l/hab/j)	33 à 140	65 à 170	82 à 205	115 à 265

La population actuelle d'In Amenas étant de 6654 habitants, supérieure à 5000, la dotation retenue est de 170 litres par habitant et par jour.

Le débit de consommation moyen journalier correspondant aux besoins futurs est calculé à

l'aide de la formule suivante : **QDom = N * D.....2**

Qdom :le débit moyen domestique en m³/j

N : le nombre d'habitants

D : la dotation en litres par habitant et par jour.

Tableau 21: Besoins domestiques[9]

Horizon	Nombre d'habitants	Dotation l/j/hab	Consommation moyenne journalière (m ³ /j)	Consommation moyenne journalière (l/s)
2011	6654	170	1131,18	13,09
2015	7402	170	1258,34	14,56
2020	8457	170	1437,69	16,64
2025	9662	170	1642,54	19,01
2030	11039	205	2262,995	26,19
2035	12612	205	2585,46	29,92
2040	14409	205	2953,845	34,19
2045	16462	205	3374,71	39,06
2050	18807	205	3855,435	44,62
2055	21487	265	5694,055	65,90

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2060	24549	265	6505,485	75,29
------	-------	------------	----------	-------

b) Besoin d'équipement :

Les besoins futurs en eau pour les équipements sont estimés à 30 % des besoins moyens journaliers. Ce calcul est exprimé par la formule : $Q_{\text{équi}} = 30 \% * Q_{\text{Dom}}$. [9].....3

Tableau 22: Débit d'équipement[9]

Horizon	Q _{Dom} (m ³ /j)	Q _{équi} (m ³ /j)
2011	1131,18	339,354
2015	1258,34	377,502
2020	1437,69	431,307
2025	1642,54	492,762
2030	2262,995	678,899
2035	2585,46	775,638
2040	2953,845	886,154
2045	3374,71	1012,413
2050	3855,435	1156,631
2055	5694,055	1708,217
2060	6505,485	1951,646

c) Besoins moyens journaliers majorés :

Le débit moyen journalier majoré (Q_{maj}) est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{\text{maj}} = Q_{\text{moy j t}} * 1,15 \dots\dots\dots 4$$

Q_{moy j t} : représente le débit moyen journalier total (Q_{Dom} + Q_{équi}) en m³/j.

Le facteur 1,15 tient compte d'une majoration de 15 % pour les fuites. [9]

Tableau 23 : Besoins moyens journaliers[9]

Horizon	Nombre d'habitants	Q _{moy j t} (m ³ /j)	% des fuites	Q _{maj} (m ³ /j)
2011	6654	1470,534	15	1691,11
2015	7402	1635,842	15	1881,22

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2020	8457	1868,997	15	2149,35
2025	9662	2135,302	15	2455,60
2030	11039	2941,894	15	3383,18
2035	12612	3361,098	15	3865,26
2040	14409	3839,999	15	4416,00
2045	16462	4387,123	15	5045,19
2050	18807	5012,066	15	5763,88
2055	21487	7402,272	15	8512,61
2060	24549	8457,131	15	9725,70

d) débit de pointe :

Le débit de pointe (Qp) est calculé à partir du débit moyen journalier majoré (Qmaj) et du coefficient de pointe (kp), selon la formule suivante : $Qp = Qmaj * kp$. Le coefficient de pointe (kp) est déterminé par la formule : $kp = 1,5 + 2,5 / \sqrt{QDom}$.

QDom : est le débit moyen journalier en litres par seconde.[9]

Tableau 24 : Débit de pointe[9]

Horizon	Nombre d'habitants	kp	Débit moyen journalier majoré (m3/j)	Débit de pointe m3/j
2011	6654	2,19	1691,11	3705,2
2015	7402	2,16	1881,22	4054,4
2020	8457	2,11	2149,35	4541,3
2025	9662	2,07	2455,60	5091,4
2030	11039	1,99	3383,18	6727,5
2035	12612	1,96	3865,26	7564,5
2040	14409	1,93	4416,00	8512,1
2045	16462	1,90	5045,19	9585,9
2050	18807	1,87	5763,88	10803,0
2055	21487	1,81	8512,61	15390,5
2060	24549	1,79	9725,70	17390,7

CHAPITRE II:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau 25: Débit caserne (militaire)[9]

Horizon	Nombre d'habitants	Dotation l/j/hab	Consommation moyenne journalière (m3/j)	Consommation moyenne journalière (l/s)
2011	5000	170,00	850,00	9,838
2015	5500	170,00	935,00	10,822
2020	6000	170,00	1020,00	11,806
2025	6500	170,00	1105,00	12,789
2030	7000	170,00	1190,00	13,773
2035	7500	170,00	1275,00	14,757
2040	8000	170,00	1360,00	15,741
2045	8500	170,00	1445,00	16,725
2050	9000	170,00	1530,00	17,708
2055	9500	170,00	1615,00	18,692
2060	10000	170,00	1700,00	19,676

II.6.CONCLUSION :

Ce chapitre a pour objectif de dresser un portrait complet de la ville, en étudiant sa géologie, son hydrogéologie, son hydrographie, son climat et ses ressources en eau. La zone d'étude se caractérise par un climat saharien. La nappe captée est de type dévonien. Le système d'alimentation en eau potable comprend 4 réservoirs de stockage, 1 station de pompage, 1 chambre de vannes et 1 station de déminéralisation.



CHAPITRE III :
DIMENSIONNEMENT DE LA
STATION DE DEMINERALISATION

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

III. PRESENTATION DU PROJET

III.1. INTRODUCTION

La ville de In amenas est actuellement alimentée en eau potable à partir des forages de H10 ; H11 ; H01 ; H7 ; H4 et H19 et la température ne dépasse les 30 C°. Le présent projet consiste à réaliser une station de déminéralisation pour améliorer de la qualité de l'eau potable distribuée à In amenas. Cette station de déminéralisation permettra de traiter (154,32 l/s) pour produire 115.74 l/s d'eau traitée ayant une salinité inférieure à 600 mg/l. Les autres paramètres physicochimiques bactériologiques seront conformes aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Le process de traitement proposé est constitué d'une filtration sur filtre à sable sous pression et filtres à cartouches, un passage à travers deux lignes d'osmose inverse.

Les équipements proposés pour la mise en œuvre de la station sont parmi les plus reconnus et les plus performants. Le dimensionnement de la station a été fait de manière à assurer la pérennité de fonctionnement.

Le système de filtration à sable sous pression qu'on propose est recommandé dans ce type de station vue qu'il est plus pratique et engendre de moindres pertes d'eau dans la phase de lavage.

III.2 PROCEDE DE DEMINERALISATION PAR OSMOSE INVERSE :

III.2.1 Scenarios de traitement des eaux de In Amenas:

Le scenario de traitement retenu, consistera à traiter les eaux brutes des forages dans une seule station de déminéralisation installée à l'intérieure du complexe hydraulique de la ville de In Amenas [9]

III.2.2 Schéma de principe pour In Amenas:

La station de déminéralisation de In Amenas sera conçue avec les hypothèses de base suivantes :

- Elle produira 10000 m³/j (416,66 m³/h) .
- L'eau déminéralisée ne contiendra pas plus de 600 mg/l de sels dissout.

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

- Le taux de conversion en eau déminéralisée sera au minimum de 75% et le taux d'élimination des sels dissout par les membranes sera au minimum de 92%
- La température de l'eau brute alimentant les membranes sera au maximum de 30 °C
- Sur cette base, le schéma de principe de la déminéralisation des eaux potables d' In Amenas sera comme joint.[9]

III.2.3 Alimentation en eaux brutes :

Pour obtenir un débit d'eau déminéralisé de 10 000 m³/j en 2060, la station devra être alimentée par un débit d'eau brute de 13334 m³/j équivalent à 154,32 l/s à une température maximale de 30°C.

Etant donné que la capacité actuelle des forages est de 54,34 l/s, et deux sont programmés (10l/s) chacun, [9]

NB

La capacité totale des forages existant est de 54,34 l/s équivalent à 4695m³/j

Le volume total des quatre réservoirs existants : 2820 m³

III.3 PRETRAITEMENT :

III.3.1Acidification :

Un dosage de l'acide sulfurique est appliqué en amont de filtre à sable afin d'abaisser la valeur PH de l'eau brute et de permettre un fonctionnement aisé des lignes d'osmose inverse. Ce système sera contrôlé par une pompe de dosage. [9]

Dimensionnement

Nombre des pompes : (1P+1) [9]

Point d'injection : En amont de filtre à sable [9]

Produit Chimique : Acide sulfurique (H₂SO₄)[9]

Débit à traiter : 555,58 m³/h

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

Dosage maximal : 15 mg/l[9]

La concentration du produit 98% [9]

La concentration de la solution chimique 100% [9]

La densité 1,84 Kg/l

Besoin journalier = $15 \times 555,58 \times 24 / (1000 * 0.98) = 204,09 \text{ Kg/j}$

Dosage journalier= $204,09 / (1,84 * 1) = 110,91 \text{ l/j}$

Choix de Réservoir : 400 litres

III.3.2 Pré Chloration :

Un système d'injection de chlore est prévue pour doser le chlore en continu pendant le fonctionnement normal de l'unité de déminéralisation en amont des filtres à sable et finalement à l'entrée d'eau traitée vers le réservoir d'eau traitée 10000 m³.

Ce système sera contrôlé par une pompe de dosage d'hypochlorite de sodium; Avec toute la robinetterie et l'instrumentation nécessaires.[9]

Dimensionnement

Nombre des pompes : (1P+1) [9]

Point d'injection : en amont de filtre à sable [9]

Produit Chimique : Hypochlorite de sodium (NaOCl)

Débit à traiter : 555,58 m³/h

Dosage maximal : 3 mg/l[9]

La concentration du produit 12% [9]

La concentration de la solution chimique 100% [9]

La densité 1,1 Kg/l

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

$$\text{Besoin journalier} = 3 \times 555,58 \times 24 / (1000 * 0.12) = 333,35 \text{ Kg/j}$$

$$\text{Dosage journalier} = 333,35 / (1,1 * 1) = 303,04 \text{ l/j}$$

Choix de Réservoir : 1000 litres

III.3.3 Tour de refroidissement :

Etant donné que la température des eaux brute ne dépasse pas les 30 °C, aucune étape de refroidissement des eaux brutes n'est nécessaire. [9]

III.3.4Filtres à sable

La filtration par le sable est une méthode robuste utilisée très fréquemment pour enlever les particules solides suspendues dans l'eau. Chaque filtre est en fait constitué de plusieurs couches de sable, gravier et Anthracite.[9]

Dimensionnement

Quantité : quatre (04) filtres [9]

Débit total d'eau d'alimentation : 555,58 m³/h

Débit nominal de chaque filtre : 555,58/4 =138,89 m³/h

Charge surfacique (Vitesse de Filtration) = 5 m³/m².h[9]

Débit = Surface x La charge surfacique5

Surface = Débit / La charge surfacique = 138,89/ 5 =27,78 m²

a) Dimension unitaire des filtres proposés

Longueur : 5 m[9]

Surface = 2 X D X Longueur.....6

D = Surface / (2 X Longueur) = 27,78 / 2 X 5 = 2,78 m.....7

D= 2,78 m

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

Des vannes pneumatiques installées sur la tuyauterie d'entrée et de sortie de l'eau permettra d'en renverser la direction sur demande.[9]

Débit d'eau entrante : 138,89 m³/h pour chaque filtre

Qualité d'eau sortante : SDI < 5 lorsque la Turbidité initiale est > 5 NTU

SDI < 3 lorsque la Turbidité initiale est < 5 NTU

NB

Les filtres horizontaux le diamètre compris entre 2,5 et 3,4m, longueur jusqu'à 12 m.

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

Cinque (4P+1) pompes centrifuges fabriquées en acier inoxydable seront installée pour alimenter les filtres à sable leur capacité unitaire sera de **138,89 m³/h à 3 bars** avec moteurs tropicalisés et variateurs de vitesse.[9]

III.3.5 Filtres à cartouches

Dans le but d'éviter le passage des grosses particules ou de sable fin, pouvant s'introduire dans le système de membranes, il est prévu un système de filtre de sécurité à cartouches jetables. Il sera fourni quatre 04 filtres ; Les cartouches sont à base de fils en polypropylène à enroulement hélicoïdal avec un seuil de rétention nominal de 5 microns. En aval des micros filtres il est prévu des points de mesure de certains paramètres d'opérations comme le potentiel redox, le PH, la conductivité et la température. Après le démarrage de l'unité de dessalement et dans le cas où la qualité de l'eau brute est en dehors des conditions de fonctionnement requises par les membranes, une vanne de décharge, installée en aval du micro filtre peut être ouverte pour évacuer l'eau vers le rejet jusqu'à ce que les conditions requises soient à nouveau rétablies.[9]

III.3.6 Le système de lavage:

Le lavage à contre-courant des filtres à sable est assuré par l'eau filtrée qui est stockée dans un bassin d'eau filtrée.[9]

Dimensionnement

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

a) Calcul de Débit unitaire pour les pompes de lavage

Nombres des pompes : 01[9]

Surface : 27,78 m²

La charge surfacique de lavage (Vitesse d'eau) : 25 m³/m².h[9]

Débit total de lavage = charge surfacique x Surface unitaire8

$$= 25 \times 27,78 = 694,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc le débit de la pompe pour chaque lavage égal à **694,5 m³/h**

b) Besoin journalier d'eau pour le lavage des 4 filtres

La durée de lavage : 8 min[9]

Besoin d'eau pour chaque lavage = 694,5 X 8/60 = **92,6 m³**

c) Calcul de la perte d'eau pendant lavages des Filtres

Débit de la pompe du lavage : 694,5 m³/h

Période de chaque lavage : 8 min[9]

Nombre des filtres : 04[9]

Période total du lavage : 8x4 = 32 min.....9

Perte d'eau (par jour) = (694,5 x 32/60) = **370,4 m³**

Le lavage est réalisé par l'eau et l'air à l'aide des pompes de lavage et des soufflantes d'air, pour procéder au détassage des masses filtrantes grâce à l'introduction d'air sur pressé à contre courant pour permettre l'amélioration du contrelavage à l'eau ; le rejet de lavage sera dirigé vers la zone d'évacuation des rejets.

d) Soufflantes

Quantité de souffleurs : 02[9]

Débit spécifique d'air de lavage : 50 m³/m².h[9]

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

Surface unitaire de chaque filtre : 27,78 m²

Débit total d'air de lavage = Débit spécifique d'air de lavage x Surface unitaire10
= 50 x 27,78 = 1389 m³

Donc le débit nominal de chaque souffleurs = **694,5 m3/h**

Avant l'osmose inverse

III.3.7 De-chloration

La Solution de de-chloration (Bisulfite de Sodium) sera dosée pour l'élimination totale du chlore libre. L'injection de ce réactif chimique est prévue en amont des micros filtres à cartouche par une pompe doseuse.[9]

Dimensionnement

Nombre des pompes de dosage : 01[9]

Point d'injection : amont les micros filtres[9]

Produit Chimique : Meta bisulfite de sodium (NaHSO₃)

Débit d'eau Total à traiter : 555,58 m³/h

Dosage maximal : 4 mg/l[9]

La concentration du produit 95% [9]

La concentration de la solution chimique 10% [9]

La densité 1,1 Kg/l

Besoin journalier = 4 x 555,58 x 24 / (1000 * 0.95) = 56,14 Kg/j

Dosage journalier 56.14/ (1,10 * 0,10) = 510 ,36 l/j

Choix de Réservoir :2000 litres

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

III.3.7 Séquestrant

Pour contrôler les précipités des sels de sulfate de calcium (CaSO_4), il est prévu une station de dosage de séquestrant qui sera injecté en amont des micros filtres par une pompe doseuse.[9]

Nombre des pompes de dosage : 01[9]

Point d'injection : amont les micros filtres[9]

Produit Chimique : Meta bisulfite de sodium NaHSO_3

Débit d'eau à traiter : 555,58 m^3/h

Dosage maximal : 3 mg/l [9]

La concentration du produit : 100% [9]

La Concentration de la solution chimique : 30% [9]

La densité : 1 Kg/l

Besoin journalier = $3 \times 555,58 \times 24 / (1000) = 40 \text{ Kg/j}$

Dosage journalier $40 / (1 \times 0,30) = 133,33 \text{ l/j}$

Choix de Réservoir : 1000 litres

III.4 SYSTEME OSMOSE INVERSE

Après avoir passé à travers les micros filtres, l'eau prétraitée est pompée par une pompe à haute pression permettant d'atteindre la pression demandée par le système d'osmose inverse pour alimenter les tubes de pression renfermant les membranes d'Osmose Inverse .[9]

Le système d'osmose inverse consiste en deux lignes identiques placées en parallèle avec une capacité total de dimensionnement plus de 555,58 m^3/h de perméat avec un taux de conversion de 75%. [9]

Chaque ligne de l'Osmose Inverse est configurée en deux étages avec un rapport des tubes de pression 2 :1. L'équilibre entre le premier et le deuxième étage est assuré par une

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

pompe booster équipée d'un variateur de vitesse. Cette pompe booster permet de minimiser la consommation énergétique de la station et le variateur de vitesse qui l'équipe permet d'ajuster la pression d'attaque selon l'âge et l'état des membranes.[9]

Pompe à haute pression

Quantité (1 en service et 1 en réserve au magasin)[9]

Localisation : à l'entrée de système d'osmose inverse [17]

Débit d'eau à traiter = 555,58 m³/h

Pompe Booster entre les 2 étages d'osmose inverse

Quantité =01[9]

Localisation : à l'entrée du 2 ième étages des membranes d'osmose inverse (Pompe entre étage)[17]

Débit d'eau à l'entré = 277,79 m³/h[9]

Système d'osmose Inverse (Modules et Membranes) (deux lignes)

Les données suivantes sont les mêmes pour chaque ligne d'osmose inverse (deux lignes).

Il ya deux étage (en série) de membrane d'osmose inverse pour chaque ligne (deux lignes).[9]

1^{er} Etage :

Nombre des Modules : 15[9]

Nombre des Membrane pour chaque Module 06[9]

Nombres des Membranes : 90[9]

Arrangement : En parallèle[9]

Taux de conversion pour le 1^{er} Etage : 50%[9]

Débit d'eau brute : 277,79 m³/h

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

2^{ème} Etage :

Nombre des Modules : 8[9]

Nombre des Membrane pour chaque Module : 06[9]

Nombres des Membranes : 48[9]

Arrangement : En parallèle[9]

Taux de conversion pour la 2^{ème} Etage : 50%[9]

Débit d'eau à l'entrée =138,90 m³/h[9]

Débit d'eau de rejet du 2^{ème} étage = Rejet total du système d'osmose inverse : 69,45 m³/h
(une seule ligne)

Donc :

Nombre total des modules pour chaque ligne = 23

Nombre total des membranes =138

Nombre total des modules=46

Nombre total des membranes=276

III.4.1 Système de rinçage

Ce système est utilisé pour le nettoyage et la désinfection des membranes.

La solution de nettoyage est préparée dans une bache puis re-circulée avec les pompes de nettoyage à travers le micro filtre de la station de nettoyage et les blocs d'osmose inverse. L'opération est déclenchée de façon manuelle selon le besoin[9]

Nombres des modules: 45 [9]

Débit Théorique demandé par module : 12,3 m³/h [9]

Débit demandé pour le rinçage : 555,58 m³/h

Réservoir du système de Rinçage:

Quantité n 1

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

La durée de chaque rinçage : 15 min[9]

Débit de pompe de rinçage : 555,58 m³/h

Capacité de réservoir : **138,9 m³**

III.4.2 Correction de PH

Nombre des pompes de dosage : 1[9]

Point d'injection: ligne d'eau traitée [9]

Produit Chimique : Soude caustique Na OH (hydroxyde de sodium)[9]

Débit d'eau : 416,66 m³/h[9]

Dosage maximal : 1. 5 m g / l[9]

La concentration du produit : 100%[9]

La Concentration de la solution chimique : 46%[9]

La densité : 1.54 kg/l

Besoin journalier: $1.5 * 416,66 * 24 / (1000 * 0.46) = 32,6$ k g / jour

Dosage journalier $= 32,6 / (1,54 * 100 / 100) = 21,17$ l/j

Choix de Réservoir (séjour 24 h) : 100 litres

III.4.2 Post Chloration

Nombre des pompes de dosage n 1[9]

Point d'injection : ligne d'eau traitée.[9]

Produit Chimique : Hypochlorite de sodium (NaOCl)[9]

Débit à traiter : 416,66 m³/h

Dosage maximal : 1 mg / l[9]

La concentration du produit : 12%[9]

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

La Concentration de la solution chimique : 100%[9]

La densité kg/l 1.1

Besoin journalier (kg/jour)= 1 * 416,66 * 24/1000 = 10 kg/jour

Dosage journalier = 10 / (1,1 *0.12)= 75,75 l/j

Choix de Réservoir (séjour 24 h) : 300 L

III.5 QUALITE ET DEBIT D'EAU TRAITEE GARANTIS

III.5.1 Garanties concernant l'eau brut :

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

Débit à traiter : 555 ,58 m3/h (a l'entrée de la station)

III.5.2 Caractéristiques des eaux traitées garanties :

Débit d'eau traitée : 416,66 m3/h

Salinité totale : 300 - 600 mg/l

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

Le taux de conversion minimum à garantir pour l'ensemble de l'installation du système d'osmose inverse projetée est de **75%.**[9]

III.5.3 Consommation des produits chimiques:

Il est très intéressant de faire une estimation des produits chimiques qui devront étre consommé au niveau de la station de déminéralisation à in amenas.[9]

Tableau 26: tonnage des produits chimiques durant une année[9]

Produits Chimiques	[]	Dose	Débit	Consommation	
	%	mg/l	m3/h	Totale	Pendant 01année

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

				(kg/j)	(ton /année)
Hypochlorite de sodium	12	3	555,58	333,35	121,67
Acide Sulfurique,	98	15	555,58	204,09	74,49
Séquestrant	100	3	555,58	40	14,60
Méta bisulfite de sodium	95	4	555,58	56,14	20,49
Hydroxyde de sodium	46	1,5	416,66	32,6	11,90
Hypochlorite de sodium	12	0.12	416,66	83,33	30,42

III.6. Équipement du Laboratoire

La station de déminéralisation doit être doté d'un laboratoire pour faire les analyses quotidiennement à l'entrée et à la sortie de la station pour contrôler les eaux qui sont désinté à l'alimentation en eau potable pour la population de IN AMENAS selon le tableau suivant :[9]

Tableau 27 : équipement du laboratoire[9]

Équipement	Analyse	Description
Oxygène dissout mètre	Oxygène dissout	Choix : 0-20 mg/l précision : +/- 0.5 % compensation automatique de température
PH mètre	PH	Choix. 0-14

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

		précision : 0.02
Thermomètre	Température	Type : digital
Conductivité mètre	Solides dissouts et conductivité	Choix : 0-2000 $\mu\text{s/cm}$ 9 V batterie compensation automatique de température
Turbidité mètre	Turbidité	Choix : 0-9.99, 100-1000 NTU
Four avec pompe d'aspiration	Matière suspendue	57 litre 25 °C 2 rayons
Colorimètre	Alcalinité et dureté	
spectrophotomètre	Ca, Mg, Fe, Cl ₂ , phosphate, sulfate, silice, chlorure	Longueur d'onde : 340-900 NM registre donné : 500 point
Jar test		essais de décantation
Réactifs et produits chimique		Tous les réactifs Nécessaire
Lot de verrerie		Touts les types et quantités des verreries nécessaires

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

III.7 Équipements d'atelier :

La gestion d'une station de déminéralisation nécessite de doter l'atelier technique par des équipements pour toutes éventuels entretien et sont présenté dans le tableau 28 suivant :

Tableau 28 : équipement de l'atelier technique[9]

Équipement	Qté	Description
boîtes à outils de mécanicien	02	Boite complète avec jeux de clés, tournevis, pinces et autres outils nécessaires à l'entretien
boîtes à outils d'électricien	02	Boite complète avec tous les outils nécessaire
boîtes à outils de technicien instrumentiste	02	Boite complète avec tous les outils nécessaire (multimètres numériques, fers à souder et autres petits outils)
treuil chaîne différentiel	01	Capacité : 01 tonne
perceuse à main	01	à deux vitesses à haut rendement, capable de percer jusqu'à un diamètre de 10 mm
perceuse à main	01	à deux vitesses, capable de percer jusqu'à un diamètre de 6 mm
jeu de clés dynamométriques	01	pour écrous allant jusqu'à 40 mm environ
jeux de clés	02	fermées/ouvertes
jeux de clés à molettes	02	
jeux de tournevis	02	

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

jeux de tournevis cruciforme	02	
jeux de ciseaux à bois	02	jusqu'à environ 25 mm
jeux d'extracteurs de vis pour trous	02	capacité approximative de 25 l
appareils à mesurer l'isolement	01	avec chariot de transport
appareil de soudage oxyacétylénique et d'oxycoupage	02	
Bouteilles d'oxygène et d'acétylène	01	
Standard de coupe de tôle	01	jusqu'à 50 mm d'épaisseur et de soudage de tôles jusqu'à 10 mm d'épaisseur, et avec régulateurs de l'oxygène et de l'acétylène et tuyaux souples
Matériel de calibrage et d'essai équipement contrôle	01	
perceuse à bras radial	01	une capacité de perçage de 25 mm
Une scie à métaux à entraînement par moteur électrique à deux vitesses	01	

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION

III.8 CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble de la station de déminéralisation. L'eau brute subit plusieurs étapes avant d'atteindre le processus d'osmose inverse. Elle commence par passer à travers des filtres à sable, suivis de filtres à cartouches. Après l'ajout de produits chimiques tels que le chlore et le séquestrant, l'eau entre dans la phase d'osmose inverse, où les sels sont séparés et retenus. Enfin, l'eau qui sort de ce processus est mélangée avec de l'eau prétraitée avant d'être distribuée aux consommateurs, conformément aux normes de potabilité.



***CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX
ET INTERPRETATION DES
RESULTATS***

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

IV.1.INTRODUCTION

La qualité de l'eau, ressource naturelle vitale et fondement des écosystèmes, a un impact direct sur la santé humaine et l'environnement. Ce chapitre est dédié à son évaluation rigoureuse, explorant les méthodes d'analyse et les paramètres essentiels pour établir un diagnostic précis. L'interprétation des résultats obtenus, au regard des normes et des seuils, permettra de saisir les enjeux cruciaux de sa préservation et d'orienter une gestion durable.

IV.2. Résultats analytiques des eaux bruts :

IV.2.1. Prélèvement et échantillonnage :

L'échantillon prélevé doit être conservé dans de bonnes conditions, à défaut ses caractéristiques subiront une transformation entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse, ce qui fausse les résultats d'analyse.

A cet effet, Le prélèvement a été effectué en date du 01-04-2012 et sans former de bulles d'air et le flacon fermé (flacon à bouchon rodé) sans emprisonner d'air à l'intérieur[9]

IV.2.2. Identification des points de prélèvements :

Les points de prélèvements choisis sont les suivants:

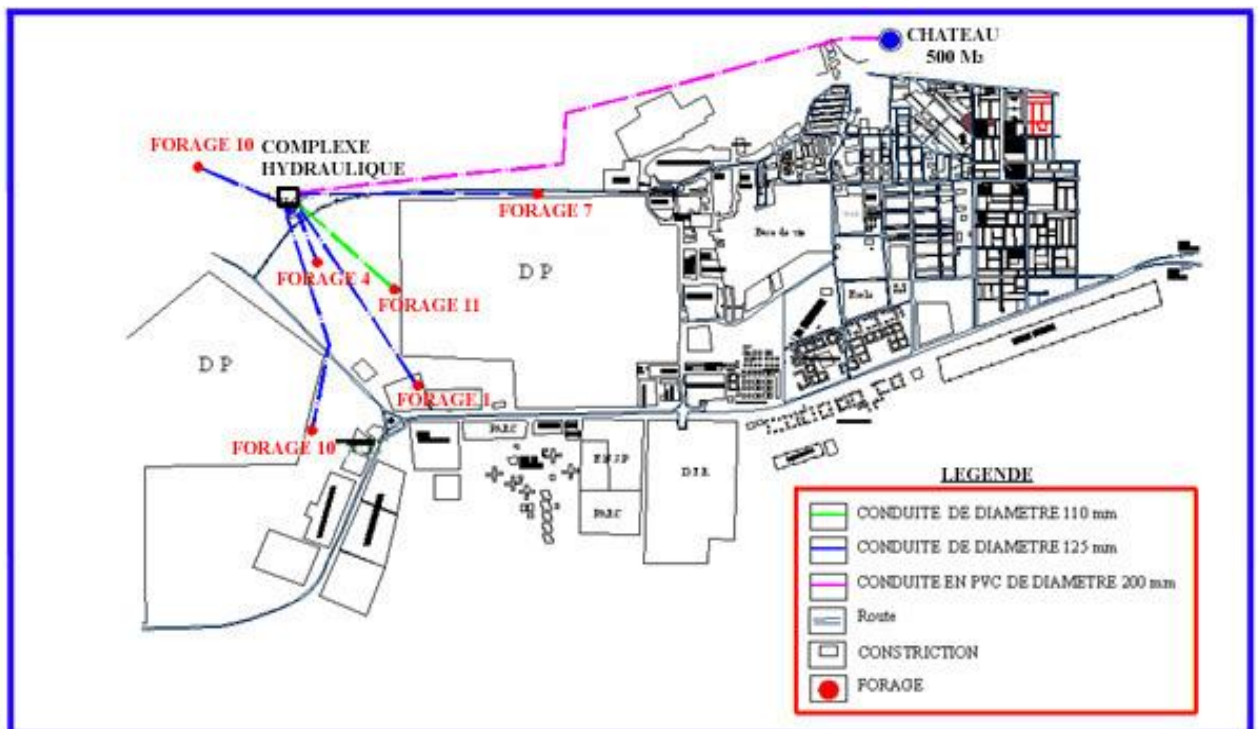
- 1^{er} Forage: H01 commune de In Amenas
- 2^{ieme} Forage : H19 commune de In Amenas
- 3^{ieme} Forage : H07 commune de In Amenas
- 4^{eme} Forage : H10 commune de In Amenas
- 5^{ieme} Forage : H11 commune de In Amenas
- 6^{ieme} Mélange des forages au niveau du complexe hydraulique [9]

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS



Figure17: Échantillons instantanés à partir des forages H01, H19, H07, H10, H11, et le mélange.

L'implantation des forages analysés au laboratoire se trouve ci-joint



carte05 : Plan d'implantation des forages[9]

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

IV.2.3. Normes d'eau potable :

Nous pouvons citer deux normes qui sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 29 : Normes de potabilité Algérienne et OMS[17]

Paramètre	Unités	Normes	
		Algérienne	OMS
Couleur (U.C.V);	-	-	Pas de valeur guide
Sodium	mg/l	200	Pas de valeur guide
Alcalinité ;	mg/l	500	-
Température	°C	25	-
- Magnésium	mg/l	-	-
- Potassium ;	mg/l	12	-
- Calcium ;	mg/l	200	-
- Manganèse ;	mg/l	0,05	0,4
- Cadmium;	mg/l	0,003	0,003
Sulfates (so ₄)	mg/l	400	500
Chlorures	mg/l	500	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Bicarbonate (CO ₃ H)	mg/l	-	-
Nitrates (NO ₃),	mg/l	50	50
Nitrites (NO ₂)	mg/l	0,2	0,2
Conductivité	µs/cm	2800	Pas de valeur guide
Dureté	mg/l	200	200
- Fluorures ;	mg/l	1.5	1,5
- Fe ⁺² ;	mg/l	SAA	-
Fe ⁺³	mg/l	-	-
- Nickel ;	mg/l	0,07	0,07
- PH ;	Unité ph	6,5 à 9	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
- Solides dissous;	g/l	-	-
Solides totaux	mg/l	1500	-
Turbidité	NTU	5.0	Non mentionnée
L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5	Pas de contraintes
Phosphore	mg/l	5.0	Pas de valeur guide
Dureté permanent	mg/l	--	Pas de valeur guide

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

IV.2.4. Présentation des Résultats et discussions :

IV.2.4. 1. Résultats des analyses (eaux bruts) :

Deux campagnes d'analyses des 05 forages sources d'alimentation en eau potable pour la ville d'INAMENAS.

La première campagne a été réalisée par le laboratoire CNTC (couleur bleue) et la deuxième campagne pour vérification et contrôle par le laboratoire de l'A.N.R.H (tableau ci-joint)[9]

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Tableau N°30: Résultats d'analyses eaux bruts des 05 forages et le mélange[9]

Paramètres	unités	Valeurs Limitesalgérienne	Valeurs LimitesOMS	N° (H1)		N° (H7)		N° (H10)		N°(H11)		N°(H19)		Mélange	
Température	C°	25	-	27	28	27	26	27	25	27	28	26	27	26	25
Couleur		-	-	clair		clair		clair		clair		rougeâtre		Clair	
Turbidité	NTU	5	-	<0,5	0,26	<0,5	0,4	<0,5	0,26	<0,5	4,21	6,3	6,82	<0,5	1,07
Ph	Unité Ph	6,5 - 9	6,5 - 9	7,01	7,21	7,03		7,02	7,17	7,05	7,39	7,11	7,5	7,06	7,39
Conductivité	µS/cm	2800	-	3010	2980	2096	2890	2081	2760	3030	2980	2044	2380	2084	2770
Nitrite	mg/l	0,2	0,2	<0,05	0,01	<0,05	0,02	<0,05	0,02	<0,05	<0,01	<0,05	0,02	<0,05	0,04
Nitrate	mg/l	50	50	118,65	157,3	77,78	91,3	105,03	141,3	2,65	148,7	105,76	0,7	107,98	123
Ammonium	mg/l	0,5	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,04
Alcalinité	mg/l	500	-	210		264		242		230		286		238	
Chlorure	mg/l	500	250	262,7	388	298,2	305	340,8	347	390,5	387	177,5	221	333,7	339
Dureté	mg/l	200	200	1284	1050	1264,5	1150	1089,6	1050	1362,2	1180	457,2	510	1021,14	890
Dureté permanente	mg/l	-	-	914,2	950	1016,63	1000	709,9	850	262,9	1120	243	350	243	760
Fluorure	mg/l	1,5	1,5	0,098	0,3	0,038	0,28	0,068	0,27	0,014	0,32	0,02	0,28	0,063	0,31
Sulfate	mg/l	400	500	992,56	861	1113,2	904	817,33	706	966,08	804	524,72	669	847,79	710
Calcium	mg/l	200	-	216,43	265	228,45	291	216,43	253	208,41	282	160,32	93	239,85	225
Magnésium	mg/l	-	-	189,54	92	177,35	100	150,66	98	170,1	113	126,36	65	143,37	77
Solides totaux	mg/l	1500	-	3066	2144	2888	2058	2654	2104	3224	2868	1818	1540	2878	1907
Solides dissous	g/l	-	-	1,6		1,4		1,4		1,5		1,2		1,4	
Sodium	mg/l	200	-	170,44	245	193,47	162,5	221,11	191	235,35	200	113,16	310	216,5	260
Potassium	mg/l	12	-	4,65	33	3,98	31	3,87	29	5,08	29	2,54	23	4,75	23
Phosphore	mg/l	5	-	<0,05	0,16	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01
Bicarbonate	mg/l	-	-	256,2	122	322,08	186	295,24	244	280,6	198	242,78	189	290,36	156
Cadmium	mg/l	0,003	0,003	0,099		0,0081		0,0066		0,0079		0,0041		0,0068	

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Fe +2	mg/l	-	-	0,9064		0,6643		0,9137		0,7037		0,6681		0,7541	
Fe+3	mg/l	-	-	0,0868		0,1241		0,1064		0,2243		0,2008		0,2008	
Manganèse	mg/l	0,05	0,4	0,0771		0,0584		0,0963		0,0101		0,0809		0,0893	
Nickel	mg/l	0,07	0,07	0,0887		0,0651		0,0776		0,0891		0,0508		0,0508	
Bactériologiques	-	-	-	absence		absence		absence		absence		absence		absence	

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

IV.2.4. 2. Interprétation des résultats (eaux bruts)

- **La température, couleur, turbidité et pH**

L'analyse des résultats obtenus indique que dans la plupart des cas, les eaux étudiées répondent aux critères en vigueur. Les valeurs du pH mesurées sont comprises entre de **7,01** et **7,11**, Ces valeurs s'inscrivent dans la fourchette des valeurs généralement observées pour les eaux potables Ce qui montre la neutralité des eaux des forges.

La température des eaux analysées se situe entre 26°C et 27°C ces valeurs sont légèrement supérieures à 25 °C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à la potabilisation.

La couleur des eaux indiquent que ces eaux sont claires sauf dans le cas du **forage H19** (rougeâtre) ce qui confirme aussi l'augmentation du Ph (7,11) dans ce forage. [9]

NB

L'accroissement de la couleur lorsqu'on hausse le pH d'un échantillon d'eau est communément appelé l'«effet indicateur» il est fortement recommandé de noter le pH de l'échantillon lors de la mesure de la couleur

L'analyse de la turbidité fait apparaître que la totalité des eaux observées sont généralement dans les normes sauf le cas du forage H19 (**6,3 NTU**) cette valeur est plus ou moins élevée à la norme (**5 NTU**) et confirme la couleur rougeâtre dans ce forage

- **La Conductivité, solides dissous et solide totaux**

Les solides dissous d'un échantillon d'eau, basé sur la valeur calculée de la conductivité électrique Lorsqu'une solution devient plus concentrée (solides dissous >1 g/l, conductivité >2000 µS/cm). Les résultats obtenus montrent que les valeurs les plus élevées sont obtenues pour les eaux des forages H1 (3010 µS/cm et 1,6g/l) et H11 (3030 µS/cm et 1,5 g/l),

Le taux des solides totaux ne révèle pas à des valeurs qui répondent aux exigences de qualité pour les eaux destinées à la potabilisation, restant supérieure à la valeur limite de 1500 mg/l. [9]

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Remarque

Les valeurs montrent que ces eaux sont fortement minéralisées.

- **La dureté, calcium, Magnésium et chlorures**

La dureté atteint une valeur maximale de **1362,2 mg/l (forage H11)** et minimum de **457,2 mg/l (forage H19)**. Ces valeurs montrent que les eaux des forages sont proches des valeurs correspondantes aux eaux très dures.[9]

NB

- 1 f° = 10 mg/l

- La dureté supérieure 30 f° (Eau très dure) dans notre cas la dureté varie entre 45,72 f° et 136,22 f°

Les résultats obtenus indiquent, de fortes quantités en calcium, en magnésium et moyennement faible en chlore (160,32 à 239,85 mg/l pour le calcium, 126,36 à 189,54 mg/l pour le magnésium et 177,5 à 390,5 mg/l.

Les valeurs de Ca²⁺ et Mg²⁺ montrent qu'il s'agit d'eaux chargées en calcaires. Le calcium et le magnésium présents dépendent essentiellement de la nature des terrains traversés.

Remarque

Les résultats obtenus indiquent que les sols traversés par les eaux de forages sont des sols riches en calcium et magnésium. et ceci montre aussi que l'eau de forage est très dures.

- **Sulfate, Nitrate**

L'analyse de nos échantillons fait apparaître que les teneurs en sulfates sont supérieures à la valeur limites par les normes (400 mg/l). Puisque les valeurs enregistrées comprises entre 524,72 mg/l et 1113,2 mg/l.

Les sulfates (SO₄) peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfates est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels.

Le sulfate donne un gout amer, un gout médical à l'eau si il dépasse la concentration de 400 mg/L. Cela rend désagréable la consommation de l'eau.

Des importantes concentrations en sulfates peuvent être corrosives pour les tuyauteries en particulier les tuyauteries en cuivre. Dans les endroits où l'on retrouve des concentrations

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

importantes en sulfate, il est commun d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion, comme des tuyaux en plastique.

Pour les Nitrates les résultats obtenus pour les échantillons analysés font ressortir que:

- La valeur minimale mesurée égale à **2,65 mg/l.(Forage H1)**, cette valeur montre que le forage H1 est pauvre en Nitrate ce qui signifie qu'il n'y a un apport en nitrates par l'agriculture.
- Les valeurs les plus élevées ont été mesurées aux niveaux des forages (H11, H7, H10, H19 et mélange), avec une moyenne de 101,04 mg/l, cette valeur est supérieure à 50 mg/l, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à la potabilisation.

L'origine des nitrates dans l'eau est principalement due aux engrais, les résidus des pesticides accompagnants généralement la migration des nitrates d'origine agricole à la nappe

L'osmose inverse est un système de traitement de l'eau qui élimine la plupart des éléments dissous et des produits chimiques, tel que le Sulfate et Nitrate[9]

NB

Les Nitrates, sulfates ne sont pas toxiques

- **Nitrite et Ammonium**

La présence de NH_4^+ dans une eau est une indication d'une pollution organique par les micro-organismes, notamment une pollution d'origine fécale; celle résultant des nitrites traduit un état critique de pollution organique. L'analyse chimique sur le NH_4^+ , NO_2^- fait apparaître que la totalité des eaux se trouve en très faible quantité est inférieure aux valeurs limites par les normes. [9]

- **Fluorure, Potassium**

L'analyse de ces résultats montre des faibles concentrations (0,014 à 0,098 mg/l pour le Fluorure et 2,54 à 5,08 mg/l pour le Potassium et ces valeurs sont inférieures à la norme au regard des normes en matière de potabilité de l'eau de boisson (12 mg/l (K^+) et 1,5 mg/l (F^-))[9]

- **Sodium**

L'ion Na^+ provient également des phénomènes d'échange de bases au niveau des argiles présentes dans les horizons sableux.

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

L'analyse de nos échantillons fait apparaître que les teneurs en sodium sont plus ou moins supérieures à la valeur limites par les normes (200 mg/l). Puisque les valeurs enregistrées comprises entre 113.16 mg/l et 235 mg/l.[9]

• Alcalinité et Bicarbonate

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

L'analyse chimique de l'alcalinité fait apparaître que la totalité des eaux, observées sont généralement dans les normes (500 mg/l) puisque la valeur maximale enregistrée (286 mg/l)

Les valeurs de l'alcalinité déterminées montrent la présence de bicarbonate pour ces eaux. [9]

• Métaux lourds

Métaux lourds se trouvent trop rarement dans l'eau potable. Dans notre étude, on se limite à la détermination de quatre éléments présents dans les eaux de forages, à savoir : Fe, Cd, Ni, et Mn.

Les résultats obtenus pour les échantillons analysés font ressortir que:

-Les teneurs en Fe⁺² et Fe⁺³obtenues pour l'ensemble des forages d'eau sont situent entre 0,08 à 0,9 mg/l.

- Les valeurs en Cd enregistrées sont comprises entre 4,1 et 99 mg/l pour tous les échantillons d'eaux analysées. Ces valeurs sont supérieures à la valeur autorisée par la norme (3 mg/l) .La valeur la plus élevée a été enregistrée pour le forage **H1** (99mg/l)[9]

NB

Se présente la plupart du temps en association avec le zinc et s'introduit dans l'eau lors de la corrosion des conduites d'eau et des raccords galvanisés (enduits de zinc).

- Les concentrations en Mn sont d'une manière générale supérieur à

50 mg/l, considérée comme valeur limite indicative pour la majorité des échantillons étudiés.

- Pour le Nickel l'échantillon des forages H11, H10 et H1 dépassent légèrement 70 mg/l puisque la valeur maximale enregistrée égale

(89,1 mg/l), par contre l'échantillon de mélange des cinq forages présente une teneur de 50,8 mg/l.

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

NB

Le Manganèse fait partie des paramètres concernant des substances indésirables.

Le nickel fait partie des paramètres concernant des substances toxiques

- **Analyse bactériologique**

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de clostridium ou de staphylocoques laisse supposer une contamination de ce type.

L'analyse bactériologique fait apparaître que la totalité des eaux se trouve en bonne qualité bactériologique l'absence totale des coliformes.

A la lumière de ces résultats, ces forages d'eaux ne sont pas contaminés par les coliformes fécaux et totaux.

Problématique :

Les résultats de L'ANRH indiquent que cette eau dépasse les limites de potabilité pour le calcium, le sodium, le potassium les sulfates et les nitrates Cette eau ne répond pas aux normes de potabilités physico-chimiques

IV.3. Résultats analytiques des eaux traitées (osmosées) :

IV.3. 1 Résultats des analyses (eau osmosée):

La gestion de la station de déminéralisation après sa réalisation a été confiée à l'algérienne des eaux (ADE) et le contrôle de qualité des eaux à l'organisme CTH

Les prélèvements des échantillons sont effectués périodiquement durant toute l'année par l'ADE à l'entrée et sortie de la station de déminéralisation au niveau de leur laboratoire à fin de contrôler ses performances qui sont récapitulés comme suit :

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

**Tableau N°31 : Résultats d'analyses des eaux traités à partir de la station de
déminéralisation à INAMENAS en date du 25/07/2024[17]**

échantillon	Paramètre	unité	Repère	Résultat	
Eau brute (A+B)	pH à 25 (°C)	-	7,5 - 8,5	7.24	
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	2 800	2300	
	Température	(°C)	25	33.3	
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	
	Chlore résiduel à l'entrée	(ppm)	< à 0.2	/	/
	Chlore résiduel à la sortie	(ppm)	< à 0.1	/	/
échantillon	Paramètre	unité	Norme	Résultat A B	
Perméat (A+B)	pH à 25 (°C)	-	< à 6	7.29	7.40
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	< 100	101	75
	Température	(°C)	25	33.3	32.2
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	0.00
échantillon	Paramètre	unité	Norme	Résultat	
Traitée (A+B)	pH à 25 (°C)	-	7,5 - 8,5	7.14	7.10
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	600-1200	755	620
	Température	(°C)	25	32.2	32.3
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	0.00
	Chlore résiduel	(ppm)	0,5 – 1	1	0.3
échantillon	Paramètre	unité	Norme	Résultat	
Eau traitée Sortie de la station (A+B)	pH à 25 (°C)	-	7,5 - 8,5	7.22	
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	600-1200	700	
	Température	(°C)	25	34.2	
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	
	Chlore résiduel	(ppm)	0,5 - 1	0.00	

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

**Tableau N°32: Résultats d'analyses des eaux traités à partir de la station de
déméralisation à INAMENAS en date du 27/07/2024[17]**

échantillon	Paramètre	unité	Repère	Résultat	
Eau brute (A+B)	pH à 25 (°C)	-	7,5 - 8,5	7.29	
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	2 800	2300	
	Température	(°C)	25	33.3	
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	
	Chlore résiduel à l'entrée	(ppm)	< à 0.2	/	/
	Chlore résiduel à la sortie	(ppm)	< à 0.1	0.1	0.1
échantillon	Paramètre	unité	Norme	Résultat A B	
Perméat (A+B)	pH à 25 (°C)	-	< à 6	7.23	7.28
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	< 100	98	69
	Température	(°C)	25	33.1	33.2
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	0.00
échantillon	Paramètre	unité	Norme	Résultat	
Traitée (A+B)	pH à 25 (°C)	-	7,5 - 8,5	7.15	7.21
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	600-1200	765	630
	Température	(°C)	25	33.4	33.1
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	0.00
	Chlore résiduel	(ppm)	0,5 – 1	/	/
échantillon	Paramètre	unité	Norme	Résultat	
Eau traitée Sortie de la station (A+B)	pH à 25 (°C)	-	7,5 - 8,5	7.41	
	Conductivité à 25 (°C)	(µS/cm)	600-1200	713	
	Température	(°C)	25	32.2	
	Turbidité	(NTU)	< à 0.4	0.00	
	Chlore résiduel	(ppm)	0,5 - 1	0.00	

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

IV.3.2. Interpretation des resultats (eau osmosée) :

- **LE PH :**

Les valeurs du pH mesurées respectivement en date du 25/07/204 et 27/07/2024 sont comprises entre 7,22 et 7,41 pour les eaux à la sortie de la station de déminéralisation; s'inscrivent dans la fourchette des valeurs généralement observées pour les eaux potables PH (7.5-8.5).

L'analyse des résultats obtenus indique que les eaux étudiées répondent aux critères en vigueur.

- **TURBIDITE (TU) :**

L'analyse de la turbidité des deux prélèvements le 25/07/204 et 27/07/2024 fait apparaître que la totalité des eaux observées sont généralement dans les normes avec une TU=0 qui est inférieur à 0.4.

- **CONDUCTIVITE (CE).**

L'analyse de la conductivité électrique des deux prélèvements le 25/07/204 et 27/07/2024 fait apparaître que la totalité des eaux observées sont généralement dans les normes avec une conductivité électrique variant entre (700 à 714)µS/cm. Ces deux valeurs rentrent dans le cadre des normes (600 à 1200)µS/cm et aucun risque de potabilité à enregistré.

- **TEMPERATURE (T°C) :**

La température des eaux analysées se situe entre 32.4°C et 34.2°C ces valeurs sont supérieures à 25 ° ce qui est non conforme à la norme. Un refroidissement ou un contrôle de température pourrait être recommandé

Cette augmentation est du généralement au passage de l'eau dans plusieurs étapes mécanisés

- **CHLORE RESIDUEL (Cl₂) :**

Le bulletin d'analyse pour les 02 échantillons n'a enregistré aucune valeur dépassant la norme en matière des chlorures (CL₂).

IV.3.3. interprétation résumée :

CHAPITRE IV : QUALITE DES EAUX ET INTERPRETATION DES RESULTATS

- L'eau osmosée est globalement de bonne qualité : très faible turbidité, bonne conductivité, bon niveau de chlore résiduel pour la désinfection et un PH qui montre la neutralité.
- la température élevée .ce point nécessite un ajustement par le recours d'un refroidissement ou de l'eau à la sortie de la station de déminéralisation.

IV.4 CONCLUSION

Pour conclure, si l'étude de la qualité des eaux est fondamentale, c'est l'interprétation rigoureuse des résultats qui en révèle toute sa signification. En confrontant les données issues de l'analyse des paramètres clés aux normes établies, nous mettons en lumière les pressions, les risques et les dégradations affectant les milieux aquatiques. Cette compréhension approfondie est le socle indispensable pour des stratégies efficaces de préservation et de restauration, éclairant les choix des gestionnaires, des politiques et des citoyens pour assurer la pérennité de cette ressource essentielle. La vigilance et la continuité de ces efforts d'évaluation et d'interprétation demeurent impératives.



Conclusion

Conclusion

CONCLUSION GENERAL

À travers ce mémoire, nous avons abordé de manière progressive et structurée l'étude du dimensionnement d'une station de déminéralisation d'eau dans la région d'In Amenas, en mettant en lumière les enjeux techniques, environnementaux et qualitatifs liés à cette problématique.

Dans un premier temps, une recherche bibliographique nous a permis de poser les bases théoriques essentielles, en mettant en évidence les différents procédés de traitement d'eau, notamment la déminéralisation, ainsi que leur importance dans les secteurs industriels et domestiques.

Le deuxième chapitre a été consacré à la présentation détaillée de la zone d'étude, In Amenas, en soulignant ses caractéristiques géographiques, climatiques et hydrogéologiques, afin de mieux cerner les besoins locaux en eau traitée.

Par la suite, le cœur de notre travail a porté sur le dimensionnement technique de la station de déminéralisation. Cette étape a nécessité l'application rigoureuse de connaissances en hydraulique et en traitement d'eau, dans le but de concevoir une installation répondant efficacement à la demande tout en assurant un fonctionnement optimal.

Enfin, une évaluation de la qualité des eaux, avant et après traitement, a été effectuée. L'interprétation des résultats a permis de confirmer l'efficacité du système proposé et de valider le choix des paramètres de conception adoptés.

En somme, ce travail met en évidence l'importance d'une approche intégrée alliant étude de terrain, connaissances scientifiques et analyses techniques pour garantir la mise en place d'une station de traitement adaptée aux spécificités locales. Des perspectives d'amélioration peuvent être envisagées, notamment en intégrant des technologies plus durables et des systèmes de contrôle automatisés pour une meilleure gestion des ressources en eau.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1.AMOURA Chaima&TOUMI Rihab(2020) : «Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse ».mémoire présenté pour obtenir le diplôme de master en Génie des procédés de l'environnement , **UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA**

2.**BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY**

3.**BENAHMED Imen&BENBAKIR Omar(2022)** : « Étude théorique des performances d'une station de pompage d'eau traitée ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master, filière Hydraulique et Génie civil , **Université KasdiMerbah Ouargla**

5.SAADI MOHAMED & LAHMAR FARES ALAA EDDINE (2018) : « Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de GUELMA (N-EST ALGERIE) ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master, **FILIERE : Hydraulique, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR- ANNABA**

6.**BEN KOUIDER Sihem& NECHADI Soumia (2024)** : « Traitement des eaux usées par procéder boue active cas d'étude step béni merde ».Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master, spécialité Génie de l'environnement, **UNIVERSITE Saad DAHLAB- BLIDA1**

7.LabbaciHaytem&Boumenkar Tarek (2019) : « Analyse des anomalies et redimensionnement de la STEP de la Wilaya de SKIKDA ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master,spécialité hydraulique urbaine,UNIVERSITÉBadji Mokhtar Annaba

8.Khaous Mouloud &MatkiMhenaNourdine (2018) : « Etude et amélioration d'une station de traitement d'eau par voie physicochimique ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master,spécialitéAutomatique industrielle, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou

9.**NOUREDDINE Nora (2008)** : « **etude d'impact des rejets des eaux de la station de déminéralisation de Bérédeah sur l'environnement** ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master, Université d_Oran, Es-Sénia – Algérie

10.Nabil Necir (2015) : « Etude du système d'arrêt d'urgence de l'RGTE ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master, Spécialité : **Electronique industrielle,UNIVERSITEMOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU**

11.etude de la station de déminéralisation a In Amenas ,bureau d'étude N.E.E(national-eau-environnement)

12.DERRICHE ,Z,IGUECHTAL,L.et TAS,M.(s.d).comportement des ouvrages dans les argiles expansives d'In Amenas .Institut du Génie civil et institut des sciences de la terre ,USTHB, Alger ;NAFTec ;H-Dey,Alger

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

13.googleearth

14.O.N.M (office national de letheorologie)

15.la subdivision de l'hydraulique d'illizi

16.A.D.E d'illizi (algérienne des eaux)

17.D.R.E. d'illizi (direction des ressources en eau)

18.D.P.S.B d'illizi (direction de planification et suivi budjetaire)

19.inter entreprise

20. Image personnelle, inspirée de Bougherira, R. (2018). *Étude de la performance énergétique d'une station de dessalement par osmose inverse*. Mémoire de Master, USTHB, Alger.

21. Image personnelle, inspirée de Chettibi, M. (2019). *Étude d'une station de dessalement d'eau de mer par osmose inverse*. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider Biskra.

22. Inspiré de Boukhechem, S. (2020). *Étude et modélisation d'un système de dessalement de l'eau de mer couplé à une énergie renouvelable*. Mémoire de Master, Université Salah Boubnider Constantine 3.

23. Inspiré de Benkhelifa, A. (2019). *Conception et optimisation de pompes centrifuges pour stations de dessalement*. Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar – Annaba.

24. Inspiré de Boudhane, S. (2018). *Optimisation hydraulique et énergétique du système de pompage dans une station de dessalement*. Mémoire de Master, ENP El Harrach.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 25.** : Inspiré de Badereddine H. & Djegbhala A. (2016). *Optimisation de la maintenance préventive d'une pompe centrifuge GA-1102*. Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla.
- 26.** Inspiré de Belahadji, B. (1988). *Etude hydraulique d'une pompe centrifuge*. Mémoire de Projet de Fin d'Études, École Nationale Polytechnique – Alger.
- 27.** Inspiré de Dhaouadi, M. (2008). Mémoire de fin d'études – Université d'Annaba, Département du Génie de l'Eau. Figure II.11.
- 28.** Inspiré de Dekhil, S.W. (2012). *Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arréridj*. Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy – Bordj Bou Arréridj. Figure 7.
- 29.** Inspiré de Ammam, Y. (2022). *Optimisation du procédé de déshydratation des boues des stations d'épuration : étude paramétrique du polymère*. Projet de fin d'études, Département Génie de l'Environnement, ENP Alger.
- 30.** Inspiré de Samai, A. & Saadallah, N. E. (2024). *Modélisation et commande d'une station de dessalement par osmose inverse*. Mémoire de fin d'études, Département Automatique, École Nationale Polytechnique – Alger.
- 31.** Inspiré de Mebarki, N. (2021). *Étude comparative des procédés thermiques de dessalement : MED vs MSF*. Mémoire de Master, Université de Béjaïa, Faculté des Sciences et de la Technologie. Figure III.4.
- 32.** Inspiré de Mostefaoui, L. (2019). *Étude comparative des procédés thermiques de dessalement : simple-effet et compression de vapeur*. Mémoire de Master, Université Mohammed Cherif Messaadia – Souk Ahras. Figure du chapitre comparatif.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

33. Maurel, A. (2010). *Techniques séparatives à membranes : osmose, pression osmotique et osmose inverse*. In *Techniques de l'Ingénieur, Génie Chimique*, article J2790, pages 1-10, Éditions Techniques de l'Ingénieur.

34. **Tidjma, A. (2022)**. *Purification de l'eau : distillation par congélation et ses avantages*. Article technique, Glenv (Tunisie)

35. **Techniques de l'Ingénieur – article J2790 (Maurel, 2010)**. *Techniques séparatives à membranes : osmose inverse et procédés membranaires*

36. **François de Dardel (2020)**. *Procédés d'échange d'ions pour la déminéralisation de l'eau potable et industrielle*. Techniques de l'Ingénieur, article J2783 – Échange d'ions : principes de base.

37. Belhaj, A. (2022). *Étude générale des pompes centrifuges : constitution et fonctionnement de leurs organes fondamentaux*. Mémoire de Master, Université X, Département Génie Mécanique, Algérie.

38. *Wikipedia (français)*. Pompe centrifuge – Avantages et contraintes. Consulté en juillet 2025 .

39. (Titre : Pompes et Stations de Pompage, II.1 – « Exigences principales soumises à la station de pompage » – Université Mohamed El Bachir El Ibrahim, Bordj Bou Arréridj, Algérie) .

40. Abdoune, A. & Mohand, A. (2021). *Simulation d'une pompe Triplex avec Simscape*. Mémoire de fin d'études, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.

41. Khelalfa, B. (2022). *Analyse des coups de bélier et protection des conduites de refoulement*. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider Biskra, Algérie. *Coup de bélier*. (2025). *Wikipedia (français)*. Consulté en juillet 2025.

42. Makhoufli, N. (2019). *Étude du procédé de coagulation-floculation dans les stations de traitement des eaux*. Mémoire de Master, ENP Alger

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

43. EPA (2015). *Coagulation, Flocculation and Filtration in Drinking Water Treatment*. Irish Environmental Protection Agency.

44. Amoura, C. (2021). *Étude du prétraitement de l'eau de mer pour le dessalement par osmose inverse*. Mémoire de Master, Université d'Annaba, Département Génie de l'Eau, Algérie.



ANNEXES



ANNEXES

ANNEXE 01

bassin d'eau brute (forme circulaire) 2500 m3



ANNEXES

ANNEXE 02

local de la station de pompage (formerectangulaire)



ANNEXE 03

pompes d'alimentations des filtres à sables
(Montage en parallèles)



ANNEXES

ANNEXE 04

filtre à sable



ANNEXES

ANNEXE 05

les filtres à cartouches 5 microns(ultrafiltration)



ANNEXES

ANNEXE 06

pompes basse- pression



ANNEXES

ANNEXE 07

l'osmose inverse



ANNEXES

ANNEXE 08

réservoir d'eau traité 2500 m3 (U.V)



ANNEXES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ED → Electrolyse

MSF → Distillation à détente étagée (Multi Stage Flash distillation)

MED → à multiples effets (Multi Effect Distillation)

MVC → La compression mécanique de la vapeur

UF → Ultrafiltration

V → Énergie

PI → Procédé membranaire

ONM → Office National de la Météorologie

SSP → Schéma Spécial de Prévention

DPSB → Direction de Planification et de Suivi Budgétaire

PDAL → Plan Directeur de l'Aménagement et de l'Urbanisme Local

HSE → Hygiène, Sécurité, Environnement

RHC → Réglementation Humaine et du Comportement

A.VRH → Administration de la Valorisation des Ressources Humaines

CTA → Centre de Traitement de l'Air

KEE → Matériaux Eau Environnement

DRE → Direction des Ressources en Eau

ONM → Office National de la Météorologie