

المدرسة الوطنية العليا للري Hydraulic Higher National School of

المكتبة The Library

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري Digital Repository of ENSH



The title (العنوان):

Etude de faisabilité à l'irrigation des eaux épurées de la station d'épuration de Ben Chaabane à Boufarik (w. Blida).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 3-0002-21

APA Citation (APA توثيق):

Arabi, Youcefa (2021). Etude de faisabilité à l'irrigation des eaux épurées de la station d'épuration de Ben Chaabane à Boufarik (w. Blida). [Mémoires d'ingénieur, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم لإنتاج لآساتذة باحثي المدرسة

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (طروحات، مطبوعات، بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب...) وبنه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا .

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES.

THEME:

**ÉTUDE DE FAISABILITÉ À L'IRRIGATION DES EAUX
ÉPURÉES DE LA STATION D'ÉPURATION DE BEN
CHAABANE À BOUFARIK W.BLIDA.**

Présenté par:

ARABI Youcef

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^{me} . AMMOUR Fadhila	M.A.A	Présidente
M ^{me} . SADOUNE Samra	M.C.B	Examineur
M ^r . DERNOUNI Youcef	M.A.A.	Examineur
M ^r . KOLIAI Djaffar	Associé	Examineur
M ^r . HACHEMI Abdelkader	M.C.B	Promoteur

Session de septembre 2021

Remerciements

Je souhaite exprimer tout mes remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

En premier lieu « *DIEU* », En témoignage de ses grandes qualités humaines, professionnelles, sa très grande compétence, sa gentillesse et sa disponibilité.

Je tiens à remercier mon encadreur de mémoire Monsieur **HACHEMI**

Abdelkader Merci également pour ses relectures minutieuses de mémoire.

Sans oublier **Bouamara Samir, Boudra Issam, Bouksil Malik, Ziane Mahdi,**

Oulekhiari Oussama et **Mlle Khettab Nawel**.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu, et plus particulièrement ma famille et mes amis.

SOMMAIRE

Introduction général	01
-----------------------------------	-----------

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées.....02

I.1. Introduction :	3
I.2. Généralités sur les eaux usées :	4
I.2.1. Type des eaux usées :	04
I.2.2. Origine des eaux usées :	05
I.3. Caractéristiques des eaux usées :	07
I.4. L'assainissement:	14
I.4.1. les différentes modes d'assainissements :	14
I.4.1.1. Réseau unitaire :	14
I.4.1.2. Réseau séparatif :	16
I.4.1.3. Réseau pseudo-séparatif :	17
I.5. Etat des lieux de la réutilisation des eaux épurées en Algérie :	18
I.5.1. Etat de l'assainissement en Algérie:	18
I.6. Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation en Algérie :	19
I.6.1. Potentialités des eaux usées épurées en Algérie :	19
I.7. Impact des eaux usées épurée sur l'agriculture :	22
Conclusion :	23

CHAPITRE II: Présentation de la zone d'étude.....24

II.1. Introduction :	25
II.2. Situation climatologique :	25
II.2.1. Température :	25
II.2.2. Humidité :	26
II.2.3. Vents :	26
II.2.4. Pluviométrie :	26
II.2.5. Situation topographique :	26

II.2.6. Situation hydrogéologique :	27
II.3. Situation hydraulique :	27
II.3.1. Alimentation en eau potable :	27
II.3.2. Assainissement :	27
II.4. Historique de la station d'épuration de Ben Chaabane :	27
II.5. Situation géographique de la station d'épuration de Ben Chaabane :	29
II.6. Fonctionnement de la station :	30
II.6.1. Caractéristiques techniques de la station :	30
II.6.2. Caractéristiques des eaux brutes :	30
II.6.3. Caractéristiques des installations de la station d'épuration:	31
II.6.3.1. Prétraitement:	31
II.6.3.2. Le Traitement Primaire.....	34
II.6.3.3. le traitement biologique :	35
II.6.3.4. le traitement des boues.....	37
Conclusion :	38

CHAPITRE III : Matériel et Méthodes41

III.1.Introduction :	42
III.2.Composition des eaux usées :	43
III.3.Méthode de mesure :	43
III.3.1. Mesure de potentiel d'hydrogène (PH) et température :	44
III.3.2. Mesure de l'oxygène dissous:	44
III.3.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5):	45
III.3.4. Détermination des matières en suspension :	46
III.3.5. Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO) :	47
III.4.Faisabilité des eaux a l'irrigation :	48
III.4.1. Alcalinité :	48
III.4.2. La dureté :	48
III.4.3. Pourcentage de sodium soluble :	49
III.4.4. Ratio d'absorption de sodium :	51

III.4.5. Diagramme de WILCOX pour détermination de SAR :	52
III.4.6. Sodium échangeable :	53
III.4.7. Bicarbonate de sodium résiduel (RSBC) :	54
III.4.8. Risque de Salinité :	54
III.4.9. Indice de perméabilité :	55
III.4.10. Conductivité électrique :	56
III.4.11. Indice de Kelly :	56
III.4.12. Indice de Stuyfzand :	57
Conclusion :	58
CHAPITRE IV:Résultats et Discussion	59
IV.1.Introduction :	60
IV.2.Qualité de l'eau usée entrée-sortie de la station d'épuration:	60
IV.2.1. température :	61
IV.2.2. la conductivité :	61
IV.2.3. l'oxygène dissous :	61
IV.2.4. Les matières en suspension :	61
IV.2.5. DBO5 :	61
IV.2.6. DCO :	62
IV.2.7. Matières azotées :	62
IV.2.8. Phosphore total (PT) :	62
IV.2.9. Rapport DCO/DBO5 :	62
IV.3.Faisabilité des eaux à l'irrigation :	63
IV.3.1. Le faciès de l'eau:	64
IV.3.2. Ratio d'absorption de sodium (SAR):	65
IV.3.3. Pourcentage de sodium soluble (SSP):	65
IV.3.4. sodium échangeable (ESP):	66
IV.3.5. Bicarbonate de sodium résiduel (RSBC):	66
IV.3.6. Indice de perméabilité (IP):	67

IV.3.7. Indice de Kelly (KR):	68
IV.3.8. conductivité électrique(CE):	69
IV.3.9. Indice de Stuyfzand :	69
IV.3.10. Exploitation de résultats:	70
Conclusion:	71

CHAPITRE V :Dimensionnement de Traitement Tertiaire ...72

V.1. Introduction :	73
V.2. EMPLACEMENT DE LA STATION.....	74
V.3. Description de la parcelle de traitement tertiaire :	74
V.4. poste de relevage :	75
V.4.1. La conduite de refoulement :	75
V.4.2. La hauteur manométrique de la pompe.....	76
V.4.3. Le choix de la pompe.....	77
V.5. Profil hydraulique.....	79
V.5.1. Calcul des cotes piézométriques des différents ouvrages.....	79
V.6. Déversoir de débit (répartiteur) :	81
V.7. Traitement physico-chimique.....	81
V.7.1. Cuves de coagulation et de floculation.....	81
V.7.1.1. Réacteur de coagulation.....	81
V.7.1.1.1.Le volume de réacteur de coagulation :	82
V.7.1.1.2.La surface de réacteur de coagulation :	82
V.7.1.2. Le réacteur de floculation.....	82
V.7.1.2.1.Le volume de réacteur de floculation.....	82
V.8. Traitement par filtration.....	83
V.8.1. Les dimensions des filtres à disque :	83
V.9. Canal ultraviolet.....	84

V.10. RÉSERVOIR D'ACCUMULATION D'EAU DÉSINFECTÉE.....	87
V.11. RÉSERVOIR DE STOCKAGE DES EAUX INDUSTRIELLES.....	88
Conclusion :	89

CHAPITRE VI: Organisation de chantier90

VI.1.Introduction :	97
VI.2.Généralité.....	91
VI.2.1.Maitre de l’ouvrage.....	91
VI.2.2. Maitre de l’oeuvre.....	91
VI.2.3. Entrepreneur.....	91
VI.3.Devis quantitatif et estimatif du projet.....	92
VI.4.Planification.....	92
VI.5.Méthodes basées sur le réseau :	93
VI.5.1. Définition :	93
VI.5.2. Construction du réseau :	93
VI.5.3. Différentes méthodes basées sur le réseau (BENLAOUKLI,2004)	94
VI.5.3.1. Méthodes basées sur le graphique :	94
VI.5.3.2. Les étapes de la planification :	94
Conclusion :	97
Conclusion Générale :	98
Références Bibliographiques.....	100

Annexe.....104

KCD300R 37062RE-E.....105

Déversoir de débit (répartiteur) :.....106

Filtres à disques :.....107

Canaux ultraviolets.....108

Liste des figures :

<i>Figure I.1</i> : schéma général du traitement des eaux usées.....	12
<i>Figure I.2</i> : Schéma général de l'assainissement (ONA 2016).....	14
<i>Figure I.3</i> : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire.....	15
<i>Figure I.4</i> : Schéma d'un réseau d'assainissement séparatif.....	16
<i>Figure I.5</i> : Schéma d'un réseau d'assainissement pseudo séparatif.....	17
<i>Figure I.6</i> : Evolution linéaire d'assainissement source :(ONA 2016).....	18
<i>Figure I.7</i> : planification des STEP en Algérie (TESCSULT).....	20
<i>Figure II.1</i> : Graphe représentatif de températures moyennes mensuelles.....	25
<i>Figure II. 2</i> : Vue générale de la Station d'épuration de Ben Chaabane.....	28
<i>Figure II. 3</i> : localisation carte de la STEP de Ben Chabaane.....	29
<i>Figure II. 4</i> : dégrillage.....	31
<i>Figure II. 5</i> : Refus de dégrillage.....	32
<i>Figure II. 6</i> : Refus de dessablage.....	32
<i>Figure II. 7</i> : Dessableur-déshuileur.....	33
<i>Figure II. 8</i> : décanteur primaire.....	34
<i>Figure II. 9</i> : Bassin biologique.....	35
<i>Figure II. 10</i> : clarificateur.....	36
<i>Figure II. 11</i> : Accumulation de boues.....	37
<i>Figure II. 12</i> : schéma explicatif des étapes de traitement de boues.....	38
<i>Figure II. 13</i> : filtre à bande lors de la déshydratation.....	39
<i>Figure III. 1</i> : PH mètre.....	44
<i>Figure III. 2</i> : mesure de l'oxygène dissous.....	44
<i>Figure III. 3</i> : Mesure DBO5 avec DBO mètre.....	45
<i>Figure III. 4</i> : mesure de MES.....	46
<i>Figure III. 5</i> : mesure de la DCO avec spectrophometre.....	47
<i>Figure III. 1</i> : Diagramme de RICHARD pour classification de l'eau à l'irrigation.....	50

Figure III. 2: Diagramme de Wilcox pour classification de l'eau à l'irrigation.....	52
Figure IV.1 : Diagramme de piper pour les faciès chimique.....	64
Figure IV.2: diagramme de Wilcox pour la classification des eaux à l'irrigation.....	65
Figure IV.3 : Diagramme de Richard pour la classification de l'eau à l'irrigation.....	66
Figure IV.4: Histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.....	67
Figure IV.5: Diagramme de Donneen pour classification d'eau d'irrigation.....	67
Figure IV.6: Histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.....	68
Figure IV.7: Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.....	69
Figure IV.8: Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.....	69
Figure V-1 : La zone disponible pour le projet.....	74
Figure V.2 : Image d'un filtre à disque	84
Figure V.3 : un modèle de TROJANUV 3000plus contient 8 lampes.....	85
Figure VI.1. Réseau de planification des taches avec la méthode.....	86

Liste des tableaux :

<i>Tableau I. 1: Classification des eaux d'après leurs PH.....</i>	<i>07</i>
<i>Tableau I.2 : Agents de coagulation et de floculation.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau II.1 : températures moyennes mensuelles.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau II.2 : vitesse de vents mensuels en (m/s).....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau II.3 : Variation des précipitations.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau III. 1 : Classification de l'eau pour l'alcalinité</i>	<i>48</i>
<i>Tableau III. 2 : Degré relatif de dureté de l'eau selon.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau III. 3 : Classification de l'eau pour SSP</i>	<i>49</i>
<i>Tableau III. 4 : Classification de l'eau pour de SAR</i>	<i>51</i>
<i>Tableau III. 5 : Classification de l'eau pour le sodium échangeable.....</i>	<i>53</i>
<i>Tableau III. 6 : Classification de l'eau pour le RSBC (Gupta 1987).....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau III. 7 : Classification de l'eau pour risque de salinité</i>	<i>55</i>
<i>Tableau III. 8: Classification de l'eau pour l'indice de perméabilité.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau III. 9 : Qualité des eaux pour la conductivité électrique</i>	<i>56</i>
<i>Tableau III. 10 : Qualité de l'eau pour le ratio de Kelley</i>	<i>57</i>
<i>Tableau III. 11 : Classification des eaux pour le chlorure (Stuyfzand).....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau IV. 1 : Analyse de laboratoire sur moyenne de 24 heures.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau IV. 2 : bulletin d'analyse</i>	<i>63</i>
<i>Tableau IV.3: tableau récapitulatif des eaux épurées.....</i>	<i>70</i>
<i>Tableau V.1 : Les valeurs de K, m et β.....</i>	<i>77</i>
<i>Tableau V.2: Dimensions de la bêche d'aspiration.....</i>	<i>78</i>
<i>Tableau V.3: Cotes terrain naturel d'implantations des différents ouvrages.....</i>	<i>79</i>
<i>Tableau V.4 : Récapitulatif des résultats de profil hydraulique.....</i>	<i>80</i>
<i>Tableau VI. 1 : Le devis des différents travaux de réalisation</i>	<i>92</i>
<i>Tableau VI.2 : Liste des opérations avec leurs durées.....</i>	<i>95</i>
<i>Tableau VI. 3 Succession des taches.....</i>	<i>96</i>

ملخص

يشهد العالم على غرار الجزائر ندرة في المياه وموجة من الجفاف، اتضحت بوادرها في السنوات الأخيرة، مما دعا العديد من الدول لإعادة ترتيب أوقافها، واللعب على وتر توفير المياه.

سواء باستحداث محطات تحلية مياه البحر ورفع إنتاجيتها، أو عبر تحسين جودة محطات الصرف الصحي عبر إنشاء وتصميم معالجة ثلاثية كما سنتناوله بالنسبة لمحطة معالجة مياه الصرف الخاصة بمنطقة بوفاريك ولاية البليدة.

فبعد دراسة كفاءة مياه المحطة، أتضح وجوب اقتراح معالجة ثلاثية للمحطة بهدف توسيع مجالات إعادة استغلال المياه سواء في السقي أو الاستعمالات الصناعية.

كلمات مفتاحية: توفير المياه، مياه المحطة، محطة معالجة، كفاءة، إعادة استغلال، سقي.

Résumé

À l'instar de l'Algérie, le monde connaît une pénurie d'eau et une vague de sécheresse, dont les signes sont devenus évidents ces dernières années, ce qui a poussé de nombreux pays à réarranger leurs cartes et à jouer sur la corde sensible de l'économie d'eau.

Que ce soit en développant des stations de dessalement d'eau de mer et en augmentant leur productivité, ou en améliorant la qualité de l'eau des stations d'épuration par la mise en place et la conception d'un traitement tertiaire, et c'est ce que nous aborderons pour la station d'épuration de Boufarik W.Blida.

Après étudier la faisabilité de l'eau épurée à l'irrigation, il est apparu qu'un traitement tertiaire de la station devait être proposé afin d'étendre les zones de réutilisation de l'eau, que ce soit en irrigation ou en usage industriel.

Mots clés : économie d'eau, Eaux épurée, STEP-Boufarik, faisabilité, réutilisation, irrigation.

Abstract

Like Algeria, the world is experiencing water scarcity and a wave of drought, the signs of which have become evident in recent years, which has prompted many countries to rearrange their cards and play hard. sensitive to water saving.

Whether by developing seawater desalination plants and increasing their productivity or by improving the water quality of wastewater treatment plants by setting up and designing tertiary treatment, and this is what we will discuss for the Boufarik wastewater treatment situated in Blida.

After studying the suitability of purified water for irrigation, it appeared that a tertiary treatment of the station should be proposed in order to extend the areas of water reuse, whether for irrigation or in use industrial.

Key words: water saving, purified water, STEP-Boufarik, suitability, reuse, irrigation.

Liste D'Abréviations

J : Jour

H : Habitant

°C : Degré Celsius

g/l : Gramme par litre

µs/cm : micro siemens par centimètre

Mg : Milligramme

L : Litre

Rpm : rotation per minute

Mn : Minute

H :Heure

m³ : Mètre cube

M :mètre

ml : millilitre

mg/l : milligramme par litre

% : pourcentage

HCO₃ : bicarbonate de calcium

K⁺ : ion potassium

Na⁺: ion sodium

NO₂⁻ : nitrates

NO₃⁻ : nitrates

NH₄⁺ : Ammoniaque

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

PH : potentiel d'hydrogène

SO₄²⁻ : ions sulfates

Introduction général :

De nos jours, les eaux domestiques usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers les rivières ou la mer, où elles réintègrent le cycle de l'eau. A ce stade, ces eaux doivent répondre à des normes de qualité fixées par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau. La politique environnementale du monde, le développement durable implique pour l'homme une maîtrise de ses rejets domestiques et urbains.

L'épuration des eaux usées par les différents procédés consiste à produire une eau usée épurée qui peut être réutilisée en secteur agricole ou rejetée dans la nature sans effet nocif sur les sols, les plants et l'être humain donc sur l'environnement.

L'intérêt de l'épuration des eaux usées n'est pas seulement de lutter contre la pollution mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau qui va soulager la crise de pénurie d'eau surtout dans le domaine de l'irrigation agricole et l'utilisation domestique et industrielle.

Dans ce contexte ce travail s'articule autour de la problématique de la réutilisation des eaux épurées de la station d'épuration de Ben Chaabane.

Située à proximité de la ville de Boufarik, la station reçoit les eaux usées de la ville de BOUFARIK et quelque commune. Assurant ainsi l'épuration de ses eaux avec un bon rendement épuratoire.

Dans ce travail nous allons répondre sur quatre questions essentielles:

- Est ce que les eaux épurées de la STEP de Boufarik est acceptable à l'irrigation?
- Sinon, qu'elle est la solution proposée pour rendre les eaux apte à l'irrigation?
- Le cot du projet?
- Le temps de réalisation?

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



I.1. Introduction :

La réutilisation des eaux épurées, au-delà de leur effet positif, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation. La pollution du sol et des eaux souterraines et de surfaces est parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée traitée. Cependant, de point de vue rigoureusement scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation pouvant réduire au minimum ces inconvénients.

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains. Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques); sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble.

En Algérie que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est encore à l'état « embryonnaire » et ne se pratique que sur de très faibles superficies et souvent à titre expérimentale. Aussi l'installation des stations d'épuration en aval des réseaux existants constitue non seulement une des solutions pour la protection de nos ressources en eau, du milieu naturel et par conséquent de l'environnement, mais peut également constituer un apport non négligeable pouvant satisfaire les besoins agricoles.



I.2. Généralités sur les eaux usées :

❖ *Définition :*

Selon (*Rejsek 2002*), les eaux résiduaires urbaines (*ERU*), ou eaux usées sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine.

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. (*Coleman, Babb et al. 1999*).

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

I.2.1. Type des eaux usées :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène , chargées de matières minérales ou organiques , pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique.

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources.

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme de l'eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées. (*Chizallet, Lazare et al. 2010*)

Les eaux usées sont réparties en 4 catégories : (*Vitte, Ranque et al. 2017*).

- **Les eaux usées domestiques :** sont énumérées comme étant notamment celles issues des installations sanitaires, des cuisines, du nettoyage des bâtiments, des lessives à domicile, de certains petits établissements et qui sont destinées à être déversées dans une station d'épuration.
- **Les eaux de ruissellement :** artificiel d'origine pluviale sont aussi considérées comme étant des eaux usées, si ce n'est qu'elles font, dans certains cas, l'objet d'un traitement séparé dans le cadre de leur évacuation.



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



- **Les eaux usées agricoles** : sont des eaux usées provenant d'établissements ou sont gardés ou élevés des animaux entraînant une charge polluante globale.
- **Les eaux usées industrielles** : tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestiques sont qualifié de rejets industriels.

I.2.2. Origine des eaux usées :

D'après (*Rodier, Bazin et al. 1996*), On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales.

L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines Sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité.

➤ *Origine industrielle :*

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphaté).
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....)



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés.

(Rodier, Bazin et al. 1996).

➤ *Origine domestique :*

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, Protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires , très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme. **(Rejsek 2002).**

➤ *Origine agricole :*

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation).



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...), (Coleman, Babb et al. 1999).

Donc ces eaux sont l'issus :

- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduelles des usines de fabrication et de conditionnement.

(Coleman, Babb et al. 1999)

I.3. Caractéristiques des eaux usées :

❖ Paramètre physico-chimique et bactériologiques des eaux usées :

Les analyses physico-chimiques d'eaux usées ont été étudiées au niveau du laboratoire de la station d'épuration.

a) Analyses physico-chimiques (Molenaar, Koster et al. 2012) :

Les analyses physico-chimiques concernent le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO₅) et L'oxygène dissous et Les nitrites (NO₂), les nitrates (NO₃) et les phosphates (PO₃₄).

b) Potentiel hydrogène (pH) (Rodier, Bazin et al. 1996) :

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H⁺) de la solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

Tableau I. 1: Classification des eaux d'après leurs PH

$pH < 5$	Acidité forte (présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles).
$pH = 7$	pH, Neutre.
$7 < pH < 8$	Neutralité approche (majorité des eaux de la surface).
$5,5 < pH < 8$	Majorité des eaux souterraines.
$pH = 8$	Actinite forte, évaporation intense.



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



c) La température (T) :

Une température élevée cause une diminution de la solubilité des gaz (oxygène). C'est ainsi par exemple que l'augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation.

L'effet catalytique des enzymes en fonction de la température, passe par un maximum entre 33 et 35°C, mais toutes ces réactions consomment de l'oxygène, si leur importance augmente. Les réactions chimiques ralentissent avec la diminution de la température jusqu'à un seuil où elles s'arrêtent totalement (moins de 5°C), tandis qu'une température très élevée cause la mortalité des quelques espèces d'êtres vivants.

d) La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1S/m = 10⁴ μS/cm = 10 ms/cm. le siemens par mètre (1 S/m = 1 $\text{A}^2 \cdot \text{s}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{kg}^{-1}$). C'est le rapport de la densité de courant par l'amplitude du champ électrique. C'est l'inverse de celle de la résistivité. Le symbole généralement utilisé pour désigner la conductivité est la lettre grecque sigma : σ , qui varie selon les matériaux de 10⁸ S·m⁻¹ à 10⁻²² S·m⁻¹.

Dans un conducteur parfait, σ tend vers l'infini.

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'eau.

e) La turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire :

- une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension : argile, limon, particules fines organiques ou inorganiques (consécutives par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés);
- une teneur élevée en plancton.
- une pollution ou **eutrophisation** de l'eau, cause éventuelle d'**asphyxie** (par anoxie) du milieu ou de colmatage des branchies des poissons.



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



f) Matières en suspension (**MES**) :

La séparation de MES se fait par centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à grande vitesse. L'application de la force centrifuge sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube sous forme d'un culot. Ce culot sera lavé, à l'aide d'eau distillée, placé sur un papier filtre, puis mis à sécher à 105°C. Le résidu sec est ensuite pesé. Il correspond aux MES contenues dans l'échantillon. La teneur en matières en suspension dans l'eau (**mg/l**).

g) L'oxygène dissous :

La teneur en oxygène (**moléculaire**) dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en **oxygène dissous** est la résultante des facteurs physiques chimiques et biologiques.

h) Demande biochimique en oxygène (**DBO₅**) :

Elle correspond à la quantité d'oxygène consommée en **5** jours par une biomasse pour décomposer les matières organiques. Elle est mesurée à partir d'un DBO mètre, et exprimée en **mg de O₂/l** l'échantillon est incubé dans l'enceinte thermo statée à 20°C en présence d'air. Les microorganismes présents, consomment l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. La mesure de cette perte en oxygène est effectuée durant cinq jours par le principe hydrostatique (changement de niveau de mercure).

k) Demande chimique en oxygène (**DCO**) :

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau.

l) Les nitrites, les nitrates et les phosphates :

Ils sont dosés par colorimétrie, à l'aide d'un spectrophotomètre, qui donne par lecture directe, les concentrations de chaque élément. Le dosage des nitrites, nitrates et phosphates ont été réalisés au niveau du laboratoire de la station.



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



m) Rapport de DCO/DBO_5 :

Les matières présentes sont caractérisées d'une part selon qu'elles sont des solides en suspension (matières en suspension – *MES*) ou qu'elles sont oxydables, soit par un oxydant chimique (demande chimique en oxygène – *DCO*), soit naturellement grâce aux processus biochimiques naturels, c'est-à-dire biodégradables (demande biochimique en oxygène – *DBO*). La DBO_5 est mesurée de façon standardisée sur 5 jours, d'où l'appellation *DBO5*. Le rapport DCO/DBO_5 est l'indice de la biodégradabilité en milieu liquide d'un effluent. **Il caractérise son aptitude à un traitement biologique.**

n). Les coliformes :

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae.

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (**ISO**): « Bacille à Gram négatif, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37 C° ». (**Rejsek, 2002**).

i). Les streptocoques fécaux et Enterococcus :

Sous la dénomination générale de « streptocoques fécaux », est regroupé l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique, c'est-à-dire essentiellement :

Enterococcus faecalis, E.faecium, E.durans, E. hirae, Streptococcus bovis, S. suis et S. equinus. Ces streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations.

Le genre Streptococcus est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante.

Les 29 espèces du genre Streptococcus sont subdivisées en 4 groupes principaux :



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



- Les streptocoques pyogènes hémolytiques ;
- Les streptocoques oraux ;
- Les entérocoques ;
- Les streptocoques lactiques.

Le genre unique original est maintenant séparé en 3 genres différents :

- Streptococcus : comprend la plupart des espèces pathogènes pour l'homme ;
- Enterococcus : correspond au précédent groupe des enterocoques ;
- Lactococcus : correspond aux streptocoques lactiques.

j). Les bactéries sulfito-réductrices :

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoque fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente.

Selon (*Rejsek, 2002*), les spores des bactéries anaérobies sulfitor-éductrices et celles de Clostridium perfringens peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes de parasites, aussi bien au niveau d'une station de traitement qu'au niveau du sol : signe d'efficacité de la filtration naturelle.

De plus, Clostridium perfringens, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence.



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées

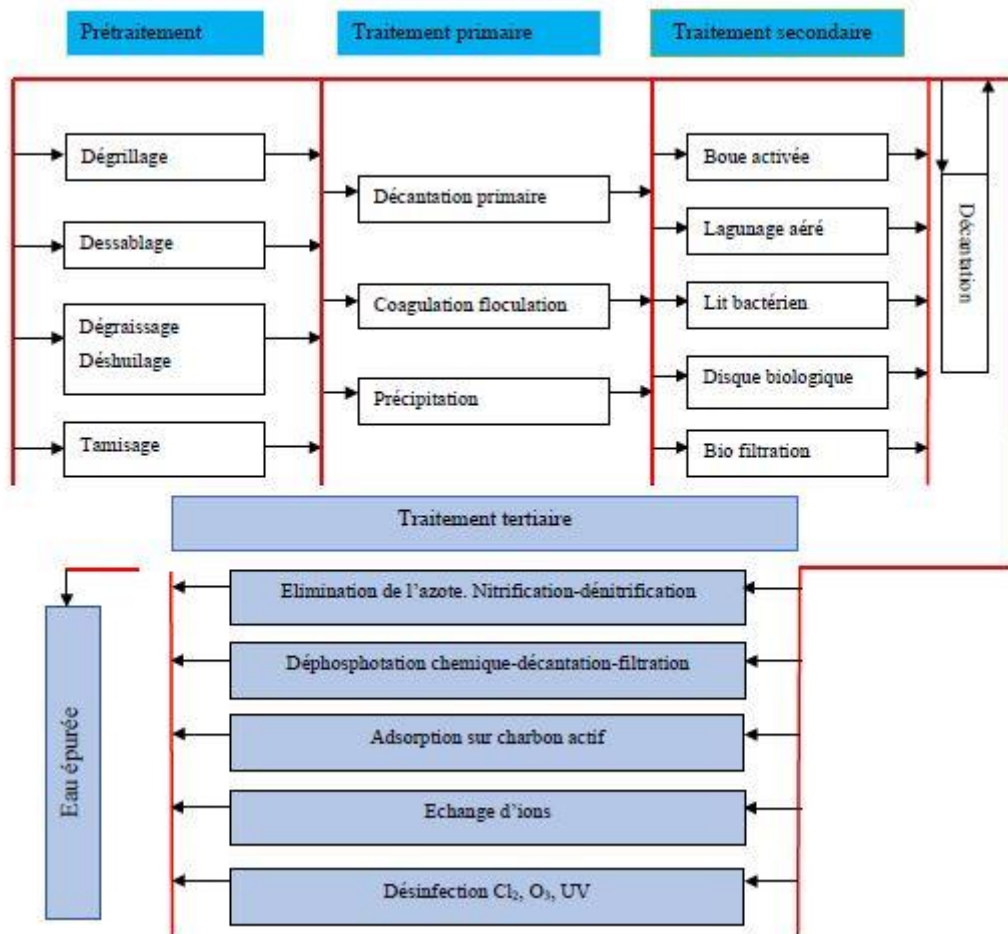


Figure I.1 : schéma général du traitement des eaux usées.



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



Tableau I.2 : Agents de coagulation et de floculation

Produit	Formule	Forme commerciale
Coagulant		
Sulfate d'alumine	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	Poudre et solution à 48%
Chlorure d'aluminium	$AlCl_3, 6H_2O$	Liquide
Aluminate de sodium	$NaAlO_2$	Poudre et solution à 50% en Al_2O_3
Sulfate ferreux	$FeSO_4, 7H_2O$	Cristallisé
Chlorure ferrique	$FeCl_3, 6H_2O$	Solution à 40%
Chaux	$Ca(OH)_2$	Poudre
Floculant		
Produit	Mode d'action	Utilisation
Poly électrolyte cationique	<ul style="list-style-type: none">- Neutralisation de charge ;- Absorption ;- Réticulation.	Coagulant adjuvant
Poly électrolyte anionique	<ul style="list-style-type: none">- Absorption ;- Réticulation.	Adjuvant essentiellement
Poly électrolyte non anionique	<ul style="list-style-type: none">- Réticulation ;- Absorption.	-
Bentonite	<ul style="list-style-type: none">- Absorption.	-
Silice activée	<ul style="list-style-type: none">- Réticulation.	-



I.4. L'assainissement:

L'assainissement des agglomérations, au sens court et simple du terme est l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales et leurs rejets dans les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

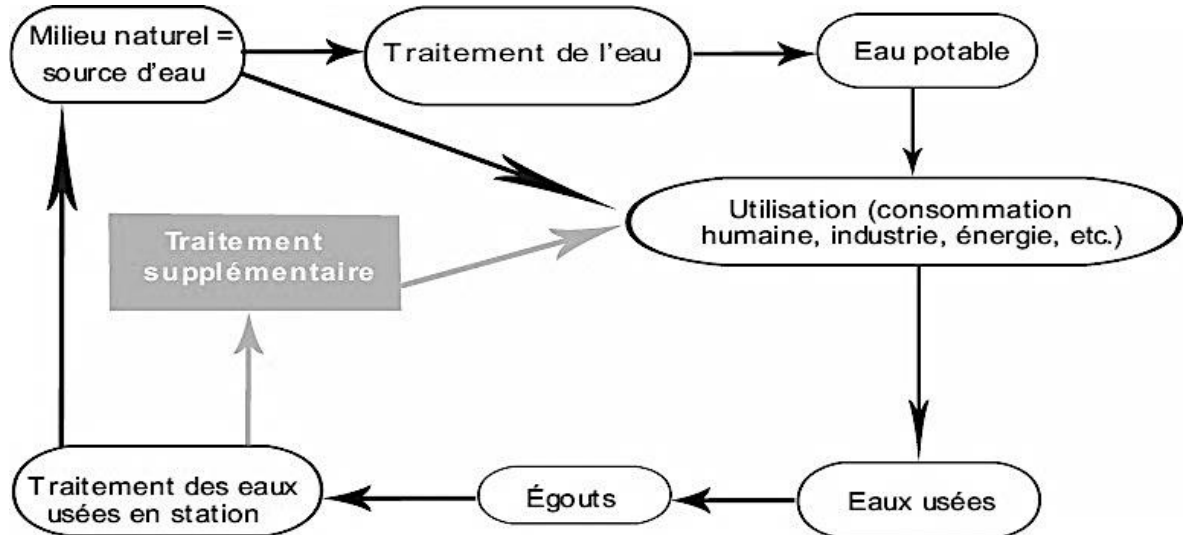


Figure I.2: Schéma général de l'assainissement (ONA 2016)

I.4.1. les différents modes d'assainissements :

I.4.1.1. Réseau unitaire :

Le réseau d'assainissement unitaire est un ensemble des collecteurs qui véhiculent en mélange les eaux usées et les eaux pluviales pour les diriger vers la station d'épuration et ensuite le milieu récepteur naturel. Mais nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement.

➤ *Avantages du réseau unitaire :*

- conception simple, un seul collecteur, un seul branchement par immeuble.
- coût plus faible compte tenu de la présence d'une seule canalisation au lieu de deux.
- moins de coût et des frais de gestion des branchements. Pas d'encombrement des réseaux divers.



➤ *Inconvénients du réseau unitaire :*

- Diamètre plus importants des canalisations.
- Apport important de sable à la station d'épuration.
- Débit à la station d'épuration très variable.
- Risque plus grand de formation de sédiments imposant des curages et contrôle du déversoir d'orage.

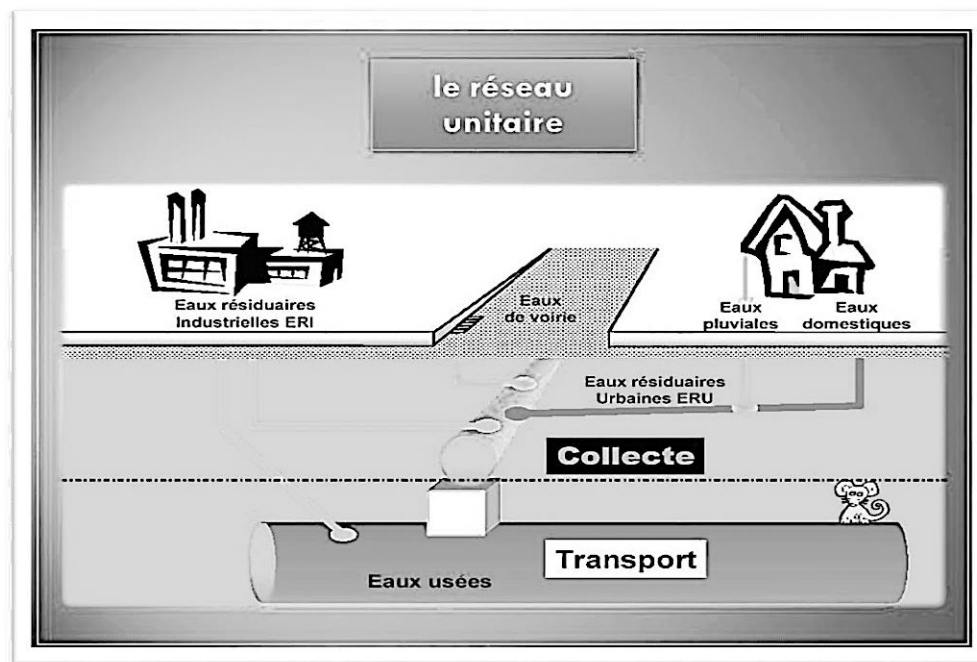


Figure I.3 : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire.



I.4.1.2. Réseau séparatif :

Ce réseau est un réseau d'eaux usées qui collecte séparément les eaux de pluie et les eaux usées domestiques ou industrielles. Pour chaque nouvelle construction, l'eau des toits est séparée de l'eau usée domestique.

➤ Avantages du réseau séparatif :

- Diminution du diamètre moyen du réseau de collecte des eaux usées
- Exploitation plus facile de la station d'épuration
- Pas de risque de refoulement par les raccordements des évacuations des eaux usées.
- En cas d'inondation les eaux usées ne risquent pas de contaminer les rues.
- Simplifient le rôle des stations d'épuration.

➤ Inconvénients du réseau séparatif :

- Encombrement important du sous-sol.
- La gestion des branchements doit être assurée de façon durable.
- Cout d'investissements élevé
- Risque important d'erreur de branchement
- Entretien d'un linéaire important de collecteurs.

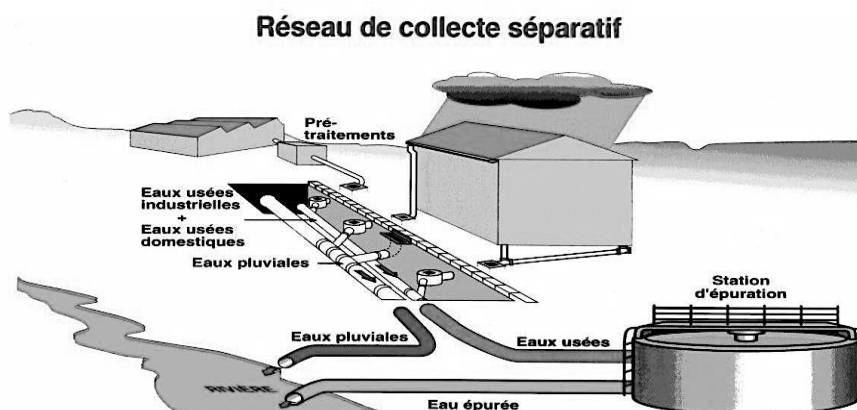


Figure I.4: Schéma d'un réseau d'assainissement séparatif



I.4.1.3. Réseau pseudo-séparatif :

Ce système se compose d'un seul collecteur d'eaux usées comme le système unitaire, bien que les eaux admises dans le réseau public soient les mêmes que celles définies pour le système unitaire. Le propriétaire doit procéder à la séparation absolue des eaux comme dans le système séparatif.

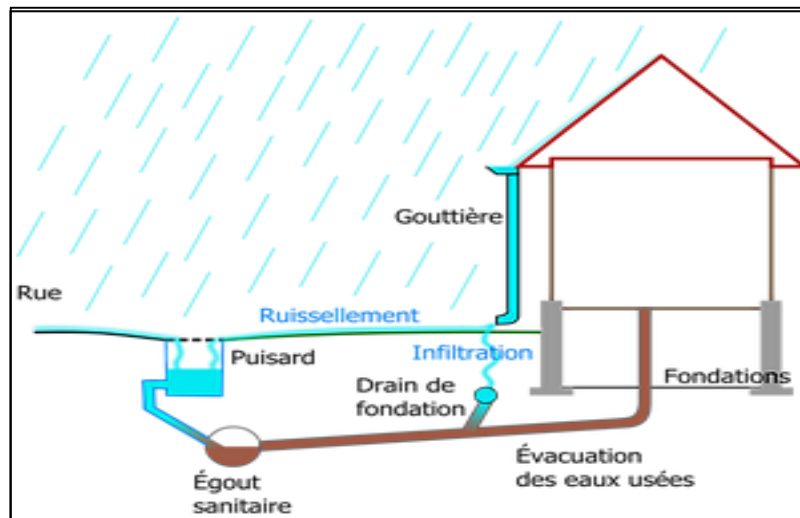


Figure I.5 : Schéma d'un réseau d'assainissement pseudo séparatif



I.5. Etat des lieux de la réutilisation des eaux épurées en Algérie :

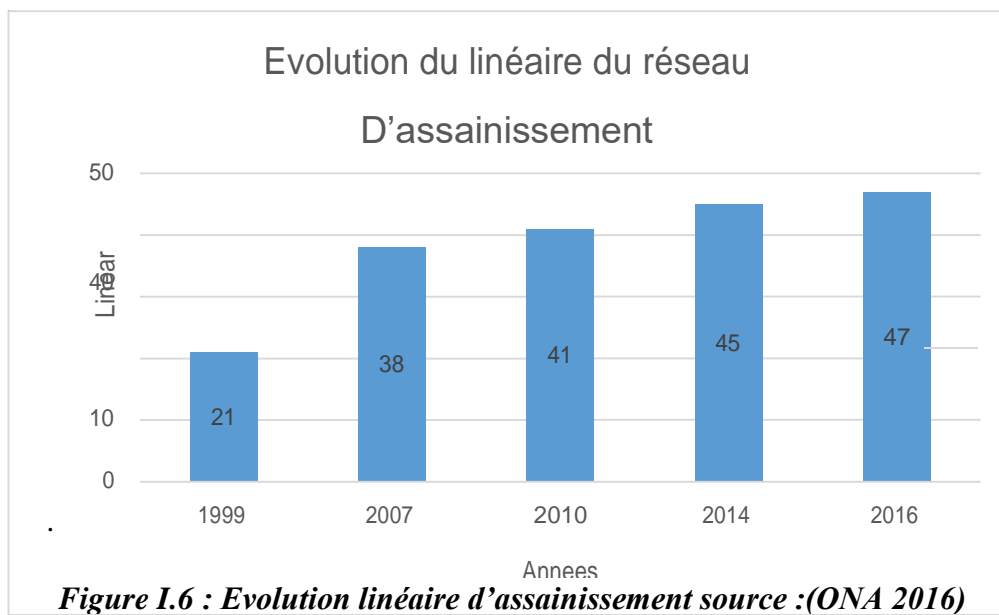
I.5.1. Etat de l'assainissement en Algérie:

Les efforts entrepris en Algérie en matière d'assainissement se sont d'abord concentrés sur le raccordement de la population urbaine sur un réseau de collecte des eaux usées, actuellement ils portent sur une politique de réalisation de station d'épuration.

Vu l'importance des investissements pour la concrétisation de ce programme, des priorités ont été établies pour les agglomérations supérieures à 20 000 habitants jusqu' à l'horizon 2030.

(Martin, Haure et al. 2005).

Dans le cadre de cette politique générale arrêtée par l'Algérie en matière de protection des ressources en eau plusieurs stations d'épuration ont été réalisées.



Pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85%, seules 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées et seulement 20% de la population raccordée à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ses eaux usées. *(Salhi, Imache et al. 2012)*

L'intérêt porté par l'Algérie à la réutilisation des eaux usées en irrigation a pour origine des besoins en eau en forte augmentation.



I.6. Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation en Algérie :

L'intérêt porté par l'Algérie à la réutilisation des eaux usées en irrigation a pour origine des besoins en eau en forte augmentation (le ratio entre les superficies irriguées et irrigables est de 0,20). Un bilan de la situation de la réutilisation des eaux usées est présente (pour un taux de couverture du réseau de 85 %, 20 % des eaux usées sont traitées, puis rejetées sans objectif de réutilisation) puis la stratégie de développement de cette option est discutée. Les potentialités de la réutilisation des eaux usées (1/3 des volumes d'eaux usées est proche des périmètres irrigués) et les exigences de salubrité sont clairement mises en évidence dans le cadre de la modernisation de l'agriculture irriguée. En attendant de mettre en œuvre le projet sur le terrain, l'irrigation directe à partir des eaux usées brutes est pratiquée malgré son interdiction.

En conclusion, les efforts de modernisation doivent porter sur le contrôle de l'eau, la réhabilitation des ouvrages de traitement et des propositions en matière de gestion de l'eau. Des subventions doivent favoriser la diversification des cultures, en particulier autres que le maraichage. (*Salhi, Imache et al. 2012*).

À titre d'exemple, nous avons les stations suivantes qui sont utilisées pour l'irrigation :

- STEP de M'Léta. (Oran)
- STEP d'El Karma. (Oran)
- STEP de Tlemcen.
- STEP de Mascara.
- STEP de Boumerdes.
- Et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria

I.6.1. Potentialités des eaux usées épurées en Algérie :

Un programme ambitieux de réalisation d'installation d'épuration a été initié pour la réalisation de 478 STEP entre 2011 et 2030.

Parmi les 672 STEP prévues pour l'horizon 2030, 54 STEP sont situées à l'intérieur d'un GPI alors que 59 autres sont à moins de 2 km du périmètre, soit un total de 113 STEP offrant un potentiel intéressant pour l'injection des EUE des 559 STEP situées loin des servirs pour la création de nouveaux périmètres irrigués.

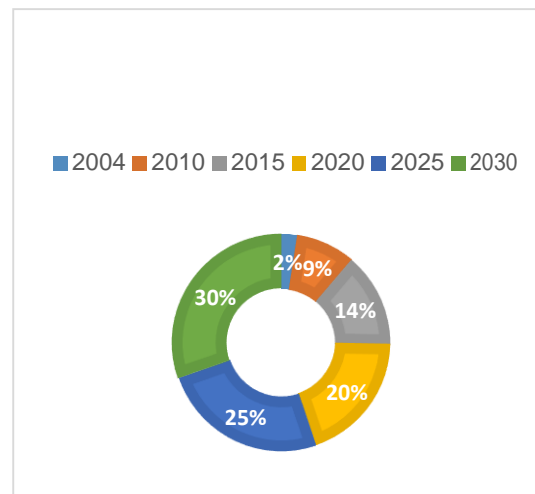


Figure I.7: planification des STEP en Algérie (TESCSULT)

2007) 5-4 Evolution des volumes des eaux épurées à l'échelle nationale :

Potentiel actuel

- **Chiffres clés du mois de Janvier 2020**
- Nombre de communes gérées par l'ONA : **1 147 Communes**
- linéaire total des réseaux géré par l'ONA : **55 281 Km**

- Nombre de centres d'assainissement : **268 centres**
- Volume des eaux usées rejetées : **105 Millions de m³**
- Nombre d'interventions réalisées : **32 832 interventions**
- Linéaire de réseau curé : **621 081 ml de conduites**
- Nombre de branchements réalisés : **71 branchements**
- Linéaire de conduites renouvelées : **971 ml**
- Nombre de regards réalisés : **80 regards**
- Volume de déchets solides évacués : **30 904 m³**
- Nombre de Station de relevages gérés par l'ONA : **499 Stations de relevage et de drainage**
- Nombre de **STEP** en exploitation par l'ONA : **154**
 - **76** stations de type boues activées.
 - **75** stations par lagunage naturel ou aéré.
 - **03** filtres plantés.

- Capacités installées des STEP : **10 390 779 Millions Equivalent habitants**
- Volume mensuel des eaux épurées : **21 Millions de m³**
- Débit moyen journalier des eaux usées épurées : **668 396 millions m³/j**



CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées



Le volume total réutilisé a atteint, à fin l'année 2017, près de 19 millions de mètres cubes, le taux de la REUSE est estimé à 40% du volume épuré par les 17 STEP concernées et à 10% du volume total épuré par la totalité des 144 STEP en exploitation par l'ONA

.

Le potentiel en eaux épurées, connaîtra une évolution significative, à l'horizon 2020, avec l'entrée en exploitation de plusieurs STEP en cours de réalisation et dont certaines sont, dotées d'un traitement tertiaire poussé, adapté à l'usage agricole non restrictif: **Boufarik, Beni Mered, Mohammadia....**

concernées par la REUE ; afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles, il s'agit de :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla,
- Guelma, Souk Ahras
- Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Froha, Khalouia, Tizi et Mohammedia, Boumerdes.



I.7. Impact des eaux usées épurée sur l'agriculture :

En raison de la rareté croissante des ressources naturelles en eau conventionnelle et étant donné la concurrence entre les secteurs du développement économique de point de vue en eau, la valorisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante essentielle dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques. Cependant, pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux exige une étude prudente et intégrée qui tienne compte surtout des aspects environnementaux. Le défi sera alors de concevoir et d'opérer une nouvelle génération de systèmes de gestion de l'eau qui soient en mesure de satisfaire la demande alimentaire dans un contexte de rareté de l'eau, tout en respectant les exigences de l'environnement.

Mais malgré son avantage l'irrigation par les eaux usées épurées a évoquée des impacts sur le sol et sur les eaux Souterraines (la dégradation de la qualité des eaux souterraines notamment par les nitrates), un impact sur La santé humaine .Aussi un impact sur le matériel d'irrigation (Les problèmes liés au bouchage), production végétale (la quantité d'azote fournie par le sol a dépassé celle apporté par les eaux usées, c'est effet de la salinité pour les cultures sensibles).

Les eaux usées contiennent de nombreuses substances présentant des dangers pour la santé Humaine. Ce sont les micro-organismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) et les micropolluants (métaux lourds et micropolluants organiques).

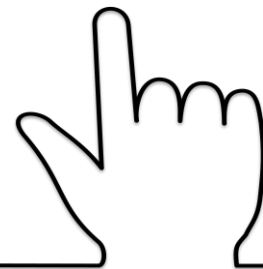
Dans les stations d'épuration, des traitements (décantation, filtration, digestion bactérienne, etc.) permettent de réduire fortement les concentrations de ces contaminants. Le risque sanitaire lié à l'utilisation d'eaux épurées dépend à la fois des concentrations en contaminants dans ces eaux, c'est à dire du niveau de traitement supplémentaire appliqué, et du degré d'exposition des populations. Ce degré d'exposition dépend de l'usage qui sera fait de l'eau. Celui-ci pouvant être agricole, industriel ou urbain.



Conclusion :

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus et la plus réaliste.

Cette réutilisation n'est pas un nouveau concept. Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et l'amélioration de niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau.



CHAPITRE II: Présentation de la zone d'étude



II.1. Introduction :

Dans un souci de protection de l'environnement, la station d'épuration a pour mission d'épurer les eaux usées de l'ensemble de la commune de Boufarik avant leur rejet dans l'oued. Elle jouera un rôle majeur dans la préservation des ressources hydriques, notamment à travers la réutilisation des eaux usées épurées. (Irrigation des zones agricoles et l'alimentation des industries). Ce chapitre constitue un aperçu global sur la station de Ben Chaabane avec ses principales filières de traitement.

II.2. Situation climatologique :

La région de BOUFARIK bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride qui caractérise la ville avec alternance d'une saison sèche et chaude (Mai – Septembre) et d'une saison humide (Octobre – Avril), elle subit pratiquement les mêmes variations saisonnières que la zone côtière.

II.2.1. Température :

Du point de vue climat la région est caractérisée par un hiver humide et un été sec. Les données enregistrées par la station climatologique de Dar El Beida qui est la plus représentative de la zone d'étude sont données dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : températures moyennes mensuelles.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T	23.2	19.4	15.3	12.1	11	11.8	12.8	14.6	17.6	21.2	24.2	25.2

(Source : station climatologique de Dar El-Beida « 2014 »)

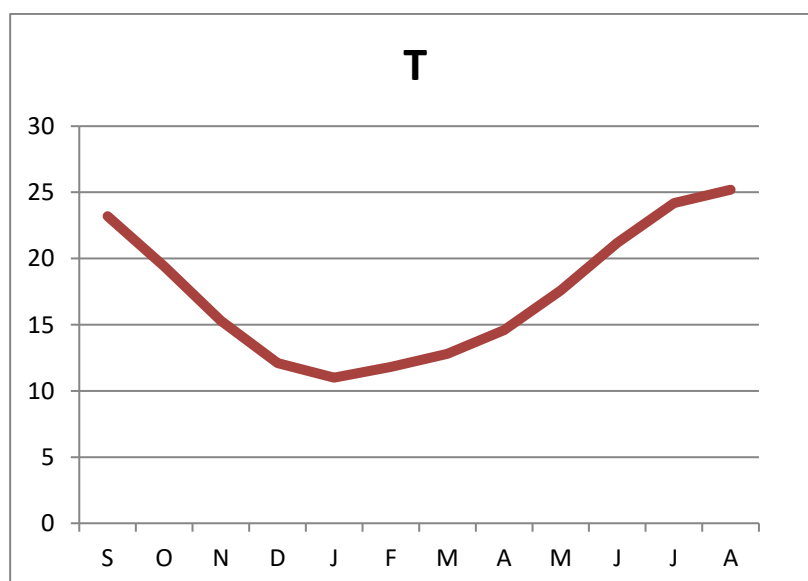


Figure II.1 : Graphe représentatif de températures moyennes mensuelles.



II.2.2. Humidité :

L'humidité relative mensuelle moyenne varie de 70 à 83% et de 60 à 63% respectivement pour les périodes allant de mois de Novembre au Mars et du mois d'Avril au mois d'Octobre.

II.2.3. Vents :

Les vents dominants proviennent de l'ouest pour les saisons d'automne et d'hiver et du nord en printemps et été.

Tableau II.2 : vitesse de vents mensuels en (m/s).

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
v	3.08	2.5	2	3.2	2.62	3.6	3	2.8	2.4	3.4	3.7	3.5

(Source ANRH « Blida 2012 »)

II.2.4. Pluviométrie :

Les rythmes pluviométriques sont méditerranéens caractérisées par une double irrégularité annuelle et interannuelle. La courbe annuelle des pluies se caractérise par un maximum très accusé en (Novembre-Avril), les pluies en juin, juillet et Aout sont négligeables. Les pluies de printemps sont peu implorantes, les orages d'été peu fréquents, mais brusques et violents provoquant des crues d'oued subites. Les précipitations varient entre 600 et 900 mm par an.



Tableau II.3 : Variation des précipitations.



mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
p max j	11.8	57.4	89.5	73.8	139.3	105	18.4	3.5	116.9	0	0	1

(Source ANRH « Blida 2008 »)

II.2.5. Situation topographique :

La région et ses alentours reporent sur un relief quasiment plat de très faible pente de 2% à 5% environ du sud vers le nord.

Elle présente un relief uniforme, avec une faible pente dans les altitudes varient de 53 à 64 MNGA dans le sens Nord-sud, 55 à 60 MNGA d'Ouest à l'Est.

Selon La Station de BOUFARIK PEPINIER de code **021209**

Le levé topographique est rattaché à la cote N.G.A dont les coordonnées sont :

Les coordonnées est en UTM

X(Km)	Y(Km)	Altitude (m)
518.55	363.40	60.00

(Source ANRH « Blida 2017 »)



II.2.6. Situation hydrogéologique :

Nous notons la présence de deux ensembles aquifères, ou plus exactement deux nappes :

- Une superficielle nommée nappe quaternaire.
- La deuxième profonde, nommée la nappe des grès astien.

Ces deux nappes sont séparées par un écran argileux, appelé communément marnes jaunes ou villafranchien.

II.3. Situation hydraulique :

II.3.1. Alimentation en eau potable :

Le système d'alimentation en eau potable de notre zone d'étude est composé du champ de captage, des forages, des stations de reprise, Adductions, Ouvrages de Stockage et des réseaux de distribution.

II.3.2. Assainissement :

Le réseau d'assainissement de notre zone d'étude est de type unitaire. Ce réseau est composé d'un ancien réseau, composé aussi des collecteurs principaux sous forme rectangulaire, Ovoïde et de formes circulaires dont les diamètres allant jusqu'à 2000 mm. Et il rejette directement dans le milieu naturel (oued LEKHALE...).

II.4. Historique de la station d'épuration de Ben Chaabane :

La station d'épuration [STEP] de Boufarik mise en service en septembre 2019. La station d'épuration des eaux usées de Boufarik se situe à Ben Chaâbane, Chef-lieu de la commune de Ben Khlil qui se trouve au nord de la wilaya de Blida.

Cette station qui s'étend sur 6 Ha a une capacité de 375 000 EH et un volume d'eau usée de 60 000 m³/j à traiter. Le procédé de traitement retenu pour cette station est le procédé à boues activées aérobies à moyenne charge.

Cette installation est conçue pour recevoir l'ensemble des rejets des 07 communes de la wilaya de Blida, notamment Boufarik, Ben Khlil, Soumâa, Guerouaou, Beni Tamou, Oued Alleug et Bouinan

La station de Boufarik a été réalisée pour épurer les eaux usées des communes citées précédemment et rejeter dans le milieu récepteur une eau moins polluée qui n'affecte pas les écosystèmes se trouvant en aval de la station.

L'épuration des eaux comprend deux filières de traitement, une filière EAU qui permet l'élimination de la pollution particulaire et carbonée et une filière BOUE qui traite les boues issues du traitement de l'eau.



CHAPITRE II: Présentation de la zone d'étude



Figure II. 2 : Vue générale de la Station d'épuration de Ben Chaabane.(Google earth)



II.5. Situation géographique de la station d'épuration de Ben Chaabane :

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Boufarik-Wilaya de Blida se situe à Ben Chaabane, chef lieu de la commune de Ben Khelil qui se trouve au nord de la Wilaya de Blida. Délimitée au Nord par le CW n°112, au Sud par l'Oued Tlata, à l'Est par un terrain agricole et à l'Ouest par un terrain privé et par le village d'Ain Aicha. Cette installation est conçue pour recevoir l'ensemble des rejets des 07 communes de la Wilaya de Blida, notamment Boufarik, Benkhellil, Oued Alleug, Soumâa, Guerrouaou, Beni Tamou et Bouinane.

Les eaux usées de ces communes sont traitées et rejetées dans le milieu récepteur avec une eau épurées qui n'affecte pas les écosystèmes se trouvant en aval de la Station.

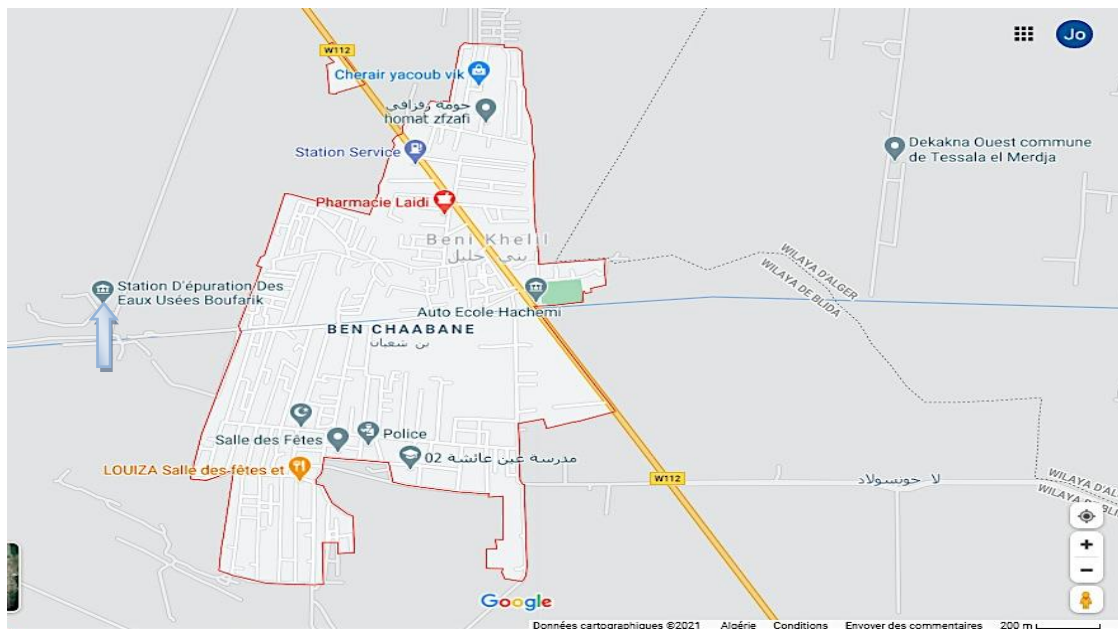


Figure II. 3 : localisation carte de la STEP de Ben Chabaane.



II.6. Fonctionnement de la station :

Les effluents en provenance de Boufarik sont acheminés gravitairement par le biais d'un collecteur de 1500 mm au niveau de la bêche d'arrivée.

Le système d'épuration est composé de deux filières de traitement qui sont :

➤ FILIERE EAU

Caractérisée par les opérations suivantes :

- fosse à bâtards.
- dégrillage grossier mécanisé.
- relevage de tête.
- dégrillage fin mécanisé, by-pass et comptage des eaux brutes.
- dessablage déshuilage aéré.
- décantation primaire.
- bassin d'aération de type moyenne charge (aération y compris zone de dégazage) doté de système d'apport d'oxygène.
- Clarificateur.
- Désinfection par hypochlorite de sodium et canal de comptage des eaux épurées type Venturi.

➤ FILIERE BOUE

Les boues générées par l'épuration seront traitées comme suit :

- recirculation des boues et extraction des boues en excès ;
- épaissement gravitaire des boues en excès ;
- stabilisation aérobie des boues ;
- déshydratation mécanique des boues et lits de séchage de secours installés.

II.6.1. Caractéristiques techniques de la station :

- Capacité de la station : 375 000 EH à l'horizon 2030.
- Volume d'eaux usées à traiter : 60 000 m³/j.
- Type de procédé d'épuration : Boues activées à moyenne charge.

II.6.2. Caractéristiques des eaux brutes :

- Pollution domestique : 375 000 EH à l'horizon 2030.
- Débit journalier : 60 000 m³/j.
- Débit horaire moyen : 2500 m³/h.
- Débit de pointe temp sec : 4000 m³/h.
- Demande biologique en oxygène (**DBO5**) : 28 125 Kg/j
- Demande chimique en oxygène (**DCO**) : 56 250 Kg/j
- Matières en suspension (**MES**) : 26 250 Kg/j
- Azote (**NTK**) : 4500 Kg/j
- Phosphore (**P**) : 938 Kg/j



II.6.3. Caractéristiques des installations de la station d'épuration:

Voici les cinq grandes étapes à retenir au niveau du fonctionnement de la station d'épuration:

Bâche d'arrivée :

Les madriers et les plastiques transportés par les eaux usées sont souvent la cause de l'arrêt du dégrilleur grossier. Ce dernier fonctionne en mode horloge.

II.6.3.1. Prétraitement:

➤ le dégrillage:

Les eaux usées seront refoulées vers le poste de dégrillage, qui comprendra 4 canaux de dégrillage de largeur 1.2m Anchrage automatique. Elles passent alors à travers un dégrilleur, une sorte de tamis, qui les débarrasse des matières grossières et inertes (chiffons, morceaux de bois, plastiques, feuilles,...).

Après le nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles avec de plus faibles espacements, peut compléter cette phase du prétraitement. Cette figure montre un poste de dégrillage.



Figure II. 4: dégrillage.



Figure II. 5: Refus de dégrillage



Figure II. 6: Refus de dessablage



➤ le dessablage et le déshuilage :

Les étapes suivantes permettent de débarrasser l'eau des matières qui n'ont pas été arrêtées par le dégrillage.

Grâce à la réduction de vitesse de l'écoulement, il est possible de récupérer les sables et les graisses (qui sont raclées en surface).

Les eaux s'écoulent d'abord dans un premier bassin (appelé le « dessaleur ») où les matières plus lourdes que l'eau (sables, graviers,...) se déposent au fond. Puis elles passent dans un deuxième bassin, où les graisses seront récupérées en surface. Les bassins sont équipés d'un pont automoteur et de pompes aératrices. Ces pompes, installées le long de chaque ouvrage, diffusent de fines bulles d'air qui favorisent la remontée des graisses et corps flottants en surface. Le pont automoteur assure un raclage de surface pour pousser les flottants sur des goulottes et bâches de pompage. Les produits récupérés sont évacués en vue d'un traitement ultérieur. (Traitement des boues) Les eaux sont alors évacuées et continuent leur assainissement dans la station. Cette image montre un Dessableur-desuileur.



Figure II. 7: Dessableur-déshuileur



II.6.3.2. Le Traitement Primaire

➤ Le décanteur primaire

Il consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé décanteur pour former les boues primaires. Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement s'effectue par des voies *physico-chimiques* pour faciliter la décantation.

Le pont du décanteur primaire fonctionne en continu. Les boues primaires sont extraites du décanteur via des pompes pour être envoyées vers l'épaississeur.



Figure II. 8: décanteur primaire.



II.6.3.3. le traitement biologique :

C'est la partie essentielle du traitement. Les trois bassins d'aérations de forme circulaire seront alimentés en eau usées prétraitée, chaque bassin sera équipé avec un oxymètre permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène de la biomasse. Après un temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération, le mélange eaux boues activées sera évacué par l'intermédiaire d'un déversoir vers les ouvrages de dégazage.

Les effluents sont ensuite envoyés vers deux dégazeurs, un dégazeur assure également la répartition de la liqueur mixte entre 4 clarificateurs et l'autre pour 2 clarificateurs à l'aide de déversoir.

Il est possible d'isoler chaque clarificateur par la fermeture de la vanne murale d'alimentation de la file concernée. Cette image montre un bassin biologique.



Figure II. 9: Bassin biologique



➤ **la clarification :**

Cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques.

Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs". La liqueur mixte maintenue en suspension dans les bassins d'aération passe dans six bassins de clarification de forme circulaire pour y obtenir un surnageant clair et limpide que l'on peut évacuer vers le milieu récepteur après le traitement tertiaire.

L'alimentation dans le puits centrale de chaque clarificateurs s'effectue à partir des cheminées de départ du dégazage par l'intermédiaire d'une canalisation passant sous radiers.

Chaque clarificateurs sera équipé d'un pont racleur qui contiendra :

-Des lames racleuses de fond qui ramèneront les boues vers la fosse centrale à boues ou elles seront reprises par l'intermédiaire des pompes sucées vers la filière de traitement des boues. Des lames de surfaces permettant de récupérer les écumes et métiers flottantes. Cette image montre un clarificateur.



Figure II. 10: clarificateur.



II.6.3.4. le traitement des boues

Les boues primaires et biologiques sont envoyées vers l'**épaississeur** pour être épaissies puis elles seront acheminées à la **déshydratation** via pompage pour un traitement final afin d'éliminer l'eau contenue dans les boues. Cette étape a comme but de faciliter leur transport ou stockage.



Figure II. 11: Accumulation de boues.



➤ **Epaississement des boues**

L'épaississement des boues se fait gravitairement au niveau des deux épaisseurs ayant chacun un volume de 1270,5 m³, ce procédé permet de concentrer les boues en consommant peu d'énergie. Ce dernier est alimenté actuellement depuis la bêche de répartition qui reçoit les boues primaires, les boues biologiques en excès et les effluents des postes à flottants des décanteurs et clarificateurs. Les boues épaissies gravitairement doivent avoir une concentration en matières sèches > 35 g/l. La concentration moyenne du mois de Janvier est de 48 g/l.

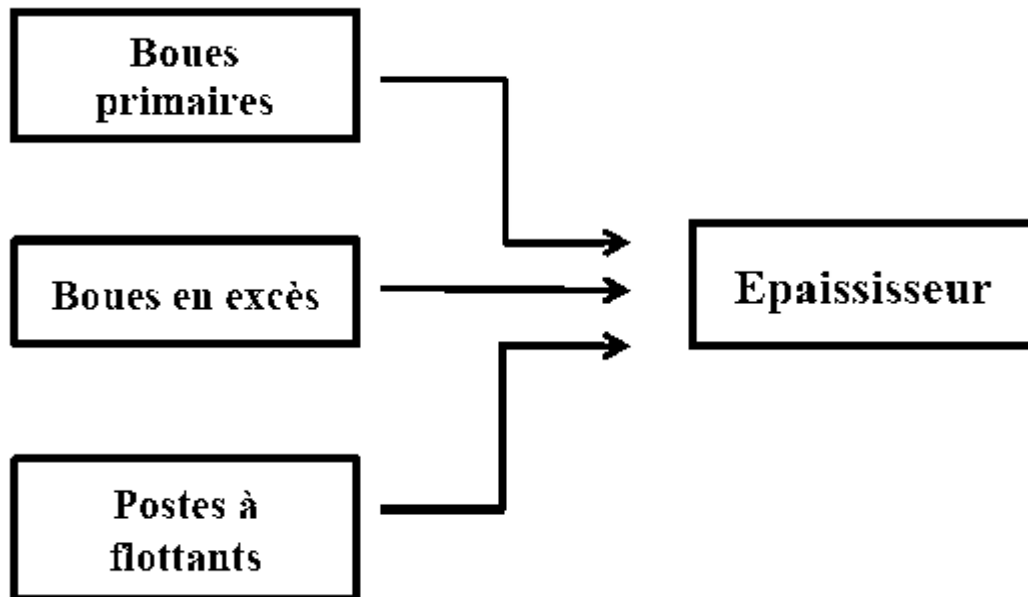


Figure II. 12: schéma explicatif des étapes de traitement de boues.



➤ **Stabilisation des boues :**

La stabilisation aérobie des boues a pour but la réduction de matières organiques de 40%. Cette réduction s'effectue par une aération de la boue sans apport de substrat carboné, ceci favorisant une auto-synthèse de la masse cellulaire, donc une dégradation de la masse organique. Les temps de traitement des boues lors d'une stabilisation aérobie sont de 15 jours en moyenne et 14 jours en pointe à 12 °C.

La stabilisation sera effectuée dans 2 bassins ayant un volume de 5820 m³ chacun. L'aération des boues est assurée par 6 turbines verticales dont le rendement d'oxygénation retenu est de 1,7 kg O₂ en conditions standards.

La concentration en matières sèches des boues stabilisées doit être > 22 g/l et le rendement de la réduction des MVS doit être > 40 %.

La stabilisation n'est pas fonctionnelle à cause de la faible charge hydraulique

➤ **Déshydratation des boues**

L'atelier de déshydratation a été dimensionné pour un fonctionnement de 18 h par jour, 5 jours par semaine pour une concentration moyenne des boues de 25 g/l. La déshydratation des boues est assurée par 4 combinés tables d'égouttage et filtres à bandes presseuses. Les boues aspirées dans les ouvrages de stabilisation sont refoulées vers l'atelier de déshydratation. Elles sont floculées par injection d'un polymère en tête de chaque machine, ce qui permet d'améliorer la formation des floccs.

La qualité de la boue déshydratée est satisfaisante, l'atelier ne rencontre aucun problème d'ordre technique.



Figure II. 13 : filtre à bande lors de la déshydratation.

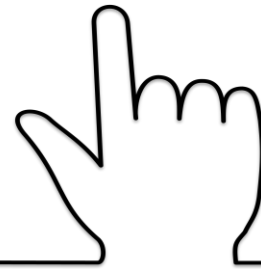


Conclusion :

Les traitements des eaux usées peuvent être réalisés de manière collective dans la station de Ben Chaabane à Boufarik.

Ainsi la station assure un traitement global des eaux usées pour garantir la pérennité de l'écosystème dans son ensemble.

Pour les métaux lourds il faut encore effectuer des analyses pour s'assurer d'avantage que les eaux usées épurées ne présenteront pas de risque à long terme car on envisage une réutilisation des eaux à divers usagers.



CHAPITRE III : Matériel et Méthodes



III.1. Introduction :

Les eaux usées sont susceptibles de renfermer et véhiculer une grande variété d'un polluant organique et d'agent pathogène pour l'homme. Les organismes pathogènes présents dans les eaux usées d'une collectivité en reflètent l'état sanitaire.

Le traitement de l'eau usée a pour but principale d'éliminer ou détruire ces polluants et ces microorganismes.

L'objectif principale de ce travail est de faire évaluer la qualité de traitement physico-chimique et microbiologique de la station d'épuration des eaux-STEP de Boufarik et cela en effectuant les analyses physico-chimique et le dénombrement des indicateurs d'irrigation des eaux usées de la station d'épuration en trois points de traitement, l'eau brute, au niveau de décanteur et l'eau de sortie.

L'étude qui présente est une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement dans la station d'épuration des eaux usées de Boufarik, dans une perspective de réutilisation agricole et/ou de la protection des milieux naturels récepteurs.



III.2. Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine, elle est caractérisées par un certain nombre de paramètres : les plus utilisés sont les suivants :

- Température.
- PH.
- DBO5 : demande biochimique en oxygène en cinq jours.
- DCO : demande chimique en oxygène.
- MES : matières en suspension.
- Azote nitrique (NO₃-N)
- Azotes nitrites (NO₂-N)
- Azotes ammoniacal (NH₄-N).
- Phosphore total (PT).

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives.

III.3. Méthode de mesure :

III.3.1. Mesure de potentiel d'hydrogène (PH) et température :

Cette mesure est effectuée au laboratoire à l'aide de PH mètre, ce dernier permet de mesurer le PH ainsi que la température de l'échantillon à analyser. Il est équipé de deux sondes. Mesure le P^H de l'échantillon à analyser et l'autre mesure sa température.

➤ *Mode opératoire :*

- préparer l'électrode à l'utilisation et rincer l'électrode à l'eau déminéralisée puis avec l'échantillon et agiter doucement.
 - Sélectionner mesuré, l'affichage indique la stabilisation de l'échantillon.
- ensuite, la valeur de PH et la température est lue directement sur l'écran de l'appareil.



Figure III. 1: PH mètre

III.3.2. Mesure de l'oxygène dissous:

Cette mesure est effectuée au laboratoire à l'aide d'un oxymètre.

Mode opératoire :

- rincer abondamment la sonde (électrode) avec l'eau distillée.
- introduire la sonde dans la solution à analyser.
- lire la valeur directement sur l'écran de l'appareil après stabilisation.



Figure III. 2 : mesure de l'oxygène dissous.



III.3.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5):

Le DBO_5 : c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. La DBO_5 n'est représentative que de la pollution organique carbonée biodégradable si l'on prend le soin de bloquer les réactions de nitrification lors de la mesure.

La demande biochimique en oxygène (DBO_5) effectuée par *DBO-mètre*.

➤ *Mode opératoire :*

-Préalablement, rincer la bouteille de *DBO-mètre* à l'eau de prélèvement pour l'entrée prend 160ml, et pour la sortie 420ml de l'eau épurée.

-mettre dans le premier bouchon en plastique une ou deux pastilles de (KOH) pour absorber le (CO_2).

-fermer la bouteille de la *DBO-mètre* par le deuxième bouchon.

-Après cinq jours, le *DBO-mètre* trace la courbe de DBO_5 correspondant à l'échantillon à analyser et la valeur de la DBO_5 .



Figure III. 3: Mesure DBO_5 avec *DBO mètre*



III.3.4. Détermination des matières en suspension :

La détermination de *MES* en eau est effectuée par filtration pour les eaux épurées. la Centrifugation est surtout réservée pour les eaux usées contenant trop des matières colloïdales pour être dans des bonne conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure.

➤ *Mode opératoire :*

-laver le disque de filtration à l'eau distillé et placer-le sur le verre de montre en pyrex, puis sécher à l'étude a 105 C° jusqu' à masse constante (au moins 1 heure)

.-agiter l'échantillon à analyser, puis verser dans une fiole un volume de 100ml pour l'eau brute et 250 ml pour l'eau épurée.

-peser avec la balance de précision.



Figure III. 4 : mesure de MES



III.3.5. Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO) :

La **DCO**, pratiquée surtout sur les effluents, correspond à la consommation globale à chaud de l'oxygène du dichromate de potassium et est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables. Cette mesure est effectuée sur laboratoire par micro-méthode.

➤ **Mode opératoire :**

- ☞ introduire 2 ml d'eau de l'entrée et sortie à analyser dans un tube.
- ☞ ajouter 5 ml de dichromate de potassium et agiter soigneusement le tube et mettre le placer dans le bloc chauffant.
- ☞ mettre le mélange sous une température de 148°C pendant 2 heures.



Figure III. 5: mesure de la DCO avec spectrophometre.



III.4. Faisabilité des eaux a l'irrigation :

III.4.1. Alcalinité :

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu. Lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR – Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et CE (salinité) devraient être employés en association pour évaluer les problèmes potentiels éventuels (*Rhoades, 1977*).

Tableau III. 1 : Classification de l'eau pour l'alcalinité (LEENTCH).

Classe d'eau	Valeur de HCO ₃	Qualité de l'eau
1	<1,5	Excellent
2	1,5-7,5	Léger et modéré
3	7,5	Sévère

III.4.2. La dureté :

L'eau contient de fortes concentrations de fer, de manganèse, de sulfates, de carbonates et / ou de bicarbonates. Il pourrait également se référer spécifiquement à la concentration de calcium ou de carbonates de calcium. Sans savoir à quoi se réfère chaque rapport d'analyse d'eau, il est difficile de fournir des limites. Les concentrations de bicarbonate entre 90 et 200 mg / L peuvent causer des problèmes croissants de croissance des plantes et provoquer des taches sur le feuillage ou le récipient. Les concentrations supérieures à 500 mg / L ne conviennent pas pour la micro-irrigation.

Le calcium est requis pour la croissance des plantes à de faibles concentrations et n'est pas considéré comme toxique, mais des concentrations élevées peuvent affecter le rapport

Calcium

/ Magnésium et entraîner une accumulation de tartre. Des niveaux de carbonate de calcium



(Alcalinité) supérieurs à 125 mg / L peuvent entraîner l'élévation du pH à des niveaux inacceptables. Au-dessus de 500 mg / L causera de graves problèmes et ne convient pas à l'eau d'irrigation. (Evans, O'connor et al. 1989).

Tableau III. 2 : Degré relatif de dureté de l'eau selon $CaCO_3$ (CRAAQ, 2003)

<i>Dureté (ppm $CaCO_3^*$)</i>	<i>Degré relatif de dureté</i>
<i>0-50</i>	<i>très douce</i>
<i>50-100</i>	<i>Douce</i>
<i>100-200</i>	<i>modérément douce</i>
<i>200-300</i>	<i>Dure</i>

III.4.3. Pourcentage de sodium soluble :

La présence de sodium (Na^+) dans l'eau d'irrigation réagit avec le sol pour réduire la perméabilité et ses utilisations répétées rendent le sol imperméable, tandis que le sodium élevé conduit au développement de sols alcalins. Une forte saturation en sodium entraîne également une carence en calcium. L'irrigation fréquente avec de l'eau à haute teneur en sodium (Na^+) pendant une durée considérable rend le sol plastique et collant à l'état humide et forme des mottes et de la croûte à l'état de séchage. En revanche, la présence de sels de calcium ou de magnésium dans l'eau d'irrigation retarde l'effet néfaste du sodium en augmentant la perméabilité des sols (Lal and Arnold 1985) et (Asaduzzaman 1985). Le SSP est défini par l'équation suivante : (Lee, Cox-Singh et al. 2009)

$$SSP = \left(\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \right) \quad (III - 1)$$

Tableau III. 3 : Classification de l'eau pour SSP (Bouarfa, Hammani et al. 2002).

<i>Classe d'eau</i>	<i>Valeur de SSP</i>	<i>Qualité de L'eau</i>
<i>1</i>	<i><20</i>	<i>Excellent</i>
<i>2</i>	<i>10-18</i>	<i>Bien</i>
<i>3</i>	<i>16-26</i>	<i>Just</i>
<i>4</i>	<i>> 26</i>	<i>Pauvre</i>

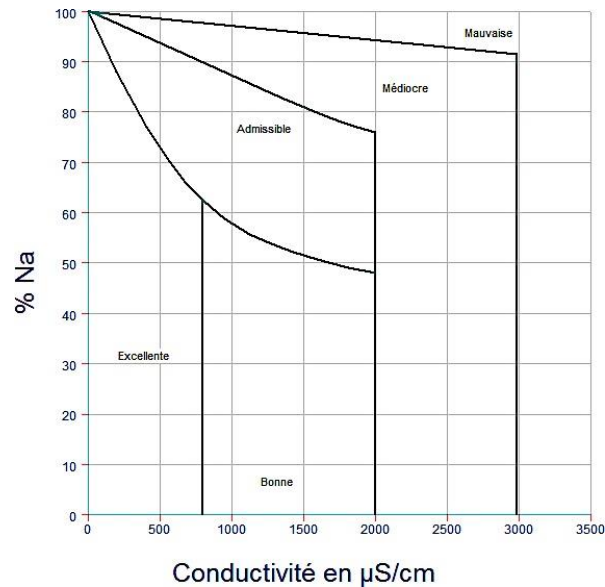


Figure III. 1 : Diagramme de RICHARD pour classification de l'eau à l'irrigation.

Le diagramme de **RICHARD** pour la classification des eaux d'irrigation est basé sur la conductivité électrique en $\mu\text{S}/\text{cm}$. et sur le Pourcentage de sodium soluble Les valeurs **SSP** calculées et les données **CE** (*conductivité électrique*) dans laboratoire ont été utilisées pour expliquer la pertinence des eaux épurées à des fins d'irrigation. Le diagramme de **RICHARD** pour classer la qualité de l'eau à des fins d'irrigation. Le diagramme rapporte le Pourcentage de sodium soluble qui exprime le danger de risque de salinité. La conductivité dans l'eau d'irrigation peut être classifiée en zones de salinité faible (**C1**), moyenne (**C2**), haute (**C3**) et très élevée (**C4**). Les zones (**C1** et **C4**) ont une valeur EC inférieure à 250, 250 e 750, 750 et 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et supérieure à 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivement. Le risque le Pourcentage de sodium soluble est exprimé, en termes de classification de l'eau d'irrigation, comme faible (**S1** : <20), moyen (**S2** : 10-18), élevé (**S3** : 16-26) et très élevé (**S4** > 26).



III.4.4. Ratio d'absorption de sodium :

Il existe une relation significative entre les valeurs *SAR* de l'eau d'irrigation et la mesure dans laquelle le sodium (Na^+) est absorbé par le sol. Si l'eau utilisée pour l'irrigation est riche en sodium (Na^+) et pauvre en calcium, le complexe de changement de cations peut devenir saturé en sodium (Na^+). Cela peut détruire la structure du sol en raison de la dispersion des particules d'argile. En outre, les sols contenant une forte proportion de sodium (Na^+) avec du carbonate et du chlorure ou du sulfate sont appelés eaux alcalines ou salines, respectivement (Hu and Todd 1981), Cependant, en 1954, il a été proposé que le pourcentage de sodium soit remplacé par un rapport significatif appelé Sodium Adsorption Ratio ou *SAR* parce qu'il a une relation directe avec l'adsorption du sodium par les sols (Babu and Angira 2005).

Le *SAR* est défini par l'équation suivante :(Richards 1969)

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}} \quad (III - 2)$$

Tableau III. 4 : Classification de l'eau pour de *SAR* (Šimůnek, van Genuchten et al. 2008).

Classe d'eau	Valeur de <i>SAR</i>	Qualité de l'eau	Caractéristiques
1	0- 4	Excellent	Eau faible en sodium peut être utilisée pour l'irrigation sur la plupart des sols avec un minimum de danger de niveaux nocifs de sodium échangeable.
2	04-09	Bien	Une bonne eau de sodium moyenne présentera un risque de sodium appréciable dans un sol à texture fine ayant une capacité d'échange de cations élevée.
3	09-14	Modérément	Riche en sodium produit des niveaux nocifs de sodium échangeable dans la plupart des sols.
4	>14	Inapproprié	Une eau à très haute teneur en sodium inadéquate est généralement isatis faisant pour l'irrigation.



III.4.5. Diagramme de WILCOX pour détermination de SAR :

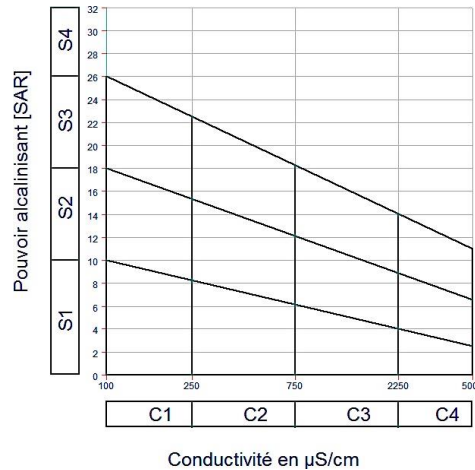


Figure III. 2 : Diagramme de Wilcox pour classification de l'eau à l'irrigation.

Le diagramme de **WILCOX** pour la classification des eaux d'irrigation est basé sur la conductivité électrique en $\mu\text{S}/\text{cm}$. et sur le taux d'adsorption du sodium. Les valeurs **SAR** calculées et les données **CE** (conductivité électrique) dans laboratoire ont été utilisées pour expliquer la pertinence des eaux épurées à des fins d'irrigation. Le diagramme de Wilcox pour classer la qualité de l'eau à des fins d'irrigation. Le diagramme rapporte le taux d'adsorption de sodium (**SAR**), qui exprime le danger de sodium ou d'alcali, à **CE** (un risque de salinité). La conductivité dans l'eau d'irrigation peut être classifiée en zones de salinité faible (**C1**), moyenne (**C2**), haute (**C3**) et très élevée (**C4**). Les zones (**C1** et **C4**) ont une valeur **CE** inférieure à 250, 250 et 750, 750 et 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et supérieure à 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivement. Le risque de sodium est exprimé, en termes de classification de l'eau d'irrigation, comme faible (**S1** : <4), moyen (**S2** : 04 -09), élevé (**S3** : 09-14) et très élevé (**S4** : > 14).

Toutes les valeurs **SAR** se situaient à l'intérieur de **S1**, ce qui implique un faible risque de sodium (USSSL, 1954). Cependant, les eaux épurées pour l'irrigation pour tous l'indiquaient un risque de salinité moyenne en classe **C2**, mais les valeurs **SAR** se situaient à l'extérieur de **S1**, ce qui implique un risque élevé de salinité, Il est donc nécessaire de surveiller la salinité des eaux épurées avant l'irrigation.



III.4.6. Sodium échangeable :

Une échelle de pourcentage de sodium échangeable (*ESP*) est incluse à l'échelle *SAR*. Cette échelle *ESP* est basée sur une équation empirique qui relie *ESP* à *SAR*. Il est possible d'estimer à partir de l'échelle centrale la valeur *ESP* du sol qui est en équilibre avec cette eau d'irrigation. Dans des conditions de terrain, l'*ESP* réel peut être quelque peu supérieur à la valeur d'équilibre estimée. En effet, la concentration de la solution du sol est augmentée par l'évaporation et la transpiration des plantes, ce qui entraîne une *SAR* plus élevée et un *ESP* plus élevé. (Grant, Dachnowski-Stokes et al. 1941) .

Le *ESP* est définie par l'équation suivante :(Eaton 1950)

$$ESP = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 100 \quad (III - 3)$$

Tableau III. 5 : Classification de l'eau pour le sodium échangeable (Lamond, R. et D.A. Whitney. 1992)

Classe d'eau	valeur d'ESP	Qualité d'eau	Caractéristiques
1	0-10	faible	Aucun effet néfaste sur le sol n'est Probable.
2	10>	excessif	La dispersion du sol résultant en une mauvaise condition physique du sol et une croissance des plantes sont probables.



III.4.7. Bicarbonate de sodium résiduel (RSBC) :

La concentration de bicarbonate et de carbonate affecte l'aptitude de l'eau à l'irrigation. L'eau à haute *RSBC* a un *pH* élevé. Le sol irrigué avec une telle eau devient infertile et conduit au dépôt de carbonate de sodium .(Eaton 1950)

Le RSBC est calculé par l'équation suivante :(Gupta and Ksienski 1983).

$$RSBC = HCO_3^- - Ca^{2+} \quad (III - 4)$$

Tableau III. 6 : Classification de l'eau pour le RSBC (Gupta 1987)

<i>Class d'eau</i>	<i>Valeur de RSBC</i>	<i>Qualité d'eau</i>
<i>1</i>	<i><05</i>	<i>satisfaisant</i>
<i>2</i>	<i>05-10</i>	<i>Marginal</i>
<i>3</i>	<i>> 10</i>	<i>insatisfaisant</i>

III.4.8. Risque de Salinité :

La salinité pose un problème dès l'instant où l'accumulation de sel dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement et ralentit la croissance des végétaux (*Perrot, Derville et al. 2009*), il faut d'abord rappeler que sur les plantes spontanées ou cultivées la salinité à deux actions bien distinctes qui peuvent très souvent se produire simultanément. L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.



Tableau III. 7 : Classification de l'eau pour risque de salinité (Adapté des données de FAO)

Classe d'eau	Conductivité de l'eau	Qualité d'eau	Caractéristiques
1	<250µs/cm	bonne qualité de l'eau.	faible teneur en solution saline
2	250-750µs/cm	juste qualité de l'eau	moyen teneur en solution saline
3	750-225µs/cm	mauvaise qualité de l'eau	haute solution saline

III.4.9. Indice de perméabilité :

Problème de perméabilité liée à la qualité de l'eau se produit lorsque le taux d'infiltration d'eau dans et à travers le sol est réduit par l'effet de sels spécifiques ou le manque de sels dans l'eau à tel point que la culture n'est pas suffisamment approvisionnée en eau et le rendement est réduit.

En outre, les carbonates et les bicarbonates peut également affecter la perméabilité du sol et doit être évalué. Le négatif l'influence du sodium sur la perméabilité du sol a été de nombreuses années. Mais dans de nombreux cas, l'évaluation du sodium l'influence seule a prouvé être dans l'erreur essentiellement. (Rhoades and Merrill 1976)

L'indice de perméabilité est donné par la formule suivante :(Ashley, Dhorda et al. 2014)

$$PI = \left(\frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \right) \quad (III - 5)$$

Tableau III. 8: Classification de l'eau pour l'indice de perméabilité.

Class d'eau	indice de perméabilité	Qualité d'eau
1	> 75 %	Excellent
2	25-50%	Bien
3	<25%	Inapproprié



III.4.10. Conductivité électrique :

La conductivité électrique (*CE*) est un paramètre important dans les évaluations de la qualité des eaux souterraines pour la consommation et l'irrigation, car elle est liée à la concentration de particules chargées dans l'eau. Elle est un outil puissant pour mesurer les risques de salinité pour les cultures. (*Raghunath 1987*). Systèmes importants de classification de la qualité de l'eau tel que le diagramme de *Wilcox (1948)*.

Tableau III. 9 : Qualité des eaux pour la conductivité électrique (Wilcox 1955)

<i>Classe d'eau</i>	<i>Valeur de la conductivité</i>	<i>Qualité de l'eau</i>
<i>1</i>	<i><250</i>	<i>Excellent</i>
<i>2</i>	<i>250-270</i>	<i>bien</i>
<i>3</i>	<i>2250-5000</i>	<i>Douteux</i>
<i>4</i>	<i>>5000</i>	<i>Inapproprié</i>

III.4.11. Indice de Kelly :

Selon l'indice de Kelly (*KI*), les eaux sont classées à des fins d'irrigation. Le sodium mesuré par rapport au calcium et au magnésium est pris en compte pour le calcul de ce paramètre (*Nag, 2014*). Un rapport de Kelly (*KR*) de plus d'un indique un niveau excessif de sodium dans les eaux (*Deshpande et Aher, 2012*)

Le KR est défini par l'équation suivante : (Deshpande et Aher, 2012)

$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \quad (III - 6)$$



Tableau III. 10 : Qualité de l'eau pour le ratio de Kelley (Kelley, Brown et al. 1940)

<i>Class d'eau</i>	<i>Kelley's ratio</i>	<i>Qualité de l'eau</i>	<i>Caractéristiques</i>
<i>1</i>	<i><1</i>	<i>Approprié pour l'irrigation</i>	<i>-</i>
<i>2</i>	<i>1 ≤ KR ≤ 2</i>	<i>Marginal</i>	<i>Très peu de sodium sera absorbé</i>
<i>3</i>	<i>>2</i>	<i>Inapproprié</i>	<i>L'absorption de sodium tend à augmenter proportionnellement.</i>

III.4.12. Indice de Stuyfzand :

Les chlorures dans l'eau peuvent causer des problèmes. De nombreuses plantes sont sensibles à une forte concentration de *chlorure* et parfois à un niveau élevé de (Na^+) dans leurs feuilles (*Miller and Donahue 1995*). La teneur en ions chlorure dans l'eau d'irrigation augmente avec l'augmentation des ions *CE* et sodium. Si la concentration de chlorure dans les feuilles dépasse la tolérance de la culture, les symptômes de la blessure se développent tels que la brûlure des feuilles ou le dessèchement du tissu foliaire (*Ayers and Westcot 1985*).

Tableau III. 11 : Classification des eaux pour le chlorure (Stuyfzand).

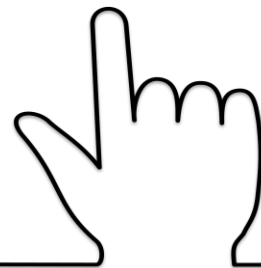
<i>Classe d'eau</i>	<i>Valeur de Cl</i>	<i>Qualité de l'eau</i>
<i>1</i>	<i>< 0,141</i>	<i>Oligohaline</i>
<i>2</i>	<i>0,141-0,846</i>	<i>Oligohaline fraîche</i>
<i>3</i>	<i>0,846-4,231</i>	<i>Fraiche</i>
<i>4</i>	<i>4,231-8,462</i>	<i>Fraiche saumâtre</i>
<i>5</i>	<i>8,462-28,206</i>	<i>Saumâtre</i>
<i>6</i>	<i>28,206-282,064</i>	<i>Saumâtre salée</i>
<i>7</i>	<i>282,064-564,127</i>	<i>Salée</i>
<i>8</i>	<i>> 564,127</i>	<i>très salée</i>



Conclusion :

La plupart des problèmes reliés à l'eau d'irrigation surviendront avec le temps. D'autre part, une eau de faible qualité et le rend plus sensible aux stress environnementaux et aux maladies. L'analyse de la qualité de cette eau en fonction des critères exposés dans cet article peut permettre d'éviter certains problèmes et de planifier des solutions à long terme. L'eau est certes l'un des éléments les plus importants dans la régie d'un terrain et une attention particulière doit lui être apportée. Il faut notamment surveiller les changements environnementaux comme les travaux d'excavation et de drainage, l'avènement d'un nouveau type d'entreprise dans la région, la pollution par les cheminées industrielles, les épandages agricoles, etc.

En cas de doute sur l'impact de l'eau utilisée pour l'irrigation, il faudra procéder à de nouvelles analyses.



CHAPITRE IV: Résultats et Discussion



IV.1. Introduction :

Il existe plusieurs critères de contrôle de qualité des eaux destinée à une activité agricole. Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé les 9 indice de qualité dont le taux d'absorption du sodium (**SAR**), le pourcentage d'échange de sodium (**SSP**), sodium échangeable (**ESP**), indice de KELLY (**KR**), indice de perméabilité (**IP**), la conductivité électrique (**CE**), la salinité. A côté de ces critères, nous avons utilisé le diagramme de Wilcox, diagramme de Richards, diagramme de données. Ces méthodes décrivent le pouvoir alcalinisant des eaux. Elles sont utilisées en combinaison afin d'évaluer le risque potentiel de salinisation des sols. Pour contrôler les effets négatifs des eaux d'irrigation sur les sols et les plantes.

IV.2. Qualité de l'eau usée entrée-sortie de la station d'épuration:

Durant les visites effectués au sein de la station d'épuration de Boufarik, on a suivi quotidiennement la qualité de l'eau à travers les ouvrages de la station en suivant les paramètres disponibles au laboratoire de la STEP (**DBO**, **DCO**, **MES**, **PH**, **oxygène dissous**, **température**, **phosphore** et **azote** etc.).

Tableau IV. 1 : Analyse de laboratoire sur moyenne de 24 heures.

	EAU BRUTE	EAU EPUREE
PARAMETRE	CONCENTRATIONS	CONCENTRATIONS
T°C	19,5	19,3
PH	7,3	7,48
O2 dissous mg/l	0,15	4,74
conductivité µs/cm	1297	1709
salinité pour mille	0,73	0,979
MES	183,45 mg/l	10,40 mg/l
DBO5	80 mg/l	8,8 mg/l
DCO	198,00 mg/l	73,00 mg/l
Azote ammoniacal (NH4-N)	37,00 mg/l	30,60 mg/l
Azote nitrique (NO3-N)	0,329 mg/l	5,670 mg/l
Azote nitreux (NO2-N)	0,080 mg/l	0,287 mg/l
Phosphore total (PT)	3,07 mg /l	1,92 mg/l



Au regard des résultats présentés au tableau ci-dessus, on remarque une diminution de la pollution entre les eaux brutes et épurés indiquant un rendement d'épuration de la station.

IV.2.1. température :

Les valeurs de la température sont très proches et varient de 19.3 °C à et 19.5 °C pour les eaux brutes et épurées respectivement. Cependant elles restent inférieures aux normes de qualité pour les rejets en milieu naturel fixé à 35°C.

IV.2.2. la conductivité :

Dans les eaux usées brutes, la valeur est de l'ordre de 1297 $\mu S/cm$. tandis que celle des eaux traitées, la valeur de la conductivité enregistrée est de 1709 $\mu S/cm$, la conductivité des eaux épurées est très forte et dépasse la norme des eaux naturelles 700 $\mu S/cm$. dues probablement aux charges polluantes.

IV.2.3. l'oxygène dissous :

La valeur de l'oxygène dissous dans les eaux brutes est de 0,15mg/l ce qu'il indique une teneur très faible en oxygène créant un milieu pratiquement désoxygéné, pour les eaux épurées est de 4,74 mg/ ne dépasse pas la valeur guide pour les eaux naturelles (5mg/l).

IV.2.4. Les matières en suspension :

Les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante de *MES* entre les eaux brutes et épurées, de l'ordre de 183,45 mg/l pour les eaux brutes avec un excès de matières en suspension qui peut être à l'origine du colmatage du système de prétraitement. et pour les eaux épurées est 10,40 mg/l qui signifie une décantation des matières en suspension. Ceci traduit le bon fonctionnement d'une part du système de prétraitement (dessablage, dégrillage) et du bassin d'aération d'autre part. Cependant, Cet valeur est conforme aux normes des eaux naturelles (30 mg/l).

IV.2.5. DBO5 :

Les valeurs de DBO5 pour les eaux brutes est de 80 mg/l, et pour les eaux épurées est de 8,8 mg/l, Cette analyse indique que les eaux résiduaires trop chargées en matières organiques seront complètement épurées, car nécessitant une activité microbienne plus intense. et la teneur de DBO5 reste inférieure a la norme de rejet (<30 mg O2/l).



IV.2.6. DCO :

Les valeurs enregistrées varient entre 198,00 mg/l pour les eaux brutes et de 73,00 mg/l pour les eaux épurées, cette variance indique une moyenne oxydation de la matière organique dans l'échantillon, mais elle reste cependant inférieure aux valeurs guide (< 90 mg O₂/l).

IV.2.7. Matières azotées :

Les valeurs de faibles teneurs en nitrates et en nitrites sont au niveau des eaux brutes, à l'ordre de (0,329 mg/l et 0,080 mg/l), mais dans les eaux épurées le taux des nitrates a augmenté considérablement (5,670 mg/l) par rapport aux eaux brutes mais reste inférieur aux normes de rejets (50 mg/l). Cependant les valeurs de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) dans les eaux brutes est (37,00 mg/l) et pour les eaux épurées est de (30,60 mg/l) l'effet l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite NO₂ - un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO₃) Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries.

IV.2.8. Phosphore total (PT) :

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en ortho phosphates respectivement dans les eaux brutes de 3,07 mg/l et de 1,92 mg/l de l'eau épurée ce qu'ils indiquent le bon fonctionnement de la station, Ces valeurs restent conformes aux normes de préservation des eaux naturelles (2mg/l).

IV.2.9. Rapport DCO/DBO₅ :

Ce rapport permet de caractériser la nature de l'effluent. Pour les eaux brutes le rapport est de l'ordre de 2,475. Pour les eaux épurées, il est de l'ordre de 8,30. Cette valeur supérieure à 3 confère aux matières organiques un caractère non biodégradable.



IV.3. Faisabilité des eaux à l'irrigation :

Si, moyennant développement de l'irrigation, les ressources en eaux étaient mieux exploitées, la production alimentaire pourrait s'accroître sensiblement dans de nombreuses parties du monde. Le processus par lequel on apprécie l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, comme l'agriculture irriguée.

Tableau IV. 2 : bulletin d'analyse (laboratoire de traitement d'eau potable à Boulerbah).

<i>ion</i>	<i>mole g/mol</i>	<i>valence</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>%meq</i>
<i>Ca</i>	40.1	2	77.7	3.87531172	35.4397164
<i>Na</i>	23	1	122.95	5.34565217	48.8859763
<i>K</i>	39.1	1	15.26	0.39028133	3.56912182
<i>Mg</i>	24.9	2	16.48	1.32369478	12.1051856
<i>total cations</i>				10.935	100
<i>SO4</i>	96.1	2	123.62	2.57273673	23.5109555
<i>Cl</i>	35.4	1	117.15	3.30932203	30.2422405
<i>HCO3</i>	61	1	308.7	5.06065574	46.2468041
<i>total anions</i>				10.942	100
<i>Erreur charge</i>				0.007	
<i>Nématodes</i>		CFU/100 mL		10	
<i>Coliformes</i>		CFU/100 mL		1000	

Le prélèvement a été effectué le 21 mars 2021 à 9h30 a apartire du canal d'eau traitée.



IV.3.1. Le faciès de l'eau:

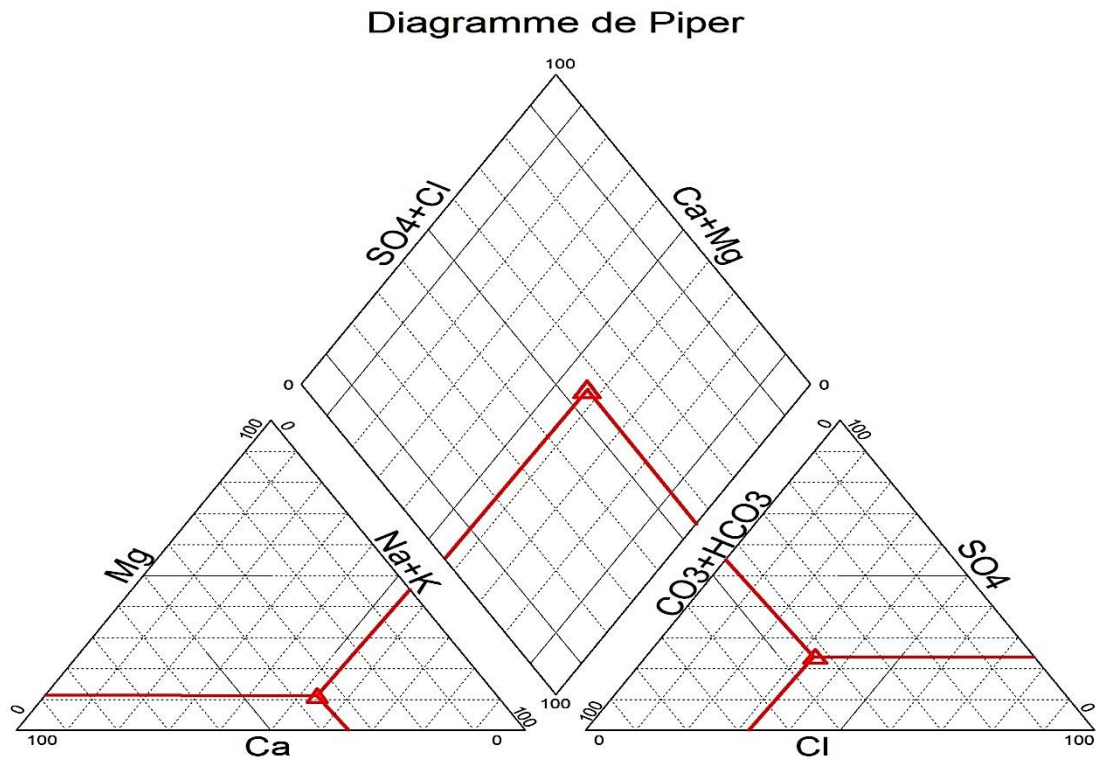


Figure IV.1 : Diagramme de piper pour les faciès chimique

A partir du diagramme de piper nous remarquons que le faciès chimique dominant est *chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique*. Les eaux ont une tendance vers la salinisation. Les ions sodium, marque la composition des eaux, traduisant ainsi l'origine de ces eaux.



IV.3.2. Ratio d'absorption de sodium (SAR):

Le calcul du SAR par l'équation (III-2) est 17.91 mg/l pour évaluer l'adéquation des eaux épurées à des fins d'irrigation dans la zone d'étude a suggéré que l'eau était de bonne qualité. Cela s'explique par le fait que des valeurs du SAR inférieur à 4 (tableau 3), ce qui indique une mauvaise convenance à l'irrigation. Cette observation a également été confirmée à la Figure suivant.

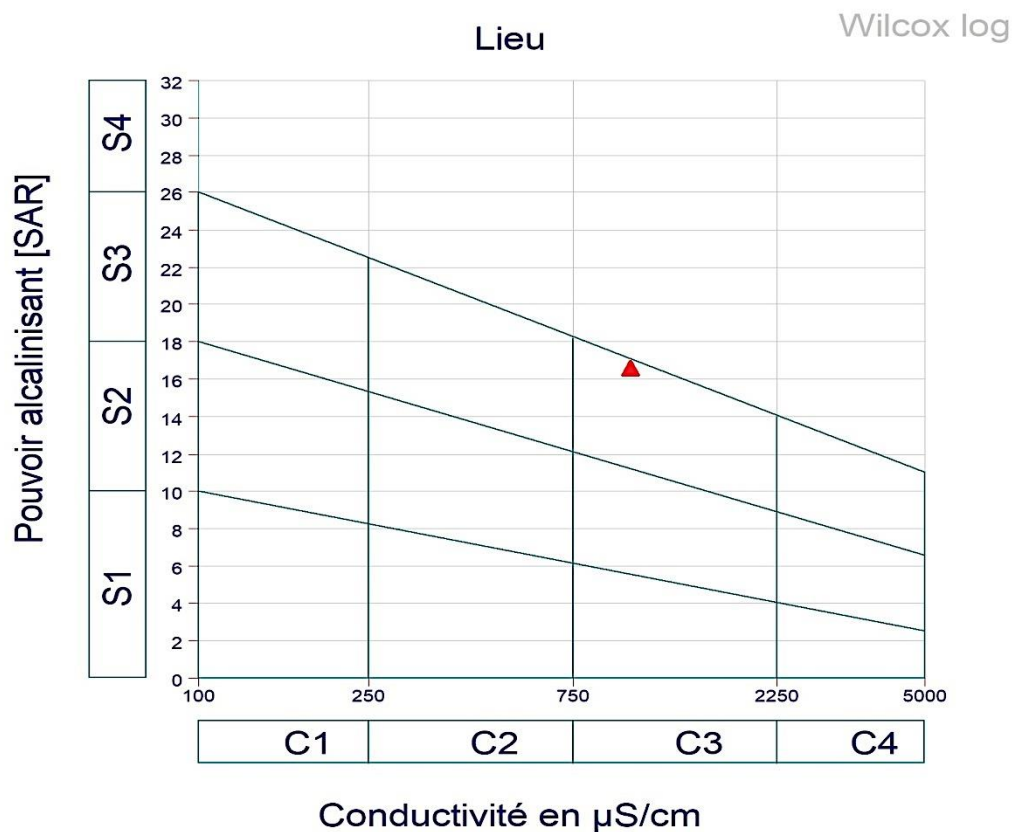


Figure IV.2: diagramme de Wilcox pour la classification des eaux à l'irrigation.

IV.3.3. Pourcentage de sodium soluble (SSP):

La figure (IV.3) montre la classification de l'échantillon d'eaux par rapport au pourcentage de sodium et de conductivité. L'eau provenant de point d'échantillonnage C3 et C4 (la Conductivité) est admissible à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du SSP l'équation(III.1) est 59 mg/l était supérieure à 26 (tableau III.3), ce qui indique qu'il ne convient pas à l'irrigation.

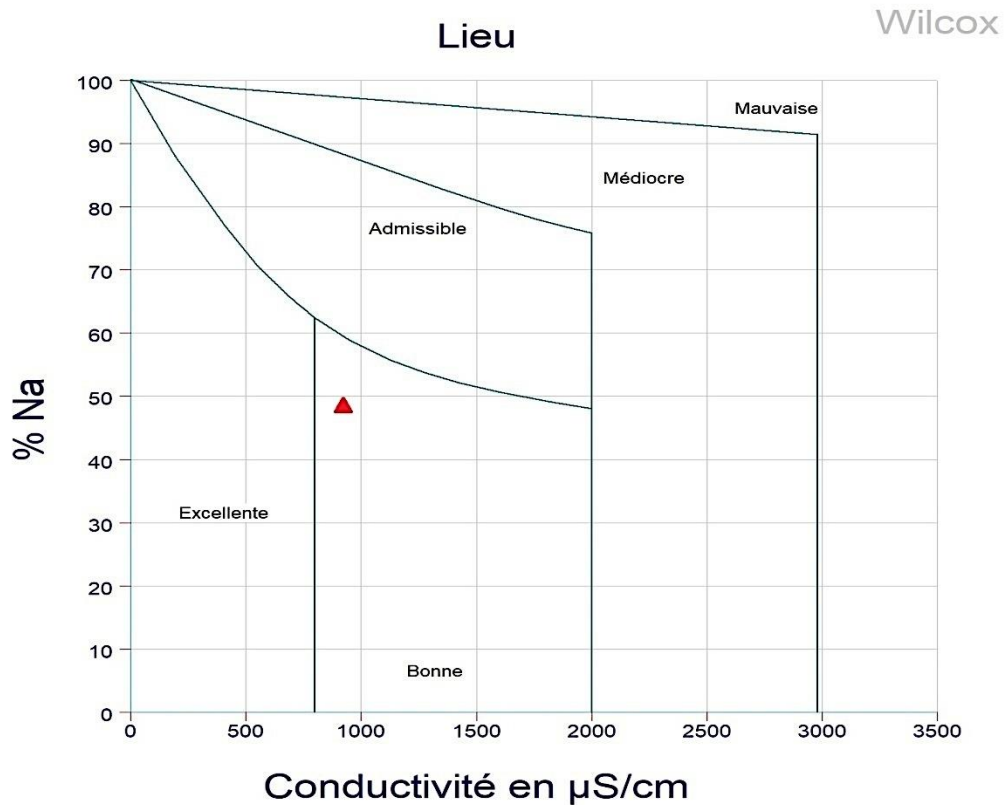


Figure IV.3 : Diagramme de Richard pour la classification de l'eau à l'irrigation.

IV.3.4. sodium échangeable (ESP):

La classification de l'échantillon d'eaux par rapport au sodium échangeable et de conductivité. Cela s'explique par le calcul du ESP l'équation (III-3) est 130mg/l était supérieure à 10 (tableau III.4), ce qui indique qu'il ne convient pas à l'irrigation.

IV.3.5. Bicarbonate de sodium résiduel (RSBC):

La figure (IV.4) montre un histogramme de la classification de l'échantillon d'eaux par rapport au Bicarbonate de sodium résiduel. L'eau provenant de point d'échantillonnage est de (231 mg/l) dans la troisième classe ce qui montre l'inadaptation de l'eau à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du RSBC supérieur à 10 (tableau III.5), ce qui indique qu'il ne convient pas à l'irrigation.



Figure IV.4: Histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.

IV.3.6. Indice de perméabilité(IP):

La figure (IV.5) montre diagramme de *Donneen* pour la classification de l'échantillon d'eaux par rapport à la perméabilité, L'eau provenant dans la classe deuxième signifié que l'eau était de bonne qualité. Cela s'explique par le calcul de l'IP l'équation (III-) de l'ordre de 65.14%, ce qui indique qu'il convient à l'irrigation. Cette observation a également été confirmée à tableau (III.8).

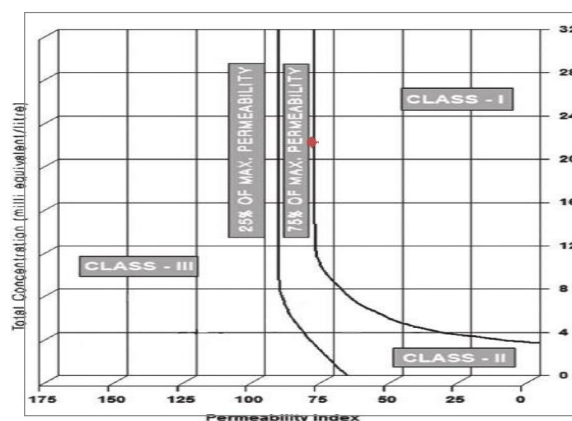


Figure IV.5: Diagramme de *Donneen* pour classification d'eau d'irrigation.



IV.3.7. Indice de Kelly (KR):

La figure (IV.6) montre la classification de l'échantillon d'eaux par rapport Indice de Kelly. L'eau provenant de point d'échantillonnage ($1 \leq KR \leq 2$) est approprié à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du **KR** l'équation (III-8) de valeur 1.3 était inférieure à 2 (tableau III.10), ce qui indique qu'il convient à l'irrigation.

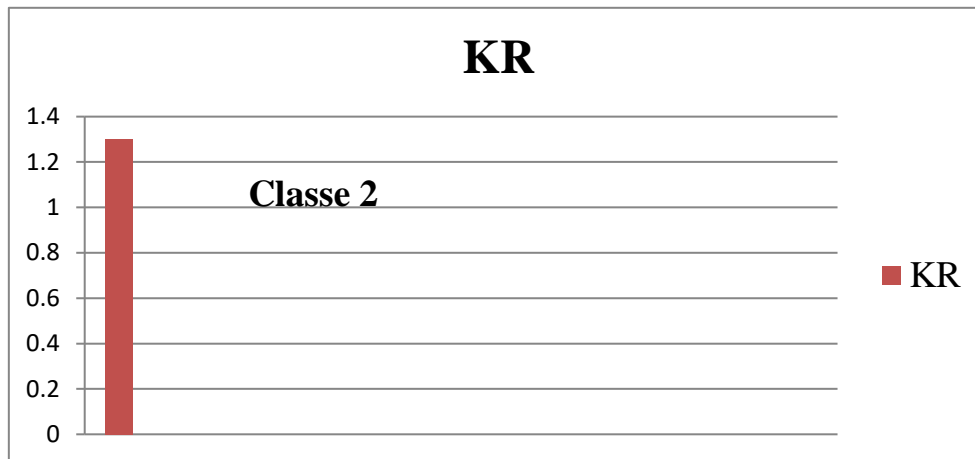


Figure IV.6: Histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.



IV.3.8. conductivité électrique (CE):

La figure (IV.7) présente un histogramme de la classification de l'échantillon d'eaux par rapport à la conductivité électrique. L'eau provenant de point d'échantillonnage est de (1709us/cm) de troisième classe est douteux à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du CE était supérieure à 250us (tableau III.11), ce qui indique qu'il ne convient pas à l'irrigation.

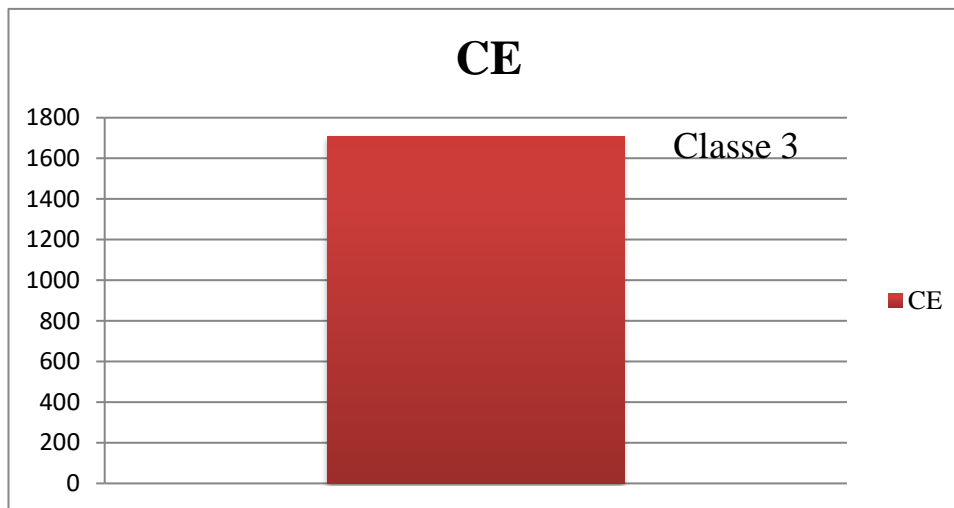


Figure IV.7: Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.

IV.3.9. Indice de Stuyfzand :

L'analyse de l'indice de Stuyfzand permet une valeur de 117.15 mg/l ce qu'il ne convient pas à l'irrigation car il est caractérisé dans la classe d'eau (saumâtre salée). Cette observation a également été confirmée à la Figure suivante.

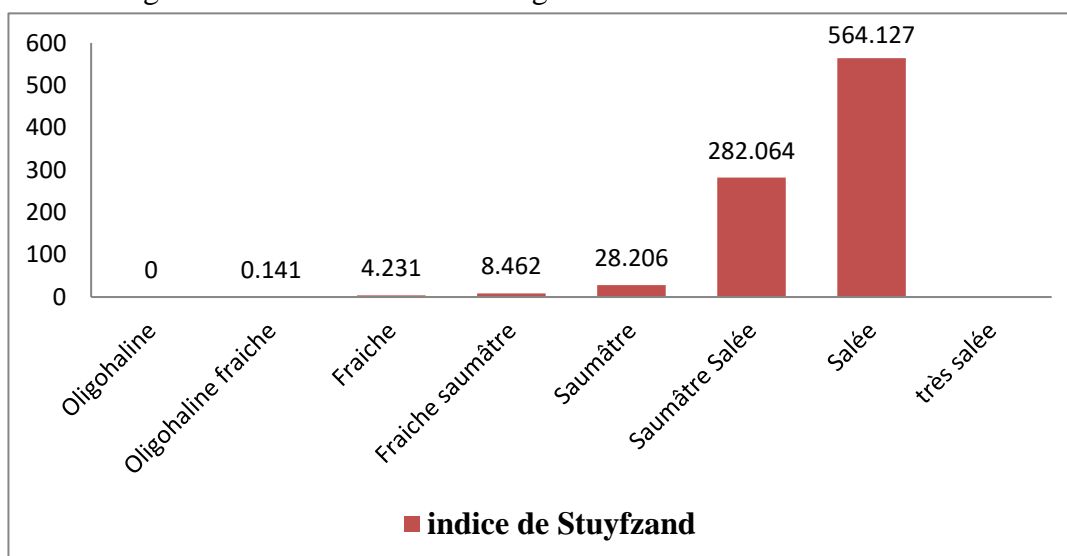


Figure IV.8: Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.



IV.3.10. Exploitation de résultats:

Tableau IV.3: tableau récapitulatif des eaux épurées.

<i>Les indices de l'irrigation</i>	<i>résultats</i>	<i>Caractéristiques</i>
<i>SAR (Pourcentage de sodium soluble)</i>	<i>17,91</i>	<i>Inapproprié pour l'irrigation</i>
<i>SSP (Ratio d'absorption de sodium)</i>	<i>59,47</i>	<i>Inapproprié pour l'irrigation</i>
<i>RSBC (Carbonate de Sodium Résiduel)</i>	<i>231 (mg/l)</i>	<i>insatisfaisant pour l'irrigation</i>
<i>ESP (sodium échangeable)</i>	<i>130,54</i>	<i>Insatisfaisant pour l'eau d'irrigation</i>
<i>IP (indice de perméabilité)</i>	<i>65,13</i>	<i>Très bien à l'irrigation</i>
<i>KR (Ratio de kelly)</i>	<i>1,30</i>	<i>Approprié pour l'irrigation</i>
<i>Indice de Stuyfzand</i>	<i>117.15</i>	<i>Saumâtre salée pour l'irrigation</i>

D'après le tableau, on conclue que Ces différences pourraient trouver leur justification dans le fait que la pollution physico-chimique est liée essentiellement à l'usage qui est fait de l'eau, donc de son origine.

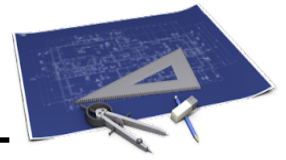
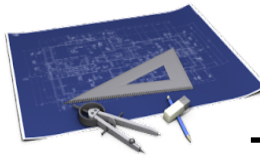


Conclusion:

L'évaluation de la qualité des eaux épurées pour l'irrigation a été réalisée à l'aide de différentes méthodes d'indice telles que *SSP*, *SAR*, *RSBC*, *ESP*, *PI*, *KR* et *CE* ; Parmi ceux-ci, la majorité des résultats de l'indice étaient similaires, ce qui signifie que l'échantillon d'eau est n'est pas bon à l'irrigation. Par conséquent, les résultats ont conclu que la qualité des eaux épurées était généralement Inappropriée pour l'irrigation.

Les eaux usées traitées dans la station d'épuration de Boufarik sont inacceptable à l'irrigation des terres agricoles, en référence aux normes internationales des eaux d'irrigation.

CHAPITRE V : Dimensionnement de Traitement Tertiaire



V.1. Introduction :

Afin d'améliorer la qualité de l'eau et son utilisation en irrigation, un traitement tertiaire est proposé.

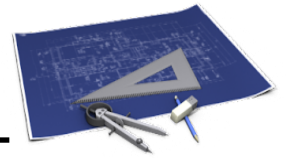
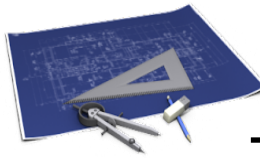
Pour le traitement tertiaire des eaux usées provenant de la station d'épuration de Boufarik, un traitement par coagulation et floculation a été choisi, ce qui favorisera la formation de solides plus volumineux, durant les étapes ultérieures, pourront être éliminés plus facilement.

Durant l'étape suivante, l'eau entrera par gravité dans quatre canaux de filtration à travers des disques à maille textile avec une ouverture de 10 μm . À la sortie de cette étape, la concentration de solides en suspension sera réduite pour atteindre la concentration de sortie souhaitée de 10 ppm.

Enfin, l'eau filtrée sera soumise à un traitement de désinfection au moyen de rayons UV dans un canal dimensionné pour obtenir une limite de coliformes ≤ 100 CFU/100 mL.

L'eau désinfectée sera stockée dans un réservoir avec un temps de rétention d'environ 40 minutes pour desservir :

- le réseau d'eaux industrielles.
- les camions-citernes agricoles.



V.2. EMLACEMENT DE LA STATION

Les coordonnées précises de la parcelle de traitement tertiaire :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Latitude : 487516} \\ \text{Longitude : 4052450} \end{array} \right.$$

La surface totale disponible pour la mise en œuvre de l'installation de traitement tertiaire est d'environ 3 800 m² et est située dans l'enceinte elle-même de la station d'épuration de Boufarik, à environ 10 m du sud-ouest de celle-ci.

V.3. Description de la parcelle de traitement tertiaire :

La parcelle qui fait l'objet de la présente intervention est située dans les installations de la station d'épuration de Boufarik. Il s'agit d'un terrain de forme irrégulière, non aménagé, dont la végétation devra être enlevée et dont la surface disponible est d'environ 3 800 m².

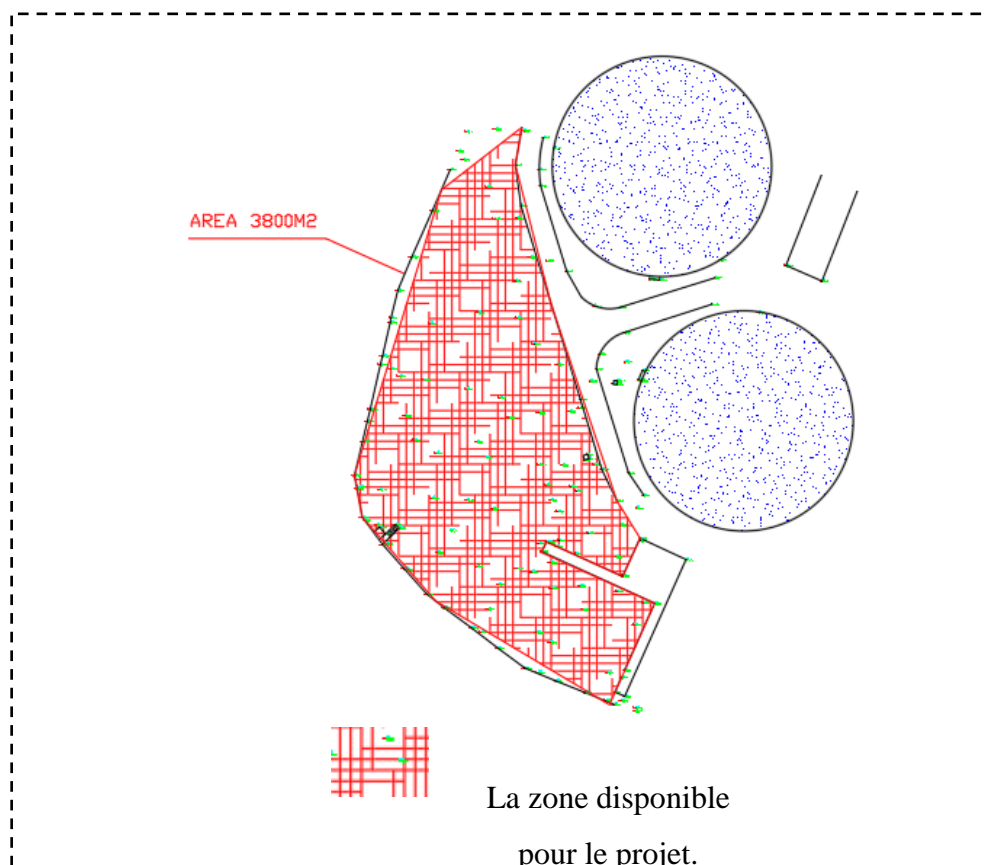
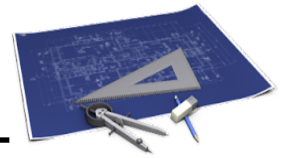
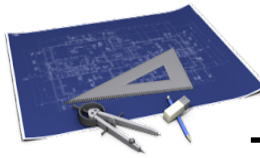


Figure V.1 : La zone disponible pour le projet.



V.4. poste de relevage :

Le poste de relevage est pour le but de relevé les eaux de traitement secondaires au niveau de ce poste (situé à une cote piézométrique de 10 m) vers le déversoir de débit qui situé à une côte piézométrique de 20m.

V.4.1. La conduite de refoulement :

La conception de la conduite de refoulement dépend principalement de la vitesse d'écoulement. La vitesse de refoulement doit être : inférieure à 2 m/s. Au- delà, les pertes de charge deviennent très importantes. Si la vitesse de refoulement est inférieure à 0.6 m/s, il y a risque de sédimentation et d'encrassement de la canalisation, ce qui crée des réductions de la section, perturbant l'écoulement et augmentant les pertes de charge.

Le diamètre de la conduite de refoulement est calculé de façon à avoir une vitesse de circulation proche de **1 m/s** lors du pompage.

$$Q = v \times S \dots\dots\dots (V-1)$$

Avec :

Q : Débit circulé dans la conduite en (m³/s)

v : Vitesse en (m/s)

S : Surface en (m²)

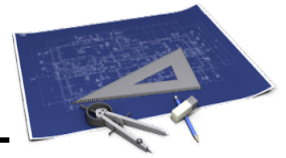
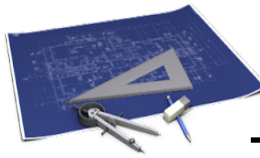
D : Diamètre de conduite en (m).

$$\text{Soit: } v = 1 \text{ m/s} \implies Q = S = \frac{\pi \times D^2}{4} \implies D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi}} \implies D = 0,52 \text{ m}$$

Le diamètre normalisé : DN = 630 mm. Soit de type PEHD PN 10 bars de diamètre extérieur D_{ext} = 630 mm et de diamètre intérieur D_{int} = 582.6 mm.

La vitesse sera :

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_{int}^2} \implies v = 1.06 \text{ m/s}$$



V.4.2 La hauteur manométrique de la pompe

La hauteur manométrique de la pompe est calculée selon la formule suivante:

$$HMT = H_{gg} + \Delta H + P_{exh} \dots\dots\dots (V-2)$$

Avec:

H: pertes de charge totale dans la conduite sous pression.(m)

H_g: différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le répartiteur, H_g = 10 m.

ΔH: les pertes de charges totales, tel que ΔH = Σhp lin + Σhpsin.

✓ Σhp lin: Pertes de charge linéaire.

✓ Σhp sin: Pertes de charge singulière.

P_{exh}: Pression à l'exhaure, tel que P_{exh} (1: 1,5) m, en prend P_{exh} = 1m.

Les pertes de charge linéaire dépendent paramètres géométrique (diamètre, longueur) et hydraulique (coefficient des pertes de charge, débit) :

$$\Delta H_{lin} = \frac{K \times L \times Q_{en}^\beta}{D^m} \dots\dots\dots (V-3)$$

Avec:

K: Coefficient de perte de charge.

Q_{en}: Débit entrant, Q_{en} = 0,231 m³/s

L: Longueur de la conduite, L = 10m.

β: Coefficient dépendant du régime d'écoulement.

m: Coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

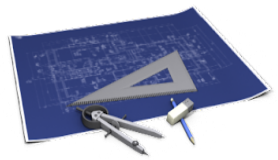
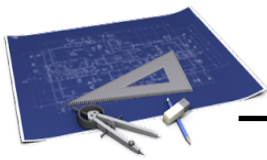


Tableau V.1 : Les valeurs de K , m et β .

Matériau	K	m	β
Acier	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Fonte	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Amiante-ciment	0.00118	4.89	1.85
Plastique	0.001052	4.774	1.77

On opte pour le PEHD (Polyéthylène à haute densité), comme matériau pour notre conduite car il présente une bonne caractéristique du point de vue dureté, étanchéité et résistance à la corrosion et faible rugosité.

Avec:

$$K = 0,001052 \quad m = 4,774 \quad \beta = 1,7 \quad L = 10 \text{ m}$$

Donc les pertes de charges linéaires sont de :

$$\Delta H_{lin} = 0.0215 \text{ m}$$

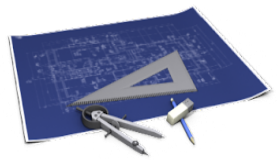
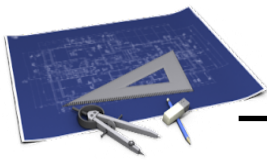
D'où:

$$HMT = 0.0215 + 10 + 1 = 11.0215 \text{ m}$$

V.4.3 Le choix de la pompe

On utilise des pompes relevage pour le des eaux usées de puisard vers le dégrilleur. Donc pour choisir le type de pompe on utilise le catalogue **Caprari (logiciel Caprari)**.

On opte d'une pompe de type **KCD300R 37062RE-E**. les caractéristiques de pompe **KCD300R 37062RE-E** sont résumé dans une fiche technique (**annexe**).



➤ Dimensionnement du poste de relevage

Volume de la bache d'aspiration

V = (Qen x T) / (4(N-1)) (V-4)

Avec:

Qen: Débit totale pompé (m³/s).

T: Durée du cycle de la pompe, = 30 min.

N: Nombre de pompes.

V = (0,694 x 30 x 60) / (4(3 - 1))

Donc:

V = 150 m³

✓ Pour une hauteur de H=6.05 m, donc :

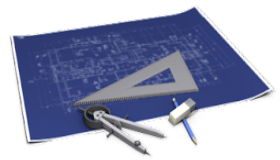
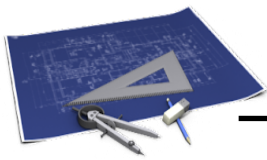
- S = V/H = L x B
- L = 2 x B
- S = 24.8 m²

Donc:

S = 24,8 m² <=====> B = 4 m L = 6,2 m

Tableau V.2: Dimensions de la bache d'aspiration.

Table with 6 columns: Désignation, Volume(V), Hauteur(H), Surface(S), Longueur(L), Largueur(B). Rows include Unité and Valeur.



V.5 Profil hydraulique

Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseigne sur la position de la ligne de charge.

Les cotes moyennes de terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau V.3: Cotes terrain naturel d'implantations des différents ouvrages.

Désignation	Cote du terrain naturel CTN (m)
Répartiteur	15
Bassin de coagulation	15
Bassin de floculation	15
Entres filtre à disque	15
Entres vers Banc UV	15
Banc UV	15
Bâche d'eau Traitée	11,50
Bâche d'eau Industrielles	15,50
Bâche d'eau de lavage des filtres et vidanges	11

V.5.1 Calcul des cotes piézométriques des différents ouvrages

D'après l'équation de Bernoulli, on a :

$$\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (V-5)$$

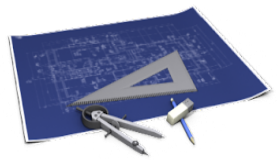
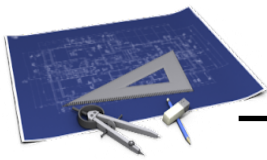
Avec :

$\frac{P_1}{w}$ Et $\frac{P_2}{w}$: Énergies de pression dans la section (1) et (2).

$\frac{V_1^2}{2g}$ Et $\frac{V_2^2}{2g}$: Énergies cinétiques en (1) et (2).

Z_1 Et Z_2 : Cotes des points (1) et (2).

H_{1-2} : Pertes de charges dans le tronçons (1-2).



Les variations de vitesses étant faible très faibles, on aura :

$$\frac{P_1}{w} + Z_1 = \frac{P_2}{w} + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (V-6)$$

On pose : $\frac{P_1}{w} = H_1$; $\frac{P_2}{w} = H_2$

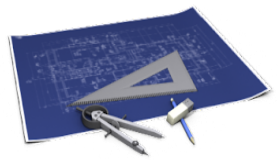
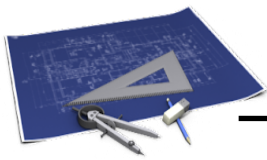
Donc : $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$

Tel que : $C_{p1} = H_1 + Z_1$ $C_{p2} = H_2 + Z_2 \implies C_{p1} = C_{p2} + H_{1-2}$

Les résultats du calcul sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.4 : Récapitulatif des résultats de profil hydraulique

Désignation	Cote du terrain naturel CTN(m)	$C_R(m)$	$H_e(m)$	CFE (m)
Repartiteur	15	15,19	3,6	18,79
Bassin de coagulation	15	15,19	2,6	17,80
Bassin de floculation	15	15,19	2,3	17,48
Entres filtre à disque	15	15,19	1,5	16,69
Entres vers Banc UV	15	15,19	0,8	15,722
Banc UV	15	14,80	0,6	15,577
Bache d'eau Traitée	11,50	11,78	3	14,27
Bache d'eau Industrielles	15,50	15,80	2,3	17,80
Bache d'eau de lavage des filtres et vidanges	11	11,30	3,6	14,25



V.6 Déversoir de débit (répartiteur) :

Le processus de réallocation du débit est prévu au moyen d'une structure exécutée en génie civil, avec une hauteur suffisante pour le déversement de l'eau par gravité sur l'unité de traitement suivante.

Le remplissage du diviseur sera effectué depuis le dessous de celui-ci afin de calmer au maximum l'eau entrant dans les compartiments qui le constituent. Le diviseur est composé de quatre compartiments indépendants dotés de déversoirs réglables manuellement. L'eau est conduite vers sa chambre de coagulation respective depuis chaque compartiment du diviseur.

Un débitmètre à ultrasons doit être installé dans le collecteur de sortie de chaque diviseur pour vérifier et enregistrer la répartition du débit. (**Annexe**).

V.7 Traitement physico-chimique

V.7.1 Cuves de coagulation et de floculation

Nous avons prévu en amont des filtres à disque, une étape de coagulation au sulfate d'alumine afin d'abattre le phosphore, et plus particulièrement les ortho-phosphates et une étape de floculation avec injection de polymère. La coagulation-floculation permet de recréer les floccs après l'étape de clarification et d'améliorer les performances de la filtration.

V.7.1.1 Réacteur de coagulation

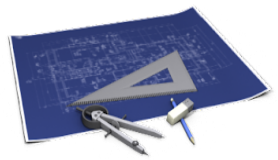
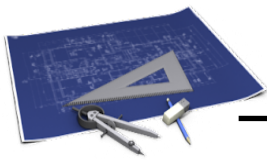
La neutralisation des charges colloïdes (coagulation) nécessite un mélange homogène des réactifs coagulants (sulfate d'alumine) avec l'eau à traiter, ce qui implique une agitation rapide de forte intensité avec une période relativement brève.

Le réacteur de coagulation est équipé par:

- ✓ Agitateur de coagulation, Nombre d'unités 4 (1 unité par réservoir), Hélice axiale vitesse 1500 rpm, Fréquence 50 Hz.

Donc la coagulation a pour but de déstabiliser les particules pour favoriser leur agglomération.

- *Une Dose de sulfate d'alumine de 50 mg/l est proposée.*



Le volume de réacteur de coagulation :

$$V_{r.c} = Q_{en} \times T_p \dots\dots\dots (V-7)$$

Tel que :

$V_{r.c}$: Le volume de réacteur de coagulation.

Q_{en} : Le débit entrant a la STEP. (m^3/min)

T_p : Le temps de passage (on prend $T_p = 1$ à 3min), on prend $T_p = 1$ min.

Donc :

$$V_{r.c} = 41,66 \times 1 = 41,66 \text{ m}^3 \implies V_{r.c} = 41,66 \text{ m}^3$$

La surface de réacteur de coagulation :

$$S_{r.c} = V_{r.c} / H_{r.c} \dots\dots\dots (V-8)$$

$S_{r.c}$: Surface de réacteur de coagulation.

$V_{r.c}$: Le volume de réacteur de coagulation.

$H_{r.c}$: Hauteur de réacteur (on la fixe à 3,1 m).

Donc :

$$S_{r.c} = \frac{41,66}{3,1} = 13,42 \text{ m}^2 \implies S_{r.c} = 13,42 \text{ m}^2$$

On suppos : Longueur $r.c = 6,1m$ Largeur $r.c = 2,2 m$

Temps de rétention adoptée (T) $T = V \times \frac{60}{Qp} \implies T = 2,90 \text{ min}$

V.7.2 Le réacteur de floculation

La floculation a pour but de favoriser l'agglomération des colloïdes en un floc avec injection de polymère, elle est réalisée par Agitateur de floculation, Nombre d'unités 8 (2 unité par réservoir), Hélice axiale vitesse 1500rpm, Fréquence 50 Hz. On prend le temps de passage $T_p = 1,8 \text{ min}$.

V.7.2.1 Le volume de réacteur de floculation

$$V_{r.c} = 41,66 \times 1,8 = 75,08 \text{ m}^3 \implies V_{r.c} = 75,08 \text{ m}^3$$

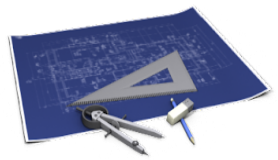
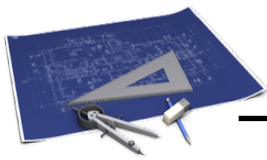
$H_{r.f}$: Hauteur de réacteur (on la fixe à 3,1 m).

On suppos : Longueur $r.f = 11m$ Largeur $r.f = 2,2 m$

- Duré de rétention (T) $T = V \times \frac{60}{Qp} \implies T = 5.11 \text{ min}$

- Débit maximal (Qp) 2540 m^3/h

- Une Dose de polyélectrolyte de 2 mg/l est propose.



V.8 Traitement par filtration

La filtration tertiaire par micro tamisage est réalisée avec 4 filtres mécaniques, Chaque filtre est composé de disques installés en parallèle d'une surface totale de $89,6 \text{ m}^2$ avec une toile filtrante d'une porosité de $10 \mu\text{m}$.

Le filtre à disque permet de séparer les matières en suspension de diamètre supérieur à $10 \mu\text{m}$ dans l'effluent de l'eau par toile filtrante et les retenues à l'intérieur du disque.

La capacité hydraulique moyenne de chaque file est de $625 \text{ m}^3/\text{h}$, et la capacité hydraulique maximale de chaque file est de $635 \text{ m}^3/\text{h}$.

Sachant que La vitesse de filtration est souvent comprise entre 8 et 13 m/h sur la pointe, Une vitesse de filtration rapide inférieure à 8m/h a été choisie pour le débit maximal de $7,09 \text{ m/h}$, ce qui est une vitesse acceptable pour obtenir la caractérisation souhaitée du débit d'eau, étant donné qu'un processus de coagulation et de floculation est effectué.

sachant que pour le type de filtre choisi (**Marque : GIOTTO ; Modèle : NDF C16C**), la surface effective d'un disque est de $5,6 \text{ m}^2$. Le nombre total de disques requis est égale à 64 disques, car il y a quatre lignes qui distribuent le débit de manière égale, chaque ligne doit avoir 16 disques. Par conséquent, le filtre à 16 disques avec une vitesse de filtration optimale de $6,97 \text{ m/h}$ est choisi (**Annexe**).

V.8.1 Les dimensions des filtres à disque sont les suivantes :

- Débit journalier (Q_j) $60000 \text{ m}^3/\text{j}$
- Heures de fonctionnement/jour 24 h
- Débit moyen (Q_m) $2500 \text{ m}^3/\text{h}$
- Débit maximal (Q_p) $2540 \text{ m}^3/\text{h}$
- Nombre de filtres 4 u
- Débit unitaire moyen $625 \text{ m}^3/\text{h}$
- Débit unitaire maximal $635 \text{ m}^3/\text{h}$
- Vitesse de filtration (V) $V = Q_u/S \implies V = 7,09 \text{ m/h}$
- Surface filtrante par filtre (S) $S = (Q_u)/V \implies S = 89,6 \text{ m}^2$
- Nombre de disques (n) 16 u
- Surface filtrante de chaque disque (S_n) $S_n = S/n \implies S_n = 5,6 \text{ m}^2$

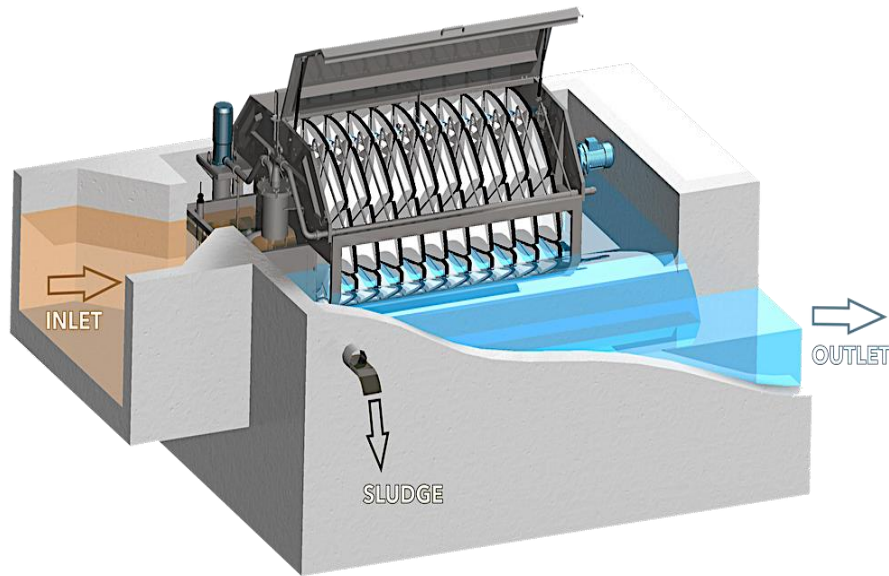


Figure V.2 : Image d'une filtre à disque (source : disc-filter.com)

V.9 Canal ultraviolet

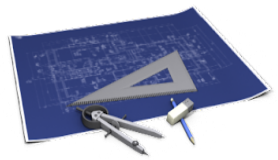
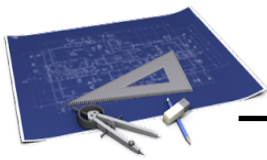
La désinfection par UV neutralise instantanément les microorganismes lorsqu'ils passent à travers les lampes UV immergées dans l'effluent pendant un certain temps avec une intensité déterminée.

Ce procédé permet l'inactivation rapide et efficace des micro-organismes présents dans l'eau sans avoir à ajouter de produits chimiques dans l'eau, à l'exception de l'énergie de la lumière UV, et n'a donc aucun impact sur la composition chimique ou la teneur en oxygène dissous de l'eau. Lorsque les bactéries, les virus et les protozoaires sont exposés aux longueurs d'onde germicides de la lumière UV, ils sont souvent incapables de se reproduire et d'infecter.

En fonction de la qualité de l'eau recyclée requise, elle pourra éventuellement être utilisée pour l'irrigation agricole et les services urbains.

Dans le cas de la récupération des eaux qui demandent une valeur maximale admissible de coliformes ≤ 200 CFU/100 mL, mais pas une élimination totale, c'est-à-dire pour les utilisations urbaines pour les services, l'irrigation des cultures, les utilisations industrielles, le traitement approprié est le suivant :

Coagulation + floculation + filtration + désinfection aux ultraviolets (UV)



Le dimensionnement du canal de désinfection par UV se base sur les données de débit horaire et la configuration de l'équipement, ainsi que sur la dose minimale d'UV déterminée par les dimensions du canal et la dose d'UV adoptée pour assurer la qualité de l'eau de sortie requise.

À partir d'une dose UV minimale de 20 mJ/cm² selon le calcul de la dose UV adoptée élaboré par le fabricant (**Marque : TROJAN ; Modèle : 3000plus**), une dose de 21,59 mJ/cm² est obtenue, de sorte que l'équipement proposé est considéré adapté à la qualité requise d'eau recyclée (**Annexe**).



Figure V.3 : un modèle de TROJANUV 3000plus contient 8 lampes.

(Source : resources.trojanuv.com/wp-content/uploads/2018/07/TrojanUV3000Plus-Brochure.pdf)

Nous avons 4 bancs chaque banc aura 6 modules, chaque modules contient 8 lampes, donc le nombre total de lampes égale à 192. Chaque banc est dimensionner à traiter un volume d'eau 625m³/h.



Image 5-3 : un banc contient 4 modèles (source : cms.esi.info/Media/documents/55691_1351171349419.pdf)

La conception compacte réduit le nombre de composants, sans altérer la qualité de l'eau désinfectée, de sorte que l'investissement dans les opérations de maintenance est considérablement réduit.

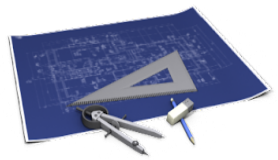
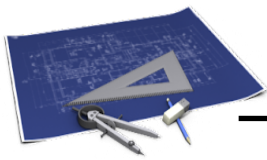
Le banc UV proposé dispose d'un nettoyage chimique mécanique automatique et d'une variation de la puissance de la lampe en fonction du débit, ce qui garantit un bon fonctionnement et une optimisation de la consommation.

- La qualité des eaux après désinfection par UV aura la qualité suivante :

Paramètres	Valeur
DBO5	5 à 15 mg/l
DCO	30 à 90 mg/l
MES	≤10 mg/l

- La qualité bactériologique des eaux après désinfection par UV aura la qualité suivante :

Nématodes intestinaux	Absence
Coliformes fécaux	<100 UFC / 100mL



V.10 RÉSERVOIR D'ACCUMULATION D'EAU DÉSINFECTÉE

Après l'étape de désinfection par UV les eaux traitées passent à Un réservoir d'accumulation avec un temps de rétention d'environ 43 minutes pour desservir les différents services auxquels l'eau récupérée est destinée.

V.10.1 Les dimensions de réservoir de stockage d'eau traitée sont les suivantes:

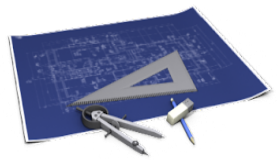
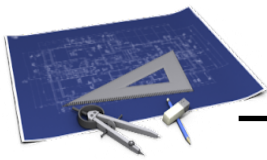
- Débit journalier (Q_j) 60000 m³/j
- Heures de fonctionnement/jour 24 h
- Débit moyen (Q_m) 2500 m³/h
- Débit maximal (Q_p) 2540 m³/h
- Nombre de réservoirs de stockage d'eau désinfectés 1u
- Durée minimale de conservation 20 min
- Longueur du réservoir (L) 32,59 m
- Largeur du réservoir (l) 17,86 m
- Hauteur utile (H) 3,10 m
- Volume du réservoir (V) $V = L \times l \times H \implies V = 1804,38 \text{ m}^3$ ←
- Durée de conservation adoptée (T) $T = (V \times 60)/Q_p \implies T = 43,30 \text{ min}$

Remarque :

- On suppose que nous avons une culture qui aura besoin de 35 mm d'eau pour assurer un bon développement.

Ce volume nous permettra d'irriguer

$$S = \frac{V}{\text{Besoin}} = \frac{1804.38}{350} = 5.15 \text{ ha}$$



V.11 RÉSERVOIR DE STOCKAGE DES EAUX INDUSTRIELLES

Un réservoir de stockage pour l'eau traitée exécuté en génie civil est prévu, avec un temps de rétention d'environ 30 minutes, de sorte qu'un système de désinfection de l'eau sera nécessaire (pour éviter la prolifération de légionelle) au moyen de pompes de recirculation et de contrôleur et de dosage du chlore.

Le réservoir sera construit en béton armé en surface à côté du local technique.

À l'intérieur du local technique, les deux groupes de pression seront installés pour servir les eaux à usage industriel et les eaux pour la préparation des réactifs.

- Débit d'eau industrielle (Q_r) estimé (2% de Q_p) :

$$Q_r = 0,02 \times Q_p \implies Q_r = 50,00 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Durée maximale de conservation * (T) $\implies T = 20 \text{ min}$

- Volume maximal d'accumulation d'eau industrielle (V_n)

$$V_n \leq (Q_r \times T)/60 \implies V_n = 16,67 \text{ m}^3$$

- Longueur du réservoir 3,50 m

- Largeur du réservoir 2,20 m

- Hauteur utile 2 m

- Volume adopté (V_a) $V_a < V_n \implies V_a = 15,40 \text{ m}^3$

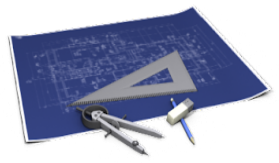
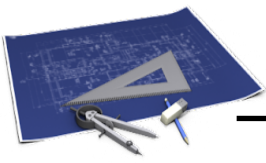
- Durée de conservation adoptée (T_a)

$$T_a < T \quad T_a = V/(Q_r \times 60) \implies T_a = 18,48 \text{ min}$$

*On estime qu'un temps de rétention inférieur à 20 minutes permet d'éviter l'installation d'un système de chloration.

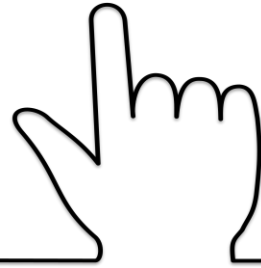
Recommandation :

*La proposition de traitement avec coagulation-floculation,
Elle ne sera pas aussi efficace par rapport aux **techniques membranaires**, cette dernière elle sera plus adaptée pour l'élimination des Anions et des Cations.*



Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons discuté de nouvelles méthodes de traitement de l'eau dans le but de l'utiliser pour l'irrigation. Les mesures prises pour garantir que les objectifs sont atteints. Afin que nous puissions utiliser l'eau pour l'irrigation.



CHAPITRE VI: Organisation de chantier



XIV.1. Introduction :

L'organisation de chantier consiste à prévoir les ressources nécessaire (humains, matérielles, et matériaux), et imposé un rythme de travail pour une bonne utilisation de ces moyens dans le but la rapidité, la qualité et l'économie.

XIV.2. Généralité

XIV.2.1. Maitre de l'ouvrage

C'est une personne physique ou morale a qui les travaux sont réalisés c'est le client (promoteur, constructeur ...), son rôle est :

- Etablir ces besoins de construction.
- Organiser les opérations d'investissement.
- Choisir le maitre de l'ouvre ou le bureau d'étude.
- Financier les travaux réalisés.

XIV.2.2. Maitre de l'œuvre

C'est une personne physique ou morale c'est un conseiller technique désignée par le maitre d'ouvrage pour réaliser un ou plusieurs taches de la mission de construction, son rôle est:

- Diriger les travaux.
- S'assurer la faisabilité du projet.
- Contrôler la conformité des ouvrages.

XIV.2.3. Entrepreneur

C'est une personne physique ou morale qui est chargée de la réalisation des travaux aux conditions bien définis. Son rôle est :

- Etudier le projet coté prix.
- Déterminer les prix unitaires pour la réalisation de chaque ouvrage.
- Dessiner les plans d'installation de chantier.
- Réaliser les ouvrages prévus.

Le matériel utilisé est le matériel classique des chantiers de travaux publics. L'utilisation de gros engins mécaniques va réduire considérablement le prix et le temps des travaux.



XIV.3. Devis quantitatif et estimatif du projet

Les estimations des prix des ouvrages et aménagements donnés :

- Prix unitaire des terrassements.
- Prix unitaire de fourniture et pose de (gabionnage, tout venant).

Le tableau suivant donne les montants de réalisation de la variante retenue :

Tableau VI. 1 : Le devis des différents travaux de réalisation de traitement tertiaire.

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaires (DA)	Montant (DA)
Terrassement	Déblai	m^3	1600	400	640000
	Remblai	m^3	900	350	315000
Béton de propreté		m^3	40	6500	260000
Béton armé		m^3	250	35000	8750000
équipements mécaniques		u			500000000
équipements électriques		u			70500000
				Montant Total	580465000
				TVA (19%)	110288350
				Montant Total +TVA	690753350

Le devis du projet est estimé à : six cent quatre-vingt-dix millions sept cent cinquante-trois mille trois cent cinquante algériens.

Définitions : techniques de la planification (BENLAOUKLI ,2004)

XIV.4. Planification

La planification des travaux est un moyen qui permet de chercher constamment la meilleure façon d'utiliser avec économie la main d'œuvre et les autres moyens de mise en œuvre pour assurer l'efficacité de l'action à entreprendre. Son objectif est de s'assurer que les travaux se font dans un ordre correct a temps, aussi économique que possible. Elle consiste en (BENLAOUKLI, 2004) :

- L'installation des postes de travail.
- L'observation instantanée.
- L'analyse des tâches.
- Le chronométrage.

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

- Méthodes basées sur le réseau.
- Méthodes basées sur le graphique.



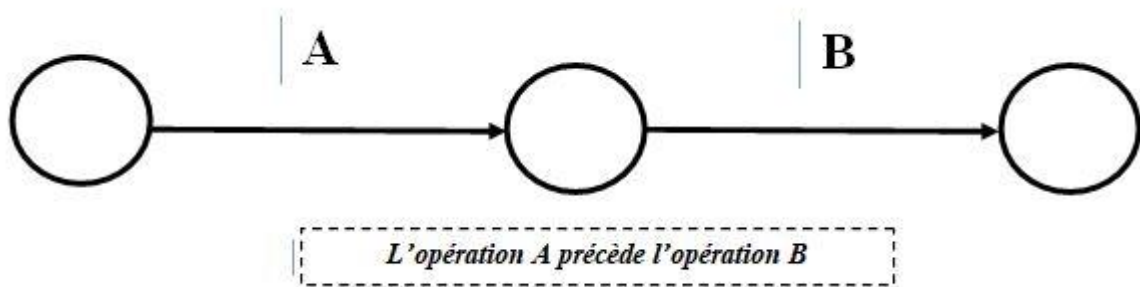
XIV.5. Méthodes basées sur le réseau :

XIV.5.1. Définition :

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation. On distingue deux types de réseaux :

a) Réseau à flèches :

L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



b) Réseau à nœuds :

L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches.

L'opération B ne peut commencer que si l'opération A est complètement achevée.



XIV.5.2. Construction du réseau :

Pour construire un réseau, il convient d'effectuer les six opérations suivantes :

- Etablissement d'une liste des tâches : Il s'agit dans cette première phase de procéder à un inventaire très précis et détaillé de toutes les opérations indispensables à la réalisation d'un projet.
- Détermination des tâches antérieures : Après avoir dressé la liste des tâches à effectuer, il n'est pas toujours facile de construire un réseau car il n'est pas aisé de dire si les tâches antérieures doivent être successives ou convergentes.
- Construction des graphes partiels.
- Regroupement des graphes partiels.
- Détermination des tâches de début de l'ouvrage et de fin de l'ouvrage.
- Construction du réseau.



XIV.5.3. Différentes méthodes basées sur le réseau (BENLAOUKLI,2004)

- Méthode C.P.M (Méthode française) :

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases.

1ère phase: l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré.

2ème phase: analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour par jour, selon l'unité de temps retenu.

3ème phase: adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

- Method de P.E.R.T (Program Evaluation and Review Technical):

C'est-à-dire technique d'ordonnancement des tâches et contrôle des programmes, c'est une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur chronologie et leur dépendance concourent toutes à l'obtention d'un produit fini.

XIV.5.3.1. Méthodes basées sur le graphique :

- a. Méthode linéaire (ligne of balance technic) :

Cette méthode est destinée à la planification des projets de construction dont les travaux son répétitifs.

- b. Méthode à barres :

Cette technique consiste à déterminer deux réseaux et un diagramme à barres (plan de travail).

XIV.5.3.2. Les étapes de la planification :

La planification est le processus de la ligne de conduite des travaux à réaliser, elle comprend des étapes suivantes :

- **Collection des informations :**

L'établissement d'une synthèse d'analyse des informations acquises par des études comparatives permet l'usage correct du plan de réalisation du projet.

- **Décomposition du projet :**

C'est une partie importante car chaque projet peut être analysé de diverses manières. Nous attribuons à chaque tâche un responsable et ses besoins en matériels.

- **Relations entre les tâches :**

Il existe deux relations essentielles entre les tâches lors de la réalisation. L'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.

- **Choix de la méthode de calcul (BENLAOUKLI, 2004)**

Le choix de la méthode de calcul repose essentiellement sur le type d'ouvrage construire. Il est préférable dans le cas où les opérations se suivent comme dans notre cas d'opter pour la méthode C.P.M.



- **Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M**

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants : **DCP, t_r , DFP, DCPP, DFPP** et **MT**.

DCP	t_r
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

Tr: temps de réalisation.

DCP: date de commencement au plus tôt.

DCPP: date de commencement au plus tard. DFP : date de finition au plus tôt.

DFPP: date de finition au plus tard.

MT: marge totale, intervalle de temps nécessaire pour le déroulement de l'opération tel que :

$$DFP = DCP + tr$$

$$DCPP = DFPP - tr$$

- **Chemin critique (C.C) :**

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$MT = 0 \text{ et } \sum tr_{cc} = DTP$$

- **Diagramme de Gantt**

Tableau VI.2 : Liste des opérations avec leurs durées

Désignation d'opération	code	Durée (jours)
Installation du chantier	A	30
Travaux de terrassement	B	45
Travaux en béton	C	180
Montage des équipements mécaniques	D	90
Montage des équipements électriques	E	90
Essai et mise en service	F	30
Déménagement du chantier	G	15



CHAPITRE VI: Organisation de chantier



Le diagramme de Gantt, couramment utilisé en gestion de projet, est l'un des outils les plus efficaces pour représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (tâches) qui constituent un projet. La colonne de gauche du diagramme énumère toutes les tâches à effectuer, tandis que la ligne d'en-tête représente les unités de temps les plus adaptées au projet (jours, semaines, mois etc.). Chaque tâche est matérialisée par une barre horizontale, dont la position et la longueur représentent la date de début, la durée et la date de fin. Ce diagramme permet donc de visualiser d'un seul coup d'oeil :

- Les différentes tâches à envisager.
- La date de début et la date de fin de chaque tâche.
- La durée escomptée de chaque tâche.
- Le chevauchement éventuel des tâches, et la durée de ce chevauchement.
- La date de début et la date de fin du projet dans son ensemble.

En résumé, un diagramme de Gantt répertorie toutes les tâches à accomplir pour mener le projet à bien, et indique la date à laquelle ces tâches doivent être effectuées (le planning).

La méthode du CPM est une méthode de planification, elle a pour objectif de réduire le temps et le coût de réalisation de projet et augmenter le rendement du travail. Pour la construction du réseau il faut d'abord établir les différentes tâches des travaux. Ces derniers sont reportés dans le tableau suivant :

Dans le tableau suivant on présente chaque tache avec celles qu'elle précède :

Tableau VI. 3 Succession des taches

Opérations	Précède	Durée (jours)
A	B	30
B	C	45
C	D,E	180
D	F	90
E	F	90
F	G	30
G	-	15

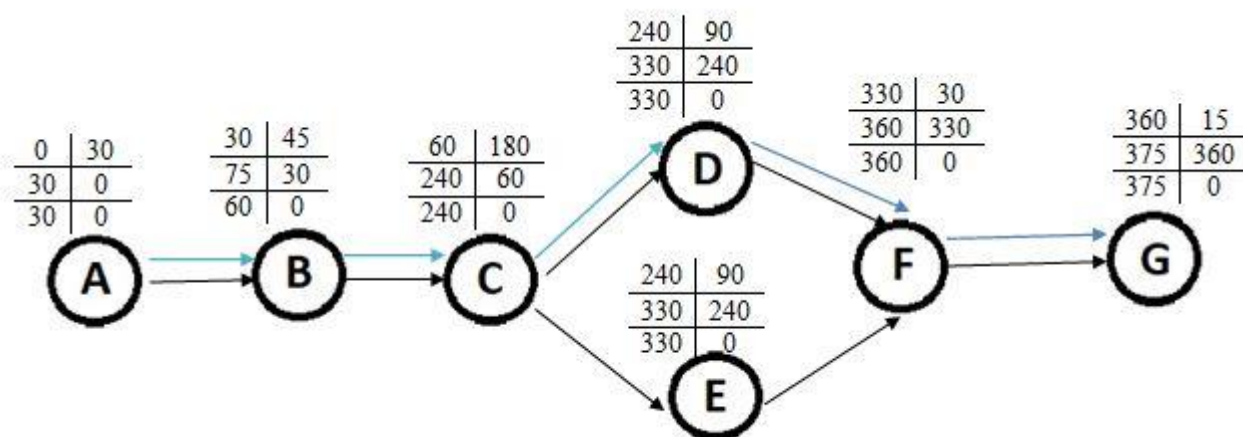


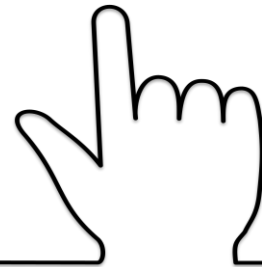
Figure VI.2. Réseau de planification des taches avec la méthode

CPM.



Conclusion :

L'exécution d'un ensemble de travaux par gestion rationnelle de temps ; demande conjointement des moyens humains, techniques et matériels, afin d'aboutir à un but ultime qui est la livraison du projet dans les délais prévus, sans sortir des couts d'investissement initiaux. A l'issue de ce volet nous avons pu estimer le cout global du projet de réalisation de traitement tertiaire pour la STEP de Boufarik est de **690 753 350 DA** pour un délai de réalisation de **12 mois**.



Conclusion Générale :

L'intérêt de l'épuration des eaux usées en Algérie n'est pas seulement de lutter contre la pollution mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau qui va soulager la crise de pénurie d'eau surtout dans le domaine de l'irrigation agricole et l'utilisation domestique et industrielle.

La réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau mais assurée la protection du milieu naturel. On peut dégager cinq classes de réutilisation des eaux épurées ; la production d'eau potable, la réutilisation industrielle, la réutilisation en zone urbaine (arrosage, lavage, réservoirs .etc.), la recharge des nappes et la réutilisation agricole.

Les eaux usées de Boufarik subissent un traitement à la station d'épuration (STEP) de Ben Chaâbane , se situe à Ben Chaâbane, Chef-lieu de la commune de Ben Khlil qui se trouve au nord de la wilaya de Blida.

Cette station qui s'étend sur 6 Ha a une capacité de 375 000 EH et un volume d'eau usée de 60 000 m³/j à traiter. Le procédé de traitement retenu pour cette station est le procédé à boues activées aérobies à moyenne charge.

L'interprétation des analyses des éléments chimiques des eaux à l'entrée et la sortie de la chaîne d'épuration a permis de mettre en évidence un bon rendement épuratoire de la station.

L'analyse du faciès chimique obtenue par le diagramme de Piper montre que ces eaux ont un faciès bicarbonaté sodique et potassique.

L'adéquation des eaux pour l'irrigation, est déterminée à partir de ces éléments chimiques qu'on utilise dans le calcul des différents indices.

L'étude de ces différents indices, on peut déduire que leur objectif est de donner une valeur unique à la qualité de l'eau correspondant à une appréciation sur l'utilisation de l'eau, ce qui permet une interprétation facile des données.

Au regard des résultats obtenus on peut conclure que la qualité des eaux épurées est n'est pas bonne à l'irrigation.

Afin d'améliorer la qualité de l'eau et son utilisation en irrigation, un traitement tertiaire est proposé.

Coagulation + floculation + filtration + désinfection aux ultraviolets (UV).

Nous avons pu estimer le cout global du projet de réalisation de traitement tertiaire pour la STEP de Boufarik est de **690753350** DA pour un délai de réalisation de 12 mois.

➤ Références Bibliographiques

- ONA (l'office national d'assainissement) : Rapport d'exploitation mois novembre 2017
- Chizallet, C., S. Lazare, et al. (2010). "Catalysis of transesterification by a nonfunctionalized metal-organic framework: acido-basicity at the external surface of ZIF-8 probed by FTIR and ab initio calculations." *Journal of the American Chemical Society* **132**(35):12365-12377.
- Coleman, M. P., P. Babb, et al. (1999). *Cancer survival trends in England and Wales, 1971-1995: deprivation and NHS region*, Stationery Office Books.
- Martin, J.-L., J. Haure, et al. (2005). "Estimation des stocks d'huîtres sauvages sur les zones non concédées de la partie vendéenne de la Baie de Bourgneuf en 2004."
- Molenaar, J. J., J. Koster, et al. (2012). "Sequencing of neuroblastoma identifies chromothripsis and defects in neurogenesis genes." *Nature* **483**(7391): 589.
- Rejsek, F. (2002). *Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques*, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Rodier, J., C. Bazin, et al. (1996). *L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et de mer: chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats*, Dunod.
- Salhi, S., A. Imache, et al. (2012). "Les déterminants de l'adoption du système d'irrigation par goutte-à-goutte par les agriculteurs algériens de la plaine de la Mitidja." *Cahiers Agricultures* **21**(6): 417-426 (411).
- Vitte, J., S. Ranque, et al. (2017). "Multivariate Analysis As a Support for Diagnostic Flowcharts in Allergic Bronchopulmonary Aspergillosis: A Proof-of-Concept Study." *Frontiers in immunology* 1019.
- Asaduzzaman, M. (1985). "Handbook of groundwater and wells." *Handbook of groundwater and wells*.
- Bajcsy, R. (1973). *Computer description of textured surfaces*. Proceedings of the 3rd international joint conference on Artificial intelligence, Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Bouarfa, S., A. Hammani, et al. (2002). "Drainage design in the Gharb plain in Morocco." *Irrigation and drainage systems* 16(2): 89-110.
- Evans, J., G. O'Connor, et al. (1989). "N₂ fixation and its value to soil N increase in lupin, field pea and other legumes in south-eastern Australia." *Australian Journal of Agricultural Research* 40(4):791-805.

-Arnison, G., A. Astbury, et al. (1983). "Experimental observation of isolated large transverse energy electrons with associated missing energy at $s = 540$ GeV." *Physics Letters B* 122(1): 103-116.

-Fischer, W. (1973). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer noire (Zone de pêche 37): Volume II, FAO.

-Grant, F., A. P. Dachnowski-Stokes, et al. (1941). Selenium occurrence in certain soils in the United States, with a discussion of related topics: fifth report, US Department of Agriculture.

-Handa, N. (1969). "Carbohydrate metabolism in the marine diatom *Skeletonema costatum*." *Marine Biology* 4(3): 208-214.

-Hu, L. and P. R. Todd (1981). "An improved technique for preparing eel otoliths for aging." *New Zealand journal of marine and freshwater research* 15(4): 445-446.

-Kelly, J. (1963). "Bitopological spaces." *Proceedings of the London Mathematical Society* 3(1): 71-89.

-Lal, D. and J. Arnold (1985). "Tracing quartz through the environment." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Earth and Planetary Sciences* 94(1): 1-5.

-Perrot, C., M. Derville, et al. (2009). "Le lait dans les montagnes européennes. Un symbole menacé." *Renc. Rech. Ruminants* 16: 215-218.

-Rahman, W. and D. Rowell (1979). "The influence of magnesium in saline and sodic soils: a specific effector or a problem of cation exchange?" *European Journal of Soil Science* 30(3): 535-546.

-Rhoades, J. and D. Merrill (1976). "Supervisory Soil Scientist and Physicist US Salinity Laboratory." *FAO Soils Bulletin*(31).

-Wilcox, A. J., C. R. Weinberg, et al. (1995). "Timing of sexual intercourse in relation to ovulation—effects on the probability of conception, survival of the pregnancy, and sex of the baby." *New England Journal of Medicine* 333(23): 1517-1521.

-Asaduzzaman, M. (1985). "Handbook of groundwater and wells." *Handbook of groundwater and wells*.

-Ashley, E. A., M. Dhorda, et al. (2014). "Spread of artemisinin resistance in *Plasmodium falciparum* malaria." *New England Journal of Medicine* 371(5): 411-423.

-Ayers, R. S. and D. W. Westcot (1985). *Water quality for agriculture*, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

- Babu, B. and R. Angira (2005). "Optimal design of an auto-thermal ammonia synthesis reactor." *Computers & Chemical Engineering* 29(5): 1041-1045.
- Bouarfa, S., A. Hammani, et al. (2002). "Drainage design in the Gharb plain in Morocco." *Irrigation and drainage systems* 16(2): 89-110.
- Eaton, F.M. (1950). "Significance of carbonates in irrigation waters." *Soil Science* 69(2): 123-134.
- Evans, J., G. O'Connor, et al. (1989). "N₂ fixation and its value to soil N increase in lupin, field pea and other legumes in south-eastern Australia." *Australian Journal of Agricultural Research* 40(4): 791-805.
- Grant, F., A. P. Dachnowski-Stokes, et al. (1941). Selenium occurrence in certain soils in the United States, with a discussion of related topics: fifth report, US Department of Agriculture.
- Gupta, I. and A. Ksienski (1983). "Effect of mutual coupling on the performance of adaptive arrays." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 31(5): 785-791.
- Gupta, M.D. (1987). "Selective discrimination against female children in rural Punjab, India." *Population and development review*: 77-100.
- Hu, L. and P. R. Todd (1981). "An improved technique for preparing eel otoliths for aging." *New Zealand journal of marine and freshwater research* 15(4): 445-446.
- Kelley, W., S. Brown, et al. (1940). "Chemical effects of saline irrigation water on soils." *Soil science* 49(2): 95-108.
- Kelly, J. (1963). "Bitopological spaces." *Proceedings of the London Mathematical Society* 3(1): 71-89.
- Lal, D. and J. Arnold (1985). "Tracing quartz through the environment." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Earth and Planetary Sciences* 94(1): 1-5.
- Lee, K.-S., J. Cox-Singh, et al. (2009). "Plasmodium knowlesi from archival blood films: further evidence that human infections are widely distributed and not newly emergent in Malaysian Borneo." *International journal for parasitology* 39(10): 1125-1128.
- Miller, R. W. and R. L. Donahue (1995). *Soils in our environment*, Prentice hall.
- Perrot, C., M. Derville, et al. (2009). "Le lait dans les montagnes européennes. Un symbole menacé." *Renc. Rech. Ruminants* 16: 215-218.

-Rahman, W. and D. Rowell (1979). "The influence of magnesium in saline and sodic soils: a specific effect or a problem of cationexchange?" *European Journal of Soil Science* 30(3):535-546.

-Rhoades, J. and D. Merrill (1976). "Supervisory Soil Scientist and Physicist US Salinity Laboratory." *FAO Soils Bulletin*(31).

-Richards, L. A. (1969). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, United States Department Of Agriculture; Washington.

-Saxena, R., B. F. Voight, et al. (2007). "Genome-wide association analysis identifies loci for type 2 diabetes and triglyceride levels." *Science* 316(5829): 1331-1336.

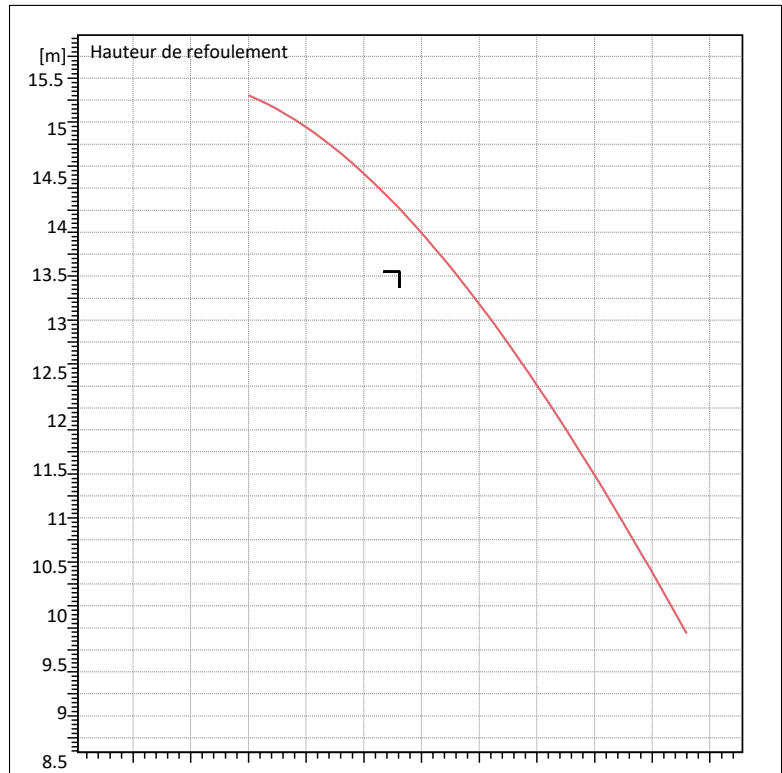
-Šimůnek, J., M. T. van Genuchten, et al. (2008). "Development and applications of the HYDRUS and STANMOD software packages and related codes." *Vadose Zone Journal* 7(2): 587-600.

Annexe

KCD300R 37062RE-E

Caractéristiques requises	
Débit	231 l/s
Hauteur de refoulement	11.1 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	267 l/s
Hauteur de refoulement	11.5 m
Puissance absorbée	41.2 kW
Rendement	73.3%
Hauteur manométrique H(Q=0)	15.5 m
Orif. de refoulement	300 mm
Installation	Installation horizontale en fosse sèche
Roue	2-channel
Passage libre	143 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	988 1/min
Nombre de pôles	6
Puissance nominale P2	42 kW
Courant nominal	85 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	816 kg

Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Acier-caoutchouc
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carb. silicium/Carb. Silicium
Chambre à huile	Fonte
Enveloppe du moteur	Fonte
Chemise (version R)	Fonte grise
Sondes thermiques	Oui
Sonde de conductivité	Oui
Garniture méc. coté moteur	Graphite/Acier inox
Vis et écrous	Acier inox
Câble d'alimentation	10m

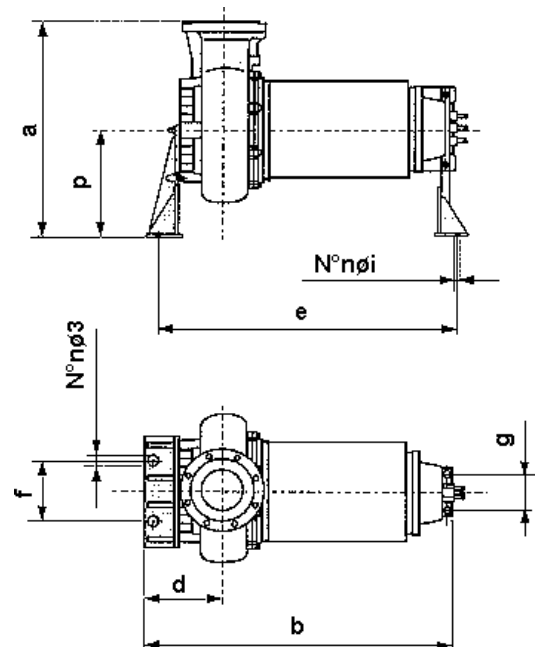


Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

Dimensions

a = 1150
b = 1619
d = 390
e = 1519



Déversoir de débit (répartiteur) :

Nombre d'unités	4
Marque	PMS
Débit unitaire	834 m3/h
Type	Déversement à réglage manuel
Longueur	1 850 mm*300 mm
Matériau	AISI-316
Déversoir	Tôle d'acier AISI-316

Filtres à disques :

Nombre de canaux de filtration	4
Marque	GIOTTO
Modèle	NDF C16C
Fluide	Eau épurée sortie STEP
Prétraitement de l'eau	Coagulation-floculation
Passage de la toile filtrante	10µm
Débit unitaire	625 m3/h
Vitesse de filtration adoptée	6,97 m/h
Surface effective/disque	5,60 m2
Nombre de disques adoptés	16u
Largeur totale	2 340 mm
Hauteur totale, cadre compris	3 079 mm
Longueur	5 570 mm
Installation	Sur le canal en béton armé
Largeur du canal/filtre	3 000 mm
Longueur du canal/filtre	5 260 mm
Hauteur maximale du canal	1 860 mm
Canal d'entrée	Vanne manuelle 500*500 mm
Puissance installée	16,5 kW
Tension	400 V
Fréquence	50 Hz
Sonde de niveau	Ultrasonique

Canaux ultraviolets

Nombre de canaux de filtration	4
Marque	TROJAN
Modèle	3000plus
Fluide	Eau filtrée
Concentration admissible SS	30ppm
Débit de pointe	2 500 m3/h
Transmission UV	55 %
Limites de désinfection	100 E. coli/100 mL
Dosage minimum des UV	20 mJ/cm2
Longueur du canal	4,32 m
Largeur du canal	60,96cm
Profondeur du canal	157,48 cm
Nombre de bancs	4
Nombre de modules par banc	6
Nombre de lampes par module	8
Nombre total de lampes	192
Puissance totale	48 kW
Tableau de distribution	4
Tableau de commande	1
Régulateur de niveau	Vanne à contre poids
Nettoyage automatique	Système Anti Clean-WW Trojan
Tension	400 V, 50 Hz
Vie utile des lampes	12000horas