

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE

« ARBAOUI Abdellah »

Département : Génie de l'eau

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME

**Réutilisation Des Eaux Epurées De La STEP Du Pont De
Bougie De La Wilaya De Tizi Ouzou à des fins agricoles**

Présenté par :

M^{elle} OUCHERIF Kaissa

Promotrice :

M^{me} L.BAHBOUH

Devant le jury composé de :

Président : M^r B.BENLAOUKLI

Examineurs :

M^{me} A.AZIEZ

M^{me} D.DJODAR

M^r R.REKROUK

M^r D.KOLIAI

Octobre 2011

Remerciements

Au terme de ce travail. Il m'est agréable d'exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à Mme. L. BAHBOUH de m'avoir encadré. Je lui exprime ma reconnaissance pour ses précieux conseils qui m'ont guidé dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

J'adresse également mes sincères remerciements à :

Mr. B.BENLAOUKLI qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Aux membres de jury :

- Mr. D.KOLIAI*
- Mr.R.REKROUK*
- Mme D.DJOU DAR*
- Mme A.AZIEZ*

qui m'ont fait l'honneur d'apprécier et de juger ce travail.

Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin je leurs dis merci.

K.OUCHERIF

Dédicaces

A chaque fin d'une étape importante de notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes les personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence surtout les mauvais.

Les personnes qui nous ont aidées sans le leur demandé, aimé sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur.

K.Ouchérif

ملخص:

- هذا المشروع يوضح لنا كيفية تزويد الأراضي الزراعية بقنوات تحتوي على مياه معالجة و التي تقع بغرب محطة شرق تطهير المياه بتيزي وزو .
ولهذا قمنا بدراسة مقارنة حول نوعية المياه المعالجة مع المقاييس المحددة.
بعد المنطقة التي نحن بدراستها، تمكنا من تقدير الاحتياجات للماء و من الشروط الواجب توفيرها إعداد أنابيب مختلطة لنقل المياه.
و أخيرا نتطرق إلى كيفية انجاز المشروع و الإمكانيات المسخرة لانجازه .

Résumé :

Notre projet consiste à élaborer un réseau d'irrigation qui va alimenter en eau usée épurée le périmètre de l'Ouest de la STEP est de ont de bougie. Pour cela, nous avons fait une étude comparative de la qualité des eaux épurées de la STEP suscité avec les normes exigées.

Ces résultats nous ont permis d'examiner, après la présentation de notre zone d'étude et l'estimation des ces besoins en eau.les conditions dans lesquelles devra être établie notre adduction mixte (gravitaire –refoulement)

Abstract:

Our projects consist of an elaborate irrigation system that is going to fitter and distribute water For this we have clone a comparative study out of the quality off filtered water of STEP with the required names.

These results have permitted us to carry out on examination after wish we managed to estimate the water needs of in our zone of study and also condition in which we must establish our mixed water conveyance (reverse –gravity).

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
<u>Chapitre I : Considérations générales sur les eaux usées</u>	
I- Introduction.....	2
II- Définition des eaux usées	2
III- Les caractéristiques de la pollution	2
IV- Les différentes qualités d'eaux usées	3
IV-1 Les eaux usées domestiques.....	3
IV-2 les eaux pluviales	3
IV-3 Les eaux usées industrielles.....	3
IV-4 Les matières de vidanges.....	4
V- Compositions des eaux usées	4
V-1 Compositions microbiologiques.....	4
V-2 Métaux lourds.....	4
V-3 Matières organiques et minérales.....	4
V-4 Matières biodégradable et matières non biodégradables.....	5
VI- Les paramètres caractéristiques des eaux usées.....	6
VI-1 Caractéristiques physiques.....	6
VI-2 Caractéristiques chimiques	8
VI-3 Estimations des rejets d'eaux usées.....	10
VII- Le réseau d'assainissement	12
VII-1 Les différents types de réseau d'assainissement	12
VII-2 Impact de types de réseau sur la station d'épuration.....	13
VII-3 Impact des eaux parasites sur les caractéristiques des eaux usées	14
VIII- Modification physique du milieu récepteur.....	14
IX- conclusion.....	15

Chapitre II : procédés d'épuration des eaux usées

I- Introduction.....	16
II- Principe de l'épuration des eaux résiduaires	
II.1. différents mode d'épurations	16
II.2. Données a prendre en compte	16
II.3. Aspect réglementaires	19
III- Différentes filières ou chaine de traitements	21
III-1 principales filières de traitement des eaux résiduaires	
III-1-1. Le relevage.....	22
III-1-2. Traitement de dégrossissage ou prétraitement.....	23
III-1-3. Traitement primaire.....	25
III-1-4. Traitement secondaire.....	25
III-1-5. Traitement complémentaire.....	34
III-1-6. Le stockage.....	34
IV- Conclusion	

Chapitre III : Procédés d'épuration des eaux usées

I- Introduction.....	35
II- Objectif de la réutilisation des eaux épurées.....	35
III- Historique de la réutilisation des eaux usées	
III-1. La réutilisation des eaux usées épurées dans le monde.....	36
III-2. Etats des lieux de la réutilisation en Algérie.....	37
IV- Différents domaines de réutilisation	
IV-1 La réutilisation agricole.....	44
IV-2 La réutilisation des eaux épurées pour l'industrie	44
IV-3 La réutilisation des eaux usées épurées en zones urbaine.....	45
IV-4 La recharge de la nappe.....	46
V- Perception des Agriculteurs de la Réutilisation	46
VI- Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées.....	47
VII- conclusion	

Chapitre IV : Présentation et évaluations des performances de la STEP EST de T.O

A-Présentation de la STEP	
I- Introduction	50
II- Présentation générale de la STEP	
II-1 Situation de la STEP.....	50
II-2 Caractéristiques générales sur la STEP.....	52
III- Description de la STEP Est de T.O.....	
III.1 Arrivée de l'eau.....	53
III.2 Prétraitement.....	56
III.3 Ensemble de traitement biologique.....	58
IV- Evaluation des performances de la STEP	
IV-1 Choix des sites de prélèvement.....	62
IV-2 Analyse réalisée par le laboratoire de la station.....	62
IV-2-1 Les paramètres de pollution analysés.....	62
IV-2-2 Interprétation des résultats.....	63
V- Particularité de la STEP.....	
VI- Analyse complémentaire	
VI-1 Résultats microbiologique.....	71
VI-2 résultats physico chimique.....	72
VII- Conclusion	
73	

Chapitre V : Présentation du périmètre d'étude

I- Introduction	74
II- Situation et localisation du site	74
III- Climatologie.....	
III-1 Caractéristiques climatologiques.....	74
III-2 Classement du climat	79
IV- Pédologie.....	82
V- Conclusion.....	83

Chapitre IV : Besoins en eau des plantes

I- Introduction.....	84
II- But de l'étude	84
III- Etude hydrologique.....	
III-1 Choix de type de loi.....	84
III-2 Les besoins en eaux des cultures.....	92

IV-1	Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence	92
IV-2	Calcul de la pluie efficace.....	94
IV-3	L'évapotranspiration réelle ou de culture ou maximale	95
IV-4	besoins en eau des cultures	95
IV-	Calculs du débit spécifique.....	98
V-	Conclusion.....	98
<u>Chapitre VII :</u>		
I-	Introduction	99
II-	Choix du système de distribution.....	99
III-	Choix du type du réseau.....	99
IV-	Choix du matériau des conduites	99
IV-1	Tuyaux en fonte	100
IV-2	Tuyaux en acier	100
IV-3	Tuyaux en PEHD	100
V-	Le tracé de la conduite	101
V-1	Le plan de bornage	101
V-2	Les conduites hydrauliques de bornage.....	101
V-2-1	Le réseau du tracé	
V-2-2	calcul des débits	102
V-3	Dimensionnement de la canalisation	101
V-3-1	données d'entrées d'EPANET.....	103
V-3-2	Résultats obtenus par EPANET.....	104
VI-	Conclusion	107
<u>Chapitre VIII: Etude des ouvrages annexes</u>		
I-	Introduction	108
II-	Dimensionnement de la conduite de refoulement	
II-1	calcul hydraulique	109
III-	Etude de pompage	
III-1	choix du type de pompe	112
III-2	choix de nombre de pompe.....	112
IV-	Calcul du volume de la bache d'irrigation	114
V-	Calcul du volume de la bache d'aspiration.....	115
VI-	Conduite reliant la STEP avec la bache d'aspiration	116
VII-	Conclusion.....	119

Liste des figures

Chapitre I : Considérations Générales sur les Eaux usées :

Figure I-1 : Détermination des MES	7
Figure I-2 : Le réseau séparatif.....	12
Figure I-3 : Le réseau unitaire.....	13

Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées :

Figure II-1-a : Relevage grâce a vice d'Archimède	22
Figure II-1-b : Relevage grâce à une pompe.....	22
Figure II-2 : Dégrillage manuel.....	24
Figure II-3 : Dégrillage mécanique.....	24
Figure II-4 : Schéma d'un dessaleur-déshuileur.....	24
Figure II-5 : Racleur des graisses.....	24
Figure II-6 : Décanteur pimaire.....	25
Figure II-7 : Décanteur secondaire.....	26
Figure II-8 : Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel	31

Chapitre III : La réutilisation des eaux usées épurées :

Figure III-1 : Volume annuel des eaux usées recyclées par habitant.....	36
Figure III-2 : Comparatif des quantités d'eaux usées générées, épurées, et réutilisées.....	37
Figure III-3 : Nombre de stations d'épuration en Algérie.....	38
Figure III-4 : Evolution mensuelle du volume d'eau épurée.....	38
Figure III-5 : Planification des STEP pour le moyen et long terme.....	39
Figure III-6 : Evaluation des taux des EUE.....	40

Chapitre IV: Présentation et évaluation des performances de la STEP EST de Tizi-Ouzou :

Figure IV-1 : Vue aérienne sur la STEP EST	50
Figure IV-2 : Vue générale sur la STEP.....	52
Figure IV-3 : Plan à l'intérieur de la STEP EST et issues de secours	54
Figure IV-4 : Schéma général de la station d'épuration de pont de bougie.....	55

Figure IV-5 : Bassins de déshuilage-dessablage.....	58
Figure IV-5 : Extraction et essorage des sables.....	58
Figure IV-6-a : Bassin d'aération en marche.....	59
Figure IV-6-b : Bassin d'aération en arrêt.....	59
Figure IV-7 : Clarificateur	60
Figure IV-8-a: épaisseur	61
Figure IV-8-b : Vue de haut de l'épaisseur.....	61
Figure IV-9 : Lits de séchage.....	62
Figure IV-10 : Plan de la STEP	70
 <u>Chapitre VII: Dimensionnement des ouvrages annexes :</u>	
Figure VII-1 : courbes caractéristiques de la pompe.....	113
Figure VII-2 : pompe type PM100/3C.....	113

Liste des tableaux

Chapitre I : Considérations Générales sur les Eaux usées :

Tableau I-1 : Minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité.....	10
Tableau I-2 : Les charges polluantes et les concentrations des paramètres.....	11
Tableau I-3 : Les différentes formes d'une eau polluée	15

Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées :

Tableau II-1: Inventaire des différents traitements des eaux usées selon la nature et la forme de la pollution	18
Tableau II-2 : Valeurs limites au rejet en concentrations (pour les différents paramètres de pollution) et en rendements.....	19
Tableau II-3 : Valeurs limites de rejet pour les polluants azotés et phosphorés et rendements minimaux à viser.....	20
Tableau II-4 : Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels.....	21
Tableau II-5 : Classement des procédés par boues activées.....	33

Chapitre III : La réutilisation des eaux usées épurées :

Tableau III-1 : Spécifications biologiques pour la REUE en agriculture	41
Tableau III-2 : Spécifications physico-chimiques pour la REUE en agriculture.....	43

Chapitre IV: Présentation et évaluation des performances de la STEP EST de Tizi-Ouzou :

Tableau IV-1 : Caractéristiques des eaux arrivant à la station du pont de bougie.....	53
Tableau IV-2 : Présentation et évaluation des performances de la STEP EST de T.O	64
Tableau IV-3 : Présentation et évaluation des performances de la STEP EST de.....	65
Tableau IV-4 : Paramètres physico-chimique de l'échantillon.....	72
Tableau IV-5 : Métaux lourds et chimiques.....	72
Tableau IV-6 : résultats des rendements obtenus sur les eaux épurées.....	73

Chapitre V: Présentation Du Périmètre D'étude

Tableau V-1 : Valeurs de l'indice d'aridité.....	80
Tableau V-2 : Climaogramme de Gaussen.....	81

Chapitre VI: Besoins En Eau Des Plantes

Tableau VI-1 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm).....	85
--	----

Tableau VI-2 : Test de Wilcoxon.....	86
Tableau VI-3 : Ajustement à la loi de Gauss.....	89
Tableau VI-4 : Table du X^2	90
Tableau VI-5 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	91
Tableau VI-6 : Evapotranspiration de référence ET_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0.....	94
Tableau VI-7 : Pluies efficaces calculées a l'aide du logiciel CRPWAT 8.0.....	95
Tableau VI-8 : Besoin net de l'olivier.....	96
Tableau VI-9 : Besoins net de l'oranger.....	97
Tableau VI-10 : Détermination des besoins en eau des cultures pour chaque mois.....	97
Tableau VI-11 : Besoins en eau du périmètre.....	98
Chapitre VII : <u>Simulation Hydraulique Réseau De Distribution</u>	
Tableau VII-1 : Débit de bornage.....	102
Tableau VII-2 : Données de départ.....	104
Tableau VII-3 : Etat des nœuds du réseau.....	105
Tableau VII-4 : Etat des arcs du réseau	106
Chapitre VIII : Dimensionnement Des Ouvrages Annexes	
Tableau VIII-1 variation journalière des tarifs de l'énergie	109
Tableau VIII-2 calcul de la HMT.....	110
Tableau VIII-3 calcul de frais d'exploitation.....	110
Tableau VIII-4 Calcul des frais d'amortissement.....	111
Tableau VIII-5 Caractéristiques des pompes disponibles.....	114
Tableau VIII-6 Estimation du volume de la bêche d'irrigation.....	114
Tableau VIII-7 Estimation du volume de la bêche d'aspiration.....	115

Liste des planches

Planche 1 : plan du périmètre à irriguer (plan de bornage)

Planche 2 : Profils en long de la conduite principale et de refoulement

INTRODUCTION GENERALE:

La disponibilité des ressources en eau et son exploitation rationnelle est indispensable au développement de chaque région ainsi qu'au bien êtres des peuples.

Le manque ou des fois l'inexistence de cette précieuse ressources dans certaines régions ont poussé les scientifiques a développer et a mettre en application l'exploitation des eaux non conventionnelles (dessalement, utilisation des eaux épurées..). Vue les conditions climatologiques (semi aride) et les programmes de développement annoncés pour l'agriculture, le gouvernement algérien s'est orienté vers la politique de réutilisation des eaux usées dans le domaine de l'irrigation et dans cette optique nous traiterons le problème de ce dernier.

Notre travail s'est articulé ainsi sur les parties suivantes :

- Intérêts et contraintes de la REUE et de la valorisation agricole de l'eau.
- Etat des lieux en matière de REUE et de la valorisation agricole de l'eau dans quelques pays et facteurs de réussite.

CHAPITRE I :

Considérations Générales Sur les Eaux Usées

I- Introduction :

La pollution des eaux est une notion qui est en constante évolution. Dans le passé, la pollution concernait des substances ajoutées volontairement ou involontairement dans les eaux par l'homme ou autres. On ne pouvait pas donc considérer, par exemple, qu'une eau naturellement riche en arsenic était une eau polluée.

Aujourd'hui, cette notion évolue et une nouvelle définition de la pollution des eaux serait plutôt : toute substance qui interdit un usage de l'eau peut être considérée pour cet usage précis comme une pollution.

II- Définition des eaux usées (réserve de pollution) :

La présence d'une ou de plusieurs substances modifiant la composition ou l'état d'une eau, constitue une pollution, dans la mesure où :

- La vie aquatique est perturbée, voire impossible
- Les utilisations envisagées de l'eau sont restreintes ou même interdites.

Ces substances ou polluants sont nombreux et d'origine très variées. On peut les différencier en fonction : [14]

- De leur aspect physique :
 - ◆ Matières en suspension
 - ◆ Matières dissoutes
- De leur composition chimique
 - ◆ Matières organique
 - ◆ Matières minérales
- De leur évolution dans la nature
 - ◆ Matière rapidement biodégradable
 - ◆ Matière difficilement biodégradable
 - ◆ Matière non biodégradable.
- De leur impact sur les espèces vivantes :
 - ◆ Matières toxiques
 - ◆ Matières non toxiques.

III- Les caractéristiques de la pollution : [5]

La pollution peut être caractérisée par :

- Son odeur
- Sa couleur
- Son aspect

Certaines pollutions peuvent être visibles comme :

- La pollution par les hydrocarbures,
- Les rejets de peintures ...

D'autre, sont plus difficiles à détecter comme la pollution :

- Soluble ;
- Incolore ;
- Inodore (ex : rejet de mercure, de cyanure....)

IV- Les différentes qualités d'eaux usées :

En dehors de pollutions diffuses (en particulier agricoles), quatre types de pollution sont généralement définies contre lesquels des moyens de lutte doivent être mis en œuvre :[1]

- ☒ La pollution traditionnelle des eaux usées domestiques.
- ☒ La pollution apportée par les eaux pluviales
- ☒ La pollution des matières de vidange issues de l'assainissement autonome des habitations non raccordées au réseau collectif.
- ☒ Les eaux industrielles.

4-1. les eaux usées domestiques :

Constituant généralement l'essentiel de la pollution, elles composent :

- ☒ Des eaux de vannes d'évacuation des toilettes
- ☒ Des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.

Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. [5]

4-2. Les eaux pluviales :

Les eaux de ruissellement peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie :

- ☒ Lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées,
- ☒ Remise en suspension des dépôts des collecteurs,...

Les eaux pluviales sont de même nature que les eaux domestiques et peuvent contenir en plus, des métaux lourds et des toxiques :

- ☒ Plomb
- ☒ Zinc
- ☒ Hydrocarbures ;..

Suivant le contexte local, des dispositions devront être prises pour en limiter l'impact : bassin d'orage, bassin d'étalement,...

4-3. Les eaux usées industrielles :

Les caractéristiques des eaux usées d'origine industrielle sont bien évidemment directement liées aux types d'industrie implantées sur la commune.

La pollution de ces eaux peut être organique, minérale, toxique.

Le branchement des établissements commerciaux, industriels ou artisanaux au réseau public n'est pas obligatoire. Toutefois ceux-ci pourront être autorisés à déverser leurs eaux industrielles dans le réseau public pour qu'elles soient épurées avec les techniques, à condition qu'elles soient compatibles avec les techniques d'épuration traditionnelle.

4-4. Les matières de vidanges :

Dans toutes les communes, il existe des habitants non raccordés ou non raccordables à l'égout public. Or, toute fosse septique(ou appareil équivalent) produit obligatoirement des matières de vidange. L'évacuation et le traitement de ces matières domestiques font partie intégrante de l'assainissement. [5]

Il est indispensable de déterminer leur origine et leur bonne prise en compte lors de la conception de la station d'épuration.

V- Compositions des eaux usées :

5-1. compositions microbiologiques :

Les eaux usées sont des milieux favorables au développement d'un très grand nombre d'organisme vivants, dont des germes pathogènes souvent fécaux. [22]

Ces germes proviennent d'effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ainsi qu'au deversement de nombreux industries agro alimentaires (abattoirs,)

5-2. Métaux lourds :

La composition des eaux usées urbaines arrivant dans une station, ne peut que refléter :

- La composition même des produits consommés par la population (Aliment, lessive,..).
- La nature et la qualité des effluents industriels éventuellement rejetés à l'égout sans traitement préalable à titre d'exemple, les composés du bore qui peuvent provenir des industries de verre,...ect.

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état trace. des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel accidentel ou volontaires.

5-3. Matières organiques et minérales :[5]

- **Les matières organiques** proviennent des être vivants :
 - ☒ Matières végétales ou minérales
 - ☒ Excréments, urine,

Ou de produits fabriqués à partir de ces êtres vivants :

- ✎ Papiers
- ✎ Tissus, ...

Les matières organiques sont principalement composées par :

- ✎ De l'hydrogène,
- ✎ De l'oxygène,
- ✎ Du carbone,
- ✎ De l'azote
- ✎ Du phosphore
- ✎ Du soufre.

A haute température (plus de 500 °C). Les matières organiques brûlent et se transforment en fumée.

➤ Les matières minérales :

- ✎ Graviers,
- ✎ Sables
- ✎ Métaux
- ✎ Sels minéraux

Sont pour la plupart des composés qui évoluent peu dans les conditions naturelles.

Elles constituent les résidus (ou cendre) obtenus après calcination à 550°C

5-4. matières biodégradable et matières non biodégradables :

Les matières biodégradables présentent l'ensemble des composés transformable par des organismes vivants, essentiellement des bactéries.

Cette transformation peut se réaliser en présence d'oxygène de l'air : on parle de **Dégradation Aérobie**

Elle peut également survenir en absence d'oxygène : **dégradation anaérobie.**

La plupart des matières biodégradables proviennent des matières organiques, alors que les matières minérales sont plus généralement non biodégradables. Certaines matières sont très rapidement biodégradables, tels les sucres, l'alcool, ... d'autres matières, de composition chimique plus complexe, nécessitent plus de temps et sont donc difficilement biodégradables. Il s'agit, par exemple, des graisses, du bois, du tissu.

Les matières organiques sont estimées par la quantité d'oxygène nécessaire à leur dégradation. Deux analyse sont utilisées :

- ✎ La DCO
- ✎ La DBO₅

VI- Les paramètres caractéristiques des eaux usées :

6-1. CARACTERISTIQUE PHYSIQUES

a. Température :

Elle a une influence déterminante sur l'activité des micro-organismes et sur la réserve d'oxygène pour le processus d'autoépuration.

Pour garantir le bon fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseurs), cette température ne doit pas dépasser 30°C.

b. La turbidité :

Elle indique la présence plus ou moins importante des matières en suspensions (M.E.S) d'origine organique ou minérale.

c. La conductivité :

La mesure de la conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau. Plus la concentration ionique des sels dissous est grande et plus la conductivité est grande.

d. Couleur et odeur :

En général, la couleur et l'odeur ont été utilisées comme les premiers indicateurs de la pollution de l'eau.

La couleur d'une eau usée urbaine est grisâtre, mais certains rejets industriels (teinture, papeteries...) contiennent des colorants particulièrement stables. Il existe plusieurs gaz qui donnent des odeurs, résultant d'une fermentation ou décomposition, parmi lesquels on peut citer NH_3 , H_2S ...

e. Les matières en suspension (M.E.S) :

Se sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi transportés par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. [22]

La distinction porte sur la taille des composés contenus dans l'eau.

- Taille supérieure à micron : ce sont les matières en suspension, responsables essentiellement de troubles de l'eau sédiment rapidement et constituent les matières décantables.
- Taille inférieure 1/1000 micron : ce sont les matières dissoutes ou liquides. Certains de ces liquides (huile, hydrocarbure,...) ne se mélangent pas à l'eau. Disposés en fines gouttes, on dit qu'ils forment alors des émulsions
- La taille intermédiaire correspond aux matières colloïdales, qui participent au trouble et à la coloration de l'eau. Ces matières colloïdales ne sont pas décantables

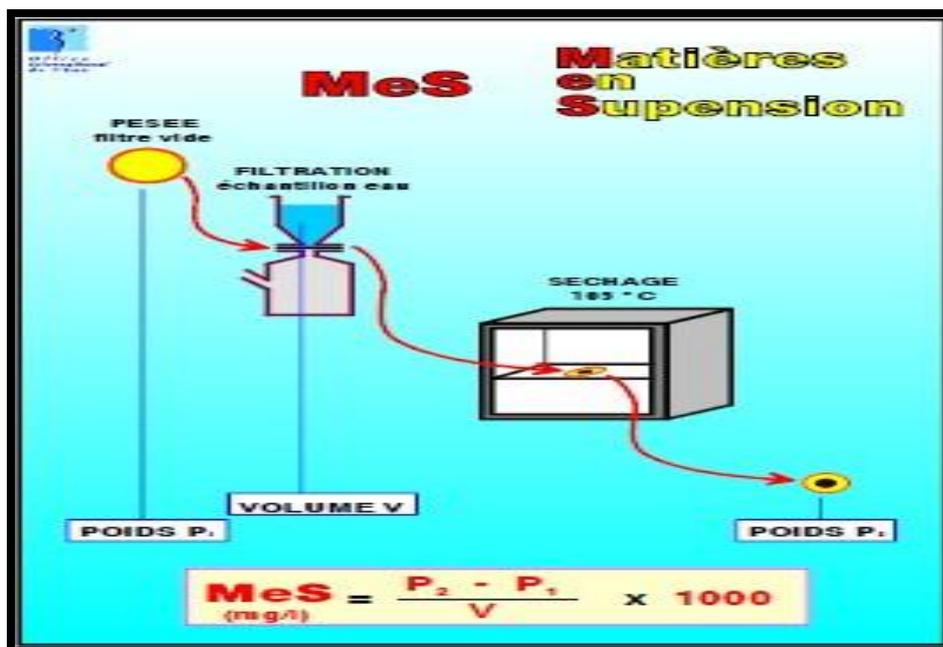


Figure I-1 : Détermination des MES [22]

f. Les matières volatiles sèches (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ **70-80%** de MES.

6-2. **CARACTERISTIQUE CHIMIQUES**

a. **Le potentiel hydrogène (pH) :**

Le pH indique la concentration en ions H^+ présent dans l'eau. Les micro-organismes autorisent une gamme de pH allant de 5 à 9 en milieu aérobie et de 6 à 8 en milieu anaérobie.

b. **La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :**

Correspond à la quantité de la matière organique biodégradable présente dans l'eau, plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce au phénomène d'oxydation par voie aérobie.

Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours, c'est la DBO₅ demande biochimique en oxygène sur cinq jours. [18]

c. **La demande chimique en oxygène (DCO) :**

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par oxydation chimique de la totalité des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau.

Le bichromate de potassium agissant en milieu sulfurique pendant deux heures à ébullition, oxyde presque entièrement les matières réductrices.

➤ *Principes de base :*

La détermination de la DCO repose sur la mesure de la quantité d'oxygène ou d'oxydant consommée par les matières dissoutes en suspension lors de la réaction suivante:



Les matières organiques, notées MO, vont s'oxyder pour former du dioxyde de carbone et de l'eau en réduisant l'oxygène ou l'oxydant chimique.

- La DCO traduit donc, en quantité d'oxygène, le potentiel d'oxydation d'un oxydant chimique décomposé par les substances réductrices contenues dans l'échantillon examiné.

d. Relation entre DCO et DBO₅ :

Rappel :

- **DCO** : matières organique biodégradables et non biodégradables
- **DBO₅** : matières organiques biodégradables

Donc :

- ✎ La DCO est toujours supérieure à la DBO₅
- ✎ La DBO₅ est une fraction de la DCO

Plus cette fraction est importante, plus les bactéries seront efficaces dans la dégradation de la pollution. Pour vérifier cette caractéristique, on calcule le rapport entre la DCO et la DBO₅, appelé rapport de biodégradable.

$DCO/DBO_5 =$ rapport de biodégradabilité

- ◆ Pour une eau usée urbaine, ce rapport est de l'ordre de 2 à 3. L'effluent est considéré alors comme biodégradable.
- ◆ Si DCO/DBO₅ est supérieur à 3, la pollution est peu ou pas biodégradable
- ◆ Pour les effluents d'industrie agro-alimentaires, il est de l'ordre de 1.5 à 2. cela traduit donc une meilleure biodégradabilité, ce qui implique qu'un traitement biologique est parfaitement adapté pour ce type de pollution.
- ◆ Un rapport supérieur à 3 traduit l'apport d'un effluent industriel plus ou moins difficilement biodégradable. Dans ce cas le traitement biologique seul risque d'être inadapté (notamment pour des valeurs supérieures à 3.5). mais au delà d'un certain seuil plus que la valeur c'est la variabilité qui est importante. [5]

e. Conductivité :

Elle est liée à concentration des substances dissoutes et à leur nature. Elle augmente avec la teneur en sels dissous et varie en fonction de la température, elle permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau.

Le tableau suivant nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité.[12].

Tableau I-1 : Minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité [5]

Conductivité	Appréciation
Conductivité <100 µs/cm	Minéralisation très faible
100 µs/cm < conduc < 200 µS/cm	Minéralisation faible
200 µs/cm < conduc < 333 µS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 µs/cm < conduc < 666 µS/cm	Minéralisation moyenne
666 µs/cm < conduc < 1000 µS/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 µS/cm	Minéralisation excessive

Avec : µs/cm ; l'unité de mesure de la conductivité, micro siemens par centimètres.

f. Les paramètres biologiques :

Les eaux usées évacuent les matières fécales et les urines des populations. Elles sont chargées en germes intestinaux habituels de l'homme et en germes pathogènes en provenance de porteurs sain ou malades.

Les micro-organismes pathogènes présents dans les eaux usées peuvent être classés en quatre catégories :

- Les virus
- Les parasites.
- Les bactéries.
- Les champignons.

6-3. Estimation des rejets d'eaux usées :

Pour quantifier globalement les matières polluantes contenues dans les eaux usées domestiques, il faut disposer d'une unité. [10]

a- La charge polluante

La charge polluante d'une eau usée est donnée par le produit du débit et de la concentration

$$\text{Charge QA (g/j)} = \text{débit (m}^3\text{/jour)} * \text{concentration (mg/l ou g/m}^3\text{)}$$

Pour le dimensionnement de certains éléments de station d'épuration, la charge sera la valeur critique déterminée.

b- l'équivalent habitant :

L'équivalent habitant est la matière organique biodégradable rejetée par habitant et par jour.

On exprime en équivalent habitant non seulement le pouvoir polluant des eaux usées domestiques mais aussi ceux des rejets industriels et agricole.[10]

☞ Valeurs de l'équivalent habitant :

En Europe, l'équivalent habitant correspond à une pollution de 54g d'O₂ /j pour une eau brute et 35g d'O₂/j pour une eau décantée.

Pour l'Algérie, la valeur de l'équivalent habitant n'est pas encore déterminée, de ce fait, pour concevoir une station d'épuration d'eaux usées, on se base sur les normes européennes.[10]

Sachant que l'équivalent habitant consomme en moyenne 180l/jour, les valeurs des charges polluantes et des concentrations des paramètres dans le tableau suivant :

Tableau I-2: Les charges polluantes et les concentrations des paramètres [10]

	Charge (g/jour)	Concentration (en mg/l)
DBO ₅ (demande biologique en oxygène)	(54- 60)	(300-333)
DCO (demande chimique en oxygène)	135	750
MES (Matière en Suspension)	90	500
N Kjeldahl (azote organique et l'azote ammoniacal)	9.9	55
P (non défini administrativement)	1.5-3	15

VII- Le réseau d'assainissement :

a. Les différents types de réseau d'assainissement :

Pour réaliser son rôle principal de transport des eaux, un réseau d'assainissement peut présenter plusieurs variantes :

- ✎ Les systèmes fondamentaux,
- ✎ Les systèmes pseudo-séparatif,
- ✎ Le système composite
- ✎ Les systèmes spéciaux

Parmi les systèmes fondamentaux, nous distinguerons :

7-1-1. Le système séparatif :

Deux réseaux distincts sont mis en place :

- ✓ L'un pour évacuer les eaux pluviales,
- ✓ L'autre pour évacuer les eaux usées,

Nous retenons que dans ce système, et en principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour le traitement. La station d'épuration devrait recevoir, à l'aval du réseau d'eau usée, un effluent brut de qualité relativement bien déterminé

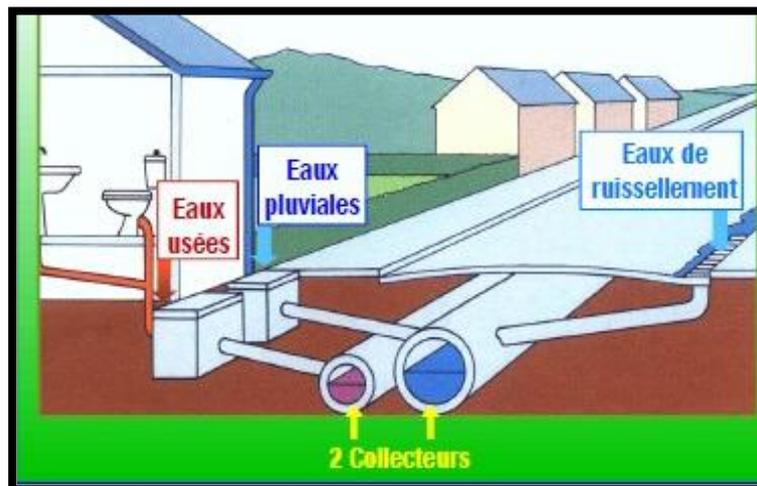


Figure I-2: Le réseau séparatif [10]

7-1-2. Le système unitaire : [5]

Dans ce système d'évacuation, un seul collecteur assure à la fois le transport des eaux usées et des eaux pluviales. En principe toutes les eaux devraient arriver à la station d'épuration qui aurait alors un effluent en tête de quantité et de qualité très variable.

Pour éviter cet écueil, des déversoirs d'orage seront répartis sur le réseau pour permettre à la station de ne pas recevoir un débit supérieur à un débit maximal fixé.

Cependant, malgré l'option précédente, nous n'oublions pas que, lors d'un orage, l'effluent « eaux usées » sera dilué par le débit pluvial et d'autre part, lors des premières pluies après une longue période sèche, c'est toute la ville qui va se nettoyer, ceci pouvant amener sur la station un flot de pollution assez important.

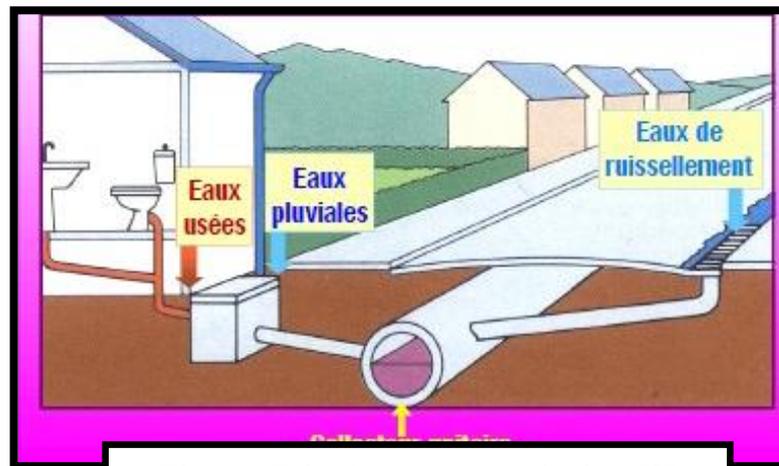


Figure I-3 : le réseau unitaire [8]

b. Impact de type de réseau sur la station d'épuration.

- **Le réseau séparatif** : offre un régime en débit et en charge polluante plus stable que le réseau unitaire. Toutefois l'évolution réglementaire et les contraintes de protection du milieu récepteur imposent à terme le traitement des eaux pluviales strictes. Deux stations de traitement de nature et de localisation différentes seront à terme nécessaires.

Le réseau séparatif permet

- ✘ Une conception et une exploitation plus simple,
 - ✘ De garantir, à priori, une meilleure exploitation de la station d'épuration,
 - ✘ De limiter les volumes, les charges et les pointes à traiter,
 - ✘ D'autoriser des ouvrages de traitement plus petits
- **Le réseau unitaire** permet d'accepter et de traiter d'avantage de flux polluants sur une seule station. Par contre, la variation des débits et des charges imposera des contraintes en conception et en exploitation.

- ✘ Construction d'un bassin d'orage,
- ✘ Conception en respectant les contraintes de temps sec et de temps de pluie,
- ✘ Difficultés d'exploitation (surcharge, vitesse ascensionnelle, temps de séjour, cinétiques..),
- ✘ Surconsommation énergétique

c. Impact des eaux parasites sur la caractérisation des eaux usées

- ➔ Eau de nappe :
 - ◆ Dilution des eaux usées (carences)
 - ✓ Prolifération de bactéries filamenteuses
 - ◆ Augmentation en [NO₃] et diminution du pH.
 - ◆ Perturbation des performances de la station (charge hydraulique).
 - ◆ Surconsommation énergétique.
- ➔ Eau pluviale :
 - ◆ Augmentation des charges (1^{er} flot d'orage) et des volumes,
 - ◆ Refus de dégrillage, dessablage.
 - ◆ Présence d'hydrocarbure et de métaux lourds.

VIII- Modification physique du milieu récepteur :

Le milieu peut être perturbé par des apports aux effets divers :

- ➔ Augmentation de la turbidité de l'eau (ex ; lavage de matériaux de sablière ou de carrière).
- ➔ Modification de la salinité. (ex. eaux d'exhaure des mines de sel),
- ➔ Augmentation de la température (ex. eaux de refroidissement des centrales nucléaires).[6]

Chacun d'entre nous est en partie responsable de la pollution de l'eau, quand il l'utilise directement et quand il consomme des produits agricoles et industriels.

Les **familles** utilisent l'eau pour la boisson et la cuisine et la polluent par les toilettes (W-C), la salle de bain, la lessive et le lavage. Pour ces usages domestiques, l'eau est associée à des savons, des poudres à laver qui ajoutent encore à la pollution.

Les **agriculteurs** utilisent l'eau pour abreuver leur bétail et pour irriguer les terres. Les déjections animales (purin, lisier) sont polluantes pour les rivières. Les engrais mal utilisés polluent les eaux souterraines.

Les **industriels** utilisent l'eau pour refroidir et nettoyer les machines et pour les fabrications. Les rejets industriels pollués classiques (fromagerie, brasserie) ou toxiques (chimie) doivent être épurés avant rejet.[6]

La pollution de l'eau est gênante, car elle perturbe l'équilibre naturel et parce qu'elle rend difficile certains usages : baignade, eau potable, pêche, eau pour l'industrie.

Voilà un tableau qui nous renseigne sur les différentes formes de la pollution ;

Tableau : Les différentes formes d'une eau polluée [5]

ODEURS	COULEURS	ASPECTS	CAUSES
Pas d'odeur	Jaune très clair	Translucide	Eau pluviale. Eau d'infiltration
D'oeuf pourri Aigre Eau de vaisselle	Gris-noir	MES fines (à très fines), génie civil corrodé	Eau septique
Aigre	Blanc crème	Mélange graisseux	Graisses Huiles
Excréments	Gris-noir	Eau très chargée	Matière de vidange
Odeur caractéristique	Rose à arc en ciel	Film en surface	Hydrocarbures
Variations brusques	Variations brusques	Variations brusques	Eaux industrielles

IX. Conclusion :

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eaux usées sur le milieu récepteur sont nombreuses. Elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulaire, d'où une épuration de ces eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel est indispensable et cela pour l'équilibre de l'écosystème.

CHAPITRE II :

Procédés d'épuration des eaux usées

I. Introduction :

L'objectif du traitement des eaux usées résiduaires est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejet édictées par la législation et pouvant dans le cadre des mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage), plus particulièrement en milieu industriel. Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines et industrielles en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré.

Ce chapitre présentera les différentes filières ou chaînes de traitement des eaux et des boues résiduaires urbaines et industrielles, puis décrit succinctement les principales opérations unitaires mises en œuvre.

II. Principes de l'épuration des eaux résiduaires :

1. Différents modes d'épuration :

On peut classer les différents procédés de traitements possibles, selon l'origine, la nature de la pollution [organique ou minérale] et sa forme [soluble, colloïdale et en suspension] ; [13].

En fait, il est rare que l'on trouve un seul type de pollution dans un rejet qui a une composition très hétérogène. Le plus souvent, on a à faire d'une part à un mélange de produits organiques et minéraux et d'autre part ces produits sont généralement présents sous les trois formes : solubles, colloïdales et en suspension.

L'élimination de la production polluante conduit toujours en fonction des caractéristiques physico-chimique des rejets et du degré d'épuration souhaité, à la conception d'une chaîne de traitement constituée d'une succession d'opérations unitaires ou de stades de traitement entre lesquels il peut, dans la pratique, exister des interactions.

2. Données à prendre en compte :

La conception du système d'épuration devra obligatoirement tenir compte de ce qui le précède et de ce qui le suit, c'est-à-dire des données amont et aval :

2-1. Données en amont :

Il faut assurer ou estimer aussi précisément que possible la quantité et la qualité des eaux épurées ainsi que la variation éventuelle de ces paramètres dans le temps.

Il conviendra pour cela de prendre en compte, dans l'élaboration d'un projet de station, un certain nombre de facteurs énumérés ci-après. [13]

 Dans le secteur urbain :

- L'étendu et le relief de la zone à desservir ;
- La densité de population, l'importance et la nature de l'urbanisme ;
- La présence d'industrie raccordées..

 Dans l'industrie

- Le type d'activité, la production moyenne et surtout la production maximale avec les périodes s'y rapportant ;
- La nature et l'importance des pertes ressortant du bilan matières de l'établissement considéré, à l'origine de la production polluante, ses caractéristiques physico-chimiques et ses fluctuations journalières hebdomadaires ou saisonnières.

On doit considérer en définitive que seul un bilan réel des pollutions générées, par la réalisation de campagnes de mesurer sur une période prolongée, permettra de situer avec précision les variations journalières des flux de pollution et des caractéristiques des rejets à traiter ;

2-2. Données à l'aval :

 Le milieu récepteur du rejet d'eau épurée a une certaine « capacité d'accueil » de la pollution, fonction de sa nature et de sa dimension, et dont il faudra tenir compte pour définir les conditions de rejet.

 Les niveaux de qualité au rejet pour l'eau épurée et l'efficacité des installations de traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles sont définis par des prescriptions réglementaires pour ce qui relève de la pollution particulaire (MES, DCO, DBO₅ et celle des polluants azotes globales et phosphore total) à l'origine de l'eutrophisation.

 Une station d'épuration doit régler le rejet des boues captées ou formées dans la station.

La destination de ces boues (constituées de suspensions aqueuses concentrées des matières polluantes éliminées de l'eau traitée) peut être de trois ordres :

- Décharges contrôlées
- Valorisation agricole ou autre ;
- Incinération

Elle constitue une « donnée aval » aussi importante que le niveau de qualité de l'eau épurée. Elle orientera, en effet, la concentration de toute la chaîne de traitement des boues, voire même de la station toute entière. [23]

Tableau II-1: Inventaire des différents traitements des eaux usées selon la nature et la forme de la pollution considérée. [13]

	Produits solubles	Produits colloïdaux	Matières en suspension
Pollution minérale	↓ Neutralisation Oxydo-réduction Précipitation Echange d'ions électrodialyse osmose inverse	↓ Coagulation Floculation	↓ Dégrillage Dessablage Décantation Flottation Filtration
	Oxydation Adsorption sur charbon actif Extraction liquide-liquide	Floculation Coagulation	Dégrillage tamisage Déshuilage dégraissages Décantation Flottation
Traitement biologiques aérobies			
Pollution organique	Cultures bactériennes en suspension		
	Boues activées Lagunage	→ → →	Clarification Décantation Flottation
	Cultures bactériennes fixées		
	Lits bactériens Biofiltres	→ → →	
Traitements biologiques anaérobies de méthanisation			

3. Aspects réglementaires

3-1. Conditions des rejets des effluents urbain :

Les arrêtés du **3 novembre 1994** délimitant les « les zones sensibles » et du 22 novembre 1994, fixant les prescriptions relatives aux ouvrages d'épuration précisent les règles générales applicables aux rejets en condition normales d'exploitation. De plus ils définissent les caractéristiques physico-chimiques des rejets avec, en particulier, les valeurs limites des critères de pollution fixées en concentration et en rendements.[13]

La valeur limite est définie est définie comme une valeur moyenne sur 24h et parfois sur un mois (concernant l'azote et le phosphore). Il ya respect de cette valeur limite quand, au maximum, 10% des résultats enregistrés pour les critères polluants dépassent cette valeur limite, tout en restant inférieurs à deux fois cette valeur. .[10]

Dans le cas d'une mesure en continu, ces 10% sont comptés sur une base mensuelle, pour les critères de pollution MES, DBO₅, DCO.

Dans le cas d'une mesure instantanée, aucun résultat ne doit être supérieur à 2 fois la valeur limite. .[13]

Les mesures et analyses réalisées sur les échantillons moyens journaliers devront respecter, en fonction de la charge brute de pollution traitée par les ouvrages d'épuration :

-  Soit les valeurs limites au rejet fixées en concentrations pour les différents paramètres de pollution ;
-  Soit en valeurs limites fixées en rendements comme indiqué dans **le tableau II-2**

Tableau II-2 : valeurs limites au rejet en concentrations (pour les différents paramètres de pollution) et en rendements.[13]			
Paramètre	Valeur limite de rejet moyenne/24h (Mg/l)	Charge brute de pollution journalière (kg/j)	Rendement minimale (%)
MES	35	Toutes charges	90
DCO	125	Toutes charges	75
DBO ₅	25	120à600	70
		>600	80
Caractéristiques générales des rejets :			
<ul style="list-style-type: none"> - pH comprise entre 6 et 8.5 - température inférieure à 25°C 			

Les rejets dans les zones sensibles à l'eutrophisation devront, en outre, respecter, en moyenne annuelle, les valeurs du paramètre concerné, fixées soit en concentrations soit en rendement, comme indiqué dans le **tableau II-3**.

Tableau II-3: valeurs limites de rejet pour les polluants azotés et phosphorés et rendements minimaux à viser .[13]			
Paramètre	Charge polluante journalière (kg/j)	Valeur limite de rejet moyenne mensuelle (mg/l)	Rendement minimale (%)
NGI	600à6000	15	70
	>6000	10	
Pt	600à6000	2	80
	>6000	1	

Il est important, dans le cadre de la réglementation, le service en charge de la police de l'eau doit vérifier la qualité du dispositif de surveillance mis en place et examiner les résultats d'autocontrôle fournis par l'exploitant. Il aura la possibilité de faire procéder à des contrôles inopinés par un organisme agréé. La fréquence des mesures nombre de jours par an) est fonction de la charge brute de pollution (en Kg/j) traitée par l'installation.

3-2. Condition de rejet des effluents industriels :

Ce sont les arrêtés du journal Officiel de la République Algérienne N°26 du 23 avril 2006 qui procède à la définition des valeurs limites de rejet, des conditions de rejet, des conditions et des modalités du contrôle et de la surveillance des rejets.

Les caractéristiques générales des rejets en eaux superficielles ainsi que les valeurs limites fixées en concentrations pour les différents paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, NGI et Pt) sont résumées dans le **tableau II-4** suivant :

Tableau II-4 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

N°	Paramètres	unité	Valeurs limites	Tolérances aux valeurs limites ancienne installation
1	Température	°C	30	30
2	pH	/	6.5-8.5	6.5-8.5
3	MES	Mg/l	35	40
4	Azote	-	30	40
5	Phosphore total	-	10	15
6	DCO	-	120	130
7	DBO5	-	35	40
8	Aluminium	-	3	5
9	Substances toxiques bio accumulables	-	0.005	0.01
10	Cyanures	-	0.1	0.15
11	Fluor et composés	-	15	20
12	Indice de phénols	-	0.3	0.5
13	Hydrocarbures totaux	-	10	15
14	Huiles et graisses	-	20	30
15	Cadmium	-	0.2	0.25
16	Cuivre total	-	0.5	1
17	Mercure total	-	0.01	0.05
18	Plomb total	-	0.5	0.75
19	Chrome total	-	0.5	0.75
20	Etain total	-	2	2.5
21	Manganèse	-	1	1.5
22	Nickel total	-	0.5	0.75
23	Zinc	-	3	5
24	Fr	-	3	5
25	Composés organiques chlorés	-	5	7

ONA, Tizi Ouzou. 2011

III. Différentes filières ou chaînes de traitements :

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. [13]. En fonction de ces caractéristiques des effluents à traiter et du degré d'épuration visé, on est conduit à concevoir différentes chaînes de traitement de l'eau et des boues.

On peut considérés d'une manière générale que l'épuration amènera toujours à mettre en œuvre des procédés :

- De séparation et d'élimination des matières en suspension.
- D'élimination des matières en solution, dont une certaine proportion pourra être convertie en matières en suspension, et éliminée avec ces dernières.

III.1. Principales filières de traitement des eaux résiduaires :

On distingue la succession des stades de traitements suivants :

III-1-1. Le relevage :

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leur poids. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux usées dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution. Cette opération s'effectue grâce à des pompes ou à des vices d'Archimède.

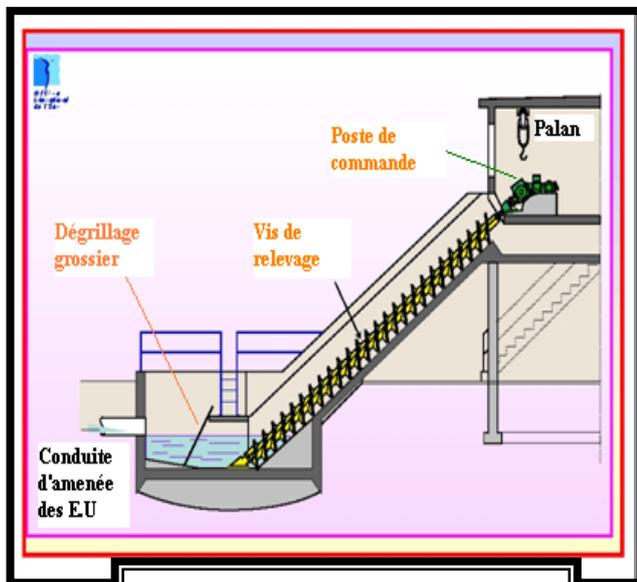


Figure II-1-a : Relevage grâce a un vice d'Archimède [13]



Figure II-1-b : Relevage grâce à une pompe [13]

III-1-2: Traitement De Dégrossissage Ou Prétraitement ;

Il a pour objet de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures de traitement. Il comprend les opérations de **dégrillage**, **tamissage**, **dessablage** et **déshuilage**. Pour les rejets industriels, il est souvent souhaitable d'un bassin tampon de tête, qui permet par ailleurs si nécessaire un pré neutralisation. Le prétraitement existe quelle que soit la filière utilisée, mais peut être réduit dans certains cas au simple dégrillage. [16]

a- Dégrillage :

- Rôle : retenir, à l'aide d'une grille, les gros déchets
- But : éviter l'accumulation, les odeurs le colmatage des canalisations, l'inefficacité des ouvrages et équipements.
- Position : A l'entrée de la station d'épuration, avant et après le relèvement.
- Technologie :
 - A nettoyage manuel.
 - A nettoyage automatique

La dégrilleur manuel est :

- Le plus simple
- Le plus rustique
- Espacement des grille-2.5 cm
- La grille peut être inclinée (60 à 80°)
- Afin de faciliter l'évacuation des déchets
- Afin d'augmenter la surface de dégrillage

Si colmatage => by-pass

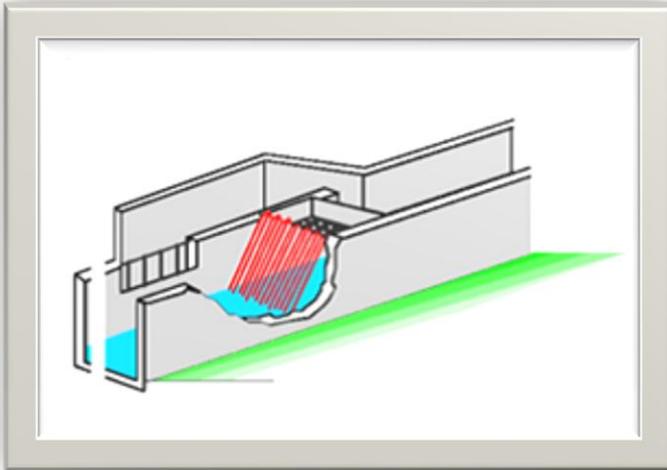


Figure II-2: Dégrillage manuel [23]



Figure II-3 : Dégrillage mécanique [23]

b- Dessablage-déshuilage :

Le dessablage porte généralement sur des particules de granulométries égales ou supérieures à 200µm. Le dessablage et les déshuilages s'effectuent dans un même bassin. L'ouvrage regroupe dans un même ensemble conique :

- ☐ Le dessaleur dans la partie inférieure du tronc conique
- ☐ Le déshuileur, aéré dans sa partie centrale est raclé mécaniquement par un écumeur pour extraire les graisses. [23]

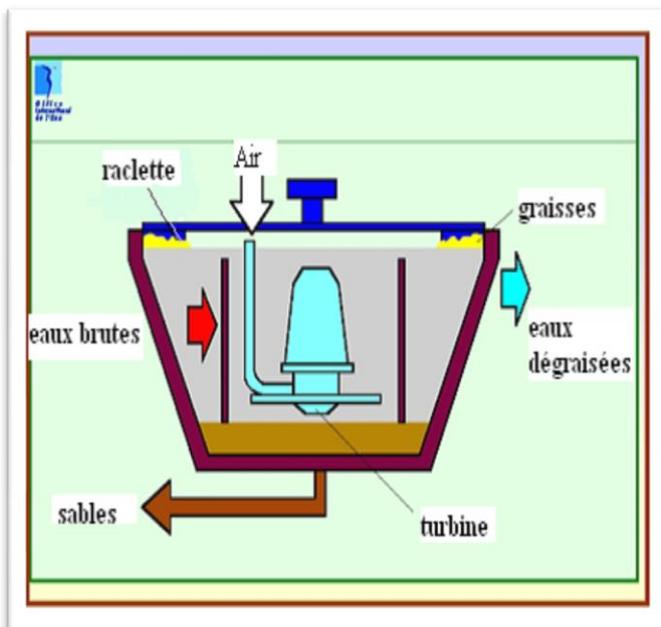


Figure II-4 : schéma d'un dessaleur-déshuileur [23]



Figure II-5: Racleur des graisses [23]

III-1-3 : Traitement primaire :

C'est une séparation physique, liquide-solide, dont l'objectif est de retenir le maximum de matières en suspension présentes dans les eaux usées. Les matières en suspension que l'on peut habituellement éliminer par décantation font l'objet classiquement du traitement primaire.[16]

La clarification globale des rejets nécessite l'élimination complémentaire de la pollution particulaire colloïdale ou finement dispersée, qui peut être obtenue moyennant l'utilisation de réactifs chimiques lors d'un traitement par voie physico-chimique qui implique la mise en œuvre d'une coagulation- floculation en amont d'une séparation solide-liquide par décantation ou flottation. Certains types de stations ne comportent pas de traitement primaire. [23]

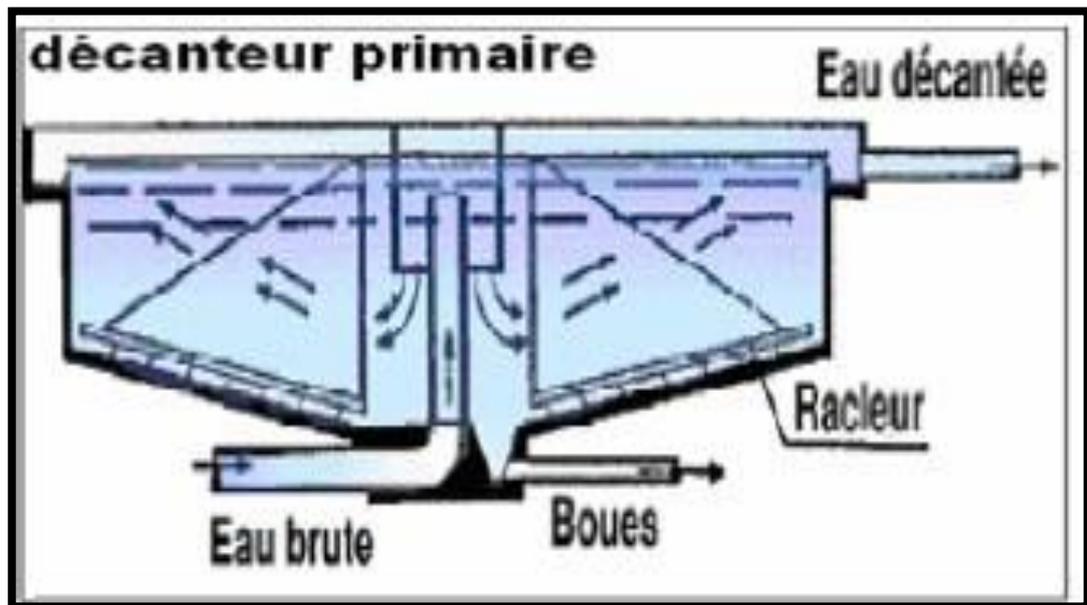


Figure II-6 : décanteur primaire [23]

III-1-4: Traitement secondaire :

On fait consommer la plus grande partie des matières organiques présentes dans les eaux usées par des bactéries aérobies ou anaérobies.

Les procédés le plus couramment mis en œuvre pour la dépollution des rejets urbains et industriels sont du type aérobie (présence d'air ou d'oxygène)

On distingue :

- Les procédés aérobies utilisant une culture bactérienne libre en suspension dans l'eau à traiter (épuration par boues activées, lagunage naturel et aéré) ;
- Les procédés aérobies utilisant une culture bactérienne fixée sur un support (épuration par lits bactériens ou par bio filtration). [23]

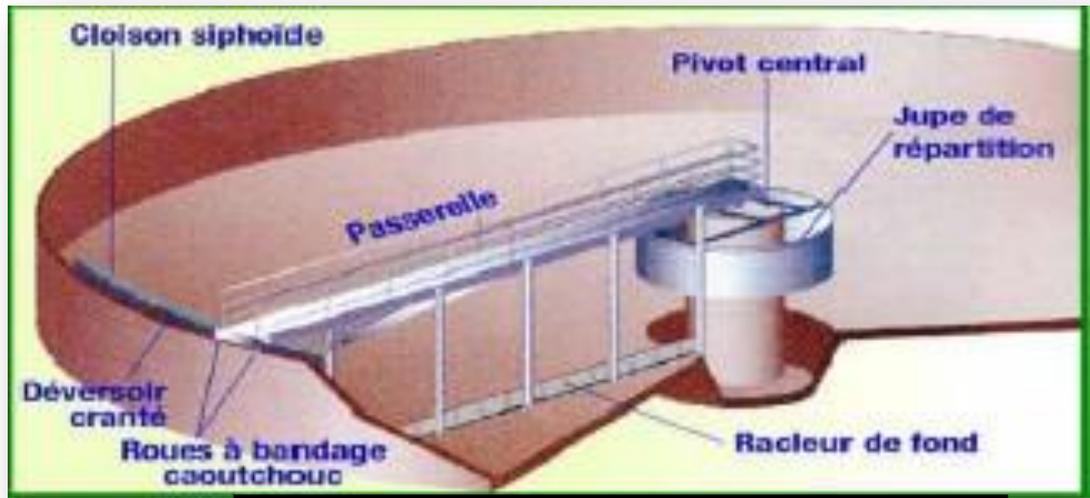


Figure II-7: Décanteur secondaire [23]

a- Traitement physico-chimique :

Après une étape de prétraitement, le traitement physico-chimique consiste en une séparation physique solide-liquide après un ajout de réactifs chimiques ayant provoqué l'agglomération des matières en suspension (MES). Le traitement se déroule en 4 phases :

a-1 : Coagulation : Consiste à déstabiliser des suspensions pour faciliter leur agglomération. Il faut neutraliser leurs charges de manière à réduire leurs forces de répulsion. Ainsi, les colloïdes présents dans les eaux de rivière sont généralement chargés négativement; il faut donc ajouter des coagulants de charge positive tel que les sels de fer ou d'aluminium, minéraux ou cations trivalents employés notamment dans le traitement de l'eau potable.

En eaux industrielles, on utilise plutôt des coagulants organiques.[4].

a-2 : Floculation : Permet l'agglomération des particules neutralisées par la coagulation. Les flocculant, polymères organiques de synthèse (anioniques, neutres ou cationiques), piègent dans leurs mailles les petites particules déstabilisées pour former un floc. Les flocculant existent sous forme solide, en billes ou en solution.[4].

a-3 : Neutralisation : Consiste à optimiser le PH des réactions précédentes par ajout d'une base (chaux) [4].

a-4 : Décantation : Permet la séparation des phases et donc le rejet de l'eau traitée (eau dont on a retiré les matières en suspension) [5]

 **Avantage:**

- généralement pour des collectivités de taille moyenne ou importante. (>20000 EH) ;
- bonne élimination des MES et du Phosphore ;
- adaptation aux variations de charges (zone touristiques, industrielles) ;
- insensible au non biodégradabilité des effluents ;
- compacité de l'installation et faible emprise au sol. Cela offre une facilité de couverture et donc de désodorisation et par là une meilleure intégration dans l'environnement (adapté aux zones de montagne, au littoral, aux zones urbaines denses, etc.). [23]

 **Inconvénients:**

- Peu adapté aux petites collectivités sans automatisation et sans personnel permanent ;
- Elimination incomplète de la pollution organique et de l'azote ;
- Coûts d'exploitations élevés (réactifs) ;
- Automatisation de l'injection pas toujours satisfaisante pour faire face aux brusques variations de charge ;
- Production importante de boues putrescibles. [23]

b- Le procédé biologique :

Ils constituent la mode classique d'épuration de la pollution organique carbonée et azotée.

Les techniques d'épuration biologique reposent sur les conditions qui permettent aux flores microbiennes de se développer, pour assurer la dégradation des matières organiques polluantes, éliminations dans la mesure où elles servent d'aliments aux bactéries, à condition cependant qu'elles soient biodégradables.

Il faut considérer que, quoique théoriquement l'épuration biologique puisse s'effectuer par voie aérobie ou anaérobie, c'est le traitement aérobie qui est universellement utilisé par suite de sa supériorité évidente pour des matières organiques pas trop concentrées. Du fait du caractère beaucoup plus exothermique du métabolisme aérobie, la cinétique du processus s'avère beaucoup plus rapide et les rendements d'épuration plus élevés (>95%) avec, comme contre partie une biomasse excédentaire plus importante. [13]

Les traitements biologiques permettent de faire passer les éléments présents dans l'eau sous forme soluble ou colloïdale en éléments floculables et de constituer des agrégats qui peuvent être séparés de la phase liquide.

 **Epandage :**

C'est la méthode d'épuration la plus ancienne ; elle consiste à arroser le sol avec les eaux usées ; dans le but d'épurer les eaux et d'enrichir le sol par les substances nutritives contenues dans l'effluent.

Avantages

- Enrichissement du sol par les éléments nutritifs.

Inconvénients

- Risque de contamination des nappes aquifères.
- Risque de colmatage des sols.
- Utilisation de grandes surfaces de terrain.
- Dispersion des germes pathogènes.
- Procédé non utilisé en période pluvieuse.



Lits bactériens :

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution. L'aération naturelle se fait grâce à des ouïes d'aération. Le film biologique se décroche au fur et à mesure que l'eau percole. En sortie du lit bactérien se trouve un mélange d'eau traitée et de bio film. Ce dernier sera piégé dans le décanteur sous forme de boues et l'eau traitée rejoint le milieu naturel. La recirculation des boues vers le décanteur digesteur est essentielle.

Avantages

- Généralement adapté pour des collectivités de taille inférieure à 10 000 EH ;
- Faible consommation d'énergie ;
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- Peut être installé en amont d'une station à boues activées afin de déconcentrer les effluents du type agroalimentaire ;
- Bonne décantabilité des boues ;
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées.

Inconvénients

- Coûts d'investissement assez élevés ;
- Nécessité de prétraitements efficaces ;
- Sensibilité au colmatage et au froid ;
- Source de développement d'insectes (en cas de conception et/ou d'exploitation défectueuse) ;
- Boues fermentescibles ;
- Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.

Disques biologiques :

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées.[13]

Avantage :

- Généralement adaptés pour les petites collectivités ;
- Bonne décantabilité des boues ;
- Faible consommation d'énergie ;
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- Plus faible sensibilité aux variations de charge que la technique des boues activées.

Inconvénients :

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit par conséquent permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes ;
- Coûts d'investissement importants ;
- Grande sensibilité aux variations de température ce qui crée une obligation de couverture ;
- Boues putrescibles. [23]

Lagunage :

Le lagunage est une technique d'épuration qui met en œuvre des bassins naturels dans lesquels séjourne l'eau à épurer pendant une période plus ou moins longue. Ci-après on a les différentes variantes de lagunage.

➤ le lagunage naturel :

Le lagunage est un procédé d'épuration naturelle qui a pour principe d'utiliser la végétation aquatique comme agent épurateur des eaux polluées.

Les plantes aquatiques sont ici utilisées comme support aux colonies bactériennes, assurant l'épuration efficace de l'eau qui traverse lentement les colonies végétales installées.

Les éléments polluants comme les nitrates sont ainsi absorbés par les plantes pour restituer, en sortie de lagunage, une eau de bonne qualité.[13]

✚ Avantages

- Généralement pour des petites stations de taille inférieure à 2000 EH ;
- Bien adapté au réseau unitaire (charge hydraulique - dilution) ;
- Coûts d'investissement limités (en absence de forte contrainte d'étanchéification) ;
- Faibles coûts d'exploitation ;
- Bonne intégration dans l'environnement ;
- Bonne élimination des pathogènes ;
- Boues peu fermentescibles ;
- Raccordement électrique inutile ;
- Bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60 %).

✚ Inconvénients

- emprise au sol importante ;
- contraintes de nature de sol et d'étanchéité ;
- variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée ;
- nuisances en cas de défaut de conception et/ou d'exploitation (rongeurs, odeurs, moustiques) ;
- élimination de l'azote et du phosphore incomplète ;
- difficultés d'extraction des boues ;
- taille > 100 EH ;
- pas de réglage possible en exploitation ;
- sensibilité aux effluents septiques et concentrés.

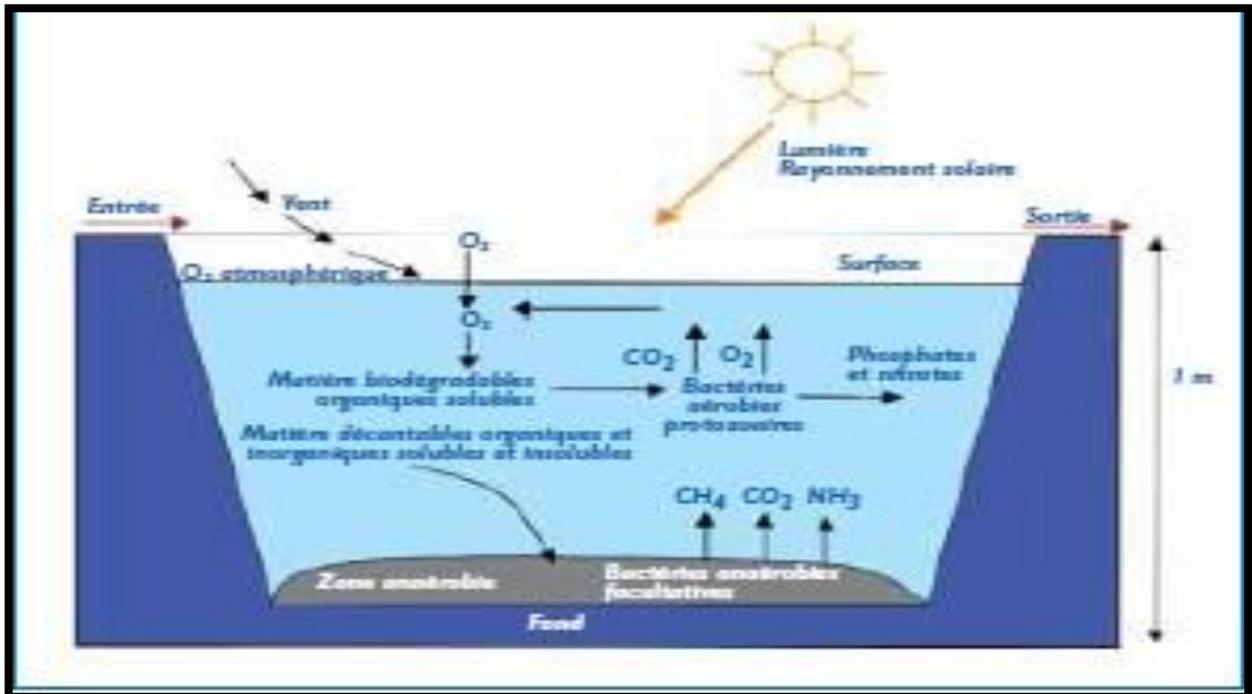


Figure II-8 : les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel (d'après Agence de l'Eau, CTGREF).[13]

➤ **nombre de lagunes :**

L'installation de trois lagunes est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique. Les performances les plus élevées, en ce qui concerne la désinfection, ne sont atteintes qu'avec une compartimentation plus grande.

Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

- Le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée ;
- Le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore ;
- Le troisième affine le traitement et fiabilise le système, en cas de dysfonctionnement d'un bassin amont ou lors d'une opération d'entretien.

➤ **Lagunage à macrophytes :**

Les **lagunes à macrophytes** reproduisent des zones humides naturelles comportant une **tranche d'eau libre**, tout en essayant de mettre en valeur les intérêts des écosystèmes naturels. Elles sont peu utilisées en Europe, mais sont souvent réalisées pour des traitements tertiaires à la suite de lagunage naturel, de lagunes facultatives ou de lagunage aéré aux Etats-Unis. Cette filière est généralement utilisée en vue d'améliorer le traitement (sur les paramètres DBO₅ ou MES) ou de l'affiner (nutriments, métaux,...). Cependant l'utilisation d'une lagune de finition à microphytes permettra d'obtenir de meilleurs rendements et sera plus commode d'entretien. [09]

➤ **le lagunage aéré :**

Regroupe l'ensemble des processus que peut subir une eau résiduaire en vue d'un traitement par oxydation forcée de la matière organique (insufflation d'air) et minéralisation des boues issues du traitement. Il succède à un lagunage primaire pour la décantation. C'est une succession de 3 (ou plus) bassins successifs peu profonds. L'oxygène est apporté par des échanges avec l'atmosphère au niveau de la surface de l'eau et par la photosynthèse de micro algues. La pollution est détruite par les bactéries présentes dans l'eau, et certains germes par le rayonnement solaire. Fréquemment utilisé en communes rurales ou pour le traitement de la DCO d'origine agroalimentaire. Ce traitement biologique aérobie reste moyennement efficace, il élimine 80 à 90 % de la DBO et 20 à 30 % de l'azote. Il faut $\pm 10 \text{ m}^2$ pour traiter 60 g de DBO₅ par jour, soit un EH (équivalent habitant). La durée du traitement peut aller jusqu'à 60 jours. [09]

 **Boues activées**

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification). C'est une intensification qui se passe dans le milieu naturel. La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organisme donc une demande en oxygène plus importante. De plus pour mettre en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire. [13]

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épuré et de la culture bactérienne.
- Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologique récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.

- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.
- Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts de favoriser la diffusion de l'oxygène [16].

Tableau II-5 : Classement Des Procédés Par Boues Activées. [02]

Appellation	Charge massique C_m (Kg DBO ₅ /Kg MES .j)	Charge volumique C_v (KgDBO ₅ /m ³ .j)	Agés des boues en jour	Rendement R d'élimination de la DBO ₅
Faible charge	$C_m < 0,15$	$C_v < 0,40$	10 à 30	$R \geq 90\%$ Nitrification possible
Moyenne charge	$0,15 \leq C_m < 0,4$	$0,5 < C_v < 1,5$	4 à 10	$R = 80 \text{ à } 90\%$ Nitrification possible aux températures élevées
Forte charge	$0,4 \leq C_m < 1,2$	$1,5 < C_v < 3$	1,5 à 4	$R < 80\%$

Remarque :

- Les rendements annoncés sont donnés dans l'hypothèse d'une bonne séparation de tous les éléments décantables de la liqueur de boues activées.
- Sur des effluents industriels concentrés, les rendements d'épuration sont supérieurs à ceux annoncés ci-dessus.

III-1-5: Traitement complémentaires :

La sensibilité de certains milieux récepteurs, les besoins de potabilisation d'une eau, peuvent exiger des traitements épuratoires encore plus poussés. Il s'agit notamment d'éliminer la pollution azotée et phosphorée responsable de nuisances particulières (eutrophisation, désoxygénation de l'eau, danger pour la santé...etc.). Pour l'heure, l'élimination du phosphore est principalement réalisée par voie physicochimique. Ces traitements associés au traitement biologique sont de mises en œuvre aisées et particulièrement efficaces. Toute fois, ils entraînent une surproduction importante de la quantité de boues et une modification de sa qualité.

Cet aspect doit être connu et étudié avant toute application. Pour remédier à ces inconvénients, une nouvelle technique est en train de voir le jour : l'élimination biologique du phosphore. L'azote contenu dans les eaux urbaines s'élimine par voie biologique simultanément à la pollution carbonée à condition que les paramètres de dimensionnement des ouvrages soient définis en conséquence.

D'autres traitements tels que la désinfection, l'affinage par filtration sur sable ou par lagunage peuvent également être mis en œuvre.[05]

III-1-6. Le stockage :

Le stockage permet de faire face aux variations de flux liées aux précipitations ou aux variations démographiques (stations touristiques). Le stockage après épuration de l'eau aura une incidence sur la qualité de l'eau en fonction du temps de rétention :

- ✓ un stockage « tampon » : il sert uniquement à réguler les variations quotidiennes de flux dans la station. La durée de stockage peut varier de 24 à 72 h (Cauchi, 1996 ; Faby, 1997), ce qui laisse supposer que la qualité de l'eau n'aura pas varié ;
- ✓ un stockage pour affiner le traitement microbiologique, notamment pour les parasites, qui peut durer une dizaine de jours ; un stockage de longue durée, plusieurs mois pour certaines réutilisations agricoles (8 mois en Israël, pour irriguer du coton ; Asano, 1998). Dans ce cas, une évolution de la qualité microbiologique est possible. Ce dernier type de stockage, appelé aussi **stockage intersaisonnier**, peut devenir un véritable traitement supplémentaire. Dans la partie inférieure du bassin la masse d'eau est anaérobie, ce qui permet la dénitrification ; par contre, la partie supérieure est aérobie, ce qui permet la nitrification. La succession nitrification-dénitrification débarrasse les eaux usées des nitrates. De plus, le phosphore est éliminé par sédimentation. Enfin, les bactéries sont détruites par l'action de la lumière. Cependant, le stockage à long terme peut entraîner la formation d'algues ce qui pose des problèmes techniques (bouchage des goutte-à-goutte) et esthétiques. [09]

IV. Conclusion :

Ces différents procédés permettent d'obtenir une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants et de ces boues constituants un sous produit de l'épuration.

L'eau épurée peut enfin être rejetée dans le milieu naturel sans risque majeur.

CHAPITRE III :

La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



I. INTRODUCTION :

La réutilisation et le recyclage des eaux sont essentiels au développement de la gestion durable de l'eau et de l'environnement. Le développement est la mise en œuvre d'une stratégie globale de gestion intégrée de l'eau avec réutilisation des eaux usées sont les seules voix possibles pour éviter l'augmentation du déséquilibre entre l'alimentation limitée et la croissance rapide de la demande, ainsi que la dégradation importante de l'environnement, l'exploitation poussée des nappes souterraines et l'accroissement de leurs pollutions.

II. Objectif de la réutilisation des eaux épurées :

L'objectif principal est de fournir des quantités supplémentaires d'eau et de bonne qualité et assurer l'équilibre du cycle et la protection de l'environnement, (les sols, les cours d'eau, les eaux souterraines qui auraient pu être pollués par les rejets des stations d'épuration).

Ces volumes sont en général destinés à l'irrigation, vu sa demande en eau élevée, la recharge des nappes et les besoins industriels (centrales nucléaires, centrales hydroélectrique,..) pour le refroidissement des moteurs des machines.

Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

III. Historique de la réutilisation des eaux usées :

III.1 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le monde :

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29% par an, en Europe (surtout les pays méditerranéens), aux Etats Unis et en chine, et jusqu'à 41% en Australie.(Lazarova te brissaud,2007).

Le volume journalier actuel des eaux réutilisées dépasse le chiffre impressionnant d'1 millions de m³ par jours dans plusieurs pays, comme par exemple aux Etats Unis et en chine.[15]

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES

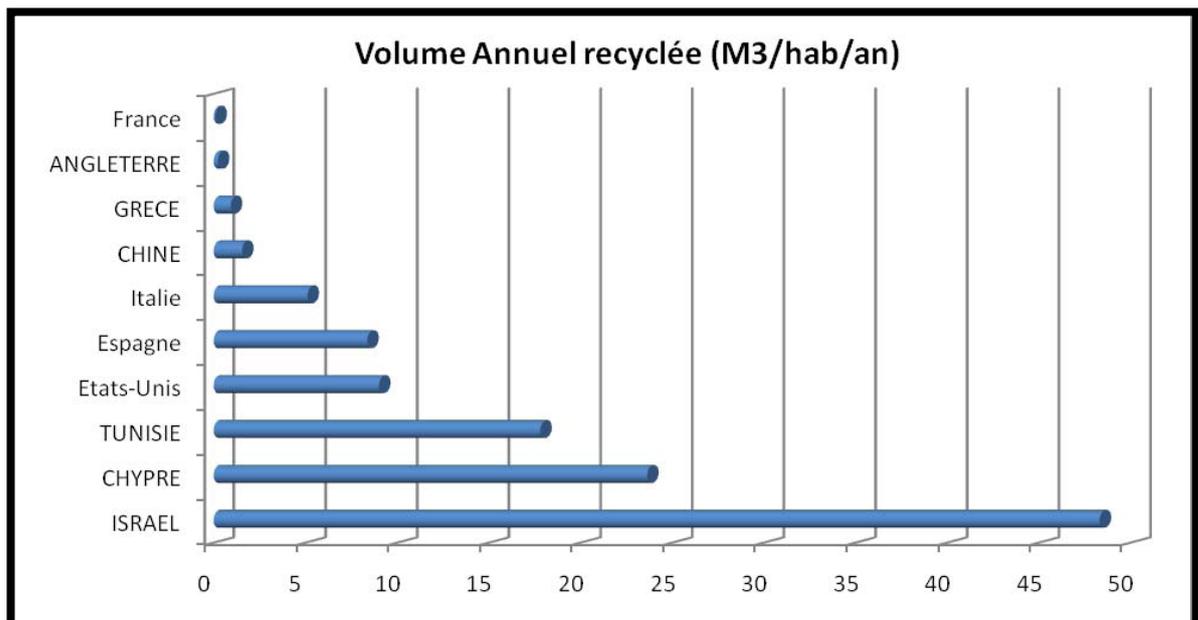


Figure III-1 : Volume annuel des eaux usées recyclées par habitant.

(Le volume moyen journalier des eaux usées recyclées : données pour les années 2000-2003, adaptées de **Jiménez et Asano, 2007** d'après **Lazarova et Brissaud, 2007**) .

La réutilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est très développée aux Etats Uni, mais aussi en Asie et dans les pays du Golf Persique. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du monde où la réutilisation agricole des eaux usées urbaines est la plus pratiquée. Elle est largement systématisée en Israël. La Tunisie et Chypre ont également une politique nationale de réutilisation (Voir Figure14).

L'Espagne et l'Italie sont les deux pays européens dans lesquels la réutilisation se développe le plus rapidement.

En France, la ressource en eau est bien supérieure à la demande ce qui justifie le faible développement de la réutilisation des eaux épurées. (Lazarova et Brissaud, 2007). En France, dans le Midi méditerranéen, les zones les moins bien pourvues sont adossées à des reliefs beaucoup plus arrosés. Par ailleurs, ces régions sont desservies par de grands équipements hydrauliques, Canal de Provence, Canal du Bas Rhône Languedoc, capables de satisfaire leurs besoins en eau. En revanche, on voit apparaître, des installations qui répondent à des nécessités locales. (Faby et Brissaud, 1997).

L'irrigation des cultures agricoles ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines au niveau mondial. La réglementation de la réutilisation des eaux usées épurées dans le monde voir annexe 1.

III.1.1 : La REUE dans quelques pays méditerranéens :

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



La réutilisation des eaux usées devient un moyen important dans la lutte contre la pollution des milieux récepteurs, pour les régions arides et les régions au déficit temporaire en eau ces eaux deviennent une ressource alternative importante.

Le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée. (PUIL, 1998) La figure 15 illustre les volumes d'eaux usées traitées et réutilisées dans cinq pays méditerranéens : Egypte, Liban, Maroc, Syrie et Tunisie.

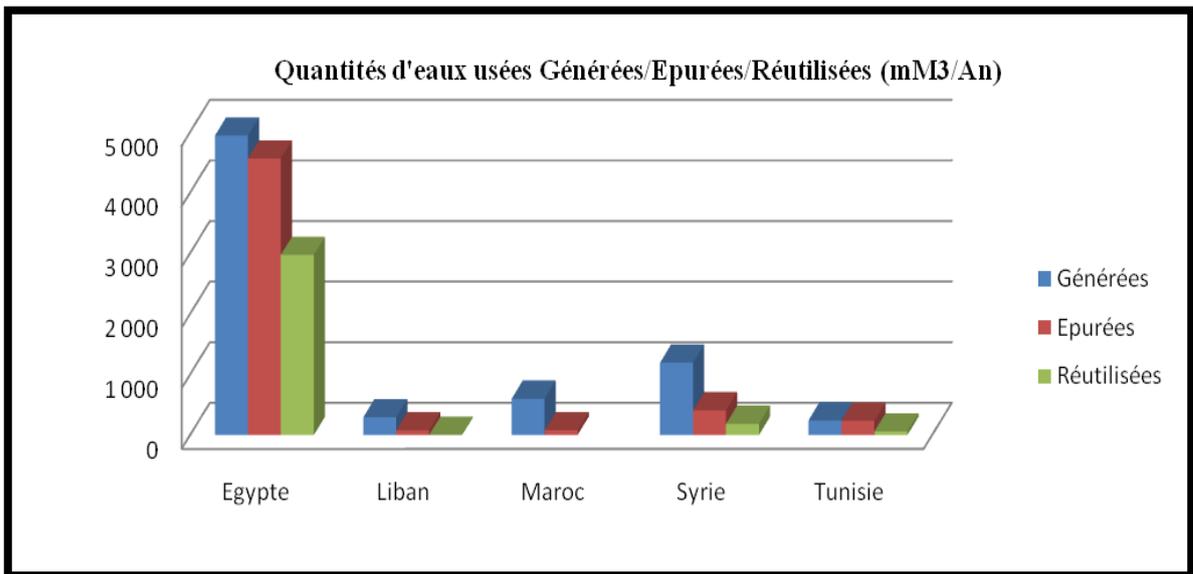


Figure III-2 : Comparatif des quantités d'eaux usées Générées, Epurées et Réutilisées

Source des données : Etude du Groupe AHT.

III.2 : Etat des lieux de la REUE en Algérie :

III.2.1 : 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 stations 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. [15]

Dans le cadre de cette politique générale arrêtée par l'Algérie en matière de protection des ressources en eaux plusieurs stations d'épuration ont été réalisées. En 2010, le nombre de STEP à travers le territoire national a atteint 102 STEP en exploitation. (Voir Figure III-3)

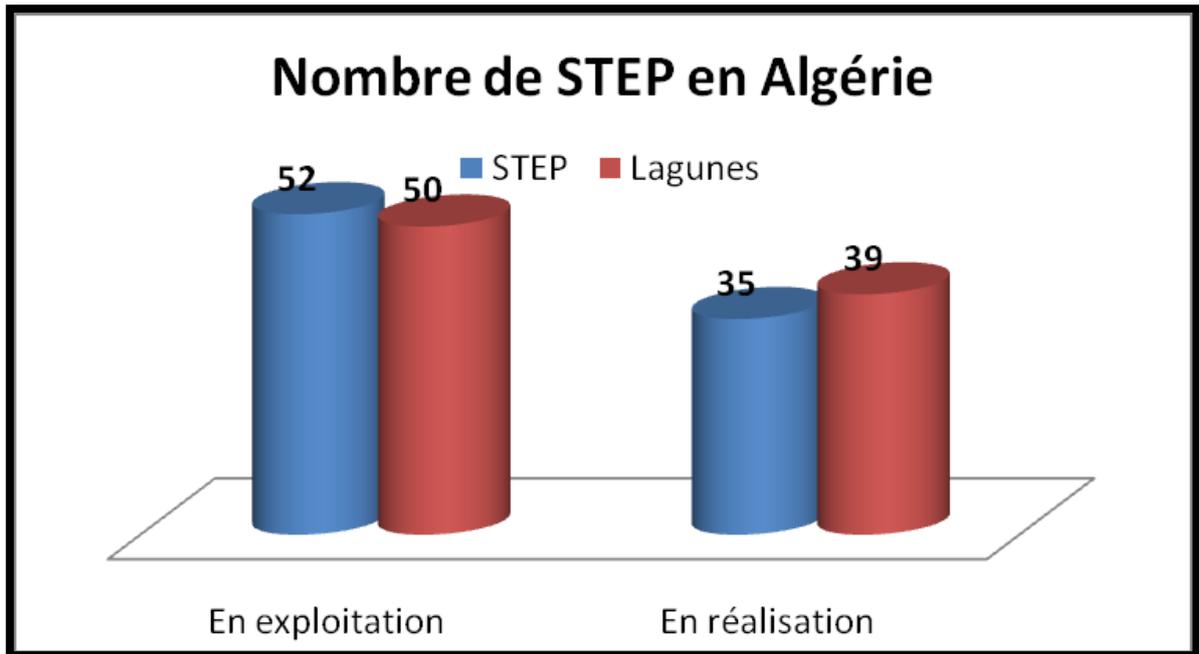


Figure III-3 : Nombre de stations d'épuration en Algérie Source : MRE, 2009 [15]

Soit un total de 176 stations actuellement, a cela s'ajoute: 23 stations en cours d'étude dont 18 à boue activée et 5 stations type lagunage. L'augmentation du nombre de stations d'épuration ainsi que l'évolution des volumes des eaux épurées au cours des trois premiers trimestres au niveau des STEP exploitées par l'ONA(60% des STEP d'Algérie), ont permis de réaliser une nette amélioration des volumes épurés au cours de cette année 2010 par rapport à l'année2009. (Voir Figure III-4)

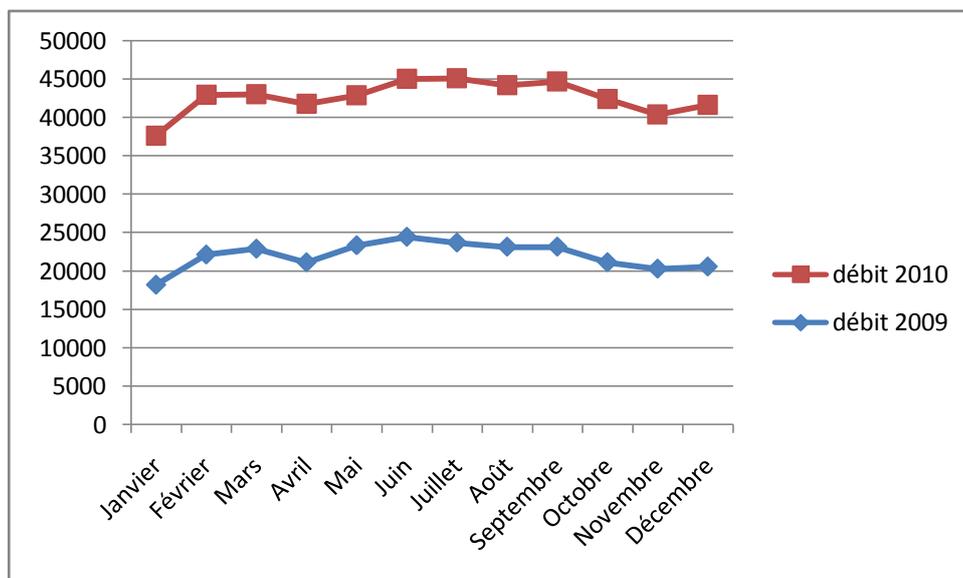


Figure III-4 : Evolution mensuelle du volume d'eau épurée (M³)
Source : ONA, 2010

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



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 (Medkour, 2003 d'après Hartani, 2004). 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. Hartani (2004). [15].

III.2.2 : Planification des STEP pour le moyen et le long terme :

Un programme ambitieux de réalisation d'installation d'épuration a été initié et adopté par le MRE pour la réalisation de 478 STEP entre 2011 et 2030 (Voir Figure III-5)

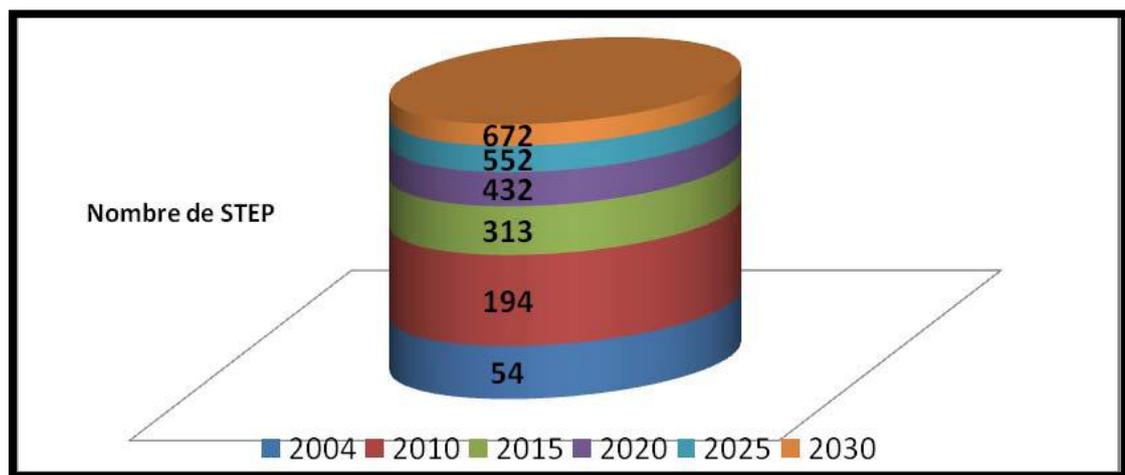


Figure III-5: Planification des STEP pour le moyen et long terme [15]

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 du **GPI** [grand périmètre irrigué], soit un total de 113 STEP offrant un potentiel intéressant pour l'injection des EUE dans le réseau d'irrigation, les EUE des 559 STEP situées loin des GPI serviront pour la création de nouveaux périmètres irrigués [petite et moyenne hydraulique]. (PMH).

III.2.3 : Evolution des volumes des eaux épurées à l'échelle nationale :

Le tiers des eaux usées produites annuellement en Algérie sont potentiellement réutilisables en irrigation, car proches de périmètres irrigués. (Hartani, 2004).

Les volumes des eaux usées collectées en 2004 sont de l'ordre de 504 HM³, soit 69% du volume total produit pour l'ensemble du pays (731 HM³/An) (TECSULT, 2007) Comme présenté dans la figure (18), selon l'étude de TECSULT (Etude de REUE à des fins agricoles ou autres en Algérie), les volumes des eaux usées épurées subiront une augmentation annuelle de plus de 23 HM³ alors que celle des eaux usées collectées sera d'environ 35 HM³/An.

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



Le taux d'épuration actuel passera de 40 % (2004) à 57% (2030). (Voir Figure III-6)

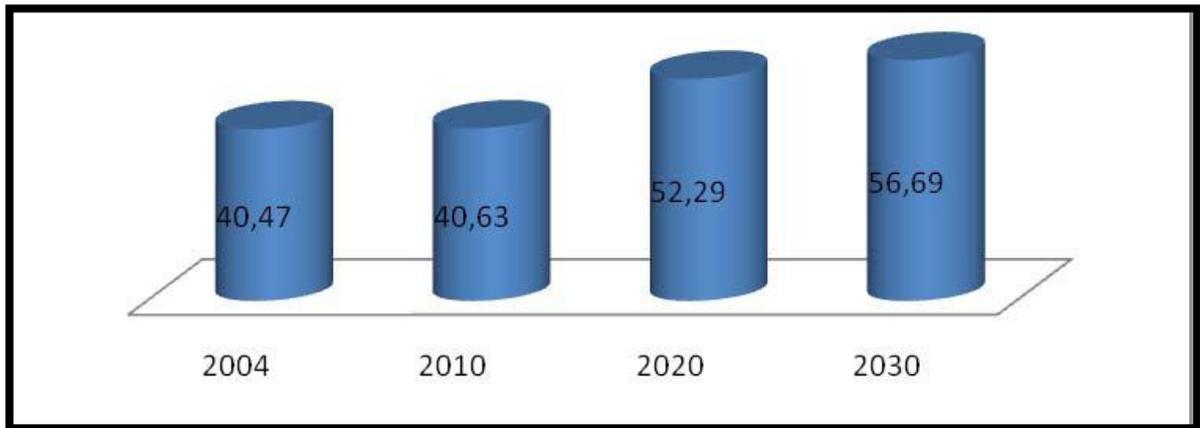


Figure III-6: Evaluation des taux des EUE [15]

III.2.4 : Aspect Réglementaire En Rapport Avec La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées :

Parmi les actions recommandées concernant la REUE en Algérie, l'instauration d'un cadre légal et réglementaire bien défini pour la REUE, d'où le présent projet de norme :

➤ **Projet de norme de REUE pour l'Algérie :**

Le projet de norme de REUE a pour objectif principal de définir :

- Les paramètres de qualité bactériologique des EUE, permettant d'assurer la protection sanitaire des agriculteurs, des manutentionnaires et des consommateurs.
- Les paramètres de qualité physico-chimique des EUE admissibles pour un usage agricole adéquat préservant les cultures, les sols et les ressources en eau superficielles et souterraines.

Pour la mise en place d'une norme sur la réutilisation, certains paramètres doivent être pris en compte, à savoir :

- Le niveau d'industrialisation du pays.
- La capacité de faire respecter les normes.
- Les connaissances des utilisateurs.
- Le coût du traitement pour rendre l'effluent utilisable selon la norme choisie.
- La capacité réelle des institutions publiques à assurer un contrôle adéquat des conditions sanitaires.
- **Normes biologiques :**

Pour l'Algérie qui est un pays en voie de développement, où les besoins en eau sont criants et l'irrigation avec des eaux usées non traitées se pratique régulièrement, l'application des recommandations de l'OMS pour la qualité bactériologique, qui

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



autorisent un traitement extensif du type lagunage et qui n'exigent pas une trop grande qualité, serait déjà un progrès considérable.

Les recommandations de l'OMS répondraient mieux aux besoins immédiats puisque les STEP Algériennes ont été en effet conçues pour répondre aux critères de base de l'OMS et offrent plus de flexibilité en termes de traitement des effluents et présente des limites fixes.

On distingue trois catégories d'eau, I, II, III, sur la base de critères microbiologiques. Les deux microorganismes de référence considérés dans les recommandations de l'OMS sont les coliformes fécaux et les nématodes. Ce choix est justifié par des considérations épidémiologiques et pour des raisons de facilité analytique. Le présent projet de norme, vise à proposer des normes pour encadrer la REUE d'une manière sécuritaire pour les utilisateurs, l'environnement et la population, elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée. (**Voir Tableau III-1**)

Tableau III-1 : Spécifications biologiques pour la REUE en agriculture. Normes OMS

Catégorie d'EUE	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (Eufs/l)	Coliformes fécaux (CFU/100ml)
Catégorie I		
Irrigation : Toutes. Cultures concernées : cultures maraîchères qui ne se mangent pas crues, fourrage vert, arbres fruitiers ^a , terrains de sport et jardins publics	< ou = 1	≤ 1 000
Catégorie II		
Irrigation : surface ou localisée Cultures concernées : Céréales et oléagineuses, fibres, semences, fourrages secs, fourrage vert sans pâturage direct, cultures destinées à la conserverie, cultures industrielles, arbres fruitiers, pépinières, plantes ornementales.	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée
Catégorie II		
Irrigation : localisée Cultures concernées : Irrigation des cultures de Catégorie II.	Aucune norme n'est recommandée	Aucune norme n'est recommandée

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



a : Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit être cessée deux semaines avant la récolte. Les fruits au sol ne doivent pas être ramassés. L'irrigation par aspersion est interdite.

➤ Normes physico-chimiques :

Pour les paramètres physico-chimiques, les normes de rejet de la FAO constituent une bonne référence qui peut être utilisée avec succès en Algérie.

Pour la teneur en DCO, Chlorures, Organochlorés, Molybdène les références retenues sont celles de la norme tunisienne.

En plus des critères proposés par la FAO pour les éléments traces, nous suggérons l'ajout des éléments suivants : le mercure, les phénols et les cyanures. Ces ajouts sont faits en raison de la présence en Algérie d'industries générant potentiellement des rejets contenant ces substances et de leur impact important sur la santé humaine. (Voir tableau III-2)

La valeur limite des phénols et des cyanures et des mercures est fixée sur la base de la norme tunisienne NTU 06-02 (1989) relative aux Rejets d'effluents dans le milieu hydrique.

Le mercure : est un rejet des incinérateurs de déchets solides, de l'usage du charbon et de l'industrie du chlore et de l'acier. Une quantité infime suffit à avoir un impact important sur le système nerveux et il s'accumule dans l'organisme. Une étude relative aux caractéristiques de la pollution métallique au niveau des sédiments d'oued El

Harrach (Alger) a démontré sa grande contamination au mercure. (Yochida, 2007).

Les cyanures : proviennent de l'industrie métallurgique et chimique. De très faibles quantités sont requises pour qu'un effet toxique se déclare. Inutile de rappeler que les cyanures sont utilisés comme poison.

Les phénols : sont principalement issus des activités de transformation du textile, des produits phytosanitaires et des colorants et causent des problèmes de santé grave, même à faible dose. On parle également dans leur cas d'un élément potentiellement carcinogène.[15]

Tableau III-2 : Spécifications physico-chimiques pour la REUE en agriculture[15]

Paramètres	Unités	FAO	Algérie	Tunisie normeNT
------------	--------	-----	---------	--------------------

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



pH			6.5-8.5	6.5-8.5
Conductivité	µs/cm	7000	7000	7000
DCO	mg O2/l		90	90
DBO ₅	mg O2/l	30	30	30
MES	mg/l	30	30	30
Chlorures	mg/l		2000	2000
Fluorures	mg/l	1	1	3
Organochlorés	mg/l		0.001	0.001
Arsenic	mg/l	0.1	0.1	0.1
Bore	mg/l	3	3	3
Cadmium	mg/l	0.01	0.01	0.01
Cobalt	mg/l	0.05	0.05	0.1
Chrome	mg/l	0.1	0.1	0.1
Cuivre	mg/l	0.2	0.2	0.5
Fer	mg/l	5	5	5
Manganèse	mg/l	0.2	0.2	0.5
Nickel	mg/l	0.2	0.2	0.2
Plomb	mg/l	5	5	1
Zinc	mg/l	2	2	5
Sélénium	mg/l	0.02	0.02	
Cyanure	mg/l		0.05	
Phénol	mg/l		0.002	
Mercuré	mg/l		0.001	0.001

IV. Différents domaines de réutilisation :

IV.1 La réutilisation agricole :

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



Dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi la nature des eaux usées. En effet elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligo-éléments (fer, cuivre, manganèse, Zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. Les MES contribuent également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matières organiques. L'utilisation d'eaux usées à la place des engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs. De plus, l'arrosage avec des eaux usées constitue une sorte de **fertigation**, c'est-à-dire l'application combinée d'eau et de fertilisants via le système d'irrigation. La fertigation permet un apport fractionné et à faible dose de engrais ; et cela est bénéfique à l'environnement, évite la pollution des sols et les dépendances aux fertilisants, qui sont des phénomènes qui apparaissent avec une fertilisation classique.[15]

IV.2 La réutilisation des eaux épurées pour l'industrie :

Il s'agit ici de réutiliser l'eau pour l'industrie, eaux usées domestiques d'origine urbaine, et non de la réutilisation d'eaux usées industrielles. Les entreprises possèdent souvent leur propre station d'épuration afin de traiter les effluents spécifiques issus des processus industriels. [15]

Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est de très loin le secteur qui prélève le plus d'eau dans le milieu ainsi, en France, l'industrie a participé en 2001 à 68% du prélèvement total, dont 57% pour la seule production d'énergie. Mais à la différence de l'irrigation, par exemple le taux de consommation est très faible, de l'ordre de 7% pour les centrales nucléaires (100% pour l'irrigation).

La REUE industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production de l'acier, de textiles, industries d'électroniques et de semi-conducteurs.etc.

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



La qualité requise est spécifique à chaque industrie parce que sa composition chimique peut avoir des répercussions sur les processus industriels. Les préoccupations concernent principalement les phénomènes d'entartage, de corrosion, de développement de bactéries, d'encrassement, de formation de mousse, et d'inhalation d'aérosols par les travailleurs. Il n'y a pas de problème sanitaire spécifique à l'industrie et on trouve les mêmes contaminants que pour les autres usagers.

Un des premiers cas dans le monde est une papeterie du Japon qui est fournie en eaux épurées depuis 1951. Il détaille aussi très largement le cas de la centrale nucléaire de Palo Verde (Etats-Unis). [15]

VI.3 La réutilisation des eaux usées épurées en zones urbaine :

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- ✚ L'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- ✚ Les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance ;
- ✚ Les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- ✚ Le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc.

La REUE en zone urbaine nécessite un réseau double permet de distribuer séparément les eaux épurées et l'eau potable. Il peut y avoir un réseau double à l'échelle de la ville entière ou à l'échelle de l'habitation.

La qualité requise dans les projets de REUE en zone urbaine a des exigences similaires aux autres réutilisations, avec quelques variantes :

- ✚ La qualité esthétique : la présence de mousse, d'algues, etc. est à éviter (mauvaise perception de la part du public). Il faut également réduire le développement d'insectes (moustiques..) ;
- ✚ La présence d'une faune concentrant des polluants (Mercure, DDT, etc.) peut poser problème pour les activités de pêche. Les pays à la pointe de la REUE en

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés :
Etats- unis, Japon, Corée du sud, Allemagne.

IV.4 La recharge de la nappe :

La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer.

Il existe deux moyens de recharger une nappe phréatique :

-  **Par percolation** : les effluents traités sont déversés dans des bassins gravitaires. Le principal problème rencontré est celui des algues, qui polluent dans les bassins. Les solutions préconisées sont variées : introduction de poisson, d'algicides, teindre l'eau pour empêcher la photosynthèse, faire circuler l'eau pour empêcher la stagnation, éviter le stockage dans les lacs peu profonds, éviter de laisser l'eau stagner trop longtemps et couvrir les réservoirs.
-  **Par recharge directe** : l'eau est injectée dans la nappe par plusieurs puits, disposés en ligne face à la nappe d'eau salée, et formant une véritable barrière. L'eau injectée est un mélange de deux tiers d'eaux épurées et d'un tiers d'eaux de la nappe.

V. **Perception des Agriculteurs de la REUE** :

Les agriculteurs peuvent montrer des réticences vis-à-vis l'utilisation des eaux usées, leur demande est influencée par plusieurs facteurs :

- Les effets négatifs sur la qualité des sols
- Les risques de colmatage des tuyaux,
- Le désherbage fréquent (la qualité élevée d'azote renforçant la pousse de mauvaise herbe) ;
- Les risques sanitaires par des germes pathogènes contenus dans des eaux usées. Les risques sont certes faibles, mais le manque d'informations chez l'agriculteur rend l'utilisation moins attrayante,

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



- La restriction de cultures (cas de Tunisie) ;
- La disponibilité d'alternative d'irrigation à partir d'autres ressources conventionnelles.

Systeme d'irrigation :

Les risques majeurs pouvant être engendrés par l'irrigation à partir des eaux épurées sont les risques de colmatage des systèmes d'irrigations ainsi que le risque sanitaire. Ces risques sont plus au moins différents selon la technique d'irrigation.[23]

➤ Irrigation a la raie :

Technique pouvant être automatisée d'où la limitation du contact physique entre l'irrigant et les eaux. Le feuillage des plantes basses n'est pas mouillé, ce qui élimine les souillures et un certain nombre de maladies.[23]

➤ L'irrigation par aspersion :

Dans le cas d'eau chargée, des problèmes peuvent se poser par suite de l'abrasion très rapide des buses d'aspersion. Les asperseurs sont peu sensibles au colmatage, néanmoins, un minimum de précautions doit être pris avec les buses de petit diamètre.

L'irrigation par aspersion entraîne le mouillage des feuilles et des fruits, donc, dans le cas d'utilisation d'eaux usées urbaines, risques de contamination par des microorganismes pathogènes elle entraîne aussi la production d'aérosols. Ceux-ci, dispersés par le vent peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulations et les habitants.[23]

➤ L'irrigation localisée :

Elle permet de limiter les risques sanitaires liés à l'irrigation à partir d'eaux usées, l'eau s'infiltré dans le sol aussitôt sortie du distributeur. L'eau ne rentre pas en contact avec les parties aériennes des plantes. Les risques de contaminations ne concernent que la partie racinaire, la distribution n'est pas influencée par le vent.

Le colmatage le plus sérieux se produit avec l'irrigation goutte à goutte, qui est considérée comme le système idéal en ce qui concerne la protection sanitaire et la contamination des plante, mais pourrait être difficilement utilisable si l'eau contient de fortes concentrations de MES. (FAO 2003).

VI. Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



Les avantages et les bénéfiques de la réutilisation les plus importants de la réutilisation de ces eaux ainsi que les défis et les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets, sont les suivants :

VI.1 Bénéfices et avantages de la réutilisation des eaux usées :[15]

Dans les pays arides et semi arides, la pratique de la réutilisation des eaux usées traitées devrait se développer d'avantage, les avantages liées a cette pratique sont les suivants :

- Prévention de la pollution des eaux de surfaces qui se produirait si les eaux usées étaient rejetées directement dans les cours d'eaux.
- Conservations des ressources en eaux douces et leur utilisation rationnelles, ce qui est de grande importance dans des régions arides et semi-arides comme la Méditerranée ;
- Accroissement de la fertilité du sol, puisque les effluents sont riches en éléments nutritifs (azotes, phosphore,..)et permet ainsi la réduction de l'application d'engrais artificiels ;
- Amélioration des caractéristiques physiques du sol grâce a l'apport de matières organiques. En outre, l'accumulation dans le sol peut prévenir l'érosion de celui-ci.

VI.2 Inconvénients de la réutilisation :

Les inconvénients sont principalement liés à l'adaptation aux usages et aux obstacles psychologiques et culturels attachés à des supposées dangereuses. Les principaux inconvénients liés à la réutilisation des eaux usées épurées : [15]

- Risque sanitaire lié à la présence de germes dans les eaux usées traitées aussi bien pour le travailleur que pour le consommateur
- En raison de la salinité élevée de l'eau usée, il peut en résulter certains effets négatifs sur le sol et sur les plantes ce qui entraîne une chute des productions végétales et même une stérilité des sols par accumulation de ces sels ;

Chapitre III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES



- Les rejets urbains ont des débits continus et presque constants durant l'année, alors que l'utilisation agricole est saisonnière et la demande est différente selon les saisons et les périodes de production.
- Les sites d'utilisation doivent se trouver à proximité des stations d'épuration.

VII. Conclusion :

Nous pouvons conclure qu'il y a un besoin d'options technologiques pour protéger la santé des populations, mais elles devraient employer une quantité modérée d'énergie à moindre coût. Une qualité appropriée est nécessaire à la réutilisation de l'eau, sans prétendre qu'il soit nécessaire d'atteindre un risque de niveau zéro, en particulier en prenant en compte les normes pour les produits alimentaires qui ont un risque potentiel plus élevé.

CHAPITRE IV :

Présentation et
Evaluation des
Performances de la
STEP EST de T.O

Présentation de la STEP :

I. Introduction :

L'eau collectée par les égouts est conduite à une usine de traitement appelée couramment **Station d'Épuration**.

Le choix d'un éventuel site pour l'implantation d'une station d'épuration tient compte de divers critères parmi eux :

- Réseau de la collecte existant
- Caractéristique du site (nature du sol, hauteur de la nappe phréatique,..)
- Protection du site contre les inondations ;
- Choix d'un milieu récepteur pour les eaux épurées en excédent.

II. Présentation générale de la STEP :

II.1 Situation de la STEP :

La ville de TIZI OUZOU se situe à 100 km de la wilaya d'Alger relié par la route nationale N°12.

A- SITE D'IMPLANTATION : elle se situe sur la rive gauche d'Oued Sebaou à 200m en amont du pont de bougie sur le chemin de la wilaya N°124reliant Tizi-Ouzou à Béjaia.

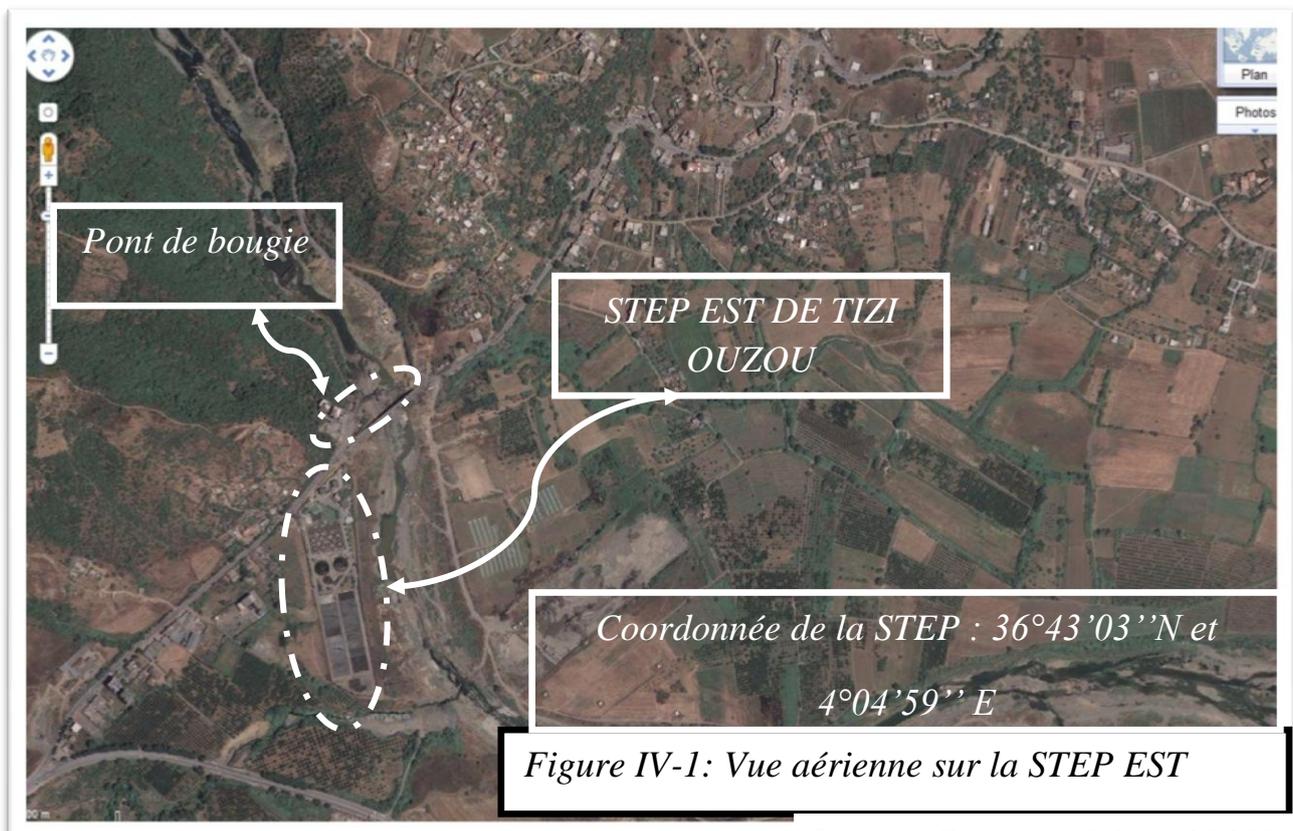


Figure IV-1: Vue aérienne sur la STEP EST

Source : Google Earth le : 16/06/2011

b- Topographie du site : Le terrain de la station occupe une partie de la berge de l'oued Sebaou présentant une pente d'orientation Nord-Sud relativement douce. L'altitude moyenne du site est de 70m.

c- La géologie : la vallée d'Oued Sébaou est une large dépression comblée par des alluvions formant un complexe de terrasses reposant sur des marnes ou des argiles imperméables.

Le Haut Sébaou, à l'amont : il s'étend sur une cinquantaine de kilomètres avec une largeur très variable allant de 0.5-5.5km

Le bas sébaou, à l'aval jusqu'à l'embouchure : d'une largeur ne dépassant pas les 300m, cet aquifère occupe également la première terrasse de l'Oued.

La surface piézométrique des nappes est en liaison étroite avec les eaux superficielles de l'Oued Sebaou. La profondeur de la nappe varie entre (3-6) m.

d- Hydrogéologie et hydrologie : L'oued Sébaou est le cours d'eau le plus grand de la wilaya de Tizi-Ouzou. Plusieurs affluents viennent renforcer son cours, d'Est en Ouest :

- **Rive gauche :** Oued Rabta, Oued Aissi, Oued Sebt Et Oued Bougdoura.
- **Rive droite :** Oued Dis, Oued Tamda Et Oued Stita.

A son exutoire, oued sébaou a un ruissellement moyen annuel de l'ordre de 890 Hm³.

e- Sismologie : en effet la zone d'étude est réputée pour son activité sismique moyenne à importante, ceci est du au phénomène de réajustement par des failles qui se produit dans les zones profondes, c'est une zone d'affaissement permanent, depuis le miocènes et même actuellement, elle est comprise entre deux blocs positifs ascendants, qui sont l'Atlas au sud et le sahel au nord, ils sont l'origine du tremblement de terre, par leurs manifestations du contact entre plaine et montagne sur une grande partie du nord algérien.[20]

II.2 Caractéristiques générales sur la STEP :

a- Conception et réalisation :

- ANNEE DE MISE EN SERVICE : Juillet 2000



Figure IV -2 : vue générale sur la STEP

- SUPERFICIE : Le complexe est implanté sur une superficie totale de 35 591,00 m² dont 14 567,00 m² bâtis.
- NATURE DES EAUX BRUTES : Domestiques
- TYPE DE RESEAU : Unitaire.
- POPULATION RACCORDEE (capacité installée) : 120 000 Eq/H.
- DEBIT NOMINAL : 18 000 m³/j.
- PROCEDE D'EPURATION : - Eaux : Boues activées « Moyenne Charge ».
- FILIAIRE DE TRAITEMENT :
 - ➔ **Eaux** : Dégrillage – Dessablage déshuilage – Traitement biologique – Décantation secondaire.
 - ➔ **Boues** : Stabilisation Aérobie – Epaississement – Déshydratation naturelle.
- GESTION ET EXPLOITATION : La direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou a confié à l'ONA la gestion et l'exploitation de la STEP depuis Juillet 2003.

b- Caractéristiques des eaux :

L'effluent à épurer présente les caractéristiques données au tableau 7 suivant :

Tableau IV-1: Caractéristiques des eaux arrivant à la station du pont de bougie.

Type de réseau nature des eaux brutes population raccordée	Unitaire domestique 120.000 ep/hab
<ul style="list-style-type: none"> • Charge hydraulique : <ul style="list-style-type: none"> - Débit journalier m^3/j 18 000 - Débit de moyen journalier m^3/j 750 - Débit de point temps sec m^3/j 1260 - Débit de pointe temps de pluie m^3/j 2250 • Charge polluante : <ul style="list-style-type: none"> - DBO₅ <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flux journalier Kg/j 6500 ▪ Concentration moyenne g/m^3 360 - MES <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flux journalier Kg/j 8400 ▪ Concentration moyenne g/m^3 466 - PH 6 - 8,5 - Température < 25°C 	

Source ONA de TO.2011.

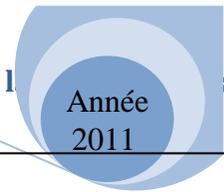
III. Description de la STEP Est de TO :

III.1 : Arrivée de l'eau :

L'arrivée et le relevage des eaux brutes comportent :

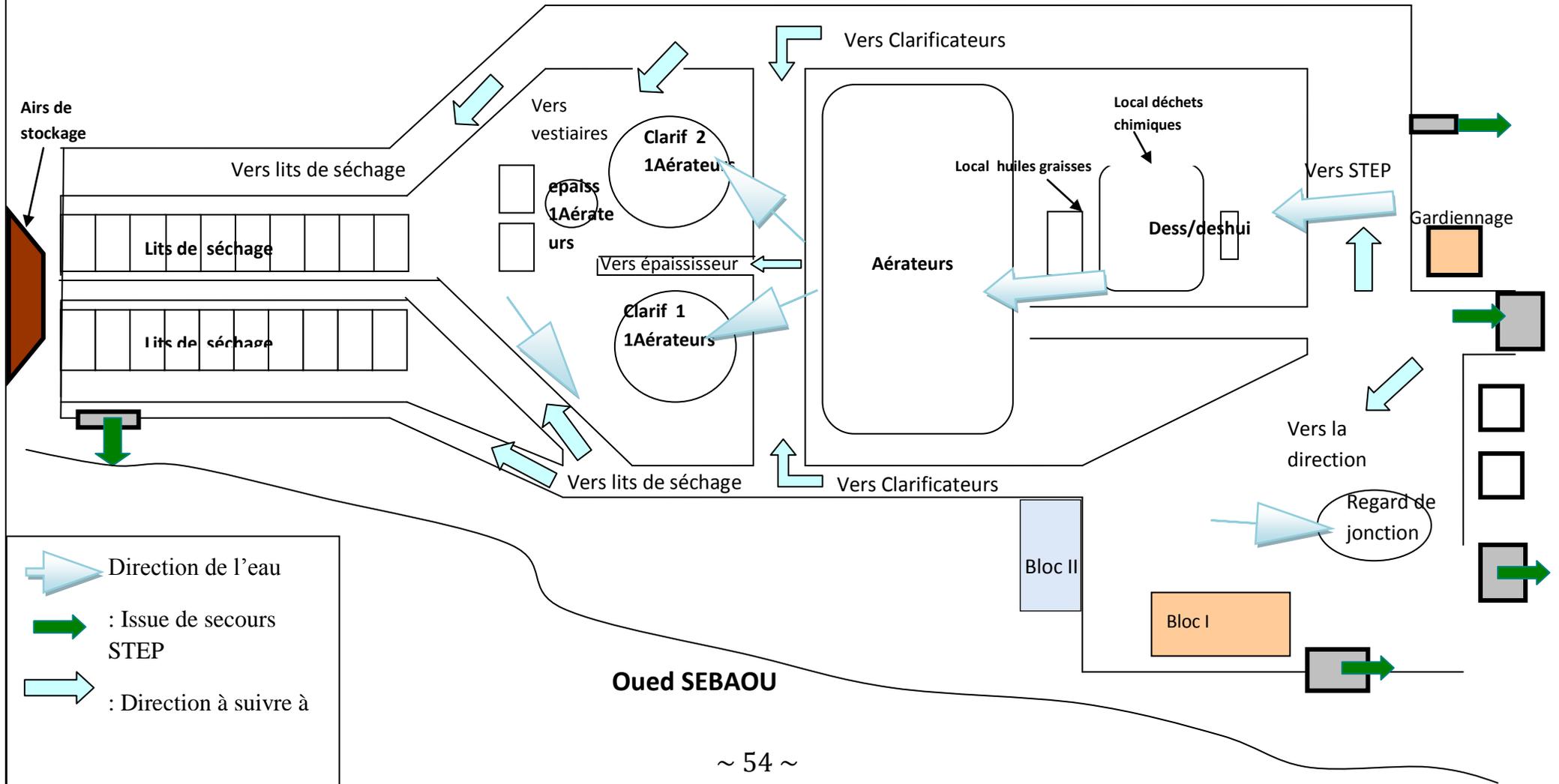
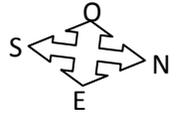
- Un regard d'arrivée qui reçoit les effluents ;
- Un dispositif by-pass et un déversoir d'orage ;
- Un pré dégrillage d'une épaisseur : 80 mm, largeur : 2m et une hauteur de 3,5m ;
- Quatre pompes submersibles qui font remonter l'eau, par fonction gravitaire, l'eau circulent dans les autres compartiments de la station.

Le schéma général de la station est donné dans la **figure IV-3**.



Année
2011

Figure IV-3 : Plan à l'intérieur de la STEP/EST



- Direction de l'eau
- : Issue de secours STEP
- : Direction à suivre à

Le schéma général de la station est donné dans la figure suivante :

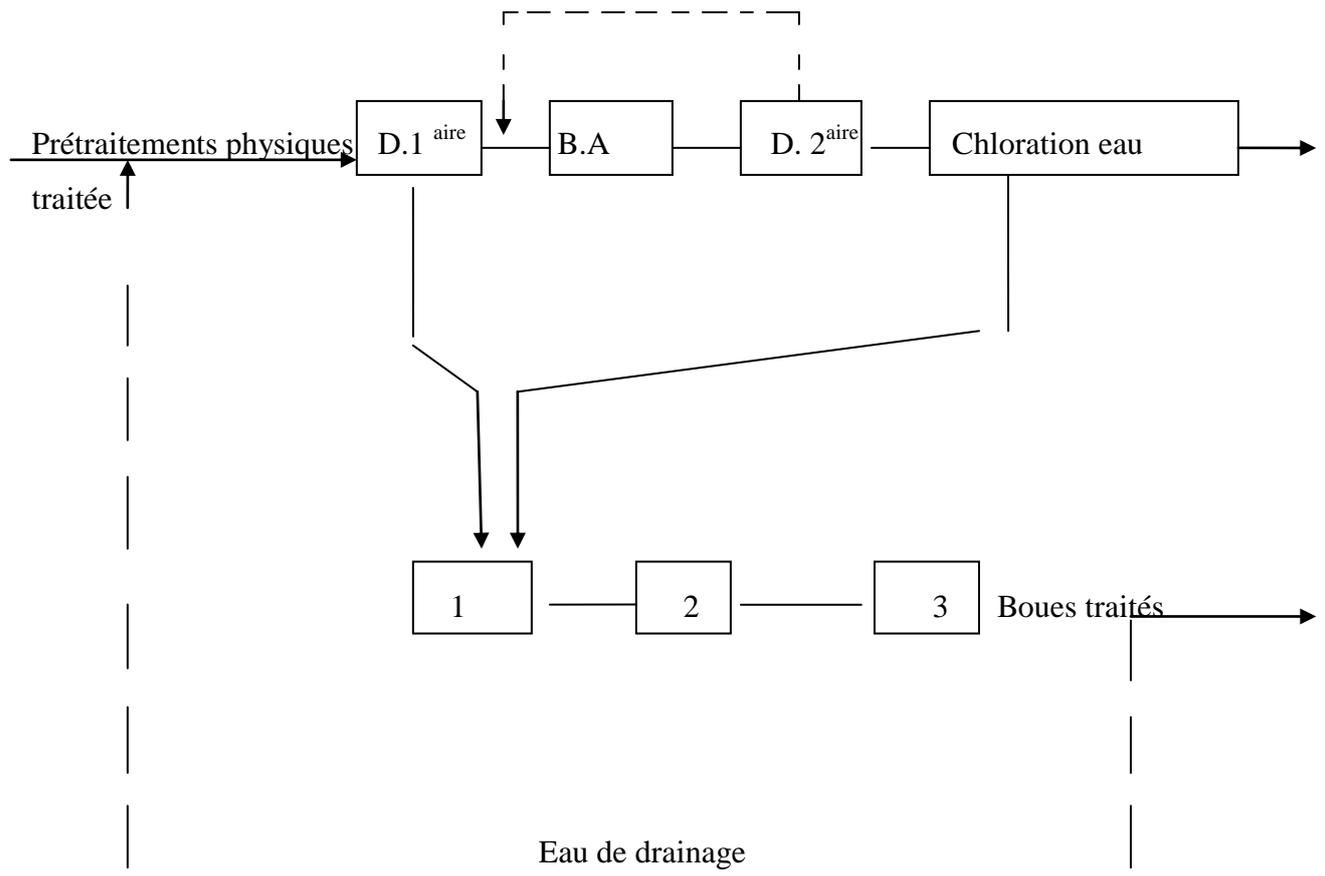


Fig.VI.4 : Schéma général de la station d'épuration de pont de bougie.

D.1^{aire} : Décanteur primaire

B.A : Bassin d'aération

D.2^{aire} : Décanteur secondaire

1 : épaissement

2 : digestion

3 : lit de séchage

————— Circuit boues

III.2 : Prétraitement :

Comporte deux étapes essentielles :

- Dégrillage ;
- Dessablage, dégraissage

a. Dégrillage :

Deux modes de fonctionnement :

- Mode manuel ;
- Mode automatique.

Avec un temps d'arrêt de 15 secondes. Ces temps de marche sont à modifier en fonction des variations de charge. Il existe :

- Un dégrilleur automatique à champ courbé, espacement : 25mm, R = 1,5m.
- Deux batardeaux en aluminium, L = 1m, H=0,8m.
- Une convoyeur à bande, largeur : 0,65m et longueur : 4m.
- Une grille fine à nettoyage manuel, espacement : 40 mm, l = 1m.

La récupération des refus de grille se fait en deux modes : Automatique et manuel.

En mode automatique, la récupération se fait grâce à une vis d'extraction des refus (vis d'ARCHIMED), et son fonctionnement est lié à celui du dégrilleur, l'arrêt étant temporisé à 2mn, afin d'assurer une évacuation des refus. [20]

b. Dessablage et dégraissage :

Deux ouvrages rectangulaires aux caractéristiques suivantes :

- a) Longueur.....11,25m.
- b) Largeur 4m.
- c) Hauteur moyenne 3,6m.
- d) Surface45m².
- e) Volume.....125m³

Cette étape comporte trois processus :

- **Reprise des flottants :**

Chaque canal est équipé de trois aérateurs mécaniques immergés à air lift, provoquant la flottation des graisses. Un bras racleurs de surface, racle toutes les graisses vers une fosse de récupération et de concentration.

L'air nécessaire à la récupération des graisses est rejeté en continu. Le dégraissage s'effectue simultanément avec le dessablage dans les mêmes ouvrages.

L'air est injecté en fines bulles par des turbines (trois turbines par dessableur d'aération).



Figure IV-5 : Bassins Déshuilage-Dessablage

- **Reprise des sables :**

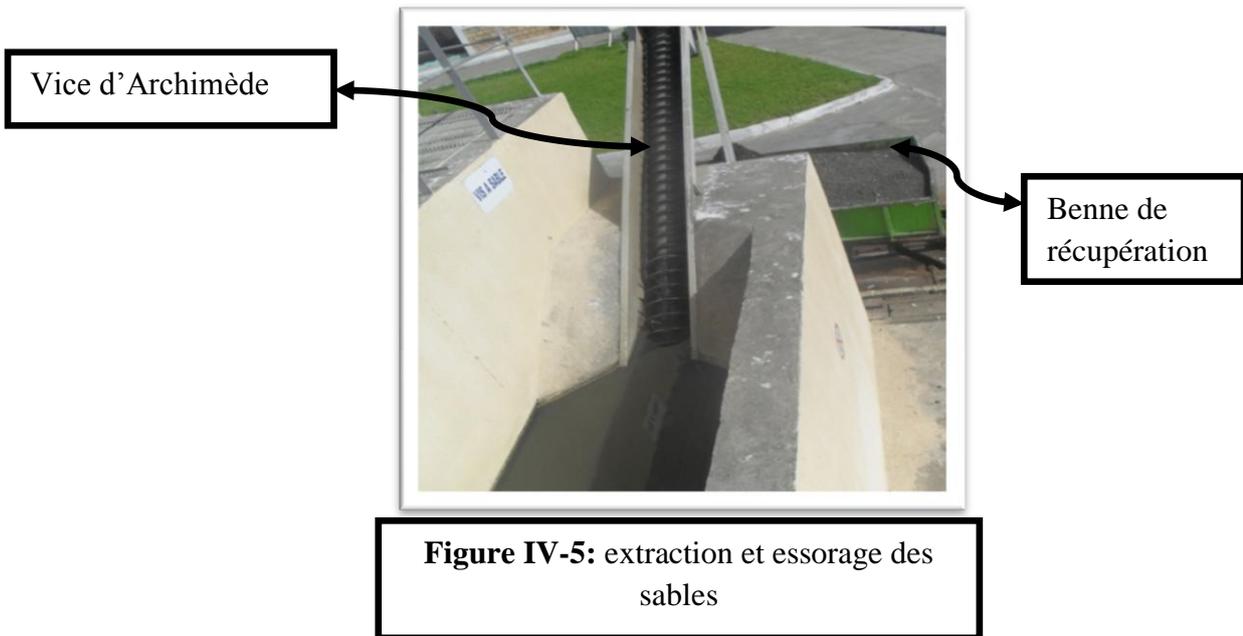
Les sables ainsi que mes particules lourdes sont recueillies au fond du bassin, le mélange eau sable sont relevés au moyen d'air lift.

En fonction de la présence plus au moins importante de sable (débit élevé ou orage) deux possibilités sont envisageables.

- Augmenter la fréquence d'extraction par la cadence durée.
- Augmenter le débit d'extraction par l'air lift.

- **Extraction et essorage des sables :**

Une vis d'ARCHIMEDE est implantée à l'extrémité du bassin, assure à la fois l'essorage et le relevage du sable après égouttage. Le sable, ensuite, tombe dans une benne de récupération.



III.3 : Ensemble de traitement biologique :

La mise en œuvre de l'aération se fait dans un ensemble comprenant un bassin d'aération et un clarificateur. Deux lignes de traitement sont prévues, indépendantes l'une de l'autre :

a. Un bassin d'aération (boues activées) :

Il présente les caractéristiques suivantes :

- Longueur 49,35m.
- Largeur 16,45m.
- Hauteur moyenne 4m.
- Surface..... 817m².
- Volume..... 3250 m³.

Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte). L'aération a pour but de l'oxygène dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des micro-organismes épurateurs.

- Temps d'aération au débit moyen sur 24 heures8, 6 heures.
- Temps d'aération au débit pointe temps sec5,1 heures.

Figure IV-6 : bassin d'aération



Figure IV-6-a : bassin d'aération en marche



Figure IV-6-b : bassin d'aération en arrêt

b. Clarificateur et recirculation :

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau des boues.

Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération (boues de recirculation ou boues en retour) pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices.

L'excédant (boues secondaires en excès) sont extraites du système et évacué vers la stabilisation. [21]

Les caractéristiques géométriques de chaque bassin sont :

➤ **Forme circulaire :**

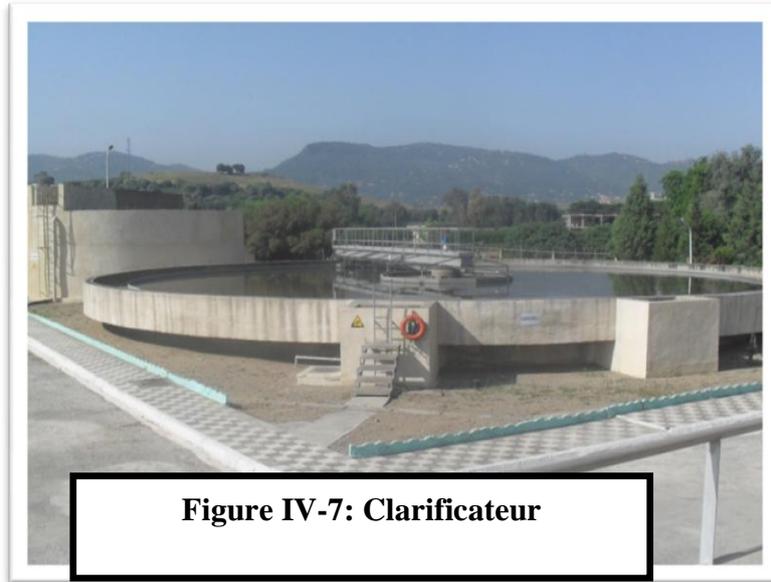
- Diamètre intérieur26m.
- Hauteur périphérique2,40m.
- Surface utile531m².
- Volume1433m³.

➤ **Temps de séjours :**

- Au débit moyen 24heures3, 8 heures.
- Au débit de pointe temps sec2, 3 heures.

Les boues récupérées par le raclage de fond sont circulées en tête de chaque bassin d'aération avec un taux de 26%.

L'eau clarifiée transite dans un canal permettant la mesure du débit d'eau traitée par la mesure de la hauteur d'eau en canal de venturi.



c. Traitement des boues :

Les boues activées sont stabilisées dans deux ouvrages qui sont :

❖ **Stabilisateurs aérobies :**

Qui ont les dimensions géographiques suivantes :

- Longueur49,35 m.
- Largeur 12,90m.
- Hauteur d'eau moyenne 4 m.
- Surface636,61 m².
- Volume 2546 m³

Ses caractéristiques épuratoires sont :

- Volume total de la stabilisation5 100 m³
- Composition moyenne des boues 5 à 20g/l.
- Poids des boues total en stabilisation76 500 à 102 000 Kg.
- Poids des boues stabilisées 5 330 Kg/j.
- Temps de séjours moyen des boues 14,3 à 19 jours.

Les boues stabilisées sont transférées vers l'épaississeur par des groupes de pompes en fosses sèches (avec une pompe de 25 m³/h par bassin). [21]

❖ Épaississement des boues :

L'épaississement des boues a pour objectif de limiter le volume d'eau à transporter sur les aires de séchage. C'est un ouvrage important car il conditionne l'état des boues à envoyer sur les lits de séchage.

Il possède les caractéristiques suivantes :

- Diamètre 15 m.
- Hauteur d'eau cylindrique 4 m.
- Pente de radier 15%.
- Surface utile 176 m².
- Volume 803 m³.

Caractéristiques fonctionnelles

- Charge massique 30, 3Kg/ m³ .j.
- Concentration de sortie minimale 25 à 30g/l.
- Volume journalier à envoyer vers les lits de séchage..80 à 120 m³

L'épaississement devra comporter en permanence une tranche d'eau en surface afin d'éviter les odeurs, cette tranche d'eau devra être renouvelée régulièrement, pour cela, l'épaississement devra être alimenté fréquemment avec les boues qui en s'épaississements vont renouveler l'eau superficielle.

Figure IV-8: épaisseur



Figure IV-8-a: épaisseur



Figure IV-8-B: vue de haut de l'épaisseur

❖ **Lits de séchage :**

Les boues stabilisées sur l'épaississeur sont acheminées gravitairement vers les lits de séchage. Il existe 20lits, totalisant $450 \times 20 = 9\ 000\ m^3$, divisées en deux files de 10lits, pour un volume journalier de $180\ \text{à}\ 210\ m^3$ et des aires de séchage remplies sur une hauteur de 04m soit un volume total de $3\ 600\ m^3$ et un temps de séchage moyen de 20 à 24 jours.

Les boues déshydratées par voie naturelle sont reprises naturellement soit à l'aide d'engins mécanisés de type tractopelle. Les eaux infiltrées sont acheminées vers la tête de la station.

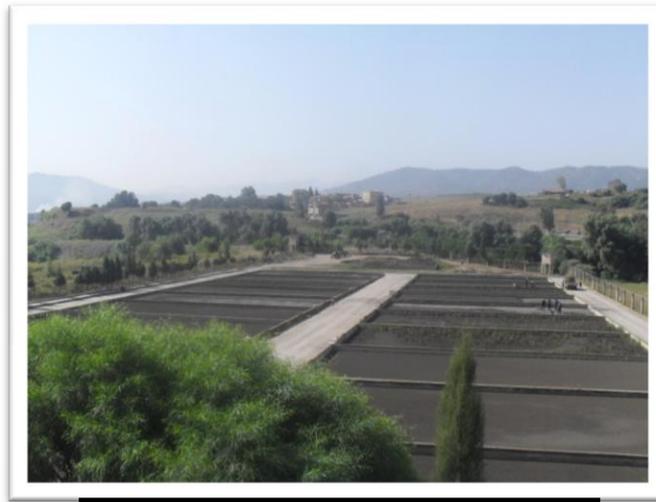


Figure IV-9: lits de séchage

IV. Evaluation de performance de la STEP

IV.1 : Choix des sites de prélèvement :

1. avant l'épuration : L'eau est prélevée après le prétraitement
2. après épuration : L'eau est prélevée à la sortie du décanteur secondaire.

IV.2 : Analyse réalisée par le laboratoire de la station :

IV.2.1 : Les paramètres de pollution analysés :

Les facteurs qui peuvent modifier l'état de l'eau sont nombreux et constituent autant de polluants. Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivant :

Les paramètres physiques tels que la température et le pH, la mesure a été réalisée in-situ par contre les paramètres chimiques tels que la DCO, DBO₅...ect ; la mesure a été effectuée eu laboratoire tout en tenant compte du mode de conservation de

l'échantillon, a fin d'éviter l'évolution de l'effluent entre le moment de prélèvement et celui de l'analyse.

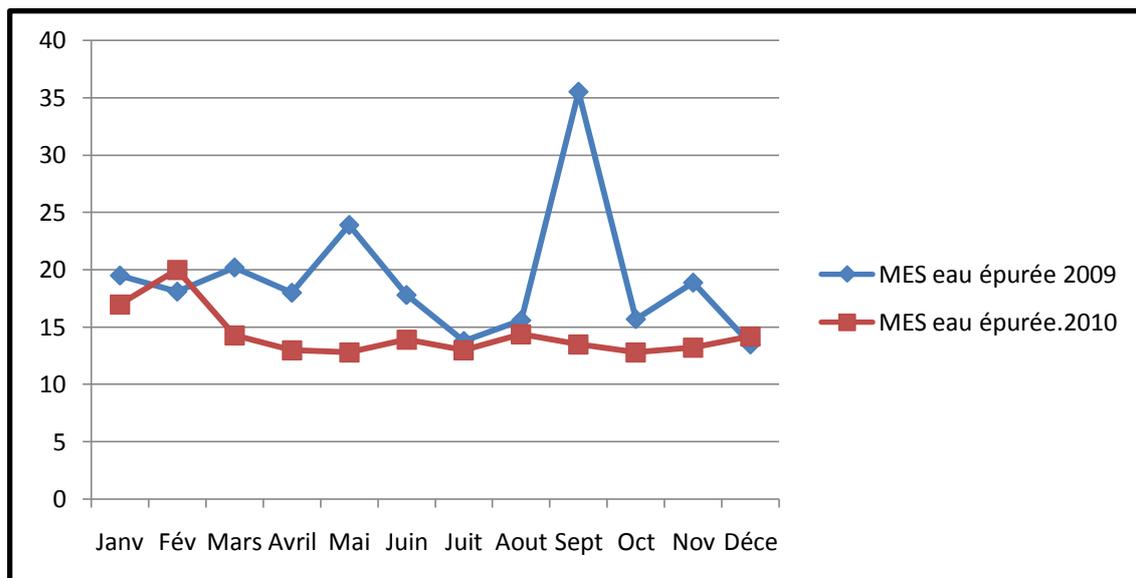
Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux [IV-2] et [IV-3] suivants :

IV.2.2 : Interprétation des résultats :

a. Matière En Suspension :

Cette matière est obtenue par les différences entre le poids des matières totales et des matières décantables (matière qui se déposent après un temps de repos de deux heures) donne le poids de matière colloïdale en suspension.

Graphe IV-1: Comparaison Des MES Des Eaux Brutes Et Epurées De Deux Années 2009-2010



Source : ONA.TO

● Interprétation :

On remarque ya eu diminution de la charge entre ces deux années d'où une amélioration dans le traitement à savoir :

- Le réglage du taux de recyclage des boues
- Le réglage du temps d'aération.

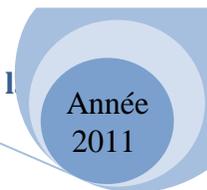


Tableau N° IV-2 : Paramètres physico-chimique Mensuelles Moyennes de l'Années 2009

Paramètres année 2009																		
Mois	MES (mg/l)		DBO5		DCO		PO ₄ ³⁻		N-NO ₂		Température (°C)		PH		Conductivité μs		N-NO ₃	
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Janv	264	19.5	215	20.5	318	33	13.53	3.5	4.2	1.5	14.1	14	7.8	7.75	922.4	814.6	4.13	4.97
Fév	292	18.1	208.3	16.4	409.3	61	9.4	4	4.74	1.95	14.8	14.8	7.8	7.8	930.9	810	6.58	6.82
Mars	288	20.2	226.6	22.7	471	38.4	11.16	2.08	7.44	2.64	15.7	15.6	7.82	7.71	928	793	6.84	5.83
Avril	309.7	18	193.4	21.7	458.2	45.5	10.3	4	4.95	2.85	16.2	16.3	7.8	7.7	919.6	785.2	5.5	6.8
Mai	277.1	23.9	258.2	23.5	512	45.8	13.8	7.3	9.96	3.66	19.5	20	7.8	7.7	981	848	7.6	4.84
Juin	277	17.8	289	34.7	544.5	65.1	9.8	2.5	8.34	3.24	21.7	22.2	7.8	7.8	937	805	-	-
Juit	250	13.8	299	53	531.5	53	12.6	2.2	8.4	2.5	24.6	25.1	7.5	7.6	954	810.3	-	-
Aout	273	15.6	538.4	55.8	538.4	55.8	10.7	4.6	7.8	2.82	25.8	26	7.5	7.6	1070	932	6.33	1.82
Sept	237	35.5	378	47	378	47	8.87	3.24	5.47	1.2	23.3	23.4	7.6	7.5	1077	996	3.92	1.3
Oct	266	15.7	663	36.5	663	36.5	8.9	5.5	10.35	4.9	21.7	21.9	7.5	7.7	1082.8	902.6	7	2.1
Nov	355.92	18.88	537.75	42	537.75	42	-	-	0.078	0.25	18.6	18.6	7.74	7.65	1111	941.73	5	1.06
Déce	403	13.5	583.4	46.4	583.4	46.4	-	-	0.16	0.25	18.86	16.8	7.72	7.6	1099	938	1.67	0.15

Source : ONA.TO.2011

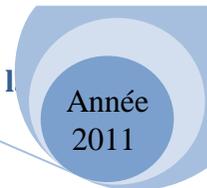


Tableau IV-3 : Paramètres physico-chimique Mensuelles Moyennes de l'Années 2010

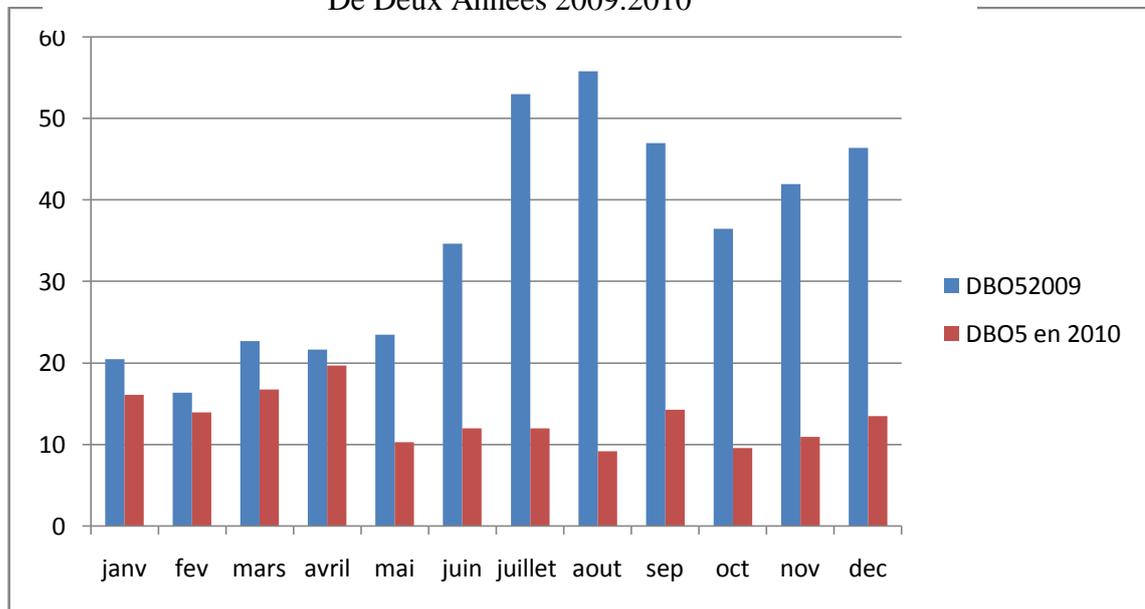
Paramètres année 2010																		
Mois	MES (mg/l)		DBO5		DCO		PO ₄ ³⁻		N-NO ₂		Température (°C)		PH		conductivité		N-NO ₃	
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Janv	346	17	603	16.1	232	36.3	-	-	0.063	0.07	16.2	16.2	7.73	7.63	1170	975	-	-
Fév	412	20	241	14	549	41.5	7.35	2.1	0.2	0.11	15.5	15.4	7.73	7.62	1157	926	6.04	4.58
Mars	342	14.3	252	16.8	488.6	43.6	3.3	3.73	3.5	0.9	15.7	15.7	7.64	7.52	1084	897.7	10.1	1.93
Avril	324	13	256	19.7	593	38.8	13.04	3.03	5.92	1.7	17.2	17.1	7.74	7.61	1109	903	4.73	2.5
Mai	312	12.8	317.5	10.3	541.8	39	11.89	2.58	1.5	1.42	19.9	20.3	7.72	7.6	1144	887.9	2.2	3.1
Juin	326	13.9	320	12	694	32.8	20.6	0.4	2.3	0.5	21.1	21.4	7.7	7.6	1109	902	3.24	2.32
Juit	305	13	382	12	675.8	36.2	9.9	3.68	-	-	24.1	24.4	7.66	7.51	1204	895	2.26	0.6
Aout	297	14.4	252.5	9.2	530.8	27	-	-	-	-	25	25.5	7.6	7.5	1153	895	9.42	0.62
Sept	286	13.5	272.5	14.3	584.5	30.8	10.3	2.2	0.0337	0.275	24.4	24.4	7.6	7.61	1129	895.7	0.82	0.836
Oct	266	12.8	326	9.6	480	32.5	10.9	3.3	0.003	0.04	21.5	21.1	7.48	7.5	1150	892	-	-
Nov	335.4	13.2	329.8	11	512.4	35.4	10.92	4.7	0.14	0.2	19.2	19	7.64	7.6	1041	802.4	-	-
Déce	311.8	14.2	283.1	13.5	532.8	39.8	9.85	5.1	0.087	0.17	16.9	17.2	7.56	7.55	1028	831.5	-	-

Source : ONA.TO.2011

b. Demande Biologique En Oxygène :

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions d'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité) pendant un temps (5 jours) pour assurer par voie biologique, l'oxydation de certaines matières organiques contenues dans l'eau et qu'on appelle les matières biodégradables.

Graph IV-2: Comparaison Des DBO5 Des Eaux Brutes Et Epurées De Deux Années 2009.2010



Source : ONA.TO

● Interprétation :

Vu les dépassements qui ont été enregistrés en 2009, des rajustements ont été effectués à savoir :

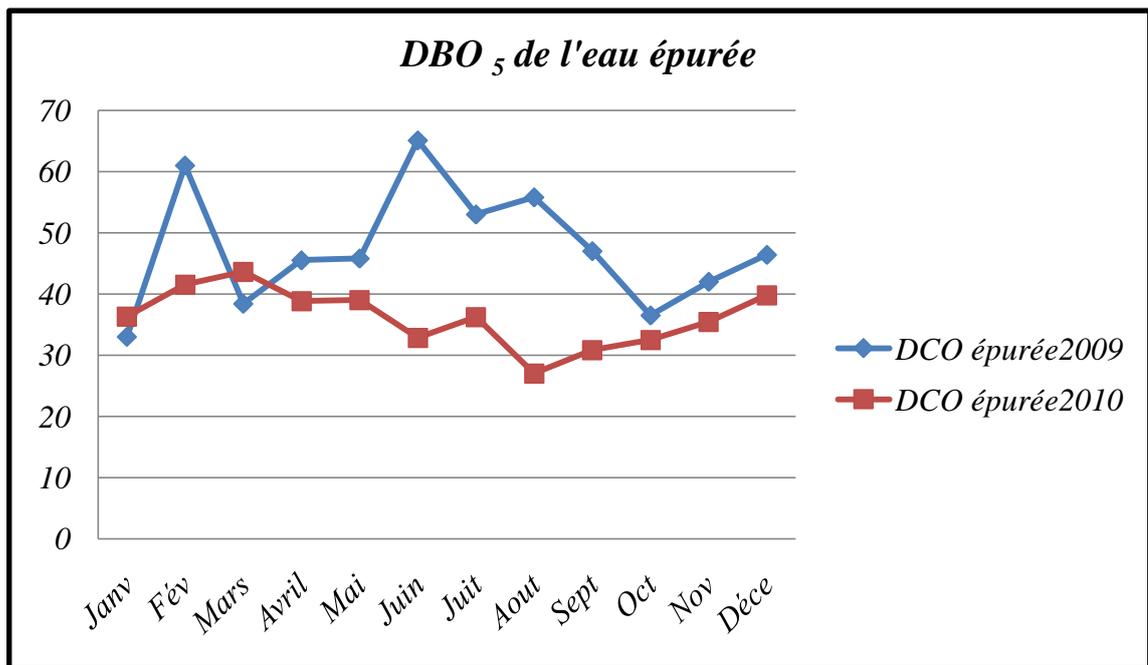
- Le réglage du taux de recyclage des boues
- Le réglage du temps d'aération

En 2010 on remarque que l'eau épurée c'est nettement améliorée au niveau de qualité.

c. Demande Chimique En Oxygène :

Etant donné la diversité des corps organiques contenus dans une eau résiduaires, la connaissance de leurs natures ne serait d'aucune utilité pour l'épuration biologique. Par contre l'oxydation chimique représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables (sulfures, sulfites,...sels) métalliques de valence inférieure et la majeure partie des composés organiques.

Graphe IV-3: Comparaison des DCO des eaux brutes et épurées de deux années 2009.2010



Source : ONA.TO.2011

● Interprétation :

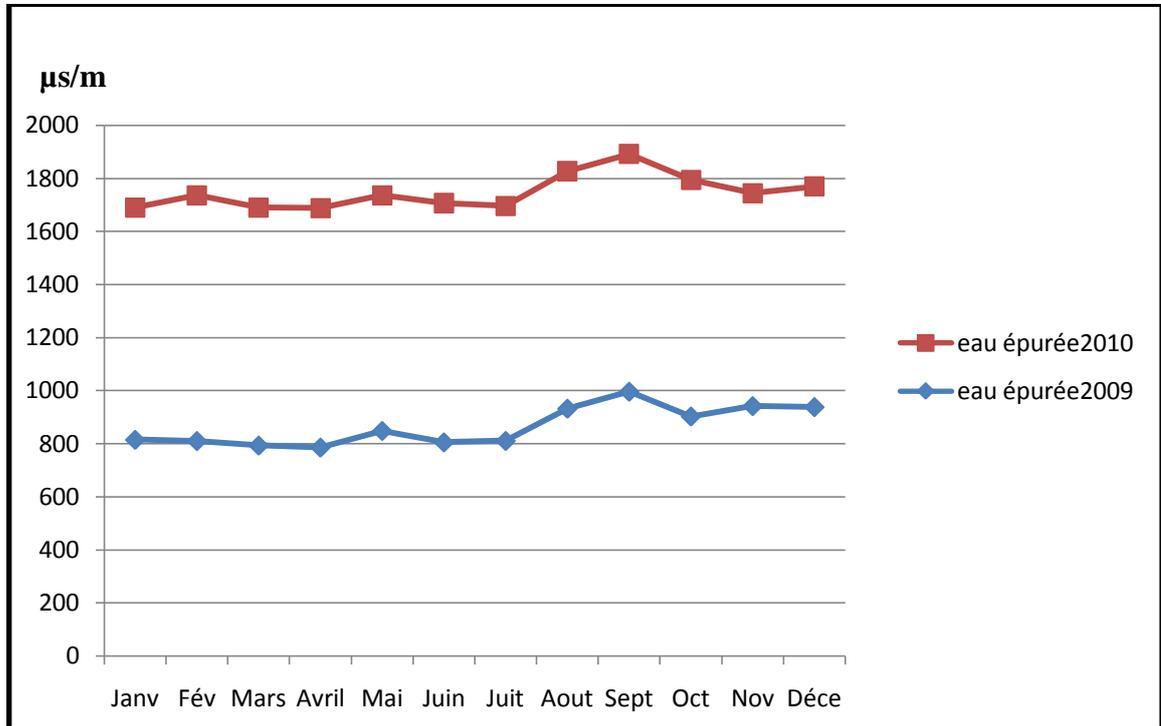
On remarque que des dépassements ont été enregistrés en 2009 à cet effet des rajustements ont été effectués à savoir :

- Le réglage du taux de recyclage des boues
- Le réglage du temps d'aération

En 2010 on remarque que l'eau épurée c'est améliorée au niveau de qualité.

d. Conductivité :

Graph IV-4 : Comparaison De La Conductivité Des Eaux Brutes Et Epurées De Deux Années 2009.2010



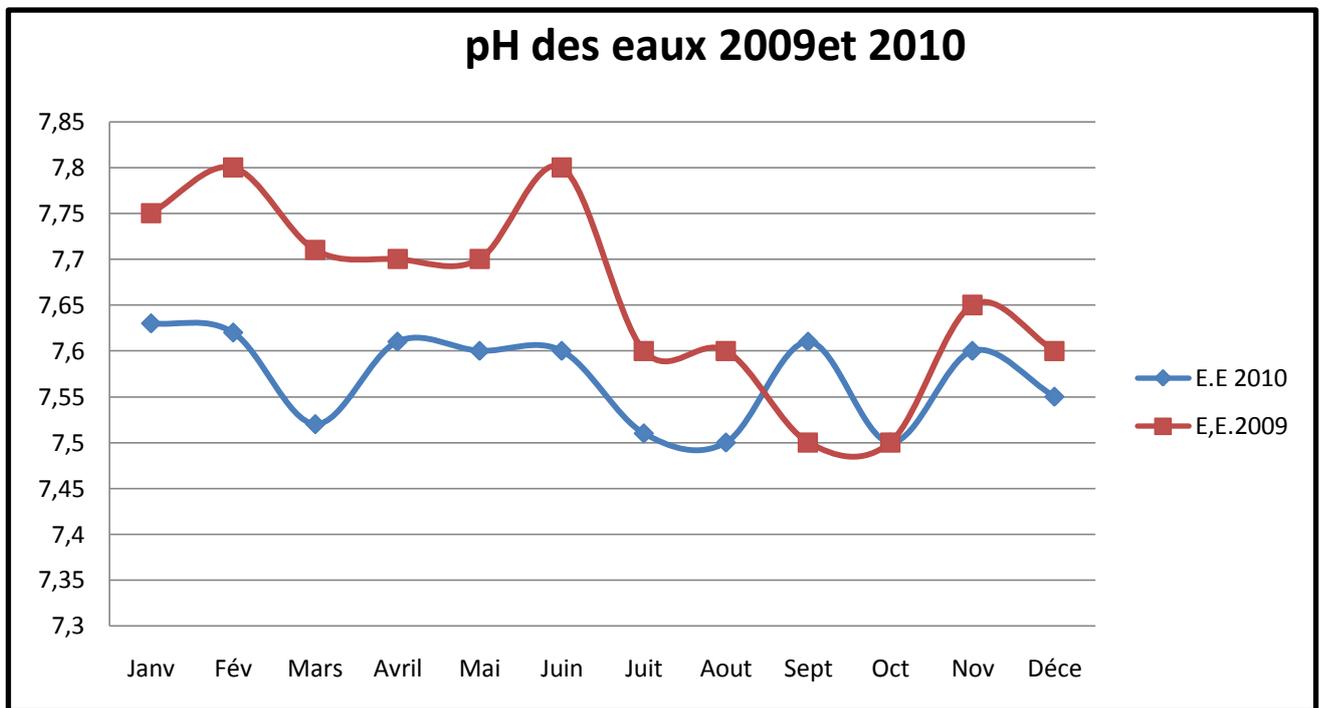
Source : ONA.TO

• Interprétation :

On remarque que la conductivité est inférieure en 2010 à 1s/cm. Elle nous renseigne sur la minéralisation de l'eau épurée ; et d'après la valeur de la conductivité maximale atteinte comprise entre [666-1000] on déduit que la minéralisation est importante.

e. pH :

Graphe IV- 5: Comparaison Des Ph Des Epurées De Deux Années 2009/2010



Source : ONA.TO

• Interprétation :

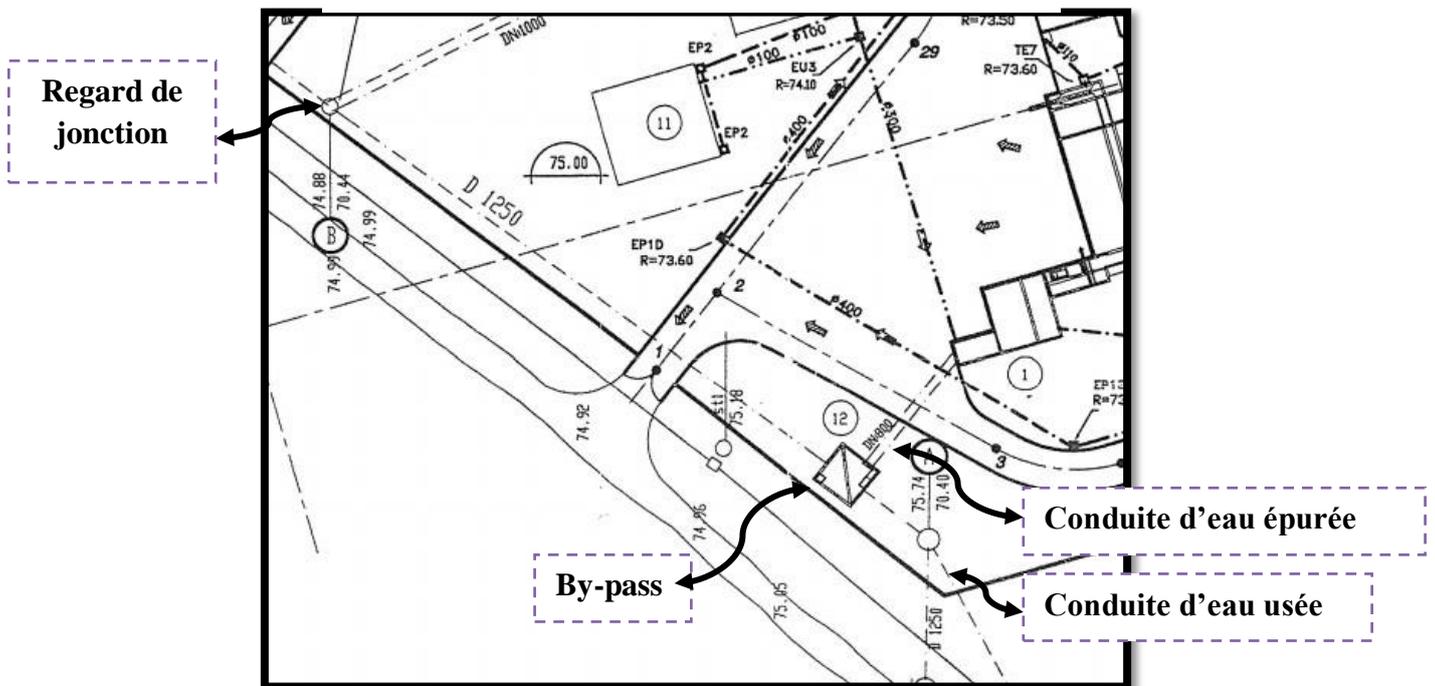
Le pH moyen est de 7,60 il se situe dans la zone optimale de 6 à 8 d'activité des microorganismes, prévues pour la plupart des procédés biologiques.

Le pH répond aux normes d'eau épurée destiné à la réutilisation

V. Particularité de la STEP:

On remarque que les eaux après épuration sont rejointes avec les eaux usées après le by-pass comme le montre la figure IV-9, c'est-à-dire que les eaux dans les temps hivernales et en cas de panne, les eaux excédentaires sont rejeté dans le même regard que les eaux épurées

Figure IV-9 : Plan de la STEP



Source : ONA.TO

Conclusion :

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de connaître les ouvrages de la station, les équipements utilisés et la qualité de leurs eaux.

Enfin, le débit à la sortie de la STEP après épuration est de 18 000 m³/j à 22 000 m³/j, il est à noter qu'il est rejeté à l'oued sans désinfection par hypochlorurie (javellisation), ce qui est très important pour une réutilisation pour les cultures, car une importante dose de chlore a des répercussions néfastes sur les plantes.

VI. Analyse complémentaire

Le bilan des disponibilités en eau pour l'irrigation, tient compte à la fois de la quantité et de la qualité. Dans le cas de la réutilisation des eaux épurées l'aspect qualitatif doit répondre aux contraintes suivantes :

- La santé publique.
- La production végétale et animale ;
- Les sols
- Les nappes souterraines
- L'environnement.

VI.1 Résultats microbiologique :

Echantillonnage : On a élaboré trois prélèvements par jour (9h, 11h, 14h). Les prélèvements sont effectués à une vingtaine de centimètre de profondeur dans des flacons d'un litre en plastique bien rincés au moment de l'emploi à l'aide de l'eau à examiner. Les récipients sont remplis totalement et transporté au laboratoire. Toutes les analyses sont effectuées au laboratoire de la station juste après le prélèvement. Sauf pour la partie microbiologie qu'on a du déplacé au laboratoire d'Alger au niveau de la SEEAL

VI-1 -1 : Coliformes totaux et E. colis :

La méthode citée en annexe 2 nous a permis d'avoir les résultats suivant :

On voit que les 51 cupules sur le plateau sont de couleur jaune juste après les avoir sorti de l'étuve, le nombre le plus probable lu sur l'annexe 2 est supérieur a 200.5 ainsi présence de coliformes totaux.

Le même plateau passé sous les UV et nous a donnés 51 cupules jaunes fluorescents alors en dispose de nombre de plus de 200.5 d'E.colis.

On constate, d'après les résultats d'analyses obtenues que ya un nombre de E.colis considérable et une forte concentration en germes totaux, en coliformes, en streptocoques,

Donc il est préférable de procéder une désinfection pour améliorer la qualité bactériologique de cette eau épurée.

VI.1-2 : Entérocoques intestinaux :

Le second plateau une fois sortie de l'étuve on l'a mis sous UV on remarque les 51 cupules en bleus fluorescents donc présence d'entérocoques intestinaux, on dispose de plus de 200.5 d'après l'annexe N°2.

On constate, d'après les résultats d'analyses obtenues que ya une absence totale de Vibrio et un nombre de E.colis considérable. Par contre il ya une forte concentration en germes totaux, en coliformes, en streptocoques, Clostridium SR, et une faible concentration de salmonella (présence).

Donc il est préférable de procéder une désinfection pour améliorer la qualité bactériologique de cette eau épurée.

VI-2: Résultats physico-chimique:

Tableau VI-1: Paramètres physico-chimique de l'échantillon

	MES mg/l	DCO mg/l	DBO5 (mg/l)	pH	T (°C)	Cond µs/cm	Turbidité (FTU)
Eau brute	294	586	341	7,47	22,4	1115	311,5
Eau épurée	14,9	33,5	20,6	7,52	22,85	278	22.5
Normes européennes	30	90	30	5.5-8.5	30	-	-

Tableau VI-2 : Métaux lourds et chimiques :

			Résultats	Normes
Métaux lourd	Fe	mg/l	0.67	5
	Zn	mg/l	0.29	2
Métaux chimiques	Ca	mg/l	76.55	-
	Mg	mg/l	19.68	-

Remarque : Par manque de Ca cela nous empêchera de calculer le SAR et SAR ajustée de notre échantillon qui nous renseignera sur la minéralisation de notre eau.

➤ **Détermination des différents rendements :**

Rendement= [(X entrant – Xsortant) / X entrant] *100

(X) : La concentration de l'eau d'entrée en mg/l

(Y) : La concentration de l'eau de sortie en mg/l

Tableau VI-3: Résultats des rendements obtenus sur les eaux épurées.

Paramètres	Rendement%
DCO (mg O ₂ / l)	94.28
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	93.96
MES (mg/l)	94.9

Les valeurs de DCO, DBO5 et MES répondent largement aux normes de rejets (DCO<90mg/l, DBO5<30mg/l, MES<30mg/l).

On remarque que plus de 90% de la pollution organique est éliminée .La conductivité qui est de 278µs/cm, elle nous renseigne sur la minéralisation de l'eau épurée d'après la valeur qui est entre 200 et 333 on déduit que la minéralisation est moyenne.

Nb :

On a comparé les résultats microbiologiques aux normes OMS et les paramètres physico-chimique aux normes de la FAO année 2010.

VII- Conclusion :

On remarque que la plupart des résultats répondent aux normes de réutilisations a par les coliformes qui peuvent diminuer avec la clarification. Le chlore a pour but principal la destruction des bactéries grâce à son action microbicide.

Le stockage après épuration de l'eau aura une incidence sur la qualité de l'eau en fonction du temps de rétention : un stockage « tampon » : il sert uniquement à réguler les variations quotidiennes de flux dans la station. La durée de stockage peut varier de 24 à 72 h (Cauchi, 1996 ; Faby,1997), ce qui laisse supposer que la qualité de l'eau n'aura pas varié ;

- un stockage pour affiner le traitement microbiologique, notamment pour les parasites, qui peut durer une dizaine de jours ;
- un stockage de longue durée, plusieurs mois pour certaines réutilisations agricoles (8 mois en Israël, pour irriguer du coton ; Asano, 1998). Dans ce cas, une évolution de la qualité microbiologique est possible.

On atteint ce résultat en introduisant dans l'eau des doses croissantes de chlore, jusqu'à ce que le dosage à l'orthotolidine et à l'arsénite révèle que le chlore résiduel est libre et non combiné.

CHAPITRE V :

Présentation de la zone d'étude

I. Introduction :

L'eau en tant qu'élément de base indispensable à la vie, demeure dans son devenir et ses effets sur le milieu et la plante, un sujet de questionnement de première importance. La ressource en eau et la satisfaction des besoins agricoles est une équation épineuse que les agriculteurs s'efforcent de résoudre. Les ressources disponibles et leur renouvellement climatique sont souvent déficitaires au regard des besoins.

Le climat et les conditions atmosphériques sont donc les éléments de base indispensable à connaître pour conduire une réflexion sur l'optimisation de l'eau disponible.

II. Situation et localisation du site :

Le périmètre d'étude couvre une superficie de près de 380 ha, localisé dans la wilaya de Tizi-Ouzou, limité par :

- ✚ Au Nord par le chemin wilayat N°124 (CW124) ;
- ✚ Au Sud par la route nationale N° 12 (RN 12) ;
- ✚ A l'Est par oued Sebaou ;

III. Climatologie

Le climat se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné. Les principales composantes du climat sont : les précipitations, la température, le vent, l'évaporation et l'humidité relative....[21]

III.1 : Caractéristiques climatologiques:

Les données climatologiques ont été relevées au niveau de la station météorologique de Tizi-Ouzou qui nous semble la plus représentative de notre zone d'étude. Les valeurs représentent les moyennes observées sur une période de 26 ans (1984-2010).

Cette étude va nous permettre de déterminer le climat de la région où se situe notre périmètre, pour cela nous nous intéresserons à un ensemble de phénomènes météorologiques qui conditionne l'évolution de ce dernier. Parmi ces phénomènes météorologiques on peut citer : les précipitations ; les variations de température, le vent, l'humidité relative.....etc.

Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournies par l'ANRH certains compléments sont extraits de la banque de données disponibles à L'ENHYD ou obtenus auprès de l'Office National de la Météorologie.

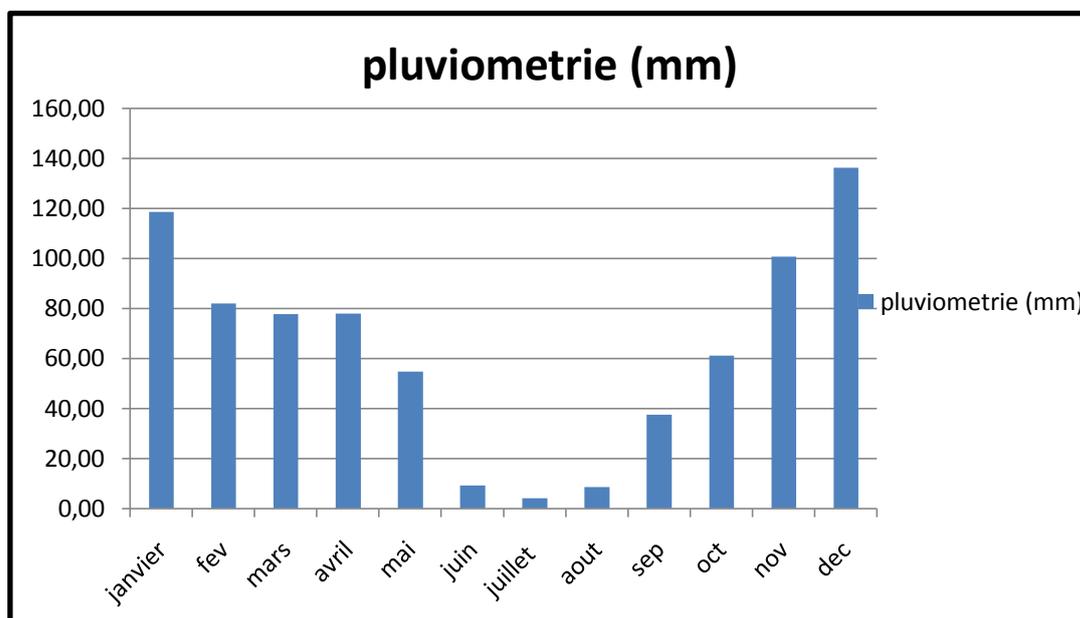
Chapitre V : Présentation du périmètre d'étude

La station climatique existante, susceptible d'être considérée comme représentative de la région d'étude, et possédante des données fiables,

Les caractéristiques géographiques de la station sont : **36°43'03'' N et 4°04'59'' E.**

a) Précipitations :

Graph VI-1 : Pluviométrie moyenne mensuelle des précipitations en mm, de 1984-2010)



Source : ONM de T.O, 2011

➤ Interprétation :

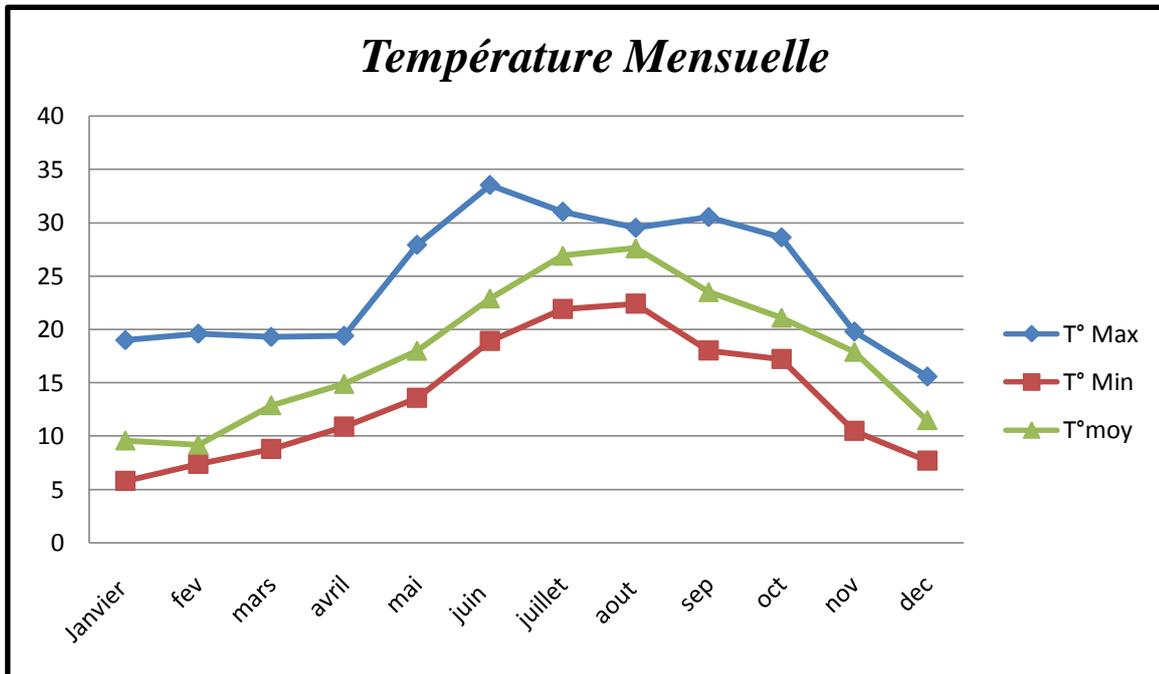
La répartition des précipitations mensuelles fait ressortir deux saisons distinctes. La saison sèche s'étale sur six mois et demi (de mai à début novembre). La saison humide est assez importante, elle s'étale de novembre au début mai et les précipitations durant cette période représentent 77% du total annuel des précipitations, la valeur maximale étant celle du mois de décembre avec **136.45 mm**.

Le mois le plus sec est celui de juillet, le plus humide est le mois de décembre.

b) Températures :

Pour bien analyser les températures de notre région d'étude, nous avons utilisé celles enregistrées au niveau de la station de l'office National de météorologique de Tizi-Ouzou durant 26 ans (1984-2010).

Graph VI-2 : Températures mensuelles à la station ONM de TO : de 1984-2010)



Source : ONM de T.O, 2011

➤ Interprétation :

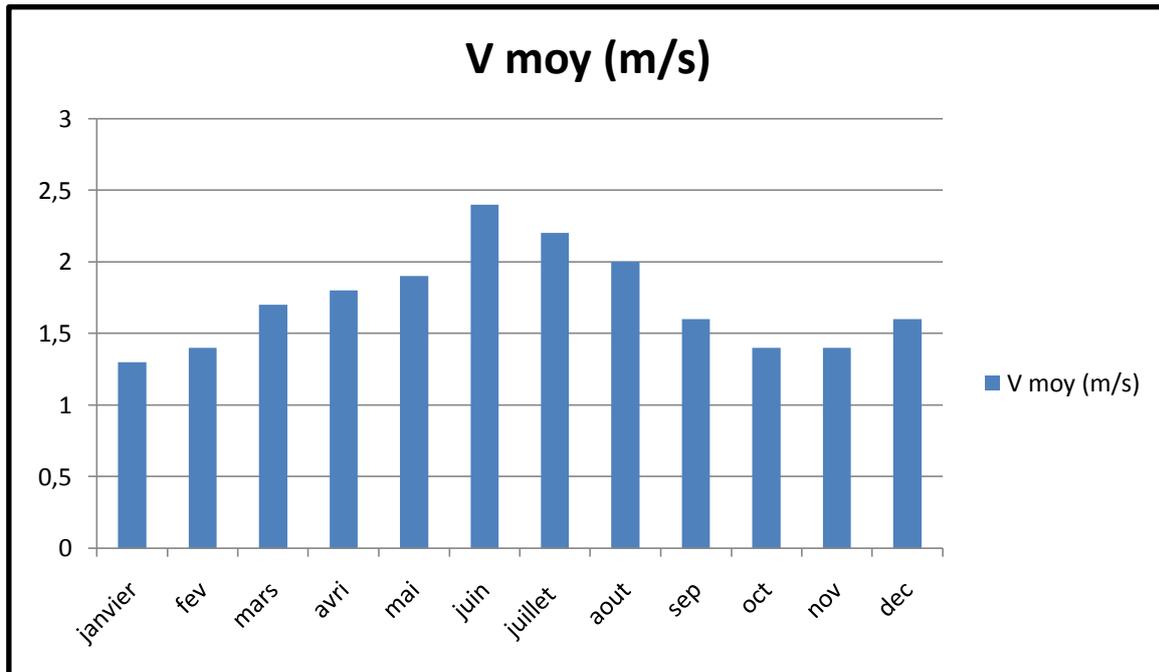
D'après le graphe suscité nous avons constaté que la température moyenne maximale enregistrée à la station de Tizi Ouzou est **de 33.5 C** au mois de juin, quant a la température minimale elle est de **5.8 C** enregistrée au mois de janvier.

Les valeurs des températures moyennes mensuelles varient beaucoup, l'écart entre les valeurs extrêmes est de **27.7 C**. Les valeurs moyennes oscillent autour de 18 C, avec la moyenne des maximas de 24.5 C et la moyenne des minimas de 13.6 C.

Le mois le plus de l'année étant celui de moi d'Aout 27.6 C, le plus frais est celui de février 9.2 C.

c) Le vent :

Graphe VI-3: vitesses du vent (m/s) mesurées à la station de TO : de 1984-2010



Source : ONM de T.O, 2011

➤ Interprétation :

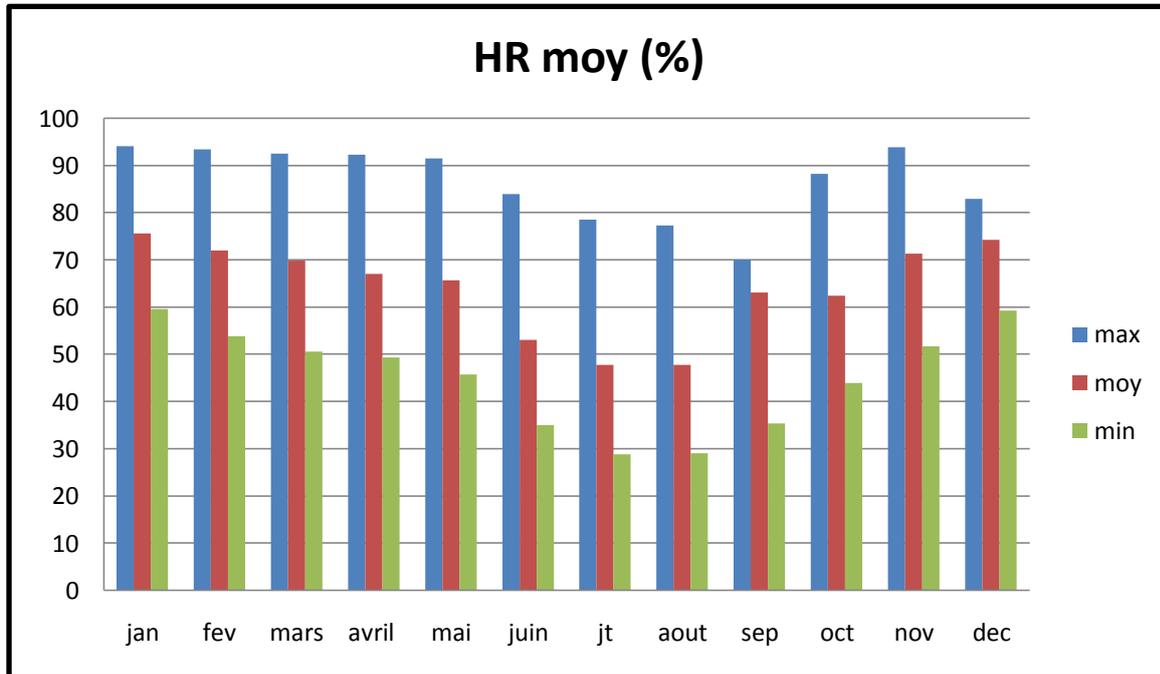
La vitesse moyenne du vent est relativement faible et homogène durant toute l'année, elle oscille entre **1.3m/s** en janvier à **2.4** en juin, avec une moyenne annuelle de **1.7m/s**.

Direction du vent dominant dans la zone d'étude est d'Est vers l'Ouest.

d) Humidité relative :

Le graphe ci-après représente les valeurs moyennes mensuelles en % de l'humidité relative observées à la station ONM de T.O, durant une période de vingt six ans.

Graphes VI-4: variation graphique de l'humidité relative moyenne mensuelle de (1984-2010)



Source : ONM de T.O, 2011

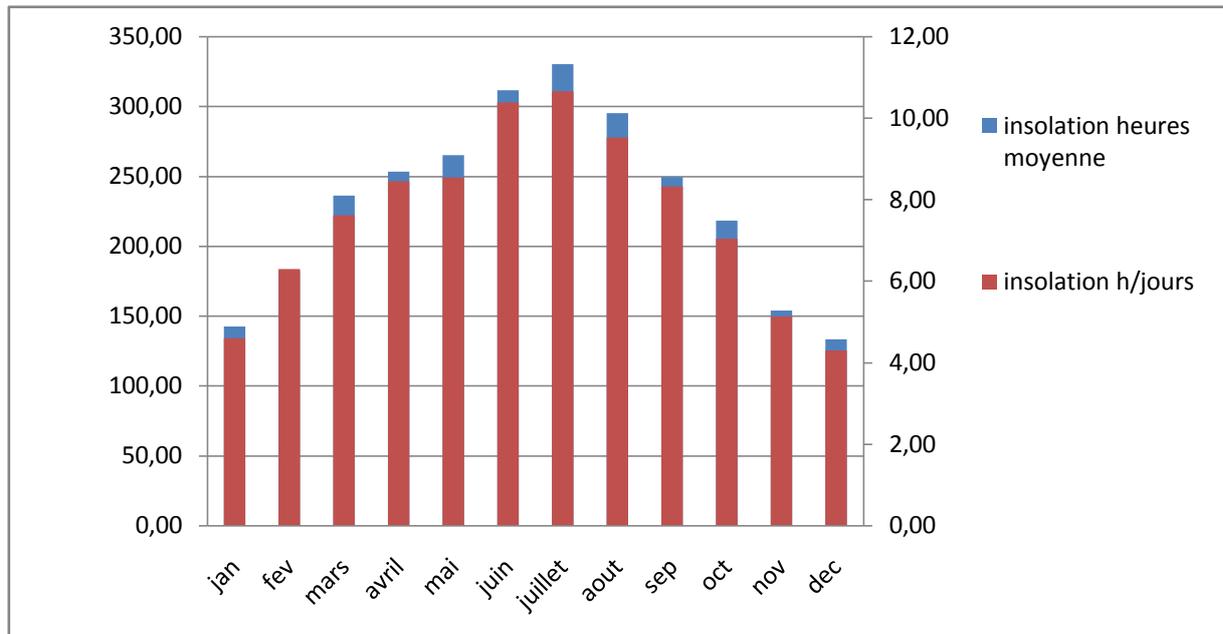
➤ **Interprétation :**

La figure suscitée montre que l'humidité relative moyenne est importante en hiver avec des valeurs maximales en décembre avec 74.2% et janvier avec 75.6% et les valeurs minimales en juillet et Août avec 47.8%.

e) Insolation :

Le phénomène d'insolation qui est défini par le nombre d'heures pendant les quelles le soleil a brillé, est enregistré durant toute l'année avec des valeurs variables, les plus importantes ont lieu en période chaude allant d'Avril au mois de Septembre, la valeur la plus élevée est celle du mois de Juillet avec **(10.65 heures)** d'après le graphe suivant, elle atteint les minimas au mois de Décembre avec **4.3 heures/jour**.

Graph VI-5: Insolation Moyenne Mensuelle En Heure



Source : ONM de T.O, 2011

III.2 : Classement Du Climat :

a- Quotient pluviométrique d'Emberger :

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par Mr. EMBERGER qui nous renseigne sur le type de climat, ainsi que la nature d'hiver dominant d'une région. Le quotient D'EMBERGER que nous avons projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{1000 * p}{(M - m) * \frac{M + m}{2}}$$

-----> équation VI-1

Avec :

- Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER ;
- P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm) ;
- M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°) ;
- m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°).

Alors pour :

- P= 391.97 mm
- M= 33.5 +273 = 306.5K°
- m= 5.8+273 = 278.8 K°

Chapitre V : Présentation du périmètre d'étude

D'où ;

$$Q = \frac{1000 * 763.45}{(306.5 - 278.8) * \frac{306.5 + 278.8}{2}} = 94.17$$

Après projection des valeurs ($Q=94.17$, $m=5.8^{\circ}\text{C}$) dans le diagramme bioclimatique d'Emberger (voir annexe 1) nous pouvons conclure que le climat de la région est sub-humide à hiver tempéré.

Ces renseignements compléteront la méthode de Marton, et qui sont d'une importance majeure.

b- Indice de MARTON :

L'indice d'aridité ou de MAERTON est un paramètre qui permet la classification de climat afin de nous renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation par rapport au climat.

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

----- → Equation VI-2

Avec :

- I_A ; indice de Marton
- P : précipitation moyenne annuelle de la région en mm/an
- T : température moyenne annuelle en $^{\circ}\text{C}$

TableauVI-1 : Valeurs De L'indice D'aridité

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	humide	inutile

Pour :

- P = 391.97 mm
- T = 18 $^{\circ}\text{C}$

D'où :

$$I_A = 391.97 / (18 + 10) = 14$$

Chapitre V : Présentation du périmètre d'étude

Ainsi :

D'après le tableau suscité on trouve que I est entre [10-20] ainsi le climat est sec ou l'irrigation est souvent indispensable.

c- Climogramme de Gaussen :

Le Climogramme de Gaussen est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche). Dans cette représentation, les mois secs sont définis comme étant les mois ou le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double des températures moyennes mensuelles exprimées en (C ). Le contraire est bien sur valable pour les mois humides. Pour la représentation de ces graphiques on a tableau suivant :

Tableau VI-2 : Climogramme de Gaussen

Mois	j	f	m	a	m	j	jt	A	sep	Oct	Nov	Dec
P	118.66	82.1	77.78	77.97	54.75	9.26	4	8.49	37.44	61.19	100.85	136.45
T	9,6	9,2	12,9	14,9	18	22,9	26,9	27,6	23,5	21,1	17,9	11,5

Avec :

P (mm) : Précipitations moyennes mensuelles.:

T (C ) : Températures moyennes mensuelles

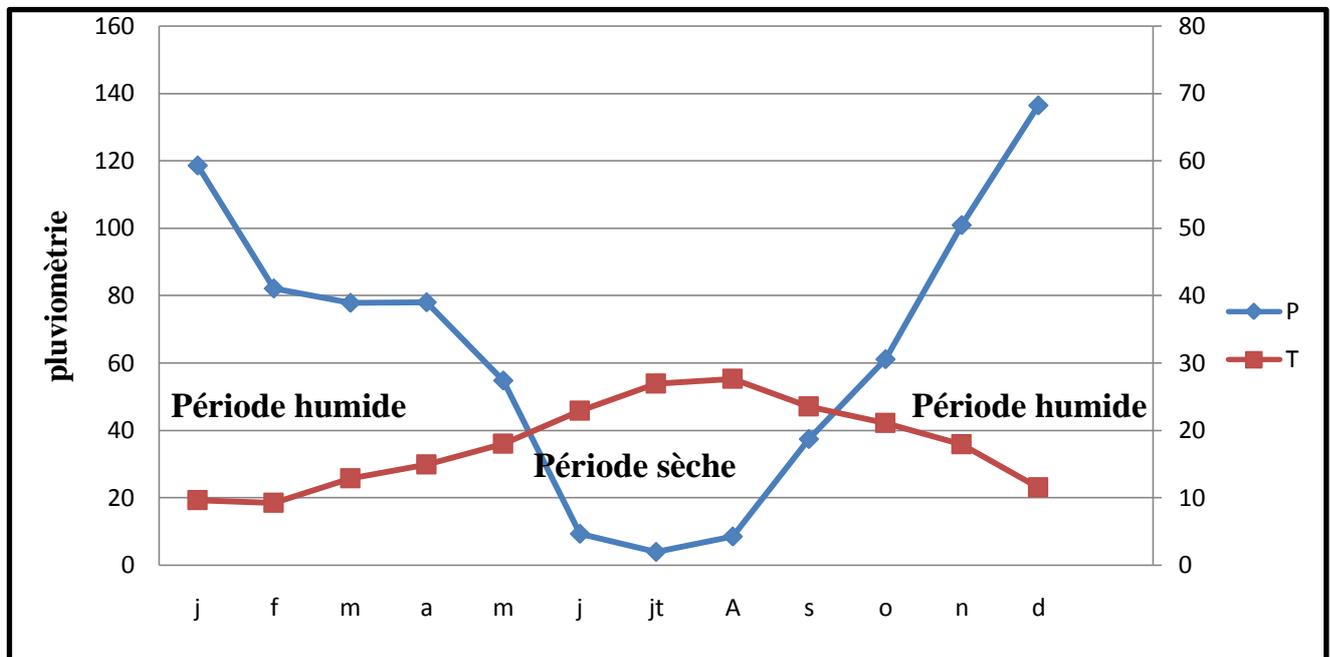
La figure sous citée nous montre :

- Mois sec: $P \text{ (mm)} \leq 2T \text{ (C )}$
- Mois humide: $P \text{ (mm)} \geq 2T \text{ (C )}$

Nous pouvons constater de ce diagramme que nous avons deux saisons, l'une sèche qui s'étend sur plus de 4 mois, du fin Mai jusqu'au mois de Septembre, pendant cette période l'irrigation est une nécessité absolue.

L'autre saison est la saison humide, qui dure 8 mois pendant laquelle le recours à l'irrigation peuvent être une nécessité si on enregistre un déficit en eau.

Graph VI-6: Diagramme ombrothermique de Gaussen



Conclusion :

D'après ces trois classifications on constate qu'on dispose d'un climat subhumide avec un hiver tempéré avec un période sèche d'environ trois mois.

IV. Pédologie :

La surface agricole utile (SAU) de la wilaya est de 96 700 ha soit 32.7% de la superficie totale et de 37.4%, de l'ensemble des terres affectées à l'agriculture soit 258.252 ha. La SAU actuelle faiblement irriguée, seuls 5 .6 ha irrigués sur un potentiel irrigable de 12 000 ha

Le périmètre présente deux zones de mise en valeur, zones I et II comme suit :

Zone I : Zone ne présentant pratiquement pas de problèmes de mise en valeur, ce sont des sols profonds à texture argilo-limoneuse.

L'aptitude en irrigués reste satisfaisante mais ils nécessitent en plus des amendements organiques et la fertilisation, une opération de décroutage.

Zone II : Ils sont peu profonds de textures moyenne, pauvres en matières organiques et en éléments fertilisants et la pente variée.

Chapitre V : Présentation du périmètre d'étude

L'aptitude en irrigué reste satisfaisante mais ils nécessitent en plus des amendements organiques et la fertilisation, une opération de décroutage.

V. Conclusion :

Afin de faire un bon choix du type de culture à mettre en place nous avons quelque paramètre à respecter.

Nous devons tenir compte de la qualité de l'eau ainsi de la quantité à acheminer sur la parcelle définie par les besoins de ces cultures en question en terme de ressources ainsi que du climat. Il y a aussi le type de sol, sa structure, sa texture et sa perméabilité qui jouent un très grand rôle dans le choix des cultures.

CHAPITRE VI :

Besoins En Eaux Des Plantes

I. Introduction :

Le besoin en eau d'une culture durant une période donnée est la hauteur d'eau (mm) nécessaire pour compenser les pertes par évapotranspiration pendant cette période.

L'approche de la F.A.O exprime cette quantité en fonction de l'évapotranspiration de référence (ET_o) qui traduit la demande climatique et des caractéristiques de la culture. Ces derniers dépendent de l'espèce, de la variété, de l'âge, du stade phénologique et du mode de conduite et sont représentés par un coefficient dit cultural K_c (Equation 3).

$$ET_c (mm) = K_c * ET_o (mm) \longleftrightarrow \text{Equation 3}$$

II. But de l'étude :

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures à projetées dans le périmètre

III. Etude Hydrologique :

L'étude hydrologique dans notre cas à pour but de déterminer les précipitations mensuelles de fréquence au dépassement de 80%.

III.1. Choix de type de loi :

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur du papier à probabilité permet d'accepter ou de rejeter la loi (toute sinusite, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement). Et lorsque plusieurs d'entre elles sont adéquates les critères de choix peuvent être les suivant :

- A qualité égale, la loi qui a le moins de paramètres est à retenir.
- A qualité égale et nombre de paramètres égal, il faut comparer les estimations des deux lois. si ces estimations sont voisines, il faut retenir la plus simple ; si elles sont nettement différentes, il faut prendre une nouvelle loi quitte à prendre un paramètre supplémentaire.

On essaie toujours d'ajuster une loi normale à un échantillon ou de se ramener à une loi normale par changement de variable. Généralement la loi de probabilité ajustable à l'échantillon est d'autant plus près à la normalité que la variable concerne une longue échelle de temps et que le coefficient de variation soit inférieur à 0,5.

III.2 : homogénéisation de la série pluviométrique :

	sep	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1984	37,44	61,192	100,848	179,7	121,6	54,9	241,9	17,9	90,6	0	0,9	0	906,98
1985	38,5	54	84,7	67,5	78,8	116,5	209,5	47,3	6,7	18	7,3	9	737,8
1986	23,1	46,2	105,2	254,6	191	239,1	73,2	7,9	22,8	13,5	1,1	3,5	981,2
1987	18,1	37,9	114,5	59,4	61,3	48,9	84,2	83,1	33,4	37	11,3	0	589,1
1988	58,2	5,6	70,5	246,6	55,5	38,1	36,8	132,8	6,9	9,7	3,9	51,6	716,2
1989	23,5	30,5	80,5	34	83,8	0,1	39,5	83,1	84,3	19,8	25,4	0	504,5
1990	8,1	63,6	64,6	201	103,2	139	83,9	46,1	36,1	2,9	0,6	6,5	755,6
1991	10,1	163,9	38,6	12,5	144,2	44,3	90,9	159,4	61,1	33,8	7,6	0,2	766,6
1992	5,7	75,9	91,1	180,2	50,3	71,3	27,2	125,6	53	0,4	0	8,6	689,3
1993	61,1	39,1	81,7	99,5	114	78,5	5	58,9	2,7	0,3	0	10,5	551,3
1994	117,2	75,7	17,1	133	285,4	40,9	119,2	38,1	1,2	14,3	0,4	22,5	865
1995	7,4	24,3	27,2	81,2	148,2	215,3	67,2	159,1	54,4	19,7	7,6	11,2	822,8
1996	36,3	99,9	73,2	83,9	49,6	17,2	23,8	71,2	24,6	4,4	0,6	15,3	500
1997	41,8	93	213,1	143,8	57,4	160,1	67,3	101,3	231,1	0,7	0	3,6	1113,2
1998	26,3	84,1	125,7	99,1	113,8	99,8	75,7	17,7	44,1	0,6	0	2,6	689,5
1999	29,9	15	152,9	217,2	21,1	5,8	7,1	36,5	64,3	6,3	0	0,3	556,4
2000	6,4	51,9	82,7	75,3	227	77,3	2,6	38,7	44,1	0	0	0,9	606,9
2001	38,3	7	60,4	69,8	86,2	34,2	47,3	54,3	37,7	1,5	1,7	23,4	461,8
2002	24,8	39,1	200,9	276,7	316,2	105,4	49,3	162,5	34,8	2,8	3,7	1,3	1217,5
2003	33,1	66,8	91,3	171,6	126,6	49,9	53,1	90,4	135,1	1,6	2,2	10,9	832,6
2004	20,4	37,1	118	213,2	138,7	123,4	27,3	13,8	2,3	0	1,4	0,7	696,3
2005	19,6	53,6	76,2	99,5	140,1	199,4	35,5	13,8	80,6	3,9	1	9,4	732,6
2006	36,4	11,7	7,8	161,8	10,5	61	258,6	204,5	17,2	10	9,4	4,2	793,1
2007	60	241,7	227,2	111,9	8,7	15,2	97,1	36,9	104,9	13,8	14,2	0	931,6
2008	38,6	64,1	192,9	126,1	250,4	40,1	86,3	126,8	74	0	3,1	8,4	1010,8
2009	153,1	48,1	123,2	148,7	101,6	58,8	112,7	99,6	75,4	25,8	0,6	16,2	963,8

Source: ANRH Tizi-Ouzou

Tableau : VI-2 : Test de Wilcoxon

Rang	P (mm)	Série X (mm)	Série Y (mm)	TRI (mm)	X u Y
1	906,98	689,5	906,98	1217,5	X
2	737,8	556,4	737,8	1113,2	Y
3	981,2	606,9	981,2	1010,8	X
4	589,1	461,8	589,1	981,2	Y
5	716,2	1217,5	716,2	963,8	X
6	504,5	832,6	504,5	931,6	X
7	755,6	696,3	755,6	906,98	Y
8	766,6	732,6	766,6	865	Y
9	689,3	793,1	689,3	832,6	X
10	551,3	931,6	551,3	822,8	Y
11	865	1010,8	865	793,1	X
12	822,8	963,8	822,8	766,6	Y
13	500		500	755,6	Y
14	1113,2		1113,2	737,8	Y
15	689,5			732,6	X
16	556,4			716,2	Y
17	606,9			696,3	X
18	461,8			689,5	X
19	1217,5			689,3	Y
20	832,6			606,9	X
21	696,3			589,1	Y
22	732,6			556,4	X
23	793,1			551,3	Y
24	931,6			504,5	Y
25	1010,8			500	Y
26	963,8			461,8	X

L'homogénéité est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquence.

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

On divise la série complète en deux sous séries y et x tel que :

N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$.

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. A ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle. Mr Wilcoxon (Mme TOUAIBIA;2004) montre que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec : $W_{min} < W_y < W_{max}$ -----> Equation 4

$$W_y = \sum_{i=1}^n rang$$

W_y : Somme des rangs des sous séries.

$$W_{min} = \frac{(N_1+N_2+1)N_1-1}{2} - U_{1-\alpha/2} \frac{(N_1*N_2)(N_1+N_2+1)}{12}$$
 -----> Equation 5

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min}$$
 -----> Equation 6

D'ou: $\left\{ \begin{array}{l} W_y = 8W_{min} = 76.4 \\ W_{max} = 163.6 \end{array} \right. \Rightarrow 76.4 < W_y < 163.6$

La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station du pont de bougie est homogène à seuil de $(1-\alpha)$ avec $\alpha=0.05$.

III.3 : Ajustement a la loi de gauss :

Le procédé de calcul consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées
- Calculer la fréquence expérimentale par la formule de Hazen.

$$F(x) = \frac{n - 0.5}{N}$$
 -----> Equation N° 7

Avec :

- F(x) : représente la fréquence
- N : numéro d'ordre ;
- Numéro d'années observées

➤ **Calcul des caractéristiques empirique de l'échantillon :**

a. La moyenne arithmétique :

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{X_i}{n} = \bar{X} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \text{Equation N° 8}$$

b. L'écart type :

➤ Si ; n < 30

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \text{Equation N° 9-1}$$

➤ Si n > 30

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \text{Equation N° 9-2}$$

c. La variable réduite de gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$ ----- → Equation N° 10

d. Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$ ----- → Equation N° 11

e. L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta * U_{p\%} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \text{Equation N° 10}$$

Avec: $X_{P\%}$: précipitation de probabilité P%

$U_{p\%}$: variable réduit de Gauss = 1,28

\bar{X} : Moyenne arithmétique

δ : Écart type

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique est donnée dans le tableau ci-après : Pour les calculs, on a utilisé le **logiciel HYDROLAB**.

Les résultats sont représentés dans le **Tableau VI-3** et au **graphe VI-1**

Tableau N°VI-3: Ajustement à une loi de Gauss

Taille n=26		Moyenne= 768,941529 Ecart-type= 193,332571			I.C. à (en%)= 80		U Gauss= 1,2817	
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
906,98	461,80	1	0,0192	-2,070	461,80	368,68	266,65	444,59
737,80	500,00	2	0,0577	-1,575	500,00	464,49	379,45	529,66
981,20	504,50	3	0,0962	-1,304	504,50	516,84	440,36	576,88
589,10	551,30	4	0,1346	-1,105	551,30	555,33	484,68	612,04
716,20	556,40	5	0,1731	-0,942	556,40	586,82	520,59	641,18
504,50	589,10	6	0,2115	-0,801	589,10	614,10	551,38	666,72
755,60	606,90	7	0,2500	-0,674	606,90	638,60	578,75	689,94
766,60	689,30	8	0,2885	-0,558	689,30	661,16	603,70	711,58
689,30	689,50	9	0,3269	-0,448	689,50	682,33	626,86	732,14
551,30	696,30	10	0,3654	-0,344	696,30	702,50	648,69	751,98
865,00	716,20	11	0,4038	-0,243	716,20	721,96	669,51	771,35
822,80	732,60	12	0,4423	-0,145	732,60	740,94	689,59	790,48
500,00	737,80	13	0,4808	-0,048	737,80	759,64	709,13	809,55
1113,20	755,60	14	0,5192	0,048	755,60	778,24	728,33	828,76
689,50	766,60	15	0,5577	0,145	766,60	796,94	747,41	848,30
556,40	793,10	16	0,5962	0,243	793,10	815,92	766,53	868,37
606,90	822,80	17	0,6346	0,344	822,80	835,38	785,91	889,19
461,80	832,60	18	0,6731	0,448	832,60	855,55	805,74	911,02
1217,50	865,00	19	0,7115	0,558	865,00	876,73	826,30	934,18
832,60	906,98	20	0,7500	0,674	906,98	899,28	847,94	959,13
696,30	931,60	21	0,7885	0,801	931,60	923,78	871,16	986,50
732,60	963,80	22	0,8269	0,942	963,80	951,06	896,70	1017,30
793,10	981,20	23	0,8654	1,105	981,20	982,55	925,84	1053,20
931,60	1010,80	24	0,9038	1,304	1010,80	1021,04	961,01	1097,53
1010,80	1113,20	25	0,9423	1,575	1113,20	1073,40	1008,22	1158,44
963,80	1217,50	26	0,9808	2,070	1217,50	1169,21	1093,30	1271,23

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,8	0,841	931,62	878,54	995,32	931,62	0,800	5,0
Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	606,26	542,56	659,35	606,26	0,200	1,3
Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,5	0,000	768,94	718,76	819,12	768,94	0,500	2,0

III.4 : Test de validité de l'ajustement à la loi de Gauss :

1. Test de Khi carrée :

- On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté γ :
- On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson III (voir **tableau 1ci** après)

Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

Tableau VI-4 : table du χ^2 .

α	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
γ									
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$\chi^2_{\text{calculé}} = 4.7$ $\gamma = 4$ D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488 \\ \chi^2_{\text{calculé}} = 4.7 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488 \end{array} \right. \quad \text{Donc l'ajustement est à considérer.}$$

On prend l'ajustement de Gauss car plus simple et consiste deux paramètres.

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% ; on utilise la loi suivante

$$P_{i, 80\%} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times P_{20\%} / P_{80\%} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \text{Equation N° 12}$$

i : mois

On déduire les résultats suivants :

$P_{\text{théo ann } 20\%} = 659,35 \text{ mm.}$

$P_{\text{théo ann } 50\%} = 819,12 \text{ mm.}$

Donc les valeurs de $P_{i, \text{sec } 80\%}$ devient comme suit :

Tableau VI-5 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	somme
------	-----	------	------	-------	-----	------	---------	------	------	------	------	------	-------

P _{i80%}	82,27	58,88	52,19	54,06	36,73	6,42	2,68	5,70	25,96	41,06	69,92	91,56	527,43
--------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	---------------

Remarque : on voit bien que P80% est inférieur à la borne inf. données dans le tableau de gauss comprise normalement entre [542,56 – 659,35].

III.5 : Conclusion :

Au cours de cette partie, nous nous sommes efforcés de dégager les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique, retenue comme représentative, de la zone de projet.

Quant à l'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement à considérer avec les deux lois (loi de Galton et la loi de Gauss). concernant l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles la loi de Gauss a été adoptée.

Les calculs manuels des expressions statistiques nécessitent plus temps, mais avec l'outil informatique, on parvient aisément aux résultats escomptés. et l'utilisation des logiciels tel que l'HYDROLAB, HYFRAN nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie.

IV. Les besoins en eaux d'une culture:

Le besoin en eau est défini comme étant le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans des conditions optimales de sol.

IV.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence :

L'évapotranspiration de référence est la quantité maximale d'eau consommée par une culture de référence couvrant totalement le sol et présentant une hauteur uniforme de quelques centimètres, dans la double hypothèse :

- Stade de développement végétatif maximal
- Sol suffisamment pourvu en eau (capacité de rétention)

Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus employées, sont :

- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes empiriques

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Turc.
- Blaney – Cridle.
- Thornthwaite.
- Penman et Monteith modifiée.

Dans notre mémoire de fin d'étude, le calcul des besoins en eaux des cultures est effectué à l'aide de logiciel CROPWAT, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de **M^r Penman et Monteith** modifiée

- **DEFINITION** : CROPWAT est un programme destiné au system WINDOWS établi par la FAO basé sur l'équation de Penman-Monteith comme référence.
On procède comme suit :

- 1- Lancement de cropwat .
- 2- Réglant les options du e logiciel (setting : sur la fréquence de 80% et ETP suivant formule de LA PENMAN).
- 3- Faire rentrer les données de climat et de l'attitude ainsi le vent
- 4- Faire rentrer les données des pluies mensuelles de fréquence 80%.
- 5- A partir les données de base, on choisit le type du sol (medium sol dans notre cas)
- 6- Choix de culture faisant rentrer des données (kc, starting depth, yield respouse et stage).
- 7- Enfin en peut déterminer les besoins de la culture en eau, copiant la dernière grille et en sommant les volumes d'eau de chaque mois.

- Méthode de M^r Penman et Motheit modifiée :

En Angleterre, précisément en 1948, M^r Penman et Motheit ont proposés une étude de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considérations l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi arides de faibles humidités.

Pour cela, nous adaptions la nouvelle formule de M^r Penman et Motheit, modifiée, qui prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologique diurne et nocturne.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaudes et semi arides.

La formule de M^r Penman et Motheit modifiée se présentant comme suite:

$$ET_0 = C \times [W \times Rn + (1 - W) \times F(u) \times (ea - ed)] \quad \text{-----} \rightarrow \text{Equation N}^\circ 13$$

Tel que :

- ET_0 : représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm /jour.
- W : facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a différente température et altitude.
- Rn : rayonnement net en évaporation équivalente, exprime en mm/jour.
- $F(u)$: fonction liée au vent.
- ea : tension de vapeur saturante a la température moyenne de l'air, en millibars.
- ed : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.
- La différence ($ea-ed$) consiste en facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalise à l'aide d'un logiciel suscité , Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique, la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables suivantes :

- Température : Les températures moyennes mensuelles sont données en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprime en pourcentage %.
- Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel

CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau VII-6: Evapotranspiration de référence ET_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0

Commune : Tizi Ouzou				Station : pont de bougie		
Altitude : 188		L'altitude : 36.40 N°		Longitude : 4.04°E		
Mois	Temp	humidité	vent	insolation	radiation	ET_0
	°C	%	m/s	Heures	MJ/m ² /jour	Mm/jour
Janvier	9.6	75	1.3	4.6	8.4	1.02
Février	9.2	72	1.4	6.3	12.1	1.47
Mars	12.9	70	1.7	7.6	16.6	2.41
Avril	14.9	67	1.8	8.4	20.4	3.30
Mai	18	66	1.9	8.6	22.3	4.03
Juin	22.9	53	2.4	10.3	25.3	5.70
Juillet	26.9	48	2.2	10.6	25.4	6.36
Aout	27.6	48	2.0	9.5	22.5	5.79
Septembre	23.5	63	1.6	8.3	18.4	3.85
Octobre	21.1	62	1.4	7.0	13.8	2.70
Novembre	17.9	71	1.4	5.1	9.3	1.63
Décembre	11.5	74	1.6	4.3	7.5	1.09

IV.2 : Calcul De La Pluie Efficace :

La pluie efficace ; P_{eff} représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. Le choix de la méthode appropriée pour le calcul des précipitations efficaces demande une réflexion sérieuse. Différentes méthodes ont ainsi été développées, chacune prenant en compte le climat de la région où doivent s'effectuer les mesures. Le logiciel CROPWAT en propose quatre (04) :

- La première formule propose un pourcentage fixe :
 $P_{eff} = A * P_{moy}$ dans laquelle A est une fraction donnée par l'utilisateur. En général, A est compris entre 0.7 et 0.9.
- La deuxième formule a été développée à partir de données provenant de zones arides et semi-arides :
 $P_{eff} = 0.6 * P_{moy} - 10$ pour $P_{moy} < 70$ mm/mois ;
 $P_{eff} = 0.8 * P_{moy} - 25$ pour $P_{moy} > 70$ mm/mois.
- La troisième est une formule empirique développée localement. Les coefficients utilisés sont déterminés à partir d'une analyse des données climatiques locales :
 $P_{eff} = A * P_{moy} + B$ pour $P_{moy} < x$ mm/mois ;
 $P_{eff} = C * P_{moy} + D$ pour $P_{moy} > x$ mm/mois.
- La quatrième formule a été mise au point par le département américain de l'agriculture (USDA) :
 $P_{eff} = P_{moy} * (1 - 0.2 * P_{moy} / 125)$ pour $P_{moy} < 250$ mm/mois
 $P_{eff} = 125 + 0.1 * P_{moy}$ pour $P_{moy} > 250$ mm/mois

En général, l'efficacité d'une précipitation diminue lorsque celle-ci augmente. Vu, que dans la plus part des cas quand les précipitations sont inférieures à 100mm/mois l'efficacité sera approximativement 80%, On optera pour la première méthode qui est la méthode du pourcentage fixe des précipitations

Les valeurs mensuelles de $P_{80\%}$ et P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau VII- 7: Pluies Efficaces Calculées A L'aide Du Logiciel CORPWAT.80

Mois	Pluies 80%	Pluies efficaces
	mm	mm
Janvier	82.3	71.4
Février	58.9	53.3
Mars	52.2	47.8
Avril	54.1	49.4
Mai	36.7	34.6
Juin	6.4	6.4
Juillet	2.7	2.7
Aout	5.7	5.6
Septembre	26	24.9
Octobre	41.1	38.4

Novembre	69.9	62.1
Décembre	91.6	78.1
total	527.4	474.7

IV.3 : L'évapotranspiration réelle ou de culture ou maximale : (ETR, ETM ou ETC) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. C'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatique.

IV.4 : Besoins en eau des cultures :

L'appréciation des besoins nets en eau des cultures, par le logiciel **Cropwat 8**, nécessite l'introduction des renseignements ci-après :

- ✚ Durée des phases de croissance en (jour) : initiale, mi-saison, développement et récolte.
- ✚ Coefficients culturaux (K_C) : pour les phases : initiale, mi-saison, et de récolte doivent être donnés et ceux de la phase de développement, sont déduits par interpolation linéaire.
- ✚ Profondeur d'enracinement (P) en (mètre) : la réserve facilement utilisable par la plante (*RFU*), dépend directement de la profondeur d'enracinement, d'où deux valeurs sont requises ; celle de la phase initiale et celle de la phase plein développement, quant aux autres elles sont interpolées par le programme.
- ✚ Tassement admissible (p) du sol, exprimé en fractions d'humidité totales disponibles: C'est le niveau critique de l'humidité du sol à partir duquel le stress dû au manque d'eau se fait sentir, affectant l'évapotranspiration et la production de la plante.
- ✚ Coefficients de réponse du rendement K_y : pour estimer les réductions dues au stress hydrique, nous devons connaître les différents coefficients de réponse pour chaque phase de croissance.

Le calcul des besoins en eau nets par : culture, modèle et sont détaillés dans l'annexe 3. Afin de rendre aisé la lecture et l'exploitation des résultats calculés, les besoins en eau d'irrigation des cultures envisageables pour le périmètre, sont reportés dans les tableaux suivants :

Tableau N°VII-9 : Besoins net de l'olivier

olivier	Pluies Efficaces	ET ₀	K _c	ETM	ETM	Besoins nets
	mm	Mm/jour		mm/jours	mm/mois	mm
Janvier	71,4	1,02	0,5	0,51	15,3	0

Février	53,3	1,47	0,51	0,75	22,49	0
Mars	47,8	2,41	0,51	1,23	36,87	0
Avril	49,4	3,3	0,55	1,82	54,45	0
Mai	34,6	4,03	0,55	2,22	66,5	0
Juin	6,4	5,7	0,59	3,36	100,89	54,49
Juillet	2,7	6,36	0,85	5,41	162,18	119,48
Aout	5,6	5,79	0,95	5,5	165,02	119,42
Septembre	24,9	3,85	0,75	2,89	86,63	21,73
Octobre	38,4	2,7	0,75	2,03	60,75	0
Novembre	62,1	1,63	0,75	1,22	36,68	0
Décembre	78,1	1,09	0,72	0,78	23,54	0
totale	474,7					315,12

Tableau N°VII-10 : Besoins net de l'oranger

oranger	Pluies Efficaces	ET ₀	Kc	ETM	ETM	Besoins nets
	mm	Mm/jour		mm/jours	mm/mois	mm
Janvier	36,2	1,02	0,83	0,85	25,4	0
Février	37,3	1,47	0,78	1,15	34,4	0
Mars	35,4	2,41	0,5	1,21	36,15	0
Avril	28,2	3,3	0,5	1,65	49,5	0
Mai	22,4	4,03	0,5	2,02	60,45	0
Juin	5,5	5,7	0,59	3,36	100,89	55,39
Juillet	1,2	6,36	0,74	4,71	141,19	99,99
Aout	1,6	5,79	0,89	5,15	154,59	112,99
Septembre	9,4	3,85	0,95	3,66	109,73	60,33

Octobre	24,3	2,7	0,95	2,57	76,95	12,65
Novembre	31,6	1,63	0,95	1,55	46,46	0
Décembre	45,5	1,09	0,9	0,98	29,43	0
totale						341,35

Tableau VII-11 : Détermination des besoins en eau des cultures pour chaque mois :

Période	Olivier		Orangé		Besoins totaux
	Surface: 5.7(ha)		Surface: 16.7 (ha)		(mm/mois)
	B irr (mm)	Bnet m3/ha	Birr (mm)	B _{net} (m3/ha)	
Janvier	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0
Avril	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0
Juin	54,49	544,9	55,39	553,9	109,88
Juillet	119,48	1194,8	99,99	999,9	219,47
Aout	119,42	1194,2	112,99	1129,9	232,41
Sept	21,73	217,3	60,33	603,3	82,06
Oct.	0	0	12,65	126,5	12,65
Nov.	0	0	0	0	0
Dec.	0	0	0	0	0
Totale	315,12	3150.12	341,35	3413,5	656,47

Suivant le tableau on constate que le mois de pointe est Aout avec **232.41**mm/mois.

IV.4 : Calcul des débits spécifiques : c'est une caractéristique de chaque ilots, généralement ne dépasse pas 1.5 l/s, on le calcul suivant la formules suivante :

$$q_s = \frac{\sum \text{besoins de mois de pointe}}{T * t * \text{efficience}}$$

Avec : Efficience = 0.75 ;

T : nombre de jour égale à 30 jours

t : temps de travail égal à 18 heures

REMARQUE : tenant compte des résultats trouvés au début (besoins en eau des cultures), le mois de pointe Aout avec 232.41 mm/mois

$$q_s = \frac{232.47 \cdot 10000}{0.75 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 3600} = 1.6 \text{ L/s/ha} \longrightarrow q_s = 1.6 \text{ l/s} > 1.5 \text{ l/s}$$

D'où on prend : les besoins de la plante la plus exigeante (pointe) ; dans notre cas : c'est l'olivier avec **119.48** mm au mois de juillet).

$$q_s = \frac{119.48 \cdot 10000}{0.75 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 3600} = 0.82 \text{ L/s/ha} \implies q_s = 0.82 \text{ l/s/ha} < 1.5 \text{ l/s (verifier).}$$

Ainsi on continuera notre travail avec $q_s = 0.82 \text{ L/s/ha}$

Tableau VII-13: Besoins en eau du périmètre :

Culture	Surface	B _{net} (mm)	B _{net} (m ³ /ha)	B _{net} totaux	Efficience	B _{bruts}	B _{bruts} totaux m ³
	(ha)			m ³		(m ³ /ha)	
Olivier	5,72	119,42	1194,2	6830,824	0,85	1404,94118	8036,26353
Oranger	16,67	112,99	1129,9	18835,433	0,85	1329,29412	22159,3329
Totaux	22,39	232,41	2324,1	25666,257	-	2734,23529	30195,5965

V. Conclusion :

L'étude qui a été faite au niveau de notre région, dans le but de déterminer la méthode de calcul de l'évapotranspiration la plus favorable (méthode de Penman qui prend en considération les principaux facteurs climatiques), la connaissance des apports, des pertes d'eau et les besoins en eau des plantes, nous ont permis de déterminer les besoins en eau d'irrigation pour notre arboriculture. Pour le dimensionnement du réseau collectif on retiendra débit spécifique la valeur de 0.82 L/s/ha

CHAPITRE VII:

Simulation hydraulique du réseau de distribution

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons procéder à une simulation hydraulique du réseau de distribution avec le logiciel **EPANET**, en vue de le dimensionner. C'est-à-dire : déterminer les vitesses et les pressions dans le réseau. Pour le calcul des dimensions du réseau, il convient de se repérer aux hypothèses les plus défavorables. Les canalisations doivent être dimensionnées à partir du point le plus défavorable avec une pression de service suffisante.

Avant de lancer cette simulation, nous allons tout d'abord déterminer les débits aux nœuds et les débits qui transitent pour chaque tronçon.

II. Choix du système de distribution :

Dans notre cas on a choisi le système de distribution avec des réservoirs de tête. Dans ce système, les pompes refoulent directement vers le réservoir de stockage puis la distribution sera gravitaire à partir des réservoirs vers le réseau de distribution.

III. Choix du type de réseau :

Suivant la structure et l'importance du périmètre on distingue trois schémas de réseaux de distribution (les réseaux ramifiés, les réseaux maillés et les réseaux mixtes (ramifiés + maillés). Le réseau de distribution dans notre cas d'étude est le réseau ramifié.

Un réseau ramifié est constitué d'une conduite principale et une série de tronçons disposés à partir de la conduite principale appelé conduites secondaires. Il présente une indétermination sur les grandeurs et les signes (sens) des débits et des pertes de charge dans chaque tronçon. [22]

IV. Choix du matériau des conduites :

Le choix des matériaux utilisés est en fonction de la pression, de l'agressivité des eaux ou du sol, et de l'ordre économique (coût, disponibilité sur le marché), ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes ...) permettent de faire le bon choix. [22]

Parmi les matériaux à utiliser on distingue entre autre : L'acier, la fonte ductile, le PVC (polyvinyle de chlorure) et le PEHD (polyéthylène haute densité).

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



IV.1 Tuyaux en fonte : Les tuyaux en fonte présentent plusieurs avantages mais beaucoup plus d'inconvénients.

+ Les avantages :

- ✓ Bonne résistances aux sollicitations du fluide ;
- ✓ Bonne résistance aux chocs et aux charges compressible ;
- ✓ Longueur des conduites variant de 6 à 16m, ce qui réduit le nombre de joints, par conséquent, une réduction des risques de fuite
- ✓ Facilité de pose.

+ Les inconvénients :

- ✓ Sensible a la corrosion des sols agressifs, ce qui nécessite une protection cathodique et une maintenance rigoureuse ;
- ✓ Risque de déformation des conduites pendant leur transport et un coût très élevé pendant la pose ;
- ✓ Mauvaise résistance au cisaillement ;
- ✓ Une durée de vie d'environ 30 ans.

IV.2 Tuyaux en acier : Les tuyaux en acier sont beaucoup plus léger que les tuyaux en fonte d'où l'économie sur le transport et la pose. [22]

+ Les avantages :

- ✓ Résistances aux contraintes (choc, écrasement.) ;
- ✓ Les tuyaux en acier permettent aussi une pression élevée ;
- ✓ Leur principal inconvénient est la corrosion ;

IV.3 Tuyaux en P.E.H.D :

+ Les avantages :

- ✓ Bonne résistance à la corrosion interne, externe, microbiologique et à l'entartage ;
- ✓ Disponibilité sur le marché ;
- ✓ Facilité de pose (grande flexibilité), possibilité d'enroulement en couronne pour les petits diamètres ;
- ✓ Fiabilité au niveau des branchements (réduction de risque de fuite) ;
- ✓ Bonne caractéristique hydraulique (coefficient de rugosité très faible) ;
- ✓ Durée de vie prouvée par l'expérience et le test de vieillissement théoriquement de 50 ans à une température de 20°C.

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



✚ Les inconvénients :

- ✓ Nécessite une grande technicité pour la jonction.

Dans notre cas, nous avons opté pour les tuyaux en polyéthylène, suite à des nombreux avantages qu'ils procurent.

V. Le tracé du réseau de distribution :

Le tracé de réseau de distribution par conduite sous /pression :

Définition : c'est une canalisation destinée à transporter l'eau à sous pression liant entre la source et aux ilots à irriguer par l'intermédiaire des bornes. Semblable à celui en alimentation potable avec une différence en irrigation en évite les réseaux mailles et en utilise les réseaux ramifiés mais aussi le débit sont important par rapport à celui de l'AEP. En tenant les plans suivant :

V.1 Le plan de bornage :

Les pratiques d'irrigation des agriculteurs peuvent être analysées et formalisées à la fois sur un plan stratégique et sur un plan plus tactique telle que la conduite des Irrigations durant une campagne donnée en tenant compte des différentes contraintes et particulièrement (les fuite et les pertes qu'en peut pas éviter certainement).

V.2 Les conditions hydrauliques de bornage :

- ✓ Le débit étant en fonction de la superficie de la parcelle et les besoins en eau de la culture.
- ✓ Le réseau mis en place doit assurer une pression minimale qui sera en fonction du système de l'irrigation à la parcelle.
- ✓ Il faut installer un régulateur de pression pour disperser la charge excédentaire.
- ✓ Prendre un rayon des bornes entre (300 ; 400)m

V.2.1 : Le tracé de réseau : nous avons tenu compte des points suivant :

- ✓ L'implantation des plantes est en fonction de trois paramètres :
 - Facteur technique : rayon de la borne.
 - facteur économique : ne pas exagérer dans l'implantation.
 - Facteur sociale : chaque irrigant doit avoir sa borne.

NB : Le tracé du réseau de borne relie plus économique les bornes de réseau à son origine, il sera ramifié et devra suivre les routes les chemins et les vois d'accès et les limites des parcelles.

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



V.2.2 : Calcul des débits :

Calcul du débit fictif :

C'est une caractéristique de chaque ilots, généralement ne dépasse pas 1.5 l/s, on le calcul suivant la formules suivante :

$$q_{fc} = \frac{\sum \text{besoins de mois de pointe}}{T * t * \text{efficience}}$$

AVEC : Efficient = 0.75 ;

T : nombre de jour égale à 30 jours

t : temps de travail égal à 18 heures

REMARQUE : tenant compte des résultats trouvés au début (besoins en eau des cultures), le mois de pointe 119.48m³/mois on a trouvé un débit fictif de 0.82 l/s/ha.

Tableau VII-1 : débits de bornage

Bornes	Surface(Ha)	Debit Fictif L/S/Ha	Débit des bornes
7	0,5739	0,82	0,47
8	1,294973	0,82	1,06
10	1,2338	0,82	1,01
13	0,2708	0,82	0,22
14	1,4388	0,82	1,18
17	0,4585	0,82	0,38
18	0,36411	0,82	0,30
20	1,8184	0,82	1,49
22	1,32192	0,82	1,08
23	2,2906	0,82	1,88
25	0,3966	0,82	0,33
26	1,3482	0,82	1,11
28	0,784	0,82	0,64
30	1,295	0,82	1,06
32	1,3011	0,82	1,07
34	0,84796	0,82	0,70
36	1,3357	0,82	1,10
37	1,5814	0,82	1,30
39	2,4362	0,82	2,00

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



Après avoir déterminé les différents débits des ilots, on passe au dimensionnement de la canalisation (diamètre des conduites, vitesse et pression).

V.3 Dimensionnement de la canalisation :

A l'aide d'EPANET : un logiciel qui permet le calcul des réseaux de distribution d'eau, tant en mode statique qu'en mode dynamique. Il donne le débit à chaque conduite, la pression à chaque nœud, l'âge et la qualité de l'eau.

V-3-1 Données d'entrée d'EPANET :

- Les coordonnées des différents nœuds (bornes et coudes) : Voir tableau VII-2 ,
- Débit caractéristique de chaque borne (tableau VII-3).
- les diamètres redimensionnés par défaut égal à 200 mm.
- les unités : système international.
- Tenir compte des conditions suivantes :
 - $1/V = 1\text{m/s}$ à 2 m/s
 - Assurer une pression min de fonctionnement au point le plus défavorable (pression négative.) avec :

$$C_{P(p+def)} = C_{TN} + P_{sol}^{min} + \sum Pdc_{R-(P+D)}$$

- $C_{P(p+def)}$: Côte de point le plus défavorable .
- C_{TN} : cote de terrain naturel.
- P_{sol}^{min} : pression fonctionnement minimale (dépend de système d'irrigation a la parcelle) = **30mce**
- $\sum Pdc_{R-(P+D)}$: les pertes de charges du réservoir jusqu'à point le plus défavorable.

V-3-2 Résultats obtenus par EPANET

Donnée d'entrés sur EPANET exporté de l'auto desk:

Tableau VII-2 : Données de départ			
Nœud	Coord X	Coord Y	Demande de base
2	652.374617	19095.521836	0
3	717.905369	19095.729244	0
4	763.829481	19103.847450	0
5	1039.614426	19123.958877	0
6	1249.285945	19079.304115	0
7	703.530201	19076.081364	0
8	723.724678	19029.977273	0
9	652.001932	19009.406973	0,36
10	768.256402	19082.400487	0,7
11	865.201046	19084.848095	0
12	778.264576	18988.841736	1,49

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



13	803.196836	18980.340904	0
14	842.649271	18966.889315	0,4
15	833.454711	18934.127134	0,3
16	769.232294	18917.775785	0
17	753.725511	18908.947605	0,47
18	725.448712	18908.947605	0
19	628.776240	18842.806803	0,22
20	770.561177	18891.266728	1,01
21	720.489172	18851.213245	0
22	803.439243	18830.889548	0,86
23	820.617443	18788.551138	0,32
24	868.389464	18743.959486	0
25	1036.913485	19111.142731	1,08
26	1010.292861	19097.533020	0
27	1079.314376	19102.573166	1,06
28	1022.331753	19026.656553	0,64
29	974.158578	19005.297900	1,43
30	1022.331753	18997.261332	0
31	1073.206160	18948.915024	0,24
32	1017.408321	18866.052190	0,38
33	1006.283213	18817.711359	0
34	1131.968572	18792.546400	0,27
35	1140.621729	18775.524292	0
36	1245.560877	19066.193206	0,17
37	1205.794857	19054.539578	0
38	1311.843021	18973.734349	1,88
39	1202.453983	18922.270316	0

Les résultats obtenus après simulations sont résumés dans le tableau VII-3

Tableau VII-3 : État des Noeuds du Réseau					
	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
ID Noeud	m	LPS	LPS	m	m
Noeud 2	74,5	0	0	104,57	30,07
Noeud 3	73	0	0	103,9	30,9
Noeud 4	72,9	0	0	103,22	30,32
Noeud 5	73,4	0	0	101,83	28,43
Noeud 6	73,2	0	0	101,1	27,9
Noeud 7	72,25	0	0	98,93	26,68
Noeud 8	73,6	0	0	103,99	30,39
Noeud 9	71,5	0,36	0,36	101,21	29,71
Noeud 10	72,5	0,7	0,7	103,41	30,91
Noeud 11	71,9	0	0	102,97	31,07

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



Noeud 12	71,6	1,49	1,49	102,1	30,5
Noeud 13	71,75	0	0	102,28	30,53
Noeud 14	71,7	0,4	0,4	100,16	28,46
Noeud 15	68,5	0,3	0,3	94,77	26,27
Noeud 16	73,75	0	0	103,34	29,59
Noeud 17	74,5	0,47	0,47	102,04	27,54
Noeud 18	74,5	0	0	100,82	26,32
Noeud 19	74	0,22	0,22	100,04	26,04
Noeud 20	78,5	1,01	1,01	99,65	21,15
Noeud 21	72,75	0	0	103	30,25
Noeud 22	72,5	0,86	0,86	101,18	28,68
Noeud 23	72,5	0,32	0,32	100,58	28,08
Noeud 24	70	0	0	100,52	30,52
Noeud 25	70,1	1,08	1,08	100,24	30,14
Noeud 26	74,5	0	0	100,55	26,05
Noeud 27	74,55	1,06	1,06	98,89	24,34
Noeud 28	75	0,64	0,64	98,61	23,61
Noeud 29	78,5	1,43	1,43	96,41	17,91
Noeud 30	73	0	0	100,98	27,98
Noeud 31	72,75	0,24	0,24	99,95	27,2
Noeud 32	72,5	0,38	0,38	96,98	24,48
Noeud 33	72	0	0	99,67	27,67
Noeud 34	71,5	0,27	0,27	98,11	26,61
Noeud 35	71,5	0	0	99,19	27,69
Noeud 36	70,5	0,17	0,17	98,62	28,12
Noeud 37	68	0	0	97,84	29,84
Noeud 38	66,5	1,88	1,88	96,86	30,36
Noeud 39	75	0	0	97,53	22,53
Noeud 40	76	0	0	97,09	21,09
Noeud 41	75,95	2	2	96,54	20,59
Noeud 42	77	2,17	2,17	94,8	17,8
Noeud 43	72,5	0,69	0,69	97,18	24,68
Bâche 1	105	-	-18,14	105	0

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



Remarque : Le logiciel Epanet ne reconnaît que les nœuds ainsi on a nommé les bornes par des nœuds. Celle qu'on a ajoutée on lui attribué un zéro comme demande pour ne pas affecter les demandes des autres bornes.

Les résultats de la simulation pour les conduites sont dans le tableau suivant :

	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	70,92	150	18,14	1,03	6,11
Tuyau 2	122,52	150	17,08	0,97	5,47
Tuyau 3	82,77	125	13,19	1,07	8,23
Tuyau 4	127,44	110	10,93	1,15	10,83
Tuyau 5	47,47	90	7,8	1,23	15,42
Tuyau 6	138,99	75	4,86	1,1	15,6
Tuyau 7	28,77	40	1,06	0,84	19,87
Tuyau 8	35,39	20	0,36	1,15	78,68
Tuyau 9	15,51	30	0,7	0,99	37,41
Tuyau 10	36,24	50	2,19	1,12	25,69
Tuyau 11	23,32	40	1,49	1,19	37,33
Tuyau 12	18,29	30	0,7	0,99	37,41
Tuyau 13	22,19	20	0,4	1,27	95,63
Tuyau 14	133,86	20	0,3	0,95	56,13
Tuyau 15	34,58	50	1,7	0,87	16,07
Tuyau 16	72,94	30	0,47	0,66	17,89
Tuyau 17	96,24	40	1,23	0,98	26,17
Tuyau 18	24,64	20	0,22	0,7	31,61
Tuyau 19	64,8	40	1,01	0,8	18,17
Tuyau 20	7,86	50	2,26	1,15	27,23
Tuyau 21	33,18	30	0,86	1,22	54,77
Tuyau 22	38,32	20	0,32	1,02	63,26
Tuyau 23	120,7	40	1,08	0,86	20,57
Tuyau 24	13,32	40	1,08	0,86	20,57
Tuyau 25	79,58	63	3,13	1	16,15
Tuyau 26	83,69	40	1,06	0,84	19,87
Tuyau 27	61,27	30	0,64	0,91	31,69
Tuyau 28	119,75	40	1,43	1,14	34,59
Tuyau 29	8,7	63	2,94	0,94	14,38
Tuyau 30	27,75	20	0,24	0,76	37,13
Tuyau 31	46	20	0,38	1,21	86,97
Tuyau 32	45,8	50	2,32	1,18	28,58
Tuyau 33	33,84	20	0,27	0,86	46,18
Tuyau 34	21,25	50	2,05	1,04	22,73
Tuyau 35	28,92	20	0,17	0,54	19,61

Chapitre VII : Simulation Hydraulique Du Réseau Du Distribution



Tuyau 36	69,73	50	1,88	0,96	19,36
Tuyau 37	50,6	50	1,88	0,96	19,36
Tuyau 38	119,39	75	4,17	0,94	11,75
Tuyau 39	37,29	75	4,17	0,94	11,75
Tuyau 40	25,62	50	2	1,02	21,71
Tuyau 41	90,86	50	2,17	1,11	25,26
Tuyau 42	48,16	30	0,69	0,98	36,43

VI. Conclusion :

Après avoir simulé hydrauliquement le réseau actuel de notre zone, nous avons constaté les points suivants :

- Les vitesses faibles inférieures à 0,5 m/s mais sans influence sur notre réseau de distribution, là nous avons les débits et les longueurs sont faibles. Et des vitesses supérieures à 1,5 m/s dans les zones à grande pentes ($P > 20\%$). Après nouvelle conception, nous avons obtenus des pressions et des vitesses acceptables sur la pluparts des cas dans le réseau de distribution, excepté dans quelques tronçons où les vitesses sont faibles et inférieure à 0,5 m/s et des pressions peu élevées dues à la présence d'une grande dénivelle ce qui nous a poussé à utiliser des réducteurs de pression.
- Les résultats d'simulation des pressions sur le réseau sont représentés dans l'annexe 4.

CONCLUSION GENERALE

Après avoir effectué cette étude nous pensons qu'on a touché tout les aspects liés à la réutilisation des eaux de la STEP de Pont de Bougie, à savoir: les analyses de l'eau épurée, le calcul hydraulique (besoins, dimensions), le matériel hydromécanique ainsi que l'étude de la zone.

Et au terme de cette étude, il vient à conclure que la réutilisation des eaux épurés est d'un grand intérêt quant à la mobilisation de la préservation de la ressource, et nous recommandons en ce sens: L'extension du périmètre d'irrigation vu que les débits produits par la STEP est assez conséquente.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Algerie environnement N°02 édité par les secrétariats d'état et l'environnement.
- [2] Ayouni L, conception d'une station d'épuration pour la ville de Bouira, MFE l'ENSH 2006
- [3] boutin , beL MERCIER PN 1982 : traitement des eaux.
- [4] C.BILLANT ; le role épurateur du sol le sol ; l'eau et les polluants tome 01 ; étude de synthèse 1889
- [5] Caractéristiques des eaux usées (conception, dimensions)
- [6] Définition de la pollution de l'eau.
- [7] Etude de réalisation de la STEP EST de T.O. source ONA .T.O.
- [8] Formulaire ONA
- [9] Traitement du traitement de l'eau usée 2002
- [10] HADADI.S HALAT, évolution des performances épuratoires de la nouvelle STEP du pont de Bougie T.O, amélioration des performances par simulation au habatoire . M d'ingénieur d'état en agronomie UMIM T.O 2001
- [11] HOUATI EL HAOUAS ? étude de réhabilitation et l'extension de la station d'épuration de la ville de Djelfa. mémoire d'ingénieur- CNHB 2005
- [12] J.RODIER , analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer ,tome 01 8^{ème} édition Dumod ,Paris 1996
- [13] Inventaire des traitements d'eaux résiduaires.2010
- [14] .Madane/A . Mémoire de fin d'étude de l'ENSH 2010 option AEP.
- [15] ABOU , Mémoire de magistère T.O 2010
- [16] MERMIA.J principes généraux en traitement des eaux résiduaires industrielles ; colloque sur le traitement des eaux, résiduaires industrielle organise et industriels, or ouril 1976
- [17] MESSAOUDANE.F , SOUIBI .R 2007 : Contribution au dimensionnement du reseau d'assainissement de la STEP d'Oued Falli commune de T.O ; thèse l'ingenieur d'etat en agronomie l'UMM T.O

[18] Mémento technique de l'eau, l'avoisier- technique et documentation

[19] REVE risque sanitaires et faisabilité ente de France, aménagement et urbaine de la région Ile de France.

[20] S.Ait ahcene, M.F.E option AEP AEP2007

[21] .S. Boualem chargé de cours du module d'alimentation en eau potable et d'Assainissement a l'école nationale de l'hydraulique Polycope S.Boulam 2010/204, réseau de distribution.

[22] Inventaire des traitements d'eaux de rejets .2010

[23] .S. Boualem chargé de cours du module d'alimentation en eau potable et d'Assainissement a l'école nationale de l'hydraulique Polycope S.Boulam 2010/204, dimensionnement du réseau ramifié

Annexes

**ANNEXE(I) : Réglementations relatives à la REUE
dans le monde.**

Tableau (1) : Réglementations inspirées des recommandations de l'OMS

Pays/Organisation Recommandations	Niveau de qualité	Type d'usage	paramètres
OMS (1989)	niveau A	Cultures destinées à être consommées crues, terrains de sport et jardins publics	1000 coliformes thermotolérants/100mL + < 1 œuf d'helminthes/L
	niveau B	Cultures céréalières, industrielles, des pâturages et des plantations d'arbres	Aucune norme n'est recommandée pour les Coliformes thermotolérants + < 1 œuf d'helminthe/L
	niveau C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés.	Aucune norme n'est recommandée
	La norme a spécifié les Procédés de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue		
France (1991) (CSHPPF)	niveau A	les types d'usage et les modalités d'irrigation sont spécifiées pour chaque niveau de qualité.	1000 coliformes thermotolérants/100mL + 1 œuf d'helminthe/L (ténia, ascaris) + contrainte techniques particulières
	niveau B		Aucune contrainte pour les coliformes thermotolérants+ 1 œuf d'helminthes/L (ténia, ascaris)
	niveau C		Aucune contrainte pour les coliformes thermotolérants ainsi que pour les œufs d'helminthes/L (ténia ascaris)
	La qualité chimique des eaux épurées est déduite des analyses de qualité des boues qui sont produites par la station d'épuration. Si ces dernières respectent la norme NFU 44041 relative aux métaux lourds dans les eaux usées, alors les eaux sont considérées comme non dangereuses d'un point de vue chimique.		
Afrique de Sud			1 ou 1000 coliformes thermotolérants/100mL selon culture + filière imposés
Tunisie La norme Tunisienne NT 106-003		interdit l'irrigation des cultures maraîchères et des crudités	< 1 nématode intestinal/L
			Les concentrations maximales de quelques Paramètres physicochimiques sont fixées par la norme.
Les concentrations maximales de quelques paramètres physicochimiques sont fixées par la réglementation.			

Tableau 2 : Comparaison entre les réglementations Egyptienne, Tunisiennes et les recommandations de la FAO

Paramètres	Unités	FAO	TUNISIE Norme NT 106.03	EGYPTE		
				1 ^{er} groupe	2 ^{ème} groupe	3 ^{ème} groupe
				Traitement 1ère	Traitement 2ère	Traitement poussé
pH			Entre 6,5 et 8,5			
Conductivité	µs/cm		7000			
DCO	mg O ₂ /l		90	600	80	40
DBO ₅	mg O ₂ /l	30	30	300	40	20
MES	mg/l	30	30	350	40	20
Chlorures	mg/l		2000	<350	300	300
Fluorures	mg/l	1	3			
Organochlorés	mg/l		0.001			
Arsenic	mg/l	0.1	0.1	-	-	0.1
Bore	mg/l	3	3	<5	<3	<3
Cadmium	mg/l	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01
Cobalt	mg/l	0.05	0.1	-	0.05	0.05
Chrome	mg/l	0.1	0.1	-	-	0.1
Cuivre	mg/l	0.2	0.5	-	0.2	0.2
Fer	mg/l	5	5	-	5	5
Manganèse	mg/l	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2
Mercure	mg/l		0.001			
Nickel	mg/l	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2
plomb	mg/l	5	1	10	5	5
zinc	mg/l	2	5	-	2	2
Sélénium	mg/l	0.02	0.05			
Molybdène	mg/l			-	0.01	0.01
Sels solubles	mg/l			<2500	<2000	<2000
Absorption du sodium	%			25	20	20

Tableau 3 : Réglementations inspirées de La réglementation Californienne

Pays/organisation	Recommandation/réglementation
US EPA (1992)	< 1 ou 200 coliformes thermotolérants/100mL selon culture.
Title 22 (Californie)	2,2 ou 2,3 coliformes totaux/100mL selon cultures + filière de traitement agréée
Japon	< 1 E. coli/100mL + résiduel de chlore total > 0,4 mg/L
koweit	100 ou 10000 coliformes totaux/100mL selon culture + effluent oxydé + filtré et désinfecté.
Israël	2,2 ou 250 coliformes thermotolérants/100mL selon culture.
Arabie Saoudite	2,2 coliformes totaux/100mL (cultures à accès non restreint).

Source : Lavison et Moulin, 2007.

Tableau (4): Projet d'arrêté Français 2007

Recommandation / Réglementation	Niveau de qualité	Type d'usage	paramètres
Projet d'arrêté 2007	niveau A	Cultures maraichères consommées crues ; arbres fruitiers et pâturage irrigués par aspersion ; espace vert ouvert au public	MES (mg/l) ≤35 si lagunage naturel ≤150 DCO (mg/l) ≤125 E. coli/100ml ≤1000 Salmonelles/L Absence OEufs de Ténia Absence Distance minimale < 50 m des habitations, voies de circulation, conchyliculture et baignade et < 20 m des lacs et rivières.
	niveau B	Cultures maraichères consommées après cuisson ; céréales et fourrage ; culture florale ; arbustes et pépinières avec aspersion	MES (mg/l) ≤35 si lagunage naturel ≤150 DCO (mg/l) ≤125 E. coli/100ml ≤1000 Distance minimale < 50 m à < 200 m en fonction de la nature des activités à protéger.
	niveau C	Cultures céréalières et fourragères ; cultures florales, pépinières et arboricultures fruitière sans aspersion	MES (mg/l) ≤35 si lagunage naturel ≤150 DCO (mg/l) ≤125 E. coli/100ml ≤10 000 Distance minimale < 100 m des lacs et rivières, à < 200 m des baignades, < 300 m des lieux de conchyliculture
	niveau D	Forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public	MES (mg/l) ≤35 si lagunage naturel ≤150 DCO (mg/l) ≤125

Source : Lavison et Moulin, 2007.

Annexe N°2 :

1.1 Principe de la méthode utilisée :

Dans notre analyse on a utilisé une méthode assez récente la méthode alternative (la méthode du nombre le plus probable **NPP**) pour la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, E. colis et entérocoques intestinaux dans l'eau

Cette méthode rapide est applicable à tous types d'eau particulièrement :

- Eaux chargées bactéries ou riches en matières en suspension ;
- Pour l'obtention d'un résultat en colimétrie rapide (en 18 heures) ;
- Au contrôle de désinfection de conduite (réception d'une nouvelle conduite ou après pollution).

Elle n'est pas adaptée aux contrôles réglementaires des eaux destinées à la consommation humaines, ni aux eaux de mer.

N.B : cette méthode a été comparée avec succès à la méthode ISO 9308-1 (« recherche et dénombrement des E.COLIS et des bactéries coliformes-méthode par filtration sur membrane » septembre 2000.) [20]

1.2 Application :

- Prélever 100 ml de l'échantillon à analyser mettre du feu pour éviter toute contaminations.

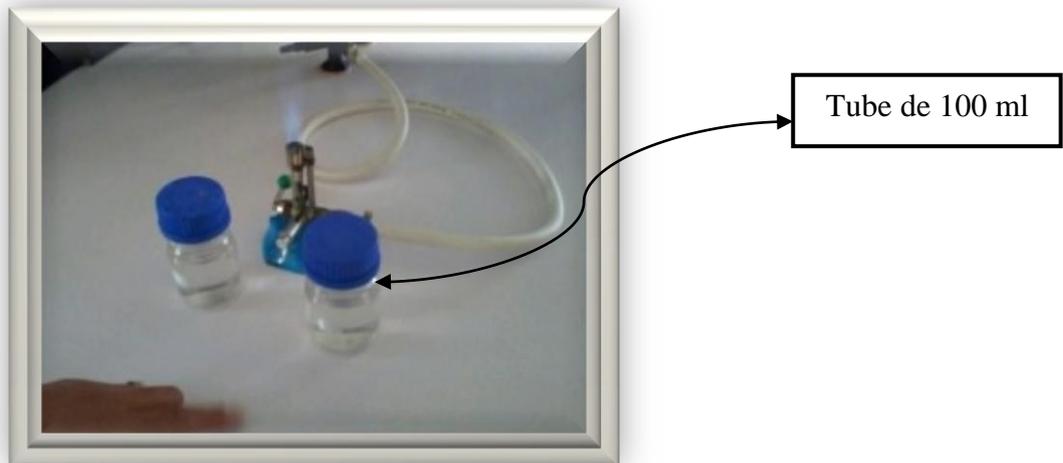
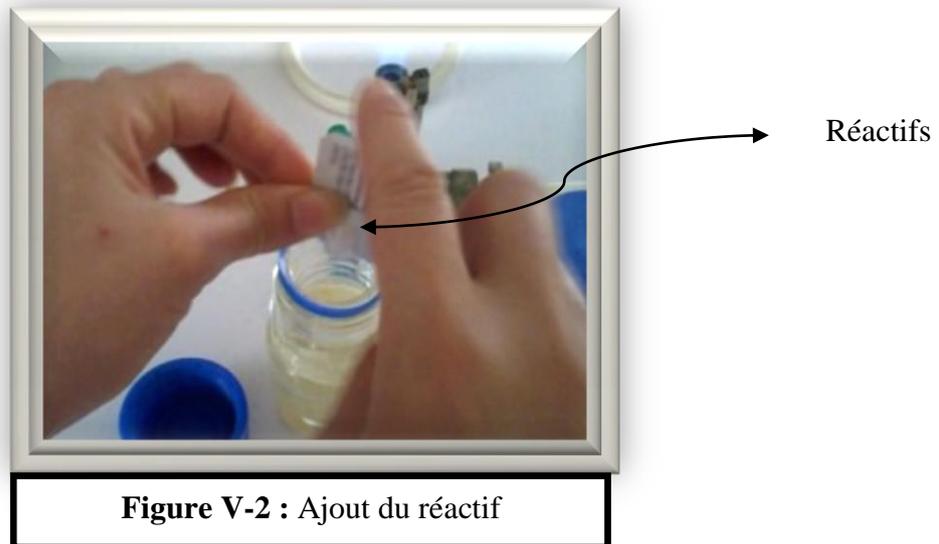
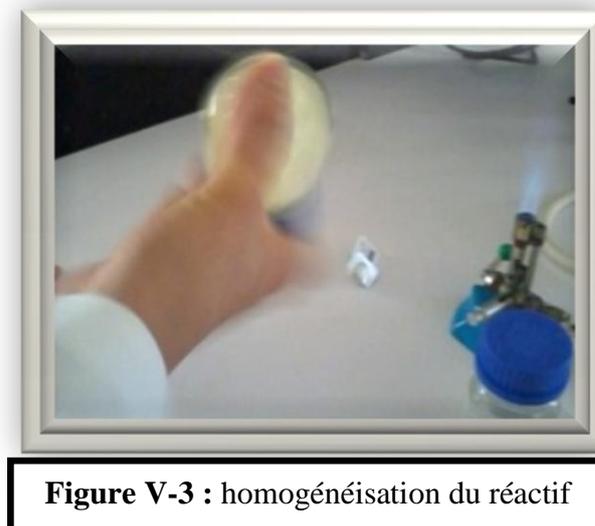


Figure B-1 : Echantillon dans des tubes de 100 ml

- Ajouter le contenu d'une dosette de réactifs près a l'emploi



- Homogénéiser sans produire de mousse et attendre quelques minutes la dissolution complète du réactif.



- Choisir selon la typologie de l'eau à analyser le plateau Quanti-try (51 puits) ou quanti- try/2000(97 puits), dans notre cas on a utilisé Qunati try (51 puits).

Verser les 100 ml de mélange réactif dans le plateau Quanti try en prenant soin d'éviter tous contact des mains ou du flacon avec l'intérieure de la pochette.



Figure V-4: plateau Quanti-try (51 puits)

- Sceller les plateaux dans la Qanti-tray sceller



Figure V-5: Vue de face
du Qanti-try sceller



Figure V-6 : Vue opposé
du Qanti-try sceller

- Placer dans une étuve à 36°C pendant 18 heures plus au moins 4 heures pour les coliformes totaux et E.coli et pendant 24 heures pour les entérocoques intestinaux.
- Placer dans une étuve à 36°C pendant 18 heures plus au moins 4 heures pour les coliformes totaux et E.coli et pendant 24 heures pour les entérocoques intestinaux.



Figure V-7 : Plateau avant leurs mises dans l'étuve



Figure V-8: Etuve réglée à 36°C

➤ Lire les résultats

Le premier plateau :

- Puits jaunes= coliforme totaux
- Puits jaune/fluorescents= E. Coli

Le second plateau :

- Puits bleu/fluorescents = entérocoques intestinaux

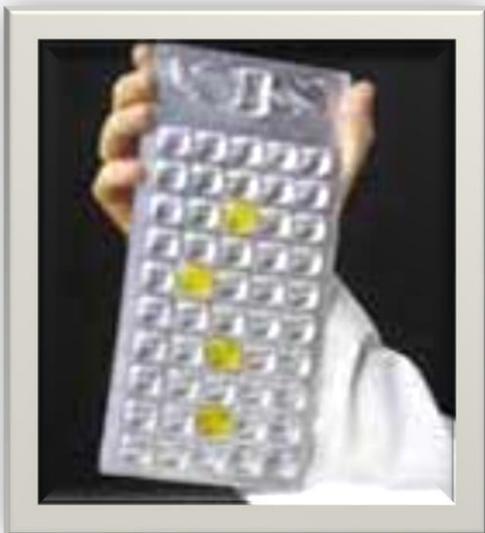


Figure V-9 : coliformes totaux, E. colis



Figure V-10 : Entérocoques intestinaux

II.2 : Paramètres physico-chimique:

1.1 La température:

Elle est mesurée à l'aide d'un PH Mètre intégrant un thermomètre.

1.2 : Le potentiel hydrogène :

Le PH est mesuré au laboratoire à l'aide d'un ph mètre de type HWT.

1.3 : Les matières en suspension (MES) :

Les MES sont déterminées avec la méthode spectrophotométrique, après corrélation, avec la densité optique. C'est une mesure directe et simple, que ne nécessite ni filtration, ni séchage, ni pesée.

1.4 : La demande biologique en oxygène en cinq jours (DBO₅) :

La DBO₅ est mesurée à l'aide d'un DBO mètre dont le principe de mesurer est le suivant : Une quantité connue d'eau à analyser est placée dans un flacon relié à un manomètre à mercure ; au dessous de l'échantillon se trouve un volume d'air contenant 21% d'oxygène : C'est cet oxygène qui remplace l'oxygène de l'eau consommé par les bactéries pendant la durée de l'expérience. Le gaz carbonique produit par la respiration des bactéries est extrait du milieu gazeux à l'aide de quelques gouttes de potasses contenues dans le bouchon. La dépression due à la consommation d'oxygène est mesurée à l'aide d'un manomètre à mercure et la valeur correspondant de DBO est lue directement en mg/l. L'incubation de l'échantillon a lieu dans une enceinte réfrigérée à 20°C. Pendant l'expérience l'échantillon est constamment agité magnétiquement.

1.5 : La demande chimique en oxygène (DCO) :

Pour déterminer la DCO, on utilise la méthode d'oxydation au K₂Cr₂O₇. On a pour cet effet, un tube de réactif DCO spécial, qu'on fait chauffer deux heures dans le réacteur, DCO préchauffé à 150°C. Pour la détermination de la concentration de l'échantillon, on utilise la méthode : Mesure colorimétrique à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 420nm. Le résultat s'affiche en mg/l de DCO.

1.6 Les nitrates (NO₃) :

Les nitrates sont mesurés par la méthode colorimétrique en utilisant un réactif en gélules à base de cadmium. Ce dernier réduit les nitrates présents dans l'échantillon en nitrites, ce dernier réagit en milieu acide avec l'acide sulfurique pour former un sel de diazotation qui réagit avec l'acide gentisique pour former un coloré ambre.

La valeur des nitrates est lue à l'aide d'un spectrophotomètre, à la longueur d'onde 500nm. L'affichage indique une valeur en mg/l de N-NO₃. Les résultats peuvent être ensuite exprimés en mg/l de nitrate (NO₃) en multipliant le résultat en mg/l d'azote (N-No₃) par 4,4.

1.7 : Les composés phosphorés :

Les ortho phosphates sont dosés par spectrophotomètre en utilisant des réactifs en gélules d'acide ascorbique. En milieu acide, en présence de molybdate d'ammonium, les ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 890nm, l'affichage indique une valeur de PO³⁻₄ en mg/l. Suivant le cas, la teneur en phosphate peut être exprimée en mg/l de PO³⁻₄ ou de P₂O₅.

1mg/l PO³⁻₄=3,07mg/l P.

1mg/l P₂O₅=2,25mg/l P.

1mg/l P₂O₅=0,75mg/l PO³⁻₄.

Annexe 3 : Plateaux de normes de coliformes

Table NPP du Quanti-Tray a "51 Cupules"

Nombre de cupules donnant une réaction positive par échantillon de 100 ml	Nombre le plus probable	Limites de confiance à 95%	
		Minimum	Maximum
0	<1	0,0	3,7
1	1,0	0,3	5,6
2	2,0	0,6	7,3
3	3,1	1,1	9,0
4	4,2	1,7	10,7
5	5,3	2,3	12,3
6	6,4	3,0	13,9
7	7,5	3,7	15,5
8	8,7	4,5	17,1
9	9,9	5,3	18,8
10	11,1	6,1	20,5
11	12,4	7,0	22,1
12	13,7	7,9	23,9
13	15,0	8,8	25,7
14	16,4	9,8	27,5
15	17,8	10,8	29,4
16	19,2	11,9	31,3
17	20,7	13,0	33,3
18	22,2	14,1	35,2
19	23,8	15,3	37,3
20	25,4	16,5	39,4
21	27,1	17,7	41,6
22	28,8	19,0	43,9
23	30,6	20,4	46,3
24	32,4	21,8	48,7
25	34,4	23,3	51,2
26	36,4	24,7	53,9
27	38,4	26,4	56,6
28	40,6	28,0	59,5
29	42,9	29,7	62,5
30	45,3	31,5	65,6
31	47,8	33,4	69,0
32	50,4	35,4	72,5
33	53,1	37,5	76,2
34	56,0	39,7	80,1
35	59,1	42,0	84,4
36	62,4	44,6	88,8
37	65,9	47,2	93,7
38	69,7	50,0	99,0
39	73,8	53,1	104,8
40	78,2	56,4	111,2
41	83,1	59,9	118,3
42	88,5	63,9	126,2
43	94,5	68,2	135,4
44	101,3	73,1	146,0
45	109,1	78,6	158,7
46	118,4	85,0	174,5
47	129,8	92,7	195,0
48	144,5	102,3	224,1
49	165,2	115,2	272,2
50	200,5	135,8	387,6
51	> 200,5	146,1	infinite

Annexe 4 : résultats de la simulation hydraulique a l'aide du logiciel Epanet

