

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : HYDRAULIQUE

Option : HYDRAULIQUE URBAINE

Par :

M^{elle}. Sara BEZZAOUYA & M^{elle}. Salima BOTA

Sujet

**ETUDE D'INGENIEURIE DE FONCTIONNEMENT ET D'INSTALLATION DE
STATION MOBILE DE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES : ETUDE DE CAS**

Soutenu le 29/09/2020
Devant le jury composé de :

Mr. CHIBOUB FELLAH A.	Professeur	Président
Mme. ABDELBAKI C.	MCA	Examinatrice
Mr. BENADDA L.	MAA	Encadreur
Mr. HABI M.	Professeur	Co-Encadreur

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la volonté et la patience afin d'accomplir ce modeste travail.

En deuxième lieu, notre gratitude s'adresse à Mr Lotfi BENADDA pour son encadrement, son orientation, ses conseils et sa disponibilité qu'il nous a témoignée pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Nous adressons aussi les plus grands remerciements à Monsieur HABI Mohammed, pour avoir accepté de co-encadrer ce travail et pour ses orientations et son soutien.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Mr. CHIBOUB FELLAH Abdelghani qui a accepté de présider le jury de soutenance, pour tout ce qu'il a pu nous apprendre ; qu'il trouve ici l'expression de notre profonde et sincère reconnaissance.

Nos remerciements vont également à Mme. ABDELBAKI Cherifa pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.

Nous tenons aussi à remercier : le chef de département de l'hydraulique de la Faculté de technologie de l'université de Tlemcen.

Enfin, nous présentons nos vifs remerciements à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

A mes chères sœurs et mon cher frère,

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire,*

*A tous mes chers amis que je ne peux citer vu la liste très importante, en
particulier toute ma promotion,*

A tous ceux qui me connaissent,

Merci d'être toujours là pour moi.

Sara



Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents qui ont toujours été là pour moi, je n'ai trouvé aucun mot exprimant l'amour, la gratitude et le respect que j'ai pour vous, vu l'importance du soutien et tous les conseils que vous m'avez donnés. En d'autres termes, je suis autant forte et fière juste d'avoir été votre fille.

« Je souhaite que Dieu vous préserve et vous donne une longue vie »

A mes chères sœurs et mon frère abde alhamide à qui je souhaite un avenir heureux plein de réussite.

A tous ceux qui j'aime.

A une personne chère à mon cœur qui m'a toujours encouragé, conseillé et Soutenu dans mon travail.

A mes très chers amis avec lequel j'ai partagé les moments de joie et de bonheur.

Salima



TABLE DES MATIERES

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

RESUMES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE..... 2

CHAPITRE 01 : GENERALITE SUR L'EAU

1.1. LES TYPES DES EAUX DE CONSOMMATION 4

1.2. PARAMETRES DE QUALITE DES EAUX DE CONSOMMATION..... 4

1.2.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES 4

1.2.2. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES 5

1.2.3. PARAMETRES DES SUBSTANCES TOXIQUES 5

1.2.4. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES 6

1.3. NORME DE POTABILITE 6

1.3.1. NORMES BIOLOGIQUES 6

1.3.2. NORMES DES PARAMETRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES 6

1.4. MODES DE TRAITEMENT DES EAUX 7

1.4.1. TRAITEMENT DES EAUX DE SURFACE 7

1.4.2. TRAITEMENT DES EAUX SOUTERRAINES..... 8

1.4.3. TRAITEMENT DES EAUX DURES..... 9

1.5. IMPORTANTES ETAPES DE LA POTABILISATION DE L'EAU 9

1.6. TYPE DE STATION SELON L'AGGLOMERATION..... 10

1.7. CONCLUSION 10

CHAPITRE 02 : THEORIE GENERALE DES FILIERES ET PROCEDES DE TRAITEMENT DES EAUX

2.1. PROCEDES DE TRAITEMENT 12

2.1.1. PRETRAITEMENT 12

2.1.1.1. DEGRILLAGE ET TAMISAGE 12

2.1.1.2. DESSABLAGE– DESHUILAGE..... 14

2.1.2. CLARIFICATION 15

2.1.2.1. LA COAGULATION–FLOCCULATION 15

2.1.2.2. LA DECANTATION 16

2.1.2.3. FILTRATION 17

2.1.2.3.1. FILTRATION A SABLE..... 17

2.1.2.3.2. FILTRATION A CHARBON ACTIF 18

2.1.3. LA DESINFECTION 18

2.1.3.1. DESINFECTION PAR LE CHLORE..... 18

2.1.3.2. LE DIOXYDE DE CHLORE 18

2.1.3.3. LA DESINFECTION PAR L'OZONE..... 18

2.1.3.4. RAYONNEMENT ULTRA-VIOLETS..... 19

2.2.	PROCEDE DE TRAITEMENT POUR LES PETIES AGGLOMERATION	19
2.2.1.	ECHANGEUR D'ION	19
2.2.2.	L'OSMOSE INVERSE	20
2.2.3.	ULTRAFILTRATION	20
2.2.4.	LES STATIONS DE TRAITEMENT MOBILES	21
2.3.	CONCLUSION	21

CHAPITRE 03 : DESCRIPTION DES STATIONS MOBILES DE TRAITEMENT DES EAUX

3.1.	DESCRIPTION GENERALE DE L'UNITE MOBILE	23
3.2.	CARACTERISTIQUES DES UNITES MOBILES	25
3.3.	COMPOSANTS ET STRUCTURE DE L'UNITE MOBILE	26
3.3.1.	TRANSPORT.....	26
3.3.2.	CAPTAGE	26
3.3.3.	INSTALLATION.....	27
3.3.4.	PRODUCTION	27
3.3.5.	DISTRIBUTION	27
3.4.	UTILISATION DE L'EAU TRAITEE PAR LES STATIONS MOBILES	28
3.4.1.	SECTEUR CIVIL	28
3.4.2.	AIDE HUMANITAIRE	28
3.4.3.	SECTEUR ENTREPRENEURIAL	28
3.5.	RAISONS DE CHOISIR UN SYSTÈME DE TRAITEMENT D'EAU MOBILE.....	28
3.6.	EXIGENCES DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE PAR UNITE MOBILE ...	29
3.7.	DIFFERENTS TYPES DES STATIONS DE TRAITEMENT MOBILES.....	29
3.7.1.	TYPE 1 (EAU CONTAMINÉE) :	29
3.7.2.	TYPE 2 (EAU DE HAUTE QUALITÉ) :.....	29
3.8.	SYSTÈMES MOBILES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE	30
3.9.	SYSTEMES D'EAU POTABLE POUR LES SOURCES D'EAU SAUMATRE.....	30
3.9.1.	SYSTÈME MOBILE A DEUX MODULES	31
3.9.2.	SYSTÈME MOBILE PAR OSMOSE INVERSE BASSE PRESSION	31
3.9.3.	SYSTÈME MOBILE PAR OSMOSE INVERSE SAUMATRE	32
3.9.4.	SYSTÈME COMPACT PAR OSMOSE INVERSE SAUMATRE	32
3.10.	ÉTAPES DE TRAITEMENT: LE PRINCIPE MULTI-BARRIERES.....	33
3.11.	CONCLUSION	34

CHAPITRE 04 : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION MOBILE DE TRAITEMENT RHAR ROUBANE

4.1.	SITUATION GEOGRAPHIQUE	36
4.2.	SOURCE D'ALIMENTATION EN EAU	38
4.3.	ESTIMATION DE LA POPULATION.....	38
4.4.	ETUDE DE LA BALANCE BESOIN/DEBIT DE LA SOURCE	38
4.5.	MATERIELS ET METHODES	39
4.5.1.	ECHANTILLONNAGE ET CONCERVATION	39
4.5.2.	CONSERVATION DES ECHANTILLONS	40
4.5.3.	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES ANALYSES	40
4.5.3.1.	LA TEMPERATURE	40

4.5.3.2.Le pH.....	40
4.5.3.3.LA CONDUCTIVITE ET LA SALINITE.....	41
4.5.3.4.NITRATE.....	41
4.5.3.5.L'AMMOUNIUM.....	41
4.5.3.6.PHOSPHATE.....	41
4.5.3.7.CHLORURE Cl ⁻	41
4.5.3.8.TURBIDITE.....	41
4.5.3.9.DURETE.....	41
4.5.3.10.SULFATE.....	42
4.5.3.11.TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET.....	42
4.5.3.12.SODIUM ET POTASSIUM.....	42
4.5.3.13.CALCIUM.....	42
4.5.3.14.MAGNESIUM.....	42
4.5.3.15.DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO ₅).....	42
4.5.3.16.DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE.....	43
4.5.4. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	43
4.5.4.1.TEMPERATURE ET TURBIDITE.....	43
4.5.4.2.CONDUCTIVITE ET SALINITE.....	43
4.5.4.3.SULFATE, SODIUM ET MAGNESIUM.....	44
4.5.4.4.NITRATE, CALCIUM ET POTASSIUM.....	45
4.5.4.5.DURETE CHLORURE ET TAC.....	45
4.5.4.6.AMMONIUM ET PHOSPHATE.....	46
4.5.4.7.DBO ₅ ET DCO.....	46
4.5.4.8.RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES.....	47
4.5.5. SYNTHESE SUR LES RESULTATS D'ANALYSE.....	47
4.6. DIMENSIONNEMENT DE STATION MOBILE DE TRAITEMENT.....	47
4.6.1. DIMENSIONNEMENT DE TAMISEUR ROTATIF.....	48
4.6.2. DIMENSIONNEMENT DE BASSIN COAGULATION-FLOCCULATION.....	48
4.6.3. DIMENSIONNEMENT DE DECANTEUR LAMELLAIRE.....	48
4.6.4. DIMENSIONNEMENT DE FILTRE A SABLE.....	49
4.6.5. DIMENSIONNEMENT DES BACS DU CHARBON ACTIF.....	50
4.5.6. DIMENSIONNEMENT DE DESINFECTION.....	50
4.5.7. SYNTHESE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STATION MOBILE.....	51
CONCLUSION GENERALE	
CONCLUSION GENERALE.....	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	55
BIBLIOGRAPHIE.....	55
WEBOGRAPHIE.....	58

LISTE DES FIGURES

Figure N°1.1 : Traitement des eaux de surface	8
Figure N°1.2 : Etapes de traitement des eaux souterraines	8
Figure N°2.1 : Grille manuelle	12
Figure N°2.2 : Dégrileur a grille droite et à grille courbe	13
Figure N°2.3 : Le dessableur -déshuileur	14
Figure N°2.4 : Structure de la colloïdale	15
Figure N°2.5 : Désinfection par lampes UV	19
Figure N°3.1 : Intérieur du container d'un système mobile de traitement de l'eau	23
Figure N°3.2 : Unité de containers de traitement d'eau potable	24
Figure N°3.3 : Composants de base des technologies interne à une station mobile	25
Figure N°3.4 : Description de la technologie de traitement de l'eau d'une station mobile.....	25
Figure N°3.5 : Système de transport d'unité mobile de traitement de l'eau.....	26
Figure N°3.6 : Captage d'eau pour le traitement mobile	26
Figure N°3.7 : L'installation d'unité mobile de traitement de l'eau	27
Figure N°3.8 : Système de production d'unité mobile de traitement de l'eau	27
Figure N°3.9 : Distribution d'eau par camion-citerne après traitement	27
Figure N°3.10 : Usine de traitement des eaux usées containerisée	27
Figure N°3.11 : Usine de traitement d'eau pure containerisée	30
Figure N°3.12 : Système mobile a 2 modules.....	31
Figure N°3.13 : Système mobile par Osmose inverse basse pression.....	31
Figure N°3.14 : Système mobile par Osmose inverse saumâtre	32
Figure N°3.15 : Système compact par osmose inverse saumâtre	32
Figure N°3.16 : Schéma explicatif du procédé d'ultrafiltration.....	33
Figure N°3.17 : différents polluants dans un système de traitement de l'eau	34
Figure N°4.1 : Situation de la zone d'étude par rapport au chef-lieu de la Wilaya	36
Figure N°4.2 : Situation de la zone d'étude par rapport au chef-lieu communal.....	37
Figure N°4.3 : Vue Satellitaire de la zone d'étude (Rhar Roubane)	37
Figure N°4.4 : Photo prise de la source d'eau de Rhar Roubane	38
Figure N°4.5 : Photo prise de l'alimentation en eau par camion-citerne	39
Figure N°4.6 : pH mètre	40
Figure N°4.7 : Turbidimètre	41
Figure N°4.8 : Spectromètre	42
Figure N°4.9 : Variation de la température et de la turbidité.....	43
Figure N°4.10 : Variation de la salinité et de la conductivité.	44
Figure N°4.11 : Variation de sulfate, sodium et magnésium	44
Figure N°4.12 : Variation de nitrate, calcium et potassium	45
Figure N°4.13 : Variation de dureté, chlorure et TAC.....	45
Figure N°4.14 : Variation de l'ammonium, phosphate et pH	46
Figure N°4.15 : Variation de DBO5 et DCO	46
Figure N°4.16 : Variation des paramètres micro-biologiques.....	47
Figure N°4.17 :Tamis rotatif	48

Figure N°4.19 : Décanteur lamellaire	49
Figure N°4.20 : Filtre à sable	49
Figure N°4.21 : Filtre à charbon actif	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Normes des substances indésirables	5
Tableau 1.2 : Les normes des substances toxiques	5
Tableau 1.3 : Critères de l'eau de boisson	6
Tableau 1.4 : Lignes directrices de l'OMS de la qualité de l'eau potable	6
Tableau 1.5 : Procédés de traitement en fonction des paramètres à traiter	9
Tableau 1.6 : Type de station en fonction de la taille de l'agglomération	10
Tableau 2.1 : Types de grillage en fonction de l'espacement des barreaux	12
Tableau 3.1 : Quelques systèmes utilisés dans les unités mobiles	26
Tableau 4.1: Synthèse des ouvrages de dimensionnement.....	51

RESUME

L'eau potable desservie à une population domestique est celle qui répond aux exigences normatives fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé. Néanmoins, souvent les sources d'alimentation en eau sont contaminées ou hors normes, ce qui nécessite un traitement préalable avant toute distribution à la consommation. On peut y parvenir à l'amélioration de la qualité de l'eau grâce à diverses technologies, dont le principe est en la faisant subir certain nombre de cycle de traitement de différentes étapes. C'est le cas du hameau de Rhar Roubane, dont un certain nombre d'habitants est alimenté directement par une source de 4 L/s de débit, alors que les analyses que nous avons effectué sur cette source ont montré un dépassement important point de vu physico-chimique et biologique.

Raison pour laquelle, afin de remédier à ce problème de la qualité de l'eau de cette source, nous avons dimensionné dans ce travail une station de traitement mobile, composée de trois phases, en l'occurrence ; le tamisage, le débouage et la décantation, suivi par la filtration sur sable, ensuite la filtration sur charbon actif, enfin la stérilisation et le stockage pour distribution. L'ensemble des ouvrages sont monté au niveau des containers mobiles.

Mots clés : Rhar Roubane, Analyse d'eau, traitement des eaux, station mobile.

ABSTRACT

The drinking water served to a domestic population is that which meets the normative requirements set by the World Health Organization. However, often the water supply sources are contaminated or out of norms, which requires prior treatment before any distribution for consumption. We can do it by improving the quality of water through various technologies, the principle of which is by subjecting it to a number of treatment cycles at different stages. This is the case of the hamlet of Rhar Roubane, which a certain number of inhabitants are supplied directly by a source of 4 L/s of flow, while the analyzes which we carried out on this source showed a significant exceedance from a physico-chemical and biological point of view.

Reason why, in order to remedy this problem of the quality of the water from this source, we dimensioned in this work a mobile treatment station, composed of three phases; sieving, settling and settling, followed by sand filtration, then filtration on activated carbon, finally sterilization and storage for distribution. All the structures are mounted at the level of the mobile containers.

Key words: Rhar Roubane, Water analysis, water treatment, mobile station.

ملخص

مياه الشرب الموجهة للسكان هي تلك التي تلبى المتطلبات المعيارية التي وضعتها منظمة الصحة العالمية. ومع ذلك، غالباً ما تكون مصادر المياه ملوثة أو غير مطابقة للمواصفات، مما يتطلب معالجة مسبقة قبل التوزيع للاستهلاك. ويمكن تحقيق ذلك من خلال تحسين جودة المياه عبر تقنيات مختلفة، بإخضاعها لعدد من دورات المعالجة في مراحل مختلفة. قرية غار روبان عينة من هذه المجمعات السكنية، التي يتم تزويد عدد معين من قاطنيها مباشرة من منبع ذو تدفق يبلغ 4 لترات / ثانية ، حيث أظهرت التحليلات التي أجريناها عليه زيادة كبيرة بالعديد من المكونات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

لهذا السبب ، من أجل معالجة مشكلة جودة مياه هذا المنبع، قمنا في هذا العمل بتصميم أبعاد محطة معالجة متنقلة، تتكون من ثلاث مراحل ؛ الغربلة، التجميع والترسيب، ثم الترشيح الرملي، ثم ترشيح الكربون المنشط ، وأخيراً التعقيم والتخزين للتوزيع. جميع الهياكل مثبتة على مستوى الحاويات المتحركة.
كلمات مفتاحية : غار روبان، تحليل المياه، محطة معالجة، محطة متنقلة.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE	: Algérienne des eaux
ADN	: Acide désoxyribonucléique
bar	: Unité métrique de pression
CAP	: Le charbon actif en poudre
CAG	: Le charbon actif en grain
Cm	: Centimètre
Cp	: Coefficient de point
D	: Diamètre
EDTA	: Acide éthylène diamine tétra-acétique
Hab.	: Habitant
ISO	: Organisation internationale de normalisation
OMS	: L'organisation mondiale de la santé
Qmoy	: Débit moyen
Qp	: Débit de point
R	: Rayon
RGPH	: Recensement général de la population humaine
TA	: Titre alcalimétrique
TAC	: Titre alcalimétrique complet
UCV	: Unité de Couleur Vraie
UFC	: Unité faisant colonie
UV	: Ultra-violet
UVC	: Ultra-violet C (280-100 nanomètres)

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau ou l'or bleu, est une ressource indispensable à l'existence et le développement des formes de vie sur terre.

Les besoins en eau potable augmentent régulièrement avec l'accroissement démographique et l'industrialisation dans de nombreux pays émergents.

La problématique de l'eau potable s'est généralisée au point que les pays développés commencent à ne plus négliger la préservation de cette ressource naturelle. Le principal problème de l'accès à l'eau potable est dû à une mauvaise répartition dans le monde mais aussi à une pollution continue de cette ressource vitale par l'industrie, l'agriculture et les rejets urbains [1].

Toutefois, la qualité de l'eau est indéniablement liée à son environnement, que ce soit la mauvaise qualité des eaux souterraines extraites ou la pollution des eaux de surface.

Ainsi, avant l'utilisation de l'eau on doit faire appel à un traitement pour l'améliorer afin qu'elle soit potable, dont l'objectif est de la rendre conforme aux normes de consommation fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Ceci dit, la problématique d'assurer et d'approvisionner l'eau de consommation reste difficile dans les situations de crise (tel que les catastrophe ou les conflits), raison pour laquelle les systèmes mobiles de traitement restent capables de relever ce défis et peuvent répondre aux besoins de la population dans des conditions environnementales défavorables et les situations précaires.

Il faut dire que les stations de traitement mobiles ce sont des stations de potabilisations qui assurent une eau de haute qualité respectant les normes, et y sont conçues pour produire de l'eau de qualité sûre à partir de différentes sources d'eau telle que les eaux des lacs, des rivières ou les eaux saumâtre et de mer.

Cependant, le but de ce projet consiste à établir une étude d'installation d'une station mobile de traitement des eaux, sur la base d'analyse de qualité, en établissant les détails de leurs fonctionnements, avec projection et dimensionnement d'un cas réel.

Ce qui fait que ce présent travail est subdivisé principalement en quatre chapitres, en l'occurrence :

- Chapitre 1 – Généralité sur l'eau.
- Chapitre 2 – Théorie générale des filières et procédés de traitement des eaux.
- Chapitre 3 – Description des stations mobiles de traitement des eaux.
- Chapitre 4 – Dimensionnement de la station mobile de traitement de Rhar Roubane.

CHAPITRE 01
GENERALITE SUR L'EAU

Il existe de nombreuses eaux destinées à la consommation humaine et leur qualité varie en fonction de la source dont elles sont extraites. Un traitement de l'eau est donc nécessaire afin de se conformer aux normes fixées par l'organisation mondiale de la santé (OMS), et les modes de traitement varient en fonction de sa qualité.

1.1. LES TYPES DES EAUX DE CONSOMMATION

Les eaux susceptibles à la consommation sont :

- **Eaux de surface** : ce sont les eaux qui coulent ou stagnent en surface du sol tel que les rivières, lacs, étangs, barrages ...etc. pouvant contenir des agents pathogènes tels que : impuretés, boues, plantes ou microorganismes [2].
- **Eaux de source** : il s'agit des eaux très pures, destinée à la consommation humaine mais doit subir un traitement afin de réduire la concentration des substances instables et éliminer l'odeur et le goût [2].
- **Eaux minérales** : il s'agit des eaux les plus recommandées car elles contiennent de nombreux minéraux bénéfiques pour la santé qui sont produits naturellement, elles sont commercialisé sans subir de processus chimique [2].
- **Eaux dures** : elles possèdent une grande quantité d'éléments chimiques, tels que calcium et magnésium, il n'est donc pas recommandé de les consommer avant du traité [2].
- **Eaux douces** : ce sont des eaux très pures contenant une faible teneur en sel ce qui la rend apte pour la consommation humaine, son bénéfice principal réside dans le fait que l'organisme l'absorbe plus rapidement, ce qui favorise le processus d'hydratation [2].
- **Eaux souterraines** : l'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre. Elle est naturellement alimentée par la surface, grâce aux précipitations, aux cours d'eau et aux infiltrations d'eaux provenant des rivières [3].

1.2. PARAMETRES DE QUALITE DES EAUX DE CONSOMMATION

1.2.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

- **La couleur** : qui peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais le plus souvent à certaines matières organiques dissoutes (acides humiques, fulvique). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV [4].
- **Le goût et l'odeur** : la saveur et l'odeur anormales sont causées par la présence dans l'eau des matières organiques dissoutes [5]. Les eaux de consommation doivent ainsi posséder un goût et une odeur non désagréable.
- **La turbidité** : c'est elle qui traduit la présence des matières organiques en suspension. La turbidité maximale acceptable pour une eau de consommation est de 5 NTU [4].

1.2.2. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

- **La température** : Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C ; entre 20 et 25 °C, elle désaltère mal [6].
- **Le pH** : est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés [7].
- **La conductivité** : permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. La conductivité électrique s'exprime en micro siemens/cm [6].
- **La dureté ou titre hydrotimétrique** : correspond essentiellement à la présence des ions calcium (Ca²⁺) et de magnésium (Mg²⁺). La dureté s'exprime généralement en milliéquivalents par litre (1°F=5meq/l) [5].
- **L'alcalinité** : qui est la réaction des ions hydrogènes (H⁺) est due à la présence des hydrogénocarbonates (HCO₃⁻), carbonate (CO₃⁻²) et l'hydroxyde (OH⁻) [5].
- **Les paramètres des substances indésirables** : leurs valeurs de concentration doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Tableau 1.1 : Normes des substances indésirables [8]

Substances	Valeurs
Nitrates (NO ₃)	50 mg/l
Ammonium (NH ₄)	0,1 mg/l
hydrocarbures dissous ou émulsionnés	0,1µg/l
Fer (Fe)	200 µg/l
Manganèse (Mn)	50 µg/l
Cuivre (Cu)	2 mg/l
Fluor (F)	1,5 mg/l

1.2.3. PARAMETRES DES SUBSTANCES TOXIQUES

Pour les substances suivantes, les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Tableau 1.2 : Les normes des substances toxiques [8]

Substances	Valeurs (µg/l)
Arsenic	10
Cadmium	5
Cyanures	50
Chrome	50
Mercur	1
Nickel	20
Plomb	10
Antimoine	5
Sélénium	10

1.2.4. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

L'eau ne doit contenir de germes pathogènes en particulières Salmonelle et les Escherichia-coli dans 5 litres d'eau prélevée, en Staphylocoques dans 100 ml d'eau prélevée.

L'eau ne doit pas contenir de Coliformes streptocoques dans 100 000 litres d'eau prélevée [8].

1.3. NORME DE POTABILITE

Afin de protéger la santé des consommateurs, l'organisation mondiale de la santé (OMS) a établi des normes à respecter.

1.3.1. NORMES BIOLOGIQUES

Une eau de bonne qualité est donc une eau satisfaisant certains critères de teneur bactérienne mesurée en termes de bactéries coliformes [3].

Tableau 1.3 : Critères de l'eau de boisson

Paramètres	Limites de qualité
Escherichia coli (E.coli)	0 par 100 ml
Entérocoques	0 par 100 ml
Les eaux vendues en bouteille ou en conteneurs doivent respecter des valeurs inférieures ou égales aux limites suivantes :	
Escherichia coli (E.coli)	0 par 250ml
Entérocoques	0 par 250ml
Pseudomonas aeruginosa	0 par 250ml
Numération de germes aérobies revivifiabiles à 22°C	100 par ml
Numération de germes aérobies revivifiabiles à 37°C	20 par ml
Bactéries sulfito-réductrices, y compris les spores	0 par 50 ml
Les analyses doivent être commencées au moins 3 jours après le conditionnement. Les analyses doivent être commencées dans les 12 heures suivant le conditionnement.	

1.3.2. NORMES DES PARAMETRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Des normes directrices sont données par l'OMS concernant les paramètres physiques et chimiques, sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 1.4 : Lignes directrices de l'OMS de la qualité de l'eau potable [3]

Eléments	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Ligne directrice fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l à 0,3 mg/l	0,50 mg/l
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0,02 mg/l
Arsenic	As		0,01mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l

Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0,5 mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Un gout à 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
Oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	Mg/CaCO ₃		500 mg/l
Sulfate d'hydrogène	H ₂ S		0,05 et 0,1 mg/l
Fer	Fe	0,5-50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 1,5 µg /l	0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,7 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ ,NO ₂		50 mg/l
Turbidité			Non mentionnée
pH			Entre 6,5 et 9,5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg /l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5-50 µg /l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	<20 mg/l	200 mg/l
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peut toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg /l
Uranium	U		0,015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

1.4. MODES DE TRAITEMENT DES EAUX

1.4.1. TRAITEMENT DES EAUX DE SURFACE

Deux procédés standards sont utilisés pour traiter les eaux de surface [9]:

- Le traitement conventionnel, qui comprend les étapes suivantes : clarification, (coagulation/floculation, sédimentation ou flottation a air dissous), filtration sur sable, adsorption sur charbon actif et désinfection.
- Le traitement avancé basé sur la technologie d'ultrafiltration.

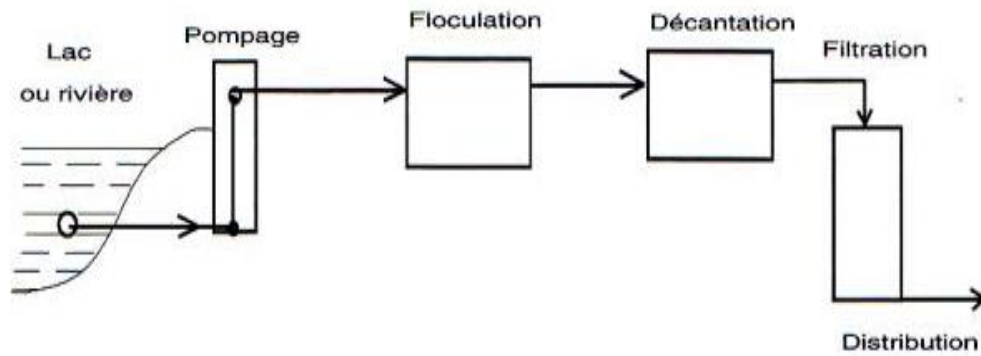


Figure N°1.1 : Traitement des eaux de surface [10]

1.4.2. TRAITEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

C'est une eau de bonne qualité par rapport aux eaux de surface caractérisé par une turbidité et contamination bactérienne faibles mais une dureté élevée.

Les eaux souterraines ne nécessitent pas de nombreuses étapes de traitement pour être consommées.

Parmi ces étapes on trouve [10] :

- Aération : qui a pour but d'éliminer le gaz carbonique en excès et d'oxyder les sels de fer.
- Filtration : dont les sels de calcium et de magnésium en excès confèrent à l'eau sa dureté. On l'adoucit en les précipitants par adjonction de chaux et de soude.
- Stérilisation biologique : ajout de chlore et traitement à l'ozone.

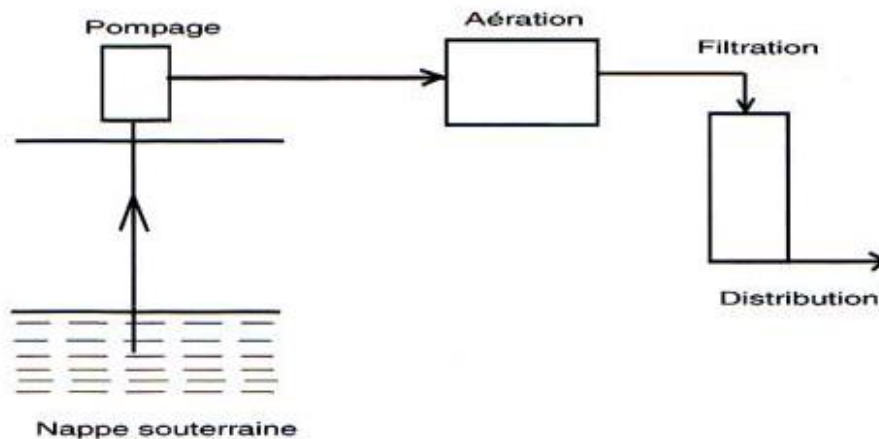


Figure N°1.2 : Etapes de traitement des eaux souterraines [10]

1.4.3. TRAITEMENT DES EAUX DURES

L'adoucissement est un procédé destiné à éliminer le calcium et le magnésium de l'eau de manière à diminuer l'entartrage des canalisations et réduire la dureté.

Il consiste à faire passer l'eau à traiter sur une résine échangeuse d'ions (cationique) ; ce qui conduit à une libération d'ions sodium et à une diminution de dureté de l'eau. Après percolation de l'eau sur la résine, sa dureté est nulle [8].

1.5. IMPORTANTES ETAPES DE LA POTABILISATION DE L'EAU

Les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau nous permettront de choisir le procédé de traitement [11].

Tableau 1.5 : Procédés de traitement en fonction des paramètres à traiter [11]

Paramètre à traité	Procédés de traitement
Forte turbidité et/ou forte teneur en matières en suspension	Coagulation, floculation, décantation, suivies d'une filtration rapide sur sable.
Présence de fer et/ou de manganèse.	Aération et/ou ajout d'un oxydant + filtration rapide sur sable.
Forte pollution bactériologique.	Élimination des matières en suspension (coagulation, floculation, décantation + filtration rapide sur sable) + désinfection (ajout de chlorure ou dérivés chlorés).
Matières organiques.	Décantation + filtration lente sur sable. Prévoir un système de chloration « choc » en tête de station pour lutter contre les blooms algaux
pH trop faible	Ajout de chaux : - en amont de la coagulation si le pH de l'eau brute est < 6,5 ; - en sortie de phase de floculation si le pH de l'eau après ajout du coagulant est < 7.
pH trop élevé.	Ajout d'acide sulfurique (ou chlorhydrique) en amont ou en aval de la phase de coagulation.
Faible turbidité et faible débit	Filtration lente sur sable ou coagulation
Présence de pesticides.	Ajout de charbon actif en poudre en tête de station ou filtration sur charbon actif en grain en post-filtration.

1.6. TYPE DE STATION SELON L'AGGLOMERATION

Les types de stations peuvent être regroupés en fonction de la grandeur de l'agglomération concernée par le traitement dans le tableau suivant :

Tableau 1.6 : Type de station en fonction de la taille de l'agglomération [11]

Type de station	Agglomération
Grande station de traitement	Grande agglomération >100 000 hab.
Station compact	Moyenne agglomération 5 000 < hab < 100 000
Station mobile	Agglomération < 5 000 hab. Site de réfugié Agglomération diminuée ¹

1.7. CONCLUSION

Au cours de ce chapitre nous avons découvert les différentes eaux destinées à la consommation en plus leurs modes de traitement adéquat, ce qui nous permettra à faire une étude générale sur les étapes de traitement et leur dimensionnement.

¹ Etat de guerre, catastrophe naturelle, ...etc.

CHAPITRE 02 :
THEORIE GENERALE DES
FILIERES ET PROCEDES DE
TRAITEMENT

Dans ce chapitre nous donnons une description sur les différentes étapes de traitement des eaux par les modes classiques ainsi que celles par unités mobiles.

2.1. PROCÉDES DE TRAITEMENT

Souvent les eaux captées dans la nature ne présentent pas la qualité physique, chimique et biologique propre à la consommation ; donc elles doivent être traitées pour obtenir les propriétés souhaitables [12]. Pour cela on opère par plusieurs étapes :

2.1.1. PRETRAITEMENT

Les opérations de cette étape sont :

2.1.1.1. DEGRILLAGE ET TAMISAGE

Avant son entrée dans la station de potabilisation, l'eau passe au travers de grilles qui arrêtent les corps flottants et les gros déchets. Il arrive parfois que des tamis soient installés pour retenir les déchets plus petits, le sable et le plancton. Les tamis sont espacés de plus de 40 mm pour un pré-dégrillage, et de 6 à 10 mm pour un dégrillage fin. Le tamisage présente quant à lui un écartement de 0,5 à 6 mm [11].

L'efficacité de dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux des grilles, On peut distinguer :

Tableau 2.1 : Types de grillage en fonction de l'espacement des barreaux [13]

Type de dégrillage	Espacement des barreaux
Dégrillage fin	3 -10 mm
Dégrillage moyen	Entre 10 - 25 mm
Pré-dégrillage	Entre 30 - 100 mm

Suivant le mode d'élimination des déchets, on trouve différents types de grilles :

- **Grilles manuelles** : Les grilles à nettoyage manuel sont droites, composées de barreaux ronds ou rectangulaires [14].

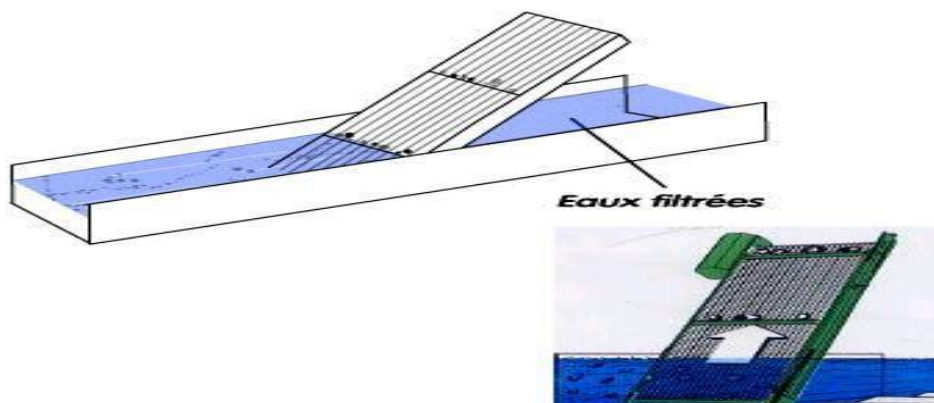


Figure N°2.1: Grille manuelle [33]

- **Grilles mécaniques** : Réserver pour les grandes stations, son utilisation a pour but d'éviter le colmatage rapide des canalisations, ces grilles sont divisées en deux types : les grilles courbes et les grilles droits [8].

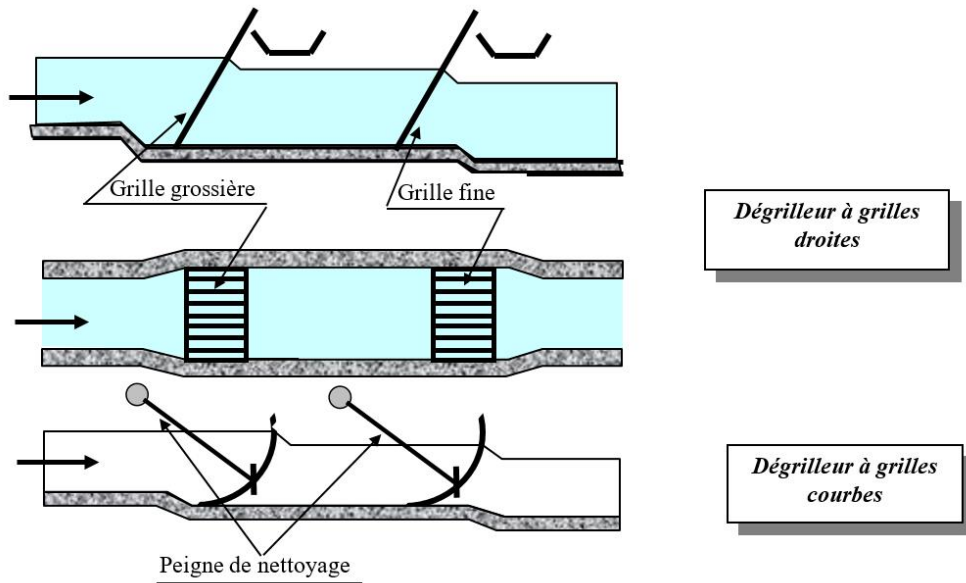


Figure N°2.2: Dégrilleur a grille droite et à grille courbe [15]

Le dimensionnement d'un dégrilleur suit plusieurs étapes, en l'occurrence :

- **Dimensionnement hydraulique et le colmatage :**

La vitesse d'eau à travers les grilles comprises entre 0.6 m/s et 0.7 m/s et pour le dimensionnement la vitesse doit être inférieure à 1.2 m/s en pointe.

Pour les stations de traitement il faut tenir en compte les pertes de charge qui génère par les grilles, telle que [15] :

$$\Delta H = \beta \cdot \left(\frac{p}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \sin\alpha \quad (1)$$

D'où :

- β : facteur de forme des barres.
- p : largeur maximale des barres (en m).
- e : espacement minimal des barres (en m).
- v : vitesse de l'écoulement (m/s).
- α : angle d'inclinaison en °.

- **Perte de charge hydraulique de grille [16] :**

$$i(m) = D_s \cdot \left(\frac{e}{E}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

- D_s : coefficient de forme des barreaux circulaire = 1,8 ; oblongue = 1,7.
- e : épaisseur des barreaux (m).
- E : espace libre entre les barreaux (m), (écartement).
- V : vitesse moyenne d'arrivée de l'eau.

- **Calcul de la largeur de grille [15] :**

$$L = \frac{s \cdot \sin\alpha}{h \cdot \max.(1-\theta) \cdot \delta} \quad (3)$$

- δ : coefficient de colmatage :
- Pour le dégrilleur automatique : $\delta = 0,5$;
- Pour le dégrilleur manuelle : $\delta = 0,25$.

S : section minimale du dégrilleur (m²).

Avec :

$$S = \frac{Q_p}{V.O.C} \quad (4)$$

θ : Fraction de la surface occupée par les barreaux :

$$\theta = p / (p+e) \quad (4')$$

H_{max} : Hauteur maximale de l'eau.

2.1.1.2. DESSABLAGE- DESHUILAGE

- **Dessablage** : Retirer au maximum les matières abrasives les sables et autres particules plus ou moins fines pour protéger les pompes et les appareils de station contre le colmatage l'abrasion qui peut endommager à cause de la décantation de ces particules (diamètre > 200 microns) [13].
- **Déshuilage** : C'est une opération qui est utilisée pour séparer les huiles c'est le principe de flottation qui est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage. Permettant de faire remonter les huiles en surface et sera éliminé ensuite par le raclage [6].

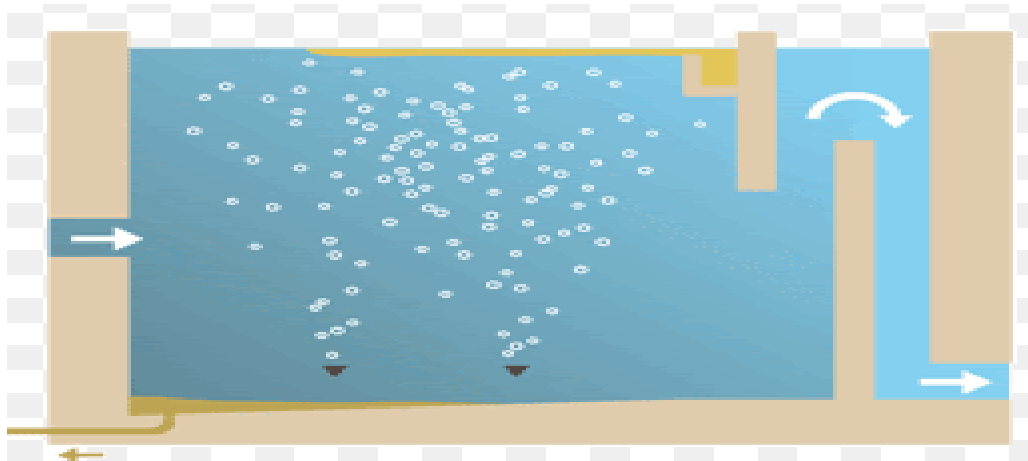


Figure N°2.3 : Le dessableur -déshuileur [16]

Le dimensionnement d'un dessableur-déshuileur est comme suit [16]:

Surface :

$$S = \frac{Q}{V_{asc}} \quad (5)$$

Vitesse :

$$V = \tau \cdot Q \quad (6)$$

Hauteur :

$$H = \frac{V}{S} \quad (7)$$

S : surface (m²).

Q : débit (m³/s).

V_{asc} : vitesse ascensionnelle des particules (m/s) (déterminée au laboratoire).

V : volume (m³).

τ : temps de séjour (jours).

2.1.2. CLARIFICATION

La clarification des eaux se déroule en plusieurs étapes : coagulation-floculation, décantation et filtration son objectif c'est l'élimination de la turbidité (les matières en suspension et colloïdes) [17].

2.1.2.1. LA COAGULATION–FLOCCULATION

Les coagulants-floculants sont des composés permettant d'agglomérer les matières en suspension afin d'obtenir une taille plus grand et par conséquent des vitesses de séparation solide liquide plus élevées [18].

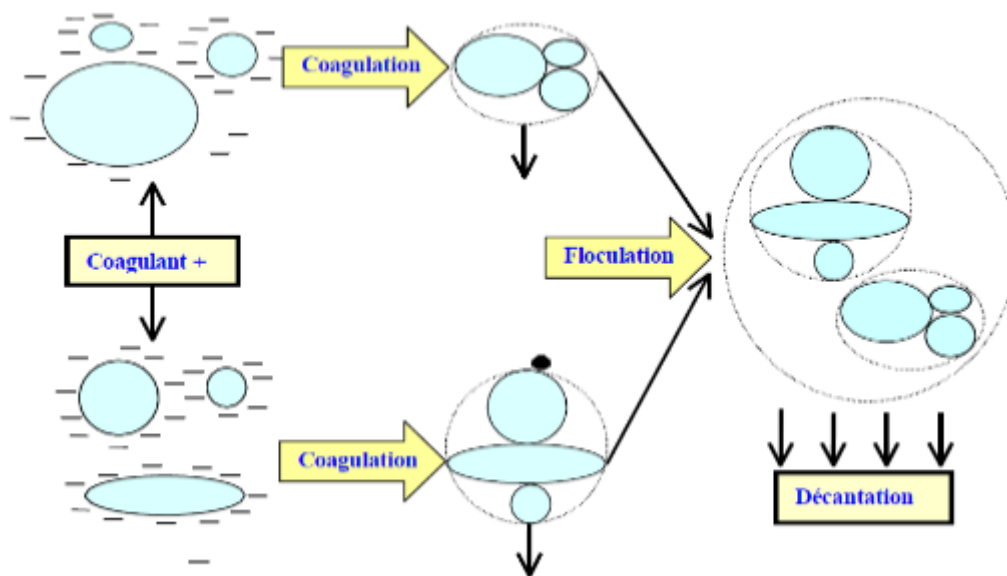


Figure N°2.4: Structure de la colloïdale [6]

- **La coagulation:** La coagulation est la première étape dans le processus de traitement physico-chimique son but est de déstabiliser les particules colloïdales cela permet aux particules de s'agglomérer et de décantent plus rapidement [19].

Le dimensionnement du bassin de coagulation est comme suit [20] :

Volume de bassin :

$$Q = \frac{V}{t} \text{ donc } V = Q \cdot t \quad (8)$$

Section horizontale du bassin :

$$V = Sh \cdot H \text{ donc: } Sh = \frac{V}{H} \quad (9)$$

Avec:

Q : débit d'eau traversant le bassin (m³/s).

V : volume de bassin en m³.

t : temps de séjour de bassin (s).

Sh : section horizontal (m²).

H : hauteur de la cuve (m).

- **La floculation** : La floculation est l'agglomération de particules déstabilisées en micro floes, ensuite ils deviennent plus volumineux que l'on appelle floe. On peut ajouter un autre réactif dit flocculant ou adjuvant de floculation pour faciliter leur formation [8].

Dans un flocculateur classique, l'agitation est causée par un ensemble de pales parallèles à l'axe de rotation, ensemble qui tourne à une vitesse constante. La puissance de ces pales transmet un gradient de vitesse déterminé à l'aide de l'équation suivante [20]:

$$P = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot A \cdot V_r^3 \quad (10)$$

Où :

- P : puissance transmise (W).
- Cd : coefficient de traînée (1,8 pour des pales plates).
- A : surface de la pale (m²).
- ρ : masse volumique du liquide (kg/m³).
- Vr : vitesse relative de la pale par rapport à la vitesse du liquide (≈ 0,75 m/s).

S'il y a plusieurs pales, on doit intégrer la puissance transmise par chaque pale, ce qui permet de la calculer G par la suite :

$$G = \left[\frac{P}{\eta B} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Où :

- G : gradient de vitesse (s⁻¹).
- P : puissance transmise (W).
- B : volume du bassin (m³).
- η : viscosité dynamique de l'eau (Pa.s).

2.1.2.2. LA DECANTATION

A pour but de permettre le dépôt des particules en suspension dans l'eau soit que ces particules existent dans l'eau brute ou bien résultent de l'action d'un réactif chimique ajouté artificiellement, soit qu'elle résulte d'une floculation physique liée à une action biologique [13].

Il existe deux types de décanteur [21]:

- Décanteur simple : 'A flux horizontaux', ou, 'A flux verticaux'.
- Décanteur lamellaire.

L'un des principaux critères de conception et de fonctionnement d'un décanteur est le taux de débordement de surface [22] ; le débit de débordement (Q) de surface donne la vitesse de montée de l'eau et une surface d'eau (Sd) dite également surface de décantation, qui est le paramètre déterminant pour dimensionner un bassin de décantation.

La formule pour la calculer est la suivante [11] :

$$Sd = \frac{Q}{V_v} \quad (12)$$

Avec :

- Q : débit de la station (m³/h).
- Vv : vitesse de décantation (m/h).

Pour les décanteurs lamellaires, la surface de décantation (Sd) correspond à la surface totale des lamelles projetées sur l'horizontale. Sa formule est la suivante [11]:

$$Sd = N.Sl.cos\theta \quad (13)$$

Avec :

N : nombre de lamelles.

Sl : surface d'une lamelle (en m²).

θ : angle d'inclinaison, en général 60°.

La vitesse de chute des particules est exprimée par l'expression de Stocks [16]:

$$Vp = \frac{g(\rho p - \rho l)d^2}{18\mu} \quad (14)$$

On sait que :

$$\mu = \nu.\rho.L \quad (14')$$

Avec :

ν : la viscosité cinématique de l'eau (m²/s).

μ : la viscosité dynamique de l'eau (m/s²).

ρp : masse volumique de particule (Kg/m³).

ρl : masse volumique de l'eau (Kg/m³).

2.1.2.3. FILTRATION

La filtration habituellement est un traitement qui suit la coagulation et décantation, a pour but l'élimination des micro-organismes bactériens, la couleur, la turbidité et indirectement certains goûts et odeurs. C'est une étape qui vise à clarifier un liquide contenant des matières en suspension [23].

2.1.2.3.1. FILTRATION A SABLE

La filtration consiste à faire passer l'eau à travers un massif filtrant qui a pour but de retenir dans l'épaisseur du filtre les particules en suspension dans l'eau, qui se retrouvent alors bloquées dans la masse du matériau poreux [11].

Le dimensionnement d'un filtre à sable suit les étapes suivantes :

Capacité de rétention = volume disponible \times [MES] retenue

$$Vdis = S.hsable.\varphi.Vvd \quad (15)$$

D'où :

Vvd : Volume vide disponible.

Vdis : Volume disponible.

φ : porosité.

S : Surface en m².

Hsable : Hauteur de sable.

Quant à la perméabilité, elle est exprimée par une constante de proportionnalité K qui a les dimensions d'une vitesse. C'est une vitesse de filtration par unité de pente motrice ou par unité de gradient hydraulique. Ce coefficient est appelé aussi coefficient de perméabilité, le coefficient de filtration, vitesse de filtration de Darcy ou tout simplement coefficient de Darcy.

La perméabilité K qui figure dans la loi de Darcy est déterminé par [17]:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad (16)$$

Ou :

Q : débit de l'eau filtré en (m³/s) ;

A : l'aire de la couche saturée en (m²) ;

ΔL : l'épaisseur de la couche filtrante en (m) ;

ΔH : chute totale de pression à travers le filtre (pertes de charges totales) en m.

2.1.2.3.2. FILTRATION A CHARBON ACTIF

L'utilisation du charbon actif permet l'amélioration de la qualité organoleptique de l'eau, l'élimination des micropolluants et d'ammoniaque et la stabilisation de la demande en chlore.

Il existe sous forme de grains (CAG) ou de poudre (CAP). Le charbon actif en grain (CAG) peut être utilisé à la place de la filtration sur sable ou à sa suite (filtre spécifique) et le charbon actif en poudre (CAP) est utilisé sous forme de suspension, généralement injectée à la floculation. Il est ensuite éliminé dans le décanteur, avec le floc [18].

Le dimensionnement repose sur le calcul de l'âge de charbon actif [34] :

$$Age = \frac{C \cdot V}{De \cdot Qd} \quad (17)$$

Où :

Âge : le temps de séjour moyen du CAP dans le contacteur en jours.

C : la concentration (mg/l) de CAP dans le contacteur de volume V en litres.

De : la dose équivalente de CAP (en mg/l).

Qd : le débit d'eau à prétraiter (en l/jour).

2.1.3. LA DESINFECTION

La désinfection est une étape importante diriger à déduire les micro-organismes pathogènes, bactérie virus et parasites et aussi les germe banal moins résistant [25].

Pour la réalisation de cette étape nous ajoutons des produits chimiques tels que le chlore, le dioxyde de chlore et l'ozone ... etc.

2.1.3.1. DESINFECTION PAR LE CHLORE

On utilise le chlore pour la désinfection des eaux de consommation, dans le circuit de refroidissement il peut oxyder des matières responsables de gout ou bien l'odeur [26].

2.1.3.2. LE DIOXYDE DE CHLORE

Le dioxyde de chlore est un désinfectant efficace qui est utilisé beaucoup pour traiter les eaux qui contiennent de matière organique qui désinfecter et oxyder cette dernière aussi il permet d'éliminer un bonne partie des gouts les odeurs le fer et le manganèse présent dans l'eau [23].

2.1.3.3. LA DESINFECTION PAR L'OZONE

L'ozone est un gaz composé des molécules d'oxygène triatomique O₃, aussi il considérerait à la fois comme un oxydant et un désinfectant puissant il se décompose rapidement en oxygène il faut le produire immédiatement avant son utilisation.

Ce désinfectant est efficace contre tous les micro-organismes et même contre les spores et les kystes son pouvoir désinfectant est de 10 à 100 fois supérieure à celui de chlore [23].

2.1.3.4. RAYONNEMENT ULTRA-VIOLETS

Lorsque l'eau passe dans un système de traitement de l'eau par UV, les rayons, produits par une lampe UV contenue dans un réacteur (généralement en acier inoxydable), atteignent les microorganismes pathogènes qui passent à proximité. Ceux-ci sont alors exposés à une dose mortelle de lumière UVC qui attaque l'ADN, éliminant ainsi la capacité du micro-organisme à se reproduire [27].

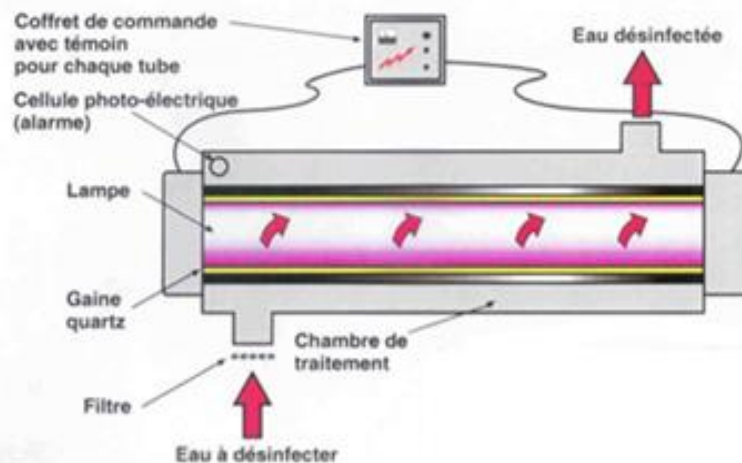


Figure N° 2.5 : Désinfection par lampes UV [17]

2.2. PROCÉDE DE TRAITEMENT POUR LES PETITES AGGLOMERATION

Permet les procédés utilisés pour le traitement des eaux dans les petites villes (agglomération < 5000) :

2.2.1. ECHANGEUR D'ION

Ces types de membranes considérées comme un type spécial de membranes non poreuses, consistant dans des gels denses ayant une charge positive (échangeuses des anions) ou négative (échangeuses des cations) [28].

L'échange d'ions est utilisé dans plusieurs applications en traitement d'eau :

- Adoucissement (élimination de la dureté) ;
- Décarbonatation (élimination du bicarbonate) ;
- Décationisation (élimination de tous les cations) ;
- Déminéralisation (élimination de tous les ions) ;
- Lits mélangés (finition) ;
- Dénitratation ;
- Élimination sélective de divers autres contaminants.

Ainsi le dimensionnement d'échangeur d'ion repose sur les fins de traitement des eaux, il s'agit de calculer chimiquement le diamètre et les pores des molécules des résines en fonction de leurs densités (pH).

2.2.2. L'OSMOSE INVERSE

C'est un procédé de purification de l'eau, cette technique permet de dessaler l'eau de mer et de produire de l'eau ultra-pure pour l'industrie [17].

L'osmose inverse élimine donc toutes les particules, y compris toutes les bactéries et virus, toutes les macromolécules organiques et la plupart des molécules organiques dont la masse moléculaire est supérieure à environ 150 Daltons (unités de masse molaire). L'osmose inverse produit donc une eau de très bonne qualité [29].

La pression osmotique d'une solution est donnée par [33] :

$$\pi = i . C . R . T \quad (18)$$

Avec:

- π : Pression osmotique (bar).
- i : Nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte.
- C : Concentration molaire (mol/l).
- R : Constante des gaz parfaits (0,082 l/mol.K).
- T : Température absolue (K).

Dans le cas d'une solution saline, la pression osmotique peut être, en première approximation estimée à 0,7 bar par gramme/litre de salinité.

$$\pi = 0.7 C \quad (19)$$

Avec : C la concentration (g/l).

2.2.3. ULTRAFILTRATION

L'ultrafiltration est une filtration à travers une membrane à pores plus fins. La technique nécessite la mise en œuvre de pressions élevées. L'ultrafiltration sur membrane permet d'améliorer le rendement des procédés classiques puisqu'elle retient des particules de 0,006 μm [35].

Plusieurs paramètres permettent de caractériser le transfert de matière en ultrafiltration. La pression transmembranaire (soit la perte de charge dans les pores de la membrane) en filtration tangentielle est mesurée comme suit [36]:

$$PTM = \frac{P1+P2}{2} - P3 \quad (20)$$

Avec :

- P1 : pression liquide en entrée de module en bar.
- P2 : pression rétentat en sortie de module en bar.
- P3 : pression perméat en bar.
- PTM : pression transmembranaire en bar.

La densité de flux est le débit de perméat rapporté à la surface de la membrane. Le débit de perméat est mesuré au moyen d'un débitmètre ou encore d'un récipient gradué associé à un chronométrage.

$$J = \frac{Q}{S} \quad (21)$$

Avec :

- Q : débit de perméat en kg/s (ou m³/s).
- S : surface de la membrane en m².
- J : densité de flux en kg/s.m²(ou m³/s.m²).

2.2.4. LES STATIONS DE TRAITEMENT MOBILES

Il existe un autre type des stations de traitement utilisées dans les cas exceptionnelles, c'est les stations mobiles :

Parmi les avantages des systèmes mobiles de traitement d'eau potable, on trouve [30]:

- Technologie fiable et sans problème (Technologie éprouvée).
- Performances et efficacité optimale.
- Positionnement flexible du système sur site (Flexibilité).
- Espace minimum requis.
- Conception compacte et fiable.
- Efficacité maximale de l'eau traitée.
- Coûts d'exploitation et de service réduits et délai de fabrication court.
- Installation facile et rapide (plug-and-Play).
- Système sur mesure pour répondre à vos besoins spécifiques.

Les systèmes mobiles décomposent selon le type d'eau traité :

- **Les eaux de mer** : L'eau de mer est caractérisée par sa salinité élevée qui doit être traitée pour rendre l'eau propre à la consommation humaine. En fonction des caractéristiques de l'eau de mer, les unités d'eau potable compactes et mobiles emploient diverses technologies de purification, et leurs combinaisons, y compris la sédimentation rapide, la filtration, la microfiltration, l'osmose inverse, la reminéralisation et la désinfection [31].
- **Les eaux douces** : En fonction des caractéristiques des eaux douces, les unités d'eau potable compactes et mobiles utilisent diverses technologies de purification, et leurs combinaisons, y compris la sédimentation lamellaire, la filtration, la microfiltration, l'ultrafiltration et la désinfection [32].
- **Les eaux saumâtres** : Selon les caractéristiques des unités d'eau potable pour les sources d'eau saumâtre, les unités compactes et mobiles emploient diverses technologies de purification, et leurs combinaisons, y compris la sédimentation rapide, la filtration, la microfiltration, l'osmose inverse saumâtre et la désinfection [31].

2.3. CONCLUSION

Nous avons donné les différents procédés utilisés pour le traitement d'eau et nous avons décrit les unités mobiles ce qui nous permettra de se concentrer sur ce type de filière de traitement des eaux saumâtres dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 03 :
DESCRIPTION DES STATIONS
MOBILES DE TRAITEMENT
DES EAUX

Les stations d'eau potable mobiles sont conçues pour produire de l'eau potable sûre à partir d'un large éventail de sources d'eau dans des zones où l'eau est limitée et/ou contaminée.

Ce chapitre aborde la description générale des unités mobiles, leurs avantages et leurs dimensionnements, en plus de présenter les systèmes les plus importants utilisés dans le traitement de l'eau saumâtre.

3.1. DESCRIPTION GENERALE DE L'UNITE MOBILE

La construction et la fourniture des systèmes de traitement d'eau par unités mobiles fournissent des solutions d'eau potable aux entreprises, organisations et communautés qui ont besoin d'améliorer la qualité de l'eau, de répondre aux besoins d'assainissement et, à l'occasion, de résoudre les crises causées par des catastrophes naturelles ou causées par l'homme [31].

La flotte d'unités mobiles pour le traitement des eaux utilise une technologie innovante et de pointe pour satisfaire les spécifications concernant le traitement de quasiment toutes les sources d'eau, y compris les fleuves, les lacs, l'eau de mer, les eaux récupérées, les puits et les eaux usées municipales en vue de les rendre potable [37].

L'unité mobile de traitement des eaux peut être installée sur containers, caravanes ou remorques, et est branchée, soit [38]:

- Directement à une prise d'eau fonctionnelle ;
- À une autre prise d'eau (lac, rivière, etc.) ;
- À un camion-citerne d'eau brute.

L'eau brute alors pompée à l'intérieur de l'unité mobile subira un traitement de potabilité, et y sera fournie à la consommation [38]:

- Par le système de distribution d'eau potable fonctionnel ;
- Directement par l'unité mobile ;
- Par un camion-citerne d'eau potable.



Figure N°3.1 : Intérieur du container d'un système mobile de traitement de l'eau [37]

Les technologies de traitement d'eau les meilleures et les plus fiables sont configurées de manière experte pour l'optimisation de l'espace et du traitement. Elles sont faciles à transporter et robustes qui peuvent être livrées sur site, prêtes pour une installation rapide et une mise en service immédiate [31].

Ces systèmes sont conçus et assemblés pour la production d'au moins de 150 m³ d'eau par jour.

La caractéristique de conception de base du système est son emplacement sur un châssis spécial. Il s'agit d'un système « plug & play » qui comprend tous les équipements et moyens nécessaires pour le prélèvement de l'eau brute, son traitement et son approvisionnement ultérieur en eau potable de qualité.

Ainsi, les containers des stations de traitement mobiles sont une manière optimale et très flexible de l'obtention rapide d'eau potable provenant de puits, de ressources ouvertes, de puits latéraux et côtiers, d'eau de mer et saumâtre. Ils fournissent et garantissent une eau potable parfaitement propre pour une assurance permanente et d'urgence de l'eau potable selon les normes d'hygiène les plus strictes [39].

Chaque station de traitement est un système unique entièrement automatique, proposé et fabriqué selon les spécifications et exigences particulières du site.

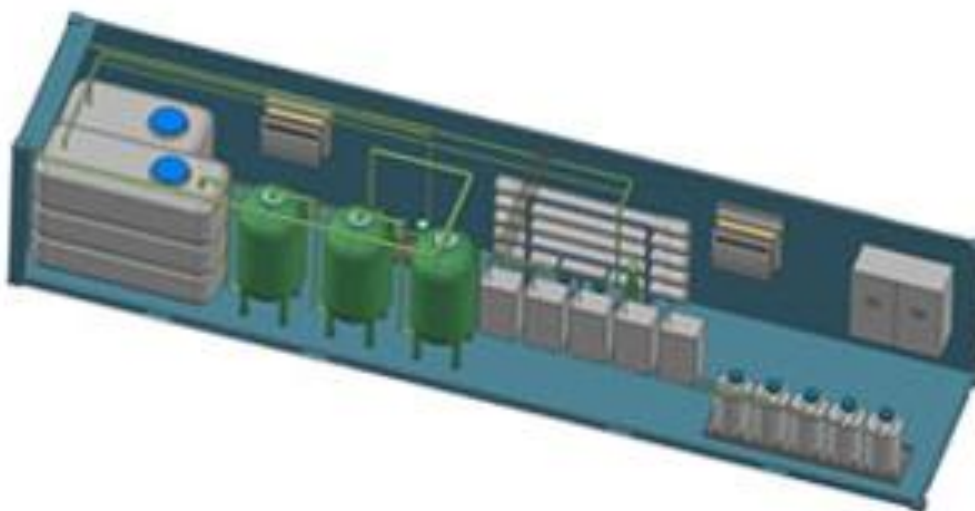


Figure N°3.2 : Unité de containers de traitement d'eau potable [39]

Les installations en container présentent de nombreux avantages par rapport aux installations intégrées dans les locaux techniques, elles peuvent être résumées comme suit [31] :

- Unité Plug-and-Play - Système containerisé ISO.
- Coût en capital inférieur.
- Installation rapide - coût d'installation réduit.
- Travaux de génie civil limités.
- Facilité de transport - flexibilité mobile, maniabilité facile.

La technologie conçue pour ce type de traitement, ainsi que les composants de haute qualité que les groupes utilisent, garantissent des systèmes avec un fonctionnement à long terme et sans problème avec la production d'eau potable de haute qualité [39].

Ce type des stations sont entièrement automatisées et garantissent un fonctionnement continu. Ils peuvent être utilisés pour alimenter en eau jusqu'à 5000 habitants par jour. Lors de la conception de ces systèmes, il est nécessaire de prendre en compte l'analyse de l'eau ainsi que toutes les autres informations concernant le site.

Les stations de traitement peuvent être utilisées pour toutes les sources d'eau telle que puits, forages, rivière, puits latéraux et côtiers, mer, eau contaminée... etc. [39].

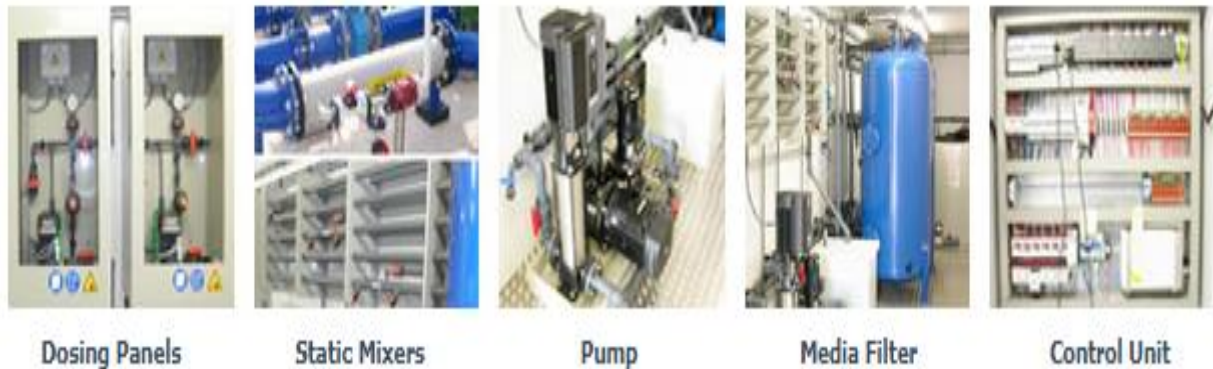


Figure N°3.3 : Composants de base des technologies interne à une station mobile

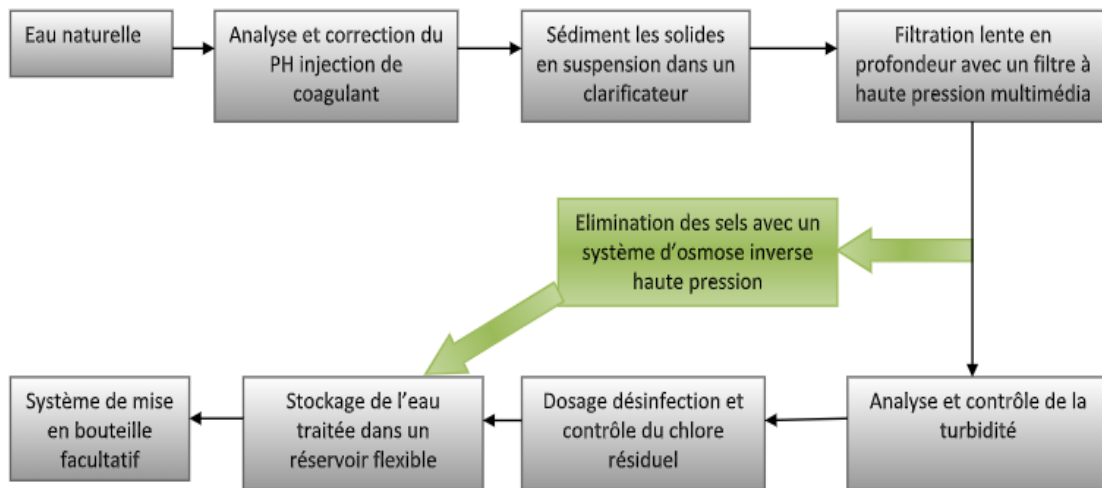


Figure N°3.4 : Description de la technologie de traitement de l'eau d'une station mobile

La gamme d'unités mobiles de traitement a été conçue de façon à proposer des solutions d'urgence au bénéfice des populations et des différents usagers. Les solutions de stockage en bâches souples peuvent être également associées au système.

3.2. CARACTERISTIQUES DES UNITES MOBILES

Les usines mobiles de traitement de l'eau potable sont conçues pour produire de l'eau potable à partir d'un large éventail de sources d'eau dans des zones non desservies par des infrastructures hydrauliques ou avec des ressources en eau limitées ou contaminées.

Les unités mobiles d'eau potable sont faciles à utiliser et polyvalentes, elles peuvent être facilement montées sur une remorque et remorquées d'un endroit à l'autre, ce qui les rend idéales pour les interventions d'urgence telles qu'elles peuvent être nécessaires à la suite de catastrophes naturelles ou dans des camps pour personnes déplacées.

Alternativement, ces unités peuvent être installées dans des emplacements permanents ou semi-permanents avec une préparation minimale du site [40].

Dans les tableaux ci-dessous nous résumons les caractéristiques des équipements à l'intérieur des conteneurs des stations mobiles en fonction de leur dimension :

Tableau 3.1 : Quelques systèmes utilisés dans les unités mobiles [36]

Capacité	Système de traitement de l'eau avec stockage Jusqu'à 5000 l/h	Station de traitement avec distribution directe Jusqu'à 5000 l/h	Bloc Générateur 6 KVA
Poids total Kg	245	32	110
Dimensions (L×l×H) mm	1200 x 800 x 1330	800 x 600 x 410	830 x 510 x 560

3.3. COMPOSANTS ET STRUCTURE DE L'UNITE MOBILE

L'unité mobile de traitement de l'eau contient cinq composants, du transport à l'emplacement spécifié jusqu'au point de distribution, pour répondre aux demandes les plus exigeantes, comme illustré dans la figure suivante [36]:

3.3.1. TRANSPORT

Il s'agit de la manutention des containers de la station mobile, soit remorqués ou installés sur plateau de camion transporteur.



Figure N°3.5 : Système de transport d'unité mobile de traitement de l'eau [41]

3.3.2. CAPTAGE

La remorque est dotée d'un kit transportable de captage de la source vers la station.



Figure N°3.6 : Captage d'eau pour le traitement mobile [36]

3.3.3. INSTALLATION

L'installation est simple, elle est soit fixe sur une plate-forme sur laquelle les containers seront installés ou directement sur remorque mobile fixée à sol.



Figure N°3.7 : L'installation d'unité mobile de traitement de l'eau [42]

3.3.4. PRODUCTION

La production de l'eau traitée est à partir du container de la fin de la chaîne de traitement, soit vers le stockage ou vers le réseau d'alimentation en eau.



Figure N°3.8 : Système de production d'unité mobile de traitement de l'eau [43]

3.3.5. DISTRIBUTION

En fonction des données du site, la distribution est effectuée soit par un camion-citerne, ou vers le réservoir de stockage, ou encore la distribution directe sur le réseau.



Figure N°3.9 : Distribution d'eau par camion-citerne après traitement [44]

3.4. UTILISATION DE L'EAU TRAITEE PAR LES STATIONS MOBILES

Les utilisations de l'eau traitée par les stations mobiles varient dans plusieurs domaines, car elles jouent un rôle important dans la résolution de certaines des crises actuelles de disponibilité et de qualité de l'eau (par exemple dans les camps de réfugiés humanitaires). Pour en savoir plus sur ces usages, nous les résumerons dans les points suivants [40]:

3.4.1. SECTEUR CIVIL

Que nous résumons par les points suivants :

- Opérations éloignées, camps de construction.
- Énergie ou autres installations industrielles avec des besoins en eau ultra pure.
- Dans les régions touchées par les inondations.
- Dans les régions souffrant d'eau contaminée par leurs sources traditionnelles.
- Lors de catastrophes environnementales.
- En tant que source d'eau potable à un service public perturbé ou secteur civil.

3.4.2. AIDE HUMANITAIRE

Que nous résumons par les points suivants :

- Aux actions humanitaires.
- Dans les opérations de terrain pour la paix.
- Dans les camps de réfugiés.
- Fournir de l'eau potable dans les régions qui en souffrent.

3.4.3. SECTEUR ENTREPRENEURIAL

Que nous résumons par les points suivants :

- En tant que source régulière ou d'urgence d'eau potable pour les hôtels, les établissements divers, l'agriculture ; comme source d'eau de piscine pour les zones de baignade, les installations sportives et les centres de loisirs.
- En fournissant suffisamment d'eau potable à des fins d'irrigation et d'élevage.
- En fournissant de l'eau potable aux installations industrielles et à l'industrie minière.

3.5. RAISONS DE CHOISIR UN SYSTÈME DE TRAITEMENT D'EAU MOBILE

Les raisons pour lesquelles nous choisirons un système de traitement d'eau mobile sont multiples [45], il s'agit de répondre rapidement et efficacement aux changements de la demande :

- Besoins en eau d'urgence
- Demande d'eau saisonnière / de pointe
- Changement temporaire des exigences de qualité de l'eau
- En manque d'espace les systèmes mobiles peuvent être situés n'importe où sur le site.

Il faut également assurer la continuité de la production soit en prévoyant :

- Pannes de maintenance planifiées / non planifiées.
- Prévention des interférences avec l'approvisionnement en eau lors du démarrage et de la mise en service d'une nouvelle usine.

3.6. EXIGENCES DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE PAR UNITE MOBILE

Les exigences de traitement de l'eau potable par unité mobile sont [38]:

- Utilisation minimale vu les coûts et la complexité de ce type d'installation.
- Ces stations compactes de filtration peuvent traiter jusqu'à 4 000 m³ d'eau par jour.
- Délai d'installation 4 à 5 jours.
- Formation sur le fonctionnement de l'unité mobile, une assistance lors du démarrage et un soutien à distance ou sur le site en cas de problèmes.
- L'opérateur de l'unité mobile doit être formé selon les exigences sur la qualité de l'eau potable et prévoir l'accès à une source d'énergie électrique sur le site d'installation.
- Idéalement, l'unité mobile sera installée d'une façon à permettre de limiter le transport de l'eau produite et celle captée.

3.7. DIFFERENTS TYPES DES STATIONS DE TRAITEMENT MOBILES

Il existe deux différents types de stations mobiles, en fonction de la qualité de l'eau captée, en l'occurrence :

3.7.1. TYPE 1 (EAU CONTAMINÉE) :

Ce type permet de réduire les polluants (demande chimique en oxygène - DCO) dans les eaux afin de rester conforme à la norme (en cas d'eau contaminée) [36]. Son processus est résumé par l'organigramme ci-dessous.

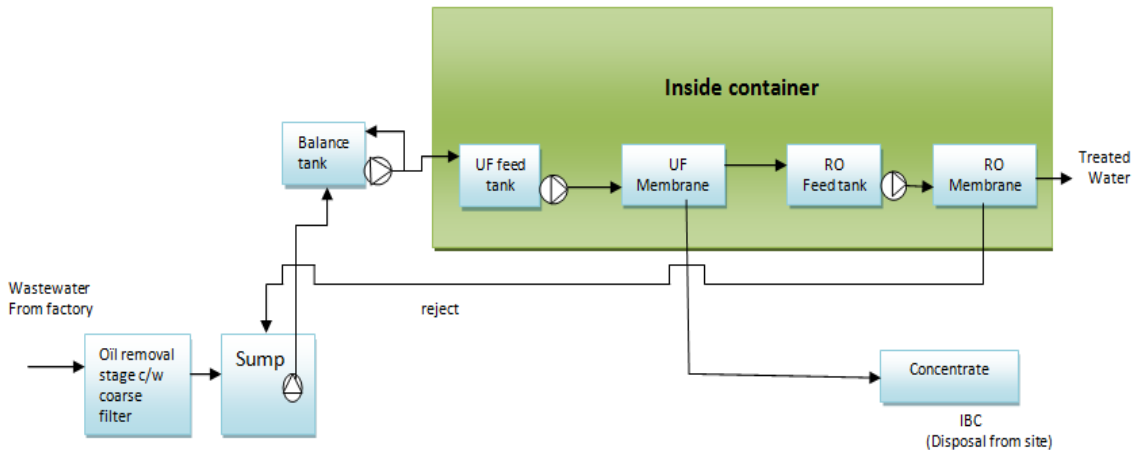


Figure N°3.10 : Usine de traitement des eaux usées containerisée [45]

3.7.2. TYPE 2 (EAU DE HAUTE QUALITÉ) :

Fournir un système conteneurisé fournissant de l'eau de qualité dont le processus à utiliser est doté d'adoucisseurs, filtres multimédias et générateurs d'ozone.

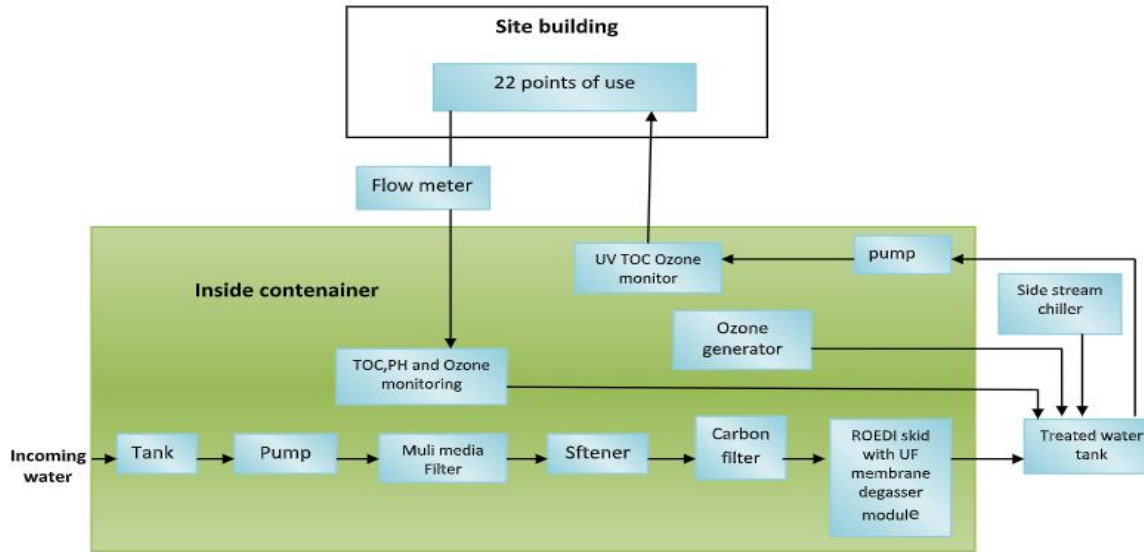
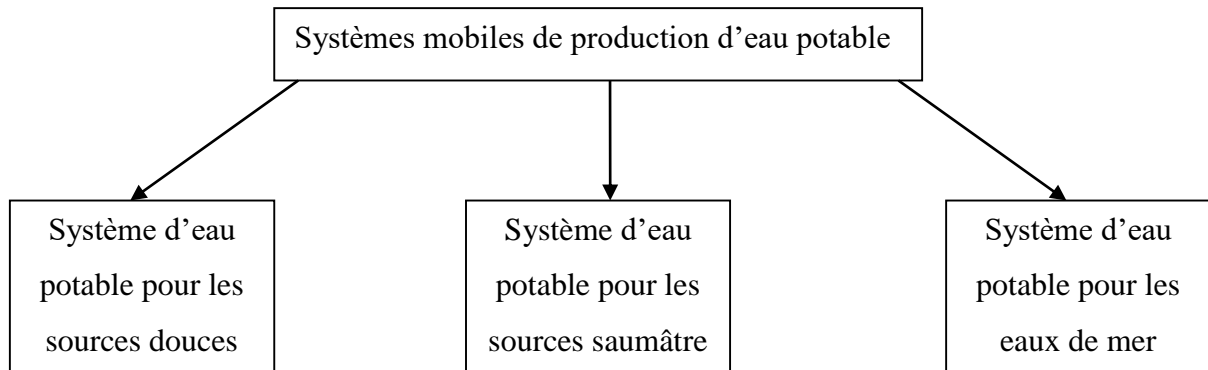


Figure N°3.11 : Usine de traitement d’eau pure containerisée [45]

3.8. SYSTÈMES MOBILES DE PRODUCTION D’EAU POTABLE

Les systèmes mobiles de traitement de l'eau varient en fonction de la qualité de l'eau et assurent la fourniture d'une eau de haute qualité.

Le schéma suivant montre les systèmes disponibles :



3.9. SYSTEMES D’EAU POTABLE POUR LES SOURCES D’EAU SAUMATRE

L'eau saumâtre est une eau qui a une salinité plus élevée que l'eau douce mais pas aussi élevée que l'eau de mer. La salinité doit être traitée pour rendre l'eau potable pour la consommation humaine. Selon les caractéristiques des unités d'eau potable pour les sources d'eau saumâtre, emploient diverses technologies de purification, et leurs combinaisons, y compris la sédimentation rapide, la filtration, la microfiltration, l'osmose inverse saumâtre et la désinfection.

Les systèmes suivants produisent de l'eau potable à partir d'eau saumâtre [31] :

3.9.1. SYSTÈME MOBILE A DEUX MODULES

Ce sont :

- Unités très mobiles pouvant être remorquées par différents types de véhicules.
- Système à deux modules avec filtration sur sable et charbon actif, microfiltration, osmose inverse pour eau saumâtre, reminéralisation et désinfection.
- Système de nettoyage en place à bord.
- Entièrement automatique.



Figure N°3.12 : Système mobile a 2 modules

3.9.2. SYSTÈME MOBILE PAR OSMOSE INVERSE BASSE PRESSION

Ce sont :

- Unité très mobile pouvant être remorquée par différents types de véhicules.
- Module autonome comprenant filtration sur sable, microfiltration, osmose inverse basse pression et désinfection.
- Alimenté par son propre générateur à bord.
- Système de nettoyage en place à bord.



Figure N°3.13 : Système mobile par Osmose inverse basse pression

3.9.3. SYSTÈME MOBILE PAR OSMOSE INVERSE SAUMATRE

Ce sont :

- Unité mobile pouvant être remorquée par différents types de véhicules.
- Module autonome avec micro filtration, osmose inverse saumâtre, reminéralisation et désinfection.
- Système de nettoyage en place à bord.
- Équipé d'un générateur de chlore électrolytique sur site.



Figure N°3.14 : Système mobile par Osmose inverse saumâtre

3.9.4. SYSTÈME COMPACT PAR OSMOSE INVERSE SAUMATRE

Ce sont :

- Unité compacte réalisée dans un conteneur d'expédition de taille standard.
- Filtration sur sable, microfiltration, osmose inverse saumâtre et désinfection.
- Système de nettoyage en place à bord.
- Entièrement automatique.



Figure N°3.15 : Système compact par osmose inverse saumâtre [46]

3.10. ÉTAPES DE TRAITEMENT: LE PRINCIPE MULTI-BARRIERES

Pendant le prétraitement, il est possible de filtrer les grandes particules avec des processus mécaniques et il est également possible d'ajouter des produits chimiques pour simplifier le processus de traitement.

Les flocculants permettent d'agglomérer les particules et ainsi d'améliorer la séparation. L'antitarte permet d'empêcher le dépôt des minéraux sur les membranes [36].

La filtration ou encore l'ultrafiltration retient de manière fiable les particules ainsi que les virus et les bactéries.

Le traitement par osmose inverse assure un confinement encore plus efficace, qui empêche les produits chimiques et les sels de passer.

Les UV et le chlore sont utilisés pour la désinfection, pour une meilleure sécurité contre les germes. Néanmoins, seul le chlore permet d'assurer une sécurité durable pendant le stockage.

L'assurance d'une eau de qualité constante, sans goût, ni odeur est soit par l'ultrafiltration (voir schéma explicatif) ou la filtration à travers les bacs de charbon actif, quelles que soient les variations de qualité et de turbidité de l'eau à traiter.

Enfin, une régulation minimale du dosage de chlore est nécessaire pour assurer simplement la persistance de la stérilité de l'eau jusqu'au robinet de l'abonné.

Les propriétés organoleptiques de l'eau (goût de chlore) seront ainsi considérablement améliorer tout en garantissant la qualité de l'eau au robinet.

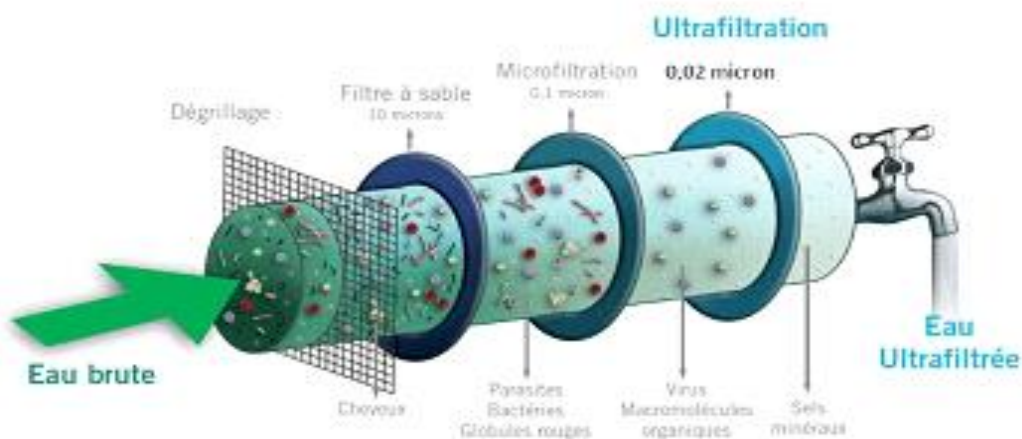


Figure N°3.16 : Schéma explicatif du procédé d'ultrafiltration

Les systèmes de traitement de l'eau doivent être capables de retenir de nombreux polluants différents (tels résumés par le schéma ci-dessous) et permettent la purification de l'eau douce hautement contaminée, saumâtre ou même salée issue de presque toutes les sources d'eau brutes [36].

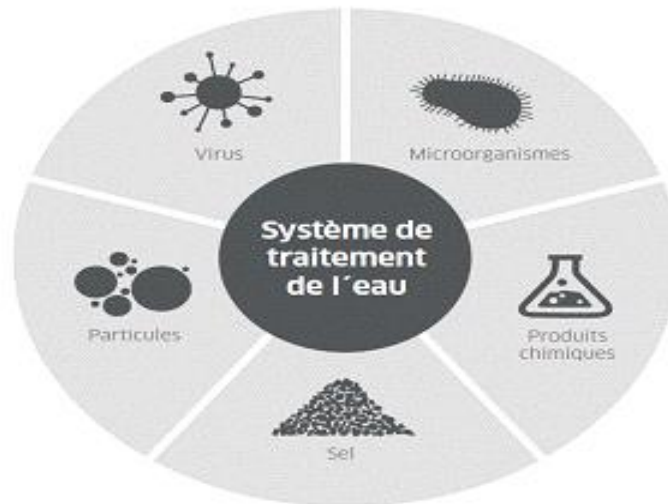


Figure N°3.17 : différents polluants dans un système de traitement de l'eau

Egalement, après que l'eau disponible sur le site ait été transformée en eau potable, elle peut être mise en bouteille et stockée avant d'être distribuée aux personnes [36].

3.11. CONCLUSION

D'après ce chapitre nous avons balayé l'essentiel des unités mobiles de traitement de l'eau ce qui nous permet de dimensionner une station de traitement de l'eau par unités mobiles.

CHAPITRE 04 :
DIMENSIONNEMENT DE LA
STATION DE TRAITEMENT
DE RHAR ROUBANE

Dans ce chapitre, nous avons essayé d'atténuer le problème de manque d'eau pour l'agglomération secondaire de Douar Ghar Roubane, par la production d'une eau pure après traitement par une station mobile que nous allons dimensionner dans cette partie de l'étude.

4.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Rhar Roubane est un hameau directement frontalier avec le Maroc, appartenant à la commune de Béni-Boussaïd et situé à 12,5 Km à son extrême Sud/Ouest, il est distant de 70 Km du chef-lieu de la Wilaya de Tlemcen.



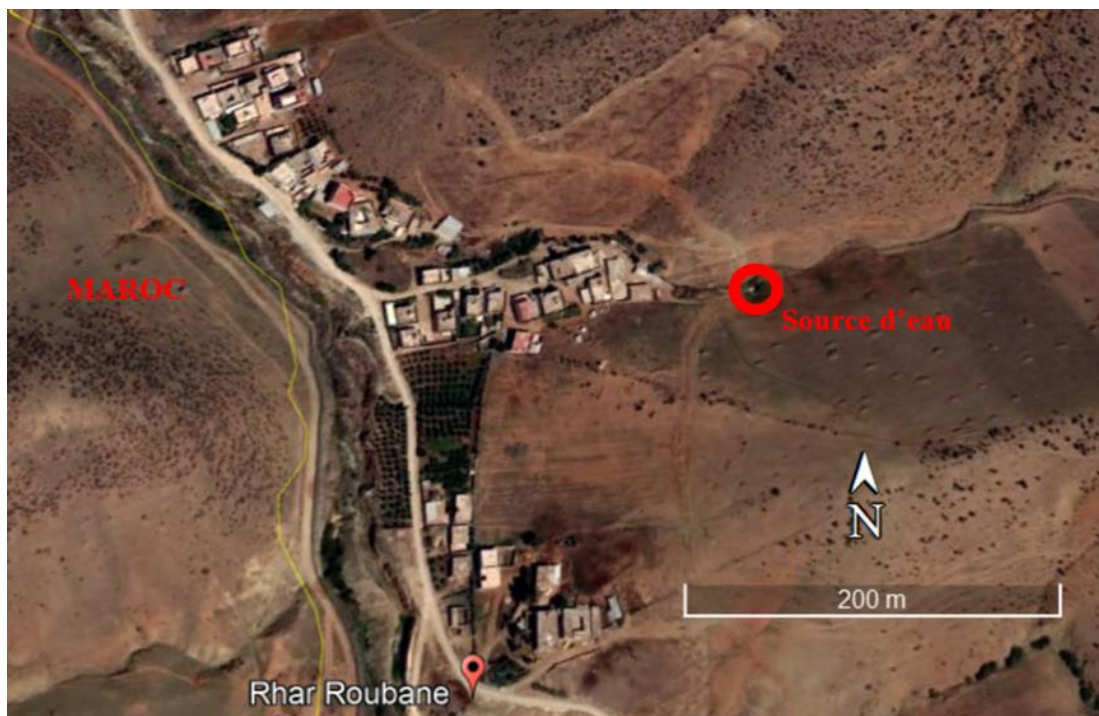
(Source Google Earth Septembre 2020)

Figure N°4.1 : Situation de la zone d'étude par rapport au chef-lieu de la Wilaya



(Source Google Earth Septembre 2020)

Figure N°4.2 : Situation de la zone d'étude par rapport au chef-lieu communal



(Source Google Earth Septembre 2020)

Figure N°4.3 : Vue Satellitaire de la zone d'étude (Rhar Roubane)

4.2. SOURCE D'ALIMENTATION EN EAU

L'agglomération secondaire de Rhar Roubane n'est qu'en très faible partie alimentée en eau à partir du Barrage de Zouia par un ancien réseau vétuste.

D'autre part, 40% de la population de ce hameau est alimentée par une source d'eau dont le débit mesuré in-situ est de 4 l/s.



Figure N°4.4 : Photo prise de la source d'eau de Rhar Roubane

4.3. ESTIMATION DE LA POPULATION

La population des zones éparses de Rhar Roubane selon les dernières statistiques est de 30% de la population de la commune de Béni Boussaïd. Le RGPH le recensement de 2008 de la population de Béni Boussaïd était de 13.182 habitants, avec un taux de croissance de 1,1%. En appliquant la loi des croissances finies :

$$P_F = P_0 (1 + T_x)^N \quad (22)$$

P_F : Population de l'échéance d'étude (en 2030).

P_0 : Population du recensement (en 2008).

T_x : Taux d'accroissement.

N : Nombre d'année de l'estimation ($N = 22$ ans).

La population totale de Béni Boussaïd en 2030 est de : 16.768 habitants, ce qui fait que la population de Rhar Roubane est de 5030 habitants.

4.4. ETUDE DE LA BALANCE BESOIN/DEBIT DE LA SOURCE

Selon le service technique de la commune de Béni Boussaïd et celui de l'hygiène, la source de Rhar Roubane alimente en eau 40% de la population de ce hameau, soit une population estimée de 2012 habitants.

La dotation journalière attribuée à cette population étant de 100 l/j/hab., le débit moyen calculé par la relation de :

$$Q_{\text{moy}} = \text{Pop} \times \text{Dot} \quad (23)$$

Pop : Population.

Dot : Dotation (en l/j/hab.).

Le débit moyen journalier est donc égal à : $Q_{\text{moy}} = 201,23 \text{ m}^3/\text{j}$ ou encore $2,33 \text{ l/s}$.

Vu que les besoins en eau de la population alimentée par la source sont inférieurs au débit même de la source (4 l/s en période estivale¹), nous pouvons conclure que les besoins pour cette tranche d'habitants sont satisfaits.

4.5. MATERIELS ET METHODES

La source de Rhar Roubane, est une source aménagée mais non protégée, ce qui fait que le risque de sa contamination est élevée, d'autant plus, la population s'alimente par cette source soit par des jerricans et bouteilles, par camions citerne qui desserve les domiciles ou encore par des tracteurs dotés également de citernes, ce qui augmente encore le risque sanitaire suite à cette utilisation massive de l'eau de la source par les riverains.



(Photo prise le 27/08/2020)

Figure N°4.5 : Photo prise de l'alimentation en eau par camion-citerne

D'autant plus, le goût de la source tend vers l'amertume, ce qui nous a poussé à procéder à un des prélèvements suivi par un certains nombres d'analyse (le 27/08/2020) au laboratoire de l'ADE de la station de traitement de Barrage Boughrara (entre le 30/08/2020 et 03/09/2020).

4.5.1.ECHANTILLONNAGE ET CONSERVATION

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser [47].

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des bouteilles spécifiques et doivent être gardées dans un lieu propre.

De plus, les bouteilles doivent en tout temps porter leur capuchon et doivent être entreposées dans des contenants d'expédition propres (glacières) tant avant qu'après la cueillette des échantillons.

¹ Mesuré en mois d'Août 2020.

Ces consignes ont bien été suivies lors du prélèvement effectué sur la source en date du 27/08/2020 ensuite les échantillons (ordre de trois échantillons) étaient conservés et transportés directement au laboratoire pour analyse.

4.5.2. CONSERVATION DES ECHANTILLONS

Les modes de conservation diffèrent selon les paramètres requis. Les modes de conservation sont intimement liés aux méthodes analytiques utilisées. En effet, la sensibilité et les limites de quantification souhaitées peuvent servir à définir le volume et le type d'échantillon à prélever. De plus, les méthodes d'analyse peuvent aussi influencer sur le choix des contenants et sur les techniques de conservation des échantillons. Il est primordial de travailler de concert avec le personnel du laboratoire d'analyse pour obtenir les renseignements supplémentaires requis. En plus des dispositions spécifiques pour les différents paramètres, les considérations générales suivantes s'appliquent [49]:

La plupart des échantillons doivent être maintenus à une température de 4 à 10 °C pendant le transport vers le laboratoire; des blocs réfrigérants ou de la glace sèche sont donc nécessaires en quantité suffisante pour garder les échantillons au frais.

Les échantillons doivent être refroidis dès que possible afin d'y réduire l'activité biologique et chimique. D'autre part, pendant les mois plus froids, il faut prendre certaines précautions pour empêcher les échantillons de geler. Des contenants compressibles d'eau tiède doivent être ajoutés aux boîtes d'expédition afin de s'assurer que la température des échantillons demeure entre 4 et 10 C [48].

Nous avons dans notre cas conservé les échantillons prélevés dans une glacière à une température de 4°C et transportés directement au laboratoire.

4.5.3. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES ANALYSES

4.5.3.1. LA TEMPERATURE

La température a été mesurée in-situ par la méthode électrochimique à l'aide d'un thermomètre [50].

4.5.3.2. Le pH

La détermination du pH est la mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Pour mesurer le pH, nous utilisons un pH mètre [6].



Figure N°4.6 : pH mètre [51]

4.5.3.3. LA CONDUCTIVITE ET LA SALINITE

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Cette méthode sert à déterminer la conductivité et la salinité dans les eaux [52].

4.5.3.4. NITRATE

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent des paranitrosalicylate de sodium, colorés en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique [53].

4.5.3.5. L'AMMONIUM

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique [54].

4.5.3.6. PHOSPHATE

En milieu acide et en présences de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique [53].

4.5.3.7. CHLORURE Cl^-

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présences de chromate de potassium. La réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent [53].

4.5.3.8. TURBIDITE

La turbidité est déterminée à l'aide d'un Turbidimètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident [55].



Figure N°4.7 : Turbidimètre [56]

4.5.3.9. DURETE

C'est la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH. La dureté s'exprime souvent en degré français (F°) [57].

4.5.3.10.SULFATE

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de tween 20 ou de polyvingpyrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre [54].



Figure N°4.8 : Spectromètre [58]

4.5.3.11.TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET

L'acidité totale et l'acidité en acides minéraux se mesurent par titrage avec une solution d'acide chlorhydrique en présence d'indicateurs colorés phénol phtaléine pour le (TA) et le méthyle orange pour le TAC [54].

4.5.3.12.SODIUM ET POTASSIUM

La photométrie de la flamme est une procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux. Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium... etc.) [54].

4.5.3.13.CALCIUM

Le principe du dosage est de complexer les ions calcium avec l'EDTA (acideéthylène diamine tétra-acétique) à un pH compris entre 12 et13.On utilise comme indicateur coloré le calcon qui forme un complexe rouge avec le calcium. Le magnésium sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage [52].

4.5.3.14.MAGNESIUM

A partir des analyses du TH et de calcium, en peut calculer le magnésium [52]:

$$\text{Mg}^{2+} = \{[\text{TH (OF)} \times 10] - (\text{Ca}^{2+} \times 2,5) \times 0,243\} \text{ (mg/L)}$$

4.5.3.15.DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO₅)

Elle caractérise la consommation en oxygène (mg/L) des bactéries épuratrices, c'est-à-dire la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilité des matières organiques présentes dans l'eau usée, les conditions de mesures sont l'incubation à 20°C et dans l'obscurité.

La durée du processus complet est de trois semaines (DBO_{21}), mais cette durée est très longue. Elle présente ainsi la concentration en matière biodégradable. Par convention la valeur de la DBO obtenue est cinq jours d'incubation et que l'on note DBO_5 [58].

4.5.3.16. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h [58].

4.5.4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans ce qui suit nous procédons à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques et biologiques de la source de Rhar Roubane avec comparaison aux normes (déjà présentées au chapitre 01) :

4.5.4.1. TEMPERATURE ET TURBIDITE

Les valeurs de la température et la turbidité sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

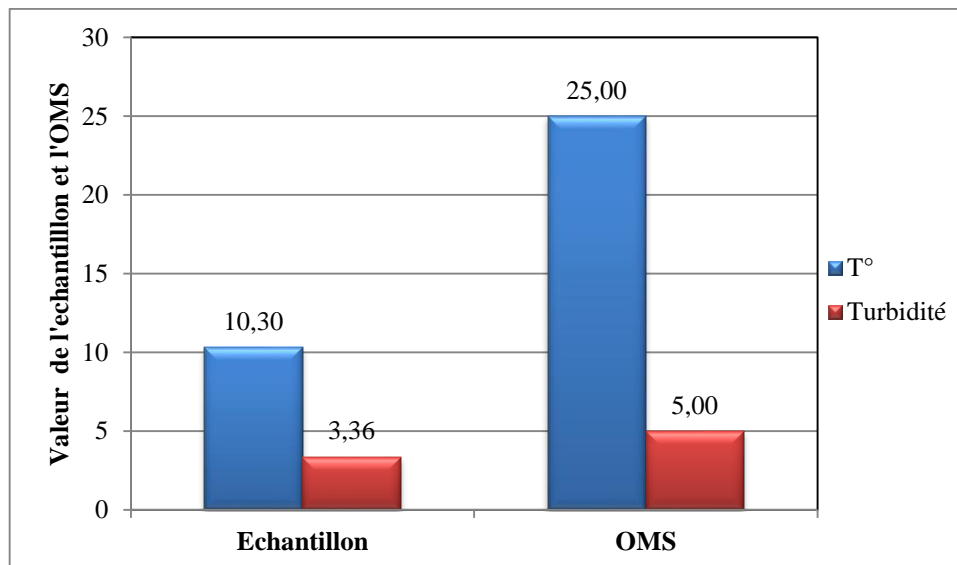


Figure N°4.9 : Variation de la température et de la turbidité

Il est clair que la température et la turbidité restent au-dessous de la valeur admissible tolérable.

4.5.4.2. CONDUCTIVITE ET SALINITE

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

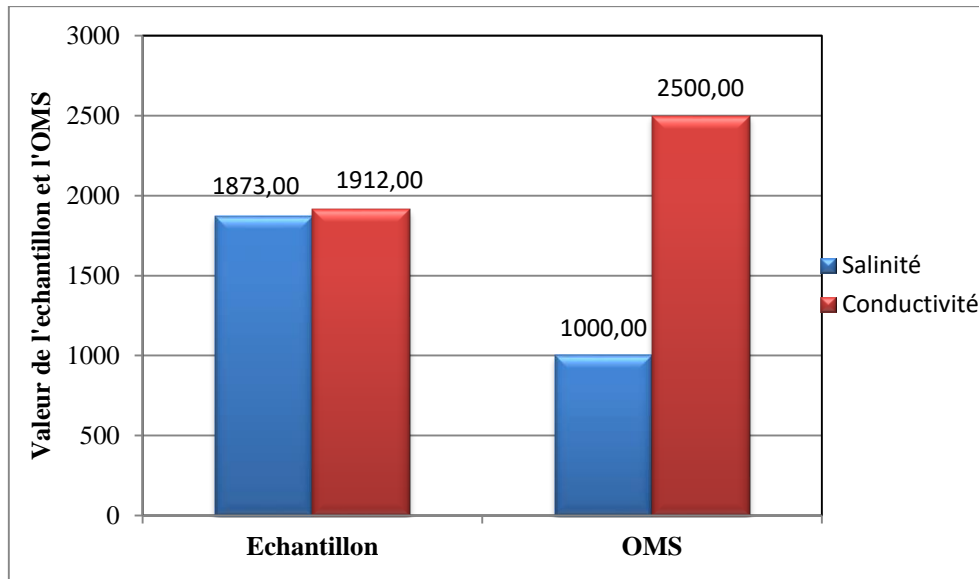


Figure N°4.10 : Variation de la salinité et de la conductivité.

En se référant aux résultats indiqués sur le diagramme, la valeur de conductivité n'atteint pas la valeur admissible de la norme, par contre la valeur de salinité d'eau de la source est très élevée (de 87,3%) par rapport à celle de l'OMS ; ce qui indique la présence avec prépondérance de nombreux ions chimiques.

4.5.4.3. SULFATE, SODIUM ET MAGNESIUM

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

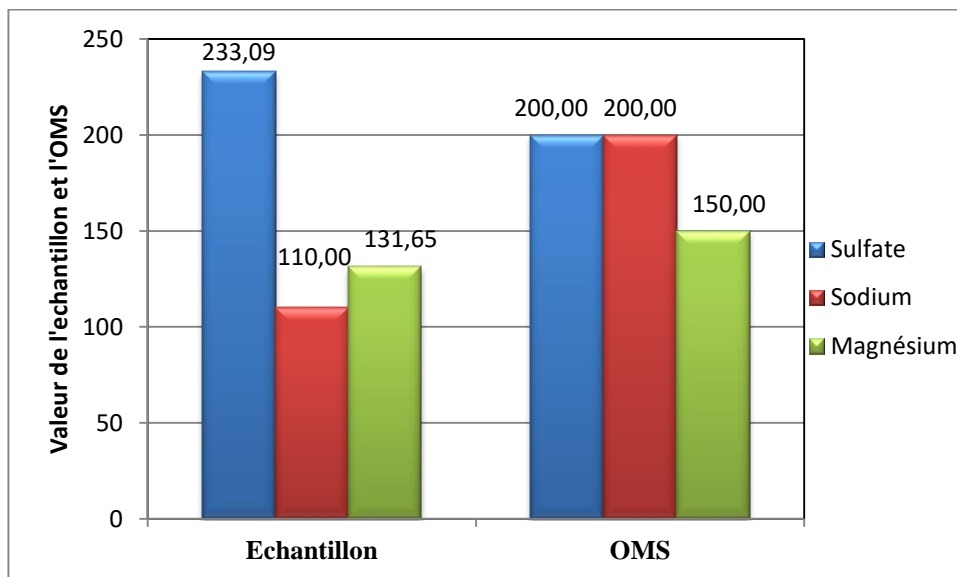


Figure N°4.11 : Variation de sulfate, sodium et magnésium

Selon le diagramme, il est bien clair qu'il y a un dépassement des sulfates de 16,5% par rapport à la norme, ce qui indique que l'eau de la source contient du soufre. Par contre les autres éléments sont inférieurs de la valeur à ne pas dépasser.

4.5.4.4. NITRATE, CALCIUM ET POTASSIUM

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

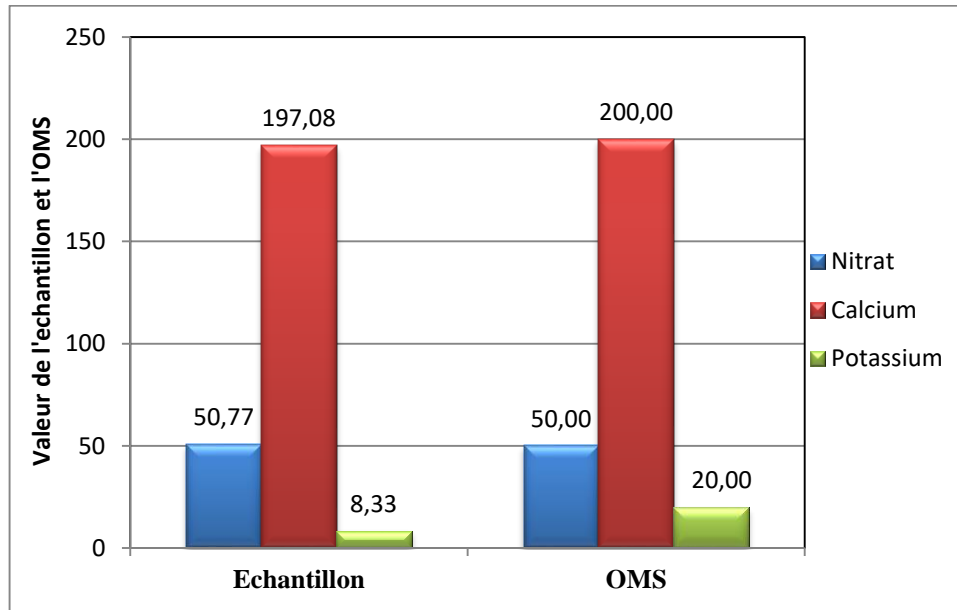


Figure N°4.12 : Variation de nitrate, calcium et potassium

Sur le diagramme seul le nitrate indique un léger dépassement par rapport à la norme, ce qui indique une possible présence d'une pollution animale ou humaine.

4.5.4.5. DURETE CHLORURE ET TAC

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

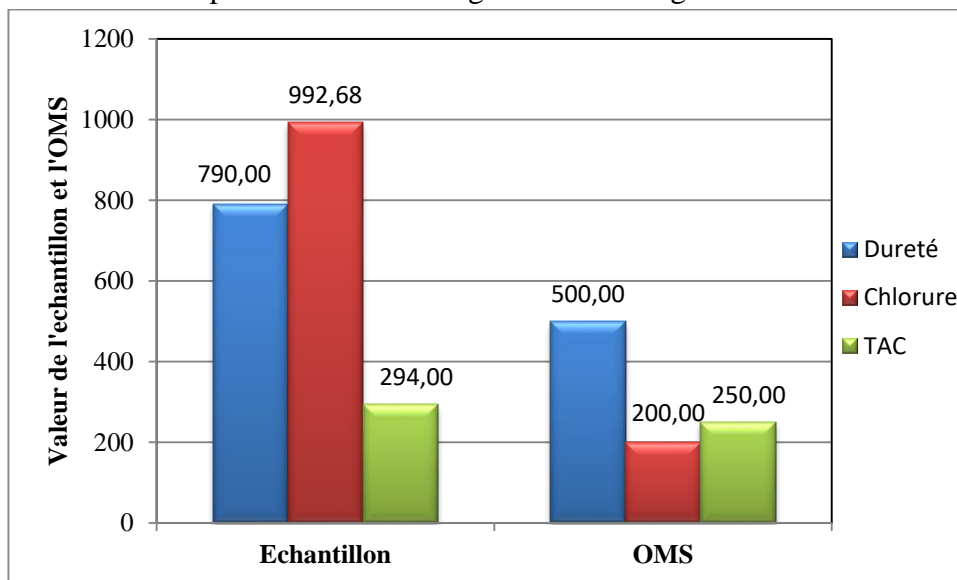


Figure N°4.13 : Variation de dureté, chlorure et TAC

Les différents paramètres analysés sont largement supérieurs à la norme, soit, 58% de plus pour la dureté ce qui fait que l'eau est très dure, 400% de plus pour les chlorure ceci est probablement dû à l'injection exagéré des chlorure dans le bassin aménagé par le service d'hygiène de la commune de Béni-Boussaïd.

Quant au TAC est supérieur de 17,6% par rapport à la norme, ce qui explique la valeur faible du pH (valeur du pH analysé = 8,35 inférieure à celle de la norme de 8,5) ; cette faible valeur basique est probablement due au métabolisme de certains micro-organismes présents dans l'eau de la source, raison pour laquelle ce confirme l'injection exagérée par le service communal des chlorures (pour éliminer les micro-organismes).

4.5.4.6. AMMONIUM ET PHOSPHATE

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

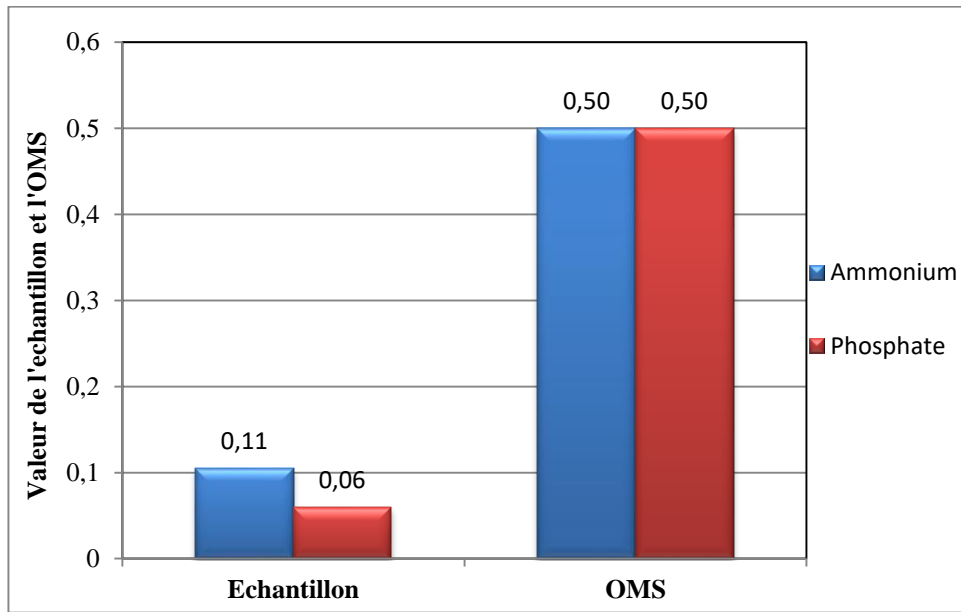


Figure N°4.14 : Variation de l'ammonium, phosphate et pH

L'ammonium et les phosphates sont largement inférieurs à leurs normes admissibles respectives fixées par l'OMS.

4.5.4.7. DBO₅ ET DCO

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

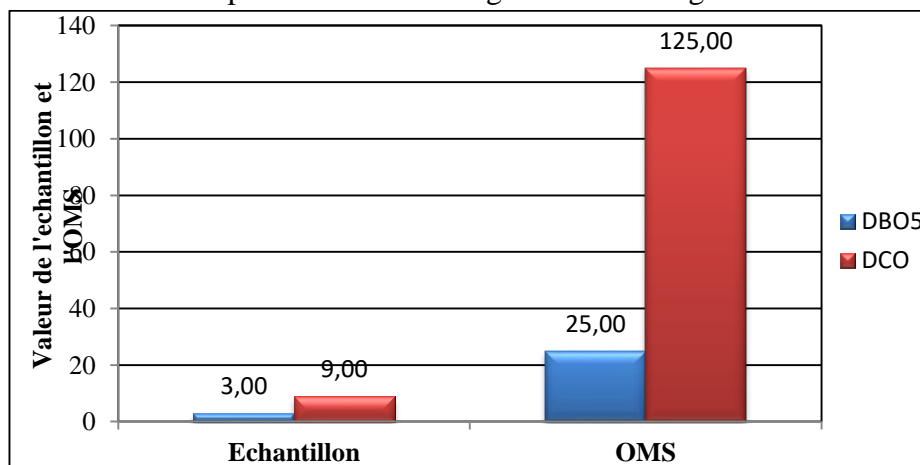


Figure N°4.15: Variation de DBO₅ et DCO

Les résultats de mesure de DBO₅ et DCO sont très faibles par rapport à celles fixées par l'OMS, ce qui indique l'absence de réactions bactériologiques.

4.5.4.8. RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Leurs valeurs sont représentées sur le diagramme de la figure suivante.

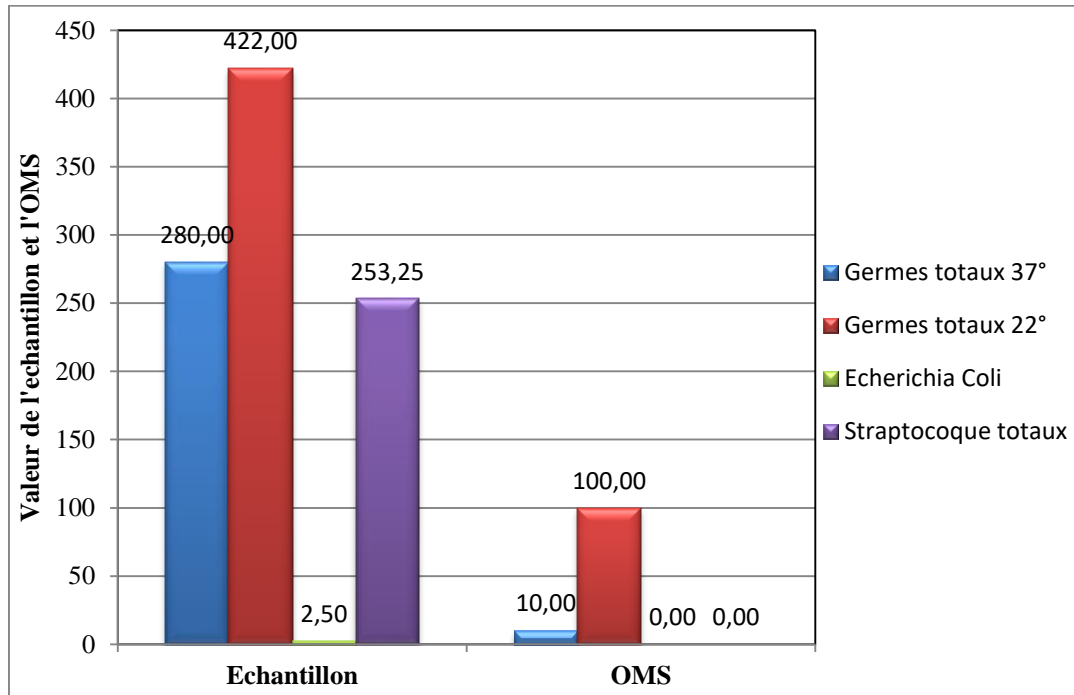


Figure N°4.16: Variation des paramètres micro-biologiques

La présence de ces dépassements très importants par rapport à la norme des paramètres microbiologiques indique une dangereuse présence des organismes pathogènes ayant des conséquences sur la santé humaine. Ceci ne peut être expliqué que par la contamination par les rejets humains et celle d'élevage de bétails et de cheptels. Ce qui explique encore l'utilisation massive du chlore.

4.5.5. SYNTHÈSE SUR LES RESULTATS D'ANALYSE

Les résultats indiquent une présence de pollution importante par micro-organismes pathogènes, ainsi que certains paramètres physico-chimiques, impliquant un risque sérieux de contamination par les MTH, ce qui nécessite un traitement préalable avant toute alimentation de la population.

La mise en place d'une station de traitement mobile est la solution la plus adéquate pour atténuer ce problème de contamination et réduire l'influence de la prépondérance des paramètres physico-chimiques sur l'eau de cette source.

4.6. DIMENSIONNEMENT DE STATION MOBILE DE TRAITEMENT

La station mobile de traitement en vue des résultats d'analyse est plus que nécessaire pour assurer une eau de qualité à la population. Cette station sera composée de containers dotés d'un prétraitement contenant un tamisage, une coagulation/floculation et décantation, suivi par une filtration sur sable et sur charbon actif pour améliorer l'eau, enfin, une désinfection et stockage pour distribution.

4.6.1. DIMENSIONNEMENT DE TAMISEUR ROTATIF

Le rayon du tamiseur est donné par la relation suivant :

$$R = \sqrt[3]{\frac{Q \cdot t}{2 \cdot \pi^2}} \quad (24)$$

Soit un diamètre du cylindre de 1,5 m, en considérant un fonctionnement horaire du tamis (t = 60 min). Il s'agit donc d'un tamis à moyenne vitesse de rotation égale à 5 tr/min. Nous utilisons donc deux tamis rotatifs de 0,75 m de diamètre, ayant une longueur de 1,20 m installés horizontalement et parallèlement sur le container.

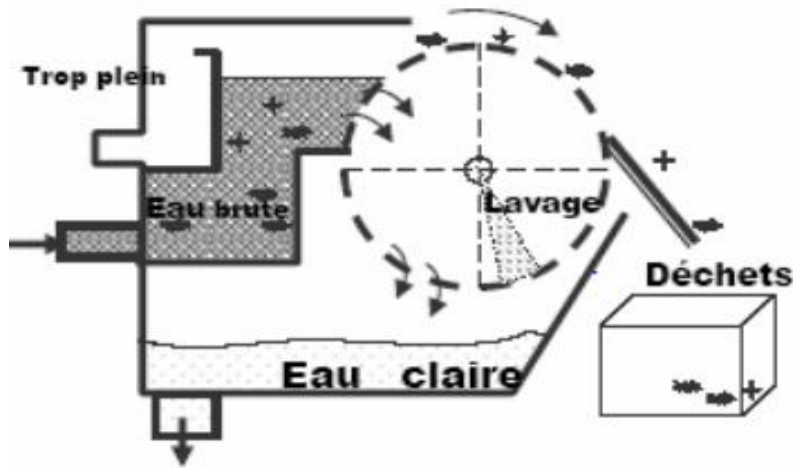


Figure N°4.17: Tamis rotatif [16]

4.6.2. DIMENSIONNEMENT DE BASSIN COAGULATION-FLOCCULATION

En fixant un temps de coagulation de $t_s=30$ min, avec une hauteur de $H=0,8$ m, nous aurons une surface du débourbeur lamellaire de $5,25$ m², soit une largeur de $1,5$ m et une longueur de $3,5$ m.

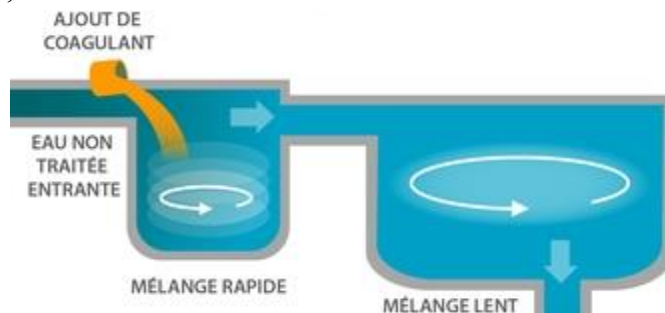


Figure N°4.18 : Bassin de coagulation-floculation [60]

4.6.3. DIMENSIONNEMENT DE DECANTEUR LAMELLAIRE

La surface totale projetée du décanteur lamellaire est tirée à partir des relations suivantes :

$$STP = \frac{Q}{vH} \quad (25)$$

$$STP = n \cdot lp \cdot Lp \cdot \cos\theta \quad (26)$$

Avec :

STP : surface totale projetée (qui est la projection au sol de la surface de décantation).

l_p : largeur des lamelles.

L_p : longueur des lamelles.

n : nombre totale de lamelle sur l'étape de décantation lamellaire

θ : inclinaison des plaques.

En supposant que : $L_p= 1,1m$, $l_p= 0,075 m$, $\theta= 60^\circ$ et $n=200$ lamelles, nous aurons une surface STP de $9 m^2$ avec une vitesse lente de décantation (à cause de la faible charge en particules colloïdales) de $0,015 m^3/m^2/min$.

Nous considérons un seul décanteur sur container de $1,5 m$ de largeur et $6 m$ de longueur, avec une hauteur de $0,8 m$.

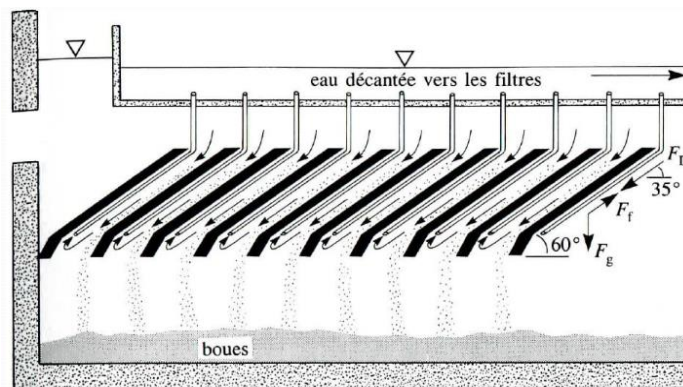


Figure N°4.19: Décanteur lamellaire [16]

4.6.4. DIMENSIONNEMENT DE FILTRE A SABLE

En considérant une vitesse de $5 m/h$, nous aurons une surface de filtration de $1,8 m^2$, avec une épaisseur en sable de $0,6 m$ et une charge au-dessus du sable de $0,2 m$. nous aurons un diamètre total de $1,60 m$; ce qui fait, nous installons parallèlement deux filtres à sable cylindrique de $0,80 m$ de diamètre.

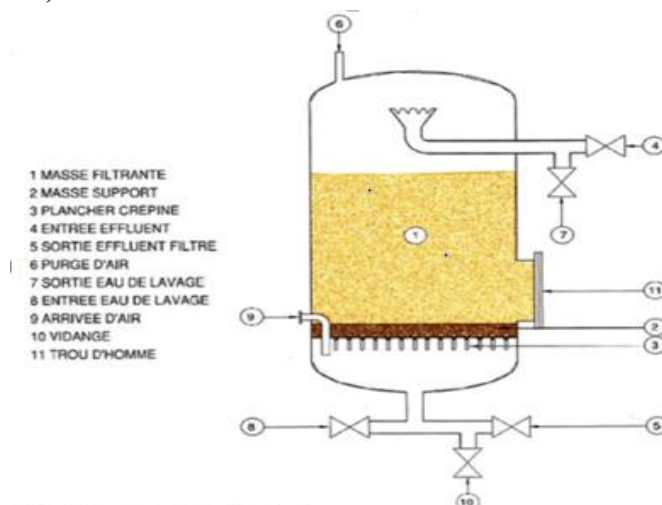


Figure N°4.20 : Filtre à sable [61]

4.6.5. DIMENSIONNEMENT DES BACS DU CHARBON ACTIF

En considérant une vitesse de 4 m/h, nous aurons une surface de filtration de 2,1 m², avec une épaisseur en sable de 0,6 m et une charge au-dessus du sable de 0,2 m. nous aurons un diamètre total de 1,70 m ; ce qui fait, nous installons parallèlement deux filtres à charbon cylindrique de 0,85 m de diamètre.

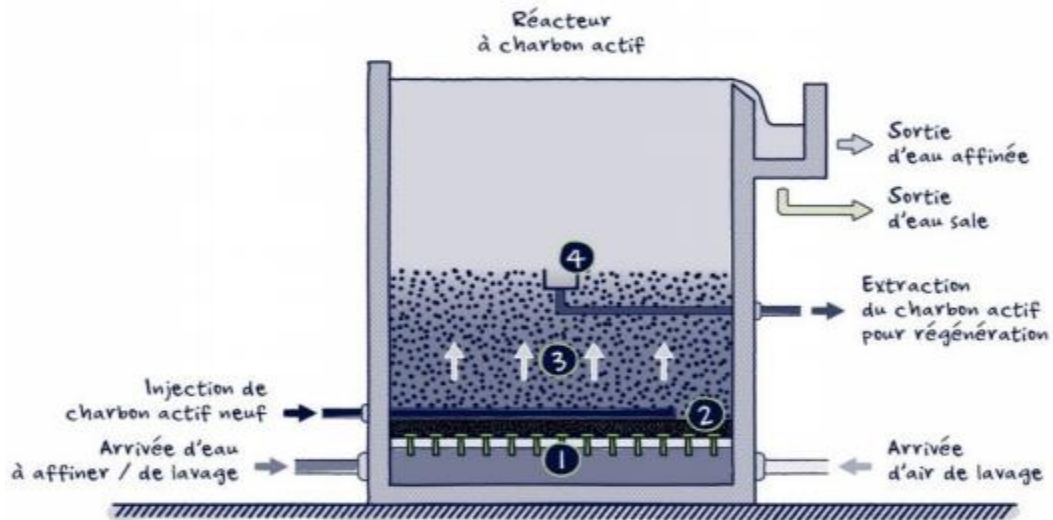


Figure N°4.21 : Filtre à charbon actif [62]

4.5.6. DIMENSIONNEMENT DE DESINFECTION

Le débit du chlore, contrairement à ce qui fait le service technique communal, ne doit pas être arbitraire, il est calculé et injecté par une pompe doseuse dans le bassin de stockage.

La quantité à injecter par heure est donnée par la relation suivante :

$$Q_{cl} = \frac{Q_{H_2O} \cdot (D+C)}{10\%} \quad (27)$$

Avec :

Q_{Cl} : le débit d'hypochlorite exprimé en l/h.

Q_{H_2O} : le débit d'eau à traiter en m³/h.

D : la demande de chlore de l'échantillon d'eau, exprimée en ppm (mg/l).

C : le niveau de chlore résiduel conformément au paramètre C.t, exprimé en ppm.

% : le pourcentage de pureté de l'hypochlorite commercial

En supposant que D = 10 mg/l, C = 1 ppm et le % = 6 ; nous aurons un débit à doser en goutte à goutte par pompe doseuse de 1,54 l/h.

Ce débit de désinfection est directement injecté dans l'ouvrage de stockage demi journalier, dont le volume total est de $V_R = 100,8 \text{ m}^3$.

En supposant un Diamètre de cylindre de stockage de 1,5 m, et une hauteur de 2 m, nous aurons 4 bacs de réserve à l'alimentation.

4.5.7.SYNTHESE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STATION MOBILE

Les ouvrages dimensionnés seront placés sur trois containers mobiles de 6 m de longueur, dont les dimensions sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau4.1:Synthèse des ouvrages de dimensionnement

Partie Prétraitement						
Processus	Ouvrage de Tamisage		Ouvrage de coagulation-floculation		Décanteur lamellaire	
Dimensionnement	Nombre	2	Nombre de bassin	1	Nombre de lamelle	200
	Diamètre (m)	0,8	Largeur (m)	1,5	Largeur (m)	1,5
	Vitesse (tr/min)	5	Longueur (m)	3,5	Longueur (m)	6
	Hauteur (m)	0,80	Surface (m ²)	5,25	Hauteur (m)	0,8
Partie Traitement						
Processus	Ouvrage de Filtration à sable		Ouvrage de filtration à charbon		Ouvrage de désinfection et stockage	
Dimensionnement	Nombre	2	Nombre	2	Nombre	4
	Diamètre (m)	0,8	Diamètre (m)	0,9	Diamètre (m)	1,5
	Hauteur (m)	0,8	Hauteur (m)	0,8	Hauteur (m)	2

La station est dimensionnée selon les spécifications de l'eau de la source de Rhar Roubane ; dont le système est conçu pour produire une eau potable selon le débit et la qualité appropriée.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'eau destinée à la consommation doit être apte et conforme aux normes de consommation, la manière dont elle est traitée varie en fonction de la qualité de l'eau brute et le type de station de traitement diffère selon la situation et le nombre d'agglomération.

Le système mobile de traitement de l'eau comprend une alternative pour une alimentation en eau d'urgence stable en réponse à diverses situations. Un système de traitement d'eau mobile doit être rapidement transporté à destination et avoir une opération et une maintenance simples.

Étant donné que le traitement de diverses eaux brutes est essentiel pour fournir de manière stable l'eau purifiée dans différentes situations, les procédés de l'unité de traitement de l'eau ont été déployés pour atteindre l'objectif de qualité de l'eau en fonction des caractéristiques des polluants et des facteurs de qualité de l'eau de la source d'eau.

Les stations de traitement mobiles fournissent des solutions d'eau à court, moyen et long terme, ce qui les rend idéales pour certains sites.

L'objectif de cette étude est donc la description des stations mobiles leurs caractéristiques, avantages et la présentation des étapes les plus importants dans ce traitement.

En plus, un cas réel d'étude est choisi à savoir le Douar Roubane situé à la Daïra de Beni Boussaid (Wilaya de Tlemcen) et comptant environ 5000 habitants. Le choix de cette région a été fait dans le but de trouver une solution pour alimenter ce douar par l'eau potable, à partir d'une source d'alimentation.

Nous avons étudié en premier lieu la situation géographique de Roubane et la qualité de l'eau de la source d'alimentation, que nous avons prélevée.

Grace aux résultats des analyses que nous avons effectué et traité, nous a permis de trancher sur le mode de traitement à effectuer selon les résultats de certains paramètres, notamment : la salinité, nitrate, sulfate, chlorure, dureté, TAC, les germes totaux a 22°UFC et les germes totaux a 37°UFC et les Streptocoques totaux.

La station mobile que nous avons dimensionnée elle est convenable pour l'amélioration de l'eau de cette source.

La station est composé de : tamis rotatif, coagulation-floculation, décanteur lamellaire, filtre à sable, filtre à charbon actif et finalement désinfection au niveau de bac de stockage.

La station mobile pour le Douar de Rhar Roubane reste une solution efficace et peut être réalisée et mise en fonctionnement afin d'atténuer le problème d'alimentation en eau pour cette agglomération.

Finalement, il est important de souligné que le travail élaboré était d'un intérêt d'étudier le traitement des eaux potable et l'importance des stations mobiles dans les cas exceptionnelles.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : **KHEMIS., 2005** : Etude théorique et expérimentale du procédé d'électrocoagulation : application au traitement des effluents liquides hautement chargés en impuretés organiques et minérales. Thèse de doctorat INPL, Nancy.
- [3] : **SEBIH W., 2013** : Prétraitement des eaux moyennement saumâtre par filtration sur sable et filtration sur support, Mémoire en Master, Département D'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [4] : **SIDIKI MAIGA A., 2005** : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'edm.sa dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Docteur en Pharmacie (DIPLOME D'ETAT), Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odonto-stomatologie.
- [5] : **LOUNNAS A., 2009** : Amélioration des procédés de Clarification des eaux de la station hamadi-kroma de Skikda, Mémoire de Magister, Département des sciences fondamentales, Faculté des sciences, spécialité : chimie, Université du 20 août 1955 Skikda.
- [6] : **MOULAI HADJ H., 2015**: Etude de l'influence des particules argileuses sur le traitement des eaux, Mémoire en Master, Département D'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [7] : **BERRAHAL Y., 2019** : Evaluation de la matière organique dans les eaux de surface des barrages de l'ouest d'Algérie et évolution des trihalométhanes et le plomb dans le réseau d'eau Potable, Thèse de doctorat en sciences , Faculté des sciences exactes Sidi Bel Abbes, Université Djillali Liabes.
- [8] : **CHERIF.L., 2012** : Influence de la coagulation floculation et la décantation sur le traitement des eaux saumâtres, Mémoire de Master Département D'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [11] : **Frédéric David, Khadim Diop, Ana Sanchez, Frédéric Nault et Saskia Achouline., 2020** : Potabilisation des eaux de surface en Afrique de .Solutions techniques adaptées de l'expérience de la vallée du fleuve Sénégal, Guide pratique.
- [12] : **JACQUES BONIN., 1986** : hydraulique urbaine appliqué aux agglomérations de petite et moyenne importance.
- [13] : **DEGREMONT., 1972** : memento technique de l'eau, Lavoisier, Paris.
- [15] : **BENADDA L**, Manuel de cours de Prétraitement, (2015).
- [16] : **BESSEDIK.M.** : Support du cours : Traitement de l'eau ». Option : Licence Technologies de Traitement des eaux, Université de Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [17] : **Jestin E.**, La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaire, Agence de l'eau Seine-Normandie, Direction des bocages Normands 1, rue de la pompe.
- [18] : **KETTAB A., 1992** : Traitement des eaux (les eaux potables); Office des publications universitaires (Alger).

- [19] : **CHERIF.L., 2018**: Etude comparative sur le prétraitement des eaux saumâtres par la coag-floculation –décantation et l’ultrafiltration, Thèse de doctorat 3ieme cycle « LMD » spécialité : science de l’eau, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [20] : **KAIS.B.** : Cours : Traitement de l’eau, Faculté des sciences appliquées. Université Kasdi Merbah, Ouargla.
- [21] : **BESSEDIK.M.** : Support du cours : Traitement de l’eau II, Option : master 1 Technologies de Traitement des eaux, Université de Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [22] : **FRECHEN F-B, Schier W & Wett M (2006)** Pre-treatment of municipal MBR applications in Germany–Current status and treatment efficiency| Water Practice & Technology| vol. 1.
- [23] : **R.DESJARDINS., 1997** : Traitement des eaux ; Edition de l’école polytechnique de Montréal, 2eme édition revue et améliorée.
- [24] : **FECIH.A., 2012**: L’influence de la filtration sur sable sur le traitement des eaux saumâtre, Mémoire de Master, Département D’Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [25] : **CLAUDE CARDOT** : Le traitement de l’eau pour l’ingénieur ellipses Les traitements de l’eau pour l’ingénieur - Procédés physico-chimiques et biologiques - Cours et problèmes résolue 2ieme édition.
- [26] : **DEGERMENT**, Memento technique de l’eau tome 2, 2ieme édition.
- [28] : **HAMIDIA., 2013**: Etude bibliographique sur les techniques de la filtration membranaire, Mémoire de Master, Département D’Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [29] : **FrikSchutte, 2006**: Handbook for operation of water treatmentworks, Water Utilisation Division; Department of Chemical Engineering, University of Pretoria.
- [30] : **WatMan Plug-and-Play Containerized Water System**, MOBILE WATER TREATMENT SYSTEMS. Safe Drinking Water Reliable Source of Process Water. Operate Anywhere with WatMan Plug-and-Play Containerized Water System.
- [31] : **Idro Group, EMWG Srl. COMPACT & MOBILE WATER TREATMENT PLANTS.**
- [32] : **Young Kyu Park, Ju-Suk An., Jiyoung Park, and Hyun Je Oh., 2015**: Development of Mobile Water Treatment Package System for Emergency Water Supply. International Journal of Structural and Civil Engineering Research Vol. 4, No. 3.
- [33] : **BENAISSA.F., 2013**: Etude sur le procédé d’osmose inverse pour le dessalement des eaux faiblement saumâtres, Mémoire de Master, Département d’Hydraulique, Faculté de Technologie. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [34] : **LAURENT.O., 2014**: Procédé hybride membranaire pour l’eau potable : Etude du colmatage de membranes basse pression suite à un prétraitement au charbon actif poudre, Mémoire de Maitrise en sciences appliquées, Département des Génies Civil, Géologique et des mines Ecole Polytechnique de Montréal.
- [36] : **FUTURETECH KARCHER GROUP**, MOBILE DRINKING WATER SUPPLY Safe Drinking Water. Everywhere.
- [37] : **GE Water & Process Technologies**, Les solutions GE Mobile Water, General Electric Company. Bulletin1058_FR Feb-10.

- [38] : **Approvisionnement en eau potable en vrac par unité mobile de traitement des eaux** : Rôles et responsabilités des acteurs.
- [39]: **Container**, Mobile Treatment Plants for Drinking and Technological Water.
- [40]: **Water Treatment Plants OASIS**, Lavimont overseas presentation.
- [45] : **Envirogen Mobile Response**, MOBILE WATER Treatment Solutions from Envirogen. WATER TECHNOLOGIES.
- [48]: **MANUEL DES PROTOCOLES D'ÉCHANTILLONNAGE POUR L'ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU AU CANADA**, Le Conseil canadien des ministères de l'environnement, 2011.
- [50]: **MANCEUR. Y et DJABALLAH. S., (2016)** : Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa, Mémoire de Magister, Département de Biologie Appliquée, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Larbi Tébessi –Tébessa.
- [52]: **HAMADI S. ET TIMI K., 2018**: Traitement de l'eau de dialyse, Mémoire de Master, Département D'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [53]: **GHALI F. ET HAMMOU F., 2017**: Etude de la qualité physico-chimique de l'eau de mer des trois sites «Salamandre, Sablette et Sidi Medjdoub», Mémoire de Master, Département Des sciences de la mer et de l'aquaculture, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [54]: **DOUIS. Dj**: Etude de la Qualité des eaux Aux Souterraines (Région Sud-Ouest) du plateau de Mostaganem», Mémoire en Master, Département D'Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- [55]: **ALEM. S., (2016)** : Etude Comparative entre Coagulation-floculation et Electrocoagulation, Mémoire en Master, Département d'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abderrahmane Mira de Bejaia.
- [57]: **AOUISSI. A., (2010)** : Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie, Mémoire de Magister, Département de Biologie, Faculté des Sciences et de L'ingénierie, Université du 08 Mai 1945 de Guelma.
- [58]: **SADIK. Z. M., (2017)** : Etude de faisabilité d'une STEP par filtre planté de rose aux des eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni Ghazli—Commune d'Oued Lakhdar, Diplôme en Master, Département d'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.

WEBOGRAPHIE

- [2] : <http://www.acideka.com/?q=fr/news/2012/les-differents-types-deau-et-leurs-benefices-Les-types-d'eau-potable,favorise-le-processus-d'hydratation>. (Consulté le 14/08/2020).
- [9] : <https://www.lenntech.fr/procedes/surface/eau-surface.htm> (consulté le 10/08/2020).
- [10] : <https://notech.franceserv.com/eaux-courantes.html> (consulté le 10/08/2020).
- [14] : <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes> (consulté le 10/08/2020).
- [27] : <https://www.1h2o3.com/apprendre/purification-eau/systemes-purification-eau-par-uv/desinfection-uvc-eau> (consulté le 13/06/2020).
- [35] : **Nanofiltration Osmose inverse Marion Alliet David Rouzineau 2016** : <http://www.aigep.fr/joomla/images/N25-Nanofiltration.pdf> (consulté le 13/09/2020).
- [41] : <http://www.pacificdustcontrol.com/wpcontent/uploads/2017/09/fractankrentalstruck.png> (consulté le 13/09/2020).
- [42] : <https://power4all.org/news-manager/2017/02/odis-mobile-treatment-plant-delivered-to-laguna-water/> (consulté le 10/09/2020).
- [43] : <https://www.indiamart.com/proddetail/mobile-water-treatment-unit-4892711273.html> (consulté le 10/09/2020).
- [44] : <https://www.unimogs.co.uk/unimog-sales/private-buyers/populaconfigurations/water-tankers>. (Consulté le 10/09/2020).
- [46] : <https://www.directindustry.fr/prod/prominent-group/product-6048-1614686.html> (consulté le 09/09/2020).
- [47] : https://www.oieau.org/ReFEA/fiches/AnalyseEau/AnalyseEau_PresGen.pdf (consulté le 9/09/2020).
- [49] : <https://labobsl.com/index.php/mode-de-conservation-des-echantillons/> (consulté le 09/09/2020).
- [51] : <https://image.made-in-china.com/202f0j10IZLTqhCavupW/Laboratory-pH-Meter.jpg> (consulté le 9/09/2020).
- [56] : <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcR1iXjgyX0znI5FeRmwarkXnvd7ElaTKuCIA&usqp=CAU> (consulté le 9/09/2020).