

**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**

**APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA  
VALORISATION DES EAUX USEES EPUREES DANS  
L'IRRIGATION (CAS DE STEP DE TIPAZA)**

**Présenté par :  
M<sup>r</sup>. BAGHDADI NAFAA**

**Promoteur :  
M<sup>r</sup>. CHABACA.M.N**

**Devant le jury composé de :**

**Président : M<sup>r</sup> T.KHETTAL**

**Examineurs :**

**M<sup>me</sup> S.LEULMI  
M<sup>me</sup> L.BAHBOUH  
M<sup>me</sup> H.BOUCAMA  
M<sup>r</sup> M.MESSAHEL**

**Novembre 2011**

## ❧ REMERCIEMENTS ❧

*Au terme de ce travail, je tien à remercier sincèrement **DIEU** de m'avoir octroyé les moyens, et mes vifs remerciements à mon promoteur Mr CHABACA.M.N de m'avoir orienté et pour ses conseils judicieux ses riche enseignement et sa constante disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'étude.*

*Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, surtout M<sup>me</sup> BAHBOUH, qui m'a aidé beaucoup, sans oublier tout le personnel de l'ENSH.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou loin à l'élaboration de ce travail.*

*Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'évaluer mon travail*

### ملخص

إن هذه الدراسة تتمحور حول إمكانية وقدرة إعادة استعمال المياه القذرة المعالجة بمحطة تبيازة؛ وذلك في المجال الزراعي. الشيء الذي يتطلب منا البحث عن نوعية المياه المعالجة وذلك بغرض مقارنتها مع نوعية الماء المستعمل في المجال المذكور سابقا؛ وإعادة تحقيق حول احتمالات استخدامها من طرف المستعملين المتمركزين بجوار المحطة. هذه الدراسة خلصت إلى انه يمكن إعادة استعمال هذه المياه في المجال الزراعي. (سقي الأراضي)

### Résumé.

Cette étude vise à définir les capacités de réutilisation de l'eau usée épurée par la station d'épuration de TIPAZA, tant dans le secteur agricole. Nous avons été amènes à déterminer la qualité de l'eau épurée afin de la comparer avec les eaux exigées par les différents secteurs, et de recenser les utilisateurs potentiels sis dans le voisinage immédiat et plus lointain de la station.

Nos résultats nous ont permis de constater que l'eau épurée peut être réutilisé surtout dans le secteur agricole.

### Abstract.

This survey aims to define the possibility of reuse of the wastewater purified by the station of purification of TIPAZA. Both in the agricultural sector. We have been brought to count the potential users suited in the immediate and more faraway neighborhood if the station, and to determine the quality of purified wastewater in order to compare it with waters required by the different sectors. This wastewater can be reused an especially in the agricultural sector.

## Chapitre I Revue bibliographique sur la Réutilisation des Eaux Usées Epurées(REUE)

Introduction :	1
I.1. Problématiques de la Réutilisation des Eaux Usées Epurées :	1
I.1.1. Données générales :	1
I.1.2. Les grands chiffres des besoins en eau mondiaux et de la REUE :	2
I.1.3. la REUT dans le cycle de l'eau :	3
I.2. Les usages de l'EUT dans le monde :	3
I.2.1. Le continent américain :	3
I.2.2. Le bassin méditerranéen :	4
I.2.3. L'Europe du Nord :	5
I.2.4. Le Japon:	5
I.2.5. L'Australie :	5
I.2.6. La réutilisation des eaux usées épurées en France :	6
I.3. L'expérience algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées épurée :	7
I.4. Intérêt, bénéfices de la réutilisation agricole des eaux usées à partir de l'expérience française :	8
I.4.1. Volume moyen journalier des eaux usées recyclée :	8
I.4.2. Les installations existantes de réutilisation des eaux usées :	8
I.4.3. Les bénéfices et les avantages de la réutilisation des eaux usées :	9
Conclusion.....	11

Introduction.....	12
II.1- Implantation d'une station d'épuration.....	12
II.2- Choix du type de station d'épuration.....	12
II.3- Réutilisation agricole des eaux usées .....	13
II.3.1- Les motifs .....	13
II.3.2- Intérêt et contraintes de la réutilisation des eaux usées .....	14
II.3.3- Les usages possibles.....	14
II.4- Caractéristiques des eaux usées .....	14
II.4.1- Origines des eaux usées.....	14
II.4.1.1-Eaux usées urbaines.....	14
II.4.1.2-Eaux usées agricoles.....	15
II.4.1.3- Eaux usées industrielles.....	15
II.4.2- Importance de rejets.....	15
II.4.2.1- Le type de réseau.....	15
II.4.2.2-Le raccordement des industries.....	16
II.4.2.3- La taille de l'agglomération.....	16
II.4.3- Evaluation de la pollution.....	16
II.4.3.1-Définition de la pollution.....	16
II.4.3.2- Principaux polluants.....	16
a) Pollution organique.....	16
b) Pollution minérale.....	17
c) Pollution microbiologique.....	17
d) Métaux lourds.....	17
II.4.3.3-Les principaux paramètres de pollution.....	17
a) Les paramètres physiques.....	17
b) Les paramètres chimiques.....	18
II.4.3.4- Mesure de la pollution.....	18
II.5- Conséquences sur le milieu récepteur.....	20
II.6. Les normes de rejet : .....	20
Conclusion.....	21

## CHAPITRE III : Méthodes et procédés de l'épuration des eaux usées

Introduction :	22
III.1- Prétraitement :	22
III.1.1- Dégrillage :	23
III.1.2- Dessablage - Déshuilage :	23
III.2- Traitement Primaire :	23
III.2.1- Décantation primaire :	23
III.3-Traitement Secondaire :	24
III.3.1- Traitements physico-chimiques :	24
III.3.2- Traitement biologique :	24
III.3.2.1- Les procédés extensifs :	25
III.3.2.1.1- L'épandage :	25
a) Principe :	25
b) Avantages et inconvénients de l'épandage :	25
III.3.2.1.2- Le lagunage :	26
III.3.2.2- Les procédés intensifs :	27
III.3.2.2.1- Le lit bactérien :	27
a) Principe :	27
b) Avantages et inconvénients du lit bactérien :	27
III.3.2.2.2- Le disque biologique :	27
a) Principe :	27
b) Avantages et inconvénients :	28
III.3.2.2.3- Les boues activées :	28
a) Principe :	28
b) Avantages et inconvénients du procédé à boues activées :	28
III.4- Traitement tertiaire :	29
Conclusion :	29

## CHAPITRE IV : La réutilisation des eaux usées en irrigation

Introduction:.....	30
IV.1- Domaines de la réutilisation des eaux usées :.....	30
IV.2- Problèmes dus a la réutilisation des eaux usées :.....	30
IV.2.1- Problèmes liés au sol:.....	30
IV.2.1.1- Problèmes de colmatage :.....	30
IV.2.1.1.1- Colmatage physique:.....	31
IV.2.1.1.2- Colmatage chimique:.....	31
IV.2.1.1.3- Colmatage biologique:.....	31
IV.2.1.2- Remèdes au colmatage des sols:.....	32
IV.2.1.3- Perméabilité :.....	32
IV.2.1.4- Solutions d'aménagement aux problèmes de perméabilité .....	33
IV.2.2- Les risques sanitaires immédiats:.....	34
IV.2.2.1- Toxicité chimique :.....	34
IV.2.2.2- Agents pathogènes :.....	34
IV.2.2.3- Le consommateur :.....	34
IV.2.2.4- Culture légumiers:.....	34
IV.2.2.5- Cultures fourragères:.....	34
IV.2.2.6- Le personnel d'exploitation:.....	35
IV.2.2.7- Le voisinage immédiat:.....	35
IV.2.3- Problèmes liés à la plante:.....	35
IV.2.3.1- Le sodium:.....	35
IV.2.3.2- Le chlore:.....	36
IV.2.3.3- Le bore:.....	36
IV.2.3.4- Procèdes de lutte contre la phytotoxicité.....	36
IV.3.Cultures irrigables par les EUE :.....	37
IV.3.1 .Liste des productions maraîchères et fruitières permises avec la REUE ou qui pourront éventuellement le devenir :.....	37
IV.3.2 Liste des productions maraîchères et fruitières qui pourront être permises dans le moyen Terme .....	38

IV.3.3 Lignes directrices d'ordre général des bonnes pratiques pour la réutilisation .....	38
IV.3.3.1.Utilisation et production : .....	38
IV.3.3.2.Post-récolte / préparation : .....	39
IV.4- Adaptation des différents systèmes d'irrigation:.....	39
IV.4.1- Techniques de submersion ou apparentés : .....	39
IV.4.2- Irrigation à la raie:.....	39
IV.4.3- Irrigation par aspersion:.....	39
IV.4.4- Micro-irrigation:.....	40
Conclusion:.....	40

## CHAPITRE V                      Présentation de la station d'épuration de CHENOUA

INTRODUCTION.....	41
V.1. Présentation de la station d'épuration de CHENOUA .....	41
V.1.1.Situation géographique : .....	41
V.1.2.Qualité des eaux : .....	43
V.1.2.1.Eaux usées brutes (Entrée de la STEP) : .....	43
V.1.2.2.Eaux usées épurées (Sortie de la STEP) : .....	44
V.1.2.3.Mesure des débits (Sortie de la STEP) : .....	45
V.2. Description de différents procédés d'épuration de STEP CHENOUA : .....	46
V.2.1. Prétraitement : .....	48
V.2.1.1. Poste de relevage et dégrillage grossier : .....	48
V.2.1.2. Dégrillage fin : .....	49
V.2.1.3.Dessableur/Déshuileur : .....	51
V.2.2. Traitement biologique : .....	54
V.2.2.1. Bassins d'aération : .....	54
V.2.2.2. Décanteurs secondaires : .....	56
V.2.3.Traitement des boues : .....	58
V.2.3.1.Recirculation des boues:.....	58
V.2.3.2. Epaississement des boues : .....	59
V.2.3.3. déshydratation des boues par filtre à bande : .....	60
V.3. Etude physico-chimique des eaux de la STEP de TIPAZA:.....	62
V.3.1. Considérations générales sur la qualité d'eau d'irrigation:.....	62



V.3.2. Classification des eaux d'irrigation:.....	63
V.3.2.1. Classification mondiale de la FAO (g/l) :.....	64
V.3.2.2. Classification USSL (United States Salinity Laboratory):.....	64
A- Classification selon la salinité de l'eau CE :.....	64
B- Classification selon le risque d'alcalinisation SAR :.....	65
V.4. Evaluation de la qualité de l'eau usée épurée de la STEP de TIPAZA.....	66
V.4.1. Normes de rejets :.....	66
V.4.2. Résultats d'analyses et interprétation :.....	66
Conclusion :.....	69

## CHAPITRE VI

## Les besoins en eau du périmètre irrigué

Introduction .....	70
VI.1. Localisation de la zone d'étude :.....	70
VI.2. Définition d'un régime d'irrigation .....	72
VI.3. Besoins en eau des cultures.....	72
VI.3.1. Définition.....	72
VI-3-2. L'évapotranspiration .....	72
VI.3.2.1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration.....	73
VI.3.2.1.1. Méthodes directes.....	73
VI.3.2.1.2. Méthodes indirectes.....	73
VI.3.2.2. Calcul de l'évapotranspiration.....	75
VI.4. La pluie efficace:.....	76
VI.5.L'occupation des sols et le choix des culture.....	77
VI.6.Détermination des Besoins en eau des cultures :.....	81
VI.7.Etude quantitative des eaux superficielles.....	85
VI.7.1 Production d'eau :.....	85
VI.7.2 Allocation des eaux.....	85
VI.7.3 Le stockage :.....	88
conclusion.....	90

Introduction :	91
VII.1 Dimensionnement d'un îlot type :	91
VII.1.1 Taille des îlots d'irrigation :	91
VII.1.2 Débit fictif continu ou le débit spécifique:	91
VII.1.3 Débit d'équipement :	92
VII.1.4 Taille de l'îlot :	93
VII.1.5 Découpage des îlots :	93
VII.1.6 Prise d'irrigation :	94
VII.2.Choix de l'îlot type :	94
VII.2.1. Données générales	94
VII.2.2 .Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:	95
VII.2.2.1 Influence du taux de couverture du sol	95
VII.2.2.2 Besoins d'irrigation brute Bbrut ;	95
VII.2.2.3 Pourcentage de sol humidifié:	96
VII.2.2.4 Fréquence d'arrosage :	96
VII.2.2.5 Durée d'arrosage:	97
VII.2.3 Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures	97
VII.2.3.1 Nombre des goutteurs	97
VII.2.3.2 Nombre des rampes	97
VII.2.3.3 Débit de poste	97
VII.2.4 Calcul hydraulique.	98
VII.2.4.1 débit	98
VII.2.4.2 perte de charges	98
VII.2.4.3 Conditions hydrauliques.	100
VII.2.4.3.1 Position de porte rampe.	100
VII.2.4.3.2 Détermination des portes rampes	100
VII.2.4.4 Calcul de la canalisation principale	100
VII.2.4.5 Calcul de la pression en tête de la parcelle :	101
VII-3- Capacité du bassin d'irrigation	103
VII-4-Dimensionnement du bassin d'irrigation.	103
Conclusion:	104

<b>Tableau II.1:</b> paramètres de pollution.....	19
<b>Tableau II.2:</b> normes de rejets de l'O.M.S., appliqué en Algérie.....	20
<b>Tableau IV.1:</b> Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte (FAO, 85).....	32
<b>Tableau V.1 :</b> Les normes appliqué dans la STEP :.....	41
<b>Tableau V.2 :</b> Les caractéristiques de la pollution à traiter.....	43
<b>Tableau V.3 :</b> les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes.....	44
<b>Tableau V.4.A :</b> Paramètres physicochimiques des eaux usées épurées.....	44
<b>Tableau V.4.B :</b> Rendement d'élimination des Paramètres physicochimiques.....	44
<b>Tableau V.5 :</b> les débits et les volumes épurés durant l'année 2010 (STEP de Tipaza).....	45
<b>Tableau V.6:</b> Les caractéristiques de poste de relevage.....	48
<b>Tableau V.7:</b> Les dimensions de le dégrilleur fin.....	50
<b>Tableau V.8 :</b> Les dimensions du convoyeur à bande.....	51
<b>Tableau V.9:</b> Les dimensions du dessableur/déshuileur.....	52
<b>Tableau V.10 :</b> Les caractéristiques des bassins biologiques.....	55
<b>Tableau V.11 :</b> Caractéristiques des aérateurs du compartiment aérobie.....	56
<b>Tableau V.12:</b> Les caractéristiques des décanteurs.....	57
<b>Tableau V.13 :</b> Les caractéristiques des racleurs .....	58
<b>Tableau V.14 :</b> Les caractéristiques d'épaisseur des boues. ....	60
<b>Tableau V.15 :</b> Les caractéristiques de filtre à bande.....	61
<b>Tableau V.16 :</b> Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes).....	66
<b>Tableau V.17 :</b> Les résultats des analyses obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	67
<b>Tableau VI.1:</b> Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith.....	76
<b>Tableau VI.2:</b> Les précipitations efficaces dans la zone d'étude. ....	77
<b>Tableau VI.3.A:</b> surface occupée par les différentes cultures.....	78
<b>Tableau VI.3.B:</b> Représentation de l'assolement choisi. ....	80
<b>Tableau VI.4.A:</b> Besoins en eau des cultures en mm.....	83

<b>Tableau VI.4.B:</b> récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute la surface de la culture...	84
<b>Tableau.VI.5:</b> Débits de dimensionnement de la STEP de Tipaza pour différents horizons ..	85
<b>Tableau VI.6:</b> confrontation entre des besoins d'irrigation et la production de step .....	86
<b>Tableau VI.7. :</b> Calcul du volume stockage nécessaire (m3) .....	89
<b>Tableau n° VII -1:</b> Débits normalisés des prises.....	93
<b>Tableau VII-2:</b> caractéristique de la rampe .....	100
<b>Tableau VII-3:</b> caractéristique de la porte rampe.....	100

<b>Figure I.01</b> : pollution de l'environnement .....	2
<b>Figure I.02</b> : répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées épurées.....	6
<b>Figure I.03</b> : Vue du traitement tertiaire des eaux usées par lagunage et des pompes d'irrigation à Noirmoutier (installation exploitée par la Saur).....	9
<b>Figure III.1</b> : la configuration d'une chaîne de traitement.....	22
<b>Figure V.1</b> : La station d'épuration de CHANOUA.....	42
<b>Figure V.2</b> : la variation du débit et le volume durant l'année 2010(STEP de Tipaza).....	46
<b>Figure V.3</b> : schéma générale de la STEP CHENOUA.....	47
<b>Figure V.4</b> : Le dégrilleur grossie.....	48
<b>Figure V.5</b> : Station de relevage.....	49
<b>Figure V.6</b> : Dessableur /déshuileur.....	52
<b>Figure V.7</b> : Bassins biologiques.....	55
<b>Figure V.8</b> : Aérateurs du compartiment aérobie .....	56
<b>Figure V.9</b> : Décanteur secondaire.....	57
<b>Figure V.10</b> : Schéma de recirculations des boues .....	59
<b>Figure V.11</b> : L'épaississeur.....	60
<b>Figure V.12</b> : Unité de déshydratation .....	61
<b>Figure V.13</b> : Unité de préparation de polymère.....	62
<b>Figure VI.1</b> : Délimitation du périmètre d'étude (Extrait de carte topographique de Tipaza à l'échelle 1/250000.....	71
<b>Figure VI.2</b> : occupation du sol .....	79
<b>Figure VII-01</b> : La pression en tête de l'installation théorique .....	102

## **LISTES DES PLANCHES**

PLANCHE I : VUE EN PLAN DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX  
USEES DE TIPAZA

PLANCHE II : PLAN DE SITUATION

PLANCHE III : RESEAU D'IRRIGATION

## Liste des abréviations

<b>abréviations</b>	<b>signification</b>
<b>MES</b>	<b>Matières en suspension</b>
<b>MVS</b>	<b>Matières volatiles en suspension</b>
<b>DBO5</b>	<b>Demande biochimique en Oxygène</b>
<b>DCO</b>	<b>Demande chimique en Oxygène</b>
<b>NTK</b>	<b>L'azote total de KJEDAHL</b>
<b>TA</b>	<b>Titre alcalimétrique</b>
<b>TAC</b>	<b>Titre alcalimétrique complet</b>
<b>TH</b>	<b>Le titre hydrométrique</b>
<b>T</b>	<b>Température</b>
<b>PH</b>	<b>Potentiel d'hydrogène</b>
<b>J</b>	<b>Jour</b>
<b>Ha</b>	<b>Hectare</b>
<b><math>\mu</math> s/cm</b>	<b>Microsiemens par centimètre</b>
<b>SA</b>	<b>Subdivision agricole</b>
<b>AEP</b>	<b>Alimentation en eau potable</b>
<b>NPP</b>	<b>Le nombre le plus probable</b>
<b>Step</b>	<b>Station d'épuration</b>
<b>OMS</b>	<b>Organisation mondiale de la santé</b>

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau ne connaît pas de frontières, il n'y a pas de vie sans eau, c'est un bien précieux. Indispensable à l'humain, mais qui demeure un problème dans son existence.

L'urbanisation qui a conduit à la concentration de l'habitat humain a entraîné l'agression physique et chimique de l'environnement et une difficulté croissante dans la gestion de nos déchets. Les cours d'eau sont alors devenus de vrais récepteurs de nos déchets. Parfois, les eaux usées sont peu contaminées par les déchets industriels, il existe des cas où ils sont déversés directement dans les milieux récepteurs. A cet effet, les eaux usées sont traitées dans les stations d'épuration (**STEP**) avant d'être rejetées dans le milieu naturel récepteur.

Toute fois, l'épuration recherchée par les STEP est loin d'être totale ; les effluents de ces stations se déversent continuellement dans les cours d'eau à l'aval des agglomérations, en plus de la matière organique, ils apportent des nutriments aux micropolluants. Si les effets des effluents dus aux matières organiques et minérales sont relativement bien connus, on s'interroge encore sur l'impact des micropolluants. Ainsi, nos cours d'eau et les communautés vivantes en place sont soumis à cette pollution résiduelle et des contaminations diffuses provenant de l'agriculture.

En ALGERIE, il existe cent station dans 55 d'elles sont sous la responsabilité de l'Office National d'Assainissement (ONA). La quantité d'eaux épurées par ces stations est de 223 millions m<sup>3</sup>/an par rapport à 731 millions m<sup>3</sup>/an, elles sont considérées comme un faible rendement.

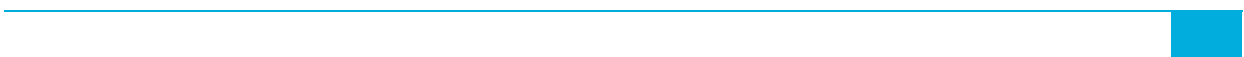
Afin de protéger l'écosystème en particulier OUED NADOUR il faut garantir la qualité de l'eau épurée et cela s'effectue par la réduction et l'élimination de la charge polluante des eaux résiduaires.

Notre travail s'inscrit dans ce cadre, il se porte sur la mesure de pollution organique et minérale, existante au niveau de la station d'épuration de CHENOUA à TIPAZA.

Notre étude a pour but d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques des eaux épurées urbains de cette station à travers des analyses physicochimiques comparés ensuite aux normes de rejets d'OMS appliqués dans la STEP de CHENOUA (TIPAZA) pour avoir la conformité aux ces normes.







## **Introduction :**

Du fait de la rareté des ressources en eau, la réutilisation des eaux usées en agriculture devient de plus en plus courante, cette réutilisation a pour objectif principal la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques et de trouver des sources d'eau alternatives pour l'irrigation vu la rareté croissante de l'eau.

A l'état actuel, le secteur agricole se maintient comme le plus grand consommateur d'eau avec plus de 80 % de la demande en eau des certains pays. Diverses raisons sociales et économiques consolident l'agriculture dans cette position.

Pour une meilleure gestion des ressources en eaux et en vue d'une protection de l'environnement, la réutilisation agricole des eaux usées traitées doit connaître un meilleur sort dans ces pays. Cependant, le développement de cette pratique se heurte à un certain nombre de contraintes. Un effort reste donc à fournir pour pallier à ces contraintes et pour résoudre les problèmes liés à la gestion de ces eaux, à leur qualité et à leur impact sur la santé et le milieu. Les recherches entreprises ont pour principal objectif la contribution à cet effort et la mise à disposition des éléments nécessaires à une parfaite maîtrise de cette pratique et à l'atténuation de ces éventuel impact négatifs.

Ce chapitre concerne l'évolution de la **REUE** dans le monde et Intérêt, bénéfices et contraintes de cette réutilisation a partir des certains d'expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées épurées.

## **I.1. Problématiques de la Réutilisation des Eaux Usées Epurées :**

### **I.1.1. Données générales :**

Les motifs qui ont conduit et qui conduisent à envisager la réutilisation des eaux usées traitées sont de deux ordres: en termes de ressource en eau, la valorisation des eaux usées traitées répond à un objectif quantitatif et ce sont surtout les zones arides et semi arides du globe qui sont concernées. En parallèle, dans le domaine de la préservation environnementale, et donc des objectifs qualitatifs, de nombreuses réflexions ont conduit et conduisent à des opérations de réutilisation. L'objectif quantitatif est prépondérant dans la genèse des projets de **REUE**. Pour répondre à des pénuries chroniques ou occasionnelles, et après prise en compte des coûts d'investissement et d'exploitation, la **REUE** s'impose de plus en plus comme une solution économiquement pertinente.

Toutefois force est de constater que la mise en œuvre effective de projets de **REUE** tarde souvent à voir le jour du fait des contraintes institutionnelles et organisationnelles, mais également des réticences culturelles.



**Figure I.01 : pollution de l'environnement**

### **I.1.2. Les grands chiffres des besoins en eau mondiaux et de la REUE :**

Afin de mettre en perspective les enjeux potentiels de la **REUE**, il convient de garder en mémoire les valeurs suivantes concernant la mobilisation de l'eau à l'heure actuelle<sup>1</sup> :

- Le volume total de l'eau prélevée par l'activité humaine dans le monde s'élève à 3 800 milliard m<sup>3</sup>/an

- La répartition de ce volume est à l'échelle mondiale de 70 % pour l'irrigation (2 660 milliards), 22 % pour l'eau industrielle (soit 836 milliards m<sup>3</sup>/an) et 8 % pour l'eau à usage domestique (soit 304 milliards m<sup>3</sup>/an)

- Les eaux usées collectées (sur les 1 140 milliards m<sup>3</sup>/an affectés à l'eau domestique et industrielle) représentent 370 milliards m<sup>3</sup>/an et un peu moins de la moitié fait l'objet d'un traitement, soit 160 milliards m<sup>3</sup> /an

- On estime à 2 % de ce total, soit 7 milliards de m<sup>3</sup>/an, la fraction de ces **EUE** qui sont réutilisées à ce jour tous usages confondus. Dès lors, s'il est justifié scientifiquement de parler de cycle naturel de l'eau, il faut rester prudent sur le concept de cycle anthropique de l'eau. (7 sur 3 800 définit un ratio modeste)

Il ressort de ces données numériques les enseignements suivants :

- Le gisement des **EUE** encore à recycler est important

▪ La **REUE** n'est qu'une solution partielle à la forte demande en eau, notamment agricole à travers le monde et ne se substitue pas aux questions globales de la mobilisation de l'eau.

### **I.1.3.1a REUE dans le cycle de l'eau :**

Dans le cycle naturel de l'eau, on sait que la série précipitation – ruissellement – évaporation –précipitation – etc...traduit globalement la conservation de la masse hydrique sur le globe.

Il est pertinent de conserver en mémoire ce schéma car l'homme reproduit un schéma similaire dans son usage de l'eau : prélèvement dans le milieu - utilisation – retour au milieu.

Au delà du rejet, le milieu récepteur possède parfois une certaine capacité à dépolluer. La première logique historique a donc été de dépolluer les eaux rejetées par les égouts afin d'en supprimer les nuisances et de les réinsérer dans le cycle naturel .Pour cela on s'est préoccupé de réduire la charge organique

Dans sa finalité, la **REUE** permet à la fois de raccourcir le cycle par une remobilisation rapide de la ressource et l'utilisation deux fois d'une eau mobilisée dans le milieu pour des activités en cascade.

## **I.2. Les usages de l'EUE dans le monde :**

Quasiment tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la **REUE** sauf ce qui touche aux eaux thermales et minérales, dont les exigences de qualité sont telles qu'elles n'entrent pas dans les champs de la réutilisation. En effet, pour autant qu'on accepte de payer le prix toute eau usée est potentiellement réutilisable. La classification qui suit permet d'y voir plus clair en matière d'utilisations des **EUE**. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

### **I.2.1. Le continent américain :**

Aux **Etats-Unis**, 34 Etats disposent de réglementations ou de recommandations relatives à l'usage agricole des eaux usées. Dans ce pays, les réglementations sont souvent très strictes. Par exemple, en **Californie**, la norme imposée pour l'irrigation par aspersion des cultures à consommation humaine et l'arrosage de zones où un contact corporel est possible avec la végétation (parcs, terrains de jeu, pelouses d'écoles...).

La réutilisation aux fins d'agrément est pratiquée depuis 1955 aux **Etats-Unis**. Outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, on peut souligner comme exemple singulier la création de lacs artificiels alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées

Les grandes réussites de réutilisation des eaux usées traitées sont ceux de **Bakersfield** et Orange en **Californie** et Manatee en **Floride**. A Bakersfield, **64000 m<sup>3</sup>** par jour d'effluents primaires et secondaires issus de trois stations d'épuration sont utilisés pour l'irrigation de coton, de luzerne, de maïs, d'orge et de betteraves à sucre.

Sur le **continent américain**, cette pratique est également réalisée dans plusieurs pays **d'Amérique du Sud** ainsi qu'au **Mexique**. Par exemple, la ville de **Mexico** utilise les effluents traités par ses **16 stations d'épuration** pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. En 1996, les eaux usées brutes de **Mexico** étaient encore utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (irrigation de **85000** hectares de maïs, d'orge et de tomates).

### **I.2.2. Le bassin méditerranéen :**

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de **l'Espagne** à la **Syrie**. En effet, 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.

En **Tunisie**, si la demande en eau ne devrait théoriquement rejoindre les disponibilités qu'en 2015, on constate déjà que certains endroits souffrent d'une pénurie. Dans ce pays, la réutilisation entre dans le cadre d'une politique nationale.

Les eaux usées de **Tunis** sont utilisées depuis le début des années 60 pour l'irrigation à la **Soukra** de culture de citrons. La réglementation de 1989 spécifie que l'utilisation des effluents secondaires traités est autorisée pour irriguer tous les types de cultures mis à part les légumes, Donc Les eaux usées traitées sont utilisées pour irriguer les arbres fruitiers (citrons, olives, pêche, pommes, poires...).

**En Grèce**, la ville d'**Athènes** a développé en 1996 une stratégie de réutilisation des eaux usées traitées. Parmi les réutilisations favorisées, l'irrigation des cultures est largement prédominante (71%). L'estimation de l'usage des eaux usées urbaines dans les industries est (5.2%), Et pour l'alimentation des chasses d'eau est (6.2%).

Le but de cette réutilisation est d'induire une réduction de la pollution dans le **Golfe Saronique** en rapport avec la diminution des rejets des effluents riches en nutriments.

Les autres pays du pourtour sud de la Méditerranée, de **l'Espagne** à la **Syrie**, réutilisent le plus souvent leurs eaux usées urbaines sans traitement. L'arrosage de cultures maraîchères n'y est pas exceptionnel. Les réutilisations sont alors l'occasion d'un effort pour répondre à des

standards sanitaires existants ou en cours d'élaboration. C'est le cas pour l'arrosage des parcours de golf ou d'espaces verts.

Parmi les exemples de réutilisation indirecte des eaux usées urbaines non traitées, on peut citer les **Marcites milanaise** qui sont des prairies arrosées avec les eaux du canal **Vettabia** recevant une part importante des eaux usées brutes de **Milan**.

### **I.2.3.L'Europe du Nord :**

L'Europe du Nord a elle aussi, avec ses fermes d'épandage, une tradition longue de plusieurs siècles de réutilisation des eaux usées.

**En Grande Bretagne**, cette technique qui était sur le point de disparaître dans les années 50, a retrouvé une part de son importance passée. Dans ce pays, la recharge de nappe par des eaux usées constitue une autre forme indirecte et très répandue de recyclage.

**L'Allemagne** est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. On retrouve cette pratique notamment en **Basse Saxe**, en **Rhénanie-Westphalie**, en **Hesse** et en **Bavière**. On y pratique l'irrigation de céréales, de betteraves, de pommes de terre ou de prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la **Hongrie** où **200 millions de mètres cubes** d'eaux usées sont utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies.

### **I.2.4. Le Japon:**

La réutilisation des eaux usées au Japon est prédominante dans le cas des usages urbains tels que l'alimentation des chasses d'eau dans les immeubles, les usages industriels ou encore dans la restauration et l'augmentation des débits des cours d'eau urbains aménagés. Tout immeuble de plus de **30000 m<sup>2</sup>** de surface de plancher ou susceptible de réutiliser plus de **100 m<sup>3</sup>** d'effluent traité par jour doit être équipé d'un double réseau de distribution.

### **I.2.5. L'Australie :**

L'Australie est l'un des continents les plus secs. L'intensité des précipitations est très variable. Dans ce continent, la réutilisation des eaux usées concerne l'irrigation des cultures, des prairies, des espaces verts ou l'usage industriel. Parmi les initiatives industrielles, on peut citer l'usage de **4000 m<sup>3</sup>** par jour d'eaux usées épurées et traitées par microfiltration et osmose inverse provenant d'une station d'épuration urbaine proche de **Newcastle**.

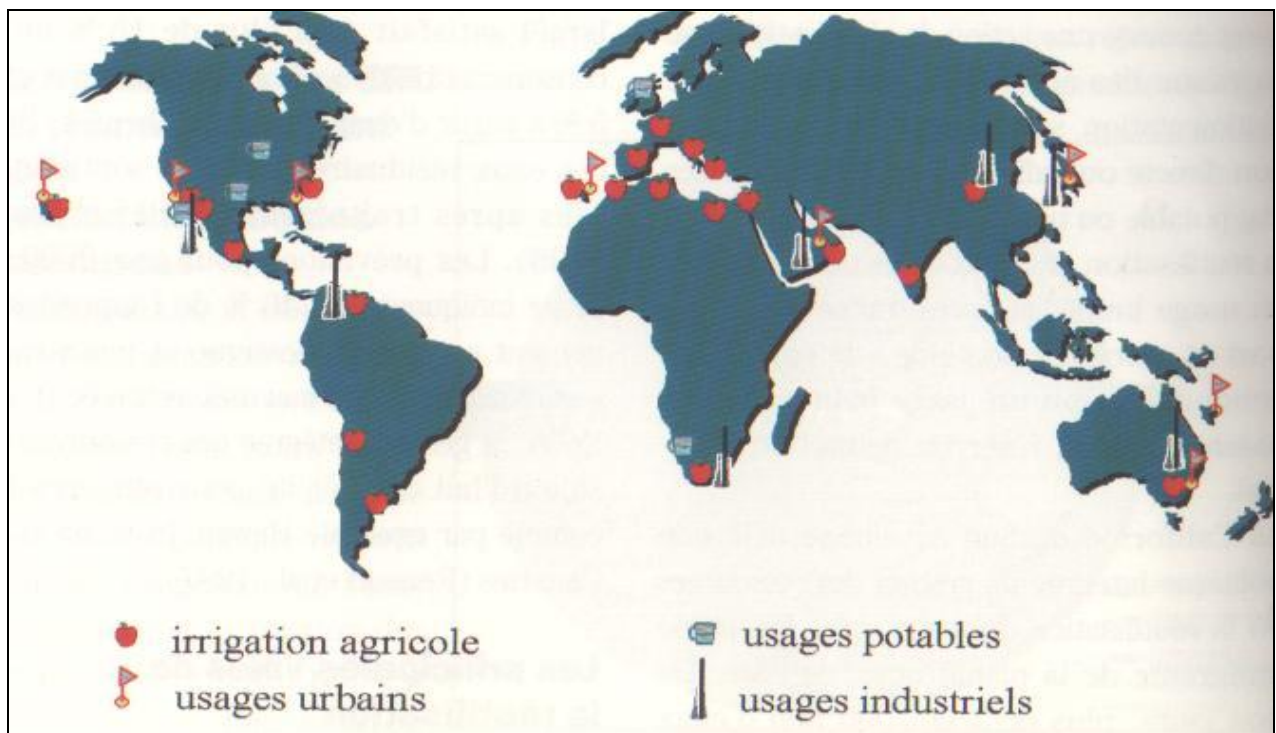
On pourrait encore citer de nombreux exemples tels que la ville de **Taïf en Arabie Saoudite**. Cette ville est équipée d'une station d'épuration traitant **70000 m<sup>3</sup>** d'eau par jour.

Les effluents ainsi traités sont utilisés pour l'arrosage des parcs, des jardins ou pour nettoyer les rues, les bus, les taxis.

### **I.2.6. La réutilisation des eaux usées épurées en France :**

En **France**, la réutilisation des eaux épurées est peu développée. Cela est essentiellement dû à l'abondance de nos ressources en eau. Le maintien du secteur agricole dépend bien sûr de l'irrigation et est aussi jugé indispensable à l'équilibre du milieu insulaire, l'irrigation est réalisée sur 220 hectares de pommes de terres et de courgettes.

Sur le continent, la réutilisation agricole des eaux épurées a permis de soulager les ressources traditionnelles trop sollicitées par l'irrigation de cultures grandes consommatrices d'eau (maïs...) à partir d'une partie des eaux usées de la station d'épuration de l'agglomération **clermontoise** et la station de la **Cogolin** qui ont subi un traitement par boues activées en aération prolongée ainsi qu'une double filtration (par tamis de 180 à 120 microns successivement).



**Figure I.02: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées épurées.**

### **I.3.L'expérience algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées épurées :**

L'Algérie est classée dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques au regard du seuil de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m<sup>3</sup>/habitant/an et plus de 90% du territoire national à prédominance d'aridité avec des potentialités en eau global de 17,2 milliards de m<sup>3</sup> dont 10,2 milliards m<sup>3</sup> d'eaux superficielles et 7 milliards m<sup>3</sup> dont 5 milliards de m<sup>3</sup> au sud d'eau souterraines. Le projet de **REUE** en l'Algérie, a été lancé au début des années 2000/2001.

Pour les axes stratégiques, des actions sur la demande à travers des programmes d'économie d'eau, accroissement de la mobilisation des ressources en eaux non conventionnelles par la réutilisation des eaux usées épurées et dessalement d'eau de mer ( 13 grandes unités en cours de réalisation pour une capacité de 2,5 millions de m<sup>3</sup>/jour pour les grandes villes du littoral afin de libérer les capacités de barrages pour le développement des hauts plateaux et de l'agriculture.

Il soulignera que le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m<sup>3</sup> et dépassera 1,5 milliards de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration. Le nombre de station d'épuration en exploitation est de 102 (52 STEP et 50 lagunes) pour une capacité de production environ 663000 m<sup>3</sup>/an.

Le nombre des stations en cours de réalisation est de 176 (87 Step plus 89 lagunes) pour 355hm<sup>3</sup>/an. Les stations d'épuration sont gérées pendant deux ans par les constructeurs puis par l'office national de l'assainissement (ONA) avec un programme de formation pour garantir une continuité de service.

Pour une meilleure utilisation de cette ressource spécifique, soulignera Bougueroua Omar directeur de l'hydraulique agricole, des actions pour les définitions des opportunités de réutilisation ainsi que la réglementation de l'usage de cette ressource non conventionnelle sont réalisés à travers l'étude de réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle nationale par le ministère des ressources en eau, achevés en décembre 2008. Les principales conclusions de cette étude : pour un renforcement des allocations d'eau pour l'agriculture d'où extension des superficies irriguées (800 millions de m<sup>3</sup>), augmentation graduelle de taux de réutilisation de 37000 ha (280 millions de m<sup>3</sup>) à court terme, 80000 ha (600 millions de m<sup>3</sup>) à moyen terme et 100.000 ha (800 millions de m<sup>3</sup>) à long terme.

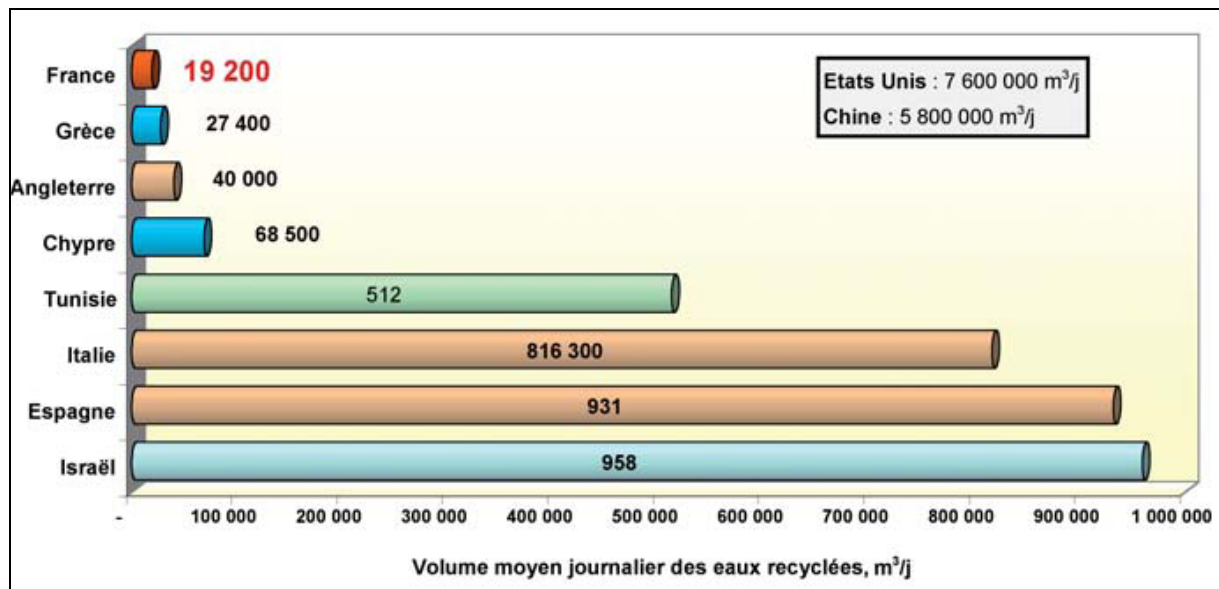


#### I.4.Intérêt, bénéfiques de la réutilisation agricole des eaux usées à partir de l'expérience française :

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau. L'objectif principal de ce titre est d'analyser, dans le contexte actuel d'expansion mondiale des projets de réutilisation, la situation en France et de discerner les chances d'une évolution

##### I.4.1.Volume moyen journalier des eaux usées recyclée :

Pendant les dix 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*, aux *États Unis* et en *Chine*, et jusqu'à 41 % en *Australie*. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 millions de m<sup>3</sup> par jour dans plusieurs pays, comme par exemple en *Californie*, en *Floride*, au *Mexique* et en *Chine*. Mais le volume réutilisé actuellement est 10%, ce qui représente un volume global d'environ 14,2 km (milliards de m<sup>3</sup>) par an.



##### I.4.2.Les installations existantes de réutilisation des eaux usées :

Les exemples les plus connus sont situés sur les îles de *Noirmoutier* (figure 2), *Ré*, *Oléro* et *Porquerolles*, le *Mont Saint Michel*, *Saint Armel*, *Pornic*, *Saint Palais* sur le littoral

atlantique, ainsi que le *Mesnil en Vallée, Coullons* et surtout *Clermont Ferrand* au *cœur de l'hexagone*.

Les difficultés d'approvisionnement en eau ne sont pas la seule motivation de ces réalisations. Le souci de protéger des environnements sensibles, qu'il s'agisse de baignades, de zones conchylicoles, de réserves naturelles ou encore de cours d'eau dégradés par les rejets des stations d'épuration – particulièrement en période d'étiage – a largement inspiré les projets sur les îles, le littoral et à l'intérieur des terres.



**Figure I.03: Vue du traitement tertiaire des eaux usées par lagunage et des pompes d'irrigation à Noirmoutier (installation exploitée par la Saur).**

#### **I.4.3. Les bénéfices et les avantages de la réutilisation des eaux usées :**

La réutilisation des eaux usées peut être un atout important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales. Parmi les avantages et les bénéfices les plus importants de la réutilisation de l'eau on a :

##### **1. Ressource alternative :**

- Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale.
- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels.
- Dans certains cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main

- Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politiques)

## **2. Conservation et préservation des ressources**

- Économiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques.
- Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.

## **3. Aspects législatifs et sanitaires**

- Anticiper la compatibilité avec les nouvelles tendances réglementaires.
- Contribuer au déploiement de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

## **4. Valeur économique ajoutée**

- Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche.
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation.
- Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés. .
- Favoriser le tourisme dans les régions arides.
- Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.

## **5. Valeur environnementale**

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse.
- Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc...
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.).
- Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts.

## **6. Développement durable**

- Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement, etc.
- Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides.

**Conclusion :**

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue, surtout dans le secteur agricole. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à affecté de la pénurie d'eau, Et elle peut réutilise pour de nombreux usages (Industrie, Usages municipaux, Irrigation) a cause des avantages précédentes. Mais il faut souligne que les défis, les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets, Parmi celles :

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.
- Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation
- Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.
- Financement des infrastructures (traitement tertiaire et réseau de distribution) et des coûts d'exploitation.
- La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.
- Importance du choix de la filière de traitement.

**Introduction :**

On appelle réutilisation des eaux usées l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration ; sans passage, ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel,
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale. La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

**II.1- Implantation d'une station d'épuration :**

La nécessité de la mise en place d'une station d'épuration passe par un ensemble de dispositions, qui sont à prendre en considération dans l'élaboration du projet en commençant par le choix du site, qui est indissociable de l'étude d'impact.

A cet égard, quelques règles doivent être rappelées :

- Eviter de construire à proximité d'une zone urbaine, une zone industrielle et un environnement touristique ;
- Eviter les zones inondables ;
- Envisager des extensions et les aménagements futurs.

**II.2- Choix du type de station d'épuration**

La décision de choix du site d'implantation d'une station d'épuration étant prise, il convient après d'en choisir le type.

De nombreux critères de choix peuvent intervenir :

- La nature des eaux usées : il est important de bien connaître les caractéristiques des eaux à traiter, et identifier les rejets industriels susceptibles d'être présents dans les rejets d'une ville.
- La qualité d'eau à obtenir assure une qualité d'eau en aval qui répond aux normes de rejet dans le milieu naturel, ou pour une éventuelle réutilisation, notamment dans le secteur de l'agriculture.

### **II.3- Réutilisation agricole des eaux usées :**

L'évolution de la réutilisation des eaux usées a connu et connaît encore différentes phases en fonction des intérêts mise en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, eaux usées, coulés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau.

Actuellement, les possibilités de la réutilisation des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

Toutefois, les projets de la réutilisation agricole des eaux usées sont des opérations à long terme, qu'il importe de mener avec prudence. En effet, si la réutilisation des eaux usées peut constituer une ressource additionnelle et contribuer à la protection de l'environnement, elle peut également, si elle est pratiquée de façon inappropriée, avoir des effets négatifs sur la santé humaine et animale.

Les problèmes relatifs à la réutilisation étant de nature interdisciplinaire, la prise en compte d'un grand nombre d'aspects nécessaires (procédés de traitement, systèmes d'irrigation, rendements et qualité des récoltes, protection de l'environnement, contrôlés, aspects socio-économiques et sanitaires). Ceci suppose la mise au point d'approches et de solutions spécifiques qui doivent être adaptées aux situations locales. L'utilisation des eaux usées suppose, d'autre part, la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif.

#### **II.3.1- Les motifs :**

Les motifs pour le développement des systèmes de la réutilisation peuvent être très variés, suivant le contexte local :

- Absence d'exutoire pour les effluents collectés,
- Absence ou déficit de ressource en eau et, en conséquence, besoin de mobiliser des ressources supplémentaires,
- Protection de l'environnement et des milieux récepteurs,
- Utilisation des eaux usées comme source d'éléments fertilisants, et leurs applications pour améliorer les sols et la production agricole.

### **II.3.2- Intérêts et contraintes de la réutilisation des eaux usées :**

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées, à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration indépendamment de la réutilisation de cette ressource. Il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible de la réutiliser. Parmi les domaines de la réutilisation, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En effet, elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en fertilisants, notamment l'azote, le potassium et le phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols.

L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendes d'eau fermées, telles que lacs et étangs.

Si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en germes pathogènes et sa teneur élevée en azote, peuvent présenter un risque pour la santé humaine.

### **II.3.3- Les usages possibles :**

Théoriquement, on peut utiliser les effluents des villes pour de nombreux usages :

- Irrigation / Agriculture.
- Industrie.
- Usages municipaux (lavage de chaussées, arrosage).

### **II.4- Caractéristiques des eaux usées :**

Un nombre de conditions sont à réunir pour envisager une utilisation planifiée et contrôlée des eaux usées, Il s'agit avant tout de connaître les caractéristiques des eaux usées et les procédés d'épuration à appliquer.

#### **II.4.1- Origines des eaux usées :**

Les eaux usées proviennent de trois sources principales :

##### **II.4.1.1-Eaux usées urbaines :**

Les eaux usées urbaines comprennent :

- Eaux usées domestiques (eaux de cuisines, de vannes) ;
- Eaux de ruissellement (eaux de pluie et de lavage des chaussées) :

Ces eaux sont caractérisées par la présence des matières en suspension en grande majorité, ainsi que des hydrocarbures provenant de la circulation automobile.

**II.4.1.2-Eaux usées agricoles :**

(Eaux de drainages et de rejets des fermes). Ces eaux sont caractérisées par la présence de forte concentration de pesticides et d'engrais. Elles ont une valeur fertilisante très importante.

**II.4.1.3- Eaux usées industrielles :**

Les eaux usées industrielles sont celles qui proviennent des diverses usines de fabrication ou de transformation. Elles contiennent des substances (organiques ou minérales corrosives ou entrantes), ces substances sont souvent odorantes et colorées, et éventuellement des matières toxiques qui peuvent rompre l'équilibre écologique des milieux récepteurs. Les eaux évacuées par les industries sont :

- Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie ;
- Les eaux de lavage des machines ;
- Les eaux de refroidissement qui dépendent du taux de recyclage.

Les usages industriels ont le choix entre trois possibilités :

- Soit déverser leurs effluents directement dans le réseau d'égouts si l'autorisation a été donnée par la commune ;
- Soit traiter entièrement leurs effluents avant de les rejeter directement dans le milieu naturel récepteur ;
- Soit effectuer un prétraitement en usine avant le rejet dans le réseau d'égouts.

**II.4.2- Importance de rejets :**

L'importance des rejets urbains dépend de certains facteurs notamment :

- Du type de réseau ;
- Des industries raccordées ou non au réseau ;
- La taille de l'agglomération.

**II.4.2.1- Le type de réseau :**

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système unitaire qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales.
- Le système séparatif comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées ;
- Le système pseudo séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel, on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties.



#### **II.4.2.2-Le raccordement des industries :**

Le raccordement des industries aux égouts urbains permet d'obtenir le mélange nécessaire d'eau usée urbaine et industrielle, ce qui présente des avantages, aussi bien pour l'usine que pour la municipalité.

Néanmoins, la capacité de réception du réseau d'assainissement, la qualité des eaux résiduaires, imposent certaines limites au raccordement à l'égout.

#### **II.4.2.3- La taille de l'agglomération :**

Le volume d'eaux usées rejeté par habitant par jour va généralement croissant avec la taille de l'agglomération, par suite de certaines différences d'habitudes de vie, le niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable.

#### **II.4.3- Evaluation de la pollution :**

##### **II.4.3.1-Définition de la pollution :**

La pollution est toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, et induit d'importantes nuisances : mauvaises odeurs, des fermentations inconforts divers, risques sanitaires qui se répercutent, à court terme ou à long terme, sur notre organisme, à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

##### **II.4.3.2- Principaux polluants :**

La composition des eaux usées est fonction de nombreux paramètres :

- Propriété physico-chimique de l'eau potable distribuée ;
- Mode de vie des usagers ;
- Importance et le type des rejets industriels.

D'une manière générale la pollution des eaux se manifeste sous les formes principales suivantes :

##### **a)Pollution organique :**

La pollution organique constitue la partie la plus importante, et comprend essentiellement des composés biodégradables. Ces composés sont de diverses origines :

D'origine urbaine :

- Les protides (les protéines) : qui représentent tous les organismes vivants qui sont de nature protéique tel que les animaux, les plantes, les bactéries et même les virus. Ces protéines subissent une décomposition chimique au contact de l'eau (hydrolyse) en donnant des acides aminés.
- Les lipides (corps gras) : ce sont des éléments rejetés généralement par les eaux domestiques telles que les graisses animales, et les huiles végétales. Leur décomposition en milieu aérobie se traduit par une libération du CO<sub>2</sub>, et en anaérobie, il y a formation de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> ;

- Les glucides : à l'état simple, il s'agit des sucres alimentaires, le glucose, et à l'état complexe donnant les polysaccharides.

D'origine industrielle :

Ce sont les produits organiques toxiques tels que les phénols, les aldéhydes, des composés azotés, les pesticides, des hydrocarbures et les détergents.

#### **b) Pollution minérale :**

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tels que : Les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc et le chlore. Ces substances suscitent :

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu ;
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration ;
- Affectent sérieusement les cultures.

#### **c) Pollution microbiologique :**

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

Les germes pathogènes d'effluent hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ainsi qu'au déversement de nombreuses industries agro-alimentaires (abattoirs, élevage agricoles,.....).

#### **d) Métaux lourds :**

La composition des eaux usées urbaines arrivant dans une station, ne peut que refléter d'une manière assez fidèle :

- La composition même des produits consommés par la population, (alimentations, les lessives, les savons....) ;
- La nature et la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés à l'égout sans traitement au préalable à titre d'exemple, les composés du bore peuvent provenir des industries du verre, des ciments, des faïences, ..... etc.

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

### **II.4.3.3-Les principaux paramètres de pollution :**

#### **a) Les paramètres physiques :**

- **la température** : La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels. Ce paramètre peut influencer sur la solubilité des sels, la concentration de l'oxygène dissout et sur l'activité microbienne.

- **Le pH :**

Le PH joue un rôle capital dans le traitement biologique ; il doit être compris entre 6,5 et 8,5 pour une bonne performance du traitement.

- **La conductivité** Elle donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation.

- **Les matières en suspension (MES) :**

Elles représentent la partie solide de la pollution, les MES créent généralement une pollution et causent de sérieuses nuisances.

- **Les matières volatiles sèches (MVS) :**

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

- **Couleur et odeur :**

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

#### **b) Les paramètres chimiques**

- Demande biologique en oxygène ( $DBO_5$ ) : elle définit la teneur en matière biodégradable de l'eau.
- Demande chimique en oxygène (DCO) : elle permet la mesure globale des paramètres organiques biodégradables et réfractaires.
- Eléments toxiques : la présence des métaux lourds (plomb, mercure, ...) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.
- Les nutriments (azote, phosphore) : le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) provenant surtout des poudres lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales.

#### **II.4.3.4- Mesure de la pollution :**

C'est l'usage d'un certain nombre de paramètres pour caractériser la pollution des eaux. Ces paramètres seront regroupés sous forme de tableau :

**Tableau II.1:** paramètres de pollution.

<i>Paramètres</i>	<i>Unités</i>	<i>Signification</i>
MES	<i>mg / l</i>	Matières en suspension : c'est la pollution dissoute, la plus facile à éliminer.
DBO <sub>5</sub>	<i>mgO<sub>2</sub> / l</i>	Demande biochimique en oxygène en 5 jours : elle correspond à la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours, par les micro-organismes pour dégrader la pollution organique biodégradable.
DCO	<i>mgO<sub>2</sub> / l</i>	Demande chimique en oxygène : elle représente la quantité d'oxygène à fournir pour dégrader par voie chimique la pollution contenue dans un effluent.
M.A	<i>mg / l</i>	Matières azotées : elles quantifient la teneur des différentes formes d'azote dans les eaux usées (organique, ammoniacal, nitrite, nitrate).
M.P	<i>mg / l</i>	Matières phosphorées : elles mesurent la teneur en phosphore dans un effluent
M.I	Equitox	Matières inhibitrices : elles permettent de définir le degré de toxicité des eaux usées industrielles.
EqH	90 g/j de MES 57 g/j de M.O 15g/j de M.A 4g/j de M.P	Equivalent habitant : c'est une unité conventionnelle de mesure de la pollution rejetée par un habitant et par jour.
Débit	<i>m<sup>3</sup> / heure</i> <i>m<sup>3</sup> / jour</i>	La mesure du débit est très importante du fait de sa variation au cours de la journée. Ainsi on pourra faire face aux pointes de débit dans les réseaux.

Source: cours de réutilisation des eaux usées en irrigation. 2010-2011 . Spécialité : irrigation .ENSH

### II.5- Conséquences sur le milieu récepteur :

Le rejet des eaux usées brutes perturbe l'équilibre du milieu récepteur, la quantité de pollution rejetée est devenu incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes :

- Dégradation du milieu naturel ;
- Pollution des mers, des lacs et des cours d'eau ;
- Risque de contamination des eaux souterraines

### II.6. Les normes de rejet :

Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S), les normes de rejets des eaux usées en Algérie sont résumées dans le tableau suivant

**Tableau II.2:** normes de rejets de l'O.M.S., appliqué en Algérie

Paramètres	normes
Température (°C)	30
PH	6,5- 8,5
O2 (mg/l)	5
DBO5 (mg/l)	30- 40
DCO (mg/l)	90 - 120
MES (mg/l)	30
Zinc (mg/l)	2
Chrome (mg/l)	0,1
Azote total (mg/l)	50
Phosphates (mg/l)	2
Hydrocarbures (mg/l)	10
Détergents (mg/l)	1
Huiles et graisses (mg/l)	20

**Conclusion :**

La réutilisation des eaux usées est appelée à se développer, à se diversifier et à être socialement plus acceptée. Des efforts restent à faire dans de nombreux domaines afin de mieux maîtriser l'utilisation de ces eaux. Des systèmes de traitement fiables et économiques demandent à être développés. Les effets à long terme de la réutilisation des eaux usées et des opérations de recharge sont également à prendre en compte.

Les futurs projets de réutilisation des eaux usées dépendront d'une meilleure planification et d'un meilleur aménagement des opérations de réutilisation. Ceci signifie l'amélioration de l'évaluation et de la prise en compte des facteurs techniques, sociaux, économique, réglementaires et environnementaux et la recherche d'une meilleure organisation sur le plan institutionnel.

**Introduction :**

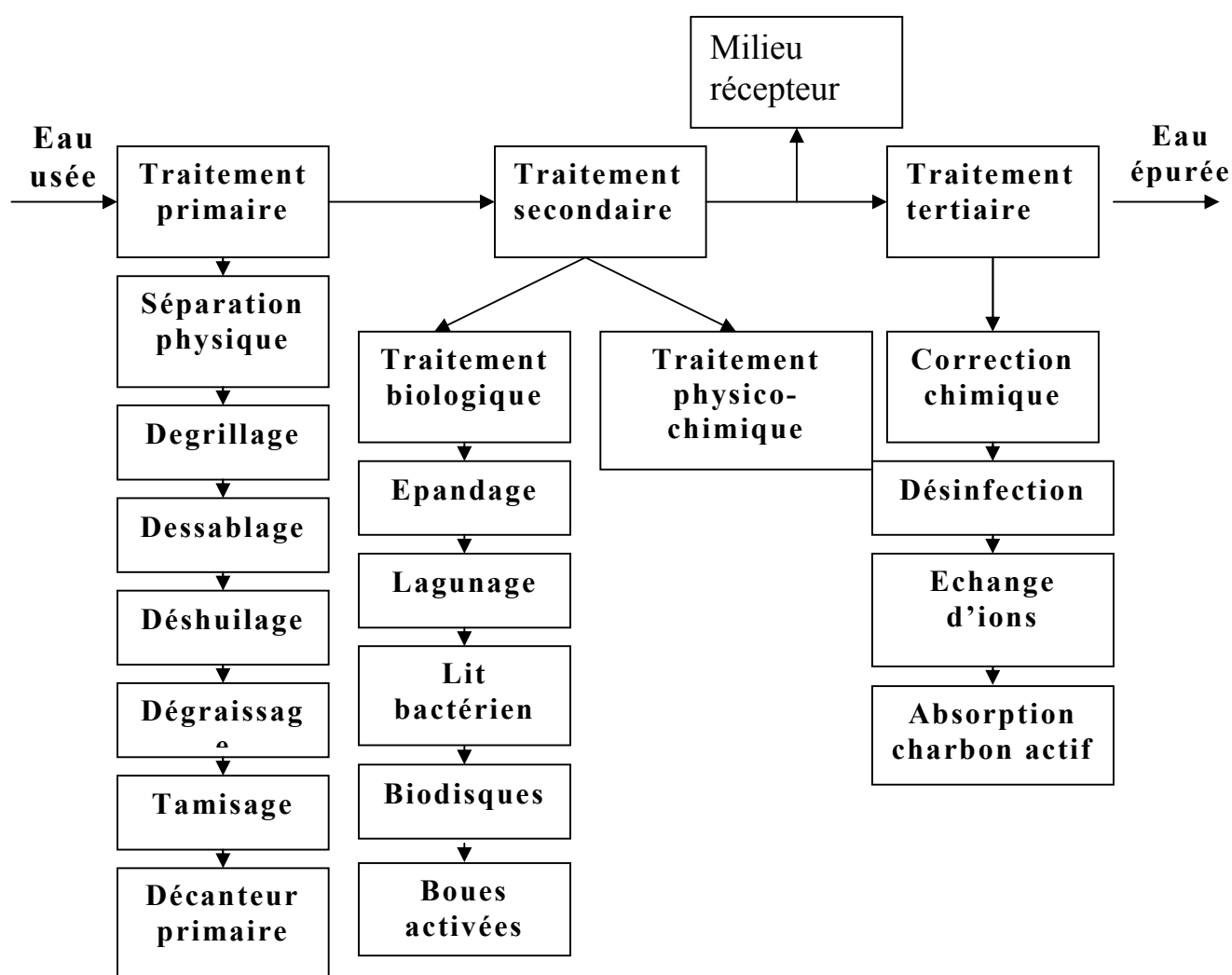
Les eaux usées constituent un effluent très chargé en matières polluantes, nuisibles aussi bien au milieu récepteur qu'aux utilisateurs.

Pour remédier à cette pollution, l'eau usée doit subir une épuration avant son rejet ou sa réutilisation.

On dispose de trois étapes de traitement pour une qualité d'eau épurée assez élevée.

1. Le traitement primaire.
2. Le traitement secondaire
3. Le traitement tertiaire

Le schéma suivant donne la configuration d'une chaîne de traitement.



**Figure III.1 :** la configuration d'une chaîne de traitement.

**III.1- Prétraitement :**

Cette étape consiste à éliminer les gros débris solides, les sables, les graisses et les huiles.

### III.1.1- Dégrillage :

Consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille (il en existe plusieurs types) dont les barreaux plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. L'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent.

Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre barreaux de la grille:

- un pré-dégrillage : espacement de 30à100mm,
- un dégrillage moyen : espacement de 10à25mm,
- un dégrillage fin : espacement de 3à10mm,

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter .On distingue :

- La grille manuelle
- La grille mécanique

### III.1.2- Dessablage - Déshuilage :

Réalisé dans un décanteur commun aux deux traitements.

Le dessablage permet d'éliminer les MES de taille importante ou de densité élevée (utilisation d'un décanteur classique). C'est une étape indispensable notamment pour éviter le bouchage des canalisations et protéger les équipements contre l'abrasion.

Ce dessablage est pratiqué par décantation. Les sables extraits sont envoyés en décharge.

Le déshuilage est basé sur le principe de flottation afin de favoriser la remontée des corps gras moins denses que l'eau. C'est une étape indispensable pour assurer la protection du réacteur biologique. Les résidus huileux sont récupérés par écrémage.

### III.2- Traitement Primaire :

Il consiste en une décantation primaire qui vise à parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des MES naturellement décantables et par une élimination poussée des flottants (huiles et graisses). Elle s'effectue en décanteur lamellaire. Les boues décantées sont reprises par des racleurs de fond.

Les décanteurs lamellaires présentent de nombreux avantages :

- Permettent le fractionnement du débit
- Assurent des écoulements non perturbés

#### III.2.1- Décantation primaire :

La décantation, processus essentiel du traitement primaire, a pour but :

- de retenir une fraction importante de la pollution organique,
- d'alléger la charge du traitement biologique ultérieur,



- de réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologique par culture fixée (lits bactériens, disques biologiques,...)
- d'éliminer 30 à 35% de la DBO<sub>5</sub>, 60% des MES et 90% des matières décantables (pour une eau usée domestique).
- La décantation primaire a peu ou pas d'effets sur l'élimination des virus et des bactéries ; les abattements cités sont de l'ordre de 10 à 30%.

Les décanteurs sont de très grands bassins rectangulaires ou circulaires, à fond plats avec système de raclage des boues ou à fond incliné pour que les boues glissent d'elles-mêmes vers le cône de collecte.

L'alimentation peut se faire frontalement (décanteur rectangulaire), par le centre ou par périphérie (décanteur circulaire).

### III.3-Traitement Secondaire :

A ce niveau, le traitement permet de se débarrasser des impuretés présentes sous forme solubles ou lorsque leur taille ne permet pas d'être piégée dans le traitement primaire.

On distingue deux types de traitement :

- Le traitement physico – chimique
- Le traitement biologique

#### III.3.1- Traitements physico-chimiques :

Des traitements de coagulation et de floculation permettent, grâce à l'addition de réactifs chimiques, de séparer les fines particules en suspension et une partie de la fraction colloïdale. Après la coagulation et la floculation, la séparation de la phase aqueuse de la phase solide est réalisée par un traitement physique, décantation ou flottation.

Ces procédés permettent d'obtenir des abattements de 50 à plus de 90 % des matières en suspension.

##### a) Avantages et inconvénients

- **Avantages**
  - Réponse immédiate aux variations de charge ;
  - Capacité des installations, meilleure intégration au site ;
  - Bonne élimination de la pollution toxique ;
  - Déphosphoration simultanée
- **Inconvénients**
  - Plus grande quantité de boues produites ;
  - Le coût élevé occasionné par les réactifs ;
  - Rendement d'épuration inférieur à l'épuration biologique ;

- Risque de coloration (sels de fer sur eaux septiques).

### **III.3.2- Traitement biologique :**

Le traitement biologique des eaux résiduaires a pour but d'éliminer la matière organique dissoute par action des bactéries et micro-organismes.

Il permet de passer des éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en éléments flocculables et de constituer des agrégats que l'on peut séparer de l'eau.

Il faut aussi signaler que la plupart des procédés biologiques exigent un domaine optimum de pH compris entre 6,5 et 8,5 quant à l'activité microbienne, elle est optimale à 30°C et requière des quantités suffisantes en nutriments.

On peut grossièrement classer les micro-organismes en :

- Germes aérobies qui exigent de l'oxygène pour leur métabolisme ;
- Germes anaérobies qui tirent leurs besoins énergétiques de la matière organique en absence de l'oxygène ;
- Germes aérobies facultatifs qui ont un métabolisme aérobie et un métabolisme anaérobie.

L'épuration des eaux usées fait appel à deux types de procédés :

- Les procédés extensifs ;
- Les procédés intensifs.

#### **III.3.2.1- Les procédés extensifs :**

##### **III.3.2.1.1- L'épandage :**

###### **a) Principe :**

C'est le procédé le plus ancien, il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique. Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltrent à travers le sol peuvent contaminer la nappe.

###### **b) Avantages et inconvénients de l'épandage :**

###### **• Inconvénients :**

L'épuration par épandage présente un certain nombre de risques qui peuvent être : L'intoxication à travers la chaîne alimentaire, la contamination des nappes et le risque de colmatage des sols.

- **Avantage :** L'épandage présente l'avantage d'être un procédé simple et très économique, n'exigeant pas de grands moyens de mise en œuvre ou d'exploitation et permet la fertilisation des sols pauvres par un apport de substances nutritives contenues dans l'effluent.

**III.3.2.1.2- Le lagunage :**

On distingue principalement deux types de lagunage :

- Le lagunage naturel ;
- Le lagunage aéré.

Le lagunage naturel est un procédé de traitement des eaux usées fondé sur un écosystème constitué principalement d'algues et des bactéries aérobies et anaérobies. Le rayonnement solaire est utilisé comme source énergétique pour la production de l'oxygène par photosynthèse par les algues microscopiques.

Ce type de lagunage se caractérise essentiellement par un temps de séjour très élevé des effluents, plusieurs dizaines de jours et par des mécanismes de fonctionnement biologique fortement liés à la température et aux saisons.

Dans le lagunage aéré, un support supplémentaire de l'oxygène nécessaire à l'assimilation des matières organiques par les bactéries est fourni par brassage de surface grâce à des aérateurs mécaniques.

- **Avantage :**

- Adaptation aux variations de charges polluantes ;
  - Contrôles et entretien réduit ;
  - Aucune source d'énergie ;
  - Investissement modéré si le terrain est disponible à bas prix ;
  - Bon rendement sur les germes pathogènes ;
  - Bon rendement sur le phosphore.

- **Inconvénients :**

- Surface nécessaire très importante ;
- Imperméabilité des bassins nécessaire ;
- Rendement faible au climat froid ;
- Temps de séjour élevé.

### III.3.2.2- Les procédés intensifs :

#### III.3.2.2.1- Le lit bactérien :

##### a) Principe :

Ce traitement est basé sur le principe d'infiltration à travers le sol. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteurs dans laquelle se trouve un matériau poreux.

Les eaux à traiter ruissellent à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support, celles-ci renferment une forte concentration de bactéries et de champignons.

Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent, s'appauvrissent progressivement au cours de son trajet.

##### b) Avantages et inconvénients du lit bactérien :

###### • Avantages :

Un bon rendement est atteint avec un choix convenable du matériau et des dimensions des pores (augmentation de la surface spécifique). Les lits bactériens sont aussi performants dans le cas d'effluents urbains ou dans le cas de certaines industries spécifiques (parfumeries, agro-alimentaires).

Entre autre l'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple : pas de gestion de stock de boues.

###### • Inconvénients :

Les traitements préalables doivent être performants, faute de quoi, un encrassement progressif apparaît qui contraint à vider, laver et remettre en place le matériau du lit. Les fréquentes odeurs enregistrées au changement de saisons.

#### III.3.2.2.2- Le disque biologique :

##### a) Principe :

Dans le procédé à biodisque, le support est constitué par des disques parallèles régulièrement espacés sur un axe horizontal, tournant à faible vitesse et immergés sur la moitié de leur hauteur. Ce mouvement induit une oxygénation de la culture pendant la période d'immersion.

Les performances de ce procédé sont liées à :

- La profondeur d'immersion des disques (généralement deux mètres) ;
- La vitesse de rotation de l'arbre qui doit être optimale pour permettre une aération et une fixation des bactéries convenable ;
- La température qui doit être comprise entre 15 et 29°C.

**b) Avantages et inconvénients :****• Inconvénients :**

Les disques ne s'adaptent pas au traitement à forte charge, ils sont très sensibles à la qualité des eaux à traiter, aux pointes excessives des concentrations et de débits, aussi ce procédé par biodisque ne s'adapte qu'au traitement des effluents de petites agglomérations.

**• Avantages :**

Ce procédé est d'une extrême simplicité d'exploitation et économique.

**III.3.2.2.3- Les boues activées :****a) Principe :**

C'est le procédé le plus répandu actuellement pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines des petites, moyennes ou grandes collectivités.

Le procédé à boues activées est un système en continu dans lequel des micro-organismes sont mis en contact avec des eaux usées renfermant des matières biodégradables pendant un temps suffisant.

Ces amas biologiques sont maintenus en agitation au sein de l'eau de façon à assurer un contact avec toute la partie de l'effluent. L'oxygénation est fournie en quantités suffisantes par des aérateurs.

Ainsi, dans le bassin d'aération, en présence d'oxygène, les micro-organismes vont se développer et se reproduire aux dépens des matières biodégradables formant ainsi des flocons décantables, orientés par la suite vers un clarificateur. A la sortie une eau traitée et des boues seront produites, une partie de ces boues sera expédiée vers les organes de traitement des boues et l'autre partie réintroduite dans l'aérateur.

**b) Avantages et inconvénients du procédé à boues activées :****• Avantages :**

Le procédé à boues activées permet de réduire le temps de séjour de la pollution ainsi que les surfaces du terrain utilisées.

Le procédé à boues activées offre l'avantage d'une recirculation de la culture bactérienne ceci conduit à un enrichissement du bassin par les micro-organismes épurateurs.

**• Inconvénients :**

Les installations à boues activées sont très coûteuses vue l'équipement qu'elles comportent (ouvrages en béton, ouvrages métalliques, appareillages électromécanique...).

L'exploitation de ce type de station exige un personnel qualifié et une vigilance permanente, le bon rendement repose sur le bon fonctionnement des aérateurs.

**III.4- Traitement tertiaire :**

En générale, les techniques d'épuration, même les plus énergiquement poussées, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappant à la meilleure décantation.

Ainsi même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants qui risquent de provoquer des dangers. Si une éventuelle réutilisation de cette eau est envisagée, il convient par conséquent d'utiliser des procédés à l'élimination de cette pollution résiduelle. On parlera donc des corrections chimiques ce qui permettra de donner à l'eau une qualité meilleure pour sa réutilisation.

La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact plus long. Mais il convient de signaler que les chloramines formés sont toxiques et présentent un danger pour la vie aquatique, ainsi il y a lieu de penser à une opération de déchloration avant le rejet.

A côté de la désinfection par le chlore, d'autres procédés existent également mais qui restent pratiquement inutilisables dans les domaines de l'épuration des eaux usées. Ceci s'explique par leurs coûts qui restent excessivement élevés, mais qui donnent une eau de qualité qui laisse à désirer. On peut citer pour exemple des échanges d'ions et l'absorption par du charbon actif. Toutefois le coût excessif d'un traitement tertiaire, montre le pourquoi de son absence dans la majorité des stations d'épuration, son prix ne renferme pas seulement le prix des réactifs ou des équipements mais surtout celui d'un personnel hautement qualifié.

**Conclusion :**

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

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

**Introduction:**

Les rejets d'eaux urbaines et des entreprises industrielles sont les principales origines des eaux usées réutilisées. Selon leurs origines les eaux usées sont distinguées par leurs débits arrivants à la station d'épuration, leur concentration en matière en suspension, leur DBO ainsi que par leur DCO. Les procédés de traitement des eaux usées varient avec leurs origines, ainsi les effluents urbains sont faciles à traiter par rapport aux effluents industriels.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est surtout développée dans les pays où la ressource hydrique est très sollicitée tels que les pays du Maghreb et certains états des USA.

Dans ce travail on suppose que les eaux utilisées sont celles récupérées à la sortie de la station d'épuration, autrement dit des eaux usées qui ont subies un prétraitement, un traitement primaire et un traitement secondaire.

**IV.1- Domaines de la réutilisation des eaux usées :**

Les usages des eaux usées épurées sont nombreux. Cependant, les réalisations les plus connues, portent sur l'agriculture (vergers, fourrages, produits à consommer après cuisson), d'autres usages sont possibles et qui portent, dans l'ordre sur les eaux urbaines de lavage et d'arrosage, le refroidissement, l'industrie, les loisirs avec la navigation de plaisance. En effet pour ces usages, l'adaptation en qualité est assez aisée.

Quelques cas sont à noter pour la pisciculture et pour la pêche, bien que l'adaptation en qualité soit plus délicate.

Par contre, pour l'eau de boisson, l'irrigation destinée à des produits agricoles à consommer crus, ou même pour l'alimentation du bétail, les contraintes de santé sont publiques ou les coûts économiques ont pour le moment écarté toute réalisation importante.

**IV.2- Problèmes dus à la réutilisation des eaux usées :**

La réutilisation des eaux usées est confrontée à plusieurs contraintes. Celles-ci présentent les risques qui lui sont associés. Ces limitations peuvent être réparties en trois catégories :

**IV.2.1- Problèmes liés au sol:**

Le principal risque encouru par le sol lors de l'irrigation des cultures par des eaux d'effluents moyennant les différentes techniques existantes est celui du colmatage.

En règle générale, ce colmatage n'affecte que la partie superficielle du sol, les résultats des études menées sur ce sujet concorde tous.

**IV.2.1.1- Problèmes de colmatage :**

Ces problèmes sont liés à trois causes principales:

**IV.2.1.1.1- Colmatage physique:**

Le taux de matières en suspension est un paramètre important à prendre en compte lors des études de faisabilité relatives au colmatage du sol, ces matières en suspension pouvant obstruer les pores et provoquer tout au moins en surface, une imperméabilisation.

La cinématique de ce phénomène dépend de la teneur en matières en suspension de l'eau utilisée, mais également des caractéristiques physiques du sol (texture, porosité, perméabilité).

Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dans les proportions rencontrées naturellement dans les sols maintiennent la structure de ceux-ci. Lorsque ces sols sont soumis à l'irrigation avec des eaux riches en sodium échangeables, ce dernier peut se substituer aux ions alcalino-terreux des argiles et défloculer celles-ci, entraînant par ce fait une imperméabilisation. Ce risque est d'autant plus grand que l'eau est minéralisée.

En particulier, les sols lourds (plus riche en argile), et alcalins supportent en général moins bien que des sols légers des eaux de qualités médiocre.

**IV.2.1.1.2- Colmatage chimique:**

De part certaines modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu (PH, température, potentiel redox), des précipitations de certains sels peuvent avoir lieu (sels de calcium, sels de fer ...)

**IV.2.1.1.3- Colmatage biologique:**

L'apport par l'eau de quantités notables de matières organiques est également un facteur important dans le colmatage des sols. Cet apport de matières organiques favorisent le développement de la végétation, celle-ci génèrent à son tour de la matière organique engendrant ainsi un processus de colmatage.

Le développement, qui apparaît surtout dans les bassins d'infiltration est également un phénomène important responsable de ce colmatage. Les organismes morts s'accumulent dans le fond et bloquent les pores de la même manière que les matières en suspension.

Ces phénomènes peuvent également apparaître en irrigation lors de périodes de submersion trop importantes ou dans des zones de stagnation de l'eau sur des terrains peu drainants.

D'autre part, ces algues, lors de leur développement, peuvent précipiter des sels tels que le carbonate de calcium qui obstruent mécaniquement les pores.

De même, certaines bactéries peuvent faire précipiter des sels de fer.



**Tableau IV.1:** Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte (FAO, 85).

Problème	Unité	Degré de restriction pour l'usage		
		pas de restriction	Peu modéré	sévère
<b>1) Physique</b>				
Matières en suspension	Mg/l	<50	50-100	>50
<b>2) Chimique</b>				
pH -	Mg/l	<7.0	7.0 — 8.0	>8.0
Matières dissoutes	Mg/l	<500	500-2000	>2000
Manganèse	Mg/l	<0,1	0,1-1,5	>1.5
Fer	Mg/l	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Sulfate d'hydrogène	Mg/l	<0,5	0,5-2	>2
<b>3) Microbiologique</b>				
Coliformes totaux	Unités/100ml	<10 000	10 000— 50000	>50000

Source : FAO 1985

#### IV.2.1.2- Remèdes au colmatage des sols:

En ce qui concerne les sols sur lesquels est pratiquée une irrigation, les expérimentations menées montrent que des labourages fréquents suffisant à limiter ces phénomènes de colmatage d'une part par action mécanique, d'autre part en activant la dégradation des matières organiques du fait de l'aération du sol. Ce travail de la terre est également bénéfique pour lutter contre la tendance à la formation des croûtes dites salées lorsque les eaux utilisées sont très minéralisées. Cette pratique présente bien évidemment des limites et il importe que le sol possède au préalable une aptitude à recevoir des effluents.

Les plus impotentes réalisations actuelles dans le domaine de l'irrigation par des eaux usées montrent que cette pratique est réalisée sur des sols à très bonne perméabilité (limons sableux ou sols sableux), c'est à dire souvent sur des sols qualifiés de *pauvre* du point de vue agricole mais qui sont valorisés par une irrigation au moyen d'eaux usées riches en fertilisant.

#### IV.2.1.3- Perméabilité :

Il y a problème de perméabilité si l'eau ne pénètre pas assez rapidement dans le sol pendant une irrigation pour reconstituer la réserve d'eau nécessaire à la culture jusqu'à l'arrosage suivant. Une mauvaise perméabilité du sol entrave donc l'apport d'eau à la culture et risque de rendre beaucoup plus difficile les pratiques culturales en raison d'un croûtage sur les semences, d'un engorgement à la surface du sol, phénomènes qui s'accompagnent de toutes sortes d'inconvénients: maladies, salinité, mauvaises herbes, problèmes d'aération et de nutrition.

Cette imperméabilisation est liée à la composition ionique de l'eau d'irrigation, c'est ainsi que ce problème est lié à la teneur en carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) de l'eau d'irrigation. Quand le sol est sec entre les arrosages une partie de  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  précipite sous forme de carbonate mixte de calcium et de magnésium, ce qui revient à enlever des cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  de la solution du sol et accroître la proportion relative de sodium et donc le risque d'imperméabilisation. Une classification des eaux d'irrigation est basée sur le calcul du carbonate de calcium résiduel (R.S.C.) par la formule suivante:

$$\text{R.S.C.} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

La qualité de l'eau d'irrigation est liée à la valeur de R.S.C. :

R.S.C. > 2.5            L'eau d'irrigation n'est pas utilisable

1.25 > R.S.C. < 2.5    L'eau d'irrigation est marginale

R.S.C. < 1.25            L'eau d'irrigation est utilisable.

Le problème de perméabilité est également lié à l'alcalinisation qui est la fixation exagérée du sodium par le complexe absorbant du sol. Ce processus est toujours accompagné d'une augmentation du PH. Cette alcalinisation est appréciée par le pourcentage de sodium échangeable ESP donné par la formule suivante:

$$\text{ESP} = (\text{Na} / \text{CEC}) * 100$$

CEC : étant la capacité d'échange cationique

Na : la teneur du sol en sodium échangeable

- Si l'ESP est supérieur à 15% les risques d'alcalinisation sont élevés et l'eau est dite mauvaise
- Si l'ESP est compris entre 8 et 15% les risques sont faibles et l'eau est dite moyenne
- Si l'ESP est inférieur à 15% ces risques sont nuls et l'eau est dite bonne.

#### **IV.2.1.4- Solutions d'aménagement aux problèmes de perméabilité:**

Parmi les solutions d'aménagement envisageable aux problèmes de perméabilité, on peut citer:

- Les amendements du sol par utilisation du gypse.
- Les façons culturales ou le labour profond constituent une autre solution efficace mais provisoire et il importe que le sol possède au préalable une certaine aptitude à recevoir des effluents. Les plus importantes réalisations actuelles dans le domaine de l'irrigation par des eaux usées montrent que cette pratique est réalisée sur des sols à très bonne perméabilité.
- des apports de matières organiques peuvent aussi améliorer la structure sol.

**IV.2.2- Les risques sanitaires immédiats:****IV.2.2.1- Toxicité chimique :**

La toxicité due aux composées chimiques (métaux lourds essentiellement) pourrait provenir de l'accumulation de ceux-ci dans les cultures (effet de concentration) et leur transmission aux consommateurs (humain ou bétail).

Il faut également signaler que les quantités de métaux lourds apportés par les boues d'eaux résiduaires utilisées en agriculture sont nettement supérieures à celles apportées par les eaux usées. De ce fait, les problèmes dus aux éléments - traces minéraux ne devaient se poser que dans certaines situations particulières. Par contre, cet aspect doit être examiné de manière plus approfondie dans le cas d'épandage d'eaux résiduaires (effluent brut).

**IV.2.2.2- Agents pathogènes :**

Les eaux usées sont des milieux particulièrement favorables aux développements des microorganismes de tout genre, notamment en ce qui concerne les bactéries pathogènes et les virus. La composition microbiologie des effluents est extrêmement conditionnée par les modes de vie et les conditions sanitaires régionales.

La contamination susceptible de se produire se situe à différents niveaux:

**IV.2.2.3- Le consommateur :**

La protection du consommateur passe par une réglementation de la qualité sanitaire des eaux utilisées pour l'irrigation. Il faut tout de même souligner l'absence d'étude portant sur les effets sanitaires liés à la REU, donc actuellement, il n'existe pas de normes bactériologiques bien définies relative à l'eau utilisée à des fins d'irrigation.

D'autre part, la qualité bactériologique dépend des cultures pratiquées. Pour certaines, un niveau de 10<sup>4</sup> à 10<sup>5</sup> bactéries coliformes sera acceptable. Pour d'autres, ce niveau pourra descendre à moins de 100 / 100 ml, nécessitant ainsi une désinfection de l'eau.

**IV.2.2.4- Culture légumes:**

Presque tous les cas d'épidémies cités dans la littérature concernent la consommation de végétaux crus et l'utilisation d'eaux résiduaires brutes, de matière de vidange ou de boues brutes.

Compte tenu de l'efficacité des traitements d'épuration et de la désinfection, l'utilisation des eaux résiduaires sur des végétaux à consommer crus est inacceptable, quel que soit le stade de traitement.

**IV.2.2.5- Cultures fourragères:**

L'utilisation des eaux résiduaires urbaines sur prairies pâturées est possible sous réserve de respecter un délai entre épandage et pâturage. Les problèmes posés par les bactéries ne semblent pas majeurs, seuls les parasites risquent d'empêcher cette utilisation et de la réduire à des eaux traitées désinfectées. Par ailleurs il serait intéressant d'avoir des informations sur le devenir des agents

pathogènes dans l'ensilage. L'utilisation des eaux résiduaires sur prairies de fauche ne semble pas poser de grands problèmes.

#### **IV.2.2.6- Le personnel d'exploitation:**

Pour le personnel d'exploitation, la prévention passe par une formation sur les précautions à prendre. Quelques études menées sur le risque sanitaire pour le personnel font ressortir que ce risque n'est pas plus élevé que pour le personnel travaillant sur les stations d'épuration.

#### **IV.2.2.7- Le voisinage immédiat:**

Il est à mentionné également qu'une épuration insuffisante peut aussi entraîner des nuisances pour le voisinage immédiat en ce qui concerne les odeurs et le développement de moustiques. Il convint donc, dans la mesure du possible que les terrains agricoles utilisés soient suffisamment éloignés des habitations et en aval par rapport aux vents dominants, d'autant plus l'irrigation qui se fait par asperseurs les risques de contamination humaine par les bactéries ou virus transportés par les aérosols sont toujours possibles. Pour remédier à cela, il a été mis en place sur certaines réalisations, une zone morte autour du périmètre irrigué ou un rideau d'arbres protecteurs.

#### **IV.2.3- Problèmes liés à la plante:**

La phytotoxicité pose des problèmes différents de ceux de la salinité et de la perméabilité, car elle se manifeste dans le végétal lui même comme résultat de l'absorption et l'accumulation de certaines substances contenues dans l'eau d'irrigation.

Si les eaux usées contiennent en proportion élevée des rejets industriels, peuvent être riches en métaux lourds qui font partie certains éléments indispensables à la plante en quantité faible.

Ces métaux pourraient s'accumuler dans les cultures et devenir par- là phytotoxiques et toxiques pour le consommateur.

##### **IV.2.3.1- Le sodium:**

La plupart des cultures arboricoles et autre plantes pérennes de types ligneux sont particulièrement sensibles à de faibles concentrations de sodium. Les cultures annuelles sont relativement moins sensibles mais peuvent être affectées par des concentrations plus élevées. Les plantes absorbent le sodium en même temps que l'eau et celui ci se concentre dans les feuilles, pouvant entraîner des dégâts (toxicité) si son accumulation atteint une concentration dépassant la tolérance de la culture.

Les symptômes caractéristiques en sont la brûlure ou le dessèchement des tissus situés sur les bords de la feuille qui, à mesure que le phénomène s'aggrave progressivement vers l'intérieur entre les nervures.

**IV.2.3.2- Le chlore:**

La plupart des cultures d'arbre et autres plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faibles doses alors que La plupart des cultures annuelles ne le sont pas. Toutefois, certaines cultures peu sensibles peuvent être affectées par des concentrations plus fortes. Les symptômes de toxicité sont : la brûlure du feuillage ou le dessèchement des tissus foliaires qui se produisent de manière caractéristique tout d'abord à l'extrême pointe des feuilles plus âgées puis progressives vers l'arrière en suivant les bords, à mesure que le phénomène s'aggrave.

**IV.2.3.3- Le bore:**

Le bore est un des éléments essentiels à la croissance végétale, mais il n'est nécessaire qu'à des doses relativement faibles. En quantité excessive il devient toxique. Les problèmes de toxicité par le bore sont souvent en rapport avec la présence de cet élément dans l'eau d'irrigation, mais ils peuvent à l'occasion se manifester quand le bore se trouve naturellement dans le sol.

Il semble que la sensibilité au bore affecte des cultures très diverses. Les symptômes de toxicité se manifestent d'une manière caractéristique tout d'abord sur les bouts et les bords des feuilles plus âgées ou par des taches ou un détachement ou un dessèchement des tissus foliaires.

Le jaunissement ou les taches sont suivies dans certains cas par un dessèchement qui progresse depuis le bout de la feuille, le long des bords et vers le centre des nervures.

**IV.2.3.4- Procèdes de lutte contre la phytotoxicité**

Les problèmes de toxicité se manifestent à des concentrations relativement faibles dans l'eau d'irrigation. Si l'on pratique des cultures sensibles, on pourra être amené à adopter certaines techniques qui ont pour effet soit de diminuer la concentration effective des substances toxiques soit d'apporter des ajustements permettant d'améliorer la production avec les concentrations présentes. Pratiques visant à diminuer la concentration effective des constituants toxiques (sodium, chlore, bore) :

- arroser plus fréquemment ;
- fournir un supplément d'eau pour lessivage;
- en cas de toxicité par le sodium utiliser des amendements du sol ou de l'eau tels que le gypse...
- modifier l'approvisionnement en eau ou mélanger des eaux de provenance différente.

Pratiques visant à s'adapter à la situation:

- faire des cultures moins sensibles;
- fournir un supplément d'azote pour obtenir une fertilité maximum du sol nécessaire à la croissance des cultures telles que les agrumes ;

- lessiver périodiquement, augmenter la fraction de lessivage, modifier le profil du sol pour améliorer la percolation de l'eau en profondeur, et installer un drainage artificiel.

### IV.3.Cultures irrigables par les EUE :

- Les produits maraîchers qu'il est possible de produire avec des EUE sont les produits qui ne sont consommés que sous forme cuite . En raison de la difficulté de contrôle et des capacités actuelles d'effectuer le contrôle, toutes les autres productions seront à proscrire avec la REUE. Le cas des arbres fruitiers est différent puisque l'on peut cesser l'irrigation plusieurs jours avant la récolte. De cette façon, le contact avec les EUE et les produits agricoles est évité pendant la récolte (en autant que les fruits tombés au sol ne soient pas ramassés). Ces produits sont donc permis avec la REUE. Dans la même catégorie, on pourrait aussi répertorier toutes les productions destinées exclusivement à la conserverie.
- Dans un avenir plus ou moins lointain, il sera éventuellement possible, avec l'amélioration des moyens de contrôle et l'expérience des producteurs, de tolérer la production de certaines espèces végétales qui peuvent être consommées crues mais produites sous des conditions spécifiques (goutte à goutte) et qui ne sont généralement pas en contact avec les EUE. Ces productions ne devraient être tolérées que sur des périmètres de petite taille qui faciliteraient l'efficacité du contrôle
- La liste des produits permis par le présent projet de norme pour la REUE inclurait, pour les produits maraîchers :

#### IV.3.1 .Liste des productions maraîchères et fruitières permises avec la réutilisation ou qui pourront éventuellement le devenir :

- Cette liste a été publiée par le comité n°44 LEANOR dans un projet de proposition de Norme Algérienne pour la REUE

##### Fruits

- Agrumes : pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine
- Agrumes non destinés à la consommation : bigarade, bergamote
- Arbres fruitiers : pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, kaki, grenade, figue
- Dattier
- Rhubarbe
- Vigne
- Légumes
- Artichaut
- Asperge
- Aubergine
- Chou de Bruxelles
- Citrouille et potiron
- Haricot et pois mangetout
- Légumes feuille à cuire : moutarde, chou frisé, betterave, bette à carde, « rape », « kale », « collard », rapini
- Légumes-racine : panais, betterave, salsifis, raifort, chou-rave, céleri-rave, ...
- Maïs sucré
- Okra
- Pois sucré
- Pomme de terre

- **Autres**
- Arachides
- Noix
- Olive

#### IV.3.2 Liste des productions maraîchères et fruitières qui pourront être permises dans le moyen Terme :

- **Fruits**
- Petits fruits : framboise, mûre, groseille,...
- **Légumes**
- Brocoli
- Chou-fleur
- Poivron et piment
- Tomate
- Tomatille, cerise de terre
- En plus des cultures fruitières, maraîchères permises pour la REUE, certaines cultures seraient permises d'office, compte tenu de leur caractère « non alimentaire », de leur utilisation après récolte (transformation, cuisson, stérilisation) ou du mode d'irrigation utilisé
- Les cultures industrielles non alimentaires comme les textiles (lin, coton, sisal,...), le tabac, etc,...
- Les productions maraîchères et fruitières destinées à la conserverie ou à la transformation non alimentaire;
- Les céréales et les oléagineuses (blé, seigle, orge, avoine, soja, tournesol, etc...);
- Les cultures fourragères (luzerne, maïs fourrager, bersim, etc...);
- Les productions agroforestières ligneuses;
- Les productions ornementales.

#### IV.3.3 Lignes directrices d'ordre général des bonnes pratiques pour la réutilisation :

Les principales lignes directrices de bonnes pratiques citées ci-dessous sont extraites des normes usuelles de REUE et peuvent être regroupées en deux parties :

##### IV.3.3.1. Utilisation et production :

- L'accès aux EUE, que ce soit en stockage ou en distribution, devrait être limité à un minimum (clôtures, bornes cadenassées, etc.). Les bornes devraient être clairement identifiées pour éviter l'usage des EUE en tant qu'eau potable;
- Dans les parcelles irriguées, le système d'irrigation doit limiter les contacts directs des agriculteurs avec les EUE;
- Les quantités d'EUE appliquées devraient être minimales afin de répondre aux besoins des plantes tout en limitant l'impact potentiel sur l'environnement;
- Des mesures préventives doivent être prises pour protéger les utilisateurs des EUE.
- Ces mesures vont se retrouver à plusieurs niveaux
- formation des opérateurs aux risques et aux règles d'hygiène et de salubrité;
- protection « mécanique » : port de vêtements protecteurs appropriés : bottes, gants, ...;
- Pour l'irrigation, il faut prévoir des bandes de protection pour limiter les contacts avec les populations voisines, en particulier lors que l'aspersion est utilisée;
- Lorsque l'aspersion est utilisée, éviter d'irriguer pendant les journées venteuses;
- Arroser préférentiellement de nuit lorsque moins de gens peuvent être atteints;
- Il faut arrêter l'irrigation avec des EUE avant la récolte des produits afin de réduire la contamination pathogénique des plantes lorsque c'est possible : une semaine pour les fourrages et 10 jours pour les fruits;

- Il faut éviter de laisser le bétail brouter sur les pâturages irrigués avec des EUE;
- Les produits agricoles (vigne et fruitiers) tombés au sol ne doivent en aucun cas être récupérés. Dans certains cas cependant (conserverie), il est possible de ramasser les fruits au sol en raison de l'étape de stérilisation subséquente.

#### **IV.3.3.2. Post-récolte / préparation :**

- Autant que faire se peut, les contenants servant à faire la récolte ne devraient pas être déposés au sol.
- Les camions et moyens de transport utilisés devraient être bien nettoyés et désinfectés entre les transports de produits irrigués avec des EUE afin de limiter les risques de contamination croisée.
- Les produits issus de la REUE devraient toujours être lavés à l'eau potable ou avec une solution désinfectante faible puis rincés à l'eau potable.
- Le pelage des produits réduit considérablement le niveau de pathogènes.  
La cuisson complète des produits élimine les contaminants microbiologiques.

#### **IV.4- Adaptation des différents systèmes d'irrigation:**

##### **IV.4.1- Techniques de submersion ou apparentés :**

Ces techniques nécessitent toutes un apport important d'eau, qui peut se faire par des fossés, digues, ou des conduites de gros diamètre. Ces équipements délivrent l'eau sur un bord de la parcelle et ne nécessitent pas d'équipements compliqués ou de précision (ce sont des déversoirs au flanc des canaux, des vannes...).

Les problèmes ne se posent donc pas d'un point de vue technologique (pas de colmatage...). Par contre on doit tenir compte des risques de contamination pour les mains d'oeuvres, consommateurs, animaux ... il est donc préférable, soit de limiter l'accès aux fossés par des grillades, soit de transporter l'eau dans des conduites fermées.

##### **IV.4.2- Irrigation à la raie:**

Ces techniques nécessitent des réglages de débits qui peuvent se faire à la pelle ou à la main. Il y a donc de forts risques d'éclaboussures. Pour limiter les risques de contamination des techniciens par l'effluent, les recommandations suivantes sont à prendre en considération:

- l'emploi de gaines souples manoeuvrables par chaînettes.
- l'emploi de tuyaux enterrés ou de venettes : l'ouverture sera réglée une fois pour toutes pour que l'on n'ait plus de risques de contact avec l'effluent. On placera un clapet à l'extrémité de la conduite pour pouvoir la vidanger.

##### **IV.4.3- Irrigation par aspersion:**

Les adaptations que l'on peut apporter au matériel vont avoir pour but de maîtriser au mieux l'aérosol. La quantité d'aérosol produite est d'autant plus grande et plus sensible au vent que la pression est forte, que la portée est grande, et que les gouttes sont fines.

Les adaptations proposées sont les suivantes:



- Favoriser des pressions minimales de fonctionnement, adopter des buses de fort diamètre.
- Utiliser des asperseurs ayant un angle de tir faible et donc une trajectoire tendue pour limiter la prise au vent. Les meilleurs angles de tir sont de 10 à 25° par rapport à l'horizontal.
- Si on utilise des rampes pivotantes ou frontales, on peut les équiper de cannes télescopiques fixées sur la rampe pour abaisser la tête d'arrosage en fonction de la hauteur de la culture, ou de buses dirigées vers le sol.
- Mettre en place des brise-vent:

La hauteur des arbres impose l'espacement entre les haies; ils créent une zone de protection contre les vents longue de 1 fois la hauteur en amont et de 15 à 20 fois celle-ci en aval.

Globalement, il faut placer les brises vents toutes les 20 hauteurs.

#### **IV.4.4- Micro-irrigation:**

Cette technique d'irrigation semble être la plus adaptée à la réutilisation des eaux usées. Par contre, du fait du faible diamètre des orifices des distributeurs, le réseau est très sensible aux colmatages par les matières en suspension, les développements organiques causés par les eaux usées. C'est pourquoi il faut apporter une grande attention au choix des distributeurs car certains y sont plus sensibles que d'autres.

Parallèlement au choix des distributeurs, il faut prévoir :

- Un bout mort à l'extrémité de chaque rampe (environ 1 m), pour que, la vitesse de l'eau chutant, les particules sédimentent à cet endroit et non pas au niveau des derniers distributeurs de la rampe.
- Des valves de vidange, éventuellement automatique, aussi aux extrémités des rampes pour pouvoir effectuer des purges régulièrement et facilement.

#### **Conclusion:**

Globalement, que ce soit avec des eaux épurées, ou des eaux brutes, la micro irrigation ne pose pas de problèmes technologiques insurmontables si on choisit les distributeurs présentant le moins de risques d'obstruction et si bien sûr, on installe des filtres largement dimensionnés.

## INTRODUCTION

L'objectif principal de ce chapitre c'est l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux épurées de la station de TIPAZA, en effectuant des analyses physico-chimiques, et en comparant les résultats avec les normes de rejet établies par l'OMS pour avoir la conformité aux ces normes.

### V.1. Présentation de la station d'épuration de CHENOUA :

#### V.1.1. Situation géographique :

La station d'épuration des eaux usées urbaine de CHENOUA de type boue activée à faible charge, est située à ouest de la ville de TIPAZA à proximité de la méditerrané (chemin de wilaya N° 109 TIPAZA), elle a été mise en service en 2008, sa capacité de traitement des eaux usées est de 3965 m<sup>3</sup>/j pour 70000eq/hab., qui sont évacuées dans le oued el Nador puis dans le méditerrané.

La STEP de CHENOUA a été certifiée selon la norme internationale ISO14001 version 2004. Elle demeure le premier genre à l'échelle nationale et africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation.

L'objectif cible et requis en sortie de station doit être conforme aux caractéristiques de l'effluent final après les traitements, qui sont :

**Tableau V.1 :** Les normes appliqués dans la STEP :

Paramètres	Normes
DBO5	< 30mg/l sur 24h
MES	< 30mg/l sur 24h
DCO	< 90mg/l sur 24h
NTK	< 40mg/l sur 24h
Ph	entre 6.5 et 8.5
Coliformes totaux	< 20000 /100ml



**Figure V.1** : La station d'épuration de CHANOUA.

Les caractéristiques de l'eau à traiter sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau V.2** : Les caractéristiques de la pollution à traiter.

paramètres	caractéristiques
Volume journalier	11200m <sup>3</sup> /j
Débit moyen 24h	467m <sup>3</sup> /h
Débit de point temps sec	803m <sup>3</sup> /h
DBO5 journalières	4200kg/j soit 375mg/l
MES journalières	4900kg/j soit 438mg/l
SDBO (DBO soluble)	187mg/l
Ph	entre 6.5 et 8.5
DCO totale	825 mg/l
DCO biodégradable	600 mg/l
DCO soluble	305 mg/l
DCO biodégradable immédiatement	140 mg/l
NTK	40mg/l
P totale	10mg/l
Température	20°C

### V.1.2. Qualité des eaux :

Dans un premier lieu on se référera aux résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées urbaines de la ville de *Tipaza* qui sont faite au niveau du laboratoire de la *STEP* elle-même enregistrés durant année 2010, A l'entrée et à la sortie de la station d'épuration (STEP)

#### V.1.2.1. Eaux usées brutes (Entrée de la STEP) :

A l'entrée de la *STEP*, les concentrations moyennes obtenues des eaux usées brutes concernant les différents paramètres physicochimiques s'élèvent :

**Tableau V.3** : les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes.

<i>paramètres chimiques</i>	<i>MES kg/j</i>	<i>DBO-5 kg/j</i>	<i>DCO kg/j</i>	<i>NO<sub>2</sub>-N mg/l</i>	<i>NO<sub>3</sub>-N mg/l</i>	<i>NTK mg/l</i>	<i>NH<sub>3</sub>-N mg/l</i>	<i>PO<sub>4</sub>-3 mg/l</i>
<i>les concentrations</i>	1772,33	1174,94	2721,00	1,91	3,02	28,86	37,25	4,90

Source : STEP de Tipaza.2010

**Interprétation des résultants** : Nous peut conclure que la qualité d'une eau usée urbaine à prédominance domestique fortement chargée.

Dans les effluents urbains à prédominance domestique, Et selon la norme (NFU 44-04 de juillet 1985), le rapport (DCO/DBO5) permettant d'apprécier la biodégradabilité de la matière organique serait entre 2 et 3, donc l'effluent biodégradable à condition de mettre en place un traitement adéquat (on ajoute des bactéries) «la boue active»

#### V.1.2.2.Eaux usées épurées (Sortie de la STEP) :

A la sortie de la STEP, les teneurs moyennes enregistrées des eaux usées épurées concernant les deux paramètres chimiques précédemment cités, sont :

**Tableau V.4.A** : Paramètres physicochimiques des eaux usées épurées

<i>paramètres chimiques</i>	<i>MES kg/j</i>	<i>DBO-5 kg/j</i>	<i>DCO kg/j</i>	<i>NO<sub>2</sub>-N mg/l</i>	<i>NO<sub>3</sub>-N mg/l</i>	<i>NTK mg/l</i>	<i>NH<sub>3</sub>-N mg/l</i>	<i>PO<sub>4</sub>-3 mg/l</i>
<i>les concentrations</i>	58,17	23,03	379,83	0,45	1,88	12,05	5,10	3,20

♦Le rendement épuratoire de la station d'épuration des Paramètres physicochimiques cités précédemment est présent dans le tableau suivant :

**Tableau V.4.B** : Rendement d'élimination des Paramètres physicochimiques

<i>paramètres chimiques</i>	<i>MES kg/j</i>	<i>DBO-5 kg/j</i>	<i>DCO kg/j</i>	<i>NO<sub>2</sub>-N mg/l</i>	<i>NO<sub>3</sub>-N mg/l</i>	<i>NTK mg/l</i>	<i>NH<sub>3</sub>-N mg/l</i>	<i>PO<sub>4</sub>-3 mg/l</i>
<i>Rendement %</i>	96,72	98	86	76,53	37,85	58,25	86,31	34 ,70

Source : STEP de TIPAZA.2010

D'Après les résultants d'obtenue on constate que le rendement d'élimination des : **MES**, **DBO-5** et **DCO** et plus élève, que signifie que un bon traitement des ces paramètres dans cette station. Par contre on remarque que le rendement d'élimination des : **NO<sub>3</sub>-N** et **PO<sub>4</sub>-3** est moyennement faible, que signifie que ces paramètres provoque des réactions inversible qui causé d'augmentation de la concentration des ces paramètres à la sorte de la **STEP**.

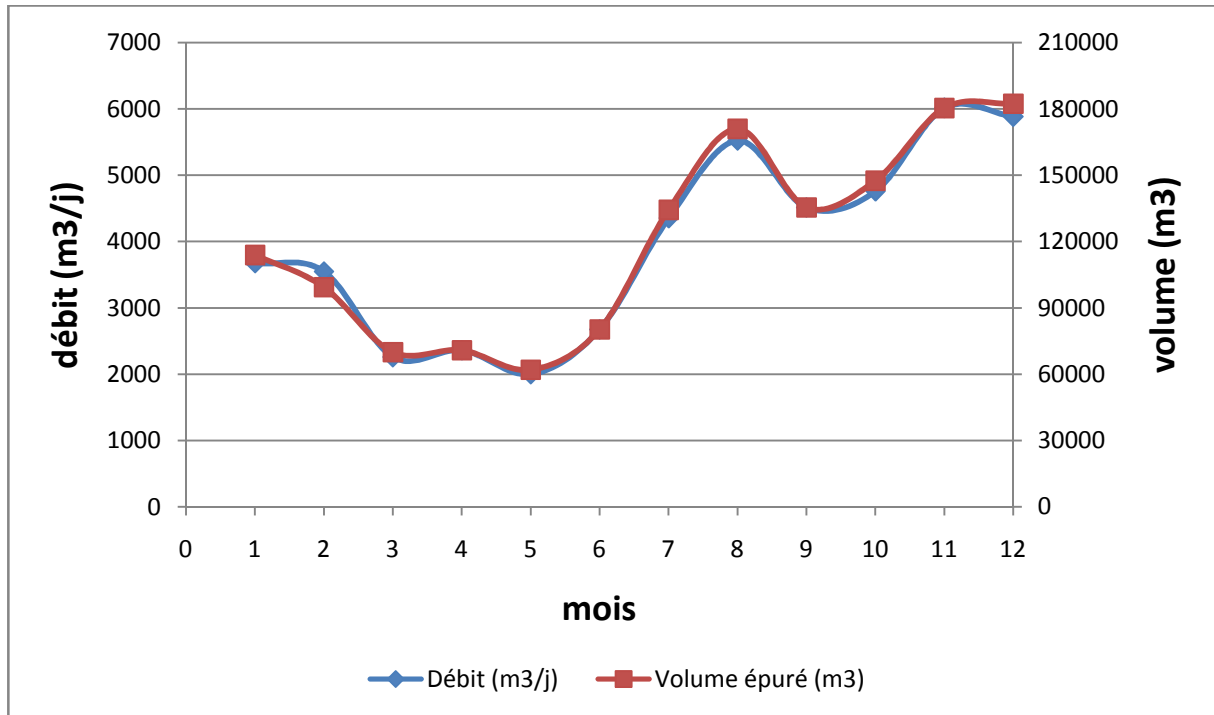
◆Le *PH* moyen de l'eau brute avoisine à l'entrée de la *STEP* de *Tipaza* les 7,90, alors qu'à la sortie, il atteint les 7,85. Ce dernier semble satisfaire les exigences recommandées pour notre *STEP*, à savoir : 6,5 – 8,5.

### V.1.2.3. Mesure des débits (Sortie de la STEP) :

Durant l'année 2010, les débits d'eaux usées épurées et les volumes épurés sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau V.5** : les débits et les volumes épurés durant l'année 2010 (STEP de Tipaza).

Mois	Débit (m <sup>3</sup> /j)	Volume épuré (m <sup>3</sup> )
<i>Janvier</i>	3676	113963
<i>Février</i>	3550	99410
<i>Mars</i>	2259	70046
<i>Avril</i>	2363	708717
<i>Mai</i>	2002	62068
<i>Juin</i>	2677	80310
<i>Juillet</i>	4355	134385
<i>Aout</i>	5525	171042
<i>Septembre</i>	4515	135462
<i>Octobre</i>	4760	147600
<i>Novembre</i>	6015	180461
<i>Décembre</i>	5885	182428



**Figure V.2 :** la variation du débit et le volume durant l'année 2010(STEP de Tipaza).

## V.2. Description de différents procédés d'épuration de STEP CHENOUA :

Le traitement à la filière de l'eau comporte les étapes suivantes :

-arrivée des eaux, by-pass en cas d'orage vers l'Oued, à partir du regard amont au poste de relevage de la station.

-dégrillage grossier, relevage, dégrillage fin.

-dessablage et dégraissage déshuilage.

-traitement biologique.

.-décantation clarification

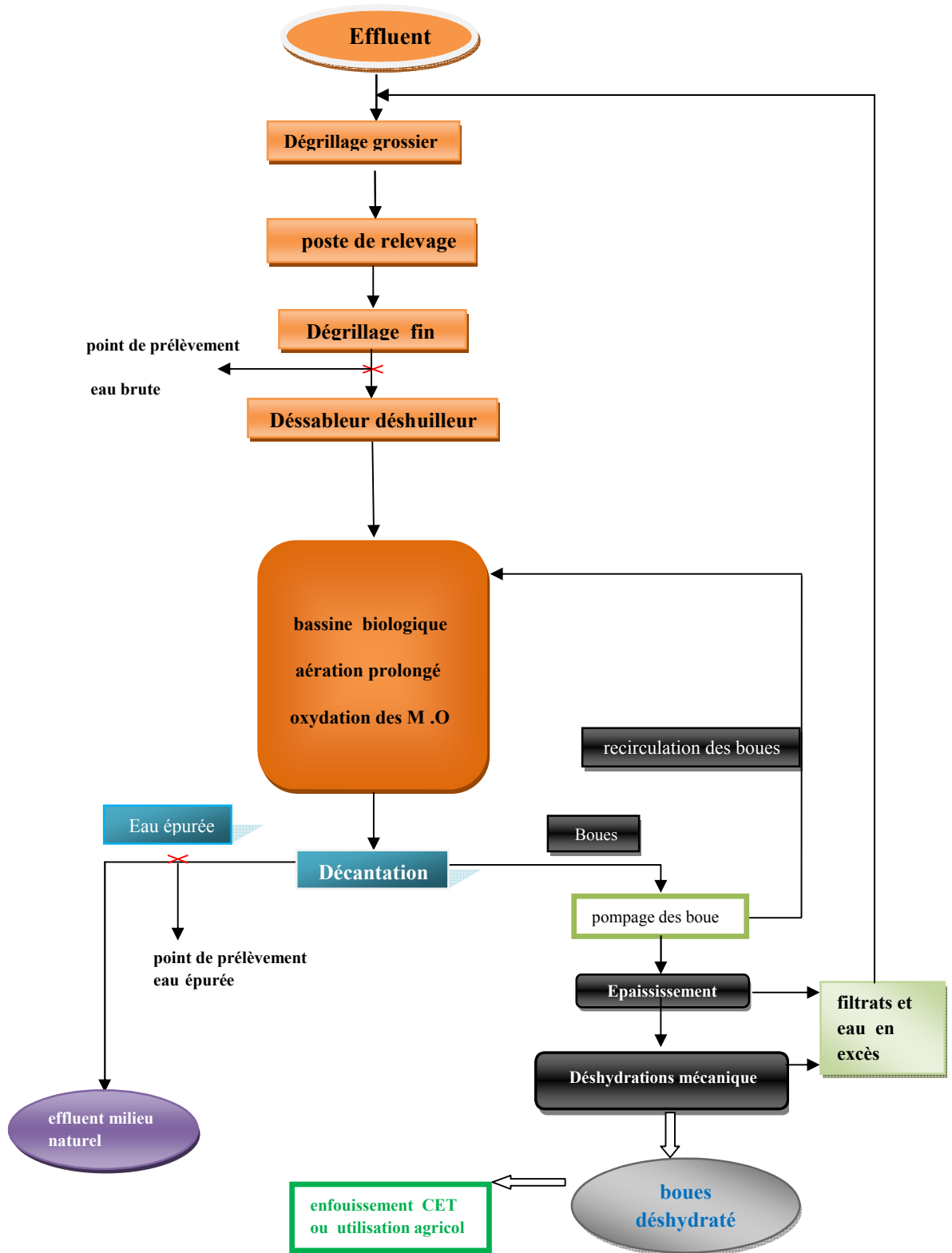


Figure N°16: schéma générale de la STEP CHENOUA

V.2.1. Prétraitement :



**V.2.1.1. Poste de relevage et dégrillage grossier :**

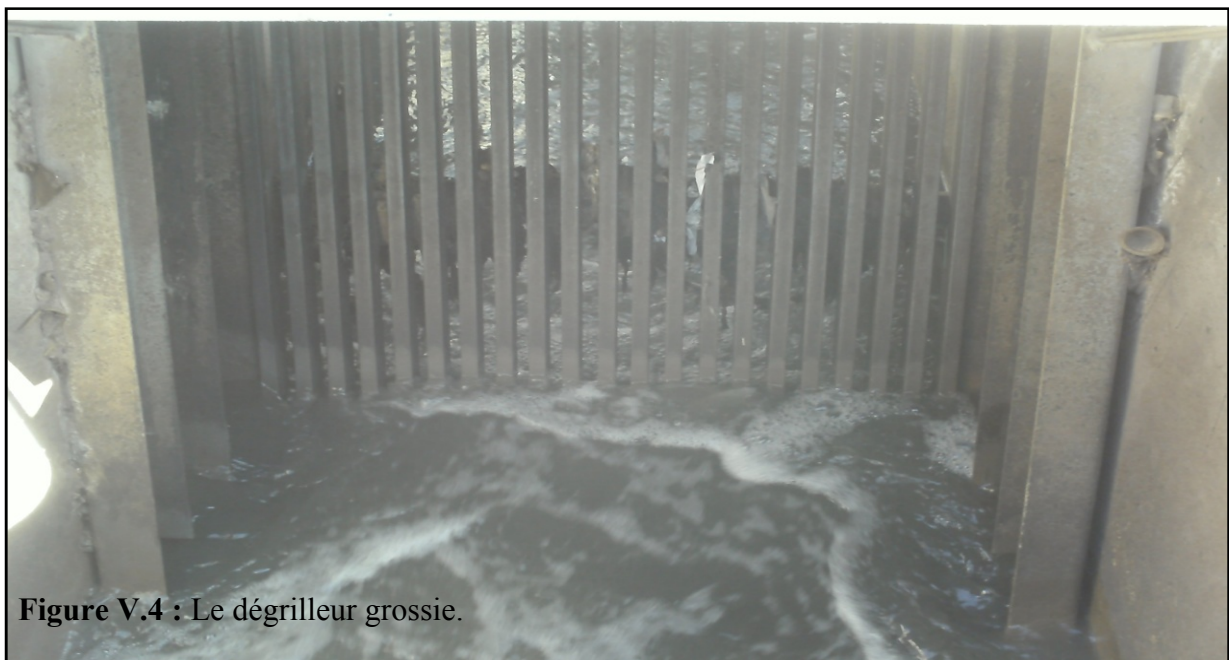
Les eaux brutes à traiter arrivent en tête de station dans un poste de relevage constitué d'un puisard de 45 m<sup>2</sup> avec :

-un équipement d'entrée équipé d'un piège à cailloux et grille grossière du type barreaux plats et nettoyage manuel, d'une largeur de 150cm, inclinés à 70 °et une distance entre barres de 5 cm (maille5.5).

-un compartiment d'aspiration de 30 m<sup>3</sup> équipé de 4 pompes : 3 de service et 1 de réserve, ces pompes de marque ABS sont submersibles et ayant les caractéristiques ci après :

**Tableau V.6:** Les caractéristiques de poste de relevage.

<b>Caractéristiques</b>	
<b>Type</b>	<b>AFP 2045</b>
<b>Débit de refoulement</b>	<b>392 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Hauteur HM</b>	<b>9m</b>
<b>Puissance nominal</b>	<b>16Kw</b>
<b>Vitesse de rotation</b>	<b>1500Tr/mn</b>
<b>Aspiration/refoulement</b>	<b>en DN 200</b>



**Figure V.4 :** Le dégrilleur grossier.



**Figure V.5 : Station de relevage.**

-les pompes fonctionnent à vitesse variable en cascade, en fonction de débit entrant un détecteur de niveau relié à un automate contrôlera la vitesse de rotation des pompes pour maintenir le niveau d'eau dans le puisard constant. Au fur et à mesure que le débit entrant augmenté l'automate, mettra en marche la seconde pompe, puis la troisième et inversement quand le débit diminue.

-pour assurer une usure égale aux quatre pompes, une permutation cyclique de l'ordre de démarrage est commandée par un interrupteur horaire.

-si les variateurs de vitesse sont hors service, le système peut fonctionner en mode manuel et les pompes seront commandées par des détecteurs de niveaux. Le nombre de démarrage par heure des pompes est fonction du volume d'eau dans le puisard et des réglages des seuils des poires de niveau.

**V.2.1.2. Dégrillage fin :**

En amont du dessableur-déshuileur est installée une grille fine, à nettoyage mécanisé sur le canal amené.

Parallèlement, un chenal by-pass est équipé d'une grille fine à nettoyage manuel. Pour assurer la continuité du fonctionnement de la station en cas d'arrêt de la grille mécanique, deux vannes murales permettent d'isoler cette grille mécanique et l'eau sera dirigée vers le canal by-pass par sur service.

**Les dimensions :** les dimensions du dégrilleur fin sont représentés dans les le tableau suivants :

**Tableau V.7:** Les dimensions de le dégrilleur fin.

<b>Dimensions</b>	
<b>Marque</b>	<b>SERECO(Italie)</b>
<b>Type</b>	<b>CPSA 10/35</b>
<b>Dimensionnement</b>	<b>100.200cm</b>
<b>Inclination</b>	<b>15°</b>
<b>Epaisseur des barreaux</b>	<b>20mm</b>
<b>Ecartement</b>	<b>20mm</b>
<b>Hauteur de rejet</b>	<b>350 cm</b>
<b>Puissance nominale</b>	<b>2.2Kw</b>
<b>Vitesse</b>	<b>1410/120/mn</b>

Les déchets retenus au niveau des barres sont soulevés par la benne dé grilleur qui est entraînée en mouvement alterné par deux chaînes.

Le dégrilleur est nettoyé lors de la remontée de la benne par les dents du râteau, monté sur la benne qui passe entre les barreaux.

Avant d'arriver en butée haute, une lame en plastique permet de vider la benne et dégager les déchets accumulés.

Après un arrêt au point mort « haut » la benne reprend la course en sens inverse vers le bas, tout en éloignant le râteau du champ du dégrillage par contre au point « bas » la benne reprend sa course ascendante en approchant le râteau du champ du dégrilleur.

Un interrupteur horaire programmable permet de régler le nombre de démarrage par jour et la durée de chaque nettoyage. Aussi, un détecteur de niveau permet, par la mesure de l'écart entre les niveaux amont et aval du dégrilleur, de lancer le cycle de nettoyage de la grille, et ce jusqu'à ce que cet écart soit à une valeur minimale pré réglée.

#### **- Incidents d'exploitation :**

La panne la plus courante est l'introduction d'un corps dur entre la grille et le râteau, chercher et enlever le corps dur et réenclencher le relais thermique. Si le dispositif de commande ne fonctionne pas, vérifier le flotteur et la mise en service du transporteur à bande.

**- Convoyeur à bande :** Les refus ou rejets du dégrilleur sont convoyés par un transporteur à bande vers un conteneur de stockage de 8m<sup>3</sup>.

**-Dimensions du convoyeur à bande :** les dimensions du convoyeur à bande sont représentés dans les le tableau suivants :

**Tableau V.8 :** Les dimensions du convoyeur à bande.

<b>Dimensions</b>	
<b>Largeur de la bande</b>	<b>500mm</b>
<b>Longueur</b>	<b>5m</b>
<b>Charge minimale</b>	<b>16m<sup>3</sup> /h</b>
<b>Matériaux transporté</b>	<b>déchets retenus par les grilles</b>
<b>Vitesse</b>	<b>0, 3m/s</b>

La bande transporteuse a rouleaux couplés se compose de :

Un rouleau mécanisé de démarrage de la bande, avec arbre en acier a couverture anti-usure supports réglables.

Un cadre en tôle pressée et pliée, de forme appropriée au glissement de la bande Transporteuse.

Une bande a anneau en caoutchouc anti-usure, a deux bâches résistantes aux agents chimiques et atmosphériques.

Des rouleaux de support coté retour de la bande, avec roulement a billes en matière résistante a l'abrasion.

Un rouleau de centrage en caoutchouc.

Un racleur externe avec garniture en caoutchouc.

Un carter de décharge.

Un groupe de transmission directe avec motoréducteur a vis sans fin.

### **V.2.1.3.Dessableur/Déshuileur :**

Pour éviter la décantation des sables dans le bassin biologique, et pour éliminer les huiles et graisses contenues dans l'eau brute, un dessabler-déshuileur est installé en aval du dégrilleur fin.il est dimensionné pour un débit de 1167 m<sup>3</sup> /h.

Un jeu de vannes murales permet d'isoler l'ouvrage pour la maintenance et de diriger le flux ver le canal by-pass.

Le mélange sable eau obtenu est déchargé dans un classificateur de sables qui sépare le sable de l'eau et décharge le sable drainé vers un conteneur de stockage.



**Figure V6:** Dessableur /déshuileur.**-Description de l'ouvrage :**

Le dessableur/déshuileur est un ouvrage en béton armé de forme tronc-conique avec une passerelle centrale, également en béton. Il comprend essentiellement les éléments suivant :

- un motoréducteur pour entraîner le system tournant.
- une ensemble tournant constitué d'un arbre creux et de pales courbées.
- une conduite d'alimentation pour le lavage aspiration de sable de type air lift.
- un système d'extraction des flottants constitué d'un déflecteur, d'un système de diffuseur pour la distribution de l'air et du jeu de vannes adéquat.
  - Deux surpresseurs d'air (dont un de réserve) pour l'aspiration des sables.
  - deux surpresseurs d'air (dont un réserve) pour l'entraînement des flottants.

**-Les dimensions de l'ouvrage :** les dimensions du dessableur/déshuileur sont représentés dans le tableau suivants :

**Tableau V.9:** Les dimensions du dessableur/déshuileur.

<b>Diamètre du bassin :</b>	<b>5m</b>
<b>Débit maximal :</b>	<b>1850m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Débit eau de lavage minimum :</b>	<b>43M<sup>3</sup> /min</b>
<b>Vitesse de rotation :</b>	<b>16tr /min</b>
<b>Diamètre des pales :</b>	<b>2550mm</b>
<b>Diamètre conduite d'aspiration :</b>	<b>150mm</b>

**-Principe de fonctionnement :**

Le fluide à traiter entre par une ouverture tangentielle ce qui lui impose une vitesse de rotation centrifuge.

Le jeu de pales tournant autour du pivot central, amplifie l'effet centrifuge et favorise la sédimentation des sables qui se déposent dans la partie centrale au fond du bassin et seront traité par un cycle contre lavage-aspiration durant lesquels le sable est soumis à un jet d'air et d'eau sous pression, pour provoquer le décollement des boues organiques, qui, plus légères, elles remontent pour rejoindre les autres matières en suspension.

Les pales sont conçues de façon à imprimer au fluide une vitesse constante indépendante du débit. Ainsi la vitesse optimale de sédimentation est obtenue grâce à une vitesse de rotation des pales inversement proportionnelle au débit entrant.

Les sable dépose est traité par un cycle contre lavage /aspiration :

**-Dans un premier temps :** le sable est soumis à un jet d'air et d'eau sous pression. Ceci provoque le découlement des boues organiques qui se détachent des grains de sable. Plus légers, elles vont remonter et rejoindre les autres matières en suspension.

**-Dans un second temps :** Le lavage est interrompu et le sable sédimenté est aspiré par un jet d'air et déchargé dans le classificateur de sables.

Par ailleurs, un jet de fine bulles d'air est envoyé dans la masse fluide, pour entrainer les matières flottantes vers la surface. Elles seront raclées vers un puisard de stockage des huiles et graisses qui sont vidé périodiquement, manuellement.

La protection contre la surcharge est assurée par système électronique limiteur d'effort

**-Collecte des graisses et des écumes :**

Les graisses et les écumes sont collectées à la surface du bassin.

Elles seront évacuées dans un réservoir de stockage de graisse équipé d'une cloison siphonide qui piège la graisse dans le réservoir et fait circuler l'eau vers l'entrée de la station.

Les graisses et les écumes seront déchargées périodiquement et manuellement.

**-Chambre de distribution :**

La chambre de distribution en avale du déssableur -déshuileur permet une répartition équitable des débits.

Cette chambre est dimensionnée pour un débit de 1176 m<sup>3</sup>/h et répartit le débit en trois parties égales dont trois compartiments par trois déversoirs identique. Le troisième compartiment est prévu pour l'extension future.

Un jeu de batardeaux permet d'isoler chaque bassin d'aération.

## V.2.2. Traitement biologique :

**V.2.2.1. Bassins d'aération :**

La STEP CHENOUA dotée de deux bassins d'aération de type boue activée à faible charge, chaque bassin contient 3 aérateur.

Le traitement biologique est effectué dans le compartiment aérobie à l'aide du processus aérobie par lequel les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

La Liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par les six aérateurs de surface.

Après un séjour suffisant long, cette liqueur mixte est envoyée vers les deux clarificateurs pour assurer la séparation solide liquide par gravité, améliorée par les mécanismes racleurs de fond et de surface.

Les boues accumulées au fond du décanteur sont dirigées vers le poste de reprise des boues dont une partie est recyclée par pompage dans le bassin d'aération de façon à y maintenir la concentration nécessaire en bactéries épuratrices.

Les boues en excès sont pompées vers l'épaississeur, et de là, vers la déshydratation mécanique.

Les deux bassins d'aération et les deux décanteurs sont reliés par un ouvrage de répartition qui permet d'assurer une flexibilité d'exploitation et faciliter la maintenance.

**-Automatismes et instrumentation :**

Chaque bassin d'aération est équipé d'une sonde à oxygène et d'un déversoir à seuil variable.

La concentration en oxygène sera contrôlée par les déversoirs réglables à la sortie des bassins d'aération et par la mise en service d'un ou plusieurs aérateurs de surface.

Le système d'asservissement maintiendra la teneur en oxygène voulue, automatiquement sans intervention de l'opérateur en manuel.

**-Caractéristiques des bassins biologiques :** les caractéristiques des bassins biologiques sont représentés dans le tableau suivants :

**Tableau V.10 :** Les caractéristiques des bassins biologiques.

<b>Caractéristiques des bassins biologiques</b>	
<b>Nombre</b>	<b>2 en parallèle</b>
<b>Volume</b>	<b>6000m<sup>3</sup> pour chaque bassin</b>
<b>Volume compartiment aérobie</b>	<b>6000m<sup>3</sup></b>
<b>Production de boue</b>	<b>4500kg/jour</b>
<b>Age des boues anaérobie</b>	<b>9 jours</b>
<b>Age des boues totales</b>	<b>11 jours</b>



**Figure V.7:** Bassins biologiques.

**-Caractéristiques des aérateurs du compartiment aérobie :** les caractéristiques des aérateurs sont représentées dans le tableau suivant :



**Tableau V.11** : Caractéristiques des aérateurs du compartiment aérobie.

Caractéristiques	
Marque	SERECO
Type-modèle	TASCO 70
Diamètre turbine	2750mm
Apport oxygène par aérateur	197 kg/h
Puissance nominal	75 Kw

**Figure V.8**: Aérateurs du compartiment aérobie.**V.2.2.2. Décanteurs secondaires :**

La station est dotée de deux décanteurs pour un débit moyen de l'effluent entrant de 234m<sup>3</sup>/h pour chaque décanteur, la décantation a pour but de séparer et traité les matières dont la densité est supérieure à un et qui se déposent sur les radier sous forme de boue.

Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur tournant constitué d'une passerelle équipée de racleur de fond et de racleur de surface.

Les racleurs de fond, ramènent les boues déposées au fond de l'ouvrage vers la poche centrale qui seront récupérées par gravité vers le poste de pompage des boues.

Les racleurs de surface récupèrent et dirigent les écumes flottantes vers la bache de reprise d'où elles récupérées manuellement.

La vanne télescopique motorisée permet de contrôler le niveau de l'eau dans l'ouvrage et une vanne manuelle permet de vidanger le décanteur dans le poste de pompage des boues.



**Figure V.9 :** Décanteur secondaire.

**Tableau V.12:** Les caractéristiques des décanteurs.

<b>Caractéristiques</b>	
<b>Débit moyen</b>	<b>234m<sup>3</sup>/h (chacun)</b>
<b>Débit de pointe</b>	<b>402 m<sup>3</sup>/h (chacun)</b>
<b>MES</b>	<b>3.5kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Indice de mohlman</b>	<b>150ml/g</b>
<b>Diamètre intérieur net</b>	<b>30m</b>
<b>Diamètre du tambour central</b>	<b>3m</b>
<b>Surface de la décantation</b>	<b>700 m<sup>2</sup></b>
<b>Hauteur d'eau moyenne</b>	<b>3.68m</b>
<b>Volume</b>	<b>2961m<sup>3</sup></b>
<b>Inclination de fond</b>	<b>1/12mm</b>

**-Caractéristiques des racleurs :** sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau V.13 :** Les caractéristiques des racleurs.

<b>Caractéristiques</b>	
<b>Largeur</b>	<b>1m</b>
<b>Longueur</b>	<b>18.4m</b>
<b>Vitesse de déplacement des racleurs</b>	<b>2m /mn</b>
<b>Diamètre extérieur des roues de chariot</b>	<b>1.35m</b>
<b>Diamètre de la jupe /déflecteur</b>	<b>30m</b>
<b>Hauteur de la jupe /déflecteur</b>	<b>1.5m</b>
<b>Puissance du moteur d'entraînement</b>	<b>0.37Kw</b>

### **V.2.3.Traitement des boues :**

#### **V.2.3.1.Recirculation des boues :**

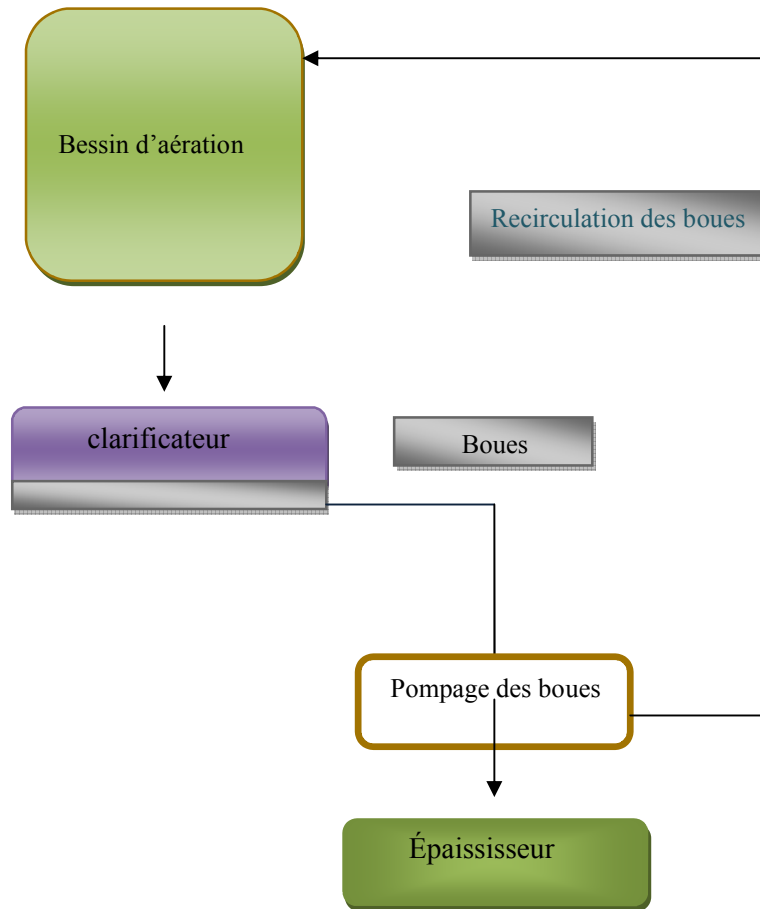
##### **- pompes de recirculation des boues :**

Le poste de reprise des boues en aval des décanteurs la filière (boue) permet la recirculation des boues activées et pomper les boues en excès vers l'épaississeur.

La recirculation est assurée par deux pompes de 200m<sup>2</sup>/h chacune dont une de réserve.

##### **-Pompes d'évacuation des boues en excès :**

L'évacuation des boues en excès vers l'épaississeur est assurée par deux pompes immergées de 30 m<sup>3</sup>/h pour chacune.



**Figure V.10 :** Schéma de recirculations des boues

### V.2.3.2. Épaississement des boues :

Les boues en excès seront épaissies par gravité dans cet ouvrage un mécanisme de rotation lent augmente l'efficacité du processus d'épaississement et augmente le contenu des matières solide.

L'épaississement est du type cylindrique à hauteur droite :

**Les caractéristiques :** les caractéristiques de L'épaississement sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau V.14 :** Les caractéristiques d'épaisseur des boues.

Caractéristiques	
Diamètre	11m
Hauteur	4m
Surface	95m <sup>2</sup>
Volume	380m <sup>3</sup>
Siccité des boues épaissies	3,5%(35KG/m <sup>3</sup> )
Production des boues	130m <sup>3</sup> /jour
Temps de séjour de la boue	3jour



Figure V.11: L'épaississeur.

### V.2.3.3. déshydratation des boues par filtre à bande :

Les boues épaissies sont déshydratées par filtres bande pour garantir une opération continue même pendant les périodes de maintenance, deux filtres complément indépendants sont installés en parallèles.

Chaque filtre est équipé de sa propre pompe à polymère de sa propre pompe d'alimentation en boues :

**Les caractéristiques :** les caractéristiques de filtre à bande sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau V.15 :** Les caractéristiques de filtre à bande.

Caractéristiques	
Dimensions	3406X 1700 mm haut : 1815 mm
La siccité moyenne	20%
Régime d'exploitation	7 jours par semaine et 12h/ jour
Capacité de traitement de boues	378 Kg
Débit horaire à 3.5%	10.8 m <sup>3</sup> /h
Largeur de bandes	1.20 m

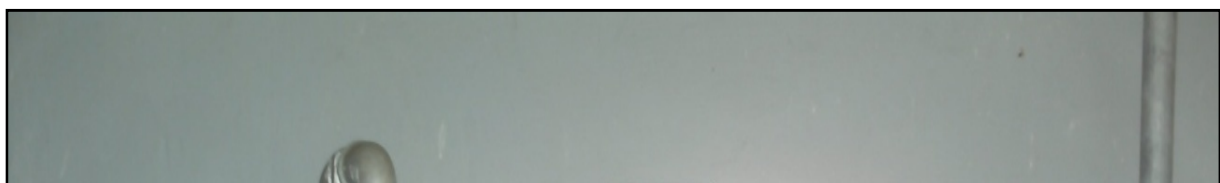


**Figure V.12 :** Unité de déshydratation.

**-Dosage du polymère :** Le polymère est ajouté à la boue pour améliorer ses caractéristiques de déshydratation. Il permet d'obtenir de plus hautes concentrations en matière sèche. Ce polymère se présente sous forme de poudre ; à dissoudre dans une concentration de 0,1 à 0,2%, il est prévu une unité de préparation automatique. Le dosage moyen du polymère est normalement de 4 à 6 kg par tonne de boue sèche.

**-Unité de préparation du polymère :**

L'unité de préparation de polymère est formée : d'une bache équipée de deux agitateurs qui assurent le mélange de polymère dans l'eau, une petite quantité de polymère équipée par un mélangeur de polymère, et deux pompes doseuses qui servent à injecter la solution du polymère dans les réacteurs cylindriques.



**Figure V.13:** Unité de préparation de polymère.

### **V.3. Etude physico-chimique des eaux de la STEP de TIPAZA:**

#### **V.3.1. Considérations générales sur la qualité d'eau d'irrigation:**

Étant une pratique particulière, l'irrigation avec les eaux usées traitées exige, en plus des paramètres communs d'une irrigation avec des eaux conventionnelles, la maîtrise d'autres paramètres liés à la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents (microorganismes Pathogènes, éléments toxiques, salinité, matières en suspension, etc.).

Rien ne nous empêche de procéder à différent test de contrôle et de surveillance. La notion de « surveillance continue » implique des mesures quantitatives périodiques de certains paramètres physiques et chimiques dans des échantillons d'eau prélevée à la station d'épuration.

Les indices de qualité de l'eau qui doivent être mesurés sont interprétés à base des différentes organisations et laboratoires parmi lesquelles :

- United State Salinity Laboratory ;

✓ **Guide de l'U.S Salinity Laboratory :**

L'eau utilisée pour irriguer contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui, selon une terminologie collectivement admises sont appelés sels, on y trouve en quantités relativement faibles mais ayant des effets importants.

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la quantité et le type de sels qu'elle contient.

Avec une eau de qualité médiocre on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques, il faut alors mettre en œuvre des méthodes d'aménagement spéciales afin de maintenir une pleine productivité agricole.

Les problèmes qu'entraîne l'utilisation d'une eau de médiocre qualité varient tant en nature qu'en gravité, les plus communes sont les suivantes :

Salinité ; perméabilité ; toxicité.

Un guide pour l'évaluation de la qualité de l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques.

**Contraintes chimiques :**

Selon les recommandations du Conseil Supérieure de l'Hygiène Publique de France la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux est la suivante:

Les effluents à dominante domestique [(le rapport **DCO/DBO5 < 2,5**, **DCO < 75mg/l** et **NTK (Azote total Kjeldhal <100 mg/l)**] Peuvent être utilisés, après épuration, pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts. L'utilisation d'effluents à caractère non domestique, du fait de la présence possible (en quantité excessive) de micropolluants chimiques minéraux ou organiques, reste assujettie à un examen particulier de leur qualité chimique; dans certains cas, elle pourra être interdite.

**V.3.2. Classification des eaux d'irrigation:**

Parmi les différents paramètres physico-chimiques d'une eau d'irrigation la salinité en constitue l'aspect le plus important. L'irrigation conduite avec des eaux chargées en sels entraîne une accumulation de ces sels dans le sol susceptible de ralentir la croissance des végétaux avec baisse des rendements pouvant aller jusqu'au dépérissement, parallèlement un excès de sodium peut engendrer l'alcalinisation et la dégradation de la structure du sol. Deux paramètres permettent d'apprécier, pour une étude sommaire les risques dus à la salinité :

- Conductivité électrique exprimée en CE (mmhos/cm) ;
- Le SAR (% de Na échangeable).

✓ **Définition de la salinité d'une eau :**

La salinité d'une eau est un terme utilisé pour faire référence à la concentration totale d'ions inorganiques majeur ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{Cl}^-$ ) dissous dans cette



eau. Elle exprime la concentration totale des cations ou anions en solution et non la somme des concentrations de ces cations et anions.

Pour des raisons de commodité analytique, un indice pratique de salinité électrique  $C_e$  exprimée en decisiemens par mètre (**ds/m**) ou en **mmhos/cm**.

La mesure de la salinité d'une eau se fait comme celle d'un extrait saturé à l'aide d'un conductimètre à une température standard de 25°C.

Les eaux d'irrigations, en fonction des dangers que peuvent entraîner leur utilisation, sont réparties en plusieurs classes. Plusieurs auteurs s'étant intéressés de très près à la qualité des eaux d'irrigations ont proposé différentes classes d'eau salée comme nous allons voir.

#### **V.3.2.1. Classification mondiale de la FAO (g/l) :**

Pour  $C_e$  égal ou compris entre :

1g/l → bonne pour l'irrigation

1-3g/l → faiblement salée

3-5g/l → moyennement salée

5-10g/l → fortement salée

>10 g/l → extrêmement salée

Si le sol et l'eau d'irrigation sont pauvres en calcium (Ca), une alcalinisation du sol peut se produire du fait de l'adsorption de  $Na^+$  par le complexe adsorbant du sol surtout dans les proportions dépassant 3-1 g/l. Généralement au delà de 1 g/l il est nécessaire d'avoir un bon drainage du sol, un régime de lessivage et une technique élevée des travaux agro-techniques du sol.

#### **V.3.2.2. Classification USSL (United States Salinity Laboratory):**

C'est la classification la plus utilisée en ce qui concerne l'irrigation. Proposée par le laboratoire de Riverside (RICHARDS 1954), elle est basée essentiellement sur 2 paramètres :

Selon la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux pouvant être destinées à l'irrigation

Conductivité électrique exprimée en  $C_e$  (mmhos/cm) ;

Le SAR (% de Na échangeable).

#### **A- Classification selon la salinité de l'eau $C_e$ :**

Selon la salinité de l'eau, exprimée par sa conductivité électrique  $C_e$  25°C, on distingue cinq(5) classes :

- **C2** :  $0,25 < CE < 0,75$  mmhos/cm : l'eau à salinité moyenne, peu de danger si elle est utilisée avec un léger lessivage pour les plantes modérément tolérantes aux sels.
- **C3** :  $0,75 < CE < 2,25$  mmhos/cm : l'eau à forte salinité, inutilisable pour les sols à drainage restreint.
- **C4** :  $2,25 < CE < 5$  mmhos/cm : l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales, elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes.
- **C5** :  $CE > 5$  mmhos/cm : l'eau est inutilisable sauf sur des sables lessivés et drainés et pour des cultures extrêmement tolérantes (ex : palmiers et dattiers).

#### **B- Classification selon le risque d'alcalinisation SAR :**

Le risque d'alcalinisation d'un sol par l'eau d'irrigation est apprécié selon le sodium adsorbable par ce sol. Ainsi, selon le taux adsorbable de sodium (SAR) d'irrigation, on distingue quatre (4) classes :

- **S1** :  $SAR < 10$ : L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
- **S2** :  $10 < SAR < 18$ : Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
- **S3** :  $18 < SAR < 26$ : Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques. S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps.
- **S4** :  $SAR > 26$ : Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Ca soluble pour améliorer le bilan ionique.

#### **Commentaire :**

Ces types de classification et d'autres sont rigides et dans plusieurs cas, elles ne tiennent pas compte des facteurs spécifiques qui sont importants pour la détermination de l'utilisation potentielle d'une eau donnée. La qualité d'une eau d'irrigation doit être évaluée en fonction des conditions spécifiques dans lesquelles elle est utilisée c'est à dire la nature des cultures, le type de sol, les modes d'irrigations, les pratiques culturales et les conditions climatiques. En raison de toutes ces réserves les classifications existantes doivent être utilisées comme indicateurs et être vérifiées en fonction des conditions locales d'utilisation.

**V.4. Evaluation de la qualité de l'eau usée épurée de la STEP de TIPAZA :**

**V.4.1. Normes de rejets :** Pour une meilleure protection de l'environnement, aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet; qui sont données dans le tableau suivant :

**Tableau V.16 :** Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes)

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6.5 à 8.5
Oxygène dissout(*)	mg O2/l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO5	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000 CF/100MI

Source : ANRH (ALGER) (\*) : OMS

**V.4.2. Résultats d'analyses et interprétation :**

Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivant :

Température, Conductivité, pH, DCO, DBO5, MES, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et PO<sub>3</sub><sup>-4</sup>.

Pour la température et le pH, la mesure a été réalisé in- situ par contre les autres paramètres tels que DCO, DBO5... etc. la mesure a été effectuée au laboratoire tout en tenant compte du mode de conservation de l'échantillon, afin 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 suivants:

**Tableau V.17** : Les résultats des analyses obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP

Paramètres		Unités	Eaux Brutes	Eaux épurées
Potentiel d'hydrogène	PH	---	7,9	7,85
Température	T°	(C°)	18,28	18,53
conductivité électrique	CE	dS/m	1,83	1,41
Demande Chimique en Oxygène	DCO	Kg /j	2171,00	379,93
Matière en Suspension	MES	Kg /j	1772,33	58,17
Demande Biologique en Oxygène	DBO5	Kg /j	1174,94	23,03
Othophosphates	PO43-	mg/l	4,90	3,20
Azote ammoniacal	N-NH4	mg/l	33,65	4,82
Nitrate N-NO3	NO3-	mg/l	3,02	1,58
Nitrite N-NO2	NO2-	mg/l	1,91	0,45
l'azote KEJELDAHL	NTK	mg/l	37,25	12,05
Magnésium	Mg <sup>++</sup>	még/l	---	5,15
Calcium	Ca <sup>++</sup>	még/l	---	5,66
Sodium	Na <sup>+</sup>	még/l	---	4,48

Source :STEP DE TIPAZA Avril 2010

#### ✓ **Interprétation :**

D'après les résultats du tableau V.17 on constate que :

✓ La température et le pH de l'eau épurée correspondent aux normes de rejet : L'influence de pH est indiscutable sur le rendement d'élimination de la pollution organique, et tous les travaux effectués montrent que l'activité optimale du nitrobacter a lieu pour une plage de pH (6.5 - 8.4). Pour le processus de précipitation du phosphore, c'est plutôt d'un pH acide qui donne un meilleur rendement d'élimination.

Pour la température l'élévation de celle-ci dans les rejets non contrôlés a pour effet d'accélérer les réactions biologiques et par conséquent l'épuisement de l'oxygène qui a pour cause la perturbation de la vie aquatique.

✓ Les valeurs de DCO et DBO5 répondent aux normes de rejets : Le rendement d'élimination de la DCO est efficace (plus de 86 %) et pour la DBO5 il est de l'ordre de plus de 98% (Tableau V.4.B). La bonne élimination de la DBO5 s'explique par le fait du bon ajustement de pH du milieu ambiant, ainsi l'absence des matières inhibitrice, la présence des nutriments (phosphore, azote), bonne aération de l'ouvrage qui a pour conséquent la reproduction du floc bactérien.

Le rapport DCO/DBO5 donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées. Ce rapport est égal à 1.84 (2171/1174.94), signifie que l'effluent de la station est biodégradable.

- ✓ La valeur de MES est dans la norme, donc on n'a pas des problèmes du colmatage des distributeurs du système d'irrigation localisée. Pour des précautions, une filtration efficace préalable et adaptation des distributeurs sont recommandées.
- ✓ La présence de l'azote totale, en quantité dans les normes (OMS1989).

La teneur très faible en nitrates NO-3 ne pose aucune restriction à l'usage (OMS1989).

La teneur très faible en nitrites NO-2 ne pose aucune restriction à l'usage (OMS1989).

L'azote ammoniacal : Sa présence en grande quantité dans les eaux épurées est synonyme de contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. L'ammoniac présente une forte toxicité pour les organismes vivants lorsqu'il est sous sa forme non ionisée (NH3). La teneur en ammonium augmente en fonction du pH et de la température.

Selon les normes de la FAO, la teneur en azote ammoniacal doit être comprise entre 0.2 et 10 mg/L. Les eaux usées épurées de TIPAZA présentent une concentration de 4.82 mg/l, ce qui est normale pour l'irrigation.

- ✓ Le phosphore est présent dans les eaux sous forme de phosphates. Selon la FAO, la valeur admissible en phosphates pour une eau d'irrigation se situe **entre 1 et 5mg/l**.

L'évaluation du phosphate devrait être réalisée avec les analyses du sol pour bien quantifier la valeur exacte qui se trouve dans l'eau et le sol. Si cette quantité est insuffisante pour les besoins des cultures, on devra effectuer des amendements complémentaires.

La teneur moyenne en phosphates dans l'eau de la STEP de TIPAZA est de **3.2mg/l**, c'est une eau conforme aux normes, donc il est admissible pour l'irrigation.

- ✓ On note essentiellement la présence du sodium et du chlore, en quantité dans les normes (FAO 1985), Donc nous n'avons pas le risque des brûlures des feuilles. Les effets toxiques apparaissent beaucoup plus facilement quand les sels sont apportés directement sur les feuilles lors des irrigations par aspersion. L'apport des eaux sera mieux adapté par l'irrigation localisée ou de surface.
- ✓ Le caractère le plus important est la salinité de l'eau, on enregistre une valeur forte de l'ordre de 1,41 mmhos/cm (Richards, 1969 in PERIGAUD J., 1977), inutilisable pour les sols à drainage restreint, et pour la (FAO 1985) cette eau a restriction légère à modérée (ANNEXE 01).

Selon office internationale de l'eau (OIE) les Concentrations d'éléments à l'état de trace sont dans les normes

**Pour coefficient d'adsorption du sodium S.A.R**

S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Avec : Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> en meq / l

$$S.A.R = \frac{4,48}{\sqrt{\frac{5,66 + 5,15}{2}}} = 1,9$$

**Interprétation des résultats des analyses:**

D'après les résultats qu'on a, on peut dire que :

C.E =1,41 mmhos/cm fait partie de la classe C3, elle ne convient qu'a des sols bien drainés.

S.A.R=1,9 c'est-à-dire appartient à la classe S1 (ANNEXE 03) .ce sont des eaux faiblement alcalines et peuvent être utilisées du point de vue alcalin pour tous les sols avec peu de danger de donner un taux de Na échangeable qui est nocif pour les sols et pour les plantes.

**Conclusion :**

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les eaux usées épurées répondent pratiquement à toutes les normes de la FAO et OMS, ce qui encourage sa réutilisation dans les domaines cités auparavant.

### **Introduction**

Selon l'espèce à laquelle appartient, soixante à quatre vingt dix pour cent du matériel végétal de la plante est constitué d'eau. C'est l'eau qui permet l'absorption et la translocation des sels minéraux contenus dans le sol.

C'est elle qui permet la photosynthèse en alimentant les cellules des feuilles et encore elle favorise la turbulence des fleurs pour mettre leur fécondation et ainsi donner des bonnes graines et semences.

Dans ce chapitre on va déterminer les besoins en eau de la culture et comparer avec la production de la STEP

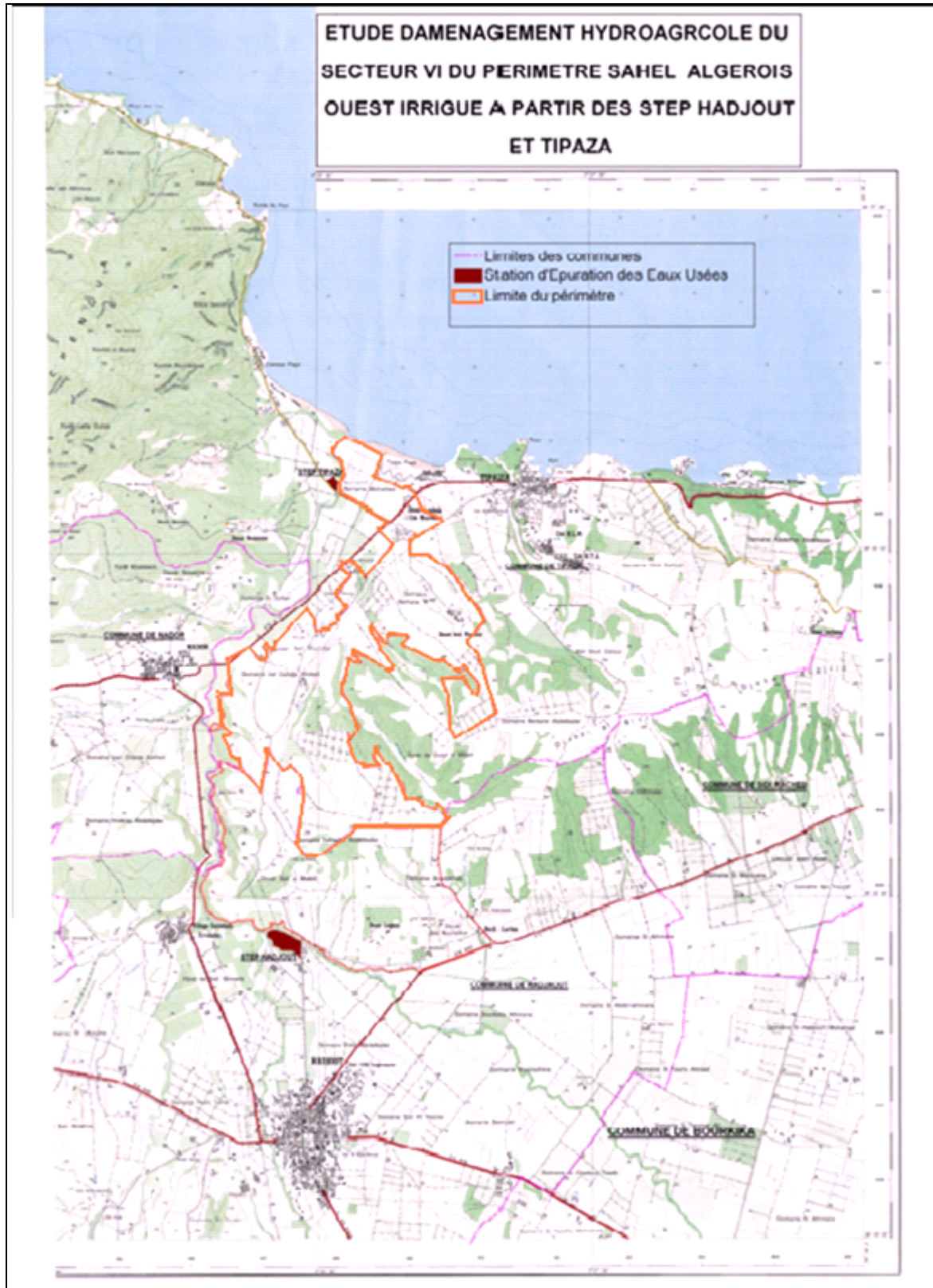
#### **VI.1. Localisation de la zone d'étude :**

Le périmètre d'étude est localisé dans la Wilaya de *Tipaza*, il est situé dans le secteur VI du périmètre *Sahel Algérois Ouest* à environ 60 Km à *l'Ouest d'Alger* et il est limité :

- ❖ Au Nord par plage de Tipaza.
- ❖ Au Sud, par le périmètre de Hadjout (501 ha).
- ❖ À l'Est par le Douar Lagbala, la forêt de l'Oued Mellah et le domaine Berkane Abdelkader
- ❖ À l'Ouest par l'Oued El Nador.

Les exploitations agricoles sont situées dans la commune de *Tipaza*.

La figure (VI.1) ci-dessous présente la localisation de périmètre d'étude.



**Figure VI.1:** Délimitation du périmètre d'étude (Extrait de carte topographique de Tipaza à l'échelle 1/250000)



## VI.2. Définition d'un régime d'irrigation

Le régime d'irrigation est défini comme étant l'ensemble du nombre de doses d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures au cours de toute leur période de végétation dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

## VI.3. Besoins en eau des cultures

### VI.3.1. Définition

En termes généraux, le besoin en eau d'une culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

De façon précise, le besoins en eau est défini comme 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. Ces dernières consistent en une fertilité et une humidité suffisantes pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré.

### VI-3-2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en  $m^3/ha/jour$ , en  $m^3/ha/mois$  ou en  $m^3/ha/an$ . Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en  $mm/jours$  par mois ou par an.

On distingue l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ), L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

- **L'évapotranspiration de référence :** est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ».

- **L'évapotranspiration potentielle :** est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

- **L'évapotranspiration réelle :** Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une

certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieure ou égale à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

### **VI.3.2.1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration**

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

#### **VI.3.2.1.1. Méthodes directes**

- **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique**

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal

##### **. Le bac évaporant**

Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.

- **L'évaporomètre piche**

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

#### **VI.3.2.1.2. Méthodes indirectes**

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques.

##### **1) Formule de Blaney et Criddle**

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température et la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante :

$$ETP = K(0,46t + 8,13) P.$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois) .

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

## 2) Formule de Turc

- Si l'humidité relative est supérieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \text{ en(mm/mois)}$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I<sub>g</sub> : Radiation globale mensuelle (cal/cm<sup>2</sup>/jour).

### Remarque

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

- Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \cdot \left( \frac{T}{T+15} \right) \cdot \left( 1 + \frac{50-Hr}{70} \right) \quad -$$

Dans laquelle :

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I<sub>g</sub> : Radiation globale en (cal/cm<sup>2</sup>/jour).

Hr : L ;'humidité de l'air en %.

$$I_g = I_{ga} (0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H} \quad -$$

### Avec :

I<sub>ga</sub> : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois .

$\frac{h}{H}$  : Insolation relative en heures.

### 3) Formule de Penman

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule est la suivante :

$$ETP = p'(t) \frac{Rn}{L} + \sigma \cdot \frac{Ea}{P(t) + \sigma} \quad -$$

Dans laquelle :

Rn : Rayonnement net « climatique ».

Ea : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L : Chaleur latente de vaporisation ( $2.5 \cdot 10^6$  J/kg)

$\sigma$  : Constante psychrométrique (0,65 h la/°C)

$p'(t)$  : Valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

#### VI.3.2.2. Calcul de l'évapotranspiration

La détermination de l'évapotranspiration se fait par la formule de Penman, en raison de son exactitude pour l'estimation de l'ETP.

Le calcul se fait par le logiciel Cropwat.

**Tableau VI.1:** Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith.

Station: Boukourdene      Latitude: 02°17'59''N      Longitude: 36°32'18''E      Altitude=100m							
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET <sub>o</sub>
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/jour
Janvier	6.3	16.8	74	122	5.4	16.9	2.61
Février	6.7	17.2	69	102	6.2	18.8	2.85
Mars	9.2	19.4	68	115	7.4	21.1	3.36
Avril	9.7	20.6	69	115	8.1	21.7	3.46
Mai	13.0	25.4	68	110	8.6	21.4	3.77
Juin	17.5	28.0	75	111	10.0	22.7	4.12
Juillet	19.8	32.1	78	137	10.6	23.9	4.80
Août	20.3	34.4	77	96	9.8	23.7	5.12
Septembre	16.3	29.6	77	113	8.4	22.3	4.53
Octobre	13.3	26.7	80	104	7.2	20.3	3.86
Novembre	10.3	20.7	75	102	5.5	17.1	3.01
Décembre	8.1	17.0	74	106	5.0	16.0	2.57
Moyenne	12.5	24.0	74	111	7.7	20.5	3.67

**VI.4. La pluie efficace:**

Pour tenir compte des pertes, le programme *CROPWAT.8*, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, ...etc.

Les valeurs de précipitations de probabilité de 80% (P80%) et la pluie efficace (P<sub>eff</sub>) sont regroupées dans le tableau ci-après

**Tableau VI.2:** Les précipitations efficaces dans la zone d'étude.

mois	Pluie mm	Pluie eff.mm
Janvier	59.3	53.7
Février	50.0	46.0
Mars	45.2	41.9
Avril	43.5	40.5
Mai	27.2	26.0
Juin	3.9	3.9
Juillet	1.5	1.5
Août	2.1	2.1
septembre	26.7	21.36
Octobre	33.7	31.9
Novembre	66.6	59.5
Décembre	65.2	58.4
Total	424.9	390.9

#### VI.5.L'occupation des sols et le choix des cultures:

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturelle des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude périmètre de *Tipaza*, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.

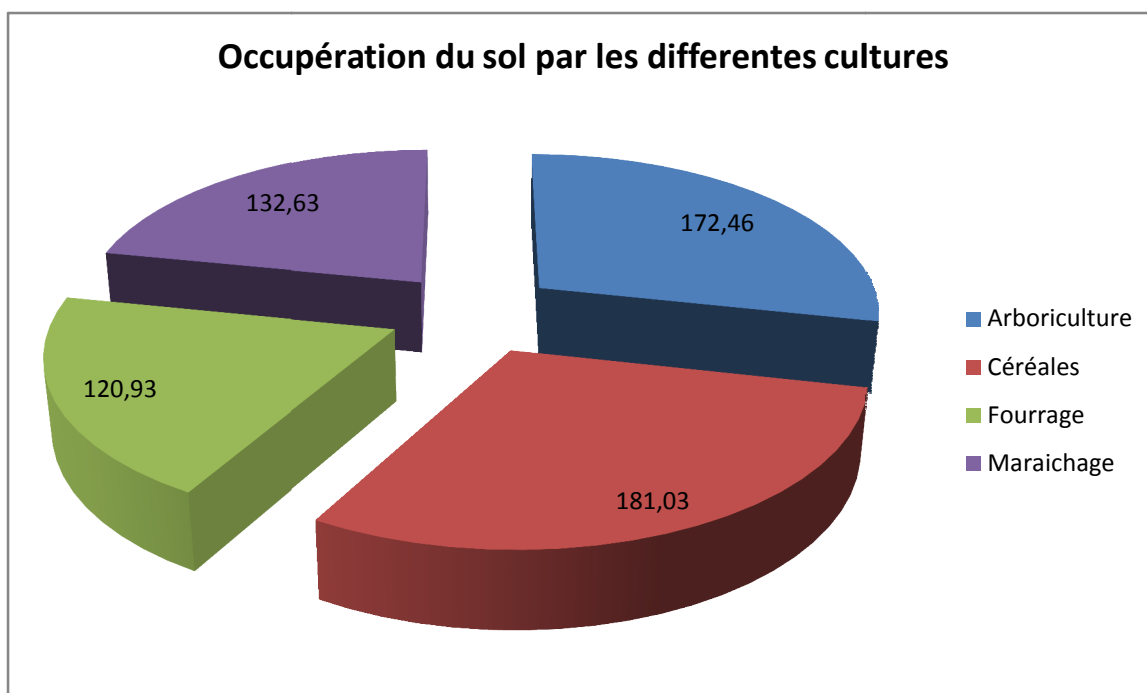
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture.

La répartition culturelle dans le périmètre représente dans le tableau suivant :

**Tableau VI.3.A:** surface occupée par les différentes cultures.

Type des Cultures	Surface occupée (ha)
Céréales	181,03
Blé	123,10
Orge	58
Cultures maraichères	132,63
tomate	20
pomme de terre	113
Fourrages	120,93
Maïs fourrager	60,465
Sorgho fourrager	60,465
Arboriculture	172,46
Agrumes	60,361
Vignes	43,115
Pêcher	25,869
Pommier	25,869
Olivier	17,246
surface total	607,05



**Figure VI.2** : occupation du sol.



Tableau VI.3.B: Représentation de l'assolement choisi.

Culture		Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
Céréales	Blé			←									
	Orge		←										
Cultures maraichères	Tomate							←					
	Pomme de terre		←			→		←			→		
Fourrages	Maïs fourrager								←				→
	Sorgho fourrager	→							←				
Arboriculture	Agrumes	←											→
	Vignes	←											→
	Pécher	←											→
	Pommier	←											→
	Olivier	←											→

**VI.6.Détermination des Besoins en eau des cultures :**

Suivant le calendrier cultural, l'appréciation des besoins en eau des cultures par le logiciel **CROPWAT**, nécessite l'introduction des renseignements suivants :

- Durée en phase de croissance des plantes (en jour) : initiale, mi-saison, développement et récolte.
- Coefficients culturaux ( $K_C$ ) : pour chaque culture et pour chaque son phase de croissance.
- Profondeur de d'enracinement( $P$ ) en (mètre) : pour les deux phases (initial, plein développement)
- Tariessement admissible( $p$ ) du sol, exprime en fraction d'humidités totales disponibles.
- Coefficients de réponse du rendement : pour estime la production dues au stress hydrique, ce coefficient définie pour chaque phase de croissante.

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = ETP - (P_{eff} + RFU) \dots\dots\dots (A)$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.P : évapotranspiration (mm / jour)

RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \dots\dots\dots (B)$$

Y : degré de tarissement

Da : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ

H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement

P<sub>eff</sub> : pluie efficace

Nous opterons pour la formule la plus utilisée qui est  $P_{eff} = a \cdot P_{net}$

a : étant un pourcentage de 80.

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, nous avons émis l'hypothèse suivante :

♦ L'irrigation est fait lorsque  $B > 0$  (bilan hydrique) d'après la formule (A)

♦ La texture du sol étant medium

♦la valeur de la réserve utile étant variable selon la profondeur d'enracinement de la plante. Il est calculé par logiciel *CROPWAT*.

♦Taux d'infiltration maximum de l'eau de 40 mm/jour (sol texture moyenne)

♦ETM : évapotranspiration maximales de la culture, elle sera calculée par la formule ci-après :

$$ETM = K_C \cdot E_{To} \quad ; (mm/j \dots \dots \dots (C) \quad \textit{Avec:}$$

$K_C$ : Représente le coefficient cultural, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

$E_{To}$ : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

Le résultat de calcul des différents cultures est résumé dans le tableau qui suit:

Tableau VI.4.A: Besoins en eau des cultures en mm.

Désignation	Surface occupée (ha)	Besoins mensuel Mois												Total
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	
Blé	123,1			0	13,8	46,3	34,7	43,36	23,5	110,1	169,7			<b>441,46</b>
Orge	58,0		3,4	7,5	37,3	28,2	17	34,4	82,4	85,9	12,6			<b>308,7</b>
Tomate	20,0							16,7	34,5	98	137,3	148,7	24,5	<b>459,7</b>
P. terre	113,0							16,7	26,5	100,2	140,2	151,5	24,9	<b>469,0</b>
Maïs fourrager	60,5								0,4	35,3	131,7	174,3	107,3	<b>451,0</b>
Sorgho fourrager	60,5	40,2								10,5	66,3	143,9	145,8	<b>406,6</b>
Agrumes	60,4	73,6	56,1	11,1	4,7	9,6	15,4	33,1	34,0	54,5	77,8	95,8	107,0	<b>464,8</b>
Vignes	43,1	32,8	20,5	0	0	0	5,0	43,1	50,7	74	98,6	117,1	84,7	<b>526,5</b>
Pêcher	25,9	37,6	20,4	0	0	0	0	0	19,9	80,7	120,7	154,8	127,8	<b>561,9</b>
Pommier	25,8	76,4	54,1	7,1	0	0	0	0	0	4,6	73,4	90,9	106,2	<b>412,7</b>
Olivier	17,2	37,6	20,4	0	0	0	0	0	19,9	80,7	120,7	154,8	127,8	<b>561,9</b>
<b>Total</b>	<b>607,4</b>	<b>298,2</b>	<b>174,9</b>	<b>25,7</b>	<b>55,8</b>	<b>84,1</b>	<b>72,1</b>	<b>187,36</b>	<b>291,8</b>	<b>734,5</b>	<b>1149</b>	<b>1231,8</b>	<b>856</b>	<b>5046,26</b>

le tableau suivant récapitule les résultats.

**Tableau VI.4.B : récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute la surface de la culture**

<i>Cultures</i>	<i>Surface occupée</i>	<i>besoins nets (m3)</i>	<i>Efficiencie</i>	<i>Besoins bruts (m3)</i>
Céréales				
Blé	123,1	543437,3	0.75	724583,0
Orge	58,0	179046,0	0.75	238728,0
Cultures maraichères				
Tomate	20,0	91940,0	0.75	122586,7
pomme de terre	113,0	529970,0	0.75	706626,7
Fourrages				
Maïs fourrager	60,5	272697,2	0.75	363596,2
Sorgho fourrager	60,5	245850,7	0.75	327800,9
Arboriculture				
Agrumes	60,4	280557,9	0.75	374077,2
Vignes	43,1	227000,5	0.75	302667,3
Pêcher	25,9	145357,9	0.75	193810,5
Pommier	25,8	106761,4	0.75	142348,5
Olivier	17,2	96905,3	0.75	129207,0
Besoins en eaux totaux (m3)		<b>2773050.07</b>		<b>3626032,1</b>

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficacité globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus égalé à 0,75 (irrigation sous pression)

D'après le tableau précédent les besoins en eau pour l'irrigation de notre périmètre sont estimés à environs 3,6Hm<sup>3</sup>.

**VI.7.ETUDE QUANTITATIVE DES EAUX SUPERFICIELLES****VI.7.1 Production d'eau :**

La station d'épuration de la ville de Tipaza qui est fonctionnelle à partir de Janvier 2008

Elle a été conçue pour permettre d'épurer les eaux usées d'une population de 70 000 en première étape (2010), et 105 000 en deuxième lieu (2020).

Les débits de dimensionnement de la station d'épuration de Tipaza pour différents horizons sont les suivants :

**Tableau.VI.5:Débits de dimensionnement de la STEP de Tipaza pour différents horizons**

Désignation	HORIZON 2010	HORIZON 2020
Capacité de la STEP (EH)	70.000	105.000
Charge Hydraulique		
- Débit journalier (m3/j)	11 200	16 800
- Débit moyen horaire (m3/h)	467	700
- Coefficient de pointe (Cp)	1,79	1,72
- Débit de pointe au (m3/h)	803	1176

Source Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Tipaza.

Ces débits ont été estimés à partir des besoins en eaux pour différentes localités sur deux horizons en tenant compte de la population et des différents besoins.

**VI.7.2 Allocation des eaux**

Pour la définition des volumes d'eau d'irrigation pouvant être allouées par la STEP de Tipaza avec capacité de production 100% a été développée.

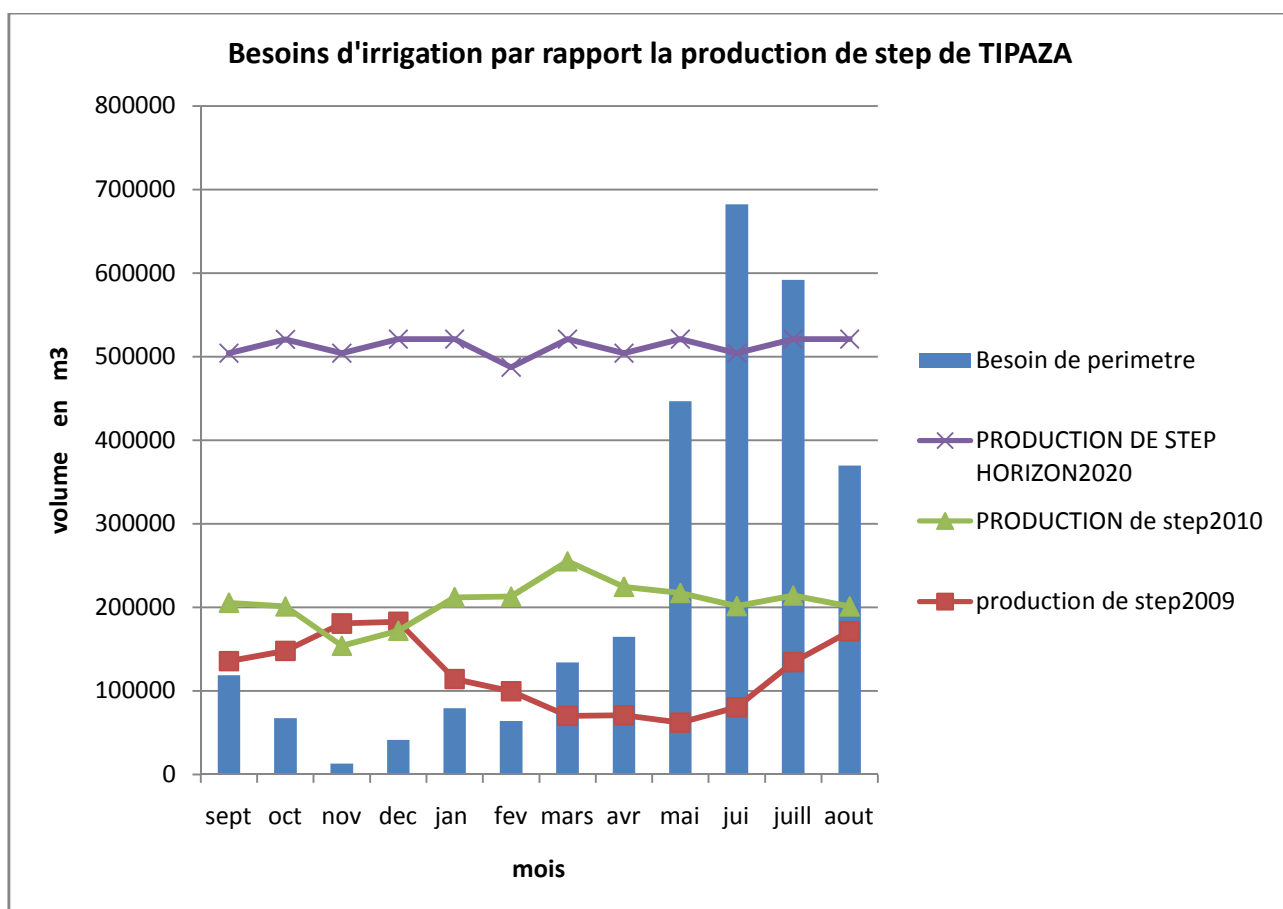
Le table  
au et graphe ci-dessous représentent la confrontation entre les besoins en eau d'irrigation et les capacités de production de la station pour les horizons 2009, 2010et 2020.

TABLEAU VI.6 : CONFRONTATION ENTRE DES BESOINS D'IRRIGATION ET LA PRODUCTION DE STEP

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août	total
Besoin du périmètre (m3)	118796,8	67426,36	12881,9	41458,8	79146	64027	134101	164769	446657	682265	591842	369679,16	<b>2773050</b>
Volume produit (m3)2009	135462	147600	180461	182428	113963	99410	70046	70871	62068	80310	134385	171042	<b>1448046</b>
Volume produit (m3)2010	205367	200873	153965	171816	211845	212719	254923	224401	216997	201451	214124	200959	<b>2469440</b>
Volume produit (m3)2020	504000	520500	504000	520800	520800	487200	520800	504000	520800	504000	520800	520800	<b>6148500</b>

**La source( volumes produits par le STEP pour les différents horizons ) STEP de TIPAZA**

Le graphe ci-dessous représente la confrontation entre des besoins d'irrigation et la production de STEP



### interprétation

La confrontation des besoins d'irrigation avec la production de station d'épuration montre bien les capacités de couverture d'une grande quantité des besoins en eau d'irrigation.

Les confrontations des volumes produits pour différents horizons par la STEP et les besoins d'irrigation montrent que la production directe couvre en file d'eau pour les mois de Septembre à Avril avec même un excédent. Par contre pour les autres mois de l'année de Mai à Août nous constatons un déficit qu'il faut combler par un stockage de l'excédent des eaux épurées .



### VI.7.3 Le stockage :

Le principe de distribution consiste à projeter d'un bassin de stockage, le bassin en terre a pour rôle de stocker les volumes excédentaires des eaux épurées produites par les la STEP de *Tipaza* a pour combler le déficit d'eau des besoins d'irrigation constaté de Mai à Aout de l'année

Le stockage permet de faire face aux variations de flux liées aux précipitations ou aux variations démographiques . 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, 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) ;Dans ce cas, une évolution de la qualité microbiologique est possible.

Ce dernier type de stockage, appelé aussi « stockage inter-saisonnier », 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. Pour éviter cette prolifération, on peut couvrir les réservoirs. En tant que traitement, le stockage est plus efficace si les bassins ne sont pas alimentés continuellement, mais remplis puis mis en réserve, au coup par coup.

**Tableau VI.7.** : Calcul du volume stockage nécessaire (m3)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août	total
Besoin du périmètre (m3)	118796,8	67426,36	12881,9	41458,8	79146	64027	134101	164769	446657	682265	591842	369679,16	<b>2773050</b>
Volume produit (m3)	205367	200873	153965	171816	211845	212719	254923	224401	216997	201451	214124	200959	2469440
Déficit/surplus (m3)	86570,2	133446,64	141083,1	130357,2	132699	148692	120822	59632	-229660	-480814	-377718	-168720,16	-303610
Bilan cumulé (m3)	86570,2	220016,84	361099,94	491457,14	624156,14	772848,14	893670,14	953302,14	723642,14	242828,14	-134889	-303610	-303610

D'après les résultats dans le tableau ci-dessus on a un déficit est égal à 303610 m3

On remarque qu'une grande quantité des besoins en eaux de périmètre a été satisfaite et cette quantité augmente avec l'augmentation des volumes produits annuellement par la station d'épuration de Tipaza peuvent couvrir aisement les besoins d'irrigation .

### CONCLUSION

Le bénéfice d'une REUE peut donc être double :

- au niveau économique, car en plus d'une préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais ;
- au niveau écologique, car en plus de la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue.

La réutilisation des eaux épurées permettrait de libérer plus d'une centaine de forage au profit de l'AEP des populations avoisinantes.

Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive mais aussi a de nombreux avantages sociaux et environnement. Ainsi cette valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de valorisation des eaux usées.



**Introduction :**

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité Hydro – agricole alimentée par une seule prise d'irrigation.

La prise (ou borne) d'irrigation représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

Dès l'antiquité, il fut observé que l'apport d'eau aux plantes à très faible dose et de manière répétée donnait des résultats spectaculaires. De nombreux documents attestent l'utilisation, par les anciens, de jarres poreuses en terre cuite, les cultivateurs remplissaient les jarres d'eau et celles-ci libéraient pendant plusieurs jours, par suintement, une très faible quantité d'eau, le goutte à goutte était inventé.

Dans ce chapitre, nous considérons d'abord les différents facteurs concernant le dimensionnement et le découpage des îlots et examinons par la suite un exemple typique de la situation foncière de la zone d'étude, avec un découpage d'un îlot selon les principes indiqués ci-dessous :

**VII.1 Dimensionnement d'un îlot type :****VII.1.1 Taille des îlots d'irrigation :**

Comme il vient d'être indiqué ci-dessus la taille des îlots d'irrigation variera selon les possibilités pratiques de découpage des îlots en fonction de la situation foncière existante. En outre ; la taille de l'îlot doit être déterminée en fonction des facteurs suivants :

Le débit fictif continu en relation avec le débit d'équipement de la prise.

Le nombre d'exploitations qui partagent une seule prise.

**VII.1.2 Débit fictif continu ou le débit spécifique:**

Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale et des besoins de lessivage. Ce débit spécifique est défini par la formule suivante et permettront de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude.

$$qs = \frac{B_m}{T * t * 3,6 * K} \text{ en } (l / s / ha)$$

Tels que :

$B_m$  : Besoins mensuels maximum net en m<sup>3</sup>/Ha.

$T$  : Temps d'irrigation par jour  $\square 20h / j = 72000s$ .

$t$  : Durée d'irrigation en jours = 31 jours.

$K$  : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation  $\approx 0,75$ .

Calcul du débit spécifique:

-le mois de pointe est juillet.

-Les besoins de pointe sont de 1231,8mm

Le débit spécifique  $q_s$  de l'assolement est important 2,04 l/s/Ha, on choisira le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

Les cultures les plus exigeantes sont : Olivier et Pêcher. Les besoins pointe sont de 154,8 mm

$$q_s = \frac{1548}{72000 * 31 * 3.6 * 0.75} = 0.26 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique  $q_s=0,26 \text{ l/s/Ha}$  est inférieur à 1,5 l/s/Ha donc le choix reste valable.

### **VII.1.3 Débit d'équipement :**

Le débit fourni par la prise doit correspondre à une main d'eau compatible avec le système d'irrigation adopté au niveau de l'exploitation.

Plusieurs facteurs peuvent faire varier la valeur à choisir pour le module ; le premier de ces facteurs, est la méthode d'arrosage, plus elle est perfectionnée, plus le module pourra être réduit ; si les surfaces à mettre en eau sont petites on peut judicieusement donner de petites quantités d'eau.

Le module est également à déterminer en fonction de l'état général du sol, et de sa pente. On peut choisir un petit module lorsque le sol est bien nivelé et la pente convenable.

La perméabilité du sol est le facteur prédominant, normalement, les mains d'eau plus grandes ne sont nécessaires que sur les grands bassins avec des sols relativement perméables.

En résumé, le problème est de choisir pour le module une valeur satisfaisante aux conditions citées ci – dessus.

On note que ces conditions, ont été déjà définies dans les paragraphes précédents.

Le module, pour rester commode, pratique et économique on a opté pour une main d'eau qui doit se situer entre 15 et 30 l/s.

**VII.1.4 Taille de l'îlot :**

Les classes de taille de l'îlot ainsi que les débits d'équipements sont indiqués au tableau suivant :

**Tableau n° VII -1 : Débits normalisés des prises**

Taille de l'îlot S (ha)	Débit d'équipement de la prise (l/s)
$S \leq 15$	15
$15 < S \leq 20$	20
$20 < S \leq 25$	25
$25 < S \leq 30$	30

En dehors de la période de pointe, le débit fictif continu exigé au niveau de l'îlot sera inférieur au débit équipé au niveau de la prise, ceci peut arriver aussi lors de la période de pointe dans les cas suivants :

La superficie de l'îlot est inférieure à la superficie nominale correspondant au débit de la prise (cas sortant des plus petits îlots).

Le plan de cultures est moins intensif que celui supposé pour le dimensionnement de la prise.

Dans ces conditions, le volume fourni à l'îlot doit être ajusté aux besoins soit par une diminution du débit fourni en continu, soit par l'introduction d'un tour d'eau au niveau des prises, ou bien encore par une combinaison des deux.

**VII.1.5 Découpage des îlots :**

Le découpage des îlots devrait être effectué en respectant les principes suivants :

Les limites des îlots suivant les limites de parcelles telles qu'elles sont indiquées sur les plans parcellaires.

Les tailles des îlots sont conformes aux classes de superficies définies dans les sections précédentes.

En général, le nombre d'exploitations regroupées dans un îlot ne devrait pas dépasser six.

Une limite d'un îlot ne doit pas diviser une exploitation ou propriété d'un seul tenant à moins que la taille de celle-ci dépasse la superficie maximum admise pour un îlot.

**VII.1.6 Prise d'irrigation :**

Chaque îlot sera desservi par une prise d'irrigation sur le réseau de distribution par conduites qui suivent les limites de ces îlots.

Par conséquent, la prise serait toujours située sur la limite de l'îlot, sur le côté amont ; dans le cas de petites surfaces et au centre dans le cas de grandes parcelles.

Notre îlot choisi est de surface de 7.2, ses sols sont aptes aux arboricultures comme exemple pêcher.

**VII.2.Choix de l'îlot type :****VII.2.1. Données générales**

Culture: **Pêcher**

5m    Espacement entre arbres

5m    Espacement entre arbres rangs

**Caractéristique de la ressource en eau**

Eau usée épurée de la station d'épuration de TIPAZA

Débit de pointe 0.13 m<sup>3</sup>/s

**Caractéristique de goutteur**

Débit nominal 4 l/h

Pression nominale 10 mce

Espacement des goutteurs 1m

**Caractéristiques des conditions climatiques**

Besoins en eau journaliers 5mm/j

**Caractéristiques des conditions de travail**

Une irrigation journalière

Temps maximum journaliers de travail 20h/24h

**Détermination des données de bases**

Surface à irriguée                    S = 7.2 ha



**VII.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:**

**VII.2.2.1 Influence du taux de couverture du sol**

- Principalement l'irrigation localisée est utilisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguée doivent être multipliés par un coefficient de réduction «  $K_r$  » dépendant du taux de couverture «  $C_s$  »

Le coefficient  $K_r$  est donné par plusieurs formules comme :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0,85}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :  $K_r = 0,1 + C_s$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60 % ( pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0,71$  selon Keller et Karmeli.

$K_r = 0,80$  selon Freeman et Garzoli.

$K_r = 0,70$  selon Decroix (CTGREF).

On prend le ( $K_r = 0,71$ ),

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe  $ETM_{\text{pointe}} = 5.12$  mm/jour

(tableau VI.1). En irrigation localisée les besoins se réduisent à  $ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$

$$ETM_r = 5.12 * 0,71 = 3.63 \text{ mm}$$

**VII.2.2.2 Besoins d'irrigation brute Bbrut ;**

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessaire en pratique. **Bnet** et **Bbrut** sont liées par l'équation suivante La dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficience du réseau

$$B_{brut} = \frac{B_{net}}{C_u} \quad \text{Donc} \quad B_{brut} = \frac{5}{0.9} = 5.55 \text{ mm}$$

Cu: coefficient d'uniformité Cu=90%

**VII.2.2.3 Pourcentage de sol humidifié:**

$$P = \frac{n \cdot S_p \cdot dS_h}{S_a \cdot S_r} \quad P : \text{volume de sol humidifié.}$$

n : nombre de point de distribution par arbre.

S<sub>pd</sub> : distance entre deux points de distribution voisins du même arbre ; (m)

S<sub>h</sub> : largeur de la bande humidifiée ; (m).

S<sub>r</sub> : écartement entre rangs d'arbre ; (m)

S<sub>a</sub> : espacement des arbres sur les rangs ; (m)

$$P = \frac{2 * 1 * 5}{5 * 5} = 40 \% \quad \text{Le pourcentage P de sol humidifié peut être vérifié à l'aide du (voir annexe 4)}$$

**VII.2.2.4 Fréquence d'arrosage :**

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

$$\text{Dose nette} = (H_{cc} - H_{pf}) * e * Z * P / 100$$

On a les caractéristiques hydriques pour un sol limoneux en moyenne on a

H<sub>cc</sub>=22%    H<sub>CC</sub> : humidité à la capacité au champ

H<sub>pf</sub>=10%    H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement.

$$Y = \frac{2}{3} \quad Y : \text{degré de tarissement admis}$$

Tel que : Z=1500 mm    Z : profondeur d'enracinement

$$\text{Dose nette} = \frac{12}{100} * 0.66 * 1500 * 0.4 = 47.5 \text{ mm}$$

$$\text{Donc la fréquence minimale } f = \frac{D_{n e t t e}}{E T M} = \frac{47.5}{4.8} = 10 \text{ jours}$$

**VII.2.2.5 Durée d'arrosage:**

$$t = \frac{b_{brut} \cdot E_g \cdot E_r}{q_r} = \frac{5.55 \cdot 1 \cdot 5}{8} = 3 \text{ heures}$$

Ecartement des lignes E = 5 m. On a le choix entre différents goutteurs de débits varie

$$q = (1:2:4:6:8) \text{ l/h}$$

**VII.2.3 Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures**

Pour les cultures 400 arbres/hectare c'est à dire une plantation de (5\*5) m

Pour nos cultures en utilise généralement 2 goutteurs de débit de 4l/s.

Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres de calcul qui sont :

**VII.2.3.1 Nombre des goutteurs**

On prend pour chaque poste Sp=1.2ha donc

$$L_{\text{poste}} = L_r = 120m$$

Avec : L<sub>r</sub> : Longueur de poste

$$l_{\text{poste}} = L_{pr} = 100m \quad \text{Largeur de poste}$$

$$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n = 480 \cdot 2 \quad \text{donc} \quad N_g = 960 \text{ goutteurs}$$

Avec : N<sub>arbres</sub> : nombre des arbres

**VII.2.3.2 Nombre des rampes**

$$\text{Le nombre de rampes : } \frac{\text{longueur de la porte rampe}}{\text{espacement entre les rampes}}$$

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_p}{E_R} = \frac{120}{5} = 24 \text{ rampes}$$

Avec : L<sub>r</sub> : la longueur de poste (m)

**VII.2.3.3 Débit de poste**

$$Q_{\text{post}} = N_g \cdot Q_g = 960 \cdot 4$$

$$Q_{\text{poste}} = 3840 \text{ l/h}$$

VII.2.4 Calcul hydraulique

VII.2.4.1 débit

le débit d'une rampe :  $q_r = \text{Nb de goutteurs} \times \text{débit d'un goutteur}$ .

$$Q_r = Q_g \cdot N_{g/r} = 40.4 \cdot 160 = 6464 \text{ l/h}$$

- débit du porte rampe :  $q_{pr} = \text{débit d'une rampe} \times \text{Nb des rampes}$ .

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r \quad q_{pr} = 6464 \cdot 24 = 155136 \text{ l/h}$$

Avec :  $Q_r$  : débit de rampe

$Q_g$  : débit de goutteur

$N_{g/r}$  : nombre des goutteurs par rampe

$N_r$  : nombre des rampes

$Q_{pr}$  : débit de porte-rampe

VII.1.4.2 perte de charges

- calcul des pertes de charges au niveau de la rampe, on admet suivant les caractéristiques du goutteurs, les pertes de charges suivantes :

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \cdot \frac{\Delta H}{H(m)} \quad \text{La variation maximale du débit entre goutteur : } \frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

Tel que :

$x$  : exposant en fonction du type du matériau du goutteur = 0.5.

$q(g)$  : débit nominal d'un goutteur.

$H$  : pression nominale (1bar = 10m.c.e).

$$0.1 = 0.5 \cdot \frac{\Delta H}{10} \quad \Delta H = 2 \text{ m.c.e.}$$

La valeur des pertes de charge singulières est estimée à 10% de la variation maximale de la pression.

$$P_{dc} \text{ singulière : } 2 \times 0.1 = 0.2 \text{ m.c.e.}$$

$$P_{dc} \text{ linéaire : } 2^{-0.2} = 1.8 \text{ m.c.e.}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur la porte rampe

2/3 sur les rampes

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a :

Dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{pebd} = 0,478.D^{-4,75}.Q^{1,75} \dots\dots\dots (A)$$

$$j_{PVC} = 0,452.D^{-4,76}.Q^{1,75}$$

dans une canalisation assurant un service en route

$$j = J. \frac{L}{2,75} \dots\dots\dots(B)$$

Ou : L : la longueur de la conduite ; (m)

Q : débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

$$D = \left[ \frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times q_r^{1,75} \times l_r} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

Après une application numérique avec  $q_r = 160$  l/h et  $l_r = 120$  m. on trouve :

$$D = \left[ \frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times 160^{1,75} \times 120} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 13\text{mm.}$$

le diamètre normaliser D=16

On recalcule les pertes de charges par la formule citée ci –dessus (les formules A et B) ; avec un D =16mm,  $l_r = 120$ m et un débit de 160 l/h .

On trouve  $P_{dc} = 0,24$  m.c.e c'est vérifié car dans les rampes les pertes de charges ne dépasse pas 1.2 m.c.e et aussi dans les portes rampes ne dépassent pas 0.6 m.c.e.

- Diamètre du porte rampe : Le débit au porte rampe égal à 3840 l/h et la longueur du porte rampe égal à 100 m

$$D = \left[ \frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times 3840^{1,75} \times 100} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 44,14\text{mm}$$

On appliquant la formule (A) on trouve un Diamètre de porte rampe D=44.14mm. on prend D=50

On recalcule les pertes de charges par la formule citée ci –dessus (les formules AetB) ; avec un  $D = 50\text{mm}$ ,  $l_r = 100\text{m}$  et un débit de  $3840 \text{ l/h}$  .

On trouve  $P_{dc} = 0.33 \text{ m.c.e}$  c'est vérifié car dans les portes rampes ne dépassent pas  $0.6 \text{ m.c.e}$ .

**VII.2.4.3 Conditions hydrauliques**

**VII.2.4.3.1 Position de porte rampe**

La valeur du diamètre de la rampe dépend de la position de la porte rampe ;

La porte rampe sur la cote

**Tableau VII-2 : caractéristique de la rampe**

Cultures	$L_r$ (m)	$N_g$	$Q_r$ (l/h)	$Ph_1$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$Ph_1$ (m)
Pêcher	100	40	160	1.2	11,38	16	0,24

Les valeurs de pertes charges sont inférieures a  $1.2\text{mce}$  (la valeur maximale).

**VII.2.4.3.2 Détermination des portes rampes**

**Tableau VII-3 : caractéristique de la porte rampe**

Cultures	$L_{pr}$ (m)	$N_r$	$Q_{pr}$ (l/h)	$Ph_1$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$Ph_1$ (m)
Pêcher	120	24	3840	0.6	44.14	50	0.33

Les valeurs de pertes charges sont inférieures a  $0.6\text{mce}$  (la valeur maximale).

**VII.2.4.4 Calcul de la canalisation principale**

La vitesse de l'eau devra être inférieure à  $1.5\text{m/s}$

Le cas le plus défavorable  $v=1.5\text{m/s}$ .

Avec  $Q_{poste}=3840 \text{ l/h} = 1.06 \text{ l/s}$

6 poste **Qilot = 6.4l/s** Pour 6 postes on a  $Q_{ilot} = 23040 \text{ l/h}$

**Le diamètre :**

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt{Q}$$

Q : débit en m<sup>3</sup>/s

$$\varnothing = \sqrt{6.4.10^{-3}} = 80 \text{ mm.}$$

$$\varnothing=80 \text{ mm}$$

**VII.2.4.5 Calcul de la pression en tête de la parcelle :**

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable (figure VII.1)

$$P= P_G + J (R) + J_{AB} (PR) + J_{tot} + P_{Fi}$$

**Avec :**

P = Pression entête de l'installation en m ;

P<sub>G</sub> = Pression d'un goutteur = 1 bar ;

J(R) = perte de charge dans la rampe en m ;

J<sub>AB</sub> (PR) = Perte de charge dans le porte- rampe ;

P<sub>Fi</sub> : la perte de charge dans le filtre ;

J<sub>tot</sub>= Perte de charge totale ; J<sub>tot</sub>= (1.1÷1.15)\* J<sub>lin</sub>.

J<sub>lin</sub> = Perte de charge linéaire en m ; tel que : J<sub>lin</sub> = J<sub>BF</sub> (CP) + J<sub>FE</sub>

Tel que :

J<sub>BF</sub> (CP) = Perte de charge dans la conduite principale en m ;

J<sub>FE</sub> = Perte de charge dans la conduite reliant le bassin et la conduite principale en m ;  
tel que :

$$P_{(lin)} = 0.478 * D^{-4.75} * Q^{1.75} * L$$

$$P_{(lin)} = 0.478 * 80^{-4.75} * 23040^{1.75} * 200 = 3,78m$$

La perte de charge singulières (vannes ; coudes) est 20% de pertes de charges linéaires

$$P_{(totale)} = P_{dc(lin)} + P_{dc(sin)} = 1.2 * P_{dc(lin)}$$

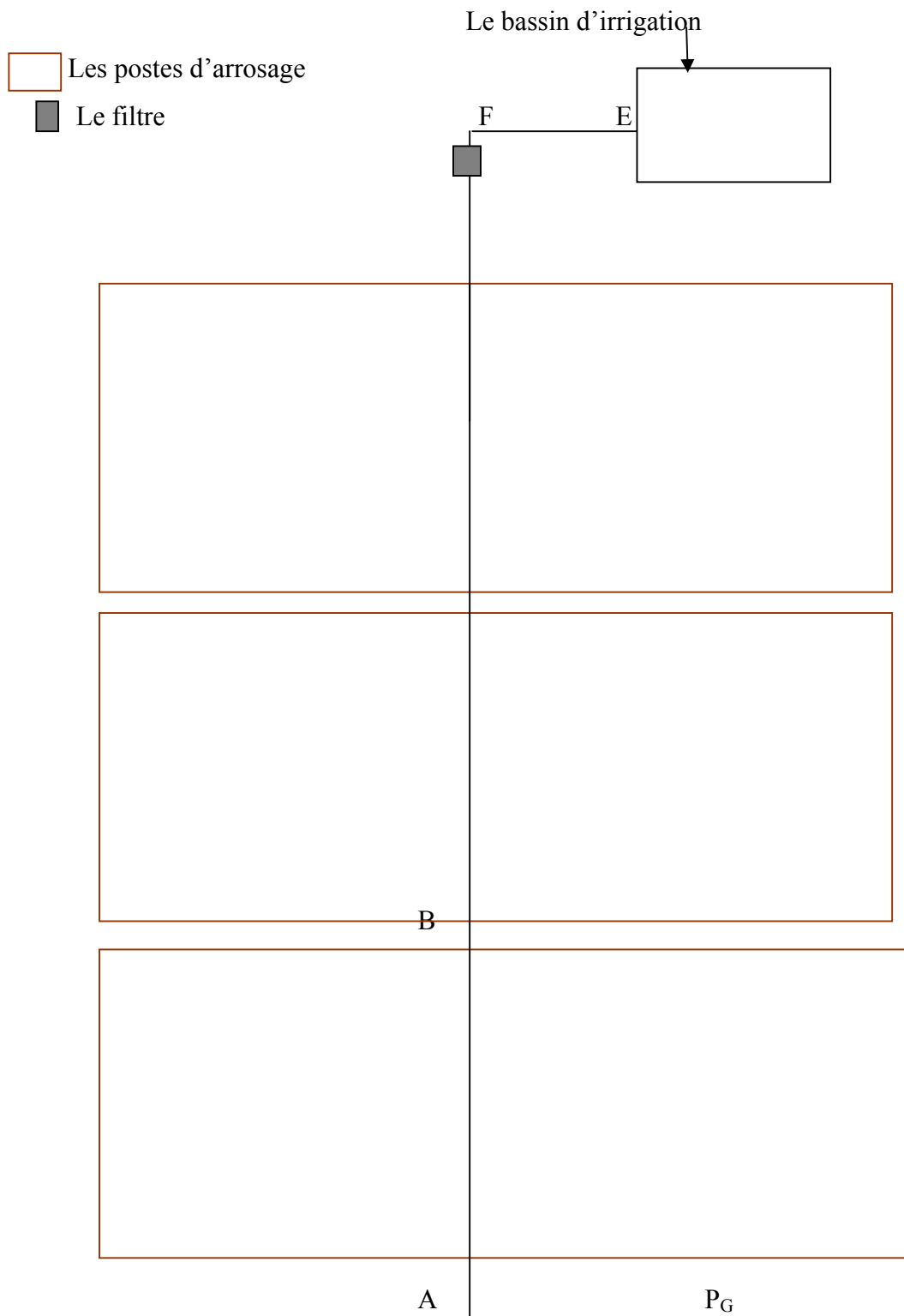
$$P_{(totale)} = P_{dc(lin)} + P_{dc(sin)} = 1,2 * 3,78 = 4,54m$$

La pression arrive est

$$P = 4,54 + 10 + 0,77 = 15,31m$$

Avec : Pn (goutteur)=10 m.c.e

$$Pdc (poste) = 0,77m.c.e$$



FigureVII-01 : La pression en tête de l'installation théorique



**VII-3- Capacité du bassin d'irrigation**

L'irrigation journalière théorique est de 3 heures, donc l'agriculteur aura besoin d'un volume de :

$$V = 6,4 \cdot 3 \cdot 3600 = 69,12 \text{ m}^3$$

**VII-4-Dimensionnement du bassin d'irrigation**

Le bassin devra assurer au minimum un stockage des eaux pour une durée de 2 jours pour les raisons suivantes :

- il n'y a pas de pire catastrophe pour un périmètre irriguée que l'interruption de l'approvisionnement en eau, une réserve de sécurité est indispensable ;
- le stockage dans un réservoir non couvert, participe à l'amélioration de la qualité de l'eau

Sa capacité sera de

$$V = 69,12 \cdot 2 = 138,24 \text{ m}^3$$

Donc les dimensions du bassin

-la hauteur tel que :  $H = (2 - 5) \text{ m}$ , nous devons fixer une hauteur ; on prend  $H = 2,5 \text{ m}$

La largeur (B) :  $B = \sqrt{\frac{S}{2}} \dots\dots(\text{m}) ;$

La longueur (L) :  $L = \frac{S}{l} \dots\dots(\text{m})$

Avec :

L : longueur du bassin

B: largeur du bassin

H : hauteur du bassin

Donc les dimensions du bassin

**L=7.5m**

**B=7.5m**

**H=2.5m**

**Conclusion:**

D'après la détermination des différentes compositions du réseau; le dimensionnement de ces composantes est nécessaire pour chaque projet d'irrigation.

La façon de distribuer l'eau aux plantes, la durée d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire... représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation localisée pour un îlot. Pour l'ensemble des îlots du périmètre le calcul sera identique.

## **CONCLUSION GENERALE**

L'Algérie est un pays semi aride a faible pluviométrie ou les ressources en eau de la surface sont irrégulières et subissent des variations chroniques ; par ailleurs les eaux usées sont un réservoir d'eau renouvelable et inexploité pouvant, donc, constituer sans doute demain l'une des solutions incontournables pour ce pays souffrant énormément de déficit hydrique.

Les eaux usées urbains rejetés chaque année, aujourd'hui délaissé au rebut, représentent une ressource de valeur qu'il faudra exploiter par tout et ou est possible dans l'agriculture, et d'autres usages municipaux.

Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive mais aussi a de nombreux avantages sociaux et environnement. Ainsi cette valorisation doit être placé dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de valorisation des eaux usées.

Le travail réalisé au cours de cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine d'épuration des eaux, a des fins d'irrigation.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la STEP de TIPAZA sont d'une qualité lui permettant facilement utilisées dans le domaine agricole (l'irrigation).

L'enquête effectué nous a permis de constater qu'il existe réellement des possibilités d'utilisation de l'eau épurée par la station de TIPAZA tant dans le secteur agricole, d'autant plus que la station est sise au cœur de vastes terrains agricoles.

**ANNEXE 01 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées.**

Paramètres	Unité	Normes	
		FAO * (1985)	OMS ** (1989)
<b>pH</b>		6,5-8,4 *	
Turbidité	NTU	/	
CE	dS/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée >3.0 * Forte restriction	
MES	mg/l	< 70**	
DCO	mg O2 / l	< 40 **	
DBO <sub>5</sub>	mg O2/ l	<10 **	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50 **	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 1 **	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	< 2 **	
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	< 0,94 **	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	500 *	
Cl <sup>-</sup>	mg/l	1065 *	
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	400*	
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	60,75 *	
K <sup>+</sup>	mg/l	50 *	
Na <sup>+</sup>	mg/l	920 *	
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction	
Coliformes totaux	UFC/100ml	< 1000CF/100ml	
Streptocoque Fécaux	UFC/100ml	1000 **	
Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **	

**ANNEXE 02 : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation – FAO**

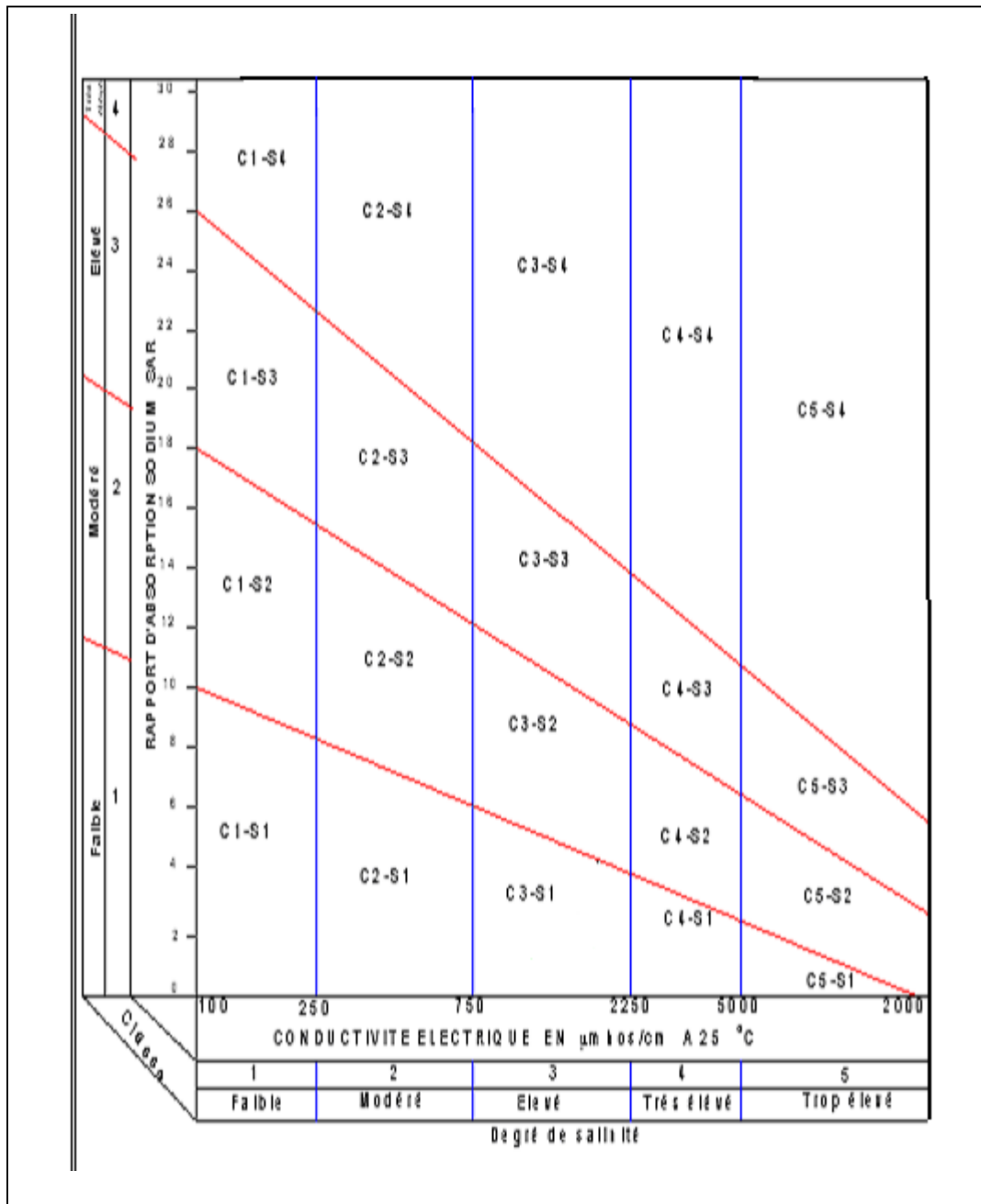
**Tableau 1: Limites recommandées en éléments traces**

<i>Paramètre</i>	<i>Long terme <sup>a</sup> (mg/l)</i>	<i>Court terme <sup>b</sup></i>
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.002	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercure	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Selenium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

Avec :

<sup>a</sup> pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols.

<sup>b</sup> pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins



ANNEXE 03 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

ANNEXE N° 04 : Guide d'estimation de p

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface )

Ecartement entre rampes $S_r$ en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
	Pourcentage en sol humidifié p %														
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

**ANNEXE N° 05 : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures**

<b>Cultures</b>	<b>z (m)</b>
<b>Tomates</b>	<b>1 - 1,2</b>
<b>Cultures maraichères</b>	<b>0,3 - 0,6</b>
<b>Agrumes</b>	<b>1 - 1,2</b>
<b>Arbres fruitiers à feuilles caduques</b>	<b>1 - 2</b>
<b>Vigne</b>	<b>1 - 3</b>



*LES ANNEXES*

## **Bibliographie**

**BECHAC.J , BOUTIN.P ,MERCIER.B, BUER.P(1984)-** Traitement des eaux usées.

**BELBIA Ghali (1996)** La reutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, une dimension important pour l'économie de l'eau.

**ECOSSE D. (2001) -** Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens.

**KOLIAL.D 2010/2011 :** Cours de la reutilisation des eaux usées épurées 5<sup>ème</sup> Année

**LAZAROVA.V(1998)** (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et « La réutilisation des eaux usées » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances »

**MECHEBEK .A (1983)-** Eaux et sols d'algerie vol3 (l'utilisation des eaux usées traitée dans l'agriculture).

**RENE Léonce-** Hydraulique agricole

**TIERCELIN J.R-** Traité d'irrigation

**Mohand-said OUALI :** Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux,2001, Edition OPU

**STUKY-ENHYD 2009 :** Etude d'aménagement hydro agricole du secteur VI du périmètre Sahel Algérois Ouest irrigué à partir des eaux usées épurées des STEP de Hadjout et de Tipaza. Avant projet détaillé eaux

**<http://www.fao.org/docrep/V7160F/v7160f01.htm#TopOfPage>**